

ENERGETICKÝ VÝPOČET

Trolejbusová síť DPO a.s., Ostrava

NAPÁJECÍ OBLAST MR SOKOLSKÁ

Název stavby: PD - částečná rekonstrukce měničky Sokolská

Název objektu: **PS 103 Elektroinstalace a technologie**

Zpracovatel: Ing. Kateřina Švehlová
M.Švabinského 901, Kladno
ČKAIT 1101575

Objednatel: ENPRO ENERGO
Sokolská 137/45, Valašské Meziříčí

Stupeň dokumentace: RDS

Datum: 08/2022

ENERGETICKÝ VÝPOČET

I. ÚVOD

Tento energetický výpočet je zpracován pro účely projektové dokumentace RDS-Rekonstrukce MR Sokolská . V rámci rekonstrukce bude provedena výměna trakčních usměrňovačů U1 a U2 za nové s vyšší proudovou hodnotou 1000A. Dále bude provedena výměna rozvaděčů DC 660 V ve stáv. rozsahu 5+1 rezerva.

S ohledem na nový vozový park Tbus je aktualizován stávající výpočet pro vozidla 27TR.

Energetický výpočet ověřuje stávající způsob napájení úseků NÚ501, NÚ502, NÚ503, NÚ528 a NÚ529 a nastavení rychlovybírání v MR

PODKLADY

Schéma napájení Tbus tratě - 2019"

Stávající Energetický výpočet - MĚNÍRNA SOKOLSKÁ ,z 05/1996 od fy EL ENERGO

Technická data pro provozovaná vozidla - poskytnuto DPO a.s. e-mail 08/2022

Dopravní zatížení - zadáno DPO a.s. e-mail 08/2022

ČSN 376754 Projektování trakčního vedení tram. a trolejbus. drah

ČSN 333516 Předpisy pro trakční vedení tram. a trolejbus. Drah

ČSN 341050 Předpisy pro kladení silových el. vedení

ČSN 341020 Předpisy pro dimenzování a jistění kabelů a vodičů

ČSN 341500 Základní předpisy pro el. trakční zařízení

Směrnice pro enr.výpočet tramv. a trol.drah (FMD 1980)

Městské dráhy elektrické I., prof. Ing.F.Jansa 1965

II. HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

Proudová soustava	stejnoseměrná,izolovaná IT 660V DC
Provozní napětí	600 V
Průřez troleje	2xCu 100 mm ²
Trakční kabely	3-AYKCY 1x500mm ²
Průřez troleje	2x Cu 100 mm ²
Napájecí kabely	AYKCYm 500mm ² ,
Zpětné kabely	AYKCYm 500mm ² ,
Ochrana proti přepětí	růžkovými bleskojistkami.
Ochrana před NDN	dvojitou izolací , HIS dle ČSN333516
instal.transformátory v MR	2x 630kVA
diodový usměrňovač	1000A
Vozidla	26TR, 27TR
dopravní interval	min 10min, viz dopravní tabulka
nabíjecí proud pro jedno vozidlo při stání vozidla – max.	80A

III. ENERGETICKÉ A DOPRAVNÍ VZTAHY

ZAKLADNÍ PARAMETRY VOZIDEL							
TROLEJBUS	Hmotnost [t]				Jm.proud	d	pom.poh.
výrobní řady	prázdný	normál	maximál		Inorm [A]	I _{rozjezd} [A]	Pp(kW)
Solaris TROLLINO 12	11,5	15,3	21,5		283	700	34,62
Solaris TROLLINO 15	13,8	20,3	25,5		283	750	34,62
Solaris TROLLINO 18	13,8	20,3	25,5		417	750	36,2
26 Tr	19	25	26		267	700	34,5
27 Tr	28	35,5	42		417	600	35,86

Výpočet je zpracován pro hodnoty trolejbusu **27TR**, v případě provozu jiného typu Tbs vozidel je proveden přepočet

Dopravní výkon: $P_d = n \cdot Q \cdot 2L$ (tkm/h) L délka úseku/1směr
Střední výkon: $P_a = n \cdot Q \cdot 2L \cdot w \cdot 10^{-3}$ (kW) Q hmotnost vozu
Střední proud: $I_a = n \cdot Q \cdot 2L \cdot w / 528$ (A) n počet vozů /hod

Vc..... 40 km/h sklon 0-4%

Specifická spotřeba : $w = 0,5x W_o + W_z + W_p$ Wh/tkm
w= 211,9

Součinitel poměr.doby.jízdy ct= 0,56
Součinitel efekt.proudu ce= 1,18
Součinitel špič.proudu cs= $6 / n \cdot ct + 1,8$

Efektivní proud $I_{ef} = I_a \cdot ce$ (A)
Špičkový proud : $I_{max} = I_a \cdot cs$ (A)

IV. VÝCHOZÍ PARAMETRY NÁHR. ZKRAT. OBVODŮ

kabel AYKCYm 500mm² 0,07 Ohm /km dle ČSN 37 67 54
t=65°C

trol.drát 2xCu 100mm² 0,178 Ohm /km dle ČSN 37 67 54

opotř.30%, t=70°C

proudová zatížitelnost dle ČSN33 3516, tab.3

1xCu 100mm ²	proud	trvalý	5min	20sec
		600A	1100A	2490A

jmenovitý DC proud nejmenší usměrňovací skupiny 1000 A

$R = (720 - 660) / 750 = 0,06$

koeficient závislosti

$k_z = I_{efprům} / I_{efšp.} = 0,4 - 0,6$

V. VÝPOČET MIN.ZKRATOVÉHO PROUDU

$I_{z1 \min} = 0,8 \times U_o / R_{max} = 576 / R_{max}$ A

$I_{z2 \min} = 0,95 \times U_n / R_{max} = 627 / R_{max}$ A

VI. NASTAVENÍ NADPROUDOVÉ ZKRATOVÉ OCHRANY

$$I_{\max} \times 1,1 < I_{\text{nast}} > I_{\max} \times 1,25$$

$$I_{\text{nast}} < I_{\text{z min}} \times 0,9$$

ČSN 37 67 50

$$I_{\max} + 200 < I_{\text{nast}} < I_{\text{z min}} - 300$$

I_{nast} proud nastavení ochrany rychlovypínače

VII. KONTROLA ÚBYTKU NAPĚTÍ

Kontrola úbytku napětí v úseku TV v době provozní špičky **<260V**

$$\text{TV1} \quad \Delta U = I_{\max} \cdot (R_{\max} - R_{\min})$$

Kontrola úbytku napětí v úseku TV při rozjezdu a souběhu 1rozjezd+1soub.jízda= 1600A **<260V**

$$\text{TV2} \quad \Delta U = I_{\text{rozj}} \cdot (R_{\max} - R_{\min})$$

Kontrola úbytku napětí na kabelech při rozjezdu a souběhu 1rozjezd+1soub.jízda= 1600A **<60V**

$$\text{KV3} \quad \Delta U = I_{\text{rozj}} \cdot R_k$$

Kontrola úbytku napětí na kabelech v době provozní špičky **<60V**

$$\text{KV1} \quad \Delta U = I_{\text{ef max}} \cdot R_{kn} \quad \text{<60V}$$

$$\text{KV2} \quad \Delta U = I_{\text{ef max}} \cdot R_{kz}$$

VIII. KONTROLA TEPELNÉHO ZATÍŽENÍ KABEL.TRASY

Dle technických listů NKT Cable pro kabel AYKCY 1x500mm² je provoz.teplota 70°C

zatižitelnost kabelu v zemi **834 A**

zatižitelnost kabelu na vzduchu **676 A** při souběhu více než 10ti kabelů

$I_{\text{ef max}} =$ **595 A/1kab** 595A/1kabel

max.oteplovací proud 1190A/2kabely

VÝPOČET

Specifická spotřeba : $w = 0,5 \times W_o + W_z + W_p$

Wh/tkm

Dopravní výkon: $P_d = m \cdot Q \cdot 2L$ (tkm/h)

Střední výkon: $P_a = m \cdot Q \cdot 2L \cdot w \cdot 10^{-3}$ (kW)

Střední proud: $I_a = m \cdot Q \cdot 2L \cdot w / 528$ (A)

Počet vlaků v úseku: $n = 2L \cdot m / V_c$ (ks)

V_c 40 km/h

sklon 4%

Efektivní proud $I_{ef} = I_a \cdot c_e$ (A)

Špičkový proud: $I_{max} = I_a \cdot c_s$ (A)

L délka úseku v jednom směru

Q hmotnost vozu

m počet vozů /hod

NÚ501

L = 0,68 km

Q = 35,5 t

w = 178,2 Wh/tkm

max n/1směr (ks/h)	P_d (tkm/h)	P_a (kW)	I_a (A)	c_t	$n \cdot c_t$	c_e	c_s	I_{ef} (A)	I_{max} (A)
35	1689,8	301,19	570,4	0,36	12,6	1,38	2,39	787,20	1363,34

I_{ef} max (A)	787,2
I_{max} (A)	1363,3

NÚ502

L = 0,24 km

Q = 35,5 t

w = 131,9 Wh/tkm

max n/1směr (ks/h)	P_d (tkm/h)	P_a (kW)	I_a (A)	c_t	$n \cdot c_t$	c_e	c_s	I_{ef} (A)	I_{max} (A)
21	357,8	47,21	89,4	0,32	6,72	1,43	2,33	127,86	208,33

I_{ef} max (A)	127,9
I_{max} (A)	208,3

NÚ503

L = 0,84 km

Q = 35,5 t

w = 195,1 Wh/tkm

max n/1směr (ks/h)	P_d (tkm/h)	P_a (kW)	I_a (A)	c_t	$n \cdot c_t$	c_e	c_s	I_{ef} (A)	I_{max} (A)
21	1252,4	244,33	462,7	0,32	6,72	1,43	2,33	661,72	1078,18

I_{ef} max (A)	661,7
I_{max} (A)	1078,2

NÚ528

L = 0,56 km

Q = 35,5 t

w = 165,6 Wh/tkm

max n/1směr (ks/h)	P_d (tkm/h)	P_a (kW)	I_a (A)	c_t	$n \cdot c_t$	c_e	c_s	I_{ef} (A)	I_{max} (A)
21	835,0	138,28	261,9	0,32	6,72	1,43	2,33	374,50	610,20

I_{ef} max (A)	374,5
I_{max} (A)	610,2

NÚ529

L = 0,72 km

Q = 35,5 t

w = 182,5 Wh/tkm

max n/1směr (ks/h)	P_d (tkm/h)	P_a (kW)	I_a (A)	c_t	$n \cdot c_t$	c_e	c_s	I_{ef} (A)	I_{max} (A)
21	1073,5	195,86	371,0	0,32	6,72	1,43	2,33	530,47	864,33

I_{ef} max (A)	530,5
I_{max} (A)	864,3

VÝPOČET MIN.ZKRATOVÉHO PROUDU

$$I_{z \min} = 0,95 \times U_n / R_{\max} = 627 / R_{\max} \quad A$$

NASTAVENÍ NADPROUDOVÉ ZKRATOVÉ OCHRANY

$$I_{\max} + 200 < I_{\text{nast}} < I_{z \min} - 300$$

(dle MDE I., prof. Jansa)

I_{nast} proud nastavení ochrany rychlovypínače
 $I_{\max}$ provozní proud v úseku

	ÚSEK"501"	ÚSEK"502"	ÚSEK"503"	ÚSEK"528"	ÚSEK"529"	ÚSEK"529 + kabely"	
$R_{\max}$	0,11830	0,11672	0,17886	0,21720	0,37518	0,31798	Ohmů
R	0,05830	0,05672	0,11886	0,15720	0,31518	0,25798	Ohmů
R_{kn}	0,00245	0,00700	0,03343	0,02520	0,02765	0,03465	Ohmů
R_{kz}	0,00245	0,00700	0,03343	0,02520	0,02765	0,03465	Ohmů
$I_{z \min}$	5300,08	5371,83	3505,57	2886,74	1671,20	1971,82	A
$I_{\max}$	1363,34	208,33	1078,18	610,20	864,33	864,33	A
I_{nast}	1800	1000	1800	1800	1250	1500	A
stáv.nastavení	1000	1000	1500	1500	1250		A

KONTROLA ÚBYTKŮ NAPĚTÍ

Kontrola úbytku napětí v úseku TV v době provozní špičky

$$TV1 \quad \Delta U = I_{\max} \cdot (R_{\max} - R_m) < 260V$$

Kontrola úbytku napětí v úseku TVpři rozjezdu a souběhě jízdy

$$TV2 \quad \Delta U = I_{\text{rozj}} \cdot (R_{\max} - R_m) < 260V$$

Kontrola úbytku napětí na kabelech při rozjezdu a souběhě jízdy

$$1 \text{ rozjezd} + 1 \text{ soub.jízda} = 1017 \quad A$$

$$KV3 \quad \Delta U = I_{\text{rozj}} \cdot R_k < 60V$$

$$2 \times \text{rozjezd} + 1 \text{ soub.jízda} = 1617 \quad A$$

Kontrola úbytku napětí na kabelech v době provozní špičky

$$KV1 \quad \Delta U = I_{\text{ef max}} \cdot R_{kn} < 60V$$

$$KV2 \quad \Delta U = I_{\text{ef max}} \cdot R_{kz} < 60V$$

ΔU	mez.hodnota	ÚSEK"501"	ÚSEK"502"	ÚSEK"503"	ÚSEK"528"	ÚSEK"529"
TV1	260V	79,5	11,8	128,2	95,9	272,4
TV2	260V	94,3	57,7	120,8	159,8	320,4
KV1	60V	3,3	1,5	36,0	15,4	23,9
KV2	60V	3,3	1,5	36,0	15,4	23,9
KV3	60V	4,0	7,1	34,0	25,6	28,1

KONTROLA TEPELNÉHO ZATÍŽENÍ KABEL.TRASY

Dle technických listů NKT Cable pro kabel AYKCY 1x500mm² je provoz.teplota 70°C

zatižitelnost kabelu v zemi 834 A

zatižitelnost kabelu na vzduchu 676 A

$I_{\text{ef max}} = <$ 595 A/1kab při souběhu více než 10ti kabelů

max.oteplovací proud 595A/1kabel

1190A/2kabely

	mez.hodnota	ÚSEK"501"	ÚSEK"502"	ÚSEK"503"	ÚSEK"528"	ÚSEK"529"
počet kabelů		1	1	2	2	2
$I_{\text{ef max}} = <$	<595 A	787,2	127,9	330,9	187,3	530,5

ZÁVĚR

Energetický výpočet ověřil stávající způsob napájení úseků NÚ501, NÚ502, NÚ503, NÚ528 a NÚ529 při změně vozového parku, nastavení rychlovybínačů v MR

Kontrolním výpočtem bylo zjištěno:

- 1) Napájecí úseky NÚ502, N503 a N528 pro nově používané vozidla typu 27TR vyhovují podmínkám norem ČSN
- 2) Napájení úseku NÚ501 1+1kabelem nevyhovuje na oteplení napájecích kabelů při souběhu, v ostatních parametrech odpovídá ČSN
S ohledem na nabíjení elektrobusů, které by mělo probíhat mimo dopravní špičku (ranní výjezd), doporučuji posílit napájení depa na 2+2kabely novým, druhým NB.
- 3) Napájení úseku NÚ529 nevyhovuje na úbytky napětí v úseku. Již dle předchozího výpočtu je doporučeno prodloužení kabelové trasy cca o 200m.
Další variantou je doplnění posilovací troleje 1+1 Cu100mm² v úseku cca 500m ul. Nádražní
Dle vyjádření DPO a.s. je plánované odpojení tohoto úseku od napájení z MR Sokolská a připojení k napájení k MR Sad B.Němcové
- 4) Nastavení rychlovybínačů je uvedeno v tabulce výše. Stávající nastavení vyhovuje.
U NÚ 501 a NÚ503 navrhuji zvýšit hodnotu nastavení.

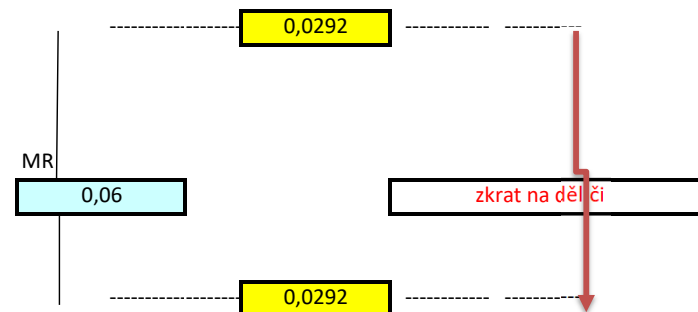
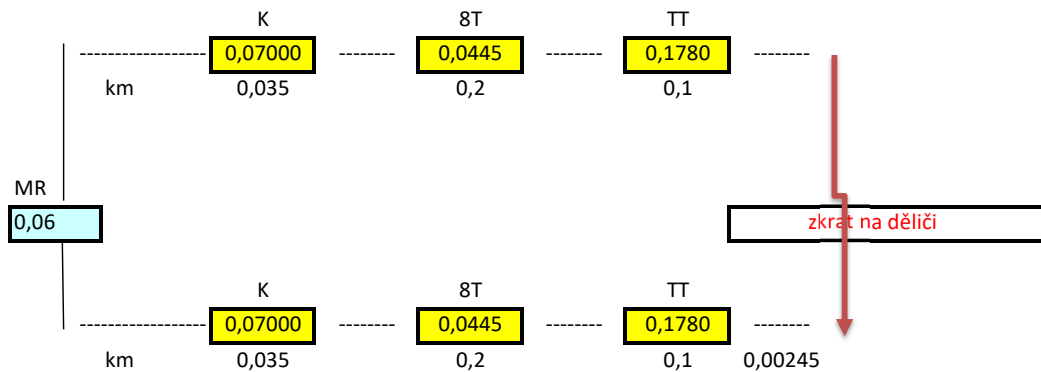
DOPRAVNÍ TABULKA

Linka	špička		sedlo		víkend		noc	
	interval	typ vozu	interval	typ vozu	interval	typ vozu	interval	typ vozu
101	10	26Tr Parc., 27Tr	20	26Tr Parc.	20	26Tr Parc.	---	
102	10	Trol12, 26Tr	20	Trol12, 26Tr	20	Trol12, 26Tr	---	
103	20	Trol12, 26Tr	20	Trol12, 26Tr	---	Trol12, 26Tr	---	
106	10	26Tr Parc.	20	26Tr Parc.	20	26Tr Parc.	---	
108	20	26Tr Parc.	20	26Tr Parc.	20	26Tr, 26Tr Parc.	---	
111	---		---		---		60	Trol12, 26Tr
112	---		---		---		60	Trol12, 26Tr
113	---		---		---		60 (v úseku 529 ... int. 30')	26Tr Parc.
Úsek č.	503	502	528	529	501			
Linky	101	101	101	101	Vozovna cca 4 - 6h a 21 - 23h tam projedou všechna trolejbusová vozidla DPO			
	102	102	102	102				
	103	103	103	106				
	106	106	106	108				
	111	111	108	111				
	113	113	111	112				
			112	2x 113				
			113					

Typ vozu	Evidenční číslo vozidla	Typ motoru	Jmenovitý proud (A)	Jmenovité napětí (V)	Jmenovitý výkon (kW)	Maximální proud motoru (A)	Maximální proud omezen trakčním měničem (A)
Solaris TROLLINO 12	3701 - 3703	TAM1009 C	291	425	170	750	400
Solaris TROLLINO 12	3704 - 3714	TAM1050 C6	308	425	175	700	400
Solaris TROLLINO 12	3728 - 3730	TAM1050 C6	308	425	175	700	400
Solaris TROLLINO 15	3601	TAM1009 C	291	425	170	750	400
Solaris TROLLINO 15	3602 - 3604	TAM1050 C6	308	425	175	700	400
Solaris TROLLINO 18	3801	TAM 1056 C6	421	425	250	750	400
ŠKODA 26TR (12m)	3715 - 3727	4ML 3444 K4	320	520	160	700	500
ŠKODA 27TR (18m)	3802	35ML3550 K4	407	420	240	700	500
ŠKODA 27TR (18m)	3803-3804	2ML 3846 K6	428	425	250	700	500
ŠKODA 27TR (18m)	3805 - 3812	1ML 3844 K6	421	425	250	700	500
SOR TNB 12	3912	TAM 1050 C6B	289	425	175	700	400
SOR TNB 18	3951	TAM1056 C6	421	425	250	750	450

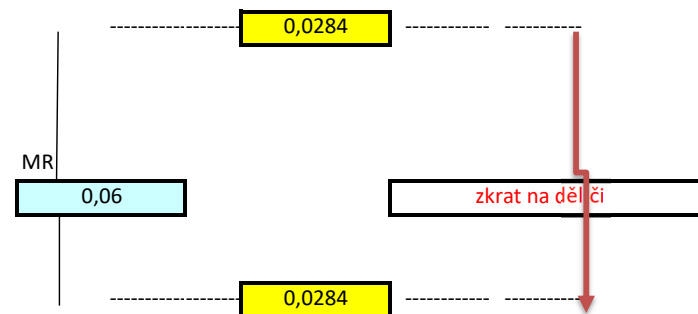
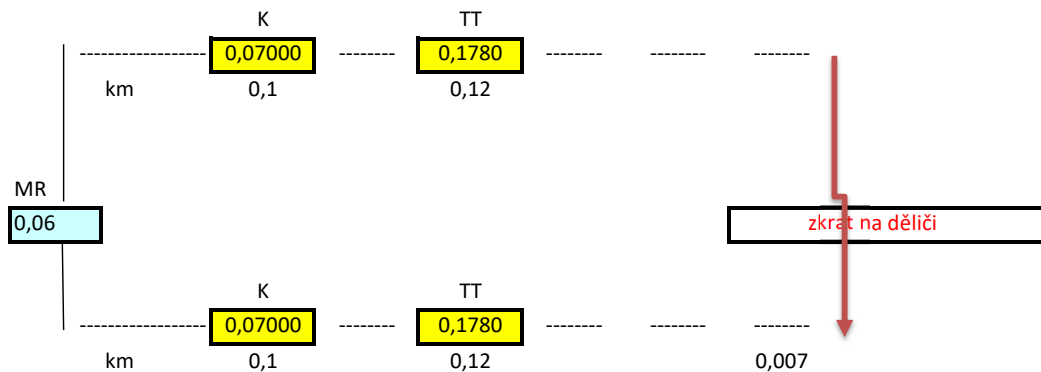
NÁHRADNÍ SCHÉMA ÚSEKŮ

"501"



Rz= 0,1183
R= 0,0583

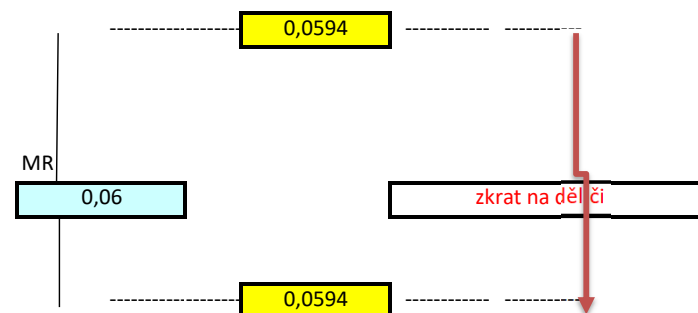
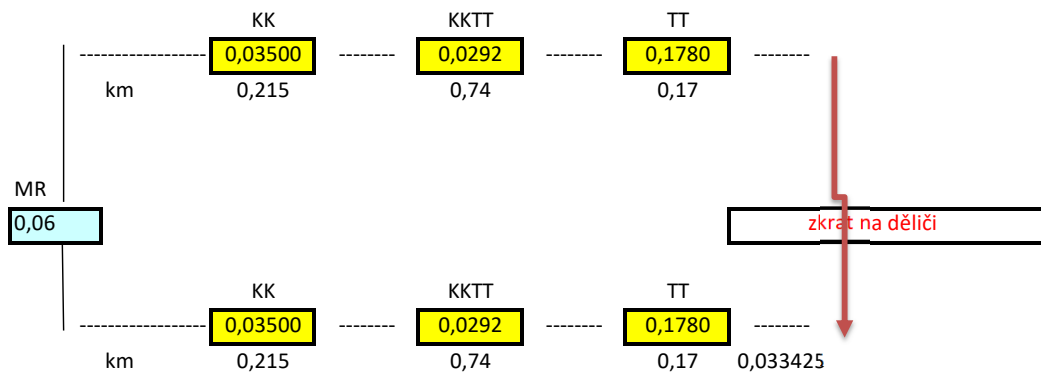
"502"



Rz= 0,1167
R= 0,0567

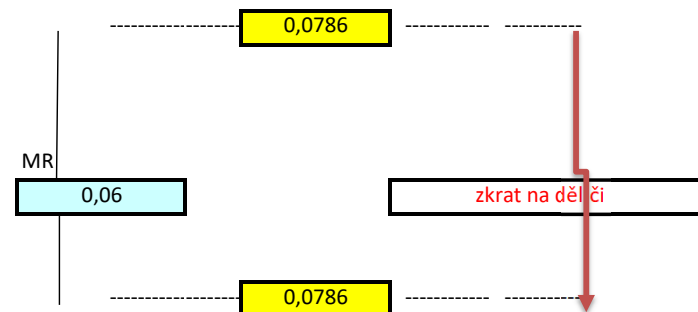
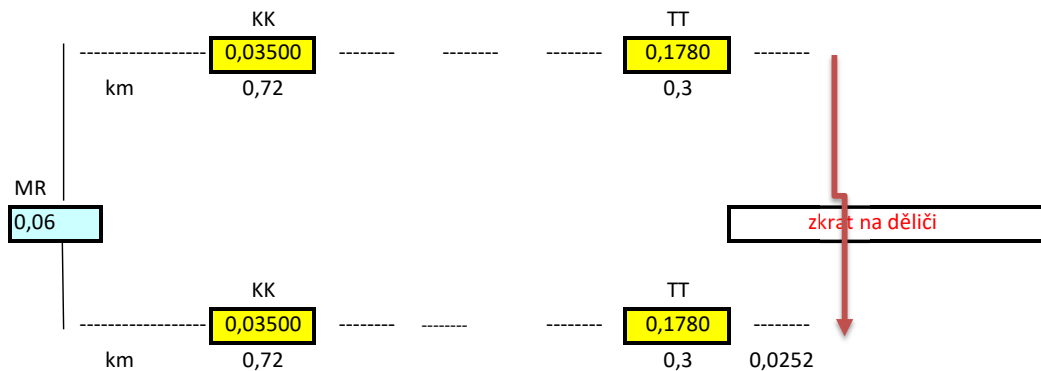
NÁHRADNÍ SCHÉMA ÚSEKŮ

"503"



Rz= 0,1789
R= 0,1189

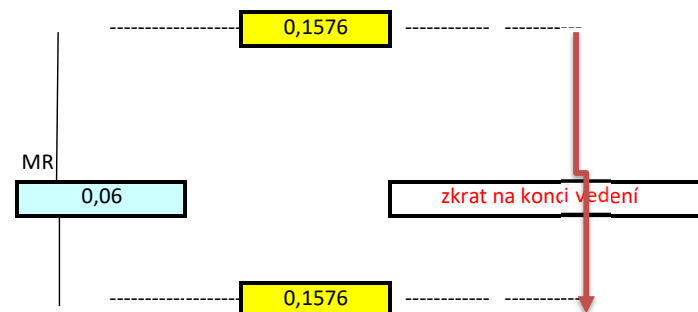
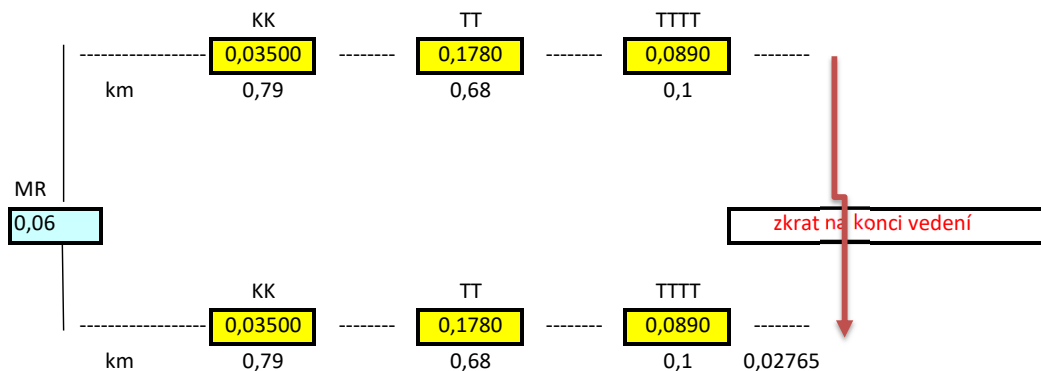
"528"



Rz= 0,2172
R= 0,1572

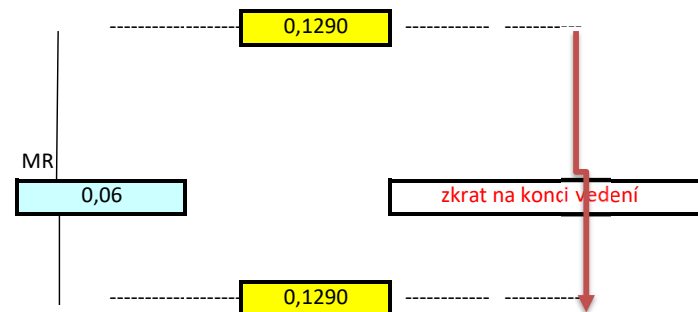
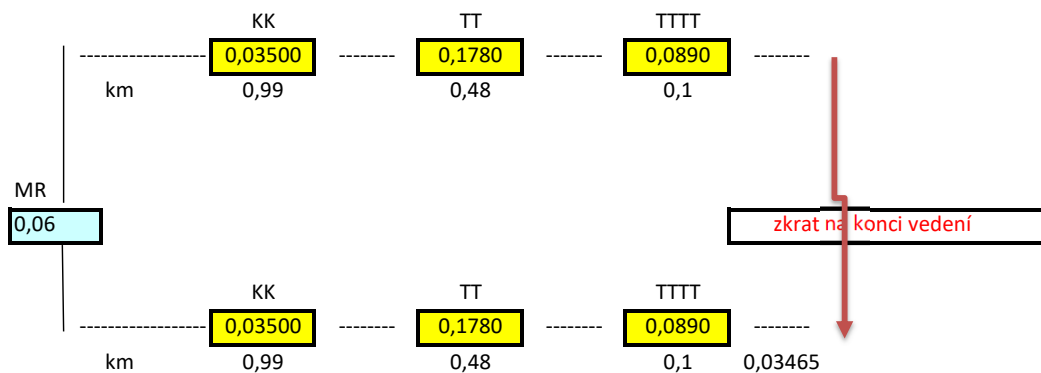
NÁHRADNÍ SCHÉMA ÚSEKŮ

"529"



Rz= 0,3752
R= 0,3152

"529 +200m 2+2kabelů"



Rz= 0,3180
R= 0,2580