

## PO PŘIPOMÍNKÁCH

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



**SUDOP BRNO**

**SUDOP BRNO, spol. s r.o.**  
Kounicova 26  
611 36 Brno

OBJEDNAVATEL:	SŽDC, s.o., Dlážďená 1003/7, 110 00 Praha 1 Stavební správa východ (organizační jednotka)		tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz	
PROFESNÍ SKUPINA:	23 TRAKČNÍ VEDENÍ	VEDOUČÍ PROF. SKUPINY Ing. Jiří Molák	ŘEDITEL Ing. Jiří Molák	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Jiří Pelc	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Jiří Podhradský	NAVRHL, VYPRACOVAL Jiří Podhradský	KONTROLOVAL Ing. Jiří Pelc	
KRAJ: Vysočina	POVĚŘENÝ OÚ: Velké Meziříčí, Velká Bíteš		STUPEŇ: DÚR	
Rekonstrukce traťového úseku Vlkov u Tišnova (mimo)-Křižanov (mimo)			ZAK. ČÍSLO 17030-01-0917	ARCH. ČÍSLO 2017230016
			MĚŘÍTKO	POČET FORMÁTŮ
			DATUM: 09/2017	
Energetické výpočty			ČÁST DOKUM. B.4.2.	PŘÍLOHA

## Obsah

1. Úvod a použité podklady .....	2
2. Základní technické a dopravní údaje o rekonstruovaném traťovém úseku.....	4
3. Výpočet výkonu a proudu vlaků .....	5
4. Kontrola úbytků napětí.....	6
a. $R + Os$ .....	6
b. $NEx + R + Os$ .....	8
c. Rozjezd na konci úseku.....	9
d. Zhodnocení.....	10
5. Kontrola proudové zatížitelnosti .....	11
6. Kontrola zkratových proudů.....	11
7. Spotřeba elektrické energie .....	12
8. Závěr .....	13

## **1. Úvod a použité podklady**

Rekonstruovaný traťový úsek Vlkov u Tišnova - Křižanov je součástí elektrifikované trati č. 250 Brno – Havlíčkův Brod. Trať je dvoukolejná s jednofázovou trakční soustavou 25kV 50Hz s napájecími body v Ostrově nad Oslavou a Čebíně. Spínací stanice mezi TNS Ostrov nad Oslavou a TNS Čebín je ve Vlkově u Tišnova. Ve výpočtech se posuzuje napájený úsek Ostrov n. O. – Vlkov u Tišnova jako celek.

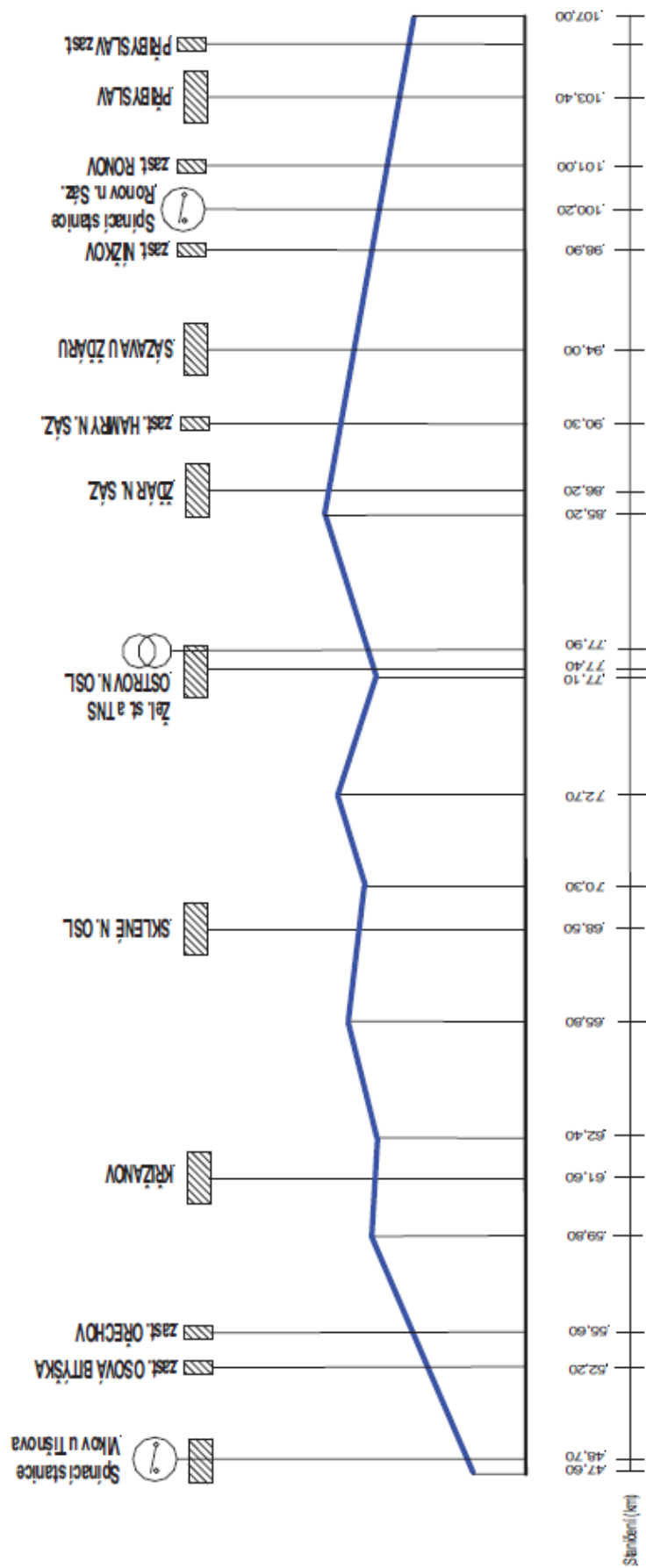
Trakční vedení je navrženo v hlavní sestavě „S“, trolej 100mm<sup>2</sup> Cu a nosné lano 70mm<sup>2</sup> Bz.

Cílem těchto energetických výpočtů je posoudit dimenzování navrženého trakčního vedení a vliv rekonstrukce na trať Brno – Havlíčkův Brod. Výpočty neřeší dimenzování napájecí stanice Ostrov nad Oslavou, jelikož pro tuto stanici již byly energetické výpočty zpracovány při její rekonstrukci.

**Pro vypracování výpočtů byly použity zejména tyto podklady:**

- Koordinační situační výkres
- Polohový plán TV
- Schéma napájení a dělení trakčního vedení
- Základní údaje o provozu, provozní a dopravní technologie
- Redukovaný profil trati
- Platné technické normy a předpisy a běžné technické pomůcky pro zpracování energetických výpočtů

REDUKOVANÝ PODÉLNÝ PROFIL ÚSEKU VLKOV U TIŠNOVA - RONOV N. SÁZAVOU



Číslo úseku	1	2	3	4	5	6	7	8
Délka úseku (km)	122	2,6	3,4	4,5	2,4	4,4	8,1	21,8
Redukovaný sklon (‰)	+4,9	-1,2	+6,9	-4,5	+7,2	-7,7	+6,9	-6,6
	-4,7	+1,5	-6,3	+4,9	-6,5	+8,3	-6,4	+7,0

## **2. Základní technické a dopravní údaje o rekonstruovaném traťovém úseku**

Traťový úsek Vlkov u Tišnova - Křižanov je dvoukolejný. Předpokládá se nákladní i osobní doprava.

**Parametry vlaků ve výpočtu pro trať Brno – Havlíčkův Brod úseku Křižanov – Sklená nad Oslavou**

### **1. R**

- Hmotnost: 400t
- Max. rychlost v úseku: 140km/h
- Výkon pro vlastní spotřebu: 500 kW
- Účinnost: 0,9
- Účinitel: 0,95

### **2. Os**

- Hmotnost: 360t
- Max. rychlost v úseku: 120km/h
- Výkon pro vlastní spotřebu: 125 kW
- Účinnost: 0,9
- Účinitel: 0,95

### **3. Nex**

- Hmotnost: 2200t
- Max. rychlost v úseku: 100km/h
- Výkon pro vlastní spotřebu: 125 kW
- Účinnost: 0,9
- Účinitel: 0,95

### **4. Pn**

- Hmotnost: 2500t
- Max. rychlost v úseku: 100km/h
- Výkon pro vlastní spotřebu: 125 kW
- Účinnost: 0,9
- Účinitel: 0,95

## 3. Výpočet výkonu a proudu vlaků

Číslo úseku			1	2	3	4	5	6	7
<b>R</b>									
v (km/h)			140	140	140	140	140	140	140
p <sub>0</sub>			7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
G (t)			475	475	475	475	475	475	475
<b>Os</b>									
v (km/h)			120	120	120	120	120	120	120
p <sub>0</sub>			6	6	6	6	6	6	6
G (t)			360	360	360	360	360	360	360
<b>Nex</b>									
v (km/h)			100	100	100	100	100	100	100
p <sub>0</sub>			5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
G (t)			2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
<b>Pn</b>									
v (km/h)			100	100	100	100	100	100	100
p <sub>0</sub>			4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
G (t)			2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Číslo úseku			1	2	3	4	5	6	7
U <sub>stř</sub> (min. 22kV) =			23	23	23	23	23	23	23
Délka úseku (km)			12,2	2,6	3,4	4,5	2,4	4,4	8,1
Redukovaný sklon s <sub>r</sub> (°/‰)	→		4,9	-1,2	6,9	-4,5	7,2	-7,7	6,9
	←		-4,7	1,5	-6,3	4,9	-6,5	8,3	-6,4
R	Tažná síla F <sub>t</sub> (kN)	→	56,3	27,9	65,6	12,6	67,0	0,0	65,6
		←	11,6	40,5	4,2	56,3	3,3	72,2	3,7
	Výkon loko P (kW)	→	2190	1086	2552	489	2607	0	2552
		←	453	1575	163	2190	127	2806	145
	Proud loko I (A)	→	131	75	150	45	153	20	150
		←	43	100	28	131	26	163	27
Os	Tažná síla F <sub>t</sub> (kN)	→	38,5	16,9	45,5	5,3	46,6	0,0	45,5
		←	4,6	26,5	0,0	38,5	0,0	50,5	0,0
	Výkon loko P (kW)	→	1282	564	1517	176	1552	0	1517
		←	153	882	0	1282	0	1682	0
	Proud loko I (A)	→	70	34	82	14	84	5	82
		←	13	50	5	70	5	91	5
Nex	Tažná síla F <sub>t</sub> (kN)	→	230,7	99,2	273,8	28,0	280,3	0,0	273,8
		←	23,7	157,4	0,0	230,7	0,0	304,0	0,0
	Výkon loko P (kW)	→	6408	2755	7606	779	7786	0	7606
		←	659	4372	0	6408	0	8444	0
	Proud loko I (A)	→	331	145	392	45	401	5	392
		←	39	227	5	331	5	434	5
Pn	Tažná síla F <sub>t</sub> (kN)	→	230,3	80,9	279,3	0,0	286,7	0,0	279,3
		←	0,0	147,0	0,0	230,3	0,0	313,6	0,0
	Výkon loko P (kW)	→	6397	2246	7758	0	7963	0	7758
		←	0	4083	0	6397	0	8711	0
	Proud loko I (A)	→	330	119	400	5	410	5	400
		←	5	213	5	330	5	448	5

## 4. Kontrola úbytků napětí

Při posouzení úbytků napětí se vycházelo z navrženého grafikonu. Výpočet byl proveden pro tyto případy:

### a. R + Os

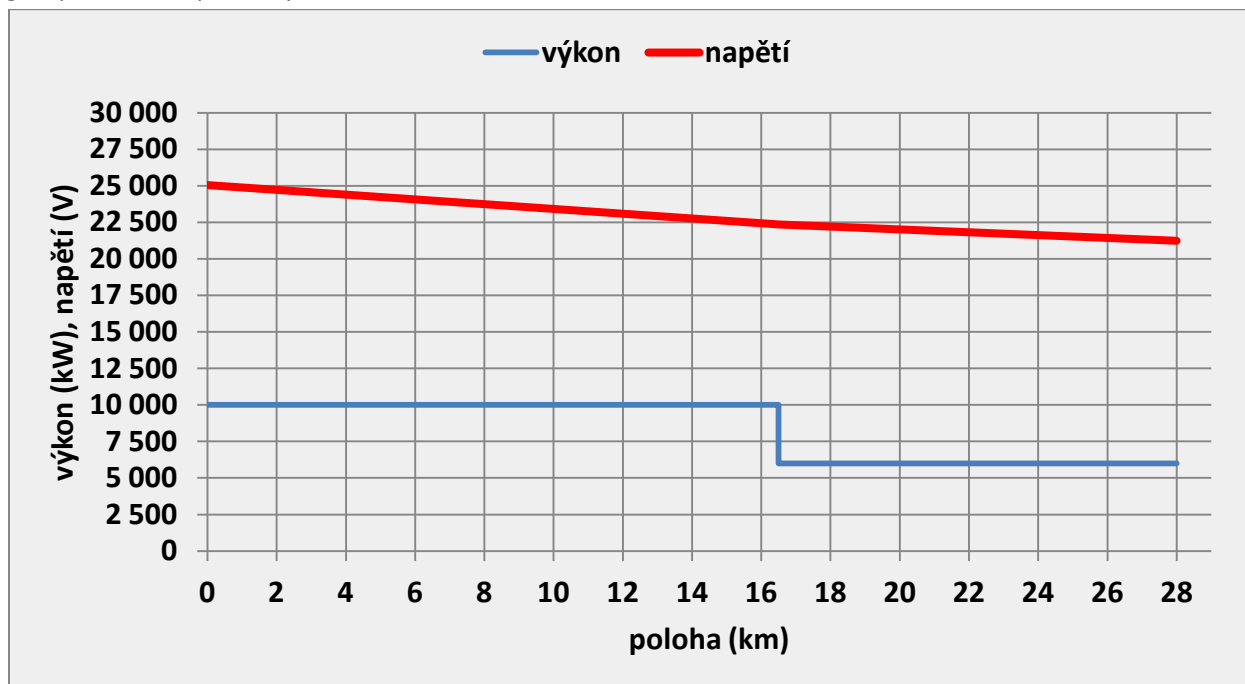
Dle grafikonu bude docházet pravidelně prakticky k současnému rozjezdu rychlíku z Vlкова a osobního vlaku z Křižanova. Ve výpočtu byl uvažován maximální výkon rychlíku 6 MW a osobního vlaku 4 MW:

tabulka s výpočtem:

		TNS Ostrov n. O.		Os		R
výkon	kW			4 000		6 000
celkem výkon	kW	10 000	10 000	10 000	6 000	6 000
střed napětí	kV	23 000		23 000		23 000
proud	A			174		261
celkem proud		435		435		261
rozetup				16		12
poloha	km	0	0	17	17	28
R	ohm	0,69		4,12		2,88
X	ohm	12,53		6,60		4,60
Z	ohm	12,54		7,78		5,42
$\cos\varphi$ ptz		0,05		0,53		0,53
$\varphi$ ptz	°	87		58		58
$\varphi$ vozidlo		0,95		0,95		0,95
$\cos^{-1}\varphi$ vozidlo		18		18		18
U1	V	27 500		25 042		22 349
$\Delta U$	V	5 454		3 384		1 415
$\varphi$	°	69		40		40
U2	V	25 042	25 042	22 349	22 349	21 243

#### B.4.2 Energetické výpočty

graf průběhu napětí a výkonu:



Z výsledků vyplývá, že napětí na pantografu rychlíku bude 21,2 kV a napětí na pantografu osobního vlaku bude 22,3 kV. I když napětí na pantografu rychlíku klesne pod 22,5 kV, kdy lokomotiva už bude regulovat svůj maximální výkon, tak tento stav potrvá jen krátce a nebude mít vliv na plánovaný jízdní řád.

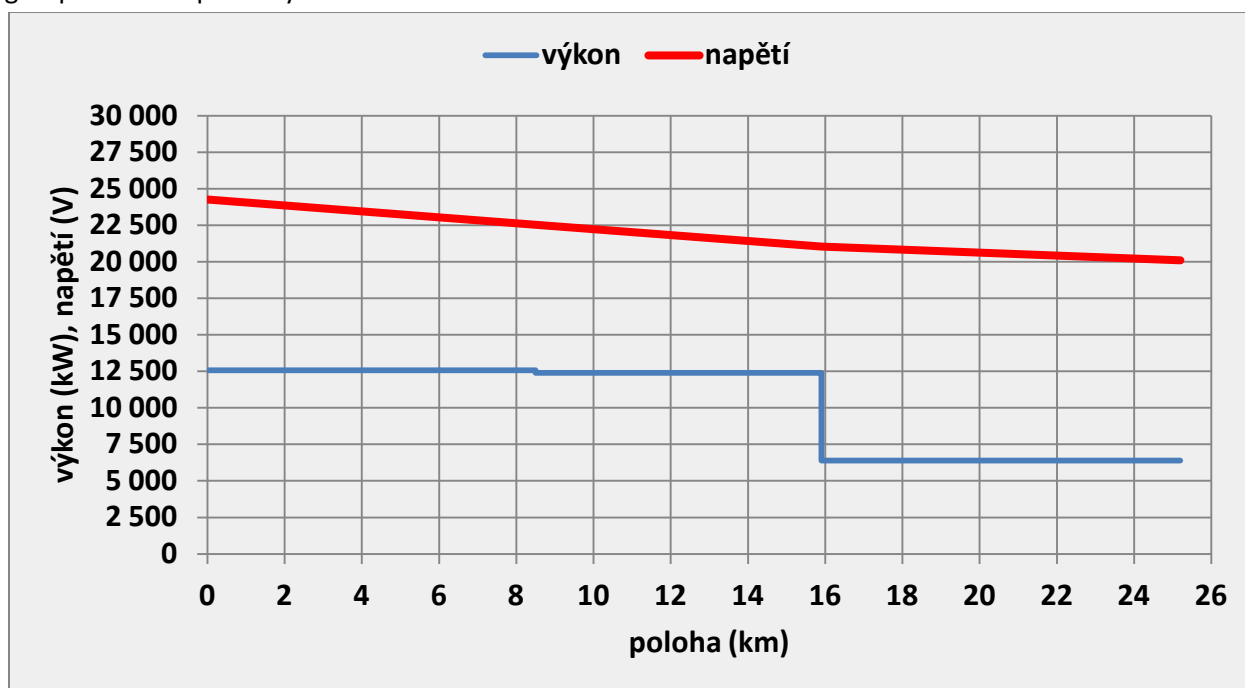


**B.4.2 Energetické výpočty****b. NEx + R + Os**

Tato skupina vlaků se v grafikonu objevují, když se nákladní vlak rozjede z Vlкова u Tišnova, rychlík ve stejném okamžiku brzdí do stanice Křižanov a osobní vlak brzdí do stanice SKlenné n. O. Ve výpočtech se posuzuje až stav, kdy se rychlík rozjíždí ze stanice a ostatní vlaky už jedou ustálenou rychlostí.

		TNS Ostrov n. O.		Os		R		NEx
výkon	kW			176		6 000		6 400
celkem výkon	kW	12 576	12 576	12 576	12 400	12 400	6 400	6 400
střed napětí	kV	23 000		23 000		23 000		23 000
proud	A			8		261		278
celkem proud		547		547		539		278
rozetup				8		7		9
poloha	km	0	0	9	9	16	16	25
R	ohm	0,69		2,12		1,85		2,33
X	ohm	12,53		3,40		2,96		3,72
Z	ohm	12,54		4,01		3,49		4,39
cosφ ptz		0,05		0,53		0,53		0,53
φ ptz	°	87		58		58		58
φ vozidlo		0,95		0,95		0,95		0,95
cos <sup>-1</sup> φ vozidlo		18		18		18		18
U1	V	27 500		24 252		22 527		21 049
ΔU	V	6 859		2 192		1 882		1 221
φ	°	69		40		40		40
U2	V	24 252	24 252	22 527	22 527	21 049	21 049	20 097

graf průběhu napětí a výkonu:



**B.4.2 Energetické výpočty**

Z výsledků vyplývá, že napětí na pantografu rychlíku bude 21 kV, napětí na pantografu osobního vlaku bude 22,5 kV a napětí na pantografu nákladního vlaku bude 20 kV. Napětí na pantografu klesne pod 22,5 kV, kdy lokomotiva už bude regulovat svůj maximální výkon. V tomto případě bude záležet na konkrétní lokomotivě nákladního vlaku, zda dojde ke zpoždění oproti jízdnímu řádu či nikoliv. Tento stav nicméně nastane dle grafikonu maximálně jednou za den a bude záležet také na konkrétní hmotnosti vlaku, proto je zde nutné dodržovat elektrická mezidobí.

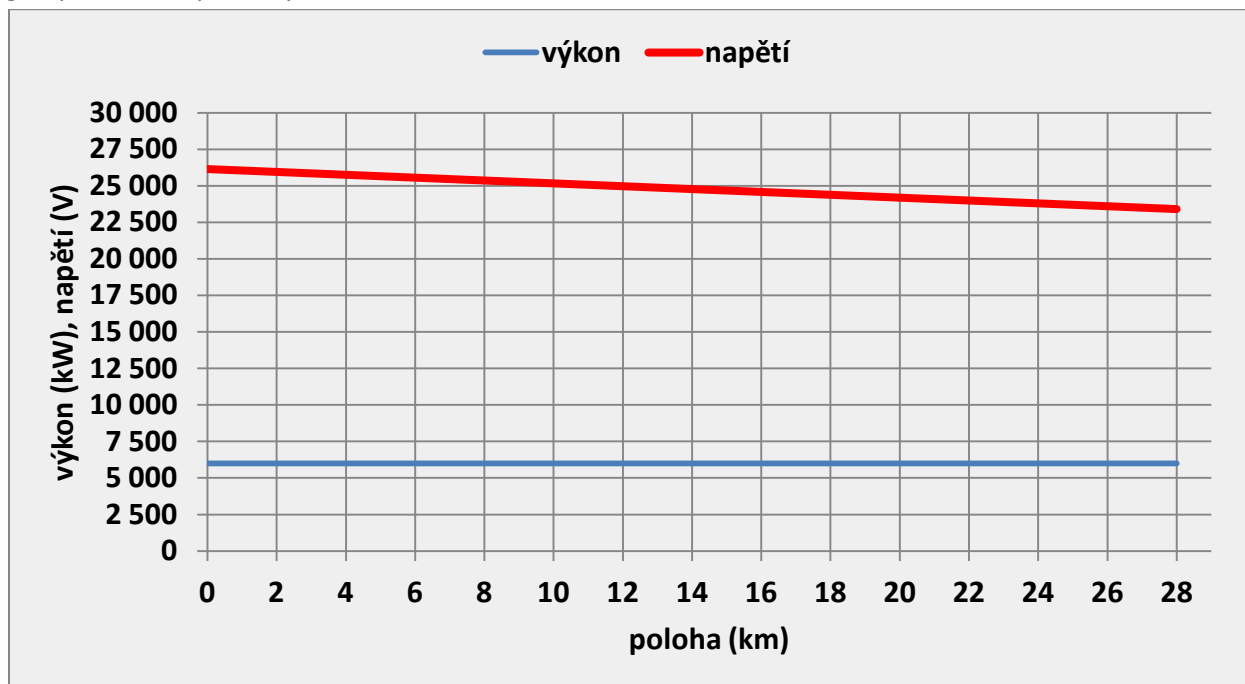
**c. Rozjezd na konci úseku**

Ve výpočtech bylo uvažováno také s rozjezdem jednoho vlaku na konci napájeného úseku tedy ze stanice Vlkov u Tišnova:

		TNS Ostrov n. O.		NEx
výkon	kW			6 000
celkem výkon	kW	6 000	6 000	6 000
střed napětí	kV	23 000		23 000
proud	A			261
celkem proud		261		261
rozetup				28
poloha	km	0	0	28
R	ohm	0,69		7,00
X	ohm	12,53		11,20
Z	ohm	12,54		13,21
$\cos\varphi$ ptz		0,05		0,53
$\varphi$ ptz	°	87		58
$\varphi$ vozidlo		0,95		0,95
$\cos^{-1}\varphi$ vozidlo		18		18
U1	V	27 500		26 140
$\Delta U$	V	3 272		3 445
$\varphi$	°	69		40
U2	V	26 140	26 140	23 400

#### B.4.2 Energetické výpočty

graf průběhu napětí a výkonu:



Z výsledků vyplývá, že napětí na pantografu vlaku bude 23,4 kV, což plně vyhoví.

#### d. Zhodnocení

Stávající systém napájení splňuje požadavky dle ČSN i TSI ENE, ale je nutné respektovat elektrická mezidobí hlavně pro těžké nákladní vlaky.

## **5. Kontrola proudové zatížitelnosti**

Sestava 100Cu + 70Bz má s ohledem na proudovou zatížitelnost přenosovou schopnost více než 19MW, což je dostatečná rezerva.

## **6. Kontrola zkratových proudů**

Řešený traťový úsek bude napájen z TNS Ostrov nad Oslavou až po SpS Vlkov.

$$L = 29,2 \text{ km}$$

$$Z_T = j 8 \Omega$$

$$z = 7,3 \Omega + j 11,7 \Omega$$

$$Z = 21 \Omega$$

Zkratový proud před spínací stanicí Vlkov vychází 1158A.

Maximální uvažovaný proud v úseku je 700A. Nejnižší nastavitelná hodnota pro vypínání zkratů je 890A. Podmínka rozdílu maximálního odebíraného proudu a zkratového proudu je splněna.

## 7. Spotřeba elektrické energie

Výpočet předpokládané budoucí spotřeby elektrické energie vychází jak z teoretických předpokladů, tak z naměřených hodnot. Skutečný výsledek ovšem bude záležet hlavně na počtu a hmotnosti nákladních vlaků.

Roční spotřeba elektrické energie v TNS Ostrov n. O. byla v letech 2012-2015 následující (v MWh):

<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b><i>průměr</i></b>
15 936	14 887	13 622	11 948	14 098

Pozn.: Spotřeba v roce 2015 je ovlivněna rekonstrukcí napájecí stanice.

Předpokládaný nárůst dopravy:

R 152%

Os 108%

NEx 0%

Pn 0%

Odhadovaný podíl jednotlivých vlaků na celkové spotřebě elektrické energie je:

R 13%

Os 14%

NEx 46%

Pn 27%

Celková předpokládaná roční spotřeba elektrické energie v TNS Ostrov n. O. je tedy 15 975MWh.

Řešená trať tvoří asi 27% z celkového úseku napájeného z TNS Ostrov n. O. Roční spotřeba elektrické energie pouze na řešeném úseku se tedy předpokládá na **4 313MWh**.

## **8. Závěr**

Navržená sestava trakčního vedení 100Cu + 70Bz vyhoví. Požadavek na úbytek napětí dle ČSN je splněn, pro splnění požadavků dle TSI ENE je nutné respektovat elektrická mezidobí. Pokud by bylo potřeba zkrátit elektrická mezidobí, tak by nejvíce pomohlo, kdyby se do napájecích stanic Čebín a Ostrov n. O. doplnila technologie umožňující oboustranné soufázové napájení.

Technicky posoudil:

Ing. Jiří Molák

Zpracoval:

Jiří Podhradský