



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Vysokorychlostní tratě a doprava v ČR

doc. Ing. Josef Kolář, CSc.

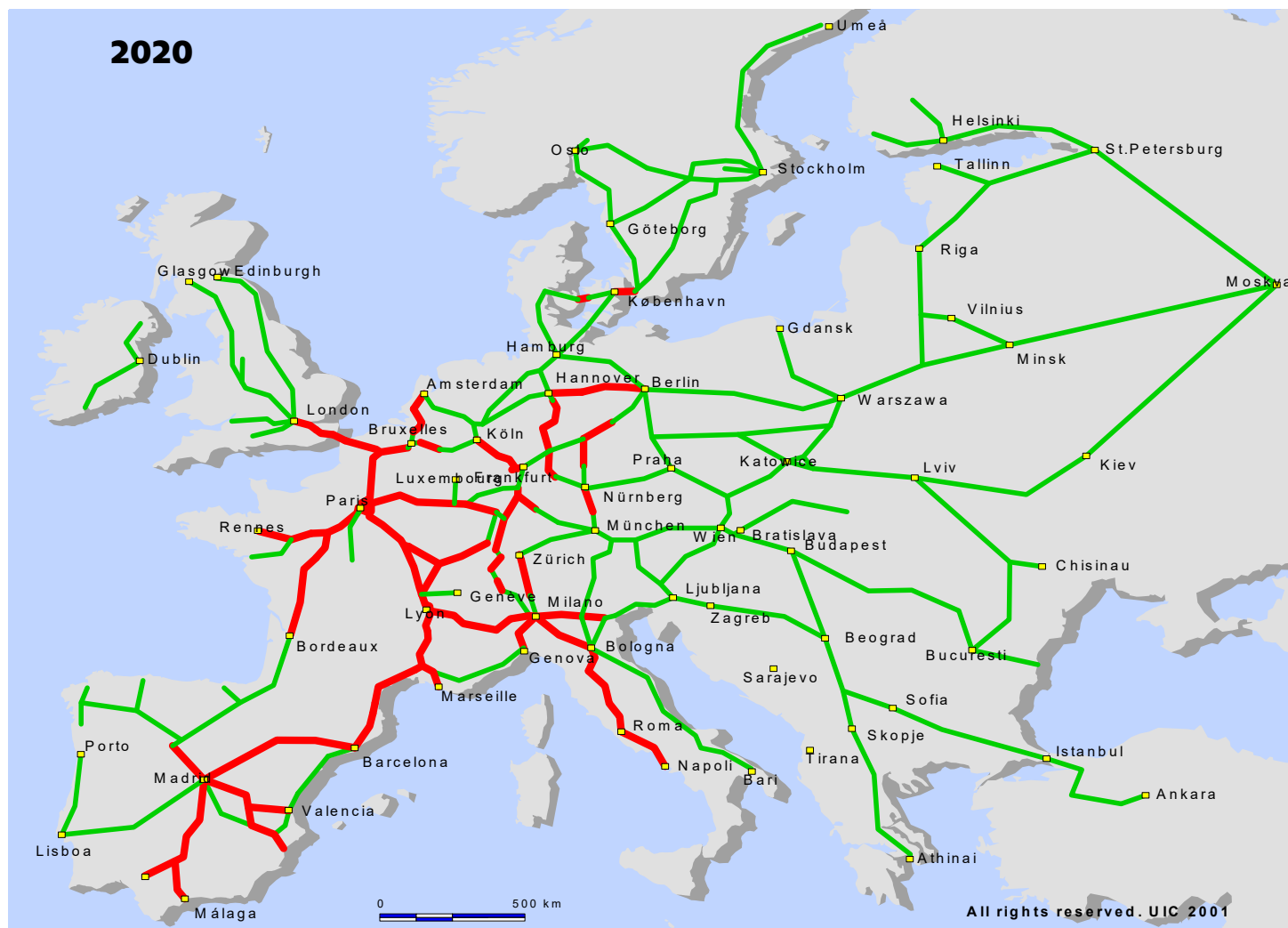
U 12 120, FS ČVUT v Praze

10.11.2020

Obsah

- Vývoj sítě vysokorychlostní dopravy v Evropě
- Parametry vysokorychlostní tratě v ČR
- Vozidla pro vysokorychlostní tratě v ČR

Vývoj sítě vysokorychlostní dopravy v Evropě



- Nové budované tratě
 - Modernizované tratě
 - Síť rychlých vlaků
- v r. 2020

Quelle: UIC, High Speed Division

Vývoj sítě vysokorychlostní dopravy v Evropě

- Konkurence spojení Sever – Jih přes SRN

VDE 8 Strecke in Europa

Transeuropäische Netze (TEN) 2020

- Neubaustrecken
- Ausbaustrecken



Vývoj sítě vysokorychlostní dopravy v Evropě



VDE 8
Berlín – Norimberk
již v provozu
od 31.8. 2017 !

Budoucnost a ekonomická výhodnost VRT pro ČR ⇒ pouze výhodná a silná vazba na TEN-T !!!

Vývoj sítě vysokorychlostní dopravy v Evropě

- Vhodná vysokorychlostní železniční spojení (VRT) v České republice?

⇒ **VRT 1:** Berlín – **Drážďany** - **Praha** – **Brno** – Břeclav - Bratislava ⇒ Budapešť – Turecko

⇒ **VRT 2:** Varšava - **Katovice** - **Ostrava** – **Brno** – **Břeclav** – Vídeň ⇒ Graz – Itálie

Kdy začít stavět ? ⇒ Co nejdříve !!!

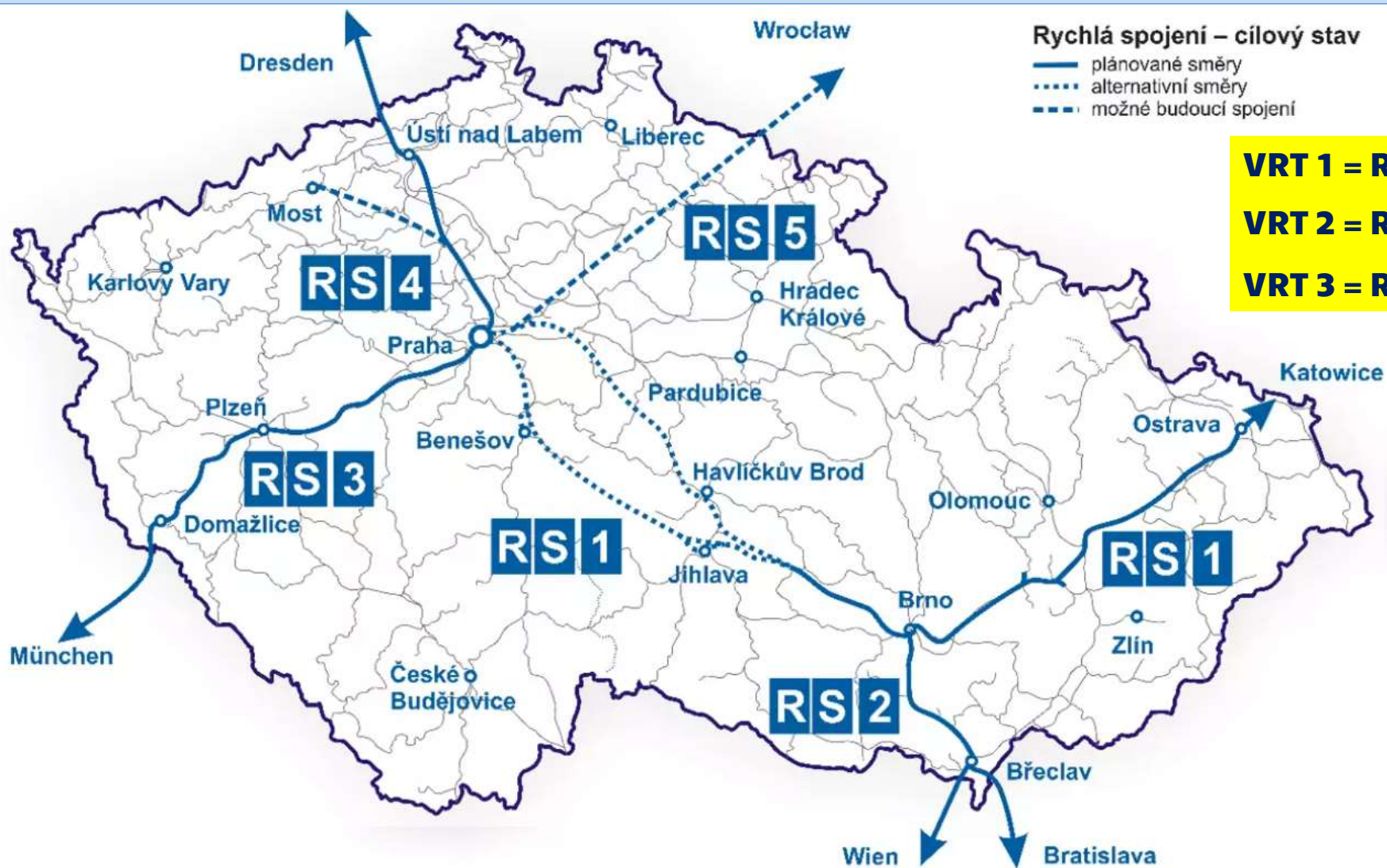
- Konkurenční vysokorychlostní spojení již vzniká !

⇒ Berlín – Norimberk – Linec – Vídeň – Jihovýchodní Evropa - Turecko

VDE 8 – Berlín – Norimberk již v provozu od 31.8. 2017 !

Nebude uvedení do provozu v roce 2035 již pozdě ?

Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Dresden – Ústí nad Labem
28 km dvoukolejný tunel
pod Krušnými horami,
smíšená doprava
 $V_{\max} = 200 \text{ km/h}$

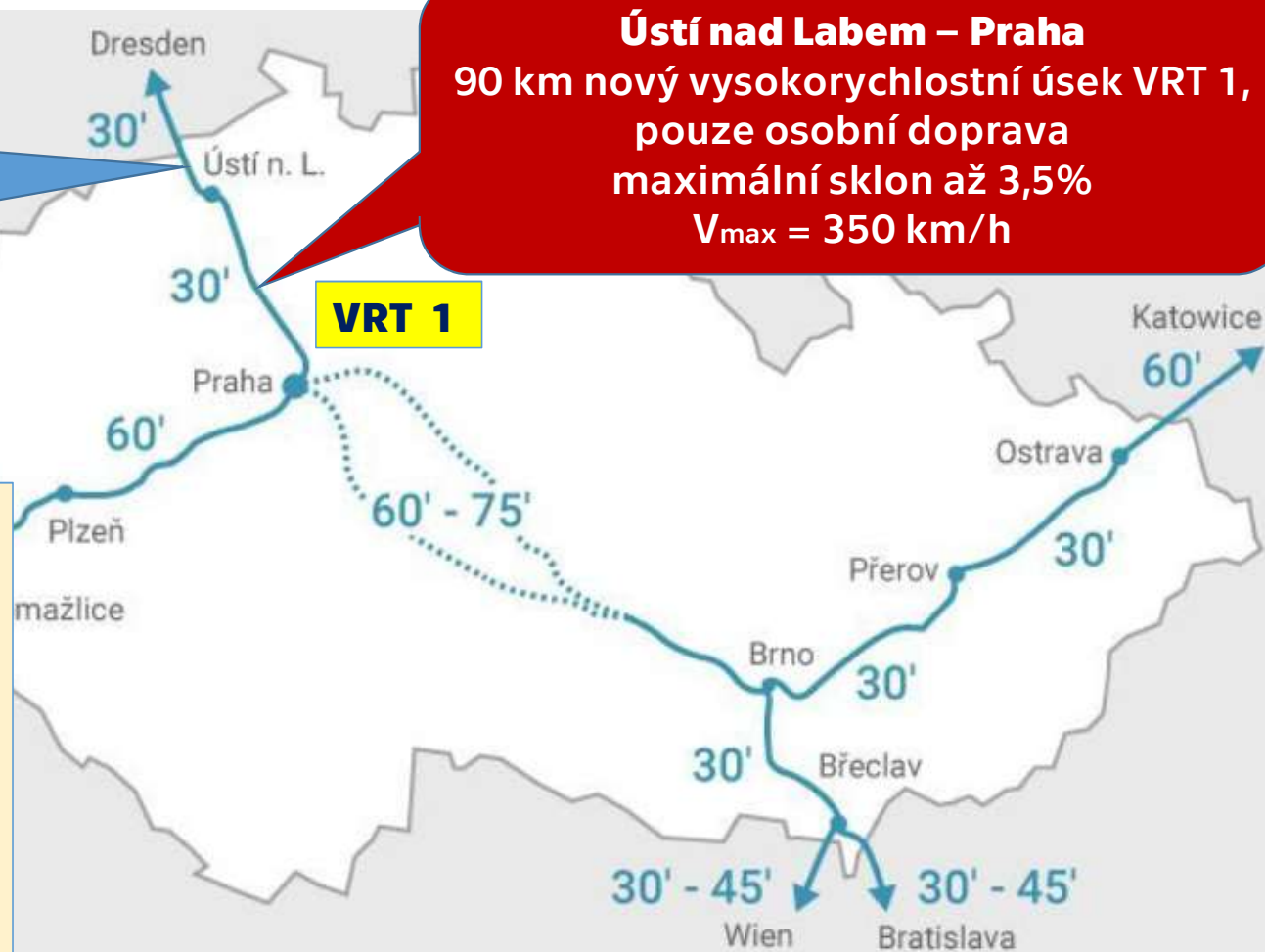
Ústí nad Labem – Praha
90 km nový vysokorychlostní úsek VRT 1,
pouze osobní doprava
maximální sklon až 3,5%
 $V_{\max} = 350 \text{ km/h}$

VRT 1 Praha – Dresden

- zahájení výstavby 2024
- odhadované investiční náklady 198 + 32 mld. Kč
- jednotková cena 0,8 mld./km
- uvedení do provozu - 2035 ?

Zdroj: <https://zdopravy.cz/na-nemecke-strane-budouci-rychlotrati-do-prahy-jiz-zacal-podzemni-pruzkum-62961/>

Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>



Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

VRT 1 Praha – Brno

- zahájení výstavby 2024 ?
- odhadované investiční náklady 122 nebo 159 mld. Kč ?

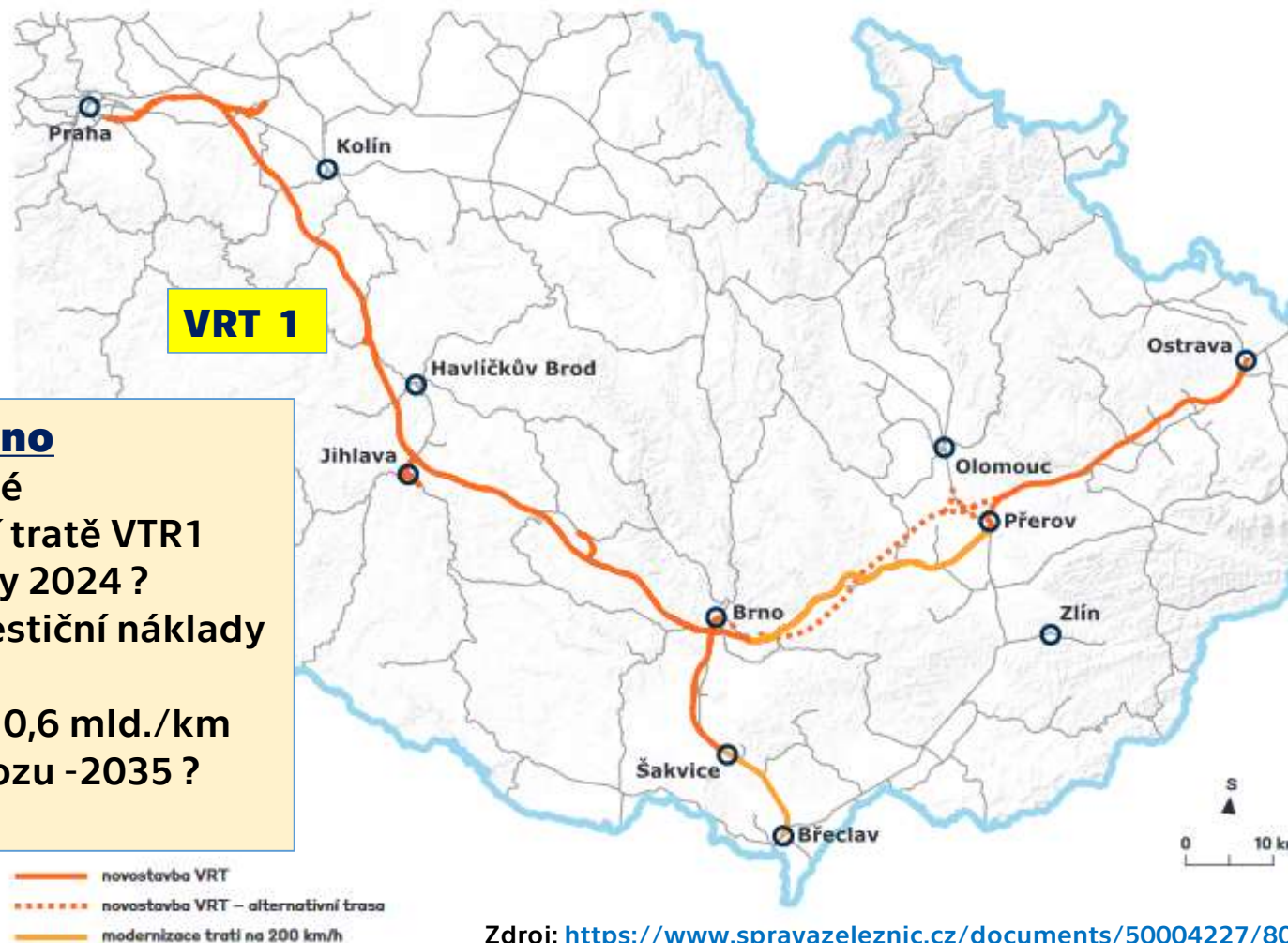
Praha – Brno severní trasa,
nový úsek VRT 1,
pouze osobní doprava,
maximální sklon až 3,5%
 $V_{\max} = 350 \text{ km/h}$

Praha - Brno – jižní trasa
nový úsek VRT,
pouze osobní doprava
maximální sklon až 3,5%
 $V_{\max} = 350 \text{ km/h}$

VRT 1

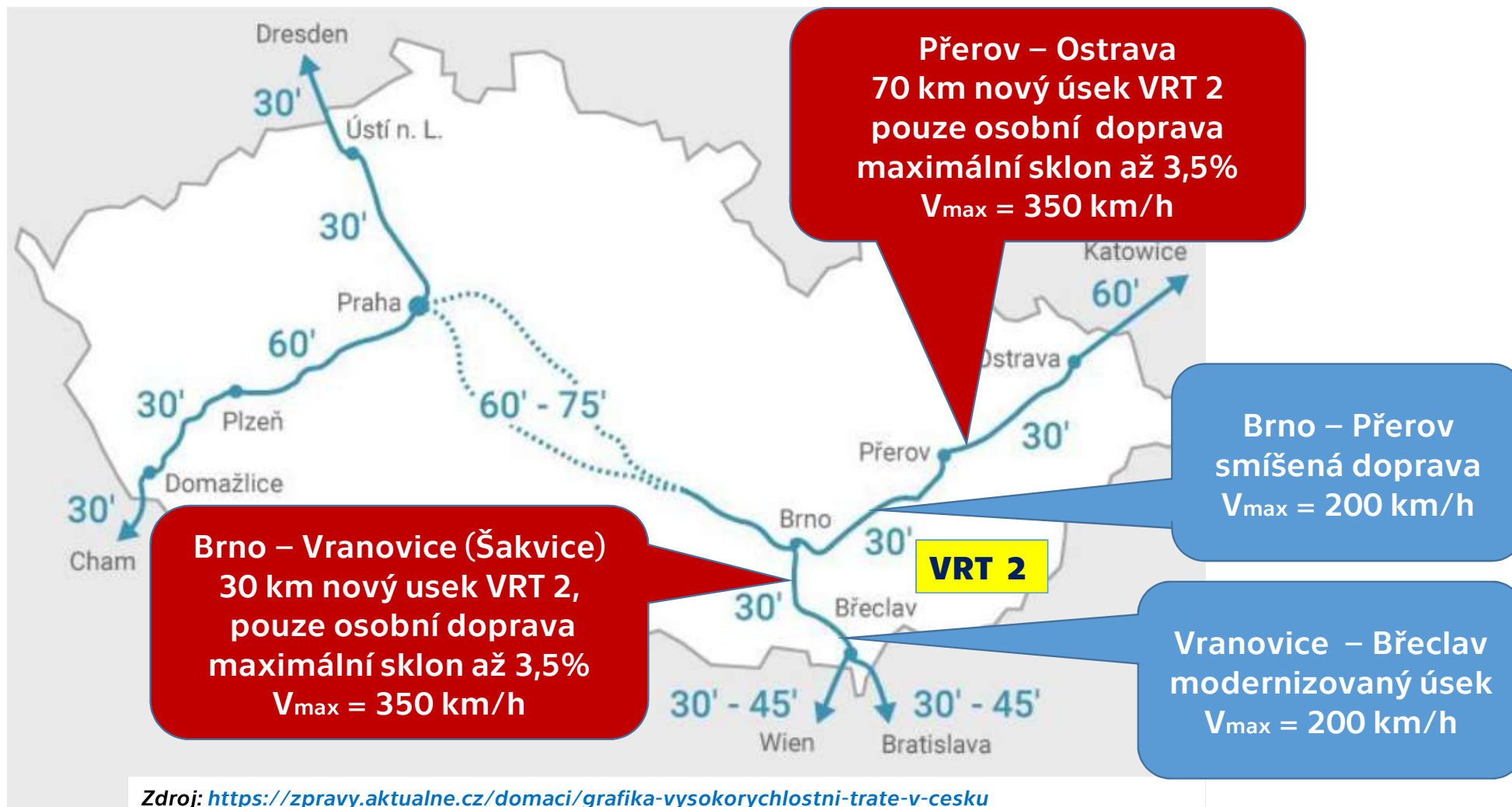
Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>

Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

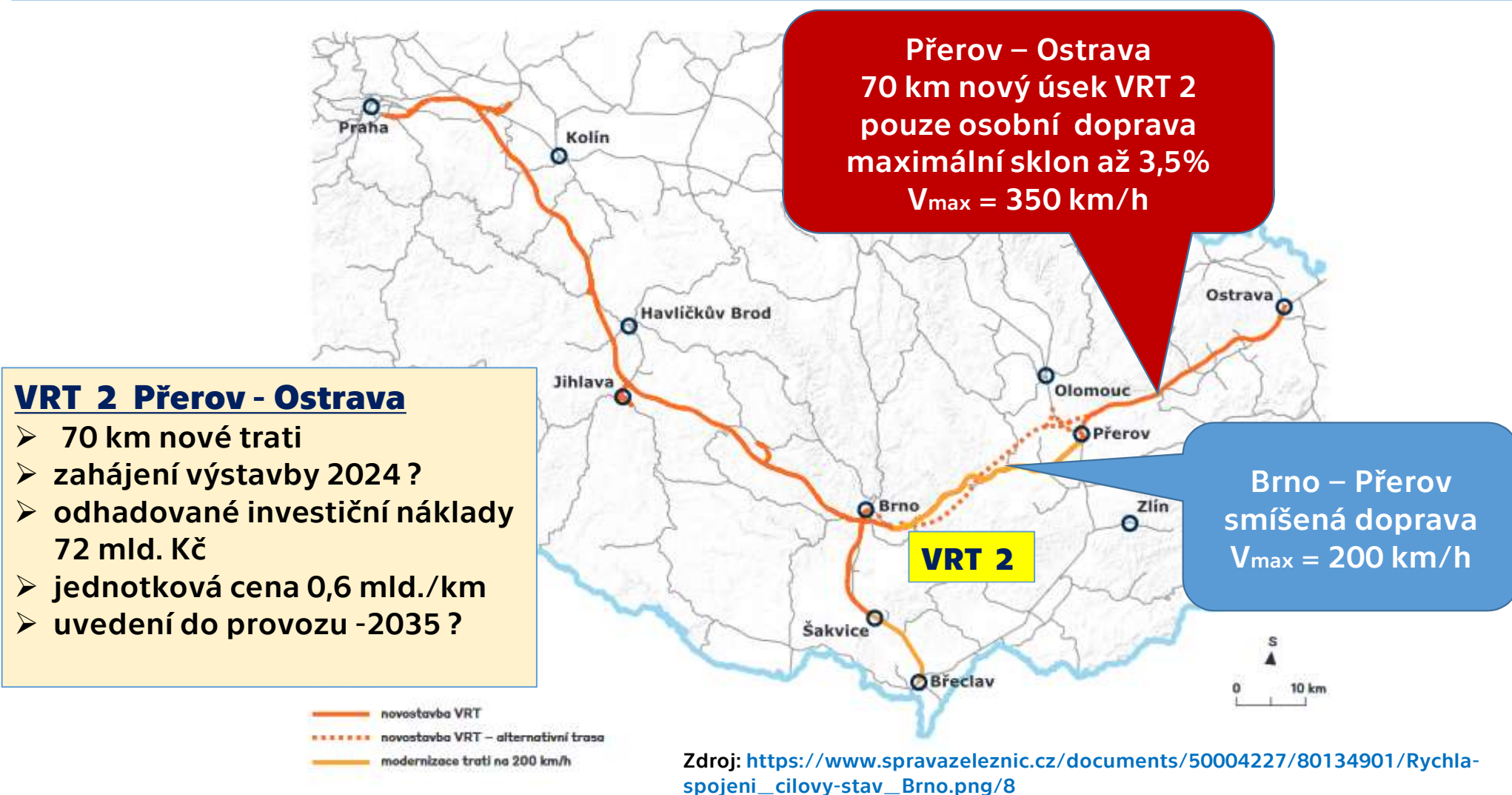


Zdroj: https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/80134901/Rychla-spojeni_cilovy-stav_Brno.png/8

Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

VRT 2 Brno - Vranovice

- zahájení výstavby 2024 ?
- odhadované investiční náklady 12 mld. Kč ?
- jednotková cena 0,4 mld./km ?
- uvedení do provozu -2035 ?

VRT 2

Brno – Vranovice
30 km nový úsek VTR 2
pouze osobní doprava
maximální sklon až 3,5%
 $V_{\max} = 350 \text{ km/h}$

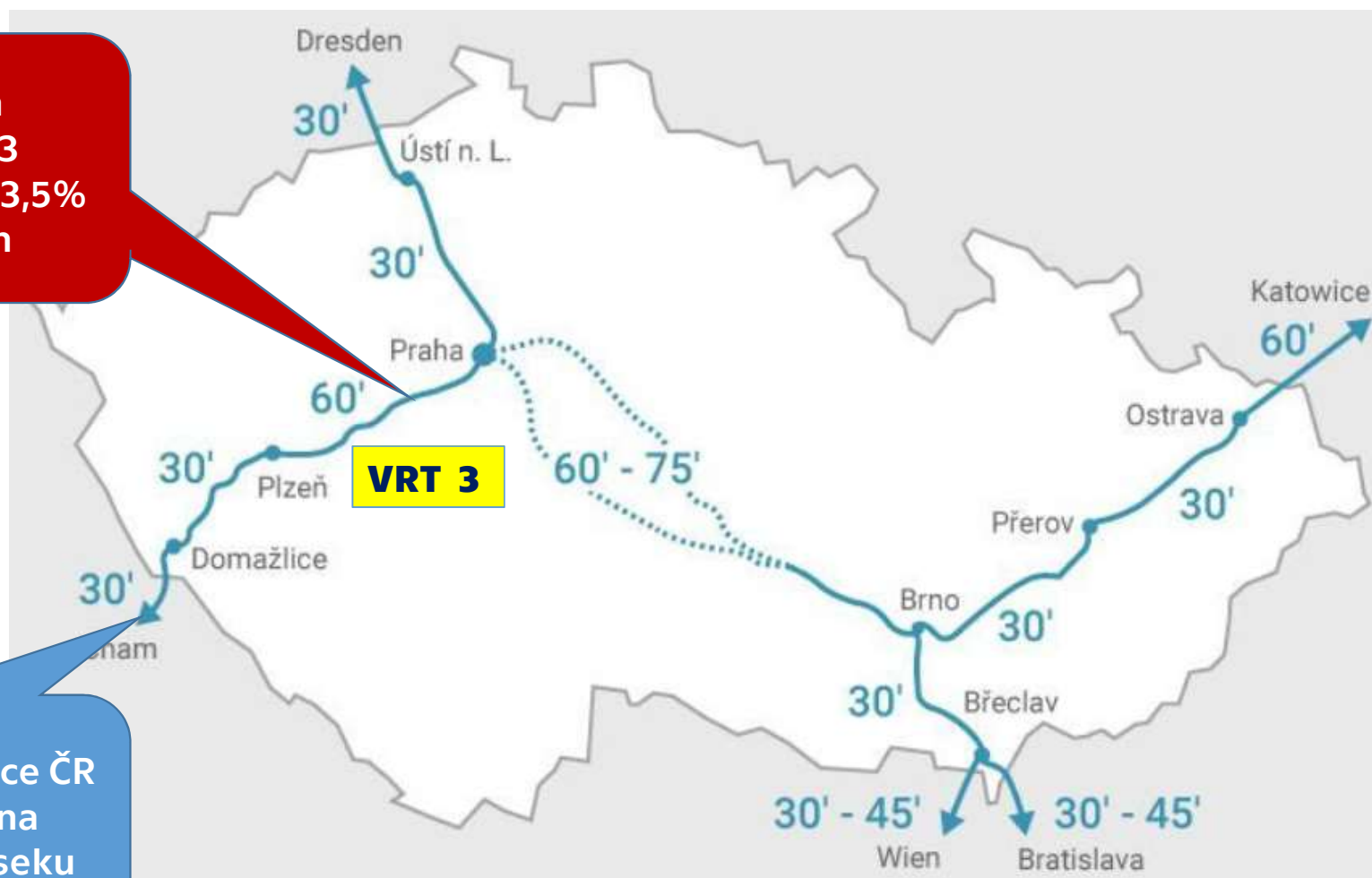
Vranovice – Břeclav
Modernizovaný úsek
 $V_{\max} = 200 \text{ km/h}$

Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>

Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Praha – Beroun
nový úsek VRT 3
maximální sklon až 3,5%
 $V_{\max} = 350 \text{ km/h}$

Beroun – státní hranice ČR
smíšená doprava na
modernizovaném úseku
 $V_{\max} = 200 \text{ km/h}$



Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>

Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

- **Napájecí soustava** – 25 kV/50 Hz
- **Vysokorychlostní traťové úseky pouze pro osobní dopravu (60 až 70% VRT):**
 - V. kategorie trati podle EN 13 803-1
 - nápravové zatížení 20t/nápravu ?
 - **maximální rychlost až 350 km/h, sklon tratí maximálně 3,5 %**

Nebylo by vhodné zvětšit sklon trati na 4% $\Rightarrow$ kratší tunely a mosty,
nižší stavební náklady ?

- **Traťové úseky pro smíšenou dopravu (30 až 40% VRT):**
 - IV. kategorie trati podle EN 13 803-1
 - nápravové zatížení 25t/nápravu ?
 - maximální rychlost 250 km/h
 - maximální sklon trati do 2,5%

R_0 [m]	1 200	2 000	3 500	5 000
<i>Provedení oblouku</i>	V [km/h]			
$p_{ST} = 0 \text{ mm} ; p_{CH} = 100 \text{ mm}$	100	130	172	205
$p_{ST} = 150 \text{ mm} ; p_{CH} = 100 \text{ mm}$	159	205	272	325
$p_{ST} = 150 \text{ mm} ; p_{CH} = 270 \text{ mm}$	206	266	352	421

Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Trat'	Investiční náklady (mld. Kč)
Praha – Brno (přes Poříčany)	122
Praha – Brno (přes Benešov)	159
Brno – Vranovice	11
Přerov – Ostrava	72
Praha – Beroun / Hořovice	37
Praha – Ústí nad Labem – Dresden (včetně úseku v SRN)	129
Úpravy železničního uzlu Praha	min. 80
Zaústění vysokorychlostní trati do železničních uzlů (dle varianty)	23 - 45
Riziková přírážka (rezerva)	30 %
Součet (při vedení trati Praha – Brno přes Poříčany a dražší varianta zaústění do železničních uzlů) bez rezervy na pokrytí rizik v cenové úrovni r. 2016	496
Součet (při vedení trati Praha – Brno přes Poříčany a dražší varianta zaústění do železničních uzlů) vč. rezervy na pokrytí rizik v cenové úrovni r. 2016	645

Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>

VRT 1 – 325 km novostavby

VRT 2 – 100 km novostavby

**V případě výstavby VTR
v letech
2024 -2034
je třeba stavět
cca VTR 45 km/rok .**

**Odhadované
investiční náklady
pouze na stavbu
nových úseků VRT**

Parametry vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Dílčí závěry k tratím:

- projektování tratí je nutné maximálně urychlit, aby se mohlo začít s výstavbou VTR co nejdříve
- **výstavba VRT v ČR musí být v zájmu EU a ČR, na financování je nutné získat významnou dotaci z EU (alespoň z 50% až 70%) z grantů podporujících ekologickou osobní dopravu**
- pokud se ČR nepodaří stihnout programové období kohézní politiky EU v letech 2021-2027, **bez finanční podpory EU projekt výrazně zatíží rozpočty ČR a výstavba VRT se prodlouží a sníží se finanční návratnost**
- **VTR v ČR musí nabídnout evropským dopravcům po roce 2035, ekonomické a rychlé spojení severu a jihu Evropy. Nebylo by vhodné, aby byla ČR objížďena a tranzit vedl pouze přes SRN a Rakousko.**
- pro SŽ by rychlé otevření VRT mělo být významným finančním zdrojem
- je nutné vychovat další generaci stavebních inženýrů a techniků, kteří se budou zodpovědně starat o její rozvoj a údržbu

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Pořizovací cena vysokorychlostního vlaku	900 000 000	Kč
Počet míst k sezení	450	
Průměrný denní proběh	1 600	km
Počet provozních dnů (za rok)	320	
Životnost soupravy	30	let ?
Spotřeba trakční energie	22	kWh/km
Cena za energii	55	Kč/km
Průměrná cestovní rychlost (včetně zastavení, apod., mimo odstavení v provozních přestávkách)	180	km/h
Celkové náklady na provoz	208,37	Kč/km
Počet přepravovaných cestujících (obsazenost 60 %)	270	
Náklady, které musí uhradit modelový cestující	0,93	Kč/km

Proběh soupravy 15,4 mil km ?

Vydrží vozidlo dynamickou únavu ?

Kalkulace ceny jízdného na 1 km

Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>

doc. Ing. Josef Kolář: Vysokorychlostní tratě v ČR U 12 120, Fakulta strojní ČVUT v Praze

10.11.2020

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Odhadované ceny jízdného na VRT	Vzdálenost (km)	Cena (Kč)	Vzdálenost po konvenční trati (km)	Cena na konvenční trati (Kč)
Praha – Brno	255	250 - 300	255	220
Praha – Ústí n/L	90	120 - 150	106	120
Praha – Ostrava	405	400 - 450	356	250 - 350
Brno – Ostrava	150	170 - 200	172	170
Brno – Ústí n/L	345	450 - 500	361	440
Ostrava – Ústí n/L	495	600 - 650	462	580
Praha – Plzeň	100	100 - 150	113	100
Brno – Plzeň	355	450 - 500	368	450
Ostrava – Plzeň	505	600 - 650	469	570

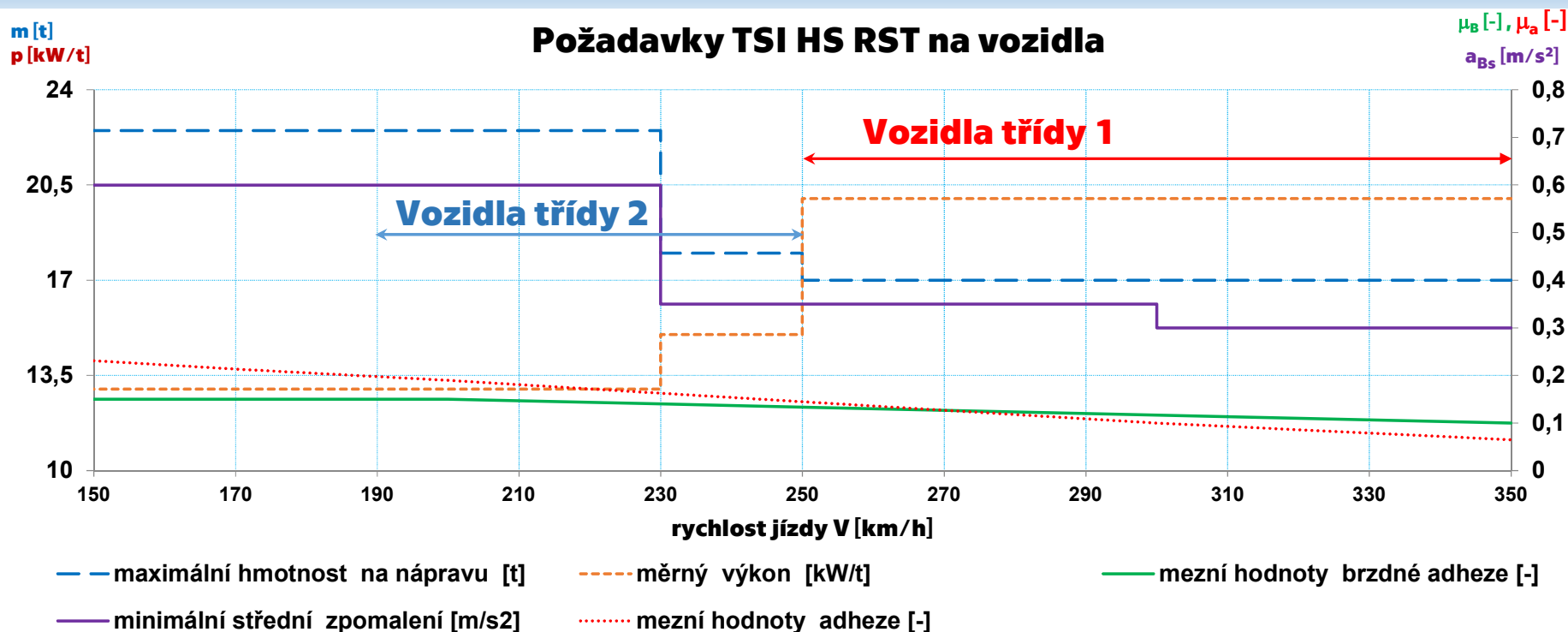
*) kalkulace v cenových relacích roku 2016

Bude stačit takto malé navýšení ceny jízdného ?

Zdroj: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>



Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



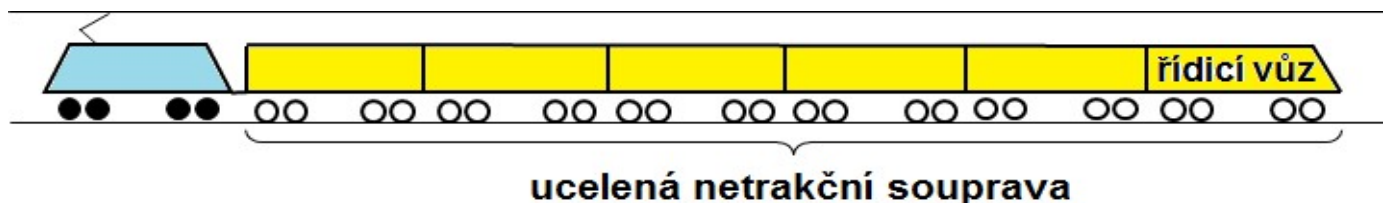
☐ **Vozidla třídy 1** - kolejová vozidla s provozní rychlostí **V = 250 až 350 km/h**
s maximální statickou hmotností **$A_0 \leq 17$ t / nápravu**

☐ **Vozidla třídy 2** - kolejová vozidla s provozní rychlostí **V = 190 až 249 km/h**
s maximální statickou hmotností **$A_0 > 17$ t / nápravu**

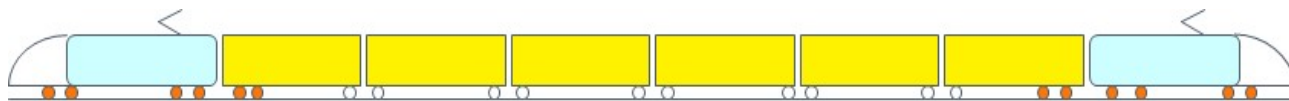
Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Vozidla třídy 2 - s provozní rychlostí **190 až 249 km/h** s maximální statickou hmotností **> 17 t** / nápravu mohou být koncipována:

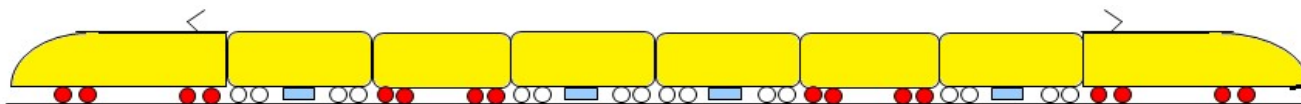
- **do provozní rychlosti 230 km/h** ve formě výkonné hnací lokomotivy a ucelené netrakční jednotky s řídícím vozem na druhém konci vlaku



- **pro provozní rychlost 230 km až 249 km/h ve formě:**
 - a) ucelené elektrické jednotky se soustředěným výkonem do dvou hlavových hnacích vozů



- b) elektrické jednotky s distribuovaným výkonem po celé délce vlaku



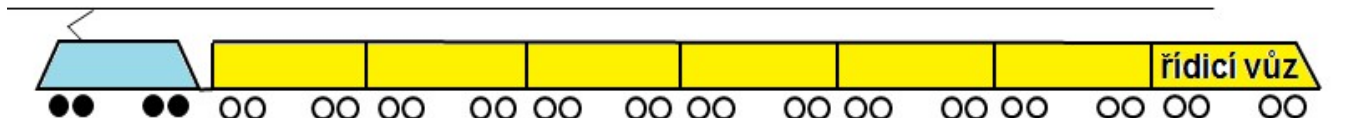
Vratná souprava ČD - Rail jet



Jednotka ř.680 Pendolino

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Vícesystémová elektrická lokomotiva + netrakční jednotka



Vhodnost použití: pro modernizované tratě a sedmi nebo osmi vozové vlaky EC/IC

Výhody:

- 👍 **jednoduchá konstrukce soupravy** (samostatná lokomotiva, složená netrakční jednotka)
- 👍 **netrakční jednotku lze spojit s jakýmkoliv vozidlem dle standardů UIC**
- 👍 **ucelená netrakční jednotka přináší vyšší jízdní komfort** – (lepší průchod jednotkou, kvalitní mezivozové přechody, tichý, přehledný a klidný interiér)
- 👍 **zlepšená aerodynamika netrakční soupravy** $\Rightarrow$ menší jízdní odpor
- 👍 **jednodušší variabilnost soupravy** (počtu vozů a typu vozu, typu lokomotivy)
- 👍 **jednoduchá údržba** (zvláště lokomotiva, zvláště samostatné vozy)

Nevýhody:

- 👎 **pouze jedno hnací vozidlo** $\Rightarrow$ **omezený výkon** – cca 6,4 MW, chybí redundance vlaku, při poruše lokomotivy stojí celý vlak
- 👎 **nízký stupeň možnosti využití rekuperace energie** pouze hnací vozidlo je vybaveno EDB, netrakční jednotka používá mechanické třecí kotoučové brzdy
- 👎 **nerovnoměrné zatížení koleje** (lokomotiva 86 t, vozy netrakční jednotky cca 55 t)

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Vícesystémová elektrická lokomotiva + netrakční jednotka

ČD railjet : **Loko + Bmpz/3 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + ARbmpz/1 + Ampz/1 + Afmpz/2**



V provozu od roku 2014 je 15 netrakčních souprav.

Délka sedmivozové netrakční jednotky s lokomotivou:

19 m + **185 m**

Hmotnost vlaku:

87 t + **350 t**

Trakční výkon (DC 3kV, AC 15kV/16 ⅔ Hz, AC 25kV/50 Hz):

6 400 kW

Maximální hmotnost na nápravu :

21,75t + **13,76 t**

Maximální provozní rychlost:

230 km/h

Uspořádání soupravy :

Loko + 6 Vv + Řv

Uspořádání pojezdu:

B₀' B₀' + 2' 2' + 2' 2' + 2' 2' + 2' 2' + 2' 2' + 2' 2'

Délka/Šířka /Výška vloženého vozu

25 500 / 2 825 / 4 050 mm

Počet sedadel v jednotce – celkem z toho (1. tř./2.tř. / restaurační)

432+10 (48/ 384 +10/ ----)

Měrný výkon jednotky

14,65 kW/t

Hmotnost na sedadlo

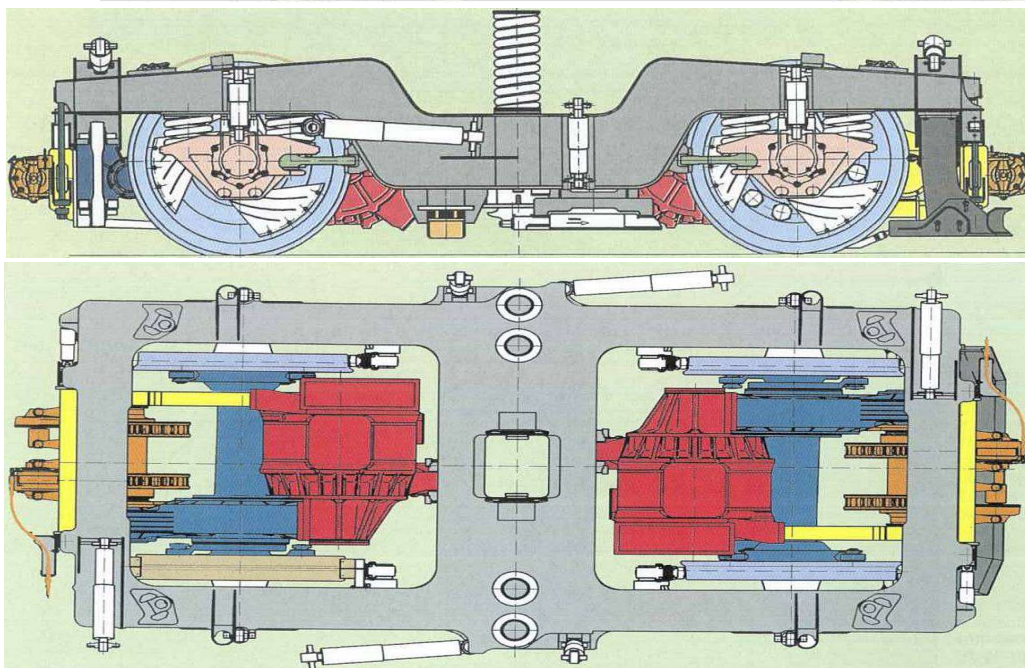
988 kg/sed.

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Příklad praktického provedení: sedmivozové jednotky – vlaky ČD railjet:

Loko + Bmpz/3 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + ARbmpz/1 + Ampz/1 + Afmpz/2

Loko Taurus
ES 64U4



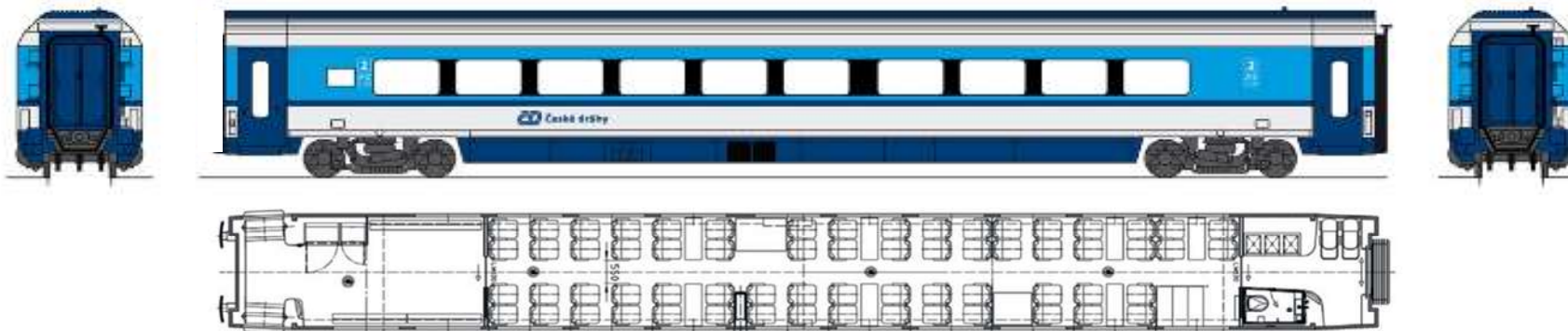
**Plně odpružený individuální
pohon dvojkolí o výkonu 1,6 MW**

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

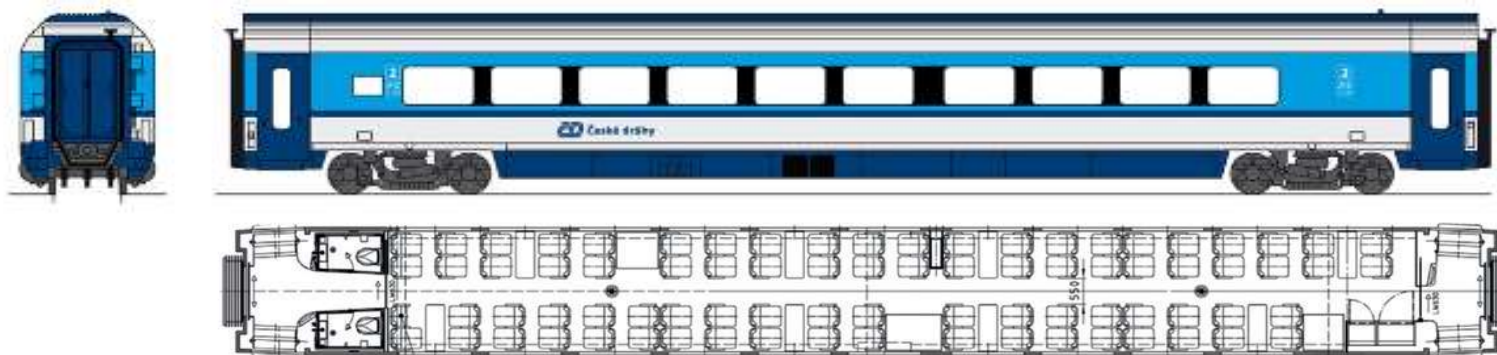
Příklad praktického provedení: sedmivozové jednotky – vlaky ČD railjet:

Loko + Bmpz/3 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + ARbmpz/1 + Ampz/1 + Afmpz/2

Bmpz/3 – prostor pro přepravu kol, II. třída 74 míst, dětské kino



Bmpz/1 - II. třída 80 míst

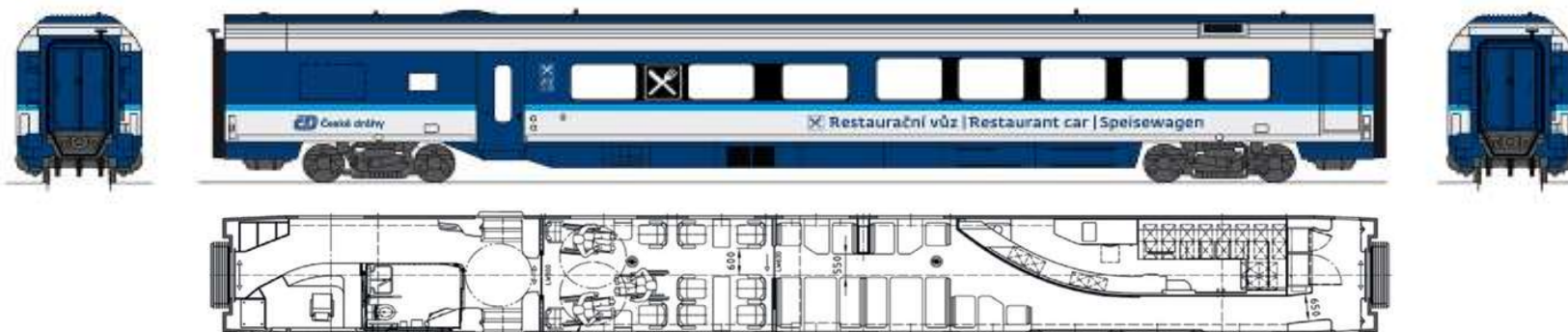


Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

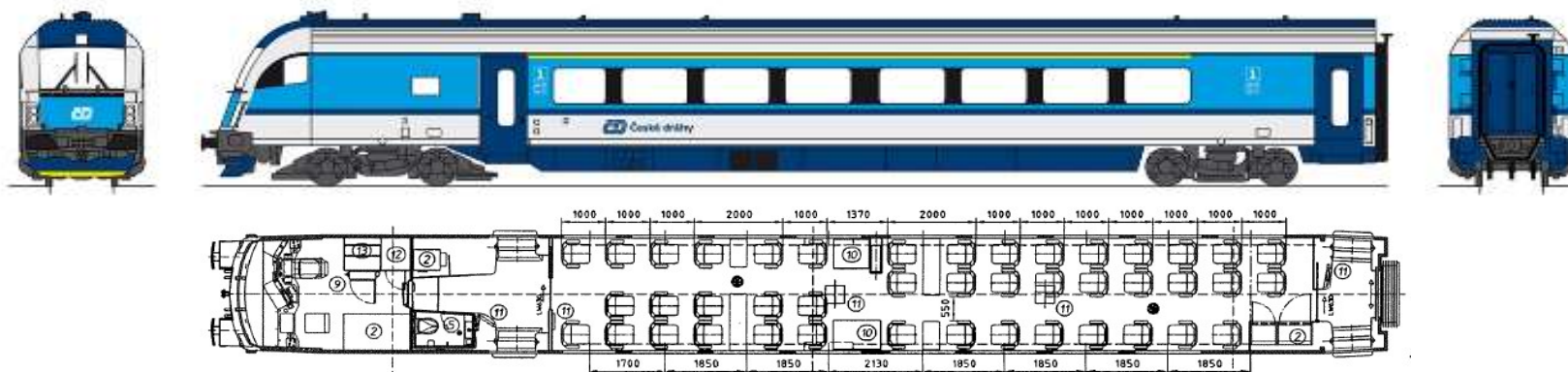
Příklad praktického provedení: sedmivozové jednotky – vlaky ČD railjet:

Loko + Bmpz/3 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + ARbmpz/1 + Ampz/1 + Afmpz/2

ARbmpz/1 - I. třída 10 míst, restaurační oddíl



Řídicí vůz Afmpz/2 -- I. třída 43 míst



Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

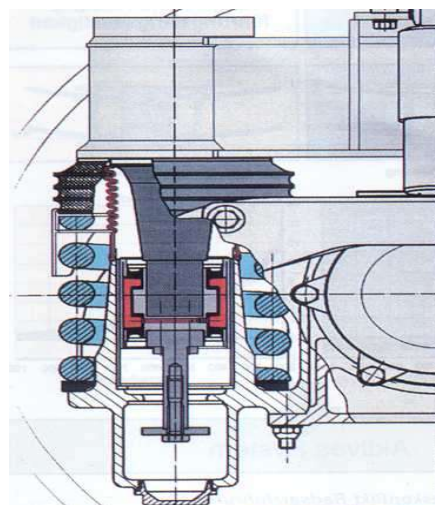
Příklad praktického provedení: sedmivozové jednotky – vlaky ČD railjet:

Loko + Bmpz/3 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + Bmpz/1 + ARbmpz/1 + Ampz/1 + Afmpz/2



Vozy netrakovní jednotky používají dvounápravové podvozky SF 400

- maximální provozní rychlost 280 km/h
- rozvor podvozku 2 500 mm
- Maximální hmotnost na nápravu 17 t
- sekundární vzduchové vypružení doplněné torzními stabilizátory



- primární vypružení ocelové šroubovitě pružiny doplněné pryžokovovými prvky
- čepové vedení dvojkolí s hydraulickým pouzdem

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



Jednotka ř.680 Pendolino

Elektrická jednotka ř.680 s naklápěcími skříněmi **vyrobená v letech 2003 až 2005** je řazena do sedmi vozové soupravy čtyř motorových vozů a tří vložených vozů.

V roce 2035 bude mít 30 let.

Pořadí vozu	Třída	Charakteristika	Řada
1.	2	čelní trakční vůz	681
2.	1	vložený vůz	081
3.	bufet	vložený trakční vůz	683
4.	2	vložený vůz	084
5.	2	vložený trakční vůz	684
6.	2	vložený vůz	082
7.	2	čelní trakční vůz	682

Délka vlaku

Hmotnost vlaku:

Trakční výkon (DC 3kV, AC 15kV/16 2/3 Hz, AC 25kV/50 Hz):

Maximální hmotnost na nápravu :

Maximální provozní rychlost:

Uspořádání soupravy :

Uspořádání pojezdu:

Délka/Šířka /Výška vloženého vozu

Počet sedadel – celkem z toho (1. tř./2.tř. / restaurační)

185,3 m

385 t

3 920 kW

13,5 t

230 km/h

Hv + 5 Vv + Hv

(1A)(A1)+2' 2' + (1A)(A1)+2' 2' + (1A)(A1)+2' 2' + (1A)(A1)

25 000 / 2 800/3731 mm

322+2 (102/ 220 / ----)

Měrný výkon jednotky

Hmotnost na sedadlo

10,18 kW/t

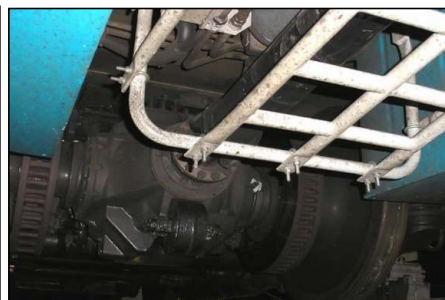
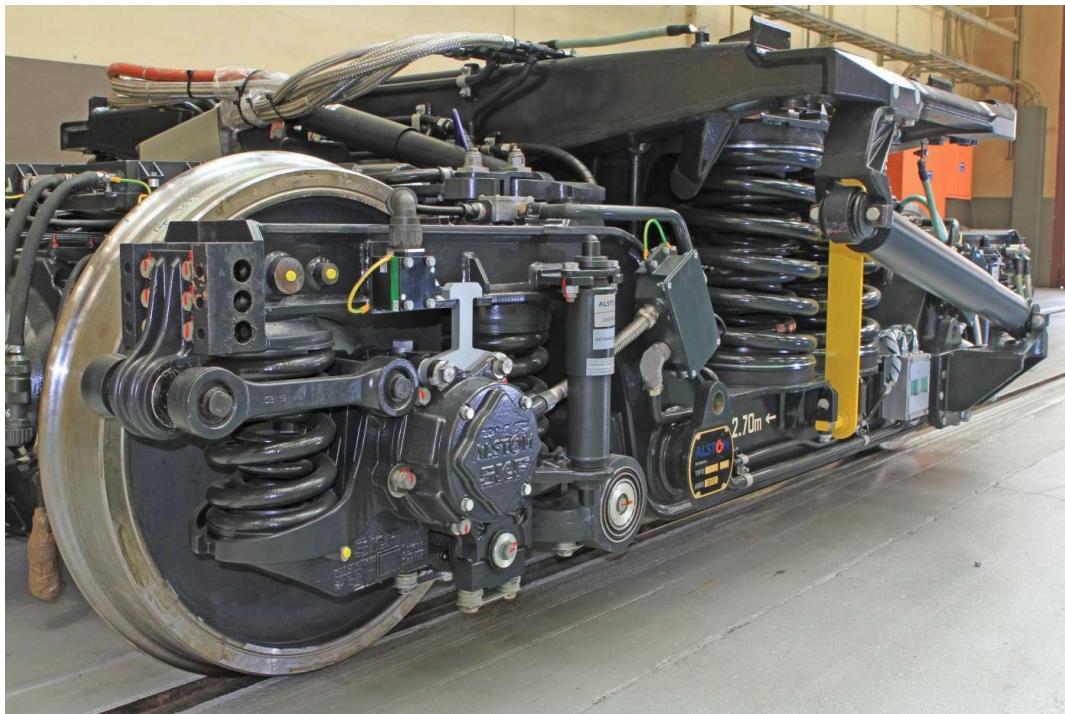
1 188 kg/sed.

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Jednotka ř.680 Pendolino

Trakční podvozek

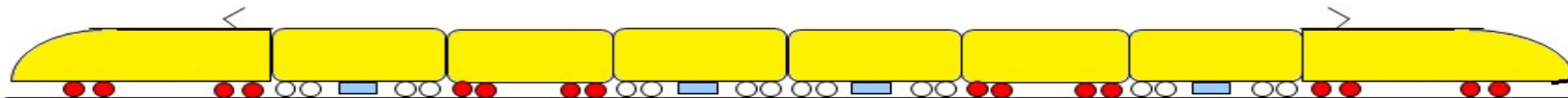
- primární a sekundární vypružení šroubovitě vinuté pružiny doplněné pryžokovovými prvky
- ojnicové vedení rejdovných dvojkolí (gravitační stavění)
- asynchronní trakční motor na skříni vozidla – 500 kW
- kloubový kardanový hřídel
- kuželová nápravová převodovka se spodní vodorovnou závěskou
- naklápěcí systém s pneumatickým centrováním polohy skříně



Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Potřebujeme nakoupit vozidla třídy 1

Vozidla třídy 1 - pro provozní rychlost 250 km až 350 km/h ve formě ucelené elektrické jednotky s distribuovaným výkonem a pomocnými pohony po celé délce vlaku

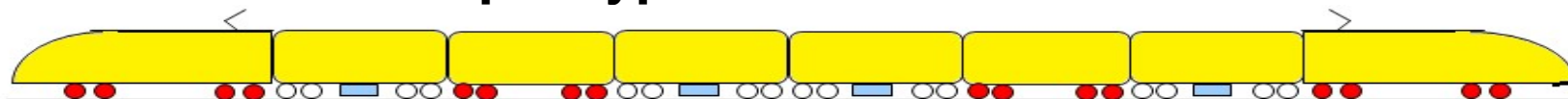


Výhody:

- 👍 **hmotnost na nápravu menší 17/t** (vhodná kombinace motorových a nemotorových vozů)
- 👍 **rovnoměrné rozložení hmotnosti na nápravu po délce jednotky, menší statické a dynamické namáhání kolejí** ⇒ nižší poplatky za dopravní cestu
- 👍 **vyšší stupeň využití adhezí hmotnosti jednotky pro pohon** (poháněno $\geq 50\%$ dvojkolí, možnost využití EDB)
- 👍 **možno instalovat vyšší měrný výkon jednotky** (20 – 25 kW/t)
- 👍 **plně redundantní řešení pohonu** ⇒ případě výpadku ztrácíme výkon $\frac{1}{2}$ jednotky, ale lze dokončit jízdu
- 👍 **zlepšená aerodynamika celé soupravy** ⇒ menší jízdní odpor
- 👍 **všechny vozy jednotky přepravují cestující**
- 👍 **méně hmotné podvozky**
- 👍 **jednodušší řešení individuálního pohonu dvojkolí**

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Vozidla třídy 1 - pro provozní rychlost 250 km až 350 km/h ve formě ucelené elektrické jednotky s distribuovaným výkonem a pomocnými pohony po celé délce vlaku



Nevýhody:

- ☹ **vyšší hlučnost v interiéru jednotky** (hluk s trakční výzbroje rozložené po délce jednotky)
- ☹ **zhoršený přístup k agregátům pod podlahou nebo na střeše vozu** ⇒ nové údržbové nároky a technologie
- ☹ **rozsáhlejší a složitější kabeláž**

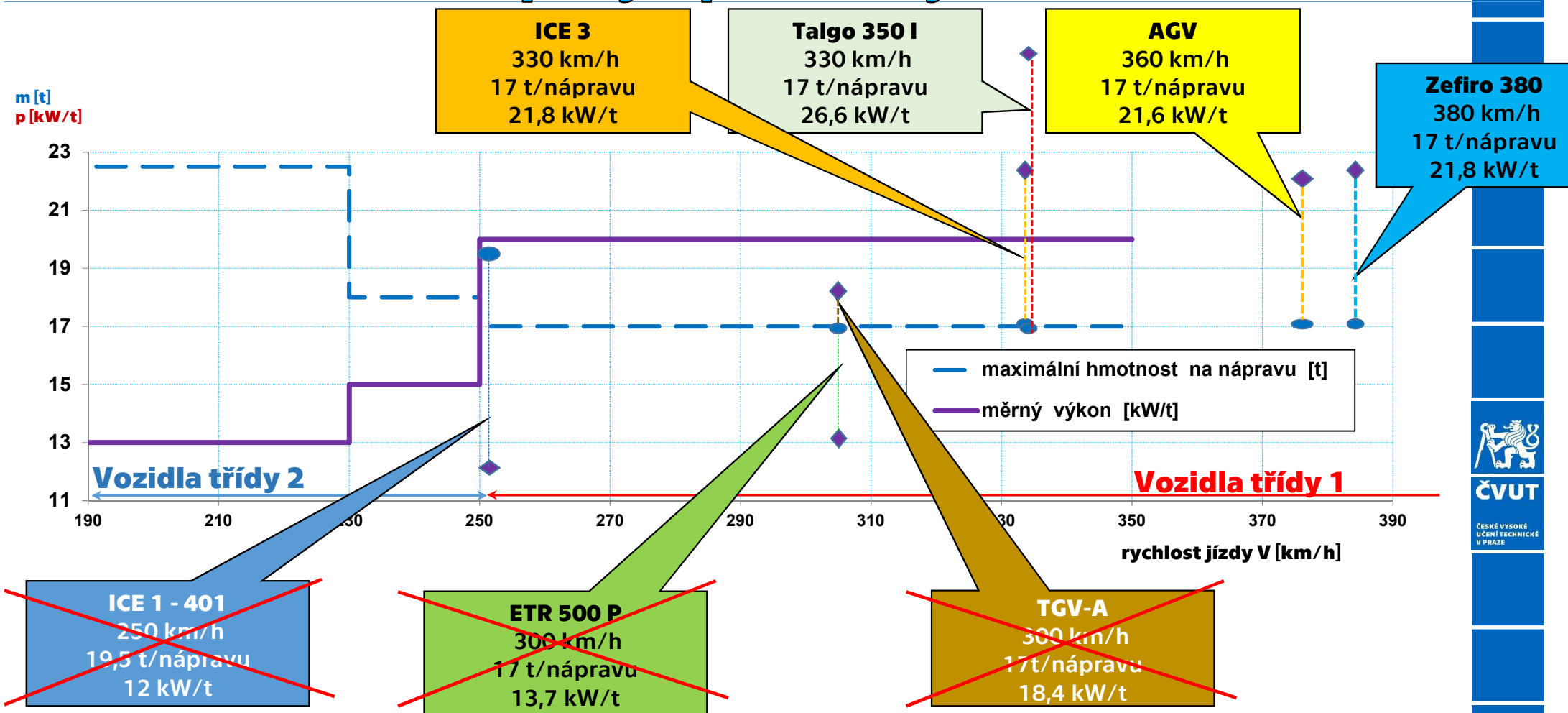


ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UCENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

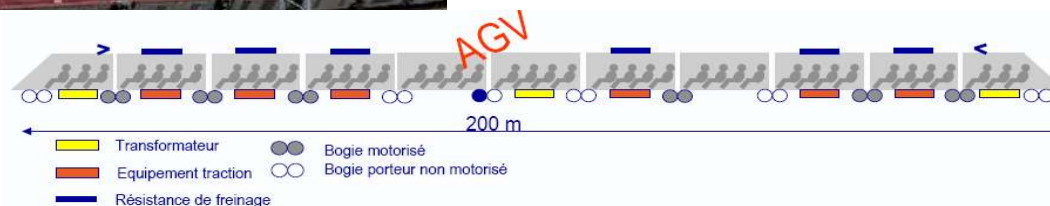
Závěr – vozidla splňující požadavky TSI HS RST



Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



Jedenácti vozová elektrická
jednotka s Jakobsovými
podvozky



Délka vlaku AGV - 11

Hmotnost vlaku:

Trakční výkon (DC 1,5 kV, DC 3kV, AC 15kV/16 $\frac{2}{3}$ Hz, AC 25kV/50 Hz):

Maximální hmotnost na nápravu :

Maximální provozní rychlost:

Uspořádání soupravy :

Uspořádání pojezdu:

Délka/Šířka /Výška vloženého vozu

Počet sedadel – celkem z toho (1. tř./2.tř. / restaurační)

Měrný výkon jednotky

Hmotnost na sedadlo

200 m

380 t

4 200, 7 600, 8 000, 9000 kW

17 t

360 km/h

Hv + 9 Vv + Hv

2'B₀'B₀'B₀'2'2'2'B₀'2'B₀'B₀'2'

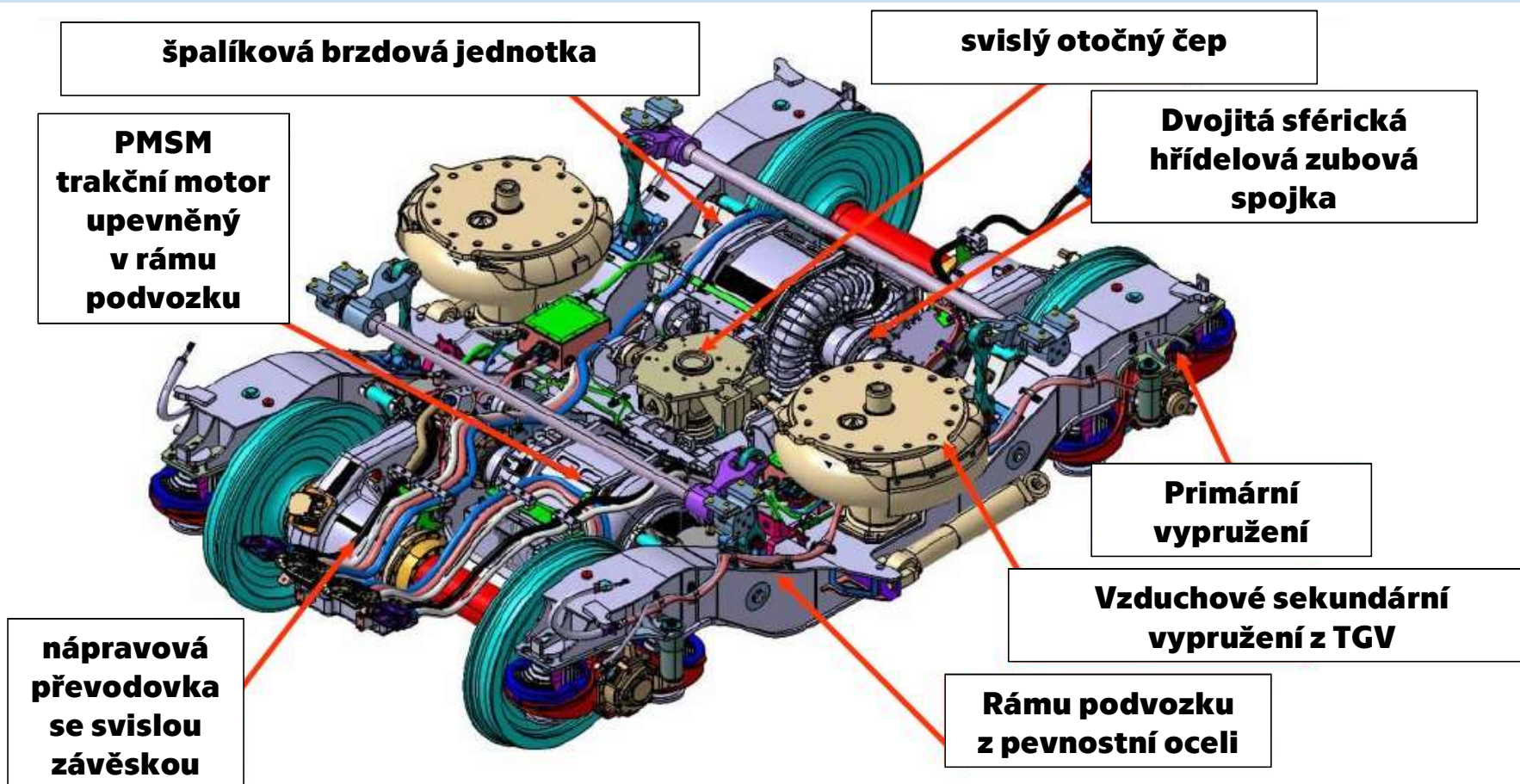
17 300 / 2 985 / ---- mm

446 (---- / ---- / ----)

21,6 kW/t

852 kg/sed.

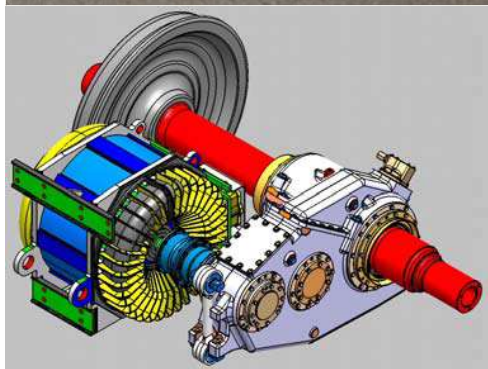
Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



Jacobsův trakční podvozek AGV

Vnější rám, rozvor podvozku 3 000 mm, hmotnost 7 800 kg, jmenovitý průměr dvojkolí 920 mm
jmenovitý trakční výkon 2 x 720 kW, maximální trakční výkon 2 x 760 kW

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



Jacobsův trakční podvozek AGV

rozvor podvozku 3 000 mm,
hmotnost 7 800 kg,
jmenovitý průměr dvojkolí 920 mm
jmenovitý trakční výkon 2 x 720 kW,
maximální trakční výkon 2 x 760 kW



Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Velaro Novo – Achievements

Elektrická osmi vozová jednotka se čtyřnápravovými vozy

SIEMENS

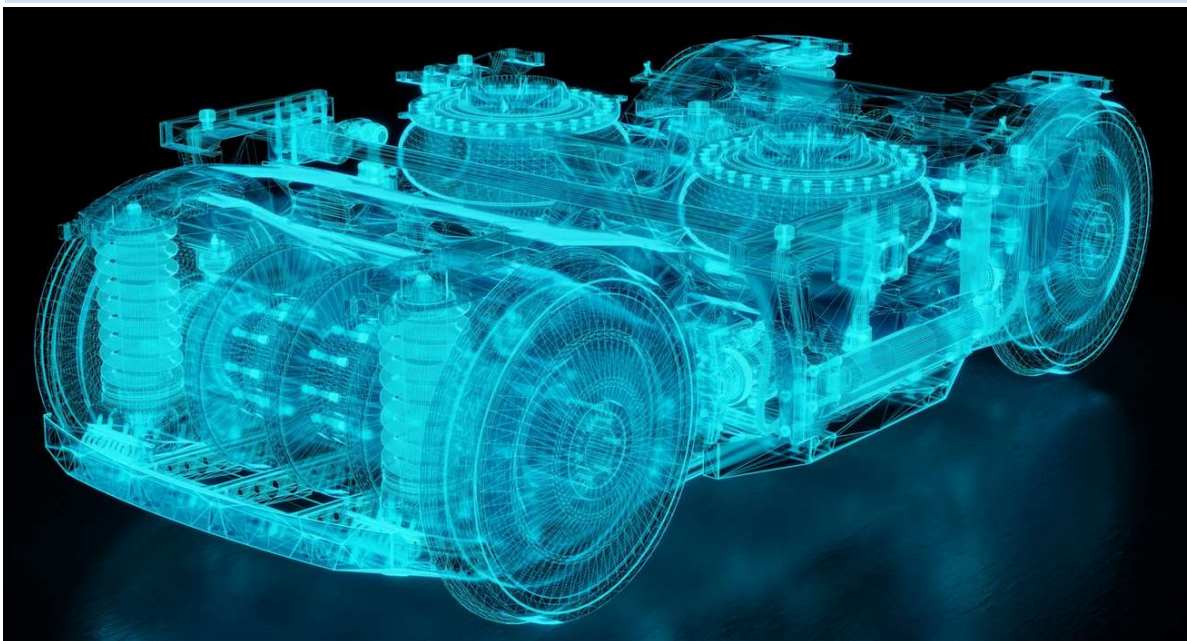
Ingenuity for life



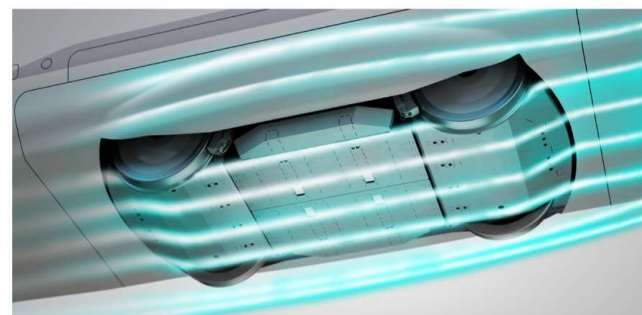
Note: Compared to Velaro at 320 km/h

Zdroj: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/rolling-stock/high-speed-and-intercity-trains/velaro-novo.html>

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR



- nový podvozek s vnitřním rámem
- pohon dvojkolí trakčními motory se synchronními motory (PMSM)
- snížení hmotnosti a momentů setrvačnosti podvozků
- lepší aerodynamika soupravy



	Velaro Novo 280km/h	Velaro Novo 320km/h	Velaro Novo 360km/h	Velaro AC single system
Traction power	4,700 kW	6,600 kW	8,000 kW	8,000 kW
Starting tractive effort	230 kN	230 kN	275 kN	300 kN
Recuperative brake power	7,200 kW	9,900 kW	11,800 kW	8,200 kW
Rheostatic brake power	5,600 kW	7,000 kW	8,400 kW	-
Mass	412 t	416 t	420 t	485 t
Length	202 m	202 m	202 m	201 m
Maximum speed	280 km/h	320 km/h	360 km/h	320 km/h

Vozidla pro vysokorychlostní tratě (VRT) v ČR

Dílčí závěry k vozidlům:

- ČD a.s. vlastní pouze vozidla třídy 2
- pro zvýšení konkurence schopnosti na otevřeném evropském trhu **bude nutné nakoupit vozidla třídy 1**
- **na financování nákupu vozidel bude nutné získat významnou dotaci z EU (alespoň z 50%) z** programů podporujících ekologickou osobní vysokorychlostní železniční dopravu
- je nutné posílit výuku na VŠ a vychovat další generaci strojních a dopravních inženýrů a techniků, kteří se budou zodpovědně starat o provoz a údržbu vysokorychlostních vozidel

Již v současné době je třeba informovat studenty nastupující na střední školy, že vysokorychlostní železnice je potřebuje. Bez nových techniků se VRT nedá úspěšně provozovat.

Děkuji za pozornost .

Zdroje:

- <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/grafika-vysokorychlostni-trate-v-cesku>
- <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/rolling-stock/high-speed-and-intercity-trains/velaro-novo.html>
- <https://zdopravy.cz/na-nemecke-strane-budouci-rychlotrati-do-prahy-jiz-zacal-podzemni-pruzkum-62961/>
- https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/80134901/Rychla-spojzeni__cilovy-stav__Brno.png/8
- Prospekty a prezentace firem – Alstom, Ansaldo Breda, Bombardier, Siemens
- <http://www.hochgeschwindigkeitszuege.com/>
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/>
- Kolář, J. : Pohony kolejových vozidel (přednášky , FS ČVUT)
- Kolář, J. : Konstrukce kolejových vozidel (přednášky, FS ČVUT)