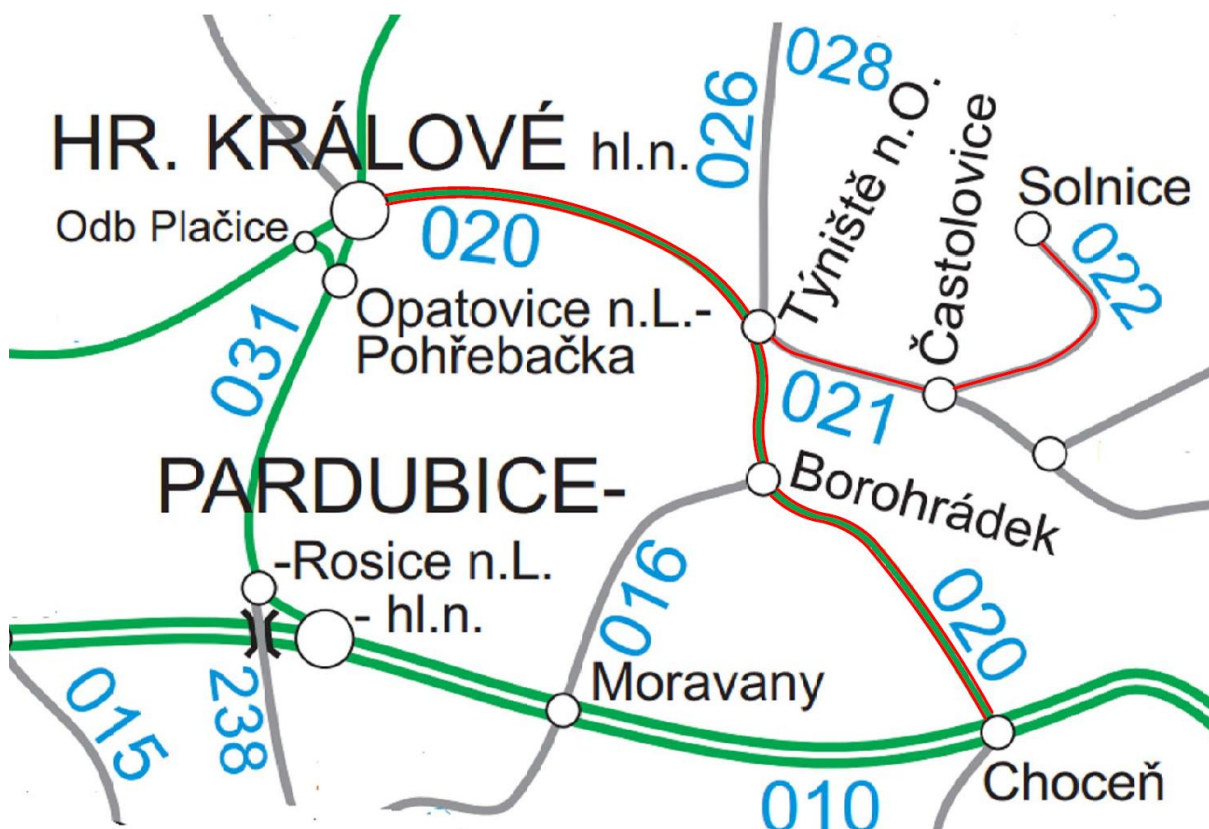


## 1 Obsah

<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>2</b>
3.1	POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY .....	2
3.2	MODEL INFRASTRUKTURY, JÍZDNÍ ŘÁD A HV.....	3
<b>4</b>	<b>VSTUPNÍ DATA .....</b>	<b>4</b>
4.1	PARAMETRY AC SÍTĚ .....	4
4.2	PARAMETRY TRAKČNÍCH TRANSFORMOVEN (TT).....	4
4.3	PARAMETRY TRAKČNÍHO VEDENÍ .....	5
4.4	PARAMETRY HNACÍCH VOZIDEL .....	6
<b>5</b>	<b>METODA VÝPOČTU.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>9</b>
6.1	MINIMÁLNÍ NAPĚTÍ TV .....	10
6.2	REKUPERAČNÍ BRZDĚNÍ .....	10
6.3	PARAMETRY VZTAHUJÍCÍ SE K VÝKONNOSTI NAPÁJECÍ SOUSTAVY .....	10
6.4	OCHRANNÁ OPATŘENÍ PROTI NEDOVOLENÉMU POTENCIÁLU KOLEJNICE .....	14
6.5	VÝKONY NAPÁJECÍ STANICE NEMANICE .....	14
6.6	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ TV .....	15
6.7	OPATŘENÍ PRO KOORDINACI ELEKTRICKÉ OCHRANY .....	15
6.8	PROUDOVÁ ZATÍŽITELNOST STŘÍDAVÉ SOUSTAVY, STOJÍCÍ VLAKY .....	17
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>18</b>
8.1	MODELOVÝ GRAFIKON CHOCEŇ – HRADEC KRÁLOVÉ.....	19
8.2	MODELOVÝ GRAFIKON TÝNIŠTĚ N. O. - SOLNICE .....	20
8.3	MINIMÁLNÍ NAPĚTÍ TV .....	21
8.4	ZATÍŽENÍ TNS TÝNIŠTĚ N. O.....	24
8.5	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ TV .....	34
8.6	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ ZPĚTNÉHO VEDENÍ .....	36
8.7	NASTAVENÍ DISTANČNÍ OCHRANY .....	37

## 2 Úvod

Tyto energetické výpočty řeší **dimenzování** trakční napájecí stanice Týniště nad Orlicí a mají za cíl posoudit střídavé napájení AC 25kV 50Hz po celé délce AC úseku (Hradec Králové – Týniště n. O. (Solnice) - Choceň s ohledem na výhledovou dopravu v 2. etapě stavby – **trať 020,021a 022**. Trať 020 Hradec Králové –Choceň se uvažuje jako dvoukolejná, a styk soustav se nachází u stávající TM Hradec Králové a před žst Choceň, trať Týniště n. O. – Solnice se uvažuje jako jednokolejná. **Základním podkladem pro výpočet je dopravní technologie**. Výpočty byly zpracovány formou simulace za pomoci programů OpenTrack a OpenPowerNet. Nyní je řešený úsek Hradec K. – Choceň. napájený stejnosměrnou proudovou soustavou DC 3 kV a úsek Týniště n. O. – Solnice je neelektrizovaný, 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

Energetické výpočty

- 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

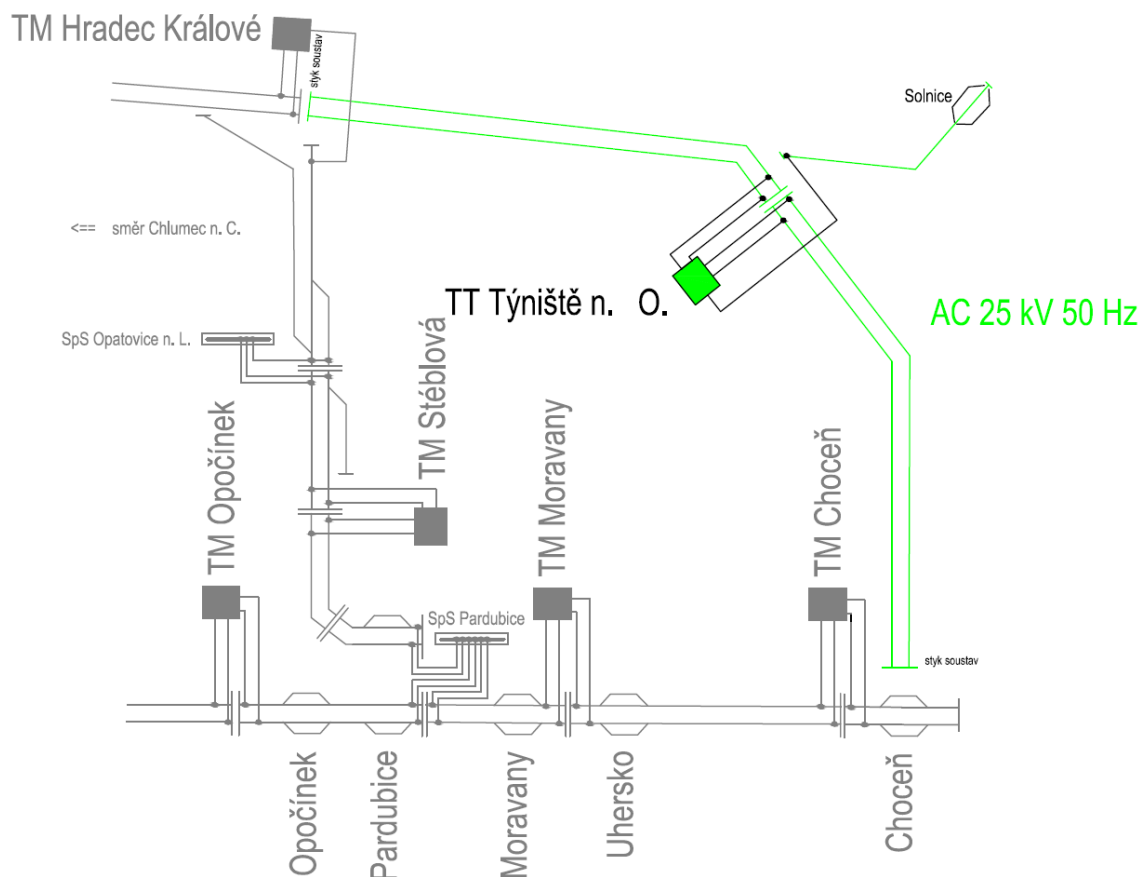
### 3.2 Model infrastruktury, jízdní řád a HV

- **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 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. Pro vlaky kategorie Nex se uvažuje s lokomotivou typu Vectron. Pro vlaky typu Sp a Os se uvažuje jednotka 640 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 AC síť

- Napětí 25 kV
- Frekvence 50 Hz

### 4.2 Parametry trakčních transformoven (TT)

- Napětí nakrátko 12,5 %
- Ztráty nakrátko 96 kW
- Ztráty naprázdno 7,5 kW
- Proud naprázdno 0,1 A
- Jmenovitý výkon 12,5 MVA
- Primární napětí 115 kV
- Sekundární napětí 27 kV
- Rekuperace TNS umožňuje přetok energie zpět do sítě

Energetické výpočty

## 4.3 Parametry trakčního vedení

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

### 4.3.1 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                       | 0,32 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                     |

##### **Pravá kolejnice**

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| • geometrická poloha [x ; y]        | [0,7175 ; 0] m         |
| • ekvivalentní poloměr              | 38,54 mm               |
| • činný odpor <sup>2</sup> při 20°C | 0,1 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       | 0,1 Ω/km               |
| • 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>3</sup> | 4,685 mm               |
| • činný odpor                       | 0,15 Ω/km              |
| • teplotní součinitel               | 0,004 °C <sup>-1</sup> |
| • uvažovaná teplota vodiče          | 80°C                   |

**Osová vzdálenost dvou kolejí**                      **4 m**

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

<sup>2</sup> Odpor kolejnice vychází ze změřených hodnot uvedených v protokolu TÚDC č.19-DKoV-067

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

**země**

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

Propojky

- Vzdálenost mezikolejnicových propojení jedné stopy 0,3 km
- Vzdálenost mezikolejových propojení na jedné trati 5 km
- Propojení troleje a nosného lana 1 000 S/km
- Propojení kolejnice a země 0,3 S/k

#### 4.4 Parametry hnacích vozidel

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

**EC**

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

**Os**

- Jízdní odpor R
- Lokomotiva RegioPanter 640

**Os**

- Jízdní odpor R
- Lokomotiva RegioPanter 650

**Os**

- Jízdní odpor R
- Lokomotiva 2x RegioPanter 650

**Pn**

- Hmotnost bez lokomotivy 2050t
- Jízdní odpor T4
- Lokomotiva Vectron

**NEx**

- Hmotnost bez lokomotivy 1155t,1800t
- Jízdní odpor S
- Lokomotiva Vectron

**Sp**

- Jízdní odpor R
- Lokomotiva RegioPanter 640

**Vn**

- Hmotnost bez lokomotivy 777t
- Jízdní odpor U2
- Lokomotiva Vectron

Energetické výpočty

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

**RegioPanter 640**

- 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

**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:

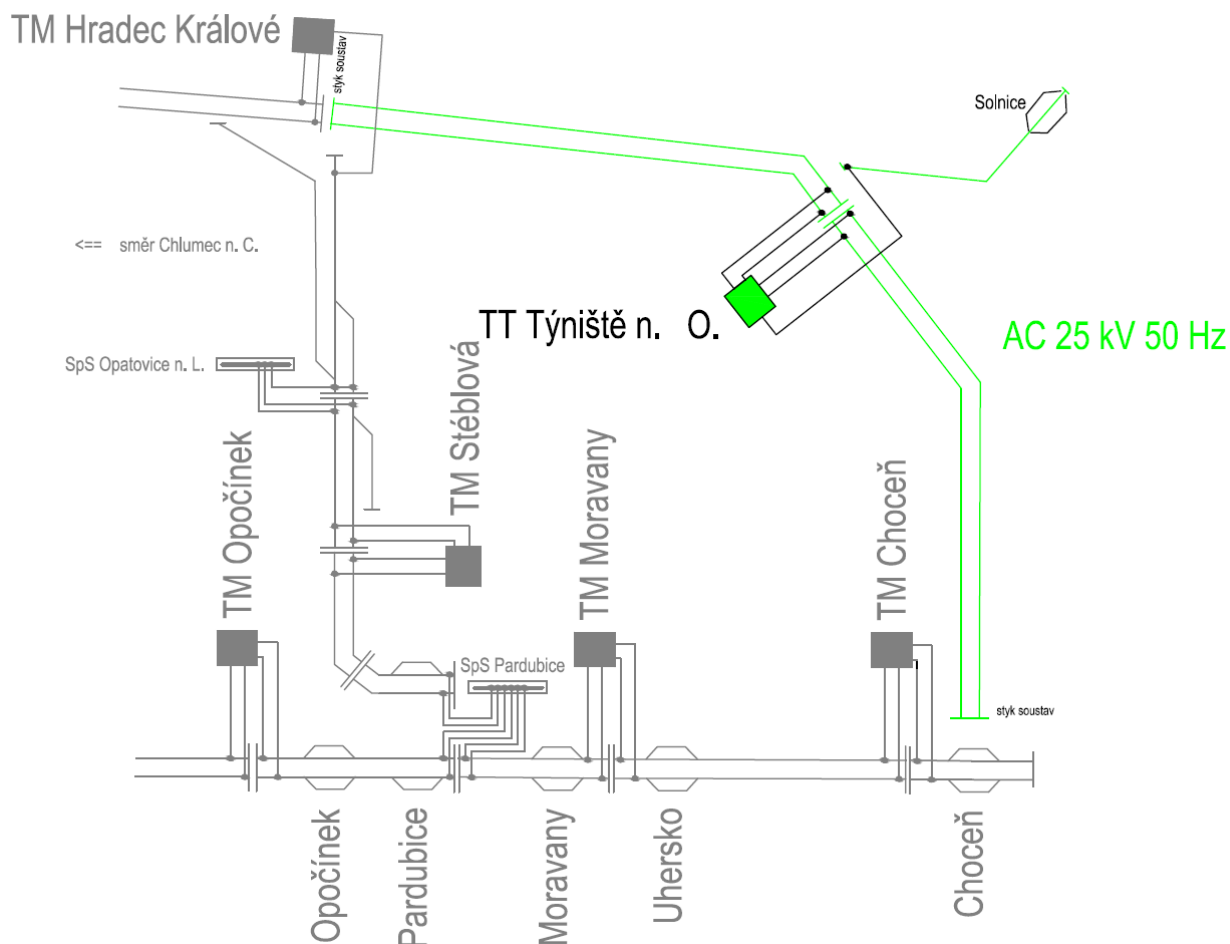
- I. OpenTrack na základě daného jízdního řádu rozmístí vlaky v oblasti.
- II. Dále spočítá na základě jejich jízdního odporu, hybnosti a trakční charakteristiky, jaký potřebují dodat výkon a tuto informaci (i s polohou vlaků) odešle programu OpenPowerNet.
- III. OpenPower následně iterační metodou spočítá, 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. Trať Hradec Králové – Týniště n. O. (Solnice) - Choceň je napájena z TNS Týniště n.O., ke každé stopě je přivedeno vlastní napájecí vedení.

Cílem energetických výpočtů je dimenzování trakční napájecí stanice Týniště n. O. a trakčního vedení při základním stavu v etapě 2.



Výpočet pro výhledovou dopravu pro etapu 2 v základní stavu napájení:

Obsahuje simulaci všech elektrizovaných tratí napájených z TNS Týniště n. O. střídavou proudovou soustavou 25 kV 50 Hz s trakční sestavou 100Cu + 50Bz. Trať Hradec Králové – Týniště n.O.- Choceň je uvažována jako dvoukolejná v plné délce, trať Týniště n. O. – Solnice je jednokolejná. Při vstupních parametrech již bylo uvažováno s nízkým minimálním zkratovým výkon pro TNS Týniště n. O. a tedy nízkou hodnotou dovoleného nesymetrického výkonu, který lze odebrat. Proto bylo při výpočtu uvažováno s využitím dvou trakčních transformátorů zapojených do V, pro snížení nesymetrie. Kde výstupem jsou výkonu jednotlivých transformátorů a celkového výkonu celé TNS.

## 6.1 Minimální napětí TV

Průběhy minimálního napětí TV jsou zobrazeny v příloze 8.3. Napětí v žádné ze simulovaných oblastí napětí nekleslo pod 25 kV.

## 6.2 Rekuperační brzdění

Systém napájení je navržen tak, že umožňuje výměnu energie s jinými vlaky. Trakční napájecí stanice umožňuje přetok energie zpět do distribuční soustavy v soustavě 25 kV 50 Hz.

## 6.3 Parametry vztahující se k výkonnosti napájecí soustavy

Pevná trakční zařízení umožní splnit nejnáročnější podmínky, jak jsou specifikovány ve stanoveném jízdním řádu, pro:

- dobu s nejhustším provozem podle jízdního řádu, odpovídající špičkovému provozu
- charakteristiky různých použitých typů vlaků se zřetelem na zvolené hnací jednotky

Uvažovaný grafikon je v příloze č. 8.1 a 8.2.

### Maximální proud vlaku

Subsystem energie je navržen tak, aby zaručil schopnost napájení dosáhnout stanovené výkonnosti a umožnil provoz vlaků o výkonu menším než 2MW bez omezení příkonu nebo proudu.

### Mezní hodnoty napětí

- |                              |         |
|------------------------------|---------|
| • Nejnižší krátkodobé napětí | 17,5 kV |
| • Nejnižší trvalé napětí     | 19 kV   |
| • Jmenovité napětí           | 25 V    |
| • Nejvyšší trvalé napětí     | 27,5 kV |
| • Nejvyšší krátkodobé napětí | 29 kV   |

### Střední užitečné napětí

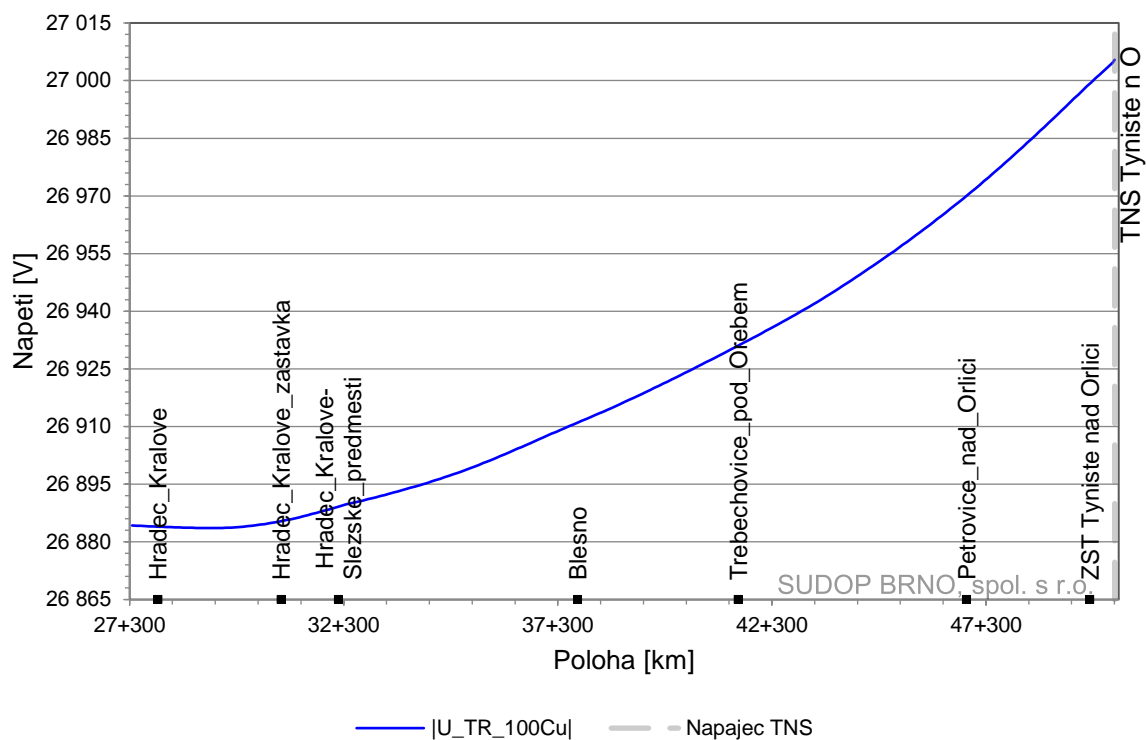
Index kvality  $U_{\text{střední užitečné}}$  je vypočítán simulací. Minimální střední užitečné napětí na pantografovém sběrači nesmí klesnout pod 22 kV.

**Tabulka 1 Střední užitečné napětí vlaku pro všechny simulované oblasti**

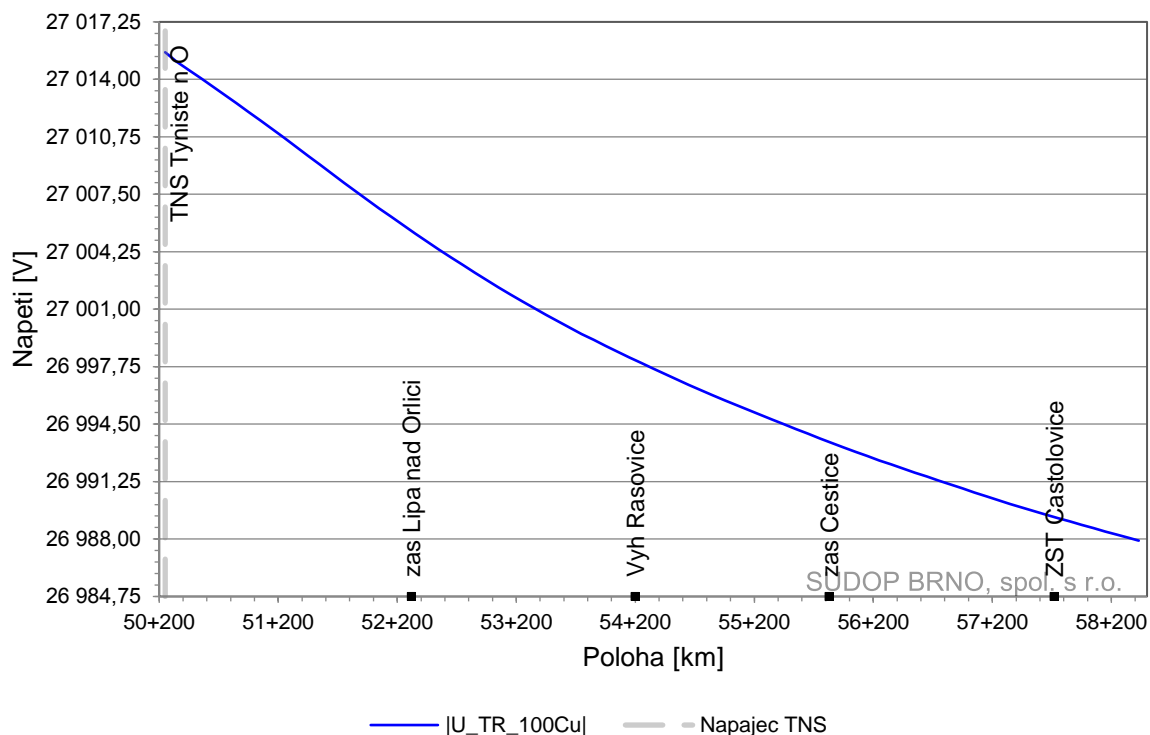
spoj	formace	lokomotivy	$U_{\text{stř}}$
			V
<b>celkem</b>		<b>38</b>	<b>26 951</b>
<i>Maximum</i>		1	27 018
<i>Minimum</i>		1	26 795
EC 100	EC (Vectron+R400t)	1	26 923
EC 102	EC (Vectron+R400t)	1	26 939
EC 201	EC (Vectron+R400t)	1	26 884
EC 203	EC (Vectron+R400t)	1	26 905
Nex 40000	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 888
Nex 40002	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 895
Nex 40004	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 821
Nex 41001	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 845
Nex 41003	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 856

Nex 41005	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	– <sup>1)</sup>
Nex 42000	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 886
Nex 42002	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 900
Nex 42004	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 865
Nex 43001	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 874
Nex 43003	Nex Vectron S 1800 t, 740 m	1	26 881
Nex 48000	Nex Vectron S 1155t, 670 m	1	26 942
Nex 48002	Nex Vectron S 1155t, 670 m	1	26 947
Nex 49001	Nex Vectron U2 777t, 670 m	1	26 902
Nex 49003	Nex Vectron U2 777t, 670 m	1	26 893
Nex 49005	Nex Vectron U2 777t, 670 m	1	26 795
Os 2000	Os (1*640)	1	26 851
Os 2002	Os (1*640)	1	26 996
Os 2101	Os (1*640)	1	27 010
Os 2103	Os (1*640)	1	26 988
Os 2701	Os (1*650)	1	26 932
Os 2703	Os (1*650)	1	26 960
Os 2801	Os (1*650)	1	26 932
Os 2803	Os (1*650)	1	26 966
Pn 60000	Pn Vectron T4 2050 t, 364 m	1	26 905
Pn 60002	Pn Vectron T4 2050 t, 364 m	1	26 894
Pn 61001	Pn Vectron T4 2050 t, 364 m	1	26 981
Pn 61003	Pn Vectron T4 2050 t, 364 m	1	26 978
Sp 1600	Sp (1*640)	1	26 944
Sp 1602	Sp (1*640)	1	26 961
Sp 1701	Sp (1*640)	1	26 898
Sp 1703	Sp (1*640)	1	26 935
Sp 1800	Sp (1*640)	1	26 995
Sp 1901	Sp (1*640)	1	27 018

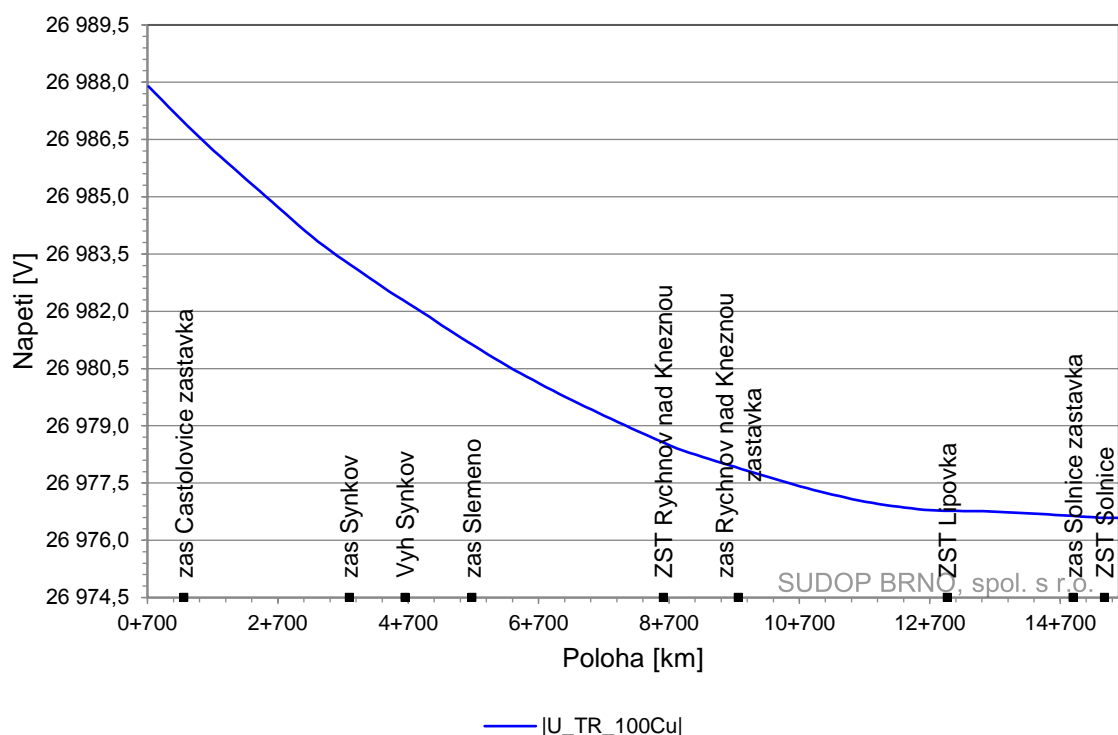
**Střední užitečné napětí oblasti Hradec Králové – Týniště n. O.**



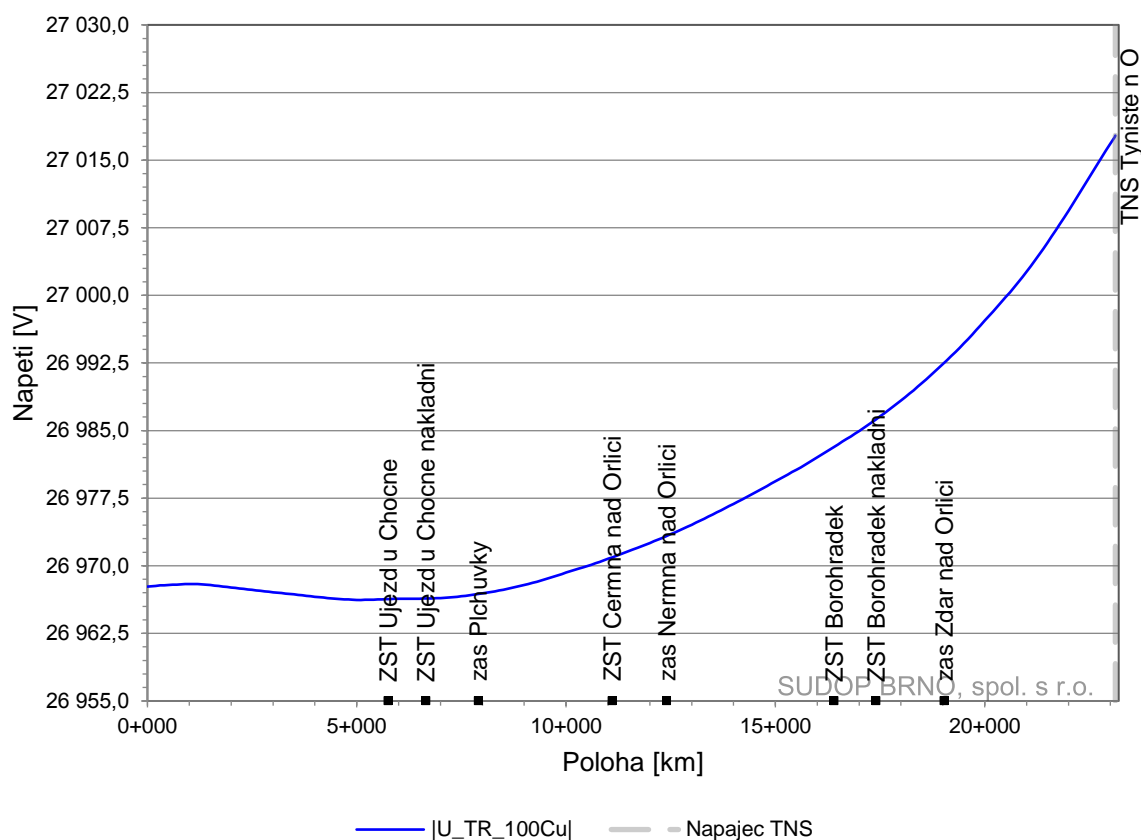
**Střední užitečné napětí oblasti Týniště n. O. – Solnice – část 1**



**Střední užitečné napětí oblasti Týniště n. O. – Solnice – část 2**



**Střední užitečné napětí oblasti Týniště n. O. – Choceň**



Energetické výpočty

#### 6.4 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 vyplyne, zda bude nutná realizace dalších opatření pro snížení případného nevyhovujícího napětí mezi kolejnicí a zemí.

#### 6.5 Výkony napájecí stanice Nemanice

Výkonové zatížení jednotlivých transformátorů a trakčních transformoven je zobrazeno v následujících tabulkách. Výkon je vyjádřen pomocí činného výkonu  $P$ .

$P_{1s}$	činný výkon za 1 s	[MW]
$P_{1min}$	činný výkon za 1 min	[MW]
$P_{5min}$	činný výkon za 5 min	[MW]
$P_{10min}$	činný výkon za 10 min	[MW]
$P_{15min}$	činný výkon za 15 min	[MW]
$P_{1h}$	činný výkon za 1 h	[MW]
$P_{2h}$	činný výkon za 2 h	[MW]

Grafické výkonové zatížení TNS Týniště n. O. je uvedeno v příloze č. 8.4.

**Tabulka 2 – výkonové zatížení TNS Týniště nad Orlicí**

TNS Týniště nad Orlicí - etapa 2							
	Odběr z DS			Dodávka do DS			
	*T <sub>1</sub>	*T <sub>2</sub>	*TNS	*T <sub>1</sub>	*T <sub>2</sub>	*TNS	
$P_{1s}$	15,2	25,7	33,5	8,6	10,9	11,6	MW
$P_{10s}$	11,1	25,4	33	8,2	8,6	10,2	MW
$P_{1min}$	9,8	19,7	25,4	3,5	4,4	4,7	MW
$P_{2min}$	8,8	16,6	22	3,4	3,7	3,6	MW
$P_{5min}$	7,5	13,1	18,1	2,8	2,4	2,5	MW
$P_{10min}$	6,8	10,4	14,9	2,3	2	1,8	MW
$P_{15min}$	6,3	10,2	15	2	1,6	1,5	MW
$P_{2h}$	4,8	7,9	11,3	1,2	1,2	1	MW
*T <sub>1</sub> - Trakční transformátor 1							
*T <sub>2</sub> - Trakční transformátor 2							
*TNS – soudobý činný výkon T <sub>1</sub> +T <sub>2</sub>							

## 6.6 Proudové zatížení TV

Průběh proudového zatížení napájecího vedení pro simulované stavy 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 překročit 760 A. Tato podmínka byla splněna u všech provozních stavů.

## 6.7 Opatření pro koordinaci elektrické ochrany

Trakční napájecí stanice je vybavena systémem automatického odpojení od zdroje v případě poruchy na trakčním vedení.

### 6.7.1 Zkratové poměry – distanční ochrana

Pro ochranu vedení a zařízení před zkratem je využita technologie distančních ochrann. Distanční ochrany jsou využívány k základnímu a záložnímu chránění elektrického vedení, transformátorů.

Principem ochrany je měření impedance zkratové smyčky z měření proudu a napětí přímo v místě ochrany. Impedance  $\bar{Z}$  měřené smyčky vedení je podle Ohmova zákona:

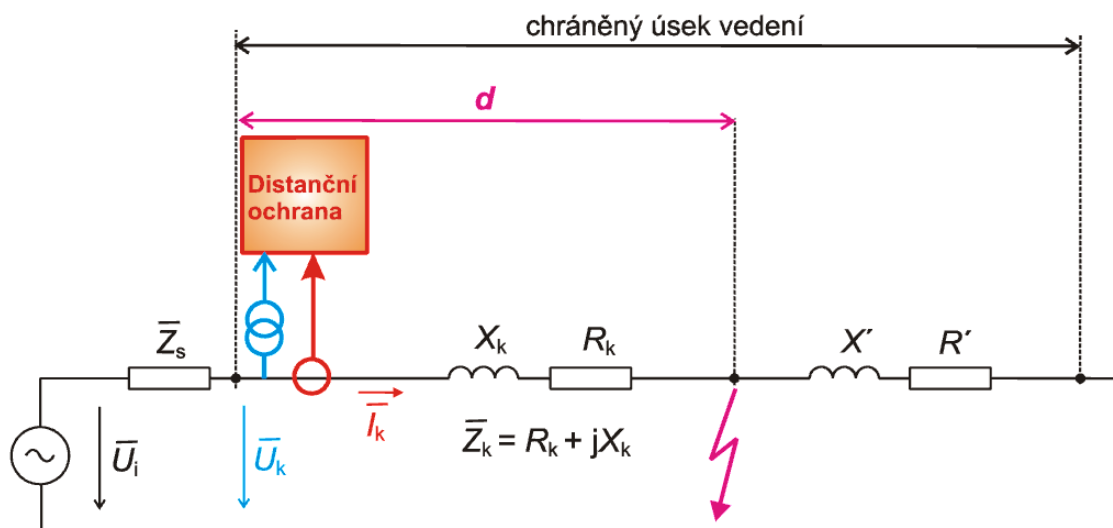
$$\bar{Z}_k = \frac{\bar{U}_k}{\bar{I}_k}$$

Kde  $\bar{I}_k$  je proud v místě ochrany

$\bar{U}_k$  je napětí v místě ochrany

$\bar{Z}_k$  impedance zkratové smyčky.

Tyto veličiny jednoznačně určují impedanci zkratové smyčky a tím i vzdálenost (distanci)  $d$  zkratu od ochrany.



Princip funkce distanční ochrany spočívá tedy ve sledování impedance sítě (tzv. viděné impedance) z daného místa v síti. Vysoká hodnota této impedance sítě znamená, že v chráněném úseku není porucha, naopak nízká hodnota impedance znamená poruchový stav.

U distančních ochrany se používá impedanční charakteristika, díky které můžeme velmi dobře posuzovat chování ochrany. Její základ tvoří impedanční Gaussova rovina. Impedanční charakteristika udává v principu množinu bodů, při kterých ochrana působí.

V běžném provozním stavu, nebo bez zátěže, je impedance mnohem vyšší než při zkratu. Dojde-li k poruše a nastane zkrat, impedance se velice rychle sníží. V případě kovového zkratu se neuvažuje činná složka oblouku, potom tedy složka zkratové impedance  $\bar{Z}_k$  je:

$$\bar{Z}_k = R_k + j \cdot X_k$$

Kde  $R_k = d \cdot R_{ved}$  je činný odpor zkratové smyčky

$X_k = d \cdot X_{ved}$  je reaktance zkratové smyčky

$R_{ved}$  je činný odpor 1 km vedení

$X_{ved}$  je reaktance 1 km vedení.

V případě posuvného zkratu po homogenním vedení se poměr  $\frac{X_k}{R_k}$  nemění

$$\frac{X_k}{R_k} = \frac{d \cdot X_{ved}}{d \cdot R_{ved}} = \frac{X_{ved}}{R_{ved}} = \operatorname{tg} \varphi_{ved} = \operatorname{konst.}$$

kde úhel  $\varphi_{ved}$  se nazývá úhel linky a  $\operatorname{tg} \varphi_{ved}$  je směrnice po které se pohybuje impedance při posuvném zkratu.

Chceme-li počítat i s vlivem elektrického oblouku, musíme zahrnout do impedance zkratové smyčky odpor oblouku. Protože oblouk vytváří ztráty, budeme ho nahrazovat pouze činným odporem.

V případě ověření zkratových proudů na simulované trati bylo uvažováno s nejdelším napájeným úsekem, tedy TNS Týniště n. O. – Hradec Králové. Celková délka chráněného úseku je až 23 km. Maximální proud v napaječi **672 A**. Pro tento stav byl proveden výpočet.

Zobrazení impedančních oblastí (viz příloha č. 8.7.) nám zobrazuje vhodnost využití distanční ochrany. Impedanční oblast zátěže nekoliduje s impedanční oblastí zkratu a je dostatečný prostor pro nastavení ochrany.



## 6.8 Proudová zatížitelnost střídavé soustavy, stojící vlaky

### 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

Tabulka 3 – Proudové zatížení TV pro základní stav napájení

Proudové zatížení TV - 1s – TNS Týniště n. O			
Směr	TV1	TV2	
Týniště n .O. - Hradec Králové	513	672	A
Týniště n .O. - Choceň	512	477	A
Týniště n .O. - Solnice	437		A
Proudové zatížení TV - 300s – TNS Týniště n. O			
	TV1	TV2	
Týniště n .O. - Hradec Králové	273	331	A
Týniště n .O. - Choceň	231	196	A
Týniště n .O. - Solnice	163		A

## 7 Závěr

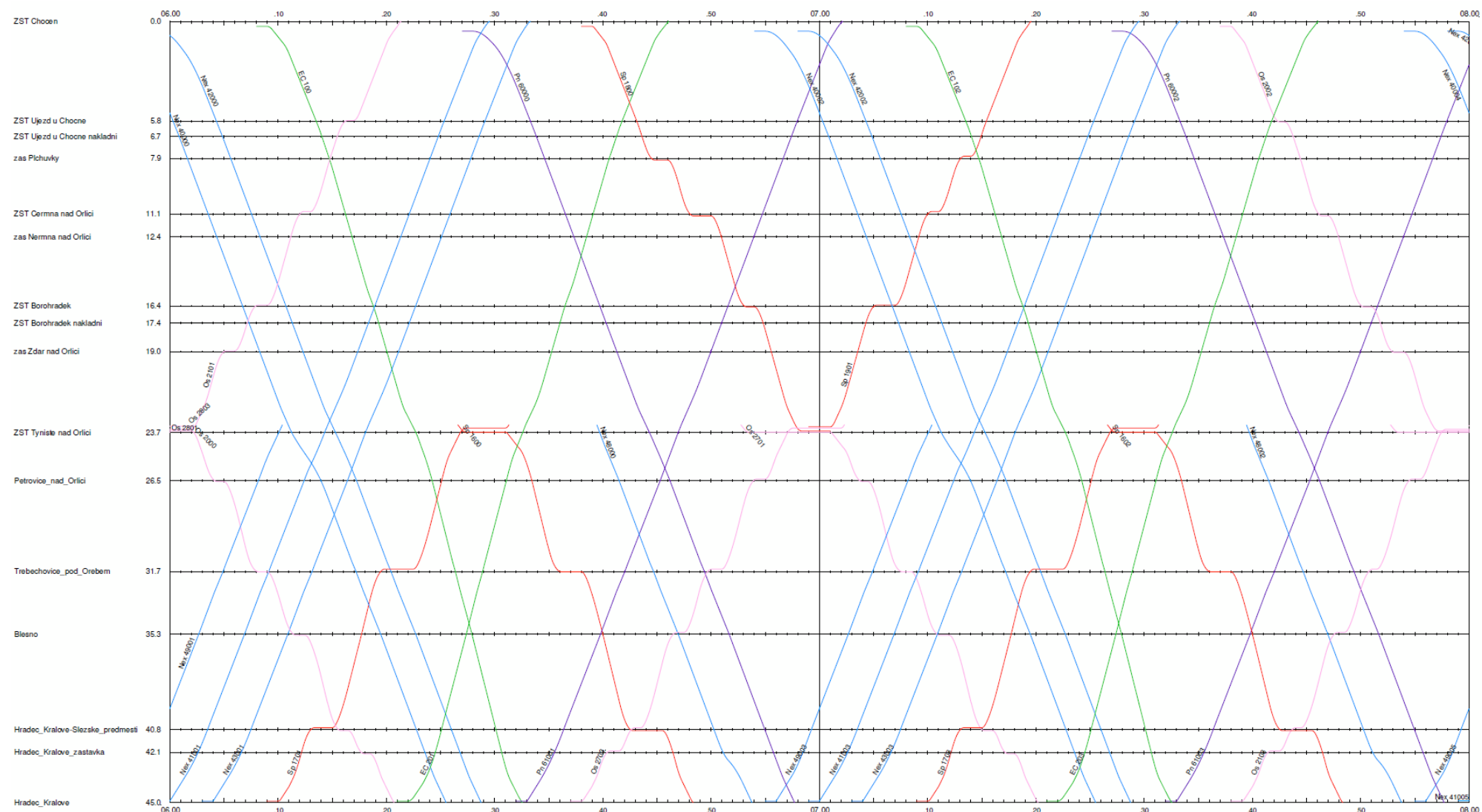
Z energetických výpočtů vyplývá dostatečné dimenzování sestavy trakčního vedení 100Cu+50Bz, tedy přenesení požadovaného výkonu a splnění požadavků TSI ENE.

Kontroloval:  
Jiří Podhradský

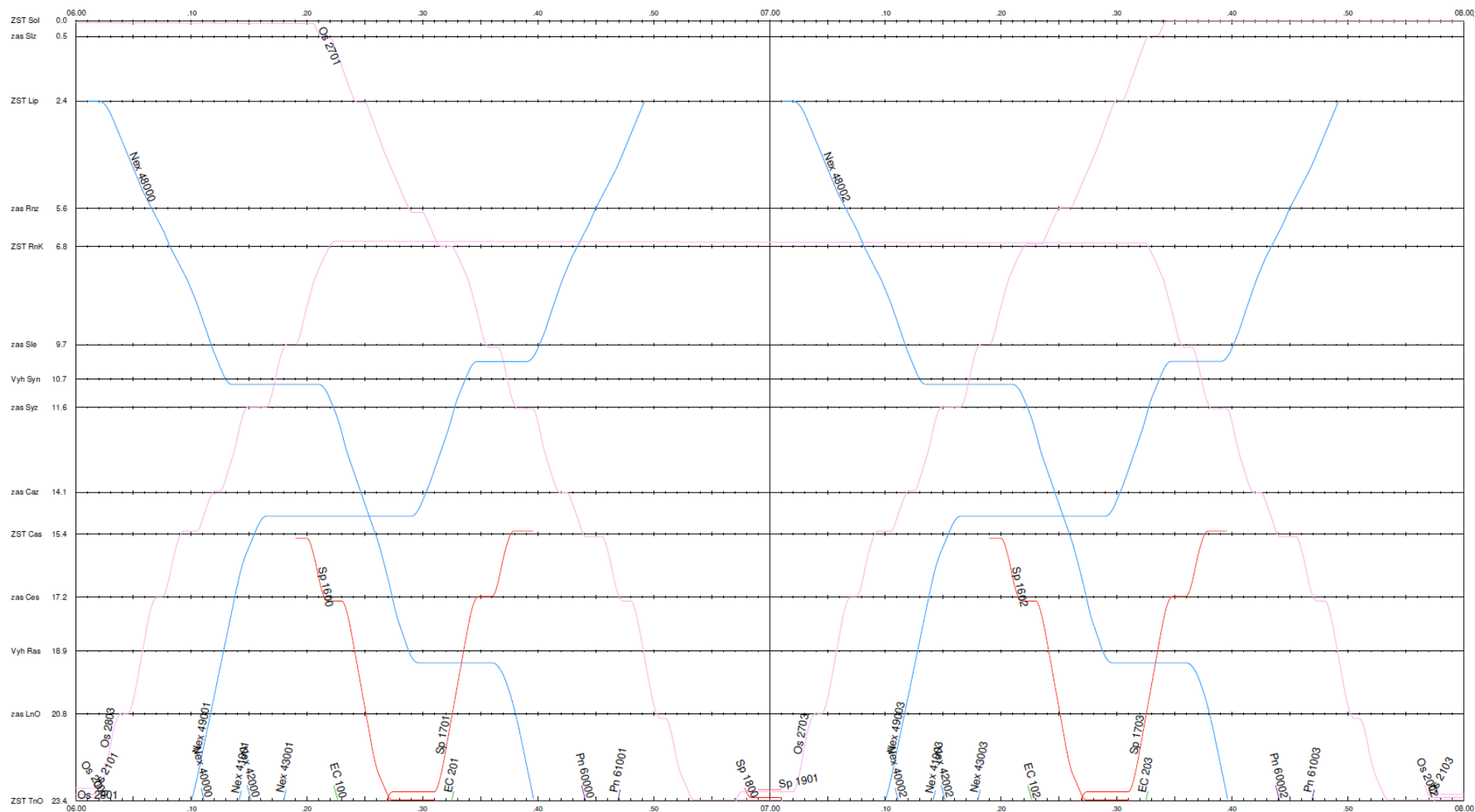
Zpracoval:  
Ing. Ondřej Svoboda

## 8 Přílohy

<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>18</b>
8.1	MODELOVÝ GRAFIKON CHOCEŇ – HRADEC KRÁLOVÉ .....	19
8.2	MODELOVÝ GRAFIKON TÝNIŠTĚ N. O. - SOLNICE .....	20
8.3	MINIMÁLNÍ NAPĚTÍ TV .....	21
8.3.1	Týniště n. O. – Hradec Králové .....	21
8.3.2	Týniště n. O. – Solnice – část ½ .....	22
8.3.3	Týniště n. O. – Solnice – část 2/2 .....	23
8.4	ZATÍŽENÍ TNS TÝNIŠTĚ N. O. ....	24
8.4.1	Odběr z DS – Transformátor T1 .....	24
8.4.2	Dodávka do DS (rekuperace do sítě) - Transformátor T1 .....	25
8.4.3	$P, Q, S = f(t)$ – Transformátor T1 .....	26
8.4.4	Odběr z DS – Transformátor T2 .....	27
8.4.5	Dodávka do DS (rekuperace do sítě) - Transformátor T2 .....	28
8.4.6	$P, Q, S = f(t)$ – Transformátor T2 .....	29
8.4.7	Odběr z DS – TNS .....	30
8.4.8	Dodávka do DS (rekuperace do sítě) - TNS .....	31
8.4.9	$P, Q, S = f(t)$ – TNS .....	32
8.4.10	Odběr z DS – Agregace T1, T2 a celé TNS .....	33
8.5	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ TV .....	34
8.5.1	Proudové zatížení ve směr TNS Týniště n. O. => Choceň .....	34
8.5.2	Proudové zatížení ve směr TNS Týniště n. O. => Hradec Králové (Solnice) .....	35
8.6	PROUDOVÉ ZATÍŽENÍ ZPĚTNÉHO VEDENÍ .....	36
8.7	NASTAVENÍ DISTANČNÍ OCHRANY .....	37

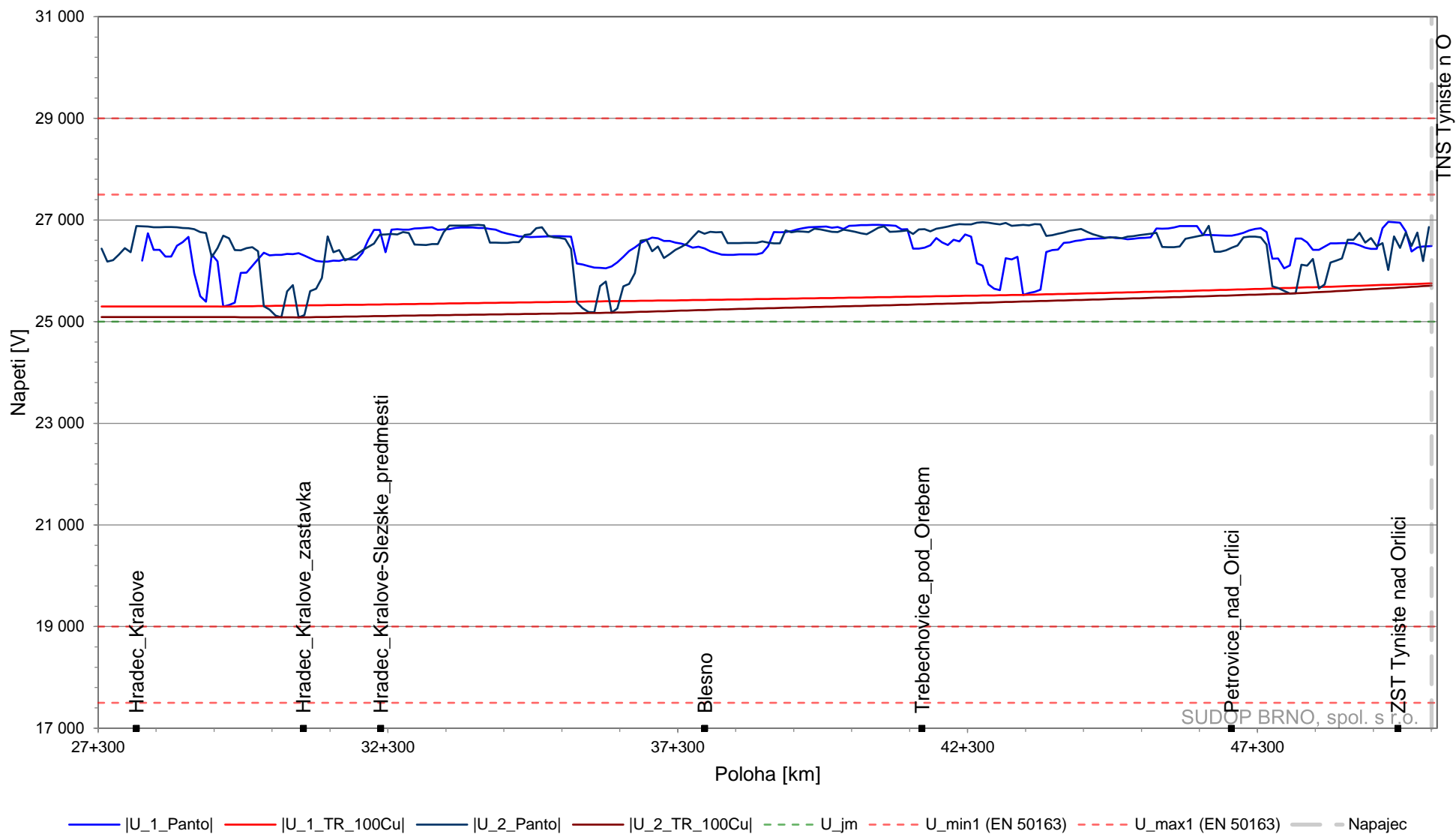


## 8.2 Modelový grafikon Týniště n. O. - Solnice

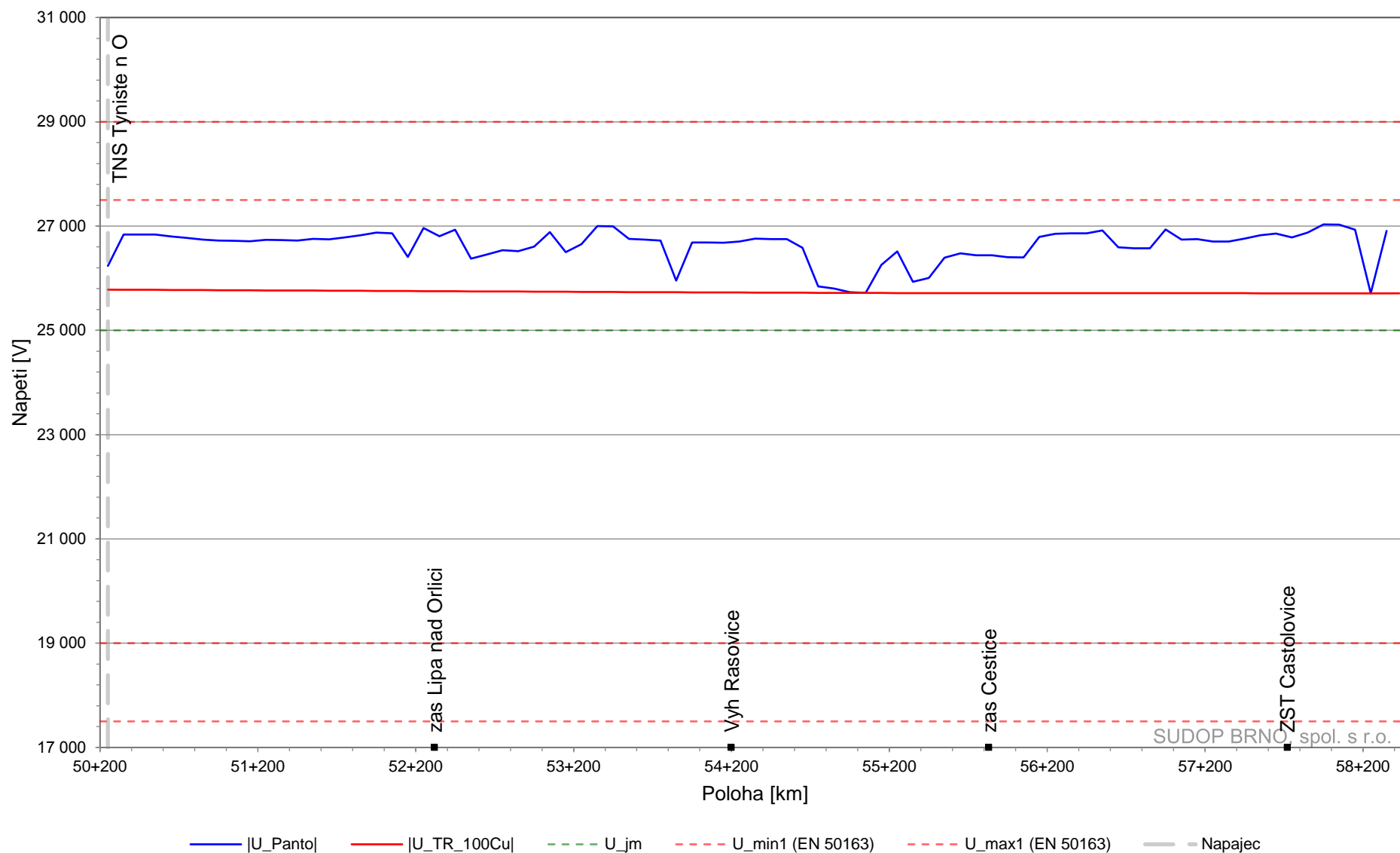


## 8.3 Minimální napětí TV

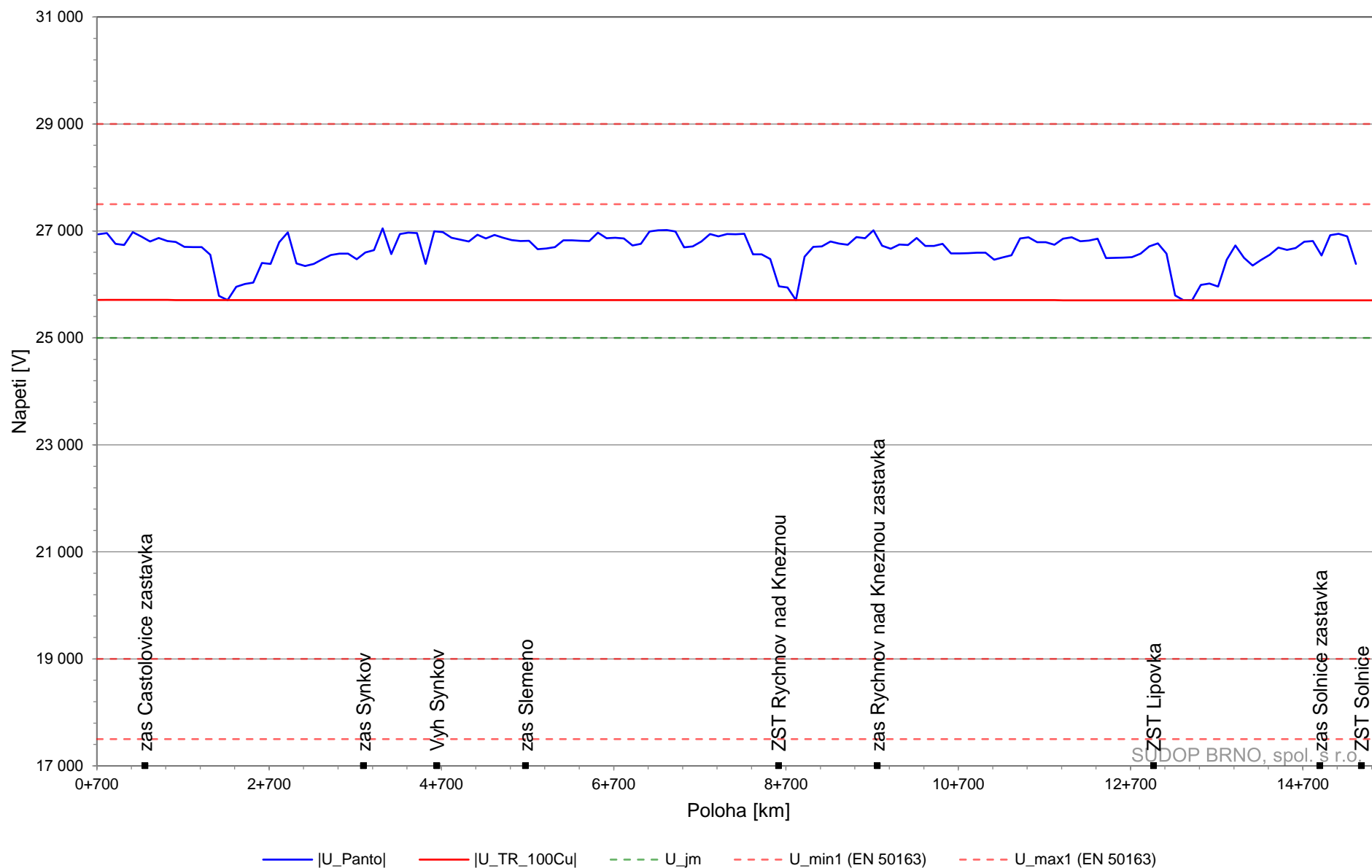
### 8.3.1 Týniště n. O. – Hradec Králové



8.3.2 Týniště n. O. – Solnice – část ½

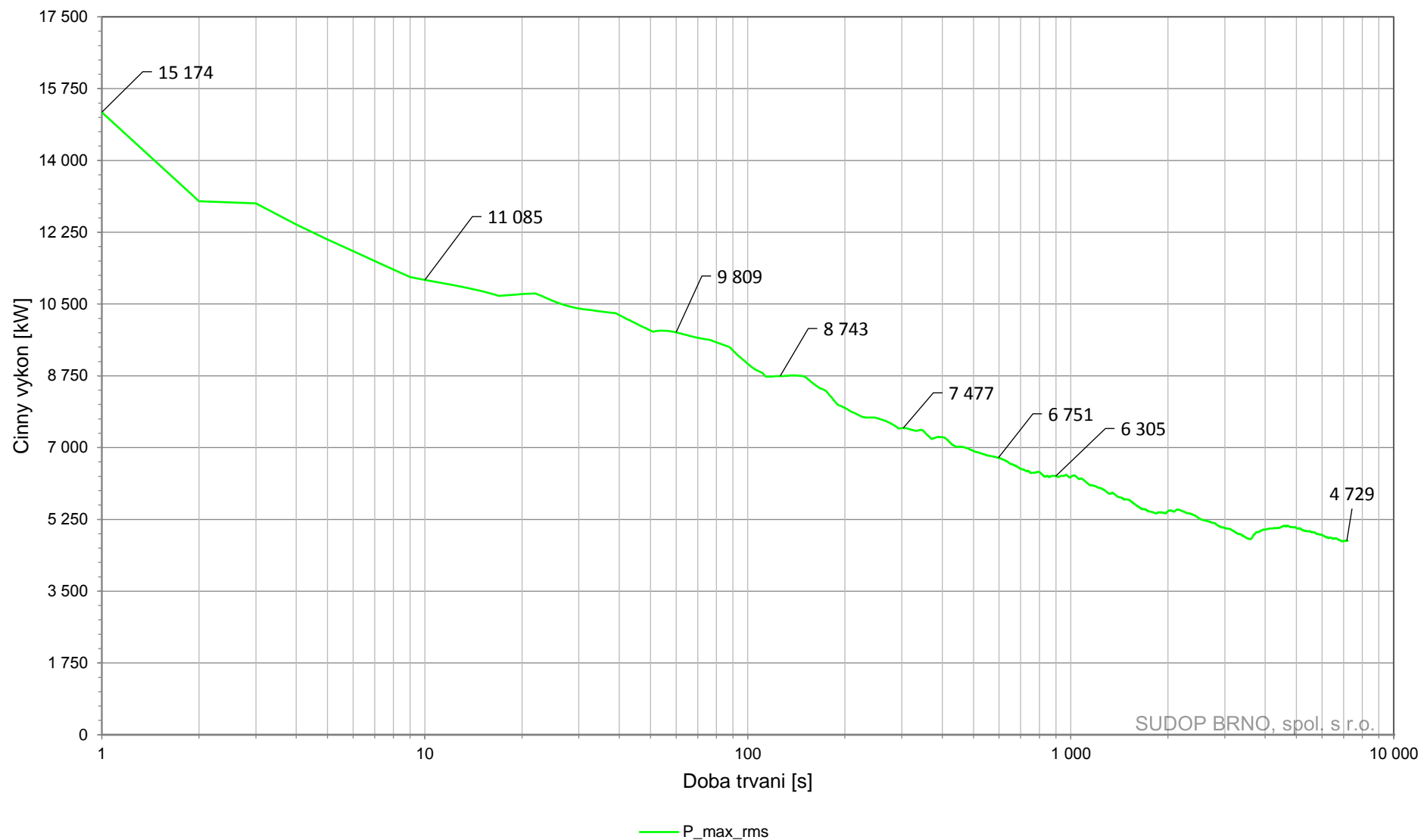


8.3.3 Týniště n. O. – Solnice – část 2/2



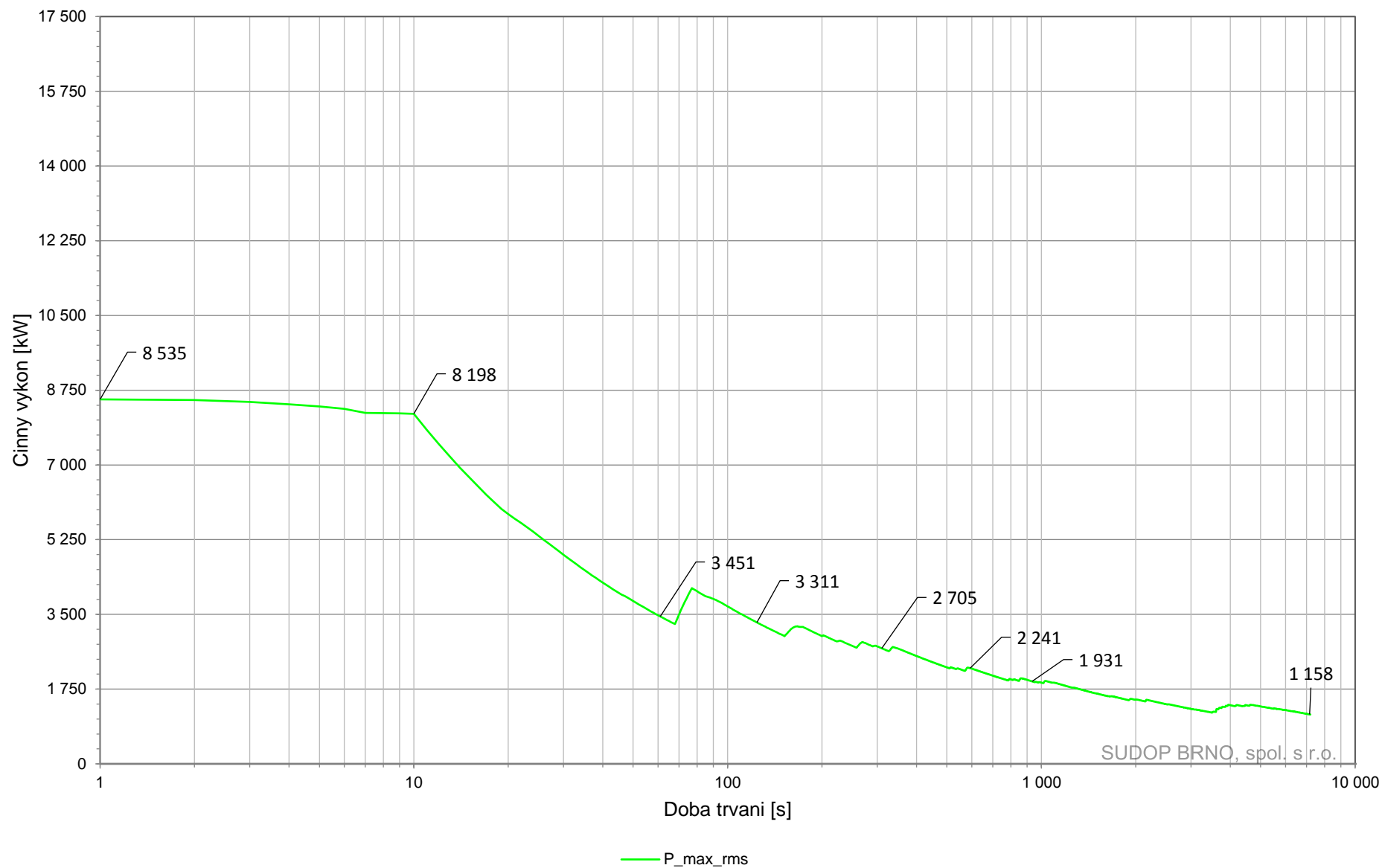
## 8.4 Zatížení TNS Týniště n. O.

### 8.4.1 Odběr z DS – Transformátor T1

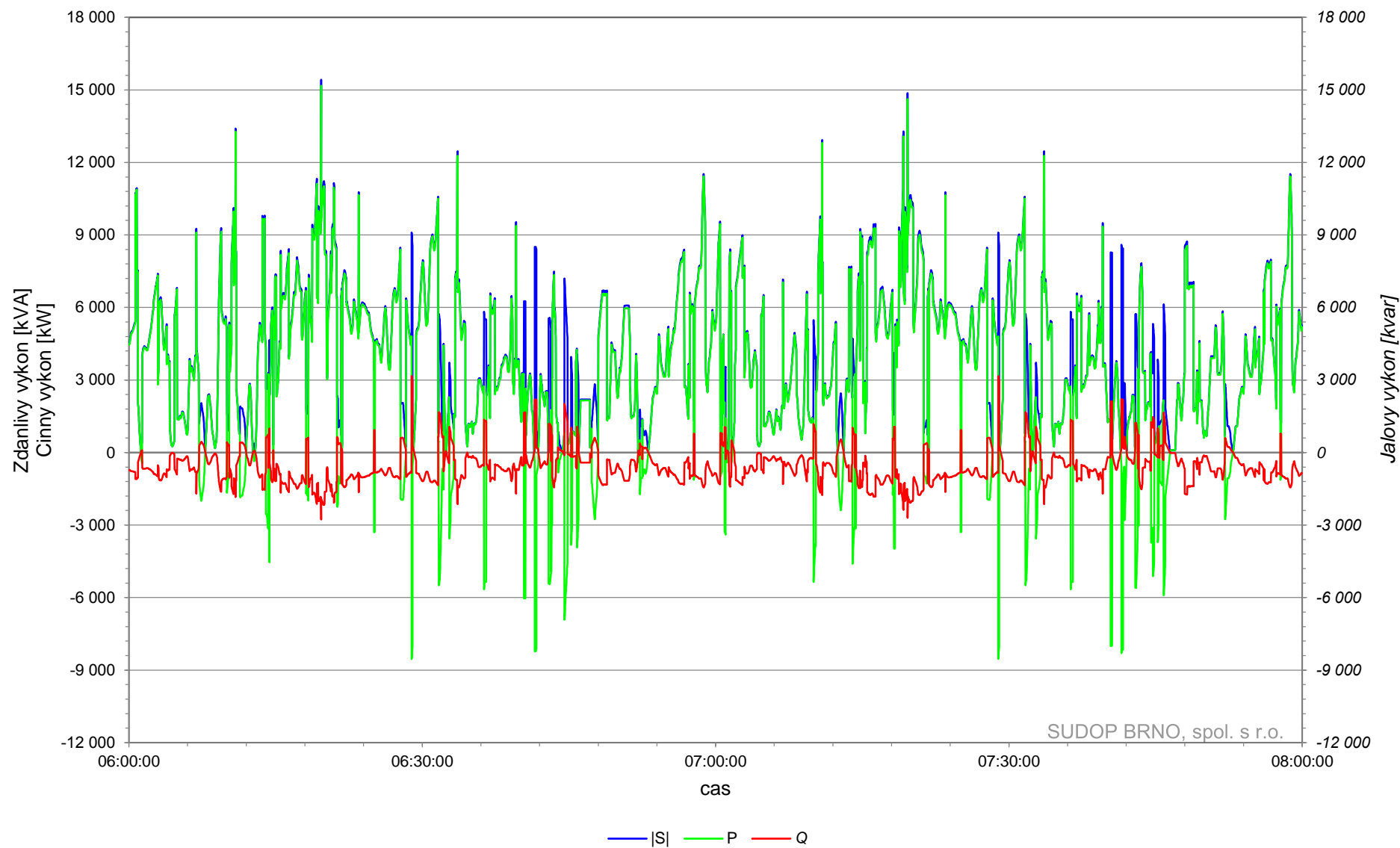




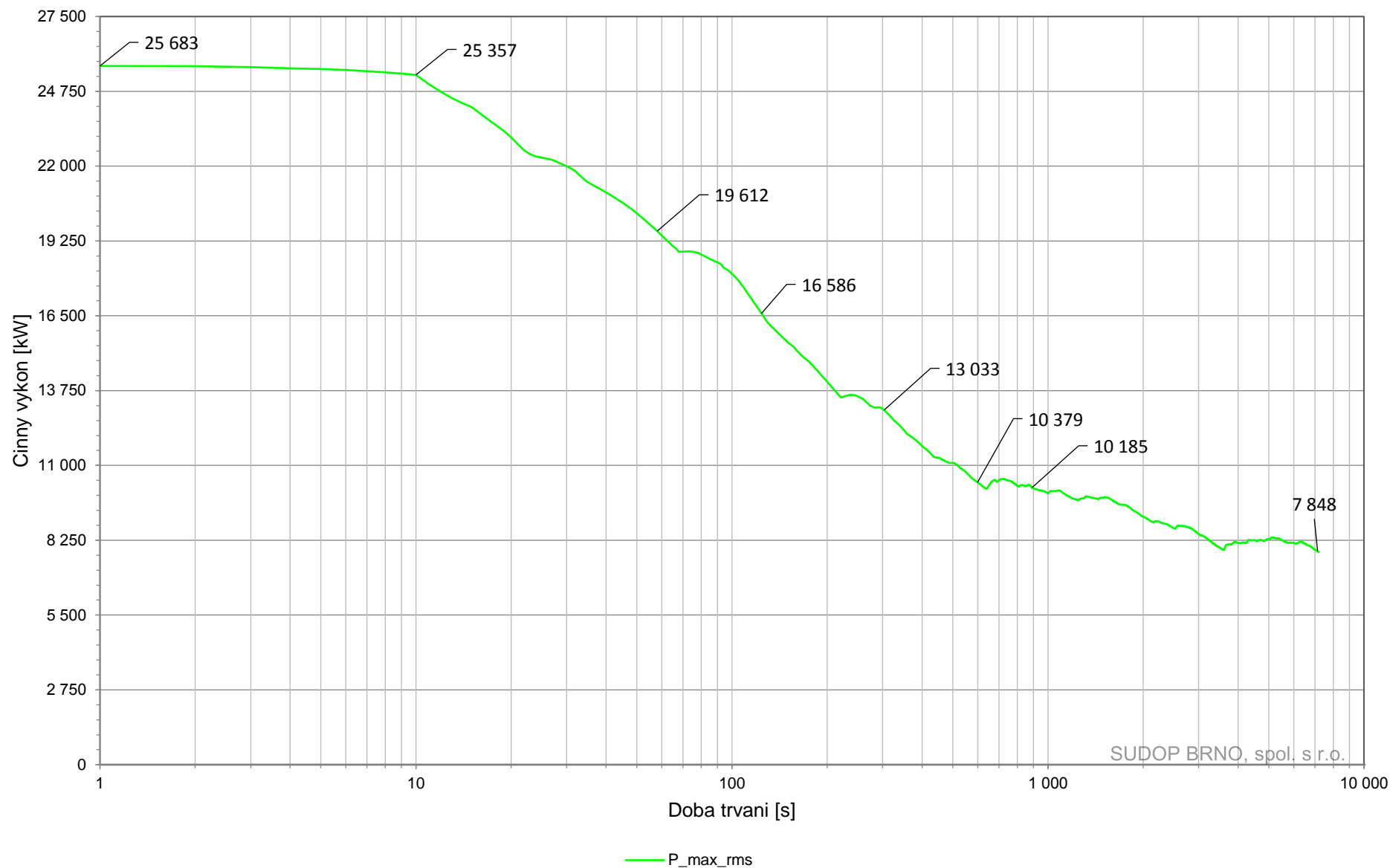
#### 8.4.2 Dodávka do DS (rekuperace do sítě) - Transformátor T1



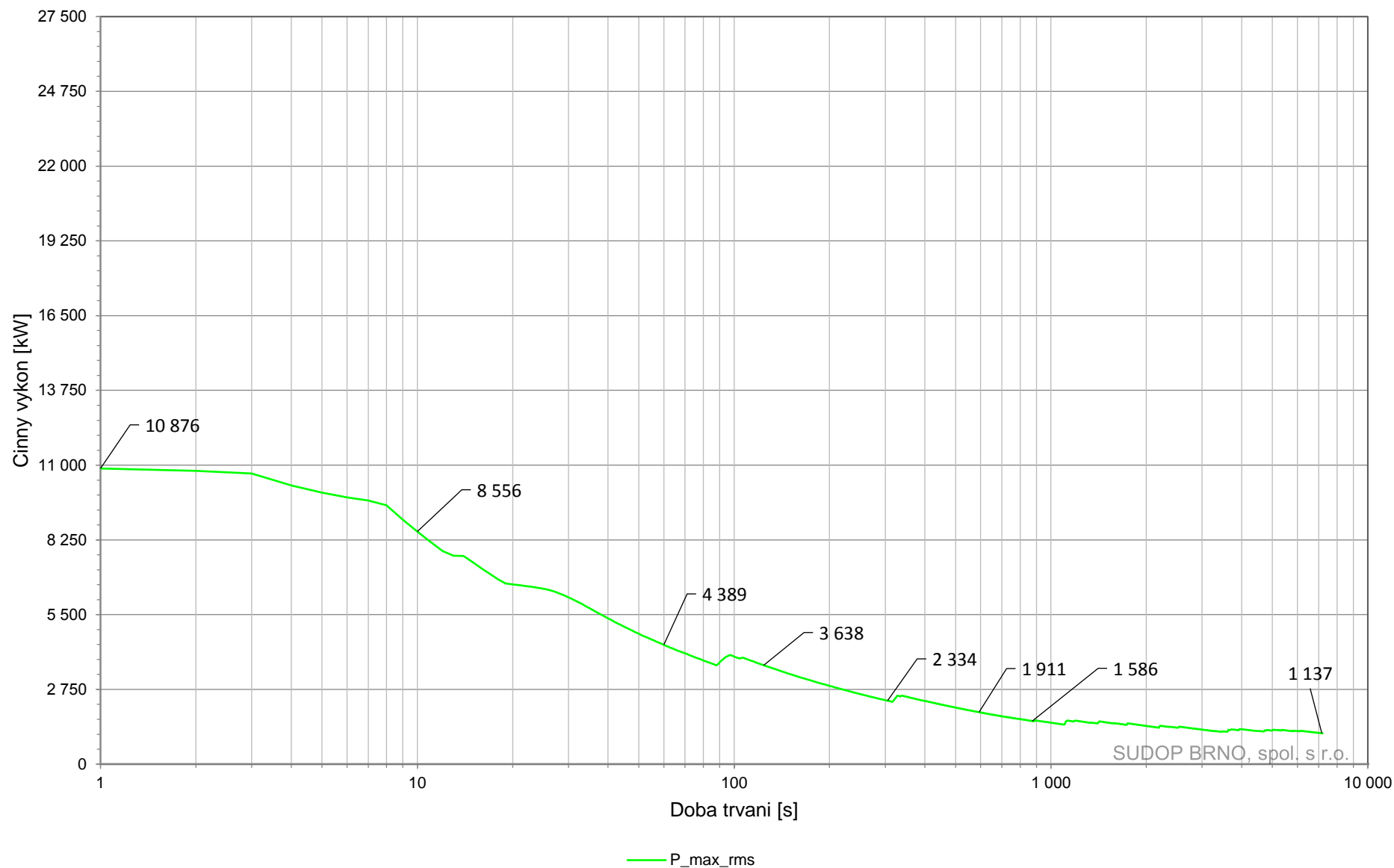
#### 8.4.3 $P, Q, S = f(t)$ – Transformátor T1



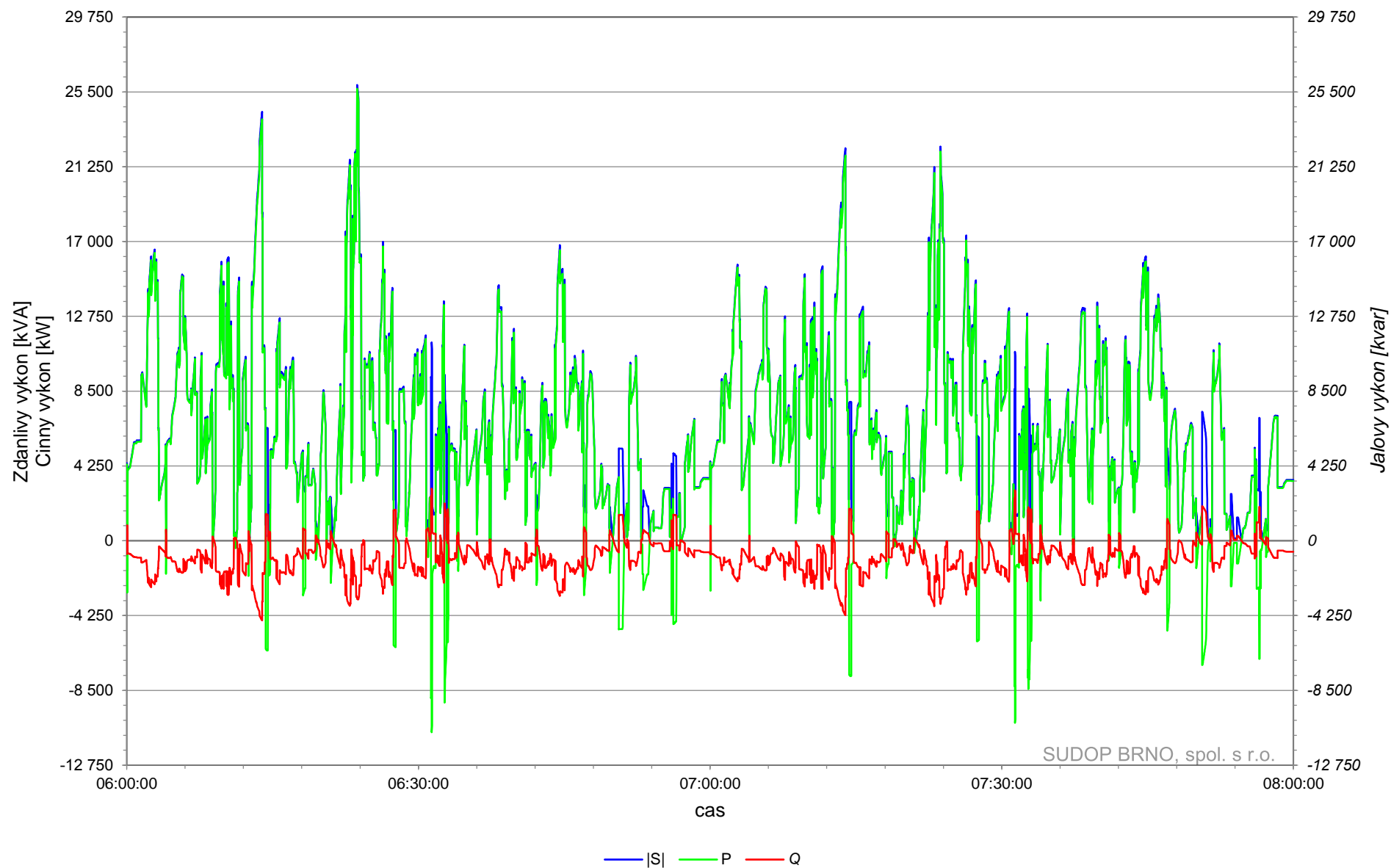
#### 8.4.4 Odběr z DS – Transformátor T2



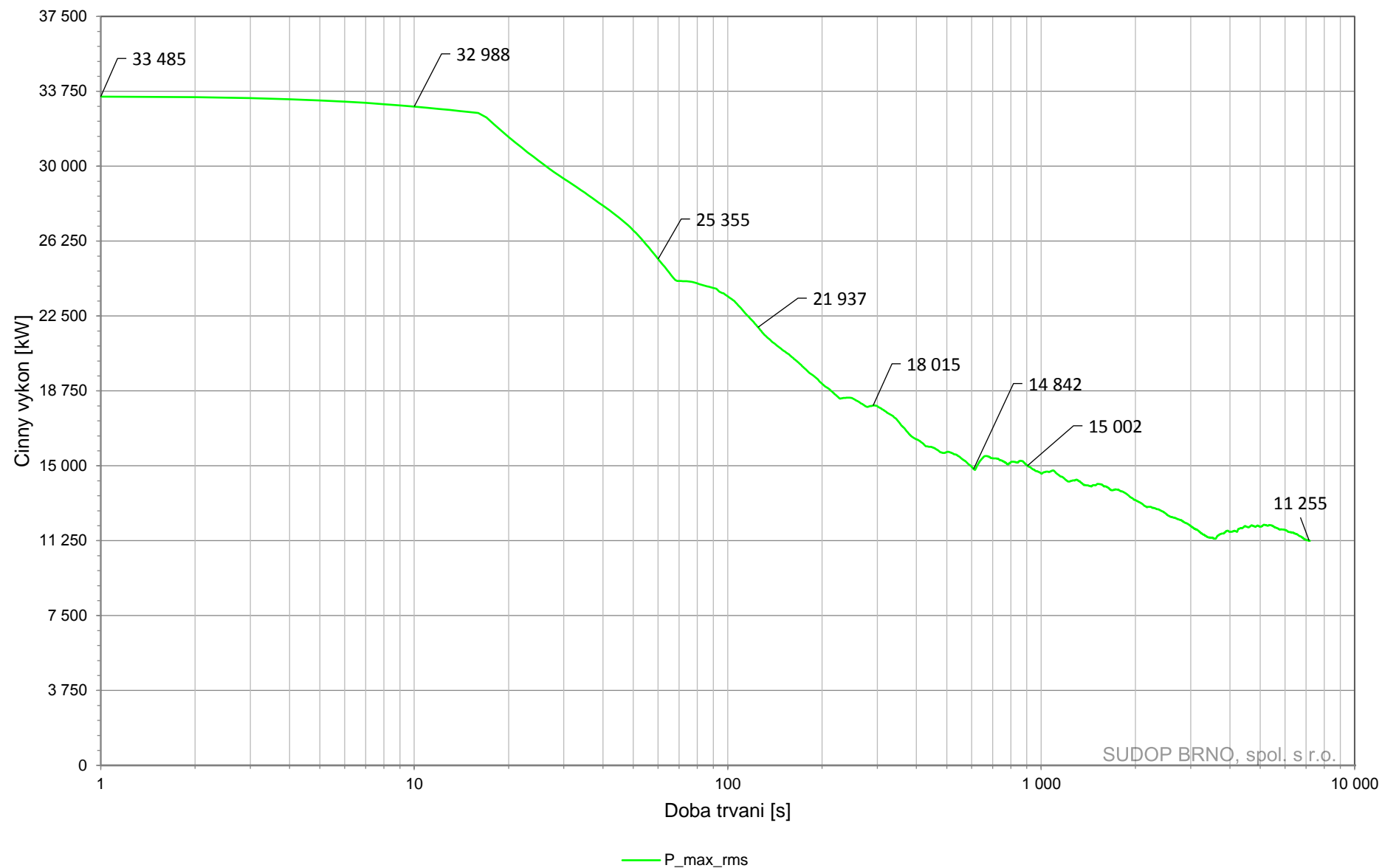
#### 8.4.5 Dodávka do DS (rekuperace do sítě) - Transformátor T2



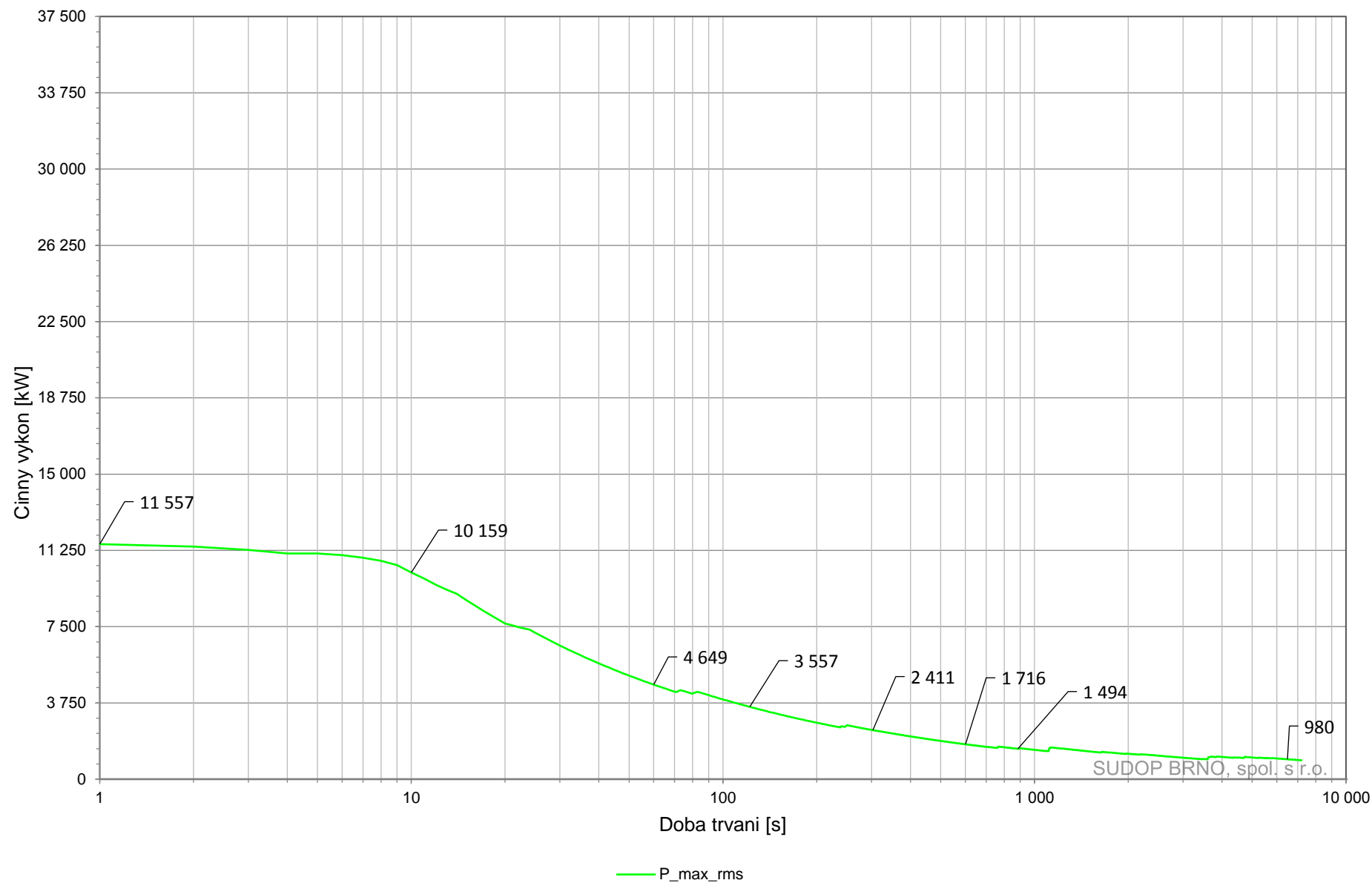
8.4.6  $P, Q, S = f(t)$  – Transformátor T2



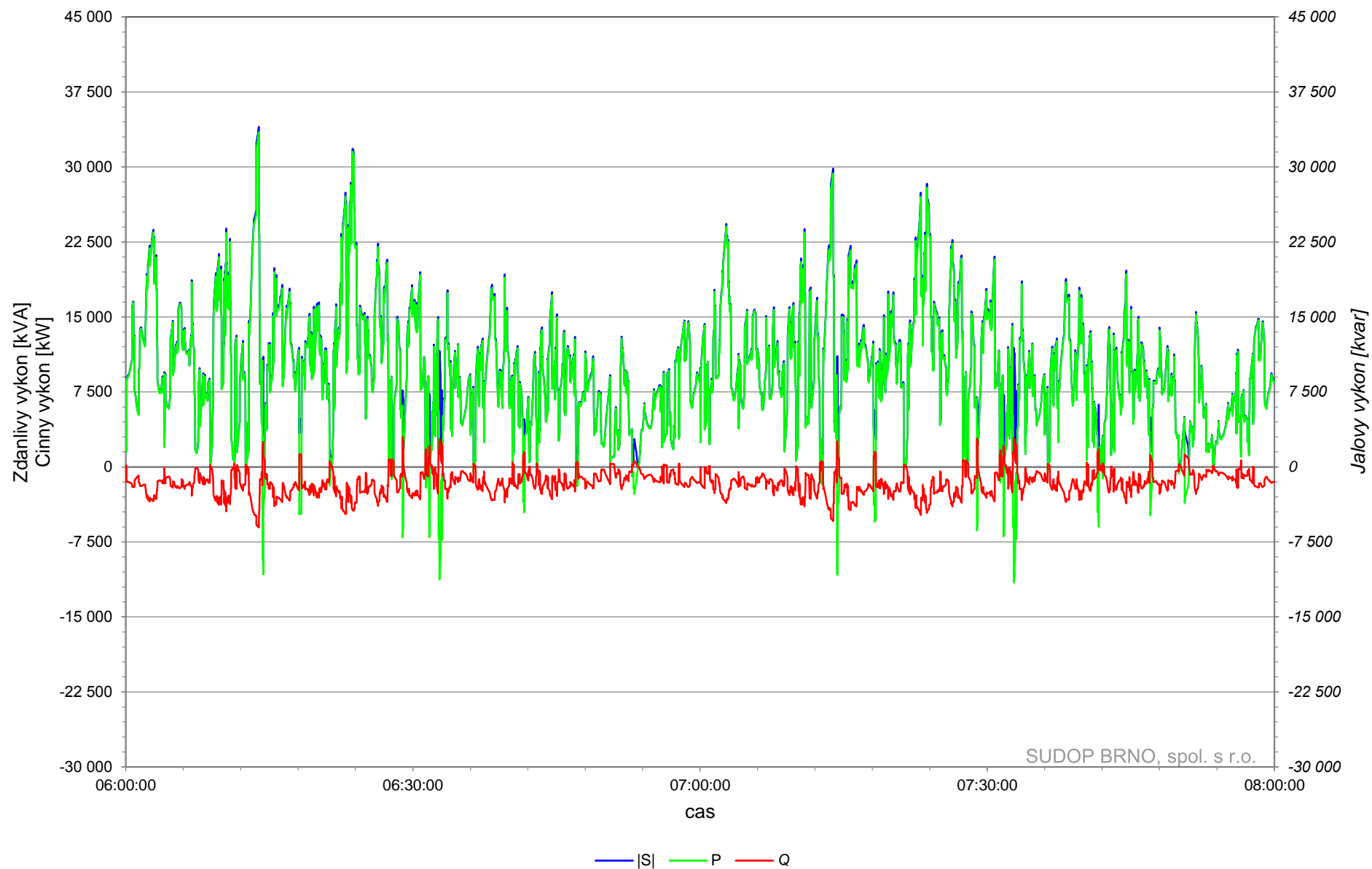
#### 8.4.7 Odběr z DS – TNS



#### 8.4.8 Dodávka do DS (rekuprace do sítě) - TNS

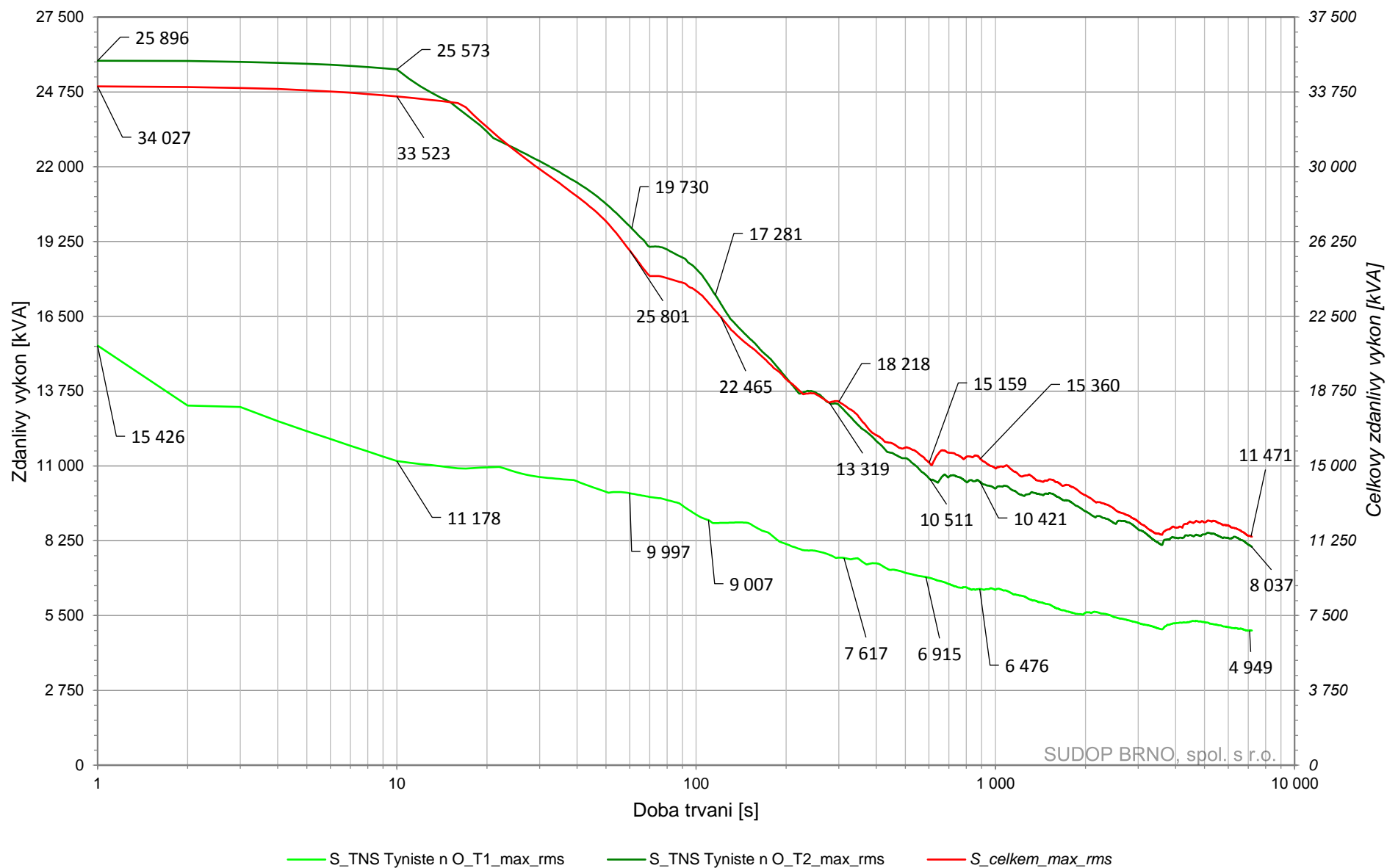


#### 8.4.9 $P, Q, S = f(t) - TNS$



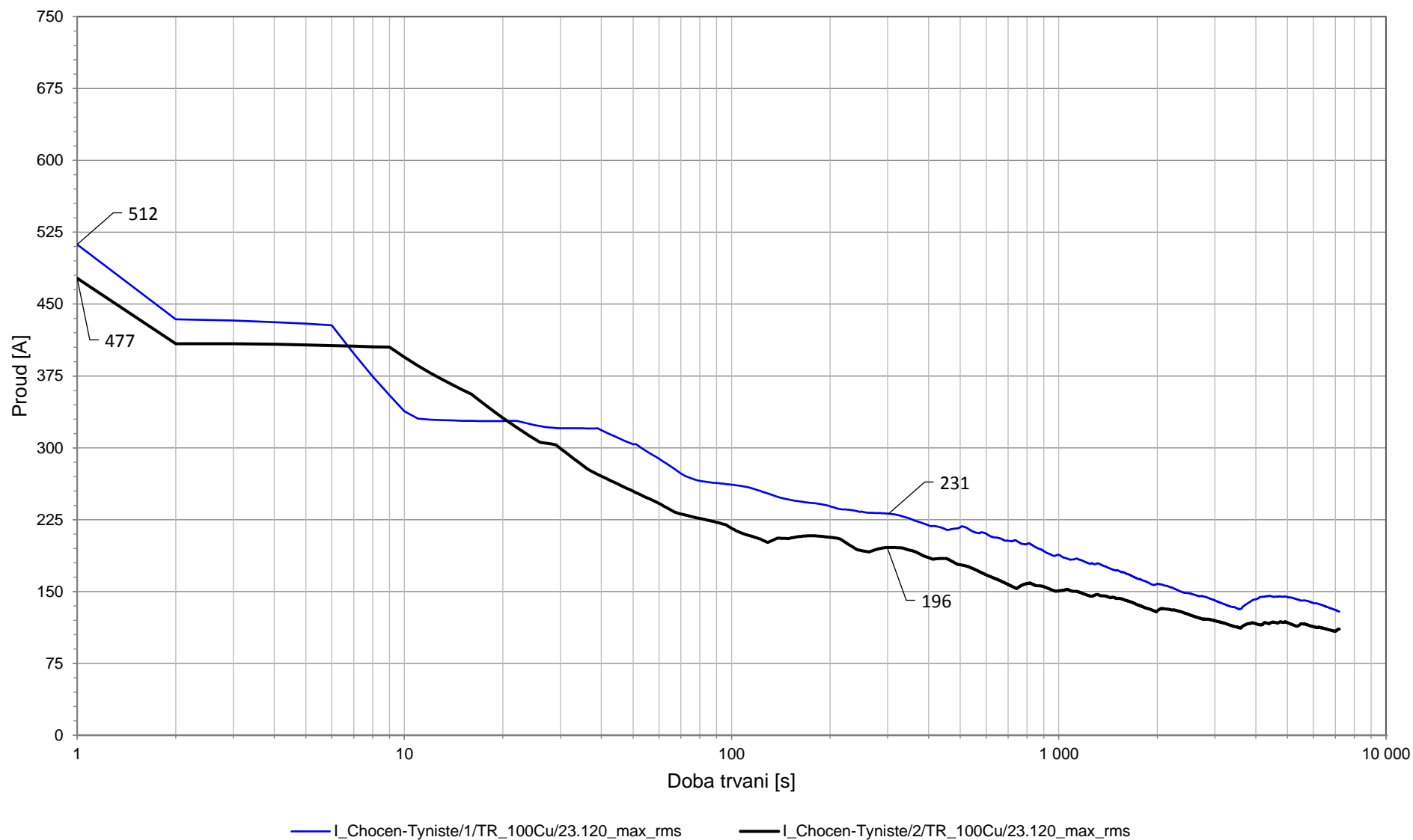


8.4.10 Odběr z DS – Agregace T1, T2 a celé TNS

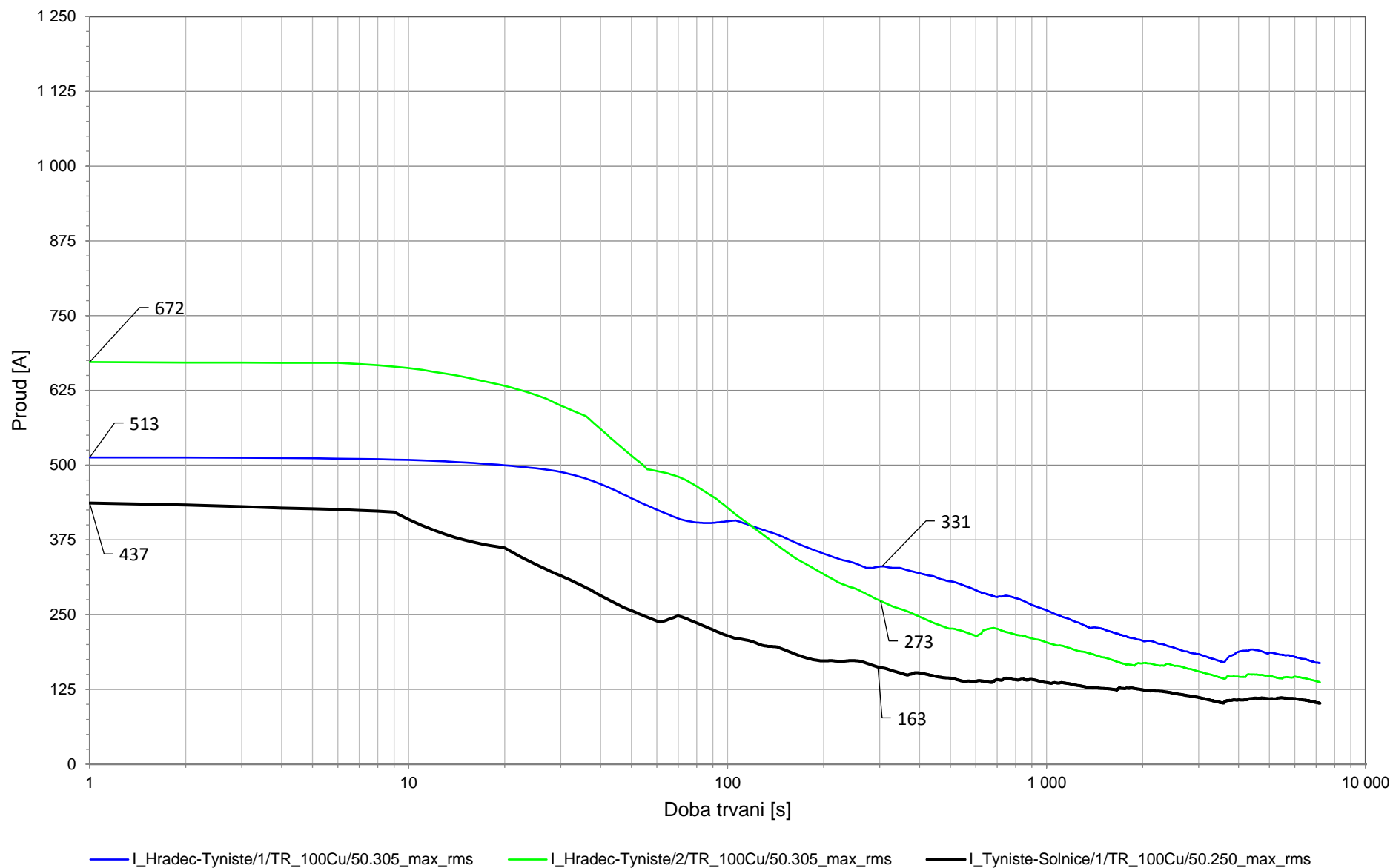


## 8.5 Proudové zatížení TV

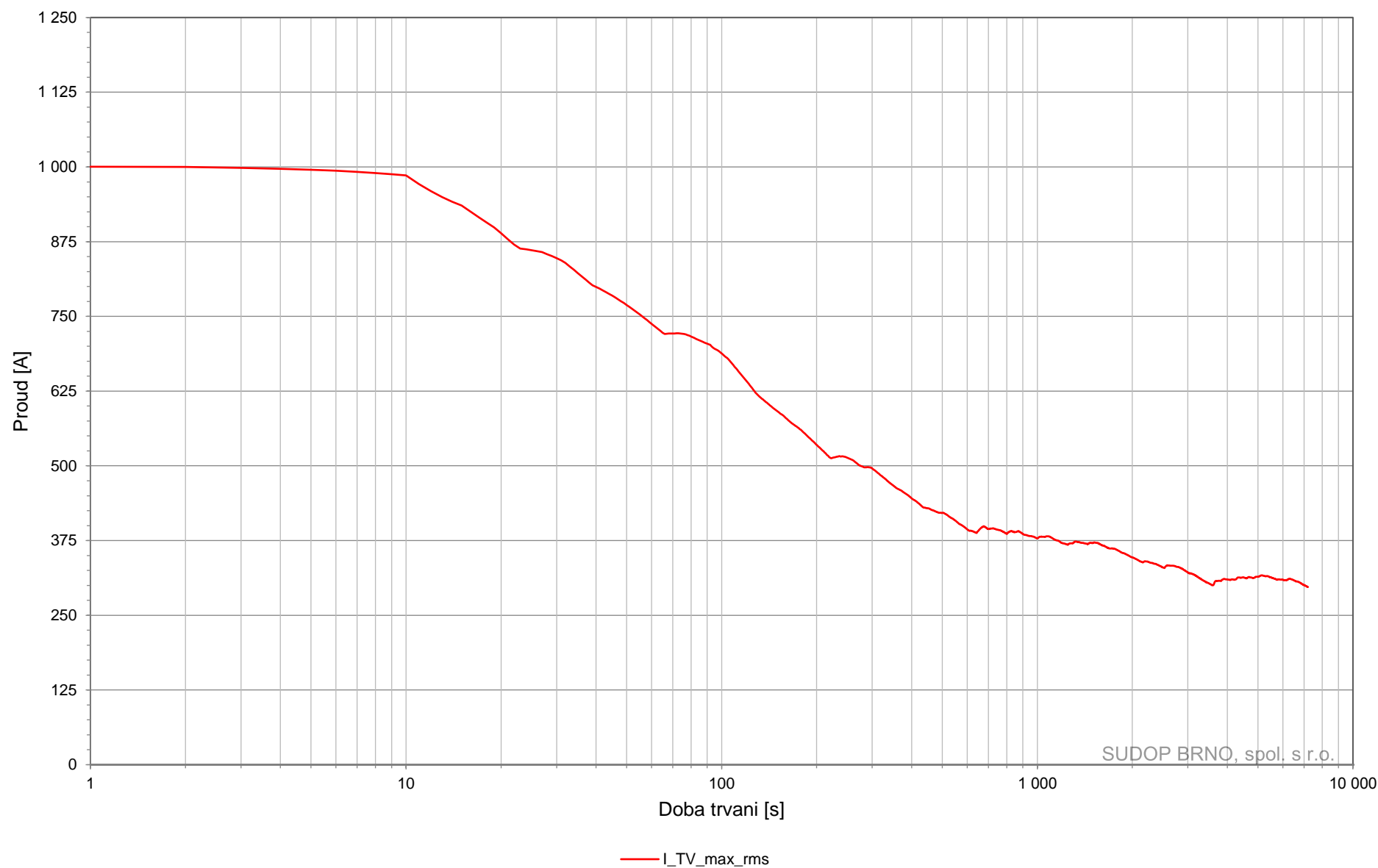
### 8.5.1 Proudové zatížení ve směr TNS Týniště n. O. => Choceň



### 8.5.2 Proudové zatížení ve směr TNS Týniště n. O. => Hradec Králové (Solnice)



## 8.6 Proudové zatížení zpětného vedení



## 8.7 Nastavení distanční ochrany

