

Společná optimalizace vozidel a tratí pro vysokorychlostní železniční dopravu

Ing. Jiří Pohl

Praha, 14.11.2007

© Siemens Kolejová vozidla s.r.o., 2007

Moderní kolejová doprava

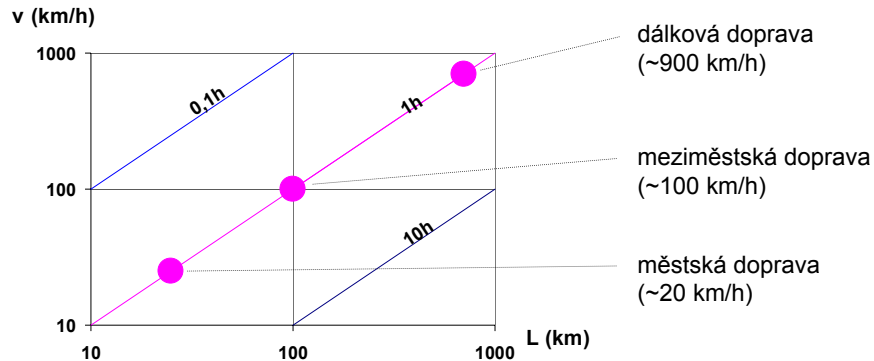
Obsah

1. Mobilita
2. Energetická náročnost dopravy
3. Závislost dopravy na kapalných uhlovodíkových palivech
4. Potenciál železnice
5. Česká republika
6. Vysokorychlostní tratě
7. Moderní vysokorychlostní vozidla
8. Optimalizace tratí a vozidel

1. Mobilita

Žijeme ve společnosti, která nevnímá vzdálenost.
„Ráno hodinu tam – odpoledne hodinu zpět“

⇒ vzdálenostem přizpůsobujeme rychlost přepravy



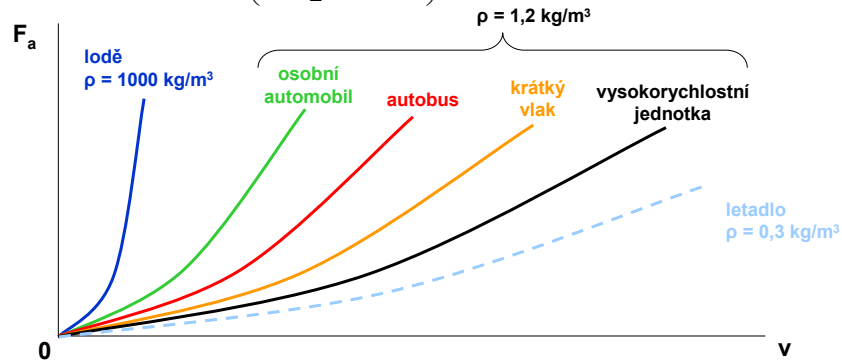
© Siemens Kolejová vozidla 2007

2. Energetická náročnost dopravy

Všeobecně:

Spotřeba energie k překonání odporu prostředí je úměrná

2. mocnině rychlosti $(F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot v^2)$

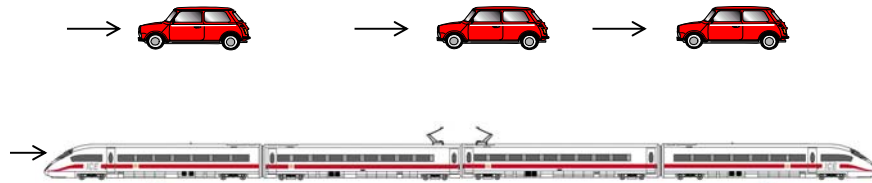


© Siemens Kolejová vozidla 2007

Aerodynamika

Výhoda železnice proti automobilu:

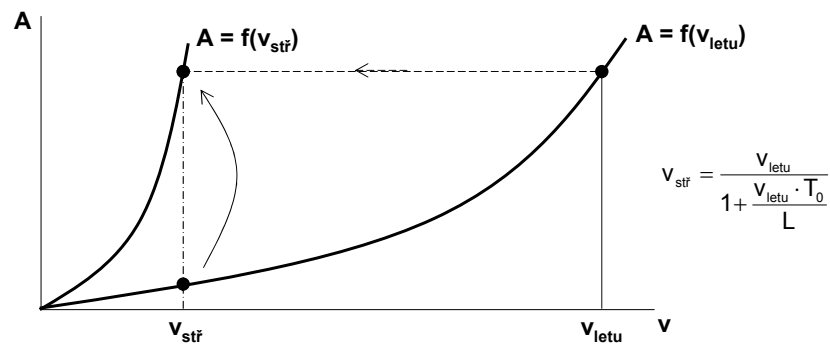
schopnost tvořit vlak – za jednu čelní plochu je dopravováno mnoho řad cestujících



Letadla

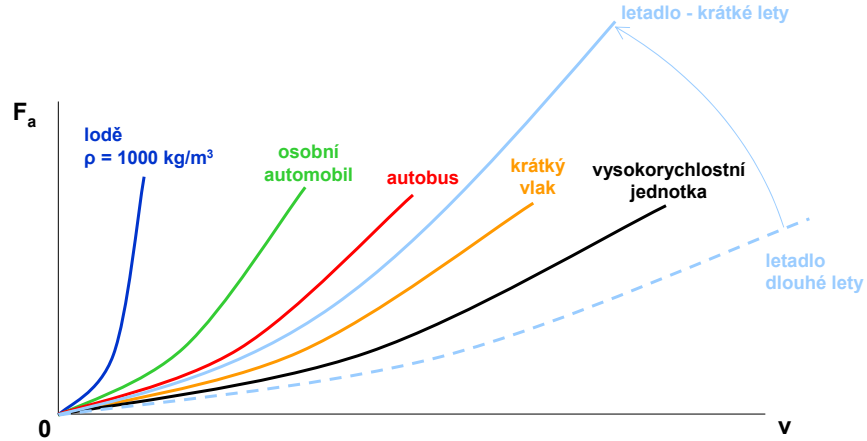
Nevýhoda letectví na krátké vzdálenosti

Vlivem velkých ztrátových časů před odletem a po přiletu je výsledná střední přepravní rychlost výrazně menší než rychlost letu. Ztráty však odpovídají druhé mocnině rychlosti letu.

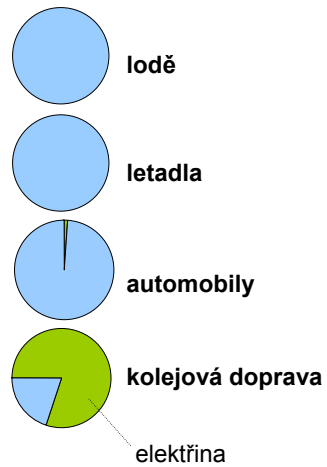


Letecká doprava na krátké vzdálenosti

Lety na krátké vzdálenosti: výsledná cestovní rychlost je na úrovni pozemních dopravních prostředků, ale spotřeba paliva je úměrná rychlosti letu (900 km/h)



3. Závislost dopravy na kapalných uhlovodíkových palivech

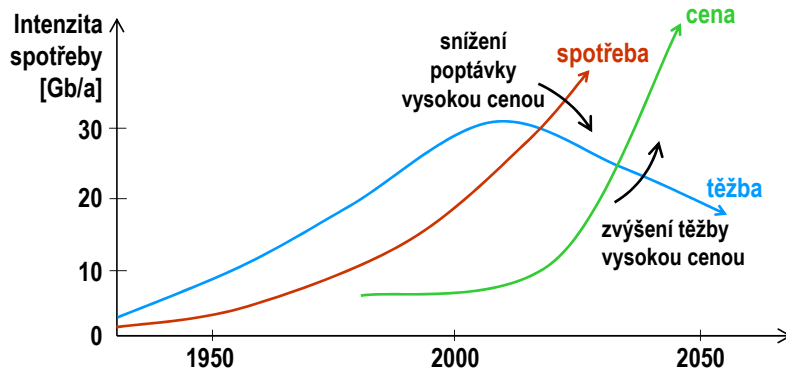


⇒ jen kolejová doprava má alternativu za kapalná uhlovodíková paliva (58% těžby)

Výhled do blízké budoucnosti

Přichází druhá polovina ropného věku
„intenzita těžby limituje intenzitu spotřeby“

⇒ vzniká eskalace cen kapalných paliv, která je nutná k vytvoření rovnováhy k vyrovnání nabídky s poptávkou



© Siemens Kolejová vozidla 2007

4. Potenciál železnice

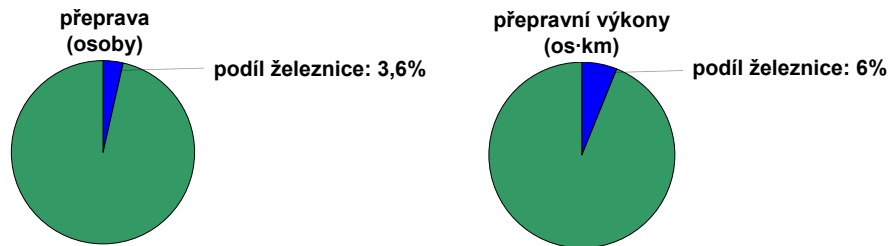
Možnosti železniční dopravy:

- snížit energetickou náročnost dopravy (mobility)
- snížit závislost mobility na kapalných uhlovodíkových palivech (náhrada ropy snáze zajištěnou elektrickou energií)

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Realita železnice

Osobní doprava, Česká republika 2005:



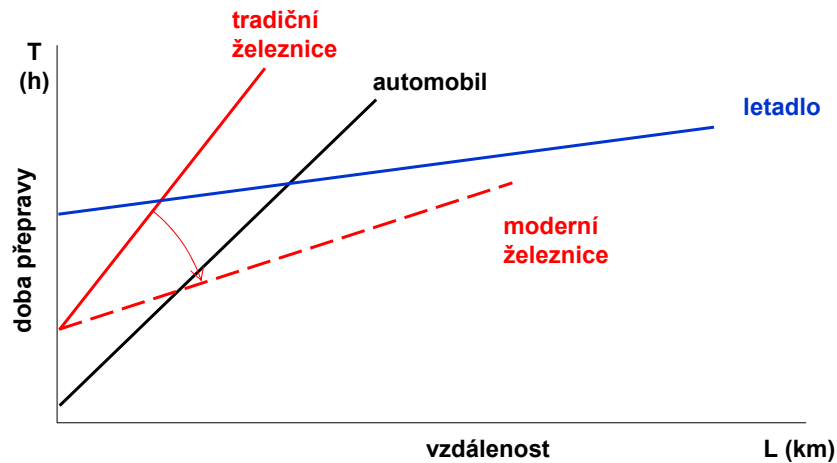
- ⇒ železniční doprava plní okrajovou roli a nemá tedy výrazný vliv na energetickou náročnost dopravy
- ⇒ potenciál železnice není využit (ke škodě jí samé i ke škodě společnosti)

Příčiny nízké atraktivnosti železnice

Technická úroveň železnice:

- * tratě z 19. století nejsou schopny konkurovat současným dálnicím
- * železniční vozidla z 20. století nejsou schopna konkurovat současným automobilům, autobusům a letadlům

Zvýšení atraktivnosti železniční osobní dopravy



© Siemens Kolejová vozidla 2007

5. Česká republika

Zkušenost s upgrade koridorových tratí ($v = 160 \text{ km/h}$)

- ★ **bez souběžné dálnice (například: Praha – Ostrava)**
Železnice má dominantní postavení na přepravním trhu veřejných dopravců, neboť má kratší časy než silniční doprava.
- ★ **se souběžnou dálnicí (například: Praha – Brno)**
Železnice nedosahuje kratších přepravních časů než dálnice.

⇒ v souvislosti s rostoucí sítí dálnic se bude pozice železnice vůči automobilové a autobusové dopravě komplikovat

© Siemens Kolejová vozidla 2007

6. Vysokorychlostní tratě

**Zajištění atraktivity osobní železniční dopravy:
vlak musí jet podstatně rychleji než automobil**

- ★ je nutno kompenzovat horší dostupnost nádraží a menší operativnost hromadné dopravy
- ★ je nutno vytvořit (a nabídnout cestujícímu) bonus navíc

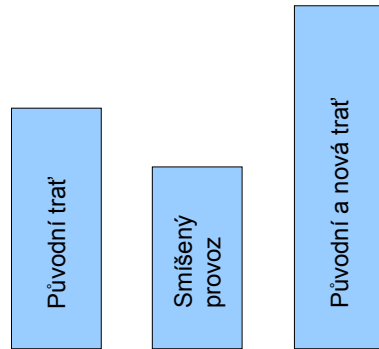
Vysokorychlostní tratě

Dvě základní kategorie tratí:

- ★ tratě určené jen pro vysokorychlostní vlaky
- ★ tratě určené pro smíšený provoz
(vysokorychlostní vlaky v souběhu s dalšími vlaky)

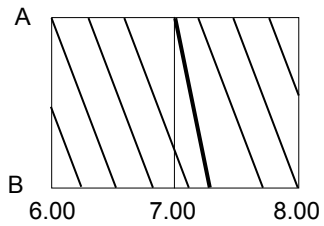
Dopravní hledisko

Dopravní výkonnost:



Příčina poklesu dopravní výkonnosti:

Souběh rychlých a pomalých vlaků (nerovnoběžný grafikon)



Investiční hledisko

Náklady na výstavbu:



Úspory výhradně vysokorychlostním provozem:

- * menší poloměry oblouků
- * větší sklony
- * kratší mosty
- * kratší tunely
- * méně dopraven
- * redundance

Poloměr oblouku (v = 300 km/h)**Smíšený provoz – konvenční vlaky**

$$\left. \begin{array}{l} h_s = 100 \text{ mm} \\ h_n = 100 \text{ mm} \end{array} \right\} a = g \cdot \frac{h_s + h_n}{2e} = 9,81 \cdot \frac{100 + 100}{2 \cdot 750} = 1,31 \text{ m/s}^2$$

$$R = \frac{v^2}{2a} = \frac{300^2}{3,6^2 \cdot 1,31} = 5300 \text{ m}$$

Vysokorychlostní provoz – speciální vlaky

$$\left. \begin{array}{l} h_s = 170 \text{ mm} \\ h_n = 150 \text{ mm} \end{array} \right\} a = g \cdot \frac{h_s + h_n}{2e} = 9,81 \cdot \frac{170 + 150}{2 \cdot 750} = 2,09 \text{ m/s}^2$$

$$R = \frac{v^2}{2a} = \frac{300^2}{3,6^2 \cdot 2,09} = 3350 \text{ m}$$

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Sklon**Smíšený provoz (veškeré vlaky):**

$$s = 10 \text{ ‰}$$

Vysokorychlostní provoz (jen speciální rychle jedoucí vlaky):

$$s = 40 \text{ ‰}$$

© Siemens Kolejová vozidla 2007

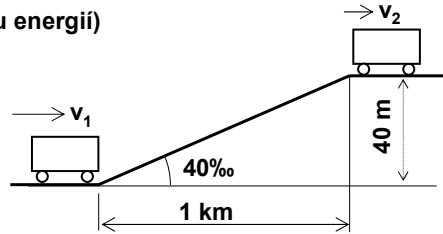
Zvládnutí velkých sklonů

Dynamicky – náběhem (kinetickou energií)

Rampa 1000m, 40 ‰ ($\Delta h = 40\text{m}$)

Rychlost na začátku stoupání:

$$v_1 = 300 \text{ km/h}$$



Rychlost na konci stoupání:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2 \cdot h \cdot g}{\xi}} = 3,6 \cdot \sqrt{\left(\frac{300}{3,6}\right)^2 - \frac{2 \cdot 40 \cdot 9,81}{1,15}} = 285 \text{ km/h}$$

vlak jedoucí rychlostí 300 km/h má energii odpovídající výšce:

$$h = \frac{0,5 \cdot \xi \cdot v^2}{g} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 300^2}{3,6^2 \cdot 9,81} = 407 \text{ m}$$

© Siemens Kolejová vozidla 2007

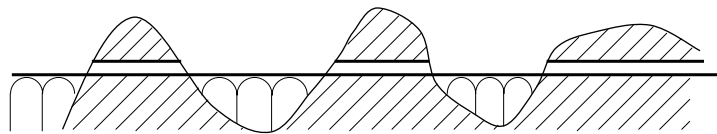
Strana 21

listopad 07

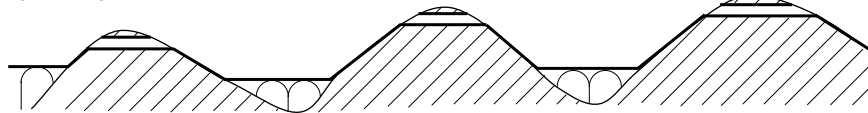
ing. Jíří Pohl

Zkrácení tunelů a mostů

standardní trasa



vysokorychlostní trasa



střídáním stoupání a spádů nedochází ke ztrátám energie
– kinetická energie se mění v potenciální a zpět

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 22

listopad 07

ing. Jíří Pohl

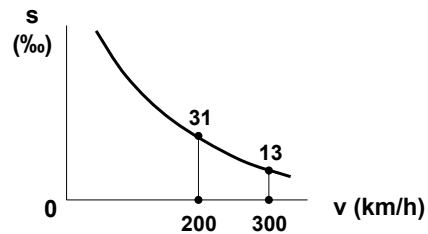
Zvládnutí velkých sklonů

Statický – velkým měrným výkonem

$k = 20 \text{ kW/t}$

$p_0 = 1 + 0,00012 \cdot v^2$

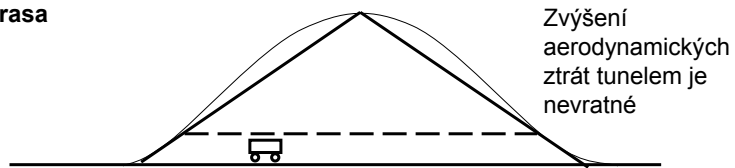
$v = 200 \text{ km/h}$



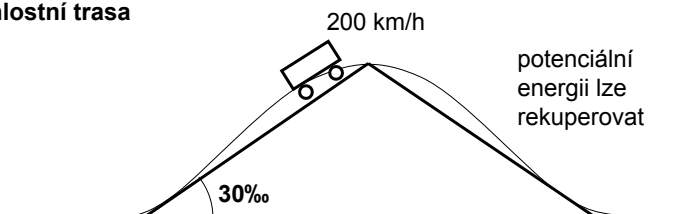
$$s = f - p = \frac{3,6 \cdot k}{g \cdot v} - (a + c \cdot v^2) = \frac{3,6 \cdot 20 \cdot 1000}{9,81 \cdot 200} - (1 + 0,00012 \cdot 200^2) = 36,7 - 5,8 = 31‰$$

Náhrada tunelu trasou přes vrchol (dlouhé stoupání)

standardní trasa



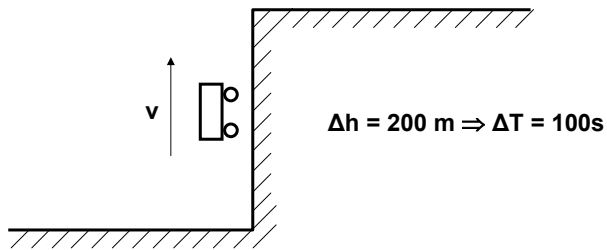
vysokorychlostní trasa



Schopnost vlaku překonávat rozdíly výšky

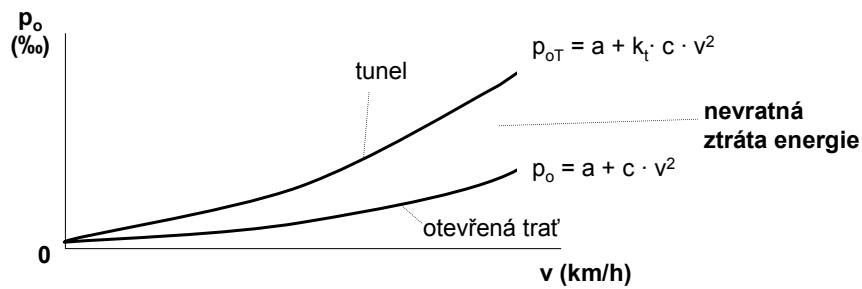
měrný výkon 20kW/t

$$v = \frac{k}{g} = \frac{20}{9,81} = 2 \text{ m/s}$$



Náhrada tunelu otevřenou trať

- * snížení investičních nákladů
- * snížení požárních rizik (CEN TS 45 545)
- * zrychlení výstavby
- * snížení spotřeby energie



CEN TS 45 545-1
Požární ochrana kolejových vozidel

SIEMENS

Provozní třída 1

Vozidla nejsou řešena pro provoz v tunelu

- max. délka tunelu 1 km,
- tunely činí max. 10 % délky tratě,
- boční evakuace je kdykoliv možná.

Provozní třída 2

Vozidla jsou řešena pro provoz v tunelu s boční evakuací a s dosažením bezpečného místa v krátkém čase

- vlak dosáhne místo, kde lze provést evakuaci do max. 4 minut a max. 5 km,
- boční evakuace je kdykoliv možná.

Provozní třída 3

Vozidla jsou řešena pro provoz v tunelu s boční evakuací a s dosažením bezpečného místa v dlouhém čase

- vlak dosáhne místo, kde lze provést evakuaci do max. 15 minut a max. 20 km,
- boční evakuace je kdykoliv možná.

Provozní třída 4

Vozidla jsou řešena pro provoz v tunelu bez boční evakuace, ale s dosažením bezpečného místa v krátkém čase

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 27

listopad 07

ing. Jiří Pohl

CEN TS 45 545-1
Požární ochrana kolejových vozidel

SIEMENS

Úroveň rizika

Kategorie vozidla	standardní	automatický provoz	dvoupodlažní	lůžkové
	N	A	D	S
Provozní třída				
1	HL 1	HL 1	HL 1	HL 2
2	HL 2	HL 2	HL 2	HL 2
3	HL 2	HL 2	HL 2	HL 3
4	HL 3	HL 3	HL 3	HL 3

Úroveň rizika HL 1 až HL 3 určuje požadavky na konstrukční materiály (hořlavost, kouřivost, toxicita, ...) i na konstrukční řešení (konstrukční uspořádání, evakuační opatření, vytvoření požárních úseků, zachování funkcí, elektrická zařízení, ...)

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 28

listopad 07

ing. Jiří Pohl

7. Moderní vysokorychlostní vozidla

Charakteristické znaky:

* podíl poháněných dvojkolí	$\alpha = 50\%$
* měrný výkon	$k = 20\text{kW/t}$
* hmotnost na dvojkolí	$m_1 < 17\text{t}$
* maximální provozní rychlost	$v = 350\text{ km/h}$
* napájecí napětí	$U = 15\text{kV} / 25\text{kV} / (3\text{kV})$
* chybějící převýšení	$h_n = 150\text{ mm}$
* činitel tvaru	$C_x \approx 1$ (pro jednotku délky 200 m)
* stoupavost	$s = 40\text{‰}$
* neadhezní brzda	bezdotyková
* požární odolnost	pro provoz v tunelu
* tlaková odolnost	$\Delta p = \pm 7\text{kPa}$
* homologace	EU

Elektrická vysokorychlostní jednotka

Velaro – vysokorychlostní jednotka
s distribuovaným trakčním pohonem

$v = 350\text{ km/h}$
 $P = 8\,800\text{ kW}$
 50 % dvojkolí poháněno

Přepravní časy v meziměstských
relacích (centrum – centrum) na
vzdálenost do přibližně 1 000 km
kratší než letecké spojení

Energetická úspornost – jen 5 kWh /
100 km a sedadlo



Velaro E Přehled vozů

SIEMENS

▪ Club, Vůz C1

- 37 míst k sezení
- Pohodlná sedadla, potažená kůží
- Uspořádání sedadel: 2+1
- Salónek: Konferenční místnost
- Stropní monitory, individuální audiozásuvky
- Individuální čtecí lampy
- Tlačítko pro zavolání personálu
- Otočná sedadla



Salónek, vůz C1



Vyobrazení: C1

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 31

listopad 07

ing. Jiří Pohl

Velaro E Přehled vozů

SIEMENS

▪ Preferente, Vozy C2, C3

- 103 míst k sezení, pohodlná sedadla
- Uspořádání sedadel: 2 + 1
- Stropní monitory, individuální audiozásuvky
- Individuální čtecí lampy
- Otočná sedadla



Vůz C2



Vyobrazení: C2

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 32

listopad 07

ing. Jiří Pohl

Velaro E Přehled vozů

SIEMENS

- **Turista, Vozy C5, C6, C7, C8**
 - 264 míst k sezení
 - Uspořádání sedadel: 2+2
 - Stropní monitory, individuální audiozásuvky
 - Individuální čtecí lampy
 - Otočná sedadla
 - WC pro vozíčkáře (vůz C5)



Vůz C5



Vyobrazení: C5

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 33

listopad 07

ing. Jiří Pohl

Velaro E Vybavení – otočná sedadla

SIEMENS



Otočná sedadla

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 34

listopad 07

ing. Jiří Pohl

Velaro E Servisní zařízení

SIEMENS



- Až 4 kuchyně s rozdílným vybavením
- Kromě restauračního vozu i ve vozech C1, C4 a C8
- Díky servisním vozíkům obsluha ve všech vozech



© Siemens Kolejová vozidla 2007

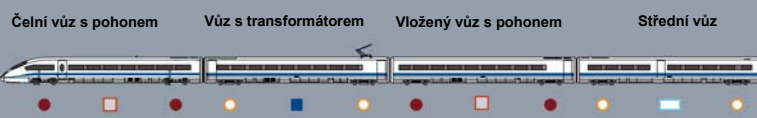
Strana 35

listopad 07

ing. Jiří Pohl

Velaro E – Technika Distribuovaný trakční pohon

SIEMENS



- Trakční dvojkolí (trakce a elektrodynamická brzda)
2 brzdové kotouče v discích kol
- Nepoháněná dvojkolí
3 brzdové kotouče na nápravě

- Transformátor
- Měníče
- ▭ Baterie a nabíječ
- ↔ Sběrač proudu

- 50 % poháněných dvojkolí
- Trakční výzbroj umístěna výhradně v prostoru pod podlahou

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 36

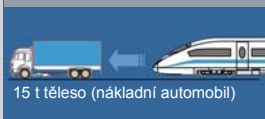
listopad 07

ing. Jiří Pohl



Vyvinuto podle nejnovějších TSI standardů (Technické specifikace pro interoperabilitu) jak pro provoz na konvenčních tratích, tak i pro provoz na speciálních vysokorychlostních tratích

Scénář nárazu



15 t těleso (nákladní automobil)

- Omezená deformace vozové skříňe
- Žádná deformace prostoru pro přežití

Scénář požáru



80 km/h

- Po nahlášení požáru na palubě může jet až 15 minut touto rychlostí (20km)

Vozová skříň



- Tlakotěsná skříň pro snížení nákladů na infrastrukturu (např. u tunelů)
- Stabilitní při bočním větru

© Siemens Kolejová vozidla 2007

8. Optimalizace trati a vozidel

Potenciál úspor investičních nákladů na výstavbu tratí použitím moderních vozidel, speciálně řešených pro provoz na vysokorychlostních tratích:

- ★ menší zatížení dvojkolí
- ★ menší poloměry oblouků
- ★ větší sklony
- ★ kratší mosty
- ★ kratší tunely
- ★ úspornější průřez tunelu (tlaková odolnost vozidla)
- ★ úspornější protipožární opatření na straně tunelu (požární odolnost vozidla)

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Optimalizovaná trať

SIEMENS



Strana 39

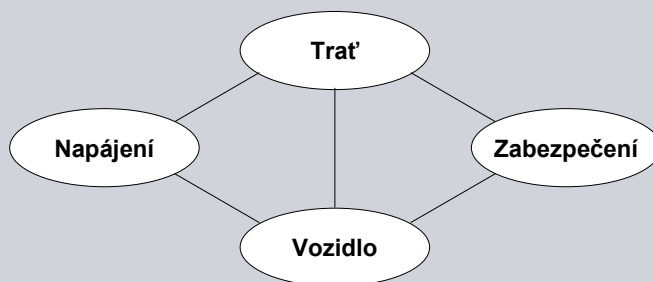
listopad 07

ing. Jiří Pohl

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Společné řešení

SIEMENS



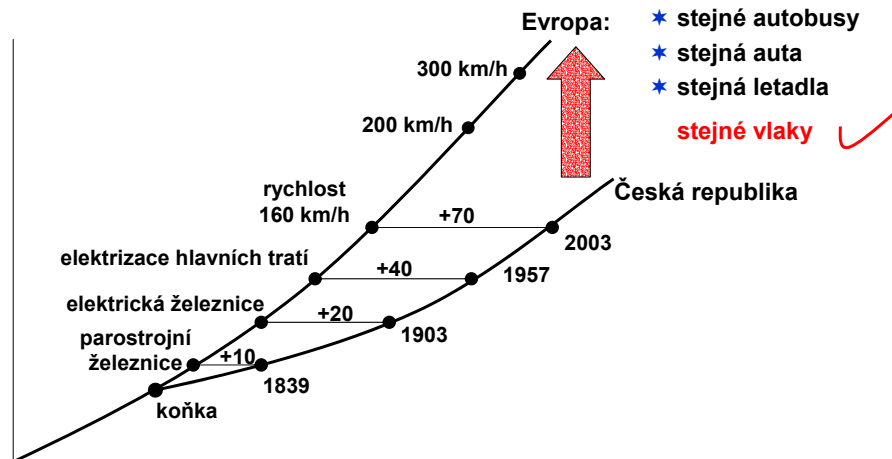
Strana 40

listopad 07

ing. Jiří Pohl

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Milníky v Evropě a u nás



© Siemens Kolejová vozidla 2007

Evropská integrace

Vysokorychlostní tratě v České republice:

- národní geografické podmínky,
- národní specifika přepravních potřeb,
- evropská jednotnost,
- evropská zkušenost.

⇒ úspora času a nákladů

© Siemens Kolejová vozidla 2007

Šťastnou cestu !

SIEMENS



© Siemens Kolejová vozidla 2007

Strana 43

listopad 07

ing. Jiří Pohl

SIEMENS

Děkuji Vám za Vaši pozornost

