

Přínosy bezemisní mobility z hlediska životního cyklu

Ministerstvo životního prostředí – 9. konference Čisté mobility

Senohraby, 19. 5. 2023

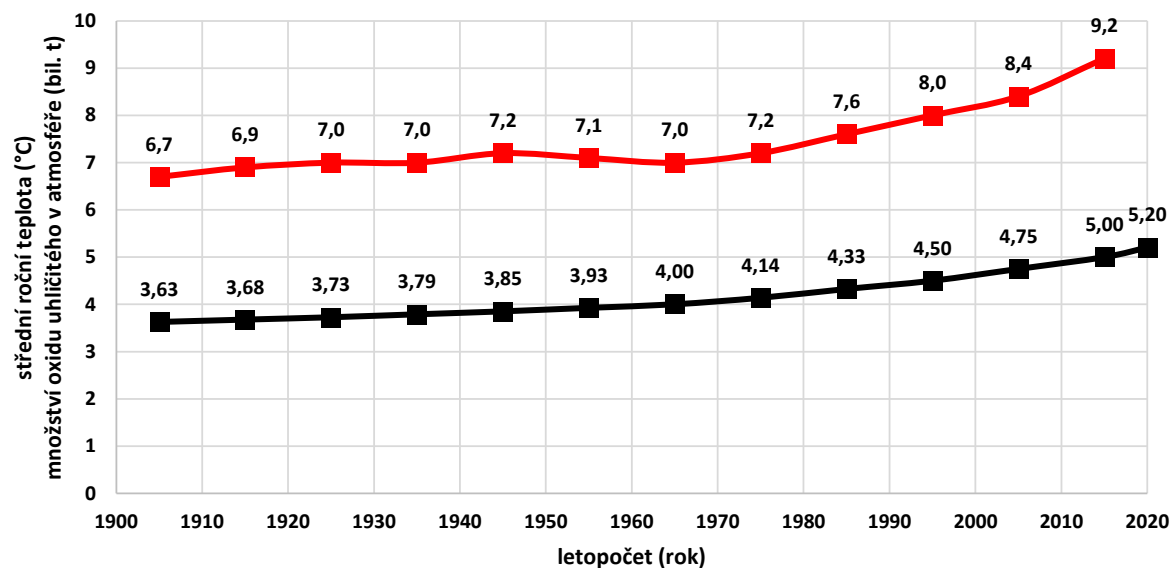
Jiří Pohl
Siemens Mobility, s.r.o.

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:

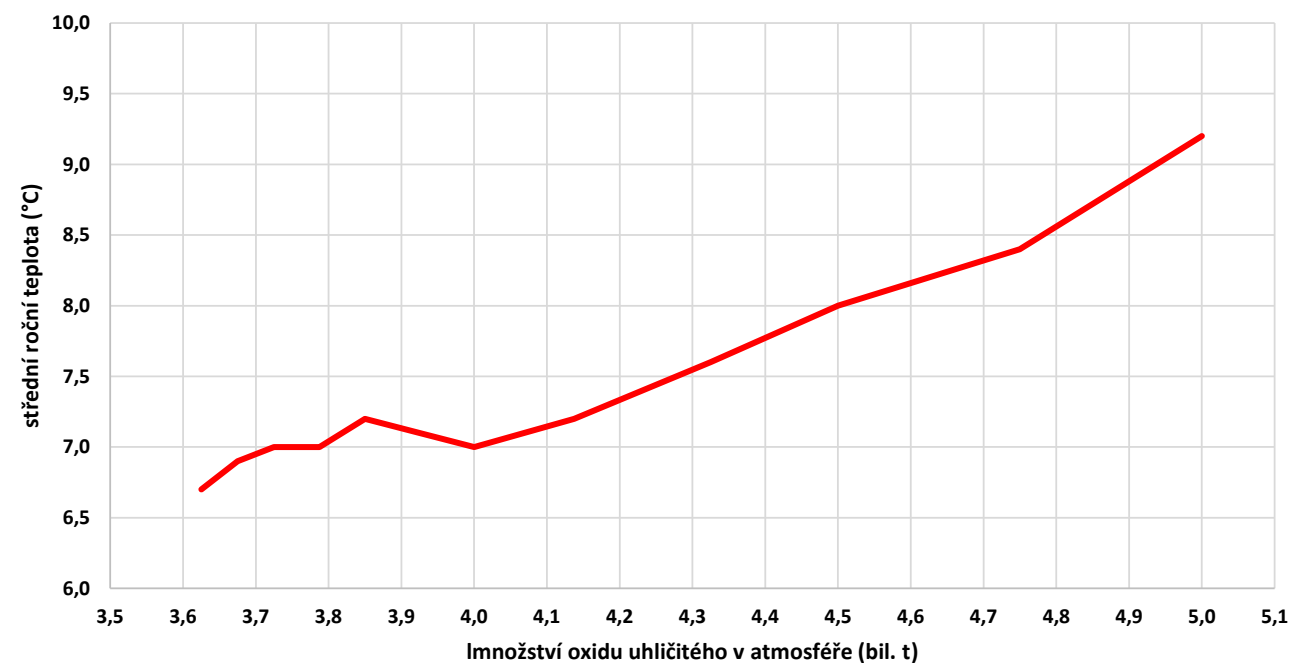
- mezi roky 1905 a 2015 došlo spalováním uhlí, ropy a zemního plynu ke zvýšení množství oxidu uhličitého v zemském obalu ze 3,63 bil. t na 5,00 bil. t, tedy o 1,37 bil. t,
 - střední roční teplota v ČR vzrostla z hodnoty 6,7 °C v dekádě 1901 až 1910 na hodnotu 9,2 °C v dekádě 2011 až 2020, tedy o 2,5 °C.
- Příčina sucha, které Evropa zažívá, 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 intenzivní.

střední roční teplota ovzduší v ČR po dekádách
(roční srážky se držely v celém období na průměrné úrovni kolem 680 mm/rok)

—■— střední roční teplota —■— množství oxidu uhličitého



střední roční teplota ovzduší v ČR v závislosti na množství oxidu uhličitého v atmosféře



Celkové emise oxidu uhličitého produkované v průběhu životního cyklu vozidla lze rozdělit na tři složky:

- výroba,
- provoz,
- recyklace.

Pokud je vozidlo, nebo jeho část, v rámci cirkulární ekonomiky využita i sekundárně, mají složky provoz a recyklace dvě části: prvotní a druhotnou. Jde například o využití trakčních akumulátorových baterií vyřazených z vozidel ve stacionárních úložištích energie.

Při uvažování pouze palivových emisí lze výpočet emisí (U ; kg CO₂) vyjádřit pomocí součtu součinů měrné emisivity (u ; kg CO₂/kWh) a spotřeby energie (E ; kWh) v jednotlivých složkách v průběhu životního cyklu:

$$U = U_v + U_p + U_r = \sum (u_v \cdot E_v) + u_p \cdot E_p + \sum (u_r \cdot E_r) = \sum (u_v \cdot E_v) + u_p \cdot e_p \cdot L + \sum (u_r \cdot E_r)$$

Tento jednoduchý matematický vztah má dvě základní úskalí:

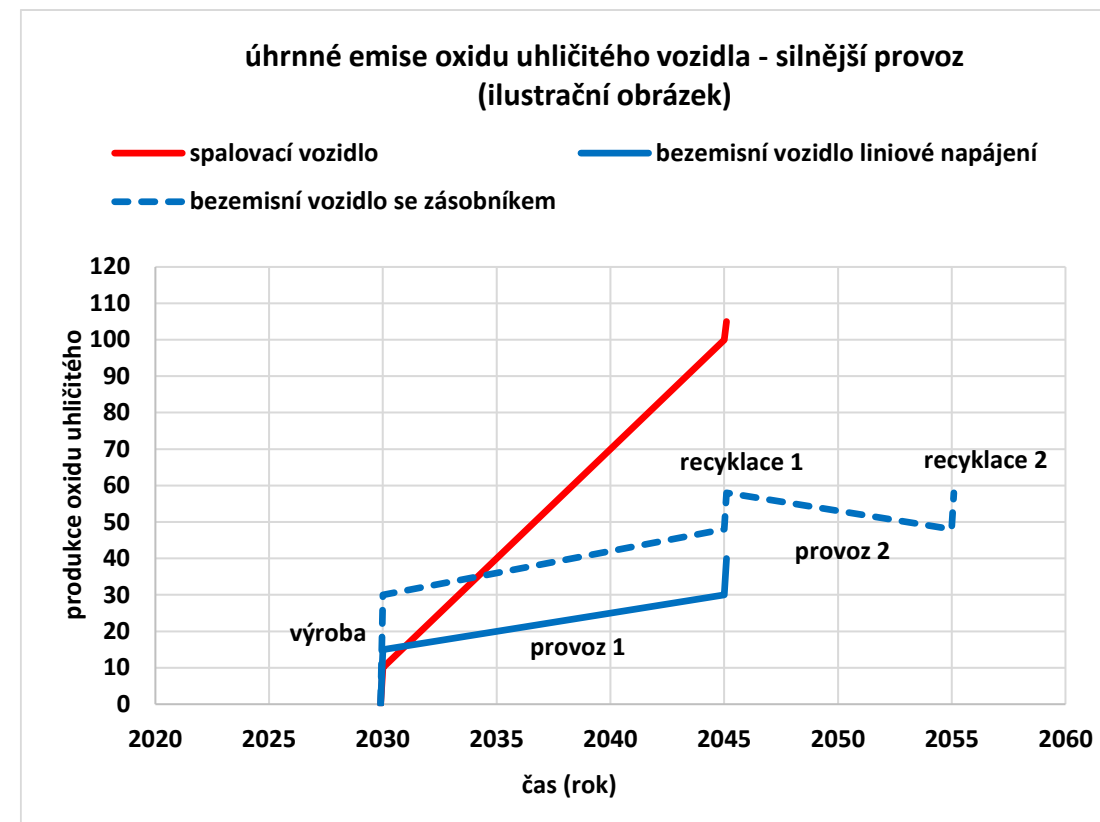
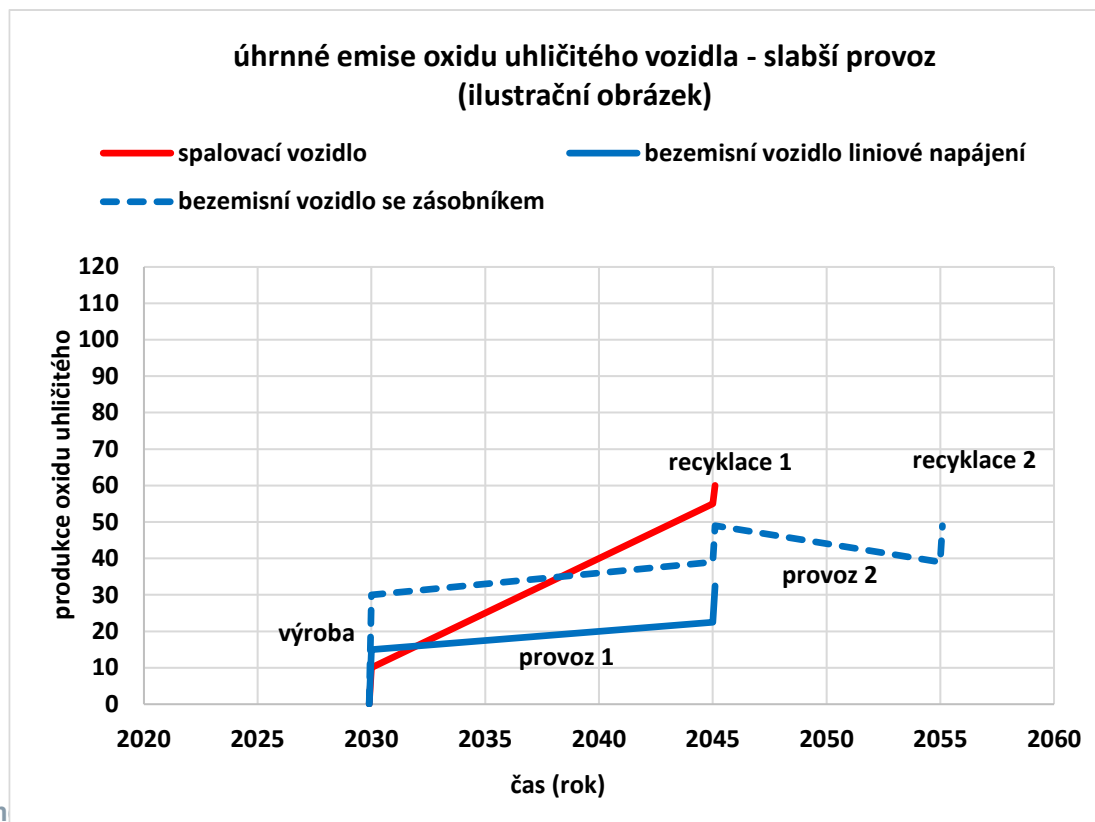
- v širokých mezích proměnná intenzita provozu, která má vliv na celkový proběh vozidla v průběhu jeho technického života (L) a tím i na velikost jeho provozních emisí (U_p). To činí provozní složku emisí variabilní,
- teritoriálně a v čase v širokých mezích proměnná měrná emisivita elektrické energie, která dosahuje v různých zemích a v různém čase hodnot v rozsahu 0 až cca 1,1 kg CO₂/kWh.

Emise oxidu uhličitého v průběhu životního cyklu vozidla

Jednotlivé typy vozidel se zásadním způsobem odlišují ve své produktivitě:

- vozidla individuálně vlastněná a individuálně používaná mají velmi nízkou produktivitu. Typicky osobní automobil registrovaný v ČR: střední denní doba používání 37 minut (2,6 % času) a střední roční proběh jen 10,5 tis. km/rok,
- vozidla veřejné hromadné dopravy mají velmi vysokou produktivitu. Typicky železniční vozidla: střední denní doba používání 18 hodin (75 % času) a střední roční proběh jen 140 až 700 tis. km/rok,

Roční proběh vozidla (km/rok) má zásadní vliv na vzájemnou relaci konstantních složek emisí (výroba a recyklace) a variabilní složky emisí.



Důvodem záměrného spalování uhlovodíkových paliv je uvolnění tepelné energie, vytvoření spalného tepla. V uhlovodíkovém palivu hoří a uvolňuje teplo jak uhlíková, tak i vodíková složka:

- spálením 1 kg vodíkové složky vzniká 39,4 kWh spalného tepla a oxidací se vytvoří $(2 \cdot 1 + 16) / (2 \cdot 1) = 9$ kg vody (H_2O), na její odpaření je potřeba 6,2 kWh tepelné energie, zbývá výhřevnost 33,2 kWh/kg,
- spálením 1 kg uhlíkové složky vzniká 9,1 kWh tepla a oxidací se vytvoří $(12 + 2 \cdot 16) / 12 = 3,67$ kg oxidu uhličitého (CO_2), tedy Měrná emisivita čistého uhlíku je $3,6 / 9,1 = 0,403$ kg CO_2 /kWh

Měrná emisivita uhlovodíkových paliv závisí na vzájemném poměru uhlíku a vodíku v jejich struktuře:

- měrná emisivita uhlí je cca 0,36 kg CO_2 /kWh,
- měrná emisivita ropné nafty je 2,65 kg CO_2 / litr při výhřevnosti 10 kWh, tedy 0,265 kg CO_2 /kWh,
- měrná emisivita automobilového benzínu je cca 0,245 kg CO_2 /kWh,
- měrná emisivita zemního plynu (převážně metan) je cca 0,205 kg CO_2 /kWh.

Tyto hodnoty jsou v čase stálé a teritoriálně nezávislé.

Měrná emisivita elektrické energie závisí na měrná emisivitě použitého fosilního paliva a na účinnosti elektrárny:

- měrná emisivita elektrické energie z uhelné elektrárny s účinností 36 % je $0,36 / 0,36 = 1,00 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh}$
- měrná emisivita elektrické energie z paroplynové elektrárny s účinností 60 % je $0,2 / 0,6 = 0,33 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh}$

Měrná emisivita elektrické energie závisí na energetickém mixu výroby elektřiny.

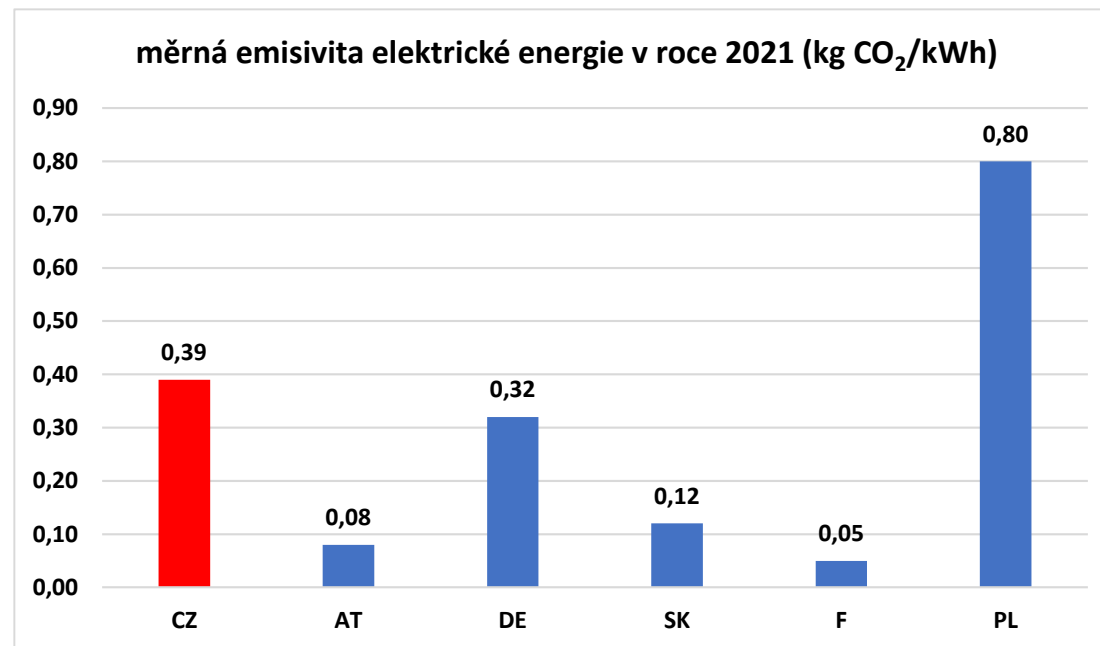
S ohledem na specifické přírodní a jiné podmínky jednotlivých zemích a na trend dekarbonizace, je měrná emisivita elektrické energie teritoriálně a časově proměnná, a to zásadně (0 až cca $1,1 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh}$).

Aktuální stav v ČR je cca $0,39 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh}$ s tendencí poklesu k nule (řízené ukončování provozu uhelných elektráren).

Trend ukončování provozu uhelných elektráren je výrazně ovlivněn dvěma faktory:

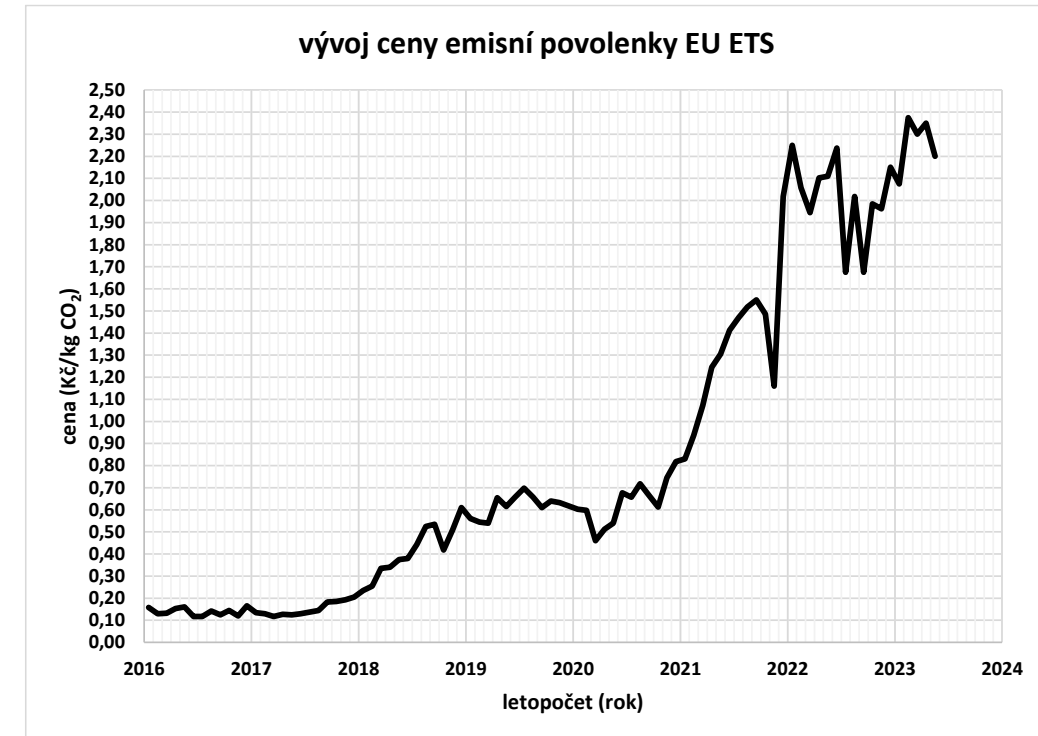
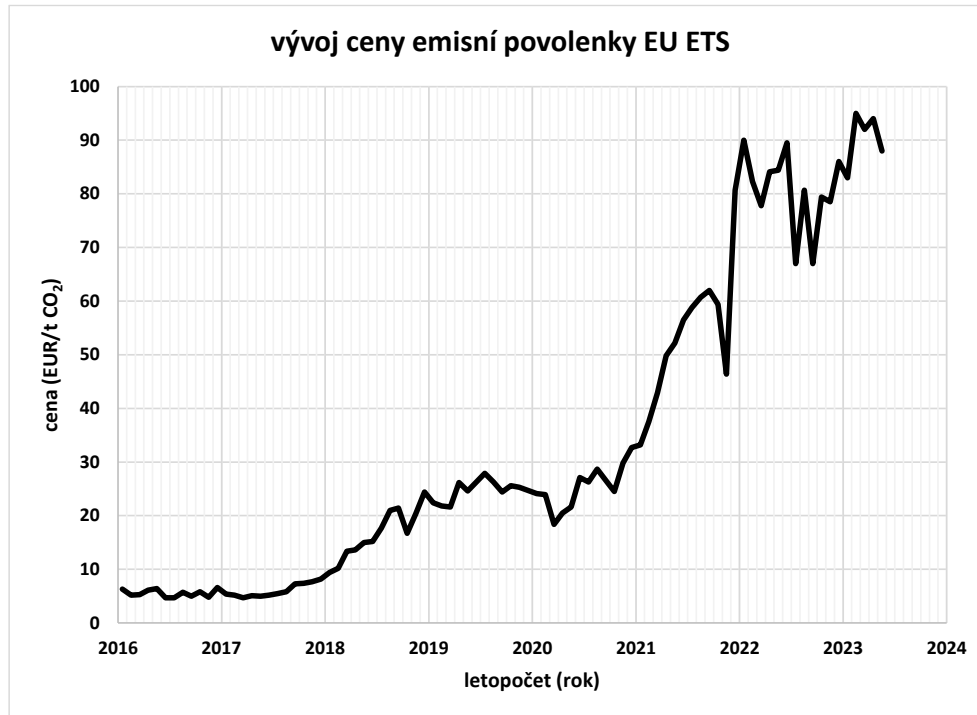
- růst tržní ceny emisních povolenek EU ETS činí elektrickou energii z uhelných elektráren cenově nekonkurenceschopnou vůči bezemisním zdrojům,
- taxonomie: banky odmítají financovat investice do fosilní energetiky, neboť je považují za rizikové.

Poznámka: Při přechodu z centralizované na decentralizovanou energetiku nemusí být měrná emisivita elektrické energie státního elektrárénství pro provoz vozidla relevantní.



Princip obchodování s emisemi oxidu uhličitého EU ETS je prostý:

- kdo potřebuje spalovat fosilní paliva (a spadá do emisními povolenkami regulované oblasti, 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 elasticita trhu, avšak je programově řízena snižováním vydávaného množství (aktuálně o 2,2 %/rok).



Emisivita výroby elektrické energie v ČR

SIEMENS

Měrná emisivita výroby elektrické energie v ČR je programově radikálně snižována.

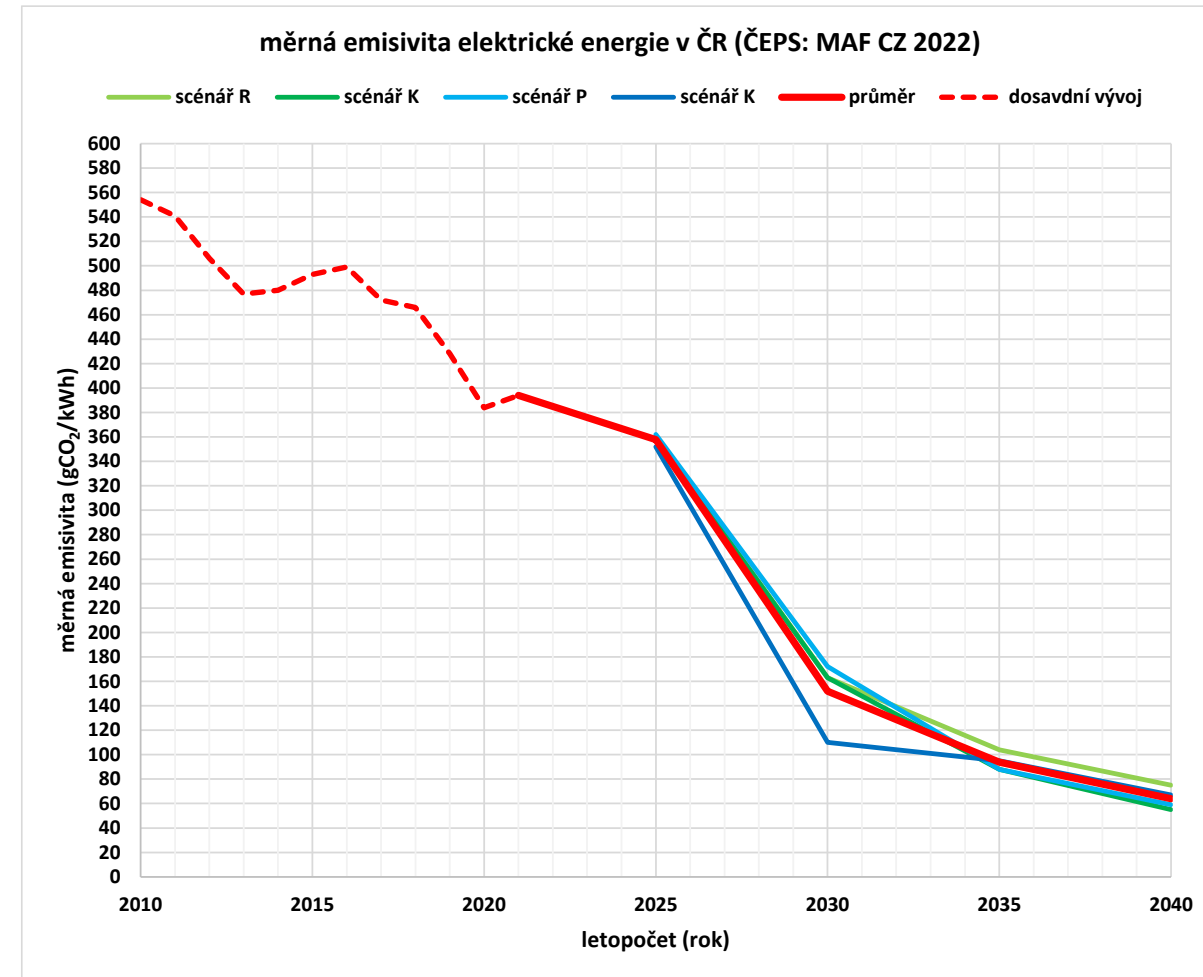
Důvody jsou ryze ekonomické. Elektrárny spalující uhlí s měrnou emisivitou 0,36 kg CO₂/kWh a s účinností 36 % produkují elektrickou energii s měrnou emisivitou 1 kg CO₂/kWh.

To pro uhelné elektrárny při aktuální tržní ceně emisí povolenky EU ETS v úrovni kolem 90 EUR/t CO₂ (cca 2,10 Kč/kg CO₂) zvyšuje náklady na výrobu elektrické energie zhruba na trojnásobek, což činí uhelné elektrárny nekonkurenceschopnými.

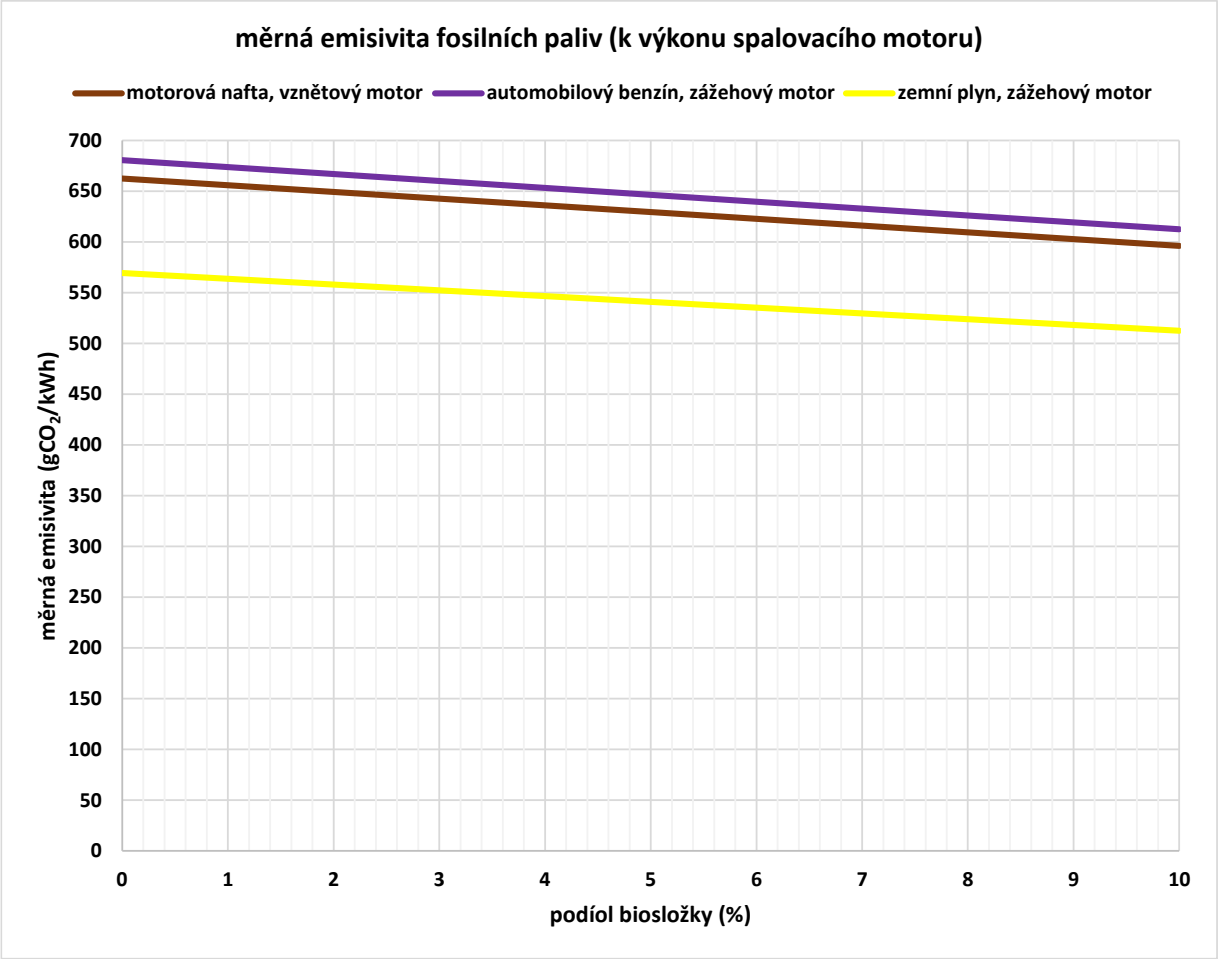
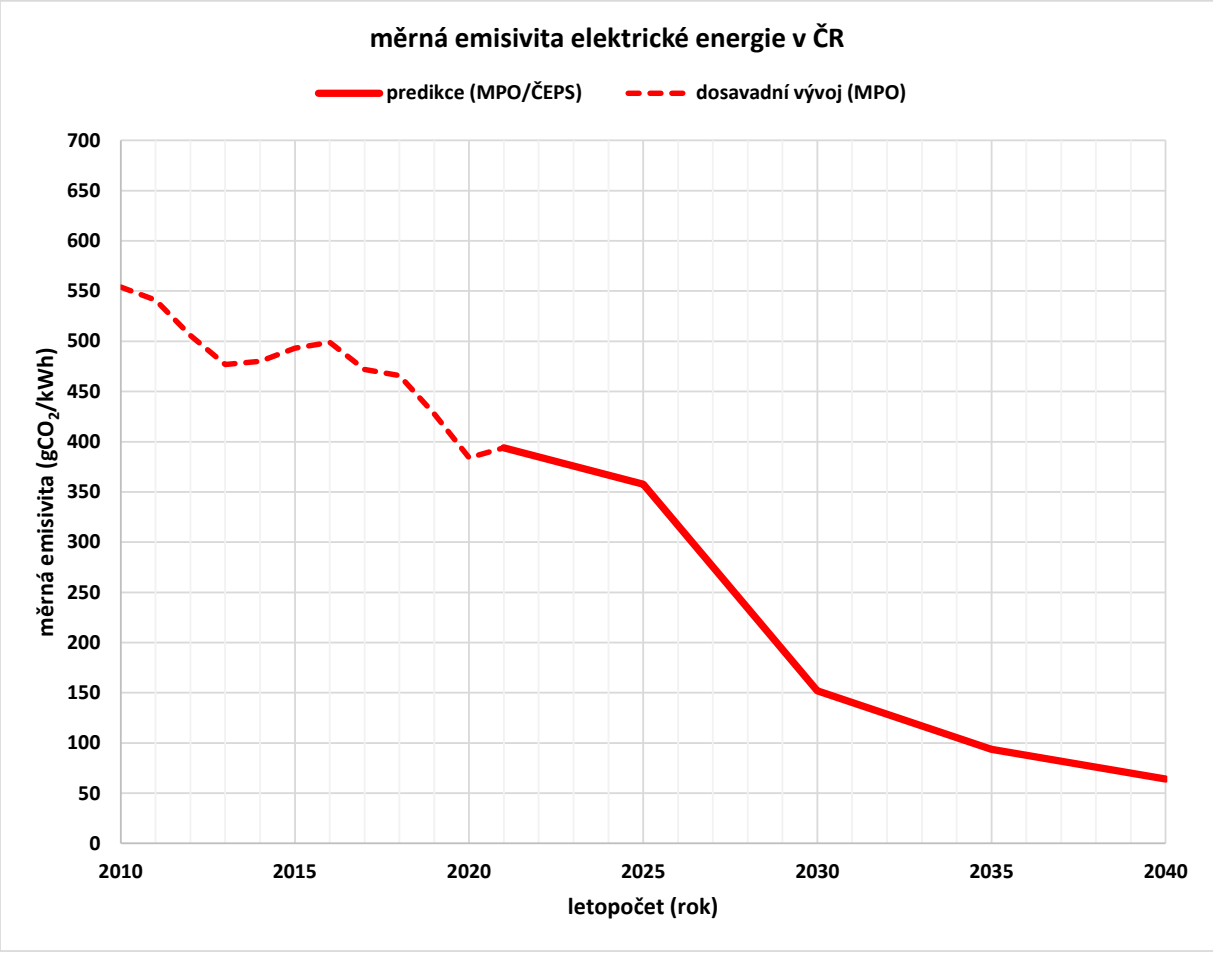
Navíc podle zásad taxonomie již banky nepodporují investice do rozvoje těžby uhlí a souvisejících aktivit.

Tyto ekonomické skutečnosti způsobují programový útlum uhelných elektráren. Ustává import elektrické energie (dosud cca 14 TWh/rok) a nahrazují je obnovitelné zdroje energie v kombinaci s paroplynovými elektrárnami, nezbytnými pro vykrytí volatility obnovitelných zdrojů.

Radikální pokles měrné emisivity elektrické energie snižuje konstantní i variabilní emise CO₂ za život elektrických vozidel.

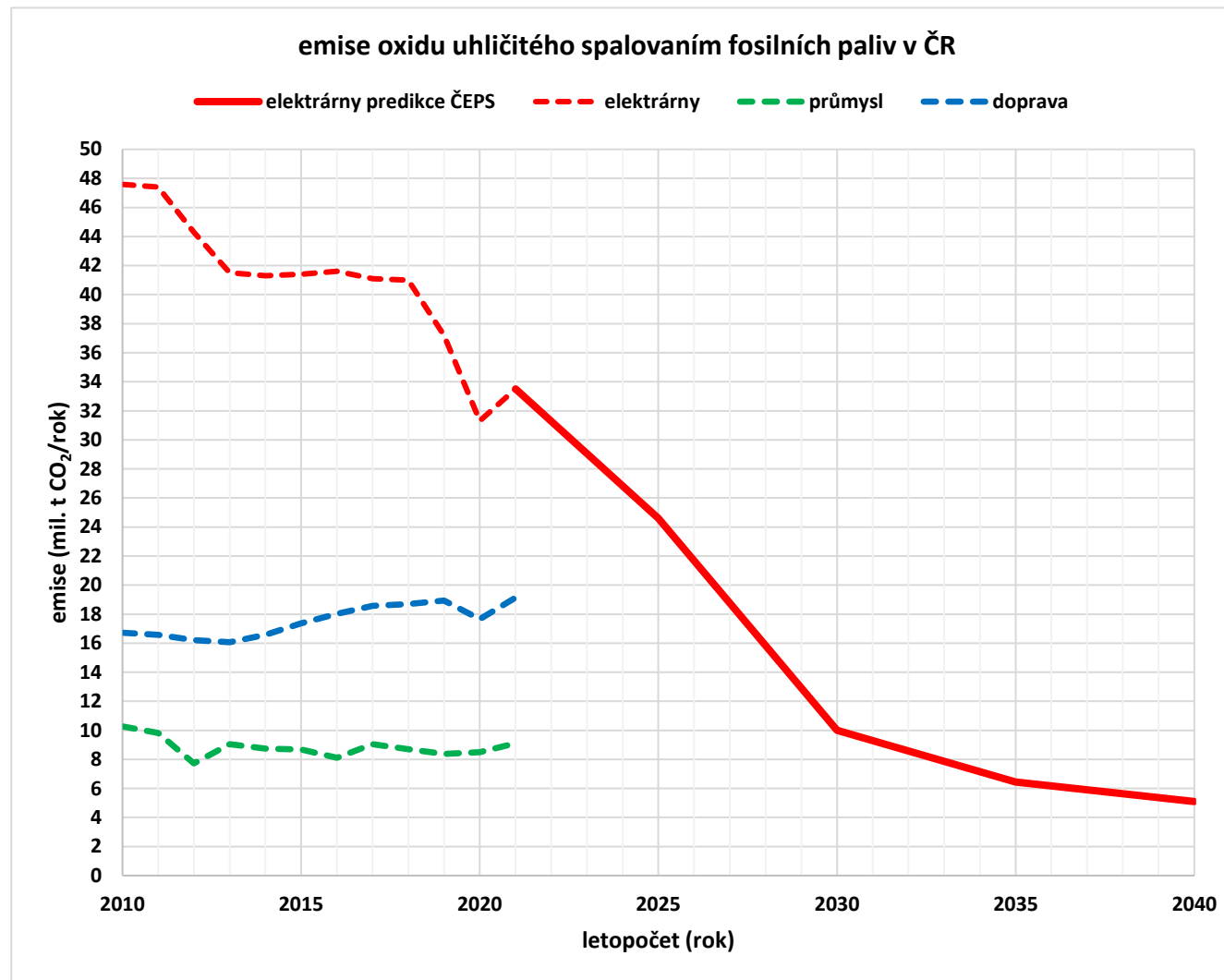


Měrná emisivita uhlovodíkových paliv je ovlivněna přimícháváním biosložky (jednotky procent) a ve výsledném efektu i účinností spalovacího motoru (vznětový či zážehový).



Ve všech oborech lidské činnosti je cíleně snižována produkce emisí oxidu uhličitého spalováním fosilních paliv.

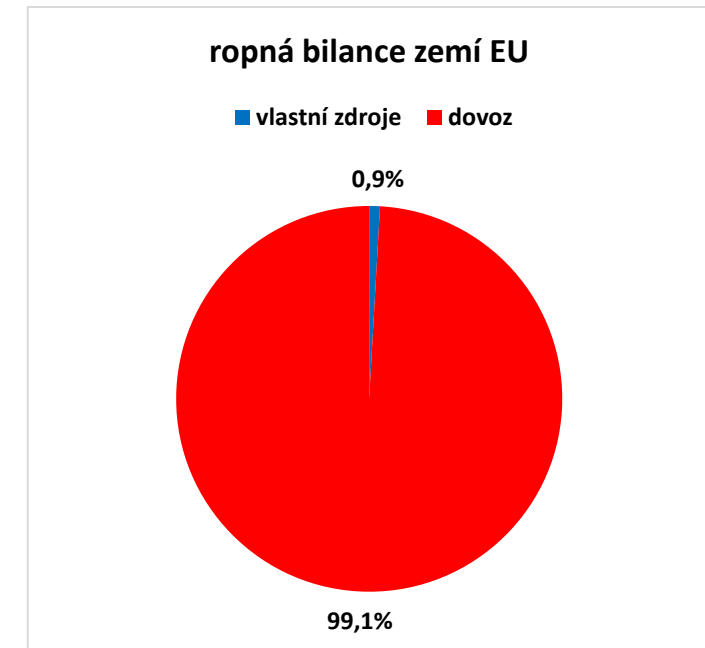
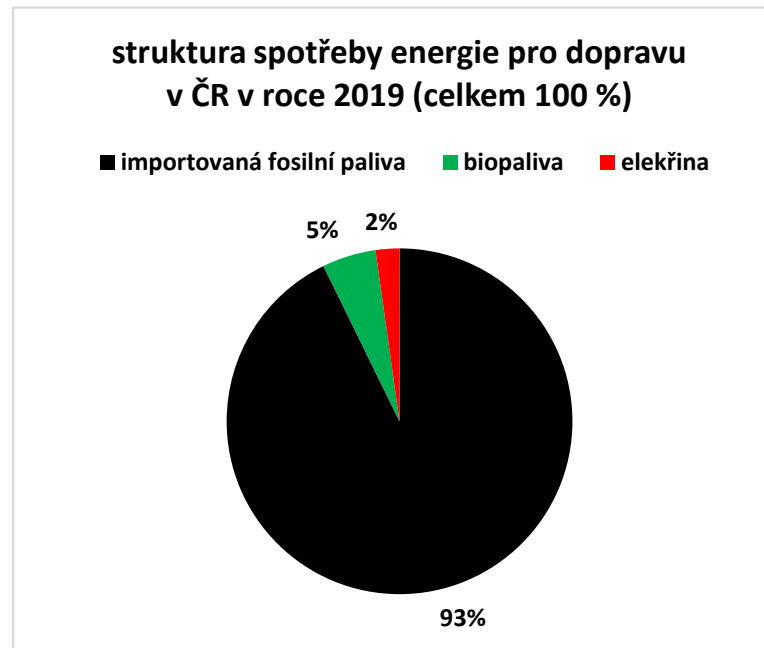
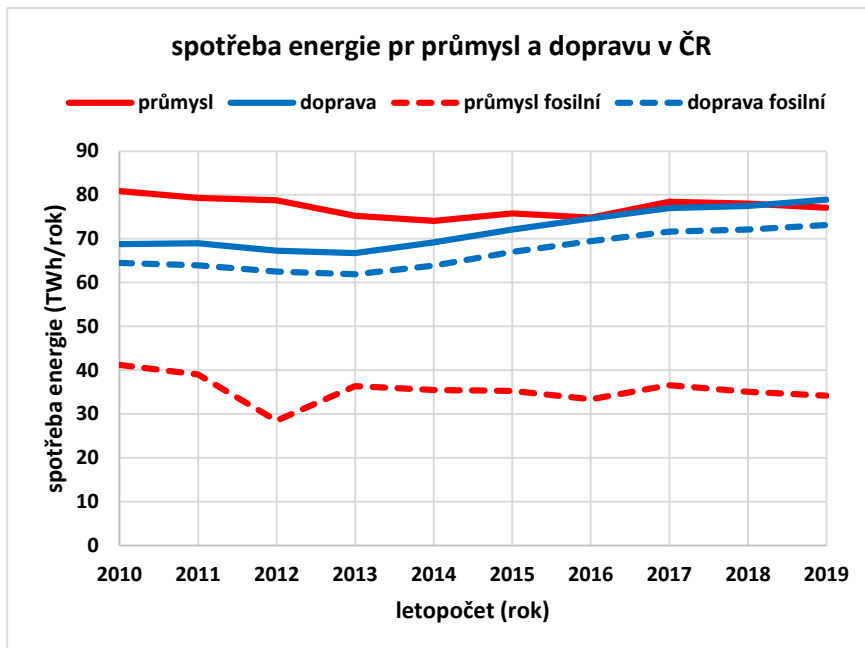
Pokud by v dopravě nenastala radikální změna, stala by se zhruba v roce 2027 v ČR doprava největším producentem oxidu uhličitého.



Trend snižování emisí působí i v oblasti emisí zdraví škodlivých látek. Ve městech v ČR se po zkvalitnění lokálních topenišť a ozdravení průmyslu stala doprava dominantním (až 90 %) znečišťovatelem ovzduší zdraví škodlivými látkami (oxidy dusíku NO_x , polyaromatické uhlovodíky PAH, prchavé organické látky VOC a jemné prachové částice PM).

V důsledku kontinuálního extenzivního rozvoje automobilové dopravy a nízké účinnosti spalovacích motorů překonala v ČR v roce 2019 spotřeba energie v dopravě spotřebu energie v průmyslu a dále roste.

Přitom 93 % spotřeby energie pro dopravu činí v ČR importovaná fosilní paliva a ropné produkty. Skutečnost že země EU nemají vlastní zdroje ropy a dovážejí 99 % ropy, respektive ropná paliva, a to zpravidla z problematických zemí činí Evropské země nesvobodnými a vydíratelnými. Proti svému přesvědčená financují dovozem ropy vyzbrojování agresivních armád.



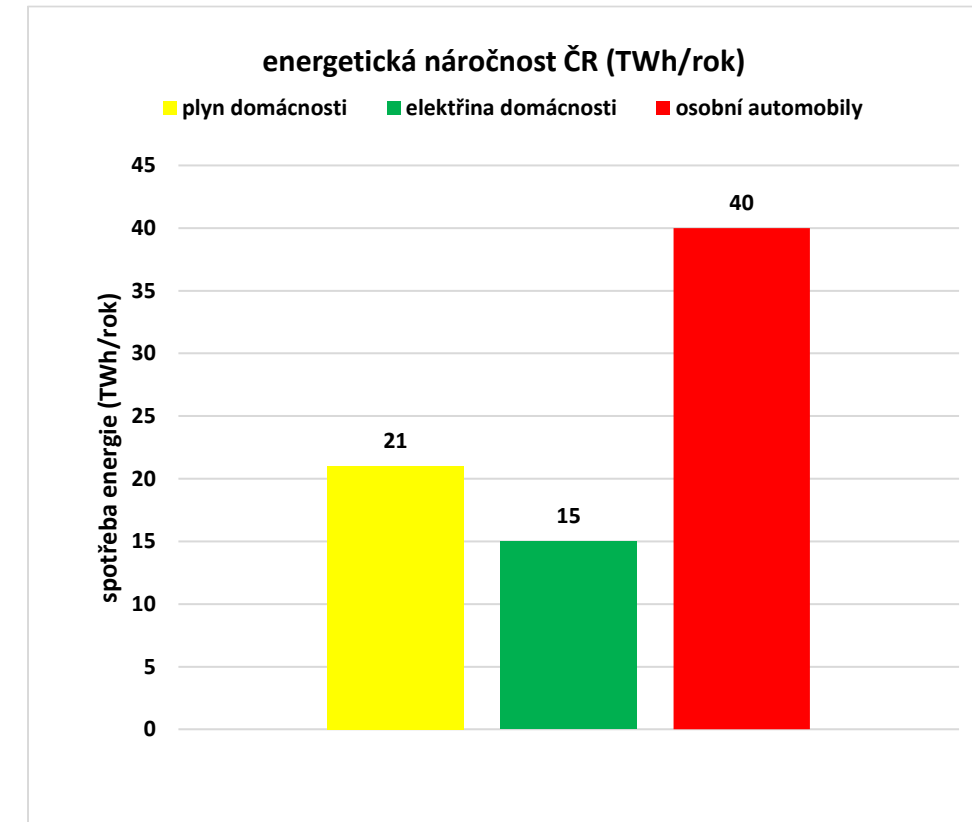
Spotřeba energie uhlovodíkových paliv pro provoz osobních automobilů v ČR v úrovni cca 40 TWh/rok (cca 4 miliardy litrů automobilového benzínu a motorové nafty ročně) je vyšší, než spotřeba zemního plynu a elektřiny domácností dohromady (21 TWh/rok + 15 TWh/rok = 36 TWh/rok).

Dalších cca 40 TWh/rok energie uhlovodíkových paliv (cca 4 miliardy litrů motorové nafty ročně) spotřebují nákladní automobily.

S každým do nádrže vozidla natankovaným litrem automobilového benzínu či motorové nafty přispíváme cca 12 Kč na vyzbrojování agresivních armád.

Odstranění závislosti dopravy v ČR na importu ropy (v rozsahu cca 100 miliard Kč/rok) je velmi významným motivem ke zvýšení podílu energeticky úsporné železnice na přepravních výkonech dopravy.

=> odklon od používání fosilních paliv je motivován nejen zastavením klimatických změn, ale i získáním skutečné svobody a nezávislosti, k udržení míru.



Současný stav ve zpoplatnění produkce 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.

Výchozí cena emisní povolenky v prvním roce není až tak důležitá, podstatná bude tržní cena emisní povolenky v dalších letech. Počínaje rokem 2028 bude objem vydávaných emisních povolenek postupně snižován, a to lineárním redukčním faktorem.

V závislosti na cenové elasticitě tržní poptávky po fosilních palivech bude růst tržní cena emisní povolenky (a spolu s tím i cena fosilních paliv) tak, aby prodej fosilních paliv (a s jejich používáním spojené emise oxidu uhličitého), klesal požadovaným tempem.

Cena tržní povolenky bude vytvořena elasticitou trhu (zpočátku s limitem 45 EUR/t CO₂). Fosilní paliva budou tak drahá, jak velké zdražení je pro obyvatelstvo potřebnou motivací k dodržení stanoveného tempa snižování jejich spotřeby.

V roce 2050 již nebudou vydány žádné emisní povolenky, doprava již nedostane žádná fosilní paliva.

Základní zadání pro dopravu je jednoduché: v roce 2050 nebude mít doprava k dispozici žádná fosilní paliva.

Pro fungování společnosti je potřeba zajistit dopravu osob a věcí bez fosilních paliv.

To by v nejjednodušším případě (prostá záměna spalovacích vozidel elektrickými) znamenalo náhradu 82 TWh/rok uhlovodíkových paliv 33 TWh/rok elektrické energie (redukční poměr 2,5 je dán poměrem účinností elektrického pohonu a spalovacího pohonu).

Rozšířené zadání pro dopravu je komplexnější:

- **radikálněji snížit energetickou náročnost dopravy, aby nepotřebovala tolik elektrické energie,**
- **vysokorychlostním železničním systémem zrychlit meziměstskou dopravu ze 160 km/h na 320 km/h s cílem zapojit celou plochu území ČR do systému tvorby a spotřeby hodnot (přeměnou monocentrické struktury osídlení na polycentrickou),**
- **humanizovat města, zvýšit kvalitu bydlení a žití ve městech převedením zbytné části automobilové dopravy na veřejnou hromadnou doprav, jízdní kola a pěší chůzi, radikálním snížením počtu parkujících automobilů ve veřejném prostoru,**
- **odlehčit silniční síť, převést dálkovou nákladní dopravu ze silnic a dálnic na železnice.**

Převedení přeprav ze silnice na železnice přináší další redukční poměr, a to v hodnotě 3 (vliv nižšího odporu valení ocelových kol na ocelových kolejnicích a nižšího aerodynamického odporu dlouhých štíhlých v těsném zákrytu jedoucích vozidel). V součinu lze při náhradě spalovacích automobilů elektrickou železnici dosáhnout výsledný redukční poměr energetické náročnosti dopravy $2,5 \cdot 3 = 7,5$. Tedy pokles spotřeby energie ze 100 % na 13 % (úspora 87 %).

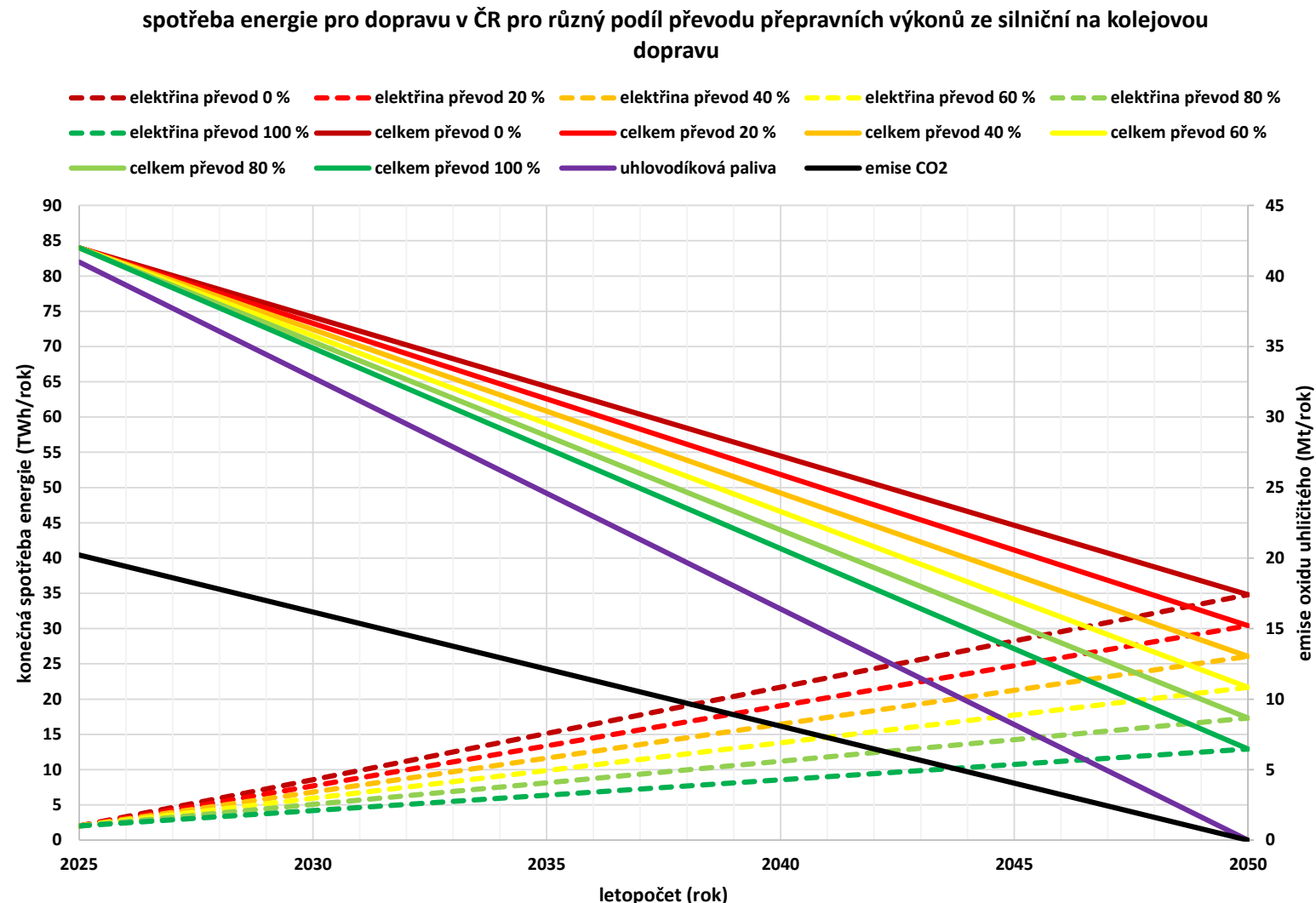
Přechod z fosilní na bezemisní mobilitu

SIEMENS

Do roku 2050 skončí použití fosilních paliv v dopravě a spolu s tím i produkování emisí oxidu uhličitého.

Při náhradě uhlovodíkových paliv elektrickou energií dojde vlivem odklonu od používání spalovacích motorů (nízká účinnost, neschopnost rekuperovat brzdovou energii) též k zásadnímu snížení spotřeby energie pro dopravu.

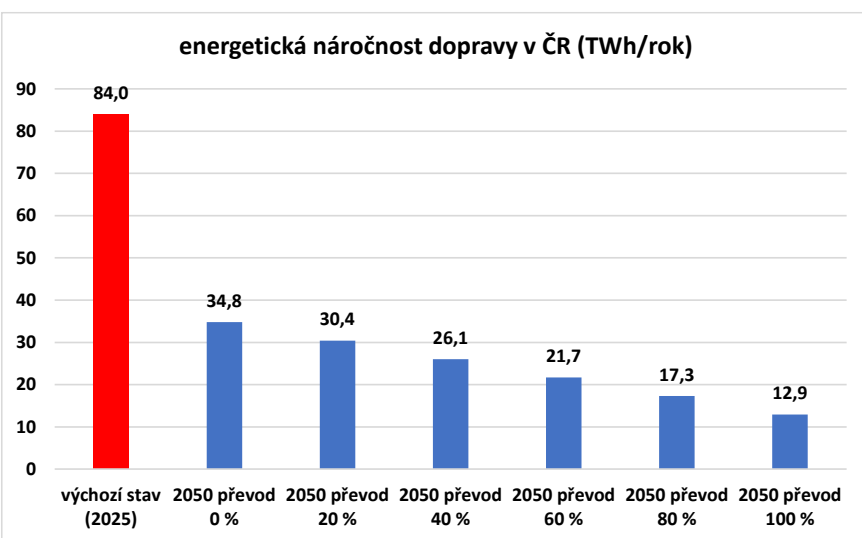
Spotřeba (elektrické) energie pro dopravu bude o to nižší, čím více přepravních výkonů se podaří převést ze silniční do kolejové dopravy.



výchozí bod 2025: 82 TWh/rok uhlovodíková paliva + 2 TWh/rok elektřina

cílový bod 2050: 0 TWh/rok uhlovodíková paliva + 13 až 35 TWh/rok elektřina

Jiří Pohl



Průběh dekarbonizace dopravy v ČR:

- mezi roky 2025 a 2050 klesne spotřeba uhlovodíkových paliv v dopravě z 82 TWh/rok na nulu a tedy i produkce emisí oxidu uhličitého dopravou klesne z 20 Mt/rok na nulu:
 - od roku 2027 budou emisní po povolenky EU ETS rozšířeny i na dopravu a lineárním redukčním faktorem bude počet vydávaných emisních povolenek každoročně snižován tak, že v roce 2050 již nebude vydána žádná – fosilní paliva nebude možno v dopravě používat, ale dopravu je potřeba zajistit,
 - již kolem rokem 2030 ukončí výrobci osobních automobilů produkci spalovacích automobilů,
 - nezvýšeným tempem prosté reprodukce (240 000 nových osobních automobilů/rok) dojde v ČR v průběhu 25 let (2025 až 2050) k přirozené obměně parku 6 000 000 spalovacích automobilů elektrickými,
- potřebné množství energie pro dopravu (výhradně elektrické) v roce 2050 bude, v závislosti na množství převedených přeprav ze silniční dopravy na kolejovou dopravu, činit jen 13 až 35 TWh/rok:
 - zásadním nástrojem ke snížení energetické náročnosti dopravy osob je z kvalitativních i kapacitních důvodů budování železniční systému Rychlých spojení (jeho vysokorychlostní (320 km/h) i konvenční (200 km/h) části) k propojení krajských měst uvnitř ČR i ČR s okolními státy EU,
 - pro převedení přeprav osob i věcí ze silnice na kolejovou dopravu je důležitá multimodalita – vytvoření parku vozidel i infrastrukturního logistického a energetického zázemí pro kombinovanou dopravu (terminály, autonomní vozidla, infrastrukturní energetické zázemí pro bezemisní vozidla).

Infrastrukturní energetické zázemí pro bezemisní vozidla

příklad: nabíjení osobních automobilů

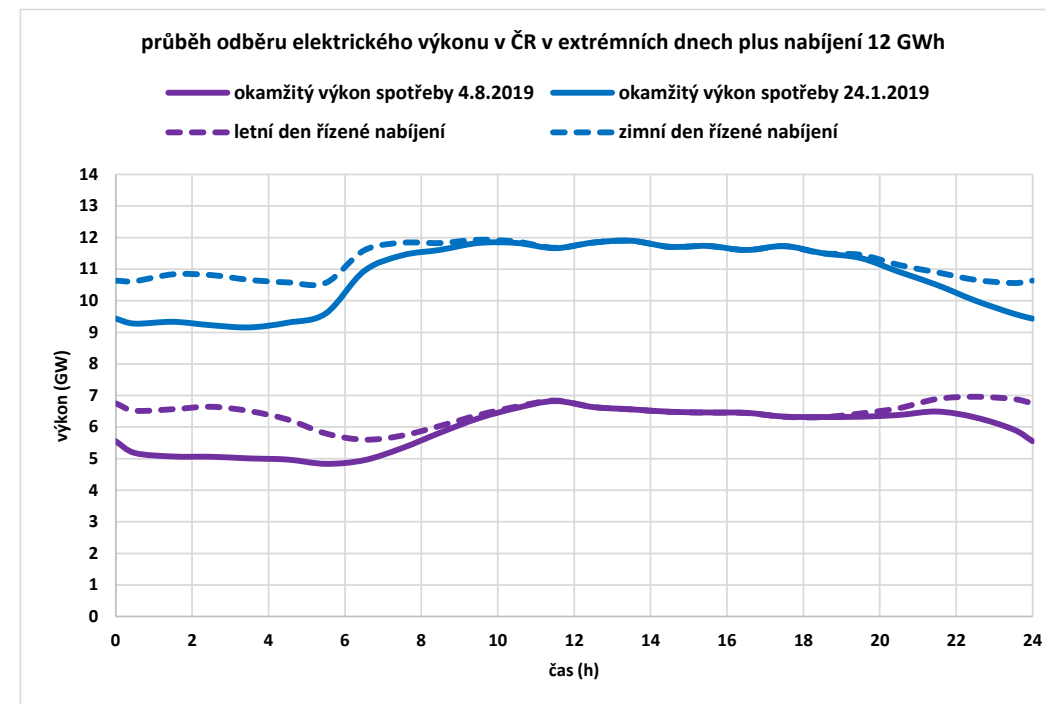
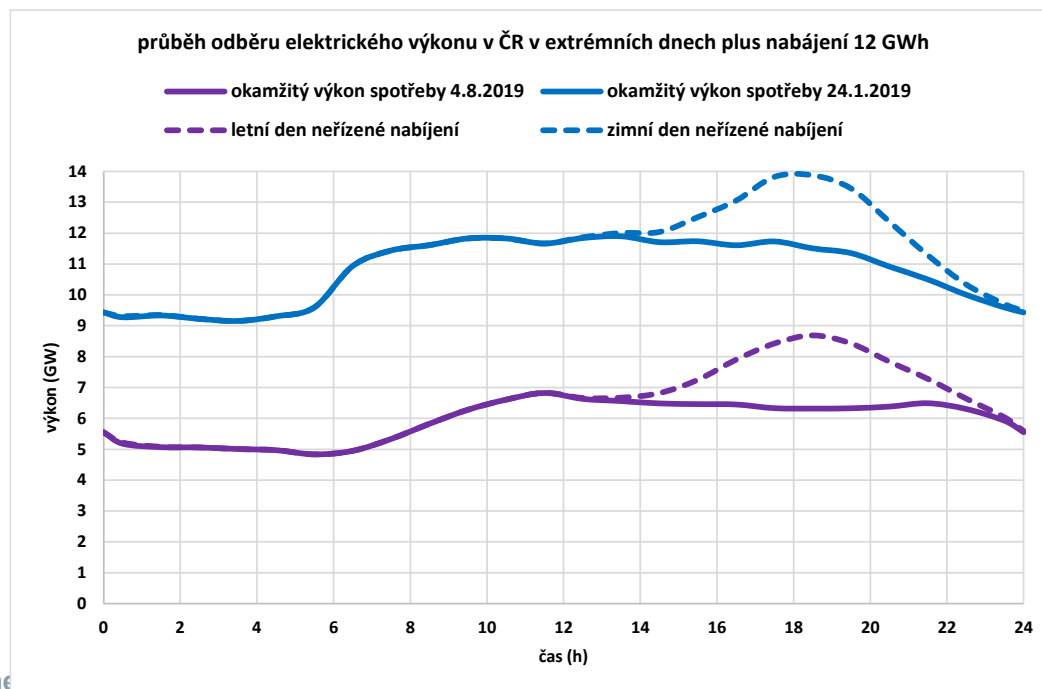
SIEMENS

Z pohledu minimalizace ztráty času, životnosti akumulátorové baterie, výše platby a hospodárného zatěžování elektrizační soustavy (zdrojů i přenosové a distribuční sítě) je nejvýhodnější pomalé AC nabíjení při parkování, proto je celosvětově nejvíce používáno (80 až 90 %).

V ČR registrovaný osobní spalovací automobil je denně využíván 37 minut a ujede 29 km. V témže režimu bude elektrický automobil v průměru denně potřebovat z distribuční elektrické sítě cca 6 kWh a má k tomu při parkování čas 23 hodin a 23 minut.

Základem spolupráce automobilu s elektrizační soustavou (centralizovanou či decentralizovanou) je použití internetu věcí k řízení spolupráce automobilů s elektrizační soustavou (smart grids). Vhodným přesunutím začátku nabíjení z období denní špičky do období nočního sedla lze zásadním způsobem snížit požadavek na výkonnost zdrojů.

Níže uvedené obrázky znázorňují řízené a řízené nabíjení 2 000 000 osobních automobilů (12 GWh/den) v ČR. Základním principem je řízení okamžiku připojení nabíjených jednotlivých automobilů k distribuční síti.



V ČR aktuálně bydlí zhruba 44 % obyvatelstva v rodinných domech (s tendencí růstu). Tito občané mají již zpravidla k dispozici venkovní jednofázovou zásuvku 230 V 16 A (3,7 kW), například pro zahradní sekačku trávy, respektive si ji mohou levně pořídit. Pochopitelně jim optimálně poslouží wallbox 3 x 400 V, 16 A (11 kW)

Zároveň mají možnost vybudovat si na střeše svého domu fotovoltaickou elektrárnu. Pro výrobu elektrické energie v celoročním úhrnu spotřeby průměrného automobilu v ČR k tomu stačí 11 m² FV panelů (špičkový výkon 2,1 kW).

V ČR aktuálně bydlí zhruba 56 % obyvatelstva v bytových domech (s tendencí poklesu). Pro tyto občané mají k dispozici distribuční elektrickou síť, která je schopna zásobovat elektrickou energií nejen jejich byt, ale i jejich opodál stojící zaparkovaný elektrický automobil. Avšak ne současně, nýbrž koordinovaně.

Pokud například spí a přitom nevaří, nežehlí, nesvíí tak lze pro jejich byt rezervovaný příkon operativně využít k nabíjení zaparkovaných automobilů. K tomu je potřebné:

- vybavit všechna parkovací místa venkovními AC zásuvkami, napájenými elektrickou energií dosud určenou pro domovní elektrické rozvaděče bytových domů. S výhodou lze využít nové silné vodiče doplněné do kabelových tras veřejného osvětlení (viz Praha, krycí název „Nabíjení z lamp“). Cena elektrice parkovacích míst je zlomkem ceny pozemků užívaných k parkování.**
- SW aplikace internetu věcí (Energetika 4.0) pro automatické in line řízení nabíjení automobilů podle aktuálního stavu spotřeby elektrické energie bytovými domy v dané lokalitě (téma využití možností distribuční sítě) a podle nabídky na straně zdrojů (téma aktuální ceny, působící jako přirozený regulátor bilance zdrojů a spotřebičů).**

Udržitelnost mobility má nejen environmentální, ale i ekonomickou a sociální dimenzi. Ty vedou k preferenci nabíjení v době prostoje automobilu (při parkování), které může být pomalé a proto levné a ohleduplné jak k akumulátorové baterii, tak i k elektrizační soustavě.

Naopak u nácestného nabíjení v době produktivního výkonu automobilu je žádáno, aby trvalo dobu co nejkratší a neprodlužovalo příliš dobu cesty a nesnižovalo příliš produktivitu vozidla a personálu. To vede ke snaze o vytváření vysoce výkonných rychlých nabíjecích zdrojů. Ty jsou však z objektivních důvodů investičně i provozně drahé a negativní působí jak na akumulátorovou baterii, tak i na elektrizační soustavu.

Virtuální rychlost nabíjení určuje rychlost obnovy schopnosti vozidla k jízdě:

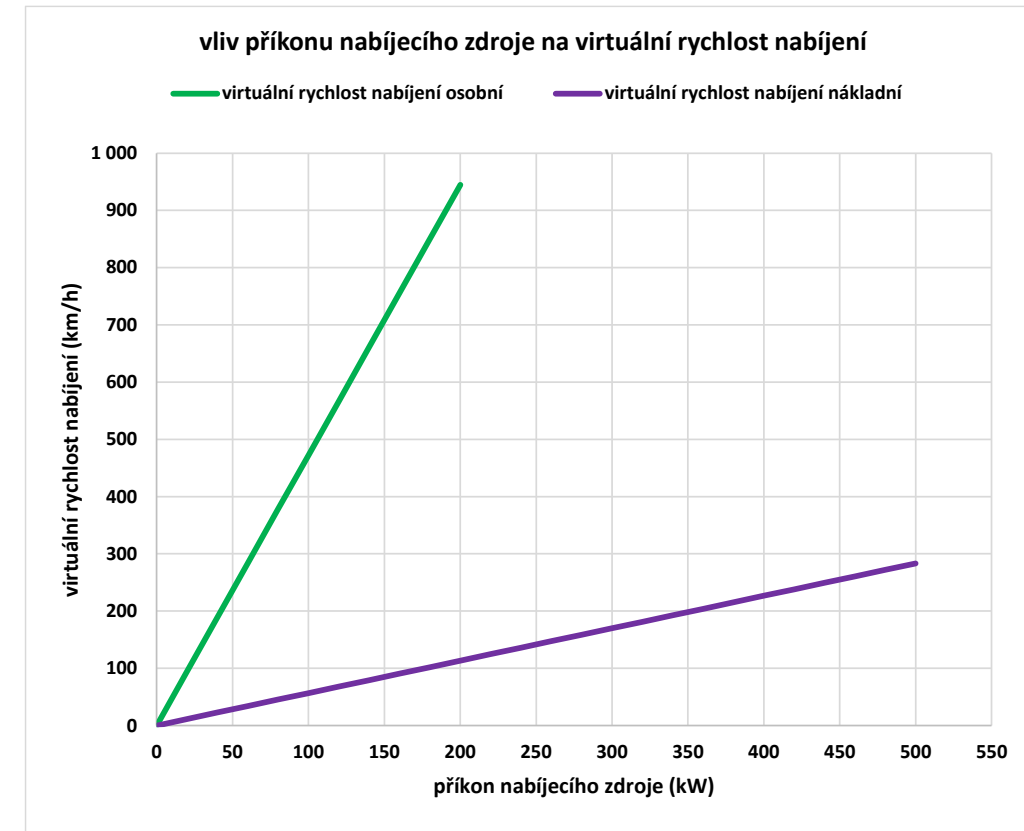
$$v_v = P \cdot \eta / e$$

v_v ... virtuální rychlost nabíjení (km/h),

P ... příkon nabíjecího zařízení (kW),

η ... účinnost nabíjecího zařízení a akumulátorové baterie.

e ... gradient spotřeby energie z akumulátorové baterie (kWh/km).



Cestovní rychlost při nácestném nabíjení

SIEMENS

Při jízdě na dlouhé vzdálenosti s opakovaným využíváním nácestného nabíjení má virtuální rychlost nabíjení významný vliv na poměr cestovní rychlosti k rychlosti jízdy a na poměr času cesty k času jízdy:

$$v_c = L / (T + T_n) = L / (L / v + L / v_v) = v \cdot v_v / (v + v_v)$$

v_c ... cestovní rychlost (km/h),

v_v ... rychlost jízdy (km/h),

v_v ... virtuální rychlost nabíjení (km/h),

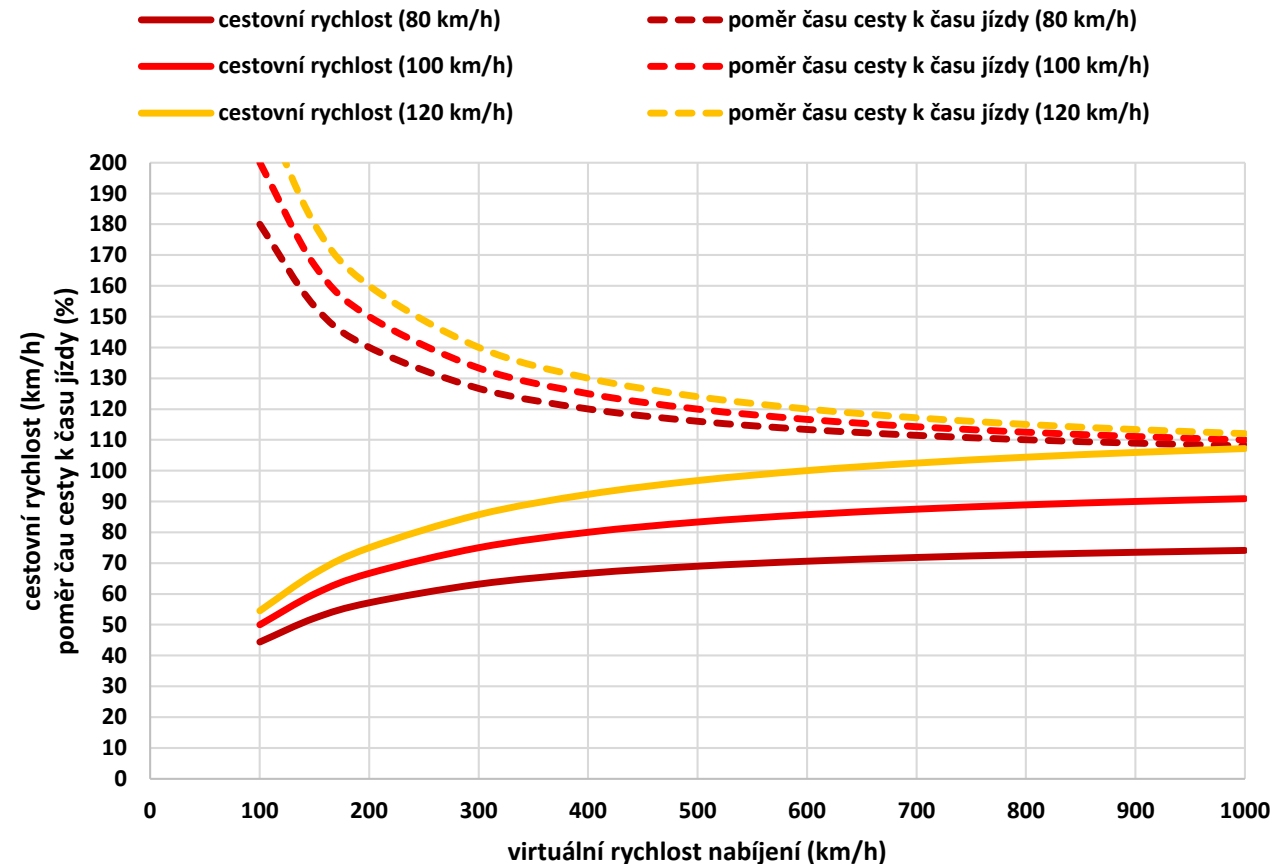
L ... vzdálenost,

T ... doba jízdy,

T_n ... doba nabíjení

Nízká virtuální rychlost nabíjení prodlužuje dobu cesty (snižuje cestovní rychlost) a snižuje produktivitu práce vozidla i řidiče.

vliv virtuální rychlosti nabíjení na cestovní rychlost a čas



Snaha docílit vysokou virtuální rychlost nabíjení má významný vliv na zvýšení poměru cestovní rychlosti k rychlosti jízdy a na snížení poměru času cesty k času jízdy s pozitivním dopadem na produktivitu práce vozidla i řidiče.

Vyžaduje však vysoce výkonný nabíjecí zdroj, což má nepříznivý dopad na ekonomiku provozu.

Ve dvousložkové ceně elektřiny tím významně roste cena za velký rezervovaný příkon, pokud není řádně využit:

$$C = c_{es} \cdot E + c_p \cdot P \cdot T_k$$

$$c_{ev} = c_{es} + c_p \cdot T_k / T_v$$

C ... výsledná platba za elektrickou energii (Kč),

c_{es} ... cena silové elektrické energie (Kč/kWh),

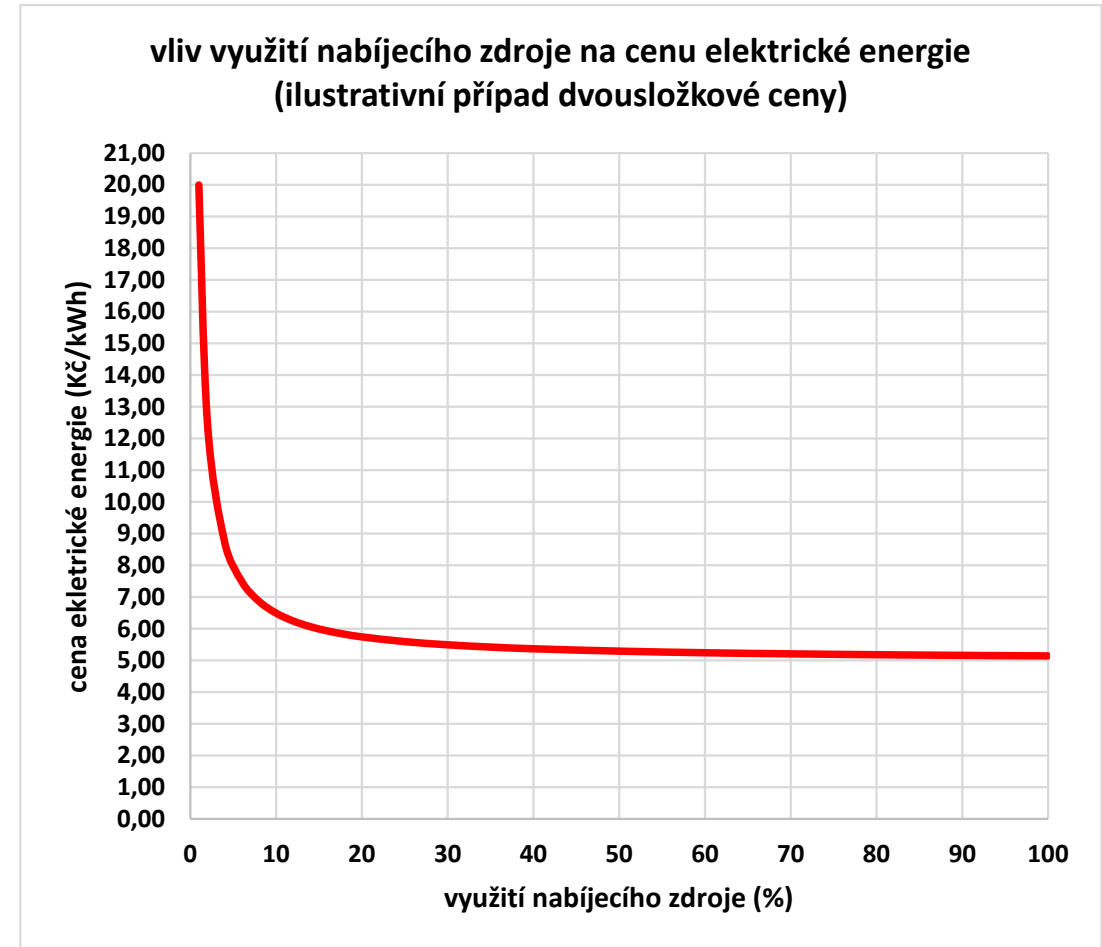
c_p ... výkonová cena rezervované elektrické energie (Kč/kWh),

c_{ev} ... výsledná cena silové elektrické energie (Kč/kWh),

T_k ... kalendářní čas (h),

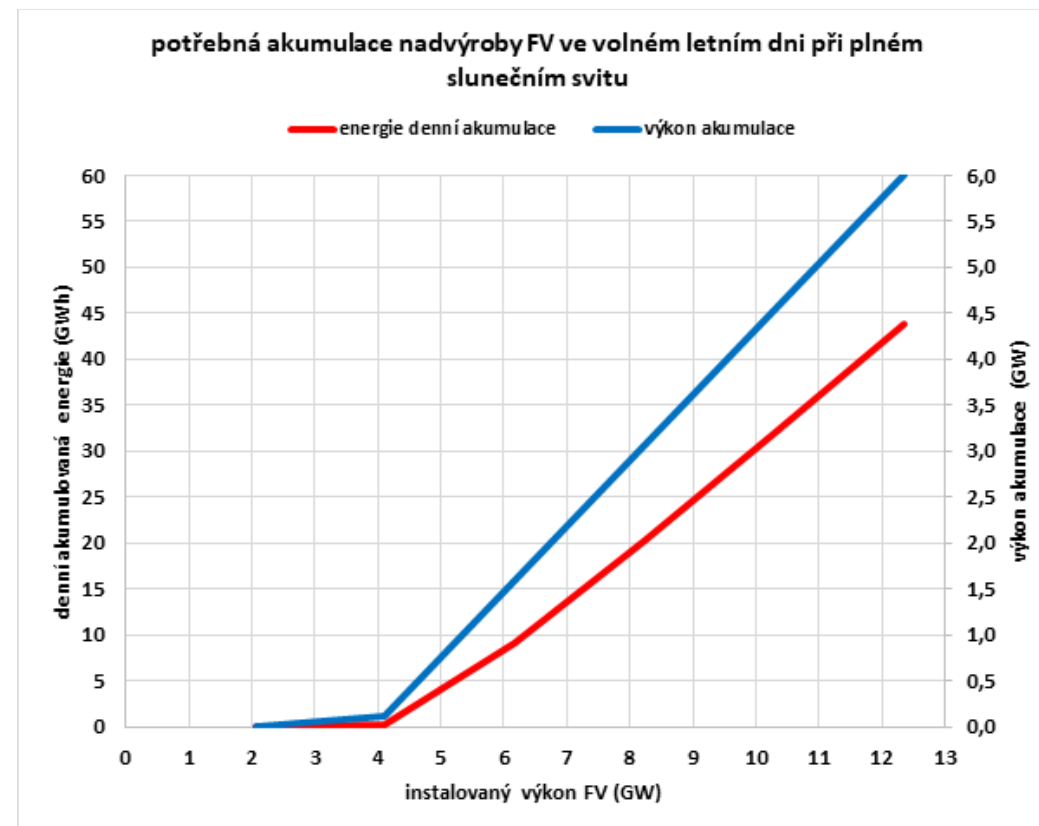
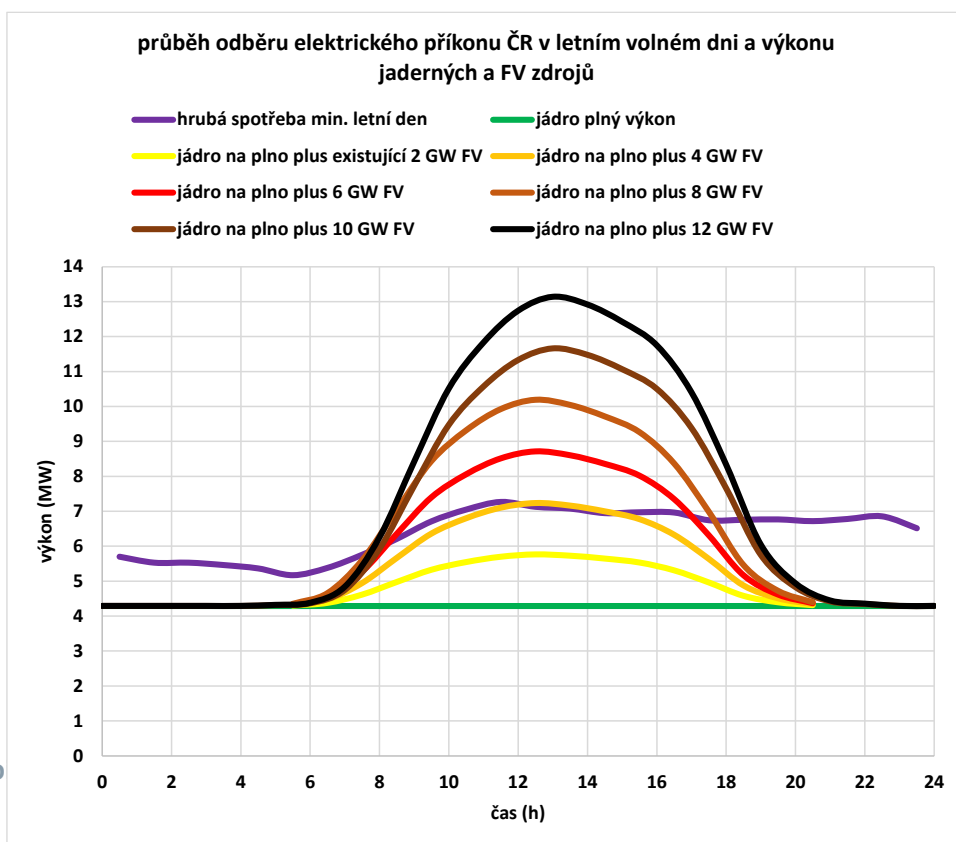
T_v ... doba využití (h).

=> čím rychlejší nabíjení, čím kratší čekání ve frontě, tím vyšší cena.



V letních volných dnech klesá v ČR výkon odebíraný spotřebiteli z distribuční elektrické sítě na hodnotu cca 7 GW, z toho 4,3 GW pokrývají jaderné elektrárny Dukovany a Temelín, které trvale pracují plným výkonem. Na ostatní zdroje elektřiny zbývají necelé 3 GW. Zhruba polovinu tohoto výkonu dodávají za slunného počasí fotovoltaické elektrárny.

Po prodlevě 12 let opět v ČR nastává období intenzivního budování fotovoltaických elektráren. Po zdvojnásobení jejich instalovaného výkonu přesáhne v elektrizační soustavě ČR výkon zdrojů příkon spotřeby, přebytečnou energii bude nutno akumulovat. Jednou z účinných možností je nabíjení akumulátorů parkujících vozidel.



Domácí FV elektrárny

Při běžném provozu (nájezd desítky km/den) vyrovná akumulátor elektrického automobilu (dimenzovaný na dojezd ve stovkách km) i několikanásobnou fluktuaci slunečního záření.

Standardní střešní FV elektrárna o špičkovém výkonu 5 kW pokryje provoz rodinného domu i běžný provoz automobilu od března do září.

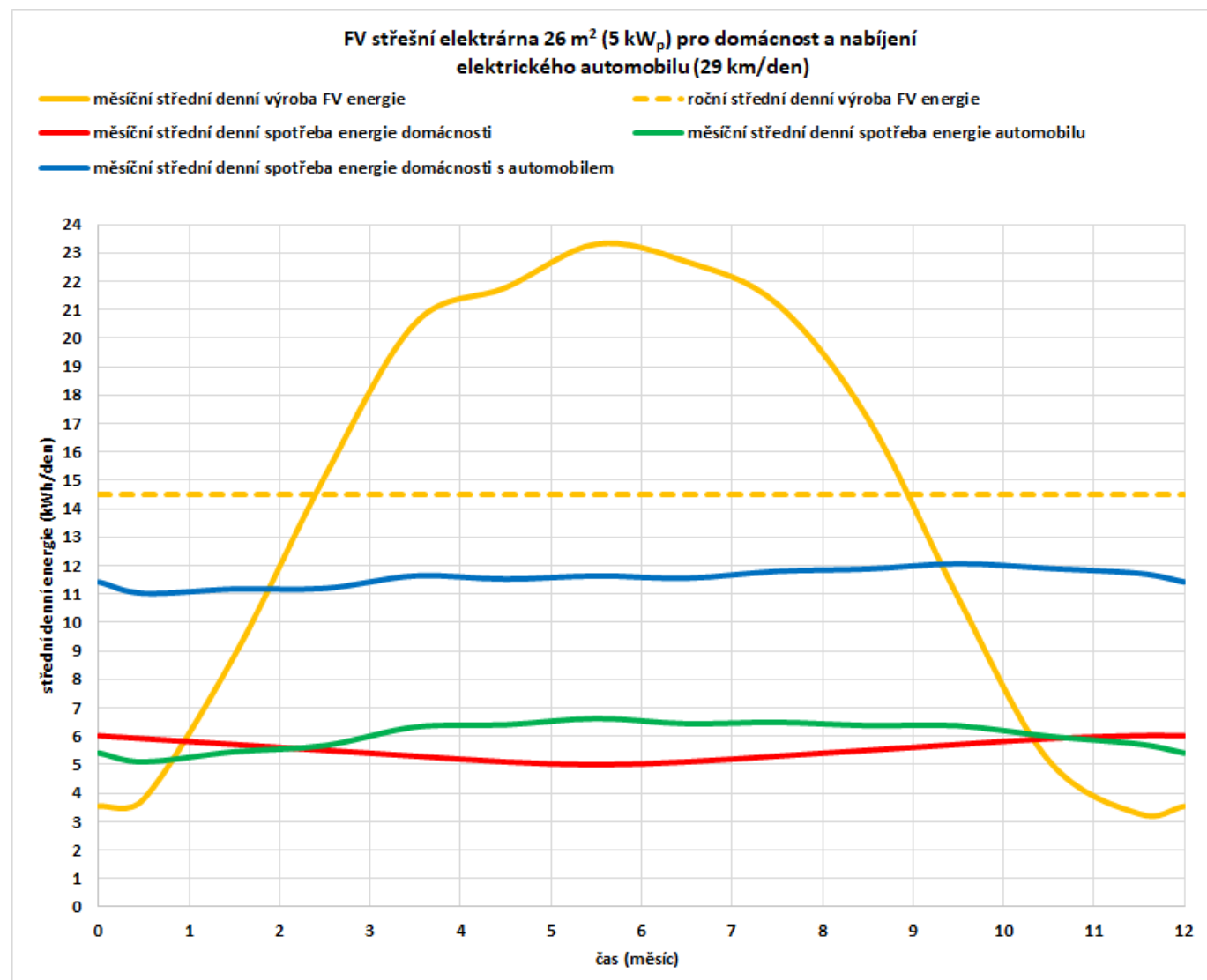
To má zásadní vliv na měrnou emisivitu k nabíjení používané elektrické energie, která je důležitá pro celkové emise CO₂ v průběhu života automobilu.

Spontánně vzniklo přirození ekonomicky efektivní chování obyvatelstva. Lidé se velmi rychle naučili chytře kombinovat tři nové věci:

- domácí FV elektrárny,
- domácí nabíjení elektrických automobilů,
- nový standard práce (využívání home office).

Podobně jako naši předkové řídí svůj pracovní týden podle slunečního svitu.

SIEMENS



Součinnost elektrického automobilu a střešní FV elektrárny

SIEMENS

Po 12 létech stagnace dochází v ČR, podobně jako v ostatních zemích, k intenzivnímu budování FV elektráren. To však naráží na dva limity:

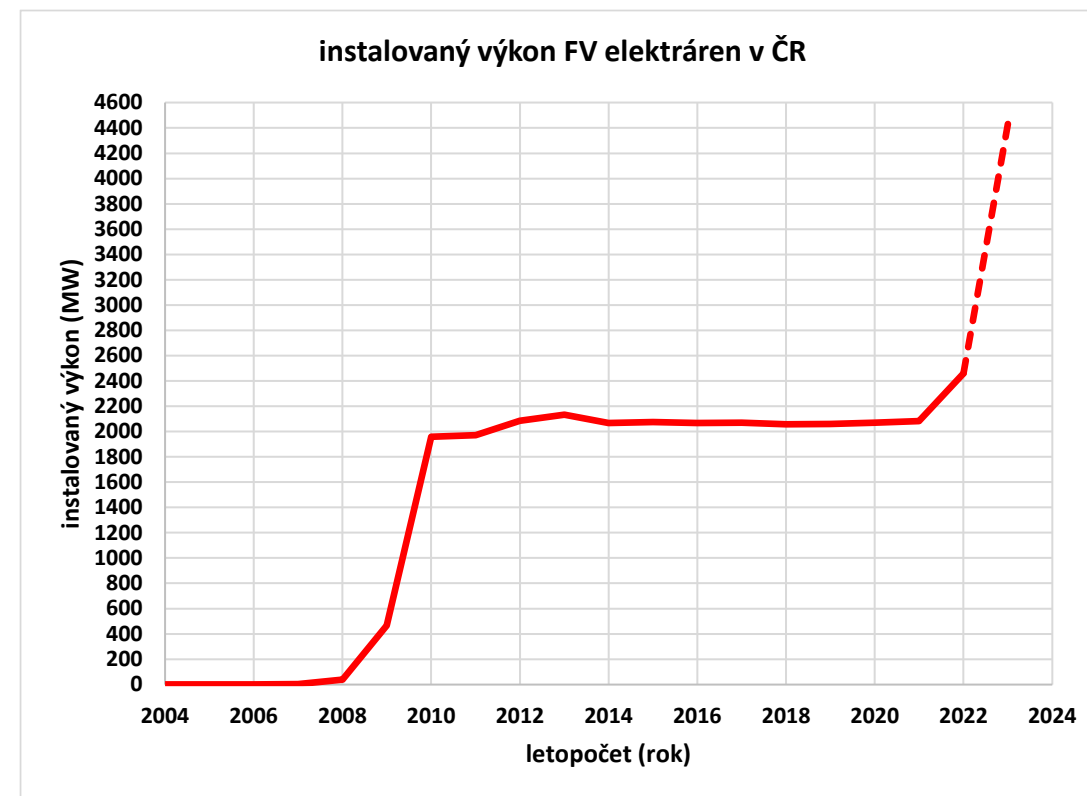
- distribuční sítě nejsou dimenzovány pro tak velký počet FV elektráren,
- chybí spotřeba pro tak velký počet FV elektráren

Distribuční sítě jsou desítky let v obytných oblastech dimenzovány na zatížení Štědrého večera: všichni jsou doma, svítí sledují televizi a fritují, spotřeba zhruba 2 kW na obytnou jednotku.

Distribuční sítě však nejsou v obytných oblastech dimenzovány na FV zatížení letního poledne: všechny domky dodávají 5 kW a není žádná spotřeba. Tradiční dimenzování distribučních sítí limituje možný výkon respektive počet instalací střešních FV elektráren.

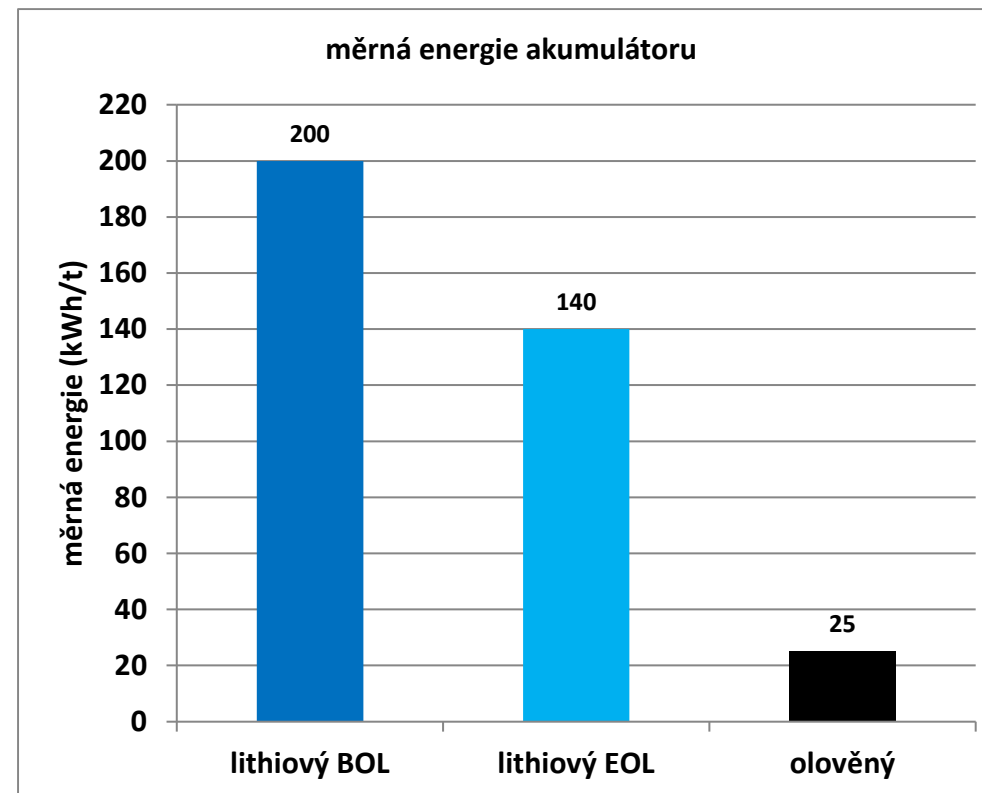
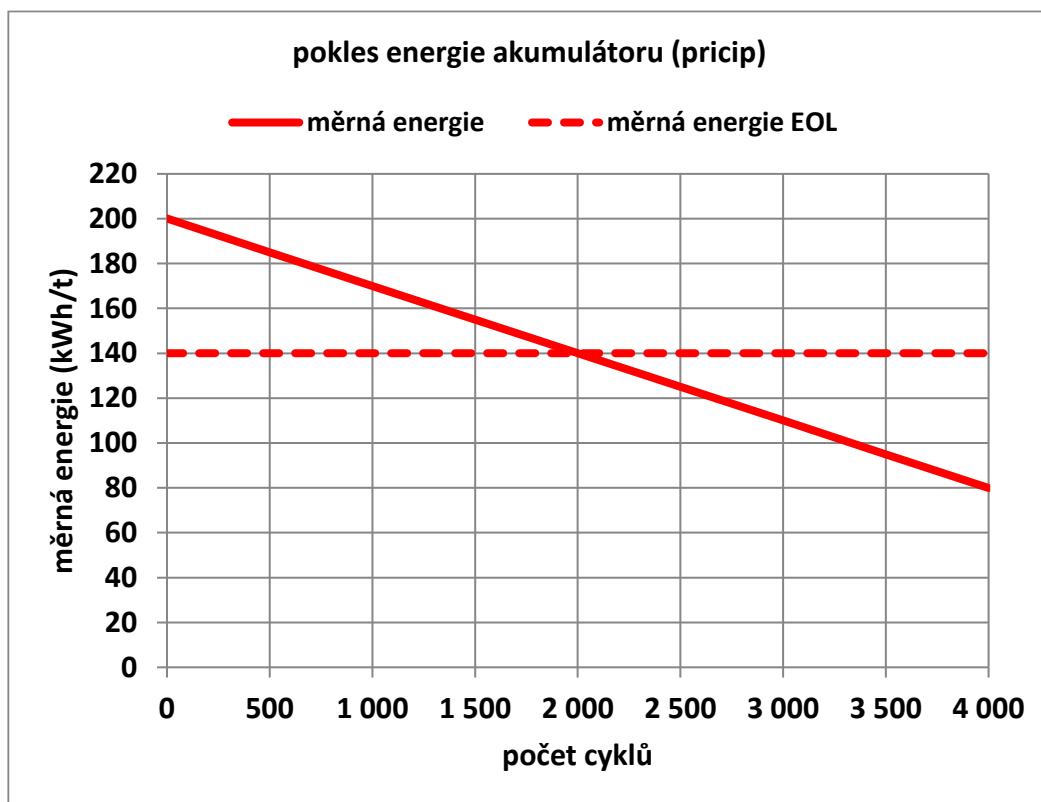
Nabíjení parkujících elektrických automobilů odlehčuje distribuční síť a tím umožňuje více domácnostem využívat výhod vlastní výroby elektrické energie střešní FV elektrárnou.

Při kapacitě 50 kWh to představuje 6 milionů v ČR registrovaných osobních automobilů akumulární schopnost 300 GWh. To je energetický ekvivalent 94 PVE Dlouhé straně (3,2 GWh).



Technický život akumulátorové baterie nekončí náhlou poruchou, ale degradačním poklesem jeho parametrů pod smluvní mez (typicky pokles kapacity: EOL = 70 % BOL).

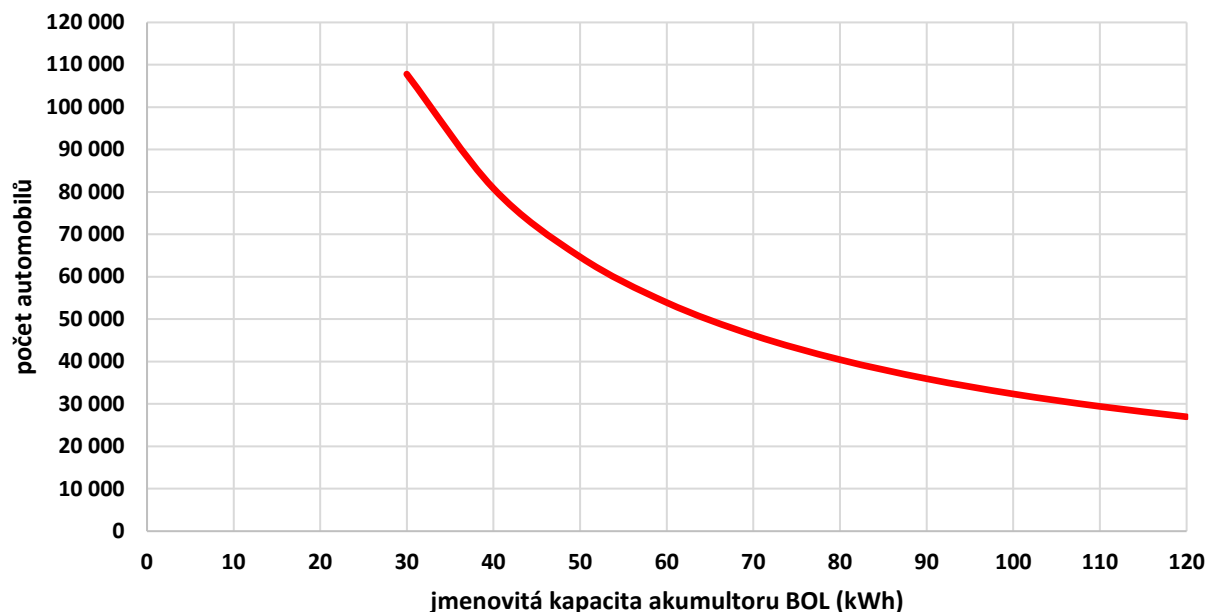
Vozidlové akumulátorové baterie lze po skončení aktivní služby v elektrických automobilech využít ve stacionárních úložištích elektrické energie.



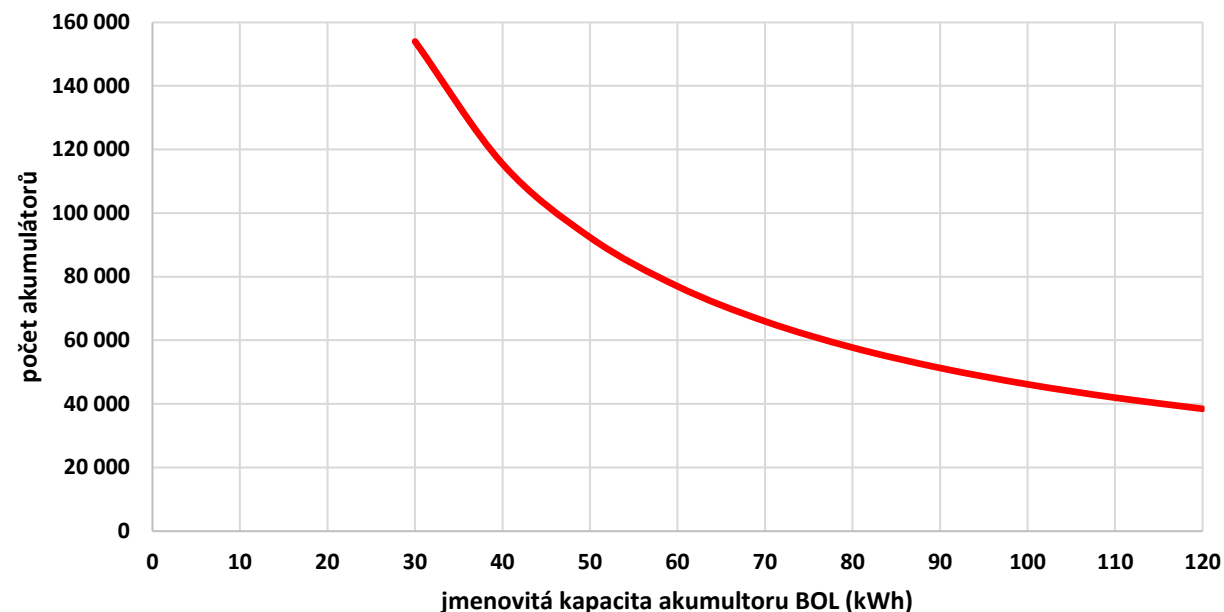
Chytrým řízením nabíjení lze využít přebytky elektrické energie z FV elektráren pro nabíjení elektrických automobilů, vede to i k odlehčení distribuční sítě od přetížení vysokým výkonem FV elektráren.

Vozidlové akumulátorové baterie lze k tomuto účelu využít jak v době aktivní služby elektrických automobilů, tak po jejich vyřazení z provozu a aplikaci ve stacionárních úložištích elektrické energie.

**Energetický ekvivalent PVE Dlouhé Stráně (3,2 GWh)
akumulátory nových automobilů (BOL)**



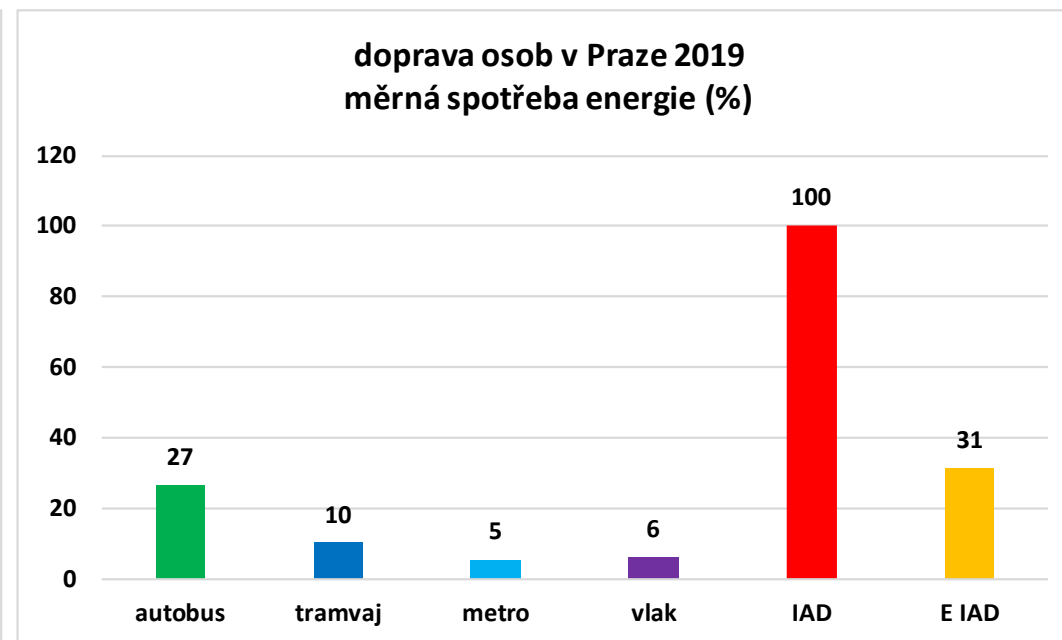
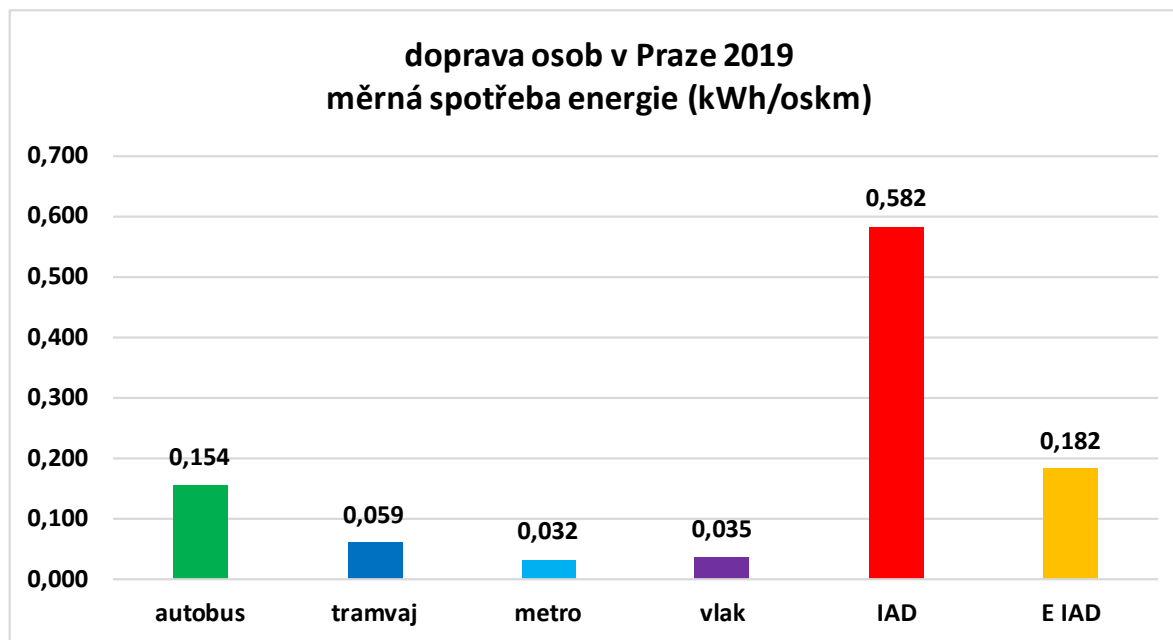
**Energetický ekvivalent PVE Dlouhé Stráně (3,2 GWh) - stacionární úložiště
z vyřazených akumulátorových baterií z automobilů (EOL = 70 % BOL)**



Energetická náročnost dopravy: Doprava osob v Praze – skutečnost roku 2019

Na přepravních výkonech dopravy osob v Praze se přibližně rovným dílem (50 % a 50 %) podílí veřejná hromadná doprava a individuální automobilová doprava.

Energeticky je veřejná hromadná doprava velmi efektivní – na celkové spotřebě energie pro dopravu osob se podílí jen 11 %, zatím co individuální automobilová doprava 89 %.

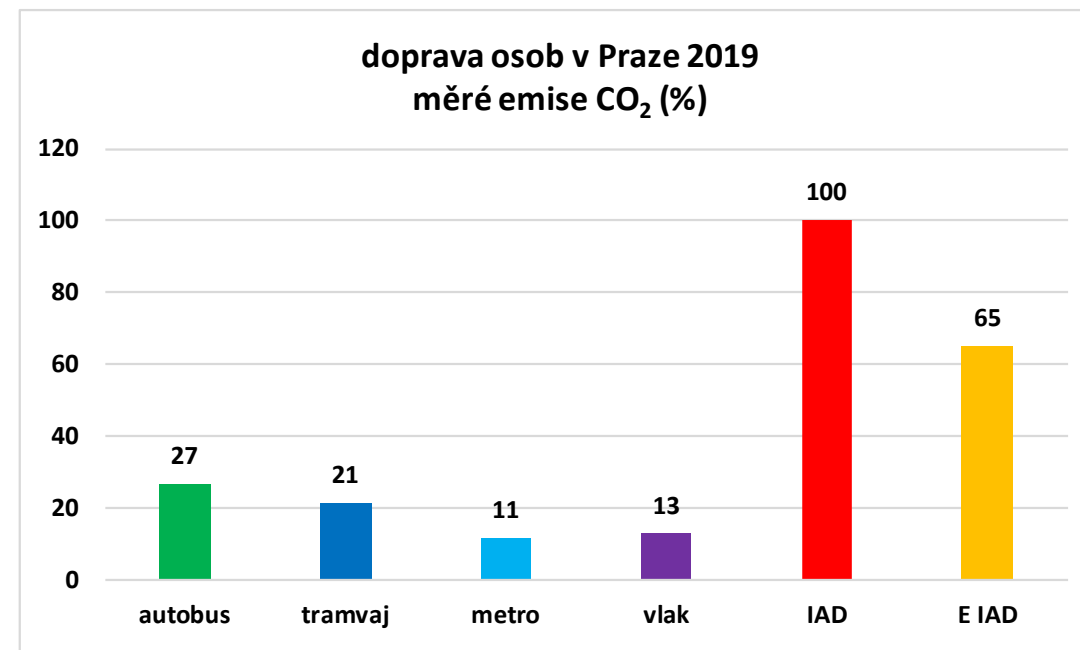
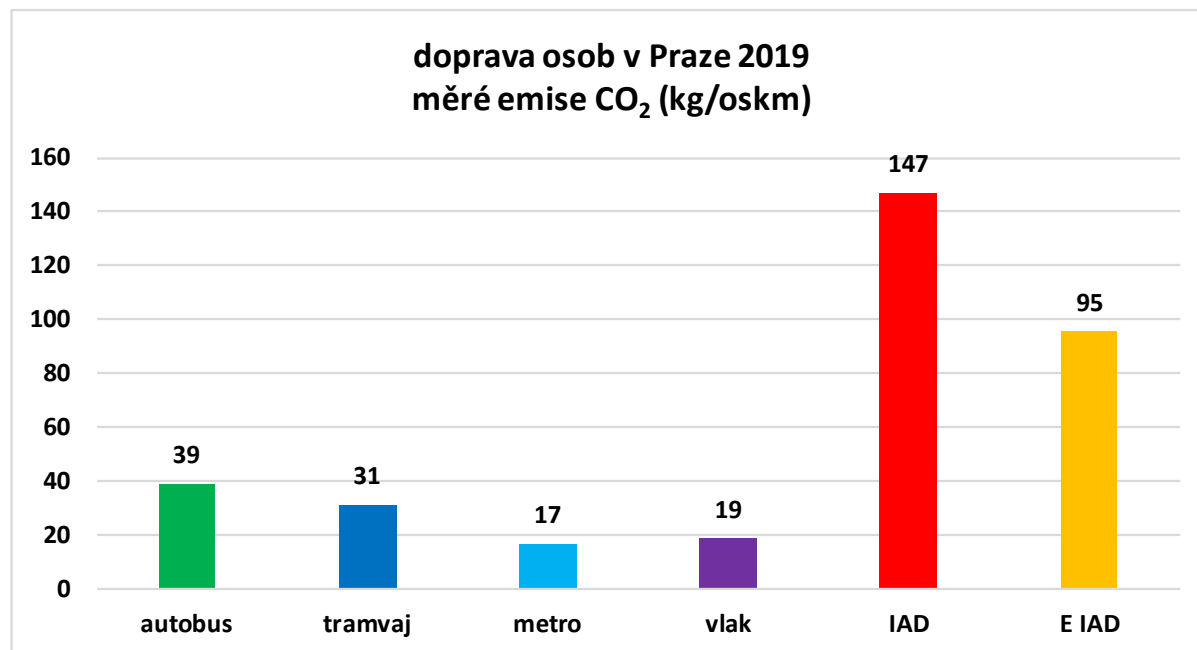


Emisní náročnost dopravy: Doprava osob v Praze – skutečnost roku 2019

Veřejná hromadná doprava se v porovnání s automobily též vyznačuje výrazně nižšími emisemi oxidu uhličitého.

Zásadní rozdíl mezi veřejnou hromadnou dopravou a individuální automobilovou dopravou je i v produkci zdraví škodlivých látek (NO_x, PM, PAH, ...).

Znečištění ovzduší vytváří v Praze ze zhruba 90 % doprava. Proto je významné, že veřejná hromadná doprava (metro, tramvaje, železnice) přepravuje v Praze 71 % osob elektrickými vozidly, tedy bez znečišťování ovzduší emisemi zdraví škodlivých látek.



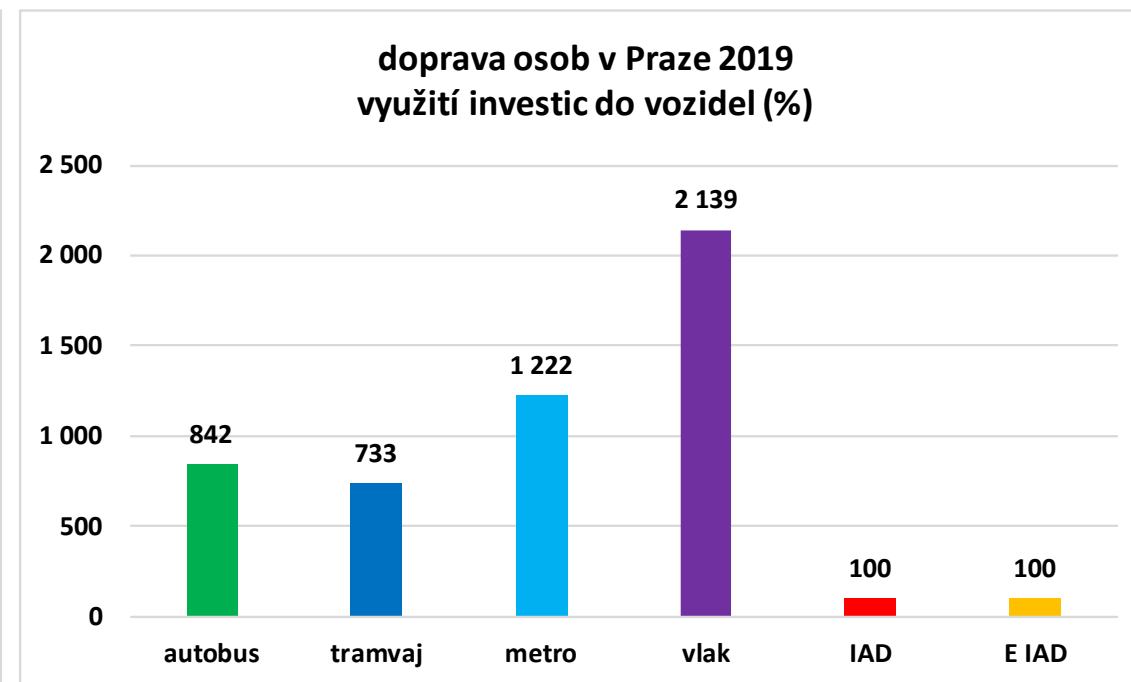
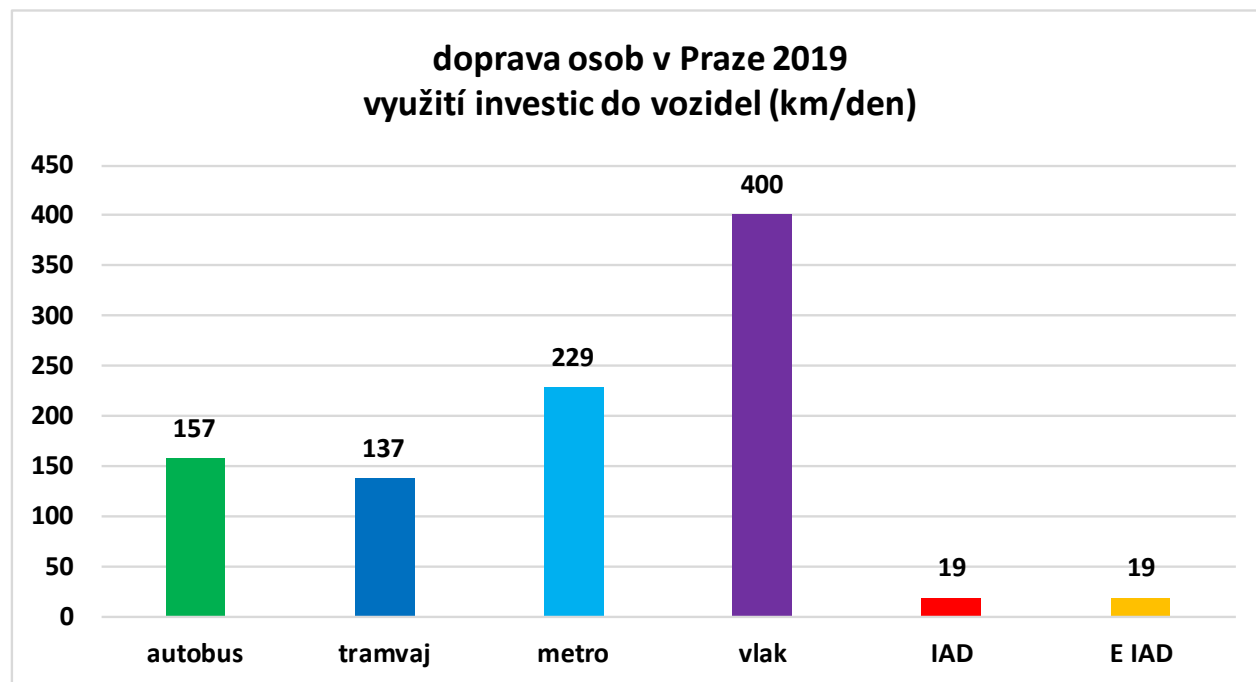
Investiční náročnost dopravy:

Doprava osob v Praze – skutečnost roku 2019

SIEMENS

Efektivnost investic do pořízení osobních automobilů je velmi nízká, v průměru připadá na jeden v Praze registrovaný automobil denní proběh všech (i mimopražských) osobních automobilů po pražských ulicích jen 19 km. Téměř celý den někde parkují.

Využití vozidel veřejné hromadné dopravy je řádově vyšší. Proto má logiku podpořit zavádění moderních bezemisních vozidel zejména v oboru veřejné dopravy, neboť jsou mnohem více využívána než individuálně vlastněná vozidla a tedy přinášejí vyšší úsporu energie a emisí.



Udržitelnost multimodální bezemisní mobility má tři dimenze:

- environmentální (bez fosilních paliv, bez klima poškozujících emisí CO₂, bez zdraví poškozujících emisí,
- ekonomickou (vyváženost nákladů a výnosů, efektivnost investic, energetická nenáročnost),
- sociální (dostupnost, kvalita).

Nutná výzkumná fáze přechodu z fosilní na bezemisní mobilitu již proběhla (vývoj pochopitelně pokračuje dál).

Přechod z fosilní mobility na bezemisní mobilitu je technicky připraven jak na straně bezemisních vozidel, tak na straně infrastrukturního energetického zázemí pro jejich. Již probíhá realizační fáze přechodu z fosilní na bezemisní mobilitu.

Pro rychlé a efektivní uskutečnění přechodu z fosilní na bezemisní mobilitu je rozhodující správné a koordinované investování do bezemisních vozidel a infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz. Nutností je koordinace investic fyzických osob, podnikatelských subjektů a veřejné správy, a to v technické, teritoriím a časovém souladu.

K úspěšnému přechodu na bezemisní mobilitu je však nutno udělat pořádek v regulatorních opatřeních, která diskriminují elektrickou vozbu:

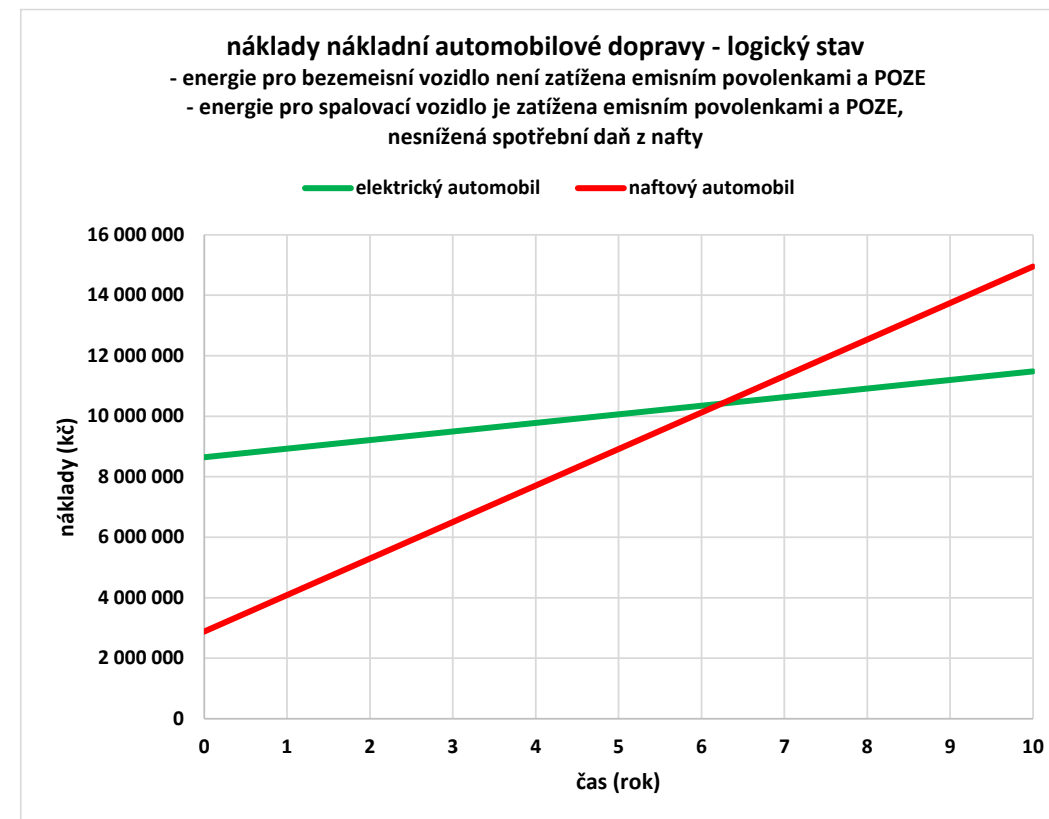
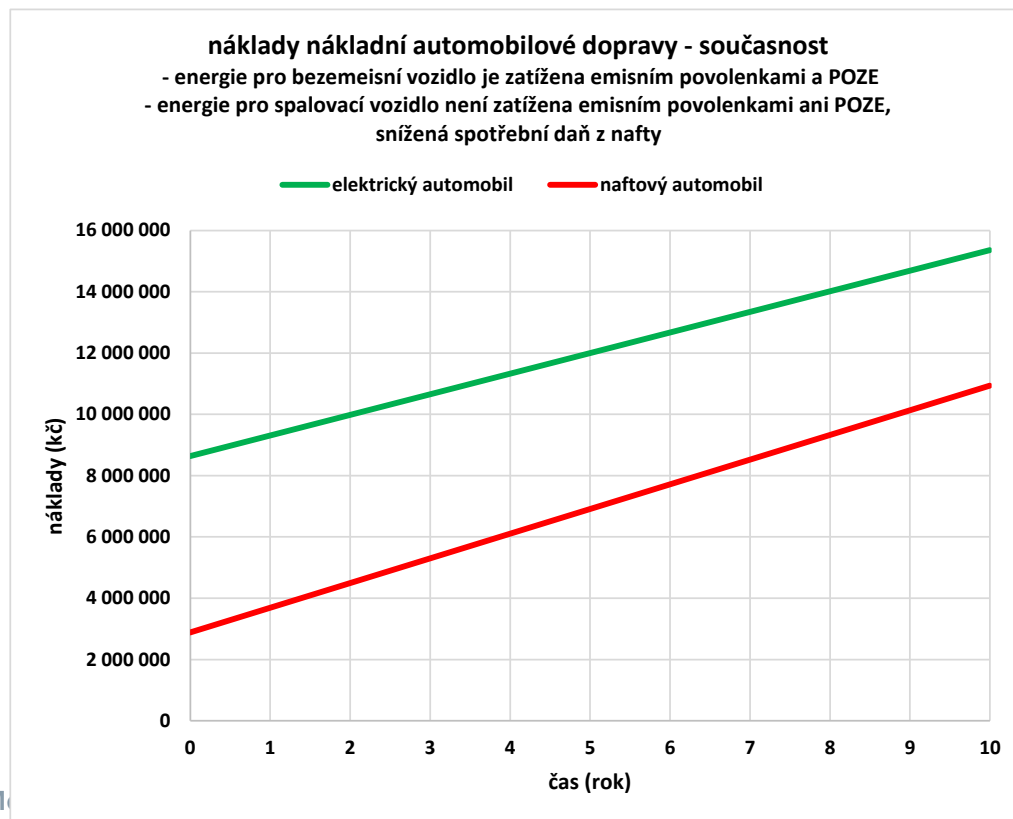
- emisní povolenky zvyšují tržní cenu elektrické energie na 3násobek, ale v ceně motorové nafty a automobilového benzínu emisní povolenky dosud zahrnuty nejsou,
- elektrická energie je (mimo drážní dopravu) zatížena platbou POZE, avšak v ceně motorové nafty a automobilového benzínu dosud platba POZE zahrnuta není,
- ačkoliv externí náklady způsobené použitím motorové nafty a automobilového benzínu ve vozidlech převyšují výnos ze spotřební daně z minerálních olejů, bezdůvodně přetrvává snížené spotřební daně u motorové nafty.

Vliv regulatorních opatření v energetice na rozvoj multimodální bezemisní mobility příklad: první/poslední míle kombinované dopravy, 2 x 2 x 50 km/den

SIEMENS

Elektrický nákladní automobil je třikrát dražší než naftový. Rozhodující jsou náklady životního cyklu (LCC). Pokud bude jezdit elektrický automobil výrazně levněji než naftový, tak si jej nákladní dopravci koupí. Pokud však nebude jezdit elektrický automobil výrazně levněji než naftový, tak si jej nákladní dopravci nekoupí, automobil na sebe musí vydělat.

K docílení rentability investice do dražšího elektického automobilu je potřeba změnit regulatorní opatření v oblasti cen energií, aby nediskriminovaly elektrickou energii vůči fosilním palivům.



Posuzování úhrnných emisí oxidu uhličitého v průběhu životního cyklu vozidel je v aktuálně probíhajícím období proměny fosilní mobility bezemisní mobilitou matematicky velmi nepřesné.

Důvody této nepřesnosti jsou jak proměny na straně dopravy (multimodalita, vývoj dopravních systémů, technické inovace), tak zejména na straně energetiky.

Zásadní nepřesnost, která činí analýzy úhrnných emisí oxidu uhličitého v průběhu životního cyklu elektrických vozidel obecně nepoužitelnými, vnáší do výpočtů emisí dynamický vývoj měrné emisivity elektrické energie. Ta je rozhodujícím vstupním parametrem jak ke stanovení emisí jak při výrobě, tak i při provozu vozidel. Paralelně se změnami v dopravě probíhající konverze elektrárenství od fosilních k obnovitelným zdrojům je v čase tak dynamická proměnná a tak teritoriálně specifická, že po dobu strukturální proměny elektrárenství ji nelze v obecné rovině seriózně definovat.

Po skončení proměny elektrárenství bude měrná emisivita elektrické energie stálá. Bude však nulová, tedy nebude mít smysl provádět výpočty úhrnných emisí oxidu uhličitého v průběhu životního cyklu vozidel, výsledkem bude vždy nula.

Nejde o nové zjištění, konvenci nulových emisí oxidu uhličitého elektrických vozidel již byla zavedena v nařízeních EU č. 443/2009 (posuzování emisí) a EU č. 2020/852 (taxonomie).

Ze čtyř tradičně hodnocených externalit dopravy (nehody, hluk, emise oxidu uhličitého, emise zdraví škodlivých látek) budou emise CO₂ a plynné emise zdraví škodlivých látek nulové. Zásadní odlišnost mezi jednotlivými dopravními systémy je však v jejich energetické náročnosti. Silniční doprava potřebuje násobně více energie, než kolejová.

Energie pro dopravu vzniká mimo její dopravní cestu, proto je při proměně fosilní mobility na bezemisní mobilitou energetická náročnost dopravy vnímána jako její velmi podstatná externalita. Je velmi důležité energetickou náročnost internalizovat, a to její objektivní monetarizací nediskriminačně stanovenými cenami energií.

Děkuji Vám za Vaši pozornost!

SIEMENS



zdroje primárních dat:

- Ročenky dopravy MD ČR,
- Souhrnná energetická bilance MPO ČR,
- Roční zprávy o provozu elektrizační soustavy ČR ERÚ
- Hodnocení zdrojové přiměřenosti EC ČR, ČEPS

© Siemens Mobility 2023

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

Siemensova 1
155 00 Praha
Česká republika

Mobilit: +420 724 014 931

E-mail:

jiri.pohl@siemens.com