

Institut für Bahnsysteme und öffentlichen Verkehr
Professur für Betrieb von Bahnsystemen

Potenciál železniční trati Dobříš - Praha

Yannis Eysel
Praha // 29. května 2024

Obsah

1. Analýza potenciálu
2. Alternativní technologie pohonu
3. Vlakotramvaje („RegioTram“) - lehká kolejová vozidla
4. Scénáře pro trasu Dobříš-Praha
5. Shrnutí

Představení

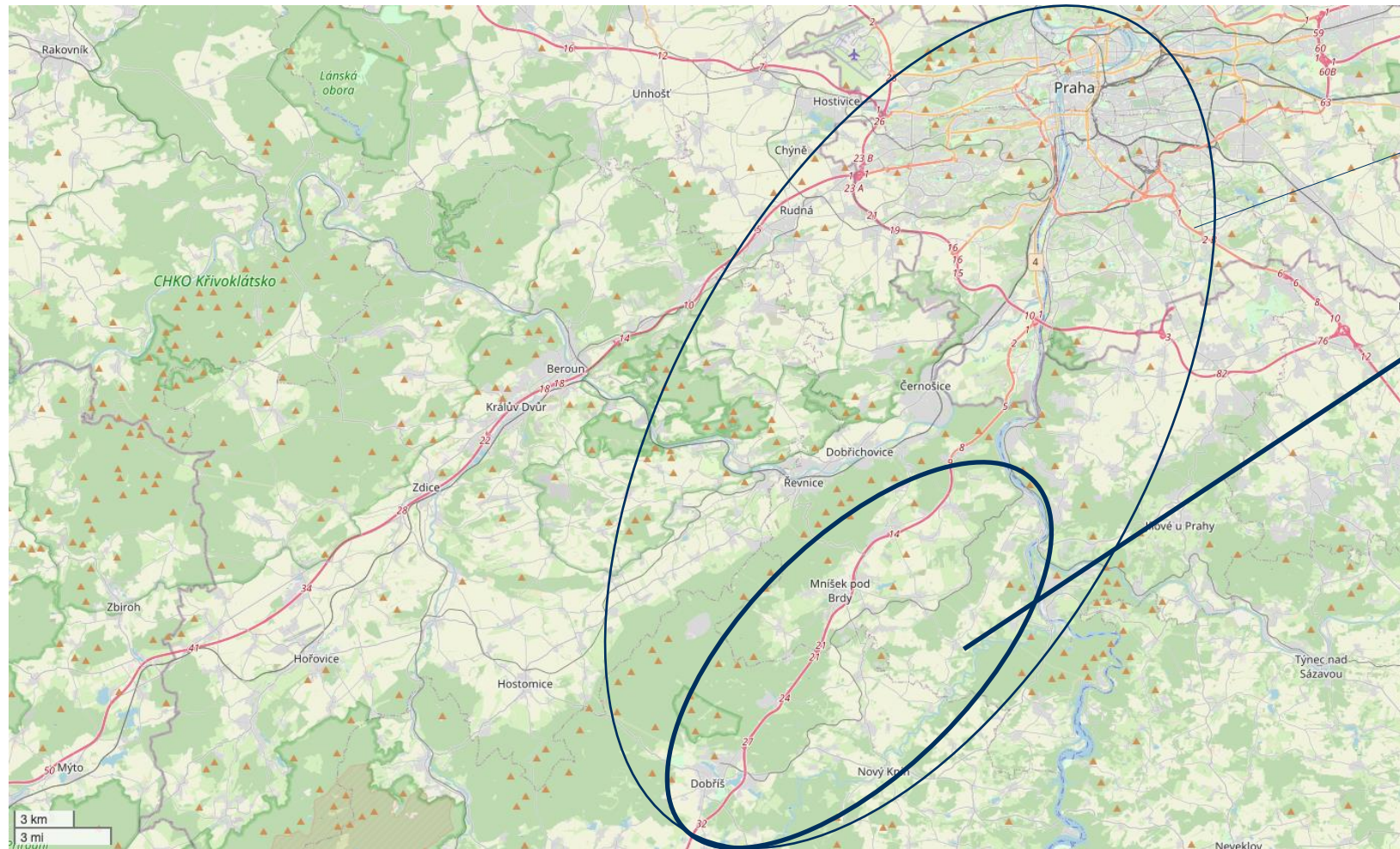
Yannis Eysel

- Narozen v Heidelbergu (Bádensko-Württembersko)
- **Studium na TU Drážďany**
 - Dopravní inženýrství (diplom), 13. semestr
 - Specializace: Železniční systémy → Železniční provoz a veřejná doprava
- **Dosavadní studentské práce**
 - Seminární práce "Deficity spojení veřejnou dopravou ve východní části Drážďan"
 - Studijní práce "Metoda optimalizace blokového rozdělení ETCS Hybrid Level 3 na příkladu digitálního uzlu Stuttgart"
- **Praxe (stáže)**
 - Digitální uzel Stuttgart, DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH (3 měsíce)
 - Řízení trhu mezinárodní dálkové dopravy, DB Fernverkehr AG (6 měsíců)



Analýza potenciálu

Prostorové vymezení



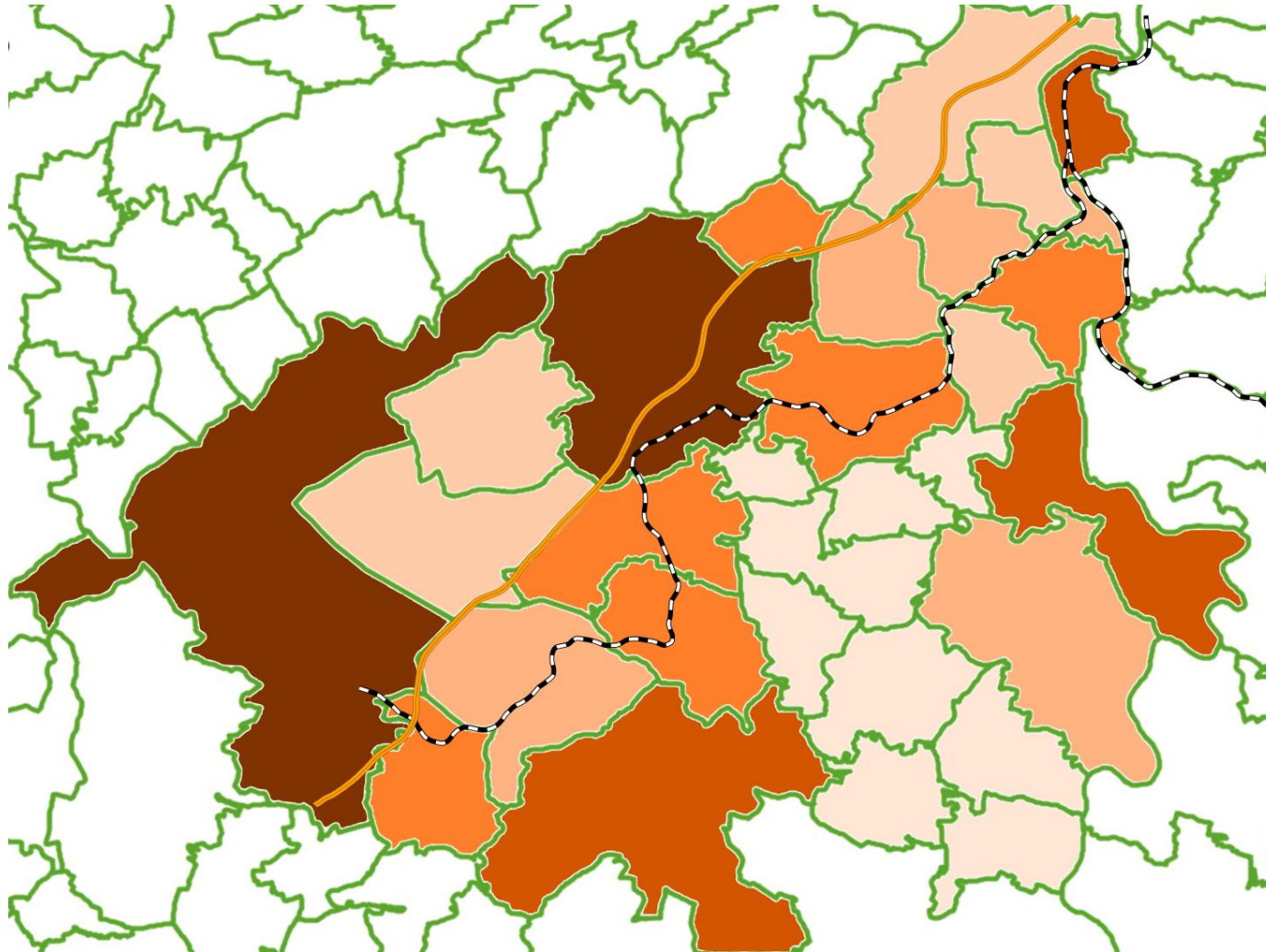
Rozšířená řešená oblast

(Užší) řešená oblast

Zdroj: vlastní grafika na základě openstreetmap.org

Osídlení a struktura obyvatelstva

Počet obyvatel podle obcí

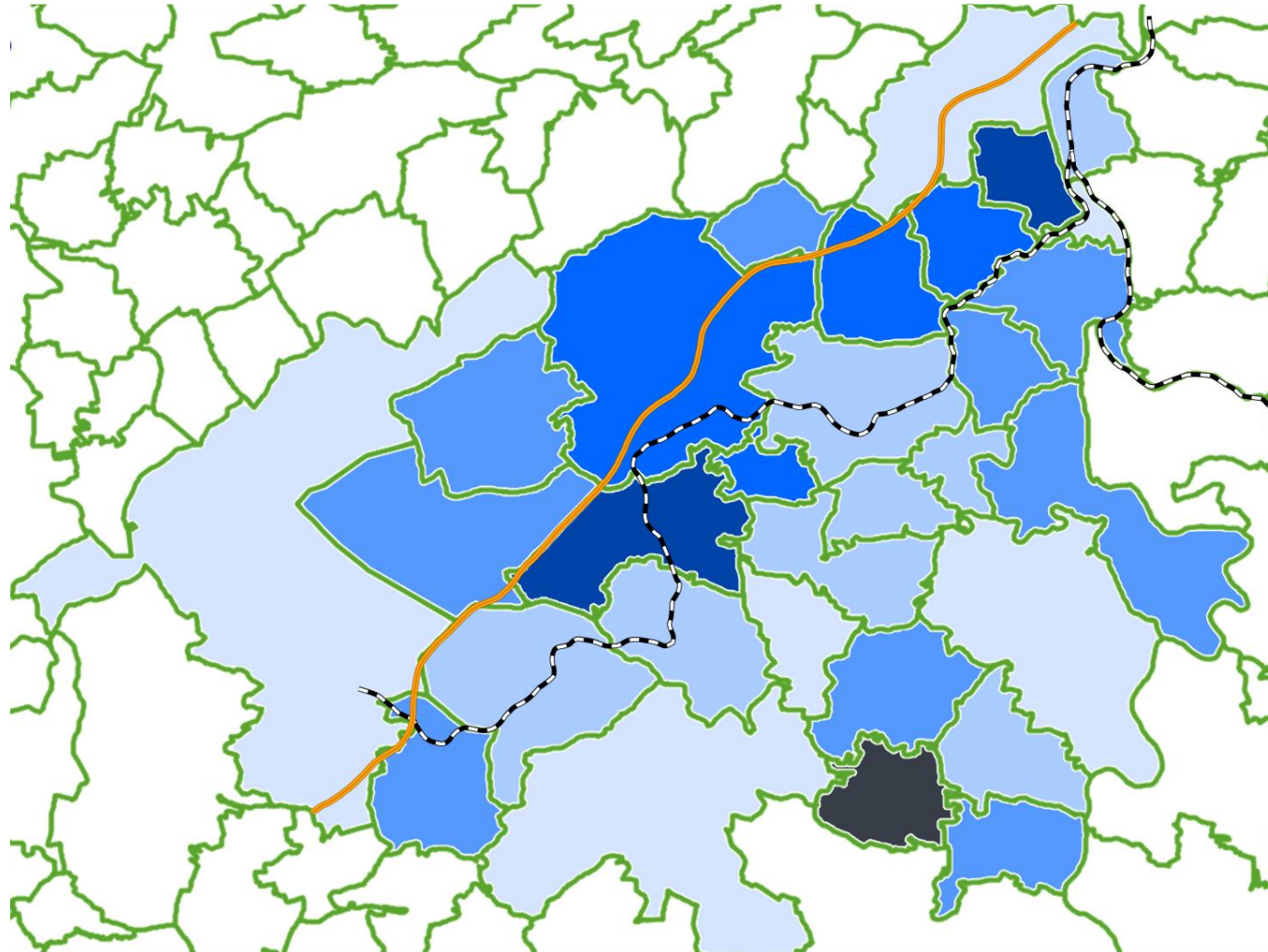


Zdroj: vlastní grafika na základě
<https://apl.czso.cz/iso4/mapa.jsp?pid=7&kodcis=43&kod=554979&obprvid=9138623#>

Gemeinde	Einwohner (2021)	Klasse	
Dobříš	8772	>=5000	
Mníšek pod Brdy	6351		
Vrané nad Vltavou	2754	2000-4999	
Štěchovice	2175		
Nový Knín	2007		
Davle	1874		
Stará Huť	1587		
Nová Ves pod Pleší	1566		
Řitka	1464		
Čisovice	1165		
Malá Hraštice	1130		1000-1999
Slapy	907		800-999
Měchenice	888		
Líšnice	853		
Klínec	848		
Mokrovraty	835		
Voznice	758		
Jíloviště	742	600-799	
Kytín	672		
Hvozdnice	615		
Trnová	611		
Bojanovice (2x)	523		
Čím	387		
Buš	347		
Zahořany	344		
Nové Dvory	299		
Bratřínov	217		
Velká Lečice	197	<600	
Korkyně	130		

Osídlení a struktura obyvatelstva

Míra nárůstu počtu obyvatel v jednotlivých obcích (2011-2021)

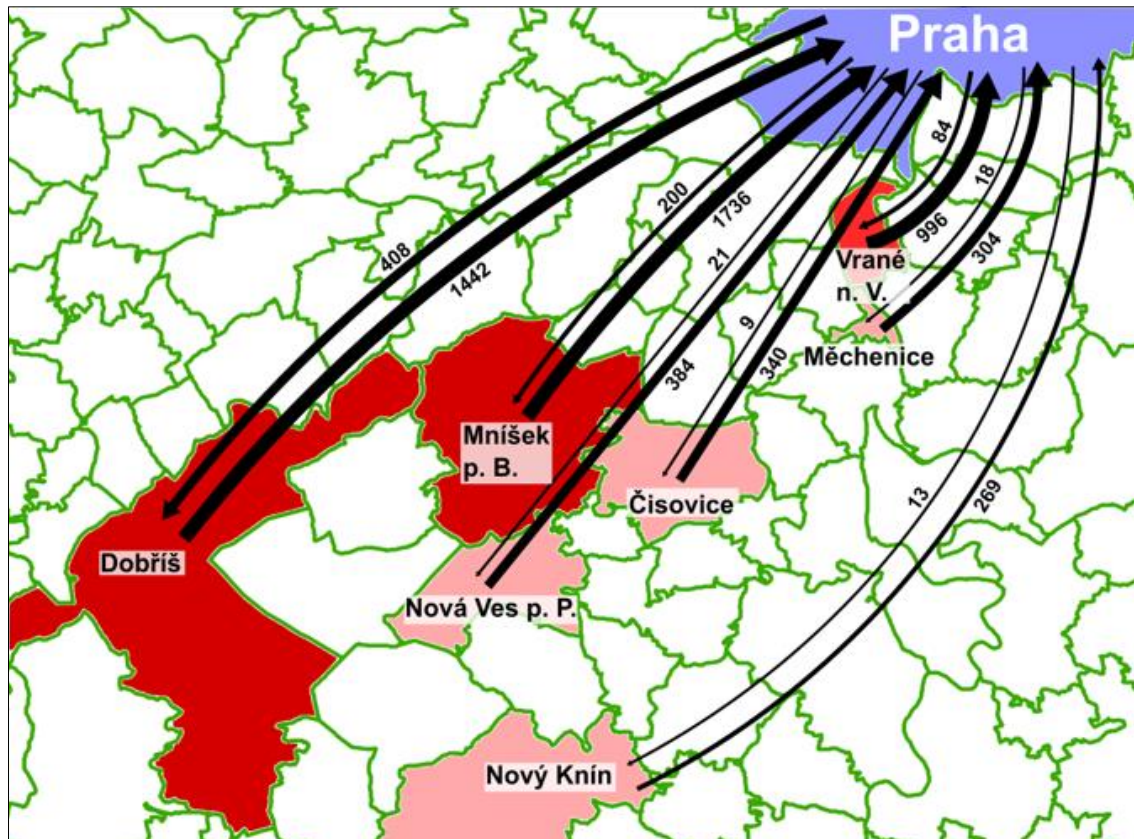


Zdroj: vlastní grafika na základě <https://apl.czso.cz/liso4/mapa.jsp?pid=7&kodcis=43&kod=554979&obrnvid=9138623#>

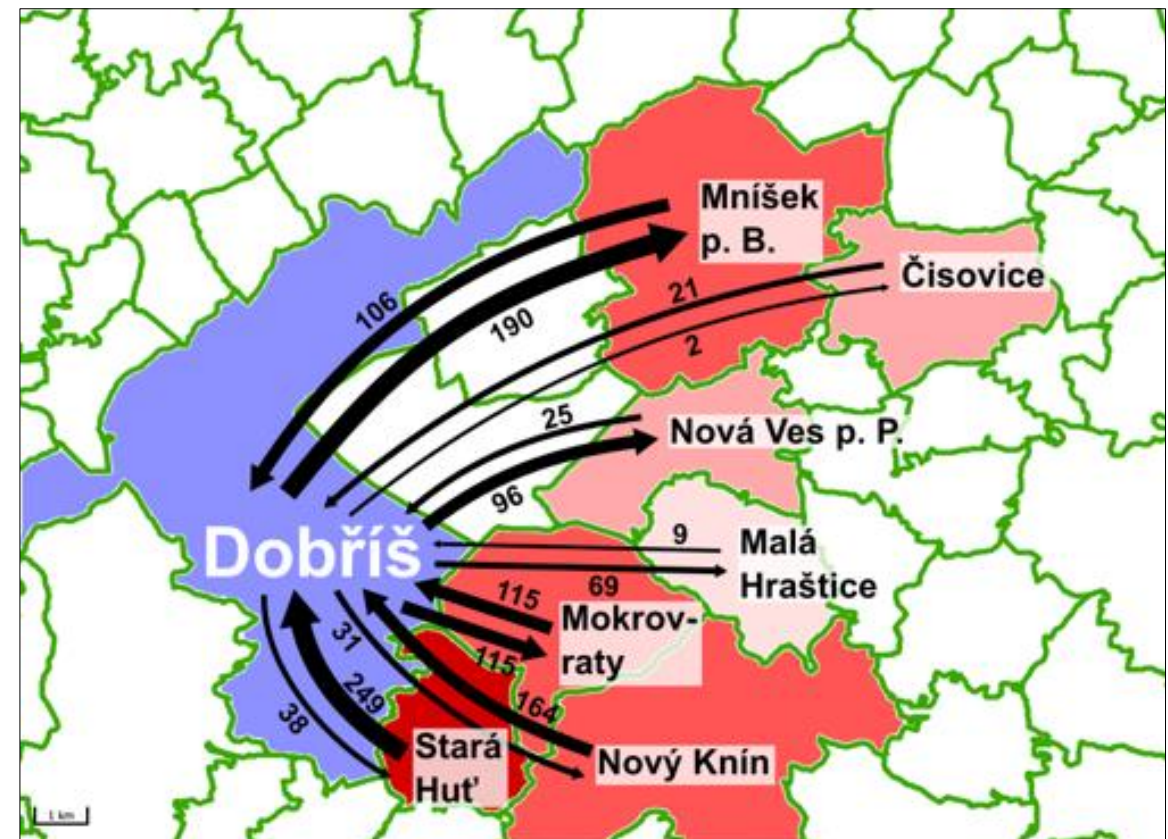
Gemeinde	Jährliche EW-Wachstumsrate [%]	Klasse
Trnová	6,3	>=4,0
Nová Ves pod Pleší	4,8	
Klínec	3,5	3,0-3,9
Mníšek pod Brdy	3,2	
Líšnice	3,2	
Zahořany	3	
Hvozdnice	2,9	2,0-2,9
Řitka	2,8	
Kytín	2,6	
Davle	2,5	
Voznice	2,5	
Stará Huť	2,3	
Nové Dvory	2,3	
Štěchovice	2,3	
Čím	2,2	
Malá Hraštice	1,8	
Čisovice	1,7	1,0-1,9
Bojanovice (2x)	1,7	
Mokrovraty	1,4	
Bratřínov	1,4	
Buš	1,2	
Vrané nad Vltavou	1,1	
Velká Lečice	0,96	
Měchenice	0,94	
Jíloviště	0,48	
Slapy	0,41	
Nový Knín	0,28	0,00-0,99
Dobříš	0,11	
Korkyně	-1,4	

Dojížd'ka obyvatel v oblasti Práce a škola

Z/do Prahy



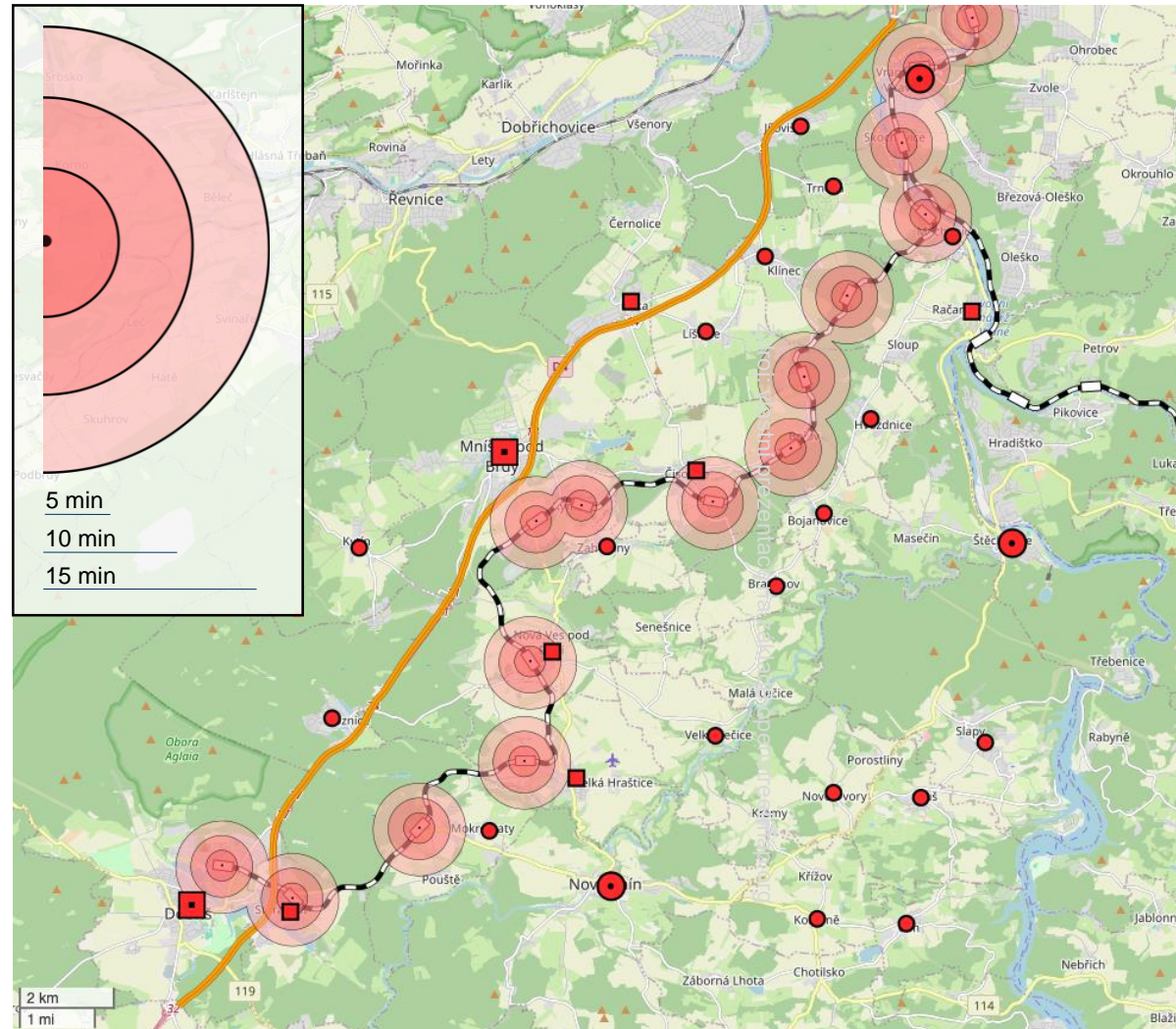
Z/do Dobříše



Zdroj: vlastní grafika na základě <https://apl.czso.cz/irso4/mapa.jsp?pid=7&kodcis=43&kod=554979&obrprvid=9138623#>

Zkrácení intervalu na polovinu z 60 na 30 minut by vedlo k nárůstu počtu cestujících přibližně o **35 %**.

Isochrony Makroúroveň



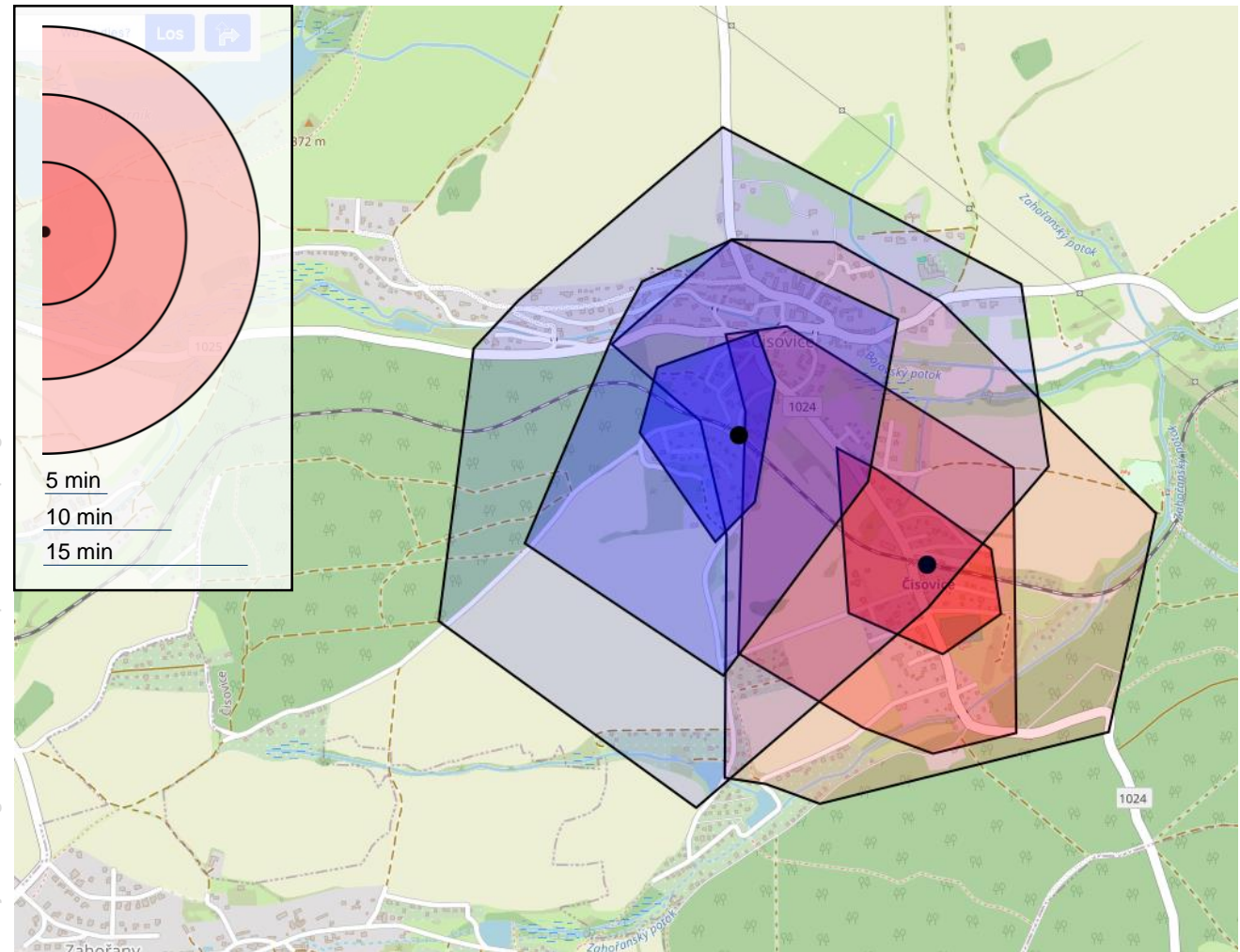
Analýza potenciálu – Mikroúroveň

Isochrony Čisovice

- Pokrývá obytnou zónu přímo u nádraží, ale do centra obce je to někdy více než 10-15 minut pěšky → cesta bez chodníku a jen s částečným osvětlením.
- Opatření: Lepší/kratší spojení do centra obce díky nové zastávce jihozápadně od centra



Zdroj : Apple Karten



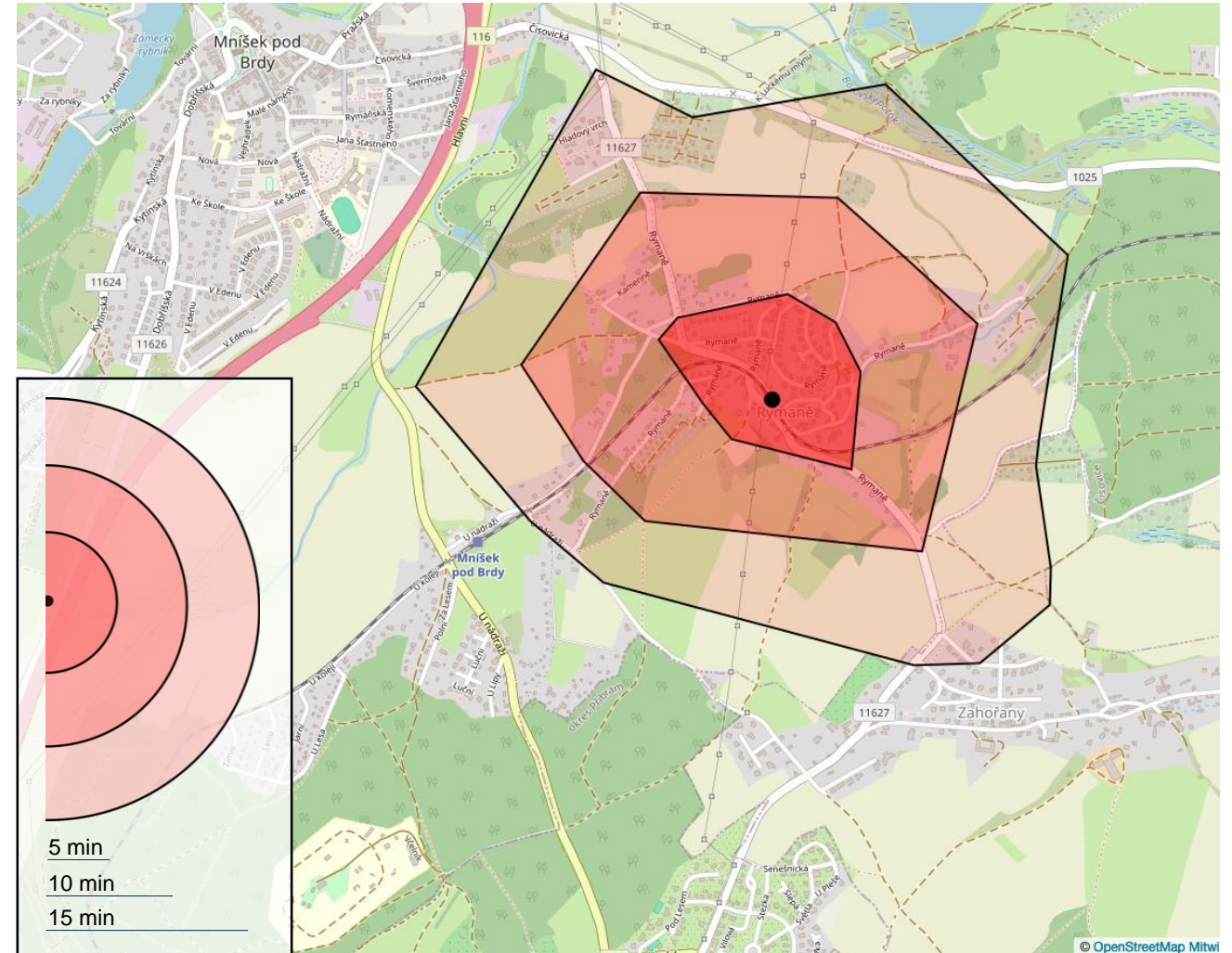
Zdroj: vlastní grafika na základě openstreetmap.org

Poloha **aktuální stanice** a nové zastávky „Čisovice západ“

Analýza potenciálu – Mikroúroveň

Isochrony Rymaně

- Umístění zastávky v blízkosti centra městské části → stačí menší opatření
 - Zřízení chodníku směrem k železnici na severozápadě
 - Přerušení zábradlí směrem do obce/kapličky např. přechodem pro chodce
 - Nová spojovací cesta od zastávky k silnici na východě za první řadou domů
- Možná lepší propojení Zahořan (chodník/cyklostezka, cykloboxy) a koordinace autobusu 688 s vlakem
- Autobusová zastávka linky 688 je dále od železniční zastávky → přesunout ji přímo na nástupiště nebo upravit chodník



Zdroj: vlastní grafika na základě openstreetmap.org

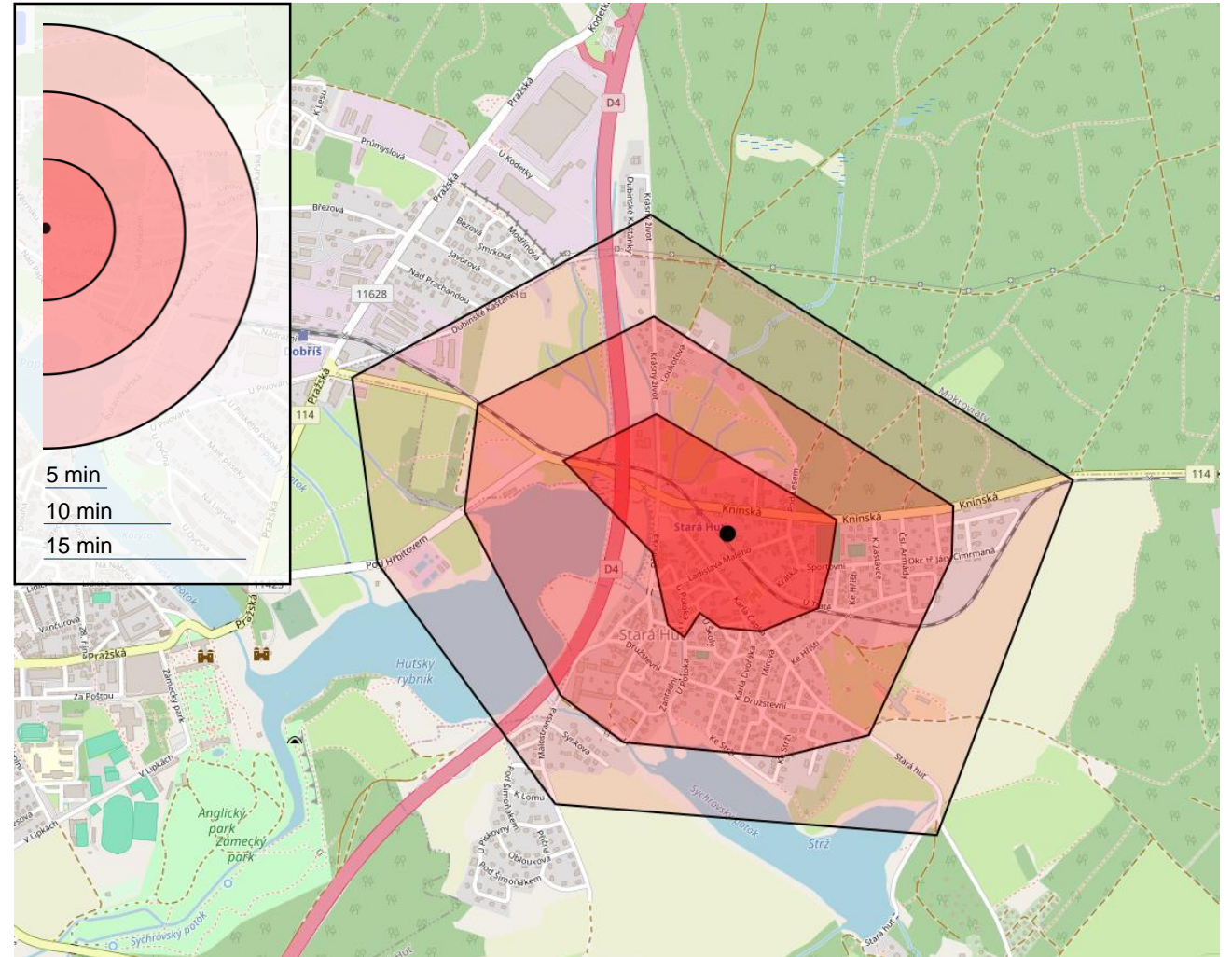
Analýza potenciálu – Mikroúroveň

Isochrony Stará Huť

- **Pozitivní příklad:**
 - Moderní nástupiště s přístupem na obou koncích
 - Umístění zastávky dobře pokrývá obytné oblasti
 - Zastávka již byla přesunuta na jihovýchod → vhodným směrem



Zdroj: vlastní foto



Zdroj: vlastní grafika na základě openstreetmap.org

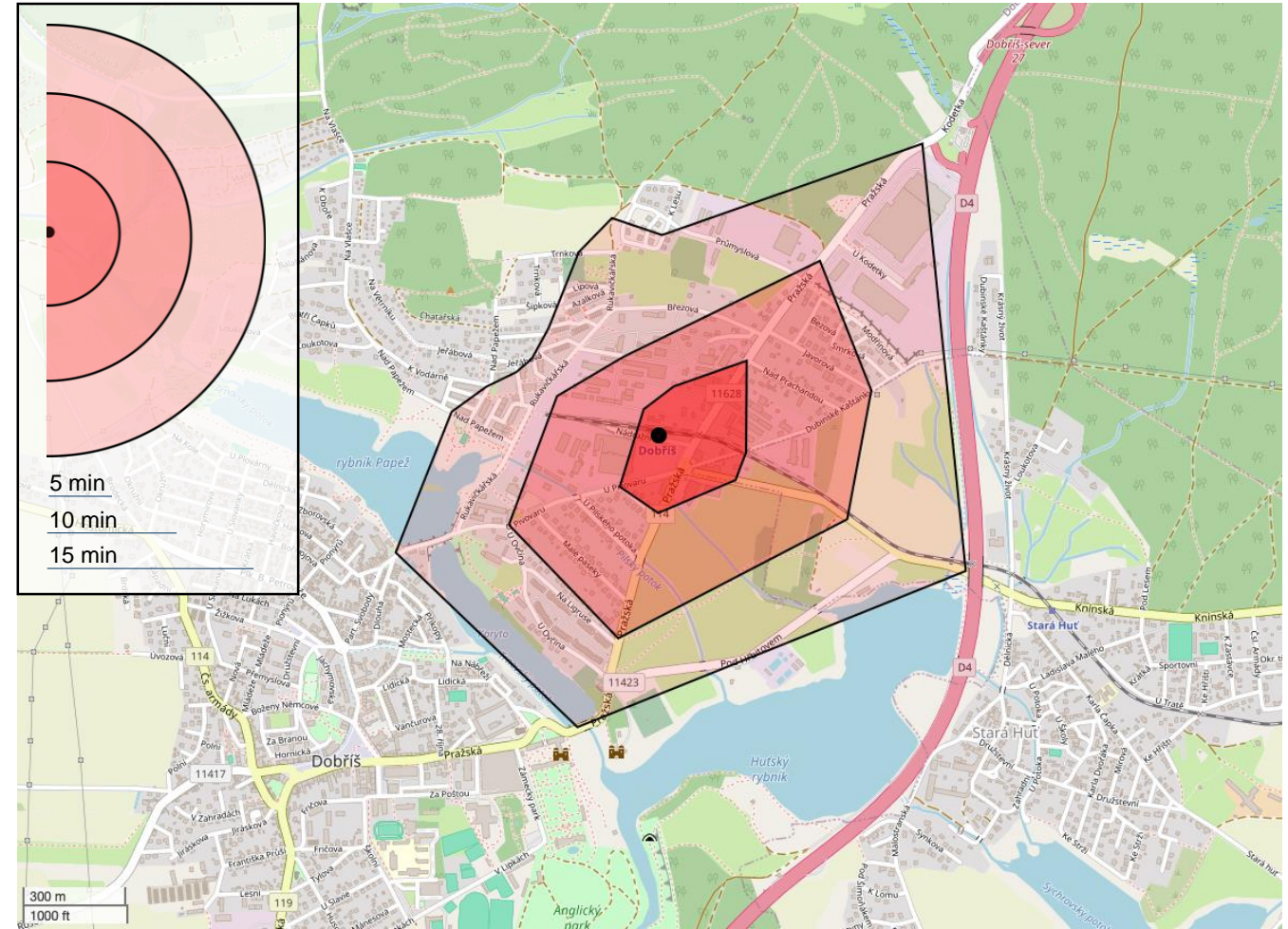
Analýza potenciálu – Mikroúroveň

Isochrony Dobříš

- **Centrum města v docházkové vzdálenosti nad 15 minut**
 - Opatření: Prodloužení trati do Dobříšského náměstí
- **Potenciál: Obytná zóna západně od zarážedla**
 - Opatření: oficiální přístup na nástupiště ze západu



Zdroj: Kilian Kober



Zdroj: vlastní grafika na základě von openstreetmap.org

Alternativní technologie pohonu

Přehled a ekonomické srovnání

Srovnání technologií pohonu

	DMU	EMU	BEMU	HEMU
	diesellová jednotka	elektrická jednotka	bateriově-elektrická jednotka	vodíkově-elektrická jednotka
Náklady podle studie [BEG20]	5,0 milionu EUR	5,5 milionu EUR	6,1 milionu EUR	6,7 milionu EUR
Účinnost	15 – 18 %	72 %	65 – 77 %	25 %
Výhody/nevýhody (výběr)	+ nízké pořizovací náklady - Emise CO ₂ - rostoucí cena ropy a emisních povolenek	+ vysoká účinnost + nízké náklady na energii - velmi vysoké náklady na infrastrukturu	+ nízké náklady na energii + lokálně bez emisí CO ₂ - omezený dojezd	+ vysoký rozsah - nízká účinnost - vysoké náklady na infrastrukturu
Příklad vozidla (DE)	Alstom Lint 54	Siemens Mireo	Stadler Flirt Akku	Alstom iLint

Zdroje obrázků (zleva doprava):

- https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Alstom_Coradia_LINT_54_als_SWEG_622_965_Dieseltriebzug_in_Raolfzell_%282023%29.jpg
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Siemens_Mireo#/media/Datei:DB_Regio_463_510_\(51872926725\)_cropped.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Siemens_Mireo#/media/Datei:DB_Regio_463_510_(51872926725)_cropped.jpg)
- Eigene Aufnahme
- <https://www.internationales-verkehrswesen.de/wasserstoff-triebzug-coradia-ilint-test/>



[BEG20]: porovnat https://beg.bahnland-bayern.de/files/media/corporate-portal/imports/aktuelles/2021/02_bewertung-alternativer-antriebe_gutachten-tu-dresden_fortschreibung.pdf

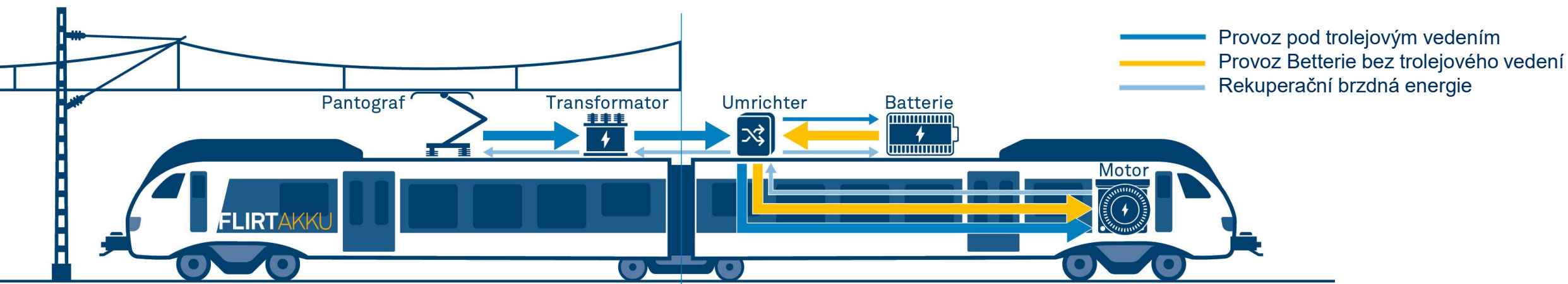
Představení technologií pohonu BEMU (bateriově-elektrické vozidlo)



Zdroj: vlastní nahrávka



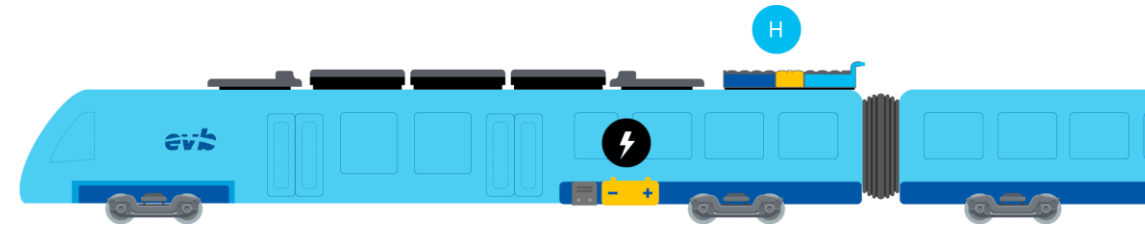
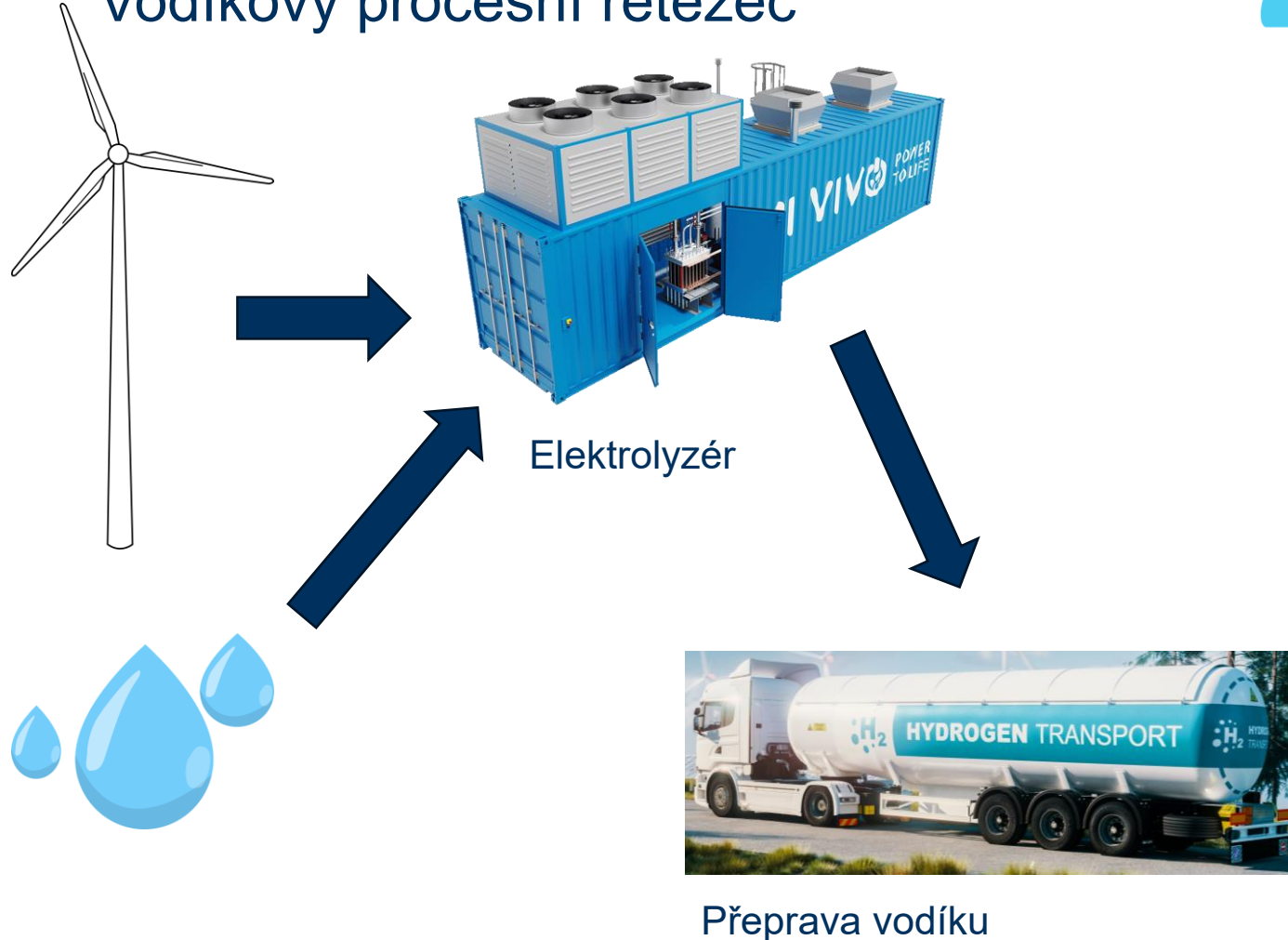
Zdroj: <https://mobility-talk.com/ladestation-fuer-elektrozuege-laedt-mit-1200-kw/>



Zdroj: <https://stadlerrail.com/de/flirt-akku/details/>

Představení technologií pohonu HEMU (vodíkově-elektrické vozidlo)

Vodíkový procesní řetězec



Vozidlo s palivovým článkem



Vodíková čerpací stanice

Zdroje obrázků (zleva doprava):

- <https://userscontent2.emaze.com/images/607a7227-2256-41a4-a786-355a8e10f8f4/35653206-c152-4d79-8f36-bf10ebf88f63.png>
- https://cdn.pixabay.com/photo/2014/04/03/10/20/raindrops-310146_960_720.png
- https://www.imi-critical.com/wp-content/uploads/2022/08/Electrolyser_Double_Webpage.png
- <https://news.mit.edu/sites/default/files/images/202105/hydrogen-truck.jpg>
- [https://www.haz.de/resizer/IO2-d8KLrqwDkrB2KYYZE0GJUKI=/1200x675/filters:quality\(70\):watermark\(assets.mdt-ech.de/haz/watermark-plus.svg,50,50,0\)/cloudfront-eu-central-1.images.arcpublishing.com/madsack/QX3PBYM5VTK467KQKCBX7LON24.jpg](https://www.haz.de/resizer/IO2-d8KLrqwDkrB2KYYZE0GJUKI=/1200x675/filters:quality(70):watermark(assets.mdt-ech.de/haz/watermark-plus.svg,50,50,0)/cloudfront-eu-central-1.images.arcpublishing.com/madsack/QX3PBYM5VTK467KQKCBX7LON24.jpg)
- https://www.evb-wasserstoffzug.de/wp-content/uploads/2022/07/zug-ganz_evb.png

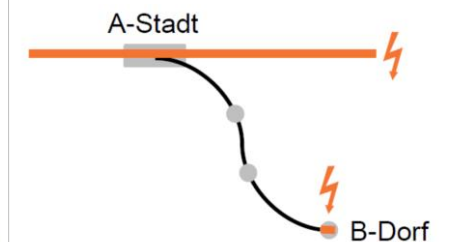
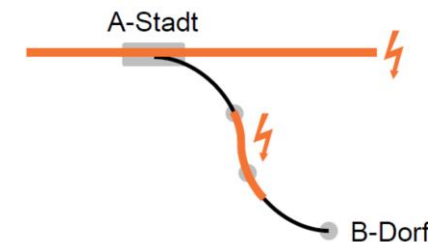
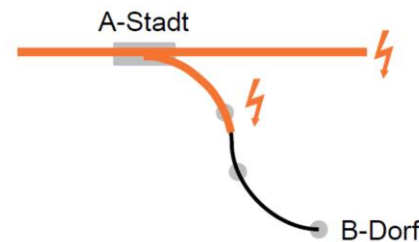
Alternativní technologie pohonu

Nezbytná infrastruktura

- Velká závislost na technologii pohonu a provozním konceptu

	HEMU	EMU / BEMU	BEMU	
	Vodíková čerpací stanice	Prodloužení stávajícího trakčního vedení	Ostrovní úseky trakčního vedení	Nabíjecí stanice
Napájení během...	Stání	Stání / jízda	Stání / jízda	Stání
Výdaje	++	+++	++	+
Náklady (v milionech EUR)	27,5 (cca 30 vozidel, bez úprav trati)	1 – 2 (na km) + 7,5 (rozvodna, usměrňovač, připojení)		1,2

Výsledek: Investiční náklady na EMU a HEMU jsou velmi vysoké → BEMU může být za určitých okolností výrazně levnější.



Zdroj: https://www.ostfalia.de/cms/de/ifvm/.content/documents/2021_Brey_alternative_Antriebe_SPNV_240321_ohne_Animation.pdf

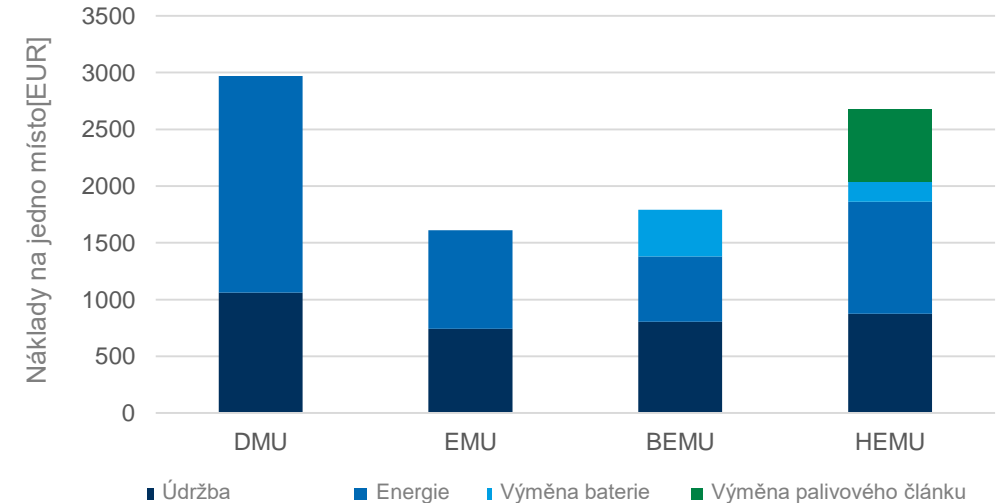
Alternativní technologie pohonu

Provozní náklady na místo k sezení

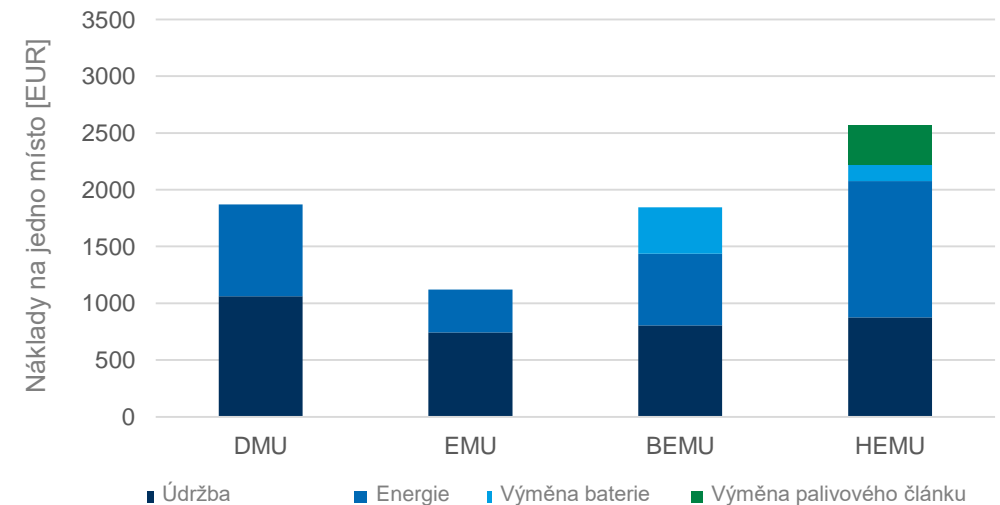
- Srovnání DMU, EMU, BEMU a HEMU
- Zahrnutí:
 - **Provozní náklady na vozidla**
 - Údržba (lehká a těžká)
 - Výměna baterie po uplynutí životnosti
 - Výměna palivového článku po skončení životnosti
 - **Náklady na energii**
 - Předpoklad údajů o průměrné spotřebě
- Údaje převzaté ze dvou studií a přizpůsobené podmínkám na trati Dobříš-Praha

Výsledek: velké absolutní rozdíly v nákladech dle studie, ale EMU a BEMU jsou celkově nákladově nejefektivnější.

Studie [VDE20]



Studie [BEG20]



„Vlakotramvaje“ Lehká kolejová vozidla

Vlakotramvaje („RegioTram“)

Příklad systému Model Karlsruhe

- První systém vlakotramvají („RegioTram“) na světě
- Využití tramvajové a železniční infrastruktury stejnými vozidly
- Moderní, rychlá dvousystémová vozidla
- Bez přestupu z regionu do centra města
- Znásobení počtu cestujících po zavedení konceptu vlakotramvaje („RegioTram“)



Zdroj: <https://img.fotocommunity.com/strassenbahn-bad-wildbad-78cfe37a-3674-4eff-b9dc-843cf791ed94.jpg?height=1080>



Zdroj: https://www.karlsruhe-insider.de/wp-content/uploads/2016/09/csm_NET_2012_6ec89da0171.jpg



Zdroj: <https://www.bahnbilder.de/1024/12032011-wagen-890-als-s5-490103.jpg>

Vlakotramvaje („RegioTram“)

Koncepty s možnostmi

Možné použití pro trať Dobříš - Praha:

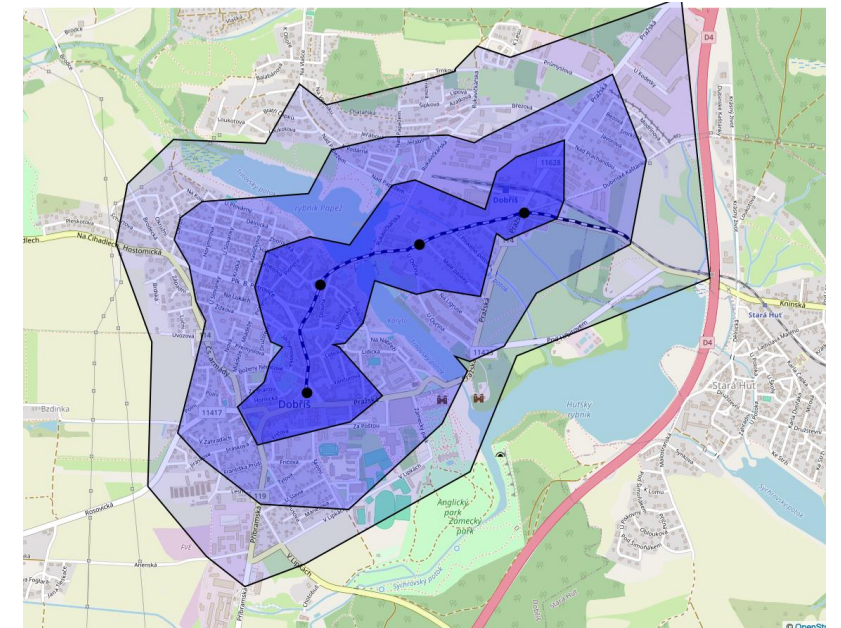
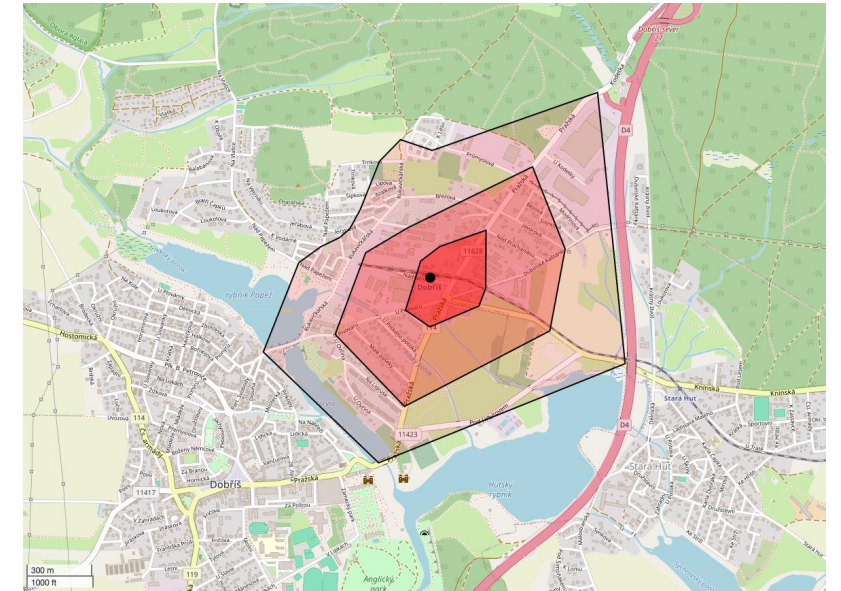
1. Vlakotramvaj se zjednodušeným trolejovým vedením
2. Vlakotramvaj s vozidly BEMU (nabíjecí stanice nebo ostrovní systém trolejového vedení)

Další možnosti:

~~a. Využití tramvajové infrastruktury v Praze~~

Tramvajová síť na jihu Prahy je již velmi vytížená!

b. Prodloužení trati v Dobříši: nádraží → náměstí



Zdroj: vlastní grafika na základě openstreetmap.org

Scénáře pro trat' Dobříš - Praha

Ekonomické srovnání

Scénáře pro trasu Dobříš-Praha

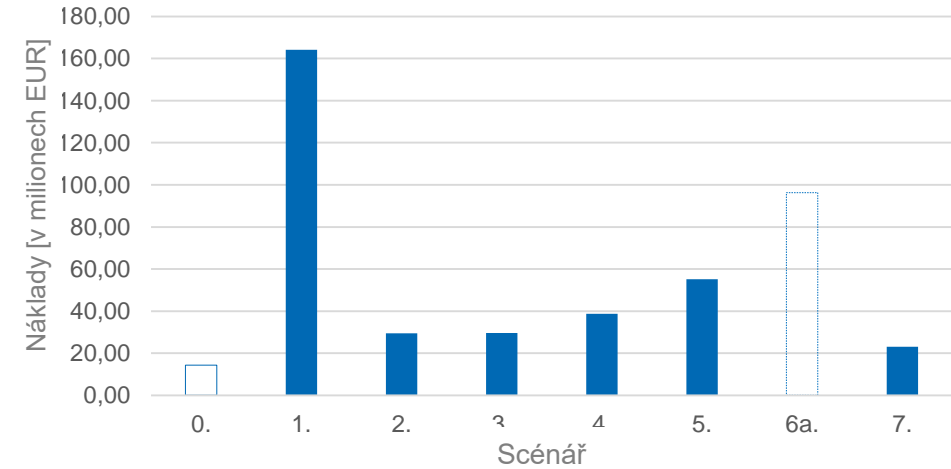
Ekonomické srovnání

- Předpoklad: Prodloužení trakčního vedení do Prahy-Zbraslavi
- Zatím bez zohlednění konkrétního provozního konceptu

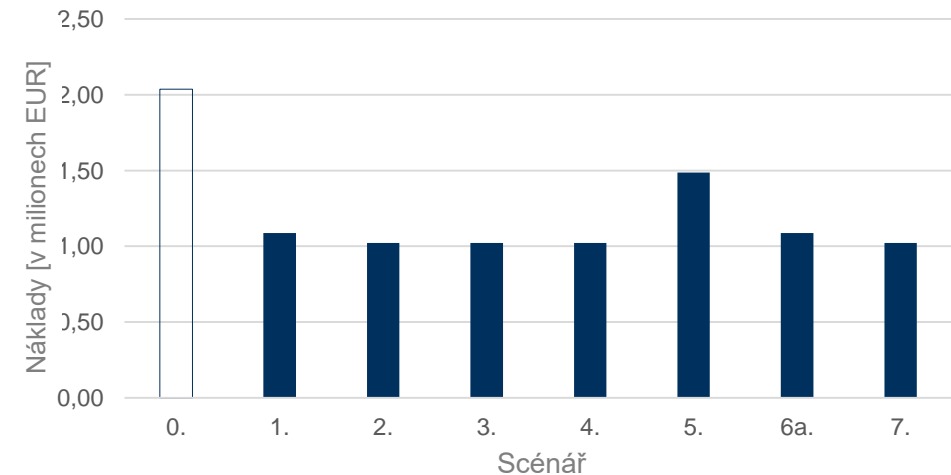
0.	DMU: pro srovnání
1.	EMU: Plně elektrifikované trakční vedení (25 kV AC)
2.	BEMU: pouze napájení v Praze
3.	BEMU: Dobíjecí stanice v Dobříši
4.	BEMU: Ostrůvek trakčního vedení v Dobříši
5.	HEMU: Nová vodíková čerpací stanice
6a.	Vlakotramvaj: Plně elektrifikované zjednodušené trolejové vedení (750 V DC)
7.	Vlakotramvaj: Vozidlo BEMU s nabíjecí stanicí Dobříš ¹

¹ Je možné i ostrůvek trakčního vedení

Jednorázové investiční náklady



Provozní náklady za rok 2



² bez nákladů na údržbu infrastruktury

Shrnutí

Doporučení pro opatření

- Vysoký počet dojíždějících z Čisovic, Rymaně a Nové Vsi pod Pleší do Prahy, ale i z okolních obcí do Dobříše → **Existuje potenciál cestujících**
 - Investiční náklady: nejvýhodnější DMU a BEMU (případně jako vlakotramvaj), nejdražší EMU (→ infrastruktura)
 - Provozní náklady: nejvýhodnější BEMU (a EMU), nejdražší DMU a HEMU
 - Vlakotramvaj („RegioTram“) je rozumné řešení i bez využití pražské tramvajové sítě
- **Opatření ke zvýšení potenciálu:**
- Zkrácení intervalu (předpoklad: celodenní provoz v pravidelném intervalu)
 - Optimalizace železničních stanic a zastávek a jejich přístupových tras
 - Použití vozidel EMU/BEMU včetně instalace potřebné infrastruktury
 - Použití rychlejších, lehkých kolejových vozidel (vlakotramvaj/“RegioTram“) jako EMU nebo BEMU
 - Prodloužení trasy do centra Dobříše (náměstí)

Děkujeme Vám za pozornost!

Backup

Představení vhodných technologií

Diesellové jednotky DMU („Diesel Multiple Unit“)

Výhody	Nevýhody
Není nutná žádná nová infrastruktura	Rostoucí ceny nafty + daň z CO2
Nízké pořizovací náklady	Emise CO2
	Nízká účinnost
	Složitá údržba vznětových motorů

Náklady na pořízení:

- Studie: 5,0 Mio. EUR [1]
- Realita: 4,7 Mio. EUR [2]

[1] BEG/TUD_02 [2] KCW: Alternative Antriebe im öffentlichen Verkehr, 2021

Alstom Lint 54



https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Alstom_Coradia_LINT_54_als_SWEG_622_965_Dieseltreibzug_in_Radolfzell_%282023%29.jpg

Představení vhodných technologií

Elektrické jednotky EMU („Electric Multiple Unit“)

Výhody	Nevýhody
Vysoká účinnost	Velmi vysoké náklady na infrastrukturu (trakční vedení)
Nízké náklady na energii a pořízení	
Flexibilní provoz	
"nekonečná" délka soupravy	

Náklady na pořízení:

- Studie: 5,5 Mio. EUR [1]
- Realita: 4,7 Mio. EUR [2]

[1] BEG/TUD_02

[2] <https://www.vrn.de/verbund/presse/pressemeldungen/pm/015139/index.html>

Siemens Mireo



[https://de.wikipedia.org/wiki/Siemens_Mireo#/media/Datei:DB_Regio_463_510_\(51872926725\)_cropped.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Siemens_Mireo#/media/Datei:DB_Regio_463_510_(51872926725)_cropped.jpg)

Představení vhodných technologií

Bateriové jednotky BEMU („Battery-Electric Multiple Unit“)

Výhody	Nevýhody
Nízké náklady na energii	Omezená délka dojížděky na baterie
Žádné (místní) emise CO2	Může být nutné doplnit infrastrukturu
Vysoká účinnost	Vysoké zatížení nápravy
Snadná údržba	
Lze použít i jako EMU	

Náklady na pořízení:

- Studie: 6,1 Mio. EUR [1]
- Realita: 6,8 Mio. EUR [2]

[1] BEG/TUD_02 [2] KCW: Alternative Antriebe im öffentlichen Verkehr, 2021

Stadler Flirt Akku



Quelle: eigenes Foto

Představení vhodných technologií HEMU („Hydrogen Electric Multiple Unit“)

Výhody	Nevýhody
Delší dojíždka	Nízká účinnost
Využití energetických špiček	Vysoké náklady na infrastrukturu (vodíková čerpací stanice)
	Výroba a přeprava vodíku
	(Emise hluku)

Náklady na pořízení:

- Studie: 6,7 Mio. EUR [1]
- Realita: 6,2 Mio. EUR [2]

[1] BEG/TUD_02 [2] KCW: Alternative Antriebe im öffentlichen Verkehr, 2021

Alstom iLint



<https://www.internationales-verkehrswesen.de/wasserstoff-triebzug-coradia-ilint-test/>