

# **Bezemisní dálková železniční doprava v ČR v kontextu koncepce rozvoje elektrické trakce v ČR**

**ČVUT v Praze Fakulta dopravní**  
**Katedra dopravního inženýrství**  
**a dopravního plánování**

**k612.fd.cvut.cz    @dopravnisystemy**



**červenec 2024**



## Základní informace o díle

<b>Název díla:</b>	Bezemisní dálková železniční doprava v ČR v kontextu koncepce rozvoje elektrické trakce v ČR.
<b>Objednatel:</b>	ACRI Pobřežní 224/20 186 00 Praha 8
<b>Zhotovitel:</b>	ČVUT v Praze Fakulta dopravní Katedra dopravního inženýrství a dopravního plánování Konviktská 20, 110 00 Praha 1
<b>Zodpovědný řešitel:</b>	Ing. Martin Jacura, Ph.D.
<b>Řešitelé:</b>	Ing. Jiří Čížek Ing. Jiří Krejčí Ing. Ondřej Trešl
<b>Termín odevzdání díla:</b>	22. července 2024

# 1. Úvod

Jednotlivé objevy a vynálezy posunuly za posledních dvě stě let lidstvo výrazně vpřed. Prvotním impulsem byl vynález parního stroje, kdy energie páry umožnila rozvoj bydlení, průmyslu a dopravy. Druhý impuls představují fosilní paliva. Člověk začal tato paliva využívat co nejvíce tak, aby si usnadnil jakoukoliv práci. Žádná věc ale nemá pouze kladné stránky. Problém spočívá při přeměně paliv na energii, kdy dochází k vytváření a následnému vypouštění nebezpečných látek do ovzduší. Aby nedocházelo k poškození naší planety pro následující generace, je kladen důraz na takzvaný udržitelný rozvoj. To znamená, že mají být uspokojovány lidské potřeby, ne nikoli však na úkor již zmíněných následujících generací.

Uhlík obsažený ve fosilních palivech se během spalování neztrácí, ale přemění se na oxid uhličitý a přesouvá se do plynného zemského obalu. Za dobu, kdy lidstvo využívá fosilní paliva, vzrostla hladina oxidu uhličitého v zemském obalu z původních 3 500 miliard tun na současných 5 200 miliard tun. Tento nárůst zapříčinil narušení tepelně izolační schopnost zemského obalu a s tím související nenávratné klimatické změny. Pro zabránění opakovaného poškození naší planety se 195 zemí z celého světa, včetně České republiky, zavázalo přijmout Pařížskou dohodu OSN z prosince 2015, ve které stojí, že jednotlivé země zastaví oteplování Země na hodnotě 1,5 až 2 °C. K tomu spočetla Mezinárodní energetická agentura IEA, že je nutno do roku 2050 přestat spalovat uhlí, ropné produkty a zemní plyn. Jednotlivé obory závislé na fosilních palivech mají k dispozici 26 let na snížení své energetické náročnosti a na náhradu energie fosilních paliv energií obnovitelných zdrojů. Nastává otázka, zda je toto technicky proveditelné.

Sektor dopravy v současnosti směřuje (jednak za podpory platné legislativy, jednak za podpory různých dotačních titulů) ke snížení spotřeby energie a tím i provozních nákladů a globálních exhalací z neobnovitelných zdrojů energie, produkce oxidu uhličitého (způsobujícího globální oteplování) a emisí škodlivých látek vypouštěných z vozidel během jejich stání nebo jízdy (lokální exhalace).

Aktuálním nástrojem k intramodálním úsporám<sup>1</sup> konečné spotřeby energie v dopravě je náhrada spalovacího motoru (směrná hodnota účinnosti 30 %) elektrickým trakčním pohonem (směrná hodnota účinnosti 75 %). V důsledku 2,5násobně vyšší účinnosti klesá při náhradě spalovacího motoru elektrickým konečná spotřeba energie na 40 %, dochází tedy k úspoře 60 % konečné spotřeby energie. Tato základní úspora je dále navyšována o úsporu energie při rekuperačním brzdění, která se pohybuje v závislosti na charakteru jízdy přibližně od 10 % (plynulá jízda) do 40 % (jízda proměnlivou rychlostí, s četnými

---

<sup>1</sup> intramodální úspora – úspora vzniklá v rámci daného druhu dopravy (vs. extramodální úspora – úspora vzniklá přechodem přepravy na jiný druh dopravy s nižší náročností)

zastávkami). Vlastní trakční elektromotor má vysokou účinnost (kolem 95 %), avšak výše uvedená směrná hodnota střední účinnosti trakčního pohonu 75 % zahrnuje kromě trakčního motoru i mechanické převody, polovodičové měniče, pomocná zařízení a přenos elektrické energie mezi distribuční elektrickou sítí a vozidlem.

Dalšími pozitivními efekty elektrické vozby jsou úplné odstranění místně působících zdravotně závadných emisí zplodin hoření, nezávislost na fosilních palivech (v součinnosti s probíhajícími změnami v elektrárenství), výrazné zvýšení rychlosti a výkonnosti a podstatný pokles nákladů na údržbu vozidel. V ČR je ve srovnání s okolními zeměmi podíl liniově elektrizovaných tratí velmi nízký (jen 34 %), proto je potřebné rozvíjet elektrizaci dalších železničních tratí, a to již střídavou soustavou 25 kV/50 Hz, která je investičně i provozně levnější než stejnosměrný systém 3 kV.

Je neoddiskutovatelným faktem, že elektrická trakce je z důvodu vysoké energetické účinnosti a rekuperace při brždění i s ohledem na emise ze všech možných pohonů na železnici nejefektivnější a nejekologičtější. Přesto je, jak již bylo uvedeno výše, z železniční sítě ČR elektrizovaná v současnosti pouhá 1/3 její délky. Ministerstvo dopravy proto zpracovalo v r. 2023 „Koncepti rozvoje elektrické trakce v České republice“ (dále jen „Konceptce“), která představuje předpokládaný postup elektrizace modernizovaných tratí, prosté elektrizace a konverze stejnosměrné trakční soustavy, to vše zvažováno v několika časových výhledech. Termíny realizace staveb, jak se uvádí i v Koncepti, mohou být ovlivněny procesními i stavebně-povolovacími procesy a mohou být během přípravy upřesňovány (obvykle spíše směrem k prodloužení doby realizace stavby než k jejímu zkrácení). To vytváří nejistotu v oblasti očekávaných budoucích parametrů infrastruktury, a to v krátkodobém i střednědobém výhledu, která se jednoznačně propíše i do požadavků na vozidla.

Tuto nejistotu jednoznačně potvrzují i postoje jednotlivých krajů, které jako objednatelé veřejné železniční dopravy při uzavírání Smluv o závazku veřejné služby v železniční přepravě osob sledují kromě jiného i hledisko výstavby a rozvoje železniční dopravní infrastruktury. Toto hledisko sledují nejenom ve vztahu k průběhu elektrizace, ale např. i ve vztahu k zavádění výhradního provozu ETCS nebo ve vztahu ke konverzi napěťových soustav. Důvodem je snaha krajů o smysluplnou a zejména ekonomickou obnovu vozidlového parku, kdy vozidla mají životnost 30 let, a z tohoto důvodu kraje posuzují aktuální i budoucí stav dopravní infrastruktury.

V současné době je více než kdy jindy zřetelná snaha krajů o využívání nových vozidel s alternativními pohony (BEMU a výhledově HEMU, HEMU) na části linek doposud vedených v motorové trakci, co kraje prezentují snahou vyřešit nejen problematiku nákladného a mnohdy neekonomického a tudíž nerealizovatelného

vybavování již odepsaných železničních vozidel palubními jednotkami ETCS nebo nasazování ojetých dieselových vozidel ze zahraničí, ale zároveň tímto kraje cílí i na snížení energetické náročnosti a emisí CO<sub>2</sub>. Jako zajímavým se jeví rovněž fakt, že nasazování uvedeného typu vozidel může v konečném důsledku snížit požadavky na další (plnou) elektrizaci železniční sítě v ČR, kdy lze ušetřené prostředky vynaložit na jiné projekty Správy železnic, s.o.

S vysokou mírou pravděpodobnosti bude výše uvedené platit i při nabídkových řízeních na jednotlivé linky dálkové dopravy, kdy sám objednavatel (zde MD) bude stát před otázkou, v jakém stavu bude infrastruktura v době plnění kontraktu a zda ponechat „dožít“ vozidla stávající, nebo požadovat vozidla moderní, ideálně elektrické trakce. Stranou ponecháváme pořízení nových dieselových (případně duálních diesel-elektrických) jednotek, neboť takový krok by v současnosti, právě s vidinou postupné elektrizace další části sítě, představoval cestu zpět a minimálně na dalších 30 let by zde byla provozována vozidla se spalovacím motorem a zásobníkem fosilního paliva s generátorem, což by v konečném důsledku vedlo k jistě nežádoucímu provozu nezávislé trakce, resp. polozávislé trakce v podobě diesel-elektrických vozidel pod trolejovým vedením. Bez nadsázky je možné říci, že pořízování nových vozidel pro dálkovou dopravu se spalovacím motorem by bylo v rozporu jak s národní environmentální politikou, tak celoevropskou „Zelenou dohodou“.

Autoři studie se ve shodě s jejím objednatelem domnívají, že základním cílem, nejen z důvodu naplňování politiky snižování uhlíkové stopy, má být zajištění veškeré dálkové železniční doprava pomocí bezemisních vozidel. Cílem studie je prověřit možnosti odklonu od nezávislé trakce v dálkové železniční dopravě dříve, než bude dokončena nejen elektrizace tratí, ale též před vlastní konverzí stejnosměrné napájecí soustavy na střídavou, tj. na převážné části sítě cca před r. 2032 (ideálně od r. 2030).

## 2. Stav přípravy elektrizace a konverze napěťových soustav – koncepce MD

Zásadní součástí dokumentu Koncepce rozvoje elektrické trakce v České republice jsou kapitoly 2.1 Konverze napájecí soustavy, 2.2 Elektrizace železničních tratí, 2.3 Časový aspekt realizace projektů a na ně navazující seznamy projektů jak pro elektrizaci, tak pro konverzi stejnosměrné trakční soustavy. Lze konstatovat, že koncepce se ubírá správným směrem a vytčené cíle jsou velmi ambiciózní. Uskutečněním uvedených projektů se na tuzemské železnici výrazně zvýší možnost využití bezemisních pohonů a dojde tak ke zvýšení energetické účinnosti v dopravě a naplnění cílů snižování uhlíkové stopy. Jelikož se tato studie zabývá výhradně problematikou bezemisní dálkové dopravy, bude i na Koncepci nahlíženo

právě z pohledu možnosti co nejdříve vést vlaky dálkové dopravy s případnými přesahy do dopravy regionální bezemisními vlaky.

S ohledem na platné smlouvy v dálkové dopravě a vzhledem k nezbytnosti obnovy vozového parku především na dálkových linkách vedených t.č. v motorové trakci vyvstává otázka, na kdy je plánována elektrizace traťových úseků relevantních pro dálkovou dopravu. Koncepce závazné termíny neobsahuje, na rozdíl od plánu přechodu na střídavou trakční soustavu (konverze). V oblasti konverze jsou však termíny uvedené pouze v mapě, o jejich závaznosti a reálnosti lze dnes s poměrně vysokou mírou pravděpodobnosti pochybovat.

Autoři studie, na základě svých odborných znalostí, zohledňující aktuální postupy při přípravě a realizaci staveb, jsou názoru, že optimisticky je možné předpokládat následující scénář:

V horizontu 2029 elektrizace Praha – Kladno, Veselí n. L. – České Velenice, Bezděčínské spojky, úseku Staré Město u U.H. – Luhačovice; Praha – Neratovice a dále prostá elektrizace pouze úseků Klatovy – Železná Ruda-Alžbětín; Zdice – Písek a Olomouc – Moravský Beroun.

V horizontu 2032 elektrizace Nymburk – Nepřevázka + Všejsanská spojka, dále pak prostá elektrizace úseků Jaroměř – Svoboda nad Úpou/Hronov; Bludov – Jeseník; Liberec – Děčín; Bakov n. Jiz. – Rumburk a Rakovník – Kladno.

Všechny ostatní traťové úseky předpokládáme až po roce 2032.

Konverzi trakční soustavy je do r. 2032 očekávaná v podstatě pouze v úseku Říkovice – Hranice na Moravě – Střelná – SR, na všech ostatních traťových úsecích ji lze předpokládat až okolo roku 2035, nebo později. Byť je běžně uváděno i postupné přepínání soustavy od Děčína směrem na Kadaň a Nymburk v tomto období, Koncepce pro období ro r. 2032 uvádí stroze „Ústecko a Mělnicko“ bez jakéhokoli upřesnění. Při nahlédnutí do původních plánů konverze z roku 2016 nalézáme k roku 2025 kupř. úseky Praha-Radotín – Beroun, Praha – Kladno a Hořtka – Stará Boleslav. Nyní, tedy v r. 2024, je zcela zřejmé, že tyto termíny se nepodaří dodržet a odsun lze čekat i u všech dalších časových obdobích.

Jakým způsobem se skutečně podaří naplňovat plán elektrizace a prosté elektrizace ukáže pochopitelně až skutečný vývoj, pomyslným lakmusovým papírkem nového přístupu pod názvem „prostá elektrizace“ bude patrně traťový úsek Havlíčkův Brod – Hlinsko v Č., který se nalézá v současnosti ve stavu v přípravě a uvádí se u něj odvážný termín realizace 2027, tj. za necelé tři roky. Z elektrizací na modernizované infrastruktuře se zpracovatelům jeví jako realitě blízký předpokládaný termín u traťového úseku Veselí n. L. – České Velenice, u ostatních je možné očekávat mírné posuny jak z důvodu na straně přípravy, tak při vlastní realizaci stavebních prací. Na základě plánu konverze zveřejněném v Koncepci,

nadto bez dalších uchopitelných podrobností, si autoři studie dovolují konstatovat, že střídavá trakce, s výjimkou již existujících úseků a Valašska, nebude nikde do r. 2032 pro linky dálkové dopravy k dispozici.

Z toho důvodu je nutné hledat řešení, jež umožní, s minimálními požadavky na úpravu stávající infrastruktury, zavedení provozu bez využití vozidel se spalovacím motorem. Jak již bylo naznačeno výše, jako perspektivní se jeví dvouzdrojové jednotky typu BEMU; bez jistoty konverze napájecí soustavy však bude patrně nutné u těchto jednotek požadovat dvousystémovost, tj. schopnost provozu i dobíjení pod střídavou i stejnosměrnou trakční soustavou. V konečném důsledku však toto lze považovat i za výhodu, protože se využije nejenom stávající napěťová soustava 3kV, ale zároveň budou moci vozidla pojíždět i nově budované elektrizované úseky se systémem 25 kV 50 Hz. Naopak vyčkávání na konverzi by znamenalo odložení odklonu od nezávislé trakce pravděpodobně nejméně o dalších 10 let.

### 3. Přehled linek segmentu dálkové dopravy ve výhledovém členění koncepce MD

Ministerstvo dopravy v rámci zajištění dopravní obslužnosti státu objednává linky vlaků dálkové osobní dopravy. Ty jsou uvedeny a tabulce.

Tab. 1 – Přehled linek dálkové dopravy

číslo linky	trasa	trakce	pozn
Ex1	(Praha –) Ostrava – Polsko/Slovensko	E	
Ex2	Praha – Olomouc – Val. Meziříčí – Slovensko	E	
Ex3	Praha – Pardubice – Brno – Rakousko/Slovensko	E	
Ex4	Rakousko/Slovensko – Břeclav – Ostrava – Polsko	E	
Ex5	Praha – Děčín – Německo	E	
Ex6	Praha – Plzeň – Cheb – Německo	E	
Ex7	Praha – Č. Budějovice – Rakousko/Č. Krumlov	E (E/D)	
R8	Brno – Ostrava – Bohumín	E	
R9	Praha – Havlíčkův Brod – Brno/Jihlava	E	
R10	Praha – Hradec Králové – Trutnov	E/D	
R11	Brno – Jihlava – Č. Budějovice – Plzeň	E/D	*
R12	Brno – Olomouc – Šumperk	E/D	
R13	Brno – Břeclav – Olomouc	E	



číslo linky	trasa	trakce	pozn.
R14A	Pardubice – Liberec	D	
R14B	Liberec – Děčín	D	
R15	Praha – Ústí n.L. – Cheb	E	
R16	Praha – Plzeň – Klatovy	E	
R17	Praha – Veselí n. L. – Č. Budějovice/Č. Velenice	E/D	
R18	Praha – Olomouc – Luhačovice/ Zlín stř./Veselí n. M.	E/D	
R19	Praha – Česká Třebová – Brno	E	
R20	Praha – Děčín	E	
R21	Praha – Tanvald	D	**
R22	Kolín – Rumburk	D	**
R23	Kolín – Ústí n. L.	E	
R24	Praha – Rakovník	D	
R25	Plzeň – Most	D	
R26	Praha – Písek – Č. Budějovice	D	
R27	Ostrava – Krnov – Olomouc	D	
R33	Cheb – Německo	D	
Trakce :	E ... elektrická D ... motorová E/D ... podíl vozby obou		
Pozn.:	* ... předpokládané rozdělení v ČB ** ... včetně plánovaných linek Praha – Česká Lípa – Rumburk a Kolín – Tanvald		

Pro tuto studii, jejímž hlavním cílem je prověřit odklon od vozidel využívajících spalovací motor tak, aby dálková doprava byla v co nejkratším výhledu zajištěna bezemisními pohony, jsou zásadní linky vedené v motorové trakci v celé své trase (D), nebo vedené v elektrické trakci jen částečně (E/D). U těchto linek budou v následující kapitole prověřována možná opatření k nahrazení nezávislé trakce, do doby elektrizace.

Studie se proto bude dále věnovat jen linkám uvedeným v tabulce níže. Jedním ze zásadních vstupů je konec platnosti stávajícího smluvního zajištění provozu. Z přehledu je zřejmé, že právě teď stojí zadavatel před rozhodnutím, jaká vozidla požadovat na další období.

Tab. 2 – Dálkové linky k prověření bezemisních vozidel

Číslo linky	trasa	Konec smlouvy
Ex7	Praha – Č. Budějovice – Rakousko/Č. Krumlov	2025
R10	Praha – Hradec Králové – Trutnov	2028
R11	Brno – Jihlava – Č. Budějovice – Plzeň	2025
R12	Brno – Olomouc – Šumperk	2027
R14A	Pardubice – Liberec	2026
R14B	Liberec – Děčín	2026
R17	Praha – Veselí n. L- - Č. Budějovice/Č. Velenice	2025
R18	Praha – Olomouc – Luhačovice/ Zlín stř./Veselí n. M.	2028
R21	Praha – Tanvald	2026
R22	Kolín – Rumburk	2026
R24	Praha – Rakovník	2026
R25	Plzeň – Most	2031
R26	Praha – Písek – Č. Budějovice	2027
R27	Ostrava – Krnov – Olomouc	2027
R33	Cheb – Německo	2032

## 4. Posouzení realizace opatření pro umožnění bezemisního provozu linek dálkové dopravy

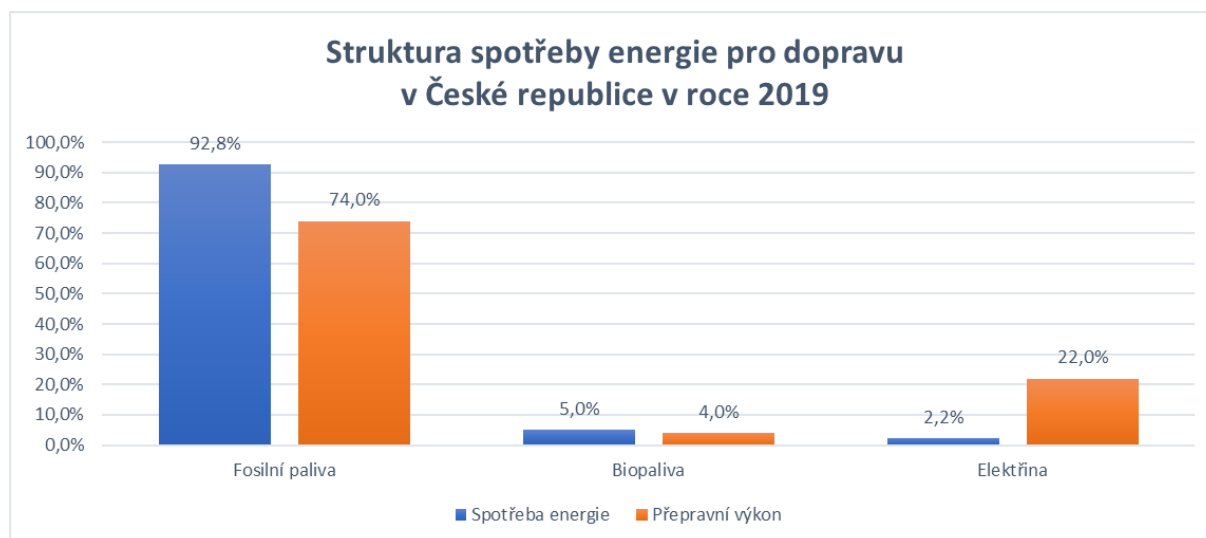
### 4.1. Vztah mezi železniční dopravou a životním prostředím

Aby byla železniční doprava konkurenceschopná vůči ostatním druhům dopravy, je zapotřebí i přes její relativní šetrnost k životnímu prostředí dbát na udržitelný rozvoj – snížit dále její uhlíkovou stopu a produkci dalších škodlivých látek.

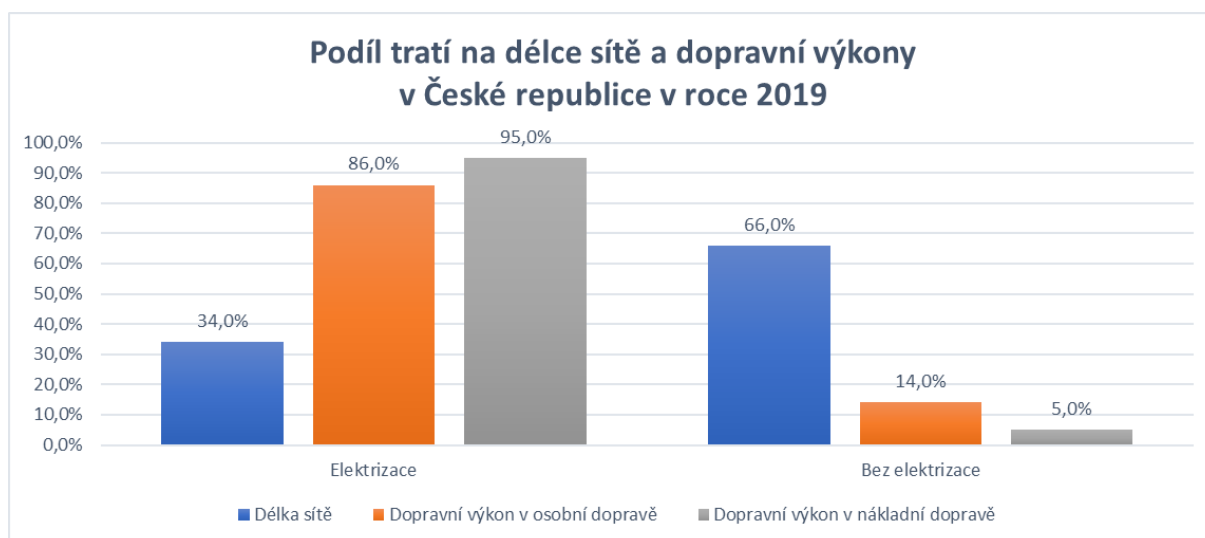
Největší problém, z hlediska znečištění ovzduší ze železniční dopravy, představují tratě bez liniové elektrizace, kde je provoz zajištěn vozidly nezávislé trakce. Cílem je tedy tato vozidla nahradit. Tímto problémem se zabývalo Ministerstvo dopravy České republiky, které v listopadu 2023 schválilo a vydalo „Koncepti rozvoje

elektrické trakce“, která definuje teritoriální a časový plán elektrizace dalších 2 479 km železničních tratí (již jednotnou střídavou soustavou 25 kV, 50 Hz). Jeho uskutečněním dojde ke zvýšení podílu elektrizovaných tratí v České republice ze současných pouhých 34 %, což je zhruba polovina průměru Evropské unie, k hodnotě 60 %, což se již přibližuje (stále se zvyšujícímu) evropskému průměru.

S dopravou je spojená také spotřeba energie. Z celkové spotřeby energie v České republice tvoří doprava 27 %, v porovnání s průmyslem, který tvoří 31 %. Na následujícím grafu je znázorněna struktura spotřeby energie v dopravě v roce 2019. Tedy v období před vypuknutí celosvětové pandemie Covid-19. Z uvedeného grafu vyplývá, že největší podíl na spotřebě energie v dopravě mají fosilní paliva. Ta tvoří necelých 93 % spotřebované energie v přepravním výkonu 74 %. Je ale zapotřebí si uvědomit, že Česká republika nedisponuje dostatečným množstvím fosilních paliv a je tedy závislá na státech, které jimi disponují. Jestliže opomeneme biopaliva se spotřebou energie 5 %. Nejvíce významné jsou poslední dva sloupce grafu týkající se elektřiny, především využívané v železniční dopravě (podíl elektrických vozidel nehraje příliš velkou roli). Elektrická energie se podílela na přepravním výkonu 22 % při celkové spotřebě něco málo přes 2 %. Z toho vyplývá, že přepravní výkon je desetkrát větší než zmíněná spotřeba energie.



Následující graf znázorňuje podíl elektrizovaných a neelektrizovaných tratí a dopravní výkony v osobní i nákladní dopravě na nich v České republice v roce 2019. K 31. prosinci 2019 bylo z celkové délky tratí 9 369 km v provozu 3 213 km elektrizovaných tratí. Ačkoliv se trakční vedení nacházelo pouze na 34 % délky železniční sítě, zajišťovaly elektrizované tratě v České republice 86 % dopravního výkonu v osobní dopravě a 95 % dopravního výkonu v dopravě nákladní. Je tedy patrné, že většina dopravních výkonů byla uskutečněna na síti příznivé k životnímu prostředí, a je tedy vhodné danou síť tratí vybavených pevnými trakčními zařízeními rozšířit.



Než ale celá železniční síť bude elektrizována (viz druhý odstavec této kapitoly), je zapotřebí hledat alternativy nahrazující vozidla se spalovacími motory. Náhradou by měla být vozidla užívající ke svému provozu mobilní zásobník energie. Na železnici jsou dnes zaváděny dva způsoby. Vozidla se zásobníky na vodík, který je následně využit k výrobě elektřiny v palivovém článku a vozidla se zásobníkem energie v podobě elektrochemického akumulátoru (zpravidla lithiového). V obou uvedených variantách vozidlo ke svému pohybu užívá elektrické energie následně využitě v trakčních elektromotorech. Vzhledem k tomu, že Česká republika nemá přírodní podmínky (větrná mořská pobřeží nebo vysokohorské vodní toky) pro ekonomicky efektivní produkci vodíku a zároveň postrádá i infrastrukturu pro jeho rozvod a skladování, jsou jednotky označované jako HMU/HEMU pro českou železniční síť v současnosti méně vhodné. Vhodnější řešení představují relativně jednodušší vozidla s trakčním akumulátorem (BEMU). Rozdíl mezi jednotkami napájenými pouze z troleje „EMU“ a BEMU není na první pohled znatelný. Odlišnost spočívá pouze v umístění zásobníku energie měničů s příslušenstvím u jednotek BEMU. Právě trakční akumulátor a potřebná technologie velice často rozhoduje o nasazení jednotek do pravidelného provozu, jelikož jednotka BEMU je o 30-50 % dražší než jednotka EMU a zároveň těžší o akumulátor. Lze tedy říci, že před každým plánovaným nasazením těchto vozidel do pravidelného provozu je zapotřebí provést ekonomickou analýzu. Kromě šetrnějšího provozu BEMU jednotek pro životní prostředí dosahují zmíněné jednotky vyšší účinnosti. To je uvedeno i v následující tabulce.

Tab. 3 – Účinnost pohonů

Druh pohonu	Účinnost
Parní kotel a parní stroj	6 %
Spalovací motor vznětový (nafta) a elektrický přenos výkonu	32 %
Spalovací motor zážehový a elektrický přenos výkonu	30 %
Trakční elektromotor a palivový článek (vůči výhřevnosti nositele energie, tedy vodíku)	48 %
Trakční elektromotor a palivový článek (vůči elektrické energii použité k výrobě vodíku)	30 %
Trakční elektromotor a lithiový akumulátor (nabíjený z trakčního vedení)	70 %
Trakční elektromotor a liniové trakční vedení	80 %

Pro srovnání je v tabulce uveden historicky první reálně využitelný typ neanimální trakce, a to konkrétně parní. Samotný parní stroj dosahuje energetické účinnosti do 10 %. Výsledná účinnost, zahrnující parní kotel produkující páru, dosahuje hodnoty pouze 6 %. S následným příchodem spalovacího motoru, uplatňujícího se i v železniční dopravě, vzrostla účinnost na pětinasobek. Při zahrnutí přenosu výkonu od motoru na kola dosahuje vznětový motor účinnosti 32 %, zážehový 30 %. Nejvyšší účinnost k zajištění pohybu vozidla v železniční dopravě vykazuje prozatím točivý elektromotor. Společně s transformátory, měniči a převody je výsledná účinnost elektrické trakce přibližně 84 %, s trakčním napájecím vedením a trakční napájecí stanicí pak klesá přibližně k 80 %. Vozidla s trakčními akumulátory dosahují zhruba o 10 % nižší účinnosti, než vozidla závislé elektrické trakce. Z tohoto zjednodušeného porovnání vyplývá, že BEMU jednotky jsou z energetického hlediska výhodnější, než vozidla se spalovacími motory, nebo vozidla diesel-elektrická.

## 4.2. Specifika provozu jednotek BEMU v porovnání s alternativami

Z informací uvedených v předchozí kapitole vyplývá, že elektrické jednotky s pomocným akumulátorovým pohonem mají oproti jiným alternativám řadu výhod.

Na úvod je třeba uvést, že cílovým stavem je úplná elektrizace zvolené části sítě. Vzhledem k efektivitě provozu a jednoduchosti vozidel je standardní liniová elektrizace (pokud možno napájecí soustavou AC 25 kV 50 Hz) v současnosti nejehospodárnějším řešením. Bohužel vzhledem k dlouho trvající přípravě staveb, lze očekávat určité zdržení při naplňování cílů uváděných v Koncepci rozvoje elektrické trakce. Navíc uváděné termíny realizace stejně přesahují horizont, kdy bude potřebné rozhodnout o pořízení nových vozidel na předemné výkony (jak již bylo zmíněno v kapitolách 2 a 3). Z toho důvodu je nutné v přechodném období hledat řešení, které umožní přechod na bezemisní dopravu za co nejmenších nákladů, případně s maximální využitelností vybudovaných zařízení.

Z toho vyplývá první podstatná výhoda – infrastruktura pro BEMU je po ukončení jejich provozu dále využitelná. Ostrovy či výběhy trakce jsou de facto předstihovou stavbou úplné elektrizace, napojení na síť VVN u bodových měření je dále využitelné. Stejně tak mobilní nabíjecí body např. v ISO kontejnerech je možné využít i v dalších lokalitách jako přechodné či trvalé řešení. Tato vlastnost je velkou výhodou zejména v porovnání s jednotkami HEMU, jejichž plnicí stanice nejsou pro další využití uzpůsobeny.

Oproti jiným alternativám je silnou stránkou bateriového pohonu také soběstačnost v získávání energie. Z hlediska těžby ropy a získávání pohonných hmot na jejich bázi je Česká republika zcela nesoběstačná, jejich syntetické alternativy jsou extrémně náročné na plochu pro pěstování rostlin k jejich získávání. Vodík nemá, jak již bylo popsáno výše, při současných znalostech v oblasti jeho získávání v našich poměrech vhodné přírodní podmínky. Na výrobu elektrické energie se lokální průmysl zaměřuje dlouhodobě, o čemž svědčí i aktuální záměry s rozvojem jaderné energetiky a také průběžně probíhající rozvoj získávání obnovitelných zdrojů energie.

Zároveň má bateriová trakce v porovnání s dalšími bezemisními pohony bohatší historii, je vývojově pokročilejší a její rozšíření je podstatně větší zejména v porovnání s vodíkovými vozidly. S jejich masovějším nasazením lze předpokládat i zlepšení dostupnosti technologie.

Další silnou stránkou jednotek BEMU je možnost jejich využití i po skončení životnosti baterií, kdy s dílčími úpravami je možné je nadále využívat jako standardní jednotky EMU. Tomuto tématu se věnuje kapitola 5.

### 4.3. Posouzení možnosti realizace dílčích opatření

V této kapitole jsou popsány různé způsoby nabíjení jednotek BEMU, respektive způsoby obnovy energie v akumulátoru. Pro přehlednost jsou tyto způsoby shrnuty do logických celků – nabíjení v bodě během stání soupravy, nazýváno jako nabíjení statické, a nabíjení při pohybu jednotky označováno jako nabíjení dynamické. Zároveň jsou popsána i specifika využití BEMU na plně elektrizované trati. Níže popsané metody lze ve velké míře kombinovat, což se následně odráží i v návrhu opatření na jednotlivých linkách.

Nabíjecí příkony pro obnovu energie v akumulátoru jsou rozdílné. Zatímco během nabíjení statického dochází k odběru energie pro nabíjení akumulátoru a pro zajištění dostatečného množství energie pro provoz jednotky, myšleno kompresory, vytápění/klimatizování, osvětlení, informační systém (tzv. pomocné pohony). Při nabíjení dynamickém je uvažováno se 60 % příkonem pro nabíjení ve srovnání s nabíjením statickým. Tohoto úbytku je docíleno tak, že kromě obnovy energie v akumulátoru a provozu jednotky je energie odebírána i pro samotný pohyb dané jednotky. Z toho vyplývá, že není možné využít veškerou energii vstupující do vozidla pro již zmíněnou obnovu energie v akumulátoru. V rámci prověření jednotlivých linek (viz kapitola 4.4) bylo využíváno vozidlo, kde u dynamického nabíjení byl snížen příkon o 28 % u střídavé napájecí soustavy (s příkonem 800 kW). V případě střídavé napájecí soustavy bylo využito jak u statického, tak dynamického nabíjení, příkon 450 kW.

Kapacita akumulátoru ovlivňuje vzdálenost, kterou je schopno vozidlo ujet mimo trakční vedení. S vzdáleností a kapacitou akumulátoru souvisí následný návrh místa a způsobu obnovy energie v akumulátoru. Většina výrobců jednotek BEMU, což bylo potvrzeno i v rámci PTK Moravskoslezského<sup>2</sup> a Jihomoravského kraje, garantuje dojezd okolo 80-120 km. Jestliže je možná obnova energie v akumulátoru v obou obratových stanicích, může být vozidlo používáno na vozebním rameni odpovídající délce dojezdu. V případě možnosti nabíjení pouze v jedné koncové stanici je délka vozebního ramene přibližně poloviční. Při návrhu pravidelného provozu se uvažuje spíše s dojezdem okolo 60-80 km. Nesmíme ale opomenout vznik nepravidelností na trati. V ten okamžik může vozidlo uváznout v mezistaničním úseku například po dobu i několika hodin. Během této doby musí být vozidlo schopno zajistit příslušný teplotní komfort pro cestující, provoz kompresorů a ostatních potřebných zařízení. Vozidlo tedy využívá energii z akumulátoru. To znamená, že pro pravidelný provoz by byly například dostačující obratové žst. s již vybudovaným trakčním vedením, kde by během doby pobytu došlo k plné obnově energie v akumulátoru. V případě vzniku nenadálé události anebo při zřízení výluk by nabíjení v obratových stanicích bylo nedostačující

---

<sup>2</sup> jichž se zpracovatel Studie aktivně účastnil jako technický garant

(vozidlo by se ani do obratové stanice nedostalo). Proto by bylo vhodné v mezilehlém úseku vybudovat nabíjecí bod. Takto by byl zajištěna rezerva pravidelného provozu. Z toho vyplývá, že je určitě výhodnější přiměřeně předimenzovat kapacitu akumulátorů pro pravidelný provoz jednotek BEMU.

Během návrhu provozu jednotek BEMU ale nelze opomenout, že kapacita akumulátoru v průběhu jeho technického života postupně klesá, proto je nutno rozlišovat dojezd na začátku životnosti, dojezd na konci životnosti a provozně využitelný dojezd (s rezervou na náhodné vlivy). Z tohoto důvodu je zapotřebí při provozu uvažovat s 80 % jmenovité energie, označované jako energie disponibilní. Zároveň zásoba energie v akumulátoru by neměla klesnout pod 20 % (rezerva + možné poškození akumulátoru). Z toho tedy vyplývá, že akumulátor lze využít zhruba ze 60 % jeho kapacity.

V následující kapitole jsou popsány možnosti obnovy energie v akumulátoru. Časové údaje, kdy má dojít k dobití jsou stanoveny pro akumulátor s kapacitou 450 kWh, respektive disponibilní energie tvoří 360 kWh.

Tyto hodnoty vycházejí ze zkušeností s prvními dvousystémovými jednotkami zasmluvněnými pro provoz na železniční síti v ČR, která nyní procházejí zkouškami a s jejichž nasazením do pravidelného provozu, po úspěšné homologaci, se počítá od jízdního řádu 2025. Parametry vycházejí z existující zadávací dokumentace dopravce (zde ČD, a. s.). Vzhledem k tomu, že další vozidla nebyla v tuzemsku doposud dopravci poptávána, nechtěli se autoři Studie dopouštět spekulací a převzaly uvedené technické údaje.



### 4.3.1. Nabíjecí body

#### 4.3.1.1. Nabíjení z troleje při technologickém odstavení

Základním způsob, jak obnovit energii v akumulátoru, je založen na prostém nabíjení z troleje prostřednictvím sběrače. Parametry této technologie se navzájem odlišují v závislosti na užití trakční soustavě. To vyplývá i z následujících vztahů:

- pro stejnosměrný napájecí systém 3 kV

$$P = U \cdot I = 3 \cdot 200 = 600$$

- pro střídavý napájecí systém 25 kV, 50 Hz

$$P = U \cdot I = 25 \cdot 80 = 2\,000$$

kde:

P [kW] příkon

U [kV] elektrické napětí

I [A] elektrický proud

Z dosazení vyplývá, že střídavý napájecí systém umožňuje oproti stejnosměrnému napájecímu systému rychlejší obnovu energie v akumulátoru (příkon 600 kW a 2 000 kW). Ve vzorcích se ale liší hodnoty proudu. V případě stejnosměrného napájecího systému je hodnota 200 A stanovena na základě TSI. Vyšší hodnoty proudu zároveň způsobují, že sběrač stejnosměrných vozidel musí být odpovídajícím způsobem dimenzován (oproti sběračům střídavého napájecího systému), aby odolal jejich zatížení. Zároveň u střídavého napájecího systému dostačuje pro příkon 2 000 kW proud o hodnotě pouze 80 A (hodnotu proudu u tohoto napájecího systému nestanovuje žádný předpis ani norma). Další nevýhodou napájecího systému 3 kV je výše napětí stejnosměrného proudu. Akumulátory jsou řešeny pro napětí 1 kV a tudíž při nabíjení ze soustavy 3 kV je nutno ve vozidle oddělit obvody vložit další komponenty snižující limit hmotnosti a objem akumulátoru. Na základě těchto požadavků dochází ke snížení energie akumulátoru a následně i dojezdu vozidla.

V běžném provozu se ale neuvažuje s maximálním možným příkonem vzhledem k dalším aspektům, které nabíjení omezují. Pro obnovu energie v akumulátoru se u stejnosměrné napájecí soustavy 3 kV uvažuje s příkonem 450 kW (po odečtení dalších spotřeb při jmenovitém napětí). Při tomto příkonu se uvažuje, že energie v akumulátor s kapacitou 360 kWh (jmenovitá energie 450 kWh) by byla plně obnovena maximálně za 48 min. Při nejnižším trvalém napětí v troleji 2,7 kV je příkon nabíjení 393 kW, čemuž odpovídá doba nabíjení 55 min. V místech, kde

budou pravidelně odstavovány jednotky BEMU, je uvažováno zřídit speciální zařízení – úsek trolejového vedení. Jedná se např. typicky o zdvojení trakčního zařízení trolejového drátu za účelem snížení jeho přehřátí a rizika přepálení drátu trakčního vedení. Jak již vyplývá z uvedených vztahů, při nabíjení střídavou soustavou 25 kV 50 Hz jsou nabíjecí doby sice příznivější, nicméně ani v případě využití systému 3kV nejde o nikterak dramatické rozdíly. Vzhledem k vyššímu napětí v troleji, a tedy nižšímu potřebnému proudu, lze dosáhnout nabíjecího příkonu 800 kW (opět není vzhledem k provozním opatřením a dalším záležitostem užíván příkon 2 000 kW, viz vztah). Při tomto příkonu by mělo dojít k obnově energie v akumulátoru s kapacitou 360 kWh disponibilní energie za dobu zhruba 26 min.

Nabíjení ze standardní troleje lze využívat buď v již elektrizovaných stanicích s výše popsanými omezeními, nebo mohou být ve stanicích mimo elektrizovanou síť zřízeny krátké úseky trakčního vedení. Typickým příkladem možného využití elektrizovaných žst. je železniční síť v Jihočeském kraji. Zde jsou tratě celostátního významu elektrizované včetně uzlových žst. Právě regionální tratě spojující uzlové žst. dosahují délky 60 až 80 km. Z toho vyplývá, že provoz jednotek BEMU by v daném kraji byl na regionálních tratích velice vhodný, opomene-li oblast Šumavy. Ještě blíže je využití BEMU v Moravskoslezském kraji, kde se předpokládá spuštění jejich provozu v prosinci 2024 a jedná se o pilotní a průkopnický projekt v rámci celé ČR.

V případech, kde elektrizované žst. nejsou, připravuje Správa železnic zřízení již zmíněných „ostrovů“ trakčního vedení. U těchto připravovaných staveb se předpokládá trakční vedení délky přibližně 55 metrů s napájecí soustavou 25 kV 50 Hz. Elektřina bude získávána z distribuční sítě 3x22 kV 50 Hz. Nabíjecí technologie bude umístěna v kontejneru se standardizovanými ISO rozměry, aby bylo možno technologii následně přestěhovat. Toto řešení by umožnilo provoz jednotek BEMU např. v již zmíněné oblasti Šumavy v Jihočeském kraji, kde vzdálenosti bez možnosti nabíjení jsou již za hranicí možnosti provozu bateriových jednotek.

#### 4.3.1.2. Nabíjecí armatura

Alternativou ke krátkému úseku trolejového vedení může být nabíjecí armatura. Jedná se o velice podobné zařízení, i zde je využit ISO kontejner jako mobilní transformovna a předpokládá se využití distribuční sítě 3x22 kV. Rozdílem je využití jediné podpěry s krátkým (řádově několik metrů) úsekem pevné troleje, který nahrazuje konvenční trolejové vedení. Pevná trolej je řešena jako napájecí kolejnice umožňující nabíjecí výkon, respektive příkon 800 kW.

Současné realizace tohoto systému jsou zpravidla řešeny s výstupní soustavou 16,7 kV 15 Hz AC. Lze ale předpokládat, že je lze po nenáročných technických úpravách využít i pro napájecí soustavu 25 kV 50 Hz AC.

#### 4.3.1.3. Zásuvkový stojan

Pro nabíjení BEMU lze využít i standardní zásuvkové stojany využívané například pro vytápění vozů. Vůz je ke stojanu připojen pomocí UIC kabelu. Jako příklad řešení je zde popsáno zařízení EPZ (Elektrické předtápěcí zařízení), které dodává Elektrizace železnic Praha a.s.

Toto zařízení je dodáváno v provedeních s následujícími parametry napájení:

- 3 kV AC 50 Hz
- 1,5 kV AC 50 Hz
- 1 kV AC 16,7 Hz
- 3 kV DC

Zvolený typ se odvíjí podle trakční napájecí soustavy, která je v daném místě k dispozici. U neelektrizovaných tratí lze přívod vysokého napětí řešit i z třífázové distribuční soustavy 22 kV AC/IT, případně i z dalších (6, 10, 35 kV AC/IT). Toto řešení má výstupní napětí 3 kV DC.

Při nabíjení zásuvkovým stojanem zapojeným do distribuční sítě je minimální doba nabíjení jednotky cca 26 min.

Z technologického hlediska je toto řešení vhodné pro využití při delších obracech mezi jednotlivými spoji, případně při delším odstavení. Tím se má na mysli především noční odstavy. Na začátku odstavení jednotky dochází k přechodu z aktivního provozu do provozu úsporného. To znamená, že během odstavy stále vozidlo spotřebovává energii (například v zimních/letních měsících dochází alespoň k částečnému temperování nebo provozu ostatních zařízení, ale ne v takové míře, jako tomu je při aktivním provozu). Stojan může být využíván i jako podpůrný systém, aby během nočního odstavy nebyla odebírána energie z akumulátoru. Toto řešení není naopak vhodné pro rychlé obraty nebo krátké pobyty z důvodu personální náročnosti. Současná síť zásuvkových stojanů je téměř výhradně vybudována ve stanicích vybavených trakčním vedením. Výhodu má zejména pod stejnosměrnou soustavou 3 kV DC, kde lze tímto způsobem nabíjet výrazně rychleji než z trakce. U AC soustavy 25 kV 50 Hz je rychlost srovnatelná.

#### 4.3.1.4. Zásuvka 400 V

Pro připojení jednotek BEMU do sítě lze využít také standardní zásuvky 3x400 V 125 A (případně 63 A). Vzhledem k nízkému výkonu pro nabíjení

po odečtení pomocných pohonů zbývá pro nabíjení výkon cca 75 kWh (35 kWh). Pro dobití trakční energie není takový proud využitelný, trvalo by několik hodin.

Zásuvky 400 V však využít lze, a to pro tzv. „živý odstav“, respektive úsporný režim (viz kapitola 4.3.1.3). V takovém případě nebudou pomocné pohony jednotky napájeny z baterie, ale přímo ze sítě, a nebude tak docházet k odběru trakční energie z akumulátoru během odstavení mimo trakční vedení. Toho lze využít například v depech nebo v koncových stanicích během noci. Silnou stránkou tohoto řešení je velmi široká distribuční síť, zásuvky 400 V jsou běžně dostupné ve velkém množství železničních stanic, a to i mimo elektrizované tratě.

## 4.3.2. Částečná liniová elektrizace

### 4.3.2.1. Zajištění na elektrizovanou trať

Investičně nejméně náročným způsobem využití BEMU je prodloužení obsluhované linky na trať s elektrizací. Tento přístup má i další pozitivní dopady, například zkrácení dojezdových časů z širší oblasti a také odstranění některých přestupů. Zpravidla však generuje významný zásah do provozního konceptu v širší oblasti.

### 4.3.2.2. Nabíjecí ostrovy

V případě, že nelze úsek bez elektrizace překlenout bez mezilehlého nabíjení, je jednou z možností vytvoření tzv. nabíjecího ostrovu. Jedná se v závislosti na dalších faktorech buď o prostou elektrizaci, nebo o plnohodnotnou modernizaci úseku s elektrizací. Délka takového úseku se odvíjí od doby potřebné k dobití akumulátoru nad potřebnou úroveň. Řádově by takový ostrov měl mít délku v jednotkách až nižších desítkách kilometrů. Zde má také vliv instalovaný výkon trakční transformovny. Předpokládá se elektrizace střídavou soustavou 25 kV 50 Hz, aby nebylo po propojení troleje se zbytkem sítě nutné provádět další konverzi.

Tato varianta je zejména výhodná tam, kde se jednotlivá vozební ramena buď protínají, nebo dokonce sdílí společný mezistaniční úsek. Lze ji využít i pro jedinou linku, avšak v takovém případě toto řešení přichází o úsporu z rozsahu provozu. Příklady jsou uvedeny v části 4.4. Nabíjecí ostrov lze také využít jako obrátové místo v případě výluky na dané trati a v neposlední řadě je možné jej následně využít jako součást případné budoucí prosté nebo plné elektrizace.

### 4.3.2.3. Výběhy z již elektrizované části sítě

Obdobou nabíjecího ostrovu pro úseky delší, než je dojezd bateriového vozidla, je zkrácení okrajových úseků. Výhodou tohoto řešení je možnost využití již zřízené infrastruktury, zejména trakčních měníren/transformoven (je třeba brát na vědomí potřebu zajištění jejich dostatečného výkonu). I zde se nabízí elektrizovat úsek

střídavou soustavou 25 kV 50 Hz, ale za určitých okrajových podmínek může být výhodné využít i soustavu 3 kV DC, například tam, kde nejsou k dispozici vícesystémová vozidla. V tomto případě je však nutné provést stavební přípravu na následnou konverzi.

Tento přístup může být výhodný tam, kde by nově elektrizovanou infrastrukturu mohly kromě tranzitujících BEMU využívat okrajově i výhradně elektrická hnací vozidla. V praxi se to týká úseků, kde je na trati místo významného zlomu poptávky, nebo je v okrajovém úseku příležitost pro rozvoj nákladní dopravy.

Dále lze doporučit elektrizovat i ty úseky, u nichž toto z dojezdu vozidel BEMU nevyplývá, ale kde to umožňují stávající napájecí stanice. Tím se dosáhne vyšší stability provozu BEMU a zvýší možnost operativních zásahů při provozních mimořádnostech.

### 4.3.3. Úplná liniová elektrizace

#### 4.3.3.1. Prostá elektrizace

Principem tzv. „prosté elektrizace“ je úprava trati tak, aby ji mohla využívat v potřebném rozsahu hnací vozidla v elektrické trakci. Kromě vlastního zřízení liniové elektrizace tak bude nutné vybudovat trakční napájecí stanice, případně využít po prověření stávajících přívodní vedení k nim, dále investice vyvolá pouze nutnou úpravu sdělovacího a zabezpečovacího zařízení a přeložek inženýrských sítí. V závislosti na stávajícím stavu infrastruktury může prostá elektrizace vyvolat také nezbytné zásahy do železničního svršku a spodku (např. odstranění stykované koleje, úpravy mostů).

V posledních letech nebyl tento přístup u realizovaných staveb aplikován. V roce 2023 vydalo MD ČR Konceptci, která určuje větší množství tratí pro prostou elektrizaci, lze tedy předpokládat oživení tohoto přístupu.

Provoz BEMU může být s prostou elektrizací velmi úzce provázán. Například není nutné elektrizovat některé předjízdny koleje ve stanicích, pokud by to provozní situace vyžadovala, může jednotka BEMU využít kolej neelektrizovanou. Další možností je dočasně vypustit z investičního záměru stavebně velmi náročné úseky, například se stísněnými poměry v tunelech. Po přechodné období může takový úsek jednotka BEMU rovněž překonat v bateriové trakci.

#### 4.3.3.2. Komplexní modernizace vč. elektrizace

Tento přístup lze využít tam, kde je intenzivní provoz, nebo se v rámci modernizace očekává významné zlepšení provozních parametrů. Tímto způsobem byla například v posledních letech zmodernizována trať Olomouc – Uničov – Šumperk.

Provoz BEMU na takovéto trati nemá za normálních okolností žádný přínos oproti standardním EMU.

#### 4.4. Možné využití výše popsaných opatření na linkách dálkové dopravy

V následujících kapitolách jsou popsány jednotlivé linky dálkové dopravy, kde jsou provozována vozidla nezávislé trakce. U jednotlivých linek jsou uvedeny možnosti provozu vozidel s akumulátorem, respektive je uvedena délka neelektrizované trati, a zároveň jsou uvedené možnosti obnovy energie v samotném akumulátoru. Zároveň byl prověřen možný provoz těchto jednotek pomocí základní metody, takzvané dvousložkové metody (sčítání energie pro pohyb jednotky a pro provoz pomocných pohonů).

Při prověřování byly v modelu použity nabíjecí příkony uvedené dle zařízení v konkrétním místě obnovy energie akumulátoru, viz kapitola 4.3.1. Zároveň bylo uvažováno s účinností nabíjecího příkonu 80 %. Doby pobytu a cestovní doby byly stanoveny na základě provozovaných spojů dle GVD 2023/2024. V jednotlivých modelových situacích bylo využito vozidlo s jmenovitou energií akumulátoru 450 kWh, tedy disponibilní energie činila 360 kWh. Tyto parametry byly voleny z důvodu potřeby dvousystémového vozidla, jehož užití plyne z nejasných termínů konverze trakční soustavy. Gradient trakční spotřeby (kolik energie potřebuje vozidlo pro ujetí 1 km) a příkon vedlejší spotřeby (kolik energie spotřebuje vozidlo pro provoz pomocných pohonů za 1 hod.) byly uvažovány jako střední roční. To znamená, že v zimním/letním období by hlavně příkon vedlejší spotřeby byl mírně vyšší. Tento nárůst způsobuje například větší temperování/chlazení prostoru pro cestující.

Výsledkem každého prověření je graf znázorňující průběh spotřeby energie v akumulátoru při jednom oběhu vozidla (zvětšené grafy jsou součástí přílohy). Na vodorovné ose je uveden čas, během kterého došlo k oběhu jednotky. Na hlavní levé svislé ose je uvedena vzdálenost od výchozího bodu. V grafu je vždy uveden název zmíněného výchozího bodu. Oranžovou barvou je v grafu znázorněna hranice minimální energie akumulátoru, která byla stanovená 72 kWh (20 % z disponibilní energie). Zelenou barvou jsou znázorněna místa, kde je možná obnova energie v akumulátoru (v místech, kde je hodnota vyšší než 0). Modrou barvou je znázorněn již zmíněný průběh energie v akumulátoru. Na začátku každého prověření bylo uvažováno s plně nabitým akumulátorem.

##### 4.4.1. Ex 7

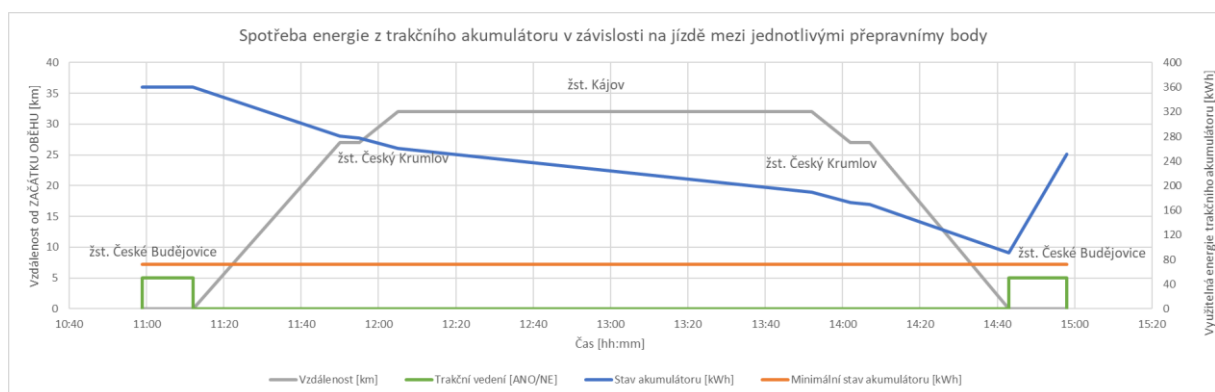
Ex 7 je linka spojující především Prahu a České Budějovice, některé spoje dále pokračují do rakouského Lince. V celém úseku je linka na území České republiky vedena po elektrizovaných tratích se střídavou soustavou 25 kV 50 Hz, kromě úseku

Praha – Benešov u Prahy (úsek se stejnosměrnou napájecí soustavou 3 kV). Jeden pár vlaků této linky je veden z Českých Budějovic do Českého Krumlova, právě na tento pár spojů se tento dokument zaměřuje.

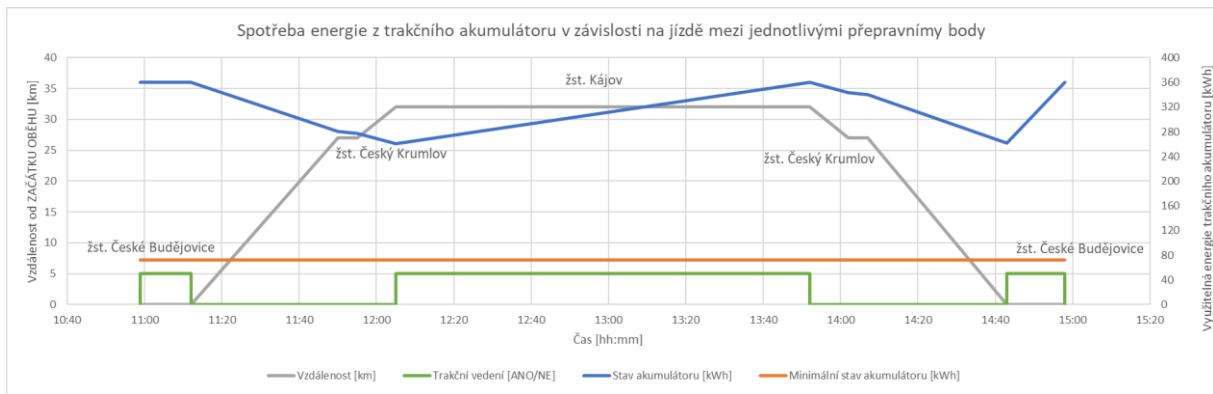
Délka neelektrizovaného úseku mezi Českými Budějovicemi, předsunutým zhlavím Rožnov a Českým Krumlovem je 27 km. Vlak následně pokračuje ještě cca 5 km do železniční stanice Kájov, kde je odstaven. Celkem tedy souprava mimo trakci ujede 64 km a je nezbytné započítat rezervu na aktivní odstav v železniční stanici Kájov.

Historicky tento pár spojů pokračoval až do železniční stanice Nové Údolí, v současnosti je zvažována varianta obnovy tohoto spojení.

Koncepce elektrizace předpokládá prostou elektrizaci úseku Rožnov – Kájov v roce 2029. Zbývající úsek Kájov – Nové Údolí by po dokončení elektrizace měl délku cca 60 km. Bylo by nutné ve stanici Nové Údolí vytvořit nabíjecí místo, což je velmi obtížně představitelné vzhledem k odlehlosti této stanice. Na základě výše popsaných skutečností se doporučuje zavádění BEMU v této relaci v tuto chvíli nesledovat. Tomu odpovídá i prověření znázorněno na následujících grafech.



Z prověřovacího modelu vyplývá, že nasazení vozidel BEMU na stávající koncept linky Ex 7 do Českého Krumlova je vyhovující, i když množství energie v akumulátoru při příjezdu do Českých Budějovic není příliš velké. Je patrné, že během pobytu v Českých Budějovicích nedojde k plné obnově energie v akumulátoru a vozidlo se bude dobíjet i během následné jízdy do Prahy. Při spotřebě energie do Českého Krumlova je zapotřebí uvažovat s nenadálou událostí (možnost uváznutí vlaku na širé trati), výlukami anebo zimním či letním obdobím (viz kapitola 4.4). Z těchto důvodů bylo prověřeno na následujícím grafu vybudování dobíjecího místa v podobě nabíjecí armatury v žst. Kájov.



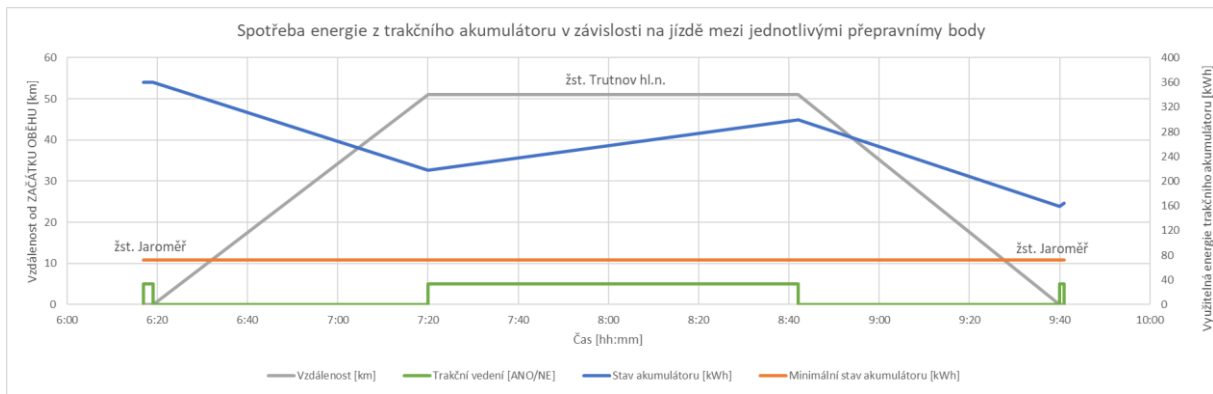
Vybudování místa pro obnovu energie v Kájově by bylo pro provoz jednotek BEMU velice vhodné, jak vyplývá z tohoto grafu. Během odstavení v Kájově nedojde k úplné obnově energie v akumulátoru, je ale zajištěna rezerva pro případy vzniku nenadálé události anebo pro provoz během zimního období. Nastává ale otázka, zda výstavba nabíjecí armatury vzhledem k plánované elektrizaci je ekonomicky výhodná. Zároveň vozidlo by využilo akumulátoru zhruba na 17 % své trasy. Z tohoto důvodu se doporučuje před provozem BEMU upřednostnit prostou elektrizaci, která bude mít přínos i pro další segmenty dopravy.

#### 4.4.2. R10

Linka je mimo elektrickou trakci provozována v úseku Jaroměř – Trutnov hlavní nádraží (52 km). Dle koncepce rozvoje elektrické trakce je elektrizace tohoto úseku prověřována, měla by být součástí studie proveditelnosti úseku rychlých spojení RS 5 (VRT Podkrkonoší). Termín realizace není znám, spadá do horizontu C (2030-2032). Provoz BEMU v tomto úseku je realistický, avšak vzdálenost tam i zpět 102 km s aktivním odstavením při obratu a větším počtem mezilehlých zastavení pravděpodobně znemožní cestu tam i zpět bez dobití.

Nejvýhodnější variantou je pravděpodobně zřízení dobíjecího bodu v železniční stanici Trutnov. U koleje č. 5 je v žst. Trutnov zřízena zásuvka 400 V, 32 A, která pro nabíjení není vhodná, avšak mělo by být možné ji upravit tak, aby tomuto účelu vyhověla. Na základě výše pojmenovaných fakt lze říct, že linka má dobré předpoklady pro využití jednotek BEMU za podmínky vytvoření nabíjecího bodu v Trutnově. Tomu odpovídá i výsledek prověření, viz následující graf. Doporučuje se však vyčkat na dokončení studie proveditelnosti VRT Podkrkonoší.





V rámci prověření byla využita zásuvka 400 V, 32 A v žst. Trutnov hl.n. s nabíjecím příkonem 75 kW. Během doby pobytu by byla alespoň částečně obnovena energie v akumulátoru a byla by tak částečně pokryta nenadálá událost nebo výkyvy spotřeby energie během letního/zimního období. Následné dobití akumulátoru by probíhalo dynamicky během jízdy do Prahy. I přes to, že by se jednotka pohybovala v úseku se stejnosměrnou napájecí soustavou 3 kV, cestovní doba by byla dostatečná pro plnou obnovu energie.

#### 4.4.3. R11

Linka R11 označuje rychlíkovou linku spojující v době vzniku tohoto dokumentu města Plzeň – České Budějovice – Jihlava – Brno. Od GVD 2024/2025 dojde k rozdělení této linky a to tak, že linkou R11 budou označovány vlaky na spojení České Budějovice – Brno a navazující úsek bude označen jako R31. Vzhledem k tomu, že celá linka R31 je vedena po trati elektrizované napájecí střídavou soustavou 25 kV 50 Hz, není v tomto dokumentu dále posuzována.

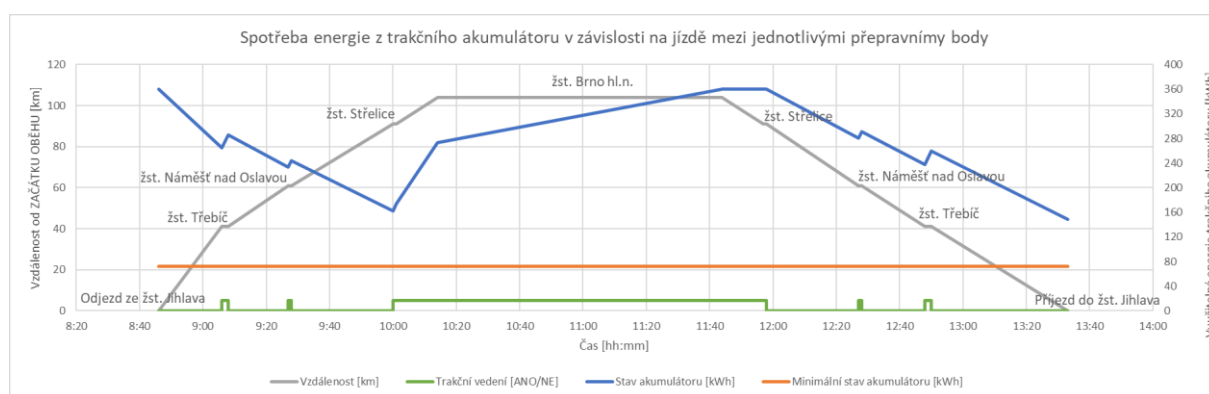
Neelektrizovaný úsek se v současnosti nachází mezi stanicemi Jihlava a Střelice (90 km). Po dokončení probíhající investiční akce Elektrizace trati vč. PEÚ Brno – Zastávka u Brna, 2. etapa, které se předpokládá v roce 2025, se tento úsek zkrátí na přibližně 80 km. Tato hodnota se blíží limitní využitelnosti kapacity baterie, je vhodné brát na zřetel jiná podpůrná opatření pro zajištění komfortní vozby a neelektrizovaný úsek buď zkrátit, nebo doplnit nabíjecími ostrovy.

Dle koncepce rozvoje elektrické trakce je celý úsek v současnosti prověřován studií. Případná realizace není známa, avšak je určeno, že spadá do horizontu D (po roce 2032). Zároveň se však v koncepci uvádí investiční záměr „Nabíjecí body JMK“ s realizací do roku 2026 a zatím neznámým rozsahem. V přílohové mapě jsou nabíjecí body znázorněny ve stanicích Náměštl nad Oslavou a Třebíč.

Pokud by nabíjecí body v Náměšti nad Oslavou a Třebíči byly vhodně umístěny u nástupišť, je možné je využívat k rychlému nabití během pobytu v těchto stanicích. Zde je nutné uvést, že aby bylo nabíjení efektivní, je vhodné pobyt vlaku ve stanici mírně prodloužit oproti času nutnému pro běžný nástup a výstup cestujících.

Druhou možností je předstihové vytvoření ostrovů elektrizace ve dvou výše zmíněných stanicích. Elektrizace stanic by byla ve standardním rozsahu (nejlépe veškeré dopravní koleje, vybrané manipulační, zhlaví a záhlaví) a případně by bylo možné doplnit krátké výběhy mimo stanice. Takové řešení by umožnilo prodloužit čas pro nabíjení nad rámec pobytu ve stanici a ušetřilo by trakční energii z akumulátoru pro rozjezd vlaku.

Výše popsané možnosti lze kombinovat, např. ostrovní elektrizace železniční stanice Třebíč a nabíjecí bod Náměšť nad Oslavou. Každopádně je linka R11 do dokončení plnohodnotné elektrizace vhodná pro využití BEMU po vybudování infrastruktury pro dobíjení. To je vyplývající i z prověřovacího grafu. Je zde nutná precizní koordinace s KORDIS JMK, který dobíjecí infrastrukturu primárně poptává.



Z prověření je, jak již bylo uvedeno, vyplývá, že daná linka je vhodná pro provoz vozidel BEMU. V rámci prověření bylo uvažováno s nabíjecími armaturami v Třebíči a Náměšti nad Oslavou s nabíjecími příkony 800 kW. Tohoto příkonu bylo využito pro obnovu energie v akumulátoru během doby pobytu v žst. Brno hl.n. Během pohybu vozidla v úseku žst. Střelice - žst. Brno hl.n. bylo uvažováno s dynamickým nabíjením o příkonu 576 kWh (72 % z příkonu statického nabíjení, viz kapitola 4.2). Dostatečné jsou i doby pobytu v jednotlivých přepravních bodech stanovené na základě KJŘ (z důvodu výluky byly jízdni doby převzaty z KJŘ 2022/2023). V případě skutečného návrhu provozu jednotek BEMU na této lince by bylo zapotřebí prověřit nenadálou situaci a provoz během zimního/letního období. S tím by také souviselo prověření doby pobytu v jednotlivých železničních stanicích.

#### 4.4.4. R12

Linka je ve většině úseku vedena pod elektrickou trakcí. Část vozů v železniční stanici Zábřeh na Moravě přechází na vlaky Sp v relaci Zábřeh na Moravě – Jeseník. Formálně je tento úsek součástí objednávky MD a spadá do sítě dálkových linek.

Mimo trakční vedení je tato relace v úseku Bludov, obvod Sudkov – Jeseník o délce 56 km. Trať má zejména v úseku Hanušovice – Lipová Lázně extrémně nepříznivé sklonové poměry. Koncepce rozvoje elektrické trakce předpokládá prostou

elektrizaci v horizontu C, tj. 2030-2032. Prostá elektrizace je momentálně připravována v rámci investiční akce „Prostá elektrizace trati Bludov/Postřelmov – Jeseník“, v současnosti je zpracováván záměr projektu a předpoklad dokončení realizace je do roku 2031.

Vzhledem k již probíhající projektové přípravě a zároveň nepříznivým poměrům v současném stavu se tato linka nepovažuje za vhodnou pro zavádění BEMU, vhodnějším řešením je vyčkat na prostou elektrizaci trati.

#### 4.4.5. R14A

Linka R14A je trasována mimo elektrickou trakci ve většině trasy, konkrétně v úseku mezi Jaroměř a Libercem. Délka tohoto úseku je zhruba 120 km. Bez dalších opatření je tedy provoz jednotek BEMU nereálný.

Úsek Jaroměř – Turnov je dle koncepce rozvoje elektrické trakce určen k prosté elektrizaci v horizontu D, tj. pro roce 2032. Úsek Liberec – Turnov je součástí komplexní modernizace vozebního ramene Mladá Boleslav – Liberec, součástí je i elektrizace. Dokončení se předpokládá v průběhu 30. let. Vzhledem k poměrně vzdálenému horizontu realizace obou staveb bude vozební rameno posuzováno tak, jak je v současném stavu.

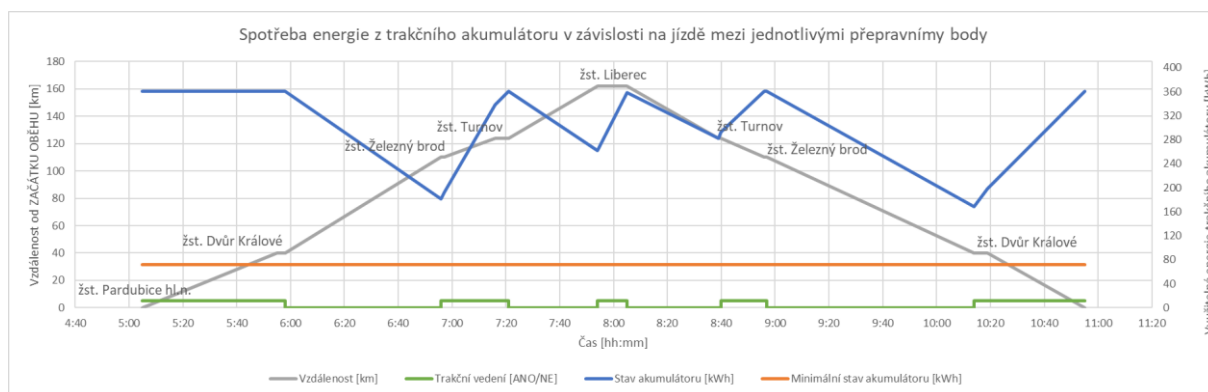
V rámci efektivity investičních akcí byl díky sdílení s linkou R21 zvolen úsek Turnov – Železný Brod (14 km) jako vhodný pro ostrovní elektrizaci. Po jeho realizaci by úsek Jaroměř – Železný Brod měl délku 70 km (jízdní doba 77 min). Jednotka BEMU by měla být schopna tuto vzdálenost urazit, avšak je třeba počítat s nízkým stavem baterie po jeho ujetí, resp. nutnosti nabít baterii naplno před vjetím do tohoto úseku.

Podpůrným opatřením by mohl být výběh prosté elektrizace z Jaroměře do stanice Dvůr Králové nad Labem. Úsek k překlenutí by se tak zkrátil na cca 55 km (jízdní doba 62 min). Do Dvora Králové nad Labem je provozovány nákladní doprava, která by mohla díky této úpravě být vedena v elektrické trakci.

Úsek Turnov – Liberec má délku 37 km. Teoreticky by mělo být možné tento úsek překlenout, avšak vzhledem ke sklonové náročnosti úseku by bylo vhodné v předstihu vytvořit v železniční stanici Liberec buď dobíjecí místo, nebo případně doplnit výběhem směrem na jih napříč uzlem a bude-li to technicky možné, může tento výběh být prodloužen i dále do širé trati. Tuto infrastrukturu by mohla dále využívat linka R14B.

V současnosti je obrat v žst. Liberec mezi spoji linky R14A dlouhý 12 min. Pokud by tato doba nebyla pro nabití dostatečná, což naznačuje i model vypracovaný níže, doporučuje se dobu na nabíjení v Liberci prodloužit přechodem jednotek mezi linkami R14A a R14B.

Na základě výše popsaného lze říct, že trasa linky R14A je vhodná pro zavádění jednotek BEMU za podmínky vybudování ostrovní elektrizace v úseku Turnov – Železný Brod, kterou je vhodné doplnit výběhem elektrizace ze stanice Jaroměř do Dvora Králové nad Labem, a také zřízením dobíjecího místa, příp. ostrovu elektrizace v žst. Liberec.



Dle informací z předchozího odstavce bylo provedeno prověření provozu jednotek BEMU. Trakční vedení bylo prodlouženo z Jaroměře do Dvora Králové nad Labem. Možnost obnovy energie v akumulátoru je zde umožněno právě přímo z trakčního vedení stejnosměrné soustavy 3 kV (příkon 450 kW). Zároveň byl vybudován nabíjecí ostrov v úseku Železný brod – Turnov (s příkonem 800 kW) a nabíjecí armatura v Liberci (s příkonem 800 kW). Je patrné, že během pobytu v Liberci dojde téměř k úplné obnově energie (358 kWh z 360 kWh), avšak pro zajištění dostatečné rezervy by bylo vhodné prodloužit dobu pobytu. Zřízení nabíjecích ostrovů, dle uvedeného grafu, zajistí dostatečnou rezervu pravidelného provozu, například i při zřízení výluk. Důležité by bylo prověřit provoz v zimním/letním období nebo vznik nenadálé situace.

#### 4.4.6. R14B

Z trasy linky R14B je mimo elektrickou trakci úsek mezi stanicemi Děčín východ a Liberec. Délka tohoto úseku je 92 km. Vzhledem k náročným sklonovým poměrům se provoz BEMU na takto dlouhém vozebním rameni nepovažuje za proveditelný bez dodatečných opatření. Dle koncepce rozvoje elektrické trakce je celý úsek navržen k prosté elektrizaci v horizontu C (2030-2032). Aby byl v maximální možné míře využit souběh s dalšími linkami, navrhuje se dva samostatné ostrovy elektrické trakce.

První z nich se nachází na souběžném úseku s linkou R22 v úseku mezi Českou Lípou a výhybnou Žizníkov. Jedná se o dvě samostatné jednokolejné tratě, které jsou ale z velké části svých mezistaničních úseků k sobě navzájem přimknuty. Doporučuje se výběh prodloužit až do výhybny Žizníkov, obdobně na trase linky R22 až do stanice Srní u České Lípy.

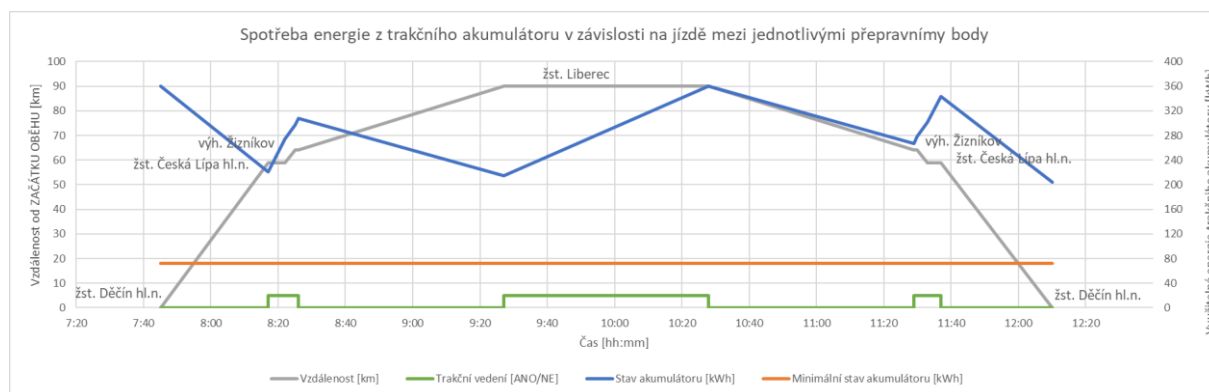
Druhý ostrov el. trakce se navrhuje umístit do uzlu Liberec. Část infrastruktury je tak možné sdílet s linkou R14A. Předpokládá se, že by kromě vybraných kolejí v žst. Liberec byl elektrizován také průtah uzlem směrem na jih. Výběh elektrizace by měl být co nejdelší, avšak významnějšímu protažení elektrizace pravděpodobně zabrání přemostění trati Liberec – Turnov v blízkosti obvodu ÚTD. Doporučuje se tedy výběh prodloužit alespoň k tomuto stavebnímu objektu, délka elektrizovaného úseku by tak dosahovala cca 2,3 km.

Po realizaci výše popsanych opatření budou zbyvat následující neelektrizované úseky:

- Děčín východ – Česká Lípa hl. n., délka 32 km
- Výhybna Žizníkov – Liberec ÚTD, délka 54 km

Délka obratu v ŽST Liberec je cca 60 min, pro nabíjení je tedy dostatečná. Také lze zefektivnit proběhovost vozidel provázáním linek R14A a R14B, jak je popsáno výše.

Linka R14B je za podmínky realizace výše popsanych opatření vhodná pro provoz BEMU.



Pro prověření byl využit pouze úsek Děčín – Liberec. Nabíjecí ostrovy byly zřízeny v již uvedených úsecích, tedy žst. Česká Lípa hl.n. – výh. Žizníkov s příkonem 800 kW při statickém nabíjení, 576 kW při nabíjení dynamickém a žst. Liberec taktéž s příkonem 800 kW. Z křivky průběhu spotřeby energie v akumulátoru vyplývá, že dané rozmístění nabíjecích ostrovů je vhodné pro provoz jednotek BEMU na dané lince. Vozidlo přijede do žst. Děčín hl.n. s hodnotou energie v akumulátoru okolo 200 kWh. Během doby pobytu či jízdy do žst. Ústí nad Labem dojde k plné obnově energie akumulátoru. Lze předpokládat, že by bylo kladně hodnoceno i prověření při vyšší spotřebě energie vedlejších příkonů nebo při vzniku nenadálé situace.

#### 4.4.7. R16

Linka je ve většině své délky v elektrické trakci. Délka úseku bez elektrizace 49 km mezi stanicemi Klatovy a Železná Ruda-Alžbětín. Koncepce navrhuje prostou elektrizaci k roku 2029. Probíhající projektová příprava s tímto harmonogramem koresponduje.

Vzhledem k velmi náročným sklonovým poměrům v řešeném úseku a elektrizaci v blízkém časovém horizontu nebude na této lince zavádění BEMU prověřováno.

#### 4.4.8. R17

Jízda v motorové trakci se týká pouze části spojů vedených v úseku Veselí nad Lužnicí – České Velenice. Tento úsek má délku 55 km, na obou koncích je ohraničen elektrickou trakcí a má poměrně příznivé sklonové poměry. To vytváří velice příznivé poměry pro zavádění BEMU bez významných investičních akcí do infrastruktury.

Dle koncepce rozvoje elektrické trakce má úsek být elektrizován v rámci modernizace trati, realizace této investiční akce se momentálně předpokládá v letech 2025-2028. Z toho důvodu nebude zavádění BEMU prověřováno.

#### 4.4.9. R18

Tato linka spojuje Prahu se Zlínským a okrajově Jihomoravským krajem. Ve své koncové části se z kmenové trasy do Luhačovic oddělují dva samostatné páry spojů. První z nich v Otrokovicích do žst. Zlín střed, druhý v Uherském Hradišti do žst. Veselí nad Moravou. Ve všech třech variantách trasy je některý z úseků neelektrizovaný.

Dotčené úseky jsou elektrizovány v následujících stavbách:

- Modernizace a elektrizace trati Otrokovice – Vizovice, předpoklad realizace 2026-2030
- Elektrizace trati Staré Město u Uherského Hradiště – Bojkovice město, předpoklad realizace 2028-2030
- Elektrizace trati Újezdec u Luhačovic (mimo) - Luhačovice (včetně), předpoklad realizace 2028-2030
- Elektrizace trati Kunovice (mimo) - Veselí nad Moravou (mimo), předpoklad realizace 2028-2029

V období před elektrizací lze o provozu jednotek BEMU uvažovat ve všech třech výše popsaných relacích. Na větvi do Luhačovic má neelektrizovaný úsek délku 34 km, do Zlína 10 km a do Veselí nad Moravou 20 km. V koncových stanicích je vzhledem k delším pobytům souprav vhodné uvažovat s dobíjecími body, ve Zlíně a Veselí nad Moravou jsou již v současnosti zřízeny zásuvkové stojany 400 V 25 A,

resp. 400 V 32 A. Ve stanici Luhačovice by bylo třeba nabíjecí zařízení dobudovat. Pro nasazení jednotek BEMU je linka R18 využitelná, avšak primárním cílem by mělo být co nejrychlejší dokončení elektrizace. Je totiž důležité si uvědomit pořizovací cenu vozidla BEMU (o 30 až 50 % dražší než EMU), která by akumulátor využila pouze, v případě spoje do Luhačovic, na 34 km z celkové délky 354 km. V tomto případě je rozhodně ekologicky výhodnější uvažovat o již zmíněné elektrizaci.

#### 4.4.10. R21

Linky R21 Praha – Tanvald a R22 Kolín – Rumburk (– Šluknov) částečně sdílí infrastrukturu, což by se výhledově mělo ještě prohloubit vznikem linek Praha – Rumburk a Kolín – . Pro zjednodušení a podobnou povahu opatření jsou tyto navrhované linky posuzovány pouze okrajově. Linka Praha – Rumburk by měla být dostatečně pokryta níže popsány opatřeními. U linky Kolín – Liberec bude třeba věnovat speciální pozornost úseku Bakov nad Jizerou – Liberec, kde jediným úsekem pro dobíjení bude dle níže navržených opatření úvrať v železniční stanici Turnov. Vzniknou tak dva po sobě následující úseky délek 22 a 37 (souhrnně 59 km) bez elektrizace, kdy zvláště úsek Turnov – Liberec je sklonově poměrně náročný. Riziko potřeby prodloužení pobytu v žst. Turnov se může negativně promítnout do stability jízdního řádu. Variantním řešením může být spuštění této linky po dokončení modernizace úseku Turnov – Liberec.

Linka R21 je ve většině délky své trasy vedena po neelektrizované trati. Výjimkami jsou výchozí úsek Praha hlavní nádraží – výhybna Skály a průjezd železniční stanicí Všetaty. Celková délka úseků mimo elektrizaci je 123 km, z toho 27 km Skály – Všetaty, 65 km Všetaty – Turnov a 31 km Turnov – Tanvald. V Turnově je část vlaků této linky ukončena a je třeba brát na vědomí oba scénáře, tedy statické nabíjení v Turnově i nabíjení jízdou směrem na Tanvald.

V úseku Praha – Mladá Boleslav je navržena komplexní modernizace úseku výh. Skály – Všetaty. S výjimkou jediného úseku Skály – Čakovice (r. 2028-2030) dosud není zveřejněn předpoklad realizace. Lze předpokládat, že tento úsek nebude dokončen výrazně dříve než alternativní trasa přes Milovice. Železniční stanice Všetaty je elektrizována soustavou 3 kV DC a její konverze na 25 kV AC má proběhnout v rámci souboru Nymbursko, Královéhradecko a Pardubicko v horizontu B-C-D (mezi lety 2027-2032). Úsek Všetaty – Mladá Boleslav je navržen k dalšímu prověření elektrizace/BEMU/HEMU bez udávaného horizontu.

Velkým zásahem do provozního konceptu ve středočeské části trasy bude Všejská spojka a další navazující stavby, Bezděčínská spojka, změna zaústění trati do železniční stanice Lysá nad Labem (v rámci modernizace úseku Nymburk – Lysá n. L.), Modernizace trati Nymburk – Nepřevázka a rekonstrukce trati Mladá Boleslav hl. n. – Mladá Boleslav město. Tyto stavby mají být realizovány průběžně

v rozmezí let 2028-2032. Úsek Nymburk – Lysá vč. úpravy zaústění trati od Milovic má být dokončen až v r. 2035, ale předpokládá se provizorní zapojení v průběhu stavby. Všechny tyto stavby umožní provoz v elektrické trakci až do stanice Mladá Boleslav město. Zbývající úsek do Turnova bude mít délku 32 km, do Tanvaldu 63 km.

Úsek Mladá Boleslav – Liberec byl prověřen studií proveditelnosti a příprava této stavby dále pokračuje. Vzhledem k jejímu velkému rozsahu, předpokladu realizace až v průběhu 30. let a také souvisejícím velkým změnám v linkovém vedení není stav po dokončení této investiční akce v rámci tohoto dokumentu zhodnocován a za „konečný“ stav se považuje dokončení úseku Praha – Mladá Boleslav.

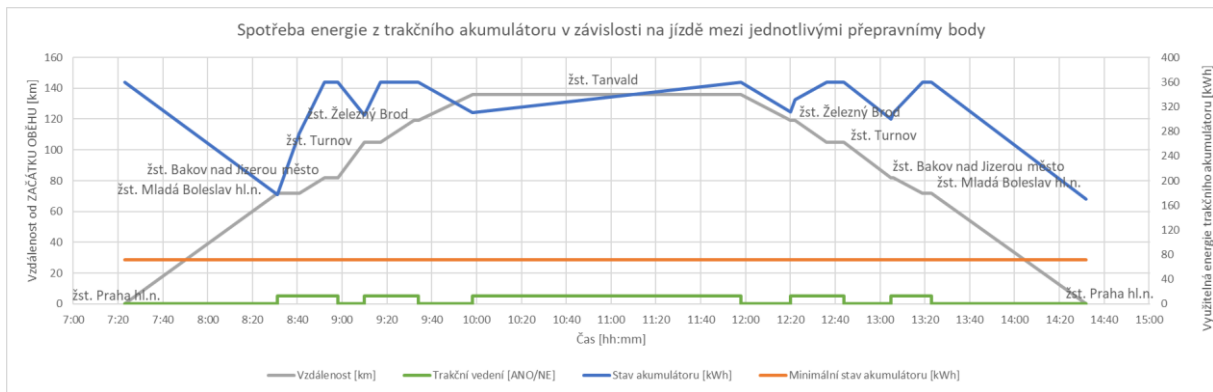
Ve zbývajícím úseku se dle koncepce předpokládá prostá elektrizace úseku Turnov – Železný Brod v horizontu D (po roce 2032), viz také linka R14A. Úsek Železný Brod – Tanvald je určen k dalšímu prověření elektrizace/BEMU/HEMU.

V návaznosti na opatření na lince R14A se nabízí vytvořit ostrov prosté elektrizace mezi stanicemi Turnov a Železný Brod (14 km, 16 min.). Podobné opatření lze do dokončení výše popsaných staveb zavést také ve sdíleném úseku s linkou R22, tj. mezi stanicemi Mladá Boleslav hl. n. a Bakov nad Jizerou (10 km, 14 min.). Neelektrizované úseky by po dokončení těchto opatření (a zároveň před dokončením nové trasy Praha – MB) měly délku:

- Skály – Všetaty 27 km
- Všetaty – Mladá Boleslav hl. n. 33 km
- Bakov nad Jizerou – Turnov 22 km
- Železný Brod – Tanvald 17 km

Vzhledem k tomu, že železniční stanice Všetaty je elektrizována soustavou 3 kV DC, a tudíž nabíjecí doby budou neúměrně dlouhé, doporučuje se dále na úsek nahlížet jako na neelektrizovaný celek v úseku Praha – Mladá Boleslav (60 km). To lze s přihlédnutím k tomu, že v úseku jsou pouze 3 mezilehlá zastavení, poměrně příznivé sklonové poměry a nepřiliš proměnlivý rychlostní profil, posoudit jako vyhovující a linka R21 v relaci Praha – Tanvald má dobré předpoklady pro provoz jednotek BEMU. Toto platí i po dokončení alternativní trasy po Všejské spojce až do dokončení úseku Mladá Boleslav – Turnov (– Liberec).





Na základě prověření se zdá, že provoz vozidel BEMU na lince Praha – Tanvald je vhodný, ale jen za určitých podmínek. V rámci prověření byly vybudovány nabíjecí ostrovy v úsecích Mladá Boleslav – Bakov nad Jizerou, Turnov – Železný Brod a zároveň by byl vybudována nabíjecí armatura v Tanvaldu. Na všech těchto místech, kde by docházelo k obnově energie v akumulátoru by byl příkon 800 kW. V případě obnovy energie v akumulátoru v Praze by doba pobytu, vycházející z tohoto prověření, musela činit alespoň 35 minut. Při dynamickém nabíjení bylo uvažováno s příkonem 576 kW. Z grafu zároveň vyplývá, že by byla zajištěna rezerva pro nenadálou situaci a provoz v letních/zimních měsících.

#### 4.4.11. R22

V případě linky R22 se stejně jako u výše popsaných R21 a R14B nabízí využít jejich sdílené úseky pro vybudování dobíjecích ostrovů. V současné podobě je linka R22 vedena zcela v motorové trakci, mimo elektrizaci je mezi stanicemi Nymburk hl. n. a Šluknov (souhrnná délka 141 km).

V koncepci rozvoje elektrické trakce se uvádí, že úsek Nymburk – Mladá Boleslav město – Bakov nad Jizerou má být elektrizován v rámci modernizační akce (popsáno výše u linky R21), úsek Bakov nad Jizerou – Rumburk má být prostě elektrizován v horizontu C (2030-2032). Zbývající úsek Rumburk – Šluknov je určen k dalšímu prověření elektrizace/BEMU/HEMU.

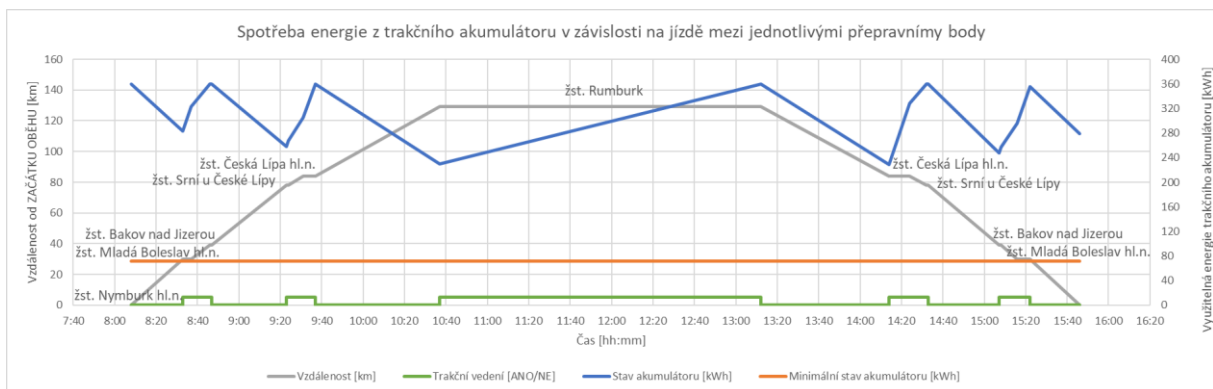
Pokud by došlo k opatřením popsanými výše u linek R14B a R21, tedy předstihových ostrovech elektrizace v úsecích Mladá Boleslav hl. n. – Bakov nad Jizerou (10 km, JD 14 min) a Srní u České Lípy – Česká Lípa (6 km, JD cca 6 min + pobyt ČL hl. n., v současnosti 6 min), vzniknou následující mezilehlé úseky bez pokrytí trakcí:

- Nymburk – Mladá Boleslav hl. n. (před dokončením modernizace) 30 km
- Bakov nad Jizerou – Srní u České Lípy 38 km
- Česká Lípa hl. n. – Šluknov 56 km

Úsek Česká Lípa hl. n. – Šluknov lze považovat za rizikový vzhledem k náročnějším sklonovým poměrům. Je třeba v koncové stanici ponechat dostatečný

technologický čas na dobíjení a vybudovat dobíjecí infrastrukturu. V současnosti je obratový čas ve Šluknově minimálně 7 min. To pro dostatečné dobití není dostatečné. Je nutné tento čas buď prodloužit buď ukončením spojů již v Rumburku (kde je v současném stavu již část spojů ukončena), případně prodloužením času na obrat úpravou jízdního řádu (je možné, že zavedení BEMU zkrátí jízdní doby), nebo vytvořením výběhu trakce. Vzhledem k náročnosti popsaných opatření a hustému provozu v úseku Rumburk – Šluknov se doporučuje zkrátit vlaky R do Rumburku, kde se již v současnosti nachází zásuvkové stojany u koleje č. 5 (jejich další specifikace není v přehledu zařízení služeb uvedena).

Závěrem lze konstatovat, že linka R 22 má vhodné předpoklady pro zavedení provozu jednotek BEMU za podmínky vybudování nabíjecích ostrovů Mladá Boleslav hl. n. – Bakov nad Jizerou, Srní u České Lípy – Česká Lípa a dobíjecího místa Rumburk.



V rámci prověření byl zřízen napájecí ostrov mezi Mladou Boleslaví a Bakovem nad Jizerou, Srní u České Lípy a Českou Lípou a nabíjecí armatura v Rumburku. Ve všech případech byl stanoven příkon na 800 kW, během jízdy vozidla v úseku Mladá Boleslav – Bakov nad Jizerou a Srní u České Lípy – Česká Lípa 576 kW (vozidlo během pohybu odebírá energii i pro samotný pohon). Z prověření vyplývá, že oba nabíjecí ostrovy jsou opodstatněny pro zachování pravidelného provozu. Linka byla zkrácena pouze do Rumburku. Při plánování pravidelného provozu by bylo vhodné prověřit vznik nenadálé situace, případně provoz v zimním/letním období.

#### 4.4.12. R24

Tato linka je v současné podobě téměř celá v motorové trakci. Vzhledem k postupné modernizaci dílčích úseků Praha – Kladno budou elektrizované úseky přibývat. Po dokončení momentálně probíhajících prací vznikne výběh elektrizace od Prahy Masarykova nádraží k zastávce Praha-Výstaviště a také ostrov elektrizace na průjezdu železniční stanicí Kladno. Zbývající úseky P.-Výstaviště – Kladno

(cca 26 km) a Kladno – Rakovník (cca 42 km) by jednotka BEMU pravděpodobně dokázala pokrýt, jediným nezbytným zásahem by bylo vytvoření dobíjecího místa v žst. Rakovník pro vlaky na obratu.

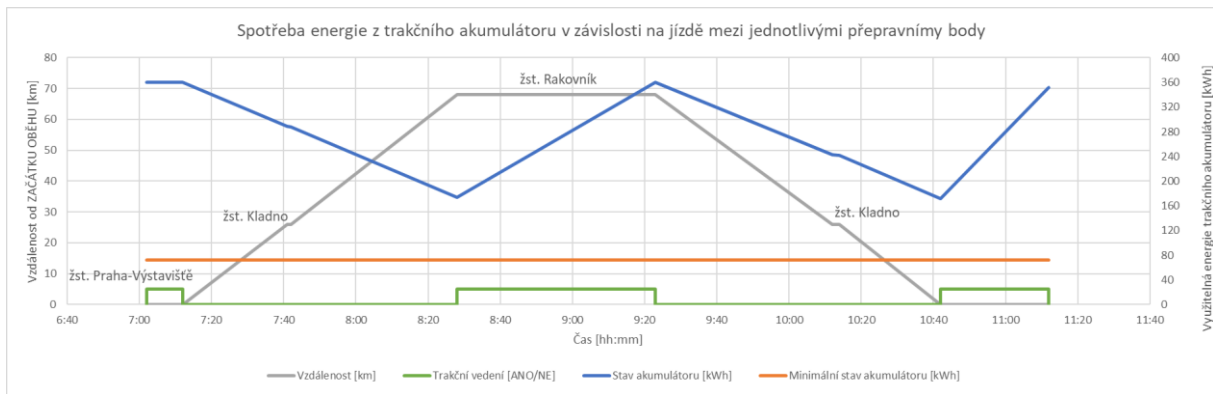
Koncepce elektrizace předpokládá prostou elektrizaci úseku Kladno – Rakovník v horizontu C, tj. 2030-2032. Pro tento úsek momentálně neprobíhá žádná projektová příprava.

Modernizace úseku Praha – Kladno včetně zdvojkolejnění a elektrizace je rozdělena, dle aktuální interaktivní mapy Správy železnic, s. o., do následujících staveb (jsou zahrnuty pouze stavby nezahájené):

- Modernizace trati Praha-Výstaviště (mimo) - Praha-Dejvice (včetně), předpoklad realizace 2027-2029
- Modernizace trati Praha-Dejvice (mimo) - Praha-Veleslavín (mimo), předpoklad realizace 2028-2030
- Modernizace trati Praha-Veleslavín (včetně) - Praha-Ruzyně (včetně), předpoklad realizace 2026-2029
- Novostavba trati Praha-Ruzyně (mimo) - Praha-Letiště Václava Havla (mimo), předpoklad realizace 2026-2029
- Novostavba ŽST Praha-Letiště Václava Havla, předpoklad realizace 2026-2030
- Zaokruhování železničního spojení letiště Václava Havla do trati Praha – Letiště VH – Kladno, předpoklad realizace 2027-2029
- Modernizace trati Praha-Ruzyně (mimo) - Kladno (mimo), předpoklad realizace 2025-2028

Vzhledem k výše uvedenému by stavební práce měly na úseku probíhat kontinuálně a pravděpodobně se tedy budou překrývat výlukové stavy na dílčích úsecích. Nelze však vyloučit, že se některé stavby zpozdí a mohou vzniknout přechodné stavy, kdy trať bude elektrizována pouze částečně. Za zvláště rizikovou stavbu lze považovat úseku Dejvice – Veleslavín, který v rámci příprav dlouhodobě naráží na komplikace a zdržení. V takovém případě by provoz jednotek BEMU mohl pokrýt chybějící úseky bez elektrizace a komfortně toto vozební rameno pokrýt.

Je nutné upozornit na to, že se předpokládá vyjmutí této linky z objednávky Ministerstva dopravy a přesun do gesce kraje. I přesto však tuto relaci lze doporučit jako vhodnou pro provoz BEMU za podmínky vytvoření dobíjecí stanice Rakovník.



Trzení ohledně vhodnosti provozu jednotek BEMU na této lince potvrzuje i prověření. Pro možnou obnovu energie v akumulátoru byly využity příkony 450 kW, tedy nabíjení stejnosměrnou soustavou 3 kV. Z grafu taktéž vyplývá, že akumulátor by měl mít dostatečné množství energie pro vyšší příkon spotřeby za nepříznivých klimatických podmínek a při vzniku nenadálé události. Samozřejmě by ale bylo důležité tyto náležitosti při skutečné úvaze provozu jednotek BEMU posoudit. Závěrem uvádíme, že s ohledem na nejistý termín úpravy úseku Praha-Výstaviště – Praha-Veleslavín stojí za zvážení jednotky BEMU i pro regionální dopravu.

#### 4.4.13. R25

Trasa linky R25 není elektrizována mezi stanicemi Plzeň seřadovací nádraží a Žatec západ (103 km) a také mezi stanicemi Březno u Chomutova a Chomutov (9 km). Na obou úsecích se předpokládá prostá elektrizace v horizontu D (po 2032). Vzhledem ke vzdálenějšímu časovému horizontu a velké části trasy linky mimo elektrizaci lze uvažovat o využití jednotek BEMU.

Úsek mezi Plzní a Žatcem se svou délkou 103 km si s největší pravděpodobností vyžádá nějaké doplňující opatření v podobě předstihové částečné elektrizace. Nabíjecí body nejsou vzhledem k poměrně krátkým pobytům v nácestných stanicích považovány za dostatečné řešení. Jsou popsány následující řešení překlenutí neelektrizovaného úseku:

- Výběh elektrizace z uzlu Plzeň
- Výběh elektrizace ze stanice Žatec západ
- Ostrovní elektrizace

Za řešení s největším potenciálem je považována předstihová elektrizace výběhu z uzlu Plzeň severním směrem. Aby byl efekt takového opatření co největší, měl by zvolený úsek nabídnout co největší synergii mezi řešenou rychlíkovou vozbou a nějakým dalším dopravním segmentem, v řešeném úseku se to týká regionální dopravy a místní nákladní dopravy. V osobní dopravě dochází k nejvýznamnějším lomům poptávky ve stanicích Plasy a Žihle, v nákladní dopravě se intenzita mění

ve stanici Kaznějov. Mezi stanicemi Plasy a Mladotice se nachází dvojice tunelů, která vyvolává potřebu dalších investičních nákladů.

Pokud by předstihová prostá elektrizace proběhla v úseku Plzeň – Kaznějov, byl by zbývající neelektrizovaný úsek dlouhý 79 km. Tato vzdálenost je blízká hraničnímu dojezdu jednotky BEMU, a tedy samostatně ji nelze považovat za vyhovující. Lze ji doplnit o ostrovní elektrizaci, nebo o výběh na opačném konci trati.

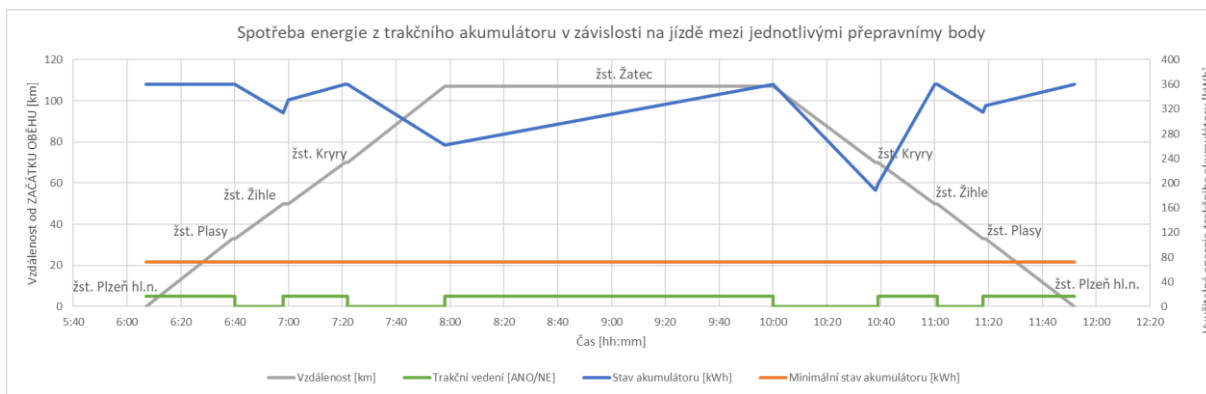
Varianta elektrizace do stanice Plasy by zkrátila neelektrizovaný úsek na 73 km. I v tomto případě by pravděpodobně bylo nutné volit další podpůrná opatření.

Prostá elektrizace až do stanice Žihle by byla výhodná vzhledem k maximální využitelnosti pro osobní regionální dopravu, dojezdová vzdálenost do Žatce by pak byla cca 55 km, což je také řešitelné. Je však nutné vzít na zřetel vícenáklady související zejména s pravděpodobnými rozsáhlými úpravami Plaských tunelů.

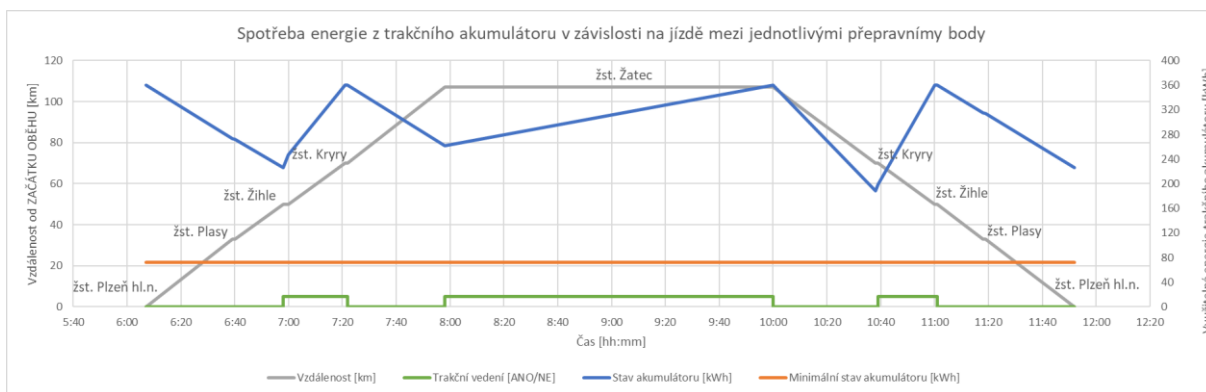
Řešení s výběhem ze stanice Žatec západ postrádá výhody synergie s dalšími provozními segmenty vzhledem k tomu, že v řešeném úseku není vůbec objednávána regionální osobní doprava a nákladní doprava má poměrně malou intenzitu. Problematická je také stejnosměrná soustava v přilehlém úseku, která má být výhledově konvertována na střídavou. Konverze oblasti Ústecko – Mělnicko, kam řešený úsek spadá, se předpokládá v horizontech B, C, D, vzhledem k poloze v západní části řešené oblasti proběhne spíše dříve, pravděpodobně v horizontu B, tedy v letech 2027-2029.

Poslední možností je vytvoření ostrovní elektrizace ve středové části úseku. Aby bylo dosaženo maximální efektivity nabíjení, je nutné, aby jízdní doba vlaku po tomto úseku byla dost dlouhá na plné nabití baterie. Nejvýhodnějším řešením se zde zdá být zřízení transformovny ve stanici Blatno u Jesenice, výběhy ostrovní trakce by pak mohly dosahovat směrem na jih železniční stanice Žihle (jízdní doba 10 min, 9 km), opačným směrem pak stanice Kryry (JD 11 min, 11 km). Zbývající úseky bez trakce by pak měly délku 50 a 35 km, což je vzhledem ke kapacitě baterie vyhovující.

Zbývající, dosud neřešený úsek Březno u Chomutova – Chomutov při délce 9 km provozu BEMU vyhovuje a není třeba přijímat doplňující opatření.



Pro prověření jednotek BEMU byl vybrán pouze úsek mezi Plzní a Žatcem. Následné pokračování linky do Mostu je po tratích elektrizovaných, což by umožňovalo plnou obnovu energie v akumulátoru, vyjma úseku Březno u Chomutova – Chomutov. Vzhledem k tomu, že tento neelektrizovaný úsek je dlouhý zhruba 10 km a předchozí úsek s trakčním vedením (úsek Žatec – Březno u Chomutova) má přibližně 13 km, neměly by mít jednotky BEMU s tímto neelektrizovaným úsekem z hlediska kapacity energie v akumulátoru žádný problém. V grafu bylo uvažováno s výstavbou trakčního vedení mezi Plzní a Plasy a následné vybudování nabíjecího ostrova mezi Žihlí a Křivky. Výsledkem je, že takto navržené možnosti obnovy energie v akumulátoru jsou vhodné pro provoz vozidel BEMU. Zároveň lze říci, že je pro provoz zachována dostatečná rezerva, tím je myšlen např. vznik nenadálé události anebo pro vyšší spotřebu energie vzhledem k vytápění/klimatizování. Zároveň nabíjecí ostrov by mohl pokrývat možnost nabíjení během výluk.



Prověřena byla i ta situace, kdy nebylo prodlouženo trakční vedení z Plzně do Plas. Z grafu je patrné, že i v tomto případě by nabíjecí ostrov dostatočně pokrýval pro provoz jednotek BEMU.

#### 4.4.14. R26

V současnosti je linka provozována mimo elektrickou trakci v úsecích Praha-Smíchov – Beroun a Zdice – Písek. První jmenovaný úsek linka využívá z důvodu probíhajících stavebních prací na trati v údolí Berounky (dle JŘ pro cestující 171),

kam by se měla výhledově vrátit. Některé spoje této linky trať 171 využívají i v současnosti.

Pro trať Praha-Smíchov – Rudná u Prahy – Beroun probíhá projektová příprava, dle koncepce je již schválena k elektrizaci v rámci modernizačního projektu a spadá do horizontu C (2030-2032). Vzhledem k tomu, že se jedná o dočasnou odklonovou trasu, nebude tento úsek při posouzení považován za rozhodný.

Úsek Zdice – Písek má délku 90 km, jeho elektrizace je součástí investiční akce „Prostá elektrizace traťového úseku Zdice – Písek“, jejíž realizace se předpokládá v letech 2027-2029. Jedná se o jeden z pilotních projektů prosté elektrizace.

Vzhledem k poměrně velké délce nepokrytého úseku (90 km) a pokročilé přípravě výše popsaných staveb se na tomto úseku nedoporučuje nasazení jednotek BEMU, naopak je podporováno co největší urychlení prosté elektrizace.

#### 4.4.15. R27

V současnosti je linka vedena mimo elektrickou trakci ve většině úseku, a to mezi stanicemi Opava východ a Olomouc hl. n. (116 km). Dle koncepce rozvoje elektrické trakce mají na vozebním rameni proběhnout následující úpravy:

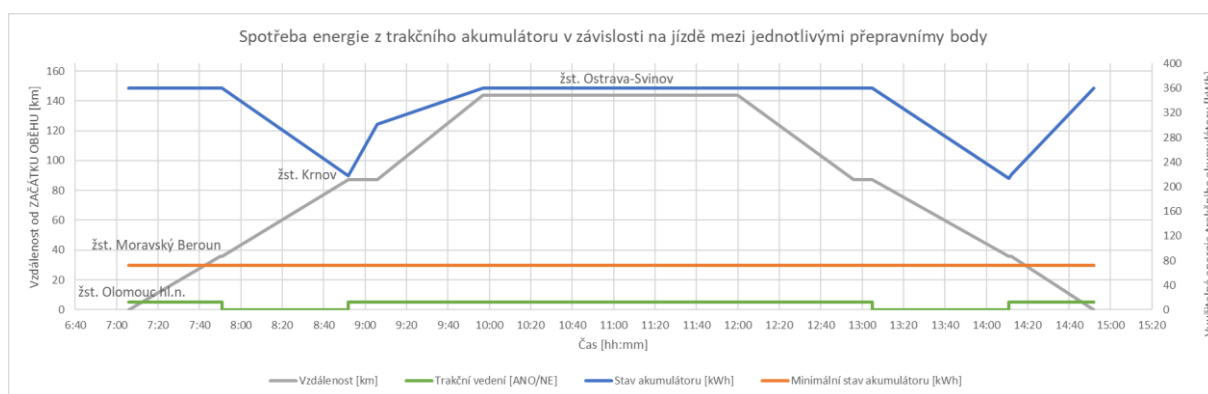
- Předstihově má v Krnově být zřízen nabíjecí bod pro regionální dopravu, předpoklad realizace 2025
- Úsek Opava východ – Krnov má být elektrizován v rámci investiční akce celkové modernizace trati, v současnosti je zpracovávána studie proveditelnosti. Dle koncepce spadá investiční akce do horizontu D (po roce 2032)
- Úsek Olomouc hl. n. – Moravský Beroun má být prostě elektrizován v horizontu C (2030-2032), projektová příprava zatím není zahájena. V rámci investičního záměru se přímo předpokládá následný provoz BEMU.
- Úsek Moravský Beroun – Krnov je navržen k dalšímu prověření elektrizace/BEMU/HEMU bez stanoveného termínu.

Za nejrealističtější scénář lze považovat elektrizace úseků Olomouc – Moravský Beroun a Opava – Krnov. Zbývající neelektrizovaný úsek by měl délku 51 km. To by mělo být vyhovující i s přihlédnutím k náročnějším sklonovým poměrům na trati.

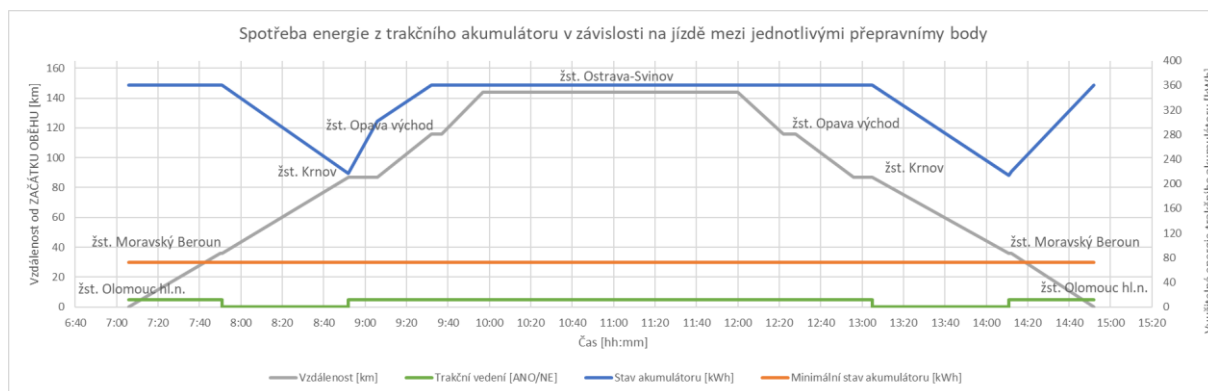
Pokud by výše popsaná opatření byla realizována jen částečně, lze BEMU využít za přijetí podpůrných opatření. Teoreticky je možné provozovat BEMU bez elektrizace úseku Opava – Krnov s tím, že by bylo nutné ve stanici Krnov prodloužit pobyt soupravy tak, aby došlo k jejímu dostatečnému dobití. V současnosti je pobyt rychlíku v relaci Olomouc – Ostrava v žst. Krnov 14 min, v opačném směru je to 8 min. S drobnými úpravami jízdních dob lze považovat delší pobyt v žst. Krnov za řešitelný a vycházející ze současného stavu.

Provoz BEMU bez alespoň předstihové elektrizace ze směru od Olomouce do Krnova se nedoporučuje vzhledem k velké délce úseku (87 km) a náročným sklonovým poměrům. Alternativním řešením by mohlo být zřízení další dobíjecí stanice v některé z nácestných železničních stanic, ideálně s krátkými výběhy mimo stanici tak, aby došlo k co nejmenším ztrátám v jízdách. Vzhledem k delším pobytům rychlíků se nabízí železniční stanice Bruntál, případně z důvodu obrátů souprav osobních vlaků lze zvažovat také stanice Moravský Beroun či Hrubá Voda.

Obecně má linka R27 dobré předpoklady pro provoz BEMU, na rozdíl od většiny ostatních vozebních ramen jsou na této relaci už připravovány konkrétní kroky k jejich provozu.



Na základě prověření je patrné, že linka R27 je vhodná pro provoz akumulátorových vozidel označované jako jednotky BEMU. Lze to konstatovat za předpokladu elektrizace úseku Olomouc – Moravský Beroun a Krnov – Opava východ. Při prověřování bylo uvažováno nabíjení z trakčního vedení stejnosměrné soustavy 3 kV, příkon tedy činil 450 kW při statickém nabíjení a 450 kW při dynamické nabíjení.



V případě, kdy by byla možnost obnovy energie v akumulátoru v Olomouci, Krnově a v úseku Opava východ – Ostrava-Svinov, tak by provoz jednotek BEMU nevyhovoval. Nedošlo by k úplnému vybití akumulátoru, ale již by došlo k překročení minimální hodnoty energie v samotném akumulátoru. Zároveň platí,



že by energie v akumulátoru nevystačila v případě nepříznivých klimatických podmínek. Cílem tedy je, jako v předchozím grafu, vybudovat část trakčního vedení, případně prodloužit dobu pobytu v Krnově anebo zvýšit příkon nabíjení. Musela by být i prodloužena doba pobytu v Olomouci, aby došlo k plné obnově energie v akumulátoru pro následující oběh.

#### 4.4.16. R33

Toto vozební rameno (v současnosti je přechodně rozděleno ve stanici Marktredwitz, avšak posuzuje se v celém rozsahu Cheb – Normiberk) obsluhují jednotky dopravce DB Regio. Naprostá většina jeho délky je umístěna na německém území. Z těchto důvodů tato linka nebude v rámci tohoto dokumentu posuzována.

## 5. Posouzení možnosti využívání BEMU jako plnohodnotná EMU

Z hlediska dlouhodobé perspektivy a využitelnosti vozového parku je třeba uvést, že vozidla BEMU jsou perspektivní při postupu elektrizace traťových úseků i posléze při jejím plném dokončení. Samotný akumulátor má vůči vozidlu přibližně třetinovou až poloviční životnost (zhruba 10-15 let) a je tedy zapotřebí alespoň jednou během životnosti jednotky akumulátor vyměnit. V případě, že na vybrané trati dojde k výstavbě trakčního vedení, lze při dílčích úpravách vozidla akumulátory vyjmout a jednotka může po vynětí akumulátorů být nadále provozována jako jednotka závislé trakce, tedy EMU jednotka (s nižší hmotností oproti BEMU). Toto řešení je jednoznačně vhodnější, než nákup nových vozidel se spalovacími motory s životností přesahující v řádu desítek let elektrizaci jednotlivých úseků (viz poslední odstavec kapitoly 4.1).

Aby byla možná co nejrychlejší elektrizace linek dálkové dopravy, pak z prověření v této studii vyplývají následující nutná infrastrukturní opatření.

Tab. 4 – infrastrukturní opatření

úsek, ŽST	komplexní modernizace	prostá elektrizace	nabíjecí ostrov	výběh z ex. sítě	nabíjecí bod	VYUŽÍJE LINKA
Rožnov – Kájov		X				Ex7
Trutnov hl. n.					X	R10
Náměšť nad Oslavou					X	R11
Třebíč					X	R11
Bludov – Jeseník		X				R12
Jaroměř – Dvůr Králové nad Labem				X		R14A
Turnov – Železný Brod			X			R14A R21
Liberec			X*		X*	R14A R14B
Česká Lípa hl.n. – Srní u Č. L./Žizníkov			X			R14B R22
Klatovy – Železná Ruda-Alžbětín		X				R16
Veselí nad Lužnicí – České Velenice	X					R17
Otrokovice – Zlín střed (– Vizovice)	X					R18
Staré Město u U. H. – Luhačovice	X					R18
Kunovice – Veselí nad Moravou	X					R18

úsek, ŽST	komplexní modernizace	prostá elektrizace	nabíjecí ostrov	výběh z ex. sítě	nabíjecí bod	VYUŽÍJE LINKA
Mladá Boleslav – Bakov nad Jizerou			X			R21 R22
Tanvald					X	R21
Rumburk					X	R22
Praha – Kladno	X					R24
Rakovník					X	R24
Kryry – Žihle			X			R25
Plzeň seř. n – Plasy				X**		R25
Zdice – Písek		X				R26
Krnov					X***	R27
Opava – Krnov	X					R27
Olomouc hl. n. – Moravský Beroun	X					R27
*variantní řešení						
**doplňkové opatření, jeho realizace není pro provoz nezbytná						
***předstihové opatření						

## Linkové vedení vlaků dálkové osobní dopravy v objednávce Ministerstva dopravy

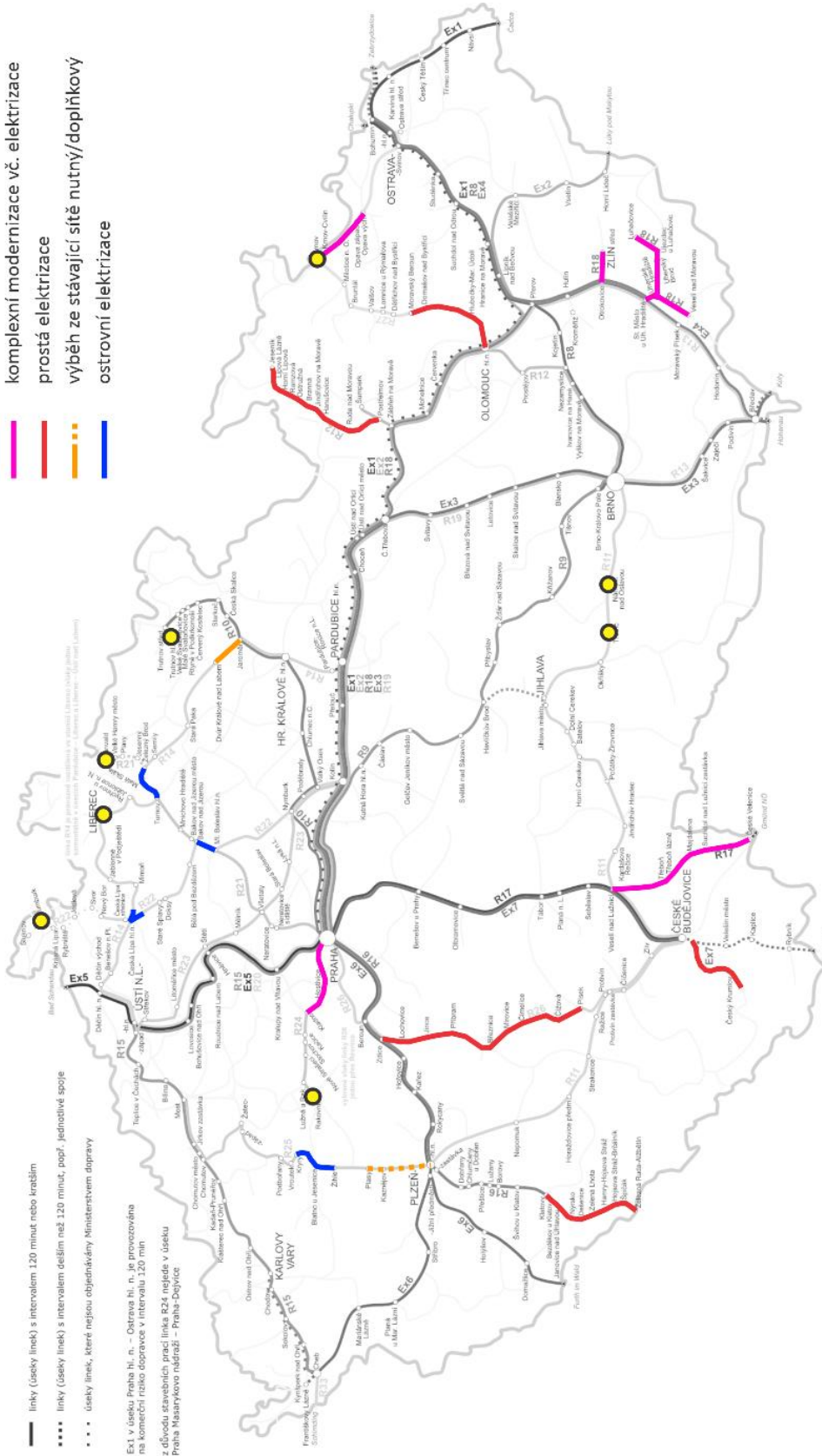
vyznačeny pouze vybrané stanice a zastávky, v těchto stanicích a zastávkách zastavují aspoň některé z uvedených linek

- linky (úseky linek) s intervalem 120 minut nebo kratším
- linky (úseky linek) s intervalem delším než 120 minut, popř. jednotlivé spoje
- úseky linek, které nejsou objednávány Ministerstvem dopravy

EX1 v úseku Praha hl. n. – Ostrava hl. n. je provozována na konečném úseku dopravce v intervalu 120 min  
 z důvodu stavebních prací linka R24 nejede v úseku Praha Masarykovo nádraží – Praha-Dojvice

## Legenda:

- nabíjecí bod
- komplexní modernizace vč. elektrizace
- prostá elektrizace
- výběh ze stávající sítě nutný/doplňkový
- ostrovní elektrizace



## 6. Závěr

Tato studie vychází z priorit dopravní politiky EU, především tzv. Zelené dohody, která má EU nasměrovat na cestu k ekologické transformaci s konečným cílem dosáhnout do roku 2050 klimatické neutrality. Větší využívání železniční dopravy pak má přispět k naplnění ambicí stanovených Zelenou dohodou pro Evropu. Čistší a zdravější způsoby dopravy jsou jedním z nástrojů, které mají k tomuto cíli napomoci. A konkrétním řešením dosažení ekologičtější drážní dopravy a snížení energetické náročnosti je plán Ministerstva dopravy v podobě elektrizace železnic. Studie prověřila možnost vedení veškerých linek dálkové dopravy v ČR pomocí bezemisních vozidel. Jelikož je část linek v současnosti stále v celém svém úseku, nebo alespoň částečně, vedena v nezávislé trakci, bylo nutné identifikovat nejvhodnější způsob, ať už na straně úprav infrastruktury či využitím vozidel s alternativním pohonem. Jako nejvhodnější přístup, a to zejména s ohledem na časovou a technologickou náročnost, se doporučuje nasazení jednotek BEMU. Základním kritériem pro výše uvedené doporučení BEMU byla schopnost dojezdu, možnost relativně snadného zřízení dobíjecích míst (úseků), vzdálená doba elektrizace a provozně-technická proveditelnost a opodstatněnost. Doporučení jsou souhrnně uvedena v tabulce.

Tab. 5 – Závěrečná doporučení

číslo linky	trasa	BEMU/EMU
Ex7	Praha – Č. Budějovice – Rakousko/Č. Krumlov	EMU
R10	Praha – Hradec Králové – Trutnov	BEMU
R11	Brno – Jihlava – Č. Budějovice – Plzeň	BEMU
R12	Brno – Olomouc – Šumperk	EMU
R14A	Pardubice – Liberec	BEMU
R14B	Liberec – Děčín	BEMU
R17	Praha – Veselí n. L. - Č. Budějovice/Č. Velenice	EMU*
R18	Praha – Olomouc – Luhačovice/ Zlín stř./Veselí n. M.	EMU**
R21	Praha – Tanvald	BEMU
R22	Kolín – Rumburk	BEMU
R24	Praha – Rakovník	BEMU
R25	Plzeň – Most	BEMU
R26	Praha – Písek – Č. Budějovice	EMU*
R27	Ostrava – Krnov – Olomouc	BEMU
R33	Cheb – Německo	X***
<p>EMU ... nevhodná pro akumulátorové jednotky, vyčkat elektrizace                      BEMU ... VHODNÉ PŘEDPOKLADY PRO NASAZENÍ JEDNOTEK BEMU                      * ... s ohledem na blízký termín elektrizace doporučeno EMU                      ** ... velmi krátký podíl úseku bez elektrické trakce, vyčkat elektrizace zbývajcího úseku, pak EMU                      *** ...neprověřováno</p>		

Závěrem lze konstatovat, že do doby dokončení (plné / prosté) elektrizace, je nevhodnějším přístupem využití BEMU, které při dílčích úpravách infrastruktury dokážou zajistit bezemisní provoz již v horizontu cca roku 2030 (v závislosti na možnostech realizace doporučených opatření a kapacitních možností výrobců). Po dokončení elektrizace tratí na jednotlivých linkách je pak možné provést přestavbu vozidel na EMU, čímž bude zajištěno efektivní využití vozidel po celou dobu jejich životnosti. Současně vybudovaná opatření na straně infrastruktury lze při následné elektrizaci z velké části efektivně využít.

Ing. Martin Jacura, Ph.D.

zodpovědný řešitel