




Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	Zpracování připomínek	10.2016
02	-	-
03	-	-

Investor:	Ministerstvo dopravy	Ministerstvo dopravy nábřeží Ludvíka Svobody 1222 110 15 Praha 1
-----------	----------------------	--

Zhotovitel:	SDRUŽENÍ SP + SPB TSI ENE	Zastoupené společnosti SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 tel.: +420 267 094 111 e-mail: praha@sudop.cz
		
Hlavní inženýr projektu: ING. JAROSLAV PEROUTKA	Datum:	07/2016

Středisko: ELEKTROTECHNIKY, TRAKCE, SDĚLOVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKY			
Vedoucí střediska:  ING. MARTIN RAIBR	Odpovědný projektant SO, IO, PS:  ING. JAROSLAV PEROUTKA	Vypracoval: -	Kontroloval:  ING. MARTIN RAIBR

Název akce:	Číslo smlouvy:
Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění požadavků TSI ENE	15 523 208
Část:	Projektový stupeň:
ANALYTICKÁ ČÁST	Studie
	Datum:
	07/2016
	Číslo částí:
	3.

**Studie „Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu ve
vazbě na priority programového období 2014-2020 a naplnění
požadavků TSI ENE“**

3. ANALYTICKÁ ČÁST

Objednatel

Česká republika – Ministerstvo dopravy

Zpracovatel

SUDOP Praha a. s.

SUDOP Brno, spol.sr.o.

Objednatel:

Česká republika – Ministerstvo dopravy
nábřeží Ludvíka Svobody 1222
110 15 Praha 1

Zhotovitel:

SUDOP PRAHA a.s
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

SUDOP Brno, spol. s r.o.
Kounicova 688/26
611 36 Brno – střed

Obsah

3.1 Posouzení stávajícího zabezpečovacího zařízení	4
3.1.1 Stanovení rozsahu úprav.....	4
3.2 Stávající sdělovací zařízení	6
3.2.1 Stávající stav kabelizací podél železničních tratí se stejnosměrnou trakcí 3kV	6
3.2.2 Místní kabelizace.....	6
3.2.3 Stávající stav kabelizace na přípojných tratí	7
3.2.4 Výpočet nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV, 50Hz.....	8
3.2.5 Stav přenosových systémů.....	18
3.2.6 Telefonní zapojovače a traťové okruhy	19
3.2.7. Stávající traťové radiové analogové systémy TRS.....	19
3.3 Vazba studie na ostatní investice SŽDC, studie proveditelnosti, elektrizace, VRT.	21
3.3.1. VRT	21
3.3.2. Studií proveditelnosti, ostatní investice SŽDC	22
3.3.3. Výhledové elektrizace	29
3.4 Posouzení norem a předpisů, TSI.....	31
3.4.1 Požadavky TSI.....	31
3.4.2 Silnoproudá technologie	31
3.4.3. Sdělovací zařízení	42
3.4.4 Zabezpečovací zařízení.....	44
3.4.5 Trakční vedení	44
3.5 Vazba na sousední státy.....	49
3.5.1 Německo	49
3.5.2 Polsko	49
3.5.3 Slovensko	49
3.5.4 Rakousko	50
3.6 Připojení na energetiku.....	51
3.6.1 Připojení současných napájecích stanic.....	51
3.6.2 Připojení nových nebo modernizovaných napájecích stanic k distribuční síti.....	53
3.7 Porovnání 3kV DC a 25kV AC	60
3.7.1 Základní popis trakčních proudových soustav	60
3.7.2 Rozsah elektrizace v okolních zemích	60
3.7.3 Možnosti napájení.....	61

3.7.4 Počty napájecích stanic.....	62
3.7.5 Elektrické vlastnosti	62
3.7.6 Mechanické vlastnosti.....	65
3.7.7 Investiční porovnání.....	66
3.7.8 Ztráty v trakčním obvodu.....	67
3.7.9 Rekuperace elektrické energie.....	70
3.7.10 Trakční proudová soustava 2x25kV, 50Hz	72
3.7.11 Závěr.....	73
3.8 Zhodnocení dopadu na dopravce ohledně existujícího vozového parku	74
3.8.1 Ztráty v napájecím vedení na systému DC 3kV / AC 25kV	74
3.8.2 Analýza vozby elektrickými stejnoměrnými vozidly, která bude dotčena konverzí tratí SŽDC ze 3 kV na 25 kV	75
3.8.3 Dopad konverze na dálkovou (nadregionální) osobní dopravu.....	76
3.8.4 Regionální osobní doprava.....	88
3.8.5 Nákladní doprava	95
3.8.6 Posun.....	105
3.8.7 Shrnutí.....	106

3.1 Posouzení stávajícího zabezpečovacího zařízení

V rámci přechodu na jednotnou trakční soustavu 25 kV / 50 Hz je nutné stanovit rozsah úprav zabezpečovacího zařízení a stanovit investiční náklady na tyto úpravy. Za tímto účelem byla zpracována tabulka, do které jsou zahrnuty jak tratě elektrizované stejnosměrnou trakční soustavou (určené k přepnutí na 25 kV / 50 Hz), tak všechny ostatní neelektrizované tratě, které se budou nově nacházet v oblasti vlivů trakční soustavy 25 kV / 50 Hz. Dále jsou v tabulce uvedeny všechny význačné vlečky, spádoviště, odstavná nádraží a další kolejové areály, vybavené zabezpečovacími zařízeními a dotčené též vlivy 25 kV / 50 Hz. Součástí tabulky je definování délky a rozsahu jednotlivých úseků, respektive jednotlivých zabezpečovacích zařízení, uvedení typů stávajících zabezpečovacích zařízení, uvedení stávajícího způsobu kontroly volnosti, uvedení typu kabelizace a stanovení, zda je zařízení vyhovující, či ne. Kromě toho je stanoven rozsah potřebných úprav napájení zabezpečovacího zařízení a rozsah výměny nevyhovujících PZS. Tabulka je nazvána Úpravy zabezpečovacích zařízení a nachází se v části 9.10

3.1.1 Stanovení rozsahu úprav

Vlivy jednotné trakční soustavy 25 kV / 50 Hz na zabezpečovací zařízení se projevují v následujících níže uvedených oblastech, text je doplněn současně o stručné posouzení, která zařízení vyhovují a která ne. V závěru je popsán způsob, jak bylo zařízení posuzováno.

SZZ

- za vyhovující jsou považovány všechny typy elektronických stavědel, zařízení SZZ ETB, RZZ typu AŽD 71 a zařízení typu TEST
- za nevyhovující jsou považována všechna mechanická a elektromechanická zařízení a RZZ staršího typu včetně RZZ vzor SSSR

(SZZ jsou posuzována z hlediska jejich vnitřní logické části a z hlediska zapojení elektrických obvodů - jednopólové nebo dvoupólové odpojování)

TZZ

- za vyhovující jsou považovány automatické bloky elektronické a automatické bloky reléové typu AB3-82 a AB3-88. Dále je vyhovující zřízení ITZ, vyhovují automatická hradla a vyhovuje i telefonické dorozumívání (v tabulce označeno zkratkou TD) nebo je vyhovující i řízení dopravy dle předpisu SŽDC D3 (v tabulce označeno zkratkou D3)
- za nevyhovující jsou považovány starší automatické bloky typu vzor SSSR, POAB a AB3-74 (AB3-74 je nevyhovující s ohledem na stykové transformátory a soubory KAV, FID). Dále nevyhovují zařízení typu HPB a starší typy RPB.

(TZZ jsou posuzována z hlediska jejich vnitřní logické části a z hlediska zapojení elektrických obvodů - jednopólové nebo dvoupólové odpojování)

Volnost úseků

- za vyhovující jsou považovány všechny typy elektronických kolejových obvodů KOA1 a klasické kolejové obvody typů KO 4300, KO 3102 a KO 3103. Dále jsou vyhovující počítače náprav.
- za nevyhovující jsou považovány všechny typy kolejových obvodů 50 Hz a kolejové obvody KO 3500 a KO 3700 (určeny pouze pro stejnosměrnou trakční soustavu). Dále nevyhovují kolejové obvody ventilové a všechny typy izolovaných kolejnic.

(prostředky, zjišťující volnost kolejiště, jsou posuzovány s ohledem na jejich určení, které stanoví zaváděcí listy a předpis SŽDC s.o., T120)

Kabelizace

- posouzení zabezpečovací kabelizace bylo provedeno v souladu s ČSN 34 2040 a týká se všech hlavních a páteřních kabelů a dále místních kabelů k jednotlivým prvkům v kolejišti, které jsou delší než 500 metrů
- za vyhovující jsou považovány kabely s ochranným kovovým obalem typů TCEKPFLEZE a TCEKEZE.
- za nevyhovující jsou považovány kabely bez ochranného kovového obalu

PZS

- za vyhovující jsou považovány všechny typy elektronických PZS a reléových PZS vyvinutých po roce 1990. Dále je vyhovující PZS typu AŽD 71.
- za nevyhovující jsou považovány PZS typu VÚD, typu vzor SSSR a mechanické závory.

Napájecí části

- Za vyhovující se považuje napájení zabezpečovacího zařízení z místní sítě, napájení z magistrálního drážního rozvodu 6 kV / 50 Hz a napájení na neelektrizovaných tratích.
- Za nevyhovující je považováno napájení ze stejnosměrné trakční soustavy přes DAK, toto napájení je nevyhovující včetně vstupního napájecího rozvaděče SZZ.

3.2 Stávající sdělovací zařízení

3.2.1 Stávající stav kabelizací podél železničních tratí se stejnosměrnou trakcí 3kV

Dálkové metalické kabely

Dálkové metalické kabely typu DCKQ xxx jsou na hranici, ale ve většině případů za hranicí životnosti. Přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz navíc nevyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz.

Trafové metalické kabely

Trafové metalické kabely TCEKEY, TCEPKPFLEY xxXN0, 8 přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz nevyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz. Trafové metalické kabely TCEKEZE, TCEPKPFLEZE xxXN0, 8 přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz částečně vyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz, ale musí být upraveny a hlavně musí být přizemněny pláště na všech vývodech jak v jednotlivých ŽST, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto kabely vyvedeny.

Dálkové (i závěsné) optické kabely ČD-Telematika a.s.

Dálkové optické kabely ČD-Telematika a.s. ze své podstaty nejsou ohroženy nebezpečnými vlivy trakce 25kV/50Hz a tak při přepnutí na tuto střídavou trakci 25kV/50Hz, není třeba na nich provádět žádná opatření proti nebezpečným vlivům elektrické trakce 25kV/50Hz. Poněvadž se však jedná o kabely v majetku cizího správce, nelze počítat s dalším využitím těchto Dálkových optických kabelů pro potřeby drážního provozu.

Dálkové (i závěsné) optické kabely SŽDC s.o.

Dálkové optické kabely SŽDC s.o. ze své podstaty nejsou ohroženy nebezpečnými vlivy trakce 25kV/50Hz a tak při přepnutí na tuto střídavou trakci 25kV/50Hz není třeba na nich provádět žádná opatření proti nebezpečným vlivům elektrické trakce 25kV/50Hz. Společně s převáděním okruhů z Dálkových metalických kabelů, však vzniknou další požadavky na počet optických vláken. Dálkové optické kabely pak nebudou mít dostatečnou kapacitu vláken a bude nutné vybudovat další dálkové optické kabely podél železničních tratí.

3.2.2 Místní kabelizace

Místní metalické kabely TCKQ, TCEKEY, TCEPKPFLEY xxXN0,6 (0,8) přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz nevyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz. Místní metalické kabely TCEKEZE, TCEPKPFLEZE xxXN0,6 (0, 8) přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz částečně vyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz, ale musí být upraveny a hlavně musí být

přizemněny pláště na všech vývodech, jak ve sdělovací místnosti, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto místní kabely vyvedeny.

3.2.3 Stávající stav kabelizace na přípojných tratí

Dálkové metalické kabely

Dálkové metalické kabely typu DCKQ xxx jsou na hranici, ale ve většině případů za hranicí životnosti. Přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz navíc nevyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz.

Trafové metalické kabely

Trafové metalické kabely TCEKEY, TCEPKPFLEY xxXN0, 8 přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz nevyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz. Trafové metalické kabely TCEKEZE, TCEPKPFLEZE xxXN0, 8 přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz částečně vyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz, ale musí být upraveny a hlavně musí být přizemněny pláště na všech vývodech jak v jednotlivých ŽST, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto kabely vyvedeny.

Přípojný optické kabely SŽDC s.o .

Přípojný optické kabely SŽDC s.o. ze své podstaty nejsou ohroženy nebezpečnými vlivy trakce 25kV/50Hz a tak při přepnutí na tuto střídavou trakci 25kV/50Hz není třeba na nich provádět žádná opatření proti nebezpečným vlivům elektrické trakce 25kV/50Hz. Společně s převáděním okruhů z Dálkových metalických kabelů, však vzniknou další požadavky na počet optických vláken. Přípojný optické kabely pak nebudou mít dostatečnou kapacitu vláken a bude nutné vybudovat další přípojný optické kabely podél železničních tratí.

Hybridní dálkové kabely

Hybridní dálkové kabely v provedení TCEPKPFLEY xxXN0,8+xxvláken (SM) přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz nevyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz. Hybridní dálkové kabely TCEPKPFLEZE xxXN0,8+xxvláken (SM) přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz částečně vyhoví z hlediska nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV/50Hz, ale musí být upraveny a hlavně musí být přizemněny pláště na všech vývodech jak v jednotlivých ŽST, tak i v ostatních objektech, kde jsou tyto kabely vyvedeny.

Přípojný železniční tratě bez připojení pomocí sdělovacích kabelů SŽDC s.o.

Přepnutím trakční soustavy ze stejnosměrné trakce 3kV na střídavou trakci 25kV/50Hz se z hlediska kabelového na těchto přípojných železničních tratích nic nemění.

3.2.4 Výpočet nebezpečných vlivů střídavé trakce 25kV, 50Hz

S ohledem na provozní potřeby správců drah a s ohledem na potřeby zvýšit přepravní kapacitu tratí s využitím nových výrazně výkonnějších lokomotiv, které však mají i přiměřeně zvýšený příkon, se uvažuje s opuštěním ss trakční soustavy 3kV a s rozšířením střídavé trakční soustavy 25kV na tratě, dnes provozované pod ss trakcí 3kV. Při výstavbě, respektive při elektrizaci tratí soustavou 25kV je nutné uvažovat s vlivy trakce na jiné soustavy. V tomto případě se jedná o vliv na sdělovací a v podstatě i zabezpečovací zařízení, přesněji kabely. Výpočtem těchto vlivů se zabývá norma ČSN 3420 40.

V případě nové výstavby, popřípadě v případě rekonstrukce trati s trakcí 25kV je v podstatě jednoduchá situace, neboť existují a běžně se vyrábějí kabely se zvýšeným redukčním činitelem, které lze při výstavbě využít. V podstatě se dá konstatovat, že redukční činitel je koeficient, kterým upravíme (snížíme) naindukované napětí do kabelu. Tyto kabely se dodávají v běžném provedení (na konci označení konstrukce kabelu je koncovka „-ZE“), kde redukční činitel kabelu je odvislý od jeho průměru, nicméně redukční činitel nebývá menší než 0,1. Potom existují kabely, které jsou speciálně navrženy pro tu či onu konkrétní trať respektive konkrétní podmínky, které mají výrazně menší redukční činitel, nicméně jsou též nesrovnatelně dražší.

Dílčí komplikace nastává u tratí s trakční soustavou 3kV, která by se měla převést na 25kV a tato trať je po modernizaci či optimalizaci. V tomto případě byla v dohledné minulosti realizovány podél tratí kabelové sítě s použitím kabelů bez redukčních činitelů, neboť tyto kabely jsou výrazně levnější, než kabely s redukčním činitelem a ss trakce použití těchto kabelů nevyžadovala. Velikost napětí, které se naindukuje v tomto případě do kabelu bez redukčního činitele je patrná z tabulky „A“. Při výpočtu bylo počítáno s následujícími hodnotami ovlivňujících činitelů:

Proud trakční soustavy, mimořádný stav	1 kA
Trať dvoukolejná dobře vodivě pospojované kolejnice	koef. 0,5
Měrný odpor půdy	500 Ohmm
Kmitočet trakční soustavy je	50 Hz

V tomto případě při délce souběhu 1 km při vzdálenosti kabelu od trakce

7-20 m	vychází naindukované napětí v kabelu 150 – 110 V
100m – 1000m	63V-9V

Samozřejmě u délky souběhu 0,5 km je hodnota poloviční a v případě délky souběhu 5 km je 5x větší.

Teoreticky u sdělovacích kabelů je již při hodnotě větší než 60V zapotřebí řešit u tohoto kabelu ochranu před nebezpečným dotykovým napětím.

U kabelů zab.zař je norma příznivější, neboť u těchto kabelů povoluje hodnoty indukovaného napětí až 250V při mimořádném stavu a 650 V při zkratu trakčního vedení.

Díličí výhodou sdělovacího zařízení je přechod od metalických kabelů k optickým kabelům, kdy na nově řešených tratích se metalickými kabely řeší pouze napojení MB telefonů ve stanici a u přejezdů, telefony v žst a propojení traťových radiových systémů TRS. Všechny tyto případy jsou technicky nahraditelné jinou technologií, která řeší propojení okruhy optického kabelu.

V případě kabelů zab.zař jsou sice hranice indukovaného napětí příznivější nicméně optické kabely se v současné době využívají v podstatně menším rozsahu než u sdělovací technologie a tudíž v současné době mají metalické kabely svoje nezastupitelné postavení. K tomu je zapotřebí poznamenat, že souběh více kabelů s redukčním činitelem v podstatě vylepší redukční činitele jednotlivých kabelů (stejný efekt jako souběh s kovovým vedením).

Problémem se může jevit vliv trakce na kabely telekomunikačních operátorů, respektive na jejich přístupové sítě, které jsou řešené vesměs metalickými kabely. V tomto případě předpokládáme, že použité kabely jsou bez redukčního činitele. Tomto případě se k nebezpečným vlivům se přiřadí ještě vliv rušivý. Vzhledem ke skutečnosti, že rušivý vliv se v současné době počítá sice dle již zmíněné platné normy ČSN 3420 40, ale dle metodiky, která vznikla před cca 50 lety pro jiné typy lokomotiv, bylo by vhodné ověřit platnost výpočtu pro současně provozované lokomotivy, popřípadě vypracovat novou metodiku.

V rámci konkrétního projektu, respektive přípravné dokumentace, lze pouze vytypovat oblasti, kde je pravděpodobné, že dojde k ovlivnění telekomunikačního vedení vlivem trakce. Prověření oprávněnosti tohoto podezření navrhujeme řešit měřením nebezpečných a rušivých vlivů u konkrétního telekomunikačního zákazníka ve vazbě na soudobý trakční proud. Zpracování metodiky měření a následnou aproximaci výsledků na maximální možný trakční proud přesahuje rámec této studie. Postup může být obdobný jako u řešení protihlukových úprav spojených často s výměnou oken.

Ukazatele vlivu trakce na vzdálenosti a délce souběhu

výška trakce	6	r kolejí	0,5	kmitočet	50	koef.citlivosti	1,00000						
hloubka kynety	0,5	měr.odpor půdy	50	prov. Proud	1000								
poř.č.	vz	výš.ro zd.	délka úseku reduk	reduk.vzd.	odtup od trakce	r kab.	x	M	Udílčí/A	U dílčí/1k m	U dílčí/500 m	U dílčí/200 m	U dílčí/10 0m
	[m]	[m]	[km]		[m]								
1	1		1	1	6,58	1	0,01848	934,9612	0,146788902	146,8	73,4	29,4	14,7
2	2		1	1	6,80	1	0,01911	928,3443	0,145750056	145,8	72,9	29,2	14,6
3	3		1	1	7,16	1	0,020117	917,9745	0,14412199	144,1	72,1	28,8	14,4
4	4		1	1	7,63	1	0,021446	906,2717	0,142284662	142,3	71,1	28,5	14,2
5	5		1	1	8,20	1	0,023044	892,2153	0,140077806	140,1	70,0	28,0	14,0
6	6		1	1	8,85	1	0,024857	876,2585	0,137572586	137,6	68,8	27,5	13,8
7	7		1	1	9,55	1	0,026842	861,7341	0,135292252	135,3	67,6	27,1	13,5
8	8		1	1	10,31	1	0,028965	846,4533	0,132893171	132,9	66,4	26,6	13,3
9	9		1	1	11,10	1	0,031196	831,8236	0,130596309	130,6	65,3	26,1	13,1
10	10		1	1	11,93	1	0,033514	817,9131	0,128412362	128,4	64,2	25,7	12,8
11	11		1	1	12,78	1	0,035903	804,3035	0,126275644	126,3	63,1	25,3	12,6
12	12		1	1	13,65	1	0,038349	791,585	0,124278846	124,3	62,1	24,9	12,4
13	13		1	1	14,53	1	0,040842	779,1278	0,122323065	122,3	61,2	24,5	12,2
14	14		1	1	15,44	1	0,043373	767,4827	0,12049478	120,5	60,2	24,1	12,0
15	15		1	1	16,35	1	0,045937	756,0635	0,118701965	118,7	59,4	23,7	11,9
16	16		1	1	17,27	1	0,048528	745,1805	0,116993331	117,0	58,5	23,4	11,7
17	17		1	1	18,20	1	0,051143	734,6575	0,115341222	115,3	57,7	23,1	11,5
18	18		1	1	19,14	1	0,053777	724,6481	0,113769748	113,8	56,9	22,8	11,4
19	19		1	1	20,08	1	0,056428	715,4309	0,112322648	112,3	56,2	22,5	11,2
20	20		1	1	21,03	1	0,059094	706,9006	0,11098339	111,0	55,5	22,2	11,1
31	100		1	1	100,21	1	0,281593	401,9982	0,063113713	63,1	31,6	12,6	6,3
32	200		1	1	200,11	1	0,562297	282,5618	0,044362202	44,4	22,2	8,9	4,4
33	300		1	1	300,07	1	0,843198	214,206	0,033630344	33,6	16,8	6,7	3,4

34	400	1	1	400,05	1	1,124148	169,2434	0,02657121	26,6	13,3	5,3	2,7	
35	500	1	1	500,04	1	1,405119	135,9316	0,021341267	21,3	10,7	4,3	2,1	
výška trakce	6	r kolejí	0,5	kmitočet	50	koef.citlivosti 1,00000							
hloubka kynety	0,5	měr.odpor půdy	50	prov. Proud	100 0								
poř.č.	vz	výš.ro zd.	délka úseku reduk	reduk.vzd.	odtup od trakce	r kab.	x	M	Udílčí/A	U dílčí/1k m	U dílčí/500 m	U dílčí/200 m	U dílčí/100 m
	[m]	[m]	[km]		[m]								
36	600	1	1	600,04	1	1,686099	111,5565	0,01751436	17,5	8,8	3,5	1,8	
37	700	1	1	700,03	1	1,967085	92,20657	0,01447643	14,5	7,2	2,9	1,4	
38	800	1	1	800,03	1	2,248074	78,04359	0,01225284	12,3	6,1	2,5	1,2	
39	900	1	1	900,02	1	2,529066	64,81757	0,01017635	10,2	5,1	2,0	1,0	
41	1000	1	1	1000,02	1	2,810059	55,31999	0,00868523	8,7	4,3	1,7	0,9	
42	2000	1	1	2000,01	1	5,62003	13,39985	0,00210377	2,1	1,1	0,4	0,2	
43	3000	1	1	3000,01	1	8,43002	5,640974	0,00088563	0,9	0,4	0,2	0,1	
44	4000	1	1	4000,01	1	11,24001	3,958666	0,00062151	0,6	0,3	0,1	0,1	
45	5000	1	1	5000,00	1	14,05001	3,865	0,00060680	0,6	0,3	0,1	0,1	

Vysvětlivky

r kolejí – redukční činitel kolejí

r kabelu – redukční činitel kabelu

M – vzájemná indukčnost mezi trolejí a kab. vedením

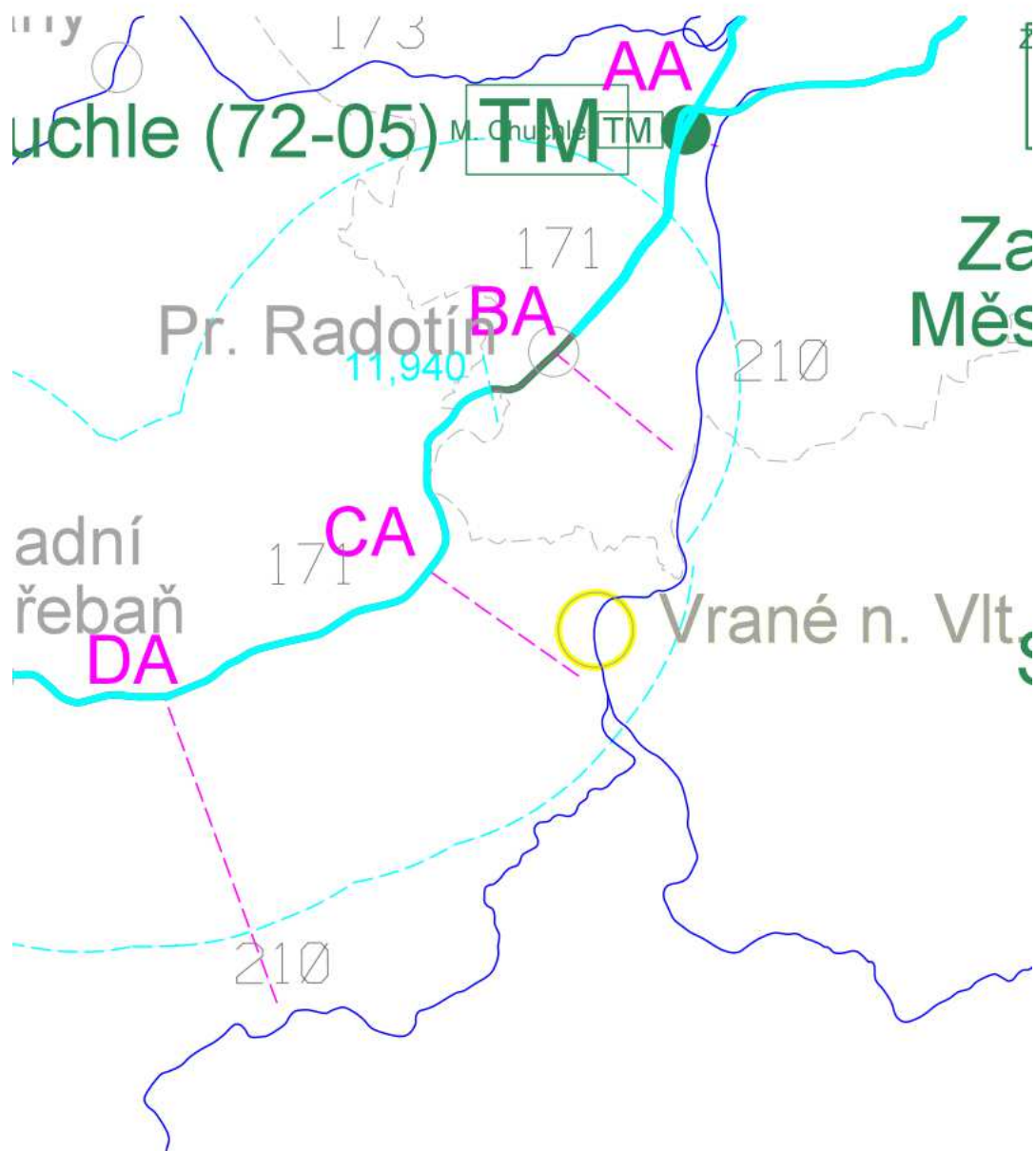
x-dílčí výsledek výpočtu

Dále byly provedeny výpočty induktivních vlivů tratí s trakční soustavou 25kV na tratě souběžné. Jedná se o následující úseky:

- 1_A 25kV do Radotína - ovlivnění tratě do Vraného
- 1_B 25kV do poloviny Praha hl.n. a před Malešice - ovlivnění Praha Libeň, Libeň - Běchovice, Bubny
- 1_C 25kV Lysá – Mělník - ovlivnění tratě Neratovice- Brandýs a stanice Neratovice (je tam elektrizovaná vlečka)
- 1_D 25kV Mělník – Ústí - ovlivnění levobřežní tratě
- 1_E 25kV Ostrava – Opava - ovlivnění tratě Kravaře – Hlučín
- 1_F 25kV Kadaň – Chomutov – ovlivnění tratě Chomutov – Vejprty
- 1_G 25kV Litvínov – Ústí – ovlivnění tratě Louka - Moldava a Oldřichov - Děčín

Výpočet vlivů na tyto vedlejší souběžné tratě je následující:

Kontrolní výpočet												
Název akce:	Zkratový proud [kA]	1	red. činitel vedení	1	koef. w	1	typ	0,3s	měr. odpor [Ohmm]	100	kolejí kabelu	0,92
Vlivy	uzly	A1 _{skut.}	A2 _{skut.}	L _{skut.}	rKolejí	aStř	měOdp	x	M[uH/km]	U/1kA[V]	úsekU/kA	úsekCelk
Chuchle - Třebíč												
AA	A1	0,681	1,362	1,445978	0,92	1,0215	100	2,02969	88,65707	37,03331	37,03331	
A1	A2	1,362	2,724	2,891956	0,92	2,043	100	4,05938	27,46369	22,94394	22,94394	
A2	BA	2,724	3,13	0,862066	0,92	2,927	100	5,815861	12,42069	3,093171	3,093171	
BA	CA	3,13	3,87	6,24	0,92	3,5	100	6,954395	8,327693	15,01159	15,01159	
CA	DA	3,87	6,55	5,93	0,92	5,21	100	10,35211	3,988263	6,832127	6,832127	84,91414
Praha Vršovice - Malešice												
AB	BB	2,345	3,66	1,405	0,5	3,0025	100	5,965878	11,67061	2,574362	2,574362	
CB	DB	2,71	2,73	0,933	0,5	2,72	100	5,404559	14,649	2,1458	2,1458	
EB	FB	4,18	4,07	2,76	0,5	4,125	100	8,196251	5,944873	2,576032	2,576032	7,296195
Praha Balabenka - Skály												
GB	HB	0,675	1,21	1,44	0,5	0,9425	100	1,872719	98,24597	22,21145	22,21145	
HB	IB	1,21	1,356	1,326	0,5	1,283	100	2,549283	64,13425	13,3516	13,3516	
IB	JB	1,356	1,23	1,8	0,5	1,293	100	2,569152	63,46265	17,93455	17,93455	53,49759
Lysá Mělník												
AC	BC	3,98	3,05	11,65	0,92	3,515	100	6,9842	8,244241	27,7456	27,7456	
BC	B1	3,05	6,1	7,590602	0,92	4,575	100	9,090388	4,818651	10,56621	10,56621	
B1	CC	6,1	7,04	2,339398	0,92	6,57	100	13,05439	3,898187	2,634416	2,634416	40,94622
Roudnice												
AD	BD	1,66	1,67	11,2	0,5	1,665	100	3,308305	41,50068	72,97479	72,97479	72,97479
Ostrava - Opava												
AE	A1	0,01	0,02	0,025202	0,92	0,015	100	0,029805	840,4072	6,118488	6,118488	
A1	A2	0,02	0,04	0,050404	0,92	0,03	100	0,059609	705,2509	10,269	10,269	
A2	A3	0,04	0,08	0,100808	0,92	0,06	100	0,119218	570,576	16,61605	16,61605	
A3	A4	0,08	0,16	0,201617	0,92	0,12	100	0,238436	439,5134	25,59862	25,59862	
A4	A5	0,16	0,32	0,403234	0,92	0,24	100	0,476873	311,7496	36,31451	36,31451	
A5	A6	0,32	0,64	0,806467	0,92	0,48	100	0,953746	194,2707	45,25971	45,25971	
A6	A7	0,64	1,28	1,612935	0,92	0,96	100	1,907491	96,02056	44,74027	44,74027	
A7	A8	1,28	2,56	3,22587	0,92	1,92	100	3,814983	31,4193	29,27931	29,27931	
A8	BE	2,56	2,855	0,743462	0,92	2,7075	100	5,379721	14,81789	3,182459	3,182459	
BE	CE	2,855	1,6	12,45	0,92	2,2275	100	4,425976	22,9179	82,42551	82,42551	299,8039
Kadaň Chomutov												
AF	A1	0,01	0,02	0,012389	0,92	0,015	100	0,029805	840,4072	3,007855	3,007855	
A1	A2	0,02	0,04	0,024779	0,92	0,03	100	0,059609	705,2509	5,048248	5,048248	
A2	A3	0,04	0,08	0,049558	0,92	0,06	100	0,119218	570,576	8,168466	8,168466	
A3	A4	0,08	0,16	0,099115	0,92	0,12	100	0,238436	439,5134	12,5843	12,5843	
A4	A5	0,16	0,32	0,19823	0,92	0,24	100	0,476873	311,7496	17,85225	17,85225	
A5	A6	0,32	0,64	0,39646	0,92	0,48	100	0,953746	194,2707	22,24971	22,24971	
A6	BF	0,64	1,14	0,619469	0,92	0,89	100	1,768403	105,3013	18,84391	18,84391	
BF	CF	1,14	0,68	1,07	0,92	0,91	100	1,808143	102,3789	31,64547	31,64547	
CF	DF	0,68	1,36	2,7	0,92	1,02	100	2,026709	88,80192	69,26337	69,26337	
DF	D1	1,36	2,72	0,138443	0,92	2,04	100	4,053419	27,53761	1,101324	1,101324	
D1	HF	2,72	4,7	0,201557	0,92	3,71	100	7,371659	7,456682	0,434171	0,434171	
HF	IF	4,7	5,02	0,29	0,92	4,86	100	9,656674	4,308993	0,360987	0,360987	190,5601
Louka u Litvínova - Oldřichov												
AG	A1	0,01	0,02	0,028128	0,92	0,015	100	0,029805	840,4072	6,82891	6,82891	
A1	A2	0,02	0,04	0,056257	0,92	0,03	100	0,059609	705,2509	11,46134	11,46134	
A2	A3	0,04	0,08	0,112513	0,92	0,06	100	0,119218	570,576	18,54535	18,54535	
A3	A4	0,08	0,16	0,225027	0,92	0,12	100	0,238436	439,5134	28,57089	28,57089	
A4	A5	0,16	0,32	0,450053	0,92	0,24	100	0,476873	311,7496	40,53101	40,53101	
A5	A6	0,32	0,64	0,900107	0,92	0,48	100	0,953746	194,2707	50,51484	50,51484	
A6	A7	0,64	1,28	1,800214	0,92	0,96	100	1,907491	96,02056	49,93509	49,93509	
A7	BG	1,28	1,88	1,687701	0,92	1,58	100	3,139413	45,5541	22,20958	22,20958	
BG	CG	1,88	3,44	4,83	0,92	2,66	100	5,28534	15,45969	21,57075	21,57075	
CG	HG	3,44	4,17	2,2	0,92	3,805	100	7,560421	7,079158	4,49906	4,49906	254,6668
Oldřichov - Chabařovice												
IG	JG	1,08	1,016	2,21	0,92	1,048	100	2,082345	86,09805	54,96713	54,96713	
JG	KG	1,016	1,244	1,15	0,92	1,13	100	2,245276	78,17958	25,97219	25,97219	
KG	LG	1,244	1,34	2,435	0,92	1,292	100	2,567165	63,52981	44,68832	44,68832	
MG	NG	1,512	2,37	1,75	0,92	1,941	100	3,856709	30,69327	15,51667	15,51667	
OG	PG	2,28	1,79	3,13	0,92	2,035	100	4,043484	27,6608	25,01074	25,01074	166,16



Průměty souběhu tratě Chuchle – Třebáň na trať Vrané n.VI. – Praha Braník



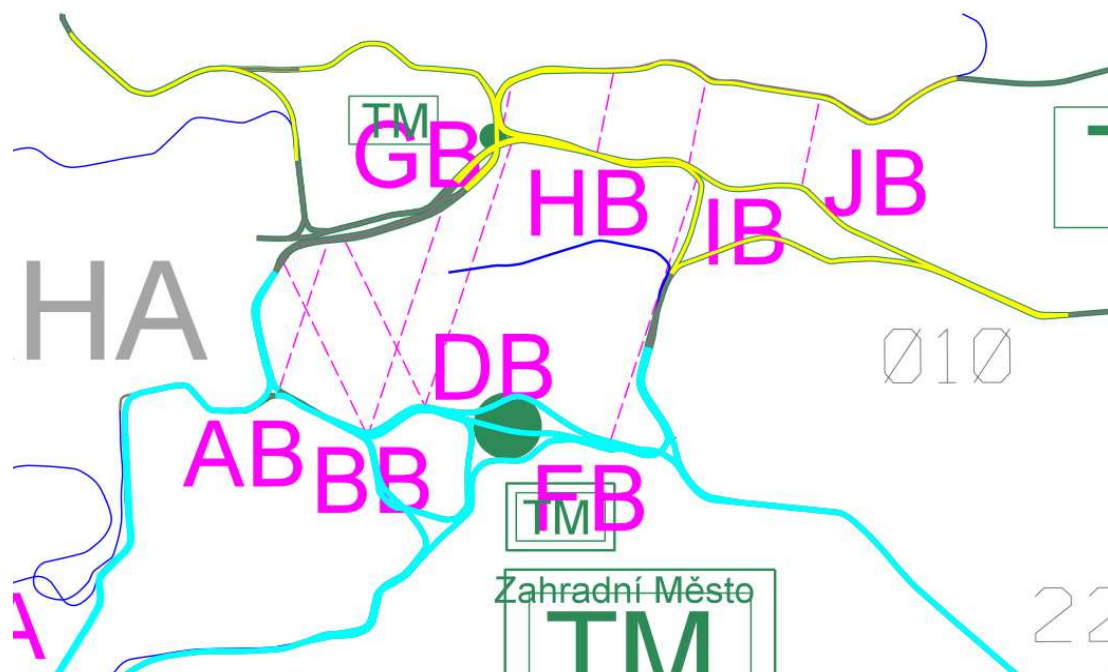
Trasa tratě s trakcí 25kV AC



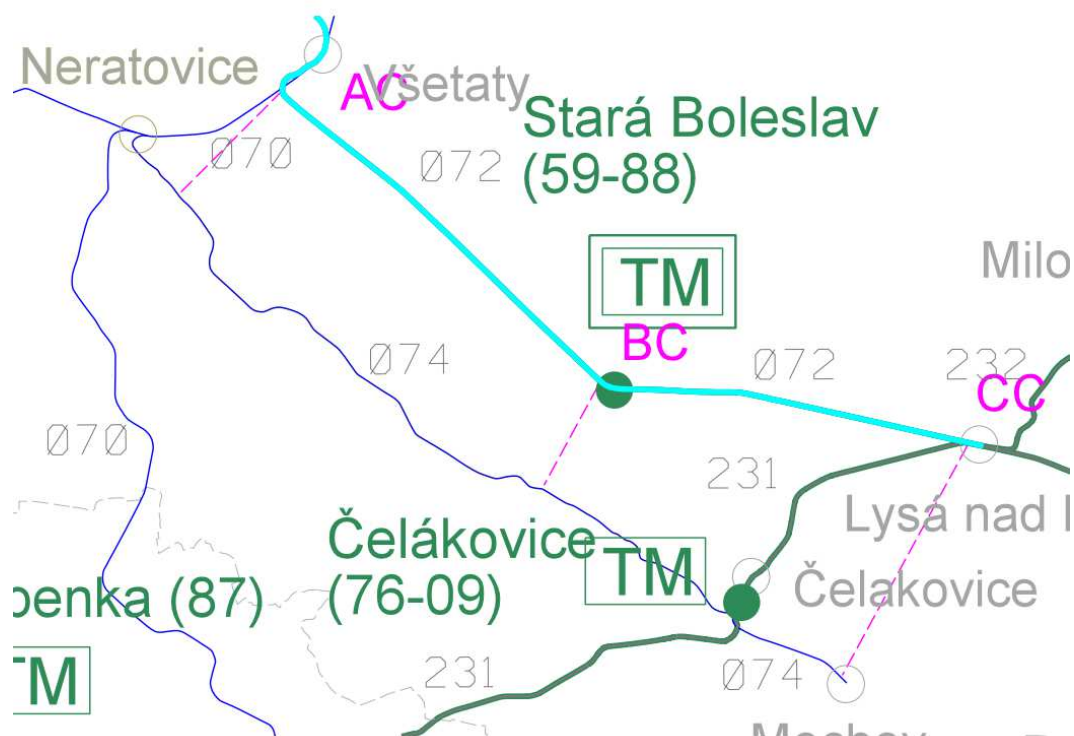
Trasa kabelů tratě Praha Krč – Vrané n.VI.-Dobříš

Úseky AA-BA, BA-CA, CA-DA jsou uvedeny v tabulce a v nich indukovaná dílčí U a celkové U.

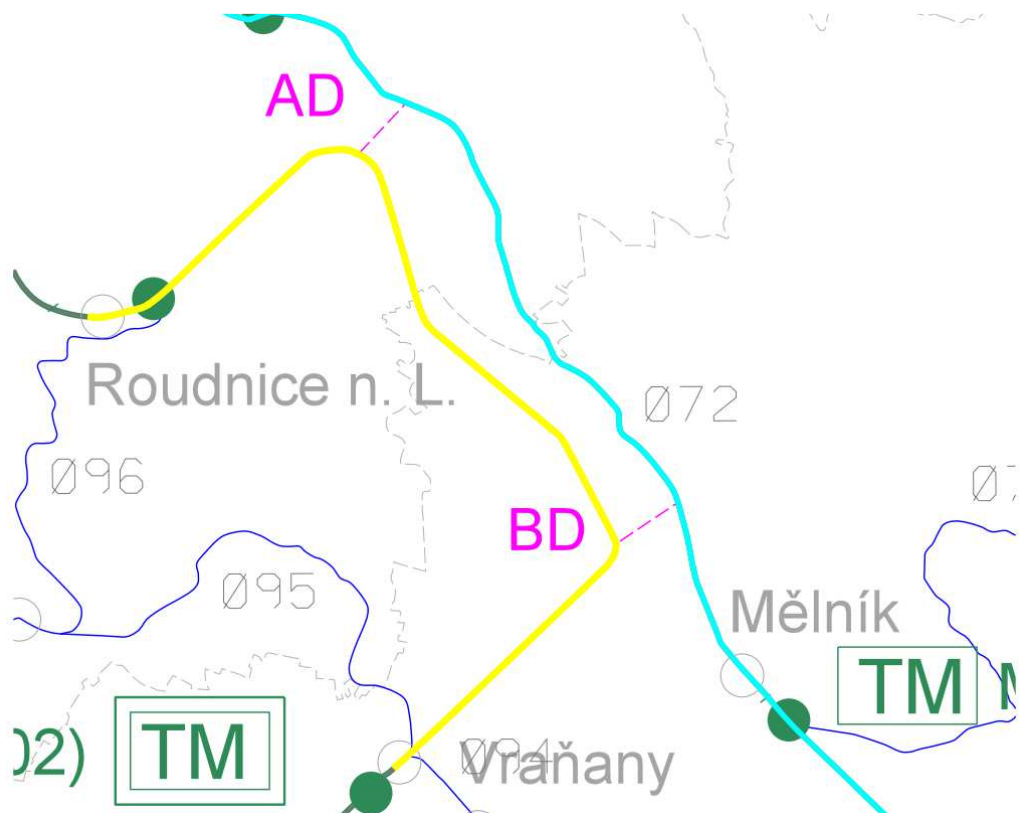
U ostatních výkresů je situace obdobná.



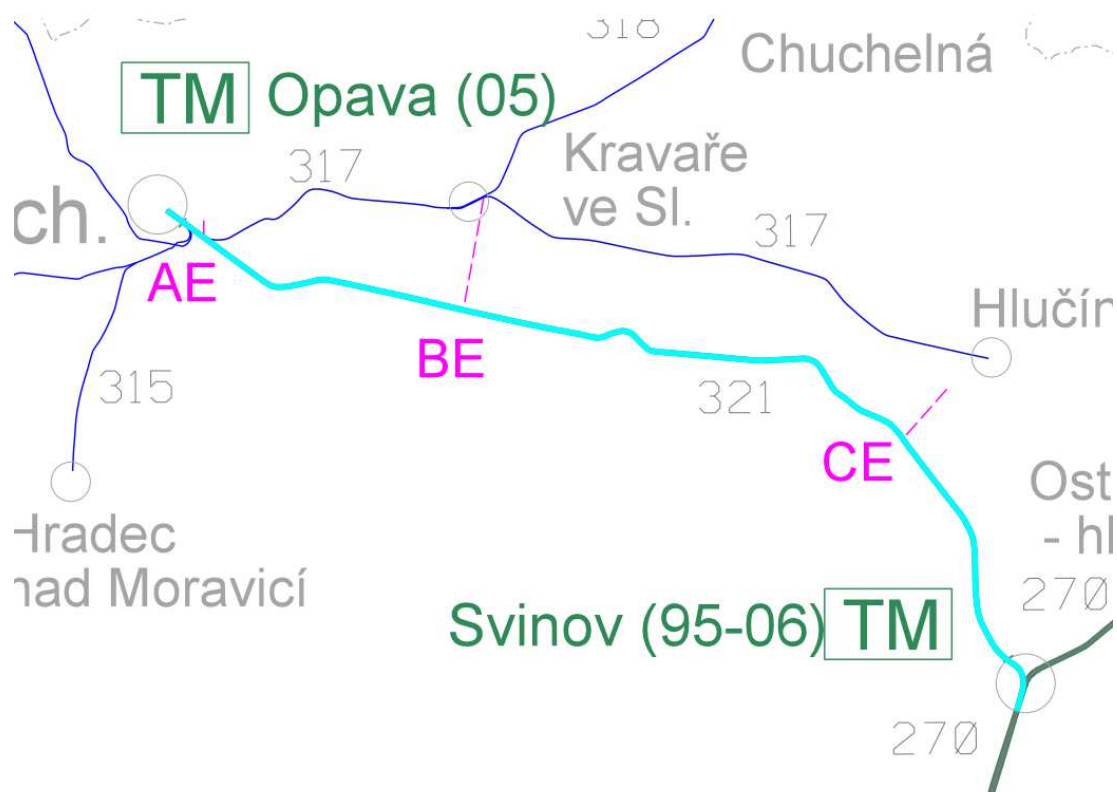
Průměty souběžné tratě Praha hl.n.- Praha Malešice na trať Praha Libeň – Praha Běchovice, Praha Bubny.



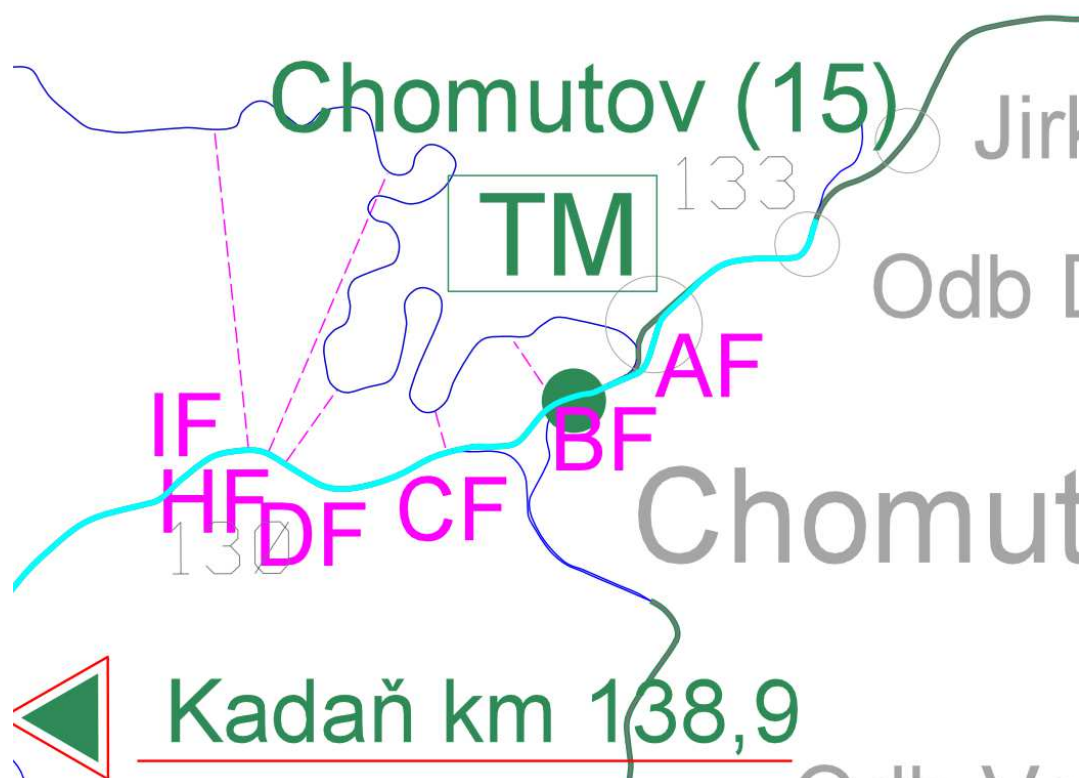
Průměty souběžné tratě Lysá – Mělník na trať Neratovice- Brandýs a stanice Neratovice



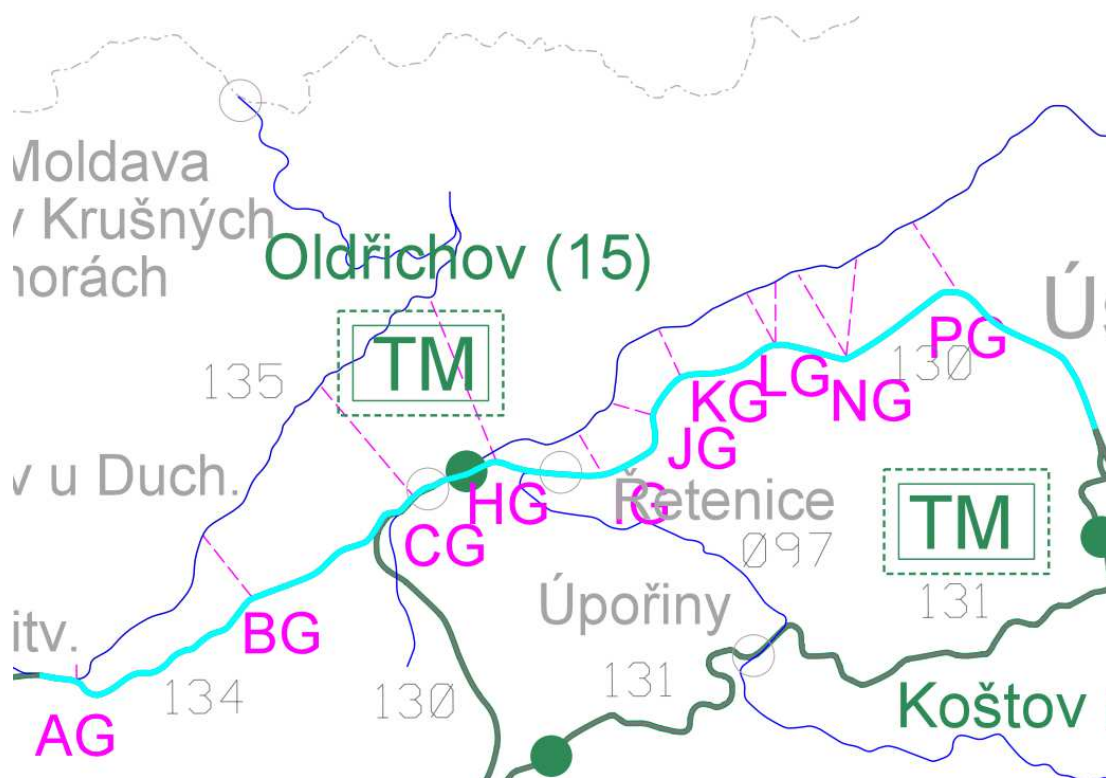
Průměty souběžné tratě Mělník – Ústí n. L. na trať levobřežní Vraňany - Roudnice



Průměty souběžné tratě 25kV Ostrava – Opava na trať Kravaře - Hlučín?



Průměty souběžné tratě 25kV Kadaň – Chomutov na trať Chomutov – Vejprty



Průměty souběžné tratě 25kV Litvínov – Ústí na trať Louka - Moldava a Oldřichov - Děčín

Z výše uvedených výpočtů je zřejmé, že bez dalších opatření vyhovuje vliv 25kV/50Hz trati Praha hl.n.-Praha Malešice na trať Praha Libeň- Praha Běchovice a Balabenka – odbočka Skály. Dále vliv trakce 25kV/50Hz tratě Lysá n. L.– Mělník na trať Neratovice – Brandýs n. L.a tratě Beroun – Radotín na Žst Vrané n.Vlt. Ostatní tratě z posuzované skupiny jsou ovlivněny indukovaným napětím vyšším než přípouští ČSN 34 2040.

3.2.5 Stav přenosových systémů

V současné době jsou vesměs na tratích, kde bude docházet k přechodu trakční soustavy 3kV DC na soustavu 25kV/50Hz přenosové systémy SDH s přenosovou rychlostí STM-4. Tyto systémy jsou zajištěny překryvnými sítěmi pomocí systémů SDH s rychlostí STM-16. Dobudování této překryvné sítě je v současnosti řešeno stavbou „Dokončení páteřní přenosové překryvné sítě SDH SŽDC“. Dále je vybudován nový systém synchronního ethernetu s MPLS protokolem, který je navázán na vysokokapacitní systém DWDM. Tento přenosový systém je velmi kapacitní a na dlouhou dobu vyhovující. Problémem pro naše využití je přístupová vrstva, která je omezená pouze na body RDP (regionální dispečerská pracoviště) a v neposlední řadě chybějící optické připojení.

Na trati Velký Osek – Hradec Králové není optický kabel a přenosový systém je analogový s frekvenčním dělením (Z12) a pomocí HDSL modemů a účastnických PCM typu PGS.

Při analýze okruhů, které jsou přenášeny na stávajících DK a TK bylo zjištěno, že jejich počet a typ okruhů je závislý zda je s těmito klasickými metalickými kabely v souběhu optický kabel DOK a to jak SŽDC tak i ČD-T. Je patrné, že v případě přítomnosti optických kabelů kde jsou nasazeny kapacitní přenosové systémy (STM-1,4,16 a 100Mbps a 1GE) je počet okruhů na DK a TK omezen pouze na okruhy:

Například TK Strančice – Hostivař TCEPKPFLEY 15XN0,8

2xVT	Traťový okruh	Strančice-Uhřetěves
2xNV	Vazba napáječů	Třešňovka-Strančice, vazba NS
2xNS	Dálkové ovládání osvětlení	osvětlení
2xRU	Dálkové ovládání rozhlasu	Strančice-Uhřetěves, rozhlas
2xTRS	Traťový radiový systém	Strančice-Uhřetěves TR S
2xTRS	Traťový radiový systém	Uhřetěves -Hostivař, TRS
NR	Dálkové ovládání NS a rozvoden	
2xCM	Měřicí okruhy	

Jedná se o trať kde je položen i kabel DOK SŽDC s nasazeným přenosovým systémem SDH s přenosovou rychlostí STM-4 a STM-1 (pro GSM-R). Na metalických kabelech DK a TK jsou

v některých úsecích využívány čtyřky (XN0,8) pro zabezpečovací zařízení. V části „Technické řešení“ bude uveden návrh náhrady těchto okruhů pomocí přenosových zařízení po optických vláknech. Pro převod dopravních okruhů (VT, VV, RM, RU atd.) ze stávajících metalických kabelů (TK, DK) je nutná legislativní úprava stávajících předpisů. V současné době probíhá aktualizace předpisu T1.

3.2.6 Telefonní zapojovače a traťové okruhy

Z důvodů náhrady stávajících traťových okruhů provozovaných na stávajících traťových a dálkových metalických kabelech je nutné nahradit stávající analogové nebo i releové telefonní zapojovače systémem IP. Tyto IP zapojovače umožní zaintegrovat okruhy z tratě připojené po IP datové síti. Jak již bylo uvedeno v části „Stávající stav“ na tratích kde probíhají stavby dálkového ovládání zabezpečovacího zařízení (DOZ) dochází k výměně stávajících telefonních zapojovačů (TZ) za IP systémy z důvodů dálkového ovládání. V rámci přechodu na trakční soustavu 25kV/50Hz bude nutné dobudovat IP telefonní zapojovače na tratích, které nejsou dálkově řízené.

3.2.7. Stávající traťové radiové analogové systémy TRS

Na elektrifikovaných tratích, na kterých je kromě TRS provozovaný i systém GSM-R se jedná o dočasný stav a předpokládá se, že v rámci jiných samostatných akcí, které nesouvisí s přechodem trakce, bude systém TRS zrušený, případně přenesený na některou z odbočných tratí bez systému GSM-R. Takto jsou vybaveny všechny koridorové tratě a část tratí hlavních. Na zbývajících tratích je pouze systém TRS, který bude provozovaný do doby výstavby systému GSM-R.

Ve výkresové části je uvedena mapa s tratěmi kde je v provozu traťový radiový systém TRS. Analogový radiový systém TRS pracuje ve stuhové topologii. Propojení základnových radiostanic případně jiných komponentů (přepojovač linek, panel výběru atd.) je po TK (DK) metalickými okruhy. Nahrávání systému TRS je na nahrávací zařízení ReDat z modulu ZL-47. Nahrávací zařízení nemusí být umístěno v každé stanici a tak pro připojení na ReDat stanice kde není umístěn je provedeno po TK (DK).

Stávající radiové sítě TRS jsou již řadu let v provozu. Budování systému bylo započato v roce 1994 a budovalo se průběžně až do r. 2006. Od tohoto roku je prováděno pouze doplňování stávajících sítí, ale pouze z vyzískaných komponentů. Současně od r. 2005 byl realizován pilotní projekt na radiový systém GSM-R a postupně realizován na koridorových tratích. Od roku 1.1.2017 bude na tratích s GSM-R systémem radiový systém TRS postupně vypínán z provozu. Toto je spojeno s realizací funkce stop na GSM-R.

Pro další budování radiového systému TRS jsou k dispozici obdobné radiové systémy systému TRS, které využívají pro propojení modulů IP síť a pro propojení komponentů nepotřebují metalické okruhy.

3.3 Vazba studie na ostatní investice SŽDC, studie proveditelnosti, elektrizace, VRT.

3.3.1. VRT

Vysokorychlostní tratě budou v ČR spojit mimo jiné i města Ústí nad Labem, Praha, Plzeň, Přerov, Brno a Ostrava. Vysokorychlostní železnice je však nutno napájet napětím 25 kV (respektive 2x25kV nebo 15 kV), protože jízda vysokou rychlostí (kolem 300 km/h) vyžaduje vysoké výkony, které již nejsou stejnosměrné systémy schopny zajistit.

Jako první se předpokládá stavba vysokorychlostní tratě Praha – Ústí s pokračováním do Drážďan. Realizace této stavby je podle Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1315/2013 stanovena na rok 2030. Pro vysokorychlostní trať Praha – Ústí nad Labem – Drážďany byla zpracována inženýrsko-environmentální studie, jejíž harmonogram stavby předpokládá uvedení do provozu k roku 2036. Na základě jejího zpracování bylo založeno Evropské seskupení pro územní spolupráci (ESÚS) pro koordinaci další projektové a majetkoprávní přípravy. Na základě těchto skutečností je nutné provést potřebná opatření pro přechodnost mezi konvenční sítí dosud napájené soustavou 3 kV a vysokorychlostní tratí s předpokládaným napájením 25 kV 50 Hz, zejména ve stísněném uspořádání v oblasti uzlu Ústí nad Labem. Vzhledem ke sklonovým poměrům rampy k navrhovanému krušnohorskému tunelu a předpokládanému smíšenému provozu osobní a nákladní dopravy může stykový bod trakčních soustav 3 kV / 25 kV 50 Hz představovat kritické místo trati.

Vlivy trakčního vedení této vysokorychlostní tratě ovlivní velkou část stávající konvenční tratě Praha – Kralupy – Ústí n. L. , Ústí n. L.– Teplice, Ústí n. L.– Bíliny a Štětí – Litoměřice - Velké Březno (viz ochranné pásmo – výkres 9.3.3). V případě, že bude vysokorychlostní trať stavěna samostatně, musí být v rámci této stavby vyměněna podstatná část stávající kabeláže sdělovacího a zabezpečovacího zařízení na výše jmenovaných tratích. Studie přepínání na 25kV předpokládá, že přepnutí tratě Štětí – Litoměřice - Velké Březno proběhne v roce cca 2026. Trati Ústí n. L.– Teplice a Ústí n. L.– Bíliny v roce 2031 a poslední trať Kralupy – Ústí n. L. v roce 2032. Tento navržený harmonogram koresponduje se stavbou tratě VRT Praha – Ústí n. L. a je vhodné dodržet navržené termíny přepínání na 25kV z důvodu úspor souběžné realizace obou záměrů. Další podstatné zjednodušení nastává při propojování konvenční tratě a tratě VRT z hlediska stejného napájecího systému. Dále je možné vybudovat společné napájecí stanice, které budou sloužit jak pro konvenční tratě, tak pro trať VRT.

Výše jmenované problémy nastanou i u ostatních plánovaných vysokorychlostních tratí. Výjezd vysokorychlostního vlaku z místa jeho zastavení je velice podobný se startem a přistáváním letadla: na krátké vzdálenosti musí vlak při rozjezdu nabrat rychlost (vytvořit klerickou energii) a výšku (vytvořit potenciální energii), neboť velká města jsou zpravidla v místech nevelké nadmořské výšky v údolích velkých řek. Přerušování tažné síly v důsledku změny systému v trase jeho rozjezdu nežádoucím způsobem snižuje jeho akceleraci, což má řadu negativních dopadů:

- prodloužení jízdní doby,

- zvýšení spotřeby energie v důsledku dohánění této časové ztráty jízdou vyšší rychlostí ve středním úseku tratě,
- snížení propustné výkonnosti tratě pomalým rozjezdem zastavujících vlaků (zejména u odboček a propojek).

Ještě horší je situace při zastavovacím brzdění v místě změny systému. V praxi to znamená přechod z rekuperačního na ztrátové brzdění. Přitom běžný vysokorychlostní vlak délky 200 m o hmotnosti 450 t má při rychlosti 300 km/h kinetickou energii 480 kWh (odpovídající cena elektřiny cca 1 100 Kč), kterou je záhodno využít k rekuperaci.

Proto je přeměna napájení železničních uzlů Ústí nad Labem, Praha, Přerov a Ostrava ze 3 kV na 25 kV velmi racionálním přípravným krokem pro integraci ČR do evropské sítě vysokorychlostních železnic. Výstavbu a provoz vysokorychlostních železnic nebude nutno komplikovat dvousystémovým řešením napájení.

3.3.2. Studií proveditelnosti, ostatní investice SŽDC

Náklady na sdělovací zařízení, zabezpečovací zařízení, trakci a silnoproudou technologii jsou navrženy s ohledem na výhledové akce. Je nutné ve všech připravovaných akcích již realizovat opatření k zamezení vlivů napájecí soustavy 25kV. Problematika je podrobně popsána v doporučeních v jednotlivých technologických a stavebních částí.

Je navrhováno provádět přepínání na 25kV v rámci realizace těchto modernizací a optimalizací jednotlivých tratí (nebo po ní). Projektant vycházel především ze seznamu „Studií proveditelnosti“ a z připravovaných akcí na jednotlivých tratích. Roky realizací jsou přebrány z jednotlivých „Studií proveditelnosti“.

Jedná se především o:

- | | |
|--|---------------|
| - Studie proveditelnosti Optimalizace trati Kolín - Všetaty – Děčín | (2019 – 2026) |
| - Studie proveditelnosti Uzel Pardubice | (2019 – 2022) |
| - Studie proveditelnosti Průjezd železničním uzlem Česká Třebová | (2019 – 2022) |
| - Studie proveditelnosti trati Velký Osek - Hradec Králové – Chocẽ | (2020 – 2025) |
| - Studie proveditelnosti Modernizace trati Brno – Přerov | (2019 – 2023) |
| - Studie proveditelnosti Źel. spojení Prahy, letiště Ruzyně a Kladna | (2018 – 2022) |
| - Optimalizace tratí Praha – Lysá n.L. | (2019 – 2024) |
| - Optimalizace trati Praha Smíchov (mimo) – Černošice (mimo) | (2019 – 2021) |
| - Optimalizace trati Černošice (včetně) - Beroun (mimo) | (2021 – 2023) |

- Revitalizace a elektrizace trati Oldřichov u D. – Litvínov (2018 – 2019)
- Modernizace trati Pardubice – Stéblová (2019 – 2022)
- Modernizace trati Olomouc-Prostějov-Nezamyslice (předpoklad původní SP) (2020 – 2025)
- Změna trakční soustavy na AC 25 kV, 50 Hz v úseku Nedakonice – Říkovice (2019 – 2025)

Z důvodu realizace výše jmenovaných staveb je navrženo přepínání na 25kV na tratích Kolín - Všetaty – Děčín a Velký Osek - Hradec Králové – Choceň. Dále na tratích Beroun – Radotín a Kladno Praha. Přepínání na Moravě je navrženo od hraničních přechodů se Slovenskem a dále postupuje po jednotlivých částech směrem ku Praze. Uzel Praha je navržen na přepojování jako poslední.

Následující tabulka shrnuje základní údaje o studiích proveditelnosti (SP) modernizace konvenčních tratí a územně technických studiích vysokorychlostních tratí (ÚTS VRT). Údaje byly konzultovány se zadavatelem dokumentací (Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, odbor strategie O26) k datu 09/2016. Je však třeba upozornit, že uvedené údaje se průběžně mění v závislosti na postupu zpracování jednotlivých studií a jejich schvalování a je třeba je tedy vnímat jako orientační. Graficky jsou znázorněny v příloze 9.1.3.

Studie proveditelnosti				
Výkres	Název	Zpracovatel	Schválení / varianty	Horizont realizace
ANO	Studie proveditelnosti zaústění III.TŽK do železničního uzlu Praha	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 205	Optimalizace cca ve stávající ose, elektrizace již je (bude pouze obnova)	Stavba uvažována 2018-2022
ANO	Studie proveditelnosti Železniční spojení Prahy, letiště Ruzyně a Kladna	Sdružení "METROPROJEKT + SUDOP", Praha - letiště - Kladno"	Uvažována trasa R (resp. skupina variant R1 lišící se provozním konceptem – nová dvukolejná trať přes Dejvice na Kladno s odbočkou na letiště Ruzyně), výhledově možná elektrizace tratě Praha-Smíchov – Hostivice	Stavba uvažována 2017-2023
ANO	Studie proveditelnosti Optimalizace trati Kolín - Všetaty - Děčín	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 205	Uvažována modernizace / optimalizace tratě v celé délce, elektrizace již je (bude pouze obnova)	2019-2021: Mělník – UL-Střekov 2022-2024: Nbk – Lysá – Mělník, Boletice – Prostřední Žleb 2025-2026: Kolín – Nbk, UL-Střekov – Boletice
ANO	Studie proveditelnosti Modernizace trati Plzeň - Domažlice - státní hranice	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 205	Uvažována varianta 4e (nová trať Plzeň – Stod, dále modernizace + elektrizace) - jednokolejně	Stavba uvažována 2019-2022
ANO	Studie proveditelnosti Uzel Pardubice	SUDOP PRAHA, a.s. - středisko 205 + SUDOP Hradec Králové	Pouze modernizace žst. Pardubice hl.n., elektrizace již je (bude pouze obnova). Ostřešanská spojka do Chrudimi je v návrhu bez elektrizace.	Uzel 2019-2022 Ostřešanská spojka 2022-2024 (v případě střídavé trakce možno výhledově elektrizovat...)
ANO	Studie proveditelnosti Průjezd železničním uzlem Česká Třebová	Sdružení: SUDOP BRNO, s.r.o. a SUDOP PRAHA, a.s.	Pouze modernizace žst. Česká Třebová, elektrizace již je (bude pouze obnova).	Uzel 2019-2022
ANO	Studie proveditelnosti trati Velký Osek - Hradec Králové - Choceň	SUDOP PRAHA, a.s. - středisko 205	Schválena varianta A4+B4 (zdvukolejnění v celé délce)	Předpoklad realizace 2020-2025, 1.etapa Velký Osek – Hradec Králové (ale s tím nesouhlasí někteří ze SŽDC)

ANO	Studie proveditelnosti Modernizace trati Brno - Přerov	SUDOP BRNO, s.r.o.	Centrální komise MD ČR schválila variantu M2 (dvoukolejná trať pro v=200 km/h)	2. stavba Blažovice – Vyškov 9/2019 – 6/2023 3. stavba Vyškov – Nezamyslice 04/2020 – 12/2022 4. stavba Nezamyslice – Kojetín 06/2020 – 06/2023 5. stavba Kojetín – Přerov 05/2020 – 05/2023
ANO	Studie proveditelnosti Rekonstrukce žst. Přerov, 2.stavba	MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s.	Centrální komise MD ČR schválila variantu 6 (1.stavba Dluhonice – Přerov / Prosenice, 2.stavba přesmyk Dluhonice ve směru Olomouc)	2018 – 2020 Kontrolní dny 3/2016 – 10/2020 schvalovák CK MD
ANO	Studie proveditelnosti Modernizace a elektrizace trati Otrokovice - Vizovice	SUDOP BRNO, spol. s r.o.	Centrální komise MD ČR schválila variantu K3t (zdvoukolejnění v úseku Otrokovice – Zlín střed, elektrizace celé tratě Otrokovice – Vizovice); uvažována elektrizace 25 kV při posunu stykového místa 2.TŽK k Přerovu	2019 až 2023
ANO	Studie proveditelnosti Elektrizace a zkapacitnění trati Šumperk - Olomouc	Sdružení: MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s. a METROPROJEKT	Centrální komise Ministerstva Dopravy schválila studii proveditelnosti ve variantě „Optimalizace C2 s napěťovou soustavou 3 kV DC“.	2018 až 2021
ANO	Studie proveditelnosti Boskovická spojka	SUDOP BRNO, s. r.o.	Centrální komise Ministerstva Dopravy schválila studii proveditelnosti ve variantě 3 (modernizace části traťového úseku od Boskovic po novou odbočku Bělá a novostavba traťové spojky mezi odbočkou Bělá a nově zřízenou odbočkou Lhota Rapotina na trati Brno – Česká Třebová.	Boskovická spojka 2019 – 2021 1/2018 – 12/2021 CK MD
	Vyhledávací studie úseku Nemanice I - Ševětín	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 203 a 205	Řešení tohoto úseku dosud nebylo uzavřeno, bude zpracována aktualizace studie proveditelnosti pro IV. TŽK	Modernizace trati Nemanice I – Ševětín, 1. stavba, úpravy pro ETCS, 2018 - 2019
ANO	Studie proveditelnosti Modernizace trati České Budějovice - Plzeň	sdružení "SUDOP PRAHA a METROPROJEKT"	Dosud nerozhodnuto o výsledné variantě. Elektrizace zůstává, některé dílčí úseky mohou být zdvoukolejňeny.	Stavba uvažována 2020-2026
ANO	Studie proveditelnosti Modernizace a elektrizace trati Šakvice – Hustopeče u Brna	SUDOP BRNO, s. r.o.	Centrální komise Ministerstva Dopravy schválila studii proveditelnosti ve variantě 2B (elektrizace a zvýšení traťové rychlosti převážně na stávajícím tělese)	1/2018 – 12/2020
	Studie proveditelnosti Praha - Liberec	Sdružení IKP Consulting Engineers, s.r.o. a SUDOP	Studie proveditelnosti nenalezla efektivní variantu, kterou by bylo možné schválit. Studie proveditelnosti bude zadána znovu, prověřovány budou jiné	

		PRAHA, a.s.	varianty.	
	Studie proveditelnosti železničního uzlu Ostrava 2015	MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s.	Studie dosud neuzavřená a neschválená, nejpravděpodobnější se jeví varianta 3.	2021 – 2024
	Studie proveditelnosti Modernizace trati Olomouc - Prostějov - Nezamyslice	Sdružení: MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s. a FRAM CONSULT	Studie vrácena po projednání CK k dopracování. Všechny projektové varianty předpokládají posun styku trakčních soustav blíže k Olomouci.	
ANO	Studie proveditelnosti trati Staré Město u Uherského Hradiště - Luhačovice / Bylnice / Veselí nad Moravou	SUDOP PRAHA, a.s.	Studie proveditelnosti dosud nedopracovaná a neschválená. Doporučena varianta S2b (elektrizace Staré Město u UH – Veselí n.M. / Luhačovice / Bojkovice	2023-2025: SMuUH – Luhačovice 2025: Újezdec – Bojkovice 2025-2026: Veselí nM – Kunovice
	Studie proveditelnosti trati Ostrava - Valašské Meziříčí, Frýdek-Místek - Český Těšín / Třinec, Frýdlant nad Ostravicí - Ostravice a Studénka - Veřovice	SUDOP BRNO, s. r.o.	Studie projednána 21.9.2016 v CK MD.	Revitalizace trati Frýdlant nad Ostravicí – Valašské Meziříčí 05/2015 - 06/2016 po vybrání varianty ze SP „Beskydy“ bude pokračovat příprava vypsáním soutěže na Revitalizace trati Frýdek Místek – Frýdlant nad Ostravicí po roce 2015 2018 – 2026
	Studie proveditelnosti trati Hranice na Moravě - Horní Lideč - Střelná	MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s.	Studie dosud neuzavřená a neschválená.	2018 – 2027
ANO	Studie proveditelnosti Modernizace trati Brno - Veselí nad Moravou	SUDOP Brno s.r.o.	Studie schválena CK dne 23.8.2016 – vybrána varianta AB – elektrizace střídavým systémem, s drobnými přeložkami trati v úseku Kyjov – Veselí nad Moravou.	
	Studie proveditelnosti železničního uzlu Brno	Společnost pro "studii proveditelnosti ŽUB"	Studie dosud nedopracovaná a neschválená.	předpoklad 2020, závisí na výsledku SP a výběru varianty

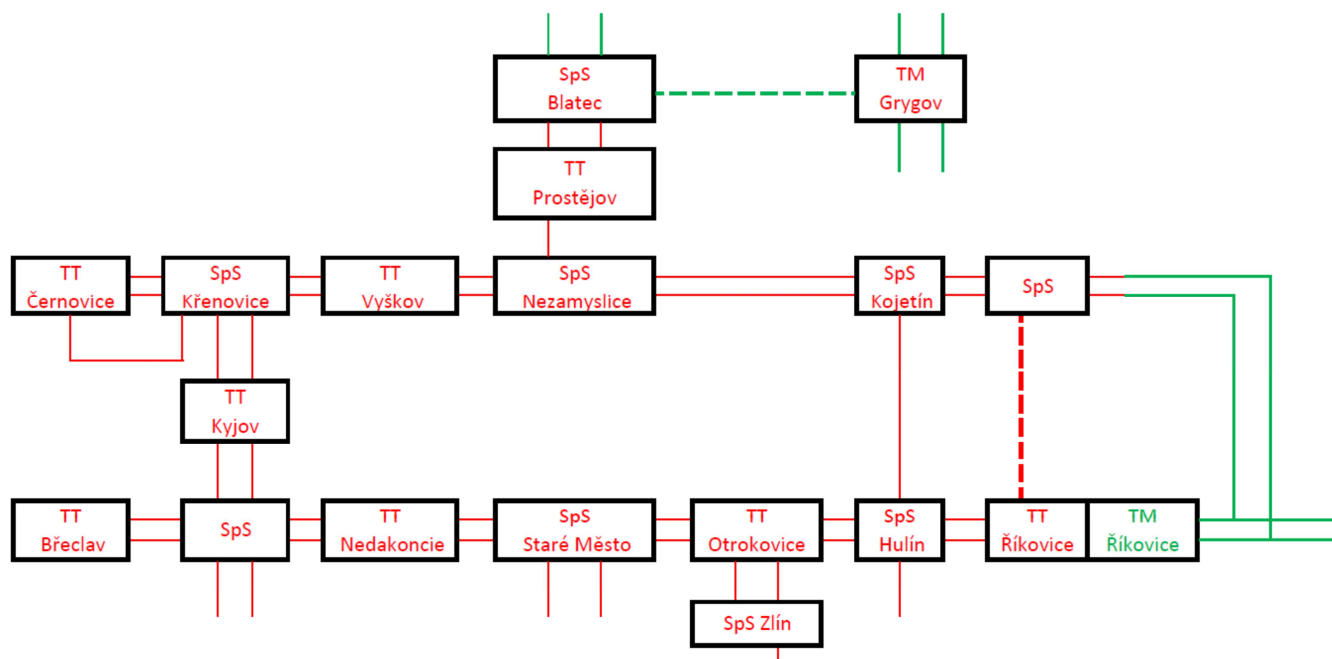
ÚTS VRT				
ANO	ÚTS VRT Praha – Benešov	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 205	Zatím neschválené varianty, ty hlavní jsou ve výkresu.	
ANO	ÚTS VRT Benešov – Brno	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 205	Zatím neschválené varianty, ty hlavní jsou ve výkresu.	
ANO	ÚTS VRT Praha – Havlíčkův Brod	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 205	Zatím neschválené varianty, ty hlavní jsou ve výkresu.	
ANO	ÚTS VRT Praha – Litoměřice	IKP Consulting Engineers, s.r.o.	Zatím neschválené varianty, ty hlavní jsou ve výkresu.	
ANO	ÚTS Nová trať Lovosice – UNL – st.hr. D	SUDOP PRAHA, a. s. - středisko 205	Zatím neschválené varianty, ty hlavní jsou ve výkresu.	
ANO	ÚTS VRT Brno – Vranovice	SUDOP BRNO, s. r.o.	Zatím neschválené varianty, ty hlavní jsou ve výkresu.	
ANO	ÚTS VRT Přerov – Ostrava	MORAVIA CONSULT Olomouc, a.s.	Zatím neschválené varianty, ty hlavní jsou ve výkresu.	

Z energetických výpočtů viz. příloha č. 5 vyplývá, že bude nutné u všech odevzdaných studií doplnit nové energetické výpočty. Napájení trakčního vedení je vždy nutné řešit komplexně s ohledem i na okolní tratě stejně jako je třeba řešena dopravní technologie. Nelze napájení řešit pouze od začátku po konec stavby bez vazby na jiné projekty.

Např. u následujících staveb je třeba řešit výhled jedním energetickým výpočtem, který určí neoptimálnější variantu.

- Modernizace trati Olomouc-Prostějov-Nezamyslice
- Modernizace trati Brno – Přerov
- Změna trakční soustavy na AC 25 kV, 50 Hz v úseku Nedakonice – Říkovice
- Modernizace a elektrizace trati Otrokovice – Vizovice
- Studie proveditelnosti trati Veselí nad Moravou – Blažovice (-Brno)
- Kojetín – Hulín
- Studie proveditelnosti tratí Staré Město u Uherského Hradiště – Luhačovice/Bylnice/Veselí n. Moravou
- VRT Brno – Ostrava
- Studie proveditelnosti železničního uzlu Brno

S ohledem na všechny projekty se nyní jeví jaké nejvýhodnější toto schéma napájení:



Veškeré návrhy je nutné doložit podrobnějším výpočtem, který bude řešit i provizorní stavy.

3.3.3. Výhledové elektrizace

V případě, že nebude provedena konverze stávající stejnosměrného systému napájení 3kV na střídavý 25kV bude nutné všechny potenciální elektrizace v severní části území provést systémem 3kV (viz mapa 9.3.4). Zejména na jednokolejných tratích, na kterých je jízdní řád podmíněn křížováním vlaků v určitých stanicích, vychází velmi velký poměr mezi jmenovitým výkonem, na který musí být napájecí stanice dimenzovány a jejich středním výkonem, na který jsou zatěžovány. Napájecí stanice totiž musí být totiž instalovány blízko sebe. Pokud by se jednalo o hlavní dvoukolejné tratě, na kterých jsou v těsném sledu provozovány nákladní vlaky o hmotnosti kolem 2 000 t a rychlíky o hmotnosti kolem 500 t rychlostí až 160 km/h, dopravované lokomotivami o výkonu kolem 6 MW, bylo by potřebné je ke splnění požadavků ČSN EN 50 122 a ČSN 50 388 budovat na vzdálenost cca 12,5 km. Jestliže však půjde o jednokolejné tratě, pojížděné nižšími rychlostmi, vlaky nižšími hmotnosti, tak zde jsou uvažována vozidla o výkonu cca 3 MW, dopravující své vlaky v méně těsném sledu. V takových podmínkách lze odhadnout střední vzdálenost mezi napájecími stanicemi při stejnosměrném systému 3 kV na cca 20 km.. Při těchto vstupních parametrech vychází elektrizace na těchto tratích nerentabilně. Při použití systému napájení 25kV je možné využít jeho vysokou přenosovou schopnost, zejména se jedná o vzdálenost napájecích stanic cca 100km. V přiložené tabulce jsou spočítány nutné napájecí stanice pro stejnosměrnou a střídavou variantu elektrizací v severní části území. Vyplyvá z ní, že při použití napájení 3kV je třeba cca 67 napájecích stanic, ale při použití 25kV cca 4. **Rozdíl při použití napájení 25kV oproti 3kV činí cca 15 000 mil Kč.**

Dokončení elektrizace severní oblasti ČR

cena DC TNS	mil. Kč	200
cena AC NS (vys. výkon, redundance)	mil. Kč	300
cena DC TV	mil Kč/km	7,0
cena AC TV	mil Kč/km	5,0
rozdíl cen DC/AC TV	mil Kč/km	2,0

ze stanice (odbočení)	do stanice	délka	kolejí	DC TNS	AC TNS	úspora
		km				mil. Kč
Hulín	Kojetín	17	1	1	0	234
Hulín	Bystřice pod Hostýnem	18	1	1	0	236
Otrokovice	Vizovice	25	1,44	1	0	272
Staré Město u Uherského Hradiště	Luhačovice/Bojkovice/Veselí n.M.	64	1	2	0	528
Valašské Meziříčí	Bystřice pod Hostýnem	26	1	1	0	252
Valašské Meziříčí	Frýdlant nad Ostravicí	40	1	2	0	480
Valašské Meziříčí	Rožnov pod Radhoštěm	13	1	0	0	26
Ostrava Kunčice	Ostravice	31	1	2	0	462
Český Těšín	Frýdek-Místek	27	1	1	0	254
Opava	Krnov	29	1	1	0	258
Olomouc	Krnov	87	1	4	0	974
Olomouc	Šumperk	58	1	2	0	516
Valšov	Rýmařov	15	1	0	0	30
Zábřeh na Moravě	Jeseník	64	1	3	0	728
Týniště nad Orlicí	Letohrad	41	1	1	0	282
Častolovice	Solnice	15	1	1	0	230
Jaroměř	Trutnov - Svoboda nad Úpou	62	1	3	1	424
Starkoč	Broumov	50	1	2	0	500
Jaroměř	Turnov	84	1	4	1	668
Chlumec nad Cidlinou	Trutnov	102	1	4	0	1 004
Hradec Králové	Jičín - Turnov	82	1	3	0	764
Nymburk	Mladá Boleslav	30	1	1	0	260
Všetaty	Praha Vysočany	34	1	1	0	268
Všetaty	Turnov - Liberec - Černousy	139	1	7	1	1 378
Kralupy nad Vltavou	Neratovice	17	1	1	0	234
Železný Brod	Tanvald	17	1	1	0	234
Děčín východ	Bakov nad Jizerou	73	1	3	1	446
Česká Lípa	Rumburk	45	1	2	0	490
Česká Lípa	Liberec	59	1	2	0	518
Liberec	Hrádek n. N.	27	1	1	0	254
Liberec	Raspeneva - Černousy	43	1	2	0	486
Luuka u Litvínova	Litvínov	2	1	0	0	4
Chomutov	Březno u Chomutova	11	1	0	0	22
Kadaň Pruněřov	Kadaň předměstí	6	1	1	0	212
Praha Bubny	Kladno - Rakovník	73	1	3	0	746
Kladno	Kralupy nad Vltavou	25	1	1	0	250
Praha Smíchov	Rudná u Prahy - Beroun	34	1	1	0	268
Praha Krč	Vrané nad Vltavou	15	1	1	0	230
celkem		1 600		67	4	15 422
délka tratí / počet NS				24	400	

U elektrizací stávajících tratí, které se nacházejí v části území napájeného již dnes 25kV, nastává problém s druhem stávajících trakčních transformoven. Tyto napájecí stanice nejsou konstruovány na soufázovém principu a bude vhodné je na tento systém přebudovat. Zajistíme si tím stabilnější napájení, lepší systém rekuperace a levnější elektrizace odbočných tratí. V případě, že nebudou stávající trakční transformovny přebudovány na soufázové, bude nutné pro budoucí odbočující elektrizované tratě budovat nové napájecí stanice.

3.4 Posouzení norem a předpisů, TSI

3.4.1 Požadavky TSI

Požadavky na TSI popisují aktuálně nařízení komise (EU) :

- TSI INF – nařízení č. 1299/2014, účinnost/platnost: 1/1/2015
- TSI ENE - nařízení č. 1301/2014, účinnost/platnost: 1/1/2015
- TSI CCS – rozhodnutí 2015/14, účinnost 1.7.2015

V rámci stávajícího stavu byly analyzovány provozní oblasti ve správě SŽDC.

3.4.2 Silnoproudá technologie

Pro potřeby silnoproudé technologie a napájení jsou v ČR v rámci sbližování s evropskými standardy používány harmonizované národní předpisy a legislativa. Dále je nutno vycházet z předpisů evropských či dokumentů TSI.

Silnoproudá technologie a systém napájení musí být pro koncepční návrh v souladu s požadavky následujících zásadních dokumentů a norem:

nařízení komise (EU) č. 1301/2014 (TSI CR ENE)

ČSN EN 50122-1 ed.2	Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod – Část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem
ČSN EN 50122-2	Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Část 2: Ochranná opatření proti účinkům bludných proudů, způsobených DC trakčními proudovými soustavami
ČSN EN 50122-3	Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Elektrická bezpečnost, uzemnění a zpětný obvod - Část 3: Vzájemná interakce mezi AC a DC trakčními soustavami
ČSN EN 50388 ed. 2	Drážní zařízení – Napájení a drážní vozidla – Technická kritéria pro koordinaci mezi napájením (napájecí stanice) a drážními vozidly pro dosažení interoperability
ČSN EN 50329	Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Trakční transformátory ČSN EN 50329

ČSN EN 50160 ed.3 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí

ČSN 33 3505 ed.2 Předpisy pro elektrické trakční napájecí a spínací stanice

Subsystém energie zahrnuje:

- trakční napájecí stanice - jsou připojeny na primární straně k vysokonapěťové rozvodné síti a transformují vysoké napětí na napětí vhodné pro vlaky a/nebo provádějí přeměnu na napájecí soustavu vhodnou pro vlaky. Na sekundární straně jsou trakční napájecí stanice připojeny k železničnímu systému trakčního vedení;
- spínací stanice - elektrické zařízení umístěné na mezilehlých místech mezi trakčními napájecími stanicemi sloužící k napájení a paralelnímu zapojení trakčního vedení a k zajištění ochrany, izolace a pomocného napájení;
- oddělovací úseky - zařízení potřebná pro přechod mezi různými elektrickými soustavami nebo mezi fázemi elektrické soustavy;
- systém trakčního vedení - soustava, která rozvádí elektrickou energii do vlaků jedoucích na trase a přenáší ji do vlaků prostřednictvím sběračů proudu. Systém trakčního vedení je rovněž vybaven ručně nebo dálkově ovládanými odpojovači, které jsou nezbytné k oddělení úseků nebo skupin systému trakčního vedení v závislosti na provozních potřebách. Součástí systému trakčního vedení je také napájecí vedení;
- zpětný obvod - veškeré vodiče, které tvoří cestu pro odvod zpětného trakčního proudu. Z tohoto hlediska je proto zpětný obvod součástí subsystému energie a má rozhraní se subsystémem infrastruktura.

TSI stanovuje dále základní parametry a požadavky na:

- Napětí a kmitočet
- Parametry vztahující se k výkonnosti napájecí soustavy
- Proudová zatížitelnost, stejnosměrné soustavy, stojící vlaky
- Rekuperační brzdění
- Opatření pro koordinaci elektrické ochrany
- Účinky harmonických a dynamických jevů ve střídavých trakčních napájecích soustavách
- Geometrie trolejového vedení
- Obrys pantografového sběrače
- Střední přítlačná síla
- Dynamické chování a jakost odběru proudu
- Vzdálenost mezi pantografovými sběrači použitá pro návrh trolejového vedení
- Materiál trolejového vodiče
- Úseky oddělující fáze
- Úseky oddělující soustavy
- Pozemní systém sběru energetických údajů
- Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem

- Provozní pravidla
- Pravidla údržby
- Odborná kvalifikace
- Podmínky ochrany zdraví a bezpečnosti

Zásadními technickými ukazateli pro potřeby silnoproudé technologie jsou (citace z výše uvedených norem a standardů):

Účinnost vlaku

Aby se dosáhlo optimalizace účinnosti vlaku a tedy kvalitního napájení, musí pro konstrukci vlaku platit požadavky uvedené níže.

Induktivní účinnost

V uvedené tabulce níže jsou uvedeny požadavky na celkový induktivní účinnost vlaku λ (tab.1 viz ČSN EN 50 388 ed.2). Pro výpočet λ se bere v úvahu pouze základní harmonické napětí na pantografovém sběrači.

Tabulka 1 – Celkový induktivní účinnost vlaku λ

Okamžitý příkon vlaku P na pantografovém sběrači (MW)	Celkový induktivní účinnost vlaku λ	
	Kategorie I a II tratí HS TSI ^a	Kategorie III; IV; V; VI; VII tratí TSI a klasických tratí
$P > 2$	$\geq 0,95$	$\geq 0,95$
$0 \leq P \leq 2$	^b	^b
<p>Na odstavných kolejích nebo v depech, kdy je vlaková souprava odstavena, trakční příkon je vypnut, všechna pomocná zařízení jsou v provozu a odebraný činný výkon je větší než 200 kW, musí být účinnost základní vlny roven nebo vyšší než 0,8 (viz níže uvedenou poznámku 2).</p> <p>POZNÁMKA 1 Výpočet celkového průměru hodnoty λ pro jízdu vlaku, včetně zastávek, se provádí na základě hodnot činné energie W_p (MWh) a jalové energie W_Q (Mvarh), daných počítačovou simulací jízdy vlaku nebo změřených na skutečném vlaku.</p> $\lambda = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{W_Q}{W_p}\right)^2}}$ <p>POZNÁMKA 2 Hodnoty účinnosti vyšší než 0,8 budou mít za následek lepší ekonomické parametry v důsledku menších požadavků na pevná trakční zařízení.</p> <p>^a Platí pro vlaky odpovídající HS TSI pro drážní vozidla (HS TSI Rolling Stock) ^{NP8}.</p> <p>^b Kvůli řízení celkového účinnosti pomocného zatížení vlaku během fáze jízdy výběhem, musí být hodnota celkového průměru λ (pro trakci a pomocná zařízení), daná simulací a/nebo měřením, po celou cestu podle jízdního řádu (typická cesta mezi dvěma stanicemi včetně provozních zastávek), vyšší než 0,85.</p>		

Během rekuperace je možné nechat induktivní účinnost volně poklesnout, aby se napětí udrželo v mezních hodnotách

Kapacitní účinnost

Aby se během trakčního režimu a během klidu udrželo napětí v rozsahu mezních hodnot, jsou na kapacitní účinnost kladeny tyto požadavky:

v rozsahu napětí od $U_{\min 1}$ do $U_{\max 1}$ definovaném v EN 50163 nejsou kapacitní účinky omezeny; v rozsahu napětí od $U_{\max 1}$ do $U_{\max 2}$ definovaném v EN 50163 se vlak nesmí chovat jako kondenzátor.

Během rekuperačního režimu musí být případný kapacitní výkon omezen na 150 kVar v rozsahu napětí od $U_{\min 1}$ do $U_{\max 2}$ definovaném v EN 50163.

Hodnoty pro $U_{\text{střední užitečné}}$ na pantografovém sběrači

Minimální hodnoty pro střední užitečné napětí na pantografovém sběrači za normálních provozních podmínek musí odpovídat hodnotám tabulce 3 (ČSN EN 50 388 ed.2).

Tabulka 3 – Minimální $U_{\text{střední užitečné}}$ na pantografovém sběrači

Napájecí soustava	Minimální střední užitečné napětí $U_{\text{střední užitečné}}$ na pantografovém sběrači	
	V	
	Kategorie I, II, III trati HS TSI	Kategorie IV; V; VI; VII trati TSI a klasické tratě
	Oblast a vlak	Oblast a vlak
AC 25 000 V 50 Hz	22 500	22 000
AC 15 000 V 16,7 Hz	14 200	13 500
DC 3 000 V	2 800	2 700
DC 1 500 V	1 300	1 300
DC 750 V	N.A.	675
Legenda		
N.A.: nepoužívá se		

Vztah mezi $U_{\text{střední užitečné}}$ a $U_{\min 1}$

Napájení musí být elektricky navrženo tak, aby se při simulaci hodnot $U_{\text{střední užitečné}}$ za normálních provozních podmínek nikdy nevytvářely na pantografovém sběrači jakéhokoliv vlaku hodnoty napětí (efektivní, střední) nižší, než je mezní hodnota $U_{\min 1}$ pro dopravu odpovídající typu příslušné tratě.

Typ trati a elektrické trakční soustavy

Správce infrastruktury musí uvést parametry tratě, pokud jde o: rychlost tratě; minimální možné následné mezidobí; maximální příkon vlaku.

Napájecí soustavy, které se používají v závislosti na kategorii tratě, jsou uvedeny v tabulce 4 (ČSN EN 50 388 ed.2).

Tabulka 4 – Elektrické trakční soustavy v závislosti na typu tratí

Rozsah rychlosti km/h	Kategorie tratí HS TSI		Kategorie tratí CR TSI ^(NP9) a klasické tratě	
	I	II a III	IV, V, VI, VII	klasické
$300 \leq v$	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz ^a	N.A.	N.A.	N.A.
$250 \leq v < 300$	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz ^a DC 3 000 V ^c	N.A.	N.A.	N.A.
$200 \leq v < 250$	N.A.	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz DC 3 000 V DC 1 500 V ^b	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz DC 3 000 V DC 1 500 V	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz DC 3 000 V DC 1 500 V
$v \leq 200$	N.A.	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz DC 3 000 V DC 1 500 V	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz DC 3 000 V DC 1 500 V	AC 25 000 V 50 Hz AC 15 000 V 16,7 Hz DC 3 000 V DC 1 500 V ^d DC 750 V ^e
Legenda N.A.: nepoužívá se ^a Viz HS TSI Energie (HS TSI Energy) verze 2008, Tabulka 4.2.2, (1) ^(NP10) . ^b Pro Francii. ^c Pro Belgii, Španělsko, Itálii a Polsko, viz TSI Energie (HS TSI Energy), verze 2008, Tabulka 4.2.2, (2). ^d Pro Dánsko má DC 1 500 V opačnou polaritu. ^e Pro Velkou Británii.				

Opatření pro koordinaci elektrické ochrany

Ochranné systémy na hnacích jednotkách a trakčních napájecích stanicích musí být kompatibilní.

Ochrana před zkraty

Podle vypínací schopnosti automatického vypínače dané elektrické trakční soustavy se určí, zda mohou být poruchy odstraněny automatickým vypínačem hnací jednotky nebo nikoliv. Tabulka 6 stanoví maximální hladiny napětí při zkratu mezi trakčním vedením a kolejnicí. Tabulka 7 se týká vnitřních zkratů hnací jednotky (tabulky viz ČSN EN 50 388 ed.2).

Tabulka 6 – Maximální hladina napětí při zkratu mezi trakčním vedením a kolejnicí

Napájecí soustava			Trakční napájecí stanice obecně zapojená paralelně Ano/Ne	Maximální poruchový proud ^c , který se může vyskytnout kA
AC	25 000 V	50 Hz	Ne	15 ^a
AC	15 000 V	16,7 Hz	Ano	40
DC	3 000 V		Ano	50 (předpokládaný trvalý ^b)
DC	1 500 V		Ano	100 (předpokládaný trvalý ^b)
DC	750 V		Ano	125 (předpokládaný trvalý ^b)

^a Dříve byla běžně akceptována hodnota 12 kA.
^b Definice viz EN 50123-1:2003, 3.2.12.
^c V případě maximálních proudů se předpokládá okamžité vypnutí ochrany.

Tabulka 7 – Činnost automatických vypínačů při vnitřním zkratu hnací jednotky

Napájecí soustava	V případě jakéhokoliv vnitřního zkratu na hnacích jednotkách Postup vypínání pro:	
	Automatický vypínač napájecího vedení trakční napájecí stanice	Automatický vypínač hnací jednotky
AC 25 000 V 50 Hz	Okamžité vypnutí ^a	Okamžité vypnutí
AC 15 000 V 16,7 Hz	Okamžité vypnutí ^a	Primární strana transformátoru: Vypínání musí být odstupňováno ^b Sekundární strana transformátoru: Okamžité vypnutí
DC 750 V, 1 500 V a 3 000 V	Okamžité vypnutí ^c	Okamžité vypnutí

^a Vypnutí automatického vypínače má být při vysokých zkratových proudech velmi rychlé. Pokud je to možné, má vypnout automatický vypínač hnací jednotky za účelem zabránit vypnutí automatických vypínačů trakční napájecí stanice.
^b Umožňuje-li to vypínací schopnost automatického vypínače, musí být vypnutí okamžité. Potom, je-li to možné, má vypnout automatický vypínač hnací jednotky ve snaze zabránit vypnutí automatických vypínačů trakční napájecí stanice.
^c Je-li zkratový proud velmi vysoký, má být vypnutí automatických vypínačů v trakčních napájecích stanicích velmi rychlé a tím se zabrání odstranění poruch automatickými vypínači hnacích jednotek.

POZNÁMKA 1 Nové a modernizované hnací jednotky mají být vybaveny velmi rychlými automatickými vypínači (rychlo-vypínači) schopnými vypnout maximální zkratový proud v co nejkratším možném čase.

POZNÁMKA 2 Okamžité vypnutí znamená, že při vysoké hladině proudu má automatický vypínač trakční napájecí stanice nebo vlaku zapůsobit bez záměrného zpoždění. Pokud nezapůsobí relé prvního stupně, potom zapůsobí relé druhého stupně (relé záložní ochrany) asi o 300 ms později. Pro informaci je dále uvedena doba trvání nejvyššího zkratového proudu ze strany automatického vypínače trakční napájecí stanice, přičemž se vychází z použití relé prvního stupně a ze současného stavu vývoje:

- u AC proudu 15 000 V 16,7 Hz přibližně 100 ms;
- u AC proudu 25 000 V 50 Hz přibližně 80 ms;
- u DC proudu 750 V, 1 500 V a 3 000 V přibližně od 20 ms do 60 ms.

--

Automatické opětné zapínání jednoho nebo více automatických vypínačů v trakční napájecí stanici a účinek ztráty a obnovení síťového napětí na hnací jednotku

Systémy automatického opětného zapínání (pokud jsou použity) u automatických vypínačů v trakční napájecí stanici, jsou náchylné k opětnému připojování na síť. V takovém případě nesmí být automatické vypínače v trakční napájecí stanici znovu zapnuty před vypnutím automatických vypínačů na hnacích jednotkách, které se nacházejí v oblasti napájené trakční napájecí stanicí.

Automatické vypínače hnacích jednotek musí vypnout automaticky do 3 s po ztrátě síťového napětí. Při obnovení napětí nesmí automatické vypínače hnacích jednotek znovu zapnout do 3 s od obnovení napětí.

Automatické opětné zapínání po zkratech na vedení

Automatické opětné zapnutí síťových automatických vypínačů se používá pro obnovení napájení sítě a pro lokalizaci postiženého úseku sítě.

Automatické opětné zapnutí se používá přímo nebo s testem sítě pomocí zkušebního rezistoru (nebo elektronického zařízení). Musí platit tento postup:

Automatické opětné zapnutí s testem sítě;

- Vypnutí síťového automatického vypínače;
- čekání všech drážních vozidel v úseku sítě na vypnutí automatických vypínačů na palubě vlaku, které má být provedeno během 3 s po vypnutí síťových automatických vypínačů;
- 5 s po vypnutí síťových automatických vypínačů testování sítě se zkouškou sítě pomocí rezistoru (nebo elektronického zařízení);
- v případě zotavení napětí v mezích podle EN 50163 musí být opětné zapnutí hlavních automatických vypínačů zpožděno o dalších 5 s (provozní požadavek pro strojvedoucí), aby se zajistilo, že síťové automatické vypínače jsou správně sepnuty.
- Automatické opětné zapnutí přímo:
- Vypnutí síťového automatického vypínače;
- čekání všech drážních vozidel v úseku sítě na vypnutí automatických vypínačů na palubě vlaku, které má být provedeno během 3 s po vypnutí síťových automatických vypínačů;
- po nejméně 5 s opětné zapnutí síťových automatických vypínačů (v souladu s cykly stanovenými v souboru EN 50123 pro DC proud);
- opětné zapnutí hlavních automatických vypínačů drážních vozidel, jakmile je trakční vedení pod napětím.

Jsou-li drážní vozidla provozována v obou koncepcích ochrany, opětné zapnutí jejich hlavního automatického vypínače (výše uvedený krok 4) má být jako při „opětném zapnutí se zkouškou sítě“, tj. se zpožděním. Pokud je použit, musí testovací systém sítě provést tuto zkoušku během 3 s.

Rekuperační brždění

Obecné podmínky pro použití rekuperačního brždění

Podmínky pro hnací jednotku:

Vlaky nesmí pokračovat v rekuperaci do trakčního vedení, jestliže:

- dojde ke ztrátě napájecího napětí nebo ke zkratu mezi trakčním vedením a kolejnicí/zemí na stejném úseku napájeném z trakční napájecí stanice v podmínkách popsanych v 11.4 EN 50388;
- síťové napětí je vyšší než U_{max2} (viz EN 50163:2004, 4.1);
- trakční vedení neabsorbuje energii.

Pokud není zajištěna absorpce vrácené energie jinými spotřebiteli, musí být u drážních vozidel použity jiné způsoby brždění.

Podmínky pro napájecí soustavu:

U AC tratí musí být napájecí soustava navržena tak, aby bylo možné využívat rekuperační energii z vlaků.

U DC tratí mohou být napájecí soustavy navrženy tak, aby bylo možné využívat rekuperační energii z vlaků. Pokud energie nemůže být absorbována jinými spotřebiteli na dráze, může správce infrastruktury požádat dodavatele elektrické energie, aby akceptoval vrácení brzdné energie do napájecí sítě nebo použil jakýkoliv jiný systém schopný absorbovat energii.

Úseky, kde není dovoleno rekuperovat, musí být zaznamenány v registru infrastruktury.

Použití rekuperačního brždění:

Z tabulky 8 (ČSN EN 50 388 ed.2) je zřejmé, kde je na stávajících evropských sítích NP11) v současné době povolen správcí infrastruktury režim rekuperačního brždění.

Při soufázovém napájení střídavé trakce je třeba udělat změnu v ČSN 33 3505 ed.2 – čl. 9.2.2 – Zapojení trakčních transformoven a příloha A – Způsoby zapojení primárních vinutí trakčních transformátorů. Dále je třeba aktualizovat SR 34 ohledně nově naměřených vlastností kolejnic.

Tabulka 8 – Použití rekuperačního brzdění

Napájecí soustava		Kategorie tratí HS TSI		Kategorie tratí IV, V, VI, VII CR TSI a klasické tratě																										
		I	II a III	Budoucí systém	AT	BE	CH	CZ	DE	DK	ES	FI	FR	GB	GR	HU	IE	IS	IT	LU	MT	NL	NO	PL	PT	SE	SI	SK		
AC	25 000 V 50 Hz	Ano	Ano	Ano	/	Ano	/	Ne	/	Ano	Ano	Ano	Ano ^a	Ano ^a	Ano	?	/	/	/	Ano	Ano	/	Ano	/	/	Ano	Ano	/	Ne	
AC	15 000 V 16,7 Hz	Ano	Ano	Ano	Ano ^a	/	Ano	/	Ano	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	Ano ^a	/	/	Ano	/	Ano		
DC	3 000 V ^b	b	b	Ano	/	Ano	/	Ne ^{NP(12)}	/	/	Ano	/	/	/	/	/	/	/	Ano	Ano	/	/	/	b	/	/	Ano	Ne ^{NP(12)}		
DC	1 500 V ^b	/	b	Ano	/	/	/	Ne	/	Ano	/	/	Ano	/	/	/	Ano	/	/	/	/	Ano	/	/	?	/	/	Ano		
DC	750 V ^b	/	N.A.	Ano	/	/	/	/	/	/	/	/	/	Ano	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Legenda																														
N.A.: Neplatí																														
^a Hodnota rekuperovaného výkonu je v některých místech omezena v důsledku starých instalací.																														
^b U DC soustav může na žádost provozovatele vlaku rozhodnout o použití rekuperačního brzdění správce infrastruktury.																														

NP12) NÁRODNÍ POZNÁMKA Rekuperační brzdění se používá v úseku Šatov – Znojmo.

Integrační intervaly, během nichž je možné provést průměrování parametrů

Provozovatelé vlaku nebo správci infrastruktury používají parametry pro: výpočty dimenzování; ochranná opatření; plánování; atd. Tyto parametry jsou užitečné pouze tehdy, jsou-li průměrovány v přesně stanovených časových úsecích. Předmětem této kapitoly je definice intervalů, ke kterým se mají tyto parametry vztahovat, s cílem dosáhnout jednoduchého porovnání těchto parametrů pro různé úseky jedné dráhy, nebo různých drah. Referenční časové intervaly jsou uvedeny v tabulce A.1 (ČSN EN 50 388 ed.2).

Tabulka A.1 – Integrační intervaly

Funkce	Doba trvání	Poznámky
Ochrana	< 100 ms do 300 ms pro AC < 30 ms do 100 ms pro DC	Odstranění poruch při zkratech v závislosti na intenzitě zkratového proudu.
Záložní ochrana	200 ms až 3 s	Odstranění poruch záložní ochranou.
Špičkový zatěžovací proud	1 s až 5 s	V místech napájení u jednotlivých trakčních vedení. Může být použit pro počítačové simulace, má vliv na uspořádání napájení a hodnocení záložní ochrany.
	1 min	Efektivní hodnota průměrného proudu pro výpočet tepelného zatížení zařízení.
Tepelné přetížení	30 s až 20 min preferovaná hodnota: 10 min	Efektivní hodnota průměrného proudu pro výpočet tepelného zatížení zařízení.
Doba měření energie	10 min, 15 min nebo 30 min	Průměrný proud nebo příkon pro stanovení požadavku na instituci zajišťující dodávky elektrické energie.
Dlouhodobé zatížení	1 h, 2 h	Smluvená hodnota parametru pro stanovení dlouhodobého zatížení dráhy.
Spotřeba energie	1 den, 1 týden, 1 měsíc, 1 rok	Průměrná spotřeba energie používaná dodavateli elektrické energie pro zjištění (například) požadavků na energii pro dráhu nebo při nákupu elektrické energie.

Přednostní třídy provozu trakčních transformátorů

V tabulce A.1 (ČSN EN 50 329 ed.2) jsou uvedeny přednostní třídy provozu pro návrh trakčních transformátorů.

Tabulka A.1 – Přednostní třídy provozu

Třída provozu	Označení	Poměrná hodnota k hodnotě I_B	Poměrná hodnota k hodnotě I_N	Počáteční stav	Doba trvání	Interval	Typické použití	Poznámka
I	-	1	1	-	trvale	-		
IA	a	1	0,9	-	3 120 s	-	AC soustavy	
	b	1,7	1,494	a	480 s	3 120 s		
IB	a	1	0,873	-	3 300 s	-	AC soustavy	
	b	2,2	1,903	a	300 s	3 300 s		
IC	a	1	0,691	-	1 500 s	-	AC soustavy	
	b	2,7	1,901	a	300 s	1 500 s		
ID	a	1	0,668	-	1 620 s	-	AC soustavy	
	b	3,7	2,446	a	180 s	1 620 s		
IE	a	1	0,652	-	1 680 s	-	AC soustavy	
	b	4,6	3,007	a	120 s	1 680 s		
V	a	1	0,827	-	trvale	-	hromadná rychlá doprava trolejbusy	
	b	1,5	1,240	a	2 h	3 h		
	c	2	1,654	a	60 s	1 800 s		
VI	a	1	0,823	-	trvale	-	hlavní železniční tratě	
	b	1,5	1,234	a	2 h	3 h		
	c	3	2,468	a	60 s	1 800 s		
VII	a	1	0,825	-	trvale	-	lehké železniční tratě tramvaje	
	b	1,5	1,238	a	2 h	3 h		
	c	4,5	3,716	a	15 s	1 800 s		
VIII	a	1	0,814	-	trvale	-	hromadná rychlá doprava trolejbusy	souhrnně
	b	1,5	1,221	a	2 h	3 h		
	c	2	1,628	b	60 s	1 800 s		
IXA	a	1	0,785	-	trvale	-	hlavní železniční tratě	souhrnně
	b	1,5	1,177	a	2 h	3 h		
	c	3	2,355	b	300 s	1 800 s		
IXB	a	1	0,658	-	trvale	-	hlavní železniční tratě	souhrnně
	b	2	1,315	a	2 h	3 h		
	c	3	1,937	b	300 s	1 800 s		

Nesymetrie napájecího napětí

Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky (základní) napájecího napětí v rozsahu 0 až 2 % sousledné složky (EN 50160). PNE 33 3430-0. Dle této normy je povolený stupeň nesymetrie způsobený jedním odběratelem menší jak 0,7%.

Harmonická napětí

Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot napětí každé harmonické menší nebo rovno hodnotě uvedené v tabulce 1 (ČSN EN 50 160 ed.3). U jednotlivých harmonických mohou rezonance způsobit napětí vyšší. Mimoto celkový činitel harmonického zkreslení THD napájecího napětí (zahrnující všechny harmonické až do řádu 40) musí být menší nebo roven 8 %.

Tabulka 1 – Úrovně jednotlivých harmonických napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řády harmonických až do 25

Liché harmonické				Sudé harmonické	
Ne násobky 3		Násobky 3			
Řád harmonické h	Harmonické napětí U_h	Řád harmonické h	Harmonické napětí U_h	Řád harmonické h	Harmonické napětí U_h
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6...24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				
POZNÁMKA Úrovně pro harmonické vyšších řádů než 25 se neuvádějí, jelikož jsou obvykle malé, avšak vlivem rezonančních jevů obtížně předvídatelné.					

3.4.3. Sdělovací zařízení

Stávající dotčené normy a předpisy

Na sdělovací zařízení, dotčené přechodem na střídavou trakci se přímo nebo nepřímo vztahují následující směrnice, předpisy a normy:

Technicko kvalitativní předpisy

TKP 25 Protikorozi ochrana úložných zařízení a konstrukcí

TKP 28 Sdělovací zařízení

Předpisy SŽDC:

SŽDC D1 Dopravní a návěstní předpis

SŽDC D5 Předpis pro tvorbu a zpracování základní dopravní dokumentace

SŽDC D5-2	Prováděcí opatření k předpisu pro tvorbu a zpracování základní dopravní dokumentace - doplňující ustanovení k obslužným předpisům, provozní řády místních rádiových sítí
SŽDC Dp17	Předpis pro hlášení a šetření mimořádných událostí
SŽDC (ČSD) T1	Telefonní provoz
SŽDC (ČSD) T7	Rádiový provoz
P1	Pravidla technického provozu železnic
SŽDC (ČD) T 32	Předpis pro měření železničních dálkových kabelů
SŽDC (ČD) T 81	Označování okruhů
SŽDC (ČD) T 84	Dokumentace železničních kabelů
SŽDC (ČD) Z11	Předpis pro obsluhu rádiových zařízení
SŽDC č. 35	Směrnice, kterou se stanovují technické specifikace vlakových rádiových zařízení a zásady pro jejich přípravu a realizaci na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu ve znění změn č. 1 a 2

Vyhlášky:

Vyhláška č. 100/1995 Sb. Podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení

Vyhláška č. 177/1995 Sb. Stavební a technický řád drah

Technické předpisy a normy:

FMS TA7	Stavba dálkových sdělovacích kabelů
FMS TA46	Spojové kabelovody
FMS TA69	Stavba místních kabelových sítí
FMS TA117	Výstavba přístupových sítí. Optické kabely.
44764/09-OAE	Základní technické specifikace optických kabelů a jejich příslušenství v telekomunikační síti SŽDC
ZTP 56048/00-014	Základní technické parametry optických kabelů

Technické normy železnic:

TNŽ 34 2090	Železniční sdělovací zařízení
TNŽ 34 2570	Předpisy pro železniční rozhlasová zařízení
TNŽ 34 2571	Rozhlasová zařízení pro řízení železniční dopravy
TNŽ 34 2572	Železniční rozhlasová zařízení pro informování cestujících
TNŽ 34 2858	Železniční rádiové sítě
TNŽ 37 5711	Křížení úložných, závlačných a závěsných kabelů s celostátními drahami a vlečkami

České státní normy:

ČSN 37 5711	Křižovatky kabelových vedení s železničními drahami
ČSN 73 6005	Prostorové uspořádání sítí technických vybavení

Předpisy a normy, vztahující se k označování, provozování a zapojování okruhů je nutné přepracovat a aktualizovat na současné požadavky

3.4.4 Zabezpečovací zařízení

Při návrhu úprav zabezpečovacího zařízení je nutno postupovat dle platných norem a předpisů. V současné době se jedná zejména o TNŽ 34 2620, ČSN 34 2613, ČSN 34 2614, ČSN 34 2650, ČSN 34 2040 a to vždy v platné edici. Dále je nutné respektovat aktuální předpis SŽDC D1.

3.4.5 Trakční vedení

Projektant předpokládá, že stavby modernizací a optimalizací, které končily v roce 2011, by v subsystému energie /Trakční vedení/ měly mít doloženy doklady o posuzování shody použitých technických specifikací.

Nutné úpravy TV prováděné pro přechod na jednotnou napájení trakční soustavu AC 25kV neřeší nové rozmístění podpěr na tratích, kde není splněna velikost maximálních rozpětí 65m ani neřeší regulace a měření nutné pro ověření správné součinnosti sběrače s délkou hlavy 1600mm. Proto tyto práce nejsou zahrnuty do IN specifikovaných v této studii, ale nejsou součástí ani nákladů varianty bez projektu. **Po přechodu na 25kV budou splněny parametry napájení podle TSI ENE, ale úpravy ostatních parametrů trakčního vedení (např. odvanutí troleje, správná součinnost se sběračem**

délky 1600 mm, ..) budou splněny pouze tam, kde přepnutí na 25kV bude v rámci modernizace (případně proběhne po ní). Stávající tratě, které nesplňují „mechanické“ požadavky TSI ENE je nebudou splňovat ani po přepnutí na 25kV. Tyto požadavky budou splněny až při kompletní rekonstrukci všech tratí, které toto zatím nesplňují.

Upravené nebo rekonstruované trakční vedení bude řešeno podle Vzorové dokumentace sestavy pro střídavou soustavu AC 25kV 50Hz , v souladu se stanovenými základními technickými požadavky SŽDCs.o (ZTP) pro plnění požadavků TSI ENE:

Elektrická trakční soustava - jednofázová střídavá soustava AC 25kV 50Hz podle ČSN EN 50163 ed.2.

Proudová zatížitelnost

stanoví energetické výpočty

- o Maximální přípustný proud, spotřebovávaný vlakem

je podle ČSN EN 50388 ed.2.

- o Maximální proud při zastavení

80A podle ČSN EN 50367 ed.2.

- o Maximální zkratový proud

stanoví energetické výpočty

Geometrie trolejového vedení

Konstrukce trakčního vedení

- o svislé řetězovkové, nosné lano sleduje klikatost troleje (v případě rekonstrukce)

Maximální průjezdná rychlost

- o podle kolejového řešení železničního svršku

Parametry prostředí

- o rozsah teploty okolního prostředí -30°C až +40°C ...ČSN EN 50119 ed.2

Základní rychlost větru

- o 25 m/s podle ČSN EN 1991-1-1:2007 (v případě rekonstrukce)

Hmotnost námrazy

- o je podle ČSN EN50341-3/Z2 pro oblast „ N1“ (v případě rekonstrukce)

Výška trolejového drátu

Jmenovitá výška trolejového drátu

- o 5500mm nad TK podle ČSN 34 1530 ed.2, čl. 6.1.2

Výška trolejového drátu v místech podpěry (v případě rekonstrukce)

- o 5600mm nad TK podle ČSN 34 1530, tab. 1

Zvýšená výška trolejového drátu

- o není navržena

Snížená výška trolejového drátu je

- o minimálně 5100mm podle ČSN 341530 ed.2 místě stávajících nadjezdů.

Mimořádně snížená výška trolejového drátu

- o minimálně do 5000mm podle ČSN 341530 ed.2 místě stávajících nadjezdů.

Maximální horizontální výchylka trolejového drátu větrem

- o 400mm, je dodržena pro maximální rozpětí 65m
- o maximální horizontální poloha troleje vůči ose koleje 500mm

podle ČSN 34 1530 ed.2.

Maximální rozpětí podélných polí trolejového vedení

- o 65m

Maximální povolený sklon trolejového drátu

- o Podle traťové rychlosti viz ČSN EN 50119 ed.2, tab. 11

Obrys sběrače

Jmenovitá přítláčná síla sběrače v klidu

- o Stanovuje ZTP 80 + 10 - 20N podle ČSN EN 50367 pro soustavu 25kV AC.

Minimální přípustná dynamická přítláčná síla sběrače

- o Stanovuje ZTP podle ČSN EN 50119 ed.2.

Vzdálenost mezi sběrači

- o 85m – typ A nebo B, 35m – typ C pro rychlost větší než 120km/h a do 160km/h
- o 20m-typ A, 15m pro typB nebo typ C pro rychlost větší než 80km/h a do 120km/h

Uspořádání elektrického oddělení úseků, napájených z různých fází,

Neutrální pole dle ČSN EN 50367, ČSN EN 50388, ČSN EN 50119 ed.2.

V místě připojení napájecí stanice TNS, spínací stanice SpS na TV

(pokud bude uplatňováno podle řešení technologie)

Průjezd neutrálními poli se předpokládá při vypnutí trakčního odběru.

Uspořádání elektrického oddělení úseků, napájených z různých trakčních soustav, délka neutrálních polí a zkratovaného pole a průjezd polem

Neutrální pole tohoto typu bude navrhováno jen pro dočasný stav vycházející z postupu realizace staveb v souladu s ČSN EN 50367, ČSN EN 50388, ČSN EN 50119 ed.2. Celkovou minimální délku stanoví projektová dokumentace podle použitých typů děličů. Průjezd trakčních vozidel se předpokládá se spuštěnými sběrači.

Použitý sběrač

jen schváleného typu podle ČSN EN 50367 s délkou hlavy sběrače 1950 mm a 1600 mm

Uvedené sběrače se posuzují podle ČSN EN 50367, ČSN EN 50388 v souladu s technickými podmínkami (TP) daného typu sběrače a s ZTP. Pro sběrač s délkou hlavy 1600 mm je nutné provádět úpravy trolejových vedení ve výměnných polích a trolejových výběhů výhybek tak, aby byla zajištěna správná poloha nabíhající troleje pro sběrač 1600mm.

Pro úpravy trakčního vedení platí přednostně tyto normy:

- o ČSN EN 50163 ed. 2 Drážní zařízení – Napájecí napětí trakčních soustav,
- o ČSN 34 1500 ed.2 Elektrotechnické předpisy. Předpisy pro elektrická trakční zařízení
- o ČSN 34 1530 ed. 2 Elektrická trakční vedení železničních drah celostátních, regionálních a vlečků
- o ČSN EN 50122-1ed. 2 Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemňování a zpětný obvod - Část 1: Ochranná opatření proti úrazu elektrickým proudem,
- o ČSN EN 50119 ed. 2 Drážní zařízení – Pevná trakční zařízení – Trolejová vedení pro elektrickou trakci
- o ČSN EN 50149 ed.2 Drážní zařízení – Pevná drážní zařízení – Elektrická trakce – Profilový trolejový vodič z mědi a slitin mědi,
- o ČSN EN 50206-1 ed.2 Drážní zařízení - Kolejová vozidla - Pantografové sběrače: Vlastnosti a zkoušky - Část 1: Pantografové sběrače proudu vozidel pro tratě celostátní
- o ČSN EN 50367 ed.2 Drážní zařízení - Systémy sběračů proudu - Technická kritéria pro interakci mezi pantografovým sběračem a trolejovým vedením (pro dosažení volného přístupu)
- o ČSN EN 50124-1 Drážní zařízení – Koordinace izolace – Část 1: Základní požadavky – Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty pro všechna elektrická a elektronická zařízení,

- o ČSN EN 50124-2 Drážní zařízení – Koordinace izolace – Část 2: Přepětí a ochrana před přepětím,
- o ČSN EN 60383-2 Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1000V Část 2: Izolátorové řetězce a izolátorové závěsy pro soustavy se střídavým napětím. Definice, zkušební metody a přijímací kritéria, Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem.

3.5 Vazba na sousední státy

3.5.1 Německo

Mezi českou a německou železnicí se nachází přechod mezi trakčními soustavami 3kV DC a 15kV AC na následující trati:

Děčín – Bad Schandau

U tohoto přechodu jsou v současné době velké problémy s bludnými proudy (viz. 6.7). Na německé straně jsou ocelové konstrukce přizemněny a bludné proudy z české strany přes ně prochází do země. Přechodem na 25kV budou tyto problémy minimalizovány. Vždy půjde o přechod AC25kV a AC15KV.

3.5.2 Polsko

Mezi českou a polskou železnicí se nachází železniční elektrizované přechody na následujících tratích:

Lichkov – Miedzylesie

Bohumín – Chalupki

Petrovice u Karviné – Zebrzydowice

Český Těšín - Cieszyn

U těchto přechodů je navrhováno ponechat neutrální pole ve stávajících místech. V navazujících dokumentacích bude nutné tyto neutrální pole dopravně posoudit z hlediska průjezdu se staženým sběračem. Dále bude nutné podrobně posoudit vliv střídavé trakce na stávající kabeláž, která je na polské straně. Při přestavbě na 25kV bude nutné tyto nevyhovující kabely (případně provést jejich úpravy) vyměnit. Bludné proudy, které budou vyvolány sousední trakcí 3kV bude nutné řešit pouze na našem území v rámci konverze.

Polsko provozuje železnice napájené systémem 3 kV. Avšak při chystané výstavbě vysokorychlostních železnic Warszawa – Lodz – Poznan / Wrocav – (Praha) - projekt „Y“ je uvažováno s aplikací systému 25 kV 50 Hz, neboť praktická mez použitelnosti systému 3 kV končí s ohledem na extrémně velké proudy v oblasti rychlostí kolem 200 km/h. Po zkušenostech z Belgie i jiných zemí lze předpokládat, že průchod vysokorychlostních železnic napájených systémem 25 kV územím konvenčních tratí, tradičně napájených systémem 3 kV, iniciuje postupný přechod i konvenčních tratí na jednotný systém 25 kV. Tato změna bude aktuální zejména na rovinatých potenciálně rychlých tratích, které jsou v Polsku velmi četné. Potíže s nízkou kvalitou napájení vlaků na systému 3 kV (nedodržení požadavků TSI a EN 50 388) již byly na polském odborném fóru popsány (viz: konference POJAZDY SZYNOWE 2016, referát „INFRASTRUKTURA ELEKTROENERGETYKI DLA NOWOCZESNEGO TABORU TRAKCYJNEGO W ODNIESIENIU DO SYTUACJI KOLEI W POLSCE“, který přednesl prof. dr hab. inž. Adam Szeląg, Politechnika Warszawska, Instytut Maszyn Elektrycznych.

3.5.3 Slovensko

Mezi českou a slovenskou železnicí se nachází železniční elektrizované přechody na následujících tratích:

Mosty u Jablunkova – Čadca

Horní Lideč - Púchov

Vývoj na železnicích v ČR je do jisté míry ovlivněn vývojem na Slovensku. Obě země spojuje Praha – Ostrava / Púchov – Žilina – Košice – Čierna nad Tisou. Ta je v současnosti evropským nákladním koridorem RFC 9 (Rýn - Dunaj) podle Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1316/2013. Slovensko přijalo rozhodnutí změnit systém 3 kV na 25 kV a bude jej postupně naplňovat od západu. Tratě Žilina – Púchov – státní hranice CZ/SK a Žilina – Čadca – státní hranice CZ/SK budou jako jedny z prvních převedeny na systém 25 kV. To má i technickou logiku, neboť vrcholovými průsmyky (Jablunkovským i Lyským) procházejí tratě táhlými rampami se stoupáním 16 promile a zvládnout zde dopravu těžkých nákladních vlaků (nově i délky 740 m) klade mimořádně vysoké nároky na pevná trakční zařízení.

Obě přeshraniční tratě koridoru RFC 9 byly budovány v rámci bývalého Československa, bez jejich rozdělení státní hranicí. Proto na nich byl uplatněn systém zajištění provozu při výpadku kterékoliv napájecí stanice tím, že její funkci převezmou sousední napájecí stanice. Avšak pokud by byl na straně ČR (SŽDC) ponechán systém 3 kV došlo by při naplňování plánu ŽSR na změnu systému 3 kV na 25 kV k porušení možnosti redundantního napájení. Proto je nezbytné koordinovaně provést změnu systému na těchto tratích ze 3 kV na 25 kV i na straně ČR.

Slovensko postupuje s modernizací tranzitních koridorů relativně pomalu, ale důkladně:

- nahrazuje veškerá úrovněová křížení s pozemními komunikace mimoúrovňovými,
- postupně zavádí vlakový zabezpečovač ETCS,
- napřimuje oblouky ke zvýšení traťové rychlosti,
- sjednocuje napájecí napětí na 25 kV 50 Hz.

Změna napájecího napětí ze 3 kV na 25 kV již proběhla v železniční sanici Púchov a v souvislosti s přeložkou tratě v údolí Váhu bude dále systém 25 kV pokračovat dále místo dosavadních 3 kV směrem do Žiliny. V roce 2017 je předpokládána konverze úseku Púchov – Lúky pod Makytou št. hr. ze 3 kV na 25 kV.

Též modernizovaná trať od Žiliny (odbočka Potok) směrem na Čadcu bude převedena na napětí 25 kV, a to do roku 2025.

Průjezd neutrálním polem, které je nutné pro přechod 25kV / 3kV, je v hornatém příhraničním úseku velmi obtížně proveditelný a způsoboval by velké dopravní komplikace.

3.5.4 Rakousko

Mezi českou a rakouskou železnici jsou v provozu pouze elektrizované přechody 25kV AC a 15kV AC.

3.6 Připojení na energetiku

3.6.1 Připojení současných napájecích stanic

a) Systém 3 kV

Na rozdíl od některých zemí (například Polsko), které využívají napájecí stanice s jednostupňovou transformací $3 \times 110 \text{ kV} / 3 \times 2,4 \text{ kV} / 3,3 \text{ kV DC}$ je na železnicích v ČR zaveden systém $3 \times 2,4 \text{ kV} / 3,3 \text{ kV DC}$ a to:

- s jednostupňovou transformací $3 \times 22 \text{ kV} / 3 \times 2,4 \text{ kV} / 3,3 \text{ kV DC}$,
- se dvojestupňovou transformací $3 \times 110 \text{ kV} / 3 \times 22 \text{ kV} / 3 \times 2,4 \text{ kV} / 3,3 \text{ kV DC}$.

Zhruba polovina (31) stejnosměrných napájecích stanic 3 kV (trakčních měníren) v síti SŽDC je připojena k distribuční síti $3 \times 22 \text{ kV} 50 \text{ Hz}$ a druhá cca polovina (28) stejnosměrných napájecích stanic 3 kV (trakčních měníren) v síti SŽDC je připojena k distribuční síti $3 \times 110 \text{ kV} 50 \text{ Hz}$.

Usměrňovače jsou používány diodové devanáctipulsní (dva fázově posunuté třífázové můstky). Napájení trakčního vedení je dvoustranné, trakční vedení je uprostřed mezi napájecími stanicemi podélně propojeno, u napájecích stanic též. Trakční napájecí stanice pracují paralelně. Vypínání vzdálených zkratů je řešeno vazbou napáječových rychlovypínačů.

Charakteristické vlastnosti:

- všechny tři fáze distribuční sítě jsou zatěžovány symetricky,
- odebíraný jalový výkon (magnetizační proud) není velký,
- odebíraný deformační výkon (vyšší harmonické složky) není velký,
- tok energie je pouze z distribuční sítě do trakční napájecí stanice (diody brání rekuperaci z trakční do distribuční sítě).

b) Systém 25 kV

Na rozdíl od některých území (například v Rusku), ve kterých není náležitě silná všeobecná elektrizace, a proto je podél dráhy taženo speciální napájecí vedení, jsou v ČR trakční napájecí stanice $3 \times 110 \text{ kV} / 27 \text{ kV}$ připojeny k různým bodům distribuční sítě. Ty se navzájem mohou lišit jak velikostí napětí, tak i fázovým úhlem. Proto nebylo zavedeno kdysi na začátku uvažované dvojestupňové napájení trakčního vedení a systém je prakticky od počátku až dosud provozován s jednostranným napájením a s podélným dělením jak uprostřed úseku, tak u napájecích stanic (střídání fází R/S/T).

Všechny napájecí stanice 25 kV (trakční transformovny jsou připojeny k distribuční síti 3 x 110 kV 50 Hz. Distribuční síť 3 x 22 kV je příliš měkká (má velkou vnitřní impedanci, tedy nízký zkratový výkon) a proto k ní nelze připojovat velké nesymetrické (jednofázové) odběry řádu MW, které napájení dráhy vyžaduje.

Transformátory jsou zpravidla na sekundární straně zapojeny do V (otevřený trojúhelník), každá fáze napájí jeden směr kolejí od napájecí stanice.

Charakteristické vlastnosti:

- tři fáze distribuční sítě jsou zatěžovány nesymetricky. Aby nesymetrický proud odebíraný trakční napájecí stanicí nezpůsobil velký rozdíl úbytků napětí na jednotlivých fázích vedení mezi elektrárnou místem odběru z distribuční sítě, musí být vnitřní impedance distribuční sítě v místě připojení napájecí stanice malá (zkratový výkon třífázové sítě musí být mnohonásobně větší, než trakční napájecí stanicí nesymetricky odebíraný výkon),
- odebíraný jalový výkon (magnetizační proud) býval u starších lokomotiv (s diodovými usměrňovači) dosti velký (účinník typicky jen cca 0,75), což bylo následně řešeno kapacitní kompenzací ve filtračně kompenzačních zařízeních. Novější lokomotivy s IGBT vstupními čtyřkvadrantovými měniči odebírají jen činný výkon, nikoliv jalový (magnetizační proud), účinník je blízky 1. Filtračně kompenzační zařízení nepotřebují, spíše mohou tato zařízení být příčinou potíží (rezonanční jevy),
- odebíraný deformační výkon (vyšší harmonické složky) býval u starších lokomotiv (s diodovými usměrňovači) velký (velmi silné liché harmonické složky proudu: 3., 5., 7., 9., 11., ...), což bylo následně řešeno laděnými filtry ve filtračně kompenzačních zařízeních. Novější lokomotivy s IGBT vstupními čtyřkvadrantovými měniči odebírají téměř sinusový proud, nikoliv deformační výkon, faktor výkonu blízky 1. Filtračně kompenzační zařízení nepotřebují, spíše mohou být příčinou potíží (rezonanční jevy),
- tok energie je možný funkcí transformátoru jak z distribuční sítě do trakční napájecí stanice, tak i zpět (je možná rekuperace z trakční do distribuční sítě), avšak není distributory vítán (je nesymetrický a náhodný).

Vývoj na straně energetiky

Výše uvedené systémy vznikly před zhruba 50lety. Kromě změn na straně železnice (vyšší rychlosti, vyšší výkony, vozidla s polovodičovými měniči, rekuperace, ...) nastal i změny na straně energetiky:

- snížilo se poměrné zastoupení zdrojů (elektráren) které lze řídit (tepelné elektrárny) a zvýšilo se poměrné zastoupení zdrojů (elektráren) které nelze řídit (jaderné elektrárny – běží trvale stálým výkonem a fotovoltaické či větrné elektrárny – běží náhodně proměnným výkonem). Důsledkem je mimo jiné i změna struktury ceny elektrické energie, rostoucím významem platby za odebíraný (rezervovaný) výkon (kW) a klesajícím významem platby za dodanou energii (kWh). Tedy odběratel s časově vyrovnaným odběrem výkonu zaplatí v součtu obou složek za odebranou elektřinu méně, než

odběratel s časově nevyrovnaným odběrem výkonu. Z hlediska působení principů matematické statistiky na sčítání náhodně působících dílčích příkonů jsou proto malé odběrní celky s malým počtem jednotlivých spotřebičů (dílčí sítě) hůře, než větší celky s větším počtem jednotlivých spotřebičů, které se navzájem doplňují,

- změnila se i struktura spotřeby: spolu s klesající energetickou náročností průmyslu se snížilo poměrné zastoupení velkých tří fázových symetrických spotřebičů,
- jednosměrně orientovaný tok energie (od centrálních elektráren ke spotřebitelům) se změnil na obousměrný (fotovoltaické, větrné a malé vodní elektrárny jakožto i kogenerační jednotky způsobují lokální přebytky energie v distribuční síti),
- jsou k dispozici přesné měřicí přístroje a analyzátory, které umožňují kontinuálně sledovat kvalitu dodávek a odběru elektrické energie mnohem přesněji a mnohem operativněji, než tradiční ručkové přístroje,
- došlo k rozdělení původně jednotného energetického řetězce od výroby, přes přenos a distribuci k dodávce elektrické energie na samostatné podnikatelské subjekty. Ty jsou navzájem vázány smluvními vztahy obsahujícími záruky kvality dodávek a odběru energie včetně sankcí za jejich nedodržení. To dává technickému tématu kvality dodávek a odběru elektrické energie úplně jinou obchodní a právní dimenzi, než tomu bylo v minulosti. Není snaha již tolerovat dříve přípustné nedodržení normativních smluvních podmínek, zejména při nových odběrech a při změnách původních smluv,
- obtížná průchodnost územím (ochrana přírody, vlastnictví pozemků, rostoucí urbanizace, ...) velmi komplikuje stavbu nových linek distribuční elektrické sítě, zejména vysokonapěťových. Nezískání souhlasu účastníků stavebního řízení na vybudování přípojky z distribuční sítě 3 x 110 kV respektive 3 x 22 kV může být KO kritériem pro celý projekt vybudování nového přípojného místa (v konkrétním případě trakční napájecí stanice a tím i elektrizaci příslušné tratě).

3.6.2 Připojení nových nebo modernizovaných napájecích stanic k distribuční síti

a) varianta bez projektu (ponechání systému 3 kV)

Stejnoseměrný systém 3 kV je limitován nízkou přenosovou schopností trakčního vedení. Jak vyplývá z energetických výpočtů, bylo by k zajištění kvality napájení podle TSI ENE a ČSN EN 50 388 i k dodržení úrovně dotykového napětí podle ČSN EN 50 122-1 pro současný a budoucí (narůstající) provoz nutno snížit vzdálenost napájecích stanic z nynějších cca 20 km až 30 km na cca 10 km. V praxi to znamená vložit mezi existující napájecí stanici další nově vybudovanou napájecí stanici, v kritických úsecích (traťové úseky s velkým stoupáním, železniční uzly) i dvě. Podobné případy ve světě u systému 3 kV existují, například v Itálii na jižní Brenerské rampě (střední vzdálenost napájecích stanic cca 7 km).

V podmínkách SŽDC by to znamenalo najít vždy zhruba uprostřed mezi současnými napájecími stanicemi vhodné místo, nakoupit pozemek pro stavbu nové přídavné napájecí stanice. Zajistit k němu přívod elektrické energie z distribuční sítě 3 x 22 kV nebo 3 x 110 kV (výstavbu elektrické linky krajinou) a získat potřebný rezervaci výkonu výkon od správce sítě. To mohou být nemalé a drahé komplikace a v konkrétních místních podmínkách nemusí mít úspěšné řešení. Alternativou k obtížně proveditelnému připojení nové vložené DC napájecí stanice k třífázové distribuční síti 110 kV či 22 kV může být její napájení závěsným kabelem 3 x 22 kV ze sousední již existující DC napájecí stanice. To však má své výkonové limity a přináší se sebou i technické problémy (nutnost kompenzace kapacitního proudu). Tento způsob napájení závěsným kabelem je použit na trati č. 320 Bohumín – Čadca, kde je z TM Jablunkov Návsí napájena dvěma vývody se dvěma paralelními kabely typu AXCES 3x95/25 12-24kV TM Mosty u Jablunkova o výkonu 2x5,3MVA. Z tohoto rozvodu je rovněž napájena spotřeba žst. Jablunkov Návsí, zast. Bocanovice a žst. Mosty u Jablunkova. Realizace a uvedení do provozu proběhlo v roce 2009. Dle vyjádření OŘ Ostrava funguje toto napájení bez problémů.

Samostatným tématem je namáhání původních k tomuto účelu nepřizpůsobených podpěr (stožárů) trakčního vedením zavěšením těžkého kabelu 3 x 22 kV. Vede k nutnosti použít masivnější (příhradové) stožáry s mohutnějšími betonovými základy, což je drahé jak investičně, tak i stavebně (nutnost rozsáhlých provizních i napěťových výluk pro výstavbu nových stožárů a pro převěšení trakčního vedení).

S ohledem na krátkost napájených úseků je odběr výkonu v místě připojení z distribuční sítě dost rozkolísaný (velký poměr mezi maximálními a středními výkony) a pravděpodobnost úspěšné rekuperace (předání energie mezi vozidly) je jen malá.

b) varianta s projektem (změna systému ze 3 kV na 25 kV)

Jednodušší a levnější cestou k zajištění kvality napájení podle TSI ENE a ČSN EN 50 388 i k dodržení úrovně dotykového napětí podle ČSN EN 50 122-1 pro současný a budoucí (narůstající) provoz je změna systému 3 kV DC na 25 kV 50 Hz. Podstata tkví v tom, že systém 25 kV 50 Hz má násobně vyšší přenosovou schopnost, než systém 3 kV DC, a proto zvládne splnit výše uvedené požadavky bez nutnosti doplňovat dílčí vložené napájecí stanice. Tedy i bez nutnosti budovat nová připojení k distribuční síti. Přenosová schopnost systému 25 kV je natolik velká (a lze ji dále zvýšit použitím paralelního zesilovacího respektive napájecího vodiče a zemního lana), že by mohla být polovina napájecích stanic zrušena a jen polovina napájecích stanic převedena ze systému 3 kV na systém 25 kV. Tím by se vzdálenost napájecích stanic na předělaných tratích (cca 2 x 25 km) přiblížila hodnotě vzdálenosti napájecích stanic na tratích v minulosti přímo elektrifikovaných systémem 25 kV (cca 40 až 50 km). Avšak toto řešení není optimální:

- jedna polovina připojení současných DC napájecích stanic k distribuční síti by byla nevyužita a zrušena,
- druhou polovinu připojení současných DC napájecích stanic k distribuční síti by bylo nutno výkonově posílit (zhruba na dvojnásobek), aby byly schopny nahradit zrušené sousední napájecí stanice.

Rozumnější se jeví (na tratích již v minulosti elektrifikovaných systémem 3 kV) ponechat prakticky všechny DC napájecí stanice a přebudovat je na AC napájecí stanice a tím využít všechna již existující připojení k distribuční síti 3 x 22 kV a 3 x 110 kV.

Z této silné soustavy napájecích stanic 25 kV napájet nejen páteřové tratě, podél kterých byly dotyčné napájecí stanice 3 kV v minulosti vybudovány, ale i dosud neelektrifikované odbočné tratě (metoda rybí kosti). Tento princip je u systému 25 kV velmi výhodný, neboť jeho přenosová schopnost je velká (násobně vyšší, než u systému 3 kV) a lze takto bez potíží napájet tratě délky cca 40 až 60 km a tyto elektrifikovat jen za cenu trakčního vedení bez nutnosti stavět nové napájecí stanice, respektive je napájet proti nově postaveným napájecím stanicím 25 kV ve vzdálenosti cca 60 až 100 km (budované v železničních uzlech pro více tratí). Tím dochází nejen k úspoře investic na budování napájecích stanic a řešení jejich napojení na distribuční síť, ale i k úspoře plateb za elektřinu, neboť ve velkých napájených celcích je mnohem menší poměr mezi maximálním a středním výkonem, než v malých celcích.

Varianty systému 25 kV 50 Hz

Stav techniky umožňuje řešit napájení drah systémem 25 kV 50 Hz v několika různých verzích:

25 kV 50 Hz R/S/T

Jde o systém podélného prostřídání fází R/S/T u napájecích stanic a uprostřed mezi nimi, zavedený v šedesátých letech minulého století a dosud provozovaný na tratích dnešních SŽDC (trakční transformovny se zapojením sekundárních vinutí transformátorů do V).

Zpřísněné požadavky na odběry z distribučních sítí s důrazem na symetrii zatěžování všech tří fází (viz 5. vydání technické normy PNE 33 34 30-0) připouštějí odebírat z jedné či dvou fází výkon (10 minutový) do úrovně 0,7 % zkratového výkonu. Jde o zpřísněné hodnoty, v minulosti bylo přípustné 2 %. Důvodem zpřísnění je povinnost (záruka) distributora vůči ostatním spotřebitelům dodávat jim symetrické třífázové napětí. Nesymetrický odběr proudu způsobuje vlivem vnitřní impedance nesymetrii napětí v místě odběru (rozdílnost úbytků napětí na jednotlivých fázích vedení mezi výrobou a spotřebou). Přitom růst odebíraného výkonu ze strany železnice vede k vyššímu (nesymetrickému) zatěžování.

Běžné drážní napájecí stanice s maximálním výkonem kolem 10 až 20 MVA jsou proto připojitelné jen k distribuční síti v místě kde má třífázový zkratový výkon větší než 1 400 až 2 800 MVA. Realita v ČR je však taková, že zkratový výkon distribuční sítě se v místě připojení napájecích stanic pohybuje zhruba v mezích cca 100 až 200 MVA u sítí 22 kV cca 500 až 1 000 MVA u běžných sítí 110 kV. Pro splnění nových podmínek potřebné hodnoty zkratových výkonů kolem 2 000 až 3 000 MVA jsou dosažitelné jen v sítích 110 kV a to v těsné blízkosti transformoven 400 kV/110 kV, tedy zpravidla jen ve velkých průmyslových centrech.

Tradiční technologie napájení systému 25 kV (transformátory zapojené do V) jsou tedy pro náhradu měněním 3 kV většinou nepoužitelné, neboť v daném místě není náležitě tvrdá distribuční síť (nízký zkratový výkon). Totéž platí i pro zvyšování výkonu napájecích stanic na systému 25 kV na tratích již v

minulosti elektrifikovaných systémem 25 kV, či pro stavbu nových napájecích stanic na tratích nově elektrifikovaných.

Nevýhodou systému střídání fází v trakčním vedení je nutnost častého (opakovaného) vypínání odběru proudu vozidla u každé napájecí stanice a uprostřed mezi napájecími stanicemi a s ním spojené komplikace: přerušení tažné síly, přerušené napájení pomocných sítí, přerušovaný ochod klimatizace, přerušené rekuperační brzdění a omezený dosah předávání energie při rekuperačního brzdění mezi vozidly. S ohledem na krátkost napájených úseků je odběr výkonu z distribuční sítě v místě připojení dost rozkolísaný (velký poměr mezi maximálními a středními výkony).

25 kV 50 Hz R

Jde o systém jednotné fáze („železniční fáze“), nazývaný též soufázový. Inspirací mu do jisté míry byl systém 15 kV 16,7 Hz, používaný v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Švédsku a Norsku. Jeho výhodou je možnost napájení dlouhých úseků bez střídání fází (bez dělení s neutrálními poli), což zjednodušuje trakční vedení i provoz vozidel. U vlaků odpadá opakované vypínání proudu a s ním spojené komplikace: přerušení tažné síly, přerušené napájení pomocných sítí, přerušovaný ochod klimatizace, přerušené rekuperační brzdění. Dosah rekuperace (prioritně mezi vozidly a případně i zpět do distribuční sítě) je velký, brzdové odporníky byly pro minimální potřebnost na vozidlech zrušeny.

Vyžaduje však symetrizaci (přechod z jednofázového odběru na třífázový). To je při současném stavu techniky řešeno pomocí paralelních aktivních polovodičových balancérů, která rozdělují jednofázový proudový odběr vozidel do všech tří fází distribuční sítě.

S pomocí aktivních balancérů lze napájet elektrifikovanou železnici se systémem 25 kV 50 Hz symetricky napájet z distribuční sítě 3 x 110 kV a přitom splnit kritérium 0,7 % zkratového výkonu i u měkkých sítí. Dokonce lze jednofázový systém 25 kV symetricky napájet i z distribuční sítě 3 x 22 kV s nízkým zkratovým výkonem, což bylo při technice V transformátorů naprosto nemyslitelné. Postačuje, aby distribuční síť měla v místě odběru k dispozici potřebný činný výkon. To je v případě přestavby již existujících měníren 3 kV na napájecí stanice 25 kV splněno. Navíc nižší ztráty v napájení a vyšší využití rekuperace potřebný odběr snižují (vytvářejí rezervu na růst dopravního zatížení).

Aktivní balancér též umí kompenzovat účinník, není nutno budovat samostatné kompenzační stanice. Neumí však sám o sobě filtrovat vyšší harmonické, ale to lze řešit přídavnými filtry laděnými na příslušné kmitočty lichých harmonických. Avšak vozidla s diodovými usměrňovači, která produkují vyšší harmonické složky proudu, postupně dožívají a v provozu je nahrazují nová vozidla se čtyřkvadrantovými vstupními měniči, která neprodukují vyšší harmonické složky proudu.

Aktivní balancér symetrizuje proud ve třech fázích jak při odběru výkonu, tak i při předávání rekuperované energie ze systému 25 kV 50 Hz do třífázové distribuční sítě 3 x 110 kV respektive 3 x 22 kV 50 Hz. Avšak čím jsou napájené úseky delší, tím je pravděpodobnost přebytku energie v systému 25 kV menší – brzdícím vozidlem rekuperovanou energii spotřebují jiná vozidla. Díky delším respektive rozsáhlejší (rozvětvenější) napájeným úsekům je též odběr výkonu v místě připojení z distribuční sítě méně rozkolísaný (příznivě menší poměr mezi maximálními a středními výkony).

25 kV 50 Hz R stab.

Jde o zdokonalení systému jednotné fáze 25 kV 50 Hz R tak, že aktivní balancér je využit nejen k symetrizaci proudu do tří fází a kompenzaci účinníku, ale i ke stabilizaci výstupního napětí. Tu provádí (v součinnosti s odbočkovou regulací na primární straně transformátoru) balancér změnou jalového proudu (v rámci dovolených hodnot) a tím mění induktivní úbytek napětí na vnitřní impedanci napájecí stanice. Tím je vyrovnáván vliv různé úrovně napětí ve dvou různých bodech distribuční sítě 3 x 110 kV, respektive 3 x 22 kV, s cílem potlačit vznik vyrovnávacích proudů mezi sousedními napájecími stanicemi, protékajících trakčním vedením. Za těchto podmínek je (pokud jsou obě napájecí stanice připojeny k distribuční síti v místech s alespoň přibližně stejnou fází napětí) zavést dvoustranné spojitě napájení (podobně jako na systému 15 kV 50 Hz v Německu či v Rakousku či na stejnosměrné síti 3 kV v ČR) bez nutnosti stahovat sběrač či vypínat proud.

Hodnocení

Použití systémů 25 kV 50 Hz R a 25 kV 50 Hz R stab. bylo předběžně projednáno se správci distribučních sítí ČEZ (teritoriálně: střed a sever ČR) a EON (teritoriálně: jih ČR). Oba správci vítají odstranění nesymetrického zatížení fází distribučních sítí a vůči systému 25 kV 50 Hz R (respektive vůči systému 25 kV 50 Hz R stab. s jednostranným napájením) nemají výhrad.

U systému 25 kV 50 Hz R stab. s dvoustranným napájením pokládají správci distribučních sítí za nezbytné analyzovat a vyřešit otázky propojování dvou různých bodů distribučních sítí se zaměřením na:

- potlačení přetoku vyrovnávacích proudů mezi dvěma připojovacími body k distribuční síti způsobených různou amplitudou či fází napětí v těchto bodech (amplitudu napětí lze vyrovnat odbočkovou regulací a jalovým proudem generovaným balancérem, vliv pootočení fází je oslaben vyšší impedancí trakčního vedení o nižším napětí ve srovnání s distribuční sítí),
- řízení rozpadu propojení při zkratech a poruchách (obdoba vazby napáječových rychlovypínačů u DC napájení),
- zamezení vlivu propojení frekvenčních signálů hromadného dálkového ovládání (HDO) mezi různými soustavami (lze řešit filtrací příslušných kmitočtů).

Předběžně bylo dohodnuto, že napájecí stanice s balancéry bude možno u pilotního projektu připojit k distribuční síti uvést do provozu v režimu 25 kV 50 Hz R respektive 25 kV 50 Hz R stab s rozpojenými spínacími stanicí uprostřed mezi napájecími stanicemi (jednostranné napájení). Přechod na systém 25 kV 50 Hz R stab. s propojením uprostřed mezi napájecími stanicemi (dvoustranné napájení) bude možný na základě provedené analýzy a zkoušek.

Též u dalších projektů bude vždy potřeba věnovat podmínkám propojení sousedních napájecích stanic dvoustranně napájeným trakčním vedením náležitou pozornost a případ od případu je

individuálně posoudit a řešit. V zásadě jsou tři možné situace prostorové topologie energetických distribučních sítí:

- obě sousední napájecí stanice jsou připojeny k síti téhož distributora a to k její stejné větvi (je potřebné prověřit rozpad a vypínání zkratů, problémy nejsou očekávány),
- obě sousední napájecí stanice jsou připojeny k síti téhož distributora a to k jejím různým větvím (je potřeba též technicky posoudit fázi napětí v obou bodech – vliv podélného induktivního úbytku způsobeného průtokem činné složky proudu v distribuční síti, plus téma HDO),
- sousední napájecí stanice jsou připojeny k síti různého distributora (je potřeba posoudit též fázi napětí v obou bodech – vliv podélného induktivního úbytku způsobeného průtokem činné složky proudu v distribuční síti, plus téma HDO) a řešit též obchodní otázky účtování případných přetoků energie mezi sítěmi různých distributorů.

Jde nejen o technické, ale i o obchodní záležitosti. Území ČR je z hlediska distribuce elektrické energie rozděleno mezi tři nezávislé společnosti. Jejich teritoriální hranice přitom odpovídají bývalému krajskému uspořádání ČSSR:

E.ON: bývalý Jihočeský a Jihomoravský kraj,

PRE: hlavní město Praha,

ČEZ: ostatní kraje (Středočeský, Východočeský, Severočeský, Západočeský, Severomoravský),

S ohledem na geografické uspořádání elektrického napájení železnic v ČR (sever 3 kV, jih 25 kV) je převážná část stejnosměrných napájecích stanic 3 kV na území, na kterém zajišťuje distribuci energie ČEZ. Čtyři napájecí stanice leží na území PRE a tři na území E.ON. Se všemi třemi distributory již byl v rámci řešení této studie zahájen dialog o změně systému napájení a o uvažované technologii symetrizace odběrů aktivními balancéry.

Distributoři

Napájecí stanice 3 kV náleží do geografických oblastí působení tří distributorů:

ČEZ – 57 trakčních napájecích stanic 3 kV (Běchovice, Rostoklaty, Pečky, Kolín, Chvaletice, Opočínec, Moravany, Choceň, Ústí nad Orlicí, Česká Třebová, Rudoltice, Hoštšjn, Červenka, Grygov, Prosenice, Hranice, Suchdol, Studénka, Svinov, Dětmárovice, Český Těšín, Jablůnkov, Nymburk, Stará Boleslav, Mělník, Hoštka, Libochovany, Těchlovice, Děčín, Vraňany, Roudnice, Trmice, Koštov, Světec, Oldřichov, Most, Louka, Chomutov, Tvršice, Karlštejn, Strančice, Benešov, Čelákovice, Dobšice, Káranice, Hradec Králové, Týniště nad Orlicí, Jablonné nad Orlicí, Opatov, Šumperk, Říkovice, Valašské Meziříčí, Ústí u Vsetína, Střelná, Opava, Kunčice, Albrechtice.

PRE – 4 trakční napájecí stanice 3 kV (Balabenka, Třešňovka, Chuchle, Roztoky).

E.ON - 3 trakční napájecí stanice 3 kV (Nezamyslice, Nedakonice, Otrokovice).

Uzlové oblasti

Z hlediska napojení na přenosovou soustavu jsou stejnosměrné napájecí stanice 3 kV na tratích SŽDC napájeny ze čtrnácti uzlových oblastí (normální provozní stav).

Řeporyje – 4 trakční napájecí stanice 3 kV (Karlštejn, Chuchle, Roztoky, Vraňany),

Čechy střed – 7 trakčních napájecích stanic 3 kV (Strančice, Třešňovka, Balabenka, Běchovice, Čelákovice, Stará Boleslav, Mělník),

Týnec – 5 trakčních napájecích stanic 3 kV (Rostoklaty, Pečky, Kolín, Nymburk, Dobšice),

Opočínec – 2 trakční napájecí stanice 3 kV (Chvaletice, Opočínec),

Neznášov – 4 trakční napájecí stanice 3 kV (Moravany, Choceň, Hradec Králové, Týniště nad Orlicí),

Krasíkov – 8 trakčních napájecích stanic 3 kV (Ústí nad Orlicí, Česká Třebová, Rudoltice, Hoštejn, Červenka, Opatov, Jablonné nad Orlicí, Šumperk),

Prosenice – 7 trakčních napájecích stanic 3 kV (Grygov, Prosenice, Říkovice, Hranice, Valašské Meziříčí, Ústí u Vsetína, Střelná),

Kletné – 2 trakční napájecí stanice 3 kV (Suchdol, Studénka),

Nošovice – 2 trakční napájecí stanice 3 kV (Svinov, Jablunkov),

Albrechtice – 3 trakční napájecí stanice 3 kV (Dětmarovice, Český Těšín, Albrechtice),

Horní Životice – 1 trakční napájecí stanice 3 kV (Opava),

Lískovec – 1 trakční napájecí stanice 3 kV (Kunčice),

Otrokovice – 3 trakční napájecí stanice 3 kV (Nezamyslice, Otrokovice, Nedakonice),

Chotějovice a Vyškov – 13 trakčních napájecích stanic 3 kV (Roudnice, Hoštka, Libochovany, Těchlovice, Děčín, Trmice, Koštov, Světec, Oldřichov, Most, Louka, Chomutov, Tvršice).

Závěr:

Varianta s projektem minimalizuje dopad na výstavbu a provoz distribučních elektrických sítí. Kvalita odběru elektřiny vyhoví podmínkám distributorů a budou zcela minimalizovány požadavky na výstavbu nových linek. A to jak podél již elektrifikovaných tratí převáděných ze systému 3 kV na 25 kV, tak i na dalším území dosud neelektrifikovaných tratí, kde bude systém 25 kV nově aplikován (sever ČR). Ty budou prioritně napájeny z napájecích stanic převáděných ze 3 kV na 25 kV, a dále z malého počtu nových napájecích stanic, které nebudou situovány podél tratí, nýbrž v železničních uzlech, které jsou pokud možno zároveň i průmyslovými centry.

U jednotlivých projektů bude vždy potřeba věnovat podmínkám propojení sousedních napájecích stanic dvoustranně napájeným trakčním vedením náležitou pozornost a případ od případu je individuálně posoudit a řešit.

3.7 Porovnání 3kV DC a 25kV AC

Na základě historického vývoje jsou v České republice významně zastoupeny dvě trakční proudové soustavy a to stejnosměrná soustava 3kV ss a střídavá jednofázová soustava 25kV, 50Hz. V následném textu budou obě tyto používané soustavy porovnány z různých hledisek. Porovnání se netýká jiných trakčních proudových soustav, i když se vyskytují na našem území (1,5kV ss t.ú. Tábor – Bechyně a 15kV 16,7Hz t.ú. Retz - Znojmo). V uváděných délkách není uvažována nově elektrizovaná soukromá dráha Šumperk – Kouty nad Desnou trakční proudovou soustavou 3kV ss.

3.7.1 Základní popis trakčních proudových soustav

Rozsah trakčních proudových soustav v České republice

Celková délka tratí (jedno i více Kolejových) v ČR	9.459 km	100 %
Stejnoseměrná soustava 3kV ss	1.795 km	19,0 %
<u>Střídavá jednofázová soustava 25kV, 50Hz</u>	<u>1.382 km</u>	<u>14,6 %</u>
Celkem elektrizováno uvedenými soustavami tratí	3.177 km	33,6%

(Není uvažována trať Tábor – Bechyně s proudovou soustavou 1,5kV)

Ve srovnání s ostatními evropskými zeměmi je rozsah elektrizace sítě železnic v ČR (34 %) dost malý. To platí jak pro EU jako celek (57 %), tak pro sousední státy (Německo 54 %, Slovensko 44 %, Rakousko 69 %, Polsko 59 %).

Místa styku trakčních proudových soustav :

ŽST Nedakonice – km 132,103	t.ú. Přerov – Břeclav
Nezamyslice – Ivanovice na Hané – km 60,558	t.ú. Přerov – Brno
Svitavy – Březová nad Svitavou – km 228,109	t.ú. Česká Třebová – Brno
ŽST Kutná Hora hl. n. (koleje 1–6, 11) – km 287,580–287,310	t.ú. Kolín – Havlíčkův Brod
Benešov u Prahy – Olbramovice – km 130,900	t.ú. Praha – České Budějovice
Beroun – Zdice – km 41,080	t.ú. Praha – Plzeň
Kadaň-Prunéřov – Klášterec n. Oh. – km 138,900	t.ú. Chomutov – Cheb

3.7.2 Rozsah elektrizace v okolních zemích

Německo	střídavá 1fázová proudová soustava 15kV 16,7Hz	20.497 km
Rakousko	střídavá 1fázová proudová soustava 15kV 16,7Hz	3.852 km

Slovensko	stejnoseměrná proudová soustava 3kV	637 km
	Střídavá jednofázová proudová soustava 25kV 50Hz	768 km

Na Slovensku neuvažujeme úzkorozchodné a širokorozchodné dráhy.

Polsko	stejnoseměrná proudová soustava 3kV	11.920 km
--------	-------------------------------------	-----------

Místa pohraničního styku elektrizovaných drah :

Místo styku	soustava ČR	soustava sousedního státu
Horní Dvořiště – Rakousko	25kV, 50Hz	15kV, 16,7Hz
České Velenice – Rakousko	25kV, 50Hz	15kV, 16,7Hz
Břeclav – Rakousko	25kV, 50Hz	15kV, 16,7Hz
Břeclav – Slovensko	25kV, 50Hz	25kV, 50Hz
Hodonín – Slovensko	25kV, 50Hz	25kV, 50Hz
Horní Lideč – Slovensko	3kV, ss	3kV, ss *) - výhledově 25kV,50Hz
Mosty u Jablunkova – Slovensko	3kV, ss	3kV, ss - výhledově 25kV,50Hz
Petrovice u Karviné – Polsko	3kV, ss	3kV, ss
Bohumín – Polsko	3kV, ss	3kV, ss
Český Těšín – Cieszyn	3kV, ss	3kV, ss
Lichkov – Polsko	3kV, ss	3kV, ss
Dolní Žleb – Německo	3kV, ss	15kV, 16,7Hz
Vojtanov – Německo	25kV, 50Hz	bez trakce

*) Slovenská republika na základě rozhodnutí vlády připravuje přechod na střídavou jednofázovou trakční soustavu 25kV, 50Hz. ŽST Púchov je od 08/2015 elektrizován trakční proudovou soustavou 25kV, 50Hz. Následně je plánována změna napájení na tratích Lúky pod Makytou št.hr. – Púchov – Žilina a Čadca št. Hr. – Žilina a postupně ze Žiliny dále na východ.

3.7.3 Možnosti napájení

Stejnoseměrnou trakční proudovou soustavu 3kV ss je možné s ohledem na požadované výkony napájet jak z distribuční sítě 22kV tak 110kV 3f, 50Hz. Instalované výkony závisí na počtu napáječů (kolejí) a charakteristice trati. Zpravidla se jedná o jmenovité výkony na výstupu usměrňovačů 3MW – 15MW.

Ze 63 stejnosměrných napájecích stanic je 32 (50 %) připojeno k distribuční síti 3 x 22 kV a 31 (50 %) je připojeno k distribuční síti 3 x 110 kV.

Provozovanou střídavou jednofázovou soustavu 25kV, 50Hz lze z důvodu nesymetrie odběru napájet pouze z distribuční sítě 110kV. Při jednofázovém či dvoufázovém odběru z distribuční sítě 3 x 110 kV 50 Hz, respektive 3 x 22 kV 50 Hz smí činit nesymetrie nejvýše 0,7 % zkratového výkonu v místě odběru při měření v intervalu 10 minut (viz PNE 33 3430-0, bod 3.4.2 a 3.4.4). U dříve vybudovaných napájecích stanic však zpravidla není toto kritérium dodrženo. Instalované výkony závisí na počtu napáječů (kolejí) a charakteristice trati. Zpravidla se jedná o výkony 12MVA – 24MVA – 36MVA..

3.7.4 Počty napájecích stanic

	Počet TNS	Střední vzdálenost	Střední vzdálenost	Rezervovaný příkon	Rez. příkon TNS/100km	Rez. příkon TNS/100km	Úhrnná roční spotřeba	Úhrnná roční spotřeba
	ks	km	%	MW	MW	%	MWh/rok	%
Stejnoseměrná 3kV	63	28,5	100,0%	492	27,4	100,0%	884 219	100,0%
Střídavá 25kV, 50Hz	27	51,2	179,6%	389	28,1	102,7%	320 881	36,3%
Součet	90			881			1 205 100	

Stejnoseměrnou soustavou 3kV byly v minulosti počínaje rokem 1957 (Praha – Česká Třebová) elektrizovány nejdůležitější zpravidla dvoukolejné tratě. První střídavý provoz na trati Plzeň – Blatná je od roku 1961. Následně byly elektrizovány další tratě – významné dvoukolejné a méně významné jednokolejné. Výsledkem je, že úhrnná roční spotřeba je v ČR u tratí elektrizovaných systémem 25 kV zhruba třetinová, než na tratích elektrizovaných systémem 3 kV.

3.7.5 Elektrické vlastnosti

Porovnání elektrických vlastností pevných trakčních zařízení (PETZ) je provedeno dle schválených vstupních hodnot zadavatelem a dle katalogu výrobce PETZ EŽ Praha a.s.

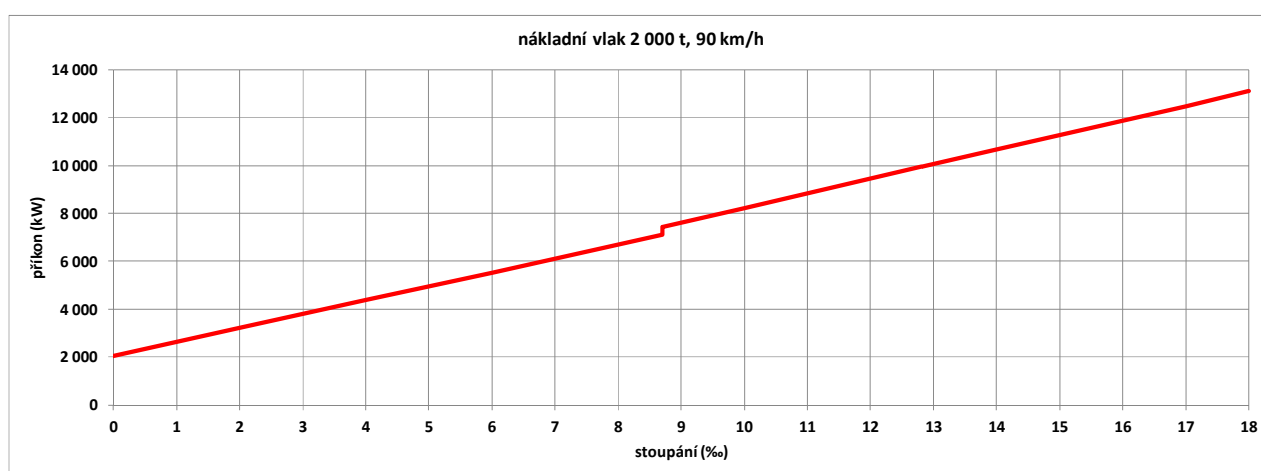
Střídavá proudová soustava 25kV 50Hz je typem sítě TN-C ve které je nulový bod bezprostředně uzemněn (u transformátoru, z důvodu zajištění správné funkce kolejových obvodů železničních zabezpečovacích zařízení nejsou v ČR kolejnice průběžně uzemňovány náhodnými ani strojenými zemniči) a neživé části chráněných zařízení jsou vodičem (kolejnicí) spojeny. Vodič PEN (kolejnice) plní současně funkci středního (pracovního) a ochranného vodiče. Ochrana před nebezpečným dotykem je zajištěna ukolejněním a samočinným odpojením od zdroje nebo kvalitním uzemněním.

Stejnoseměrná proudová soustava 3kV je typem sítě IT, která má na rozdíl od sítě TN-C nulový bod izolovaný od země. Trakční vodič a kolejnice jsou ve funkci pracovních vodičů. Ochrana před nebezpečným dotykem je zajištěna ukolejněním a samočinným odpojením od zdroje – nelze zemnit (podporovalo by to vznik bludných proudů). Kovové konstrukce, které mohou sloužit jako náhodný

zemnič, jsou z důvodu zamezení úniku bludných proudů připojovány přes průrazku (průrazová bleskojistka se zápalným napětím 500 V nebo 250V).

Avšak v souvislosti s rostoucí rychlostí vlaků osobní i nákladní přepravy jsou používána výkonnější vozidla, která odebírají vyšší proud, a s používáním legovaných kolejnic s vyšším odporem (a paradoxně i v souvislosti s čistší šterkovým ložem bez svodů, jakožto i s používáním hůře vodivých ocelových lan u stykových tlumivek náhradou za lana měděná), mohou (při současném uplatnění všech výše uvedených stavů) být překročeny povolené hodnoty dotykového napětí.

Nárůst příkonů nákladních vlaků dokazuje následující graf. Zlom v grafu mezi stoupáním 8-9 promile je způsoben nutností postrkové služby. Nárůst příkonu nákladních vlaků, ve srovnání s minulostí, je vyvolán nutností jejich rychlé jízdy v těsném sledu za rychlíky, zejména na dopravně silně zatížených tratích.



Odpor trakčního vedení a zpětné cesty pro jednokolejnou trať :

(opotřebení trolejového drátu 20%, oteplení 60°)

(opotřebení kolejnice 10%, oteplení 20°, kolejnice 60 E1)

Soustava 3kV ss Ω/km	150Cu+120Cu	$R_{\text{soust}} = R_v + R_z = 0,099 + 0,021 = 0,120$
-------------------------	-------------	--

Soustava 3kV ss Ω/km	150Cu+120Cu+1x120Cu	$R_{\text{soust}} = R_v + R_z = 0,066 + 0,021 = 0,087$
-------------------------	---------------------	--

Soustava 3kV ss Ω/km	150Cu+120Cu+2x120Cu	$R_{\text{soust}} = R_v + R_z = 0,050 + 0,021 = 0,071$
-------------------------	---------------------	--

Soustava 25kV, 50Hz	100Cu+50Bz	$Z_{\text{soust}} = (0,26 + j0,45) = 0,520 \Omega/\text{km}$
---------------------	------------	--

Soustava	U_{\min} kV	dU_{\max} kV	Trolej	Nosné lano	Zesilovací vedení	r, z ohm/km	I_{\max} A	$P_{U\min}$ MW	$L_{\max 2MW}$ km	$L_{\max 4MW}$ km	$L_{\max 6,5MW}$ km	Poznámka
3kV ss	2,7	0,6	150 Cu	120 Cu	-	0,120	1 414	7,636	27,0	13,5	8,3	oboustranné napájení
3kV ss	2,7	0,6	150 Cu	120 Cu	1 x 120 Cu	0,087	2 048	11,059	37,2	18,6	11,5	oboustranné napájení
3kV ss	2,7	0,6	150 Cu	120 Cu	2 x 120 Cu	0,071	2 682	14,483	45,6	22,8	14,0	oboustranné napájení
25kV, 50Hz cos fi = 0,95	22,5	4,5	100 Cu	50 Bz	-	0,52	760	16,245	92,6	46,3	28,5	jednostranné napájení

I_{\max} - maximální dovolený proud trakční soustavy

$P_{U\min}$ - maximální možný odebíraný výkon pro dovolený úbytek napětí uprostřed úseku a

I_{\max}

L_{\max} - maximální vzdálenost napájecích stanic pro příkon 1 lokomotivy uprostřed úseku
V případě střídavé soustavy se jedná o vzdálenost k neutrálnímu poli

Tabulka je sestavena pro jednotlivé trakční soustavy. Hodnota dU_{\max} je určena dle požadavků TSI LOC & PAS a EN 50 388 na minimální provozní napětí $U_{\min} = 2\,700$ V. Při poklesu napětí pod tuto hodnotu musí být snížen trakční výkon vozidel, a to až na nulu při napětí 2 000 V. Díky tomuto omezení sice nedochází k zásahu nadproudových ochran v napájecí stanici, ani podpěťové ochrany na vozidle, avšak nejsou dodrženy garantované trakční vlastnosti vozidel relevantní pro dodržení jízdních dob.

Z tabulky je zřejmé, že ani běžně nejvíce dimenzované trakční vedení 3 kV se dvojicí zesilovacích lan nezajistí zásobování energií v kvalitě podle TSI LOC & PAS a EN 50 388 ani pro jediné vozidlo o příkonu 6,5 MW, pokud je vzdálenost napájecích stanic větší než 14 km (zpravidla je tato vzdálenost kolem 25 km).

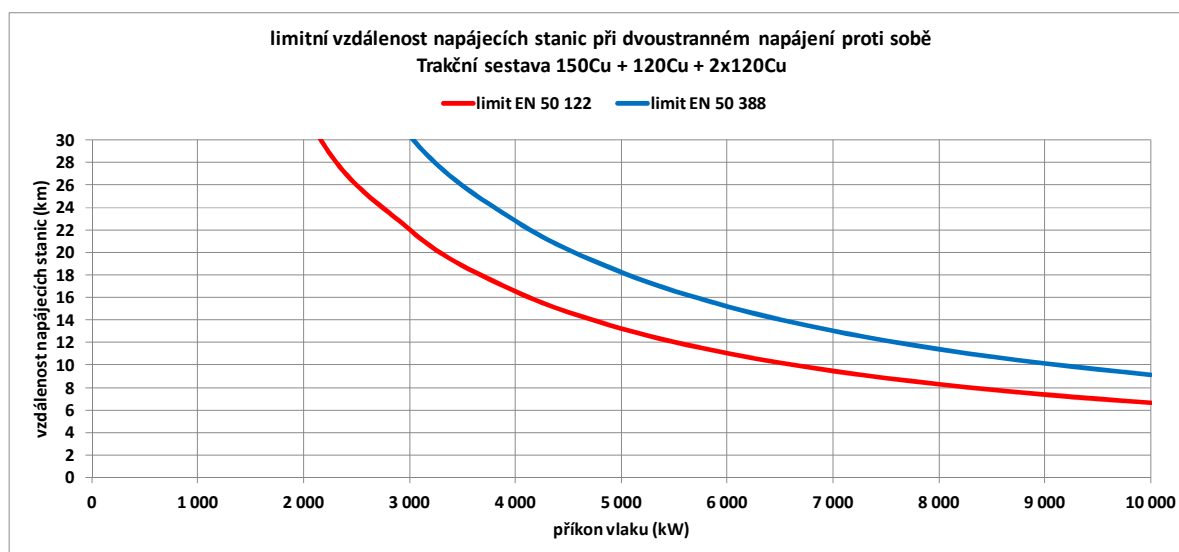
Přenosová schopnost trakčního vedení je ovlivněna šesti faktory:

- proudovou zatížitelností vrchního vedení (trolejový drát, nosné lano, zesilovací lano) z hlediska dovoleného oteplení
- proudovou zatížitelností zpětné cesty (zejména stykové tlumivky),
- celkovým odporem vedení (bezpečným rozlišením vzdáleného zkratu),
- dovoleným celkovým úbytkem napětí (viz EN 50 388),
- dovoleným úbytkem napětí na kolejnici (viz EN 50 122 – 1)
- akceptovatelnou výší ztrát energie.

U systému 3 kV je všech šest výše uvedených faktorů na násobně nižší úrovni než u systému 25 kV. Výsledkem je jak omezování výkonnosti vozidel (s dopadem na dodržování jízdních dob podle jízdního řádu), tak i propustné výkonnosti tratí (elektrická následná mezidobí jsou delší, než jak umožňují železniční zabezpečovací zařízení).

Odpor zpětné cesty (kolejnic) u stejnosměrné soustavy ($R_z = 0,021 \Omega/\text{km}$) byl určen na základě měření SŽDC TÚDC v 04/2016 viz. příloha. Důvodem zvýšení hodnoty odporu kolejnic (oproti tradičním hodnotám zhruba na 1,5 násobek) je kladení důrazu na mechanické vlastnosti kolejnic a ne na elektrické (legovaná ocel). Tato nová hodnota překračuje dříve používanou hodnotu dle SR 34 $R_z = 0,014 \Omega/\text{km}$. Další zvýšení odporu zpětné cesty způsobují používané stykové transformátory kolejových obvodů.

Výrazným problémem je zvýšení potenciálu napětí na kolejnici vlivem zpětného proudu. Při uvažovaném odporu zpětné cesty může docházet k překročení limitních hodnot dovoleného potenciálu napětí, které je dle **EN 50122 ed.2** $U_k = 120\text{V}$.



Jak dokazuje graf je pro dodržení normy EN 50122 ed.2 a tím TSI limitní úbytek napětí na kolejnici a to z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví osob !!

Jak vyplývá z výše uvedeného, je žádoucí zmenšovat odpor zpětné cesty jak z důvodu celkového úbytku napětí, tak z důvodu snižování potenciálu napětí na kolejnici. Tyto vlastnosti výrazně ovlivňují detekční prostředky zabezpečovacího zařízení (kolejové obvody), které zvyšují odpor zpětné cesty a omezují v případě střídavé trakční soustavy její pravidelné uzemňování. Je tedy žádoucí využívat jiných modernějších detekčních prostředků nevyužívajících zpětné cesty jako signální vodiče.

3.7.6 Mechanické vlastnosti

Jelikož stejnosměrná proudová soustava vyžaduje při stejném výkonu asi 8 krát větší proudy je průřez trolejového vedení zpravidla 3 – 4 krát větší. Použití větších průřezů troleje a nosného lana vyvolává větší kotevní tahy viz přehled hlavních sestav :

Soustava 3kV ss

Trolejový vodič 150 Cu, tah 15 kN, 1335kg/km nosné lano 120 Cu, tah 15 kN, 1098,9 kg/km

Zesilovací vedení 120 Cu, tah 4 - 6 kN, 1098,9 kg/km

Soustava 25kV, 50Hz

Trolejový vodič 100 Cu tah 10 kN, 890kg/km nosné lano 50 Bz, tah 10 kN, 447 kg/km

Modelové parametry pro ideální přímý úsek délky 1000m. Střední rozpětí bylo zvoleno 55,6m. Stožáry krajní kotevní ocelové BP 2ks, stožáry nosné ocelové DS 17 ks. Není uvažováno s hmotností kotvení sestav, proudové propojky v sestavě, tabulky, návěsti a ukolejnění :

Soustava 3kV ss

Sestava „J“, trolejový drát 150Cu s tahem 15kN, nosné lano 120 Cu s tahem 15kN bez přidavného lana. Zesilovací vedení 2x120 Cu s tahem 2 x 4kN.

Soustava 25kV, 50Hz

Sestava „S“, trolejový drát 100Cu s tahem 10kN, nosné lano 50 Bz s tahem 10kN, bez přidavného lana. Sestava je bez zesilovacího vedení.

Soustava	měď (kg/km)	měď (%)	ocel (kg/km)	ocel (%)	beton (m ³ /km)	beton (%)
3kV ss	4.658	100	9.956	100	103	100
25kV, 50Hz	1.348	28,9	7.899	79,3	83	80,5

V rámci posouzení se nezabýváme dynamickými vlastnostmi trakčního vedení, protože ty jsou podstatné pro rychlosti vyšší jak 160km/h a nejsou přímo závislé na volbě trakční proudové soustavy.

3.7.7 Investiční porovnání

a) Porovnání dle výměr surovin (měď, ocel a beton)

		cena/jedn	cena Kč	poměr %
Stejnoseměrná				
měď (kg)	4 658	240	1 117 894	
ocel (kg)	9 956	60	597 360	
beton (m3)	103	2000	206 440	
Celkem			1 921 694	100,0%
Střídavá				
měď (kg)	1 348	240	323 443	
ocel (kg)	7 899	60	473 940	
beton (m3)	83	2000	166 160	
Celkem			963 543	50,1%

Dle těchto ukazatelů lze usoudit, že dopad na životní prostředí jen při samotné výrobě potřebných surovin (není uvažována přeprava a montáž) je u střídavé trakce cca poloviční, než u trakce stejnosměrné.

b) Porovnání dle položkového rozpočtu s doplněním nezbytných položek :

			Elektrizace		Modernizace			
	Modelový příklad - 1km		Reálný příklad - 1km		Reálný příklad - 1km		Průměr	
	ZRN (tis Kč)	poměr %	ZRN (tis Kč)	poměr %	ZRN (tis Kč)	poměr %	ZRN (tis Kč)	poměr %
Stejnoseměrná	6 888	100,0%	6 261	100,0%	8 510	100,0%	7 220	100,0%
Střídavá	4 843	70,3%	4 118	65,8%	7 538	88,6%	5 500	76,2%

t.ú. Moravičany-Mohelnice (bez demontáže) přepočten na 2012 (rozvinutá délka TV 2,956 km)

t.ú. Tetčice - Zastávka 2012 (rozvinutá délka TV 7,066 km)

t.ú. Červenka - Moravičany přepočten na 2016 (rozvinutá délka TV 19,860 km)

t.ú. Havlíčkův Brod - Okrouhlice 2016 (rozvinutá délka TV 19,023 km)

Z tabulky je zřejmé, že čím je trať komplikovanější a rostou investiční náklady, zvyšuje se poměr střídavé soustavy k stejnosměrné. Reálný rozsah lze uvažovat mezi **70% - 80%**. Absolutní rozdíl se pohybuje kolem 1 – 1,5 mil. Kč bez DPH.

3.7.8 Ztráty v trakčním obvodu

Ztráty v trakčním obvodu jsou závislé na procházejícím proudu a čtverci reálného odporu trakčního vedení a zpětné cesty $dP = R \cdot I^2$. Ztráty rovněž závisejí na způsobu napájení, jestli se jedná o oboustranné nebo jednostranné. Pro stejnosměrnou soustavu 3kV uvažujeme jen oboustranné (jednostranné je výjimečné), u střídavé uvažujeme jednostranné – stávající způsob napájení a oboustranné – návrhový systém napájení. Teoreticky lze porovnat ztráty jako poměr středního úbytku napětí k napětí na zdroji U_0 . Střední úbytek napětí lze určit jako poměr integrálního součtu úbytku napětí podle vzdálenosti mezi napáječi a vzdáleností mezi napáječi.

Trakční vedení určené pro přenos výkonu je realizováno z materiálu s garantovanou čistotou a elektrickou vodivostí. Zpětná cesta tvořená kolejnicemi má naopak garantované rozměrové, chemické a hlavně mechanické vlastnosti. Elektrický odpor se prakticky neuvádí a využívají se dřívější údaje např. dle SR34. Navíc se ve zpětné cestě vyskytují v případě kolejových obvodů izolované styky, které jsou překlenuty stykovými transformátory propojenými s kolejnicemi ocelovými lany jenž rovněž zvyšují odpor a tím i ztráty ve zpětné cestě. Jelikož se dá předpokládat, že při změně trakční soustavy nebude docházet ke změně typu zabezpečovacího zařízení a rekonstrukce žel. svršku, není v dalších výpočtech se ztrátami ve zpětné cestě počítáno a jsou uvažovány pro obě soustavy jako přibližně shodné.

Pro oboustranné napájené úseky :

$$ztráty = \frac{dU_{stř}}{U_0} = \frac{\int_0^L \frac{r * x * (L - x) * I}{L} dx}{U_0}$$

Pro jednostranné do poloviny napájené úseky :

$$ztráty = \frac{dU_{stř}}{U_o} = \frac{\int_0^L r * x * I dx}{\frac{L}{U_o}}$$

Kde :

L - vzdálenost mezi napájecími stanicemi (km)

I - odebíraný proud z napájecí stanice (A)

r - měrná hodnota reálné složky odporu soustavy (Ω/km)

x - proměnná vzdálenost od napájení stanice

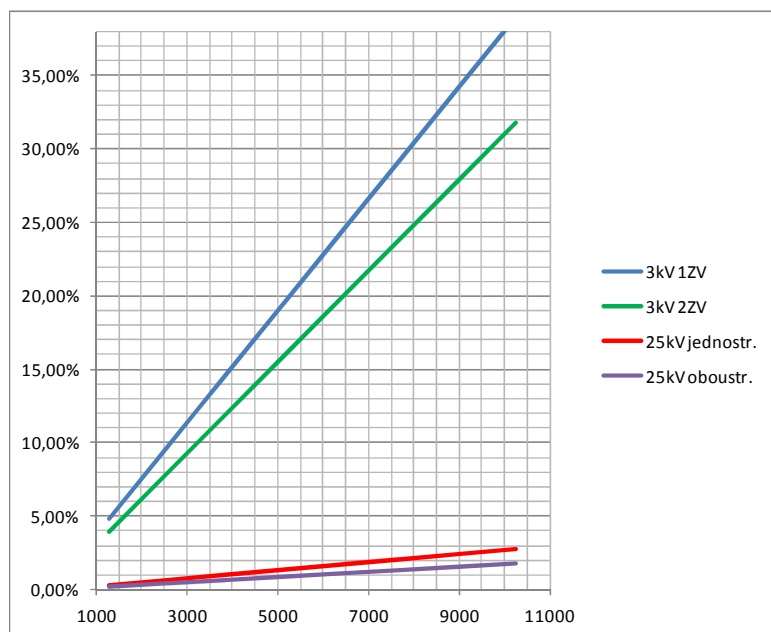
Tabulka pro střední vzdálenost mezi měnícími 28,5km

	3kV	3kV oboustr + 1ZV		3kV oboustr + 2ZV		25kV 50Hz	25kV jednostr- po NP		25kV oboustr	
Příkon	Proud	dU _{stř}	Ztráty	dU _{stř}	Ztráty	Proud	dU _{stř}	Ztráty	dU _{stř}	Ztráty
kW	A	V	%	V	%	A	V	%	V	%
1280	388	160,3	4,86%	130,9	3,97%	50	92,6	0,34%	61,8	0,23%
2564	777	321,1	9,73%	262,0	7,94%	100	185,3	0,69%	123,5	0,46%
3845	1165	481,4	14,59%	392,9	11,91%	150	277,9	1,03%	185,3	0,69%
5128	1554	642,2	19,46%	524,1	15,88%	200	370,5	1,37%	247,0	0,91%
6412	1943	802,9	24,33%	655,3	19,86%	250	463,1	1,72%	308,8	1,14%
7696	2332	963,7	29,20%	786,5	23,83%	300	555,8	2,06%	370,5	1,37%
8979	2721	1124,5	34,07%	917,7	27,81%	350	648,4	2,40%	432,3	1,60%
10263	3110	1285,2	38,95%	1048,8	31,78%	400	741,0	2,74%	494,0	1,83%
Střední ztráty		24,84%		20,20%			1,75%		1,16%	
Průměr		22,52%								
Poměr DC/AC							11,54			

Střední ztráty - střední hodnota ztrát určená poměrem celkových ztrát a rozsahem příkonu

Průměr - aritmetický průměr ztrát pro soustavu s 1 x ZV a 2 x ZV

Poměr DC/AC - poměr středních ztrát



Z grafu je zřejmé, že poměrné ztráty v trakčním obvodu rostou úměrně s výkonem. Tedy pokud například činily ztráty v éře lokomotiv o výkonu 2 MW jen 6 %, tak nyní při použití lokomotiv o výkonu 6 MW činí 19 %.

Dle výsledků můžeme určit ztráty v ČR používaných soustavách :

Stejnoseměrná 3kV napájená oboustranně cca **22,5 %**

Střídavá 25kV 50Hz napájená jednostranně cca **1,8 %**

Tabulka pro střední vzdálenost mezi měřírny 10km

Příkon kW	3kV Proud	3kV oboustr + 1ZV		3kV oboustr + 2ZV	
	A	dUstř V	Ztráty %	dUstř V	Ztráty %
1280	388	56,3	1,70%	45,9	1,39%
2564	777	112,7	3,41%	91,9	2,79%
3845	1165	168,9	5,12%	137,9	4,18%
5128	1554	225,3	6,83%	183,9	5,57%
6412	1943	281,7	8,54%	229,9	6,97%
7696	2332	338,1	10,25%	276,0	8,36%
8979	2721	394,5	11,96%	322,0	9,76%
10263	3110	451,0	13,67%	368,0	11,15%
Střední ztráty		8,71%		7,11%	
Průměr				7,91%	

Stejnoseměrná soustava 3kV napájená oboustranně se zahuštěním měření cca **8,0 %**

V současné době jsou ztráty ve stejnosměrné soustavě navíc :

$$dE = (22,5\% - 1,8\%) \times E = 20,7\% \times 884\,219 = \mathbf{183\,000\,MWh/rok}$$

V případě využití moderního soufázového napájení střídavou trakcí 25kV 50Hz pomocí měničů nebo balancérů, klesnou při dvoustranném napájení průměrné ztráty **k 1,2% ! Tento způsob napájení je nově preferován.**

Možné budoucí úspory dle uvedené spotřeby E stejnosměrné trakce je při přechodu na střídavou trakci s oboustranným napájením se započtením 6% na rekuperaci :

$$dE = (22,5\% - 1,16\% + 6\%) \times E = 27,34\% \times 884\,219 = \mathbf{241.745\,MWh/rok}$$

3.7.9 Rekuperace elektrické energie

Trakční motory vozidel jsou schopny pracovat nejen v motorickém, ale i v generátorickém režimu a při spádovém, zastavovacím či regulačním brzdění měnit potenciální respektive kinetickou energii vlaku v elektrickou energii :

- a) spádové rekuperační brzdění
- b) zastavovací rekuperační brzdění
- c) regulační rekuperační brzdění

Úspěšnost rekuperace

Z praktického využití rekuperace v okolních zemích, je patrné, že potenciál rekuperace je energeticky významný. Pochopitelně závisí na rychlosti jízdy, na vzdálenosti míst zastavení, na četnosti míst se sníženou rychlostí i na výskytu spádů. V praktickém provozu se potenciální měrná úspora energie rekuperačí pohybuje v hodnotách cca:

- 15 až 25 % u nákladních vlaků,
- 20 až 30 % u rychlíků,
- 40 až 60 % u osobních zastávkových vlaků.

Skutečnost, do jaké míry bude tento potenciál využit, závisí na třech okolnostech:

- a) jakým podílem se na brzdění vlaku podílí elektrodynamické brzdění (zda není nutno část práce brzd zmařit mechanickými třecími brzdami),
- b) zda jsou pevná trakční zařízení schopna převzít brzdícím vlakem nabízenou rekuperovanou elektrickou energii a předat jí k další spotřebě (zda není nutno celou nebo část k rekuperaci nabízené energie zmařit v brzdovém odporu vozidla),
- c) zda je pro nabízenou rekuperovanou energii odběr z trakčního vedení, nebo zda je nutno (a možno) ji předat k využití do distribuční sítě. Využití v trakční nebo v distribuční síti je sice z energetického hlediska téměř rovnocenné, avšak rozdíl je v ekonomice – výkupní cena elektrické energie z distribuční sítě je výrazně nižší, než prodejní (respektive může být i nulová), případně může být i předávání energie do distribuční sítě omezeno či zakázáno.

Absorpční schopnost trakční sítě (schopnost trakční sítě spotřebovat nabízený rekuperovaný výkon) je primárně určena její rozlehlostí (délkou a počtem traťových kolejí) a intenzitou provozu (reciprokou hodnotou rozestupu mezi vlaky, tedy reciprokou hodnotou součinu intervalu mezi vlaky

a jejich cestovní rychlosti). Tyto faktory společně vytvářejí střední odebíraný výkon, tedy pravděpodobnost, že v síti je aktuální poptávka po odběru rekuperovaného výkonu.

Rozhodujícím veličinami pro existenci odběru v trakční síti je délka napájeného úseku a interval mezi vlaky. Avšak existence náležitě velkého odběru ještě samo o sobě nepostačuje k úspěšné rekuperaci. Druhou rozhodující podmínkou je přenosová schopnost trakčního vedení – zda postačuje využitelný úbytek napětí k přenesení příslušného rekuperovaného výkonu ke spotřebiči. Tato podmínka omezuje vzdálenost, na kterou lze výkon přenášet. Přenosová schopnost trakčního vedení závisí zejména na podílu druhé mocniny napájecího napětí a odporu vedení, avšak je též ovlivněna poměrným využitelným úbytkem napětí. Ten je dán rozdílem poměrných odchylek napětí v místě rekuperace a v místě spotřeby.

Rekuperující vozidlo se chová jako zdroj proudu, respektive výkonu. Na pokles odběru proudu proto reaguje zvyšováním napětí. To je však dovoleno jen do určité meze, dané elektrickou odolností vozidel i pevných trakčních zřízení. Pro zvýšení dosahu rekuperace byla proto v EN zvýšena tradiční hodnota horní toleranční meze jmenovitého napětí 3 000 V z 20 % na 30 % (ze 3 600 V na 3 900 V). Na tratích SŽDC však nebyla tato vyšší dovolaná hodnota napětí při rekuperaci akceptována, a to z obav před poškozením strašících vozidel. Napětí při rekuperaci nesmí na tratích SŽDC přesáhnout původní mez 3 600 V. To však vytváří velmi malý odstup mezi napětím rekuperujícího vozidla a jmenovitým napětím trakční napájecí stanice. Oba tyto zdroje spolupracují při napájení vozidel odebírajících proud. Na vzájemné dělbě výkonu mezi rekuperující vozidlo a napájecí stanicí má vliv odpor vedení. Čím je energii odebírající vozidlo blíže k napájecí stanici a dále od rekuperujícího vozidla, tím více přebírá jeho odběr napájecí stanice a podíl rekuperujícího vozidla se snižuje.

Dle předchozí části tedy všeobecně platí, že na **stejnoseměrných** systémech není pravděpodobnost úspěšné rekuperace příliš vysoká. Příčin je více:

- krátké napájené úseky (z důvodu malé vzdálenosti napájecích stanic). Snaha zkvalitnit napájení (viz opatření k dodržení podmínek kvality napájení podle TSI ENE / EN 50 388, respektive k dodržení úbytku napětí na kolejnicích podle EN 50 122-1) cestou snížení vzdálenosti mezi měnírny (vkládání dalších měníren) pravděpodobnost úspěšné rekuperace ještě více snižuje,
- nízká přenosová schopnost vedení,
- nemožnost předávat energii do střídavé distribuční sítě (při použití tradičních diodových měníren),
- jízda vlaků s velkými odstupy (v důsledku dlouhých elektrických následných mezidobí).

Kromě toho je potřeba připomenout, že vlivem nízké účinnosti stejnosměrného trakčního vedení pracujícího při malém napětí a velkých proudech se značná část mezi stejnosměrnými vozidly předávané rekuperované energie ztratí (přeměnění v teplo) na odporech trakčního vedení.

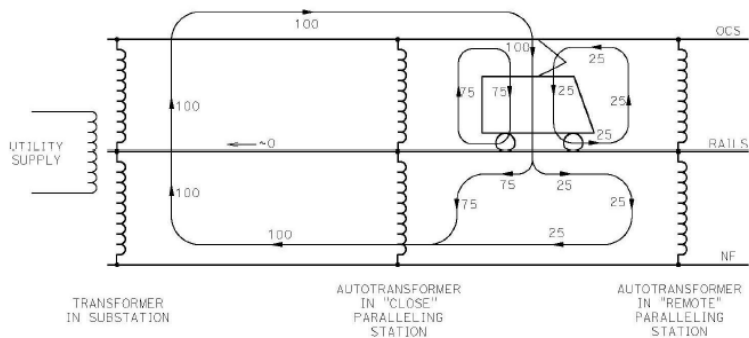
Na **střídavých** systémech je pravděpodobnost úspěšné rekuperace velmi vysoká, až 100 %. Příčin je více:

- dlouhé napájené úseky (z důvodu velké vzdálenosti napájecích stanic). Snaha zkvalitnit napájení cestou spojitého dvoustranného soufázového napájení pravděpodobnost úspěšné rekuperace zvyšuje,
- vysoká přenosová schopnost vedení,
- možnost předávat energii do střídavé distribuční sítě (funkcí transformátoru),
- jízda vlaků s malými odstupy (v důsledku krátkých elektrických následných mezidobí).

Vlivem vysoké účinnosti střídavého trakčního vedení pracujícího při velkém napětí a malých proudech se jen nepatrná část mezi vozidly předávané rekuperované energie ztratí (přeměnění v teplo) na odporech trakčního vedení.

3.7.10 Trakční proudová soustava 2x25kV, 50Hz

Zejména pro napájení vysokorychlostních tratí a tratí kde je potřeba přenášet k vozidlům velmi vysoké výkony je vhodné využít pomocného vedení o stejném napětí jako v trolejovém vodiči, ale s opačnou fází. Takto vznikne napájecí systém, který má v troleji vůči kolejnicím standardním napětí 25kV 50Hz, ale mezi trolejí a souběžným napájecím vedením je napětí 50kV. Energie ze souběžného napájecího vedení se do trakčního vedení převádí pomocí autotransformátorů. Takto lze vzdálenosti mezi trakčními transformovny zvětšit až na vzdálenost 90km. Schema principu napájení viz. obrázek.



2X25KV AUTOTRANSFORMER FEED SYSTEM:
TYPICAL PROPORTIONAL CURRENT DISTRIBUTION FOR TRAIN LOAD OF 200A

Z hlediska členění, rozsahu a dostupnosti vřeužitečné sítě všech napěťových hladin v České republice, je proudová soustava 2 x 25 kV, 50 Hz vhodná pro využití na vysokorychlostních tratích, kde je třeba vysokých výkonů napájecích zdrojů až 60 MW (vlak o délce 400 m, odpovídající délce nástupiště podle TSI INS odebírá výkon až 20 MW) a které budou v některých případech procházet územím (typicky: Českomoravská vysočina), kterým dosud nevedou patřičně výkonné distribuční linky 3 x 110 kV.

Předností systému 2 x 25 kV (s negativním napájecím vodičem) oproti systému 25 kV je zvýšení přenosové schopnosti trakčního vedení (teoreticky, při malé vzdálenosti odsávacích autotransformátorů, až na čtyřnásobek. Tato přednost se uplatní zejména při velké vzdálenosti

napájecích stanic. Avšak v případě konverze systému 3 kV na 25 kV budou naopak napájecí stanice blízko u sebe. Aby nebylo nutno posilovat připojení k distribuční síti je totiž navrhováno neredukovat počet původně stejnosměrných napájecích stanic s typickou vzdáleností 25 km. Tím bude vzdálenost mezi takto vzniklými trakčními napájecími stanicemi 25 kV, menší, než je dosud obvyklé na tratích SŽDC elektrizovaných systémem 25 kV (cca 45 km). Přitom bude aplikováno dvoustranné napájení. Podobně i na nově elektrizovaných konvenčních tratích (zpravidla jednokolejných), kde budou provozována především vozidla nižších výkonů, se jeví přenosová schopnost systému 25 kV dostačující. Příznivě ji ovlivňují moderní vozidla (účinník blízký jedné, rekuperační brzdění) a též i samo trakční vedení má své rezervy – indukčnost lze snížit zemním lanem, činný odpor zesilovacím vedením. Vždyť již v současnosti již v ČR několik let funguje elektrický provoz na železniční trati 25 kV České Budějovice – České Velenice v délce 50 km, jednostranně napájené z trakční napájecí stanice Nemanice..

3.7.11 Závěr

Dle jednotlivých článků porovnání, je střídavá jednofázová soustava 25kV, 50Hz z většiny hledisek výhodnější než stejnosměrná 3kV. Současné a budoucí trendy v oblasti dopravy budou klást důraz na rychlost, přesnost a kapacitu dopravní cesty, která bude klást vysoké nároky na kvalitu napájení. Jelikož je nyní v České republice oddělena železniční dopravní cesta od dopravců, budou dopravci po nákupu výkonných lokomotiv a souprav adekvátně žádat kvalitní a spolehlivé napájení – bez poklesů napětí a tím i výkonu lokomotivy. Pro zajištění těchto požadavků a požadavků TSI a bezpečnosti je vhodné postupně přejít na střídavou trakční soustavu 25kV 50Hz. Pro postupné nahrazení stejnosměrné trakční soustavy je nutné zohlednit všechna hlediska zde uvedená.

3.8 Zhodnocení dopadu na dopravce ohledně existujícího vozového parku

3.8.1 Ztráty v napájecím vedení na systému DC 3kV / AC 25kV

U stávající stejnosměrné napájecí soustavy 3kV jsou velké ztráty ve vedení. Tyto ztráty jsou závislé na odebíraném výkonu (tzn. u vysokovýkonných lokomotiv jsou vyšší). Dopravce platí nejen vozidlem odebranou elektrickou energií, ale i ztráty energie v trakčním vedení, neboť elektroměr je na vstupu trakční napájecí stanice. Cena se tedy zvyšuje v poměru napětí:

$$C' = C \cdot U_{0NS} / U_{sb}$$

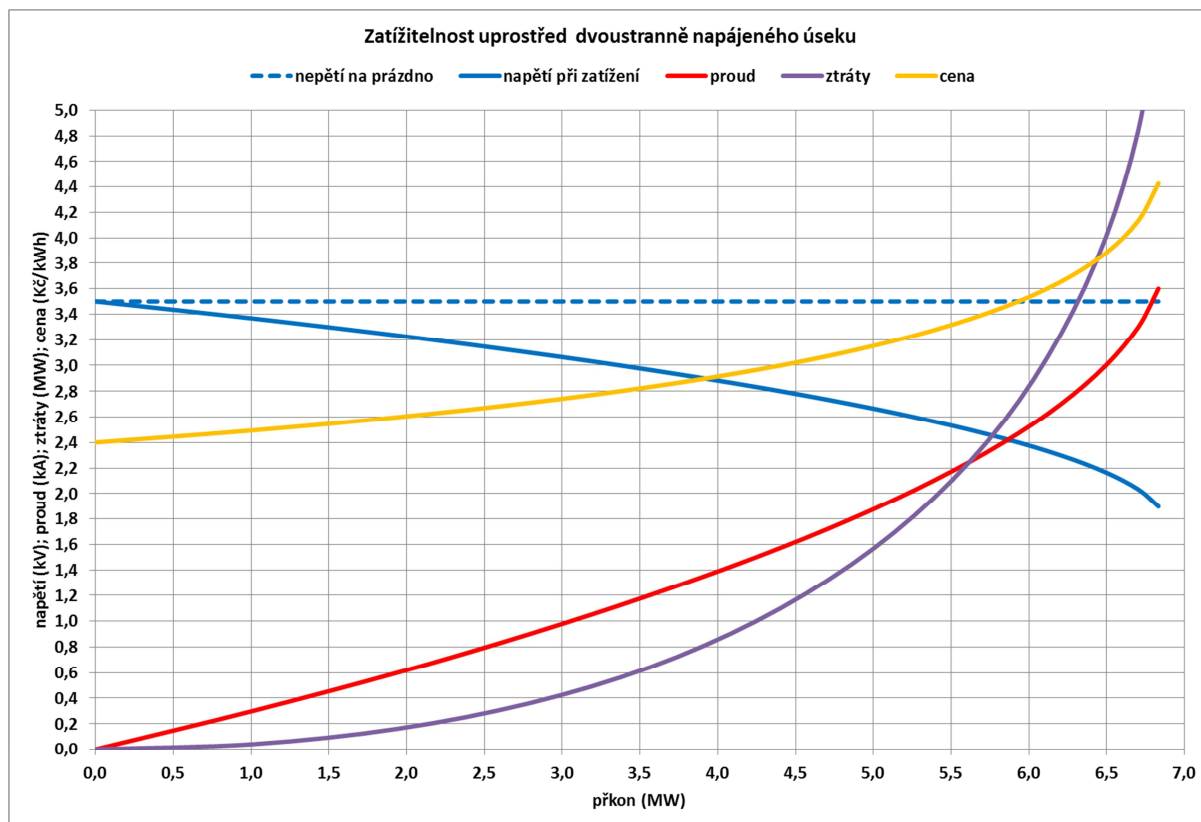
C' ... cena placená dopravcem (Kč/kWh),

C ... cena na vstupu napájecí stanice (Kč/kWh),

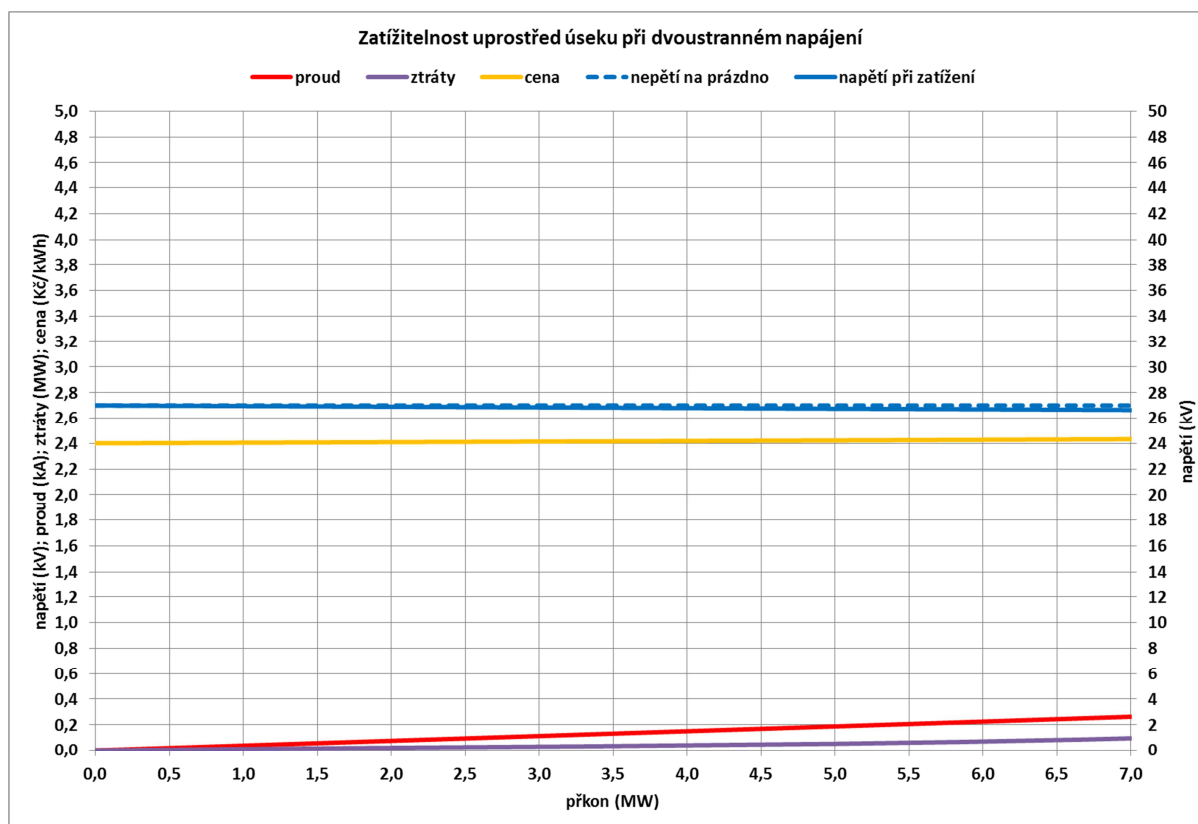
U_{0NS} ... přepočtené napětí napájecí stanice na prázdko (cca 3 500 V),

U_{sb} ... napětí na sběrači vozidla.

Toto navýšení může být až téměř dvojnásobné. Čím méně kvalitní elektrickou energii dopravce dostává, tím více za ní platí (viz graf).



U nově navrhovaného systému 25kV se ztráty téměř neprojeví.



3.8.2 Analýza vozby elektrickými stejnoměrnými vozidly, která bude dotčena konverzí tratí SŽDC ze 3 kV na 25 kV

V minulosti byla železniční trakční vozidla pro střídavé trakční napájení 25 kV řešena zcela jinými technickými prostředky, než železniční trakční vozidla pro stejnosměrné trakční napájení 3 kV:

- 25 kV – transformátory, usměrňovače, trakční motory na vlnivý proud, pomocné motory na nízké napětí, odbočková regulace, aplikace polovodičové techniky, ...
- 3 kV – rozjezdové odpory, kontroléry, trakční motory na stejnosměrný proud, pomocné motory na vysoké napětí, skupinové řazení, absence polovodičové techniky, ...

Tuto odlišnost, bez jakýchkoliv snah o vzájemnou unifikaci, ještě umocnilo zcela jiné řešení podvozků počínaje vedením dvojkolí a konče přenosem tažné síly z podvozku na skříň (šikmé tyče versus tažný čep) a provedení karosérie (laminát versus ocelový plech). Šlo tedy o typově a technicky odlišná vozidla, na železnici ještě separovaná na jiná vozební ramena a do jiných lokomotivních dep.

Současnost je zcela jiná. Aplikace střídavých frekvenčně řízených trakčních a pomocných pohonů s technikou asynchronních motorů a IGBT pulzních napěťových střídačů a počítačovým řízením s komunikací po datových sběrnících k sobě stejnosměrná 3 kV, střídavá 25 kV i dvousystémová 3

kV/25 kV (respektive vícesystémová 1,5 kV/3 kV/15 kV/25 kV) vozidla velmi přiblížila. Rozdíl v jejich technickém řešení i ceně je natolik malý, že jak provozovatelé, tak i výrobci, inklinují k užití a výrobě zejména (respektive i výhradně) dvousystémových 3 kV/25 kV (respektive vícesystémových 1,5 kV/3 kV/15 kV/25 kV) vozidel.

Přitom dlužno říci, že tento trend probíhá naprosto přirozeně prakticky u všech dopravců i výrobců a je iniciován zcela jinými pohnutkami, než konverzí napájení ze 3 kV na 25 kV. Jde především o prodlužování vozebních ramen přes teritoria různých napájecích systémů a snaha o provozování jednotných univerzálních vozidel s jednotným způsobem obsluhy i údržby na straně dopravců a racionální hromadná výroba, zkoušky a schvalování na straně výrobců.

Oč více jsou současná střídavá a stejnosměrná vozidla navzájem podobná či dokonce stejná, o to více se liší ve svých užitných vlastnostech od vozidel minulé éry. Soudobá elektrická železniční trakční vozidla se od minulých liší v mnoha parametrech:

- disponují násobně vyššími trakčními výkony, tažnými silami relevantními pro určování normativu zátěže i nejvyššími provozními rychlostmi,
- vyšší aktivní bezpečností (vysoce účinné brzdy, moderní vlakové zabezpečovače - ETCS),
- vyšší pasivní bezpečností (vyšší statická pevnost skříně i vyšší odolnost při nehodách – deformační prvky),
- vyšší vstřícnost vůči životnímu prostředí (žádný odkap maziv, nízká úroveň hluku)
- lepší pracovní podmínky strojvedoucího (klimatizace, tlakostěná kabina),
- vyšší spolehlivost, nižší náročnost na údržbu, násobně delší proběhy mezi prohlídkami, diagnostika,
- vyšší produktivita, možnost provozu v tuzemsku i zahraničí.

Stručně lze konstatovat, že rozdíly mezi současným střídavými a stejnosměrnými vozidly jsou malé, ale rozdíly mezi současnými a minulými vozidly jsou zásadní.

Stojí za povšimnutí, že zcela nezávisle na úvahách o konverzi napájení železnic SŽDC ze 3 kV na 25 kV se již v předstihu dopravci několik let programově vybavují dvou či vícesystémovými vozidly, byť se tak děje z pohnutek jiných, zejména z důvodu prodlužování vozebních ramen a z důvodu unifikace.

Přes tuto mimořádně příznivou skutečnost je potřebné tyto dvě aktivity, tedy změny napájení na straně železniční dopravní cesty a změny struktury parku vozidel, navzájem řízeně koordinovat.

3.8.3 Dopad konverze na dálkovou (nadregionální) osobní dopravu

Dálková osobní železniční doprava vykonávaná na 1 774 km železničních tratí SŽDC, napájených systémem 3 kV, představuje vlakový výkon cca 26 milionů vl.km/rok, dopravní výkon 7,6 miliardy

brutto tkm/rok a přepravní výkon 3,1 miliardy os. km/rok. K tomu spotřebuje přibližně 197 miliard kWh elektrické energie za rok (na vstupu napájecích stanic).

Poznámka

- dopad konverze napájení 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC neobsahuje vozidla dotčená již ohlášenou konverzí tratí ŽSR Púchov 2015, Púchov – Lúky pod Makytou státní hranice SK/CZ (2017) a Žilina odbočka Potok – Čadca státní hranice SK/CZ (2025). Tento záměr již byl dopravcům oznámen (viz Zápis z jednání ŽSR, která proběhla ve dnech 14. a 20.10.2014 v Bratislavě,
- dopad konverze napájení 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC neobsahuje vlaky, které jsou již i na tratích napájených stejnosměrným systémem 3 kVv současnosti dopravovány vícesystémovými vozidly (včetně jednotek řady 680),
- dopad konverze napájení 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC neobsahuje vlaky linky Ex 3 ve směru na Berlín, kde nastane na základě dohody s DB nasazení nových vícesystémových interoperabilních lokomotiv pro 200 km/h od roku 2017, schopných provozu i na systému 25 kV.

A. Dopravce ČD, vlaky v závazku veřejné služby pro MD ČR a na vlastní riziko

Linky dosud dopravované lokomotivami 3 kV, které bude z důvodu změny napájení tratí SŽDC ze 3 kV na 25 kV potřebné v rámci obnovy parku vozidel nahradit nikoliv novými lokomotivami 3 kV, ale novými lokomotivami vícesystémovými – turnusové potřeby lokomotiv (viz tabulka v příloze):

Linka Ex 2 Praha – Zlín:	0,5 lokomotivy
Linka R 10 Praha – Hradec Králové / Trutnov / Letohrad:	6 lokomotiv
(náhrada je nutná i z důvodu nové traťové rychlosti 160 km/h)	
Linka R 18 Praha – Vsetín / Luhačovice / Veselí nad Moravou:	6,5 lokomotiv
Linka R 18 Praha – Děčín:	3 lokomotivy
Linka R 18 Kolín – Ústí nad Labem:	3 lokomotivy

Celkem	19 lokomotiv

Pro úplnost je dobré uvést i další důvody změn parku vozidel

Náhrada starších lokomotiv novými interoperabilními lokomotivami 3 kV/15 kV/25 kV 200 km/h pro zajištění vozby směr Berlin - Hamburg od roku 2017 (viz smlouva s DB):

Linka Ex 3 Praha – Hamburg:	8 lokomotivy
-----------------------------	--------------

Linka N 28 Praha - Hamburg:	1 lokomotiva
-----------------------------	--------------

Celkem	9 lokomotiv
--------	-------------

Náhrada starších lokomotiv novými vícesystémovými lokomotivami pro zjištění provozu v úseku Čadca - Žilina napájeným systémem 25 kV od roku 2017 (viz oznámení ŽSR dopravcům):

Linka Ex 1 Praha – Žilina:	6 lokomotivy
----------------------------	--------------

Linka N 28 Praha - Košice:	2 lokomotiva
----------------------------	--------------

Celkem	8 lokomotiv
--------	-------------

Potřeba lokomotiv pro pokrytí nově zavedených expresních linek ke zhodnocení investic do rozvoje železniční dopravní cesty (3. a 4. Národní tranzitní železniční koridor a modernizovaná trať pro rychlost 200 km/h Brno – Přerov) jakožto i ke zvládnutí dynamického nárůstu přepravní poptávky na rameni Praha – Brno (vytvoření výsledného půlhodinového taktu):

Linka Ex 3 Praha – Brno:	3 lokomotivy
--------------------------	--------------

Linka Ex 6 Praha – Plzeň:	4 lokomotivy
---------------------------	--------------

Linka Ex 7 Praha – České Budějovice:	5 lokomotiva
--------------------------------------	--------------

Linka Ex 8 Brno – Bohumín:	5 lokomotivy
----------------------------	--------------

Linka Ex 8 Brno - Zlín:	3 lokomotivy
-------------------------	--------------

Celkem	20 lokomotiv
--------	--------------

Potřeba náhrady diesellových lokomotiv elektrickými, nutná pro odstranění neefektivních přeprahání ve vazbě na doplnění elektrizace dojezdových tratí:

Linka Ex 2 Praha – Zlín (Otrokovice – Zlín):	0,25 lokomotivy
--	-----------------

Linka R 6 Praha – Mnichov (Plzeň – Domažlice):	1 lokomotiva
--	--------------

Linka R 6 Praha – Železná Ruda (Klatovy – Železná Ruda):	1 lokomotiva
--	--------------

Linka R 10 Praha – Trutnov (Jaroměř – Trutnov):	3 lokomotivy
---	--------------

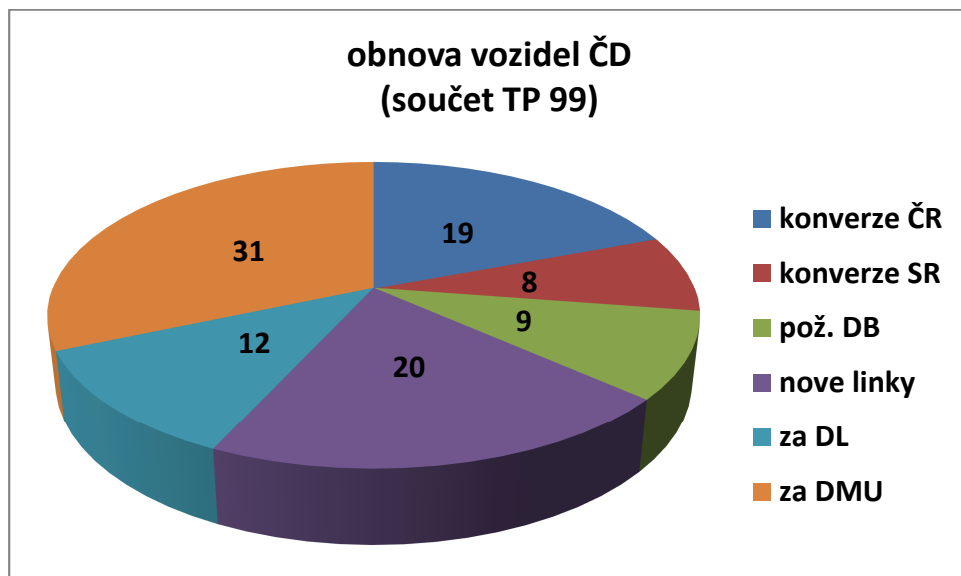
Linka R16 Plzeň – Most	4 lokomotivy
------------------------	--------------

Linka R 10 Praha – Letohrad (Týniště nad Orlicí - Letohrad):	1 lokomotiva
Linka R 12 Brno – Plzeň (Brno – Jihlava):	3 lokomotivy
Linka R 18 Praha – Luhačovice (Staré Město – Luhačovice):	2 lokomotivy
Linka R 18 Praha – Veselí n. Mor. (Staré Město – Veselí n. Mor.):	0,25 lokomotivy
<hr/>	
Celkem	12 lokomotiv

Všechny níže uvedené linky jsou provozovány na tratích, které jsou na mapě cílového stavu elektrizace železniční sítě, zpracované SŽDC na jaře roku 2016 a připomínkovaném MD, v kategorii tratí buď již elektrizovaných, nebo v kategorii vhodných elektrizaci na základně kladného výsledku studie proveditelnosti. Jedním ze základních důvodů a přínosů konverze systému 3 kV na 25 kV je výrazné snížení nákladů na elektrizaci dosud neelektrizovaných tratí.

Potřeba náhrady dieselových motorových vozů respektive jednotek elektrickými, nutná pro odstranění neefektivního provozu vozidel se spalovacími motory ve vazbě na doplnění elektrizace rychlíkových tratí:

Linka R 14 Pardubice - Liberec (Jaroměř – Liberec):	5 vozidel
Linka R 15 Ústí nad Labem - Liberec (Děčín – Liberec):	3 vozidla
Linka R 15 Plzeň – Most	4 vozidla
Linka R 21 Praha - Tanvald (Praha - Tanvald):	4 vozidla
Linka R 22 Kolín - Rumburk (Nymburk – Rumburk):	4 vozidla
Linka R 24 Praha - Rakovník (Praha - Rakovník):	2 vozidla
Linka R 26 Praha – Písek – Č. Budějovice (Zdice - Písek):	4 vozidla
Linka R 27 Ostrava - Olomouc (Opava - Olomouc):	5 vozidel
<hr/>	
Celkem	31 vozidla



K zajištění rozvoje dálkové (nadregionální) osobní železniční dopravy v ČR, zajišťované dopravcem ČD (vlaky v závazku veřejné služby pro MD ČR a na vlastní riziko) bude nutno kromě prosté reprodukce v nejbližších letech nutno nakoupit 99 nových vozidel (turnusová potřeba). Z toho je jen 19 (19 %) vyvoláno změnou systému 3 kV na 25 kV.

Výchozí stav

							věk	počet	věk	věk
řada	napětí	výkon	rychlost	ETCS	výroba od	výroba do	2016	2016	2025	2037
	kV	kW	km/h		rok	rok	roky	kusů	roky	roky
150.2	3	3 920	140	nemá	1978	1978	38	12	47	59
151	3	3 920	160	nemá	1978	1978	38	13	47	59
162	3	3 410	140	nemá	1984	1992	28	23	37	49
163	3	3 410	120	nemá	1984	1992	28	39	37	49
371	3; 15	3 020	160	nemá	1988	1991	27	7	36	48

Dopravce ČD má v důsledku vývoje struktury ve svém parku vozidel stejnosměrných elektrických lokomotiv více, než je pro zajištění provozu potřebné. Aktuálně je to způsobeno zejména dodávkami nových regionálních nízkopodlažních elektrických trakčních jednotek. O řešení nadbytku stejnosměrných elektrických lokomotiv ve vozidlovém parku ČD svědčí i nedávný (prosinec 2015) odprodej 23 lokomotiv řady 163 od společnosti ČD společnosti ČD Cargo. Té tato vozidla napomohou vyřadit z provozu nejstarší elektrické lokomotivy řad 122 a 123, proto kterým mají modernější pojezd i elektrickou výzbroj. Další odprodej bude pravděpodobně pokračovat.

Park stejnosměrných elektrických lokomotiv 3 kV dopravce ČD využívaných v dálkové (a z části i v regionální) osobní dopravě je tvořen:

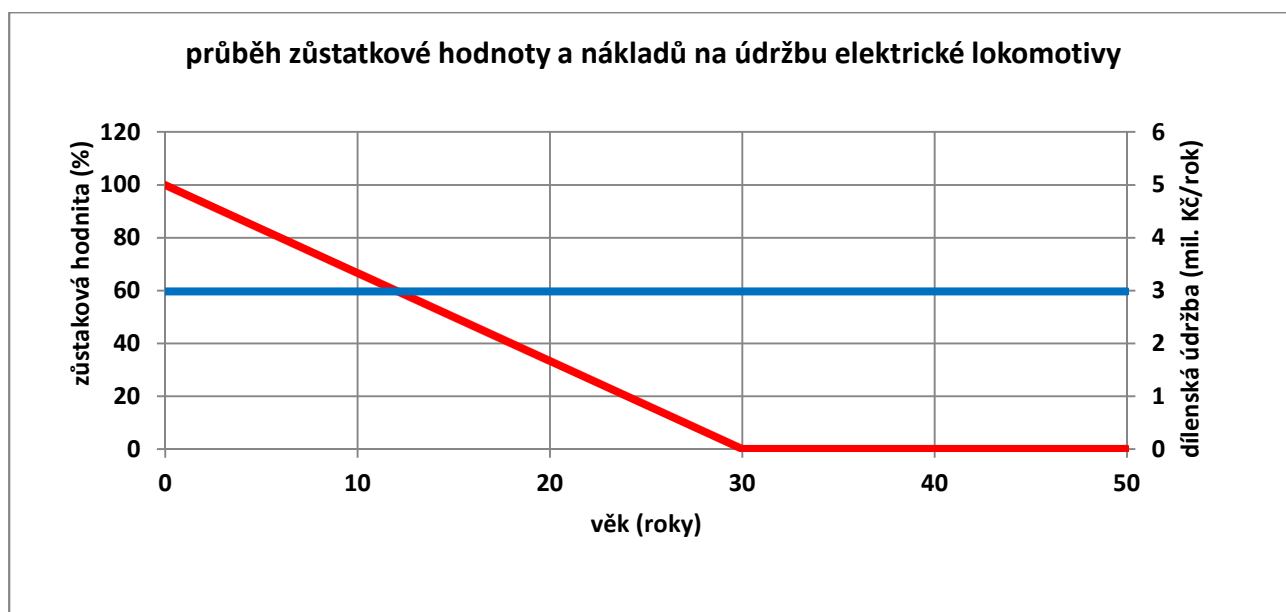
- 25 lokomotiv řad 150 a 151 (3 920 kW, 140 až 160 km/h, rok výroby 1978, ne hospodárná odporová regulace, údržbově náročné komutátorové trakční motory, údržbově náročná kontaktní elektrická výzbroj), které jsou již v současnosti staré 38 let, tedy jsou za koncem své nominální životnosti (30 let) a v provozu udržovány za cenu prodlužování (nastavování) životnosti hlavními opravami. Na počátku konverze systému 3 kV na 25 kV na tranzitních koridorech (v roce 2024) již budou ve věku 46 let. Nejsou vybaveny ETCS a mají velmi slabé mechanické brzdy (jen 54 brzdících %). Doporučení: přestat prodlužovat jejich životnost hlavními opravami, nechat dožít a nahradit moderními interoperabilními elektrickými lokomotivami (6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3/15/25 kV, TSI),
- 62 lokomotiv řad 162 a 163 (3 410 kW, 120 až 140 km/h, rok výroby 1984 až 1992, údržbově náročné komutátorové trakční motory), které jsou již v současnosti v průměru staré 28 let, tedy se blíží ke konci své nominální životnosti (30 let) a v provozu by mohly být udržovány prodlužováním životnosti dílenskou údržbou – periodickými vyvazovacími opravami (cca 8 mil. Kč po 800 000 km) a hlavními opravami (cca 12 mil. Kč po 2 400 000 km), což reprezentuje při středním denním proběhu 700 km roční náklad cca 3 mil. Kč. Na počátku konverze systému 3 kV na 25 kV na tranzitních koridorech (v roce 2024) již budou ve věku 36 let. Nejsou vybaveny ETCS a mají velmi slabé mechanické brzdy (jen 52 brzdících %) a nevhodný neaerodynamický tvar s vysokou spotřebou energie při jízdě vyššími rychlostmi. Doporučení: nechat dožít, jen po nezbytnou dobu je zachovávat v provozuschopném stavu poskytováním dílenské údržby, prioritně je co nejdříve nahradit moderními interoperabilními elektrickými lokomotivami (6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3/15/25 kV, TSI),
- 7 lokomotiv řad 371 (3 020 kW, 160 km/h, rok výroby 1988 až 1991, ne hospodárná odporová regulace, údržbově náročné komutátorové trakční motory, údržbově náročná kontaktní elektrická výzbroj), které jsou již v současnosti v průměru staré 27 let, tedy se blíží ke konci své nominální životnosti (30 let) a v provozu by mohly být udržovány jen za cenu prodlužování (nastavování) životnosti hlavními opravami. Na počátku konverze systému 3 kV na 25 kV na tranzitních koridorech (v roce 2024) již budou ve věku 35 let. Nejsou vybaveny ETCS a mají velmi slabé mechanické brzdy (jen 52 brzdících %) a nevhodný neaerodynamický tvar s vysokou spotřebou energie při jízdě vyššími rychlostmi. Doporučení: nechat dožít, jen po nezbytnou dobu je zachovávat v provozuschopném stavu poskytováním dílenské údržby, prioritně je co nejdříve nahradit moderními interoperabilními elektrickými lokomotivami (6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3/15/25 kV, TSI).

Souhrnně lze k tradičním stejnosměrným elektrickým lokomotivám 3 kV, které dosud ČD (i další dopravci) používají, formulovat tři důležité závěry:

- již nemá smysl je rekonstruovat na dvousystémové 3 kV/25 kV, neboť absence systému 25 kV není jedinou věcí, která je dělí od současných potřeb a současného stavu techniky. Jejich nedostatkem jsou nepevné kabiny, absence deformačních prvků, slabě dimenzovaná a údržbově náročná mechanická brzda, vysoká hluchost v důsledku zdrsnění kol litinovými špalíky, nízký výkon, komutátorové trakční motory, nízká nejvyšší provozní rychlost a nízká

tažná síla rozhodná pro určení normativu zátěže (v nákladní dopravě). Nelze současně splnit požadavky na technickou a ekonomickou výhodnost přestavby:

- aby byla přetavba ekonomicky rentabilní, musel a by být odepisována mnoho let,
- aby byla přestavba ještě technicky akceptovatelná, nemůže být již mnoho let provozována,
- konverze systému 3 kV na 25 kV nepovede k tomu, že by byly elektrické stejnosměrné lokomotivy (včetně těch nejmladších – 162, 163 i 371) vyřazovány z provozu před jejich účetním odepsáním, tedy s nenulovou zůstatkovou hodnotou. Tedy se nebude opakovat situace z šedesátých let, kdy byly v návaznosti na elektrizaci tratí pro nepotřebnost vyřazovány zánovní parní lokomotivy řad 477.0, 498.1 a 556.0. Navíc lze elektrické stejnosměrné lokomotivy výhodně odprodat do Polska,
- účetně odepsané elektrické lokomotivy lze udržovat v provozu za cenu průběžné dílenské údržby v průměrné hodnotě cca 3 mil.Kč/rok. A to až do doby pořízení nových elektrických lokomotiv, které je nahradí. Což je přirozeným prioritním zájmem dopravců.



Poznámka: Rekonstrukce lokomotiv

Rekonstrukce stejnosměrných 3 kV lokomotiv řady 162, 163 a 371 ČD a dalších dopravců na dvousystémové po vzoru akce, která proběhla v roce 2010 u ČD Cargo (363.5), není efektivní. A to nejen z důvodu vysokého věku lokomotiv (a tím i nepoměru zbytkové životnosti starých a nových dílů), ale i z důvodu nízké rekonstrukcí získané užitné hodnoty:

Nová elektrická lokomotiva 6,4 MW, cena v roce 2016: 108 mil. Kč, životnost 30 let:

- měrná cena: $108 / 6,4 = 16,9$ mil. Kč/MW
- měrný odpis: $108 / 6,4 / 30 = 0,56$ mil. Kč/MW/rok.

Modernizovaná elektrická lokomotiva 3,7 MW, cena v roce 2010: 40 + 16 = 56 mil. Kč, cena v roce 2016 (9 % inflace): 61 mil. Kč, s ETCS 71 mil. Kč, životnost 15 let:

- měrná cena: $71 / 3,7 = 19,2$ mil. Kč/MW (114 % měrné ceny nové lokomotivy)
- měrný odpis: $71 / 3,7 / 15 = 1,28$ mil. Kč/MW/rok (228 % měrného odpisu nové lokomotivy)

Další nevýhody modernizace proti nové lokomotivě:

- chybí systém 15 kV,
- nízký výkon (3 700 kW proti 6 400 kW),
- nízká maximální rychlost (140 km/h versus 200 km/h) – nevyužití traťové rychlosti 160 km/h na modernizovaných tratích,
- nízká tážná síla rozhodná pro určení normativu zátěže (160 kN versus 250 kN),
- vysoká aerodynamická ztráta (570 kW při 140 km/h),
- chybějící přechodnost do Německa,
- chybějící přechodnost do Rakouska,
- údržbově náročné komutátorové trakční motory,
- údržbově náročná špalíková brzda,
- vysoká úroveň vnějšího hluku (neplnění TSI NOI),
- málo pevné čelní partie a kabina strojvedoucího (neplnění TSI LOC&PAS a ČSN EN 15 227),
- nízká požární odolnost (neplnění TSI SRT),
- krátký interval údržby (4 000 km versus 30 000 km),
- nově dodané komponenty s potenciálem využívání 30 let budou po dožití mechanické části pro nepotřebnost předčasně likvidovány.

		nová	moder.	moder. ETCS	
cena 2010	mil. Kč		56	66	
inlace 2016/2010	%	9	9	9	
cena 2016	mil. Kč	108	61	71	
Výkon	kW	6 400	3 700	3 700	
Rychlost	km/h	200	140	140	
tažná síla pro stanovení normativu zátěže	kN	250	160	160	
systém 15 kV		ano	ne	ne	
přechodnost DE		ano	ne	ne	
přechodnost AT		ano	ne	ne	
ETCS		ano	ne	ano	
PZB		ano	ne	ne	
TSI LOC&PAS		ano	ne	ne	
TSI SRT		ano	ne	ne	
TSI NOI		ano	ne	ne	
EN 15 227		ano	ne	ne	
Brzda		kotoučová	špalíková	špalíková	
trakční motory		bezkomut.	komut.	komut.	
proběh mezi prohlídkami	km	30 000	4 000	4 000	
tvarová konstanta		0,6	1,3	1,3	
Životnost	roky	30	15	15	
měrná cena	mil Kč/MW	16,9	16,5	19,2	114%
měrný odpis	mil Kč/MW/rok	0,56	1,10	1,28	228%

Shrnutí

S ohledem na stáří výchozího parku elektrických stejnosměrných lokomotiv ČD, jejich nízkou rychlost a nízký výkon, jakožto i neefektivnost možných modernizací, je řešením konverze systému 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC nákup nových vozidel:

Cena nové AC/DC lokomotivy 6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3/15/25 kV, TSI: 4 mil EUR (108 mil. Kč)

Cena nové DC lokomotivy 6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3 kV, TSI: 3,6 mil EUR (97 mil. Kč)

Rozdíl cen AC/DC lokomotivy a DC lokomotivy: $4 - 3,6 = 0,4$ mil. EUR (11 mil. Kč)

Turnusová potřeba: 19 lokomotiv

Záloha: 5 lokomotiv (pro disponibilitu 79 %)

Inventární stav: $19 + 5 = 24$ lokomotiv

Investiční náklady: $24 \cdot 11 = 254$ mil. Kč

Při pořizování vozidel pro veřejnou dopravu v závazku je nutné respektovat podmínky programu „Pořízení a modernizace železničních kolejových vozidel“ v rámci specifického cíle 1.5 OPD 2014-2020, kde se uvádí: „Z těchto důvodů bude v rámci programu podporován s výjimkou odůvodněných případů nákup vozidel elektrické trakce pro napájecí soustavu 25 kV/50 Hz nebo vícesystémových, umožňujících rovněž provoz na 25 kV / 50 Hz.“ Nutnost pořizování dvousystémových vozidel je dána především současnou existencí 2 trakčních systémů v ČR i systémů 25 kV či 15 kV v zahraničí.

Vícesystémové (AC/DC) lokomotivy budou místo stejnosměrných (DC) lokomotiv pořizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 30 %,
- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 20 %,
- unifikace na straně výrobce (úspora nákladů na DC modifikaci, zkoušky a schvalování) ... váha 10 %,
- existence tratí napájených systémem 25 kV či 15 kV v tuzemsku či v zahraničí ... váha 40 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 0 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

$0 \cdot 254$ mil. Kč = **0 mil. Kč**

B. Dopravce Regiojet, vlaky na vlastní riziko open access

Linky jsou dosud z větší části obsazovány staršími elektrickými lokomotivami 3 kV. Ty bude v každém případě potřebné v rámci přirozené obnovy parku vozidel nahradit novými. V důsledku změny

napájení tratí SŽDC ze 3 kV na 25 kV proběhne tato náhrada nikoliv stejnosměrnými lokomotivami 3 kV, ale novými lokomotivami vícesystémovými.

Praha – Staré Město: 0,5 lokomotivy

(náhrada je nutná i z důvodu využívání traťové rychlosti 160 km/h)

Praha – Havířov: 2,5 lokomotivy

(náhrada je nutná i z důvodu využívání traťové rychlosti 160 km/h)

Praha – Návší: 2,5 lokomotivy

(náhrada je nutná i z důvodu využívání traťové rychlosti 160 km/h)

Celkem 5,5 lokomotiv

Pro úplnost je dobré uvést i další důvody změn parku vozidel:

Náhrada starších lokomotiv novými vícesystémovými lokomotivami pro zjištění provozu v úseku Čadca - Žilina napájeným systémem 25 kV od roku 2017 (viz oznámení ŽSR dopravcům):

Linka Praha – Zvolen: 0,5 lokomotivy

Linka Praha - Košice: 1 lokomotiva

Celkem 1,5 lokomotivy

Společnost Regiojet dosud ještě z části používá stárnoucí lokomotivy řady 163, svým nízkým výkonem (jen 3 410 kW) a nízkou nejvyšší dovolenou rychlostí (jen 140 km/h) nejsou schopny využívat traťovou rychlost 160 km/h modernizované železniční dopravní cesty (tranzitních koridorů), což je u expresních vlaků nesprávné, a to zejména v souvislosti s růstem přepravní poptávky (zvyšování počtu vozů a tím i hmotnosti vlaku). Jejich pomalejší jízda komplikuje konstrukci jízdního řádu (vlaky nejsou schopny dodržet systémové jízdní doby pro rychlost 160 km/h) a snižuje kapacitu dopravní cesty při jízdě ve svazku s vlaky vedenými odpovídajícími vozidly. Společnost Regiojet proto postupně nahrazuje staré elektrické stejnosměrné lokomotivy řady 163 pronajatými moderními vícesystémovými elektrickými lokomotivami řady 193 (Vectron) pronajatými od společnosti ELL o výkonu 6 400 kW.

Lze předpokládat, že v průběhu několika nejbližších let (ještě před konverzí napájení tratí SŽDC ze systému 3 kV na 25 kV) budou staré lokomotivy řady 163 z provozu společnosti Regiojet vyřazeny a nahrazeny novými vícesystémovými elektrickými lokomotivami.

Cena nové AC/DC lokomotivy 6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3/15/25 kV, TSI: 4 mil EUR (108 mil. Kč)

Cena nové DC lokomotivy 6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3 kV, TSI: 3,6 mil EUR (97 mil. Kč)

Rozdíl cen AC/DC lokomotivy a DC lokomotivy: $4 - 3,6 = 0,4$ mil. EUR (11 mil. Kč)

Turnusová potřeba: 6 lokomotiv

Záloha: 1 lokomotiva (pro disponibilitu 86 %)

Inventární stav: $6 + 1 = 7$ lokomotiv

Investiční náklady: $7 \cdot 11 = 77$ mil. Kč

Vícesystémové (AC/DC) elektrické jednotky budou místo stejnosměrných (DC) elektrických jednotek podřizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 30 %,
- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 20 %,
- unifikace na straně výrobce (úspora nákladů na DC modifikaci, zkoušky a schvalování) ... váha 10 %,
- existence tratí napájených systémem 25 kV v tuzemsku či v zahraničí ... váha 40 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 0 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

$0 \cdot 77$ mil. Kč = **0 mil. Kč**

C. Dopravce Leoexpres, vlaky na vlastní riziko open access

Linky dosud dopravované trakčními jednotkami 3 kV, které bude z důvodu změny napájení tratí SŽDC ze 3 kV na 25 kV potřebné v rámci obnovy parku vozidel nahradit nikoliv novými jednotkami 3 kV, ale novými lokomotivami vícésystémovými – turnusové potřeby lokomotiv (viz tabulka v příloze):

Praha – Staré Město:	1,3 vozidla
Praha – Ostrava:	0,4 vozidla
Praha – Bohumín:	0,4 vozidla
Praha – Karviná:	0,4 vozidla
Praha – Bystřice	0,4 vozidla

Celkem	3 vozidla
--------	-----------

Pro úplnost je dobré uvést i další důvody změn parku vozidel:

Náhrada starších vozidel novými vícesystémovými vozidel pro zjištění provozu v úseku Čadca - Žilina napájeným systémem 25 kV od roku 2017 (viz oznámení ŽSR dopravcům):

Linka Praha - Košice:	2 vozidla
-----------------------	-----------

Celkem	2 vozidla
--------	-----------

Náklady spojené s konverzí systému 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC lze stanovit na základě odhadu nákladů na doplnění elektrické výzbroje 25 kV

Turnusová potřeba: 3 vozidla

Záloha: 0 vozidel

Inventární stav: $3 + 0 = 3$ vozidla

Investiční náklady: $3 \cdot 12 = 36$ mil. Kč

Vícesystémové (AC/DC) lokomotivy budou místo stejnosměrných (DC) lokomotiv podřizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 20 %,
- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 20 %,
- existence tratí napájených systémem 25 kV v tuzemsku či v zahraničí ... váha 60 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 0 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

$0 \cdot 36$ mil. Kč = **0 mil. Kč**

Shrnutí dálkové osobní dopravy

Celkové vícenáklady na vozidla pro dálkovou osobní železniční dopravu spojené s konverzí systému 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC:

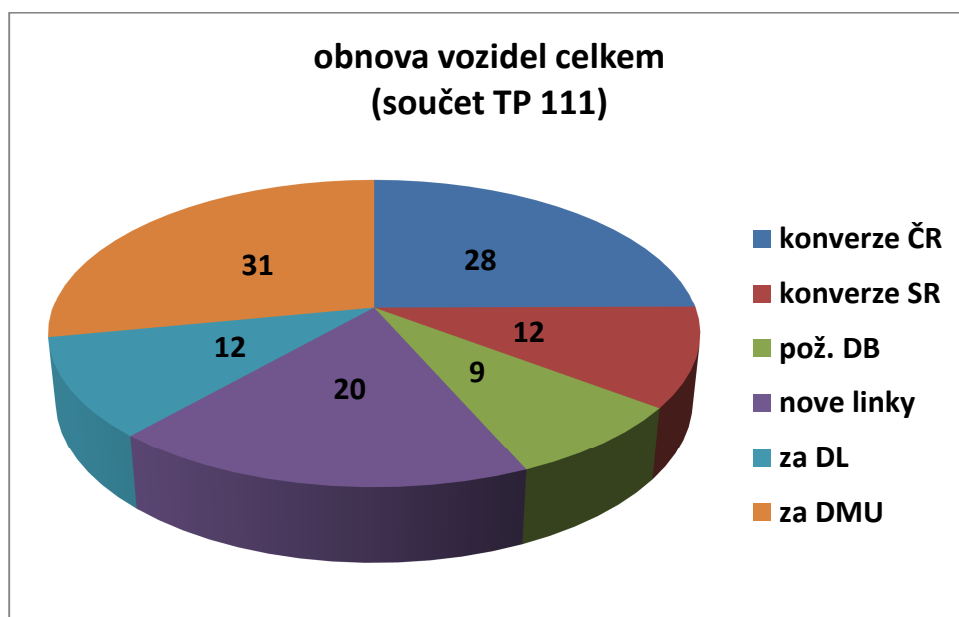
ČD	0 mil. Kč
----	-----------

Regiojet	0 mil. Kč
----------	-----------

Leoexpres 0 mil. Kč

Celkem 0 mil. Kč

Konverze systému elektrického napájení železnic ze 3 kV na 25 kV představuje jen minoritní důvod k investicím do obnovy a rozšiřování parku vozidel pro dálkovou dopravu v ČR. Významnějšími akcemi bude rozvoj expresního segmentu vlaků na koridorech a převod motorové vozby na elektrickou – oboje ve vazbě na řádově vyšší investice do železniční dopravní cesty.



3.8.4 Regionální osobní doprava

Regionální osobní železniční doprava (osobní zastávkové vlaky a spěšné vlaky) vykonávaná na 1 774 km železničních tratí SŽDC, napájených systémem 3 kV, představuje vlakový výkon cca 23 milionů vl.km/rok, dopravní výkon cca 4,3 miliardy brutto tkm/rok a přepravní výkon cca 1,4 miliardy os. km/rok. K tomu spotřebuje přibližně 282 miliard kWh elektrické energie za rok (na vstupu napájecích stanic).

Tyto výkony zajišťuje dopravce ČD a to závazku veřejné služby pro jednotlivé kraje, které tuto dopravu objednávají a spolu se státem též financují. Historickým vývojem vznikla situace, že část regionálních vlaků je na tratích elektrifikovaných stejnosměrným systémem 3 kV dopravována elektrickými jednotkami, část elektrickými lokomotivami a část naftovými motorovými vozy a jednotkami.

Elektrická vozidla provozovaná v osobní regionální dopravě na tratích elektrifikovaných systémem 3 kV jsou z velké části jen jenosystémová 3 kV. Použití dvou či vícesystémových vozidel je v dopravě regionálních osobních zastávkových vlaků ve srovnání s dálkovou dopravou mnohem méně běžné, což je dáno výrazně kratšími vozebními rameny. Přesné údaje nejsou k dispozici, ale zhruba lze odhadnout, že elektrická stejnosměrná vozidla vykonávají na tratích SŽDC elektrifikovaných stejnosměrným systémem 3 kV zhruba 80 % vlakových výkonů, tedy cca 18,4 mil. vl. km/rok. To vyžaduje při střední denním proběhu turnusového vozidla 360 km flotilu zhruba 140 turnusových vozidel (tomu při 80 % disponibilitě odpovídá inventární stav 175 vozidel).

Výkony v regionální dopravě na tratích s napájením 3 kV

vlakový výkon	mil. vl km/rok	23
podíl elektrických vozidel 3 kV	%	80
vlakový výkon vozidel 3 kV	mil. vl km/rok	18,4
denní proběh turnusových vozidel 3 kV	km/den	360
turnusová potřeba vozidel 3 kV	vozidel	140
disponibilita vozidel 3 kV	%	80
inventární stav vozidel 3 kV	vozidel	175

Struktura použitých vozidel je přibližně následující (turnusová potřeba):

- 45 x lokomotiva 163 respektive 163 plus vozy
- 9 x stará elektrická jednotka (451, 452, 460)
- 86 x zánovní elektrická jednotka (440, 471)

Vozidla 3 kV používaná v regionální dopravě

řada	napětí kV	výkon kW	rychlost km/h	mít sedadel	ETCS	výroba od rok	výroba do rok	věk 2016 roky	počet 2016 kusů	TP 2016	věk 2025 roky	věk 2037 roky
162, 163	3	3 410	140	0	nemá	1984	1992	28	60	45	37	49
440	3	2 040	160	256	nemá	2012	2014	3	12	10	12	24
2 x 451	3	1 320	100	300	nemá	1964	1973	48	10	3	57	69
2 x 460	3	2 000	110	336	nemá	1971	1978	42	10	6	51	63
471	3	2 000	140	310	nemá	1997	2013	11	83	76	20	32
celkem									175	140		

V dálkové osobní železniční dopravě jsou lokomotivy úspěšným a perspektivním vozidlem. Na jejich straně je především výhoda variabilní kapacity vlakové soupravy (dříve samostatných vozů, nyní netrakových jednotek), kterou lze přizpůsobovat přepravní nabídku přepravní poptávce.

Právě nyní, v době dynamického růstu zájmu cestujících o dálkovou železniční dopravu se tato výhoda projevuje velmi silně. Naopak fixní složení ucelených trakčních jednotek je v dálkové dopravě nevýhodě, není schopno reagovat na růst přepravní poptávky. Zdvojování trakčních jednotek je drahým řešením – čelní partie vozidla představují investici cca 1 mil. EUR. Dvě spojené elektrické jednotky mají jen v čelních partiích neinvestovány 4 miliony EUR, což je cena nejmodernější vysoce výkonné elektrické lokomotivy pro rychlost 200 km/h.

Naopak v regionální dopravě je použití lokomotiv k vozbě osobních zastávkových vlaků nevhodné:

- pokud je vlak krátký (lehký, s malým počtem sedadel), dává mu lokomotiva potřebně vysoké rozjezdové zrychlení, ale hmotnost lokomotivy a cena lokomotivy připadají jen na málo vozů. Proto jde o investičně i provozně drahé řešení,
- pokud je vlak dlouhý (těžký, s velkým počtem sedadel) jde sice o investičně akceptovatelné řešení, ale dynamika jízdy je nedostačující. Nevýhodou je i nutnost ztrátového brzdění třecími brzdami s nevelkým podílem rekuperace. Vysoká dynamika jízdy osobních zastávkových vlaků je přitom důležitá nejen pro kvalitu regionální dopravy, ale i pro propustnou výkonnost tratí, neboť osobní zastávkové vlaky jsou nejpomalejším a tedy limitujícím segmentem vlakové dopravy.

Proto je celosvětovým trendem lokomotivy k dopravě osobních zastávkových vlaků nepoužívat, samozřejmostí je orientace na ucelené trakční jednotky s pohonem a dynamickým brzděním většiny dvojkolí (50 až 67 %) a s redundancí trakčních i pomocných pohonů.

Z toho vyplývá strategie obnovy parku vozidel k dopravě regionálních vlaků na tratích dosud elektrifikovaných systémem 3 kV při konverzi napájení na 25 kV:

- elektrické lokomotivy řad 163 (respektive 162) nechat dožít, neprodlužovat jejich životnost hlavními opravami. V regionální dopravě je nahradit novými moderními dvousystémovými (3 kV / 25 kV) elektrickými jednotkami,
- přestálé regionální stejnosměrné elektrické jednotky řad 451, 452 a 460 vyřadit a nahradit novými moderními dvousystémovými (3 kV / 25 kV) elektrickými jednotkami,
- zánovní regionální stejnosměrné elektrické jednotky řad 440 a 471 přestavět na dvousystémové 3 kV / 25 kV (doplnit do nich napájení 25 kV).

U jednotek řady 440 (440/442/441) je idea řešení jejich přestavby na provedení 3 kV / 25 kV odvozena z existence podobných dvousystémových elektrických jednotek řady 640, též provozovaných u ČD.

U jednotek řady 471 (471/071/971) je idea řešení jejich přestavby na provedení 3 kV / 25 kV založena na principu doplnění vloženého trakčního vozu s transformátorem. Tím je sledováno naplnění čtyř cílů:

- doplnění napájení 25 kV (včetně dopadu na možné prodloužení příměstských vlaků za Beroun a za Benešov),
- zvýšení přepravní kapacity doplněním čtvrtého vozu, neboť přepravní poptávka roste a interval mezi vlaky již nelze z důvodu kapacity dopravní cesty zkracovat,

- zvýšením počtu poháněných dvojkolí z 33 % na 50 % zlepšit dynamiku rozjezdu zejména za nepříznivých adhezních podmínek a zvýšit podíl rekuperačního brzdění,
- zdvojením (redundancí) trakčních i pomocných zařízení zvýšit spolehlivost vozidla.

Investice do vozidel

Odhad investičních nákladů spojených s přizpůsobením parku vozidel zajišťujících regionální dopravu na tratích dosud elektrifikovaných systémem 3 kV při konverzi na 25 kV je založen na čtyřech složkách:

a) Náhrada lokomotiv elektrickými jednotkami

Dožilé lokomotivy řady 163 nenahrazovat v regionální dopravě jednosystémovými (3 kV) elektrickými jednotkami, nýbrž dvousystémovými (3 kV / 25 kV) elektrickými jednotkami.

Příslušný rozdíl cen lze odvodit od uskutečněných dodávek prakticky identických vozidel od stejného výrobce, stejnému uživateli a ve stejnou dobu:

Cena elektrické jednotky 3 kV řady 440 ČD: 136 mil. Kč

Cena obdobné elektrické jednotky 3 kV/25 kV řady 640 ČD: 144 mil. Kč

Rozdíl cen AC/DC vozidla a DC vozidla: $144 - 136 = 8$ mil. Kč

Turnusová potřeba: 45 vozidel

Záloha: 8 vozidel (pro disponibilitu 85 %)

Inventární stav: $45 + 8 = 53$ vozidel

Investiční náklady: $53 \cdot 8 = 424$ mil. Kč

Při pořizování vozidel pro veřejnou dopravu v závazku je nutné respektovat podmínky programu „Pořízení a modernizace železničních kolejových vozidel“ v rámci specifického cíle 1.5 OPD 2014-2020, kde se uvádí: „Z těchto důvodů bude v rámci programu podporován s výjimkou odůvodněných případů nákup vozidel elektrické trakce pro napájecí soustavu 25 kV/50 Hz nebo vícesystémových, umožňujících rovněž provoz na 25 kV / 50 Hz.“ Nutnost pořizování dvousystémových vozidel je dána především současnou existencí 2 trakčních systémů v ČR.

Vícesystémové (AC/DC) elektrické jednotky budou místo stejnosměrných (DC) elektrických jednotek podřizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 20 %,

- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 20 %,
- existence tratí napájených systémem 25 kV ... váha 60 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 00 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

0 . 424 mil. Kč = **0 mil. Kč**

- b) Náhrada přestárých dožilých jednosystémových elektrických jednotek dvousystémovými elektrickými jednotkami

Dožilé stejnosměrné elektrické jednotky řad 451, 452 a 460 nenahrazovat jednosystémovými (3 kV), nýbrž dvousystémovými (3 kV / 25 kV) elektrickými jednotkami.

Příslušný rozdíl cen lze odvodit od uskutečněných dodávek prakticky identických vozidel od stejného výrobce, stejnému uživateli a ve stejnou dobu:

Cena elektrické jednotky 3 kV řady 440 ČD: 136 mil. Kč

Cena obdobné elektrické jednotky 3 kV/25 kV řady 640 ČD: 144 mil. Kč

Rozdíl cen AC/DC vozidla a DC vozidla: 144 - 136 = 8 mil. Kč

Turnusová potřeba: 9 vozidel

Záloha: 2 vozidla (pro disponibilitu 85 %)

Inventární stav: 9 + 2 = 11 vozidel

Investiční náklady: 11 . 8 = 88 mil. Kč

Vícesystémové (AC/DC) elektrické jednotky budou místo stejnosměrných (DC) elektrických jednotek podřizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 20 %,
- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 20 %,
- existence tratí napájených systémem 25 kV ... váha 60 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 0 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

0 . 88 mil. Kč = **0 mil. Kč**

c) Doplnění systému 25 kV do elektrických jednotek řady 440

Náklady na dodatečnou rekonstrukci jedné jednotky řady 440 na dvousystémovou jsou z důvodů demontážních montážních prací uvažovány o 50 % vyšší, než náklady v novovýrobě

$$N' = 1,5 \cdot N = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ mil. Kč}$$

Počet vozidel: 12

$$\text{Investiční náklady: } 12 \cdot 12 = 144 \text{ mil. Kč}$$

Vícesystémové (AC/DC) elektrické jednotky budou místo stejnosměrných (DC) elektrických jednotek podřizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 20 %,
- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 20 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 60 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

$$0,6 \cdot 144 \text{ mil. Kč} = \mathbf{86 \text{ mil. Kč}}$$

Stojí za povšimnutí, jak nízké jsou tyto náklady kupříkladu již ve srovnání s výstavbou nové stejnosměrné napájecí stanice v Kadani, která by byla budována v případě elektrizace tratě 132 systémem 3 kV a která při přechodu na systém 25 kV nebude potřebná.

d) Doplnění systému 25 kV do elektrických jednotek řady 471

Rostoucí poptávka cestujících po příměstská doprava v Praze a Středočeském kraji vyžaduje vyšší přepravní nabídku. V dosavadním trendu zkracování intervalu mezi vlaky již nelze pokračovat, v souběhu regionální dopravy s dynamicky rostoucí dálkovou osobní dopravou i s dopravou nákladní to není možné. Nutností je zvyšování kapacity vlaků a to až do využívání plné délky nástupišť.

Racionálním řešením je doplnění vloženého trakčního vozu s transformátorem a vstupními obvody (čtyřkvadrantovým měničem) pro potřeby tohoto (nově vloženého) trakčního vozu i původního (čelního) trakčního vozu. Tak lze vytvořit čtyřvozovou jednotku s přepravní kapacitou cca $310 + 120 = 430$ míst, případně pětivozovou jednotku s přepravní kapacitou cca $310 + 120 + 140 = 570$ míst, tedy téměř na úrovni šesti vozů dvou spojených jednotek řady 471/071/971.

Dalším zásadním motivem je prodloužení pražské příměstské dopravy za Beroun a za Benešov a s tím související stimulace urbanizace území. Pro toto prodloužení je nutné (bez ohledu na návrh přechodu na 25kV) nakoupit již nyní dvousystémová vozidla. V současné době končí příměstská doprava v Žst Benešov a Žst Beroun právě z důvodu, že zde končí napájení 3kV směrem od Prahy.

Vícenáklady na rekonstrukci jedné jednotky řady 471 na dvousystémovou (pouze AC část, zvýšení přepravní kapacity je nutno řešit i u varianty bez projektu) lze odhadnout podle nákladů na dolnění vstupních obvodů 25 kV/3 kV elektrických jednotek řady 640:

náklad na vstupní obvody 3 kV/25 kV jednotek 640 (výkon 2 MW): 8 mil Kč

náklad na vstupní obvody 3 kV/25 kV o výkonu 3 MW: 8 mil . 3 MW / 2 MW = 12 MW

náklad na vstupní obvody 3 kV/25 kV o výkonu 3 MW zvýšené o montážní práce: 1,5 . 12 = 18 mil. Kč

Počet vozidel: 83

Investiční náklady: 83 . 18 = 1 494 mil. Kč

Vícesystémové (AC/DC) elektrické jednotky budou místo stejnosměrných (DC) elektrických jednotek podřizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 10 %,
- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 30 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 60 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

0,6 . 1 494 mil. Kč = **896 mil. Kč**

Shrnutí regionální osobní dopravy

Celkové náklady na vozidla pro regionální osobní železniční dopravu spojené s konverzí systému 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC:

3 kV/25 kV elektrické jednotky místo 3 kV náhradou za lokomotivy	0 mil. Kč
3 kV/25 kV elektrické jednotky místo 3 kV náhradou za dožilé jednotky	0 mil. Kč
Doplnění systému 25 kV do jednotek řady 440	86 mil. Kč
Doplnění systému 25 kV do jednotek řady 471	890 mil. Kč
Celkem	<u>982 mil. Kč</u>

3.8.5 Nákladní doprava

Nákladní železniční doprava vykonávaná na 1 774 km železničních tratí SŽDC, napájených systémem 3 kV, představuje vlakový výkon cca 26 milionů vl.km/rok, dopravní výkon cca 26,3 miliardy brutto tkm/rok (včetně hmotnosti lokomotiv) a přepravní výkon cca 10,4 miliardy netto tkm/rok. K tomu spotřebuje přibližně 405 miliard kWh elektrické energie za rok (na vstupu napájecích stanic).

Je potřeba podotknout, že jde ve srovnání s tratěmi elektrifikovanými systémem 25 kV výrazně vyšší zatížení, stejnosměrným systémem 3 kV elektrifikované tratě mají na železniční nákladní dopravě v ČR dominantní podíl.

Zhruba 2/3 těchto výkonů zajišťuje dopravce ČD Cargo a 1/3 různé domácí i zahraniční dopravci. Část nákladních vlaků je na tratích elektrifikovaných stejnosměrným systémem 3 kV dopravována elektrickými lokomotivami a část naftovými lokomotivami.

Elektrické lokomotivy provozované v nákladní dopravě na tratích SŽDC elektrifikovaných systémem 3 kV jsou prakticky výhradně čtyřnápravové a lze je rozdělit do tří skupin:

- elektrické stejnosměrné lokomotivy z éry ČSD (výkon 2 až 3 MW),
- elektrické dvousystémové lokomotivy z éry ČSD (výkon 3 MW),
- moderní vícesystémové interoperabilní elektrické lokomotivy (výkon 6 MW).

Jakkoliv jsou moderní vícesystémové interoperabilní elektrické lokomotivy početně nejslabší skupinou, tak je jejich podíl na celkových dopravních výkonech velmi významný a stále rostoucí. Je to dáno dvěma příčinami:

- vysoký trakční výkon a vysoké tažné síly umožňují těmto lokomotivám dopravovat rychle těžké nákladní vlaky. Díky tomu se jim daří jezdit v těsném sledu za rychlíky a dosahovat velké cestovní rychlosti a velkých denních proběhů, a tím i vysokou produktivitu,
- tato vozidla ještě nejsou účtetně odepsána. Výše jejich každodenního odpisu, nebo každodenní platby za pronájem, motivuje dopravce k tomu, aby je intenzivně využíval a dosahoval velkých denních proběhů. Například u pronajatých vozidel s měsíční platbou cca 1 mil. Kč je nutno za pronájem platit denně kolem 30 000 Kč. Nemají-li náklady na pořízení vozidla přesahovat částku 60 Kč na vlakový kilometr, musí lokomotiva denně odvézt vlak na vzdálenost alespoň 500 km. To je reálné tomu, při denní době využití vozidla 15 h a dostupnosti 83 % odpovídá ujetá vzdálenost 600 km a cestovní rychlosti 40 km/h.

Avšak zároveň nesmí být tato snaha znemožňována obtížnou průjezdností sítě (přetížení krátkými osobními vlaky s minimem cestujících, blokování traťových úseků pomalu jedoucimi vlaky dopravovanými málo výkonnými motorovými lokomotivami, stavební práce a s nimi související výluky, nedokonalé zabezpečovací zařízení neumožňující jízdu vlaku v těsném sledu, nedokonalé elektrické napájení neumožňující jízdu vlaku v těsném sledu, ...).

Přesné údaje nejsou k dispozici, ale zhruba lze odhadnout, že elektrická stejnosměrná lokomotivy 3 kV vykonávají na tratích SŽDC elektrifikovaných stejnosměrným systémem 3 kV zhruba 60 % vlakových výkonů, tedy cca 15,6 mil. vl. km/rok. Zbývající výkony zajišťují elektrické vícesystémové lokomotivy a motorové lokomotivy, kterých se změna napájení ze 3 kV na 25 kV nedotkne.

Zajištění dopravních výkonů 15,6 mil. vl. km/rok vyžaduje při středním denním proběhu moderní interoperabilní vysoce výkonné turnusové elektrické lokomotivy 610 km zhruba 70 turnusových vozidel (tomu při jejich 88 % disponibilitě odpovídá inventární stav 80 vozidel). Tyto počty se týkají v součtu všech dopravců (pro rozsah dopravních výkonů na úrovni roku 2015).

Výkony v nákladní dopravě na tratích s napájením 3 kV

vlakový výkon	mil. vl km/rok	26
podíl elektrických vozidel 3 kV	%	60
vlakový výkon vozidel 3 kV	mil. vl km/rok	15,6
denní proběh turnusových vozidel 3 kV	km/den	610
turnusová potřeba vozidel 3 kV	vozidel	70
disponibilita vozidel 3 kV	%	88
inventární stav vozidel 3 kV	vozidel	80

Na rozdíl od mateřské společnosti ČD zajišťující osobní dopravu, která v nedávné minulosti výrazně modernizovala park vozidel, je situace u její dceřiné společnosti ČD Cargo odlišná. Její park jejích stejnosměrných lokomotiv pro traťovou službu je přestárlý.

Vozidla ČD Cargo 3 kV používaná v nákladní dopravě

řada	napětí	výkon	rychlost	ETCS	výroba od	výroba do	věk	počet	věk	věk
	kV	kW	km/h		rok	rok	roky	kusů	roky	roky
111	3	740	80	nemá	1981	1982	35	5	44	56
122	3	1 960	90	nemá	1967	1967	49	17	58	70
123	3	1 960	90	nemá	1971	1971	45	29	54	66
130	3	1 960	100	nemá	1977	1977	39	41	48	60
163	3	3 410	120	nemá	1984	1992	28	23	37	49
181	3	2 730	90	nemá	1961	1962	55	5	64	76
182	3	2 730	90	nemá	1963	1965	52	3	61	73
372	3; 15	3 020	120	nemá	1988	1991	27	9	36	48
celkem								132		

Jak pro svůj věk, již v současnosti u většiny řad přesahující nominální životnost 30 let, tak pro nevhodné parametry nemá logiku elektrické stejnosměrné lokomotivy ČD Cargo přebudovávat na dvousystémové. Pro rozvoj nákladní dopravy jsou nutností lokomotivy o výkonu 6 MW, které dokáží jízdu v těsném sledu s rychlíky hospodárně využívat propustnou kapacitu tratí a které zvládnou

vozbu nákladních vlaků délky 740. V opačném případě by investice do rozvoje železniční dopravní cesty neměly smysl.

ČD Cargo již se v roce 2016 vydalo cestou pořízení nových vysoce výkonných a vysoce produktivních interoperabilních lokomotiv řady 383 (6 400 kW, 300 kN, 160 km/h, TSI, ETCS, 3 kV/15 kV/25 kV). Tímto krokem, který je trendem do dalších let (v plánu je nakupovat 5 nových lokomotiv ročně), je řešeno několik důležitých cílů současně:

- zvýšení normativů zátěže nákladních vlaků (včetně přípravy na zvládnutí vozby vlaků délky 740 m na RFC koridorech podle Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1316/2013),
- zvýšení měrného výkonu těžkých nákladních vlaků pro umožnění jejich rychlé jízdy v těsném sledu za rychlíky na dopravně silně zatížených tratích tranzitních koridorů,
- zvýšení disponibility (prodloužení intervalů preventivní i korektivní údržby, lokalizační diagnostika),
- provoz i v zahraničí, zejména v Německu a Rakousku,
- zvýšení intervalu údržby ze 4 000 km na 30 000 km,
- zvýšení denních proběhů a tím i produktivity železniční dopravy,
- snížení nákladů na údržbu (bezkomutátorové trakční motory, bezkontaktní řízení, kotoučová brzda, pojezd bez třecích částí, operativní diagnostika),
- snížení spotřeby energie (beztrátové řízení, rekuperační brzdění, aerodynamika čela),
- zvýšení aktivní bezpečnosti (vysoce účinné brzdy, vlakový zabezpečovač ETCS)
- zvýšení pasivní bezpečnosti (pevné kabiny strojvedoucího, deformací prvky),
- zvýšení kultury práce strojvedoucího (prostorné klimatizované tlakotěsné kabiny strojvedoucího, ergonomické ovládání, palubní diagnostika).

Zároveň je jejich třísystémové řešení (3 kV/15 kV/25 kV) činí zcela nezávislými na druhu elektrického napájení v ČR i v okolních zemích.

Podobnou cestou jako ČD Cargo, tedy postupným dožíváním přestárklých elektrických (respektive i naftových) lokomotiv a nákupem či pronájmem nových vysoce výkonných vícesystémových elektrických interoperabilních lokomotiv, se vydali i další dopravci, operující na území ČR. Jde jak o tuzemské společnosti (Mettrans, EP Cargo, AWT, Unipetrol, ...), tak i o zahraniční státní společnosti (DB Schenker, ÖBB, PKP) a o zahraniční privátní společnost (LTE, ITL, PSŽ, ...). Aktuálně již mají dopravci k dispozici 153 vícesystémových lokomotiv (3/15/25 kV respektive 1,5/3/15/25 kV) výkonové kategorie 6 MW vybavených a schválených pro provoz v ČR na síti železnic SŽDC a tato flotila se neustále rozrůstá.

Lokomotivy výkonové kategorie 6 MW provozovatelné na síti SŽDC

vlastník	dopravce	typ	řada	počet	pozn.
ČD	ČD	109	380	20	
ČD C	ČD C	Vectron MS	383	5	dodávky
DB Schenker	DB Schenker	ES 64 F4	189	32	
PKP	PKP	ES 64 U4		10	
PKP	PKP	ES 64 F4		3	
PKP	PKP	Vectron MS		15	
ÖBB	ÖBB	ES 64 U4	1216	14	
Metrans	Metrans	Traxx		20	
Railpool	Metrans	Traxx		4	
Railpool	Unipetrol	Traxx		2	
EP Cargo	EP Cargo	Vectron MS		1	
AWT	AWT	ES 64 U4		3	
ELL	Regiojet, EP Cargo, LTE	Vectron MS	193	17	
ITL	ITL	Vectron MS		6	
PSŽ	PSŽ	Vectron MS		1	
celkm				153	

Poznámka: Rekonstrukce starších lokomotiv 3 kV na 3 kV/25 kV

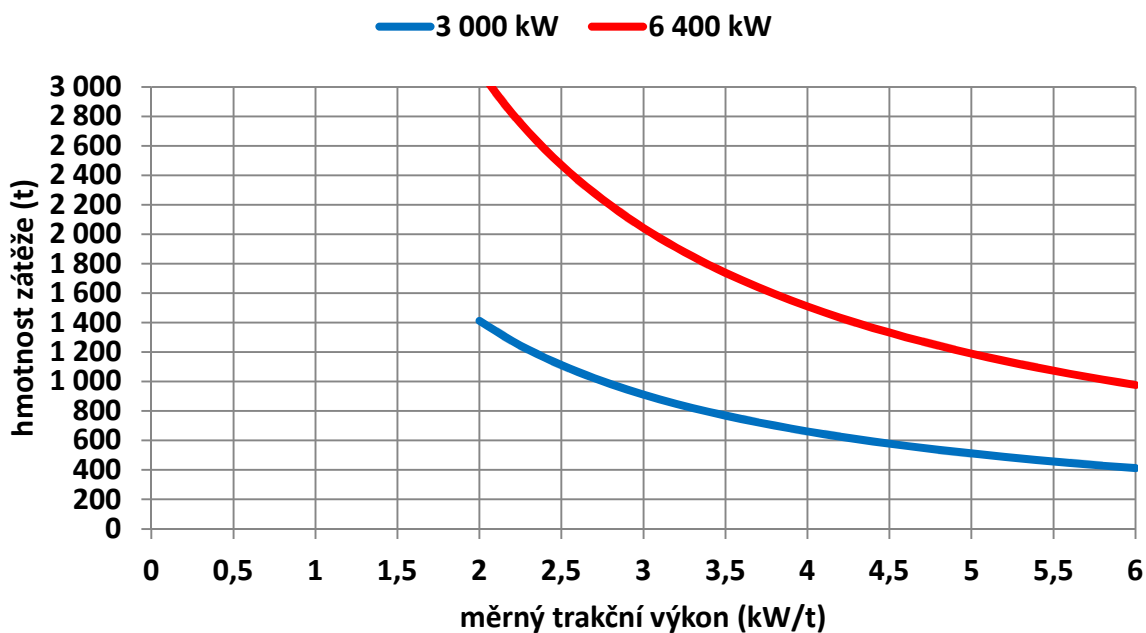
Podobně jako v případě osobní dopravy není racionální reakcí na konverzi elektrického napájení železničních tratí ze 3 kV na 25 kV přestavba existujících stejnosměrných lokomotiv 3 kV na dvousystémové 3 kV/25 kV (řady 363 a podobně), a to ze tří důvodů:

- ekonomika (přestavba je ve srovnání s nákupem nové lokomotivy velmi drahá),
- vysoký věk a technická zastaralost mechanické části lokomotiv. V důsledku toho působí dva negativní faktory:
 - o prodlužování doby využívání technicky již dávno překonaných řešení, jako například špalíkové brzdy, nepevné kabiny strojvedoucího, hlučný pojezd, do dalších let s důsledkem nízké spolehlivosti a vysokých nákladů na údržbu,
 - o a přesto nesoulad mezi životním cyklem nové elektrické části a staré mechanické části: po zhruba 10 až 15 letech budou lokomotivy likvidovány pro fyzickou i morální zastaralost jejich mechanické části (včetně komutátorových trakčních motorů) a přitom bude po pouhých 10 až 15 letech šrotována drahá zánovní elektrická výzbroj, která ještě mohla sloužit dalších 15 až 20 let, pokud by byla vložena do nové lokomotivy,
- přestavba řeší jen přizpůsobení vozidla změně napájecího systému ze 3 kV na 25 kV a opomíjí další trendy, které jsou pro nákladní dopravu rozhodující:
 - o zůstává nízký výkon lokomotivy (kolem 3 MW), který zaostává za současným stavem techniky (6,4 MW) a dává nákladním vlakům o hmotnosti 2 000 t měrný výkon jen kolem 1,5 kW/t a nedovoluje jim rychlou jízdu v těsném sledu za rychlíky což má negativní vliv na produktivitu a konkurenceschopnost železniční nákladní dopravy, ale i na propustnost dopravně silně zatížených železničních tratí zejména tranzitních koridorů,

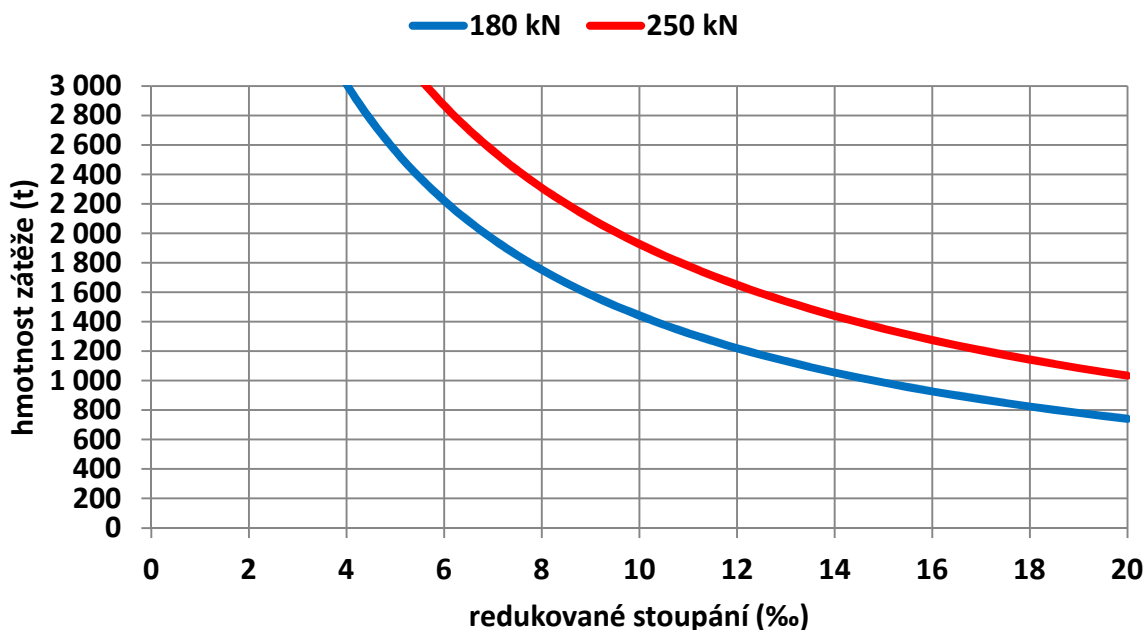
- zůstává nízká tažná síla lokomotivy rozhodná pro stanovení normativu zátěže (kolem 180 kN – dáno ponecháním stejnosměrných trakčních motorů), který zaostává za současným stavem techniky (250 kN – dáno aplikací individuálně frekvenčně řízených asynchronních trakčních motorů). To se projevuje především na tratích se stoupáním nad 5 promile, kde se limit tažné síly kolem 180 kN projevuje na omezování normativu zátěže nákladních vlaků. Tento nedostatek se nepříznivě dotýká nejen produktivity nákladní dopravy, ale i hospodárného využívání kapacity železniční dopravní cesty, neboť brání trendu vozby nákladních vlaků délky 740 m a zejména brání snahám převést část nákladní dopravy z přetížených koridorů na odklonové trasy, typicky s poněkud vyššími sklony.
- přestavba nenaplnuje zásady interoperability. To nelze vnímat jen jako formální nesplnění TSI, ale především jako neplnění cílů interoperability, které jsou veskrze správné, logické a potřebné (bezpečnost, spolehlivost, ochrana zdraví, ochrana životního prostředí, technická kompatibilita). Jde zejména o nepevné kabiny strojvedoucího a o absenci ochranných deformačních prvků podle ČSN EN 15 227, neplnění limitů hlučnosti a tedy nutnost budování ochranných protihlukových stěn na straně dopravní cesty, slabé brzdy s nízkým účinkem,
- zůstává vysoká údržbová náročnost mechanické části se špalíkovou brzdou a trakčních motorů s komutátory, tedy velmi krátké lhůty mezi prohlídkami (typicky 4 000 km , stav techniky je 30 000 km), což má dopad jak na spolehlivost a disponibilitu vozidel, tak na náklady na údržbu,
- velkým nedostatkem je nemožnost provozu v Německu a v Rakousku (chybějící systém 15 kV 16,7 Hz, chybějící a obtížně získatelné typové schválení). Přitom 2/3 nákladní dopravy na železnici v ČR překračuje státní hranici

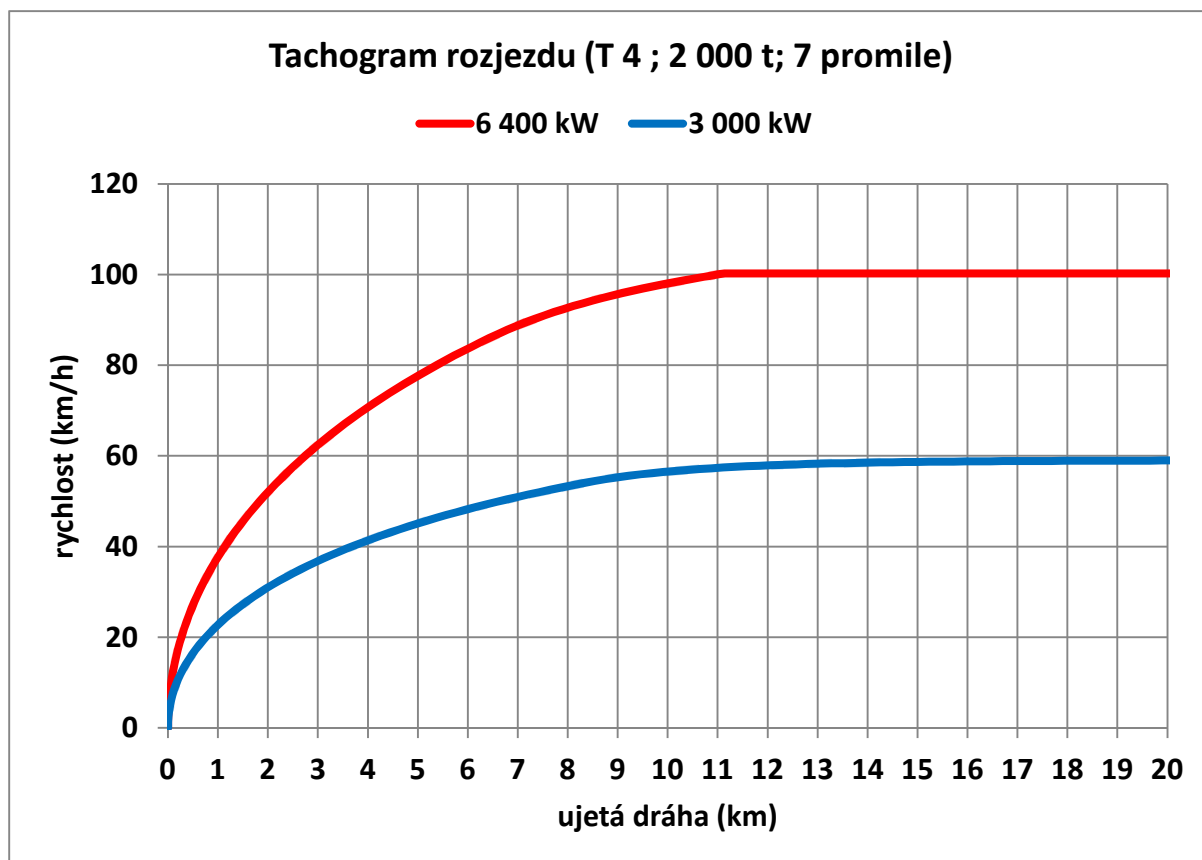
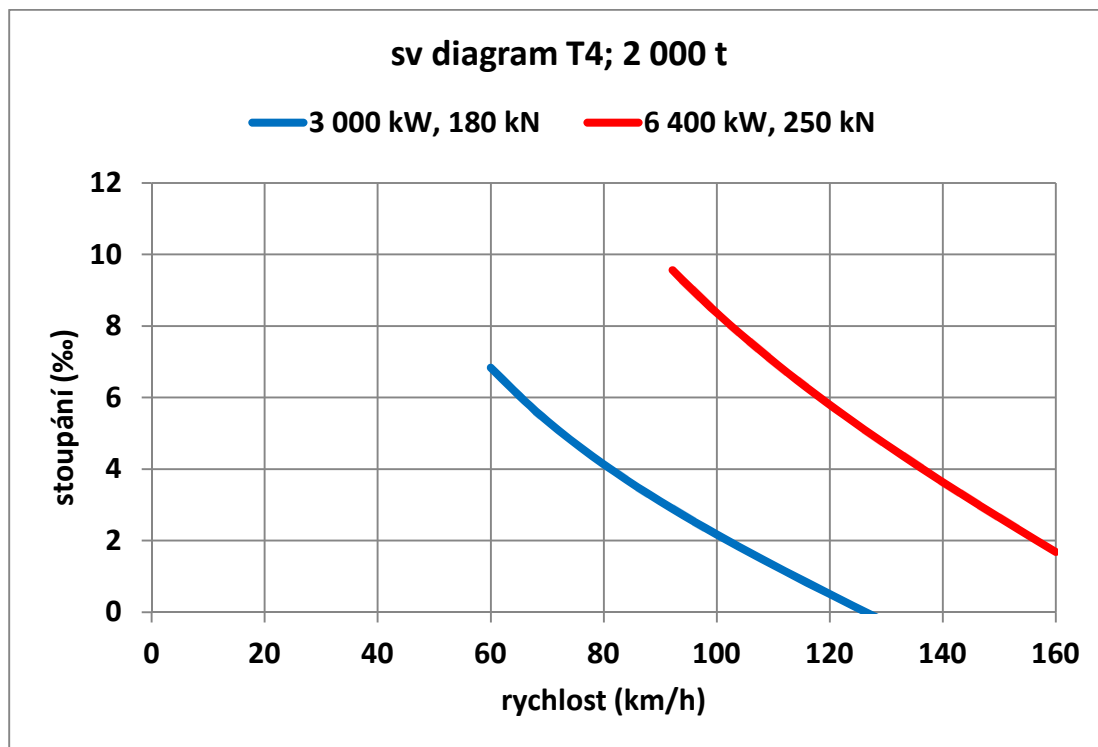
- nákladní dopravy na železnici v ČR překračuje státní hranici

normativ zátěže pro požadovaný měrný trakční výkon



normativ zátěže limitovaný využitelnou tažnou silou





Rekonstrukce stejnosměrných 3 kV lokomotiv 25 kV respektive 3 kV/25 kV proto nelze doporučit.

Tyto lokomotivy tyto lokomotivy již mají (nebo budou mít v průběhu několika let) nulovou zůstatkovou hodnotu. Službu, kterou měly vykonat, již vykonaly. Dokud je o ně v zahraničí (v Polsku) zájem, tak je výhodné je prodat, za několik let již o ně zájem nebude.

Cílovým řešením je jednoznačně orientace na pořízení (nákup či pronájem) nových vozidel, která řeší problematiku nákladní dopravy v plné šíři (komplexně) nikoliv jen změnu napájecího napětí. Jako přechodné řešení lze uvažovat i s využitím starších jednosystémových střídavých lokomotiv, kterých má ČD Cargo přebytek (44 lokomotiv řady 230 a 29 lokomotiv řady 240).

Střídavé jednosystémové elektrické lokomotivy se budou v důsledku náhrady lokomotiv v dopravě osobních zastávkových vlaků funkčně výhodnějšími a provozně hospodárnějšími elektrickými jednotkami uvolňovat i mateřské společnosti ČD. Ta vlastnila 82 střídavých jednosystémových lokomotiv řady 242, avšak jejich turnusová potřeba již klesala na cca 45. Dochází k redukci jejich stavu odprodejem či rušením. Zejména v souvislosti řešením regionální dopravy v Jihomoravském, Plzeňském a Jihočeském kraji se budou spolu s příchodem nových elektrických jednotek do regionální dopravy stávat lokomotivy řady 242 nadbytečnými. V souvislosti s konverzí systému 3 kV na 25 kV se nabízí možnost předání nadbytečných lokomotiv řady 242 z mateřské společnosti ČD do dceřiné společnosti ČD Cargo do nákladní dopravy.

Avšak ve srovnání s nahrazováním starších jednosystémových stejnosměrných elektrických lokomotiv ČD C řady 122 a 123 mladšími jednosystémovými stejnosměrnými elektrickými lokomotivami ČD řady 163 je situace jiná. Lokomotivy řady 163 mají modernější pojezd a elektrickou výzbroj s nižšími nároky na údržbu, než lokomotivy ČD C řad 122 a 123. Avšak jednosystémové střídavé elektrické lokomotivy ČD C řady 242 mají stejnou (a z hlediska údržby dosti náročnou) elektrickou výzbroj a pojezd, jako starší elektrické jednofázové střídavé lokomotivy ČD C řad 230 a 240 a též jim chybí elektrodynamická brzda.

Bylo by nesprávné tvrdit, že konverze systému 3 kV na 25 kV bude vždy vyžadovat vyšší potřebu dvousystémových elektrických lokomotiv. V řadě případů se budou postupnou konverzí stejnosměrných úseků příznivě prodlužovat vozební ramena jednosystémových střídavých elektrických lokomotiv. Odpadnou přepřahy a prodlouží se jejich vozební ramena, produktivita vozidel i personálu se zvýší a zároveň dojde k poklesu potřeby dvousystémových lokomotiv. Jde například o traťové úseky Kadaň – Nové Sedlo u Lokte či Beroun – Plzeň, na kterých jsou z důvodu počátečního krátkého stejnosměrného úseku a následného velkého stoupání (již ve střídavé části tratě) neefektivně používány dvojice dvousystémových lokomotiv řady 363.5. Po převedení železničních stanic Kadaň – Prunéřov, respektive Beroun, zde bude možno používat dvojice jednosystémových střídavých lokomotiv řad 230 či 240, kterých je přebytek.

Shrnutí

S ohledem na přestárlost výchozího parku elektrických stejnosměrných lokomotiv, jejich nízkou tažnou sílu směrodatnou pro určení normativu zátěže a nízký výkon, potřebný pro rychlejší jízdu nákladních vlaků po dopravně přetížených koridorech, jakožto i neefektivnost modernizací, je řešením konverze systému 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC nákup nových vozidel pro nákladní dopravu.

To znamená neprodlužovat již vyčerpanou životnost současných stejnosměrných lokomotiv hlavními opravami, nechat je dožít a nahradit je nákupem nových lokomotiv a ti již třísystémových (3 kV/15 kV/25 kV). K tíži nákladů spojených se změnou systému ze 3 kV na 25 kV lze počítat rozdíl ceny mezi stejnosměrnou 3 kV lokomotivou a dvousystémovou 3 kV/25 kV lokomotivou, respektive rozdíl ceny mezi dvousystémovou lokomotivou 3 kV/15 kV a třísystémovou 3 kV/15 kV/25 kV lokomotivou (typické pro severozápadní část ČR). Rozdíl v technickém řešení napájení 15 kV a 25 kV není velký, proto i rozdíl cen mezi dvousystémovou lokomotivou 3 kV/15 kV a třísystémovou 3 kV/15 kV/25 kV lokomotivou je nepatrný. V dalším výpočtu je však uvažován jednotný (nejvyšší) cenový rozdíl, odpovídající cenovému rozdílu mezi jednosystémovou lokomotivou 3 kV a třísystémovou 3 kV/15 kV/25 kV lokomotivou

Cena nové AC/DC lokomotivy 6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3/15/25 kV, TSI: 4 mil EUR (108 mil. Kč)

Cena nové DC lokomotivy 6,4 MW, 200 km/h, 300 kN, 3 kV, TSI: 3,6 mil EUR (97 mil. Kč)

Rozdíl cen AC/DC lokomotivy a DC lokomotivy: $4 - 3,6 = 0,4$ mil. EUR (11 mil. Kč)

Turnusová potřeba nákladní dopravy na současných tratích 3 kV, dosud zajišťované stejnosměrnými 3 kV lokomotivami: 70 lokomotiv (všichni dopravci)

Záloha: 10 lokomotiv (pro disponibilitu 88 %)

Inventární stav: $70 + 10 = 80$ lokomotiv (všichni dopravci)

Investiční náklady spojené se změnou systému napájení: $80 \cdot 11 = 880$ mil. Kč

Vícesystémové (AC/DC) lokomotivy budou místo stejnosměrných (DC) lokomotiv podřizovány z více důvodů:

- unifikace na straně dopravce (jednotný park, společná záložní vozidla, operativní náhrady) ... váha 50 %,
- prodlužování vozebních ramen (nabídka přímých spojení, vyšší produktivita) ... váha 20 %,
- unifikace na straně výrobce (úspora nákladů na DC modifikaci, zkoušky a schvalování) ... váha 10 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV na Slovensku (trati Valašské Meziříčí – Žilina a Český Těšín – Žilina) včetně postrkových lokomotiv Púchov – Střelná a Čadca Jablůnkov (již v letech 2017 a 2025) ... váha 20 %,
- změna systému napájení ze 3 kV na 25 kV ... váha 0 %.

Investiční vícenáklady spojené se změnou systému napájení ze 3 kV na 25 kV:

$0 \cdot 880$ mil. Kč = **0 mil. Kč**

Poznámka

Podobně jako v případě osobní železniční dopravy je obnova parku lokomotiv s přihlédnutím ke změně napájecího systému v části sítě železnic SŽDC ze 3 kV na 25 kV jen zlomkem investic do parku lokomotiv. Ty budou iniciovány především:

- přesunutím 30 % silniční nákladní dopravy ze silnic na železnice do roku 2030 podle Usnesení vlády ČR č. 978/2015 (Národní plán snižování emisí), což s ohledem na současnou dominantní roli nákladních automobilů a na růstové trendy znamená zvýšení přepravní práce nákladní železniční dopravy na 2,73 násobek oproti roku 2015,
- dokončení elektrizace železniční sítě (náhrada naftové vozby elektrickou) podle koncepčních návrhů MD ČR a SŽDC, které směřují k naplnění Usnesení vlády ČR č. 362/2015 (statní energetická koncepce) v oblasti dopravy, kde je stanoven ušetřit v dopravě v roce 2030 ve srovnání se současností 9 000 milionů kWh energie ropných paliv a využít navíc 1 900 milionů kWh elektrické energie,
- zvládnout dopravu vysocekapacitních nákladních vlaků délky 740 m ve smyslu Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1316/2013,
- nahradit přestálé elektrické lokomotivy novými vysocevýkonnými interoperabilními lokomotivami nejen v oblasti lokomotiv jednosystémových lokomotiv 3 kV, ale i v oblasti jednosystémových lokomotiv 25 kV (viz tabulka níže),
- nahradit přestálé elektrické lokomotivy novými vysocevýkonnými interoperabilními lokomotivami nejen v oblasti lokomotiv jednosystémových lokomotiv 3 kV, ale i v oblasti dvousystémových lokomotiv 3kV/25 kV (viz tabulka níže).

Vozidla ČD Cargo 25 kV používaná v nákladní dopravě

							věk	počet	věk	věk
řada	napětí	výkon	rychlost	ETCS	výroba od	výroba do	2016	2016	2025	2037
	kV	kW	km/h		rok	rok	roky	kusů	roky	roky
230	25	3 020	110	nemá	1966	1967	50	44	59	71
240	25	3 020	120	nemá	1968	1986	39	29	48	60
340	15; 25	3 020	120	nemá	1968	1968	48	3	57	69
celkem								76		

Vozidla ČD Cargo 3 kV / 25 kV používaná v nákladní dopravě

							věk	počet	věk	věk
řada	napětí	výkon	rychlost	ETCS	výroba od	výroba do	2016	2016	2025	2037
	kV	kW	km/h		rok	rok	roky	kusů	roky	roky
363	3; 25	3 000	120	nemá	1984	1990	29	23	38	50
363.5	3; 25	3 630	120	nemá	1984	1992	28	30	37	49
celkem								53		

Též se sluší připomenout, že právě v nákladní dopravě se projeví přínosy vyšší přenosové schopnosti trakčního vedení 25 kV ve srovnání se systémem 3 kV nejvíce:

- úspora plateb za elektrickou energii vlivem nižších ztrát v trakčním vedení,
- úspora plateb za elektrickou energii vlivem vyšší úspěšnosti rekuperace,
- neomezování trakčního výkonu lokomotiv nízkým napětím na sběrači vozidla v důsledku velkých úbytků napětí na trakčním vedení,
- umožnění jízdy nákladních vlaků v těsném sledu v důsledku zkrácení elektrických následných mezidobí,
- zamezení poškozování ložisek nákladních vozů protékáním podélných stejnosměrných proudů vlakovou soupravou.

3.8.6 Posun

Mateřská společnost ČD i její dceřiná společnost ČD Cargo byly od původních ČD vybaveny poměrně rozsáhlou flotilou stejnosměrných elektrických posunovacích lokomotiv řad 110 a 111 jakožto i stejnosměrných elektrických posunovacích lokomotiv řady 210.

Stejnoseměrné elektrické posunovací lokomotivy 3 kV - stav v roce 2011

							věk	počet	počet	počet	věk	věk
řada	napětí	výkon	rychlost	ETCS	výroba od	výroba do	2016	2016	2016	2016	2025	2037
	kV	kW	km/h		rok	rok	roky	kusů ČD	kusů ČD C	kusů	roky	roky
110	3	780	80	nemá	1971	1973	44	6	18	24	53	65
111	3	740	80	nemá	1981	1982	35	15	18	33	44	56
celkem								21	36	57		

Střídavé elektrické posunovací lokomotivy 25 kV - stav v roce 2011

							věk	počet	počet	počet	věk	věk
řada	napětí	výkon	rychlost	ETCS	výroba od	výroba do	2016	2016	2016	2016	2025	2037
	kV	kW	km/h		rok	rok	roky	kusů ČD	kusů ČD C	kusů	roky	roky
210	25	860	80	nemá	1972	1983	39	16	20	36	48	60
celkem								16	20	36		

Od té doby však jak v osobní, tak i v nákladní dopravě potřeba posunu klesá. Posun je vnímán jako neproduktivní činnost a proto je záměrně minimalizován.

V osobní dopravě je trendem odklon od samostatných vozů tažených lokomotivami k uceleným trakčním či netrakčním jednotkám.

V nákladní dopravě klesá význam jednotlivých vozových zásilek a roste počet ucelených vlaků.

Proto postupně dochází jak u mateřské společnosti ČD (osobní doprava), tak u dceřiné společnosti ČD Cargo, k poklesu potřeby posunovacích lokomotiv, a to včetně elektrických. To se týká jak stejnosměrných 3 kV, tak i střídavých 25 kV. Nepotřebná vozidla jsou postupně vyřazována.

Podobně jako v případě nadbytečných střídavých 25 kV elektrických lokomotiv pro traťovou službu řad 230, 240 a 242 lze při konverzi tratí a nádraží SŽDC elektrifikovaných systémem 3 kV na 25 kV po určitou dobu pokrýt potřebu náhrady stejnosměrných elektrických posunovacích lokomotiv 3 kV nadbytečnými střídavými elektrickými posunovacími lokomotivami 25 kV. Dvousystémové řešení 3 kV/25 kV se u elektrických posunovacích lokomotiv ve většině případů nejeví potřebné, neboť jejich teritoriální oblast použití je omezena na určitý železniční uzel, který zpravidla bývá napájen jediným napěťovým systémem.

V dalším období již bude možno řešit prostou reprodukci dožilých elektrických posunovacích lokomotiv standardními jednosystémovými střídavými elektrickými posunovacími lokomotivami 25 kV. Proto nejsou v souvislosti s konverzí tratí a nádraží SŽDC elektrifikovaných systémem 3 kV na 25 kV uvažovány v oblasti posunovacích lokomotiv žádné vícenáklady.

3.8.7 Shrnutí

V předchozích kapitolách stanovené dílčí náklady dávají společně představu o vícenákladech spojených v oblasti vozidel s uskutečněním projektu přeměny systému 3 kV na jednotný systém 25 kV. Je potřeba podotknout, že jde pouze o přechodné náklady, které budou působit jen na počátku. Po skončení období konverze již bude nadále možno pro tuzemsko vždy pořizovat nikoliv dvousystémová vozidla 3 kV/25 kV, ale jednodušší jednosystémová vozidla 25 kV.

Celkové náklady na vozidla spojené s konverzí systému 3 kV na 25 kV na tratích SŽDC:

Dálková osobní doprava	0 mil. Kč
Regionální osobní doprava	982 mil. Kč
Nákladní doprava	0 mil. Kč
Posun	0 mil. Kč
Celkem	982 mil. Kč

Při předpokládané době konverze cca 10 let (2024 až 2034) činí roční náklad na konverzi vyvolané vícenáklady v oblasti vozidel $982 / 10 = 98$ mil. Kč/rok.

Náhrada stejnosměrných železničních trakčních vozidel dvou a vícetřídovými trakčními vozidly je přirozeným trendem, který již na české železnici řadu let probíhá, a to zcela nezávisle na uvažované konverzi napájecího systému ze 3 kV na 25 kV na straně železniční dopravní cesty. Velice tomu napomáhá technické a cenové sblížení stejnosměrných a dvou či vícetřídových trakčních vozidel.

Příznivou okolností je i vysoký věk velké většiny jen stejnosměrných železničních trakčních vozidel, používaných v ČR. Až na výjimky (viz dále) neznámá odchylka infrastruktury od aplikace napájení 3 kV hrozí škod v důsledku předčasného ukončení exploatace dosud neamortizovaného vozidla (rušení vozidel s nulovou účetní hodnotou).

Přesto (respektive i právě proto) se jeví velmi potřebné zpracovat a zveřejnit věcný a časový plán přechodu jednotlivých tratí SŽDC ze systému 3 kV na systém 25 kV a ten zveřejnit, aby se jím mohli dopravci řídit při svém investičním plánování. Dobrým příkladem může být na stránkách Ministerstva dopravy všem volně dostupný Národní implementační plán ERTMS, který obdobnou roli plní velmi správně.

Jedinou výše zmíněnou výjimkou jsou vozidla řady 471 a 440, která bude nutno dodatečně dovybavit elektrickými vstupními obvody 25 kV. Avšak i pro ně existuje technicky schůdné a provozně i ekonomicky racionální řešení v podobě přestavby, která v případě vozidel řady 471 primárně řeší narůstající a velmi tíživý problém přetížení kapacity železniční dopravní cesty v okolí Prahy.

Turnusová potřeba vozidel pro zajištění dálkové (nadregionální) osobní železniční dopravy v ČR

Legenda - trakční vozilo

	stejnoseměrné 3 KV
	střídavé a vícesystémové již nyní
	střídavé a vícesystémové ještě před zahájením konverze
	diesel

Linky dálkové (nadregionální) osobní železniční dopravy (objednáváné MD ČR)

Linky dálkové (nadregionální) osobní železniční dopravy (objednáváné MD ČR)										elektrická vozba				naftová vozba				potřeba změny typu vozidel						
označení	vozba	kat	úsek	délka E CZ	délka D CZ	déka CZ	poměr E	četnost	vl. výkon	typ E	takt E	do obratu E	TP E	typ D	takt D	do obratu D	TP D	poznámka	vozidel 3 kV	vozidla SK	vozidla DE	vozidel nová linka	vozidel DL	vozidel DM
				km	km	km	%	pár/den	M km/rok	kV	h	h	h		h									
Ex1	E																							
		EC	Praha - Varšava	378	0	378	100	2	0,55	3/15/25	8	16	2					TSI loko 200 km/h						
		SC	Praha - Košice	425	0	425	100	1	0,31	3/15/25	24	24	1					680						
		Ex	Praha - Žilina	425	0	425	100	9	2,79		2	12	6					Čadca - Žilina 2025		6				
		SC, IC	Praha - Ostrava	356	0	356	100	8	2,08	3/15/25	2	8	4					680						
Ex2	E																							
		Ex	Praha - Žilina	368	0	368	100	6	1,61	3/15/25	2	12	6					Púchov 2015						
		IC	Praha - Zlín	318	11	329	97	1	0,24	3	24	12	0,5	DL	24	6	0,25		0,5				0,25	
Ex3	E																							
		Ex	Praha - Brno	255	0	255	100	8	1,49		2	6	3					nová linka				3		
		RJ	Praha - Graz	314	0	314	100	8	1,83	3/15/25	2	16	8					rj						
		EC	Praha - Budapest	314	0	314	100	7	1,60	3/15/25	2	16	8											
		IC, Ex	Praha - Brno	255	0	255	100	4	0,74	3/15/25	4	8	2					rj						
		EC	Praha - Hamburg	129	0	129	100	7	0,66	3/15/25	2	16	8					TSI loko 200 km/h			8			
Ex4	E																							
		EC	Varšava - Vídeň	192	0	192	100	3	0,42		4	16	4											
		IC	Bohumín - Břeclav	192	0	192	100	2	0,28		12	12	1											
R5	E																							
		R	Praha - Cheb	288	0	288	100	7	1,47		2	10	5											
R6	E/D																							
		Ex	Praha - Plzeň	113	0	113	100	7	0,58		1	4	4					nová linka				4		
		Ex	Praha - Mnichov	113	70	183	62	4	0,53		4	6	1,5	DL	4	4	1						1	
		SC	Praha - Cheb	219	0	219	100	2	0,32		12	8	0,67											
		R	Praha - Cheb	219	0	219	100	7	1,12		2	8	4											
		R	Praha - Klatovy	161	0	161	100	2	0,24		4	8	2											
		R	Praha - Železná Ruda	161	49	210	77	3	0,46		4	8	2	DL	4	4	1						1	
R7	E																							
		Ex	Praha - České Budř.	172	0	172	100	7	0,88		1	5	5					nová linka				5		
		R	Praha - České Budř.	172	0	172	100	11	1,38		1	7	7											
		R	Praha - Linz	229	0	229	100	3	0,50		4	12	3											
R8	E																							
		Ex	Brno - Bohoumín	180	0	180	100	14	1,84		1	5	5					nová linka				5		

		Ex	Brno - Zlín	112	0	112	100	7	0,57		1	3	3					nová linka					3		
		R	Brno - Bohoumín	180	0	180	100	14	1,84		1	7	7												
R9	E																								
		R	Praha - Brno	257	0	257	100	10	1,88		2	10	5												
		R	Praha - Jihlava	163	0	163	100	1	0,12		24	24	1												
R10	E/D																								
		R	Praha - Trutnov	133	52	185	72	6	0,81	3	2	6	3	DL	2	6	3		3					3	
		R	Praha - Hradec Král.	116	0	116	100	9	0,76	3	2	6	3						3						
		R	Praha - Letohrad	137	41	178	77	1	0,13	3	24	6	0	DL	24	24	1		0					1	
R11	E/D																								
		R	Brno - Plzeň	268	104	372	72	7	1,90	25	2	10	5	DL	2	6	3							3	
		R	Česé Bud'. - Plzeň	136	0	136	100	1	0,10	25	24	24	1												
R12	E/D																								
		R	Brno - Šumperk	159	0	159	100	8	0,93	3/25	2	8	4												
R13	E																								
		R	Brno - Olomouc	181	0	181	100	8	1,06	3/25	2	6	3												
R14	M																								
		R	Pardubice - Liberec	39	122	161	24	9	1,06					DM	2	10	5								5
R15	M																								
		R	Ústí nad L. - Liberec	26	87	113	23	7	0,58					DM	2	6	3								3
R16	M																								
		R	Plzeň - Most	41	116	157	26	6	0,69					DM	2	8	4								4
R18	E/D																								
		R	Praha - Vsetín	346	0	346	100	2	0,51	3	12	24	2						2						
		R	Praha - Luhačovice	300	36	336	89	6	1,47	3	2	8	4	DL	2	4	2		4					2	
		R	Praha - Veselín/M	300	19	319	94	1	0,23	3	24	12	0,5	DL	24	6	0,25		0,5					0,25	
R19	E																								
		R	Praha - Brno	255	0	255	100	7	1,30	3/25	2	8	4												
R20	E																								
		R	Praha - Děčín	129	0	129	100	10	0,94	3	2	6	3						3						
R21	M																								
		R	Praha -Tanvald	9	127	136	7	3	0,30					DM	4	8	2								2
		R	Praha -Turnov	9	96	105	9	2	0,15					DM	4	8	2								2
R22	M																								
		R	Kolín - Rumburk	23	129	152	15	5	0,55					DM	2	8	4								4
R23	E																								
		R	Kolín - Ústí nad Lab.	134	0	134	100	7	0,68	3	2	6	3						3						
R24	M																								
		R	Praha - Rakovník	2	71	73	3	6	0,32					DM	2	4	2								2
R26	M																								
		R	Praha - České Bud'.	102	90	192	53	4	0,56					DM	2	8	4								4
R27	M																								

		R	Ostrava - Olomouc	28	116	144	19	7	0,74					DM	2	10	5							5
N28	E																							
		EN	Praha - Košice	425	0	425	100	2	0,62	3/15/25	24	48	2					Čadca - Žilina 2025			2			
		EN	Praha - Budapest	316	0	316	100	1	0,23	3/15/25	24	24	1											
		EN	Praha - Berlin	129	0	129	100	1	0,09	3/15/25	24	24	1					TSI loko 200 km/h				1		
R29	M																							
celkem																		celkem	konverze ČR	konverze SR	pož. DB	nove linky	za DL	za DMU
																		99	19	8	9	20	12	31
																		100%	19%	8%	9%	20%	12%	31%

Regiojet			elektrická vozba										naftová vozba				potřeba změny typu vozidel							
označení	vozba	kat	úsek	délka E CZ	délka D CZ	déka CZ	poměr E	četnost	vl. výkon	typ E	takt E	doba obratu E	TP E	typ D	takt D	doba obratu D	TP D	poznámka	vozidel 3 kV	vozidla SK	vozidla DE	vozidel nová linka	vozidel DL	vozidel DM
				km	km	km	%	pár/den	M km/rok	kV	h	h	h		h									
	E	IC	Praha - Staré Město	318	0	318	100	1	0,23		24	12	0,5						0,5					
	E	IC	Praha - Havířov	374	0	374	100	4	1,09		4	10	2,5						2,5					
	E	IC	Praha - Návší	413	0	413	100	3	0,90		4	10	2,5						2,5					
	E/D	IC	Praha - Zvolen	423	0	423	100	1	0,31		24	12	0,5					Čadca - Žilina 2025		0,5				
	E	IC	Praha - Košice	423	0	423	100	2	0,62		12	12	1					Čadca - Žilina 2025		1				
celkem									3,16	7							7	5,5	1,5	0	0	0	0	
																	100%	79%	21%	0%	0%	0%	0%	

Leoexpres			elektrická vozba											naftová vozba				potřeba změny typu vozidel							
označení	vozba	kat	úsek	délka E CZ	délka D CZ	déka CZ	poměr E	četnost	vl. výkon	typ E	takt E	doba obratu E	TP E	typ D	takt D	doba obratu D	TP D	poznámka	vozidel 3 kV	vozidla SK	vozidla DE	vozidel nová linka	vozidel DL	vozidel DM	
				km	km	km	%	pár/den	M km/rok	kV	h	h	h		h										
	E	IC	Praha - Staré Město	318	0	318	100	4	0,93		6	8	1,3						1,3						
	E	IC	Praha - Ostrava hl.n.	356	0	356	100	1	0,26		24	10	0,4						0,4						
	E	IC	Praha - Bohumín	364	0	364	100	1	0,27		24	10	0,4						0,4						
	E	IC	Praha - Karviná	379	0	379	100	2	0,55		24	10	0,4						0,4						
	E	IC	Praha - Bystřice	409	0	409	100	1	0,30		24	10	0,4						0,4						
	E	IC	Praha - Košice	409	0	409	100	2	0,60		12	24	2,0					Čadca - Žilina 2025		2					
celkem									2,90					5,0					5						
																			3						
																			2						
																			0						
																			0						
																			0						
																			0						
																			0						
																			Σ						
																			součet vozidel za všechny dopravce						

celkem	konverze ČR	konverze SR	pož. DB	nove linky	za DL	za DMU
111	28	12	9	20	12	31
100%	25%	10%	8%	18%	10%	28%

