

SIEMENS

Bezemisní udržitelná multimodální mobilita – 2. díl

Brno, 16. 5. 2023

VUT

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.

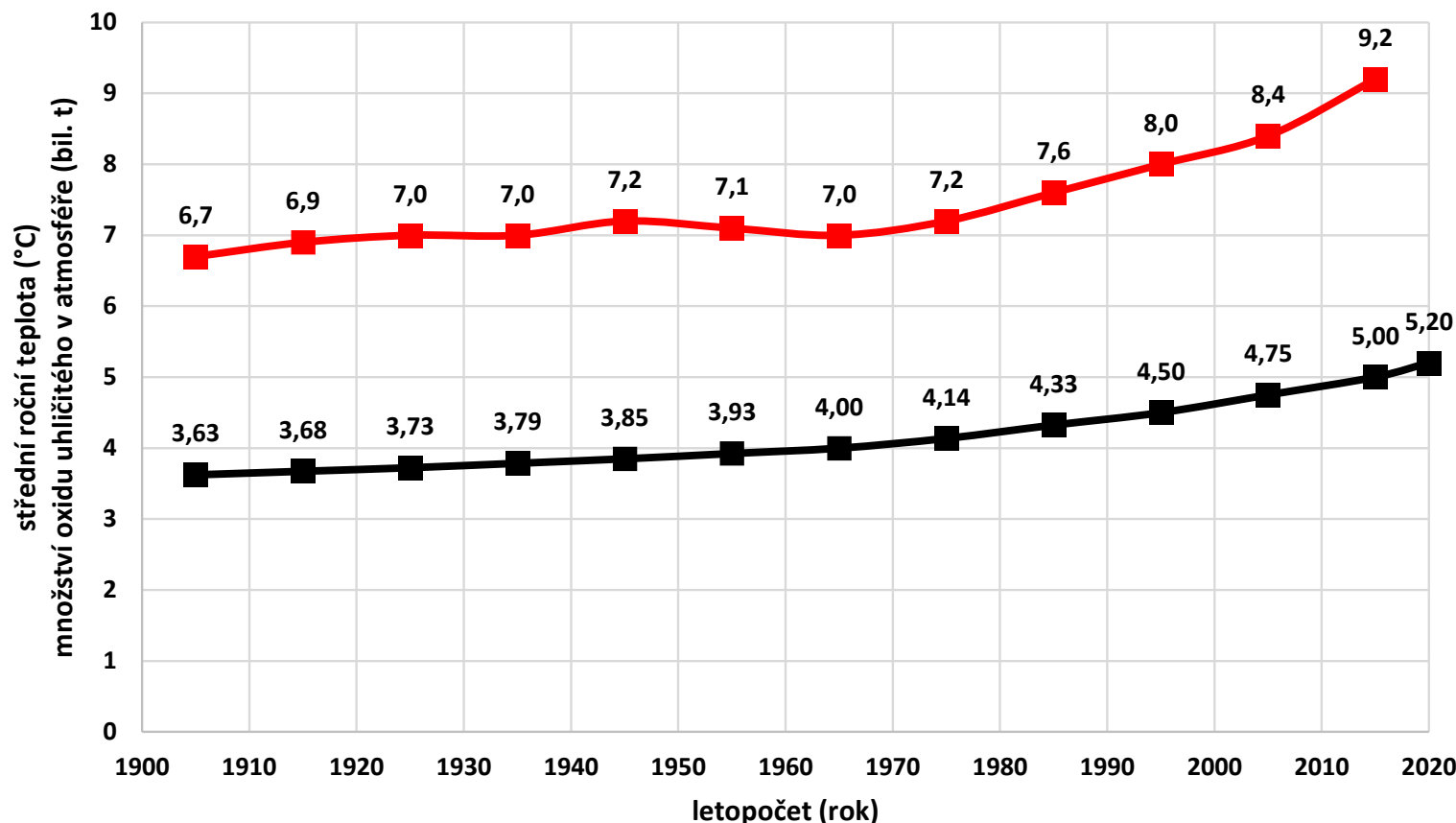
Mezi roky 1905 a 2015 došlo spalováním uhlí, ropy a zemního plynu ke zvýšení množství oxidu uhličitého v zemském obalu ze 3,63 bil. t na 5,00 bil. t, tedy o 1,37 bil. t.

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)



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 uhlí je cca 0,36 kg CO_2 /kWh

Měrná emisivita ropné nafty je 2,65 kg CO_2 / liter (výhřevnost 10 kWh), tedy 0,265 kg CO_2 /kWh

Měrná emisivita automobilového benzínu je cca 0,245 kg CO_2 /kWh

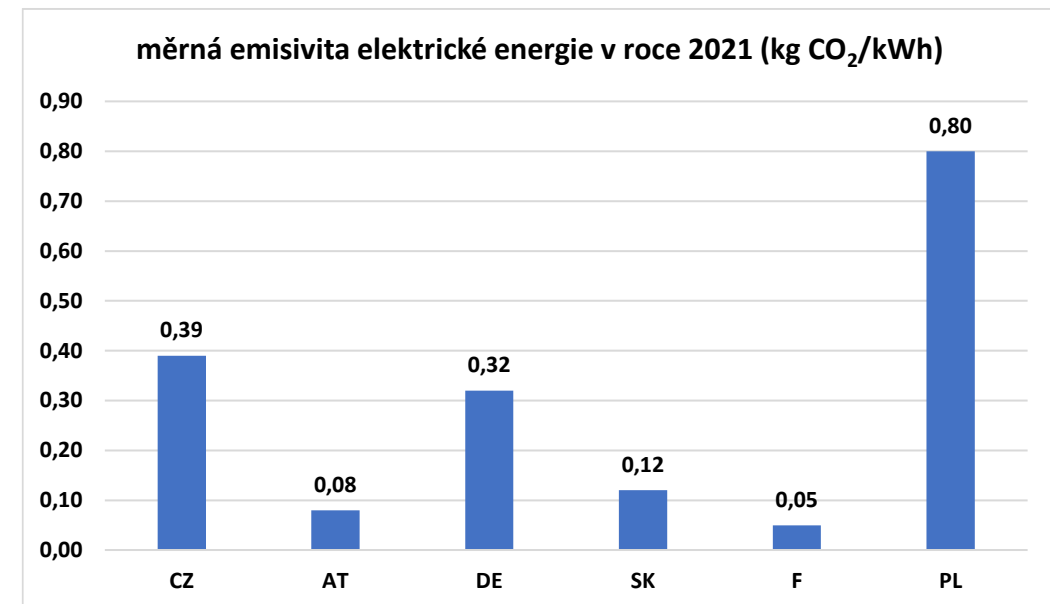
Měrná emisivita zemního plynu je cca 0,205 kg CO_2 /kWh

Měrná emisivita elektrické energie závisí na měrná emisivitě použitého 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 zemí a na trend dekarbonizace je teritoriálně a časově proměnná.

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



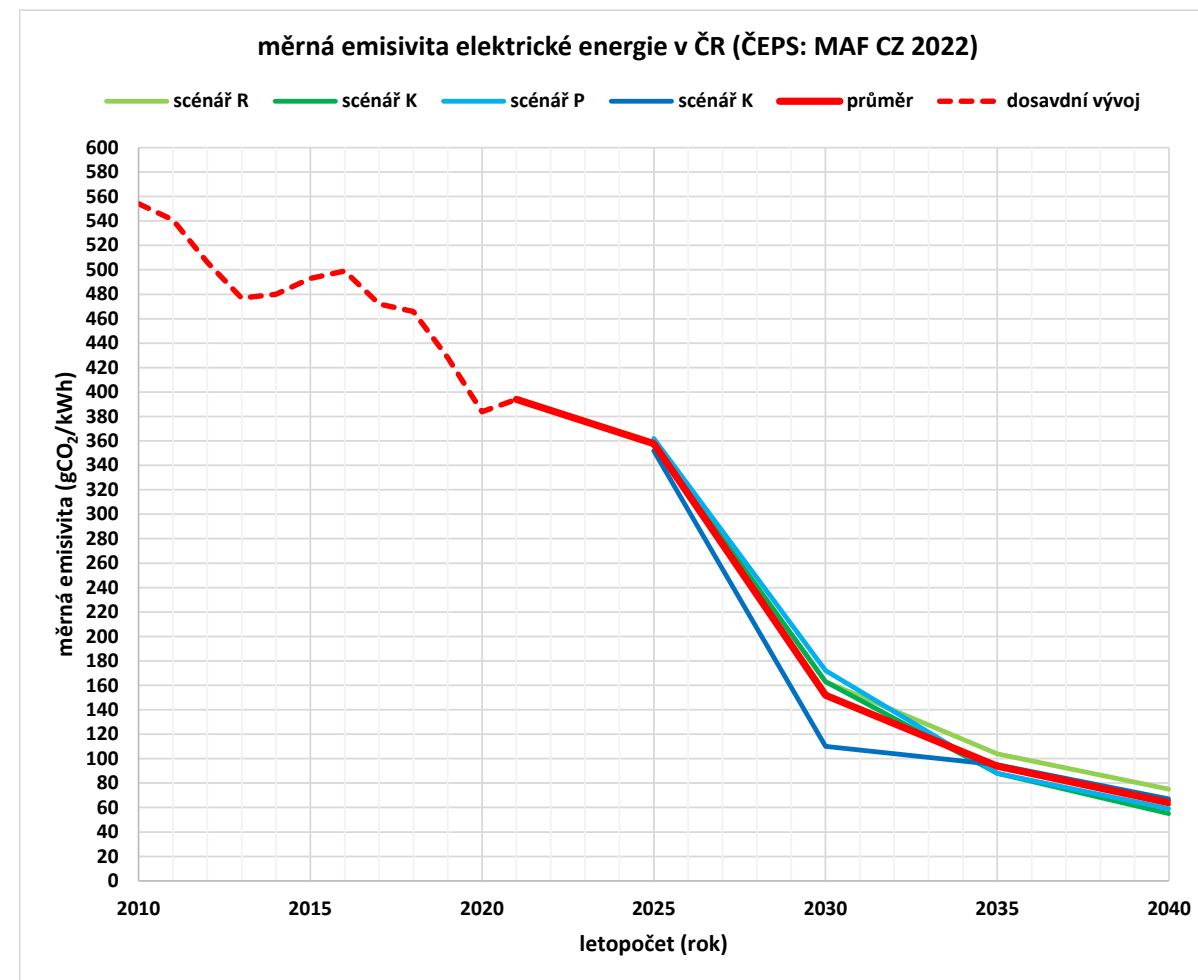
Měrná emisivita elektrické energie v ČR je programově snižována.

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 emisní 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 je činí nekonkurenceschopnými.

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

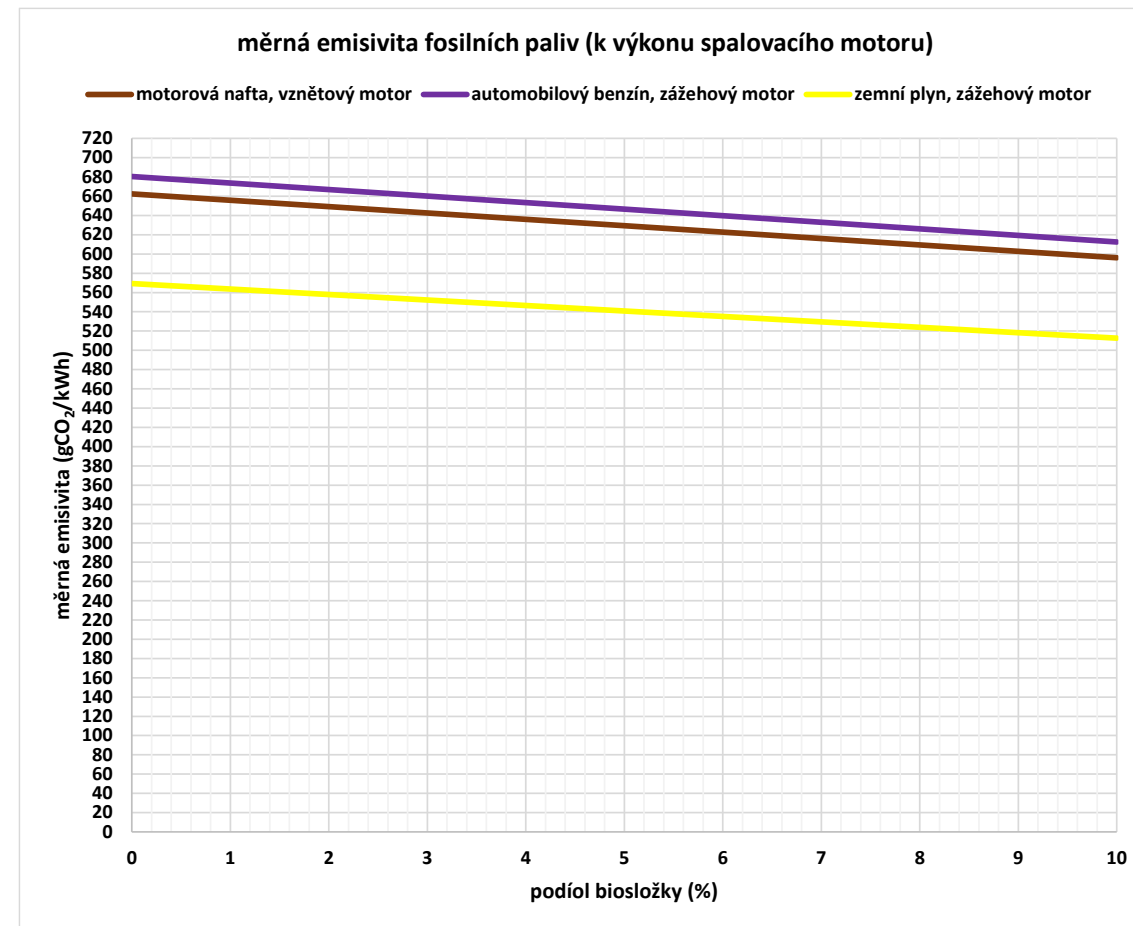
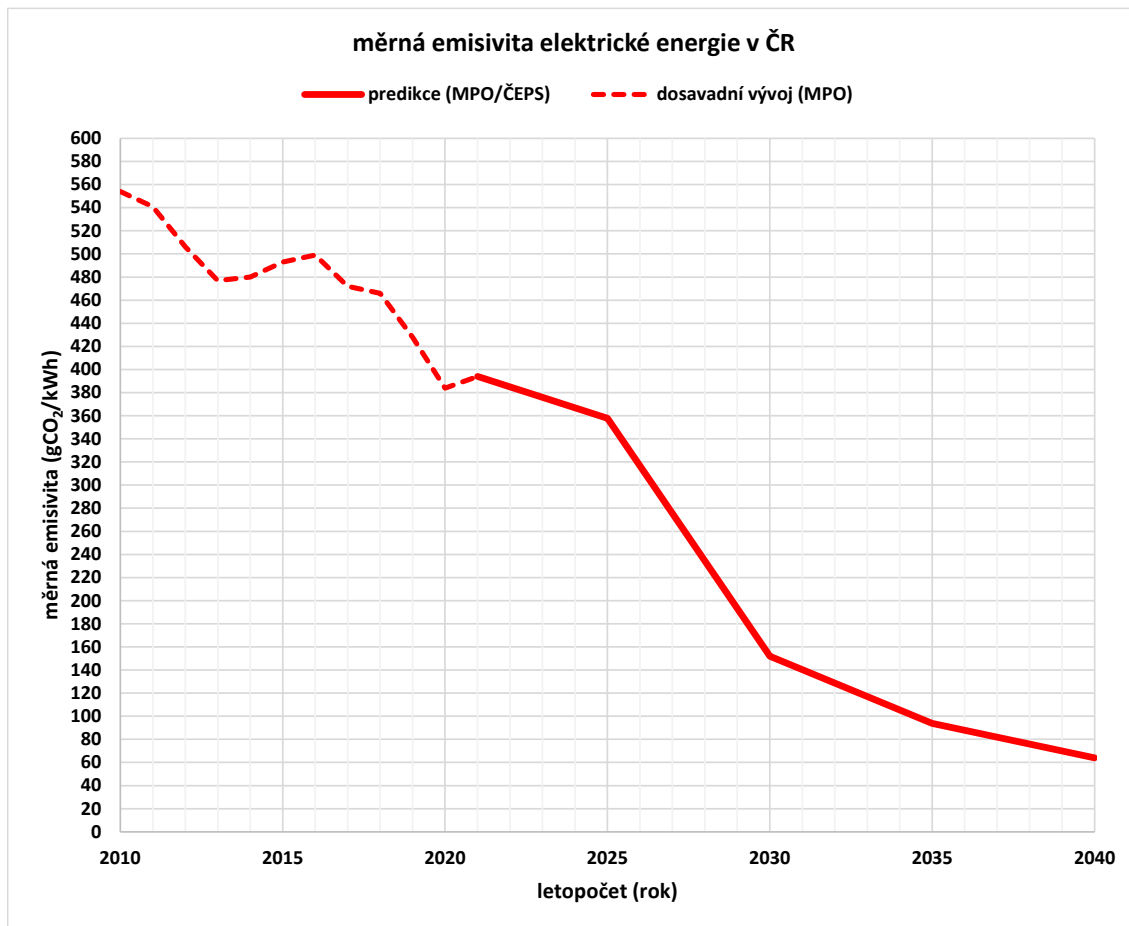
Tyto ekonomické skutečnosti způsobují útlum uhelných elektráren. Nahrazují je obnovitelné zdroje v kombinaci s paroplynovými elektrárnami pro vykrytí volatility obnovitelných zdrojů.



Emisivita výroby elektrické energie v ČR

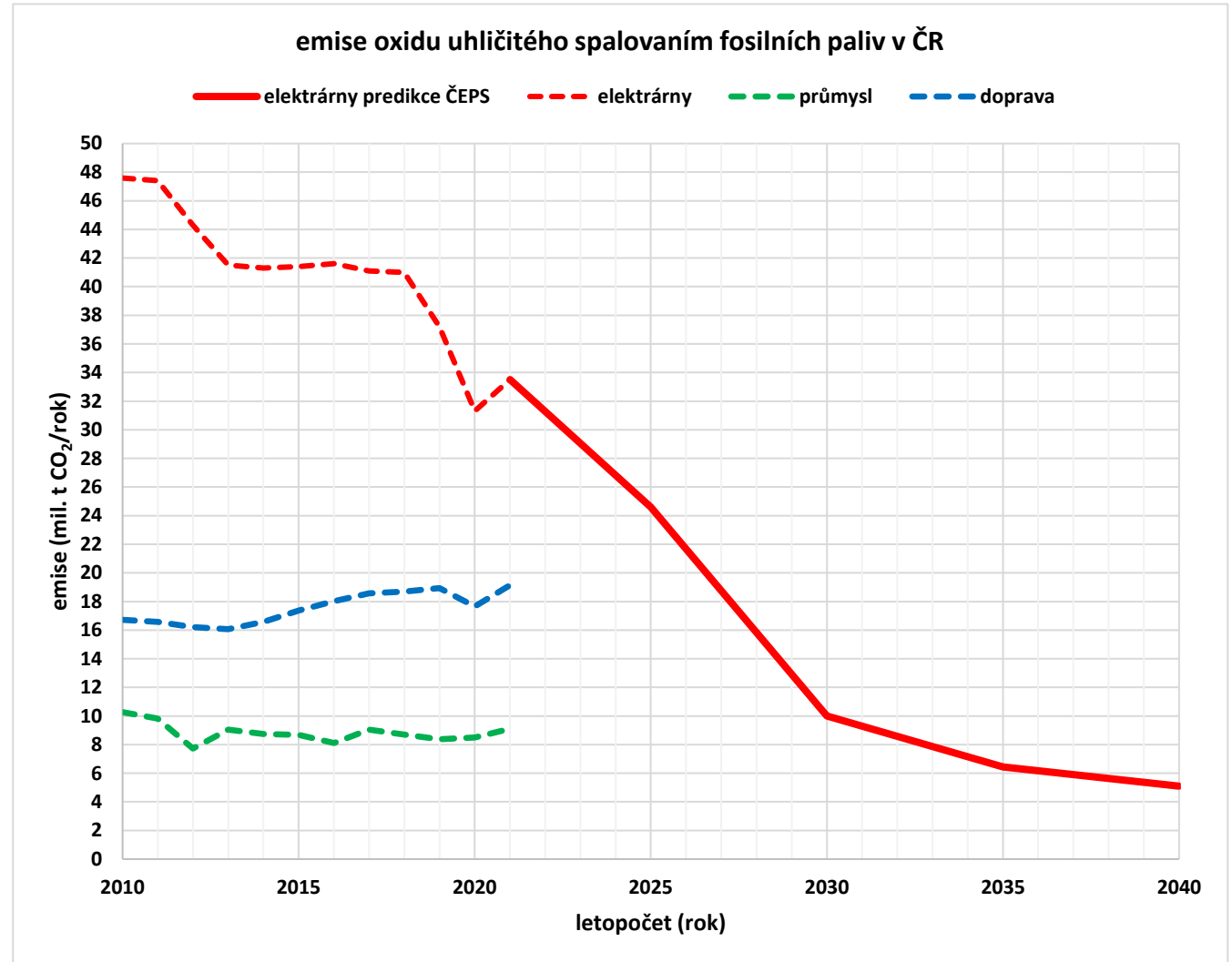


Měrná emisivita uhlovodíkových paliv je ovlivněna přimícháváním biosložky (jednotky procent) a ve výsledném efektu i účinností spalovacího motoru (vznětový či zážehový).



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

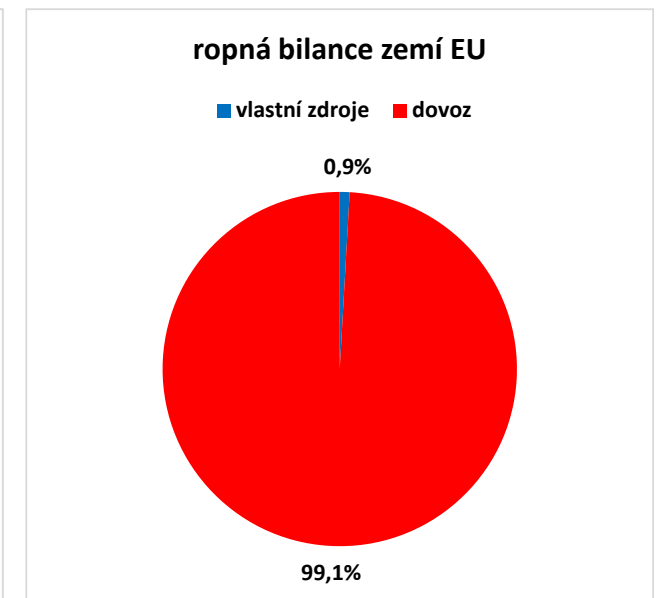
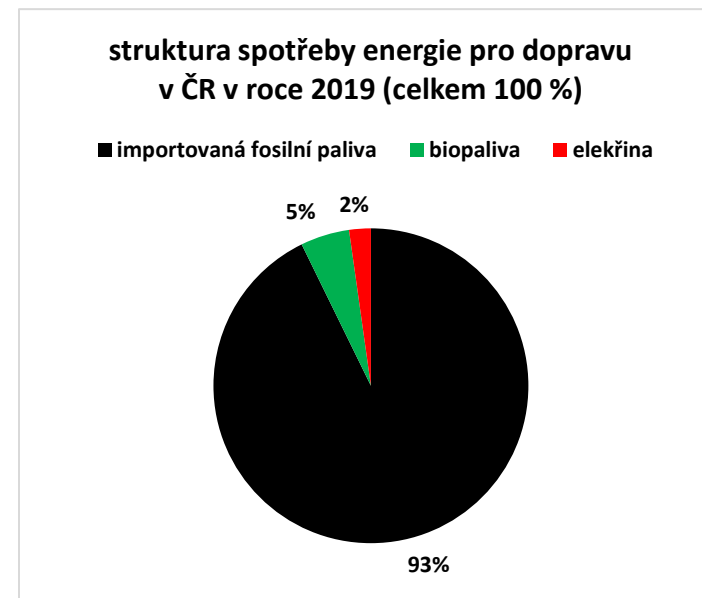
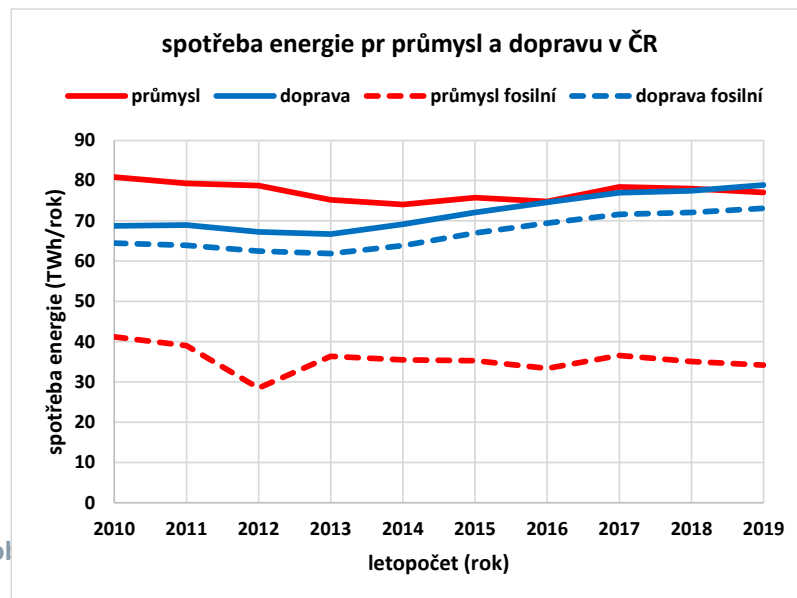
Pokud by v dopravě nenastala radikální změna, stala by se zhruba v roce 2027 v ČR doprava největším producentem oxidu uhličitého.



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

V důsledku 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 přesvědčení financují dovozem ropy vyzbrojování agresivních armád.



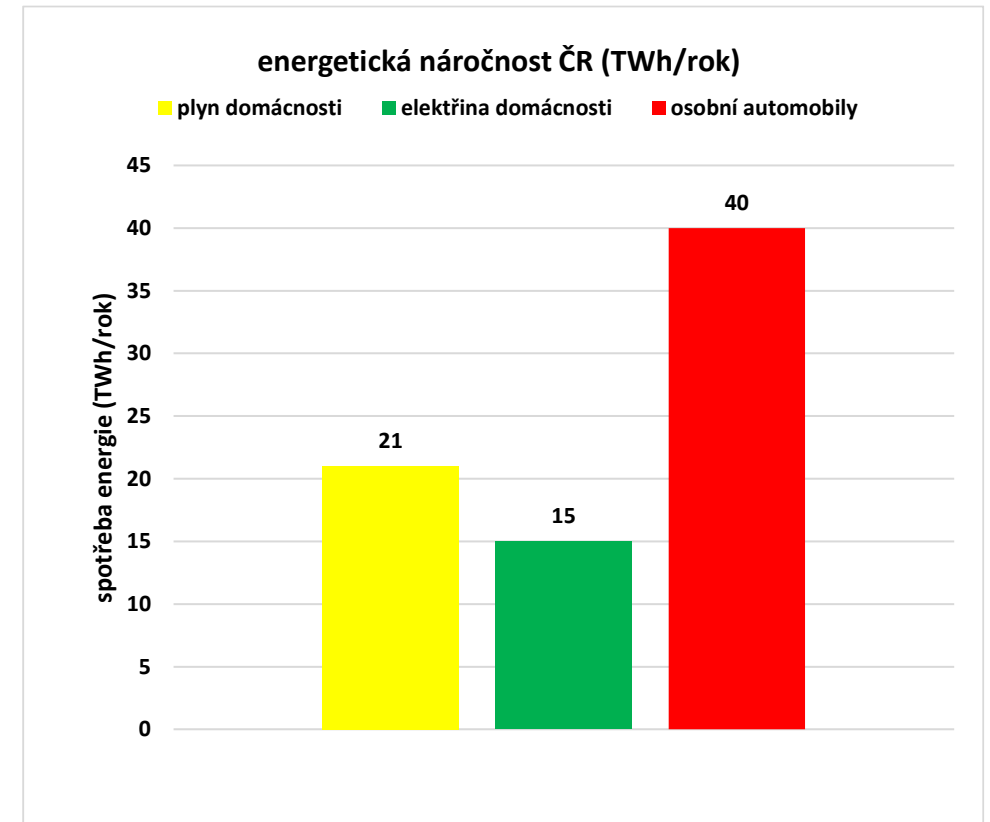
Geopolitické a geoenergetické souvislosti

Spotřeba energie uhlovodíkových paliv pro provoz osobních automobilů v ČR v úrovni cca 40 TWh/rok (cca 4 miliardy 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).

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.



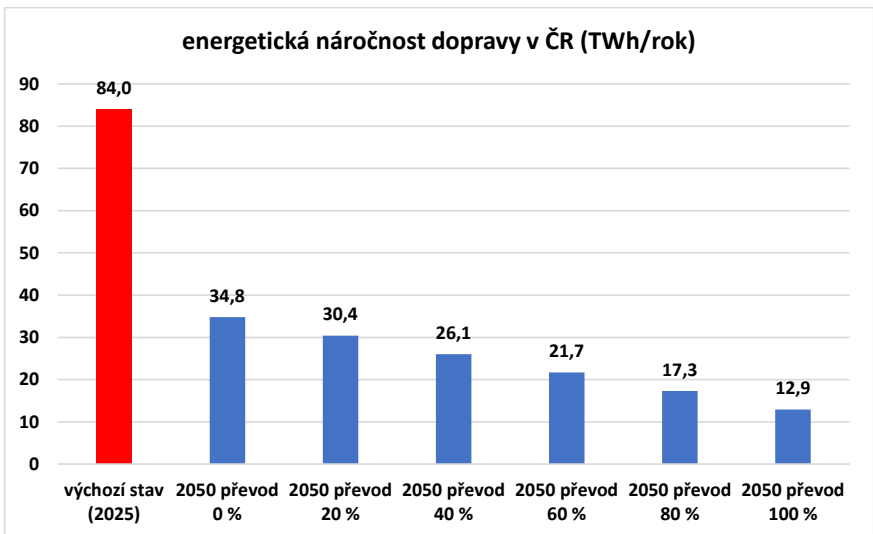
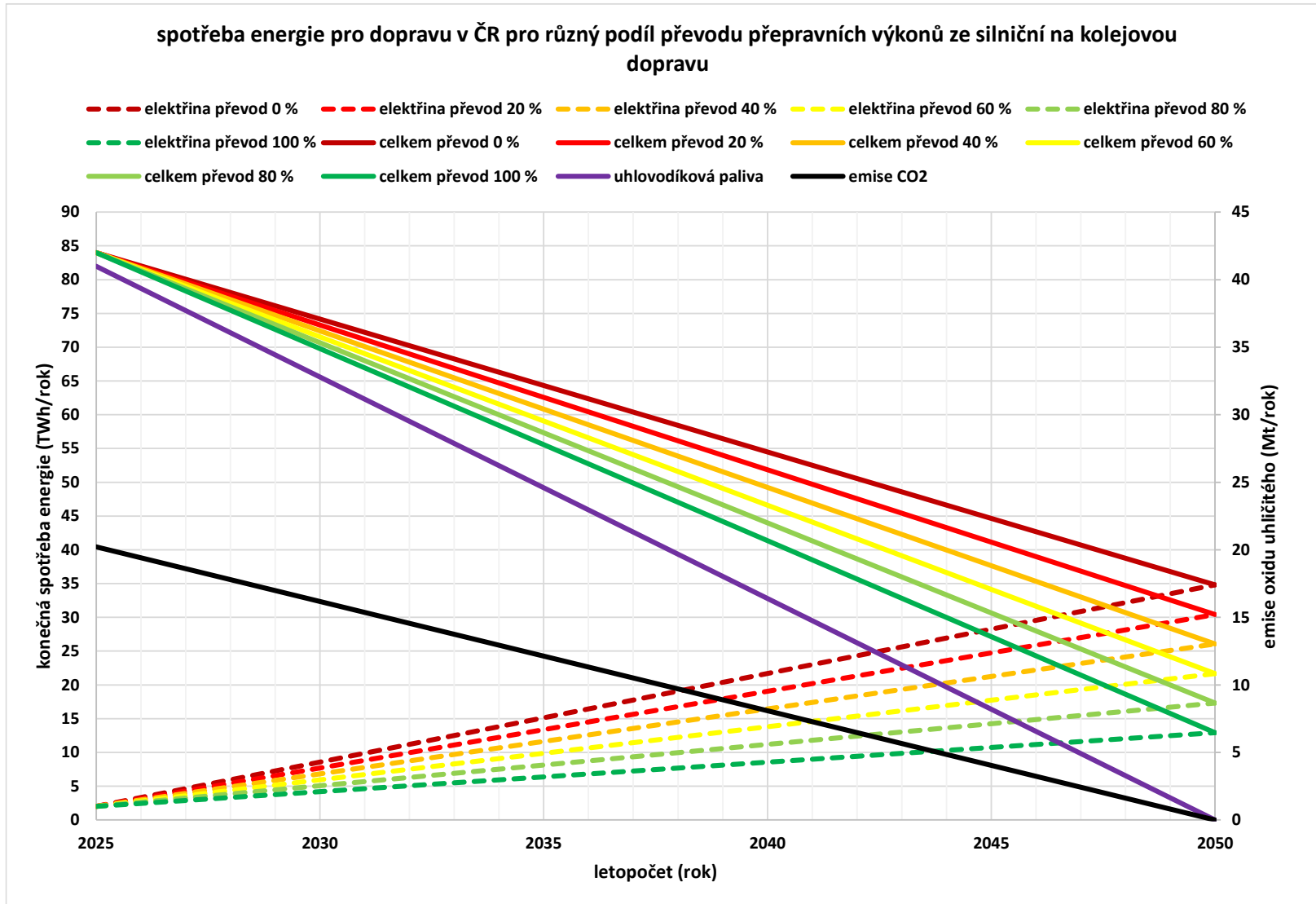
Dekarbonizace dopravy v ČR



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

Při náhradě uhlovodíkových paliv elektrickou energií dojde vlivem odklonu od používání spalovacích motorů (nízká účinnost, neschopnost rekuperovat brzdou 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.



Vize 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:
 - neboť 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,
 - neboť již počínaje rokem 2030 budou výrobci automobilů postupně končit s výrobou spalovacích automobilů,
 - nezvýšeným tempem prosté reprodukce dojde k obměně parku 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 13 až 35 TWh/rok:
 - zásadním nástrojem ke snížení energetické náročnosti dopravy osob je z kvalitativních i kapacitních důvodů budování systému Rychlých spojení (jeho vysokorychlostní i konvenční části),
 - pro převedení přeprav ze silnice na kolejovou dopravu je důležitá multimodalita – vytvoření parku vozidel i infrastrukturního logistického a energetického zázemí pro kombinovanou dopravu.

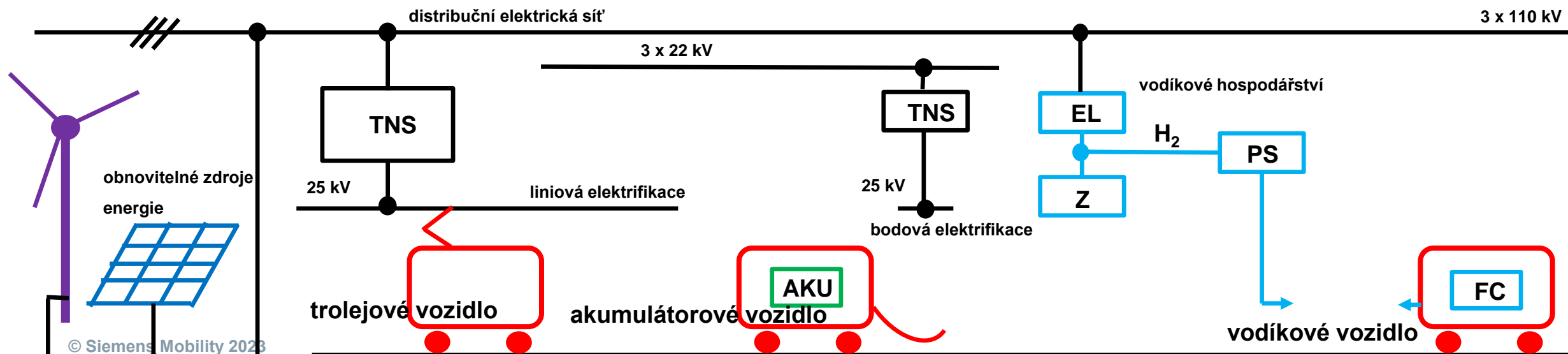
Z fyzikálního principu tepelného cyklu využívají spalovací motory k přeměně na mechanickou práci zhruba jen 30 až 40 % energie paliva, zbylých 60 až 70 % tvoří ztrátové teplo. Spalovací motory neumí rekuperovat brzdovou energii. Spalovací motory produkují zdraví škodlivé emise. Tyto vlastnosti je v éře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



Vydatnost využitelných zásob energie:

- motorová nafta: cca 4 200 kWh/t (výstup dieselgenerátoru),
- stlačený vodík 35 MPa v kompozitové nádrži: cca 900 kWh/t (výstup palivového článku), plus potřebuje vyrovnávací akumulátor,
- lithiový akumulátor robustního dráhového typu HP (životnost 15 let): cca 100 kWh/t,
- liniové elektrické napájení: zásobník energie na vozidel není potřeba.

Doplňování zásob energie:

- motorová nafta: hadicí u čerpací stanice,
- stlačený vodík: tlakovou hadicí u vodíkové plnicí stanice,
- lithiový akumulátor typu HP: přes sběrač proudu z trakčního vedení dynamicky za jízdy, či staticky za stání v železniční stanici (z liniového vedení nebo z napájecího bodu),
- liniové elektrické napájení: přes sběrač proudu kontinuálně z trakčního vedení.

Účinnost trakčního pohonu:

pohon spalovacím motorem (nafta) cca 30 % (výhřevnost paliva – obvod kol) bez schopnosti rekuperace,

trakční elektromotor plus palivový článek (vodík) cca 25 % (distribuční síť 110 kV – obvod kol) plus úspora rekuperací,

trakční elektromotor plus lithiový akumulátor cca 70 % (distribuční síť 110 kV – obvod kol) plus úspora rekuperací,

trakční elektromotor plus liniové trakční vedení cca 80 % (distribuční síť 110 kV – obvod kol) plus úspora rekuperací.

Vytrvalost trakční výkonnosti

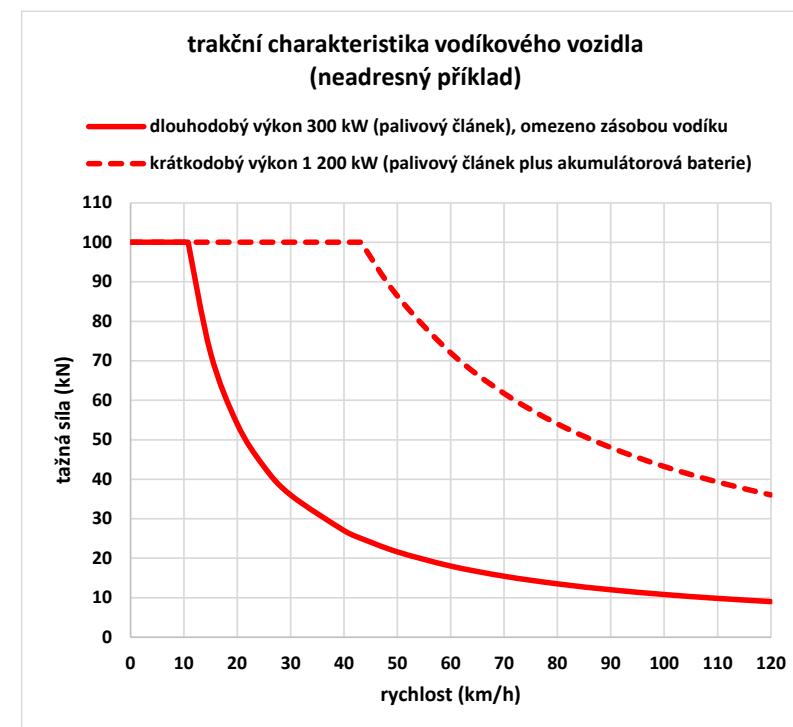
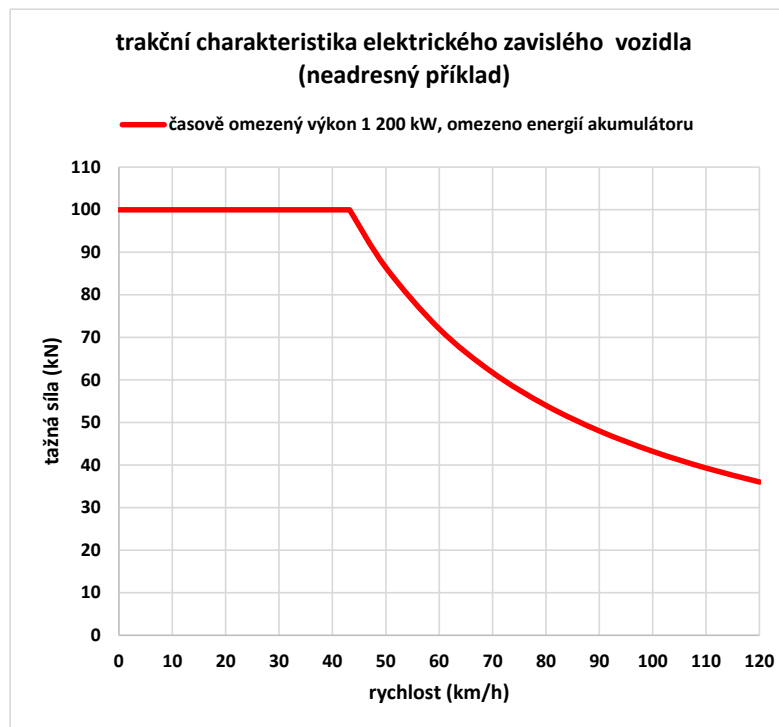
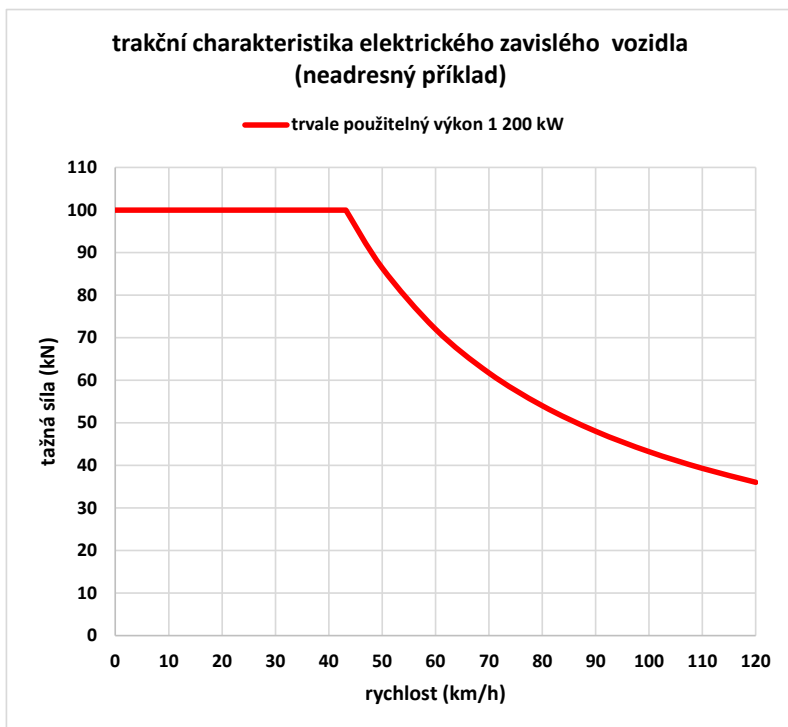


Vozidlo s liniovým elektrickým napájením (elektrická vozba závislá): vytrvalost trakční výkonnosti není omezena vozidlem, limitem může být jen délka elektrifikované trati.

Vozidlo napájené sekundárním elektrochemickým (lithiovým) akumulátorem: limitem dojezdu je energie (hmotnost) akumulátoru.

Vozidlo napájené primárním palivovým (vodíkovým) článkem a vyrovnávacím akumulátorem: limitem dojezdu je velikost (hmotnost) zásob vodíku. Limitem plné trakční výkonnosti je energie (hmotnost) vyrovnávacího akumulátoru (zpravidla několik minut).

=> vodíková technologie je vhodná pro dynamickou zastávkovou (regionální) dopravu (plus efekt rekuperace), nikoliv pro dlouhodobou jízdu ustálenou rychlostí (dálková osobní doprava s velkou vzdáleností míst zastavení, nákladní vlaky).



Vozidla a infrastruktura (na příkladu železnice)

Základem bezemisního vozidla je elektrický trakční pohon.

Každý druh bezemisního vozidla ke svému provozu nutně potřebuje infrastrukturní energetické zázemí:

- liniově napájená elektrická vozidla: liniová elektrifikace 25 kV v celé délce trasy vlaku,
- dvozdrojová vozidla trolej /diesel: liniová elektrifikace 25 kV v části délky trasy vlaku,
- dvouzdrojová vozidla trolej/akumulátor: blízkost liniové elektrifikace 25 kV nebo napájecí body 25 kV,
- vodíková palivočlánková vozidla: plnicí stanice a v jejich těsné blízkosti (minimalizace dopravy vodíku) elektrolyzéry napájené z obnovitelných zdrojů elektrické energie, zřízené zpravidla v obou koncových stanicích trasy vlaku.

Vozidla mají životnost 30 let, infrastrukturní zařízení mají životnost též minimálně 30 let. Koordinace investic do vozidel a infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz je nutností:

- vybudování jednoho společného infrastrukturní energetické zázemí pro osobní regionální dopravu (objednávka krajů), osobní dálkovou dopravu (objednávka státu) a nákladní dopravu (viz Green deal: převedení 75 % silniční nákladní dopravy na železnici),
- věcná, teritoriální a časová koordinace investic do liniové elektrifikace tratí či budování bodových energetických zařízení:
 - na straně infrastruktury – Správa železnic (státní sektor),
 - na straně vozidel – dopravci (státní i soukromé podnikatelské subjekty) z oboru osobní i nákladní dopravy,
 - na straně objednatelů dopravy (stát a kraje),
 - s instalací ETCS do tratí a vozidel (včasnou elektrifikací předejít neefektivním investicím do instalace ETCS do naftových vozidel s horizontem používání několika málo let).

=> iniciativa MD ČR vytvořit Národní implementační plán subsystému energie, jde o dokument zásadního významu.

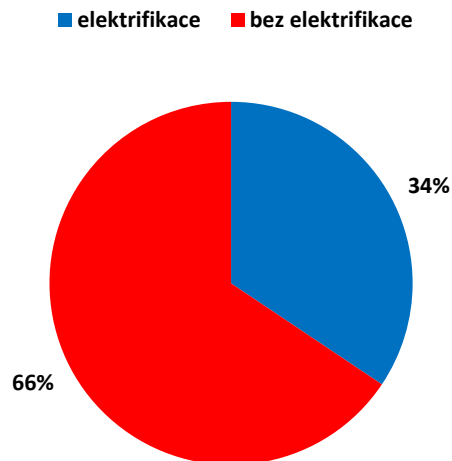
Ačkoliv je v ČR elektrifikována jen 34 % délky železniční sítě, zajišťují v ČR elektrifikované železniční tratě 86 % dopravních výkonů v osobní dopravě a 95 % výkonů v nákladní dopravě.

Pokračující elektrifikací konvenčních tratí pro potřeby rozvoje nákladní dopravy, dálkové osobní dopravy i regionální dopravy, kterou výrazně usnadňuje přechod na jednotný provozně i investičně levný systém 25 kV, bude význam elektrifikovaných železničních tratí dále růst. Přispěje k tomu i výstavba vysokorychlostního železničního systému.

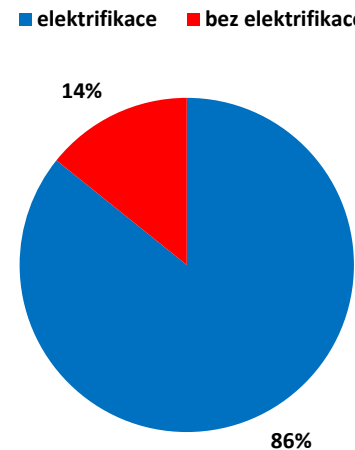
Po vzoru městské hromadné dopravy (doplňování tradičních trolejbusů parciálními trolejbusy) jsou přirozeným doplňkem liniové elektrifikace na železnici dvouzdrojové elektrické jednotky trolej/akumulátor (BEMU) s dojezdem cca 100 km a dvouzdrojové lokomotivy trolej/diesel pro nákladní vlaky a pro rychlíky. Oboje s určením pro dopravně méně zatížené tratě bez liniové elektrifikace.

Pro aplikace v regionální osobní dopravě s potřebou většího dojezdu je též prověřována vhodnost aplikace vodíkových palivočlánkových jednotek (HMU). Cílem analýz je především prověřování, zda je tato alternativa ekonomicky efektivní.

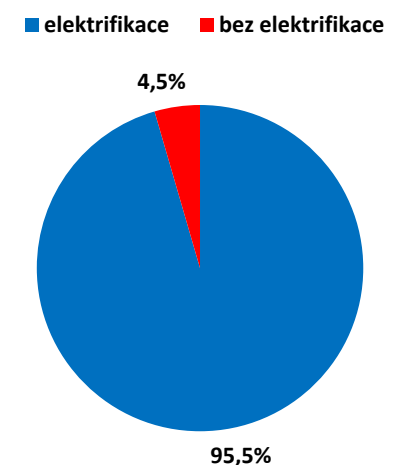
podíl tratí na délce sítě železnic v ČR v roce 2019



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



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



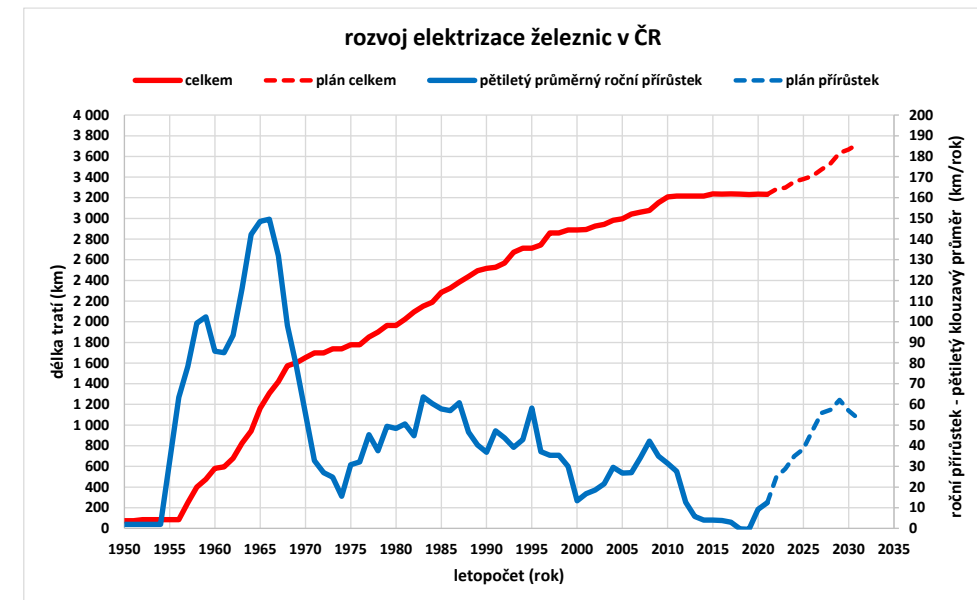
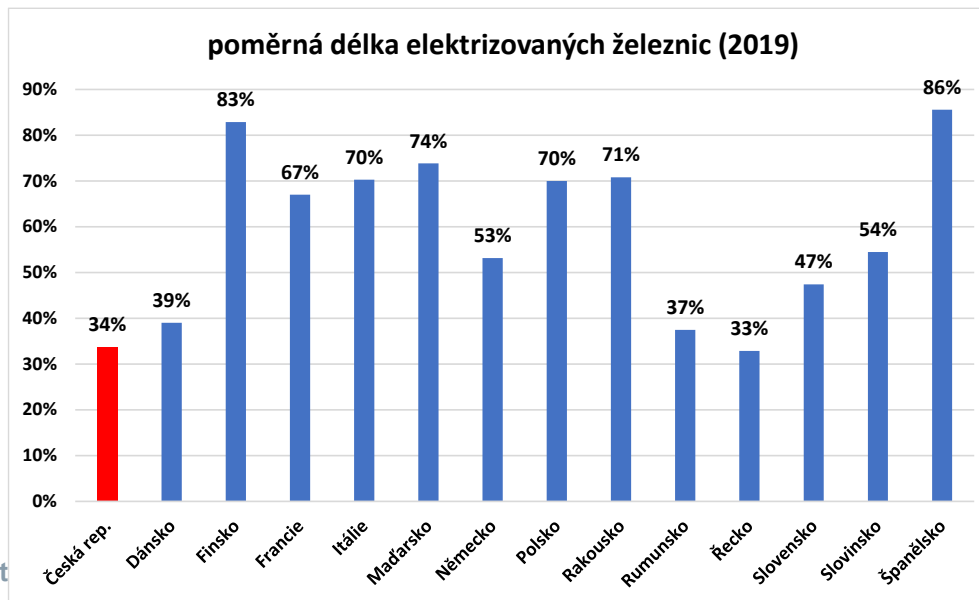
Elektrizace železnic v zemích EU a v ČR

Pro splnění úloh, které jsou v ČR na železnici v multimodální udržitelné mobilitě kladeny, je nutno do práce zapojit nejen 1/3 železniční sítě (dosud elektrizované tratě), ale i další k tomu vhodné tratě. Bezemisní vozidla však potřebují infrastrukturní energetické zázemí pro svůj provoz. To se týká nákladní dopravy, dálkové osobní dopravy i regionální osobní dopravy.

Z hlediska investičních nákladů, provozních nákladů i výkonnosti a produktivity je nejvýhodnějším a společným řešením pro nákladní dopravu, dálkovou osobní dopravu i regionální osobní dopravu liniová elektrizace systémem 25 kV. A to v koordinaci s konverzí systému 3 kV na 25 kV. Tu lze podle podmínek řešit buď komplexně v rámci celkové modernizace trati, tak i rychlou prostou elektrizací.

To je základní myšlenkou Národního implementačního plánu subsystému Energie, který po konzultaci se Sdružením nákladních dopravců ŽESNAD.CZ, objednatelem dálkové dopravy (stát) a objednateli regionální dopravy (kraje) finalizuje MD ČR. Je řešen koordinovaně s Národním implementačním plánem subsystému CCS, tedy GSM-R a ETCS.

Cílem je odstranit dosavadní zaostávání ČR za ostatními zeměmi EU a i v ČR docílit do roku 2040 cca 70 % elektrizaci železniční sítě.



Územní nesymetrie elektrifikace železnic v ČR

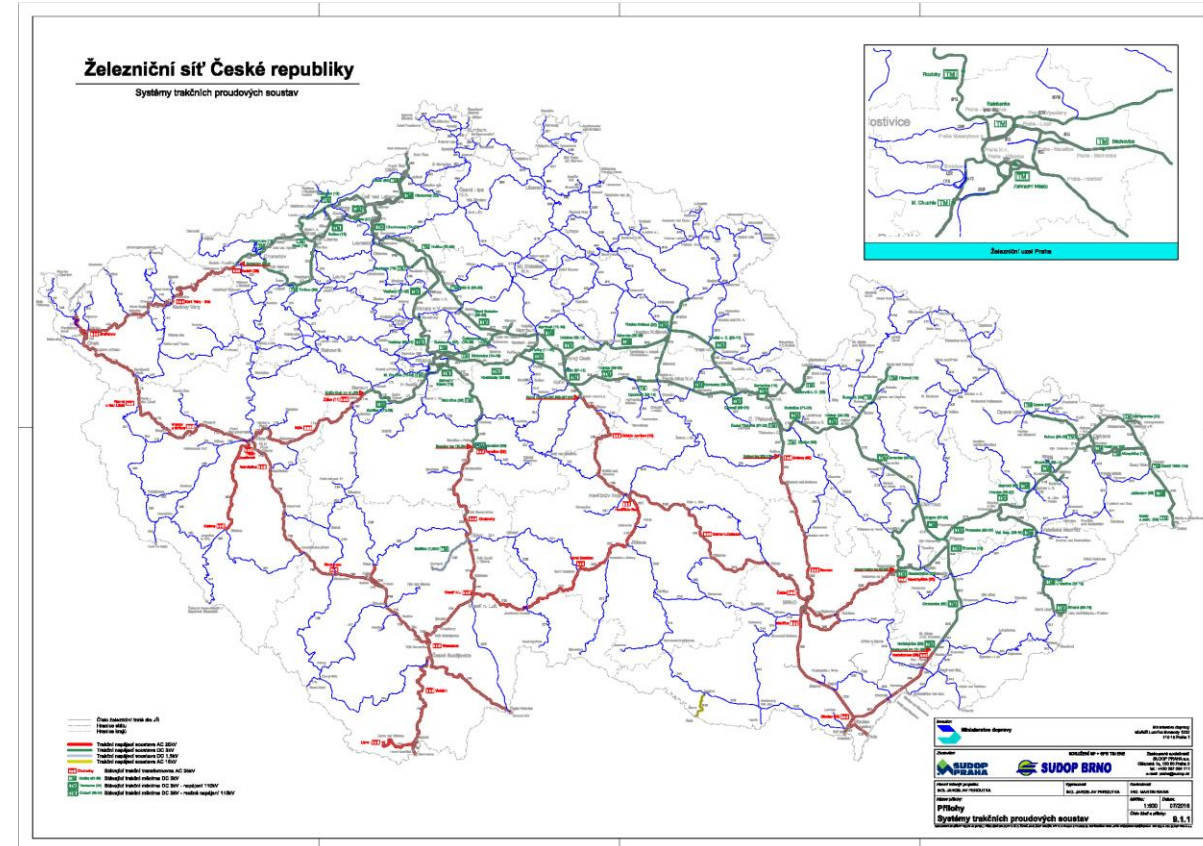
Jih ČR (spíš agrárně orientovaný) je pokryt sítí hlavních tratí elektrifikovaných systémem 25 kV. Velká většina neelektrifikovaných tratí je krátká (koncové 20 až 50 km, spojovací 50 až 100 km), tedy je na nich podle intenzity provozu možno zajistit bezemisní provoz dvěma způsoby:

- prostou elektrizací jen za cenu trakčního vedení 25 kV bez výstavby nové trakční napájecí stanice
- dvouzdrojovými vozidly trolej/akumulátor.

Sever ČR (spíš průmyslově orientovaný) je mezi Děčínem a Opavou bez elektrifikace. Jde o bývalou zónu 3 kV, elektrifikace zde nebyla provedena z ekonomických důvodů (těžké trakční vedení a výstavba 50 nových trakčních napájecích stanic 3 kV a přívodního vedení k nim).

Přechod na jednotný systém 25 kV otevírá cestu k ekonomicky efektivní elektrifikaci severu ČR. Výchozí je vybudovat síť pouhých cca 6 nových trakčních napájecích stanic v železničních uzlech (Mladá Boleslav, Česká Lípa, Liberec, Stará Paka, Trutnov, Jeseník), elektrifikace dalších (i hlavních) tratí již bude levná, jen za cenu trakčního vedení, tedy s návratností investice v jednotkách let.

Tím vznikne i na severu ČR u vedlejších tratí podobná situace jako na jihu ČR – možnost volby buď levná elektrifikace 25 kV, nebo dvouzdrojová vozidla trolej/akumulátor.



Konverze napájení drah ze 3 kV na 25 kV



Hlavním důvodem konverze napájení drah ze 3 kV na 25 kV je zvýšení výkonnosti napájecího systému a snížení ztrát energie v trakčním vedení.

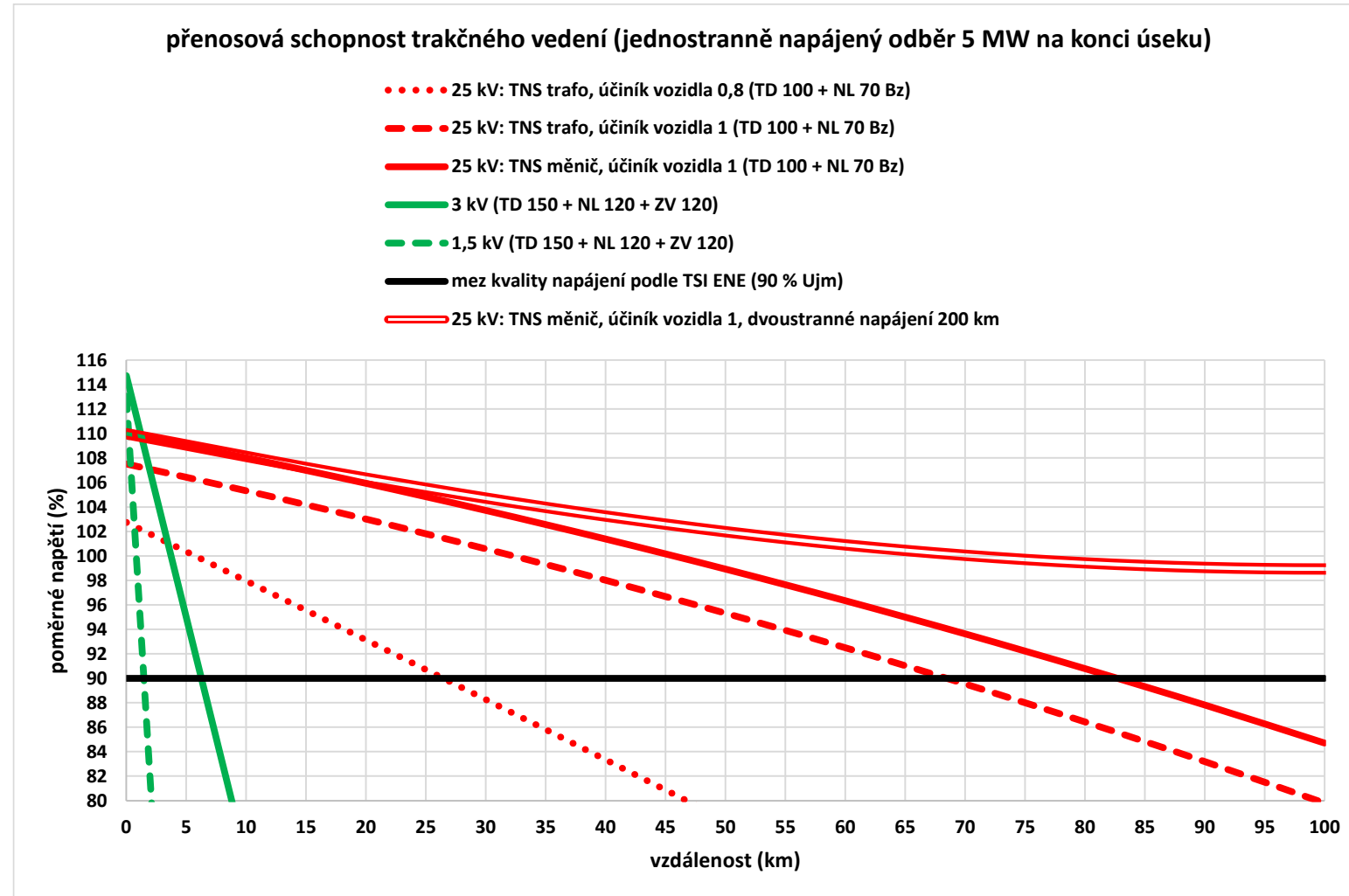
Velmi zásadním pozitivem systému 25 kV je jeho vysoká přenosová schopnost. Trakční napájecí stanice 25 kV dokáže napájet trakčním vedením vozidla na mnohem větší vzdálenost, než u systému 3 kV. To ve svém důsledku výrazně usnadňuje a zlevňuje elektrifikaci dalších tratí v okolí elektrifikovaných tratí. Lze je v poměrně širokém okolí velmi levně elektrifikovat jen výstavbou trakčního vedení (cca za 10 mil. Kč/km) bez potřeby budování nových trakčních napájecích stanic.

Typickým příkladem je na jaře roku 2022 Centrální komisi MD ČR schválená studie proveditelnosti elektrifikace 62 km dlouhé tratě Tišnov – Křižanov (s nepřiliš silným dopravním provozem), neboť energii pro ni zajistí již léta existující trakční napájecí stanice Čebín a Ostrov na Oslavou na hlavní trati Brno – Havlíčkův Brod.

Podobně již mnoho let funguje napájení 50 km dlouhé tratě České Budějovice – České Velenice z trakční napájecí stanice Nemanice.

$$\text{Přenosová schopnost vedení: } P/\Delta P = P / RI^2 = U^2 / (R \cdot P)$$

$$(U' / U)^2 = (25 / 3)^2 = 69$$



Elektrický provoz se stává prioritou. Proto MD ČR a SŽ uvažují dva druhy liniové elektrizace železnic:

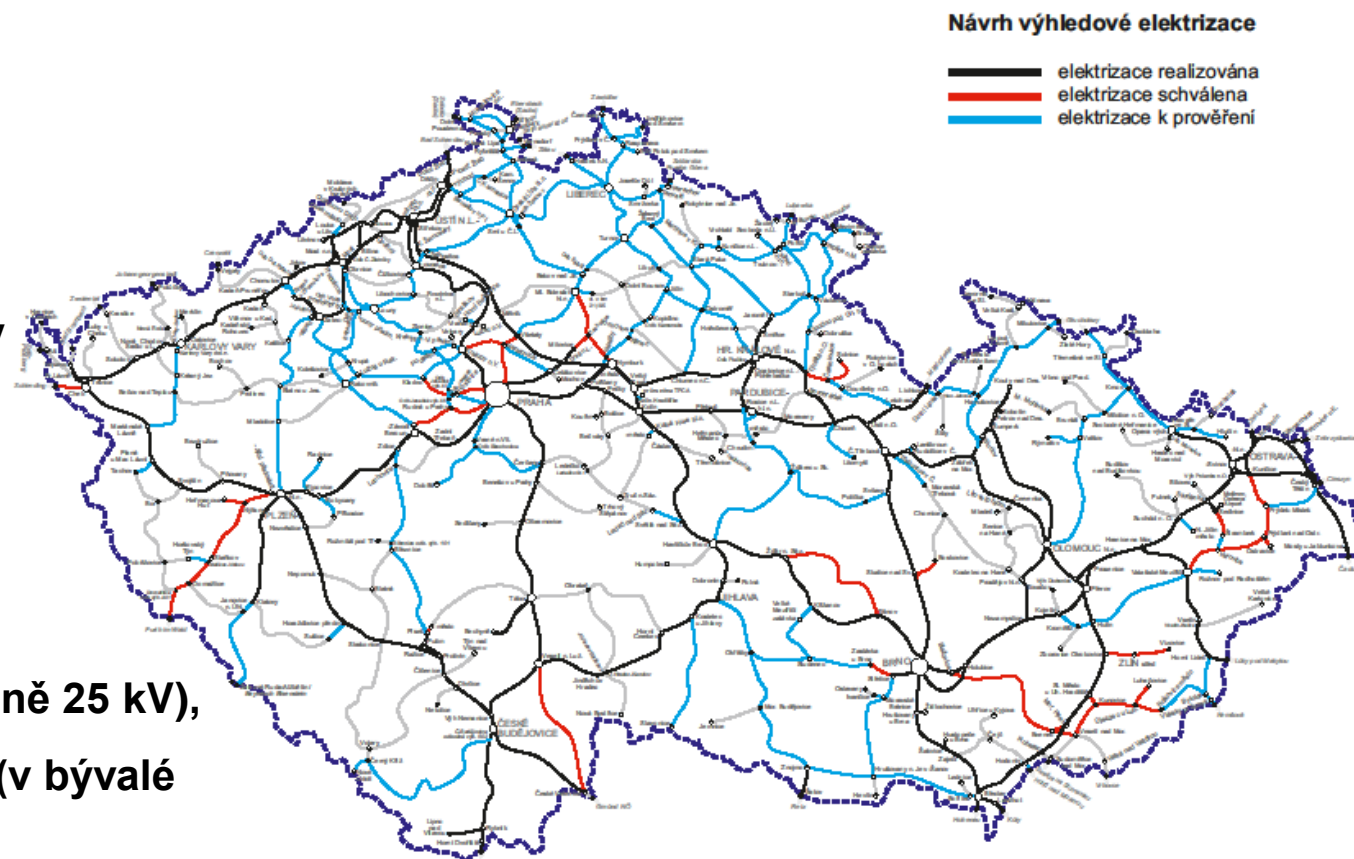
- elektrizace v rámci celkové modernizace (doplnění druhé traťové koleje, zvětšení poloměru oblouků, ...),
- prostá elektrizace (v prvním kroku trať levně a rychle elektrizovat, následně řešit další modernizační aktivity).

Přínosy:

- úspory energie a emisí,
- zvýšení rychlosti jízdy vlaků,
- zvýšení normativů zátěže,
- zapojení dalších tratí do nákladní dopravy a do vozby dálkových osobních vlaků,
- zvýšení produktivity vozidel a personálu,
- snížení nákladů na údržbu vozidel.

Postup:

- doplňování elektrizovaných tratí v jižní části ČR (v zóně 25 kV),
- příprava systematické elektrizace v severní části ČR (v bývalé zamýšlené zóně 3 kV) již jednotným systémem 25 kV



Dosavadní pojetí dopravy, založené jak v oblasti dopravy osob, tak i v oblasti dopravy věcí, na dominantním podílu automobilové dopravy, zajišťované vozidly poháněné spalovacími motory, je již v horizontu nejbližších let neudržitelný:

- doprava patří spotřebou kolem 80 TWh/rok největším konečným spotřebitelem energie v ČR,
- spotřeba energie v dopravě vydatně roste (3,5 % ročně),
- energie pro dopravu je z 93 % tvořena fosilními palivy, importovanými zejména z rizikových zemí,
- doprava produkuje spalováním fosilních paliv 19 mil. tun CO₂/rok, to je více než dvojnásobek oproti průmyslu,
- ztrátové teplo spalovacích motorů dopravních prostředků v úrovni cca 52 TWh/rok násobně převyšuje produkci tepla dodávaného teplárnami svým odběratelům.

Náhradu za současné pojetí dopravy je multimodální udržitelná mobilita. Je založena jak v oboru přepravy osob, tak i v oboru přepravy věcí na výhradním použití elektrických vozidel (prioritně s liniovým elektrickým napájením, doplňkově se zásobníky energie) a jejím základním principem jsou **kooperativnost** (schopnost spolupracovat) a **komplementárnost** (schopnost se doplňovat) jednotlivých druhů dopravy:

- v směru **silných a pravidelných přepravních proudů** veřejná hromadná doprava, zejména kolejová a zejména s liniovým elektrickým napájením, neboť se vyznačuje nízkou energetickou a plošnou náročností (avšak vyžaduje vybudování a provozování investičně náročného systému)
- v směru **slabých a nepravidelných přepravních proudů** individuální doprava, zajišťovaná zpravidla elektrickými vozidly se zásobníky energie, neboť ne vyžaduje vybudování a provozování investičně náročného systému (avšak za cenu vyšší energetické i plošné náročnosti).

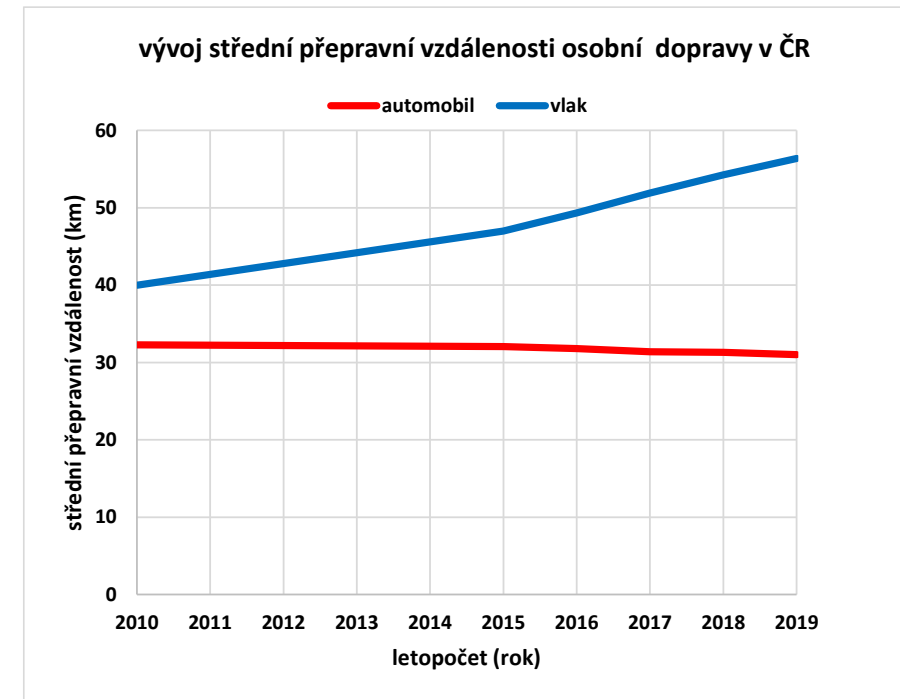
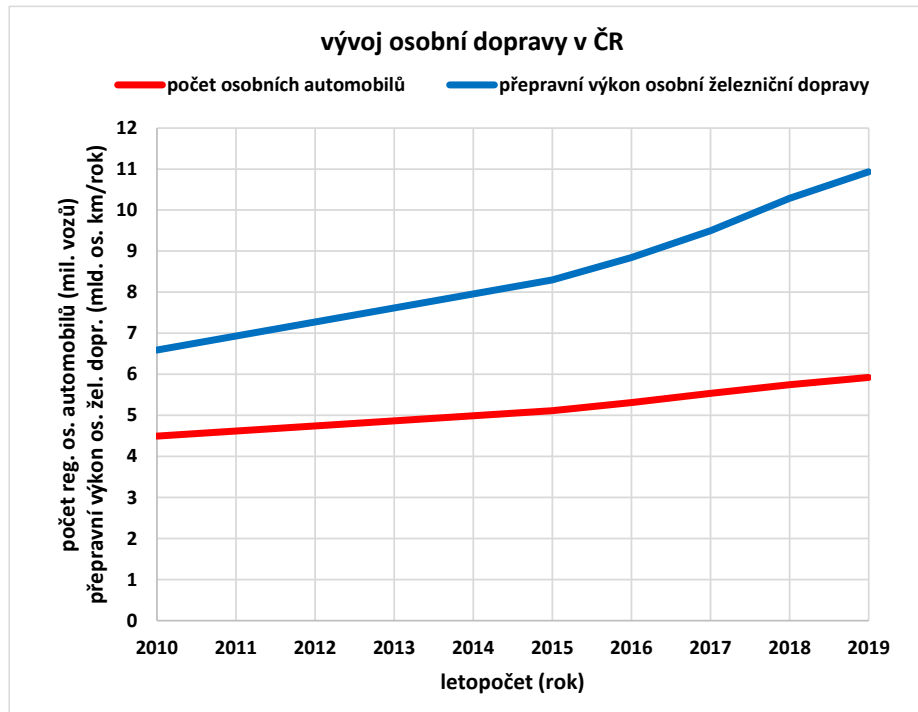
Každý druh dopravy má logiku používat tam a jenom tam, kde převažují jeho výhody nad nevýhodami.

Lidé neradi dělají to, co je nebaví.

- chodit na nádraží pěšky či nekomfortní místní dopravou,
- dlouho řídit automobil.

Lidé se naučili jezdit osobním automobilem na vlak - pokud je spolehlivý, rychlý a pohodlný. Trvale rostoucí zájem o parkoviště P + R (respektive P + CH + R) u železničních stanic a zastávek je toho dokladem.

Výstavba terminálů pro kombinaci silniční a železniční dopravy, budovaných na vysokorychlostních železničních tratích poblíž velkých měst s dobrou přístupností k silniční síti, jde vstříc tomuto přirozenému trendu obyvatelstva.



Veřejná hromadná doprava, zejména kolejová s liniovým elektrickým napájením, se ve srovnání s individuální automobilovou dopravou vyznačuje řadou pozitivních vlastností,

- **nižší energetická náročnost,**
- **nulové místní emise zdraví škodlivých látek,**
- **vyšší rentabilita investic do vozidel daná jejich vyšší produktivitou (denní doba využívání cca 14 až 20 hodin),**
- **vyšší rentabilita investic do vozidel daná jejich vyšším středním obsazením,**
- **nižší nároky na plochy komunikací pro jízdu,**
- **odpadá zábor veřejných ploch a exponovaných částech města pro parkování.**

Proto má logiku ve směrech přepravní poptávky zřizovat a provozovat veřejnou hromadnou dopravu. Ve směrech silných a pravidelných přepravních proudů je veřejná hromadná doprava díky krátkým intervalům mezi spoji pro obyvatelstvo velmi atraktivní. A zároveň je pro své vysoké zatížení ekonomicky vysoce efektivní.

Pro společensky prospěšnou motivaci cestujících k preferenci veřejné hromadné dopravy před dopravou individuální je nutno splnit dvě základní podmínky:

- **kvalitativní: veřejná hromadná doprava musí nabízet obyvatelstvu bezpečnost, spolehlivost, dochvilnost, rychlost a pohodlí a tím obyvatelstvo pozitivně motivovat k přirozené preferenci veřejné hromadné dopravy,**
- **kvantitativní: veřejná hromadná doprava musí disponovat dostatečnou přepravní kapacitou, aby dokázala přijmout přepravní poptávku při nesnížené úrovni kultury cestování (i kvantita je součástí kvality)**

Nástroje k extramodálním úsporám energie a exhalací v osobní dopravě: rychlost a pohodlí

SIEMENS

Převod osobní dopravy ze silnic (naftové automobily) na elektrizované železnice:

- zhruba 8 x nižší spotřeba energie,
- zásadní snížení globálních exhalací oxidu uhličitého, způsobujících klimatické změny,
- úplné odstranění lokálních exhalací poškozujících zdraví obyvatelstva,
- aktivní využití času stráveného cestováním (train office)

Podmínka:

rychlost a kvalita => „rychlostí a pohodlím k úsporám energie“

Pro motivaci obyvatelstva ke změně dopravního chování směrem k extramodálním úsporám energie a emisí použitím veřejné dopravy je potřebná:

- kvalita atraktivní pro přepravní poptávku,
- kvantita (kapacita) schopná převzít přepravní poptávku.



ČR: úspěch koridorů - modernizované tratě a nová vozidla

SIEMENS

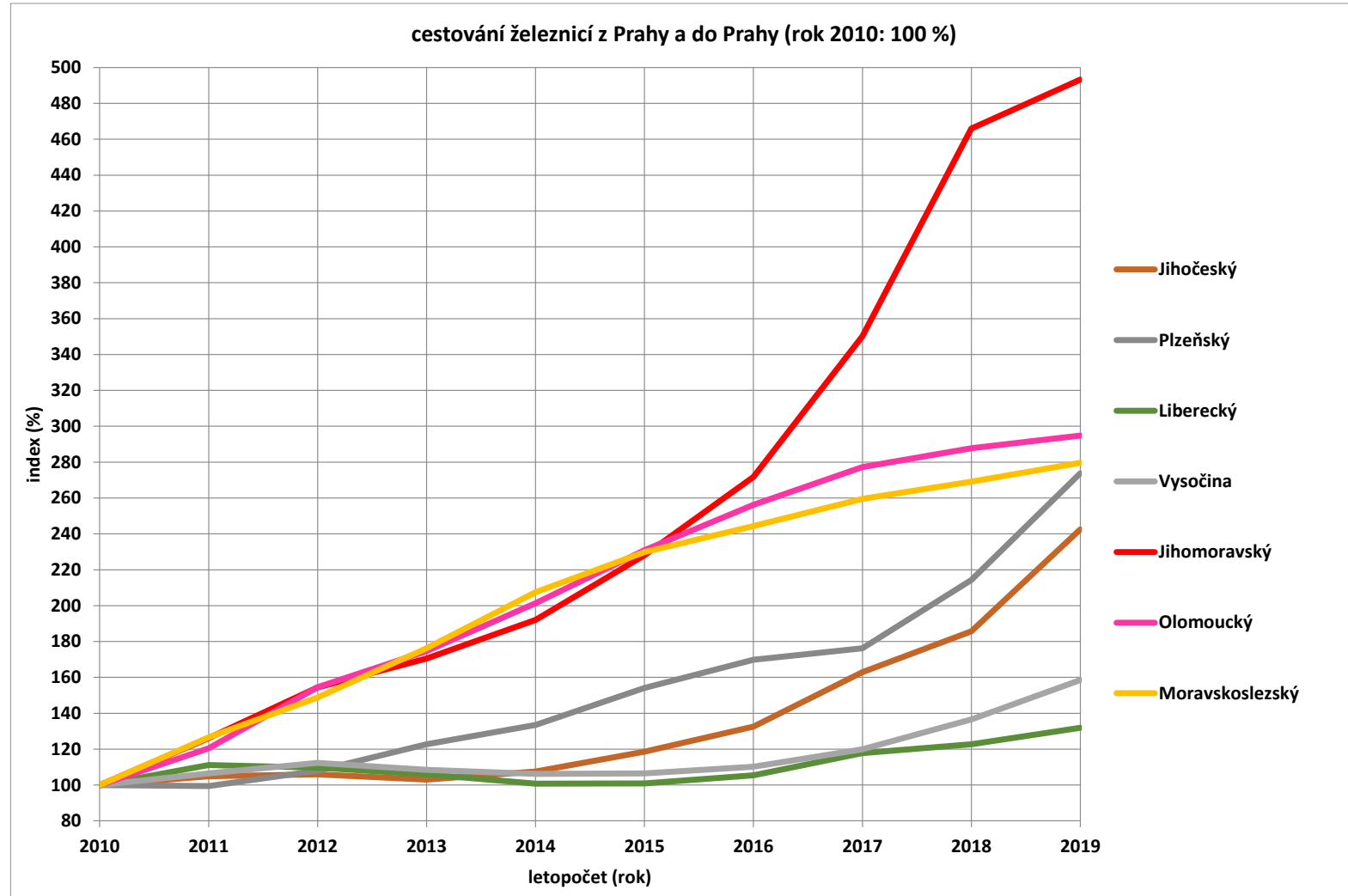
Generátorem růstu přepravních výkonů železniční osobní dopravy je dálková doprava.

Modernizované tratě, taktový jízdní řád a nová vozidla zvýšily atraktivitu přepravní nabídky dálkové železniční dopravy.

Nastal intenzivní rozvoj dálkové železniční dopravy mezi Prahou a kraji (přeprava cestujících vzrostla mezi roky 2010 a 2019 na 209 %, přepravní výkony vzrostly v průběhu 9 let v průměru na 241 %).

Mezistátní osobní železniční přeprava narostla v průběhu 7 let 2010 až 2019 v ČR na šestinásobek.

Po odeznění pandemie Covid 19, která vedla v letech 2020 a 2021 k poklesu zájmu o cestování, došlo v roce 2022 k opětovnému oživení přepravní poptávky. Nové kapacity na straně tratí i vozidel jsou nutností.



Budování vysokorychlostního železničního systému

Potenciál přínosů vysokorychlostního železničního systému :

- nové rychlé dopravní spojení s městy v ČR i v zahraničí,
- nová kapacita železničních tratí,
- rychlostní segregace – odkloněním dálkových vlaků z konvenčních na vysokorychlostní tratě vzniká na konvenčních tratích větší prostor pro regionální a nákladní dopravu.



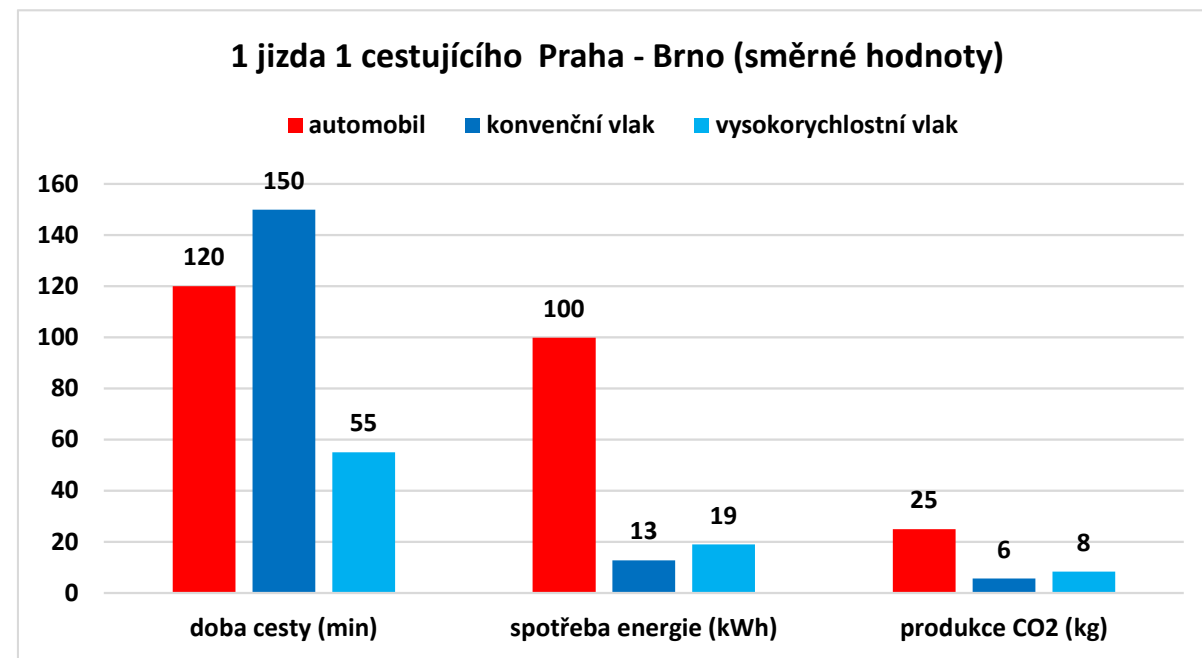
Vysokorychlostní železnice Praha – Brno (- Wien / Bratislava – Budapest)



Není důvod ztrácet čas (2 hodiny) a energii (100 kWh při produkci 25 kg CO₂ na osobu při středním obsazení 1,3 osoby na vůz) jízdou automobilem s rychlostí 130km/h z Prahy do Brna.

Vysokorychlostní vlak to zvládne s rychlostí 300 km/h za 55 minut (centrum – centrum), respektive za 45 minut (terminál P + CH + R Nehvizdy – terminál P + CH + R Vídeňská) k práci využitelného času (train office).

Při 50 % obsazení spotřebuje na osobu jen 19 kWh energie s produkcí 8 kg CO₂ (perspektivně z OZE: 0 kg CO₂).



Vysokorychlostní vlaky

SIEMENS

Pěšky – chůze rychlostí 5 km/h: spotřeba 8 kWh/100 km (příkon potavy 400 W)

Automobil – jízda rychlostí 130 km/h: spotřeba 50 kWh/osobu/100 km

Konvenční železnice – jízda rychlostí 160 km/h: spotřeba 5 kWh/osobu/100 km

Vysokorychlostní železnice – jízda rychlostí 300 km/h: spotřeba 9 kWh/osobu/100 km

Letadlo – let rychlostí 900/300 km/h: spotřeba 40 kWh/osobu/100 km



Jednotlivé druhy dopravy se navzájem odlišují, každý z nich má své výhody a nevýhody, oblasti vhodného a nevhodného použití. Mezi jednotlivými druhy dopravy vznikly konkurenční vztahy motivované snahou nabídnout nejnižší cenu a získat zakázku.

Moderní přístup k plnění přepravních úloh není založen na konkurenci jednotlivých druhů dopravy, ale na kooperaci a komplementárnosti, tedy na schopnostech spolupracovat doplňovat se. Cílem je, aby každý druh dopravy byl používán tam, kde převažují jeho přednosti nad nevýhodami:

- železniční doprava je vhodná pro silné a pravidelné přepravní proudy, zajišťuje je s nízkou spotřebou energie a zpravidla bez emisí (dopravně důležité železniční tratě jsou elektrizovány),
- silniční doprava dokáže díky své flexibilitě zajistit slabší a nepravidelné přepravní proudy, plošně pokrývá celé území, k dispozici má v ČR 55 838 km silnic a 74 919 km místních komunikací (železnice má v ČR k dispozici jen 9 523 km železničních tratí).

Trendem je kombinovaná doprava železnice silnice, kdy energeticky úsporná železnice (liniově elektrizovaná) zajišťuje dopravu těžkého vlaku na velkou vzdálenost mezi multimodálními terminály, a operativní silniční doprava zajišťuje svoz a rozvoz zásilek na konci vlakové linky.

Podmínky k bezemisní elektrické vozbě jsou velmi rozdílné:

- železnice má k dispozici technicky vyřešené a mnoho let budované vysoce výkonné elektrické napájení vysokým napětím 25 kV (vozidla jsou uzemněna prostřednictvím ocelových kolejnic), které jí dává prakticky neomezenou výkonnost a dojezd,
- silniční doprava nemá (až na výjimky – trolejbusy) zavedeno liniové elektrické napájení, bezemisní silniční vozba je vázaná vyžaduje zásobníky energie:
- současný stav techniky umožňuje u vozidel prakticky všech hmotnostních kategorií nahradit pohon spalovacím motorem elektrickým trakčním pohonem, napájeným z lithiových akumulátorů. Avšak dojezd je z důvodu vysoké hmotnosti akumulátoru jen v nižších jednotkách stovek kilometrů. To však plně postačuje pro městskou logistiku (vítané řešení pro zlepšení ovzduší ve městech) a pro svoz a rozvoz zátěže v okolí multimodálních terminálů.
- současný stav techniky neumožňuje ekonomicky efektivní náhradu spalovacím motorem poháněných dálkových nákladních automobilů bezemisními:
 - automobily s ukládáním energie do sekundárních elektrochemických článků (lithiové akumulátory) vycházejí velmi těžké a drahé,
 - automobily s ukládáním energie do primárních elektrochemických článků (s vodíkovými palivovými články) vycházejí investičně velmi drahé. Díky nízké účinnosti vodíkového řetězce (elektrina /vodík/elektrina: cca 30 %) jsou energeticky velmi náročné a proto i provozně drahé.

Racionálním řešením je kombinovaná doprava. Díky liniovému elektrickému napájení zvládne železnice bezemisní vozbu i na velké vzdálenosti a s velmi nízkou spotřebou energie. Elektrické nákladní automobily zvládnou svoz a rozvoz zátěže v okolí terminálů (s nabíjecí stanicí).

Elektrické trakční pohony lze napájet liniově nebo ze zásobníků energie.

Liniové napájení

Silniční vozidla nejsou vodivě spojena ze zemí, což vytváří nepříznivé podmínky pro ochranu neživých částí vůči nebezpečnému dotyku. Je nutno používat dvou pólové vrchní trakční vedení o napětí 750 V které má nízkou přenosovou schopnost a vlivem vysokých proudů (výkon 100 kW je přenášen proudem 133 A) vyžadují relativně vysoké průřezy trolejového drátu, vedení je těžké a drahé.

Kolejová vozidla jsou prostřednictvím ocelových kol a kolejnic vodivě spojena ze zemí, což vytváří příznivé podmínky pro ochranu neživých částí vůči nebezpečnému dotyku. Lze s využívat jednoduché jednopólové vrchní trakční vedení o napětí 25 000V, které má vysokou přenosovou schopnost a díky nízkým proudům (výkon 100 kW je přenášen proudem 4 A) postačují relativně malé průřezy trolejového drátu, vedení je lehké a levné.

Přenosová schopnost vedení 25 000 V je 1 111krát vyšší, než přenosová schopnost vedení 750 V:

$$P/\Delta P = P / RI^2 = U^2 / (R \cdot P) = (U' / U)^2 = (25\,000 / 750)^2 = 1\,111$$

Přitom paradoxně stačí kolejovým vozidlům pro zajištění stejné přepravní práce dodat zhruba jen 1/3 elektrické energie, neboť jsou energeticky efektivnější:

- vliv nižšího odporu valení ocelových kol po ocelových kolejnicích,
- vliv nižšího aerodynamického odporu dlouhých štíhlých vozidel spojených v těsném zákrytu.

Elektrické trakční pohony lze napájet liniově nebo ze zásobníků energie.

Zásobníky energie

Vozidla pro občasně použití

Jde o vozidla vlastněná a používaná osobami, které se profesně věnují jiné činnosti a tedy využívají vozidlo velmi málo (typicky osobní automobil v ČR: 37 minut denně, tedy 2,6 % času), ujedou nevelkou vzdálenost (typicky osobní automobil v ČR: 29 km). Stačí jim nevelký dojezd (typicky osobní automobil v ČR: 98,7 % jízd je na vzdálenost do 200 km), větší než vozidlo umožňuje. Akumulátorové baterie vozidel lze zpravidla pomalu nabíjet v době mimo aktivní použití. K nabíjení je k dispozici dostatek času během parkování (typicky osobní automobil v ČR: 23 hodin a 23 minut denně, tedy 97,4 % času) a postačuje dodat nevelkou energii (typicky osobní automobil v ČR: cca 6 kWh/den. Postačuje AC nabíjení nízkým výkonem, které je levné, ohleduplné k akumulátorové baterii i k distribuční síti a zdrojům energie. Pomalé nabíjení v průběhu parkování nesnižuje cestovní rychlost, ani produktivitu práce vozidla či personálu.

Vozidla pro intenzivní použití

Jde o vozidla používaná osobami, které se profesně věnují řízení a využívají vozidlo intenzivně (typicky nákladní automobil: 8 h denně), při tom ujedou až 600 km. To vyžaduje nácestné nabíjení, které však snižuje cestovní rychlost, produktivitu práce vozidel i personálu. Proto je vyžadováno aby bylo rychlé, tedy vysokým DC výkonem, které však je drahé (vysoké platby za instalovaný výkon a za rezervovaný výkon), nešetrné k akumulátorové baterii (snižuje její životnost), namáhá distribuční síť a klade vysoké požadavky na zdroje.

Virtuální rychlost nabíjení určuje rychlost obnovy schopnosti vozidla k jízdě:

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

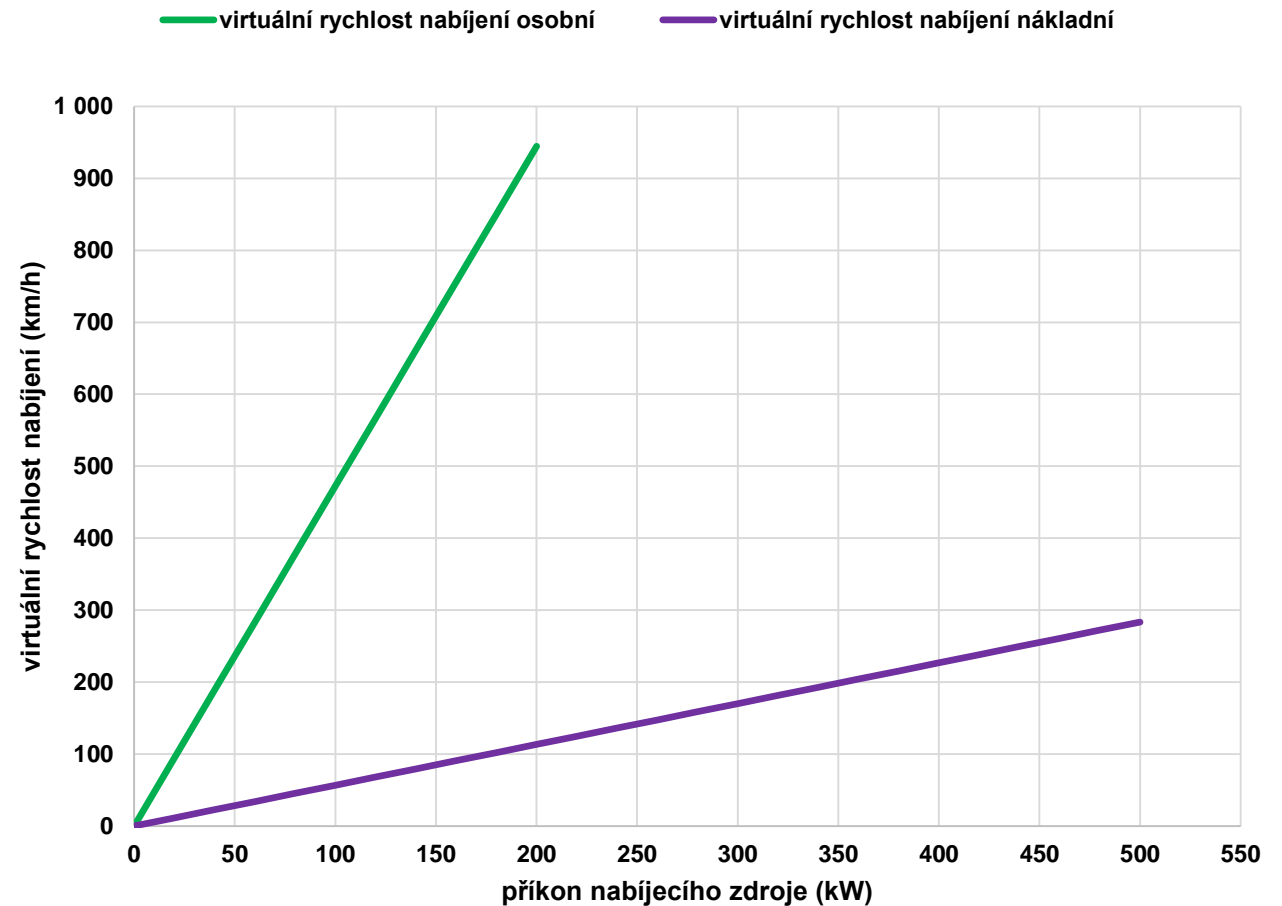
v_v ... virtuální rychlost nabíjení (km/h),

P ... příkon nabíjecího zařízení (kW),

η ... účinnost nabíjecího zařízení a akumulátorové baterie.

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

vliv příkonu nabíjecího zdroje na virtuální rychlost nabíjení



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),

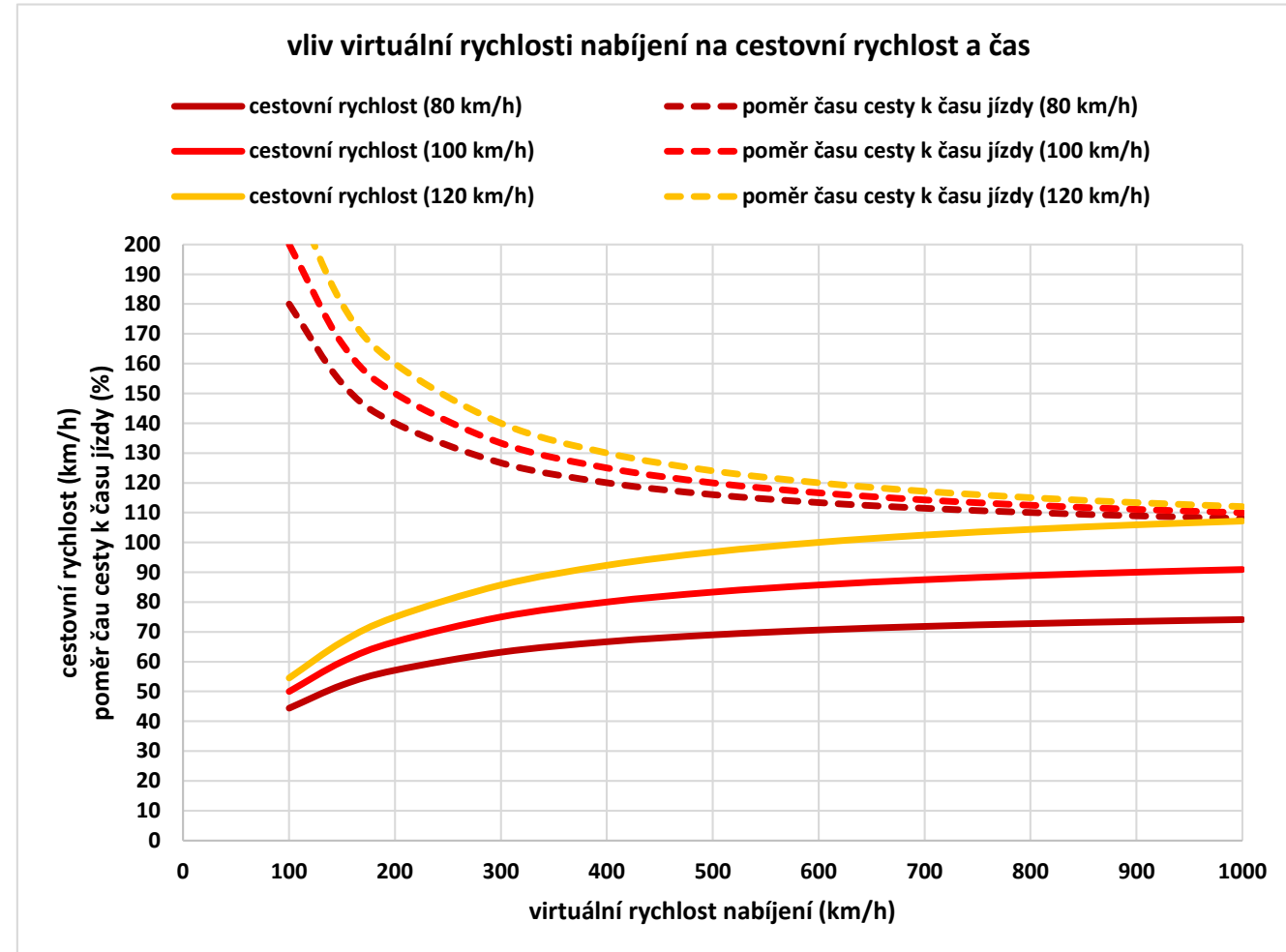
v_v ... virtuální rychlost nabíjení (km/h),

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.



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),

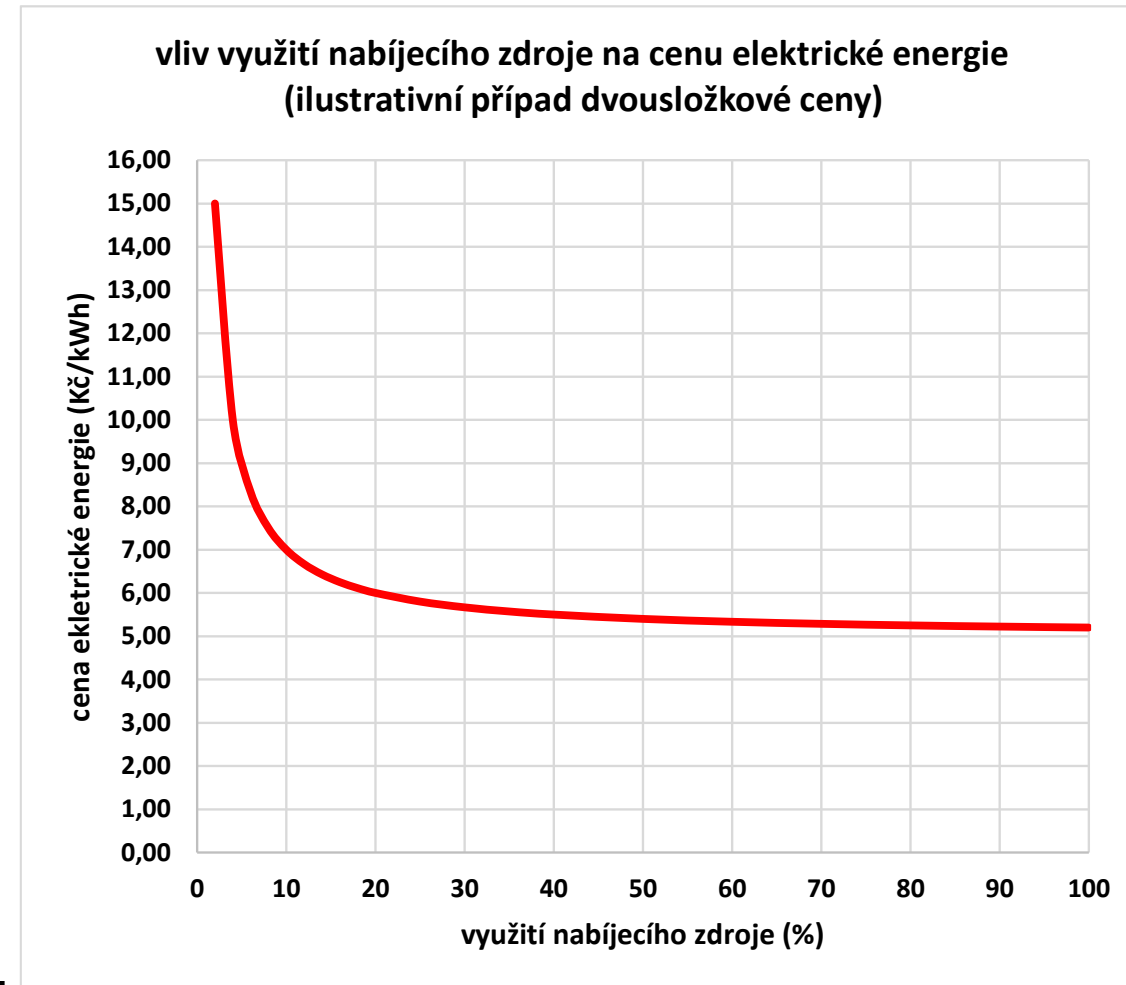
c_p ... výkonová cena rezervované elektrické energie (Kč/kWh),

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.

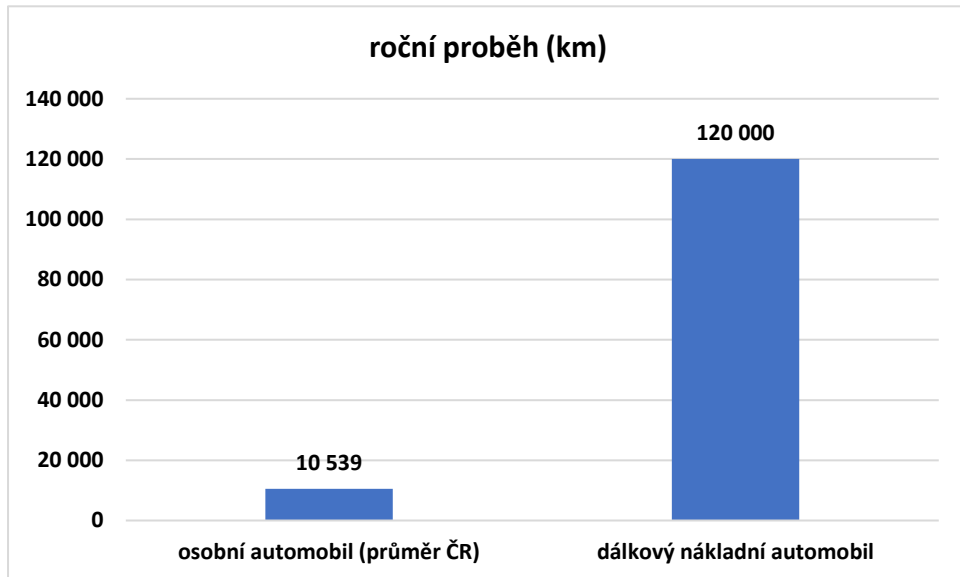


Kooperativnost a kompletnost v nákladní dopravě (8)

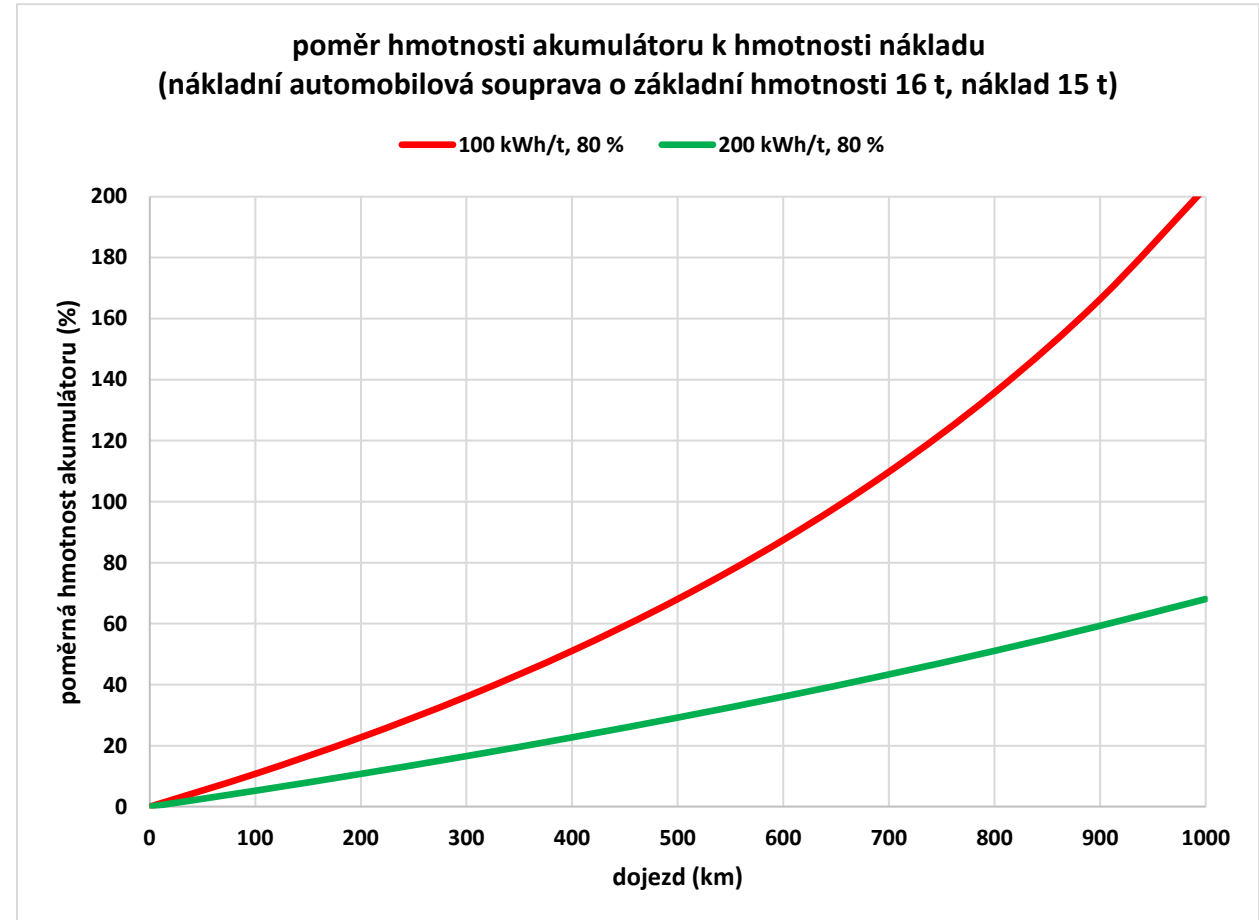


Osobní automobily jsou denně v průměru využívány méně než jednu hodinu, tedy mohou využívat jemné lithiové akumulátory typu HE s měrnou energií kolem 200 kWh/t, avšak s životností jen v tisících cyklů (spotřební zboží).

Nákladní automobily jsou denně využívány osm a více hodin, proto zpravidla využívají robustní lithiové akumulátory typu HP s životností v desítkách tisíc cyklů, avšak s měrnou energií jen kolem 100 kWh/t (investiční předmět).



© Siemens Mobility 2023



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

- **první míle elektrický nákladní automobil s elektrochemickým akumulátorem,**
- **dálková přeprava liniově elektrizovanou železnicí,**
- **poslední míle elektrický nákladní automobil s elektrochemickým akumulátorem.**

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 postačuje 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 rychlonabíjecí stanice či další nabíjecí body.

Volvo Trucks - těžká řada FM/FH/FMX

SIEMENS

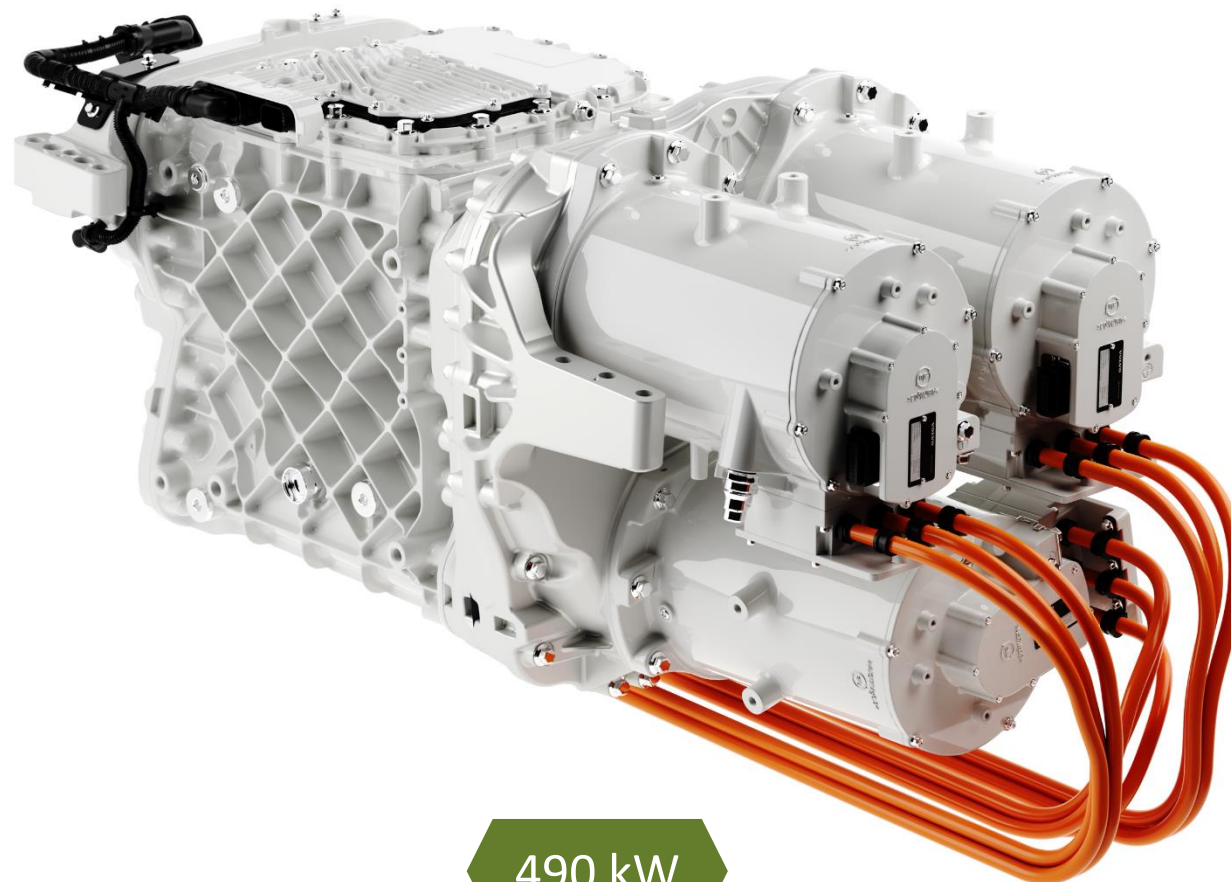
Konfigurace	Více konfigurací náprav
Baterie	Variabilní počet baterií (2-6), až 540 kWh
Dojezd	Přibližně 300 km
Nabíjení	AC (43kW) a DC (250kW)
Elektrické hnací ústrojí	Tři elektromotory, převodovka I-Shift, GCW 44t



Volvo Trucks - pohonná jednotka

SIEMENS

FM/FMX/FH



490 kW

Volvo Trucks - FH elektrický tahač



Až 44 tun GCW

Dojezd až 300 km

Doba nabíjení: 2,5 h (DC) / 9,5 h (AC)

Kapacita baterií: 450–540 kWh / 5–6 baterií

Základem multimodální nákladní mobility je vzájemná kooperativnost a komplementárnost jednotlivých druhů dopravy tak, aby každý dopravní mód byl používán tam a jenom tam, kde pracuje efektivně.

- **automobilová doprava je pro svoji operativnost, flexibilitu a velmi hustou silniční síť vhodná k zajišťování plošné obsluhy území,**
- **železniční doprava je pro svoji vysokou výkonnost a nízkou energetickou náročnost vhodná k zajišťování silných přeprav na větší vzdálenosti mezi terminály,**

Náhradu spalovacích nákladních automobilů elektrickými nákladními automobily má logiku řešit tam, kde je to technicky reálné, tedy v městské logistice a rozvážkové službě v okolí multimodálních terminálů. V těchto aplikacích též přináší dekarbonizace největší přínos v oblasti ochrany zdraví a životního prostředí, neboť ve městech je doprava dominantním znečišťovatelem ovzduší.

Dálkovou nákladní dopravu zvládne efektivněji železnice s již technicky vyřešenou a zavedenou elektrickou vzbou.

Sociální geografie

Dekarbonizace dopravy (snížení její energetické náročnosti a odstranění její závislosti na fosilních palivech) je základním, nikoliv však jediným cílem. Společenská poptávka po změnách v dopravě je podstatně širší:

- **aktivní zapojení celé plochy území města, regionu, státu i světa do společného systému tvorby a spotřeby hodnot,**
- **zvýšení rychlosti a dochvilnosti dopravy osob i věcí,**
- **úplné odstranění emisí zdraví škodlivých látek (zejména NO_x, PAH, PM, ...), neboť zejména ve městech je doprava dominantním znečišťovatelem ovzduší s velmi vážnými zdravotními následky,**
- **zvýšení bezpečnosti dopravy (automatizace provozu – odstranění závislosti bezpečnosti dopravy na lidské chybě),**
- **možnost aktivního využití času stráveného dopravou (bez povinnosti věnovat se řízení vozidla),**
- **doprava jako služba (MaaS – Mobility as a Service), jako jedna z mnoha aplikací na mobilním telefonu, bez potřeby vlastnit dopravní prostředek,**
- **vytvoření podmínek pro bezpečnou, rychlou a zdravou chůzi po městě neohrožovanou a nezdržovanou ostatní dopravou,**
- **minimalizace provozu automobilů v městských ulicích,**
- **minimalizace počtu nečinných (parkujících) automobilů - náhrada parkovišť plochami určenými pro aktivní využití lidmi a k ozdravení životního prostředí zelení a klidem.**

Minulost

95 % obyvatelstva pracovalo v zemědělství, docházková vzdálenost na pole určila historickou strukturu osídlení (systém vesnic a malých měst).

Současnost

2 % obyvatelstva pracuje v zemědělství

70 % obyvatelstva žije ve městech

Výhoda z rozsahu vede ke koncentraci veškerých aktivit (výroba, služby, vzdělání, zdravotnictví, kultura, sport, ...) do velkých měst a jejich okolí (koncentrace osídlení a dekoncentrace koncentrovaného osídlení – suburbanizace).

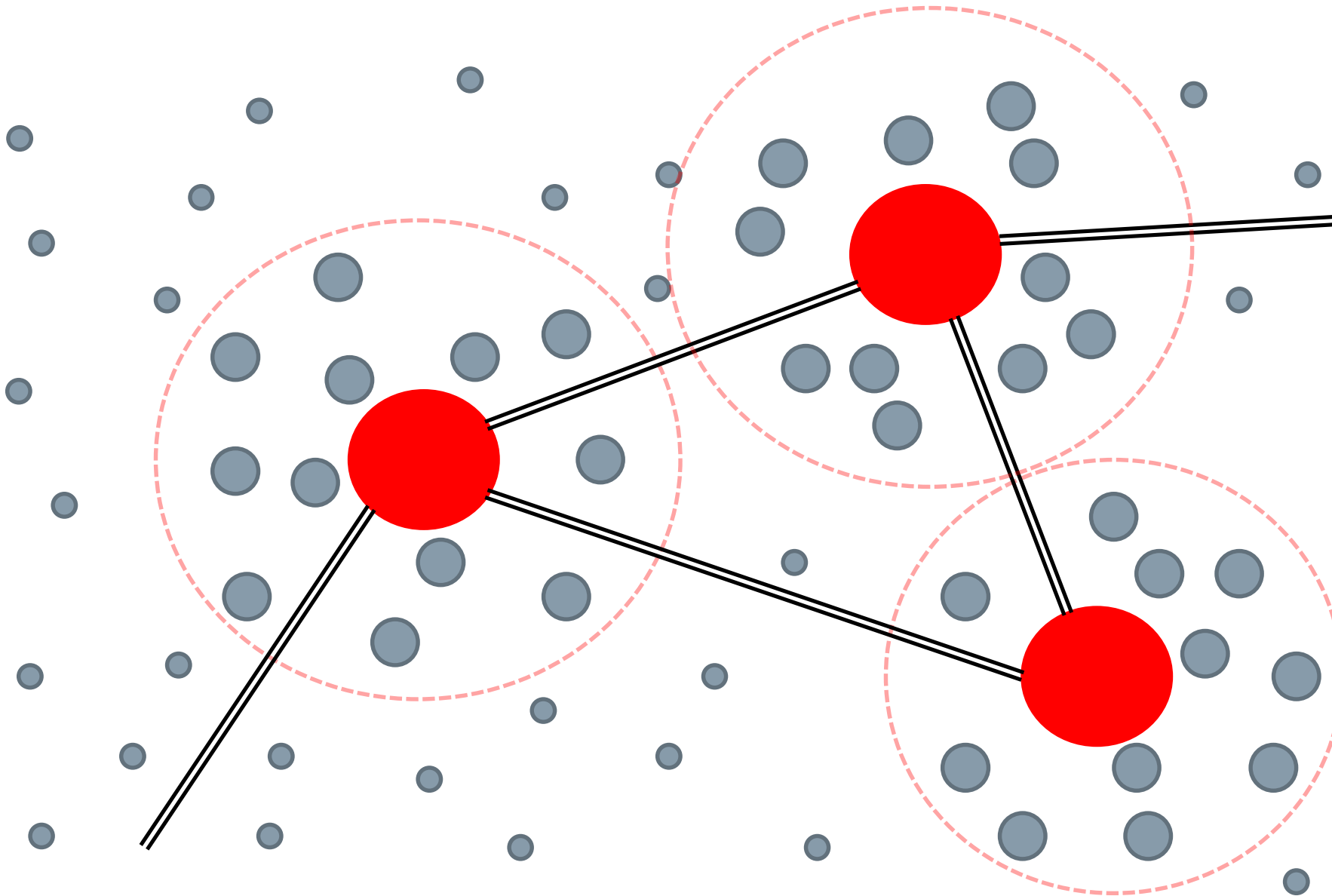
Výsledkem je polarizace společnosti:

- vznikla bohatá, silně osídlená, vzdělaná, mladá, zaměstnaná a rozvíjející se města (včetně jim přilehlého venkova),**
- vznikl chudnoucí, postupně vysídlovaný, méně vzdělaný, stárnoucí, málo zaměstnaný a celkově klesající odlehlý venkov (včetně jemu přilehlých městeček).**

Hranicí mezi prosperitou a útlumem je izochrona denního dojíždění do velkých měst.

Řešení: zdravá polycentrická struktura osídlení

SIEMENS



Cíl: zapojit celé území státu do systému tvorby a spotřeby hodnot.

Výrazným nástrojem harmonického územního rozvoje je přechod od monocentrické k polycentrické struktuře.

Podmínkou fungování polycentrické struktury je funkční komunikace:

- uvnitř měst (městská doprava),
- mezi městem a přilehlým regionem (regionální doprava)
- mezi městy, respektive mezi regiony (dálková doprava)

Podmínka funkčnosti polycentrické struktury: doprava

Doprava osob a zboží po rozsáhlejších území však naráží na dva limity:

- časovou náročnost (nepřímo úměrnou rychlosti: $T = L / v$),
- energetickou náročnost (úměrnou druhé mocnině rychlosti: $A = L \cdot k \cdot v^2$)

Avšak lidská společnost potřebuje takové formy mobility, které jsou:

- rychlé,
- energeticky nenáročné.

⇒ společenská poptávka: jezdit rychle a přitom energeticky nenáročně (se spotřebou energie kolem 0,05 kWh/os km), tedy používat:

- pohon s vysokou účinností (kolem 90 %) ,
- vozidla s nízkým valivým odporem (valivý odpor cca 1 ‰),,
- vozidla s nízkým aerodynamickým odporem (dlouhá, štíhlá, společně prorážející vzduch).

Realita je však jiná. Nejrozšířenějším dopravním prostředkem je automobil, který je:

- pomalý (cestovní rychlost jen málo přes 100 km/h – vysoká časová náročnost cestování),
- energeticky velmi náročný (vysoká spotřeba energie, cca 0,5 kWh/os km):
 - používá spalovací motor, který umí využít jen 1/3 energie paliva a neumí znovu využívat brzdovou energii
 - má vysoké ztráty valením (valivý odpor cca 8 ‰),
 - má vysoký aerodynamický odpor (krátké vozidlo samostatně prorážející vzduch).

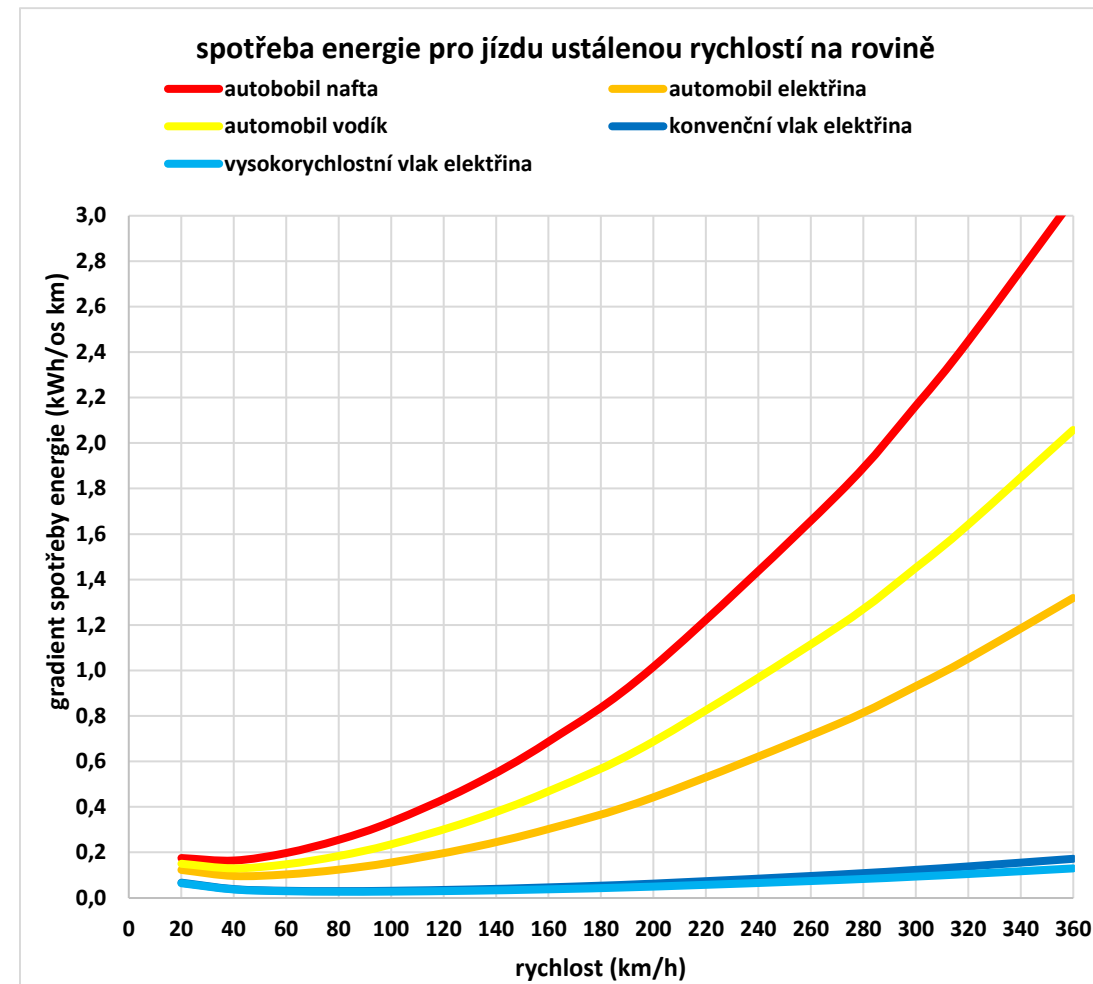
Vlakem rychle, automobilem pomaleji

Pro cestování mezi měst vzdálenými ve stovkách kilometrů je automobil příliš pomalý, jízda rychlostí nejvýše 120 až 150 km/h vede k velmi dlouhé a únavné době cesty. A to bez produktivního využití času, neboť při běžném obsazení automobilu 1,3 osobami je 77 % cestujících zaměstnáno řízením.

K vytvoření funkční polycentrické struktury osídlení je potřeba, aby při jednodenních pracovních či volnočasových návštěvách měst vzdálených 400 km až 600 km nebyla doba strávená jízdou tam a zpět delší, než vlastní pobyt v navštíveném městě. K tomu je nutná rychlost jízdy alespoň 200 až 300 km/h.

Jak z bezpečnostních důvodů (automobily jsou řízeny manuálně a většinou neprofesními řidiči), tak z energetických důvodů je automobil k jízdě rychlostí 200 až 300 km/h v praxi nepoužitelný. Automobil je málo štíhlý a krátký, jeho aerodynamický odpor (úměrný druhé mocnině rychlosti jízdy) je ve vztahu k nízkému počtu přepravovaných osob neakceptovatelně vysoký, spotřeba energie by byla extrémně vysoká.

Díky dlouhým aerodynamickým tvarům, vysoké účinnosti elektrického trakčního pohonu a vyššímu střednímu obsazení a malému odporu valení dosahují vysokorychlostní železniční elektrické trakční jednotky při jízdě rychlostmi kolem 300 km/h výrazně nižší spotřebu energie na přepravenou osobu než osobní automobily jedoucí rychlostí jen 120 až 150 km/h.



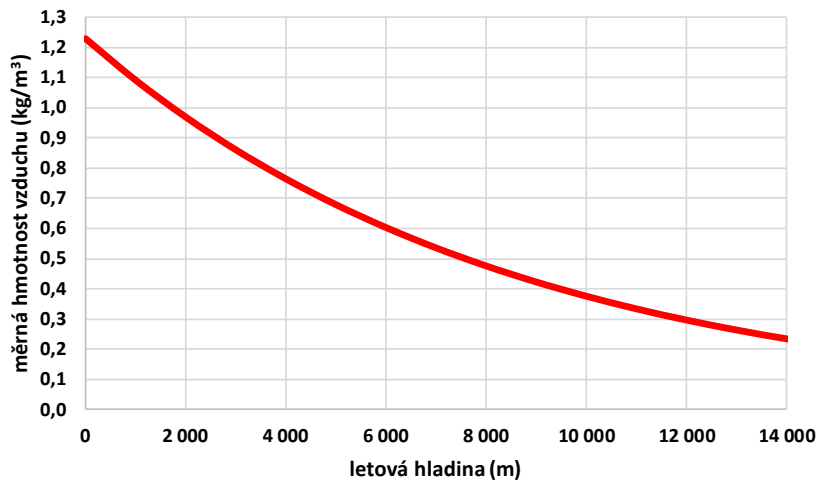
K docílení výhodných aerodynamických podmínek letu je potřeba po startu zvednout letadlo do výšky cca 12 km, kde je měrná hmotnost a tedy i odpor vzduchu čtyřikrát nižší než nad povrchem Země ($0,3 \text{ kg/m}^3$ proti $1,2 \text{ kg/m}^3$). To však vyžaduje vytvořit potenciální energii 33 kWh na 1 t hmotnosti letadla, tepelný letecký motor při tom spotřebuje cca 130 kWh energie paliva na 1 t.

Nízká měrná hmotnost vzduchu se sebou nese kromě žádoucího poklesu odporu vzduchu na jednu čtvrtinu i nechtěný pokles vztlakové síly působící na křídla letadla. Pro udržení letadla v této výšce proto musí letadlo letět dostatečně rychle, zhruba rychlostí 900 km/h. Po startu je proto nutno letadlo urychlit na rychlost cca 900 km/h, což vyžaduje vytvořit kinetickou energii 9 kWh na 1 t hmotnosti letadla. Tepelný letecký motor při tom spotřebuje cca 35 kWh energie paliva na 1 t hmotnosti letadla.

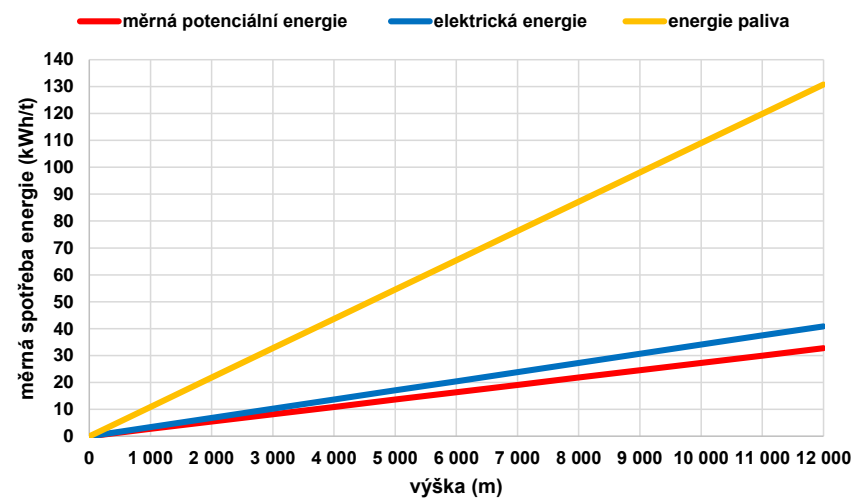
V součtu je k vytvoření podmínek letu potřebná spotřeba energie $35 + 130 = 165 \text{ kWh}$ energie paliva na 1 t hmotnosti letadla.

Elektrická energie 165 kWh/t stačí vysokorychlostnímu vlaku jedoucího rychlostí 300 km/h k dopravě na vzdálenost cca 3 600 km.

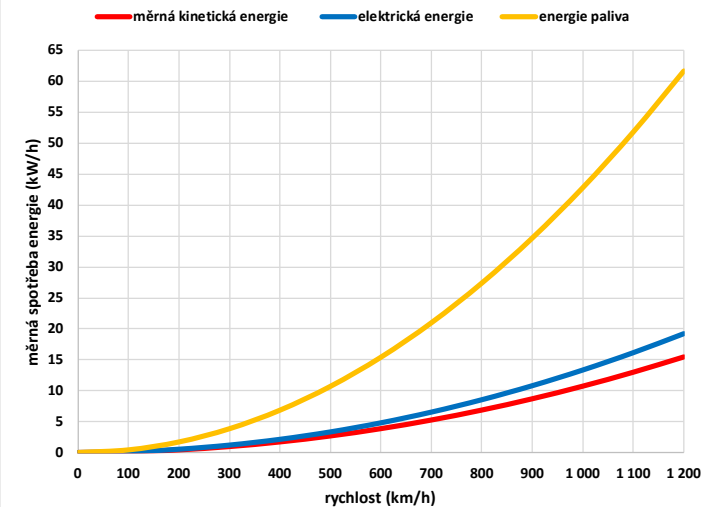
měrná hmotnost vzduchu



měrná spotřeba potenciální energie



měrná spotřeba kinetické energie



Letadlem a tisíce kilometrů, vlakem na stovky kilometrů

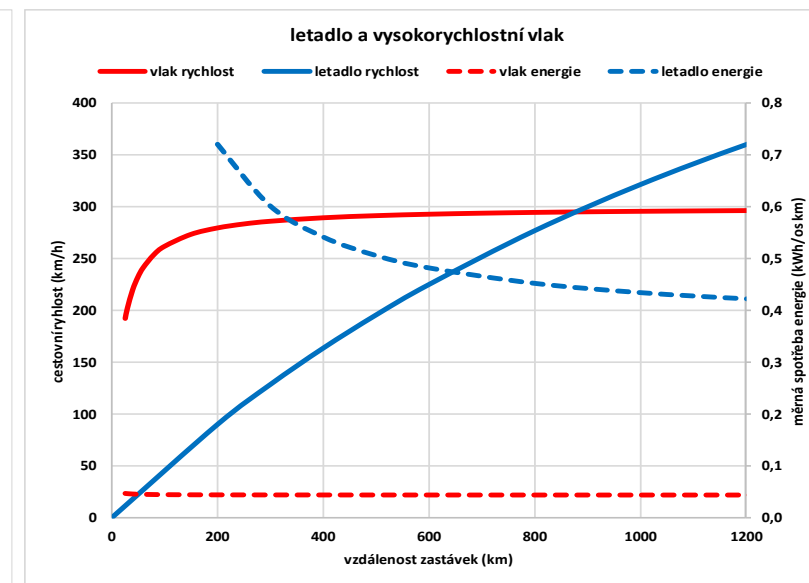
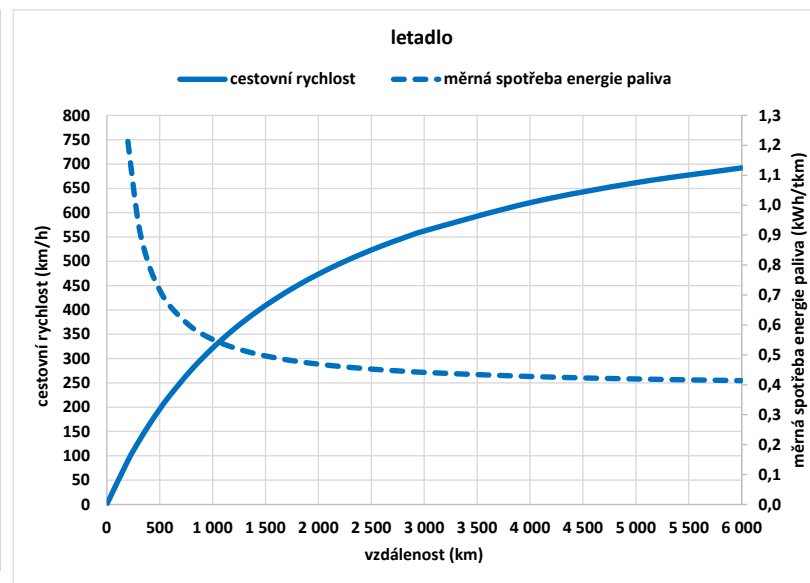
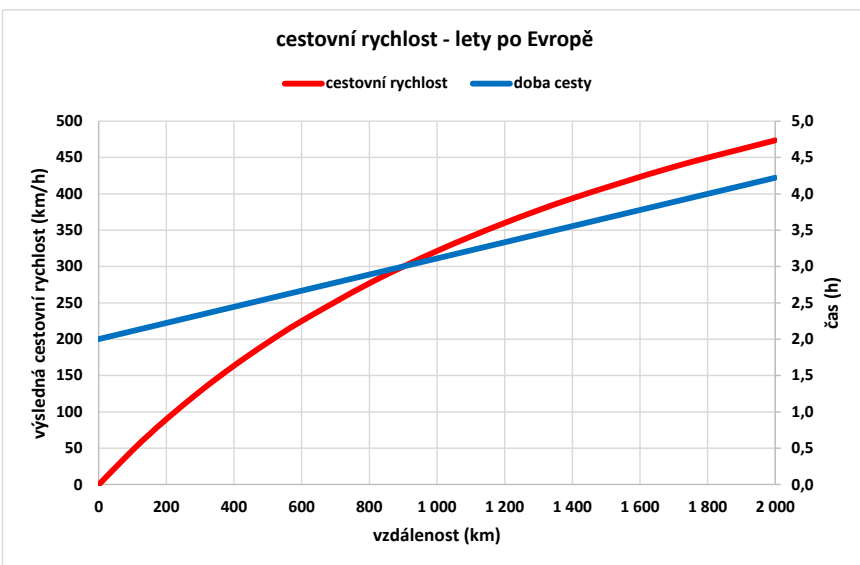


Cestování letadlem je spojeno se základní ztrátou času (cesta na letiště, procesy před odletem, procesy po přeletu, cesta z letiště).

Při dálkových (zaoceánských) letech na vzdálenosti několika tisících km se základní ztráta času podílí na celkové spotřebě času jen nevýrazně, převládá dlouhá doba letu. Proto je i výsledná cestovní rychlost letecké přepravy vysoká, blízká rychlosti letu 900 km/h.

Při krátkých letech nad pevninou (po Evropě) na vzdálenosti několika set km se základní ztráta času podílí na celkové spotřebě času velmi výrazně, převyšují vlastní dobu letu. Proto je i výsledná cestovní rychlost letecké přepravy dost nízká (kolem 300 km/h), je jen zlomkem rychlosti letu 900 km/h.

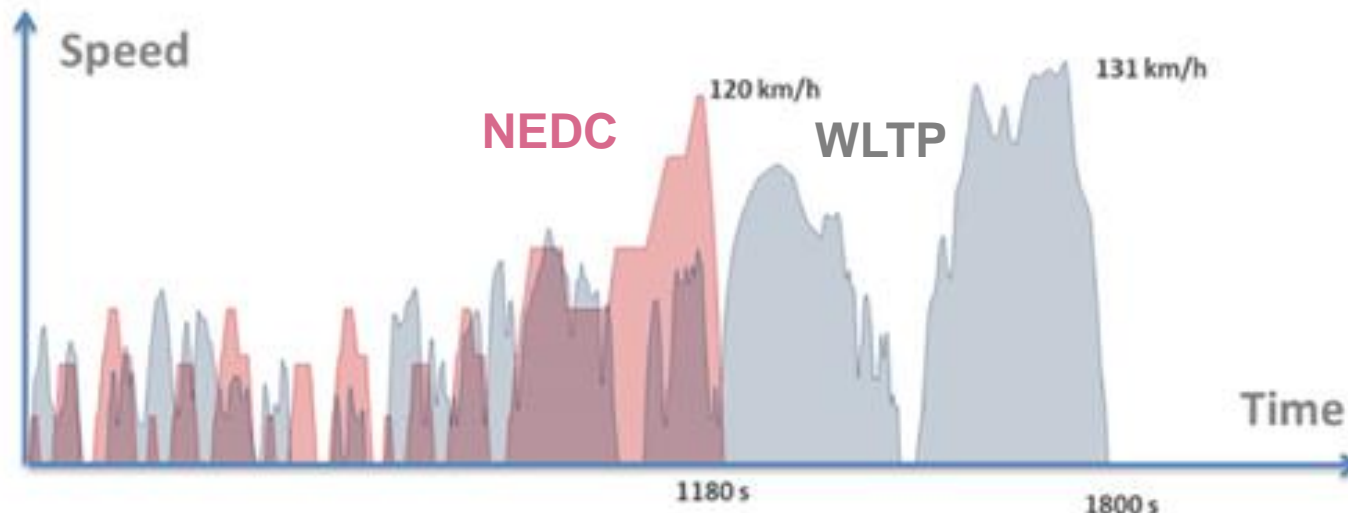
Jak hlediska spotřeby energie, tak i z hlediska spotřeby času se letadlo jeví vhodné na dálkové (zaoceánské) lety na vzdálenosti několika tisíc km, to je oblast optimální aplikace letecké dopravy. Letadlo není nevhodné pro krátké lety nad pevninou, na vzdálenosti několika set km, to je oblast optimální aplikace rychlé železniční dopravy.



Energie pro automobily

Test WLTP Worldwide harmonised Light-duty vehicle Test

K hodnocení energetické náročnosti a produkce emisí osobních automobilů je v zemích EO od roku 2018 povinně používán testovací pracovní cyklus podle pravidel WLTP, který nahradil původní testovací pracovní cyklus podle pravidel NEDC.



Test WLTP

doba cesty	hh:mm	0:30
poměr doby jízdy k době cesty	%	87,5
doba jízdy	hh:mm	0:26
ujetá vzdálenost	km	23,3
počet zastávek		5
střední délka souvislé jízdy	km	3,9
střední cestovní rychlost	km/h	46,5
střední technická rychlost	km/h	53,1
maximální dosažená rychlost 1. fáze	km/h	56,5
maximální dosažená rychlost 2. fáze	km/h	97,4
maximální dosažená rychlost 3. fáze	km/h	131,1

Testovací pracovní cyklus WLTP byl vytvořen na základě statistických analýz reálného provozu osobních automobilů v éře prakticky výhradního použití spalovacích motorů k jejich pohonu. Jeho průběh dokládá, že typická aplikace osobního automobilu není dálková jízda ustálenou vyšší rychlostí, ale pomalé popojíždění po městě s nestálým vytvářením kinetické energie a jejím mařením ztrátovým brzděním. To jsou pro pochopení reálnosti a užitečnosti náhrady spalovacích automobilů elektrickými velmi zásadní skutečnosti.

Jako podklad k energetické rozvaze byly použity jak údaje výrobců podle pravidel WLTP, tak i výsledky praktických jízdních zkoušek 23 různých typů elektrických automobilů, prováděných autoklubem ADAC podle vlastních pravidel ADAC Ecotest a to při AC nabíjení z wallboxu 22 kW (3 x 400 V, 32 A).

Střední hodnota spotřeb elektrické energie podle testu ADAC v úrovni 20,9 kWh/km je mírně (o 14,4 %) vyšší, než střední hodnota spotřeb elektrické energie podle pravidel WLTP v úrovni 18,3 kWh/km.

Tento rozdíl je způsoben tím, že udávaná spotřeba energie automobilu při testu WLTP je zaměřována se spotřebou energie z akumulátoru (ta je důležitá pro výpočet dojezdu), avšak nezahrnuje ztráty v akumulátoru (cca 10 %) a ztráty v nabíjecím zařízení (cca 5 %).

Tyto dvě hodnoty (gradient spotřeby energie z akumulátorové baterie v kWh/km a gradient příkonu nabíjecího zařízení z distribuční sítě v kWh/km) je nutno rozlišovat.

Gradient spotřeby elektrické energie (kWh/100 km)

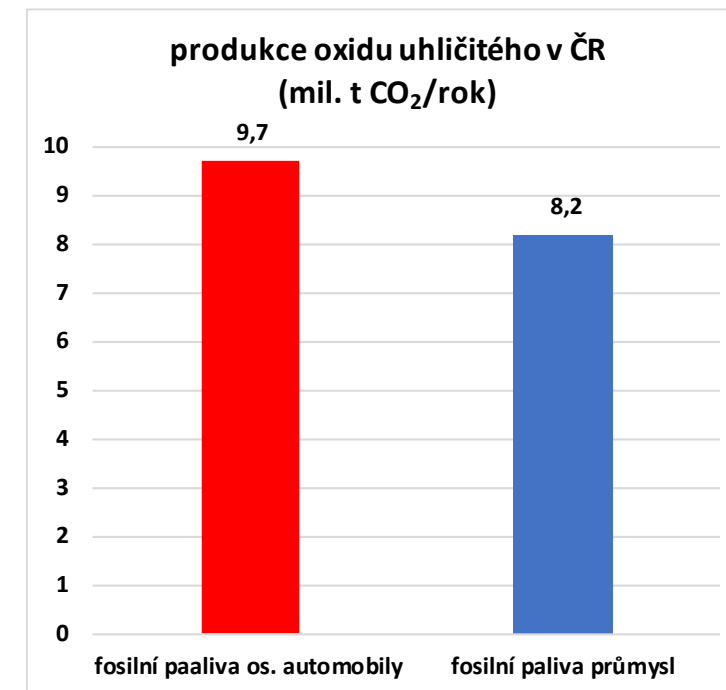
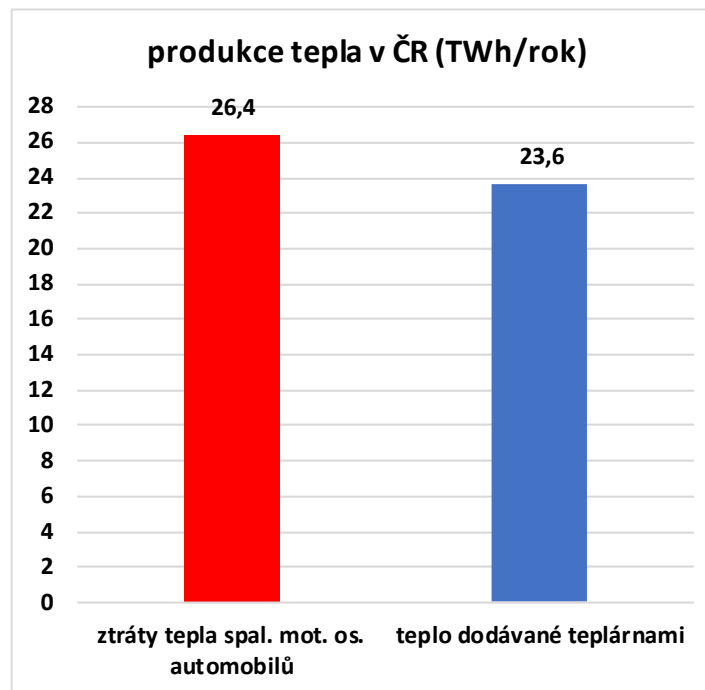
metodika	WLTP	ADAC
Hyundai Ioniq Elektro Style	13,8	16,3
VW 20e-up! 20Style	14,5	16,7
Seat Mii Electric Plus	14,9	17,3
Mini Cooper SE	16,8	17,6
BMW i3 (120 Ah)	15,3	17,9
Kia e-Niro Spirit (64 kWh)	15,9	18,1
Smart Forfour EQ passion	15,9	18,4
Peugeot e-2008 GT	17,6	18,7
Kia e-Soul (64 kWh) Spirit	15,7	18,8
Renault Zoe R135 Z.E. 50 Intens (52 kWh)	17,7	19,0
VW ID.3 Pro Performance 1st Max	16,1	19,3
Hyundai Kona Elektro (64 kWh) Trend	15,0	19,5
Tesla Model 3 Standard Range Plus	14,3	19,5
Peugeot e-2008 GT	17,8	20,2
Tesla Model 3 Long Range AWD	16,0	20,9
Nissan Leaf Acenta (40 kWh)	20,6	22,1
Nissan Leaf e Tekna (62 kWh)	18,5	22,7
Porsche Taycan 4S Performance Plus	26,2	23,6
Audi e-tron Sportback 55 quattro	23,7	24,4
Audi e-tron 55 quattro	23,0	25,8
Jaguar i-Pace EV400 S AWD	22,0	27,6
Mercedes EQC 400 AMG Line	22,6	27,6
Nissan e-NV200 Evalia (40 kWh)	25,9	28,1
střední hodnota	18,3	20,9
střední kvadratická odchylna	3,7	3,6
variační koeficient	20,5%	17,2%

Dopravní a energetická bilance individuální osobní automobilové dopravy v ČR

SIEMENS

IAD - spalovací automobily

stát		ČR
letopočet	rok	2019
přepravní výkon individuální automobilové dopravy	os km/rok	81 179 000 000
přepravené osoby	os/rok	2 616 569 600
střední přepravní vzdálenost	km	31
střední obsazení automobilu	osob/vůz	1,3
střední přepravní kapacita	míst/vůz	5
střední využití přepravní kapacity automobilů	%	26
vozový výkon individuální automobilové dopravy	voz km/rok	62 445 384 615
počet registrovaných automobilů	vozů	5 924 995
střední roční proběh automobilu	km/rok	10 539
střední cestovní rychlost (podle WLTP)	km/h	46,5
střední roční doba využití automobilu	h/rok	227
střední časové využití automobilu k cestování	%	2,6
střední celkové využití automobilu k cestování	%	0,7
střední gradient spotřeby paliva	litr/100 voz km	6,5
výhřevnost paliva	kWh/litr	9,7
střední gradient spotřeby energie	kWh/voz km	0,63
roční spotřeba paliva	litr/rok	4 058 950 000
roční spotřeba energie	kWh/rok	39 371 815 000
střední účinnost spalovacího motoru	%	33
ztrátové teplo spalovacích motorů	kWh/rok	26 379 116 050
střední uhlíková stopa fosilního paliva	kg CO ₂ /kWh	0,26
podíl biopaliv	%	5
střední uhlíková stopa paliva	kg CO ₂ /kWh	0,25
roční produkce oxidu uhličitého	kg CO ₂ /rok	9 724 838 305
roční spotřeba biopaliv	litr/rok	202 947 500
výnosnot pěstování biopaliv	litr/ha/rok	1 100
pěstební plocha biopaliv	ha	184 498
pěstební plocha biopaliv pro jeden automobil	m ² /vůz	311



Výchozí stav individuální automobilové dopravy v ČR (2019, téměř 100 % spalovací motory):

- spalovací motory osobních automobilů produkují více ztrátového tepla, než činí teplo dodávané teplárnami k vytápění budov,
- spalovací motory osobních automobilů produkují spalováním fosilních paliv více oxidu uhličitého, než průmysl.

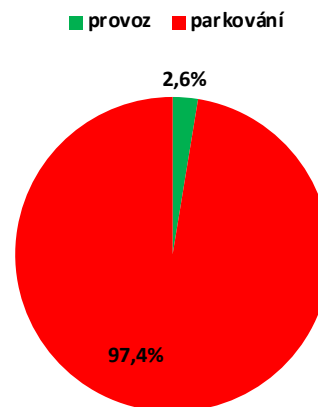
Tyto skutečnosti nejsou ekonomicky vnímány, neboť doprava (zatím) nespadá do regulace EU ETS.

Pracovní režim osobního automobilu v ČR

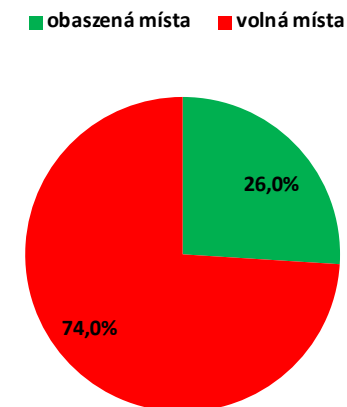
střední pracovní režim spalovacího automobilu v ČR

ujetá vzdálenost	km/rok	10 539
ujetá vzdálenost	km/den	29
doba provozu	h/rok	227
doba provozu	h/den	0,62
doba provozu	min/den	37
doba parkování	h/rok	8 533
doba parkování	h/den	23,4
střední gradient spotřeby paliva	litr/100 km	6,50
denní spotřeba paliva	litr/den	1,88
roční spotřeba paliva	litr/rok	685
střední gradient spotřeby energie paliva	kWh/km	0,63
denní spotřeba energie paliva	kWh/den	18,2
roční spotřeba energie paliva	kWh/rok	6 645
cena paliva	Kč/kWh	31,00
roční náklady na palivo	Kč/rok	21 237
gradient nákladů na palivo	Kč/km	2,02
gradient produkce oxidu uhličitého	kg/km	0,16
roční produkce oxidu uhličitého	kg/rok	1 641

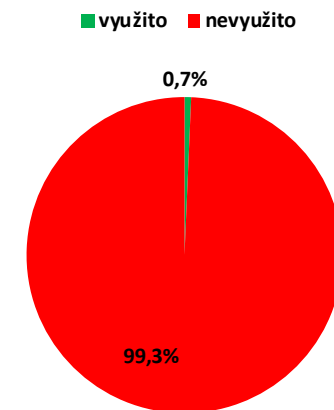
doba využití automobilu



obsazení automobilu



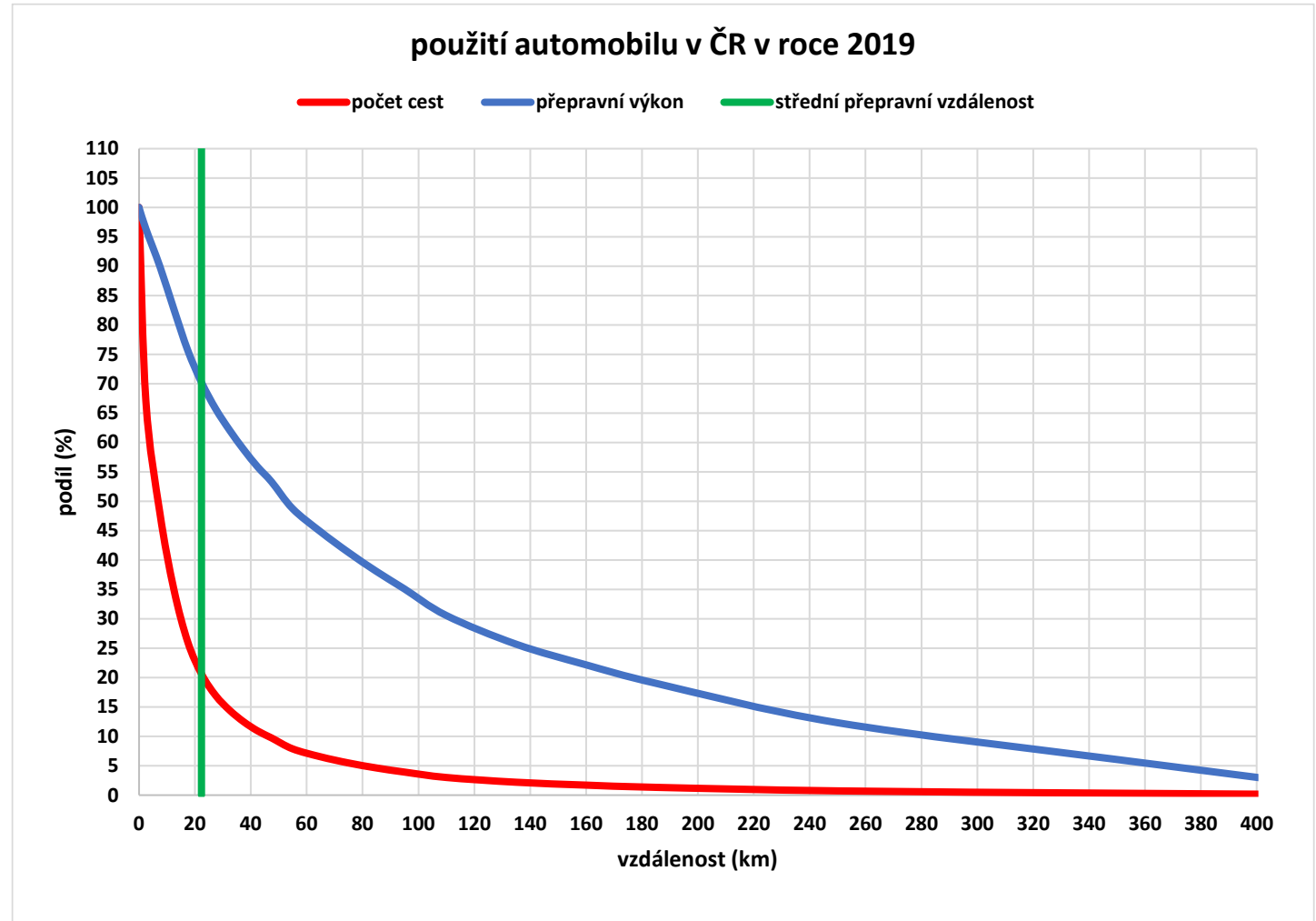
celkové využití automobilu



- osobní automobil je v ČR v průměru obsazen 1,3 osobami a denně ujede 29 km.
- v provozu je denně automobil jen 37 minut, zbylých 23 hodin a 23 minut parkuje.
- ⇒ využití investice vložené do osobních automobilů je velmi nízké,
- ⇒ prioritní orientace na veřejnou hromadnou dopravu s řádově vyšším využitím investic.

Výsledky dopravního průzkumu CDV Brno pro MD ČR (2019) „Česko v pohybu“:

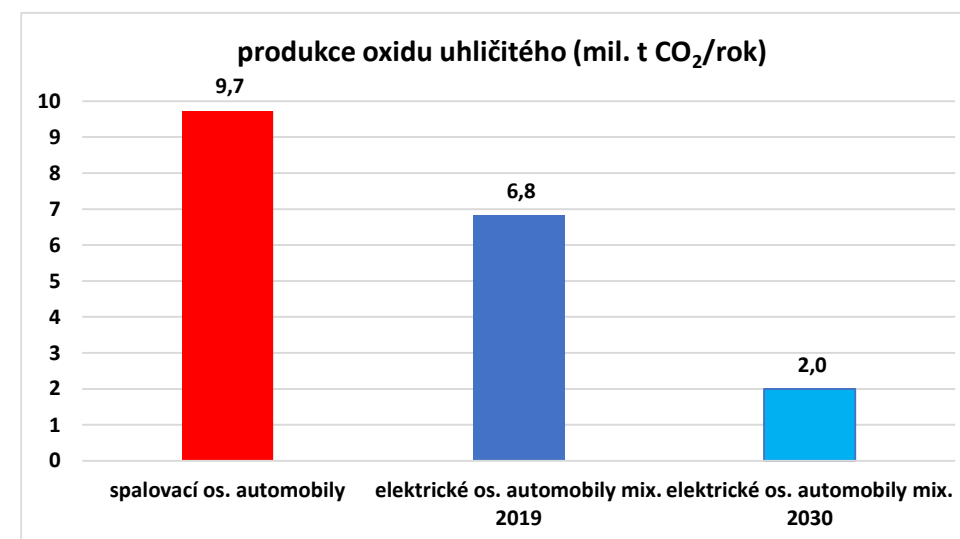
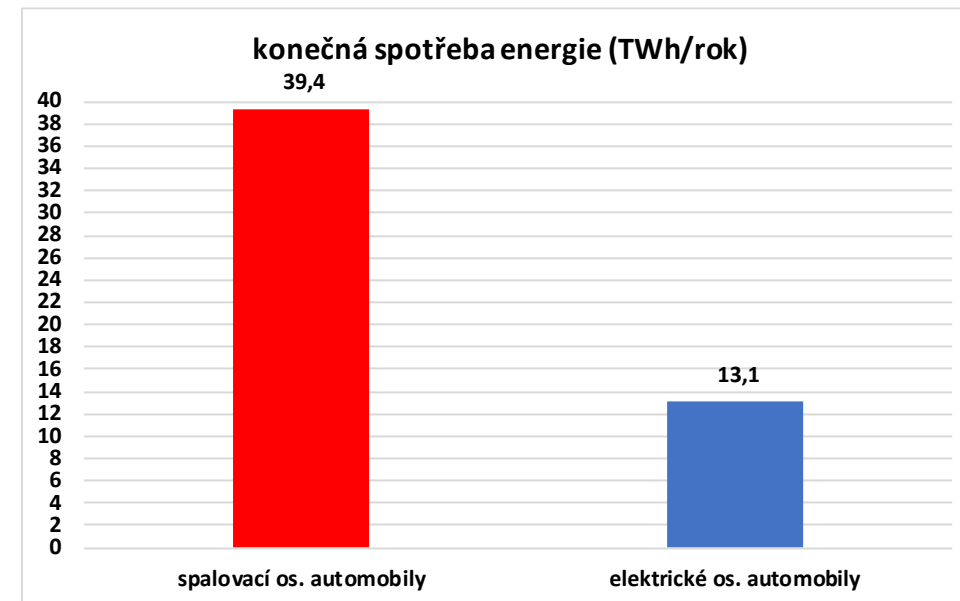
- **střední délka cesty automobilem: 22 km**
- **podíl cest na vzdálenosti přes 100 km na celkovém počtu cest automobilem: 3,9 %**
- **podíl cest na vzdálenosti přes 200 km na celkovém počtu cest automobilem: 1,3 %**
- **podíl cest na vzdálenosti přes 100 km na celkovém přepravním výkonu automobilů (os. km): 35 %**
- **podíl cest na vzdálenosti přes 200 km na celkovém přepravním výkonu automobilů (os. km): 19 %**



100 % náhrada spalovacích automobilů elektrickými

IAD - elektrické automobily

stát		ČR
letopočet	rok	2019
přepravní výkon individuální automobilové dopravy	os km/rok	81 179 000 000
přepravené osoby	os/rok	2 616 569 600
střední přepravní vzdálenost	km	31
střední obsazení automobilu	osob/vůz	1,3
střední přepravní kapacita	míst/vůz	5
střední využití přepravní kapacity automobilů	%	26
vozový výkon individuální automobilové dopravy	voz km/rok	62 445 384 615
počet registrovaných automobilů	vozů	5 924 995
střední roční proběh automobilu	km/rok	10 539
střední cestovní rychlost (podle WLTP)	km/h	46,5
střední roční doba využití automobilu	h/rok	227
střední časové využití automobilu k cestování	%	2,6
střední celkové využití automobilu k cestování	%	0,7
střední gradient spotřeby elektrické energie	kWh/voz km	0,21
roční spotřeba elektické energie pro IAD	kWh/rok	13 113 530 769
střední roční příkon	kW	1 496 978
konečná spotřeba elektrické energie mimo IAD	kWh/rok	58 440 833 333
poměrné navýšení spotřeby	%	22
uhlíková stopa elektřiny mix 2019	kg CO ₂ /kWh	0,52
roční produkce oxidu uhličitého mix 2019	kg CO ₂ /rok	6 819 036 000
uhlíková stopa elektřiny mix 2030	kg CO ₂ /kWh	0,15
roční produkce oxidu uhličitého mix 2030	kg CO ₂ /rok	1 993 256 677



100 % náhrada spalovacích osobních automobilů v ČR elektrickými:

- **dojde ke snížení dovozu energie o 37,4 TWh/rok (dovážená fosilní složka tvoří 95 % z celkové spotřeby uhlovodíkových paliv po osobní automobily v úrovni 39,4 TWh/rok),**
- **potřebnou elektrickou energii v hodnotě 13,1 TWh/rok (tedy 30 % ze současných 39,4 TWh/rok) je možno zajistit z obnovitelných zdrojů, a to s využitím dostupných již využívaných technologií:**
 - **dovozem levné přebytečné energie z větrných elektráren v pobřežních mělčinách Severního a Baltského moře, jejichž přebytky jsou skoro každou noc v evropské elektrizační soustavě již nyní k dispozici a vytrvale rostou z důvodu pokračujícího budování dalších zdrojů. Mořské větrné elektrárny mají zhruba dvojnásobné využití instalovaného výkonu než větrné elektrárny na pevnině v ČR. Proto má logiku je využívat (viz analogie: první elektrárna pro Prahu byla postavena v roce 1900 v Holešovicích, druhá elektrárna pro Prahu byla postavena v roce 1926 v Ervěnicích a s Prahou byla spojena elektrickým přenosovým vedením 110 kV),**
 - **využitím tuzemských decentralizovaných i centralizovaných fotovoltaických zdrojů doplněných o vodní akumulaci pro cyklus den/noc a o vodíkovou akumulaci pro cyklus léto/zima (elektrolyzéry plus konverze uhelných elektráren na paroplynové a vodíkovými spalovacími turbínami),**
 - **řízení zdrojů a spotřeby (Energetika 4.0).**

V éře spalovacích automobilů je obvyklé doplňovat pohonné hmoty do automobilů u čerpacích stanic.

V důsledku setrvačnosti myšlení bývá na počátku zavádění elektrických automobilů uvažován podobný způsob i pro doplňování elektrické energie. Avšak jde jen o minoritní alternativu, pro běžné užití automobilu je pro uživatele elektrických automobilů mnohem levnější a pohodlnější pomalé nabíjení při parkování. Na rozdíl od doplňování pohonných hmot nevyžaduje jízdu k čerpací a ztrátu času tankováním.

- průměrný automobil parkuje v ČR 23 hodin a 23 minut denně,
- i z obyčejné jednofázové zásuvky 230 V 16 A lze za 8 hodin nízkého nočního tarifu nabít elektrický automobil (se sít'ovou (AC) spotřebou pro nabíjení 0,21 kWh/km) na jízdu na vzdálenost 140 km. To je téměř pětinasobek středního denního proběhu spalovacích automobilů v ČR,
- pro pokrytí energetické potřeby středního denního proběhu spalovacích automobilů v ČR (29 km/den) stačí 1,6 hodiny nabíjení z obyčejné jednofázové zásuvky 230 V 16 A.

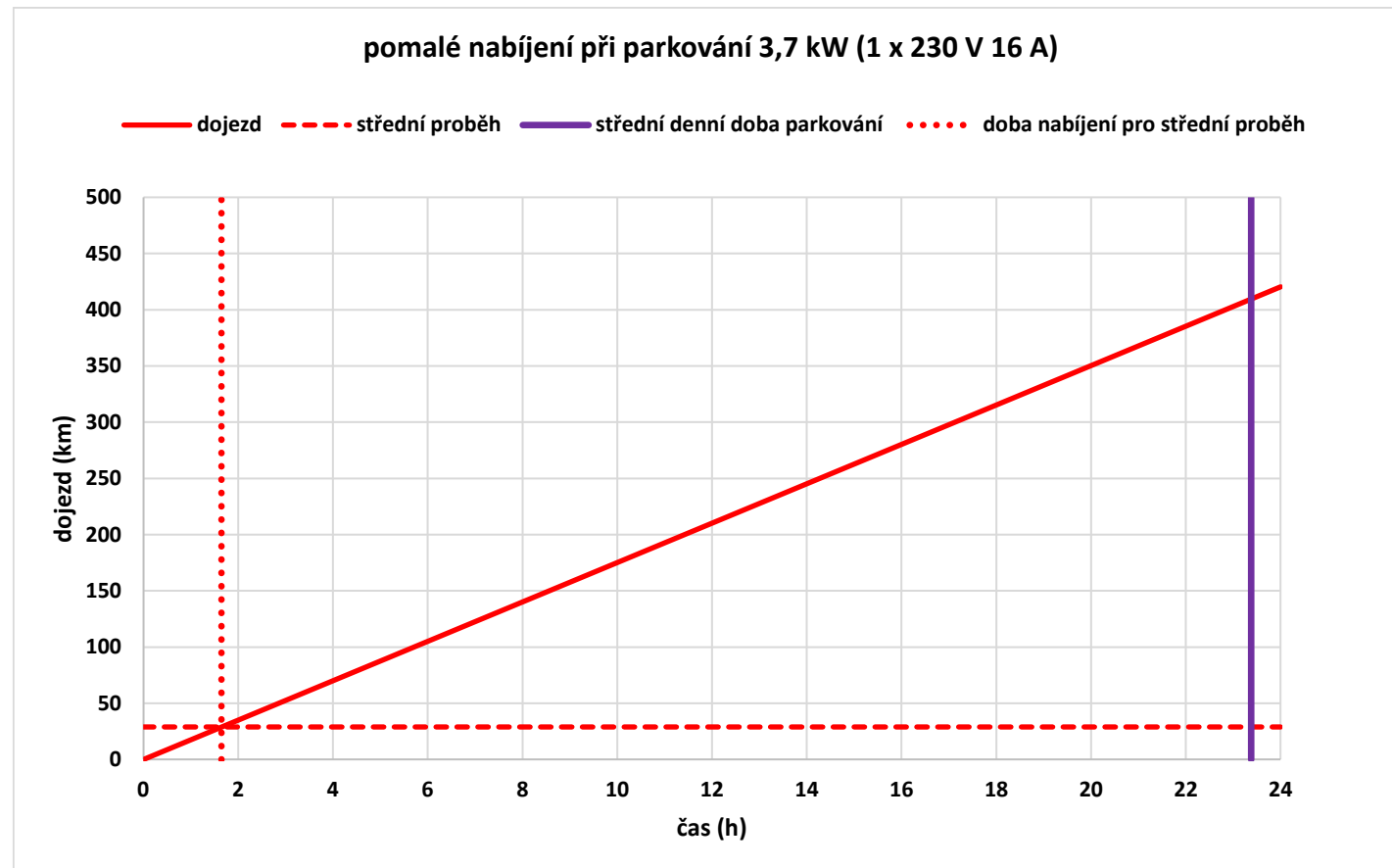
Pro úspěšnou konverzi spalovacích automobilů na elektrické je postačující vybavení všech parkovacích míst jednofázovými zásuvkami 230 V 16 A. K této HW části náleží i SW část. Inteligentní spínání odběru s těchto zásuvek na principu internetu věcí (Energetika 4.0) pro vhodné rozložení nabíjení v čase parkování.

Virtuální dvojník automobilu se dohodne s virtuálním dvojníkem distribuční sítě i s virtuálním dvojníkem elektráren, kdy má svému majiteli nakoupit elektrickou energii z nejnižší cenu.

Doba parkování automobilů je násobně delší, než doba potřebná pro jejich nabíjení nízkým výkonem z obyčejné jednofázové zásuvky 1 x 230 V 16 A (3,7 kW). Proto lze dobu aktivního nabíjení koordinovat podle možností distribuční sítě i podle okamžité kondice obnovitelných zdrojů. SW prostředky, které již jsou k dispozici (internet věcí) lze racionálně a ohleduplně využít již vybudovanou síťovou infrastrukturu i obnovitelné zdroje.

Virtuální rychlost nabíjení:

3,7 kW / 0,21 kWh/km = 18 km/h

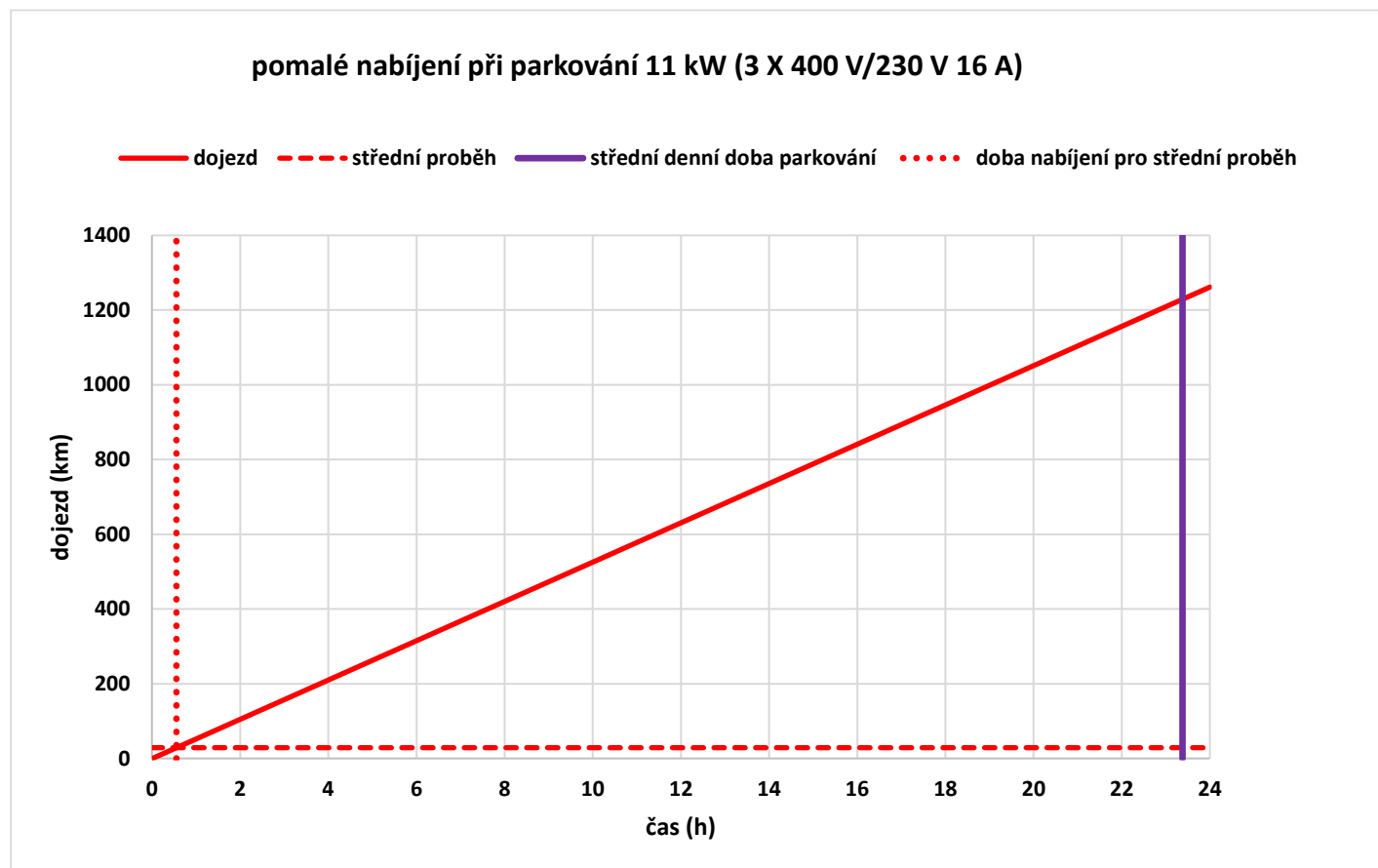


Levné pomalé nabíjení při parkování

Třífázová zásuvka 3 x 400 V/230 V 16 A (11 kW) je schopna poskytnout elektrickému automobilu energii k dojezdu i pro extrémně dlouhé cesty.

Virtuální rychlost nabíjení:

11 kW / 0,21 kWh/km = 53 km/h



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, například pro zahradní sekačku trávy, respektive si ji mohou levně pořídit. Nic jiného pro náhradu spalovacího automobilu nepotřebují.

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).

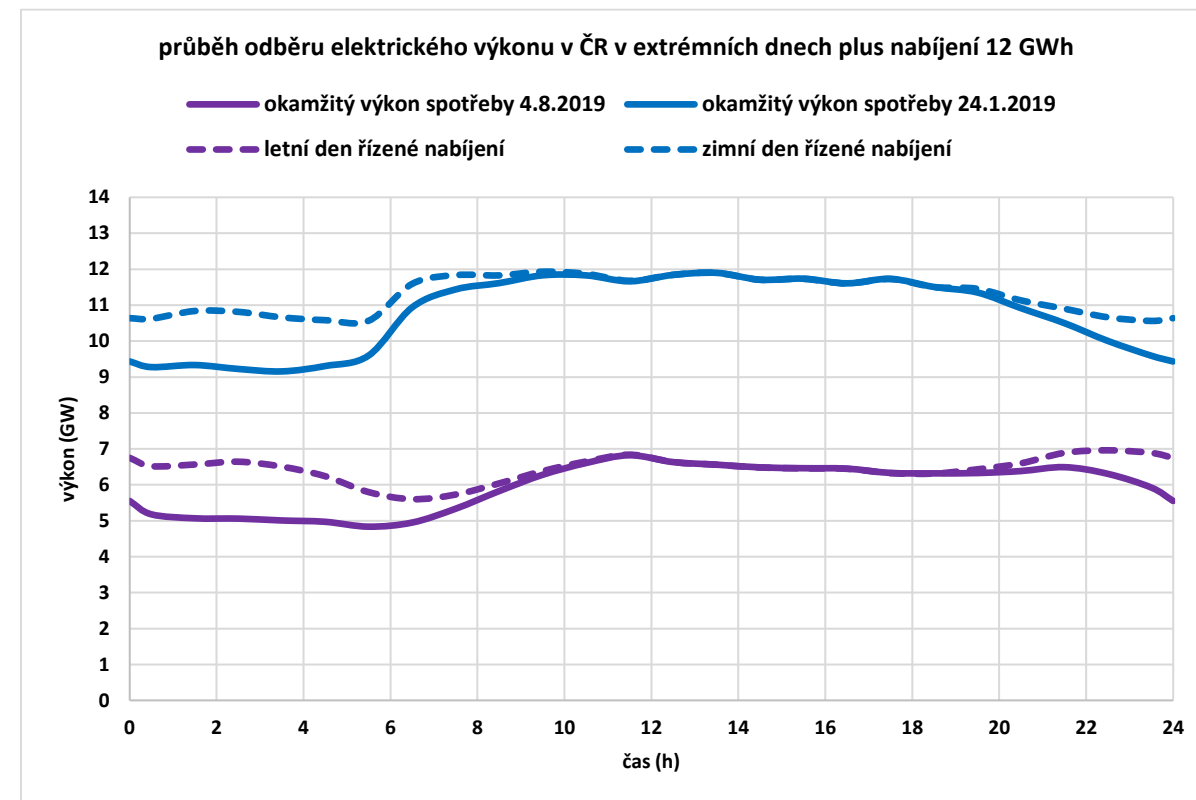
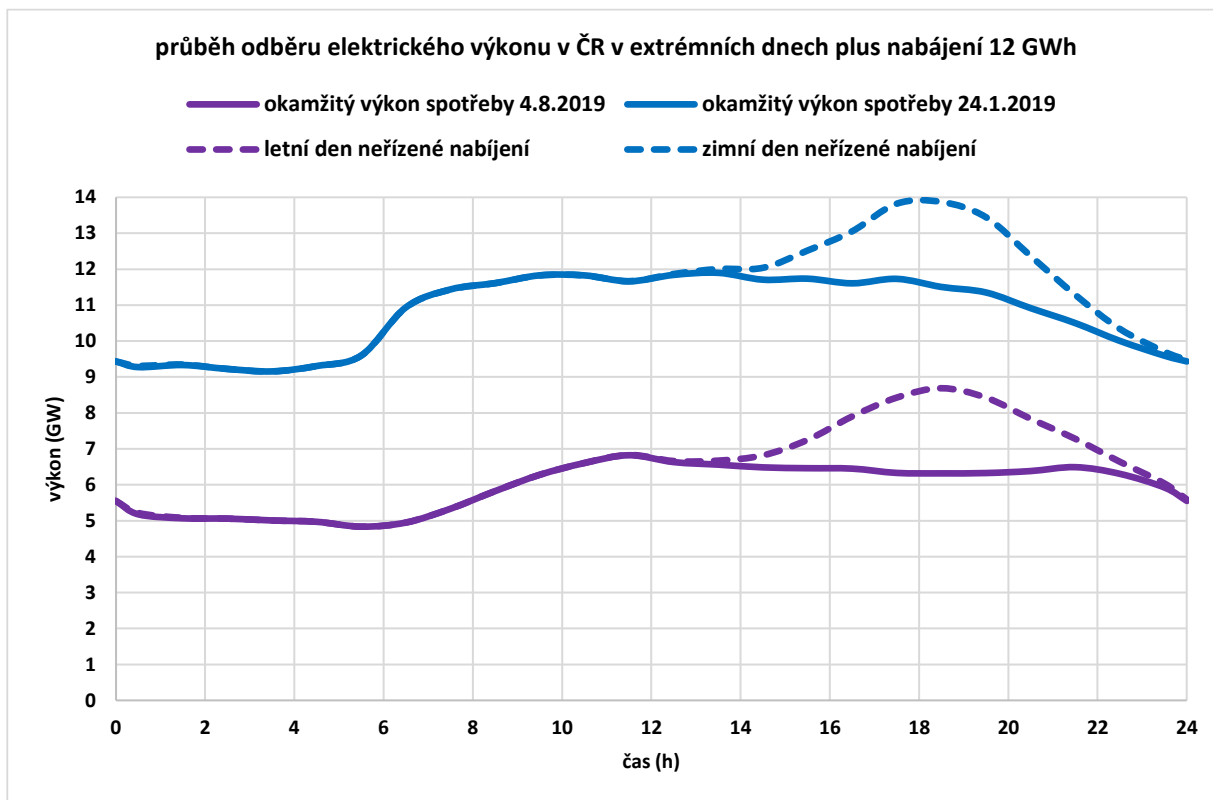
V ČR aktuálně bydlí zhruba 56 % obyvatelstva v bytových domech (s tendencí poklesu). Pro tyto občané mají k dispozici distribuční elektrickou síť, která je schopna zásobovat elektrickou energií nejen jejich byt, ale i jejich opodál stojící zaparkovaný elektrický automobil. Avšak ne současně, nýbrž koordinovaně.

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 jednofázovými zásuvkami 230 V 16 A, 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“),**
- **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).**

Důležitým tématem je okamžik připojení nabíjených automobilů k distribuční síti.

Vhodným přesunutím začátku nabíjení z období denní špičky do období nočního sedla lze zásadním způsobem snížit požadavek na výkonnost zdrojů.



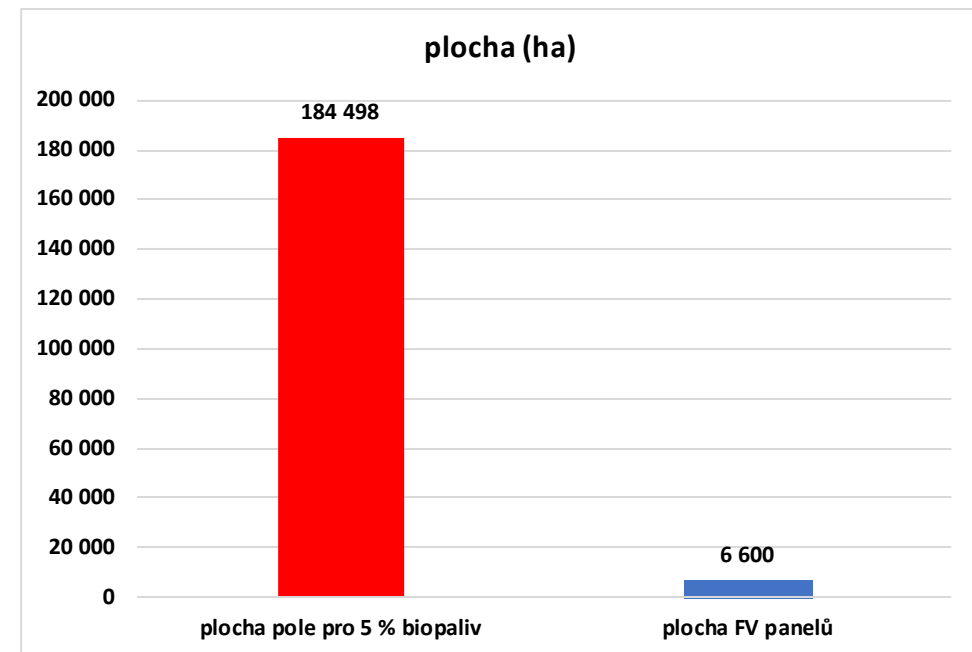
Dopravní a energetická bilance individuální osobní automobilové dopravy v ČR - OZ **SIEMENS**

IAD - elektrické automobily OZ

stát		ČR
letopočet	rok	2019
přepravní výkon individuální automobilové dopravy	os km/rok	81 179 000 000
přepravené osoby	os/rok	2 616 569 600
střední přepravní vzdálenost	km	31
střední obsazení automobilu	osob/vůz	1,3
střední přepravní kapacita	míst/vůz	5
střední využití přepravní kapacity automobilů	%	26
vozový výkon individuální automobilové dopravy	voz km/rok	62 445 384 615
počet registrovaných automobilů	vozů	5 924 995
střední roční proběh automobilu	km/rok	10 539
střední cestovní rychlost (podle WLTP)	km/h	46,5
střední roční doba využití automobilu	h/rok	227
střední časové využití automobilu k cestování	%	2,6
střední celkové využití automobilu k cestování	%	0,7
střední gradient spotřeby elektrické energie ADAC	kWh/voz km	0,21
roční spotřeba elektické energie pro IAD	kWh/rok	13 113 530 769
nejvyšší intezita slunečního záření	W/m ²	1 050
střední roční zatěžovatel	%	12
účinnost FV elektrárny	%	18
potřebná plocha FV panelů	m ²	66 004 339
potřebná plocha FV panelů	ha	6 600
jmenovitý výkon FV elektráren	kW	12 474 820
přihlášené projekty března 2020 MŽP předvýzva RES+	kW	23 941 000
poměr k přihlášeným projektům	%	52

- účinnost FV přeměny slunečního záření na elektřinu (cca 18 %) je zhruba 180 krát vyšší, než účinnost biologické přeměny slunečního záření ba uhlovodíková paliva,
- energetická náročnost elektrického pohonu je zhruba třikrát nižší, než účinnost pohonu spalovacím motorem,
- účinnost řetězce slunce – pohon kol je zhruba 540 krát vyšší při využití elektrické, než biologické přeměny.

=> pro 100 % elektrické energie stačí 27 krát menší plocha, než pro 5 % přísadu biosložky do fosilních paliv.



Pracovní režim elektrického osobního automobilu v ČR - OZ

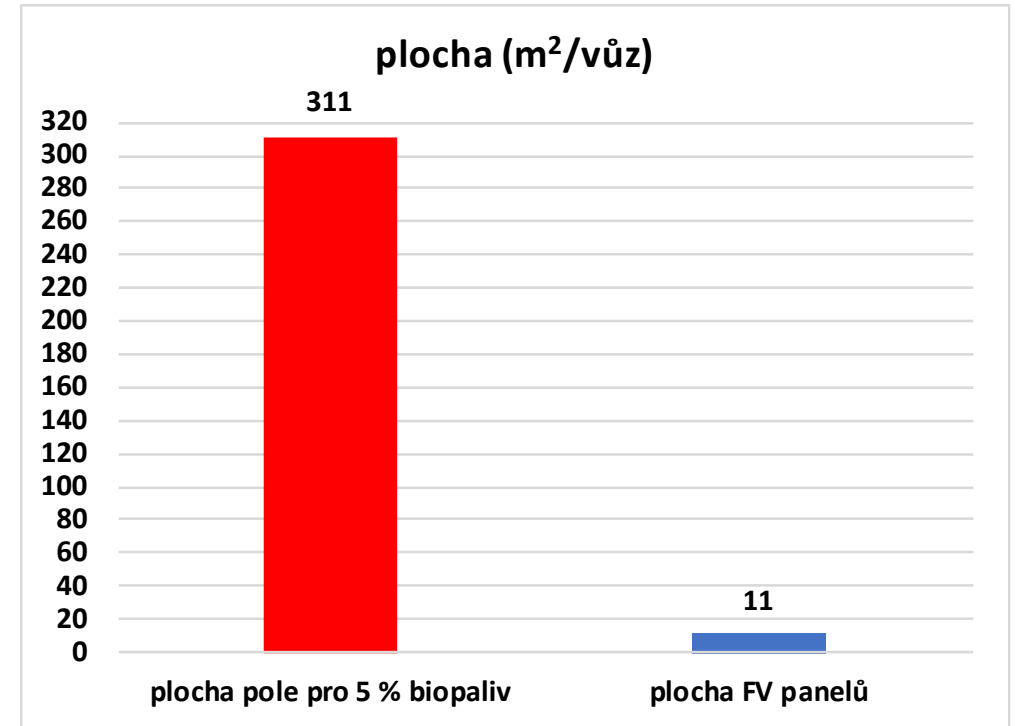
střední pracovní režim elektrického automobilu v ČR OZ

ujetá vzdálenost	km/rok	10 539
ujetá vzdálenost	km/den	29
doba provozu	h/rok	227
doba provozu	h/den	0,62
doba provozu	min/den	37
doba parkování	h/rok	8 533
doba parkování	h/den	23,4
střední gradient spotřeby elektrické energie ADAC	kWh/km	0,21
denní spotřeba elektrické energie	kWh/den	6,1
roční spotřeba elektrické energie	kWh/rok	2 213
nejvyšší intezita slunečního záření	W/m ²	1 050
střední roční zatěžovatel	%	12
účinnost FV elektrárny	%	18
potřebná plocha FV panelů	m ²	11
jmenovitý výkon FV elektrárny	kW	2,1

Pro výrobu elektrické energie v celoročním úhrnu spotřeby průměrného automobilu v ČR k tomu stačí 11 m² FV panelů (špičkový výkon 2,1 kW).

Avšak efektivnější je běžná cca 5 kW domácí FV elektrárna, která s vekou rezervou v celoročním úhrnu pokryje spotřebu nejen spotřebu automobilu, ale i domácnosti. Elektrický automobil doplní stacionární akumulátorové úložiště o další baterii k akumulaci (odlehčení distribuční sítě).

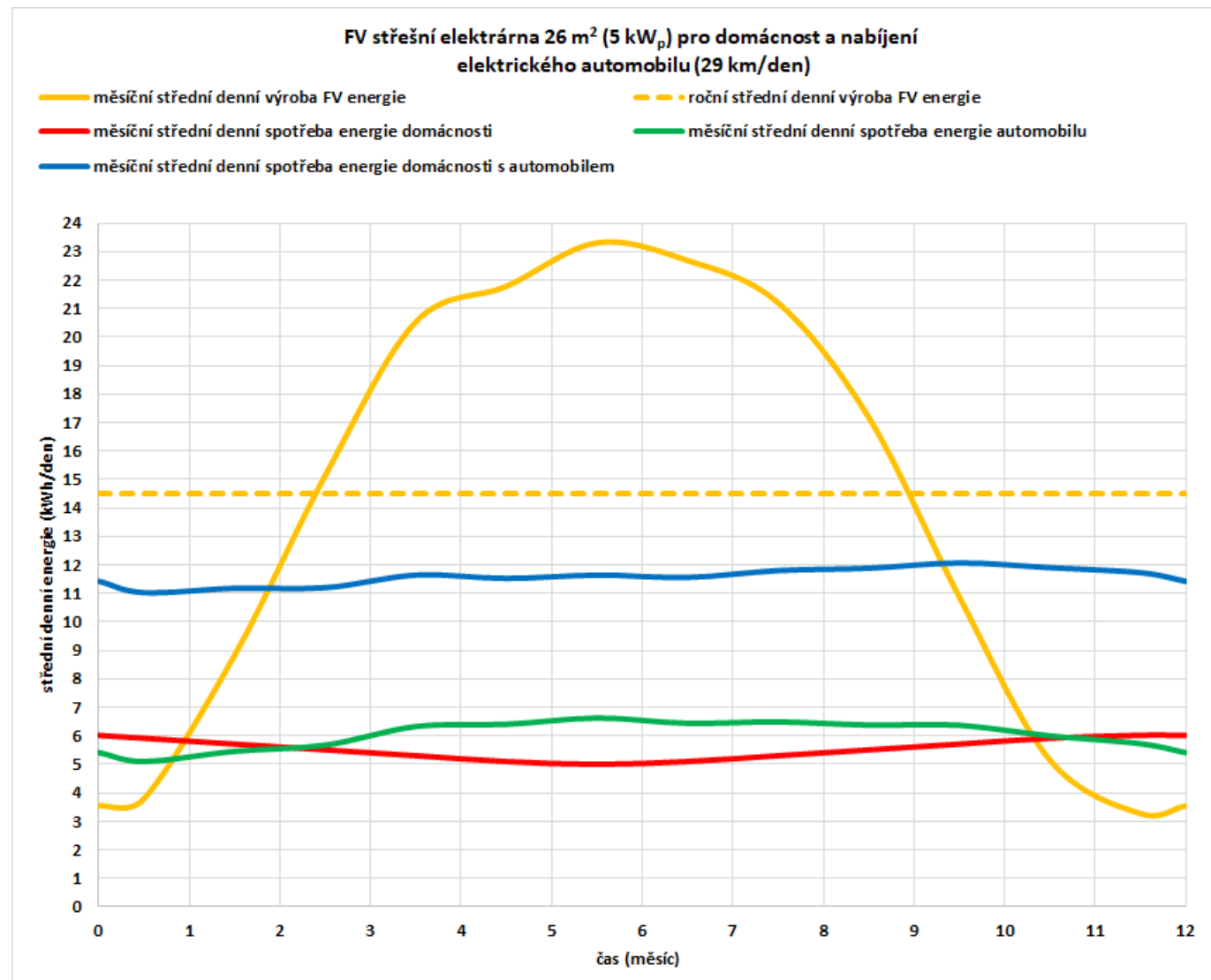
Nízký výkupní tarif dodávek přebytků FV elektřiny do distribuční sítě (kolem 1 Kč/kWh) motivuje obyvatelstvo ke zhodnocení energie vyrobené FV elektrárnou k nabíjení elektrického automobilu.



Při běžném provozu (nájezd desítky km) vyrovná akumulátor elektrického automobilu (dimenzovaný na dojezd ve stovkách km) i několikadenní fluktuace slunečního záření.

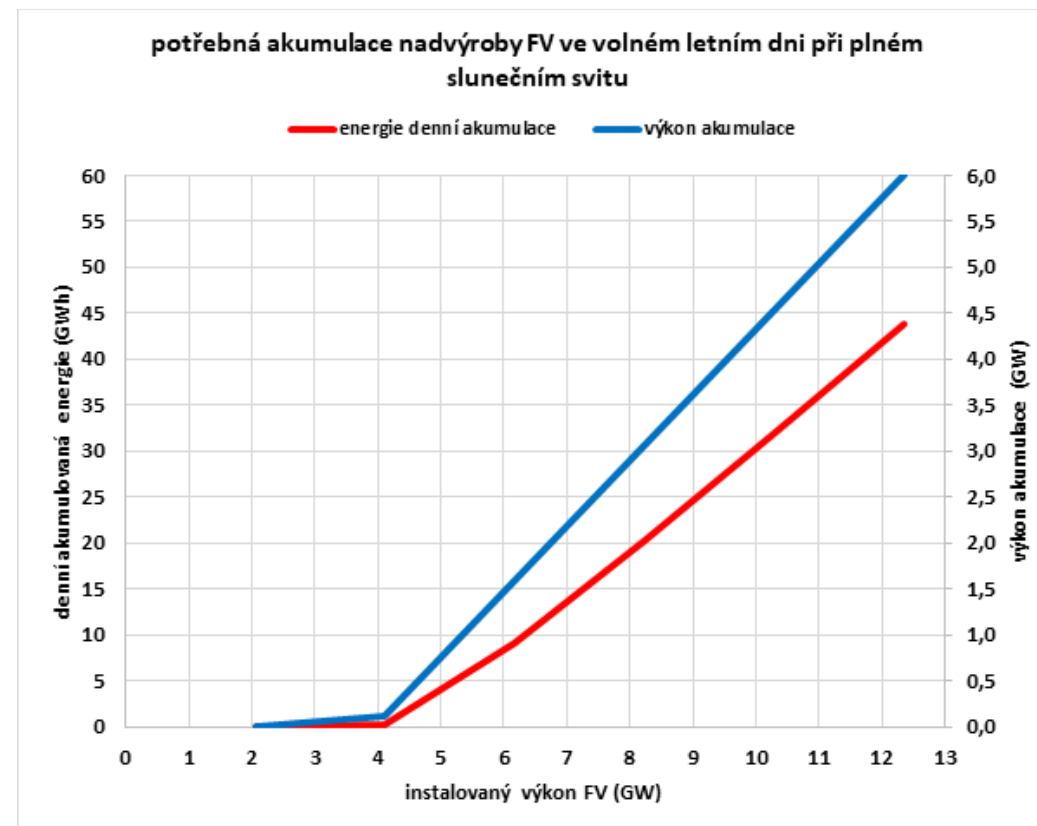
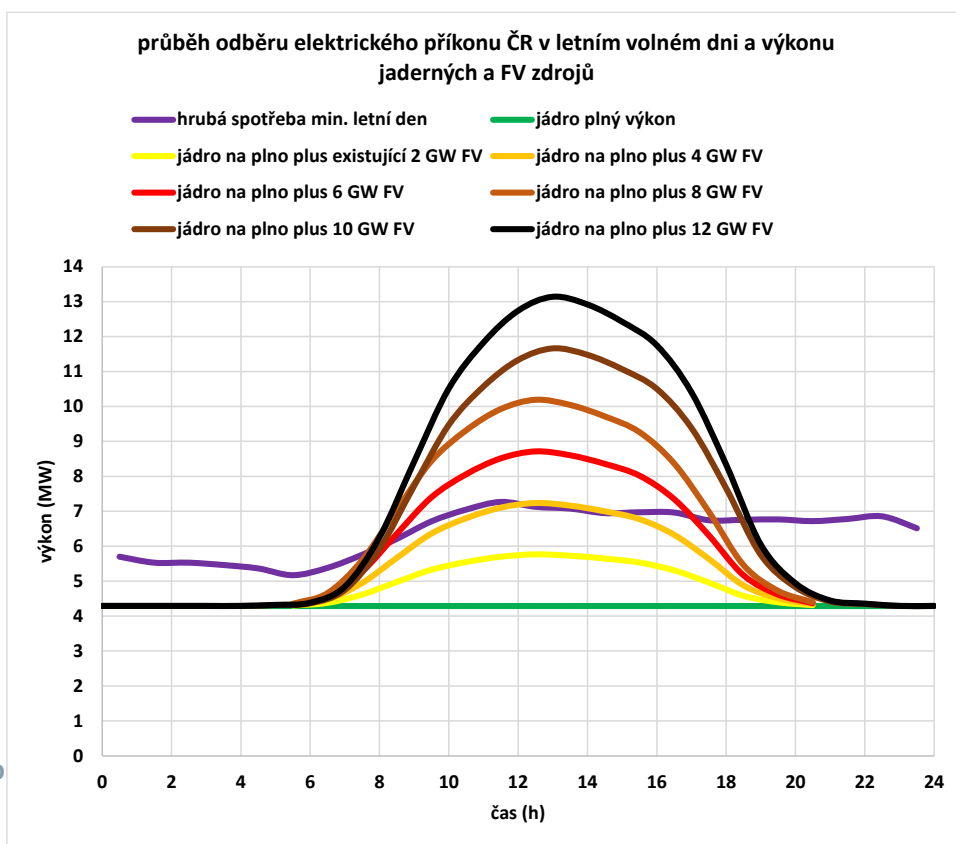
FV elektrárna 5 kW pokryje provoz rodinného domu i běžné provoz automobilu od března do září.

Pokud by z nebe přel el benzín nebo nafta, jistě by lidé stavěli pod okap kbelíky, aby si pár litrů nachytali.



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.



Součinnost elektrického automobilu a střešní FV elektrárny

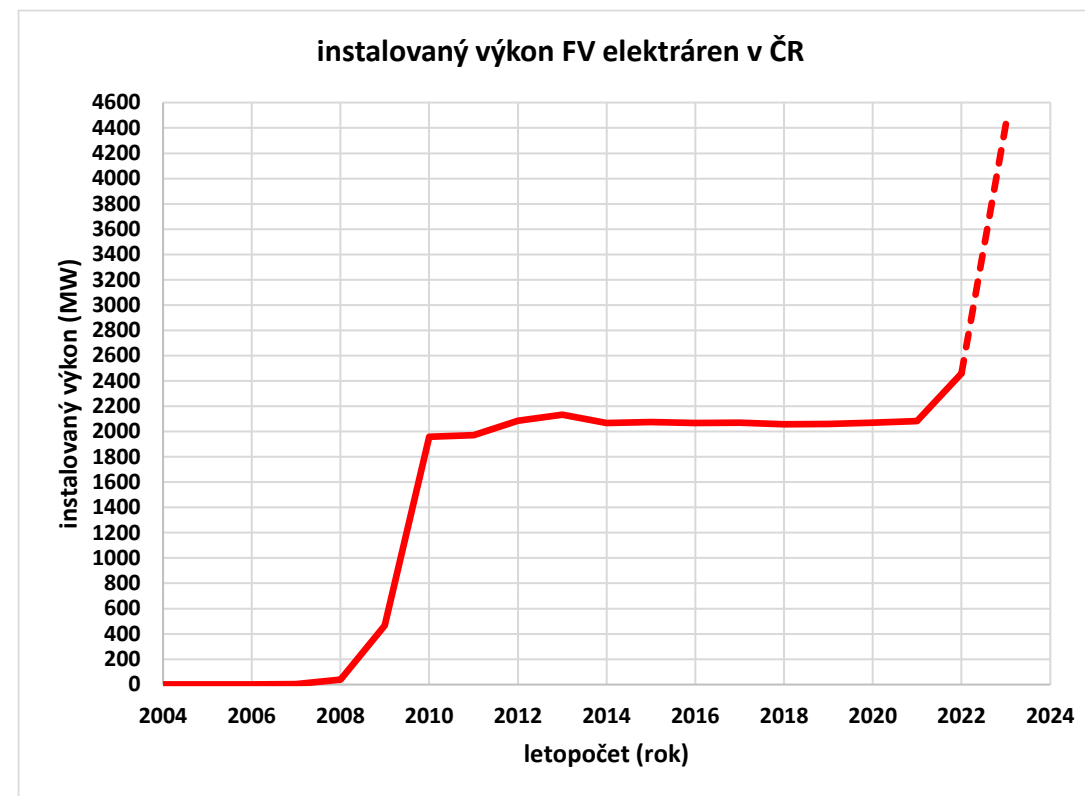
Distribuční sítě jsou desítky let v obydlených oblastech dimenzovány na zatížení Štědrého večera: všichni jsou doma, svítí sledují televizi a fritují, spotřeba zhruba 2 kW na domek.

Distribuční sítě však nejsou v obydlených 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.

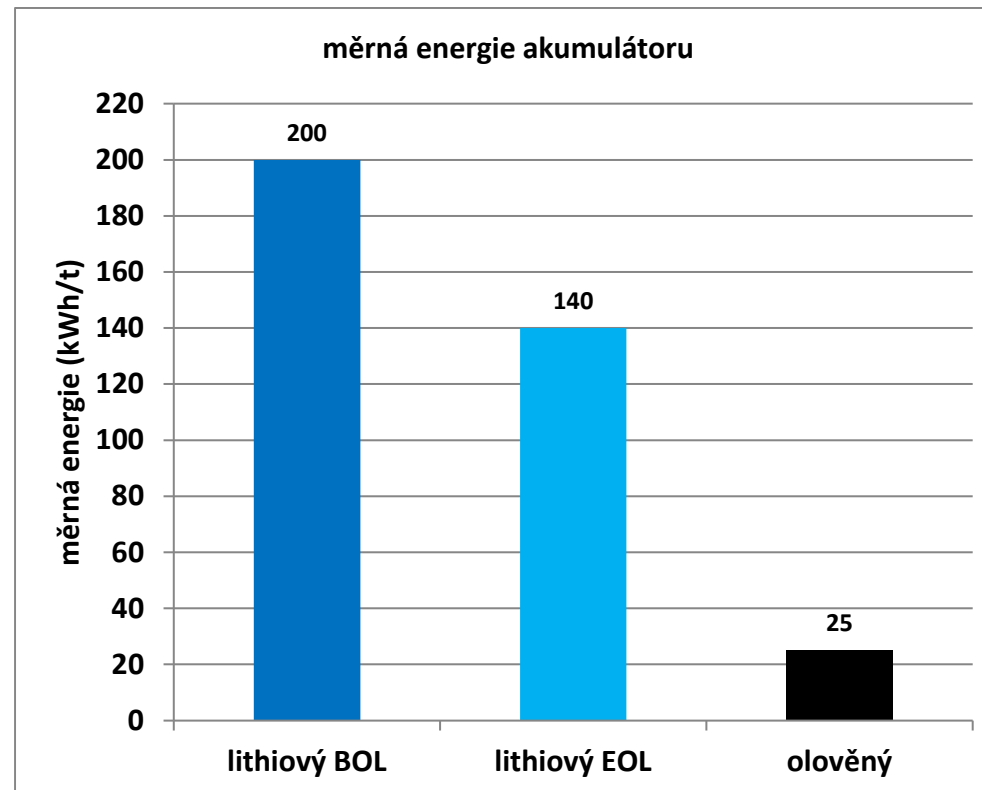
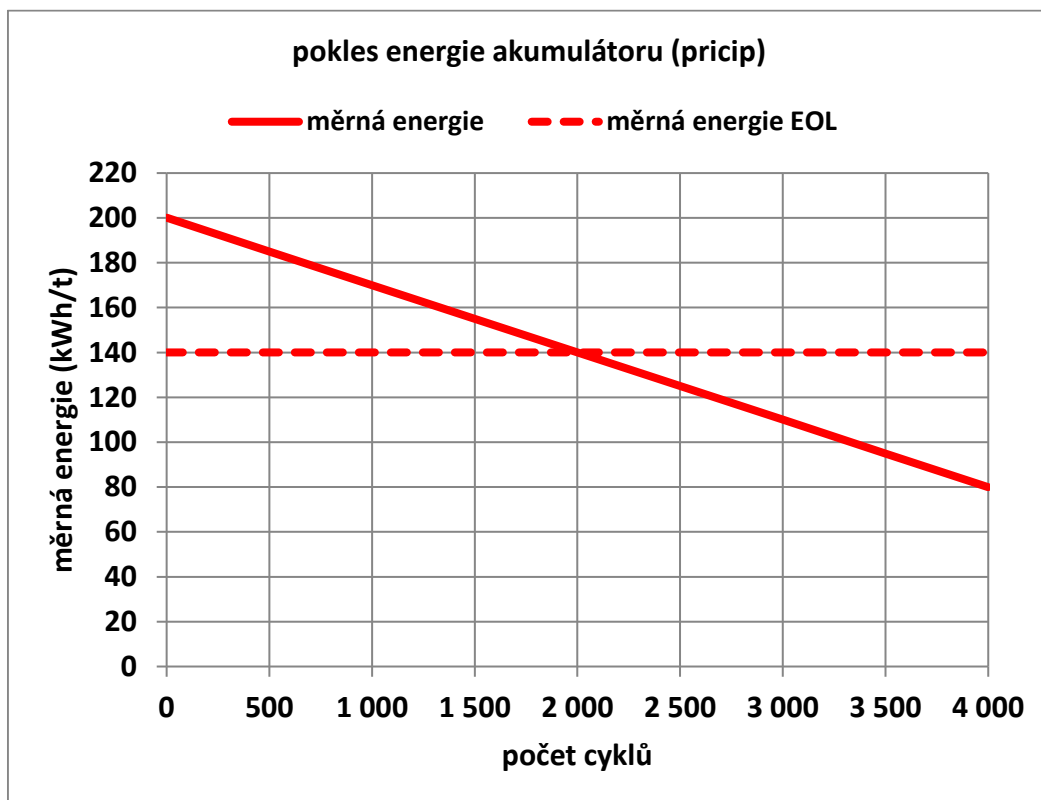
Nabíjení parkujících elektrických automobilů odlehčuje distribuční síť a tím umožňuje více domácnostem využívat výhod vlastní výroby elektrické energie střešní FV elektrárnou.

Ročně je v ČR nakupováno 240 000 osobních automobilů. Pokud by byly od roku 2025 nakupovány výhradně jen elektrické, dojde za 25 do roku 2050 prostou reprodukcí náhradě všech 6 000 000 v ČR registrovaných spalovacích automobilů elektrickými.

Při kapacitě 50 kWh to představuje akumulární schopnost 300 GWh. To je energetický ekvivalent 94 PVE Dlouhé straně (3,2 GWh).



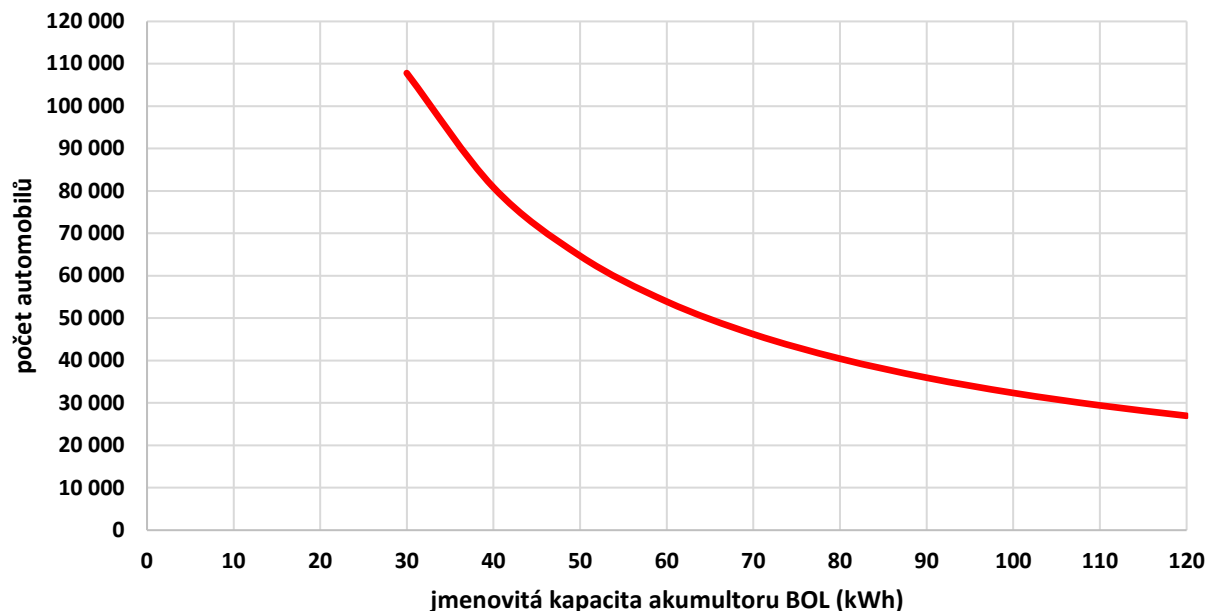
Vozidlové akumulátorové baterie lze po skončení aktivní služby v elektrických automobilech využít ve stacionárních úložištích elektrické energie.



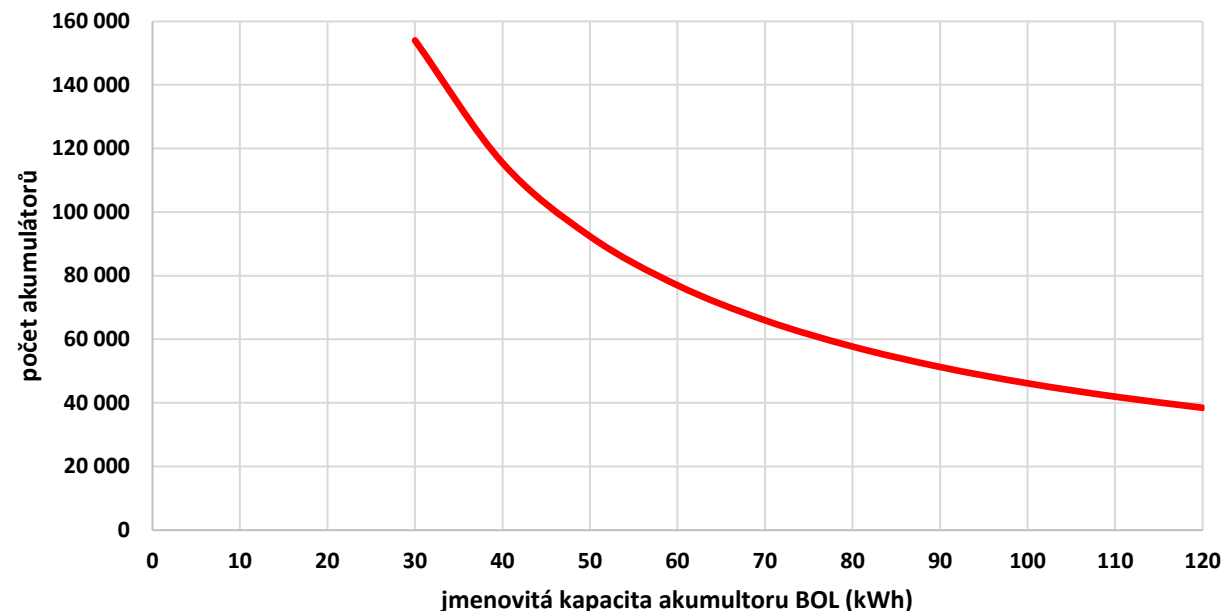
Chytrým řízením nabíjení lze využít přebytky elektrické energie z FV elektráren pro nabíjení elektrických automobilů, vede to i k odlehčení distribuční sítě od přetížení vysokým výkonem FV elektráren.

Vozidlové akumulátorové baterie lze k tomuto účelu využít jak v době aktivní služby elektrických automobilů, tak pro 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)



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**

© Siemens Mobility 2023

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