



ČISTOPIS DOKUMENTACE 11/2015

Změna:	Název změny:	Datum:	Provedl:	Podpis:

Investor, objednatel:	Kontaktní adresa:
 Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 <small>Správa železniční dopravní cesty</small>	Správa železniční dopravní cesty, s.o. Stavební správa západ Sokolovská 278/1955 190 00 Praha 9

METROPROJEKT Praha a.s. nám. I. P. Pavlova 2/1786 120 00 Praha 2 generální ředitel: Ing. David Krása tel.: +420 296 154 105 www.metroprojekt.cz info@metroprojekt.cz	 METROPROJEKT	Souprava číslo:
--	---	-----------------

HIP:	Podpis:	Název a účel díla:
Ing. Jaroslav JANEČEK		Optimalizace trati Beroun (včetně) - Královův Dvůr
tel.: +420 296 154 302		
projekt stavby Stupeň: dokumentace pro stavební povolení		

Zpracovatelský útvar:	Název části díla:	
STŘEDISKO S55 tel.: +420 296 154 304 Vedoucí útvaru: Ing. Jiří ÚLEHLA	SOUHRNNÁ ČÁST ENERGETICKÉ VÝPOČTY	B B.5
	Podpis:	

Odpovědný projektant:	Podpis:	Název přílohy:	Číslo desek.:
Ing. Jiří PRINC			
Vypracoval:	Podpis:		Číslo příl.:
Ing. Jiří PRINC			
Skart. znak: V20/2035	Datum: 11/2015		
Počet formátů: -	Měřítko: -	IČD:	
		14	6380
		002	05
		00	00
			000

Ing. Jiří Princ
technické výpočty, projekty, expertízy
Choceradská 22, Praha 4

**Aktualizace energetických výpočtů
pro Optimalizaci tratě
Beroun – Králův Dvůr**

Objednatel: Metroprojekt, a. s.
náměstí I. P. Pavlova 2, Praha 2

Objednávka: 9/2014

Vypracoval: Ing. Jiří Princ

Vypracováno: červenec 2014

OBSAH

	strana
1.) Úvod a použité podklady	3
2.) Základní trakčně-energetické výpočty	3
2a) Výpočet spotřeby energie	3
2b) Výpočet odebíraných proudů vlaků	5
2c) Netrakční odběry	5
3.) Výpočet výkonu a návrh dimenzování měřírny Beroun	6
4.) Kontrola trakčního vedení a nastavení rychlovypínačů ve vztahu ke špičkovým napáječovým proudům	7
5.) Výpočet následných mezidobí podle předpisu D 24	9
6.) Závěr	11

Tabulka č. 1

Tabulka č. 2

Diagram č. 1

1.) Úvod a použité podklady

Pro různé formy rekonstrukce trati Praha – Zdice byly v minulosti vypracovány již několikery energetické výpočty, nakonec současně pro již konkrétně připravované stavby Optimalizace trati Karlštejn (mimo) – Beroun (mimo) a Optimalizace trati Beroun (včetně) – Králův Dvůr. Nyní se požaduje aktualizace pro druhou jmenovanou stavbu, energetické výpočty nelze ovšem z principu řešit pro krátký, z hlediska schématu napájení izolovaný úsek, nýbrž alespoň pro celý meziměřírenský, resp. jednostranně napájený úsek. V tomto případě se tedy jedná o úsek od MR Karlštejn (km cca 30,95) po novou MR Beroun (km cca 39,270) a krátký úsek od MR Beroun po místo styku proudových soustav (km cca 42,320).

Důvodem k aktualizaci jsou 2 změny ve výchozích údajích, a to v uvažované výhledové dopravě a nově navržené poloze měřírny Beroun. Obě změny jsou však v podstatě nepatrné – výhledová doprava viz v dalším textu a měřírna místo v km 38,0 bude v km 39,270 – a proto výpočty z r. 2012 v základních bodech nadále platí; pouze byla nyní nově vypočtena celková spotřeba energie, podíl MR Beroun na jejím pokrytí, maximální výkonové zatížení v době dopravní špičky a prověřeno dimenzování TV vzhledem k prodloužení meziměřírenského úseku.

V dalším textu je shrnut základní postup provedených výpočtů a uvedeny rozhodující výsledky a závěry.

Jako podklad byly použity výpočty z r. 2012, nově objednatelem předané údaje o výhledové dopravě a nové poloze měřírny Beroun a technické normy a běžné pracovní pomůcky (z archivu zpracovatele) pro energetické výpočty.

2.) Základní trakčně-energetické výpočty

2a) Výpočet spotřeby energie

Výpočet spotřeby energie byl proveden stejně jako v předchozích výpočtech běžnou metodou na základě redukováného podélného profilu trati a diagramu měrných spotřeb typových vlaků (diagram č. 1) pro výhledovou dopravu dle nových podkladů, kterou lze shrnout takto:

Vlaky Ex 18 párů/den 2 páry/2hod. špička

Vlaky R + Sp ... 24 párů/den 3 páry/2hod. špička

Vlaky Os v úseku Karlštejn – Beroun ... 32 páry/den ... 4 páry/2hod. špička
v úseku Beroun – Zdice ... 12 párů/den ... 2 páry/2hod. špička

Vlaky Nex + Rn + Pn + Vn

v úseku Beroun – Zdice 12 vlaků směr do Zdic/24 hod.
11 vlaků směr ze Zdic/24 hod.

v úseku Karlštejn – Beroun nebylo nově zadáno, uvažujeme jako
v předchozích výpočtech o cca 33 % více, tj. 16/15 vlaků/24 hod.

Údaje o nákladní dopravě platí pro r. 2040 (uvažujeme v dalších výpočtech),
v roce 2020 se předpokládá o 3/2 vlaky méně, což je zcela nepodstatné.

V době 2hod. špičky se podle konzultace s dopravním technologem p. Kubecem
z Moravia Consult Olomouc uvažuje v jedné hodině 1 Nex vlak a v jedné hodině 1 Pn vlak.

Hmotnosti vlaků beze změny podle původních výpočtů (vč. lokomotiv)

Ex 535 t

R, Sp 435 t

Os 180 t (jednotka) Karlštejn – Beroun

355 t (souprava s loko) Beroun – Zdice

N střední hodnota 1480 t (blíže nebylo zadáno)

Redukovaný podélný profil sestává pouze ze dvou úseků:

č. 1 ... MR Karlštejn – Beroun (km 30,95 – 38,7)

$s_r = +1,4 \text{ ‰}$ do Berouna

$s_r = \pm 0 \text{ ‰}$ z Berouna

č. 2 ... Beroun – konec řešené trati (místo styku soustav v km 42,320)

$s_r = +0,3 \text{ ‰}$ do Zdic

$s_r = \pm 0 \text{ ‰}$ ze Zdic

Úsek č. 2 se ve výpočtech dělí na č. 2a a č. 2b v místě nové měřírny Beroun (km 39,270).

Z výše uvedené dopravní zátěže vyplývají výpočtem tyto hodnoty denního
dopravního toku (v každém směru jízdy):

Vlaky Ex + R + Sp $D_t = 20.070 \text{ t/d}$

Vlaky POs Karlštejn – Beroun $D_t = 5.760 \text{ t/d}$

Vlaky Os Beroun – Zdice $D_t = 4.260 \text{ t/d}$

N vlaky Karlštejn – Beroun $D_t = 23.680 \text{ t/d tam}$

$D_t = 22.200 \text{ t/d zpět}$

Beroun – Zdice $D_t = 17.760 \text{ t/d tam}$
 $D_t = 16.280 \text{ t/d zpět}$

V diagramu měrných spotřeb energie typových vlaků se uvažuje pro vlaky Ex, R a Sp čára č. 2 s navýšením o 10 % (s ohledem na proměnlivou rychlost), pro vlaky POs čára č. 5, pro Os čára č. 4 a pro N vlaky střed mezi čárami č. 7 a 9 s navýšením o 20 % s ohledem na vyšší rychlost.

Postup a výsledky provedených výpočtů jsou přehledně shrnuty v tabulce č. 1.

Celková denní spotřeba energie v celém úseku Karlštejn – km 42,320 vychází

$$A_d = 29,85 \text{ MWh/d}$$

a v úseku zahrnutém do řešené stavby Beroun – km 42,320

$$A_d = 8,02 \text{ MWh/d.}$$

2b) Výpočet odebíraných proudů vlaků

V plném rozsahu platí výsledky z původních výpočtů, které jsou shrnuty v tabulce č. 2. Uvažováno je několik rozhodujících druhů vlaků a možných rychlostí. Osobní vlaky nejsou uvažovány, protože při krátkých vzdálenostech zastávek většinou nejedou ustálenou rychlostí (akcelerace, výběh); případné soupravy s naklápěcí skříní jsou vzhledem k nižší hmotnosti a nižším jízdním odporům výkonově méně náročné než těžké rychlíky.

Maximální proudy lokomotiv při rozjezdu, resp. akceleraci (vzhledem ke značně proměnlivé traťové rychlosti je tento parametr velmi významný), uvažujeme tyto:

$$I_{\max} = 2400 \text{ A} + 100 \text{ A u vlaků Ex (R) s lokomotivou o výkonu cca 7000 kW}$$

$$I_{\max} = 1200 \text{ A} + 60 \text{ A u Os vlaků za Berounem s loko ř. 362}$$

$$I_{\max} = 650 \text{ A u pantografových jednotek.}$$

2c) Netrakční odběry

Odběry pro elektrický ohřev výměn (EOV) z trakčního vedení nepřicházejí v úvahu, protože budou napájeny z trafostanic silnoproudého rozvodu.

Předtápění osobních souprav bude realizováno z trakčního vedení, odběry však budou z hlediska dimenzování měníren a TV zanedbatelné, a to: v žel. st. Beroun v ranních hodinách 2 soupravy směr Plzeň a 2 soupravy směr Praha, nejvýše však 3 soupravy současně s odebíraným výkonem $N = 3 \times 6 \times 40 = 720 \text{ kW}$.

3.) Výpočet výkonu a návrh dimenzování měnírny Beroun

Výše vypočtená spotřeba energie v jednotlivých redukováných úsecích se rozdělí při 2-stranně napájeném meziměřírenském úseku mezi obě měnírny podle pravidla tzv. momentových ramen. Provedením všech výpočtů vychází denní spotřeba energie v měnírně Beroun

$$A_d = 16,9 \text{ MWh/d.}$$

Pro dimenzování měnírny je však rozhodující výkon v době maximální dopravy. Potřebné výpočty byly provedeny na základě výše uvedených maximálních počtů vlaků za hodinu, kdy je hodinová spotřeba energie odvozena z celodenní spotřeby v poměru dopravního toku za hodinu a za celý den – samozřejmě počítáno pro každý redukováný úsek zvlášť a výsledek opět stejným postupem jako výše rozdělen vždy mezi obě sousední měírny.

Pro novou měírnu Beroun takto vychází střední výkon v době dopravní špičky

$$N_s = 0,96 \text{ MW.}$$

Efektivní koeficient vzhledem ke krátkému napájecímu úseku je třeba uvažovat poměrně vysoký $k_{ef} = 1,35$ a tudíž rozhodující efektivní výkon pak vychází

$$N_{ef} = 1,30 \text{ MW.}$$

Další hodnoty výkonů a komentář k nim lze převzít z původních výpočtů, a to:

Efektivní výkon při výluce MR Karlštejn

$$N_{ef} = 3,7 - 3,8 \text{ MW.}$$

Maximální výkonové špičky (nastanou v okamžiku vysokého odběru výkonné lokomotivy těsně u měírny)

$$N_{max} = \text{cca } 8,0 \text{ MW za normálního stavu}$$

$$N_{max} = \text{cca } 10,0 \text{ MW při výluce MR Karlštejn.}$$

Čtvrt hodinové maximum lze očekávat

$$N_{15 \text{ min}} = \text{cca } 3,0 \text{ MW za normální situace}$$

$$N_{15 \text{ min}} = \text{cca } 5,0 \text{ MW při výluce MR Karlštejn.}$$

Jako dimenzování měírny lze jednoznačně **doporučit 1 provozní jednotku 4,95 MW**. Otázka druhé jednotky jako **rezervní je zde diskutabilní** a budou o ní muset rozhodnout investor spolu s provozovatelem. Vzhledem k faktu, že MR Beroun má mít spíše „podpůrný“ charakter (a zajištění primárního napájení ze sítě energetiky bude zřejmě také pouze jednoduché), kdy při jejím výpadku nebudou dopravní omezení zvlášť závažná, a výpadek současně s výpadkem MR Karlštejn není normálně třeba předpokládat, zdálo by se

správnější z ekonomických důvodů rezervní jednotku nepožadovat. Zcela jinak se ovšem situace jeví s uvážením významné skutečnosti, že měnírna Karlštejn má být mimo provoz delší dobu během její komplexní rekonstrukce; kromě toho podle zkušeností SDC-SEE je výpadek usměrňovací jednotky častější než výpadek primárního přívodu a rezervní blok by proto účelný byl.

Z rozboru různých možných rozmístění vlaků a jejich okamžitých výkonových a proudových odběrů (viz v části ad 3b) vyplývá, že tyto hodnoty lze považovat za zcela výjimečné, resp. málo pravděpodobné, kdežto často se vyskytující maxima budou o cca 2 MW nižší; přesné zjištění je samozřejmě nemožné.

Pro obchodní jednání s energetikou velmi důležitou hodnotu tzv. čtvrt hodinového maxima by šlo přesně stanovit jedině na základě výhledového grafikonu a při záruce jeho přesného dodržení, což ovšem není a nemůže být splněno. Proto lze postupovat, podobně jako dříve na jiných koridorových tratích, jedině odborným odhadem s využitím možných počtů vlaků současně na trati a jejich výkonů a porovnáním s některými v minulosti provedenými měřeními průběhu zatížení na měnárnách.

4.) Kontrola trakčního vedení a nastavení rychlovypínačů ve vztahu ke špičkovým napáječovým proudům

Provedený rozbor odebíraných proudů při maximálním provozu plně potvrdil očekávanou skutečnost při daném charakteru trati a dopravy, že totiž **oteplení trakčního vedení zde nebude významné a rozhodující pro dimenzování TV budou úbytky napětí** a příp. vypínání minimálních zkratových proudů, také s přihlédnutím k možným schémátům napájení při různých výlukách.

Z provedených kontrol úbytků napětí při několika variantách nejnepríznivějšího, avšak ještě pravděpodobného rozmístění vlaků, s využitím vypočtených hodnot odebíraných proudů v odstavci ad 2b) vyplývají tyto závěry pro návrh trakčního vedení:

Malý posun polohy měírny Beroun (a tím příslušné prodloužení meziměřírenského úseku k MR Karlštejn) proti předpokladu v původních výpočtech nemá na výsledky větší vliv, a proto zůstává plně v platnosti závěr, že v celém meziměřírenském úseku je nutná a plně vyhovuje základní sestava trakčního vedení s jedním zesilovacím lanem, tj.

120 mm² Cu + 150 mm² Cu + 120 mm² Cu.

V krátkém koncovém úseku od měírny po místo styku proudových soustav by samozřejmě za normálního stavu napájení nebylo zesilovací lano potřebné. V případě nouzového napájení celé trati až z MR Karlštejn (při výpadku MR Beroun) by ovšem zesilovací lano umožnilo vyšší nastavení rychlovypínačů a tím poněkud snížilo riziko výpadku napáječů vysokým provozním proudem; proto lze doporučit instalovat je i zde.

Přes žel. st. Beroun plně nahradí zesilovací lano TV předjízdnych kolejí. Není zde nutné ani obcházecí vedení, protože při výpadku TV hlavních kolejí bude při vhodném detailním schématu napájení a dělení možno zajistit napájení do širé trati přes vedlejší koleje (skupinu kolejí).

Pro napáječe a zpětné vedení MR Beroun samozřejmě plně platí závěry z původních výpočtů, tzn. průřezu $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ nebo úměrné kabelové. Zpětné kabelové vedení měníren musí mít trvalou zatížitelnost **alespoň** na předpokládané čtvrt hodinové výkonové maximum, tj. **$I = 1700 \text{ A}$** .

Protože však nelze vyloučit do budoucna nárůst dopravy proti nyní uváděným hodnotám (a výkon měníren by to umožnil), je třeba doporučit dimenzování zpětných kabelů na 150 % výkonového zatížení měírny – tj. **$I = 2250 \text{ A}$** .

Z hlediska úbytků napětí za situace výluky měírny Beroun bude nutné
buď a) ponechat ss rozváděč v měírně ve funkci spínací stanice,
nebo b) omezit rozjezdové proudy výkonných lokomotiv ze žel. st. Beroun ve směru do
Zdic asi o 1/3.

Pro nastavení rychlovypínačů v měírně budou určující minimální zkratové proudy následující:

V MR Beroun směr Karlštejn

$$I_{k \text{ min.}} = \frac{2640}{10,25 \cdot 0,061} = \mathbf{4222 \text{ A.}}$$

Při možných špičkových provozních napáječových proudech kolem 3000 A plně vyhoví **$I_{\text{nast.}} = 3500 \text{ A}$** (a vazba napáječů by ani nebyla nutná).

Rozhodující bude situace při výluce MR Karlštejn (tehdy je zásadním předpokladem propojení vazby napáječů MR Beroun – MR Chuchle) při minimálním zkratovém proudu

$$I_{k \text{ min.}} = \frac{2640 \cdot 2}{0,061 \cdot 33,68} = \mathbf{2570 \text{ A.}}$$

Při nutném přestavení rychlovypínačů na hodnotu **$I_{\text{nast.}} = 2250 \text{ A}$** budou omezeny špičkové napáječové proudy. Po dobu dlouhodobé rekonstrukce MR Karlštejn (bude-li v dohledné době) bude tento stav vyhovující, protože při současné dopravě a navíc

snížených rychlostech v místech provádění rekonstrukčních prací špičkové napáječové proudy nebudou překračovat hodnotu cca 2000–2200 A.

V budoucím provozu by však při výluce MR Karlštejn mohly napáječové proudy běžně dosáhnout hodnot 2500–3000 A, což však nastavení rychlovypínačů nedovolí. Bude tedy při výjimečném stavu s vyloučením měničny nutno počítat s omezením rozjezdových proudů nebo rizikem občasného výpadku napáječe. Rozhodně však tato okolnost nemůže vzhledem ke své mimořádnosti odůvodnit případné silnější dimenzování trakčního vedení nebo budování spínací stanice pro vypínání zkratů.

5.) Výpočet následných mezidobí podle předpisu D 24

Podle předpisu D 24 (zabývajících se propustností tratí z různých hledisek včetně výkonnosti elektrických pevných trakčních zařízení) se počítají nejkratší možná následná mezidobí pro všechny druhy vlaků a každý směr jízdy, a to zvlášť na základě výkonového dimenzování měření, oteplení trakčního vedení, úbytků napětí v TV a rozlišení špičkových provozních od minimálních zkratových proudů. Platným následným mezidobím je pak samozřejmě nejdelší z těchto čtyř a to se ještě rozlišuje na T_B (pro řízení jízdy vlaků v provozu) a T_A (pro konstrukci grafikonu), přičemž platí $T_A = 1,35 T_B$.

Početním postupem přesně podle vzorců v předpisu D 24 vycházejí v dalším přehledu uvedené hodnoty:

Druh vlaku		Následné mezidobí T_B (min.)	
		sudý směr	lichý směr
R, EC atd.	550 t	4	4
R	750 t	5	5
Sp	300 t	2,5	2,5
POs, Os	280–300 t	2,5	2,5
Nex, Rn	600 t	3,5	3,5
Nex, Rn	800 t	4,5	4
Nex, Rn	1000 t	5,5	5
Pn	1400 t	4,5	4,5
Pn	1600 t	5	5
Pn	1800 t	5,5	5,5
Pn	2000 t	6,5	6,5
Pn	2200 t	7	7

Omezujícím činitelem je výkon měčírny Karlštejn (2x 4,95 MW), pouze u vlaků Nex a Rn v sudém směru oteplení trakčního vedení.

Poznámka:

V úseku mezi Berounem a km 42,320 (místo styku proudových soustav) nemají vypočtená následná mezidobí praktický smysl, protože zde budou rozhodující hodnoty na „střídavé trakci“ (s výjimkou vlaků končících ve Zdicích). Ta byla uvedena v energetických výpočtech pro úsek Beroun – Zbiroh a jsou pro vlaky osobní dopravy přibližně stejná, pro lehké rychlé nákladní vlaky mírně kratší, avšak pro těžké vlaky Pn výrazně delší vzhledem ke značnému stoupání trati – samozřejmě pouze v sudém směru.

Hodnoty v přehledu jsou tedy směrodatné pro traťový úsek Řevnice – Beroun.

V době rekonstrukce MR Karlštejn a napájení tudíž jen z nové měčírny Beroun budou platit tato následná mezidobí:

Druh vlaku		Následné mezidobí T _B (min.)
R, EC atd.	550 t	5
R	750 t	6,5
Sp	300 t	3
POs, Os	280–300 t	3
Nex, Rn	600 t	5,5
Nex, Rn	800 t	7
Nex, Rn	1000 t	8,5
Pn	1400 t	6
Pn	1600 t	6,5
Pn	1800 t	7,5
Pn	2000 t	8
Pn	2200 t	9

Poznámka:

Následná mezidobí vycházejí poměrně příznivá, což je způsobeno tím, že výpočet předpokládal nižší měrné spotřeby vlaků s ohledem na jejich výrazně nižší rychlosti po dobu rekonstrukce ve srovnání s výhledovým stavem. V případě napájení jen měčírnou Beroun při krátkodobém výpadku MR Karlštejn po ukončení rekonstrukce a zavedení výhledové dopravy a rychlosti vlaků budou následná mezidobí o 15–20 % vyšší.

6.) Závěr

Provedená aktualizace energetických výpočtů z ledna r. 2012 potvrdila, že jejich výsledky v zásadních věcech zůstávají plně v platnosti. Hlavní závěry lze shrnout takto:

- a) Pro dlouhodobou výluky MR Karlštejn je zcela nezbytné nejprve zprovoznit novou měnírnu v Berouně.
- b) Během výluky MR Karlštejn by měly být minimalizovány výluky trakčního vedení vzhledem ke značně delšímu napájecímu (meziměřírenskému) úseku.
- c) Absolutní výkonové špičky měnírny se nezmění vůbec, protože rozhodující situace jsou při vysokých odběrech těsně u měnírny.
- d) Přesun polohy nové měnírny v Berouně do km 39,270 nijak neovlivní dimenzování PTZ.
- e) Vliv na úbytky napětí je zanedbatelný, potřebné dimenzování TV se nemění.
- f) Obcházecí vedení v žel. st. Beroun není nutné, plně je nahradí TV vedlejších kolejí při jeho vhodném zapojení do schématu napájení.

V Praze, červenec 2014.

Ing. Jiří Princ

Výpočet spotřeby energie v úseku
MR Karlštejn – Beroun - km 42,320

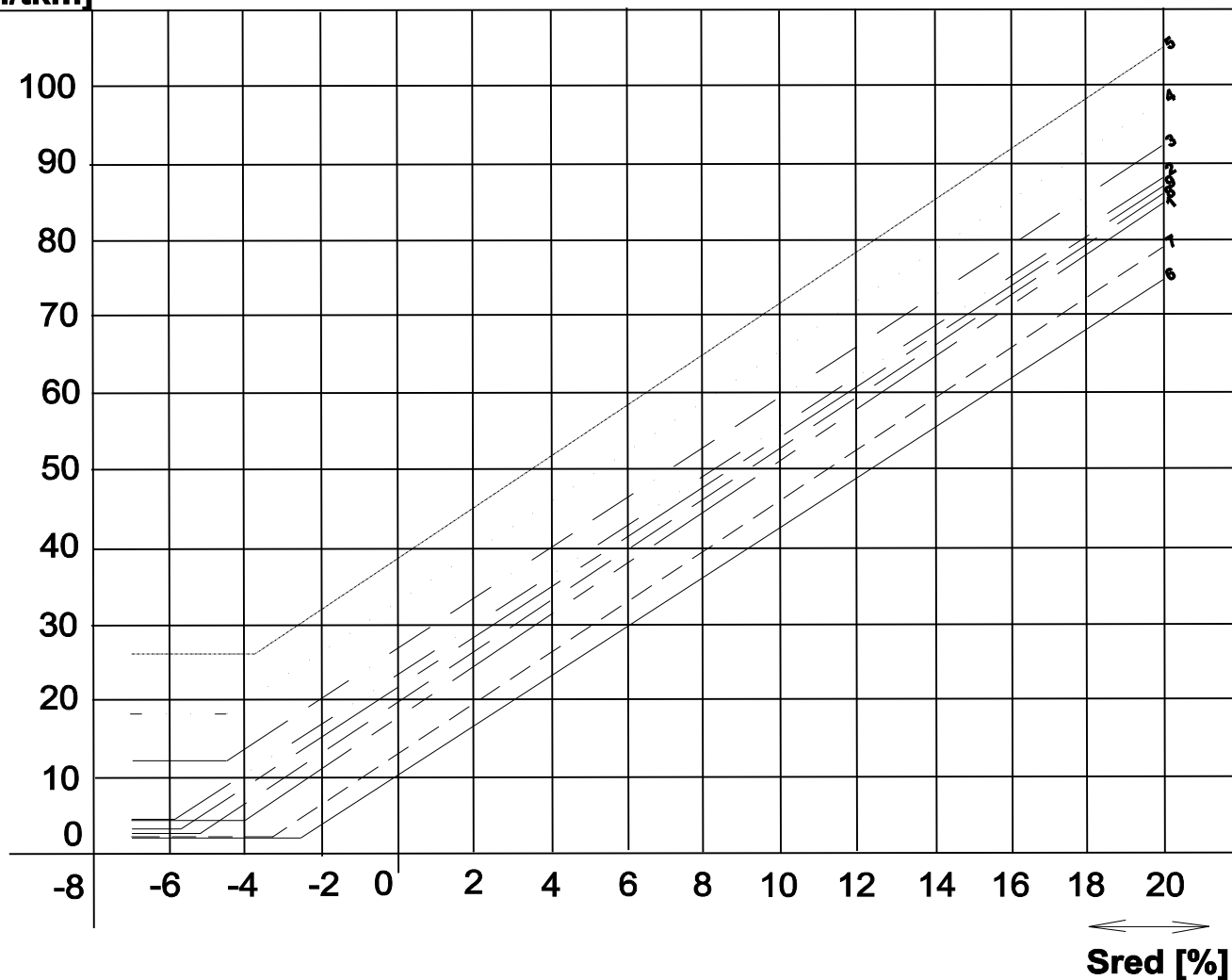
Číslo úseku			1	2a	2b	
Délka úseku (km)				8,0	0,57	3,05
Redukovaný sklon $s_r(^{\circ}/_{00})$		→	+1,4	+0,3	+0,3	
		←	±0	±0	±0	
Ex + R + Sp vlaký	Denní dopravní výkon (10^3 tkm/d)	↔	160,6	11,44	61,21	
	Měrná spotřeba energie (Wh/tkm)	→	31	29,5	29,5	
		←	26,5	29	29	
	Denní spotřeba energie (kWh/d)	→	4979	337	1806	
←		4256	332	1775		
POs (Os) vlaký	Denní dopravní výkon (10^3 tkm/d)	↔	46,08	2,43	12,99	
	Měrná spotřeba energie (Wh/tkm)	→	43	35	35	
		←	38,5	33,5	33,5	
	Denní spotřeba energie (kWh/d)	→	1981	85	455	
←		1774	81	435		
N vlaký	Denní dopravní výkon (10^3 tkm/d)	→	189,4	10,12	54,17	
		←	177,6	9,28	49,65	
	Měrná spotřeba energie (Wh/tkm)	→	26,5	22,5	22,5	
		←	21,5	21,5	21,5	
	Denní spotřeba energie (kWh/d)	→	5019	228	1219	
		←	3818	200	1067	
Celková denní spotřeba energie (MWh/d)			21,83	1,26	6,76	

Výpočet odebíraných proudů v úseku

MR Karlštejn – Beroun - 42,320 km

Číslo úseku			1	2		1	2
Redukovaný sklon		→	+1,4	+0,3	→	+1,4	+0,3
$s_r (‰)$		←	±0,0	±0,0	←	±0,0	±0,0
Ex 450 t, 115 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	3,91	3,32	Nex 1200 t 90 km/hod	8,49	6,99
		←	3,16	3,16		6,58	6,58
	Výkon loko N (kW)	→	1278	1085		2081	1713
		←	1033	1033		1613	1613
	Proud loko I (A)	→	666	587		936	785
		←	565	565		744	744
Ex 450 t 105 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	3,53	2,94	Pn 2350 t 70 km/hod	11,09	8,32
		←	2,78	2,78		7,56	7,56
	Výkon loko N (kW)	→	1009	841		2114	1586
		←	795	795		1441	1441
	Proud loko I (A)	→	555	486		950	733
		←	467	467		673	673
Ex 450 t 90 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	3,26	2,68	Vn 800 t 70 km/hod	4,43	3,45
		←	2,51	2,51		3,19	3,19
	Výkon loko N (kW)	→	799	657		844	658
		←	615	615		608	608
	Proud loko I (A)	→	469	410		387	311
		←	393	393		290	290
Nex 1200 t 100 km/hod	Tažná síla F_t (t)	→	9,45	7,95			
		←	7,54	7,54			
	Výkon loko N (kW)	→	2574	2165			
		←	2053	2053			
	Proud loko I (A)	→	1139	971			
		←	925	925			

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)	