

Studie proveditelnosti změny trakce z DC 3 kV na AC 25 kV, 50 Hz v oblasti „Ostravsko a Přerovsko“

A.3 Energetické výpočty - simulace

A.3.3 Energetické výpočty – varianta 3

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Název: **Studie proveditelnosti změny trakce z DC 3 kV na AC 25 kV, 50 Hz v oblasti „Ostravsko a Přerovsko“**

Stupeň: studie proveditelnosti

Objednatel: **Správa železnic, státní organizace**
Stavební správa východ, Nerudova 1, 772 58 Olomouc

Zakázkové číslo: 18009-01-0519
Termín odevzdání: 4/2020



Zpracovatel:	SUDOP BRNO, spol. s r.o. Kounicova 26, 611 36 Brno
Generální ředitel:	Ing. Kamil Chmela
Odpovědný projektant zakázky:	Ing. Jiří Pelc
Navrhl, vypracoval:	Ing. Ondřej Svoboda

1 Obsah

1	OBSAH	1
2	ÚVOD	2
3	PODKLADY.....	2
3.1	POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY	2
3.2	MODEL INFRASTRUKTURY, JÍZDNÍ ŘÁD A HV.....	3
4	VSTUPNÍ DATA	4
4.1	PARAMETRY AC SÍTĚ	5
4.2	PARAMETRY TRAKČNÍCH NAPÁJECÍCH STANIC	5
4.3	PARAMETRY TRAKČNÍHO VEDENÍ	5
4.4	PARAMETRY HNACÍCH VOZIDEL	6
5	METODA VÝPOČTU.....	8
6	VÝSLEDKY	9
6.1	DIMENZOVÁNÍ TNS	10
6.2	SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE	10
7	ZÁVĚR.....	10

- Nařízení komise (EU) č. 1301/2014
- Předpis SŽDC (ČSD) SR 34(E) s úpravou dle dopisu zn.: 21480/2017-SŽDC-O14

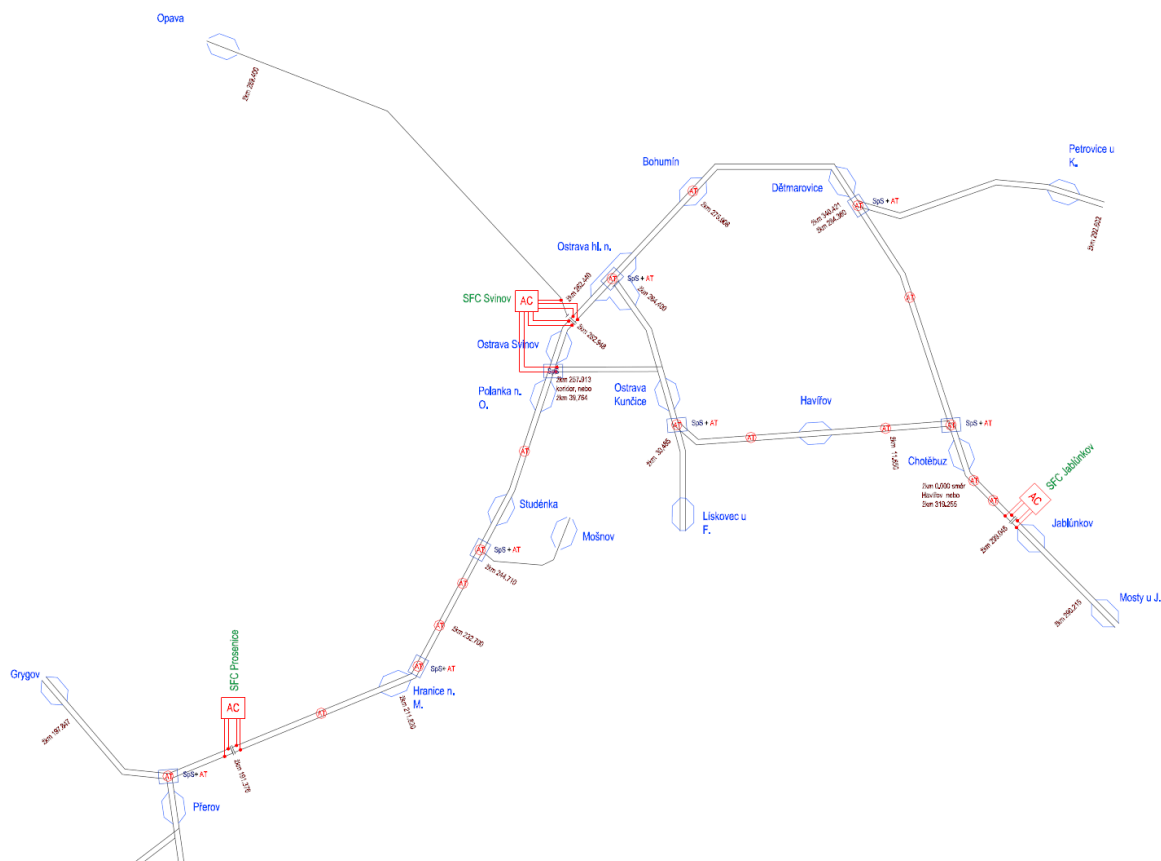
3.2 Model infrastruktury, jízdní řád a HV

- **Koleje**
Niveleta koleje byla převzata od zadavatele a odpovídá stávajícímu stavu. Stejně tak byly převzaty polohy výhybek a nástupišť.
- **Jízdní řád**
Byl zpracován po konzultaci s dopravním technologem objednatele a na základě toho byl vybrán nejhorší možný stav.
- **Zabezpečovací zařízení**
Hlavní návěstidla a oddíly byly také navrženy dle zadání objednatele a respektují výhledový stav.
- **Hnací vozidla**
V simulaci se uvažuje s typizovanými lokomotivami a elektrickými jednotkami.
- **Napájecí stanice**
Rozmístění napájecích stanic odpovídá současnému stavu. Systém napájení byl převzat z výhledových schémat napájení a dělení.
- **Trakční vedení**
Sestava trakčního vedení včetně základního propojení byla také převzata z projektů a odpovídá výhledovému stavu.
- **Hnací vozidla**
V modelu se uvažuje s regulací výkonu dle TSI ENE a s povolenou rekuperací.

4 Vstupní data

Energetický model byl navržen v programu OpenPowerNet a zahrnuje v sobě model napájecích stanic, trakčního vedení a elektrických parametrů lokomotiv. Program OpenPowerNet využívá ke svému výpočtu program OpenTrack, ve kterém byla vymodelována infrastruktura kolejí, výhybek, nástupišť a zabezpečovacího zařízení. V programu OpenTrack byl také zpracován model vlaků, lokomotiv a elektrických souprav včetně jízdního řádu.

Model napájení byl rozdělen následovně (detail v příloze B.11):
Návrhová varianta 3



4.1 Parametry AC sítě

- Napětí 2x25 kV
- Frekvence 50 Hz

4.2 Parametry trakčních napájecích stanic

- Napětí nakrátko 16 %
- Ztráty nakrátko 96 kW
- Ztráty naprázdno 7,5 kW
- Proud naprázdno 0,1 A
- Jmenovitý výkon 16 MVA
- Primární napětí 115 kV
- Sekundární napětí 2x27 kV
- Rekuperace TNS umožňuje přetok energie zpět do sítě

4.3 Parametry trakčního vedení

Všechny vodiče včetně kolejnic a země jsou v modelu definovány svými elektrickými a geometrickými vlastnostmi.

Vodiče

Negativní fáze

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; 6,6] m
- ekvivalentní poloměr 4,685 mm
- činný odpor při 20°C 0,150 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 80°C

Nosné lano 50Bz

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; 6,6] m
- ekvivalentní poloměr¹ 3,578 mm
- činný odpor 0,32 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 80°C

Trolej 100Cu

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; 5,6] m
- ekvivalentní poloměr 4,395 mm
- činný odpor 0,183 Ω/km
- teplotní součinitel 0,00393 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 80°C

Pravá kolejnice

- geometrická poloha [x ; y] [0,7175 ; 0] m
- ekvivalentní poloměr 38,54 mm

¹ Ekvivalentní poloměr je takový poloměr, který by měl kulovitý vodič o plném průřezu se stejnými elektrickými parametry.

- činný odpor ² při 20°C 0,416 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 60°C

Levá kolejnice

- geometrická poloha [x ; y] [-0,7175 ; 0] m
- činný odpor při 20°C 0,416 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 60°C

Obcházecí vedení

- geometrická poloha [x ; y] [-4;6] m
- ekvivalentní poloměr³ 4,685 mm
- činný odpor 0,15 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C⁻¹
- uvažovaná teplota vodiče 80°C

Osová vzdálenost dvou kolejí 4 m

země

- geometrická poloha [x ; y] [0 ; -715]m
- ekvivalentní poloměr 465 m
- činný odpor 0,0393 Ω/km

Propojky

- Vzdálenost mezikolejnicových propojení jedné stopy 1 km
- Vzdálenost mezikolejových propojení na jedné trati 5 km
- Propojení troleje a nosného lana 1 000 S/km
- Propojení kolejnice a země⁴ 0,01 S/km

4.4 Parametry hnacích vozidel

Výpočet potřebného výkonu pro jízdu vozidla počítá program OpenTrack pro uvedené typy vlaků:

EC

- Zdvojená univerzální elektrická jednotka
- Jízdní odpor R

EC

- Hmotnost bez lokomotivy 400t
- Jízdní odpor R
- Lokomotiva Vectron

² Odpor kolejnice vychází ze změřených hodnot uvedených v dopise zn. 21480/2017-SŽDC-O14 pro tvar kolejnice UIC 60.

³ Ekvivalentní poloměr je takový poloměr, který by měl kulovitý vodič o plném průřezu se stejnými elektrickými parametry.

⁴ Hodnota vychází z odborného odhadu na základě dané maximální svodové vodivosti 0,5 S/km (ČSN EN 50 122-2 ed.2) a na základě zjištění Ing. Jana Matouše publikovaného zde http://www.railvolution.net/czechraildays/2011/seminare/trendy_matous_a.pdf, kde uvádí přechodový odpor kolej – zem u nových tratí jako „mnohdy převyšující hodnotu 100 Ω/km (u nerekonstruovaných tratí tato hodnota obvykle bývá okolo 1 Ωkm)“.

Energetické výpočty

NEx

- Hmotnost bez lokomotivy 1800t
- Jízdní odpor S
- Lokomotiva Vectron

Pn

- Hmotnost bez lokomotivy 2400t
- Jízdní odpor S
- Lokomotiva Vectron

R

- Hmotnost bez lokomotivy 400t
- Jízdní odpor R
- Lokomotiva Vectron

SC

- Jízdní odpor R
- Lokomotiva ICE 7

NEx

- Hmotnost bez lokomotivy 2400t
- Jízdní odpor S
- Lokomotiva Vectron

Os

- RegioPanter 640
- Jízdní odpor R

Níže jsou uvedeny elektrické vlastnosti hnacích vozidel zadaných v programu OpenPowerNet.

Vectron

- Maximální výkon 6,4 MW
- Maximální tažná síla 300 kN
- Max. napětí při rekuperaci 29 kV
- Skutečný účinník 0,98
- Regulace výkonu dle TSI ENE ano

640 RegioPanter

- Maximální výkon 2,04 MW
- Maximální tažná síla 196 kN
- Max. napětí při rekuperaci 29 kV
- Skutečný účinník 0,98
- Regulace výkonu dle TSI ENE ne

ICE 7

- Maximální výkon 4,95 MW
- Maximální tažná síla 264 kN
- Max. napětí při rekuperaci 29 kV
- Skutečný účinník 0,98
- Regulace výkonu dle TSI ENE ano

Energetické výpočty

5 Metoda výpočtu

Výpočet byl proveden v programu OpenPowerNet, který paralelně spolupracuje s programem OpenTrack. Celý výpočet by se dal zjednodušeně popsat v následujících pěti bodech:

- I. OpenTrack na základě daného jízdního řádu rozmístí vlaky v oblasti.
- II. Dále spočítá na základě jejich jízdního odporu, hybnosti a trakční charakteristiky, jaký potřebují dodat výkon a tuto informaci (i s polohou vlaků) odešle programu OpenPowerNet.
- III. OpenPower následně iterační metodou spočítá, jakým způsobem se rozloží požadovaný výkon mezi jednotlivé napájecí stanice, spočítá ztráty v trakčním vedení a dostupný výkon pro jednotlivé vlaky.
- IV. OpenPowerNet odešle dostupný výkon pro jednotlivé vlaky (stejný jako požadovaný nebo menší způsobený např. poklesem napětí pod $0,9U_{jm}$) programu OpenTrack.
- V. OpenTrack převezme dostupný výkon pro jednotlivé vlaky a spočítá ujetou vzdálenost za jednu sekundu. Po té znovu vypočítá potřebný výkon a celý proces se tak pro každou sekundu v jízdním řádu opakuje.

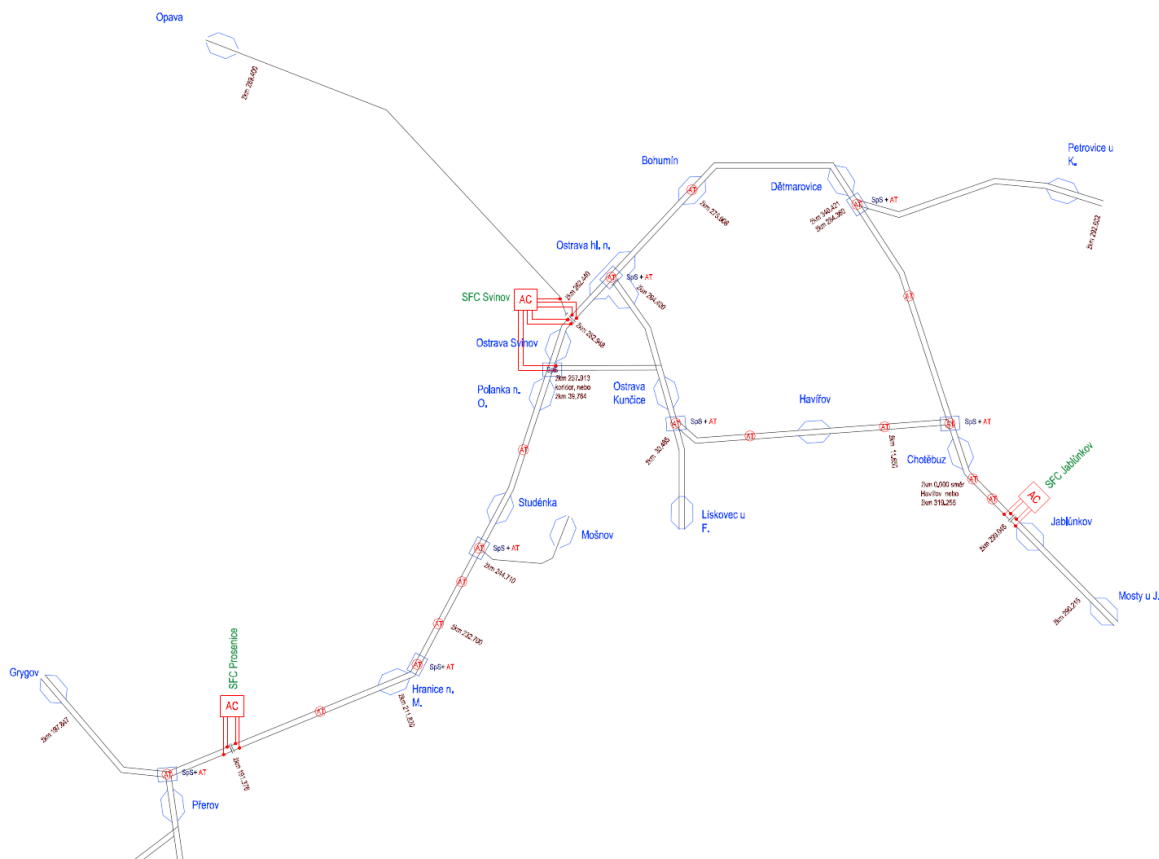
6 Výsledky

V této variantě se prověřuje možnost využití systému napájení 2x 25kV 50Hz, který má větší přenosovou schopnost a je možné navrhnout menší počet napájecích stanic. Z hlediska kvality napájení se jedná o srovnatelnou projektovou variantu s ostatními.

Menší počet napájecích stanic je ale vykompenzován nutností budování autotransfornátorů podél trati, dále je potřeba vyměnit izolátory také u zesilovacího vedení (negativní napáječ).

Při výpočtu je uvažováno napájení proti sobě z TNS Prosenice, TNS Svinov a TNS Jablůnkov.

Návrhová varianta 3



TNS	P _{1s}	P _{15min}	0,7 % S _k
	MW	MW	MVA
Prosenice	36	24,5	17
Svinov	36,5	25	10
Jablůnkov	34,3	22,3	6

Z výsledků vyplývá potřebný výkon jednotlivých napájecích trakčních stanic, který je nutný pro zajištění stability grafikonu a spolehlivosti napájení. **Byl zjištěn nedostatečný jednofázový dostupný příkon u všech TNS.** Podrobné průběhy výkonu v příloze (7.1-7.3).

6.1 Dimenzování TNS

Z výše uvedených výsledků byl stanoven potřebný instalovaný výkon daných napájecích trakčních stanic. Na základě nedostatečné dovolené nesymetrie sítě je zvolena u všech napájecích stanic technologie statických frekvenčních měničů.

SFC.....statický frekvenční měnič

Varianta 3

SFC Prosenice - 2x 45 MVA

SFC Svinov - 2x 45 MVA

SFC Jablůnkov - 2x 45 MVA

6.2 Spotřeba elektrické energie

Celková průměrná roční spotřeba elektrické energie pro řešenou oblast ve variantě 3 byla spočtena z naměřených výkonových dat z let 2012 – 2018 s uvažováním navýšení dopravy v jednotlivých napájených úsecích a změny proudové soustavy na AC 25 kV 50 Hz, stím bylo uvažováno také snížením ztrát díky změně proudové soustavy a započítání rekuperace. **Stanovená hodnota je 289 685 MW/rok.**

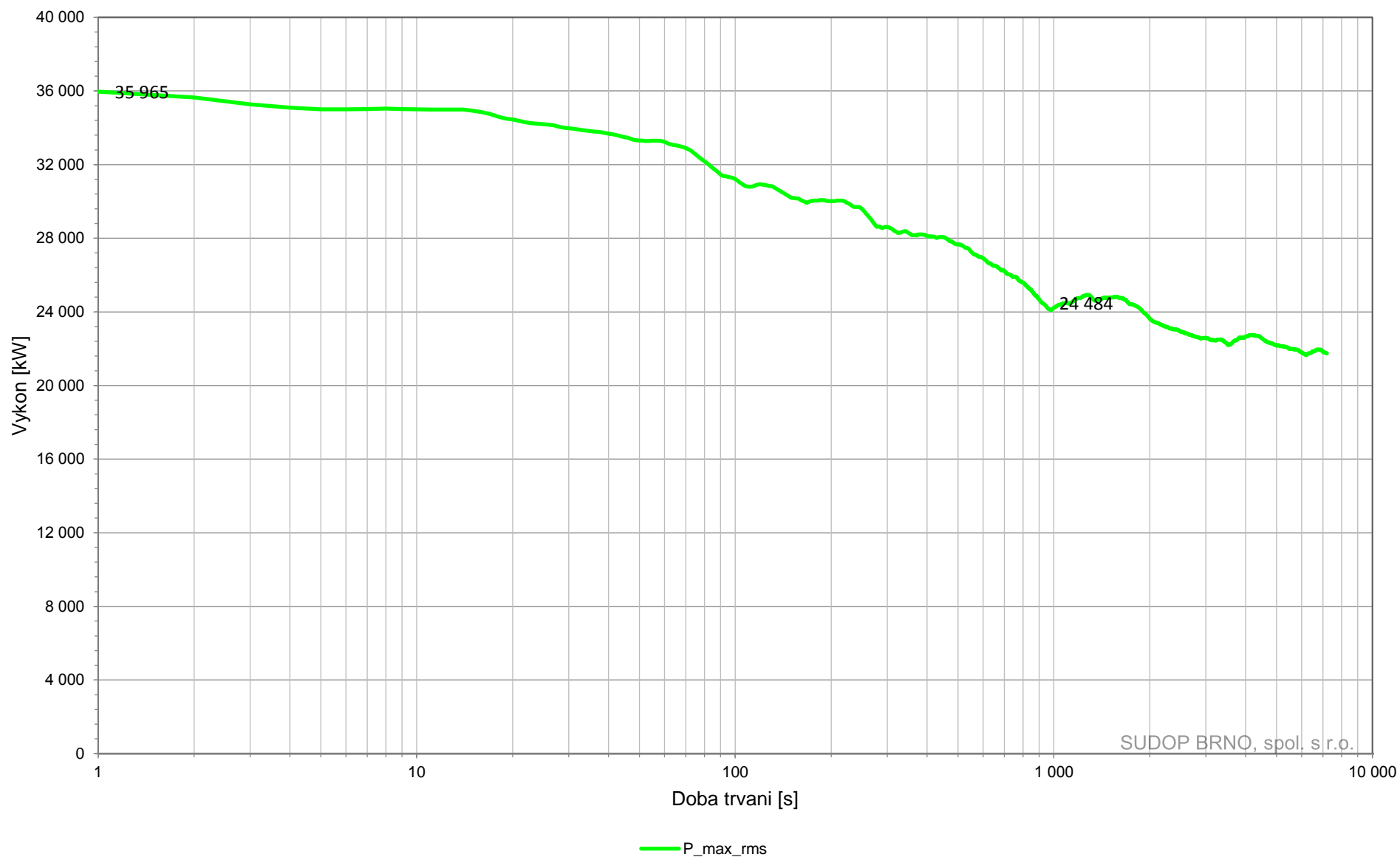
7 Závěr

Projektové varianty nejsou omezující z hlediska spolehlivosti napájení trakční soustavy a stability grafikonu.

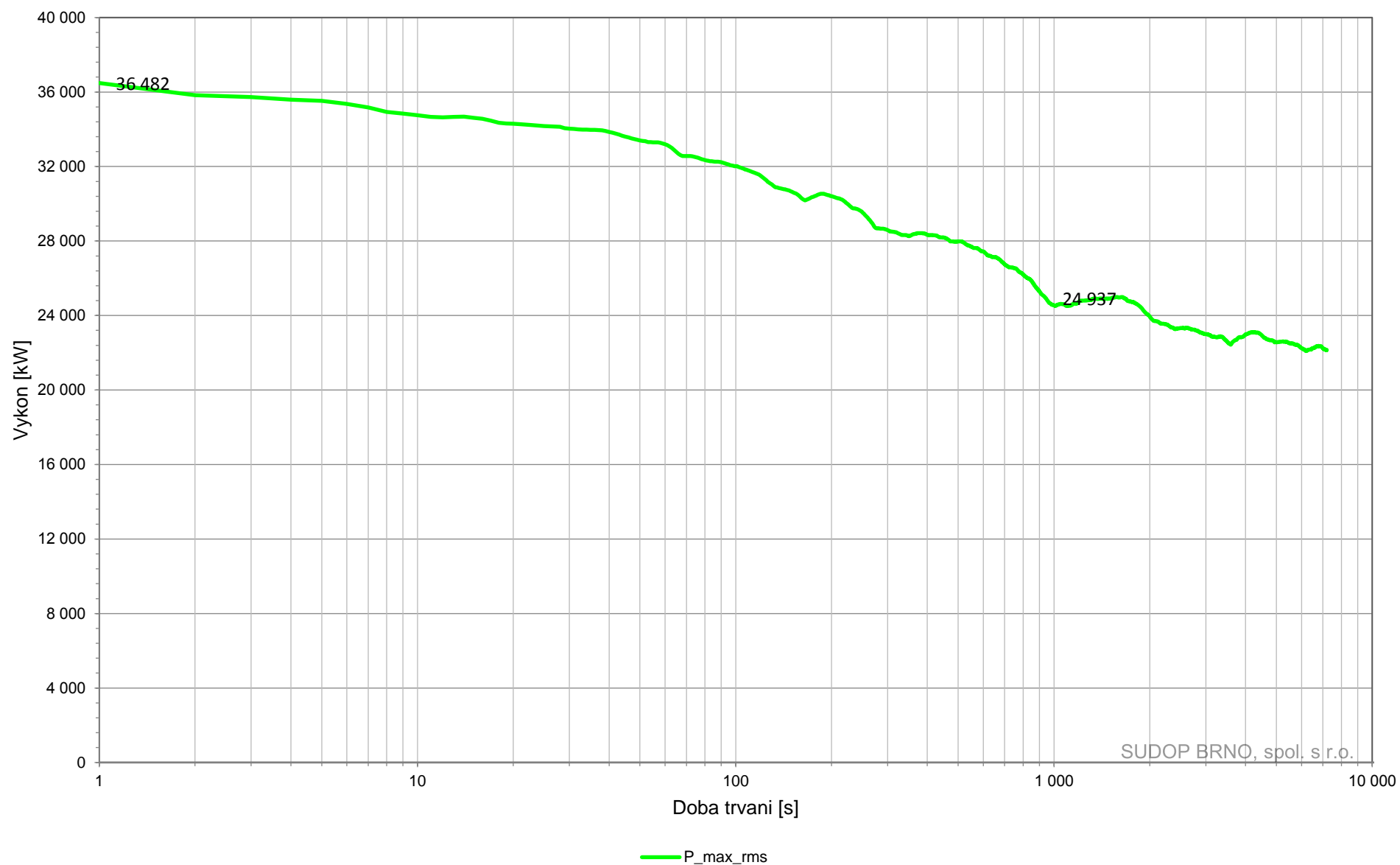
Kontroloval:
Jiří Podhradský

Zpracoval:
Ondřej Svoboda

7.1 Výkonové zatížení TNS Prosenice



7.2 Výkonové zatížení TNS Svinov



7.3 Výkonové zatížení TNS Jablůnkov

