

Modernizace trati Veselí nad Lužnicí – Tábor

II. část

úsek Veselí nad Lužnicí – Doubí u Tábora

Zvýšení rychlosti nad 160 km/hod.

2. aktualizace energetických výpočtů

Objednatel: METROPROJEKT Praha, a. s.
Argentinská 36, Praha 7

Objednávka: 205/20/600/ZO (1/2020)

Vypracoval: Ing. Jiří Princ

Vypracováno: září 2020

OBSAH

	strana
1.) Úvod a použité podklady	3
2.) Srovnání původní a nově zadané výhledové dopravy	3
3.) Výpočet spotřeby energie a výkonu napájecích stanic	4
4.) Výpočet odebíraných proudů vlaků	5
5.) Dopady nově zjištěných hodnot proudů na napájecí soustavu	6
6.) Závěr	7

Tabulka č. 1 – č. 4

Diagram č. 1

1.) Úvod a použité podklady

Původní energetické výpočty pro řešenou stavbu (samozřejmě však pro celý úsek od TNS Veselí nad Lužnicí po TNS Chotoviny, protože pouze část napájecího úseku nelze z hlediska energetického napájení řešit samostatně) byly vypracovány již v r. 2004 a jejich podrobná aktualizace v r. 2011; ta zůstává nadále v platnosti s výjimkou dvou změn, které jsou řešeny v dalším textu.

- a) Zvyšuje se výhledová traťová rychlost v úseku km 63,46 – km 71,88 ze 160 km/hod. na 200 km/hod. pro jednotky s naklápací skříní a na 185 km/hod. pro normální soupravy.
- b) Je zadána nová výhledová doprava, u rozhodujících pro dimenzování napájecí soustavy Pn a Nex vlaků velmi podstatně méně náročná (počty a rychlosti vlaků).

Jako podklad pro zpracování aktualizace byly využity výpočty z r. 2011 se všemi přílohami a údaje dle předchozích dvou bodů.

2.) Srovnání původní a nově zadané výhledové dopravy

Druh vlaku	Původně uvažovaný denní počet	Nově zadaný denní počet
EC, IC, EN	6 párů	14 párů
R	9 párů	18 párů
Sp	8 párů	—
Os	7 párů	13 párů
Nex	6 párů	2 páry
Rn, Vn	6 párů	—
Pn	12 párů	5 párů

Předpokládané hmotnosti vlaků se proti údajům z r. 2011 nemění.

Uvažovaná rychlost vlaků kategorií EC, IC, EN a R ve výše uvedeném úseku (přibližně redukováné úseky č. 2, 3 a 4 dle podélného profilu z r. 2011) se zvyšuje ze 160 km/hod. (140 km/hod.) na 200 km/hod. u 50 % vlaků EC, IC, EN a 185 km/hod.

u ostatních vlaků. Na zbývajících délkách trati se zvyšuje rychlost vlaků R ze 140 km/hod. na 160 km/hod. a vlaků Os ze 120 km/hod. na 140 km/hod. Naopak u vlaků Nex se nyní (poněkud paradoxně) předpokládá rychlost 90 km/hod. místo původních 120 km/hod. a u vlaků Pn pouze 60 km/hod. místo 90 km/hod.

Již z uvedených údajů je zřejmé, že dojde k celkovému snížení zatížení energetické napájecí soustavy, protože dopad poklesu počtu a rychlosti nákladních vlaků značně převyšuje vliv nárůstu u osobní dopravy vzhledem k několikanásobně větší hmotnosti nákladních vlaků.

3.) Výpočet spotřeby energie a výkonu napájecích stanic

Byl stejně jako v r. 2011 proveden běžnou metodou pomocí diagramu (č. 1 v příloze) měrných spotřeb typových vlaků, ovšem s ohledem na jiné rychlosti vlaků s jinými hodnotami korekčních koeficientů, a to:

Vlaky EC, IC, EN

- v úsecích č. 2 a 4 stav z r. 2011 +15 % do stoupání 12 ‰ a +25 % na klesání 11,6 ‰
- v úseku č. 3 stav z r. 2011 +20 % v obou směrech
- v ostatních úsecích platí hodnoty z r. 2011

Rychlíky

- v úsecích č. 2 a 4 čára č. 2 +40 % do stoupání a bez přírážky po spádu
- v úseku č. 3 čára č. 2 +80 %
- v ostatních úsecích čára č. 2 +60 %, na stoupání přes 10 ‰ jen +30 % a po spádu přes 10 ‰ bez přírážky

Os vlaky

- čára č. 4 +10 %, bez přírážky na stoupání nebo klesání přes 10 ‰

Nex vlaky

- čára č. 8 +15 %, +8 % do stoupání přes 5 ‰ bez přírážky na klesání přes 8 ‰

Pn vlaky

- čára č. 6 ve všech úsecích bez přírážek

Dopravní tok podle nových výhledových podkladů činí:

vlaky EC, IC, EN	$D_t = 7 \cdot 400 + 7 \cdot 485 = 6.195 \text{ t/d}$
vlaky R	$D_t = 18 \cdot 485 = 8.730 \text{ t/d}$
vlaky Os	$D_t = 13 \cdot 335 = 4.355 \text{ t/d}$
vlaky Nex	$D_t = 2 \cdot 1570 = 3.140 \text{ t/d}$
vlaky Pn	$D_t = 3 \cdot 2570 + 2 \cdot 1570 = 10.850 \text{ t/d}$

Postup výpočtů a výsledky jsou patrný z tabulek č. 1 a č. 2 v příloze.

Celková denní spotřeba energie v celé trati **Veselí nad Lužnicí – Chotoviny** vychází

$$A_d = 67,47 \text{ MWh/d}$$

proti hodnotě $A_d = 107,96 \text{ MWh/d}$ dle výpočtů z r. 2011 a **pouze v úseku Veselí nad Lužnicí – Doubí u Tábora**

$$A_d = 33,61 \text{ MWh/d} \quad (\text{v r. 2011 } A_d = 53,29 \text{ MWh/d}).$$

Hodnoty pro nově zadané podklady jsou tedy **o cca 37 % nižší**. Obdobně nižší bude samozřejmě také dlouhodobé (efektivní výkon) zatížení trakčních transformátorů v TNS Veselí nad Lužnicí a v TNS Chotoviny od této trati.

Dopad změn v dopravě na okamžité výkonové a proudové špičky a tím také na úbytky napětí v trakčním vedení je řešen v dalším textu.

4.) Výpočet odebíraných proudů vlaků

Výpočet byl proveden pro nově zadané rychlosti vlaků stejným postupem jako ve výpočtech z r. 2011 za upřesněných dále uvedených předpokladů.

Jízdní odpory vlaků

EC, IC, EN	v úsecích č. 2, 3 a 4 ...	$p_o = 12,0 \text{ kg/t}$
	ve všech ostatních úsecích platí	$p_o = 8,5 \text{ kg/t}$ jako v původních výpočtech
R	úseky č. 2, 3 a 4	$p_o = 10,5 \text{ kg/t}$
	ostatní úseky	$p_o = 8,5 \text{ kg/t}$

Os vlaky	$p_o = 6,5 \text{ kg/t}$ všude jako v původních výpočtech
Nex vlaky	ve všech úsecích $p_o = 4,5 \text{ kg/t}$
Pn vlaky	ve všech úsecích $p_o = 2,5 \text{ kg/t}$
Napětí na pantografu ...	23,5 kV v úsecích č. 1–3 22,5 kV v úsecích č. 4–8 24,0 kV v úsecích č. 9–10 (uvažován vliv vzdálenosti od napájecí stanice)
Účinník	$\cos \varphi = 0,95$, u vlaků Os 0,85 (předpoklad provozu starších lokomotiv)
Účinnost loko	$\eta = 0,90$
Proud vlastní spotřeby ...	10 A
Proud pro vytápění (klimatizaci) osobní soupravy	10 A u EC, IC, EN a R vlaků 7 A u Os vlaků

Postup a výsledky provedených výpočtů jsou v tabulkách č. 3 a č. 4.

5.) Dopady nově zjištěných hodnot proudů na napájecí soustavu

Z porovnání vypočtených hodnot vlaků kategorií EC, IC, EN a R, kterých se dotýká zvýšení rychlosti v úsecích č. 2–4, vyplývá pouze mírné navýšení (to je dáno zejména skutečností, že v úsecích č. 2 a 4 je sklon cca 12 ‰, kdy většina výkonu lokomotivy je potřebná pro překonávání stoupání a jen menší část pro překonání jízdních odporů zvýšených vyšší rychlostí).

Pro zatížení trakčního vedení a vyplývající úbytky napětí je zde naprosto rozhodující (v napájecím úseku TNS Chotoviny – spínací stanice Myslkovice, který je podstatně náročnější než úsek TNS Veselí nad Lužnicí – spínací stanice Myslkovice) současná jízda nákladních vlaků (ať už Nex nebo Pn) do stoupání 12 ‰ a 10,7 ‰ v úsecích č. 4 a č. 10 (v lichém a sudém směru), kterou nelze žádným opatřením vyloučit. Součtový proudový odběr jen těchto dvou vlaků ve výpočtech z r. 2011 činil **1139 A** a nyní je pouze **655 A**.

Špičkový proud v r. 2011 překračoval absolutní dovolenou hodnotu trakčního transformátoru v TNS Chotoviny, a proto byla doporučena výměna transformátoru za výkonnější typ. **Tato potřeba nyní samozřejmě zcela odpadá.**

Dimenzování trakčního vedení samozřejmě nadále vyhovuje podle původního návrhu **50 mm² Bz + 100 mm² Cu**.

6.) **Závěr**

Z provedených výpočtů jednoznačně vyplynulo, že vliv snížené výhledové dopravy značně převyšuje zvýšení energetických nároků expresní osobní dopravy v důsledku vyšší uvažované rychlosti. Zavedení rychlosti 200 (185) km/hod. tedy z hlediska energetické napájecí soustavy nic nebrání. To ovšem nic nemění na skutečnosti, že navržené zvýšení rychlosti **v tak krátkém úseku** v podstatě nemá žádný smysl (zkrácení jízdní doby o několik desítek sekund je jistě zanedbatelné, ale představuje navýšení spotřeby energie řádově o 50 kWh pro každý vlak).

V Praze, září 2020.

Ing. Jiří Princ

Výpočet spotřeby energie na trati

Veselí nad Lužnicí – Chotoviny

OSOBNÍ DOPRAVA

Číslo úseku			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Délka úseku (km)			8,70	1,70	2,15	3,28	2,98	3,50	2,90	1,10	3,80	2,35
Redukovaný sklon (‰)		→	+1,3	+12,0	+4,2	-11,6	-2,8	+4,1	+8,5	+0,8	+5,05	+10,7
		←	-0,9	-11,6	-3,8	+12,0	+3,2	-3,7	-8,1	-0,4	-4,45	-10,1
Vlaky EC, IC, EN	Dopravní výkon $D_p \cdot 10^3$ (tkm/d)	↔	53,90	10,53	13,32	20,32	18,46	21,68	17,97	6,81	23,54	14,59
	Měrná spotřeba w (Wh/tkm)	→	44	97	72	6,5	24	59	68	42,5	64	75
		←	33	6,5	21	97	55	18,5	5	36	14,5	5
	Denní spotřeba A_d (kWh/d)	→	2372	1021	959	132	443	1279	1222	289	1507	1094
←		1779	68	280	1972	1015	401	90	245	341	73	
Vlaky R	Dopravní výkon $D_p \cdot 10^3$ (tkm/d)	↔	75,95	14,84	18,77	28,63	26,02	30,56	25,32	9,60	33,17	20,52
	Měrná spotřeba w (Wh/tkm)	→	44	87	67,5	4,5	24	59	80	42,5	64	75,5
		←	32	4,5	20	87	56	18,5	13	35	15	4,5
	Denní spotřeba A_d (kWh/d)	→	3342	1291	1267	129	624	1803	2026	408	2123	1549
←		2430	67	375	2491	1457	565	329	336	498	92	
Vlaky Os	Dopravní výkon $D_p \cdot 10^3$ (tkm/d)	↔	37,89	7,40	9,36	14,28	12,98	15,24	12,63	4,79	16,55	10,23
	Měrná spotřeba w (Wh/tkm)	→	40,5	72	51	18,5	26,5	50,5	66	39,5	55	67,5
		←	33	18,5	22	72	48,5	22,5	20,5	36	21	18,5
	Denní spotřeba A_d (kWh/d)	→	1535	533	477	264	344	770	834	189	910	691
←		1250	137	206	1028	630	343	259	172	348	189	
Celková denní spotřeba energie A_d (MWh/d)			12,71	3,12	3,56	6,02	4,51	5,16	4,76	1,64	5,73	3,69

Výpočet spotřeby energie na trati

Veselí nad Lužnicí – Chotoviny

NÁKLADNÍ DOPRAVA

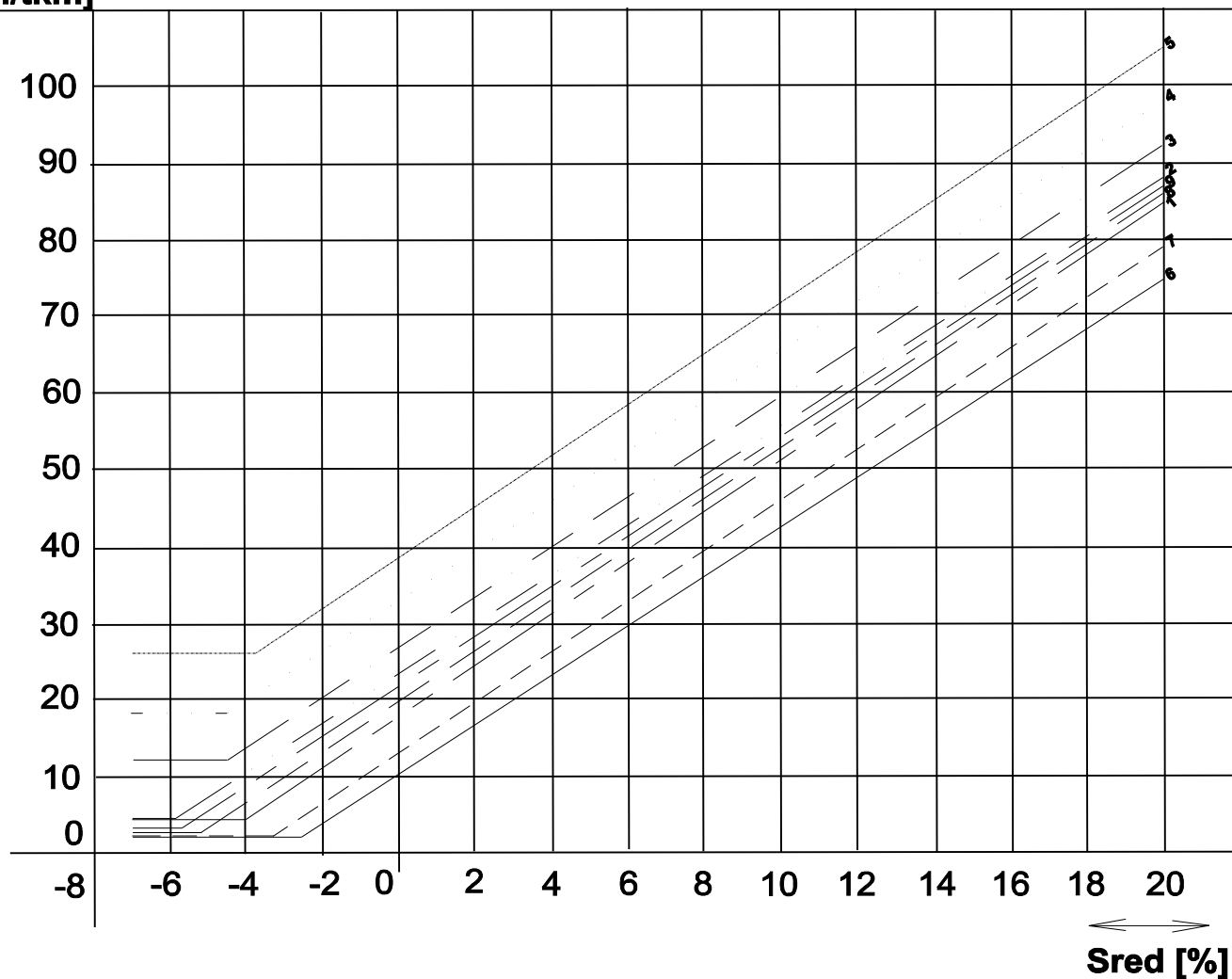
Číslo úseku			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Délka úseku (km)			8,70	1,70	2,15	3,28	2,98	3,50	2,90	1,10	3,80	2,35
Redukovaný sklon (‰)		→	+1,3	+12,0	+4,2	-11,6	-2,8	+4,1	+8,5	+0,8	+5,05	+10,7
		←	-0,9	-11,6	-3,8	+12,0	+3,2	-3,7	-8,1	-0,4	-4,45	-10,1
Vlaky Nex	Dopravní výkon $D_p \cdot 10^3$ (tkm/d)	↔	27,32	5,34	6,75	10,30	9,36	10,99	9,11	3,45	11,93	7,38
	Měrná spotřeba w (Wh/tkm)	→	27,5	64	39	3,5	13	38	51	26	46	60
		←	19,5	3,5	8,5	64	35	8,5	3,5	21	6,5	3,5
	Denní spotřeba A_d (kWh/d)	→	751	342	263	36	122	418	465	90	549	443
←		533	19	57	659	328	93	32	72	78	26	
Vlaky Pn	Dopravní výkon $D_p \cdot 10^3$ (tkm/d)	↔	94,40	18,45	23,33	35,59	32,33	37,98	31,47	11,94	41,23	25,50
	Měrná spotřeba w (Wh/tkm)	→	15	48,5	23,5	2,5	2,5	23,5	37	13	27	45
		←	8	2,5	2,5	48,5	20,5	2,5	2,5	8,5	2,5	2,5
	Denní spotřeba A_d (kWh/d)	→	1416	895	548	89	81	893	1164	155	1113	1148
←		755	46	58	1726	663	95	79	101	103	64	
Celková denní spotřeba energie A_d (MWh/d)			3,46	1,30	0,93	2,51	1,19	1,50	1,74	0,42	1,84	1,68
Celková spotřeba vč. osobní dopravy (MWh/d)			16,17	4,42	4,49	8,53	5,70	6,66	6,50	2,06	7,57	5,37

**Výpočet odebíraných proudů lokomotiv
na trati Veselí nad Lužnicí – Chotoviny
OSOBNÍ DOPRAVA**

Číslo úseku			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Redukovaný sklon (‰)	→		+1,3	+12,0	+4,2	-11,6	-2,8	+4,1	+8,5	+0,8	+5,05	+10,7
	←		-0,9	-11,6	-3,8	+12,0	+3,2	-3,7	-8,1	-0,4	-4,45	-10,1
Vlaky EC, IC, EN	Tažná síla F _t (t)	→	3,92	9,6	6,48	0,16	2,28	5,04	6,8	3,72	5,42	7,68
		←	3,04	0,16	3,28	9,6	4,68	1,92	0,16	3,24	1,62	—
	Výkon loko N (kW)	→	1708	5229	3529	87	993	2196	2963	1621	2362	3346
		←	1325	87	1786	5229	2039	837	70	1412	706	—
	Proud loko I (A)	→	105	280	196	25	72	134	174	104	135	183
		←	86	24	109	292	126	64	24	93	54	20
Vlaky R	Tažná síla F _t (t)	→	4,75	10,91	7,13	—	2,76	6,11	8,25	4,51	6,57	9,31
		←	3,69	—	3,25	10,91	5,67	2,33	0,19	3,93	1,96	—
	Výkon loko N (kW)	→	2070	5497	3592	—	1203	2662	3595	1965	2863	4057
		←	1608	—	1637	5497	2471	1015	83	1712	854	—
	Proud loko I (A)	→	123	294	199	20	83	158	207	122	160	218
		←	100	20	101	306	148	73	24	109	62	20
Vlaky Os	Tažná síla F _t (t)	→	2,61	6,20	3,58	—	1,24	3,55	5,03	2,45	3,87	5,76
		←	1,88	—	0,90	6,20	3,25	0,94	—	2,04	0,85	—
	Výkon loko N (kW)	→	995	2364	1365	—	473	1353	1918	934	1475	2196
		←	717	—	343	2364	1239	358	—	778	324	—
	Proud loko I (A)	→	72	148	93	17	44	96	128	71	97	137
		←	57	17	36	154	89	38	17	62	35	17

**Výpočet odebíraných proudů lokomotiv
na trati Veselí nad Lužnicí – Chotoviny
NÁKLADNÍ DOPRAVA**

Číslo úseku			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Redukovaný sklon (‰)		→	+1,3	+12,0	+4,2	-11,6	-2,8	+4,1	+8,5	+0,8	+5,05	+10,7
		←	-0,9	-11,6	-3,8	+12,0	+3,2	-3,7	-8,1	-0,4	-4,45	-10,1
Vlaky Nex	Tažná síla F _t (t)	→	9,11	25,9	13,7	—	2,67	13,5	20,4	8,32	15,0	23,9
		←	5,65	—	1,10	25,9	12,1	1,26	—	6,44	0,08	—
	Výkon loko N (kW)	→	2233	6348	3358	—	654	3309	5000	2039	3676	5858
		←	1385	—	270	6348	2966	309	—	1578	20	—
	Proud loko I (A)	→	131	336	187	20	54	192	280	126	199	305
		←	89	20	33	350	174	36	20	102	21	20
Vlaky Pn	Tažná síla F _t (t)	→	9,77	37,3	17,2	—	—	16,7	28,3	8,48	19,4	33,9
		←	4,11	—	—	37,3	14,6	—	—	5,40	—	—
	Výkon loko N (kW)	→	1596	6095	2810	—	—	2729	4624	1386	3170	5539
		←	672	—	—	6095	2386	—	—	882	—	—
	Proud loko I (A)	→	99	323	160	20	20	162	260	92	174	290
		←	53	20	20	337	144	20	20	66	20	20

W [wh/tkm]


—————	1 Rychlíky	v = 70 km/hod	$n_b = 1/20$ km
— · — · —	2 Rychlíky	v = 100 km/hod	$n_b = 1/50$ km
—————	3 Os vlaky	v = 70 km/hod	$n_b = 1/5,5$ km
- - - - -	4 Os vlaky	v = 70 km/hod	$n_b = 1/3,5$ km
.....	5 Pt jednotky	v = 90 km/hod	$n_b = 1/4$ km
—————	6 Pn vlaky	zátěž T	
- - - - -	7 Pn vlaky	zátěž S	
— — — — —	8 Pn vlaky	zátěž U	
—————	9 Rn vlaky	(zátěž U)	