



Jiná ověření:

Paré:


Orientační schéma:

Razítko oprávněné osoby:

Podpis:

Datum:

Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
000	09.12.2022	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Petr Kortyš

Stavebník/Investor:	<b>Správa železnic, státní organizace</b>		<b>SPRÁVA ŽELEZNIC</b>
Adresa:	Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1		
Zástupce investora:	Stavební správa východ		
Adresa:	Nerudova 773/1, 779 00 Olomouc		

Zhotovitel díla:	<b>SUDOP Brno, spol. s r.o.</b>	
Adresa:	Kounicova 688/26, 611 36 Brno	
Kontakt:	T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz	
Zhotovitel objektu:	<b>SUDOP Brno, spol. s r.o.</b>	
Adresa:	Kounicova 688/26, 611 36 Brno	
Kontakt:	T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz	
Hlavní projektant (HIP):	Ing. Jan Zárecký	Specialista: Ing. Pavel Krupička

Název stavby/akce:	<b>Zvýšení trakčního výkonu TNS Břeclav</b>		Označení investora: S622000531
			Označení zhotovitele: 21136-01-0922
Název části:	<b>Doprovodná dokumentace</b>		Označení části: K.8.3.1
Název objektu/dílní části:	<b>Výpočty</b>		Označení objektu/komplexu:
Název přílohy:	<b>Energetické výpočty</b>		Číslo přílohy:
Název dílní části přílohy:			
Odpovědný projektant:	Zpracovatel přílohy:	Měřítka:	Stupeň dokumentace:
Ing. Jan Zárecký	Jiří Podhradský	Formáty:	<b>Záměr projektu</b>
Kraj:	Katastrální území:	TUDU:	Smluvní datum zpracování:
Jihomoravský	Břeclav	TU - 2401, DU - B1	<b>09.12.2022</b>

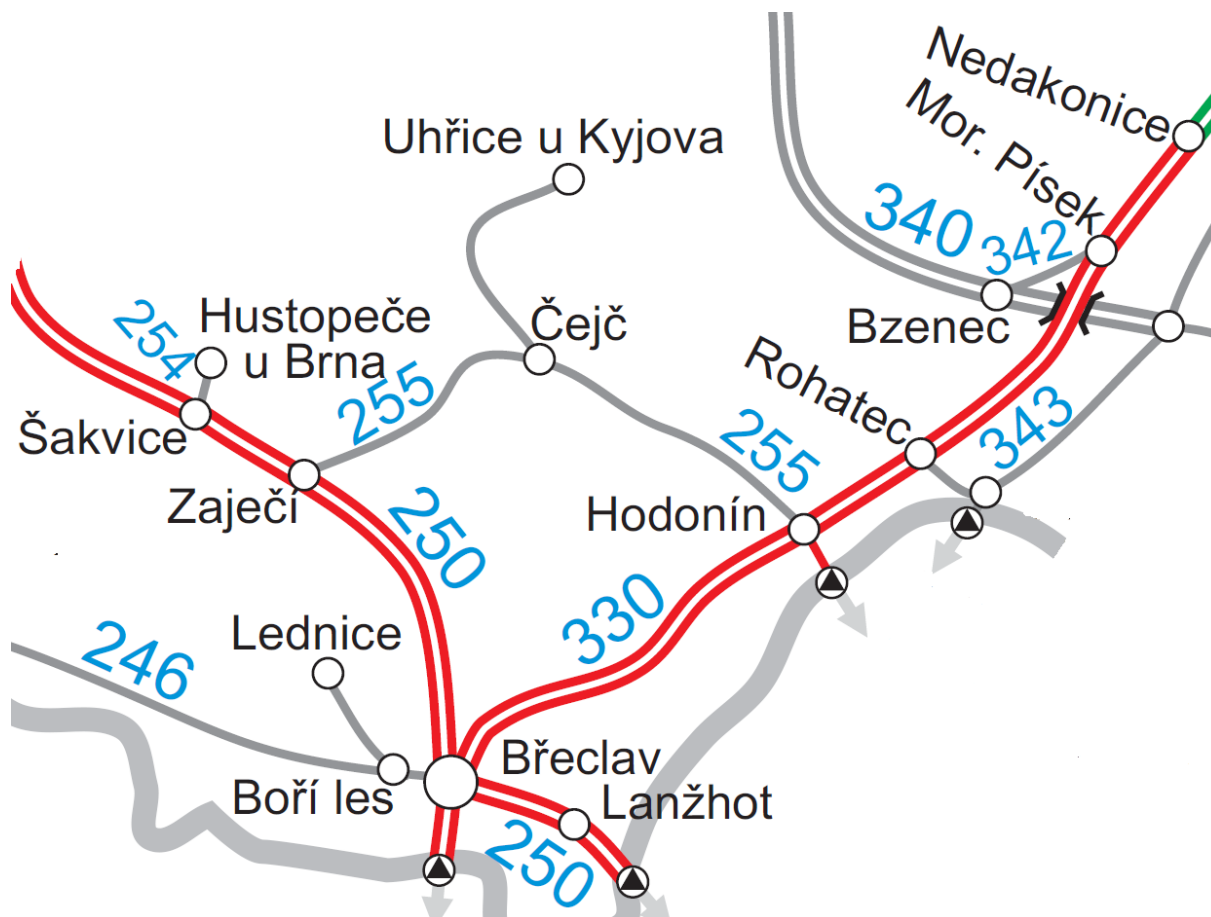
Označení investora:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:	Podoblast:	Příloha:	Revize:
S 6 2 2 0 0 0 5 3 1	-	Z P X X -	K 8 3 1 X	- X X X X X X X X X	- X X	- X - X X X - 0 0 0

## 1 Obsah

<b>1</b>	<b>OBSAH .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PODKLADY.....</b>	<b>3</b>
3.1	POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY .....	3
3.2	MODEL INFRASTRUKTURY, JÍZDNÍ ŘÁD A HV.....	3
<b>4</b>	<b>VSTUPNÍ DATA .....</b>	<b>4</b>
4.1	PARAMETRY SFC .....	4
4.2	PARAMETRY TRAKČNÍHO VEDENÍ.....	5
4.3	PARAMETRY HNACÍCH VOZIDEL .....	7
<b>5</b>	<b>METODA VÝPOČTU.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>10</b>
6.1	REKUPERAČNÍ BRZDĚNÍ .....	11
6.2	OCHRANNÁ OPATŘENÍ PROTI NEDOVOLENÉMU POTENCIÁLU KOLEJNICE.....	11
6.3	VÝKONY STŘÍDAVÉ NAPÁJECÍ STANICE NEDAKONICE .....	11
6.4	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ TV.....	12
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>13</b>
8.1	GVD BŘECLAV – ROHATEC .....	14
8.2	GVD BŘECLAV – POPICE .....	15
8.3	GVD BŘECLAV - ZNOJMO.....	16
8.4	ZATÍŽENÍ TNS BŘECLAV.....	17
8.5	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ TV.....	18
8.6	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ ZPĚTNÉHO VEDENÍ – ZÁKLADNÍ STAV .....	19

## 2 Úvod

Tyto energetické výpočty řeší **dimenzování** trakční napájecí stanice Břeclav a mají za cíl posoudit střídavé napájení AC 25kV 50Hz po celé délce úseku s ohledem na budoucí uvažovanou dopravu **atrát 330, 250 a 246**. **Základním podkladem pro výpočet je dopravní technologie**. Výpočty byly zpracovány formou simulace za pomoci programů OpenTrack a OpenPowerNet. Nyní je řešený úsek napájený střídavou proudovou soustavou AC 25 kV 50Hz a část je neelektrizovaná ( Břeclav – Hrušovany nad Jevišovkou), viz obrázek níže.



### 3 Podklady

Celá simulace byla provedena v programu OpenTrack, kde je namodelována veškerá infrastruktura a dopravní technologie kromě napájení (koleje, výhybky, jízdní řád, zabezpečovací zařízení atd.) a v programu OpenPowerNet, kde bylo namodelováno napájení (vodiče, napájecí stanice, trakční propojení atd.)

#### 3.1 Použité normy a předpisy

- ČSN 34 1530 ed.2
- ČSN 34 1500 ed.2
- ČSN EN 50 119 ed.2
- ČSN EN 50 122-1 ed.2
- ČSN EN 50 122-2 ed.2
- ČSN EN 50 163 ed.2
- ČSN EN 50 388 ed.2
- Nařízení komise (EU) č. 1301/2014
- Předpis SŽDC (ČSD) SR34 s úpravou dle dopisu zn.: 21480/2017-SŽDC-O14

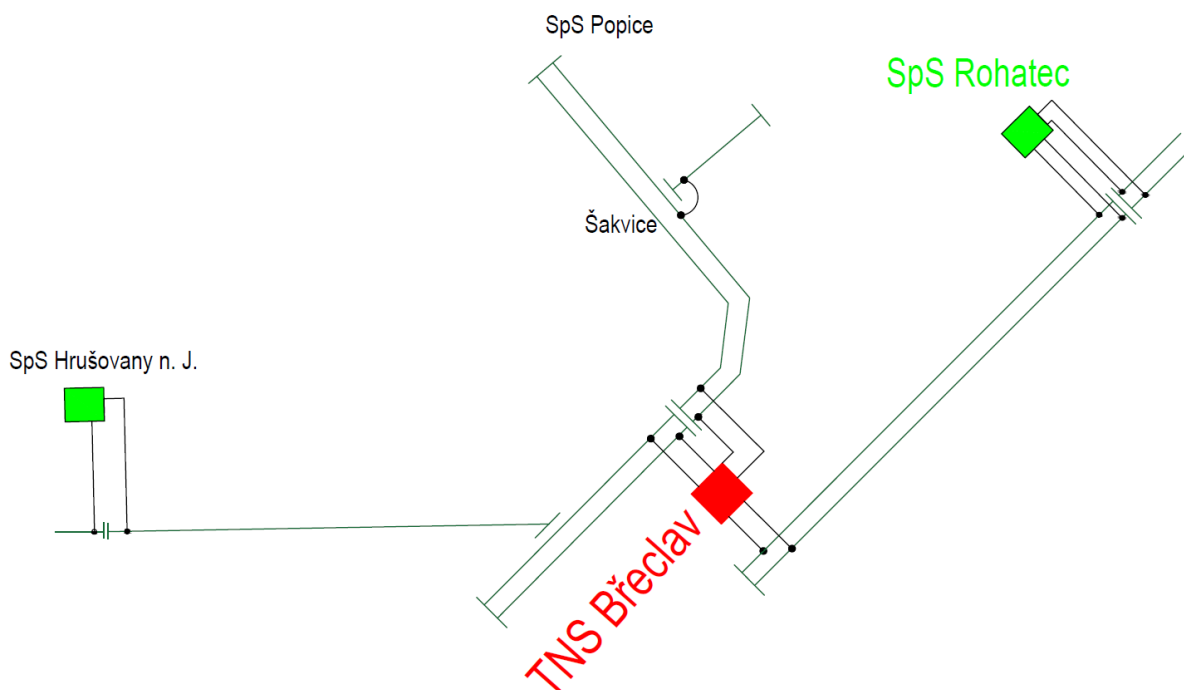
#### 3.2 Model infrastruktury, jízdní řád a HV

- **Koleje**  
Niveleta koleje byla převzata od objednatele a odpovídá zpracovaným projektům. Stejně tak byly převzaty polohy výhybek a nástupišť.
- **Jízdní řád**  
Byl zpracován po konzultaci s dopravním technologem objednatele a na základě toho byl vypracován modelový dvouhodinový špičkový grafikon.
- **Zabezpečovací zařízení**  
Hlavní návěstidel a oddíly byly také navrženy dle zadání objednatele a respektují výhledový stav.
- **Hnací vozidla**  
V simulaci se uvažuje s typizovanými lokomotivami a elektrickými jednotkami. Pro vlaky kategorie Pn, NEx, EC, R, Rn a Vn se uvažuje s lokomotivou typu Vectron. Pro vlaky typu Os se uvažuje kombinace souprav 2x650 RegioPanter a 2x640 RegioPanter.
- **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:



### 4.1 Parametry SFC

- |                     |  |
|---------------------|--|
| • Jmenovitý výkon   | 40 MVA                                   |
| • Primární napětí   | 23 kV                                    |
| • Sekundární napětí | 27 kV                                    |
| • 2xSFC Břeclav     | v km 86.500                              |
| • Rekuperace        | SFC umožňuje přetok energie zpět do sítě |

## 4.2 Parametry trakčního vedení

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

### 4.2.1 Parametry trakčního vedení – AC soustava

#### Vodiče

##### **Nosné lano 50Bz**

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| • geometrická poloha [x ; y]        | [0 ; 6,6] m            |
| • ekvivalentní poloměr <sup>1</sup> | 3,578 mm               |
| • činný odpor                       | 0,44 Ω/km              |
| • teplotní součinitel               | 0,004 °C <sup>-1</sup> |
| • uvažovaná teplota vodiče          | 80°C                   |

##### **Nosné lano 70Bz**

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| • geometrická poloha [x ; y]        | [0 ; 6,6] m            |
| • ekvivalentní poloměr <sup>2</sup> | 3,578 mm               |
| • činný odpor                       | 0,32 Ω/km              |
| • teplotní součinitel               | 0,004 °C <sup>-1</sup> |
| • 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 <sup>-1</sup> |
| • uvažovaná teplota vodiče   | 80°C                     |

##### **Trolej 150Cu**

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| • geometrická poloha [x ; y] | [0 ; 5,6] m              |
| • ekvivalentní poloměr       | 4,395 mm                 |
| • činný odpor                | 0,122Ω/km                |
| • teplotní součinitel        | 0,00393 °C <sup>-1</sup> |
| • uvažovaná teplota vodiče   | 80°C                     |

##### **Pravá kolejnice**

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| • geometrická poloha [x ; y]        | [0,7175 ; 0] m         |
| • ekvivalentní poloměr              | 38,54 mm               |
| • činný odpor <sup>3</sup> při 20°C | 0,416 Ω/km             |
| • teplotní součinitel               | 0,004 °C <sup>-1</sup> |
| • uvažovaná teplota vodiče          | 60°C                   |

##### **Levá kolejnice**

- |                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| • geometrická poloha [x ; y] | [-0,7175 ; 0] m |
| • činný odpor při 20°C       | 0,416 Ω/km      |

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

<sup>2</sup> Ekvivalentní poloměr je takový poloměr, který by měl kulovitý vodič o plném průřezu se stejnými elektrickými parametry.

<sup>3</sup> Odpor kolejnice vychází ze změřených hodnot uvedených v dopise zn. 21480/2017-SŽDC-O14 pro tvar kolejnice UIC 60.

- teplotní součinitel 0,004 °C<sup>-1</sup>
- uvažovaná teplota vodiče 60°C

**Napájecí vedení 120Cu**

- geometrická poloha [x ; y] [-4;6] m
- ekvivalentní poloměr<sup>4</sup> 4,685 mm
- činný odpor 0,150 Ω/km
- teplotní součinitel 0,004 °C<sup>-1</sup>
- 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 země<sup>5</sup> 0,01 S/k

<sup>4</sup> Ekvivalentní poloměr je takový poloměr, který by měl kulovitý vodič o plném průřezu se stejnými elektrickými parametry.

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](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)“.

#### 4.3 Parametry hnacích vozidel

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

##### EC

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

##### NEx

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

##### Os

- Jízdní odpor R
- Lokomotiva 640 RegioPanter (3 vozy)

##### R

- Jízdní odpor R
- Lokomotiva RegioPanter 650 (2x 3 vozy)

##### Pn Hmotnost bez lokomotivy 2400 t

- Jízdní odpor T4
- Lokomotiva Vectron

##### Pn Hmotnost bez lokomotivy 660 t

- Jízdní odpor T4
- Lokomotiva Vectron

##### R

- Hmotnost bez lokomotivy 300 t, 400t
- Jízdní odpor R
- Lokomotiva Vectron

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 - AC 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 - AC 29 kV
- Skutečný účinník 0,98
- Regulace výkonu dle TSI ENE ne

##### Energetické výpočty



**RegioPanter 650**

- Maximální výkon 1,36 MW
- Maximální tažná síla 196 kN
- Max. napětí při rekuperaci - AC 29 kV
- Skutečný účinník 0,98
- Regulace výkonu dle TSI ENE ne

## 5 Metoda výpočtu

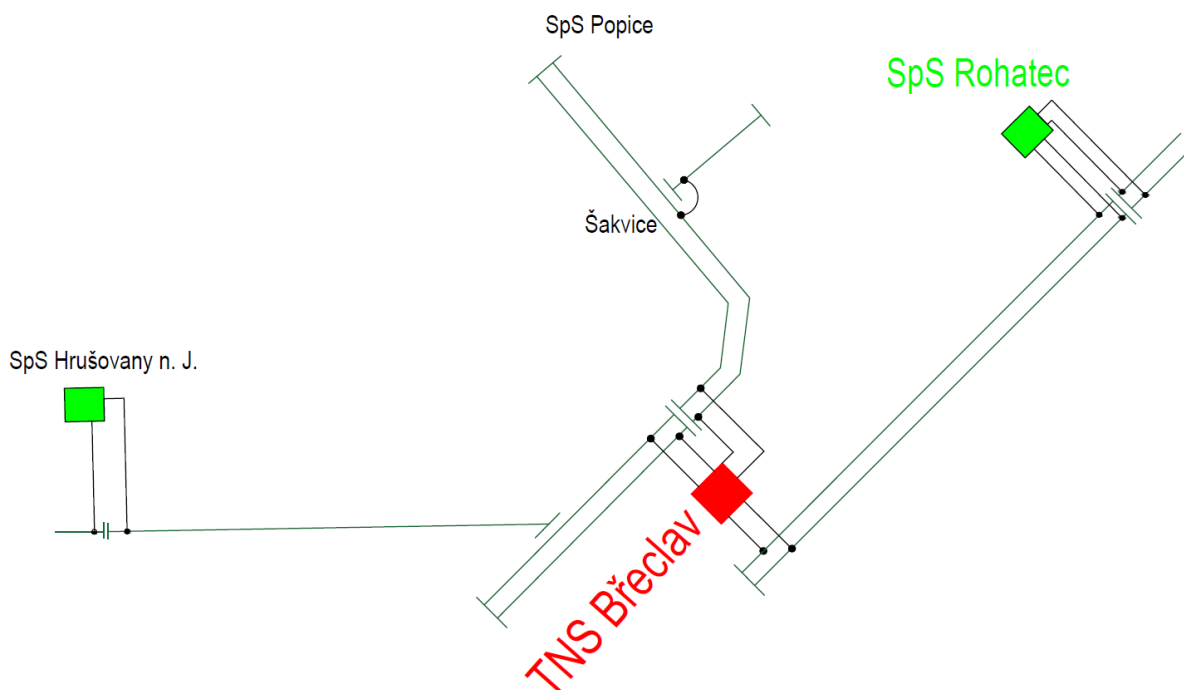
Výpočet byl proveden v programu OpenPowerNet, který paralelně spolupracuje s programem OpenTrack. Celý výpočet by se dal zjednodušeně popsat v následujících pěti bodech:

- 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

Při výpočtu byla pro střídavou napájecí soustavu uvažována trakční sestava 100Cu + 50Bz v úseku Břeclav – Rohatec, Břeclav – Popice a Břeclav – Hrušovany n. J.. Trať je napájena v základním stavu z TNS Břeclav.

Cílem energetických výpočtů je dimenzování trakční napájecí stanice Břeclav v základním stavu napájení.



Výpočet pro **výhledovou dopravu v základní stavu napájení**:

Obsahuje simulaci všech elektrizovaných tratí napájených z TNS Břeclav střídavou proudovou soustavou 25 kV 50 Hz s trakční sestavou 100Cu + 50Bz. Trať Rohatec - Břeclav a Popice - Břeclav je uvažována jako dvoukolejná v plné délce. Trať Břeclav – Hrušovany n. J. je uvažována jako jednokolejná. **V základním stavu uvažujeme spínací stanice Rohatec, Popice a Hrušovany n. J. rozepnuty ve všech směrech. Statické frekvenční měniče jsou uvažovány v paralelní zapojení.**

## 6.1 Rekuperační brzdění

Systém napájení je navržen tak, že umožňuje výměnu energie s jinými vlaky. Trakční napájecí stanice umožňuje přetok energie zpět do distribuční soustavy. Výměna energie je omezena maximálním dovoleným napětím na sběrači lokomotivy a maximálním výkonem lokomotivy.

## 6.2 Ochranná opatření proti nedovolenému potenciálu kolejnice

K tomu, aby nemohlo dojít k nedovolenému dotykovému napětí, musí být v určitých případech, např. ve stanicích, instalováno zařízení omezující napětí, pro vyrovnání potenciálu mezi zpětným obvodem a zemí, nebo trvalé uzemnění zpětného obvodu ve vytypovaných místech v souladu s normou ČSN EN 50122-1 ed.2.

Po dokončení stavby se u trakčních stožárů, případně dalších vodivých konstrukcí, provede měření dotykových napětí. Rovněž se před samotnou stavbou a následně po dokončení stavby provede za provozu několik opakovaných měření napětí mezi kolejnicí a zemí. Z výsledků měření vyplývá, zda bude nutná realizace dalších opatření pro snížení případného nevyhovujícího napětí mezi kolejnicí a zemí.

## 6.3 Výkony střídavé napájecí stanice Nedakonice

Při **základním** stavu napájení bude průběh špičkového výkonu v závislosti na délce jeho trvání následující:

TNS Nedakonice

$P_{1s.}$	= 40	MW
$P_{1min.}$	= 30,7	MW
$P_{5min.}$	= 22,4	MW
$P_{10min.}$	= 19,7	MW
$P_{15min.}$	= 19,3	MW
$P_{2hod.}$	= 15,9	MW

Více v příloze 8.4

### 6.3.1 Dimenzování statických frekvenčních měničů

Statické frekvenční měniče (SFC) se navrhují dle sekundové výkonové špičky a je uvažováno s přetížením 1,1. Špičkový výkon v základním stavu dle výpočtů je 40 MW. Do TNS Břeclav jsou tedy navrženy dva statické frekvenční měniče o jmenovitém výkonu 40 MVA. Při uvažování přetížení, je možné uvažovat až se zdánlivým výkonem 44 MVA jednoho SFC. V základním stavu uvažujeme paralelní zapojení obou měničů, kdy v základním stavu nebude docházet ke zbytečnému zatěžování jednoho SFC.

## 6.4 Proudové zatížení TV

### Limitní teploty

Trolejové vedení i obvod zpětného trakčního proudu a napájecí vedení jsou navrženy tak, aby vyhovovali i při těchto maximálních teplotách:

Trolej	80 °C
Nosné lano	80 °C
Napájecí vedení	80 °C
Kolejnice	60 °C
Země	20 °C

Průběh proudového zatížení napájecího vedení je v příloze číslo 8.5.

Pro každý provozní stav bylo prověřeno proudové zatížení trakčního vedení s časovou oteplovací konstantou 300s a zkratové poměry. Proudové zatížení dle normy ČSN EN 1530 ed.2 nesmí u střídavé proudové sestavy 100Cu+50Bz překročit 760 A. **Tyto podmínky byly splněny.**

## 7 Závěr

Z výsledků vyplývá, že navržený výkon napájecí stanice Břeclav spolu s posuzovanou sestavou trakčního vedení vyhoví, musí být ale splněny některé základní předpoklady, které budou řešeny v rámci realizace.

V rámci realizace projektu je potřeba proto vyřešit zejména:

- Nastavení a spolupráci zkratových ochran.
- Zvolit správnou charakteristiku výstupního napětí na výkonu napájecí stanice či okolních napájecích stanic.

V Brně 29.7.2022

Kontroloval:  
Jiří Podhradský

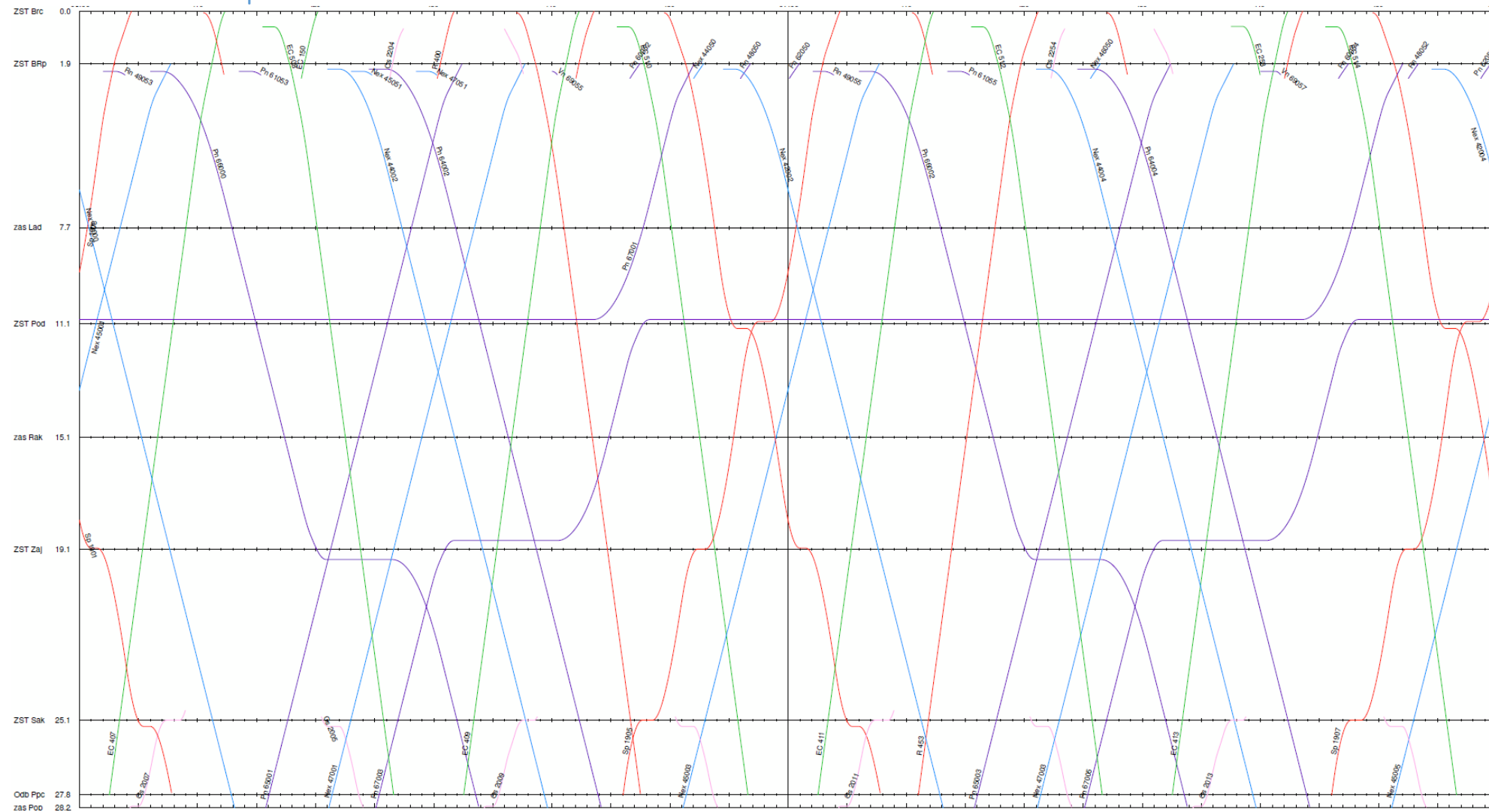
Zpracoval:  
Ing. Ondřej Svoboda

## 8 Přílohy

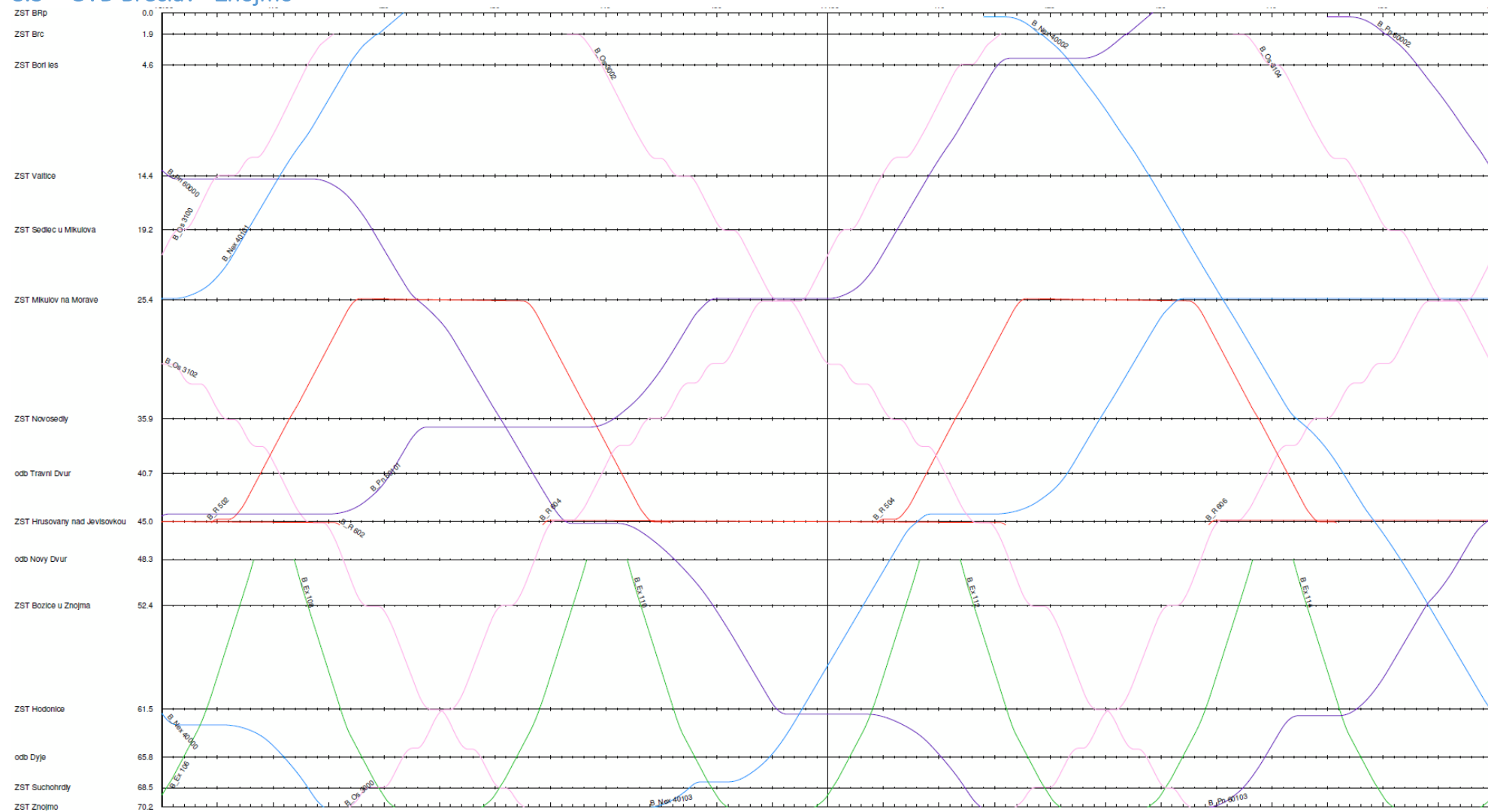
<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY</b>	<b>13</b>
8.1	GVD BŘECLAV – ROHATEC	14
8.2	GVD BŘECLAV – POPICE	15
8.3	GVD BŘECLAV - ZNOJMO	16
8.4	ZATÍŽENÍ TNS BŘECLAV	17
8.5	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ TV	18
8.6	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ ZPĚTNÉHO VEDENÍ – ZÁKLADNÍ STAV	19



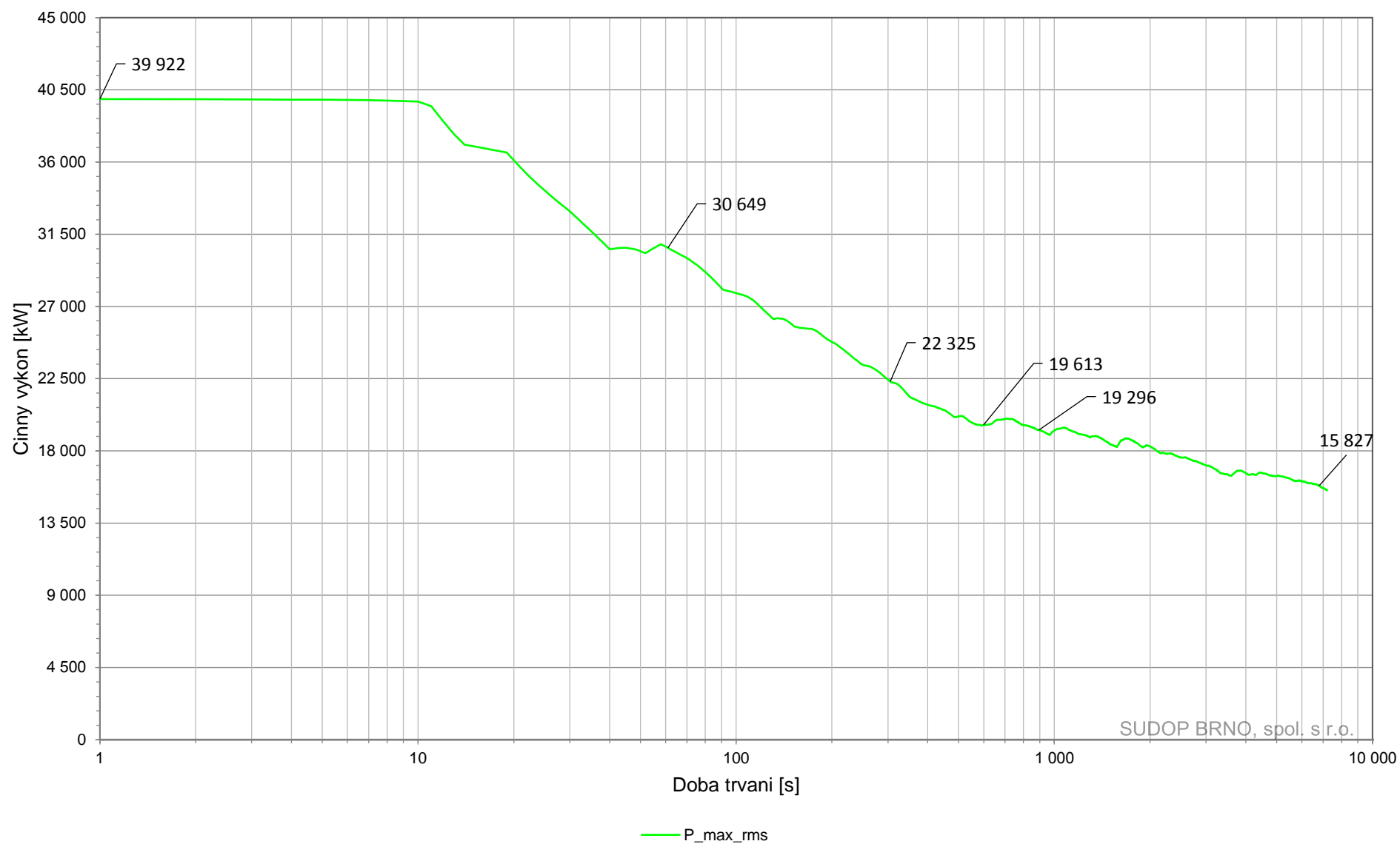
## 8.2 GVD Břeclav – Popice



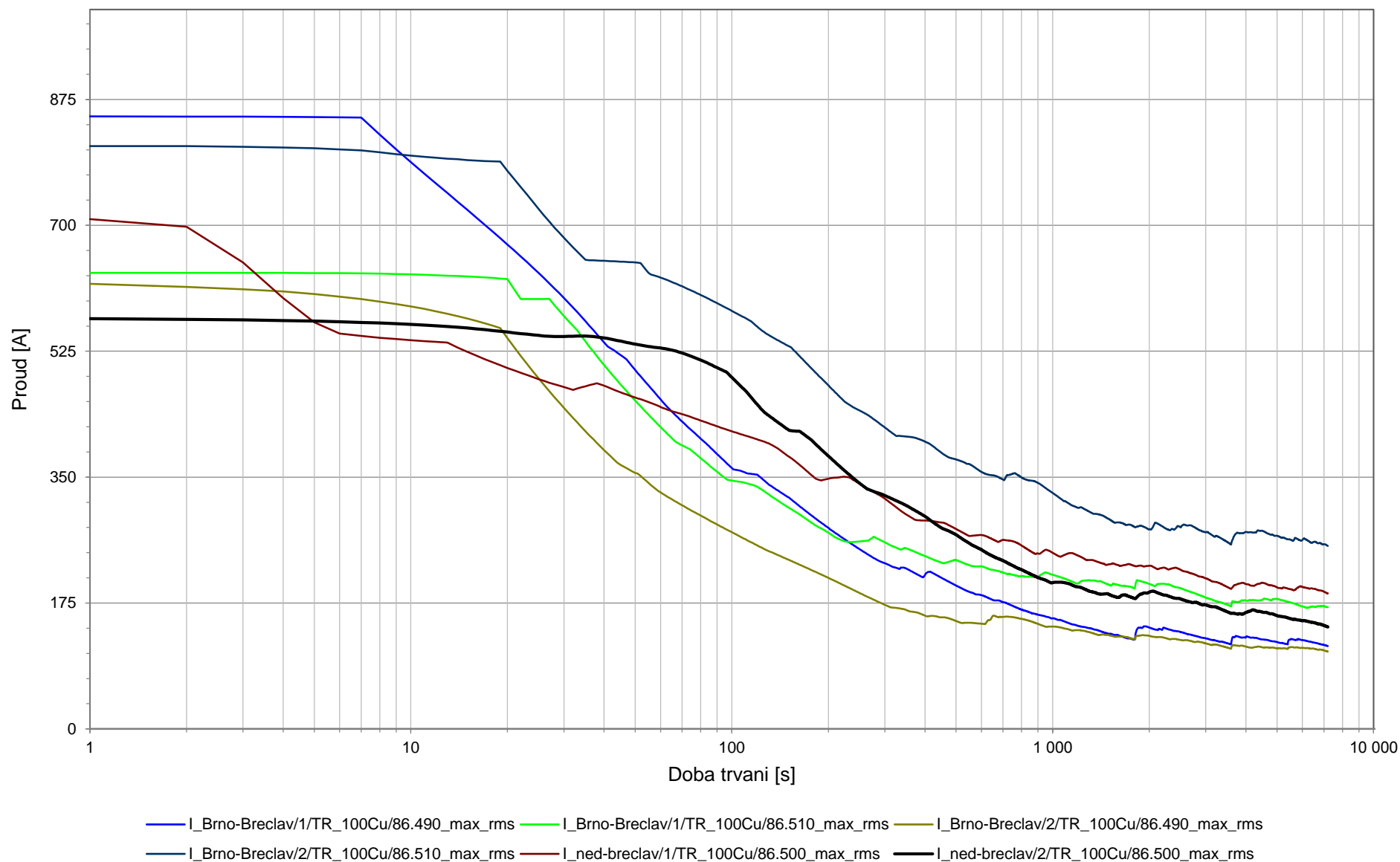




## 8.4 Zatížení TNS Břeclav



## 8.5 Proudové zatížení TV



## 8.6 Proudové zatížení zpětného vedení – základní stav

