SIEMENS

Louny

Jiří Pohl, Siemens, s.r.o. / 8. 10. 2015

Propojení cílů dopravní, energetické a environmentální politiky

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015
Všechna práva vyhrazena.

Vývoj osídlení

Osídlení krajiny bylo po tisíciletí určeno zemědělstvím – lidé žili tam, kde mohli pěstovat rostliny a zvířata. Tedy na vesnicích.

Před několika desetiletími nastal zvrat – lidé se stěhují z venkova do měst. Celosvětově již více než 50 %, v mnoha evropských zemích, včetně ČR, již více než 70 % lidí žije ve městech.

Opouštění venkova má dvě dimenze:

a) kvantitativní – technizace a chemizace zemědělství snížila potřebu pracovních sil v tomto oboru (a tedy na venkově) na několik procent původního počtu,

b) kvalitativní – vysokoškolsky vzdělaní lidé opouštějí venkov, neboť tam pro svojí kvalifikaci nenacházejí uplatnění.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Polarizace společnosti

Migrací obyvatelstva z venkova do měst dochází k polarizaci společnosti:

- **vznikají bohatá, přelidněná, vzdělaná, mladá, zaměstnaná a rozvíjející se města (včetně jim přilehlého venkova),**
- **vzniká chudnoucí, postupně vysídlovaný, méně vzdělaný, stárnoucí, málo zaměstnaný a celkově upadající odlehlý venkov (včetně jemu přilehlých městeček).**

Tento trend je velmi nezdravý. Nese v sobě potenciál závisti, nenávisti, pohrdání, násilí a nepokojů. Má tendenci se prohlubovat.

Nemá však smysl přemýšlet o tom, jak zatratit techniku i vzdělání a vrátit se zpět do minulosti.

Naopak je potřebné použít techniku i vzdělání k žití v budoucnosti, abychom opět dokázali žít po celé ploše území státu.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Mobilita

Moderní technika vytváří dva velmi účinné komunikační nástroje k decentralizaci pracovních příležitostí a na ně navazujícího osídlení:

- **informační technologie**
- **mobilita**

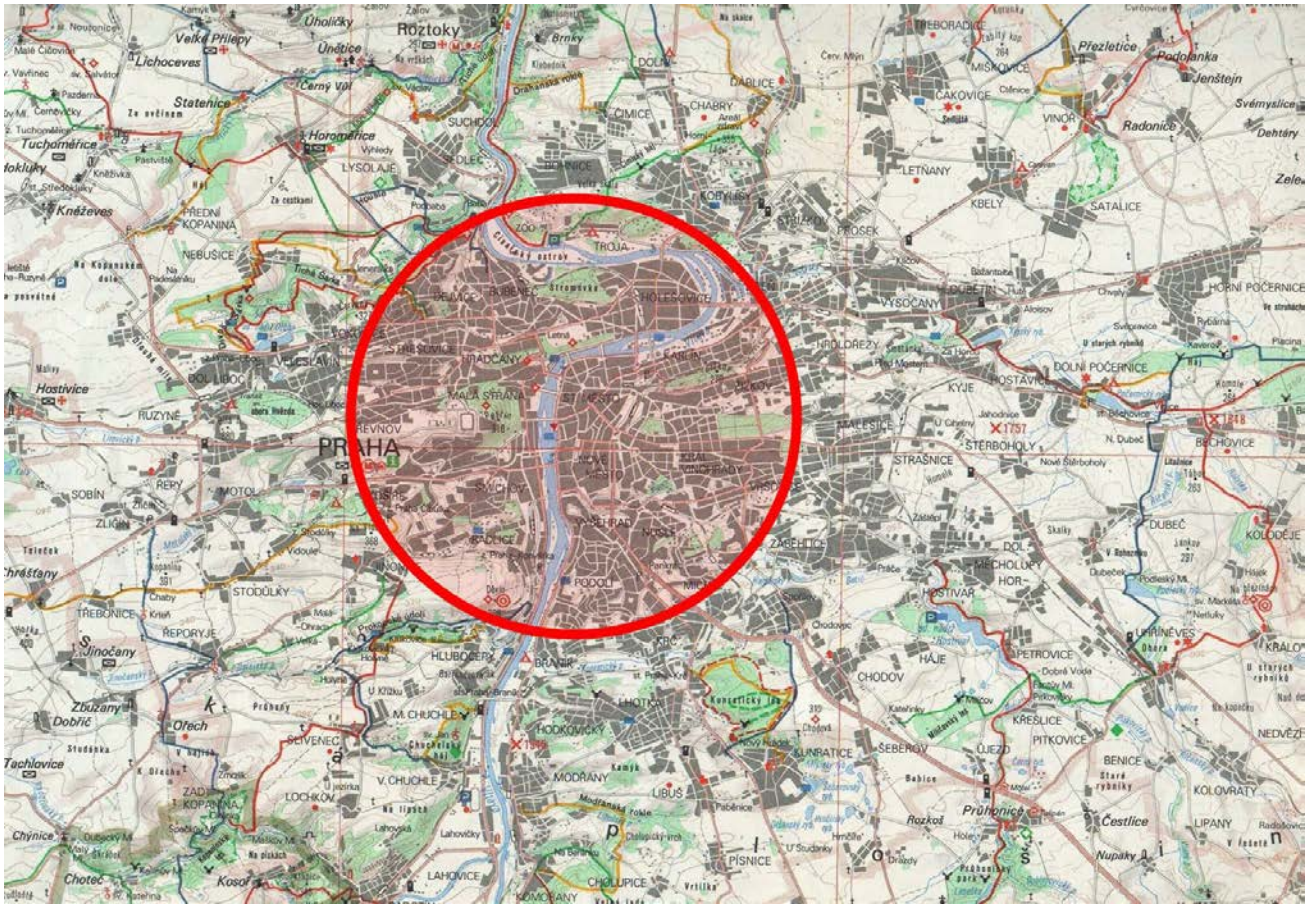
Pozitivní přínos moderního pojetí mobility na decentralizaci života lze doložit na příkladě velkých měst:

- **v dobách, kdy města neměla kvalitní hromadnou dopravu, byly veškeré společenské a obchodní aktivity soustředěny v centru, okrajové čtvrtě byly pusté,**
- **nyní, když města mají kvalitní hromadnou dopravu, jsou obchodní a společenské aktivity rozptýleny po celé jejich ploše včetně periférii.**

=> Podobně umožňuje kvalitní veřejná hromadná doprava žití po celé ploše regionu.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

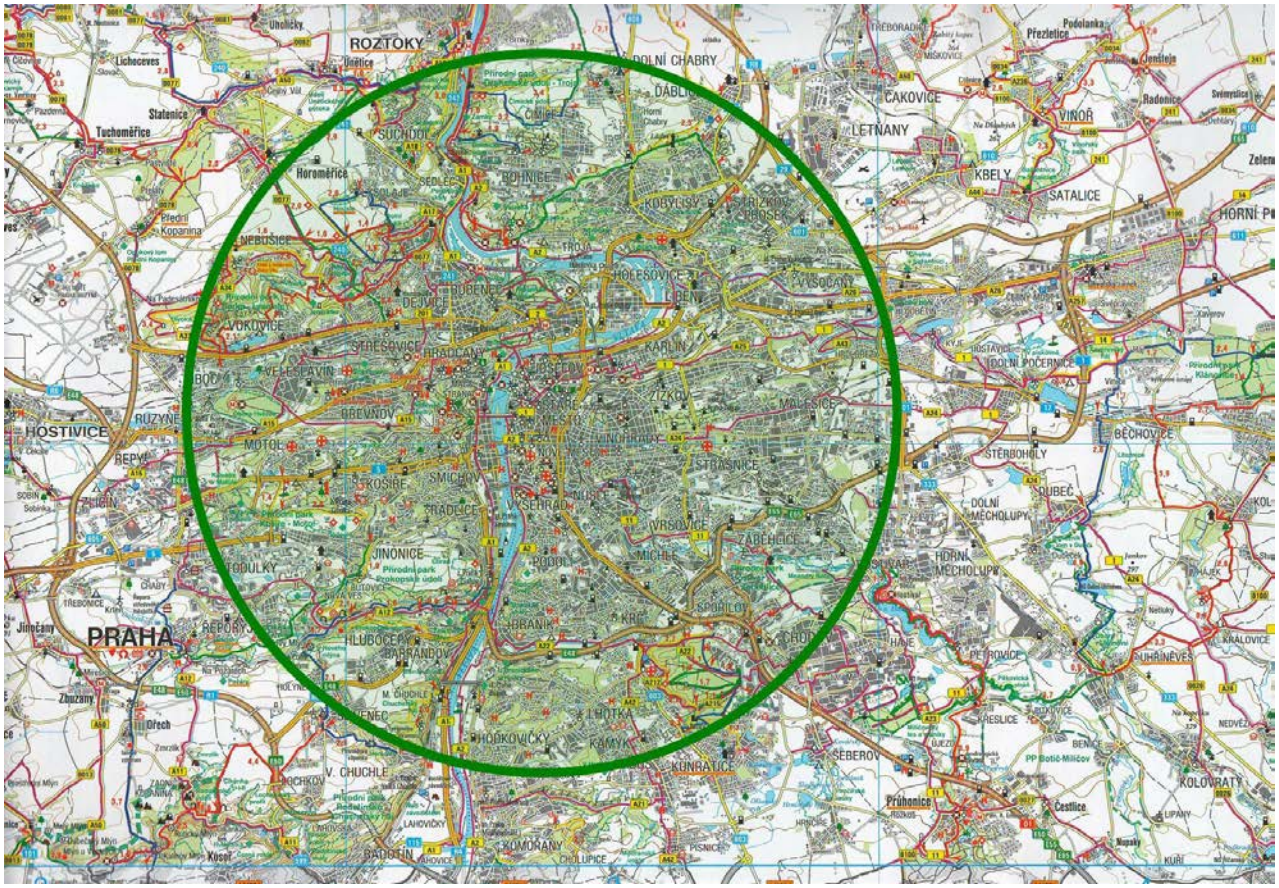
Praha 1974 – izochrona dostupnosti centra 30 minut (tramvaj, cestovní rychlost 18 km/h)



Hranice souvislého osídlení města jsou určeny konečnými stanicemi linek tramvají 3 a 11 (Kačerov, Kobylisy, Liboc, Strašnice)

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Praha 2014 – izochrona dostupnosti centra 30 minut (metro, cestovní rychlost 36 km/h)



Hranice souvislého osídlení města jsou určeny konečnými stanicemi Linek metra A, B, C (Háje, Zličín, Letňany, Černý Most, Hostivař)

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

40 let pražského metra

Praha 1974

Páteřovým systémem městské hromadné dopravy jsou tramvaje s cestovní rychlostí cca 18 km/h, dopravně nespolehlivé a nedochvilné.

Obchody, instituce a kultura se soustřeďují výhradně v centru. Periferie slouží jen k ubytování (přespávání), město se rozvíjí jen v intravilánu.

Praha 2014

Páteřovým systémem městské hromadné dopravy je metro s cestovní rychlostí cca 36 km/h, dopravně spolehlivé a dochvilné.

Obchody, instituce a kultura se rozvíjejí po celé ploše města. Periferie slouží nejen k ubytování ale stávají se plnohodnotnými, město se rozvíjí i v extravilánu.

Zdvojnásobením cestovní rychlosti veřejné hromadné dopravy se Praha naučila žít na čtyřnásobné ploše:

$$S = \pi R^2 = \pi \cdot T^2 / v^2$$

Tam, kde dávaly lišky dobrou noc, je dnes osídlení a pracovní příležitosti.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Doprava a rozvoj osídlení

Nutným prostředkem k opětnému rozprostření rodinného, společenského a hospodářského života po celé ploše území státu je kvalitní veřejná hromadná doprava.

Odlehlost území není dána vzdáleností, ale dobou cestování.

Obdobnou roli, jako metro ve městě, dokáže plnit moderní železnice v rámci území státu.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Energetická náročnost mobility

Přenos informací moderními elektronickými technologiemi má velmi vysokou rychlost a nízkou energetickou náročnost. Proto se může rozvíjet velmi intenzivně i na velké vzdálenosti do odlehlých území.

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

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

Avšak lidská společnost potřebuje takové formy mobility, které jsou:

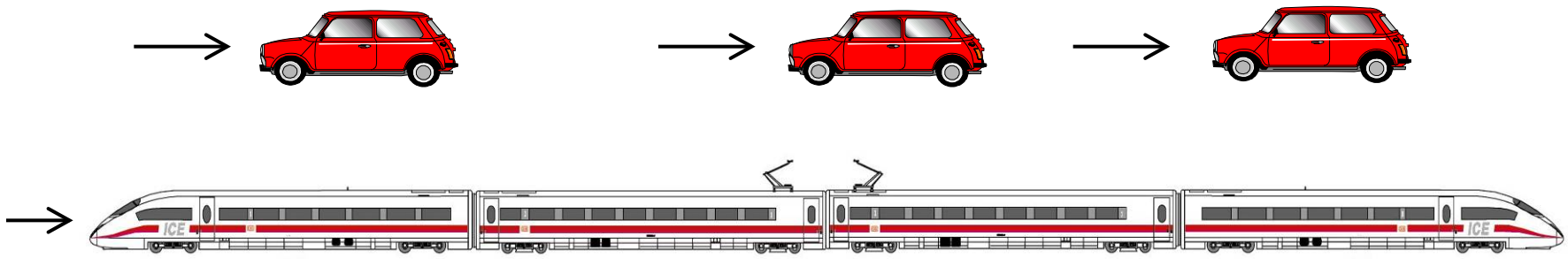
- **rychlé,**
- **energeticky nenáročné.**

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Systémové nevýhody automobilové dopravy

Vysoká energetická náročnost automobilové dopravy, která se stala dominantní, je dána třemi skutečnostmi:

- **vysoký valivý odpor pneumatik po vozovce (8 ‰ proti 1 ‰ u železnice), který je průvodním jevem potřebné stability pneumatik,**
- **vysoký aerodynamický odpor (na rozdíl od železnice není využívána jízda vozidel v zákrytu). Význam této nevýhody se zvyšuje s rostoucí rychlostí jízdy,**

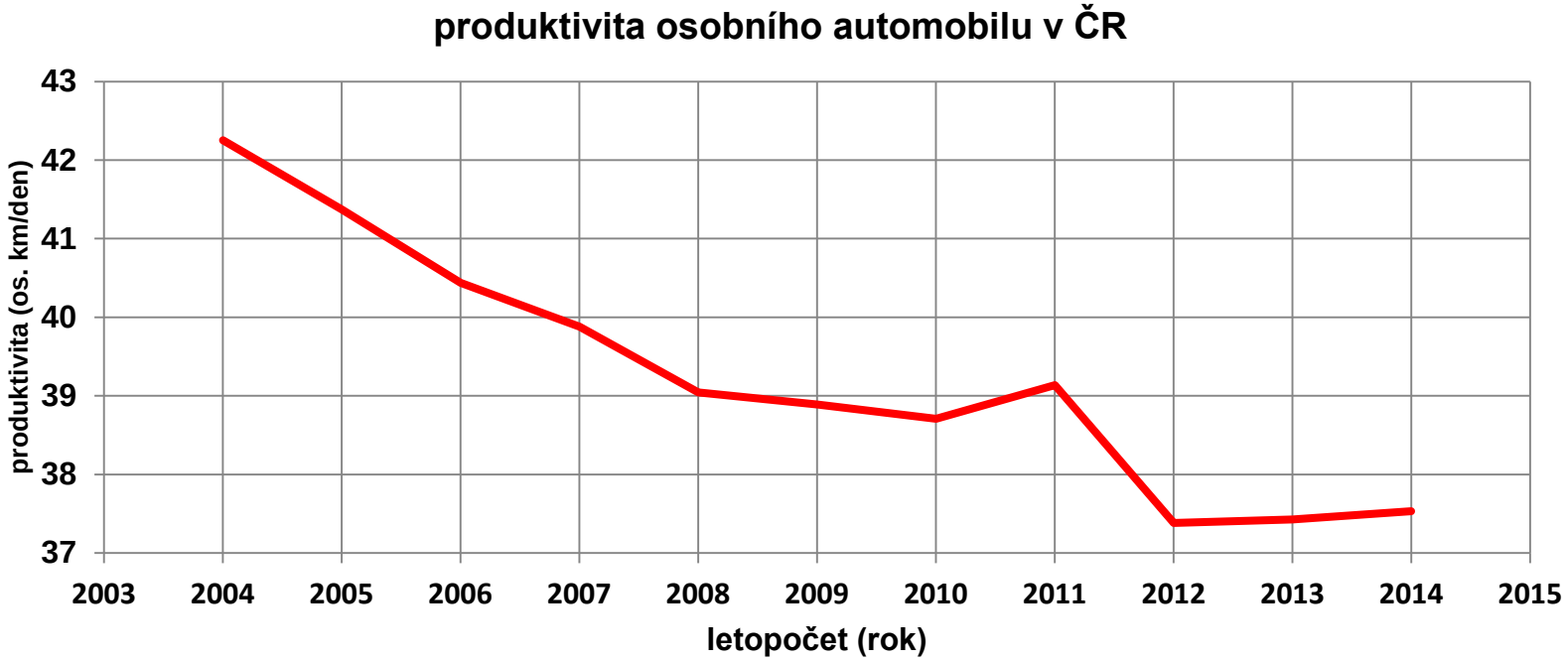


- **nízká (jen cca 35 %) účinnost přeměny energie paliva na mechanickou práci ve spalovacích motorech (65 % energie paliva se promění v tepelné ztráty).**

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Kontinuální pokles produktivity osobních automobilů registrovaných v ČR (MD ČR: Ročenka dopravy 2014)

rok		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
přepravní výkon	mil. os. km	58 887	59 819	60 682	62 346	63 078	63 000	63 570	65 490	64 260	64 650	66 260
počet automobilů		3 815 547	3 958 708	4 108 610	4 280 081	4 423 370	4 435 052	4 496 232	4 581 642	4 706 325	4 729 185	4 833 386
produktivita automobilu	os.km/den	42,3	41,4	40,4	39,9	39,0	38,9	38,7	39,1	37,4	37,4	37,5



- **Roste počet automobilů, ale stagnují přepravní výkony – klesá produktivita**
- **Průměrný automobil je v ČR denně využíván méně než půl hodiny, 23,5 h denně překáží**

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Vývoj přepravních výkonů individuální osobní dopravy v ČR

- V období posledních pěti let (2009 až 2014) individuální osobní automobilová doprava v ČR prakticky stagnovala, podržela si svůj 60 % podíl.
- Vlivem růstu počtu automobilů ze 4,435 mil. vozů na 4,834 mil. vozů poklesla v témže období produktivita osobního automobilu na pouhých 37 osobových kilometrů za den.
- Při střední odhadované střední cestovní rychlosti 70 km/h a při odhadovaném středním obsazení 1,3 osobami je průměrný automobil v ČR denně využíván 24 minut (1,7 % c celkového času) a ujede 28 km.
- Zbývajících 23 hodin a 36 minut automobil jen generuje odpisy, stárne a překáží.
- Obrovský kapitál investovaný do parku vozidel individuální automobilové dopravy (cca 1 500 miliard Kč) přináší společnosti jen zcela minimální efekt.
- Neprofesní řidič nemůže denně věnovat mnoho času řízení automobilu – svůj čas musí prioritně věnovat svému zaměstnání.
- Naopak má logiku investovat do vozidel veřejné dopravy, která jsou řízena profesionálním strojvedoucími a proto denně využívána 12 až 18 hodin.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Meze použitelnosti individuální automobilové dopravy

SIEMENS

Individuální automobilová doprava může být doplňkovým, nikoliv základním dopravním systémem:

- vysoká energetická náročnost (odpor valení, aerodynamika),
- závislost na ropných palivech,
- nepříznivé environmentální dopady,
- nízké využití dopravních prostředků (ČR: 14 minut ze 24 hodin),
- nevyužití (ztráta) času stráveného cestováním.

Individuální automobilová doprava je:

- **investičně a provozně drahá,**
- **časově náročná,**
- **energeticky náročná, nepříznivá vůči přírodě a životnímu prostředí.**

Proto má smysl ji aplikovat tam a jenom tam, kde se pro slabost a nepravidelnost přepravních proudů nevyplatí budovat hromadnou dopravu

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Doprava a rozvoj regionu

Region potřebuje pro své fungování a rozvoj:

- Intraregionámí dopravu – dopravní spojení uvnitř regionu (zpravidla monocentrické).

- Extrareginální dopravu – dopravní spojení mezi regiony (zpravidla polycentrické).

Železnice se může podílet na obou těchto úlohách:

- nabídne-li patřičnou kvalitu,
- pokud je ekonomicky, energeticky a environmentálně výhodná.

Základem je existence patřičně silné a pravidelné přepravní poptávky.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

21. století: příležitosti pro moderní železnici

Evropa, 2015:

1. vědomí dlouhodobé neudržitelnosti čerpání fosilních paliv (aktuální spotřeba v ČR: 106 kWh/osoba/den),
=> využit bohatství, které nám fosilní paliva dávají, k tomu, abychom se naučili žít i bez nich (jen s obnovitelnými zdroji),

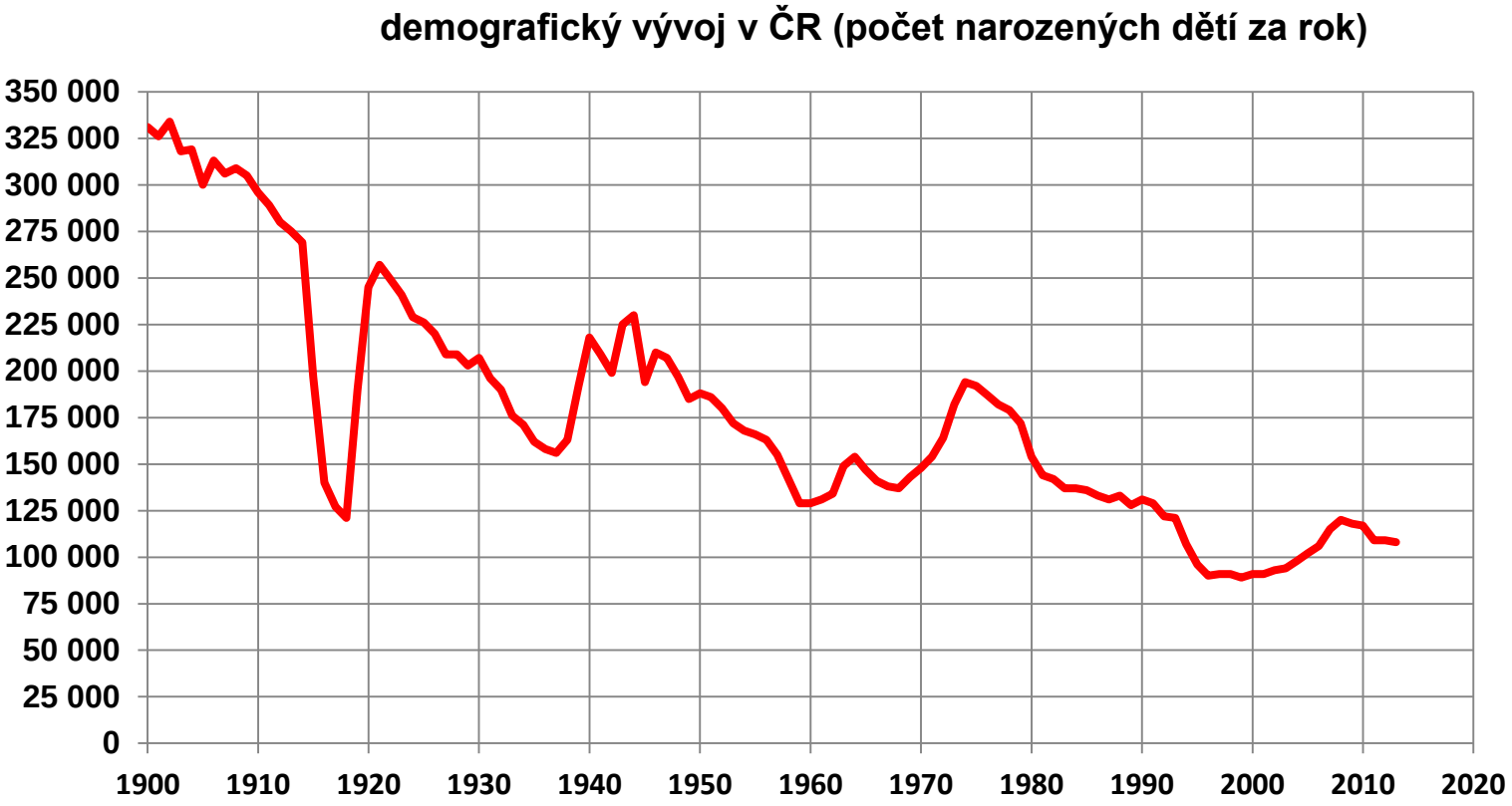
2. vědomí reality klimatických změn v důsledku zvýšení koncentrace CO_2 v zemské atmosféře z původních 280 ppm na současných cca 390 ppm,
=> viz bod 1

3. vědomí nedostatku mladých pracovních sil (důsledek poklesu reprodukční schopnosti z porodnosti kolem 2 % ročně na hodnotu pod 1 % ročně)
=> zvýšit efektivitu využívání pracovních sil (počínaje cílem, obsahem a kvalitou vzdělání)

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Realita demografického vývoje

Celá Evropa prožívá čtvrtou harmonickou vlnu populačního propadu v období první světové války. Na dva pracovníky odcházející do důchodu (ročník 1950) připadá jeden absolvent školy přicházející do práce (ročník 1995).



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Evropská rada – Summit 23. a 24. října 2014

Závěry o rámci politiky v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030 (SN 79/14)

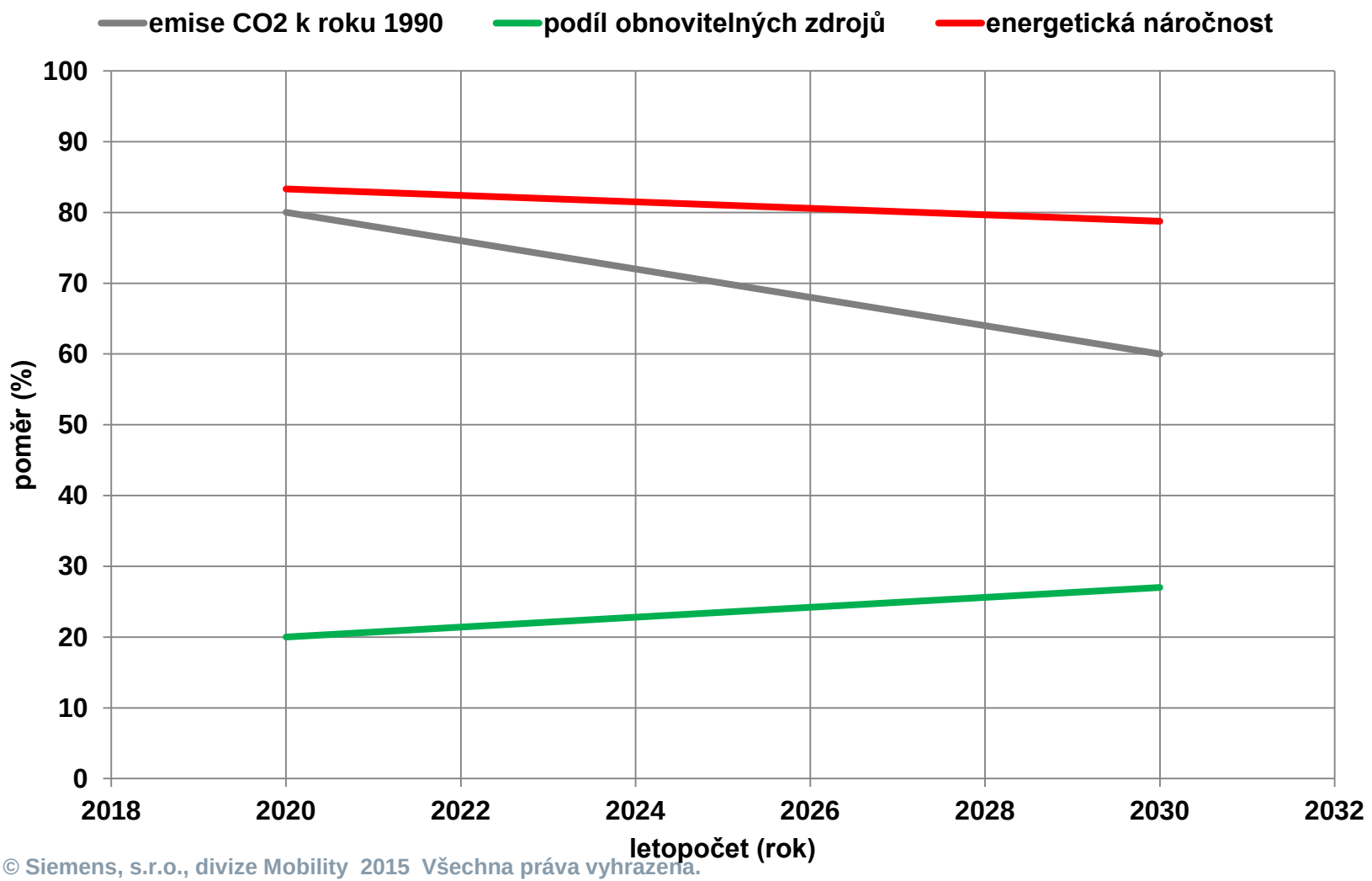
Cíle:

1) **snížit emise skleníkových plynů alespoň o 40 % oproti roku 1990,**
2) **zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na 27 %,**
3) **zvýšit energetickou účinnost o 27 %**

rok	2020	2030
snížení produkce CO_2	- 20 %	- 40 %
zvýšení podílu obnovitelných zdrojů	+ 20 %	+ 27 %
zvýšení energetické účinnosti	+ 20 %	+ 27 %

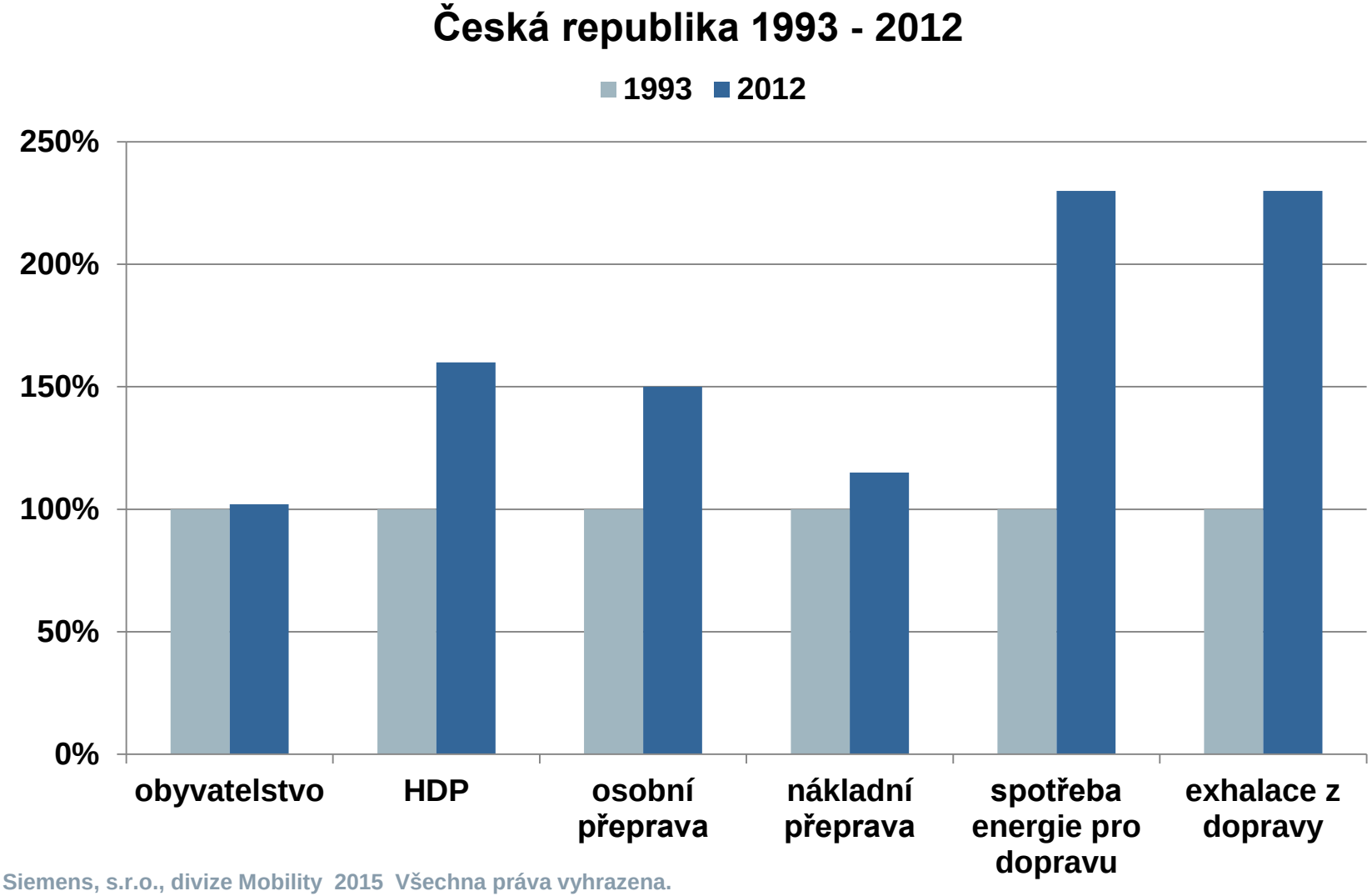
© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Evropská rada – Summit 23. a 24. října 2014



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

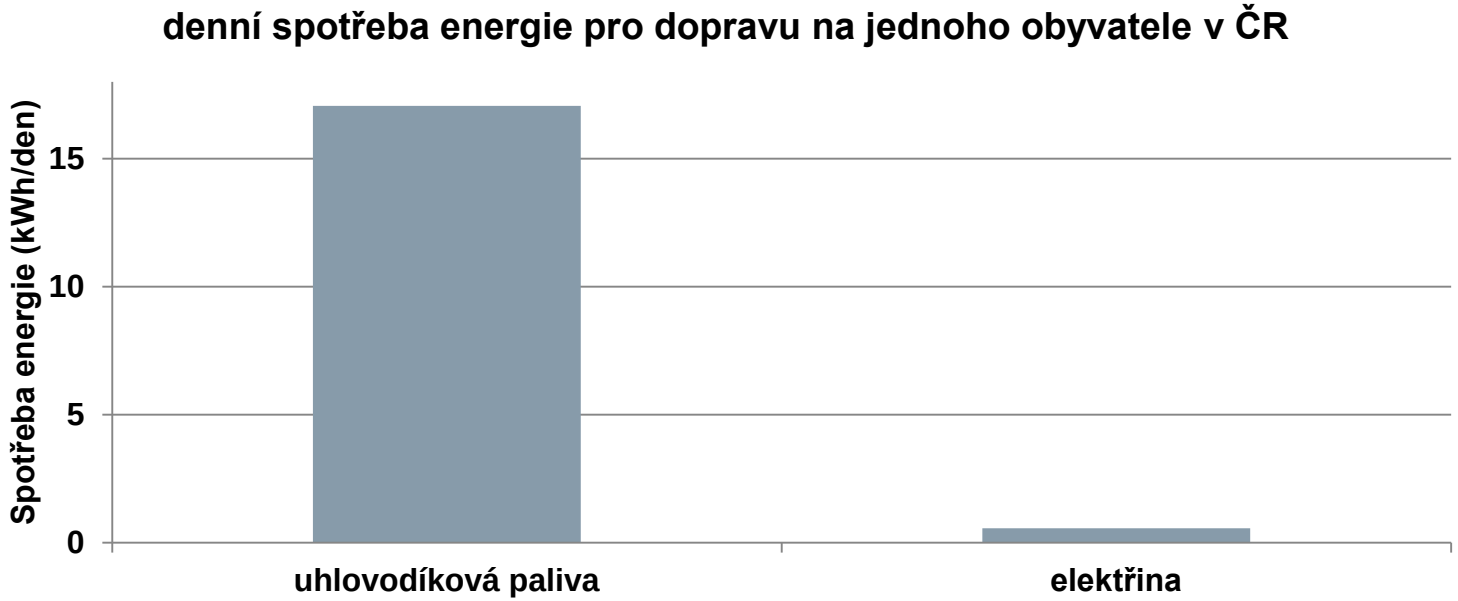
Vývoj dvaceti let v České republice



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Struktura zdrojů energie pro dopravu v ČR

Podíl uhlovodíkových paliv na energiích pro dopravu vzrostl na 97 % (17 kWh/obyv./den),
Podíl elektřiny na energiích po dopravu klesl na 3 % (0,6 kWh/obyv./den).



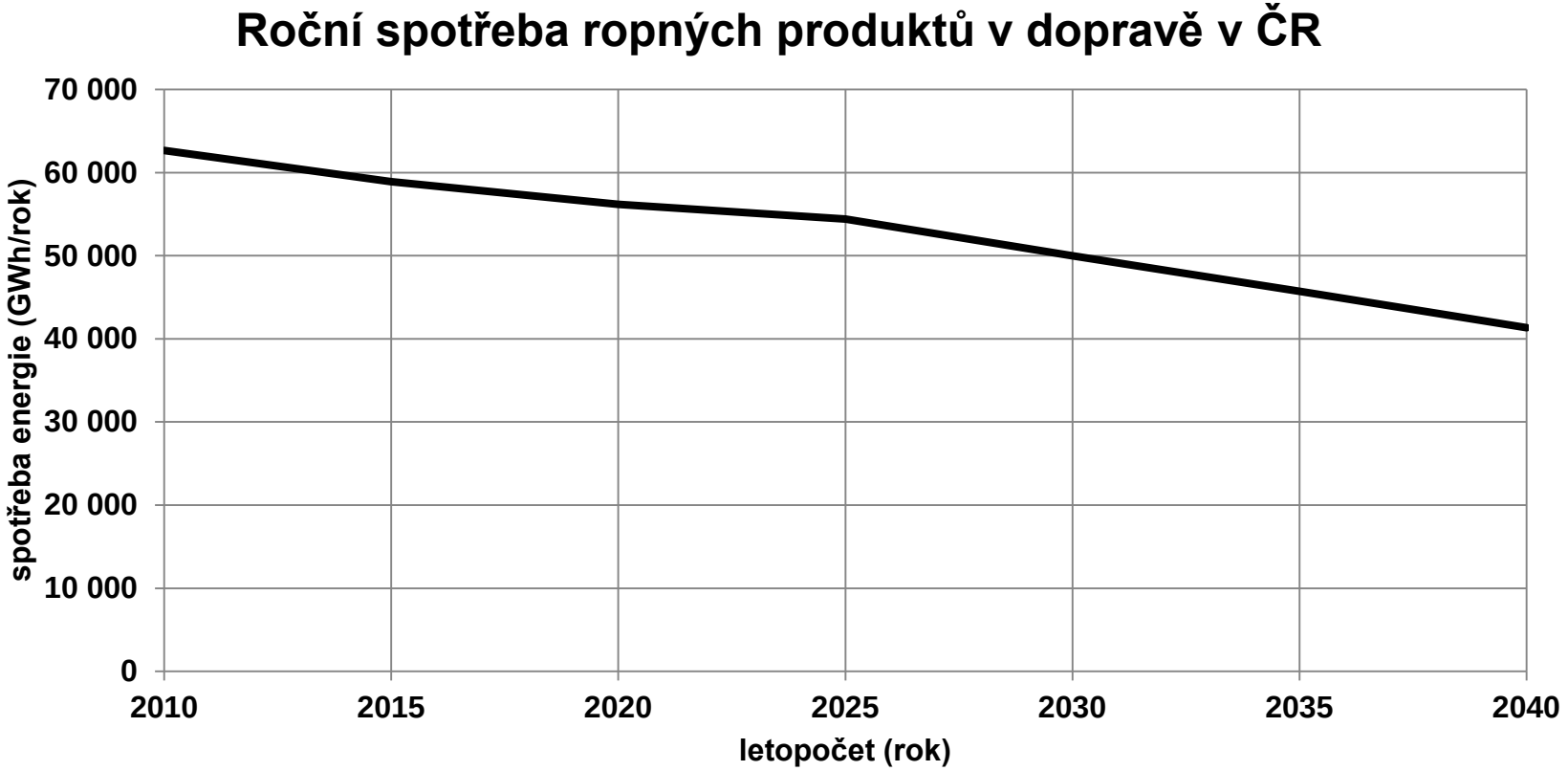
I takto malý (3 %) podíl elektrické energie však v ČR zajišťuje:

- **14 % přepravních výkonů osobní dopravy,**
- **19 % přepravních výkonů nákladní dopravy.**

=> to dokládá vysokou efektivitu elektrické vozby, zejména kolejové.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

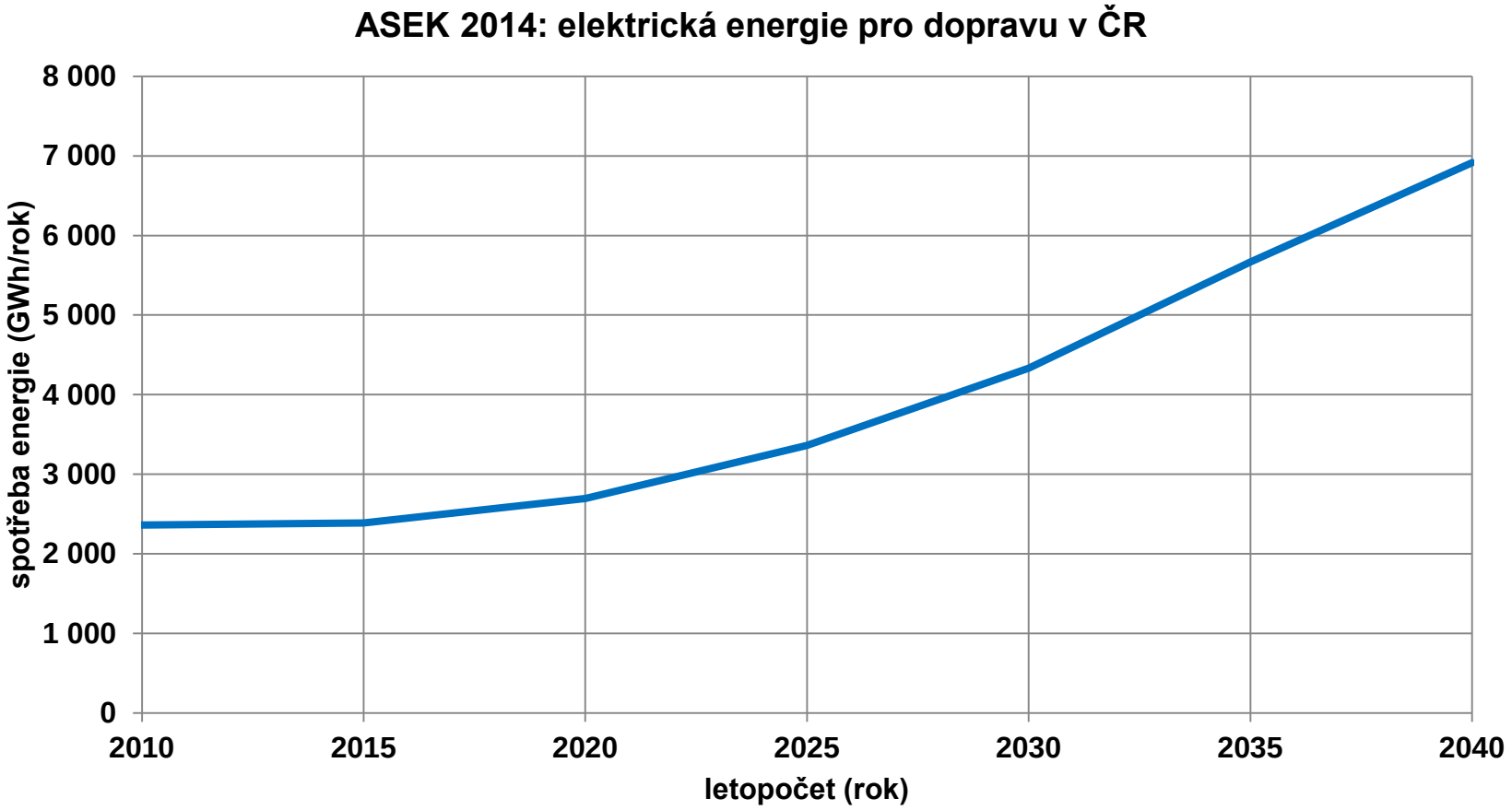
Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR (přijatá vládou ČR 19.5.2015)



Úkol pro dopravu: snížit do roku 2030 spotřebu ropných paliv o 9 miliard kWh/rok

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR (přijatá vládou ČR 19.5.2015)



Úkol pro dopravu: do roku 2030 zvýšit uplatnění elektřiny v dopravě o 1,9 mld. kWh/rok

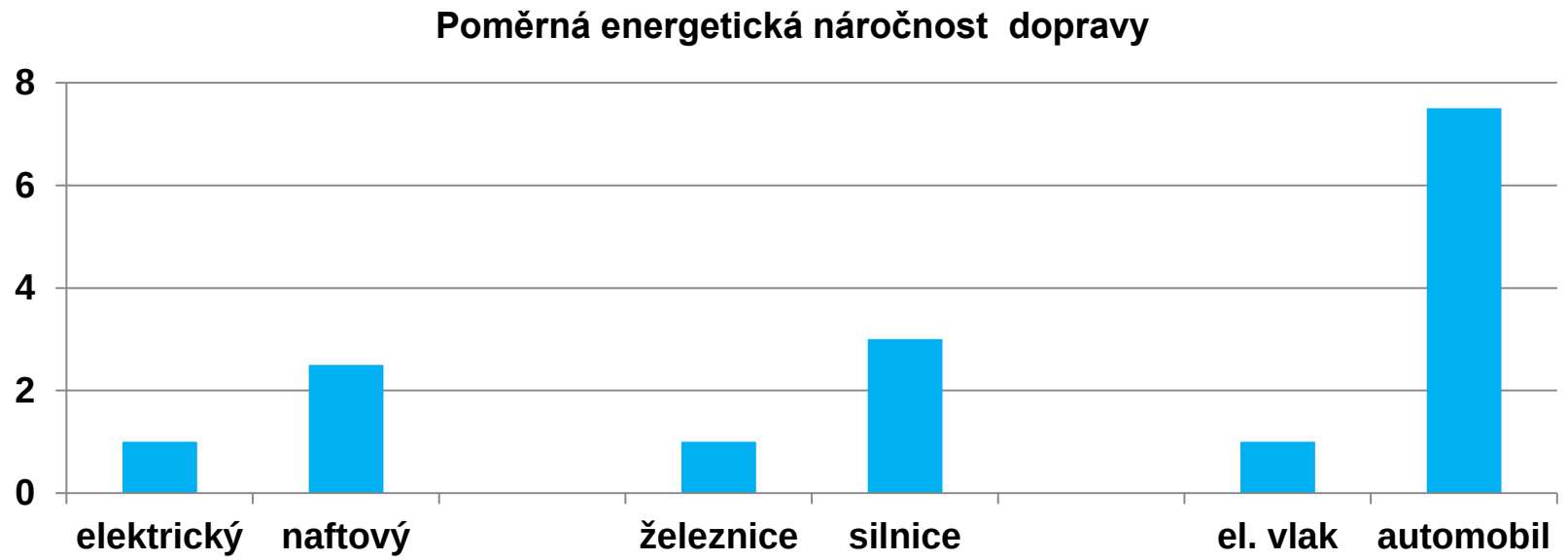
© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Železnice:
nástroj ke snížení energetické náročnosti dopravy

- Měrný trakční odpor vlaku je 3 krát menší, než měrný trakční odpor automobilu
- Účinnost elektrické vozby je 2,5 krát větší, než účinnost pohonu spalovacím motorem

⇒ Převedení silniční dopravy na elektrifikovanou železnici snižuje spotřebu energie pro dopravu 7,5 násobně (3 x 2,5 = 7,5)

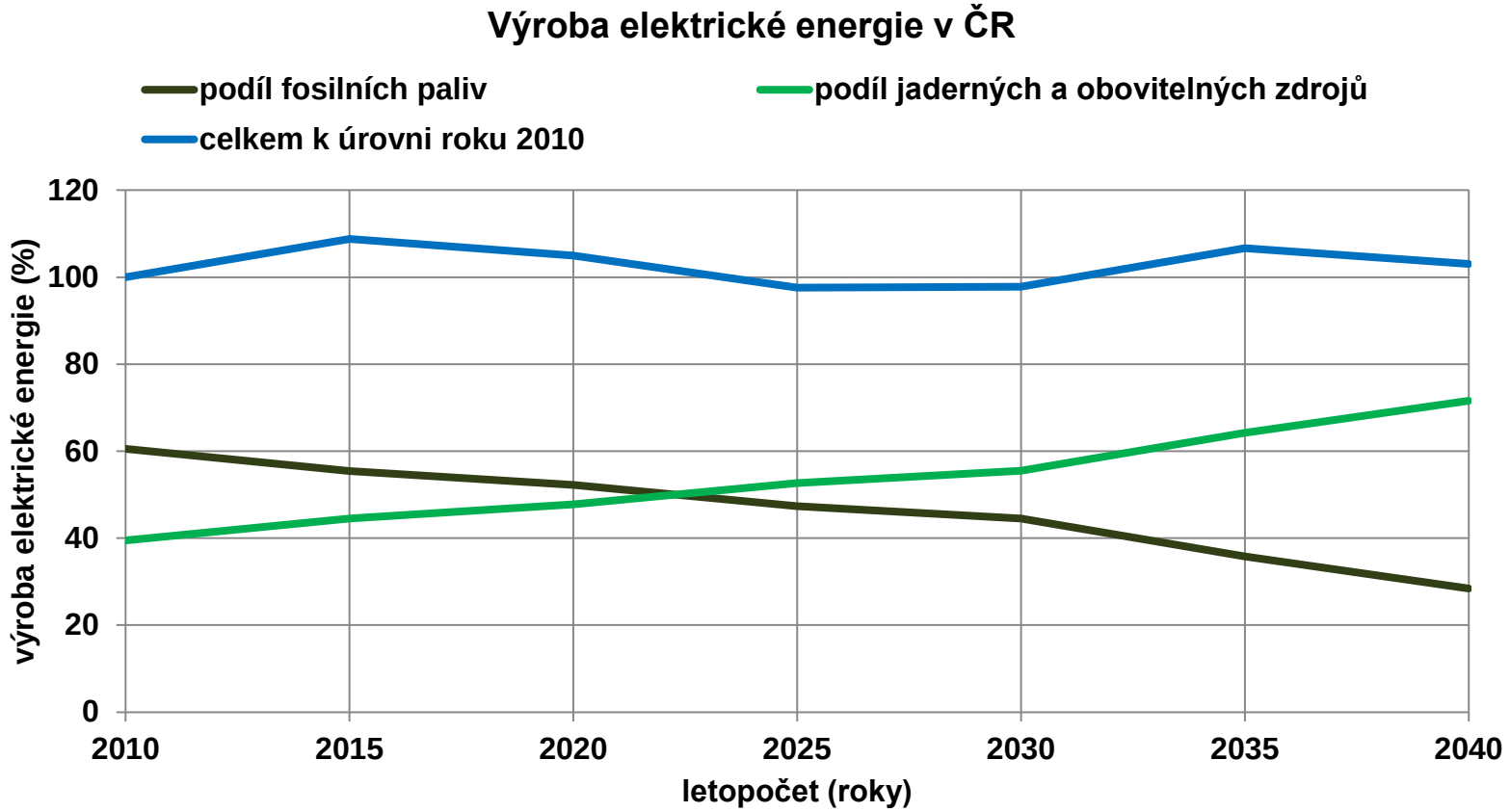
⇒ 1 kWh elektrické energie ze sítě nahradí 7,5 kWh energie nafty (0,75 litru)



=>cíl ASEK naradit ročně 9 TWh ropných paliv 1,9 T Wh elektřiny je splnitelný

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

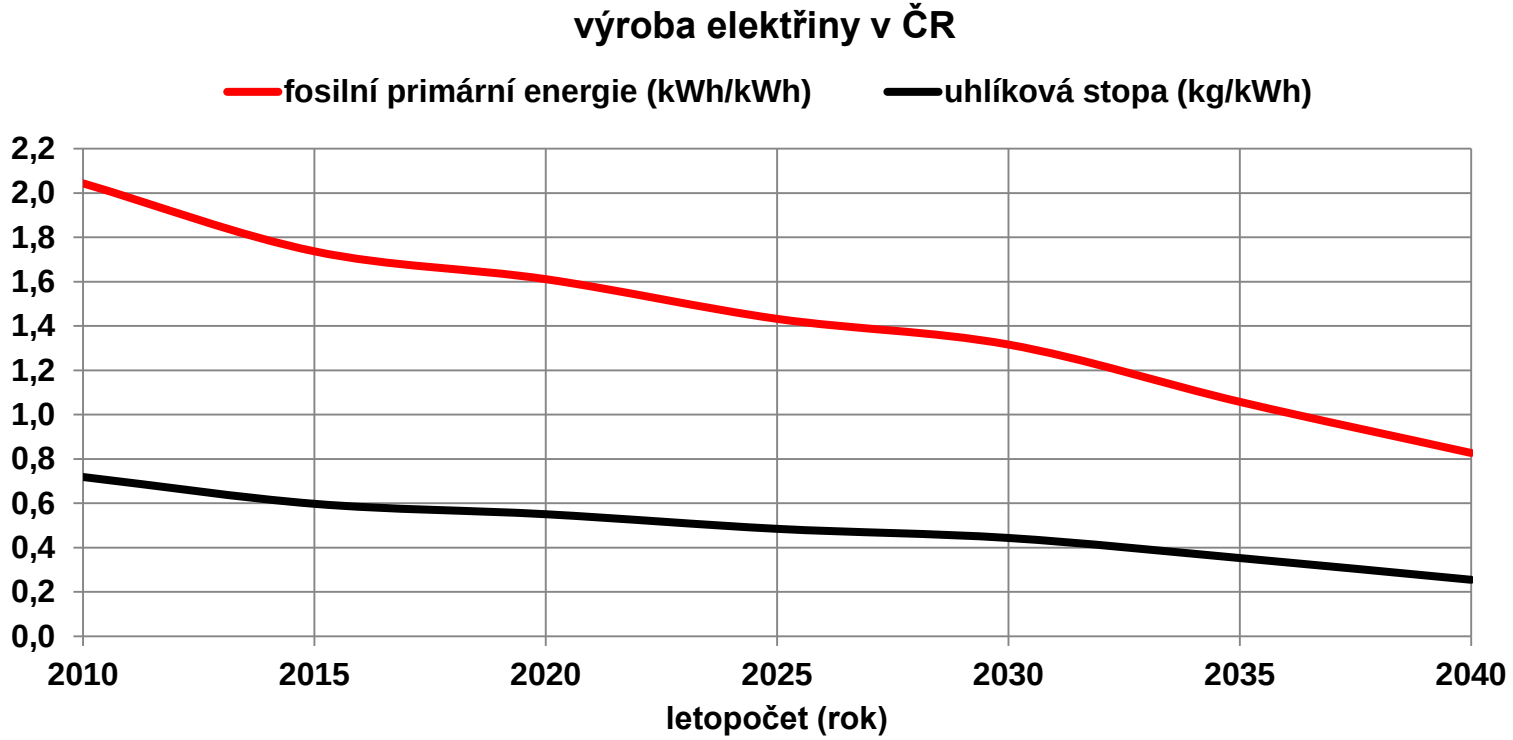
MPO ČR (2014)
Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR



Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR předepisuje snížit do roku 2040 podíl fosilních paliv na výrobě elektrické energie ze 61 % na 28 %.
Tím dojede ke snížení uhlíkové stopy při výrobě elektrické energie pod polovinu.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

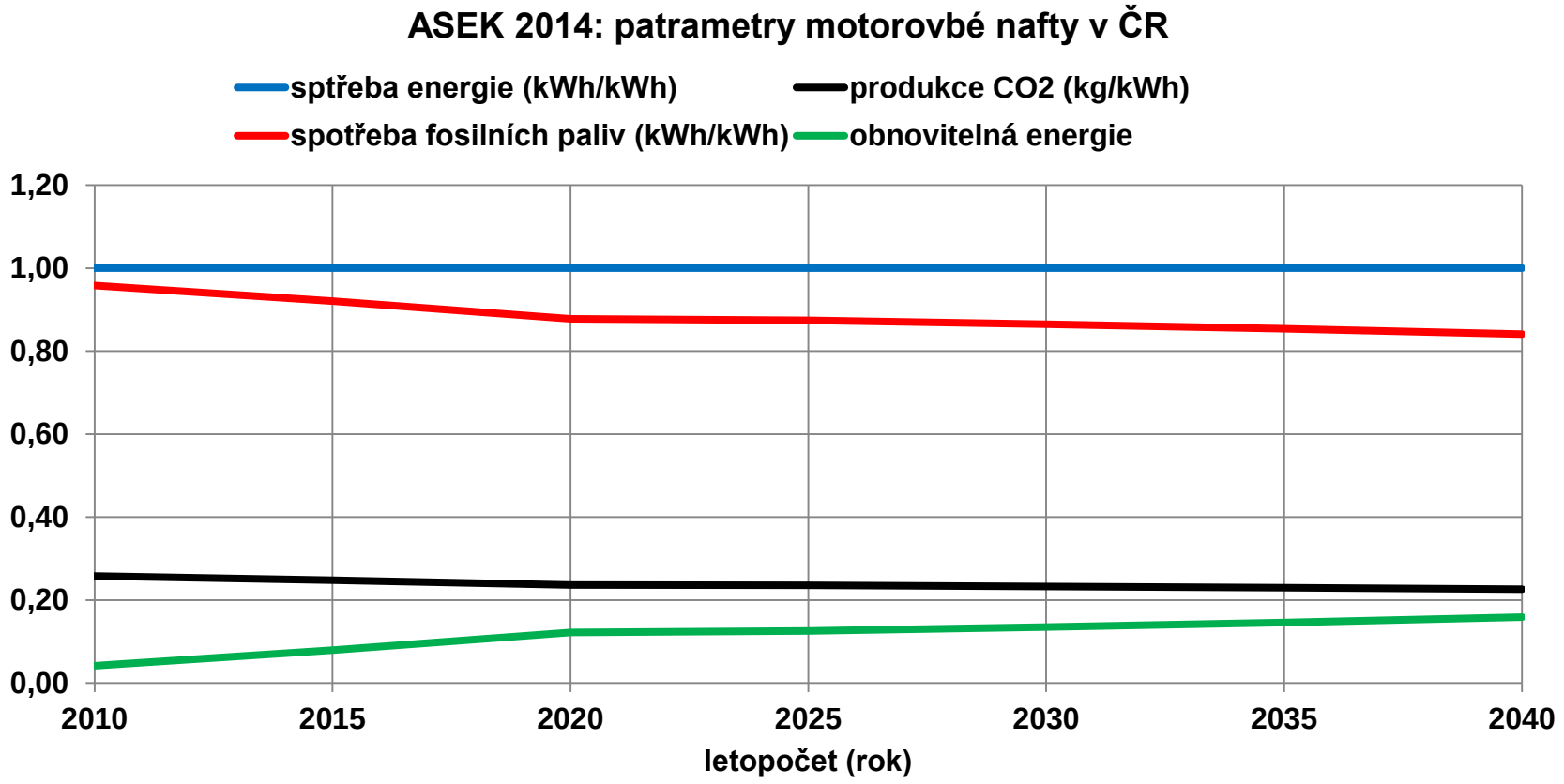
MPO ČR (2014)
Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR



vývoj v elektrárenství: potřeba fosilních paliv potřebných k výrobě elektrické energie a spolu s tím i uhlíková stopa elektrické energie budou trvale klesat.
=> při orientaci dopravy na elektrickou vozbu bude klesat závislost dopravy na fosilních palivech i produkce oxidu uhličitého dopravou

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

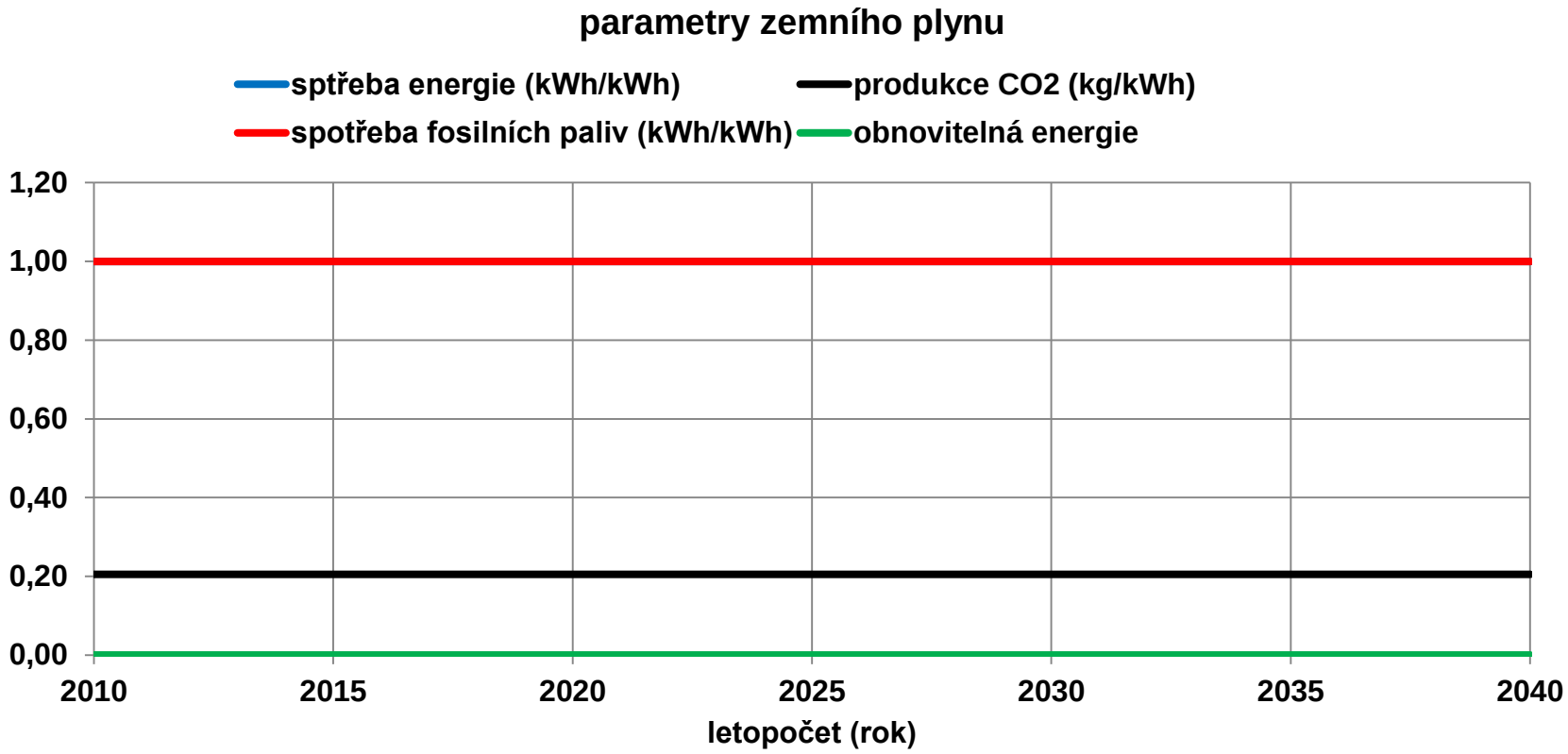
MPO ČR (2014)
Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR



vývoj v oblasti kapalných paliv: po roce 2020 již nebude možno zvyšovat osevní plochy biopaliv, produkci oxidu uhličitého již neleze toto cestou více snižovat

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

MPO ČR (2014)
Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR



vývoj v oblasti CNG: do budoucna se v ČR předpokládá výhradní orientace na fosilní zemní plyn, produkce oxidu uhličitého nebude vůbec klesat

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Motivace

SIEMENS

Rozumně aplikovaná moderní železniční doprava s elektrickou vozbou naplňuje strategické společenské cíle:

- **je energeticky úsporná,**
- **dokáže fungovat bez spalování fosilních paliv,**
- **vystačí s malým počtem pracovních sil,**
- **umožňuje občanům cestování s aktivním využitím času k práci.**

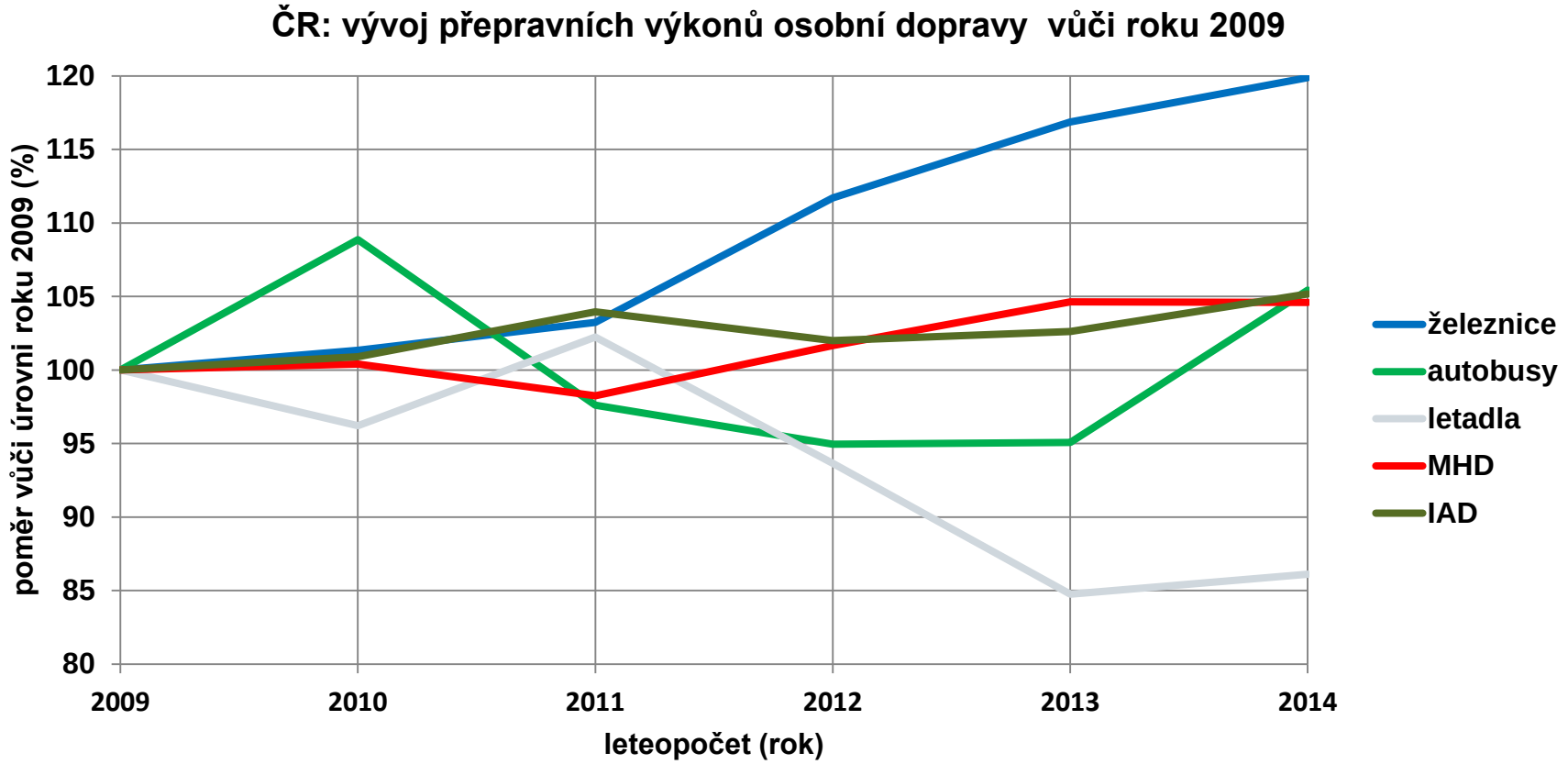
Avšak má renomé pomalého, nespolehlivého, nepružného a nepohodlného dopravného prostředku, kterým lidé moc jezdit nechtějí.

Podíl železnice na celkových přepravních výkonech v ČR zhruba již od roku 1920 soustavně klesal. Historického minima 5,9 % dosáhl v roce 2008.

Od té doby přepravní výkony na železnici trvale rostou, průměrně o 4 % ročně. V průběhu 5 let (2010 až 2014) narostly o 20 % a železnice dosáhla podílu 7,1 % na celkových přepravních výkonech v ČR.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

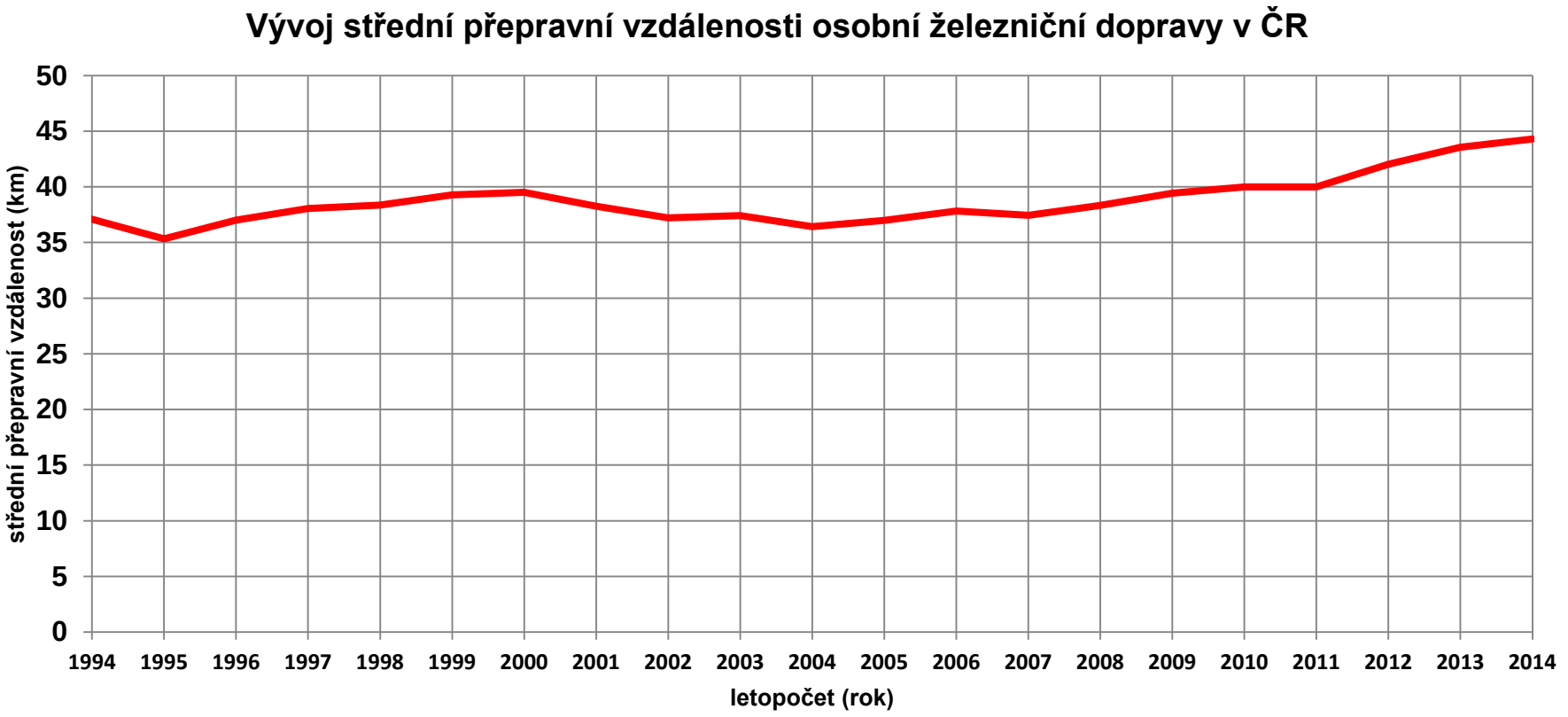
Trendy v osobní dopravě v ČR
Vývoj posledních pěti let



Podíl železnice na přepravních výkonech trvale roste
=> obyvatelstvo má zájem o kvalitní veřejnou hromadnou dopravu.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Železnice se profiluje především v oblasti dálkové dopravy



=> přepravní výkony dálkové (nadregionální) železniční dopravy rostou rychleji, než v regionální železniční dopravě (nárůst zhruba o 6 % ročně)

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Meze použitelnosti železniční dopravy

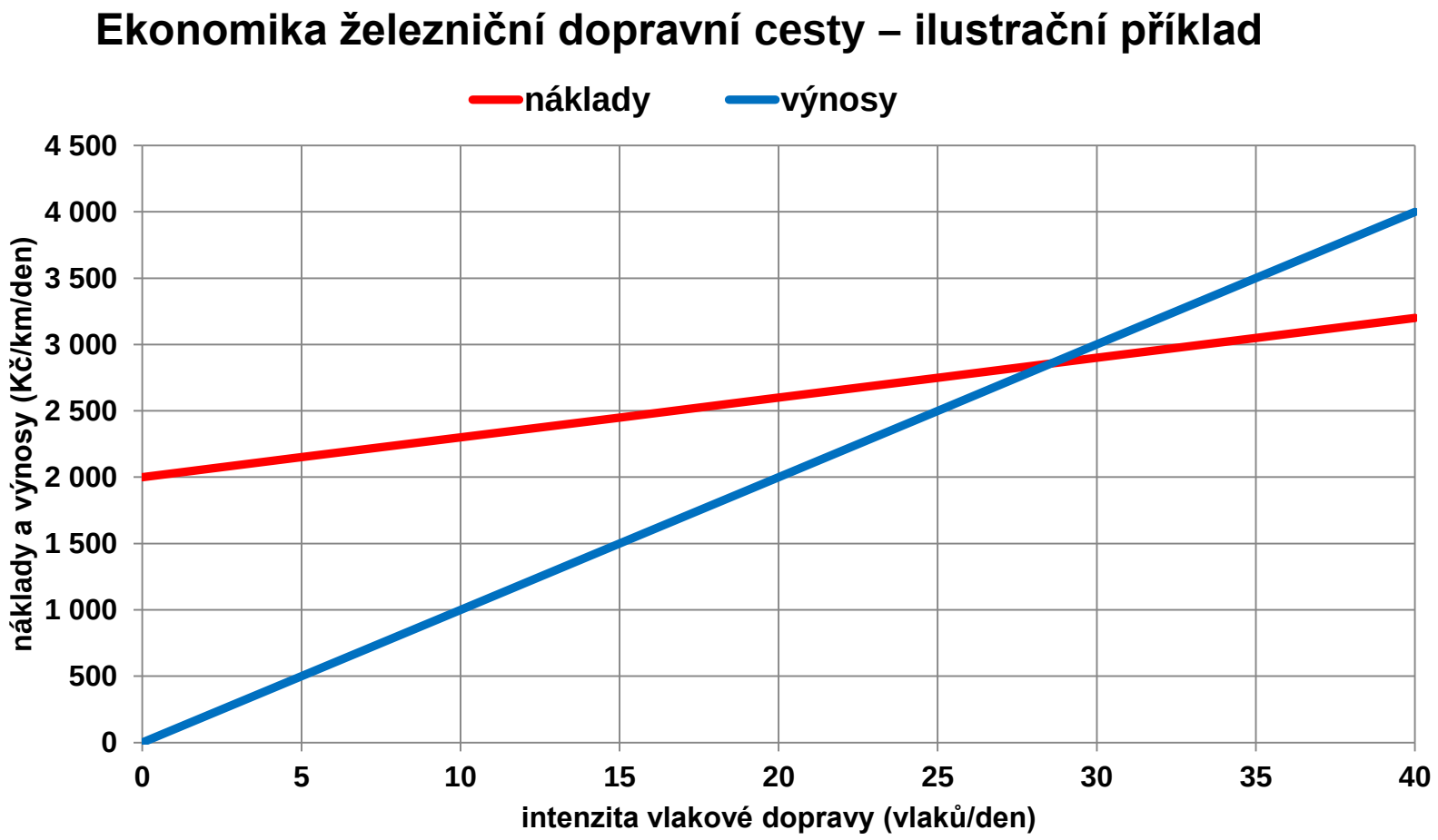
Obecné ekonomické a energetické přednosti železniční dopravy (respektive kolejové dopravy) má smysl využívat tam, kde nejsou negovány vysokými fixními náklady na vybudování, provozování a udržování provozuschopnosti železničního dopravního systému.

Musí být splněny tři podmínky:

- **Střední traťový přepravní tok (osob/rok, netto t/rok) musí být nadlimitní – fixní náklady infrastruktury je nutno rozpočítat na náležitý počet přepravených osob či zboží.**
- **Přepravované kvantum (osob/vlak, netto t/vlak) musí být nadlimitní – základní náklady jízdy vlaku je nutno je nutno rozpočítat na náležitý počet přepravených osob či zboží.**
- **Přepravní poptávka musí být trvalá – náklady na pořízení vozidel je nutno rozpočítat na náležitě velkou ujetou vzdálenost (km/rok).**

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Meze použitelnosti železniční dopravy

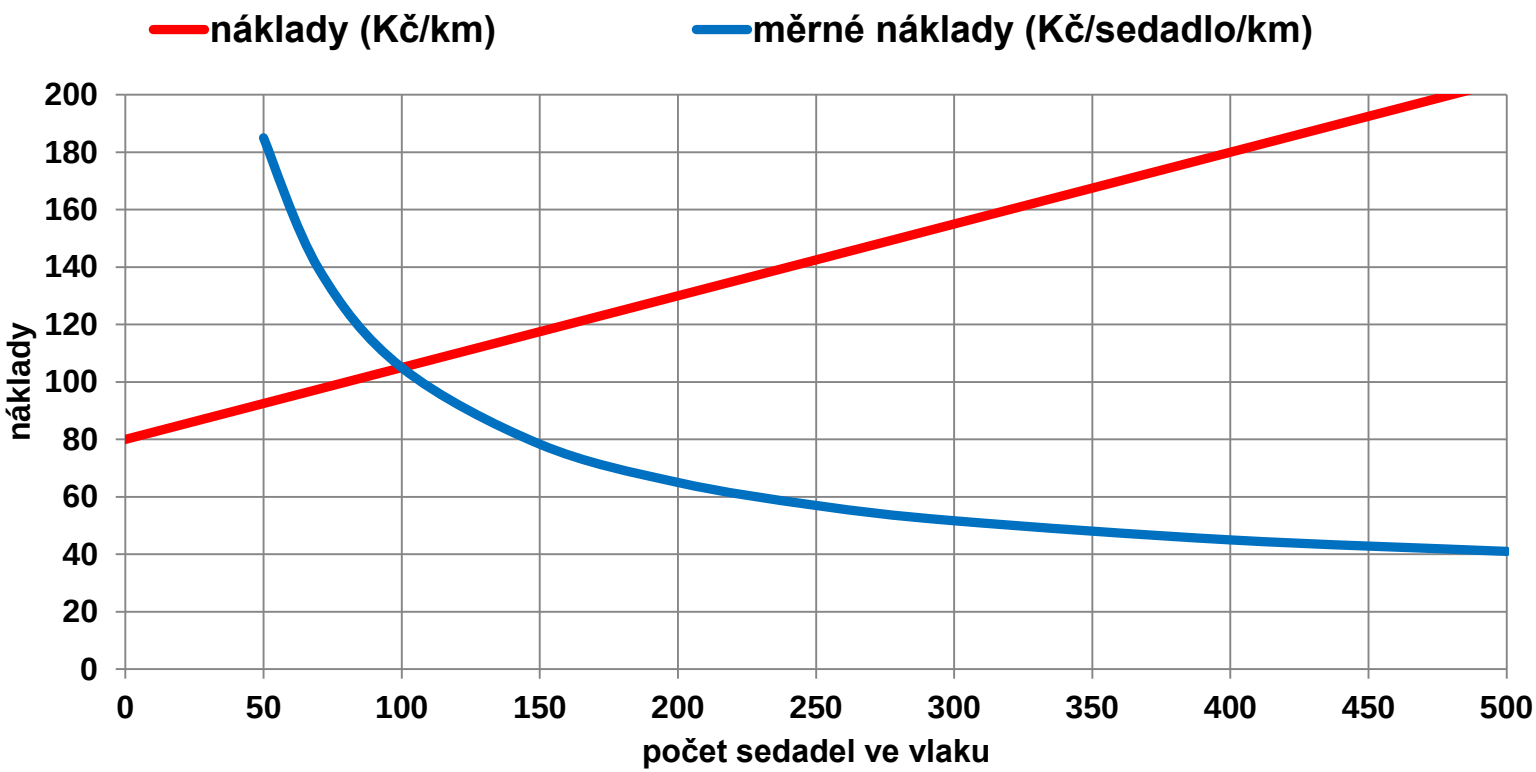


© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Meze použitelnosti železniční dopravy

SIEMENS

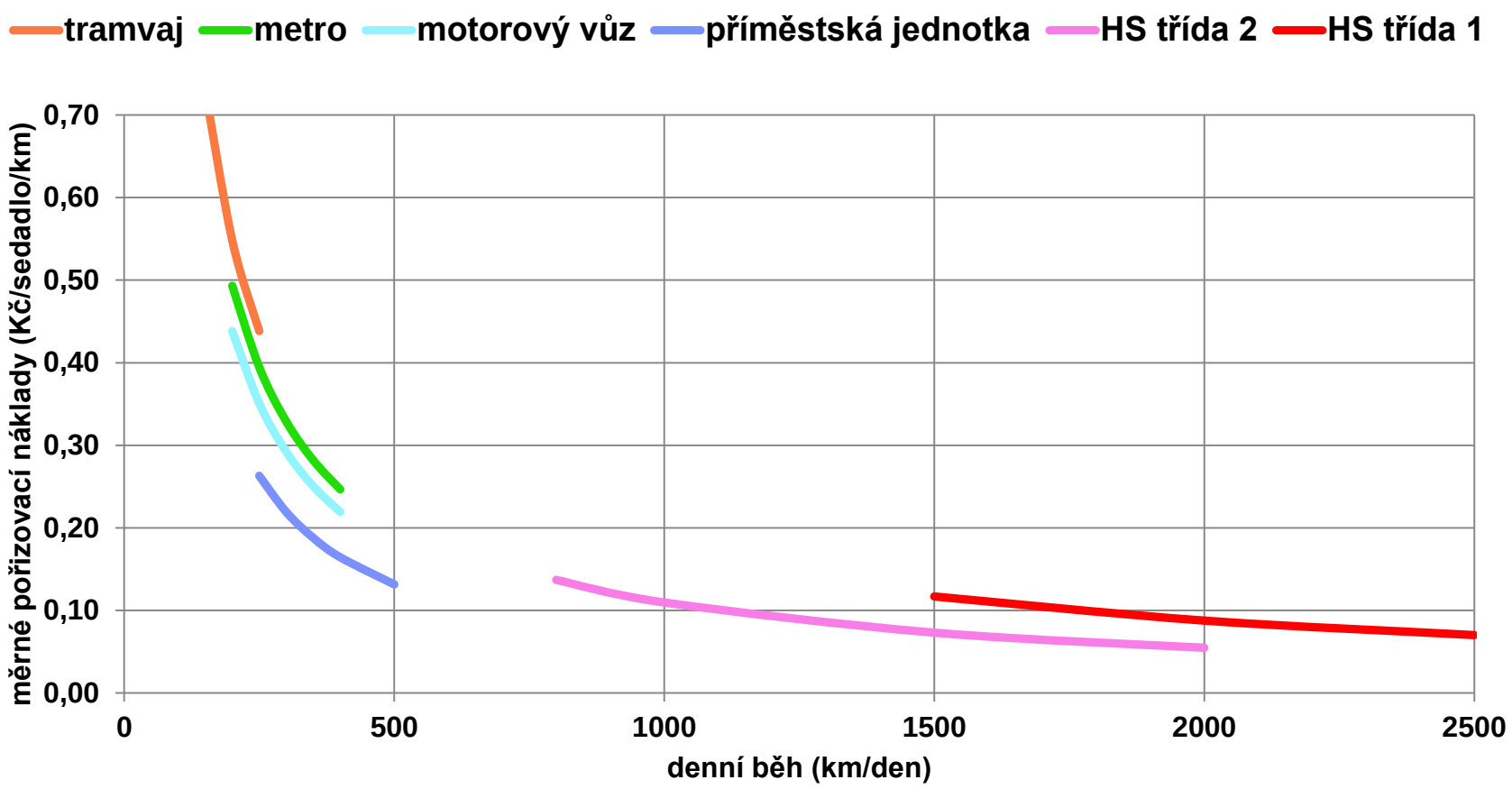
Ekonomika vlakové dopravy – ilustrační příklad



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

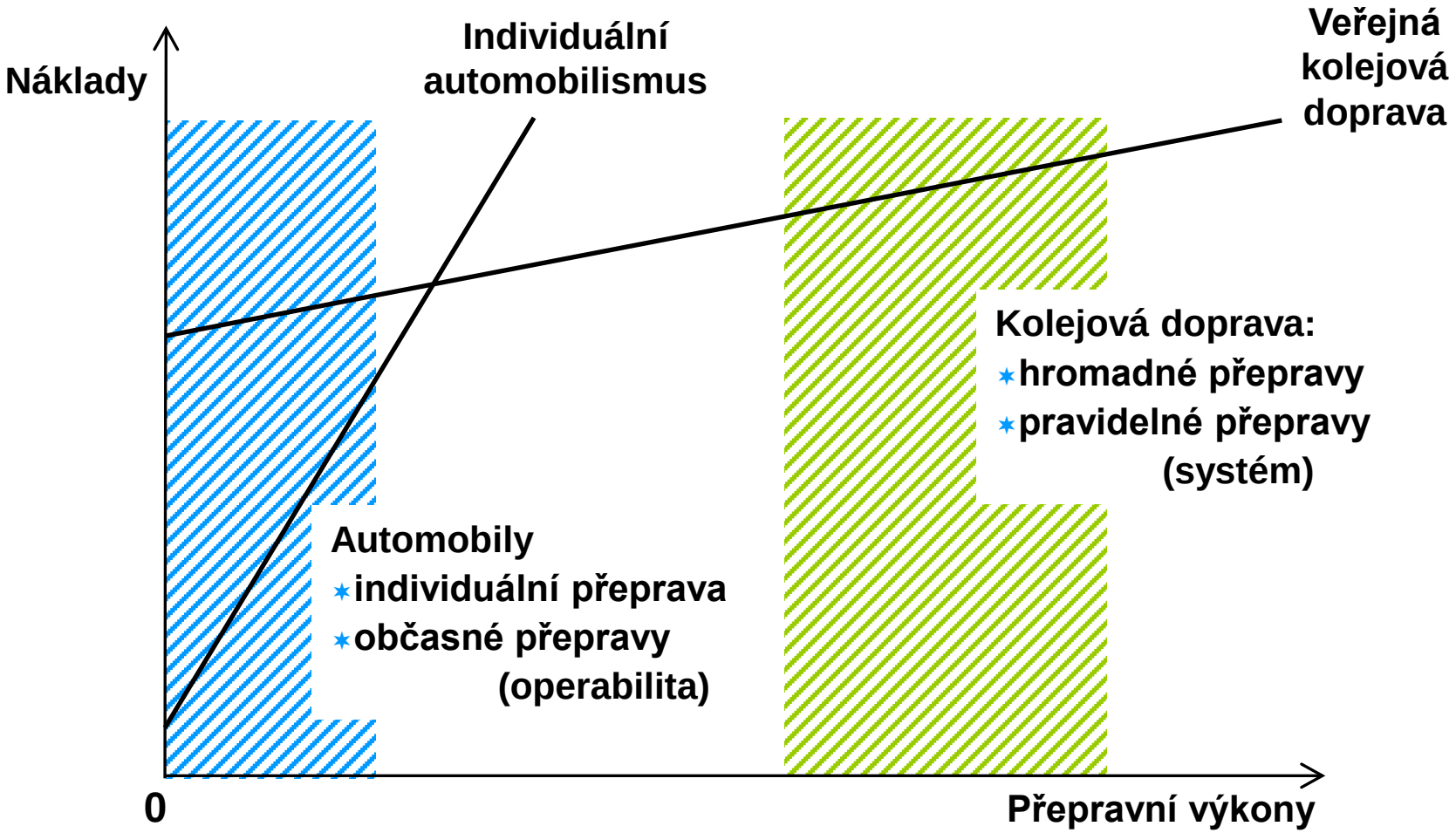
Meze použitelnosti železniční dopravy

Ekonomika provozu kolejového vozidla – ilustrační příklad



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Oblasti optimální aplikace jednotlivých druhů dopravy



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

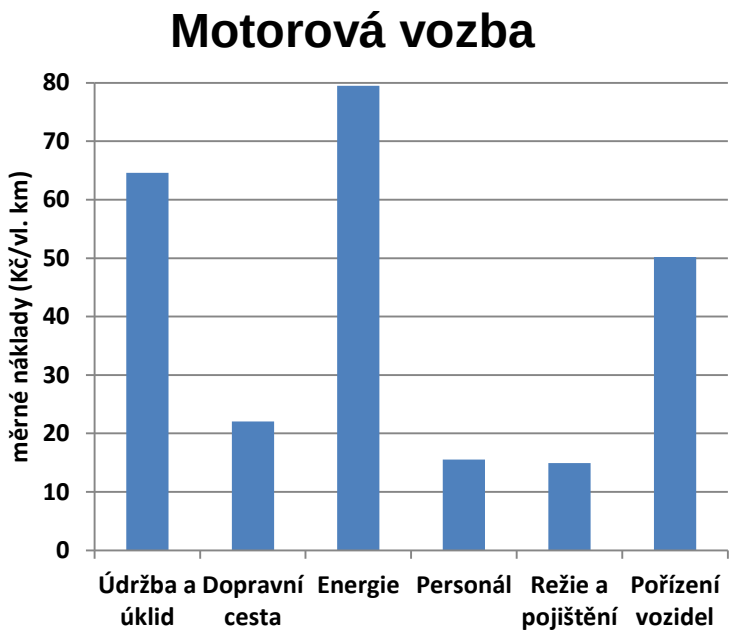
Ekonomická výhodnost elektrické vozby

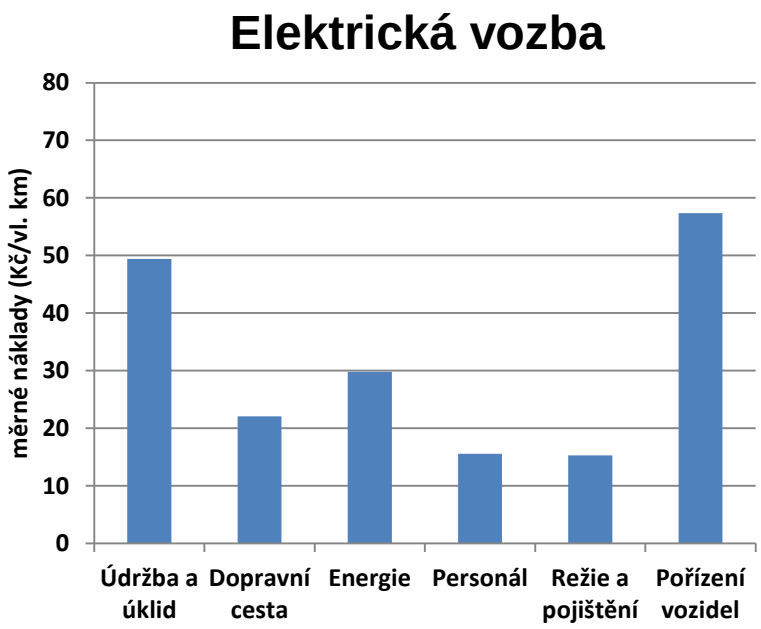
- **Z jednoho litru motorové nafty za 25 Kč (cena bez DPH) s tepelným obsahem 10 kWh lze vyrobit cca 3,5 kWh elektrické energie, tedy 1 kWh za 7,1 Kč.**
- **To je téměř trojnásobek běžné ceny elektrické energie z vn sítě (cca 2,50 Kč/kWh).**
- **Elektrická vozba umožňuje rekuperaci brzdové energie**
- **Elektrická vozba je zásadní předností železnice.**
- **Elektrická vozba je předností, která bude stále významnější.**

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Elektrická vozba je zásadním nástrojem ke snížení nákladů vlakové dopravy

SIEMENS



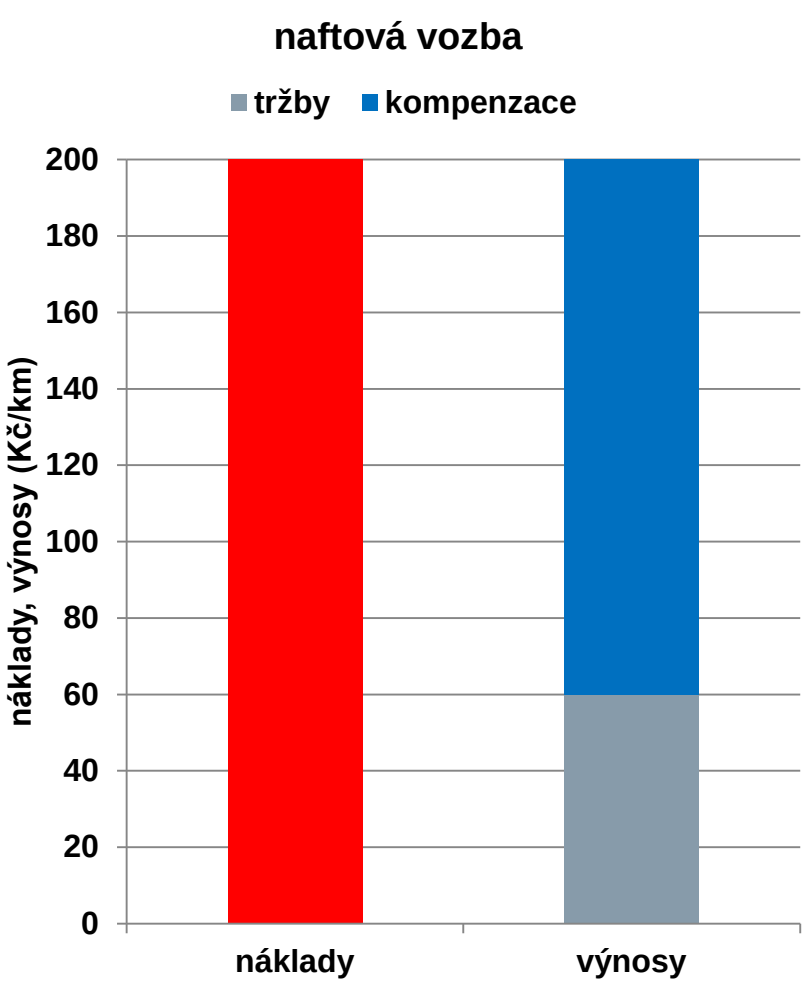


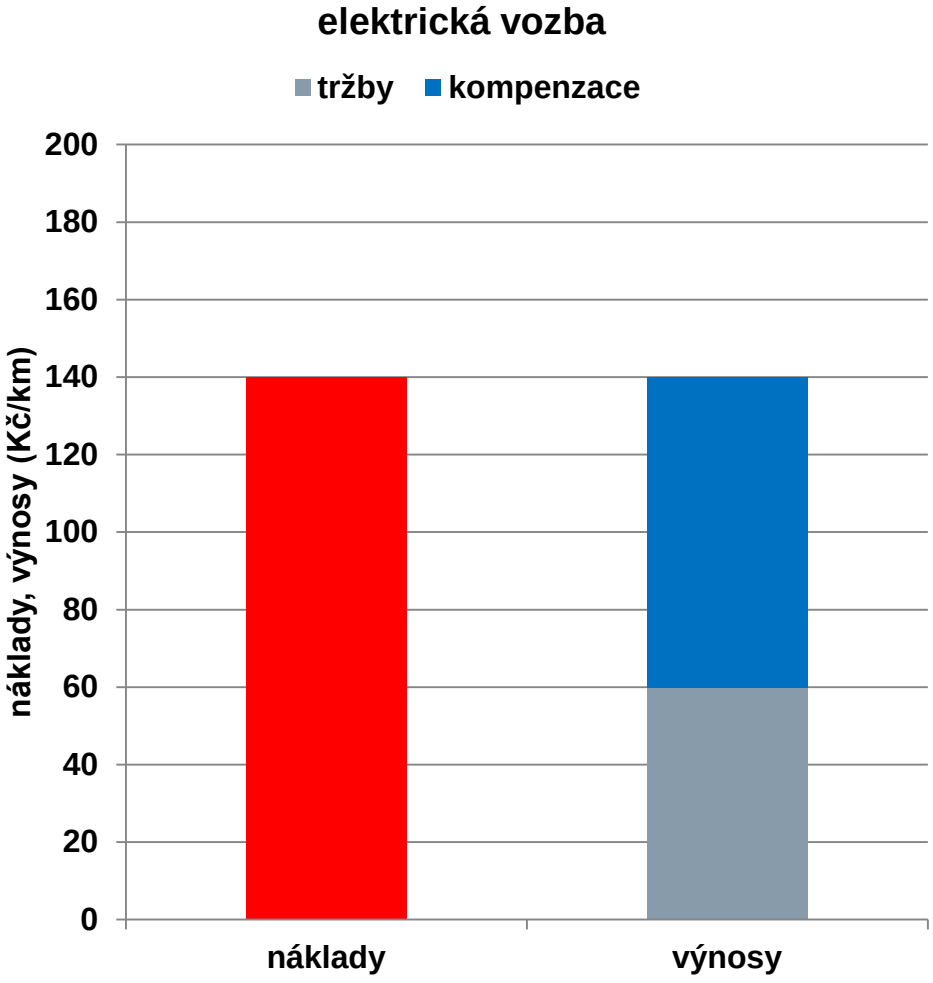
a) z jednoho litru nafty (tepelný obsah 10 kWh) za zhruba 25 Kč lze v dieselagregátu vyrobit zhruba 3,5 kWh – tedy 1 kWh za cca 7,1 Kč. To je zhruba trojnásobná cena vůči elektrické energii z trakčního vedení,

b) u elektrických vozidel lze navíc ušetřit elektrickou energii rekuperačním brzděním (u zastávkových vlaků kolem 30 %).

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Vliv elektrizace na výdaje objednatele veřejné osobní dopravy





© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Polarizace železniční sítě

Větší část sítě železnic (regionální tratě) má problémy s ekonomickou efektivností (a v řadě případů i s udržitelností své existence) z důvodu slabé přepravní poptávky

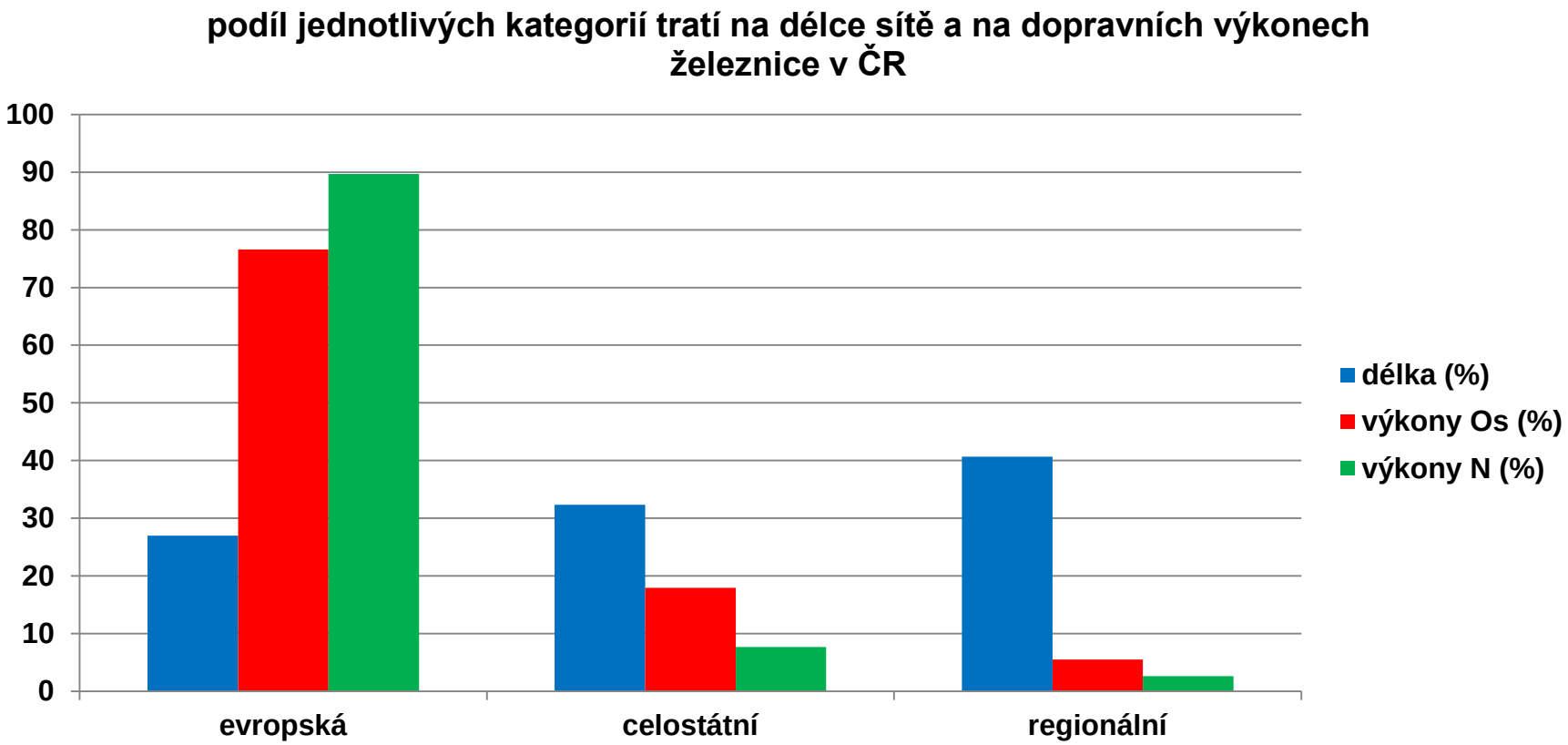
Menší část sítě (tratě sítě TEN–T) má problém s kapacitním zvládnutím silné přepravní poptávky. Je nutnost posílit všechny její strukturální subsystémy (INS, ENE, CCS, RST).

Kladná zpětná vazba investic:

- do tratí se silnou přepravní poptávkou je investováno, stávají se ještě kvalitnější a tím i atraktivnější,
- do tratí se slabou přepravní poptávkou není investováno, chátrají a jejich použitelnost klesá.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

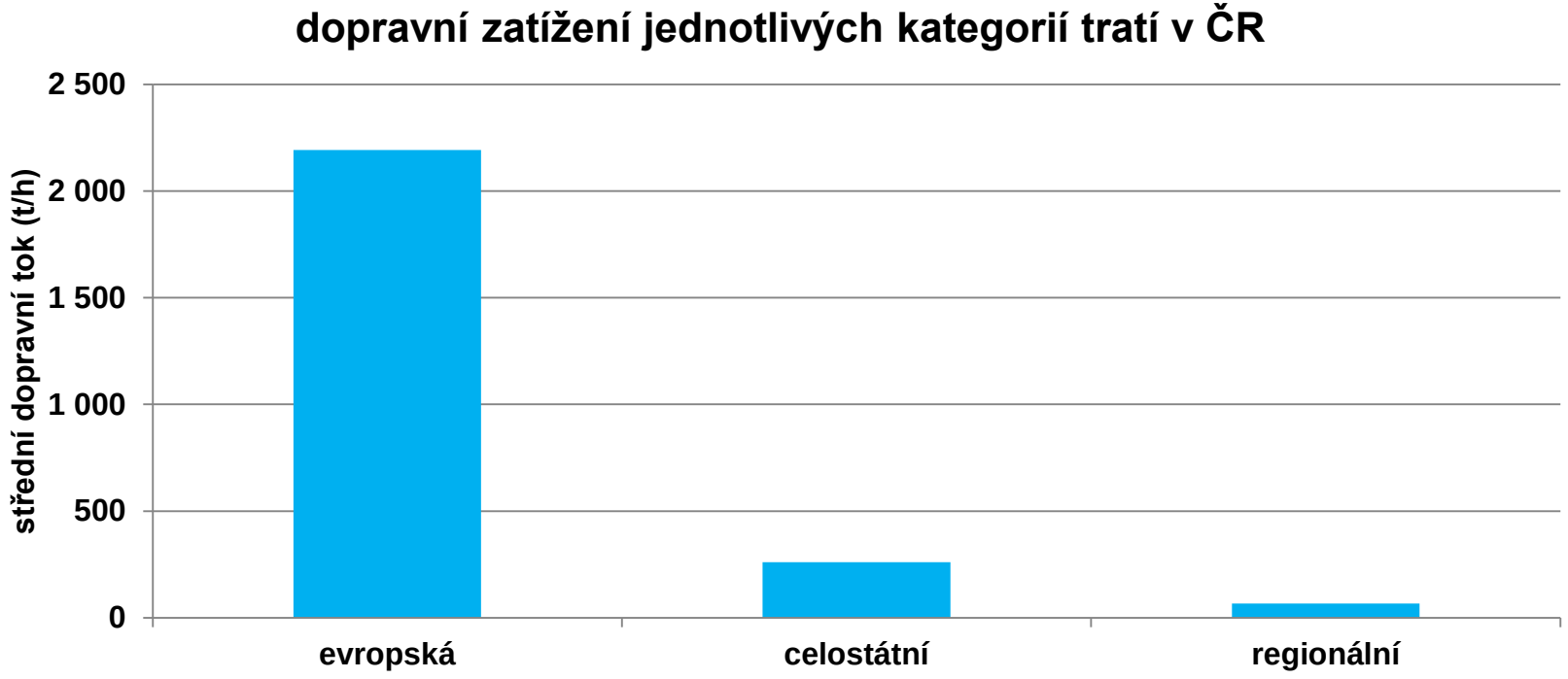
Polarizace železniční sítě v ČR
(Paretovo pravidlo: 20 % příčin má 80 % následků)



Jak osobní tak zejména nákladní přeprava, se soustřeďuje malou část sítě.
Tratě TEN-T v ČR: 27 % délky sítě, 84 % dopravních výkonů.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Polarizace železniční sítě



Tratě sítě TEN-T jsou v průměru využívány 33 krát více, než tratě regionální.

Je nanejvýš potřebné segregovat provoz rychlých vlaků dálkové dopravy osob a balíčkového zboží jejich převedením na nově vybudované vysokorychlostní (HS) tratě pro rychlost 300 km/h. Konvenční(CR) tratě ponechat zejména nákladní dopravě (RFC koridory).

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Polarizace osídlení

Poptávka po přepravě (zejména osobní) není po ploše území rovnoměrně rozptýlena.

Celoplošná železniční síť není rovnoměrně zatížena

Železniční síť byla vybudována pro jiné, než současné osídlení:

- pokleslo osídlení a hospodářské aktivity venkova a menších měst,

- vzrostlo osídlení a hospodářské aktivity velkých měst a jejich okolí měst.

Vývoj dělby práce vede k prohlubování tohoto trendu. Cílem je rozšíření ekonomicky aktivního života na větší ploch území je zvětšení dosahu velkých měst. Nástrojem k tomu je kvalitní veřejná doprava.

K rozšíření spádových oblastí velkých měst je nutno zvětšit poloměr izochrony denní denního dojíždění – zvýšit rychlost veřejné dopravy

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Polarizace regionální železniční dopravy

Růst významu velkých měst ovlivnil funkci regionální dopravy:

- příměstská regionální doprava (radiály směřující do velkých měst) se vyznačuje velmi silnou poptávkou po přepravě). Dosahuje horní meze přepravní výkonnosti (nestačí uspokojit přepravní poptávku),

- (odlehlá) venkovská regionální doprava (zejména od centra regionu vzdálenější tangenty se vyznačuje slabou přepravní poptávkou. Pohybuje se kolem dolní meze přepravní výkonnosti (hranice ekonomické udržitelnosti).

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Regionální osobní železniční doprava

Příměstská
- radiální tratě (zpravidla hlavní, ale i vedlejší) v okolí velkých měst,

typicky:
- elektrifikovaná dvojkolejná trať,
- souběžná dálková osobní doprava,
- souběžná nákladní doprava,
- traťová rychlost je vyšší, než je zastávkovým vlakem využitelné

Venkovská
- boční tratě (zpravidla vedlejší, ale hlavní) odlehlé od velkých měst,

typicky:
- neelektrifikovaná jednokolejná trať,
- žádná dálková osobní doprava,
- skoro žádná nákladní doprava,
- traťová rychlost je nižší, než je zastávkovým vlakem využitelné

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Role a pozice železniční dopravy v dopravním systému

Realita 21. století:
- **obyvatelstvo má k dispozici automobily a může je využívat,**
- **objednatel veřejné dopravy má i jiné možnosti, než železnici (autobusy).**

Rozhodující je intenzita přepravní poptávky (přepravní tok):

$$i_p = dN_c/dT \text{ (osob/h)}$$

i_p … intenzita přepravní poptávky
N_c … počet cestujících
T … čas

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Role a pozice železniční dopravy v dopravním systému

S přepravní poptávkou musí být v určité rovnováze přepravní nabídka:

$i_n = N_s/T_i$ (sedadel/h)

i_n … intenzita přepravní nabídky
N_s … počet sedadel
T_i … interval mezi vlaky

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Interval mezi vlaky

Interval mezi vlaky (základní takt jízdního řádu) je u regionálních osobních zastávkových vlaků reálně použitelných v mezích:

- **ne menší než 15 minut, aby zbyla kapacita trati i na ostatní vlaky – EC/IC, R, Nex, Pn (nižší hodnoty jsou možné pouze u systémů S-Bahn s vlastními kolejemi),**

- **ne delší než 1 hodina, aby byly cestující byli ochotni na vlak čekat**

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Velikost vlaku (přepravní kapacita)

Velkost vlaku (přepravní kapacita) je u regionálních osobních zastávkových vlaků reálně použitelných v mezích:

-ne menší než cca 120 sedadel
(provoz menších vlaků je velmi drahý),

-ne větší než cca 800 sedadel při délce nástupiště 200 m
(dvoupodlažní jednotka 4 sedadla /m)

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Rozmezí přepravní nabídky regionální vlakové dopravy

Minimální hospodárná intenzita přepravní nabídky:

$i_{nMin} = N_{sMin} / T_{iMax} = 120 / 1 = 120$ sedadel/h

Maximální zvládnutelná intenzita přepravní nabídky:

$i_{nMax} = N_{sMax} / T_{iMin} = 400 / 0,25 = 1\ 600$ sedadel/h

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Rovnováha nabídky a poptávky

Pokud je intenzita přepravní poptávky větší, než intenzita přepravní nabídky ($i_p > i_n$) , klesá kvalita veřejné dopravy, cestující nejsou spokojení:

-ne všichni sedí, část cestuje ve stoje,

-velká prostorová hustota stojích je nepříjemná, obtěžuje i sedící osoby (obtížný průchod vozem, hluk, problémy s ukládáním zavazadel a kabátů stojících, čekání na volné WC, …),

- stání ve velké plošné hustotě (nad 2,5 osob na m^2) vede k fyzickému kontaktu osob a tím k obtížnému odvodu tepla z povrchu lidského těla – lidé se potí,

- pomalý nástup a výstup cestujících prodlužuje dobu pobytu na zastávkách, klesá cestovní rychlost vlaku.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Rovnováha nabídky a poptávky

Pokud je intenzita přepravní poptávky mírně menší, než intenzita přepravní nabídky ($i_p < i_n$), klesá kvalita veřejné dopravy, cestující jsou spokojení, cestování je pohodlné a rychlé. Systém má rezervu.

Určitá rezerva (převis poptávky nad nabídkou) je nezbytná:
-počet cestujících není každý den, u každého vlaku a v každém úseku stejný, jde o statisticky proměnnou veličinu. Důležitá je nejen střední hodnota, ale i směrodatná odchylka (sigma) - nabídka počtu sedadel musí převyšovat střední hodnotu přepravní poptávky,

- cestující v automobilu sedí. Nepřestoupí na vlak, ve kterém by musel stát. Vlak musí mít určitá volná sedadla, aby přilákal další cestující z automobilů (analogie s volnými stoly v restauraci),

- vozidlo má životnost 30 let, roční přírůstek přepravní poptávky o + 1 % znamená za dobu životnosti nárůst o 35 % ($1{,}01^{30} = 1{,}35$)

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Rovnováha nabídky a poptávky

Pokud je však intenzita přepravní poptávky o mnoho menší, než intenzita přepravní nabídky ($i_p << i_n$), je spokojenost cestujících s nabídkou veřejné dopravy časově omezená.

Systém totiž není ekonomicky stabilní.

Objednatel není ochoten dlouhodobě hradit dopravci velký rozdíl mezi náklady vlakové dopravy a výnosem z jízdného. Po čase přestane málo využitý vlak (či celou linku) objednávat. Dá přednost méně výkonnému dopravnímu systému, který je při tak nízkém zatížení levnější (autobus, IAD, kolo, pěší chůze).

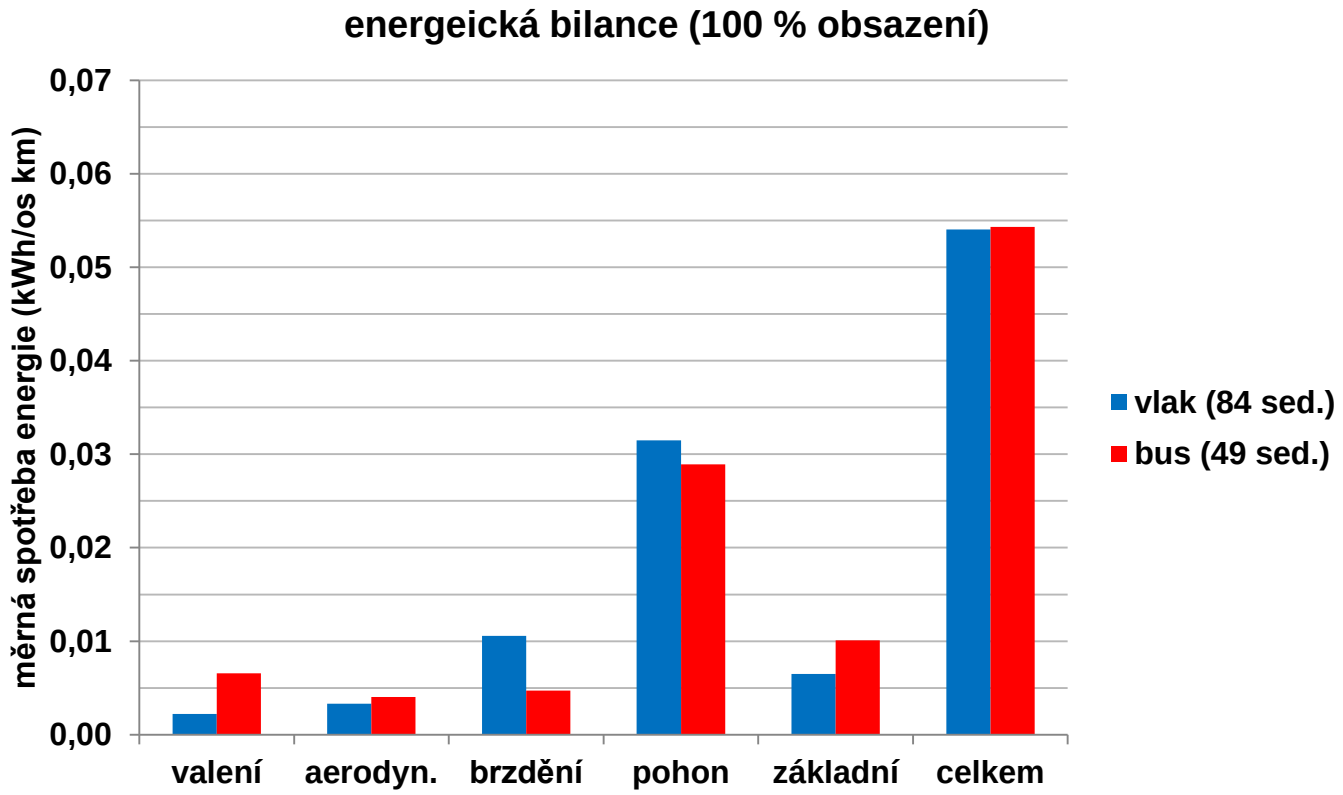
Respektive cestující není ochoten platit tak vysoké daně, aby mu za ně objednatel hradil příliš předimenzovaný dopravní systém.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přeprava malého množství osob (regionální obsluha) (porovnání autobus 12 m a vlak 2 x 14 m, oboje naftový pohon

autobus: výhoda nižší hmotnosti na sedadlo (340 kg versus 500 kg) – avšak bez WC a prostoru pro přepravy zavazadel,

vlak: výhoda nižšího valivého odporu (1,5 N/kN versus 8 N/kN), mírně lepší aerodynamika (dvě vozidla v zákrytu)

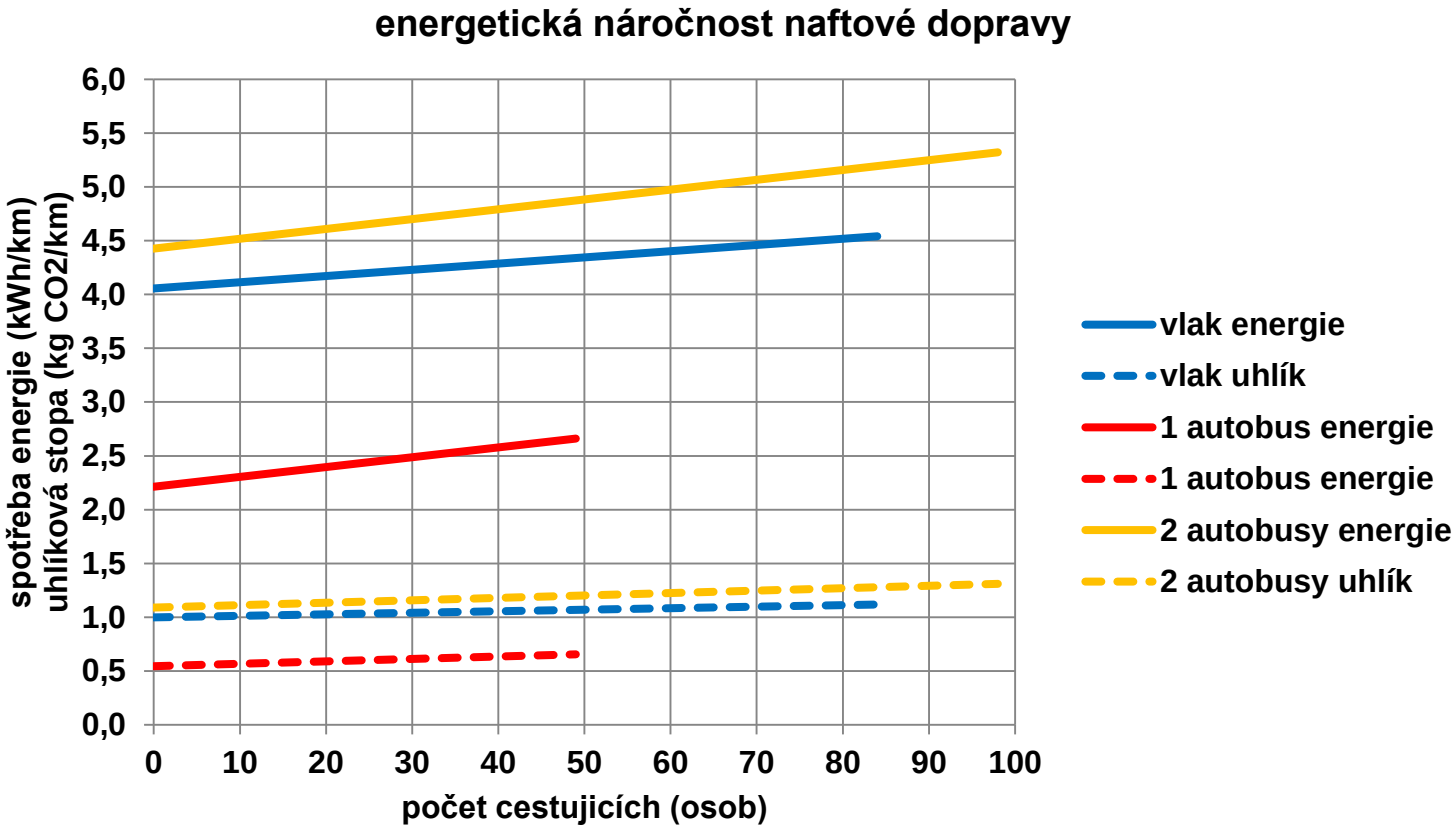


© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přeprava malého množství osob (regionální obsluha) (porovnání autobus 12 m a vlak 2 x 14m, oboje naftový pohon

autobus: výhoda nižší hmotnosti na sedadlo (340 kg versus 500 kg) – avšak bez WC a prostoru pro přepravy zavazadel,

vlak: výhoda nižšího valivého odporu (1,5 N/kN versus 8 N/kN), mírně lepší aerodynamika (dvě vozidla v zákrytu)

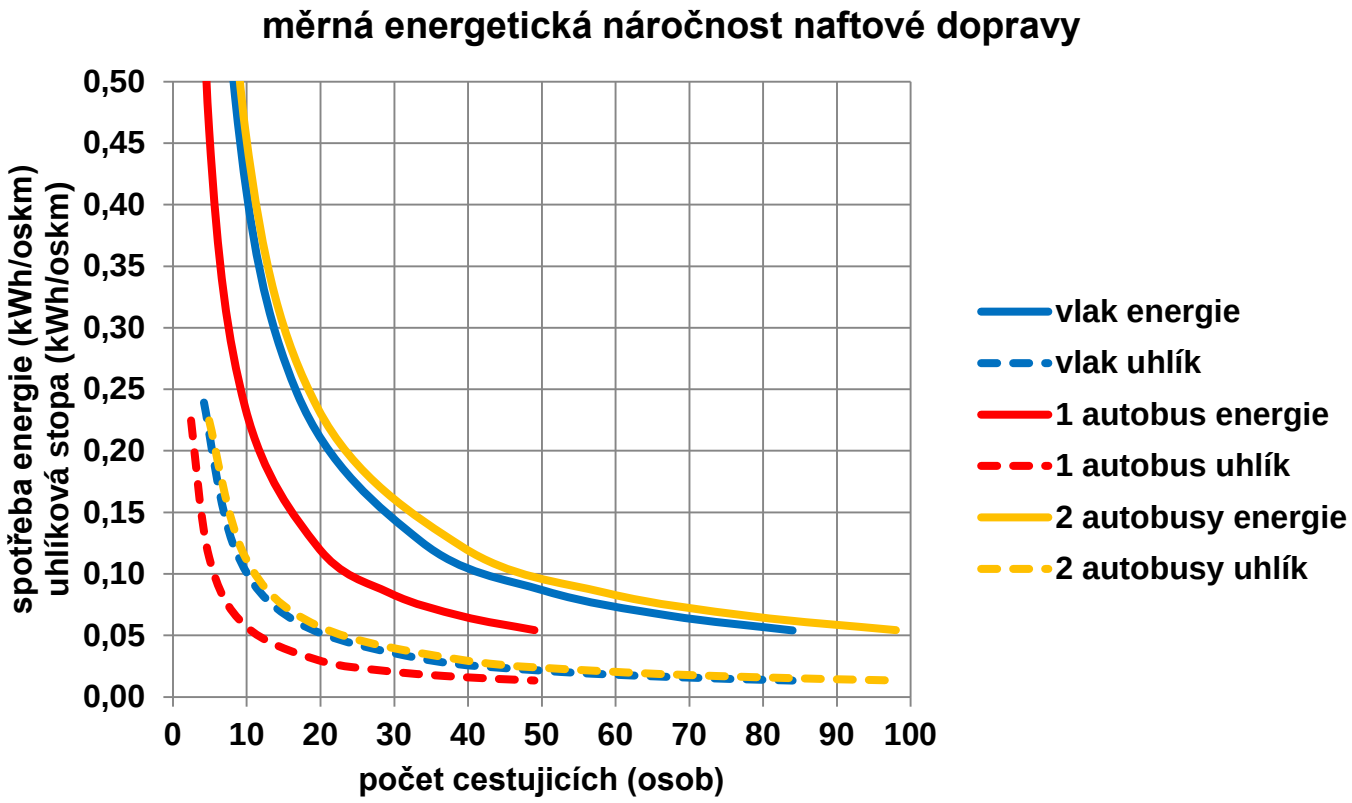


© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přeprava malého množství osob (porovnání autobus 12 m a vlak 2 x 14m, oboje naftový pohon

autobus: výhoda nižší hmotnosti na sedadlo (340 kg versus 500 kg) – avšak bez WC a prostoru pro přepravy zavazadel,

vlak: výhoda nižšího valivého odporu (1,5 N/kN versus 8 N/kN), mírně lepší aerodynamika (dvě vozidla v zákrytu)



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Alternativa: zemní plyn – vlastnosti paliva ve srovnání s přírodní naftou

SIEMENS

Porovnání paliv

palivo	obsah uhlíku	produkce CO_2	měrná hmotnost	výhřevnost	obs. obn. paliv	produkce CO_2	poměr produkce CO_2	spotřeba fosilních paliv	poměr spotř. fos. paliv
	%	kg/kg	kg/dm^3	kWh/kg	%	kg/kWh_t	%	kWh/kWh	%
ropná nafta	87	3,19	0,83	11,86	0	0,269	100	1,00	100
zemní plyn	76	2,79	0,0008	13,61	0	0,205	76	1,00	100

Vlivem vyššího obsahu vodíku má zemní plyn (metan) o 24 % nižší produkci CO_2 na jednotku teplené energie, než ropná nafta.

V obou případech se jedná o 100 % fosilní paliva

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Alternativa: zemní plyn – vlastnosti paliva ve srovnání s motorovou naftou

SIEMENS

Porovnání paliv

palivo	obsah uhlíku	produkce CO_2	měrná hmotnost	výhřevnost	obs. obn. paliv	produkce CO_2	poměr produkce CO_2	spotřeba fosilních paliv	poměr spotř. fos. paliv
	%	kg/kg	kg/dm^3	kWh/kg	%	kg/kWh_t	%	kWh/kWh	%
ropná nafta	87	3,19	0,83	11,86	0	0,269	109	1,00	109
směsná nafta	87	3,19	0,83	11,86	8	0,247	100	0,92	100
zemní plyn	76	2,79	0,0008	13,61	0	0,205	83	1,00	109

Pro pohon vozidel však není používána ropná nafta, ale směsná nafta .
V roce 2015 je v kapalných palivech pro dopravu podíl 8 % biopaliv.
V porovnání se směsnou naftou, která obsahuje kromě ropné nafty též metylester řepkového oleje, se tímto efekt zemního plynu z hlediska obsahu CO_2 snižuje na 17 %.
Část směsné nafty pochází z obnovitelných zdrojů .
Oxid uhličitý, uvolňovaný do ovzduší při spalování metylesteru řepkového oleje, je kompenzován odběrem oxidu uhličitého z ovzduší fotosyntézou při pěstování řepky.
Přírodní zemní plyn je plně fosilním palivem.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Alternativa: zemní plyn – energetický dopad stlačování

SIEMENS

Porovnání paliv

palivo	obsah uhlíku	prod. CO_2	měrná hm.	výhř.	obsah obn. pal.	prod. CO_2	energie na stlačení	poměr spotřeby energie	uhlíková stopa elektřiny	výsled. prod. CO_2	pom. pr. CO_2	fosilní enegie elektřiny	spotřeba fosilních paliv	pom. sp. fos. paliv
	%	kg/kg	kg/dm^3	kWh/kg	%	kg/kWh_t	kWh_e/kWh_t	%	kg/kWh_e	kg/kWh_t	%	kWh_e/kWh_t	kWh/kWh	%
směsná nafta	87	3,19	0,83	11,86	8	0,247	0,00	100	0,60	0,247	100	1,74	0,92	100
zemní plyn	76	2,79	0,0008	13,61	0	0,205	0,00	100	0,60	0,205	83	1,74	1,00	109
stlačený zemní plyn	76	2,79	0,15	13,61	0	0,205	0,02	102	0,60	0,217	88	1,74	1,03	112

Z důvodu nízké měrné hmotnosti zemního plynu ve srovnání s naftou (0,75 kg/m^3 versus 830 kg/m^3) je nutno zemní plyn dvěstěkrát stlačovat (na 20 MPa).
To vyžaduje spotřebu 0,02 kWh elektrické energie pro pohon kompresoru na 1 kWh tepelné energie zemního plynu, tedy zvyšuje spotřebu energie o 2 %.
Energie potřebná na stlačení snižuje efekt zemního plynu z hlediska obsahu CO_2 na 12 %.
Náročnost zemního plynu na čerpání fosilních paliv oproti naftě se stlačením zvyšuje na 12 %.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Alternativa: zemní plyn – vliv technického řešení vozidel

SIEMENS

Porovnání vozidel											
palivo	obsah uhlíku	prod. CO_2	výhřevnost	obsah obn. paliv	prod. CO_2	výsl. prod. CO_2	účinnost spalovaní	trakční práce	poměr spotřeby energie	poměr produkce CO_2	poměr spotř. fos. paliv
	%	kg/kg	kWh/kg	%	kg/kWh_t	kg/kWh_t	%	%	%	%	%
ropná nafta	87	3,19	11,86	0	0,269	0,269	42	100	100	109	109
směsná nafta	87	3,19	11,86	8	0,247	0,247	42	100	100	100	100
zemní plyn	76	2,79	13,61	0	0,205	0,205	39	106	114	94	124
stlačený zemní plyn	76	2,79	13,61	0	0,205	0,217	39	106	116	100	128

Z důvodu nižší teploty vznícení zemního plynu oproti naftě nelze použít vznětový (Dieselův) motor s kompresním zapalováním (účinnost 42 %), ale je nutnou použít zážehový (Ottův) motor s jiskrovým zapalováním (účinnost 39 %), což zvyšuje spotřebu energie zhruba o 8 %.
Nutnost zemní plyn stlačovat na 20 MPa vede k použití těžkých zásobníků, které zvyšují hmotnost vozidla a tím i spotřebu energie o dalších 6 %.
Výsledkem je o 16 % vyšší spotřeba energie paliva oproti naftě, která snižuje úsporu CO_2 na 0 % a zvyšuje spotřebo fosilních paliv o 28 % ve srovnání se směsnou naftou.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Alternativa: zemní plyn – provozní výsledky

Validace výpočtu (statistika DP Pardubice)

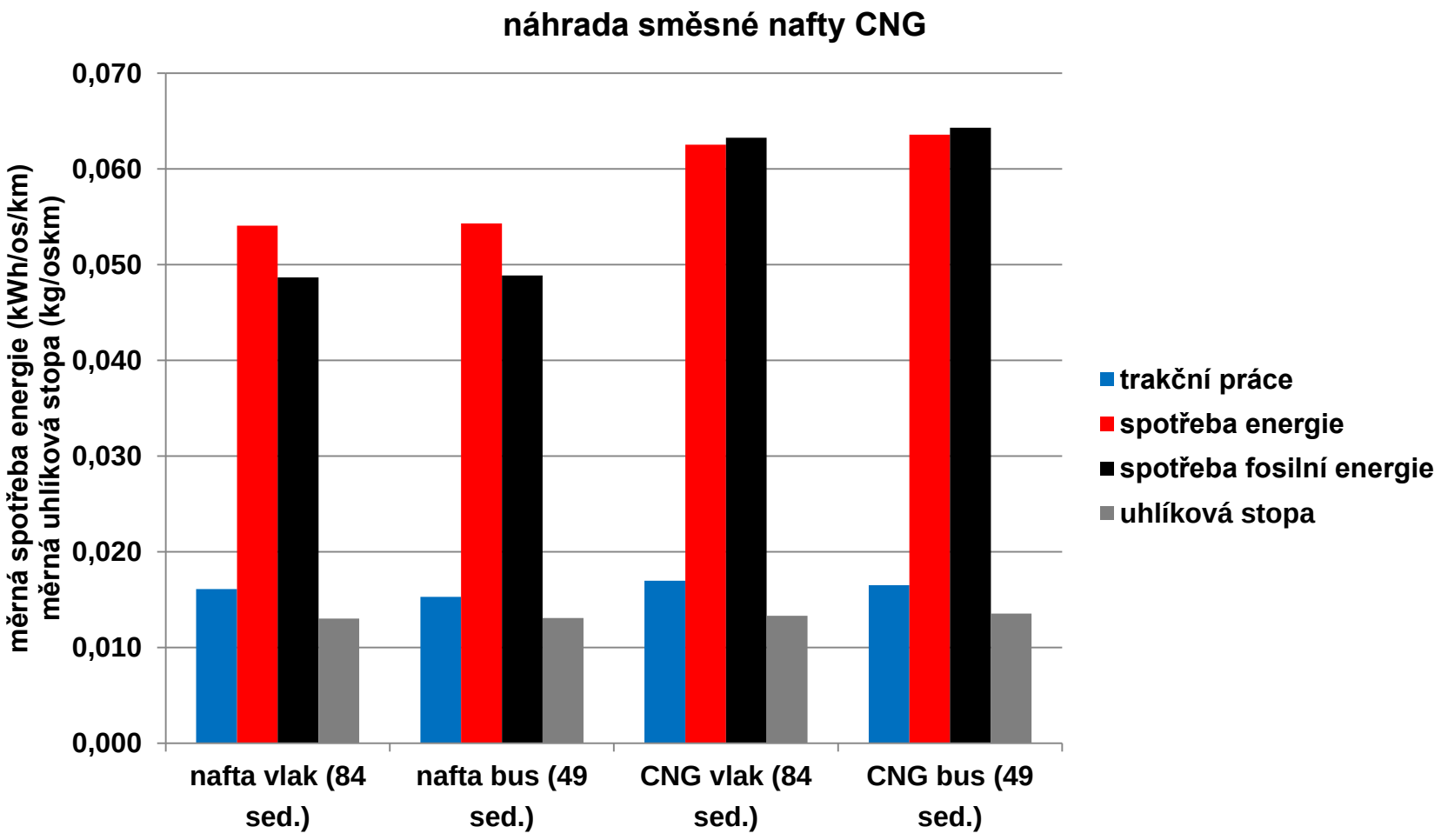
DP Pardubice											
palivo	obsah obn. paliv	přímá prod. CO_2	stlač. prod. CO_2	výsl. prod. CO_2	gradient spotřeby nafty	gradient spotřeby plynu	gradient spotřeby elektřiny	gradient spotřeby energie	gradient celkové spotřeby energie	produkce CO_2	spotřeba fosilních paliv
	%	kg/kWh_t	kg/kWh_t	kg/kWh_t	$dm^3/100$ km	kg/100 km	kWh/100 km	kWh/km	kWh/km	kg/100km	kWh/km
směsná nafta	8	0,247		0,247	42,32			4,17	4,17	1,03	3,83
stlačený zemní plyn	0	0,205	0,012	0,217		35,02	8,76	4,77	4,85	1,03	4,92
poměr		83%		88%				114%	117%	100%	128%

Statisticky zjištěná data ze souběžného provozu naftových a plynových městských autobusů:
- **pokles produkce CO_2 o 0 %**
- **nárůst spotřeby energie o 17 %,**
- **nárůst spotřeby fosilních paliv o 28 %**

Mezi výpočty a provozními výsledky je dobrá shoda

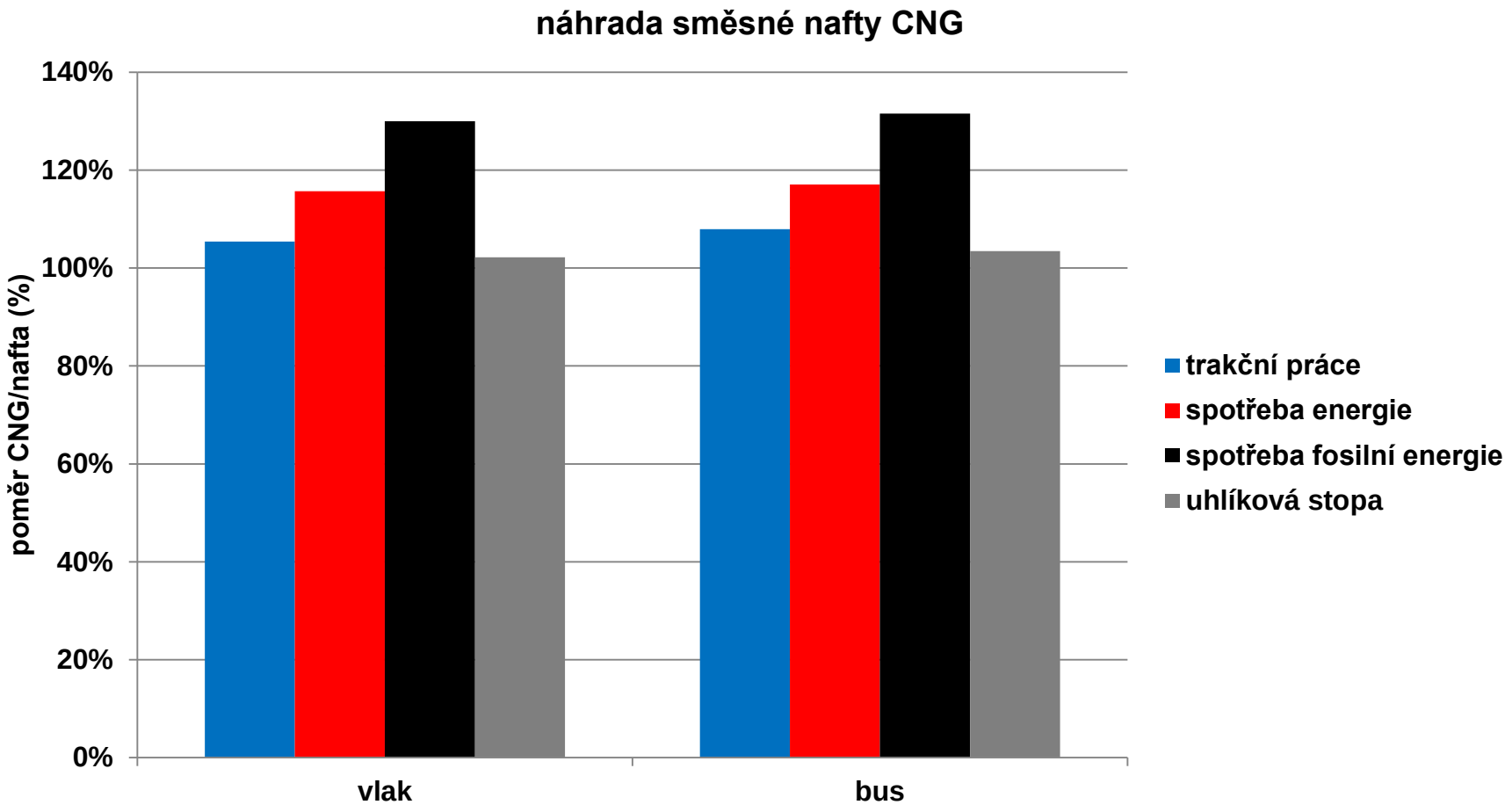
© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přechod od nafty k CNG – absolutní srovnání



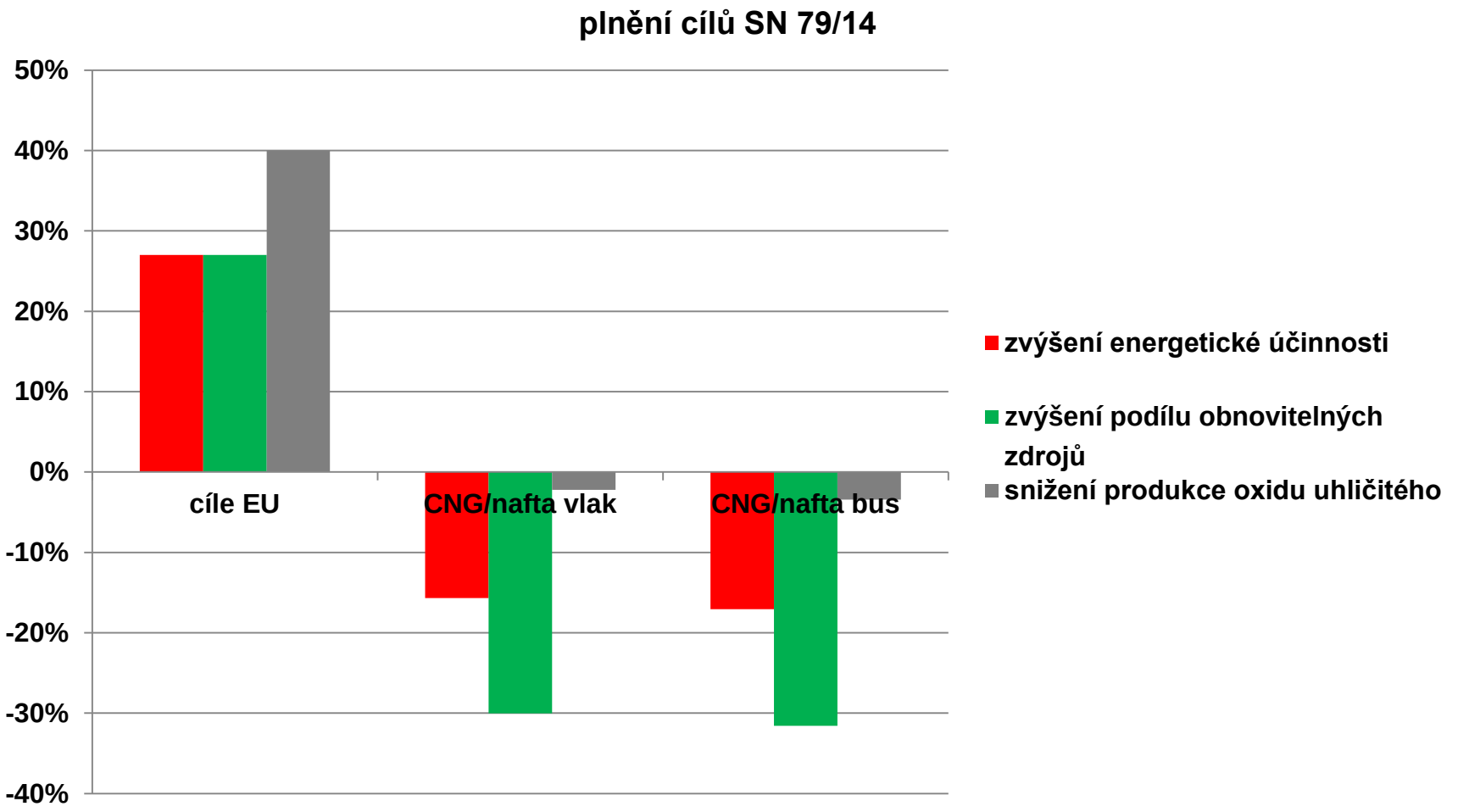
© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přechod od nafty k CNG – relativní srovnání



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přechod od nafty k CNG – plnění cílů EU



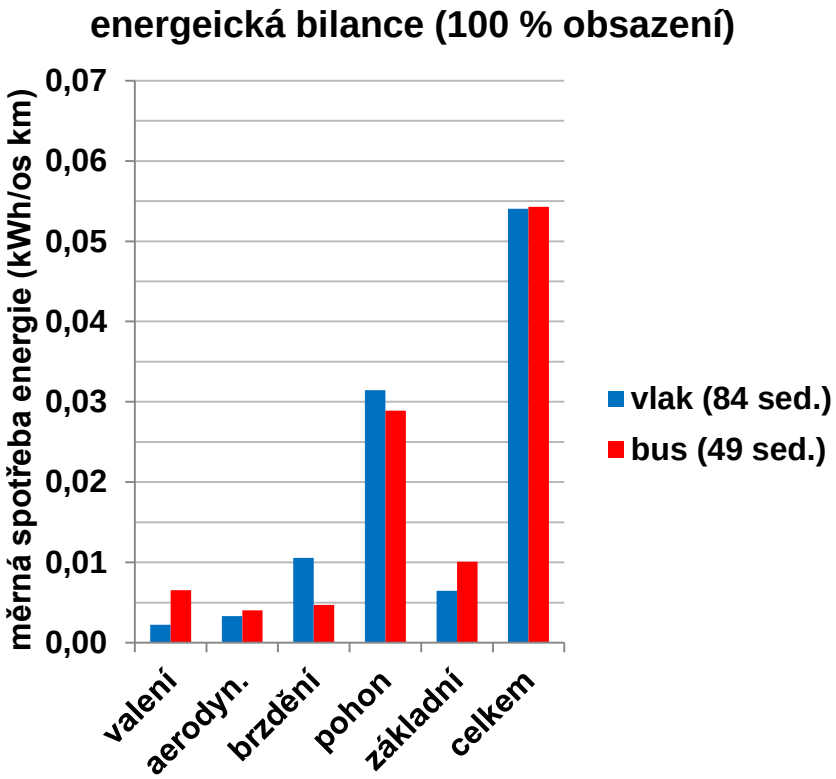
© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

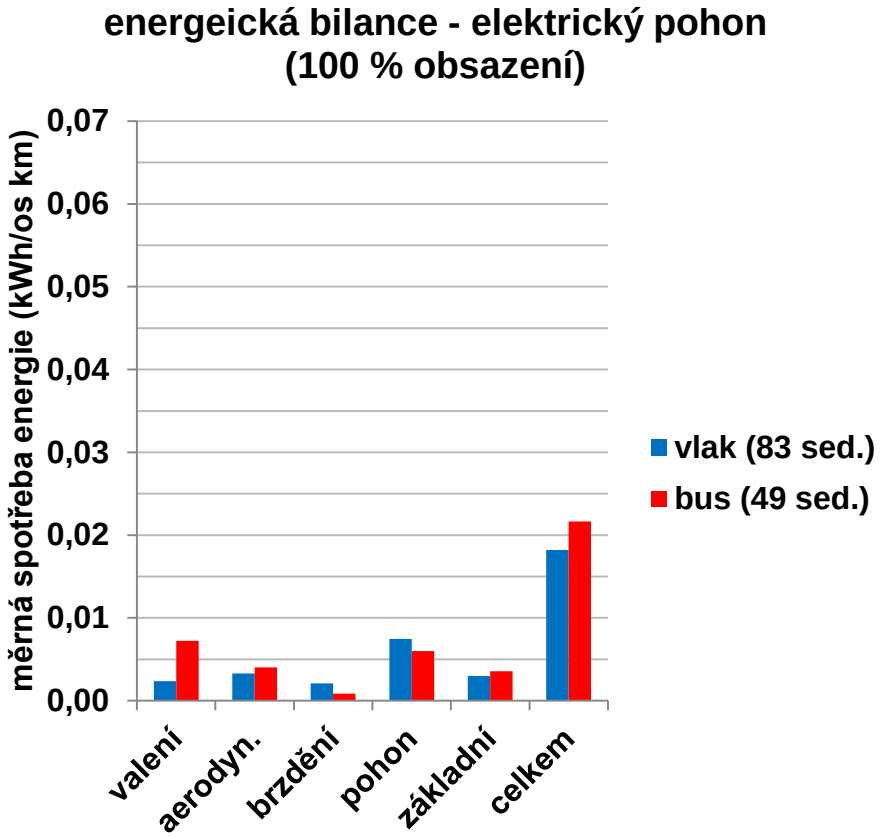
Přeprava malého množství osob porovnání autobus 12 m a vlak 2 x 14 m přechod na elektrický pohon

SIEMENS

autobus: výhoda nižší hmotnosti na sedadlo (340 kg versus 500 kg) – avšak bez WC a prostoru pro přepravy zavazadel,

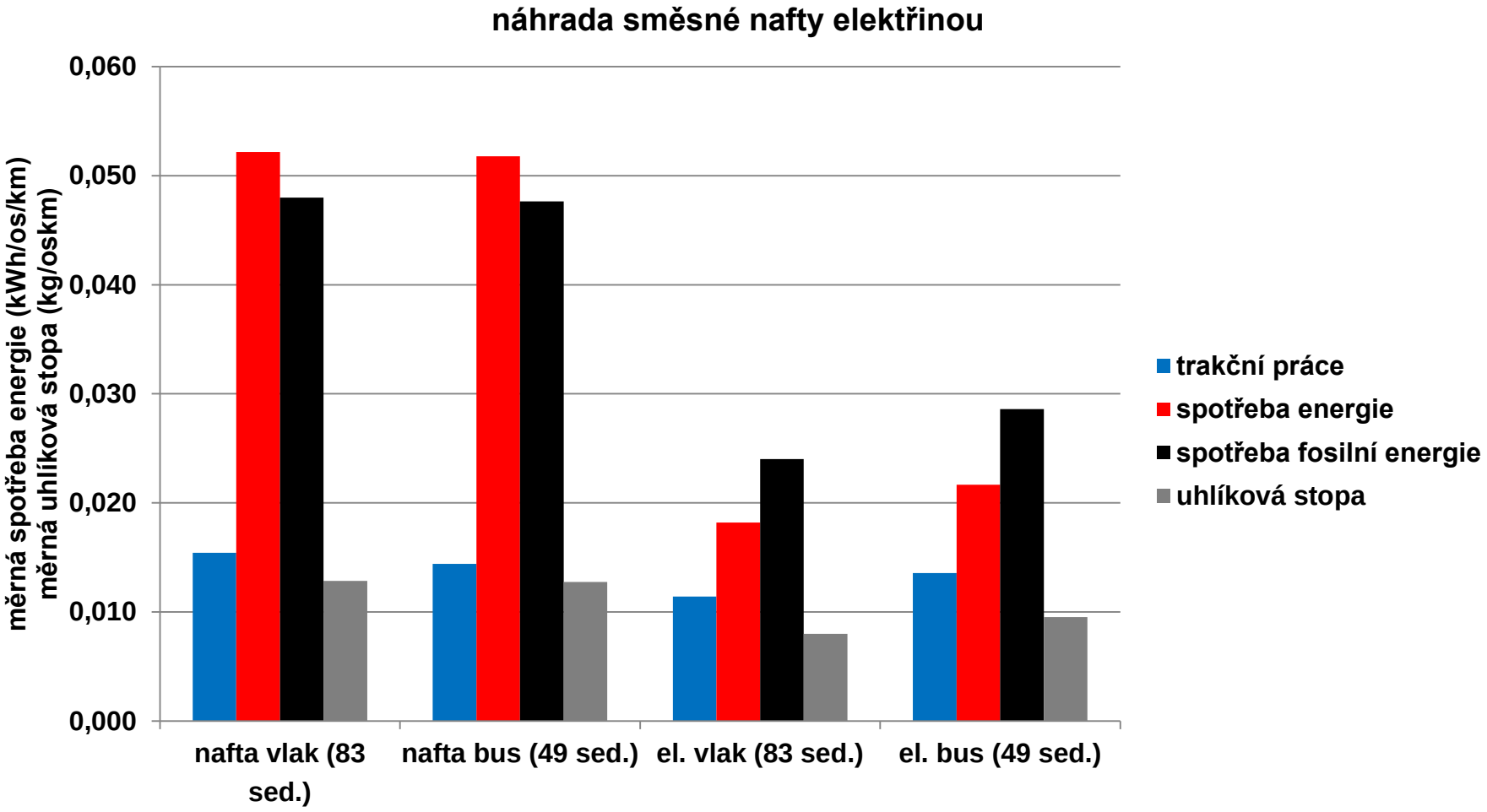
vlak: výhoda nižšího valivého odporu (1,5 N/kN versus 8 N/kN), mírně lepší aerodynamika (dvě vozidla v zákrytu)





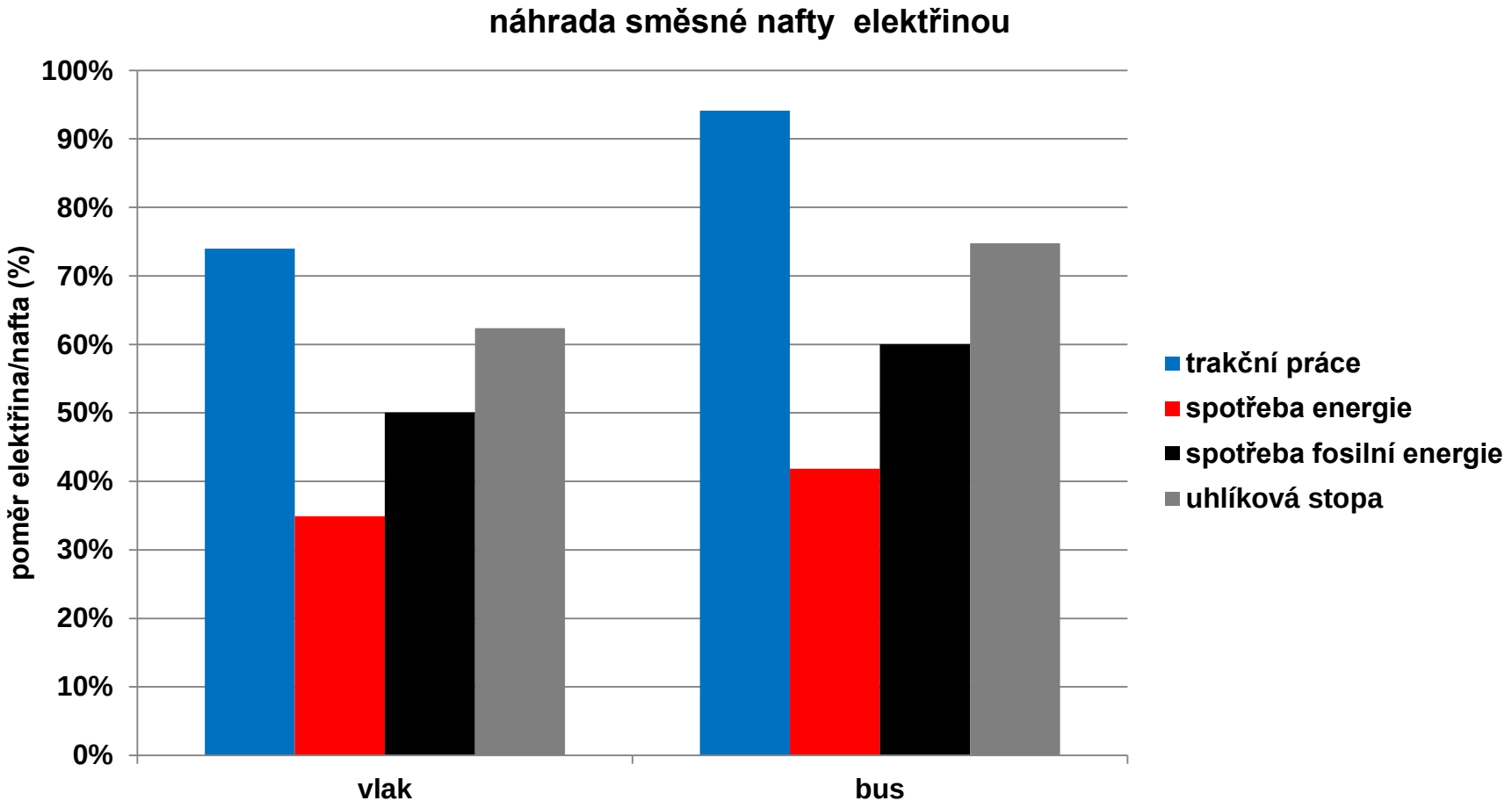
© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přeprava malého množství osob porovnání autobus 12 m a vlak 2 x 14 m přechod na elektrický pohon



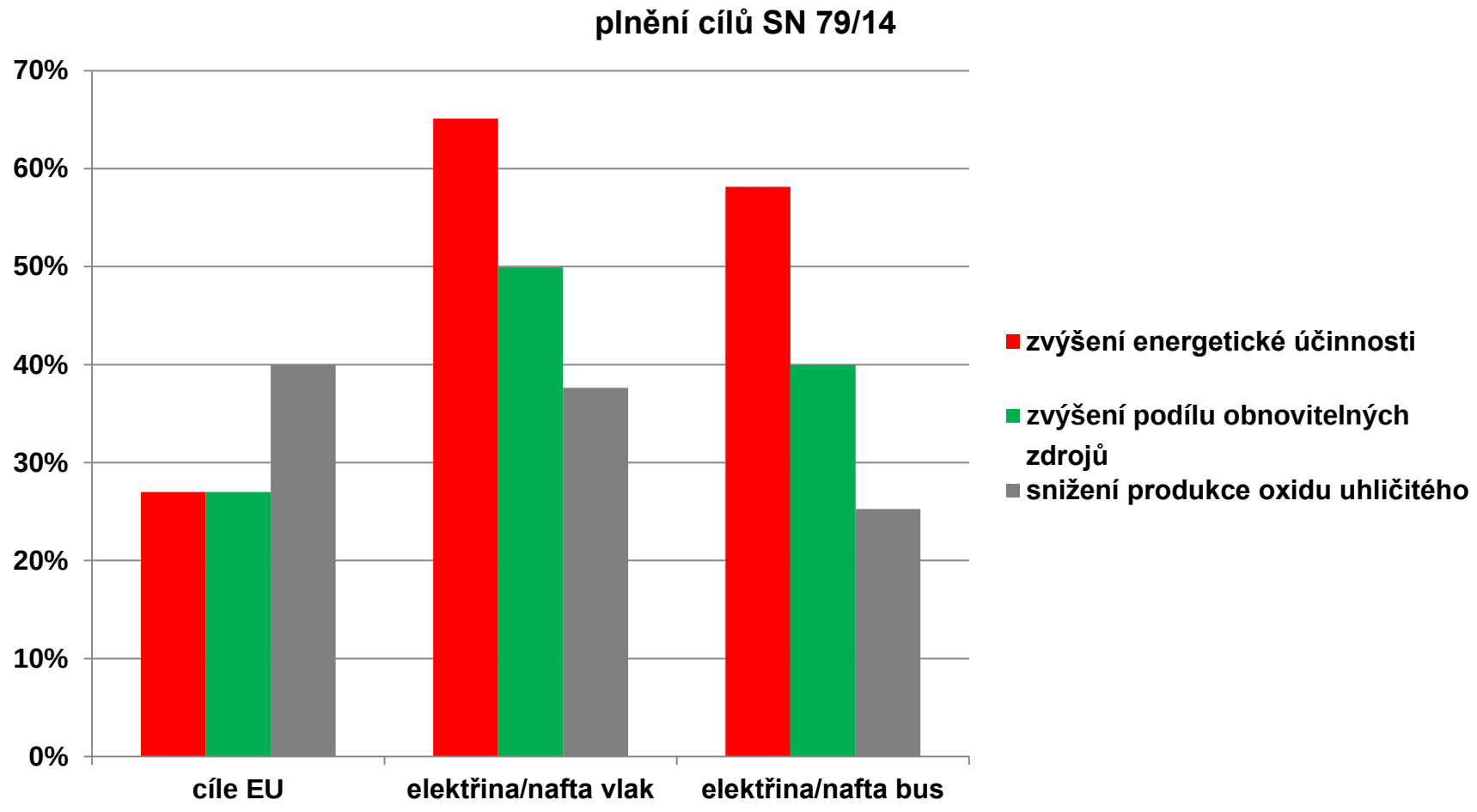
© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přeprava malého množství osob porovnání autobus 12 m a vlak 2 x 14 m přechod na elektrický pohon



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Přeprava malého množství osob porovnání autobus 12 m a vlak 2 x 14 m přechod na elektrický pohon



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Energetika budoucí regionální dopravy

SIEMENS

Vlak nebo autobus?

Cíle energetické a environmentální politiky naplní ten dopravní systém, který přejde od nafty na elektrickou energii.

Výhody na straně autobusů:

- **kratší životnost – rychlejší obměna (8 až 10 let),**
- **velká inovativnost v oblasti elektrobusů MHD**

Výhody na straně železnice

- existence liniového trakčního vedení :

a) pro pohon za jízdy po elektrifikovaných tratích,

b) pro nabíjení akumulátorů k provozu na odbočných tratách (za stání i za jízdy),

- snadnější podmínky pro zástavbu akumulátoru

a) nižší spotřeba energie (stačí menší),

b) méně kritický limit hmotnosti (lze umístit větší).

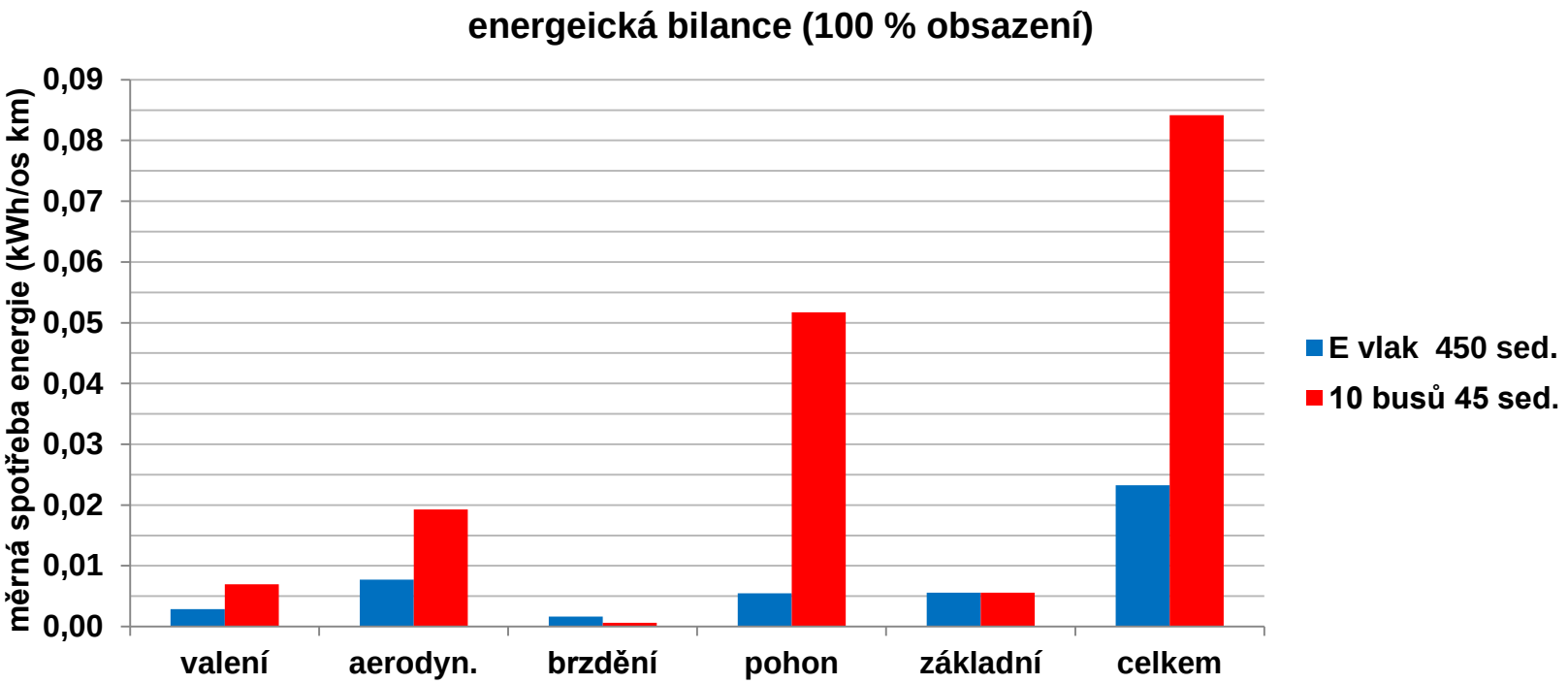
Bylo by fatálním omylem retardovat železnici na dalších 30 let nákupem nových vozidel se spalovacími motory

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Dálková doprava většího množství osob

Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 160/230 km/h, 1. a 2. třída – celkem 450 sedadel , restaurant, klimatizace, jízdní kola, kočárky, osoby na vozíku (výtah), WC, …

Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 100 km/h, bez WC, bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …

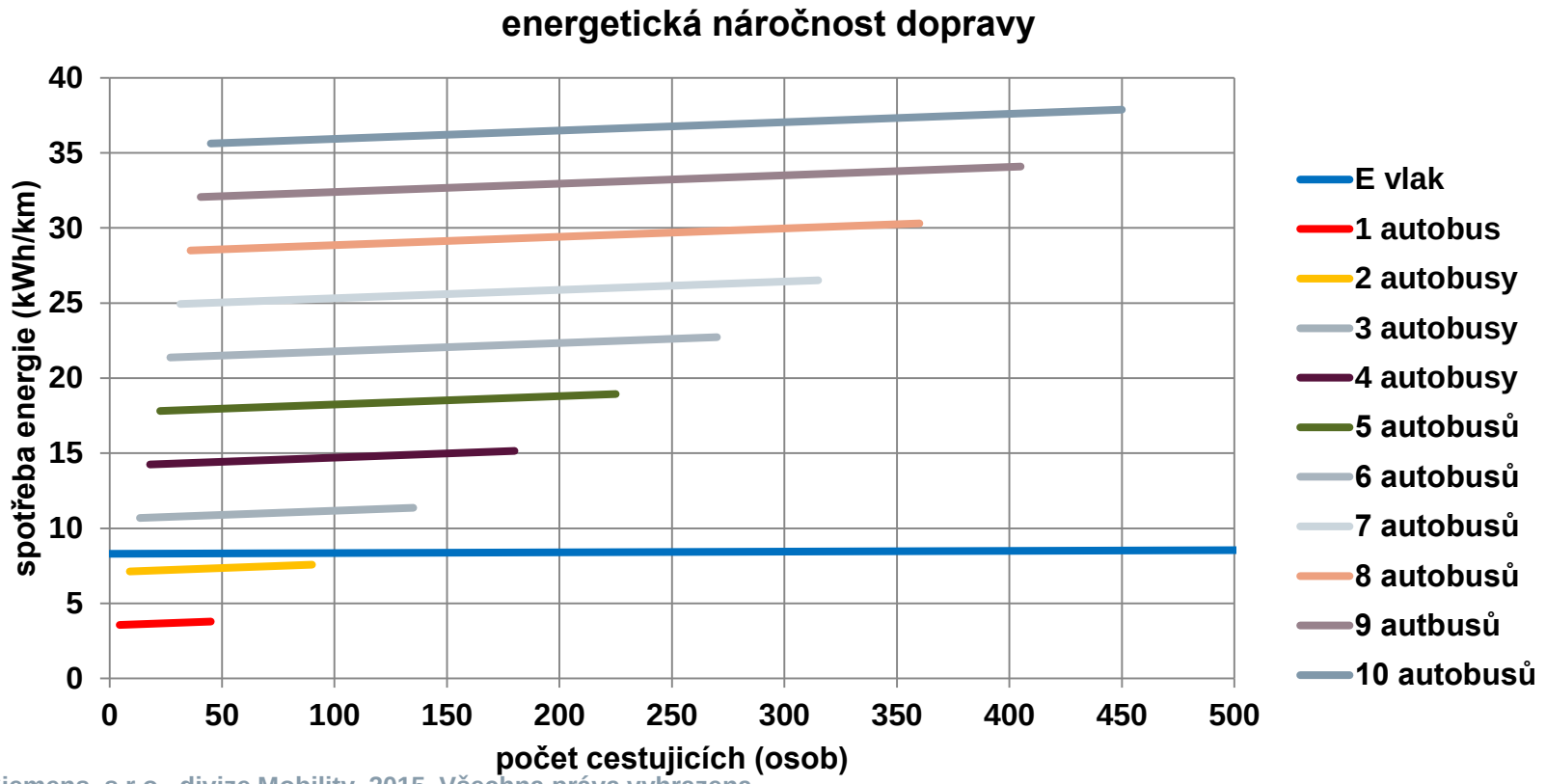


© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Dálková doprava většího množství osob

Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 160/230 km/h, 1. a 2. třída – celkem 450 sedadel , restaurant, klimatizace, jízdní kola, kočárky, osoby na vozíku (výtah), WC, …

Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 100 km/h, bez WC, bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …

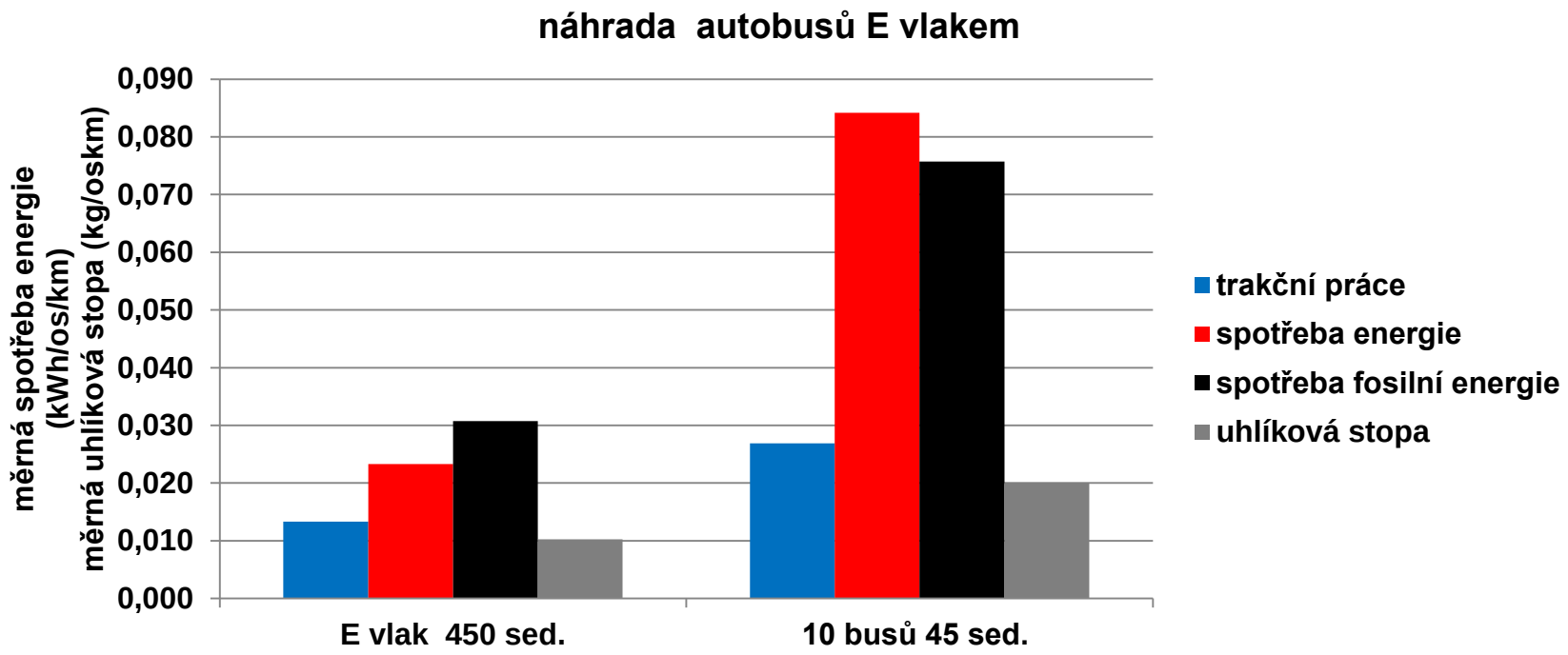


© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Dálková doprava většího množství osob

Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 160/230 km/h, 1. a 2. třída – celkem 450 sedadel , restaurant, klimatizace, jízdní kola, kočárky, osoby na vozíku (výtah), WC, …

Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 100 km/h, bez WC, bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …

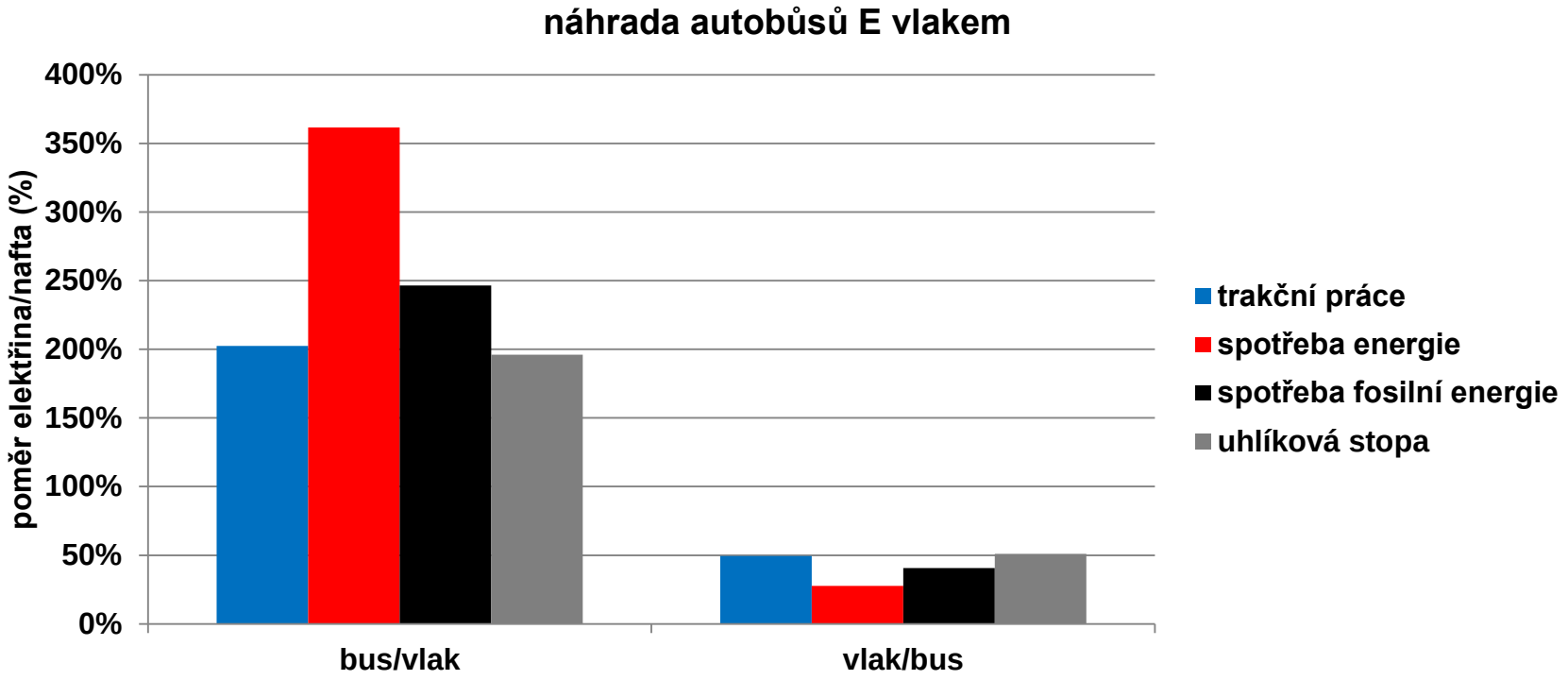


© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Dálková doprava většího množství osob

Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 160/230 km/h, 1. a 2. třída – celkem 450 sedadel , restaurant, klimatizace, jízdní kola, kočárky, osoby na vozíku (výtah), WC, …

Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 100 km/h, bez WC, bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …

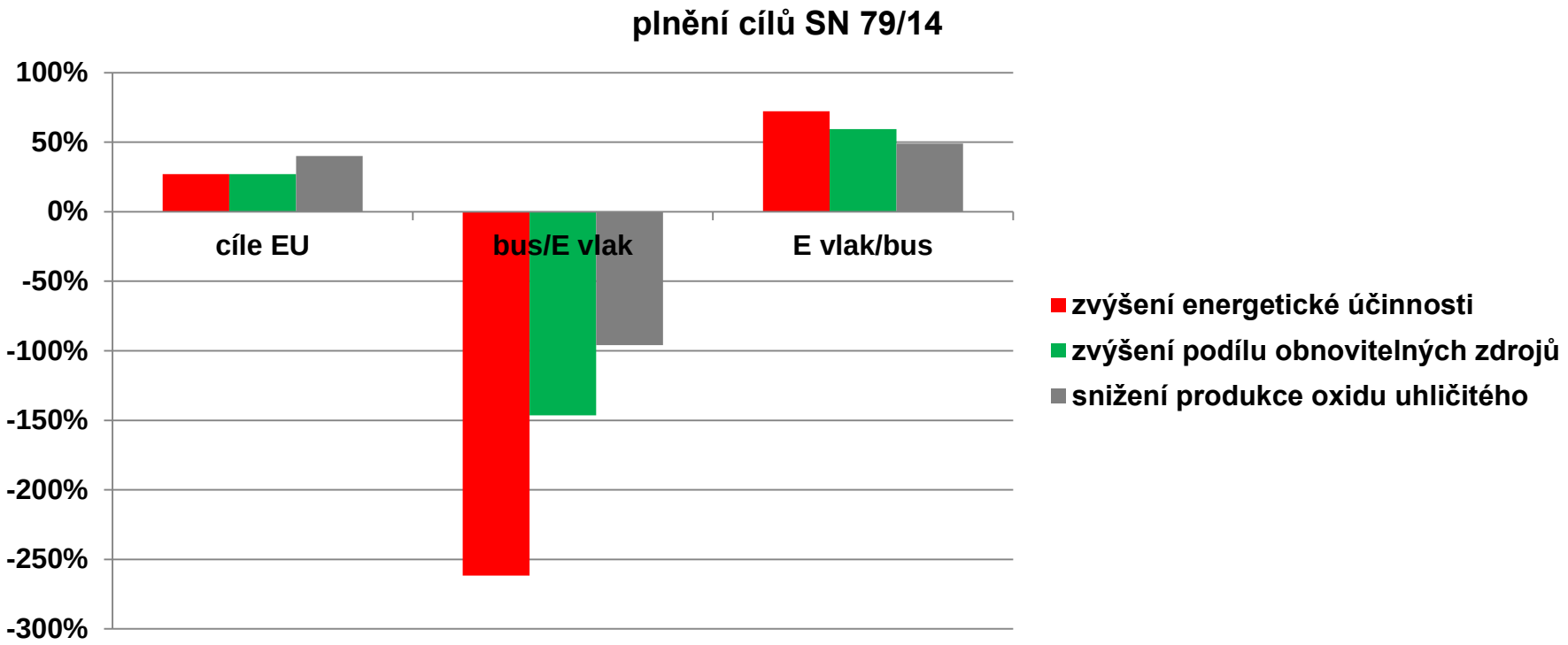


© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Dálková doprava většího množství osob

Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 160/230 km/h, 1. a 2. třída – celkem 450 sedadel , restaurant, klimatizace, jízdní kola, kočárky, osoby na vozíku (výtah), WC, …

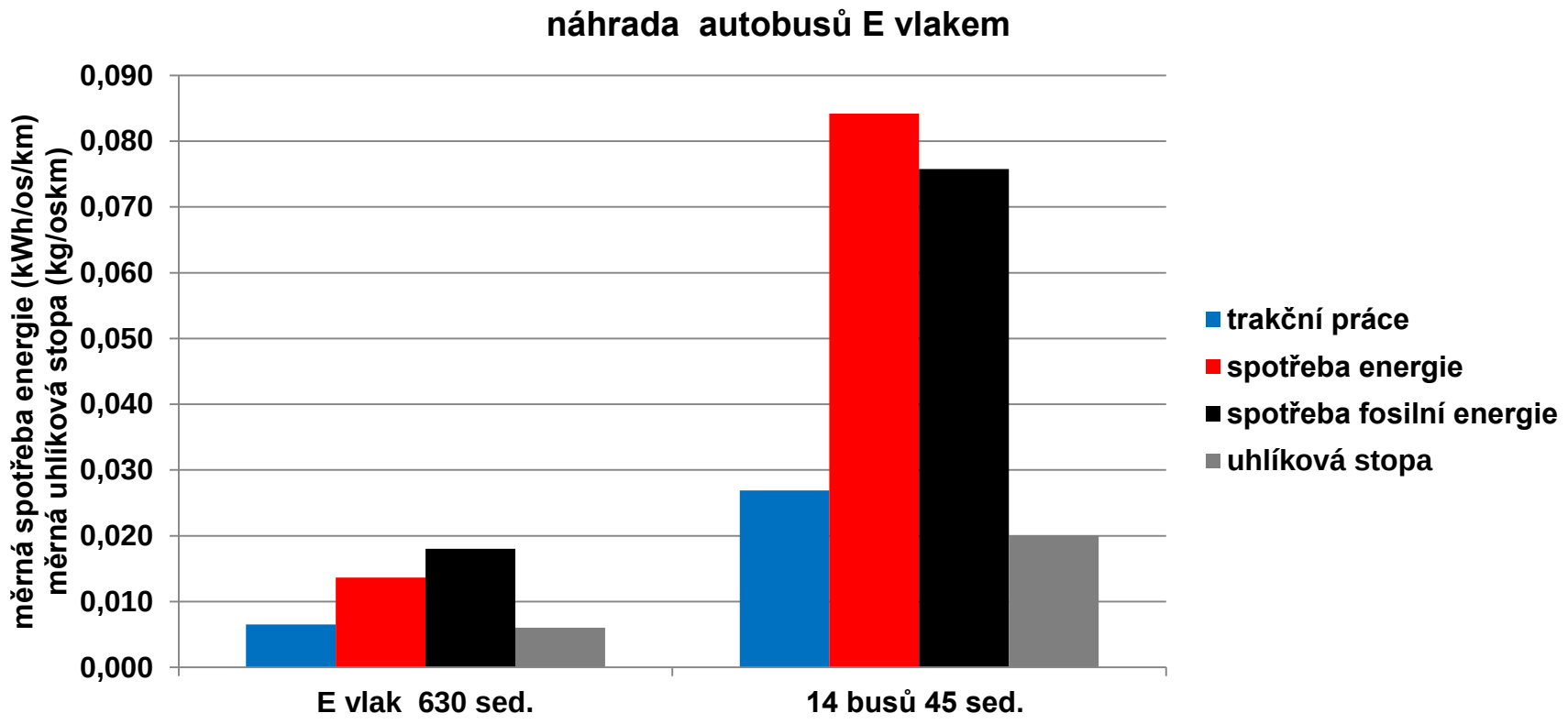
Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 90 km/h, bez WC, bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

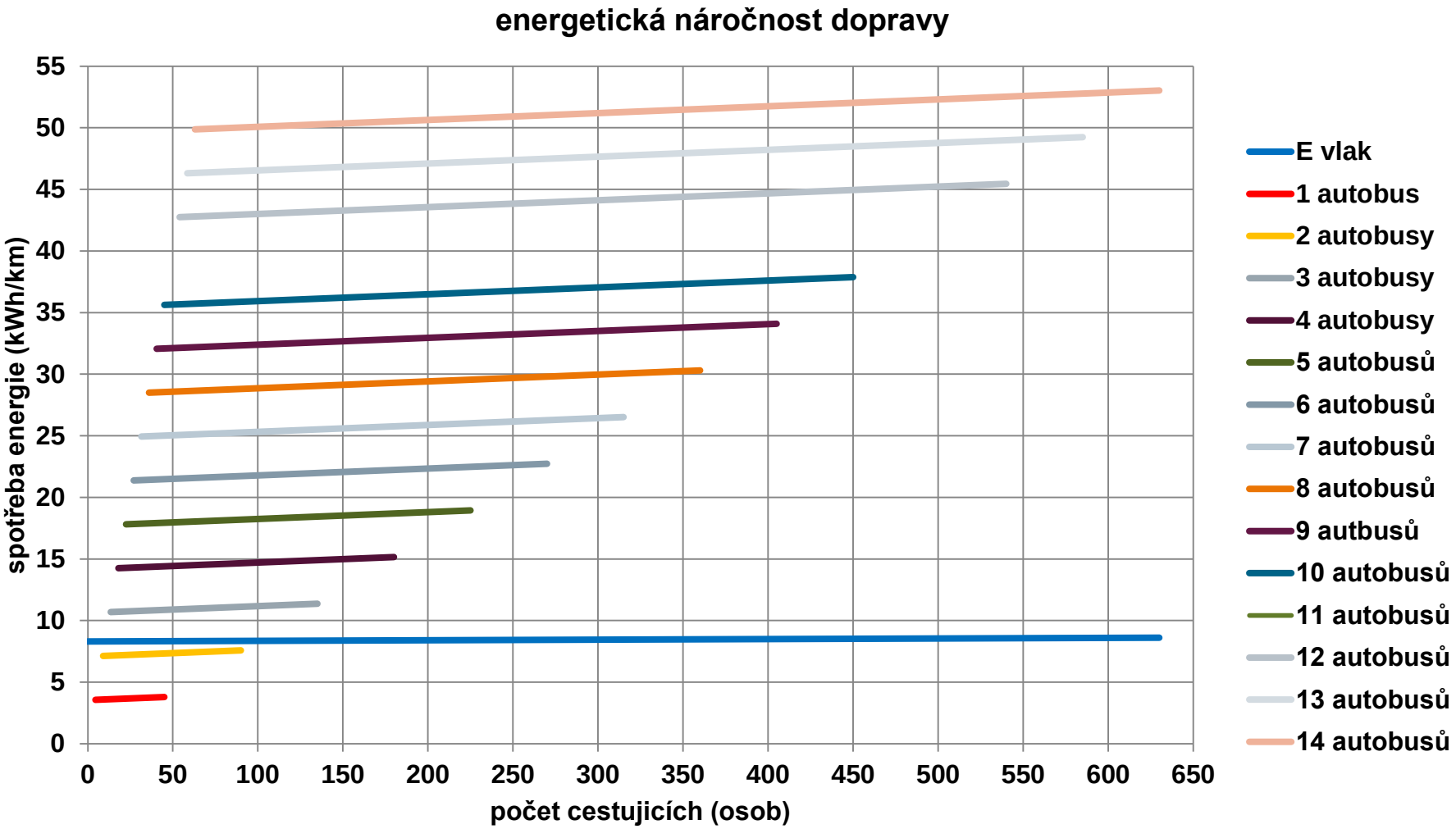
Dálková doprava většího množství osob nižší standard vlaku

Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 100 km/h, 2. třída – celkem 630 sedadel , klimatizace, WC,
Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 100 km/h, bez WC,
bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

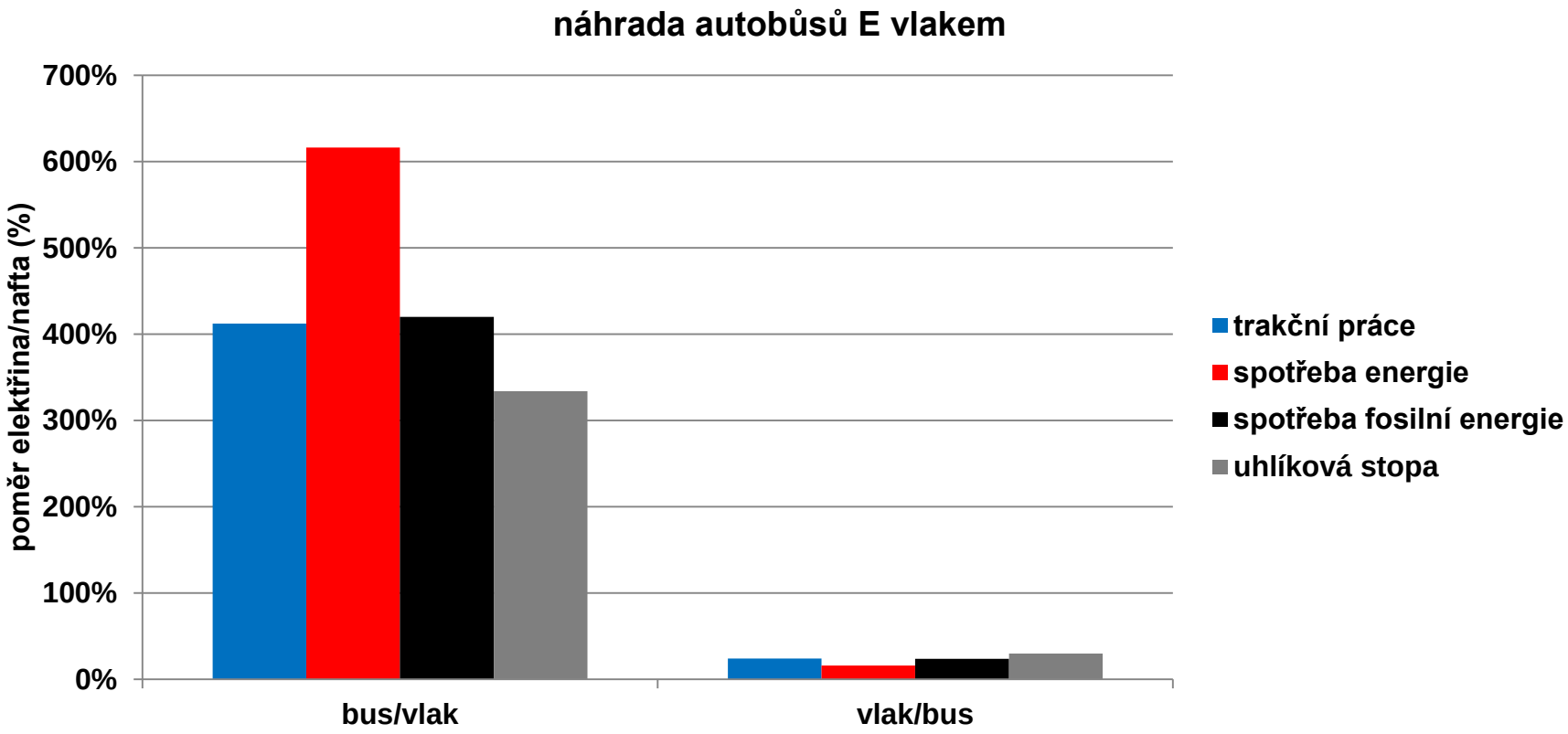
Dálková doprava většího množství osob nižší standard vlaku



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Dálková doprava většího množství osob nižší standard vlaku

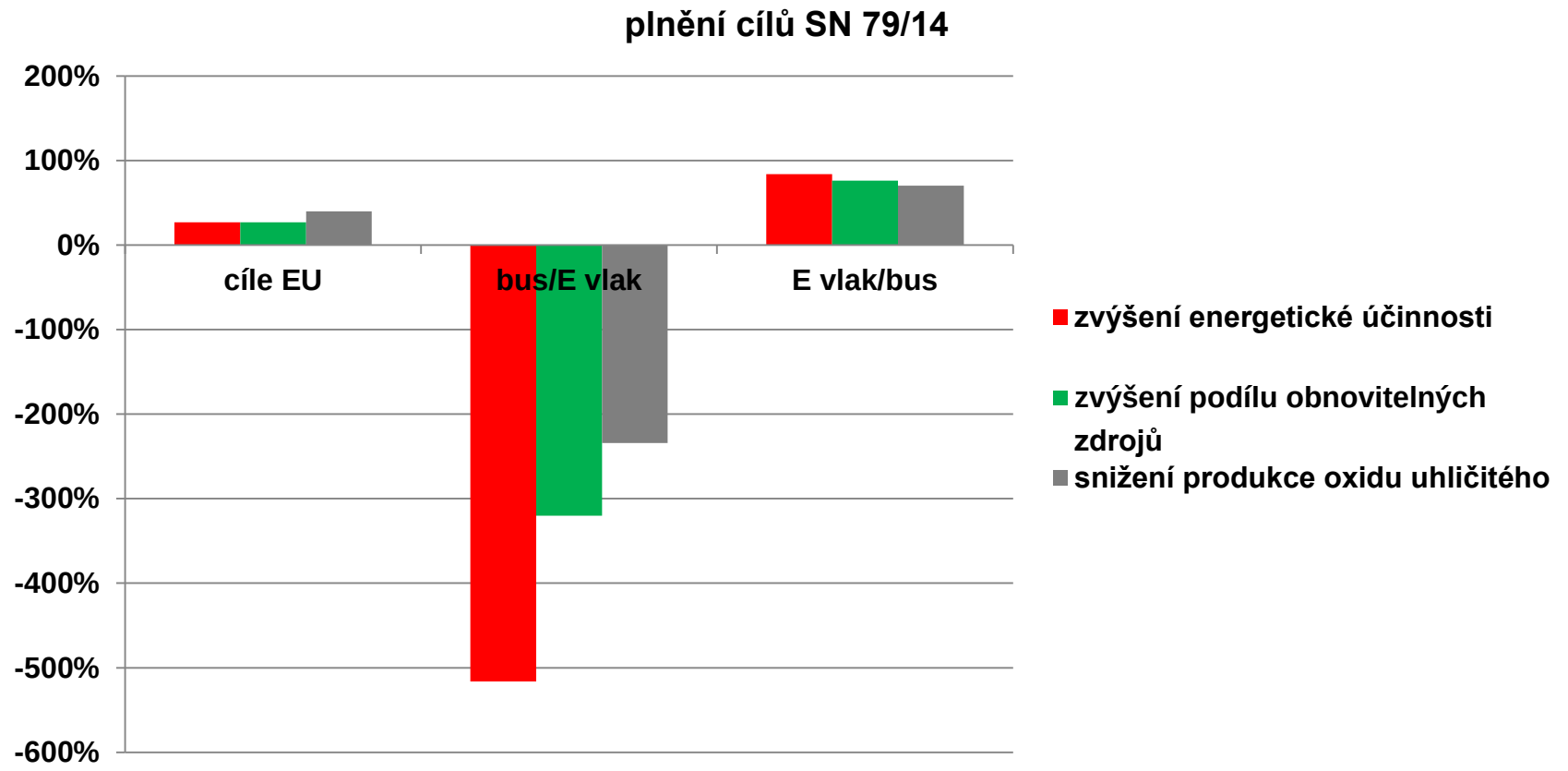
Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 100 km/h, 2. třída – celkem 630 sedadel , klimatizace, WC,
Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 100 km/h, bez WC, bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Dálková doprava většího množství osob nižší standard vlaku

Vlak (klimatizovaný, tlakotěsný, 100 km/h, 2. třída – celkem 630 sedadel , klimatizace, WC,
Skupina autobusů 12 m velmi jednoduše řešených (45 míst), rychlost 100 km/h, bez WC, bez klimatizace, bez dopravy kočárků, bez bufetu, …



© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Hodnocení externalit
Věstník dopravy 11/2013 – Ministerstvo dopravy ČR

vnější náklady osobní dopravy			
dopravní systém	automoblil	autobus	železnice
	Kč/1000 os.km	Kč/1000 os.km	Kč/1000 os.km
nehody	1 697	146	42
hluk	269	61	184
znečistění ovzduší	816	924	231
změny klimatu	750	420	250
celkem	3 532	1 551	707

vnější náklady nákladní dopravy			
dopravní systém	lehký automobil	těžký automobil	železnice
	Kč/1000 tkm	Kč/1000 tkm	Kč/1000 tkm
nehody	4 715	321	542
hluk	1 683	240	165
znečistění ovzduší	6 176	1 528	189
změny klimatu	6 318	712	222
celkem	18 892	2 801	1 118

Převedením 1 os km z autobusu na železnici vzniká na vnějších nákladech úspora 0,84 Kč. To je více než výnos z jízdného. Nulový tarif ve vlacích se společnosti vyplatí.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Závěr

Důvod, proč Evropská komise, parlament a rada tak štědře podporují železniční dopravu je v potenciálu jejích energetických a environmentálních předností:

- **nízká energetická náročnost,**
- **možná nezávislost na fosilních palivech,**
- **šetrnost k přírodě,**
- **šetrnost k životnímu prostředí.**

Proto je potřeba ji rozvíjet v aplikacích, ve kterých tyto přednosti náležitě vyniknou.

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.

Děkuji Vám za Vaši pozornost.

Ing. Jiří Pohl
Engineer Senior
Siemens, s.r.o. / MO EN

Siemensova 1
155 00 Praha 13
Česká republika

siemens.cz/mobility

© Siemens, s.r.o., divize Mobility 2015 Všechna práva vyhrazena.