Ing. M e d v e c k ý Juraj – projektová kancelária

Púpavová 36/A, 841 04 Bratislava, Slovakia

Statický posudok

+421 905 609 428 @ projekcia@medvecky-ba.sk • www.medvecky-ba.sk

IBAN: SK 4575000000004017131531 • IČO: 11671378 • ič DPH: SK1020190732 • reg.: OÚ BA, živ. reg. 104-3422

Ing. M e d v e c k ý Juraj – projektová kancelária

Púpavová 36/A, 841 04 Bratislava, Slovakia

Autorizácia
statického výpočtu z obdobia výstavby výťahu „paternoster“ v budove Ministerstva financií SR v Bratislave

Budovy Ministerstva financií SR boli postavené v 40. rokoch 20. storočia ako klasické administratívne budovy s obslužnými prevádzkami. V rámci technického zariadenia boli v budovách realizované 3 uzatvárateľné výťahy a 1 predný výťah bez uzatvárania tzv. „paternoster“. Tento výťah je situovaný pri vstupe zo Štefanovičovej ulice.

Konštrukcia výťahu „paternoster“ má 2 x 7 kabín bez uzatvárania. Je poháňaný elektromotorom, ktorý poháňa obehové koleso s reťazou, na ktorej sú zavesené kabínky (2 x 7 kabín). Kabíny sú posudzované na 2 x 80 kg záťaže a zvýšenú záťaž 3 x 80 kg. Vlastná váha kabín je 240 kg. V pôvodnom návrhu bol aj variantný výpočet na 2 x 12 kabín v inej budove v Bratislave. Celý výpočet bol robený v novej sústave veličín. Posúdenie bezpečnosti je podľa stupňa bezpečnosti, ktorý je vždy väčší ako 3.

S uznaním obdivu voči pôvodnému návrhu som posúdil všetky dielčie prvky podľa pôvodnej predlohy. Takto zrealizovaná rekonštrukcia výťahu „paternoster“ po statickej stránke spĺňa všetky požiadavky na bezpečnú prevádzku na ďalšie roky podľa predpisov pre prevádzku a údržbu výťahov tohto typu.

Bratislava 04/2019

Ing. Juraj Medvecký

Statický výpočet

PÁTERNOSTER PN 160/0,3

Typ zariadenia:	Páternoster s elektrickým pohonom podľa STN 27 4009
Počet kabín:	14
Nosnosť:	160 kg, to je celkom 2240 kg
Zdvih:	18 040 m
Menovitá rýchlosť:	0,3 ms^{-1}
Umiestnenie výťahu:	Murovaná (betónová) šachta

Nosné reťaze - (príloha 1. obrázok č.1)

Počítané so zvýšenou záťažou o 50% F_Q =2400 N

Nosné reťaze sú zhotovené z ocele 12050.0

Prierez jedného článku reťaze 2 x 50 x 15

Plocha prierezu S = 2 x (1,5 x 1,25 + 1,25 x 1,25) =6,875 cm^2

Medza klzu σ_p = 29 430 N/cm^2

Sila namáhajúca 1 článok reťaze na ťah $F_R = F_{GR} + \frac{m}{}(F_Q+F_K)$

F_R = 8518 + 7 (2400+2400)

F_R = 42 118 N

F_{GR} sila hmotnosti jednej reťaze

F_{GR} = 8518 N

m počet kabín = 14

F_Q sila hmotnosti v jednej kabíne = 2400 N (náklad)

F_K sila hmotnosti jednej kabíny = 2400 N (hl.váha)

Namáhanie jedného článku v ťahu $\sigma = F_R/S$ = 42 118/6,875

σ = 6 126 N/cm^2

Bezpečnosť $k = \sigma_P/\sigma$ = 29 430/6 126

k = 4,8 násobná

4,8> 3 => **VYHOVUJE**

Počítané s bežným zaťažením (100%) F_Q = 1600 N (náklad)

Sila namáhajúca 1 článok reťaze na ťah $F_R = F_{GR} + \frac{m}{2}(F_Q+F_K)$

F_R = 8518 + 7 (1600 + 2400)

F_R = 36 518 N

Namáhanie jedného článku v ťahu $\sigma = F_R/S$ = 36 518/6,875

σ = 5312 N/cm^2

Bezpečnosť $k = \sigma_P/\sigma$ = 39 430/5312

k = 5,5 násobná

5,5 > 3 **VYHOVUJE**

Čap retaze - (príloha 1. obrázok č.2)

Počítané so zvýšenou záťažou 150% $F_Q = 2400$ N

Čap reťaze zhotovený z ocele 12020.1, cementovaný a kalený

Čap reťaze priemer 25 mm

Plocha prierezu $S = (3{,}14 \times 25 \times 25)/4 = 4{,}9 cm^2$

Nejmenšia medza klzu $\sigma_P = 22\,565\ N/cm^2$

Čap je namáhaný na strih $\tau = F_R/2S$

$\tau = 42\,803/2 \times 4{,}9$

$\tau = 4362\ N/cm^2$

Medza klzu v strihu $\tau_K = 2/3\ \sigma_P = 2/3 \times 22565\ H/cm^2$

Bezpečnosť $k = 2/3 \times \sigma_P/\tau = 2/3 \times 22565/4362$

k = 3,4 násobná

3,4 > 3 => **VYHOVUJE**

Počítané s bežným zaťažením $F_Q = 1600$ N

Čap je namáhaný na strih $\tau = F_R/2S$

$\tau = 37203/2 \times 4{,}9$

$\tau = 3791\ N/cm^2$

Medza klzu v strihu $\tau_K = 2/3\ \sigma_P$

Bezpečnosť $k = 2/3 \times \sigma_P/\tau = 2/3 \times 22565/3791$

k = 4,0 násobná

4,0 > 3 => **VYHOVUJE**

Závesný čap kabíny - (príloha 1. obrázok č.3)

Počítané so zvýšenou záťažou o 50% $F_Q = 2400$ N

Čap závesu kabíny zhotovený z ocele 12020.1, cementovaný a kalený

Čap priemer	25 mm
Objem	$W = 1{,}53\ cm^3$
Vzdielanosť osy ložiska od reťaze	$l = 4{,}9$ cm
Nejmenšia medza klzu v ťahu	$\sigma_{kt} = 29430\ N/cm^2$
Medza dovolená	$\sigma_O = (F_Q + F_K) x\ l / (2 x W)$
	$\sigma_O = (2400+2400) x\ 4{,}9 / (2 x 1{,}53)$
	$\sigma_O = 7686\ N/cm^2$
Bezpečnosť	$k = \sigma_{kt}/\sigma_O = 29430/7686$
	k = 3,8 násobná
	3,8 > 3 => **VYHOVUJE**
Počítané s bežným zaťažením	$F_Q = 1600$ N
Medza dovolená	$\sigma_O = (F_Q + F_K) x\ l / (2 x W)$
	$\sigma_O = (1600+2400) x\ 4{,}9 / (2 x 1{,}53)$
	$\sigma_O = 6405\ N/cm^2$
Bezpečnosť	$k = \sigma_{kt}/\sigma_O = 29430/6405$
	k = 4,6 násobná
	4,6 > 3 => **VYHOVUJE**

Stroj

Je priskrutkovaný na oceľovom zváranom ráme s ofrézovanými dosadacími plochami. Celok je osadený na nosníkoch rámu stroja a tie sú uložené na základe vytvárajúcom veniec na vrchole šachty. Spojenie základu s rámom stroja zaisťujú kotviace skrutky M30.

Prevody: 2x slimákový 2:62; m8 + 2x čelnými kolesami 178:23; m8 so šikmými zubami

Celkový prevod : (2/62) x (178/23) = 239,91 = > 1: 239,91

Hnacie polygónové kolesá: z = 13, t = 160 mm, ∅ 1329,85 mm

Brzda: Dvojčeľusťová ∅ 300mm ovládaná jednosmerným elektromagnetom

Rýchlosť kabín: $v = \frac{\pi * D * n}{60 * pc} = \frac{1{,}32985 * 960}{60 * 239{,}91} = \frac{4010{,}733}{14394{,}6} = 0{,}2786\ m/s$

Potrebný výkon el. motoru:

1) Do 14 kabín

$$P = \frac{F_Q * m}{2} * \frac{v}{1000 * \eta} = \frac{1600 * 14}{2} * \frac{0{,}2786}{1000 * 0{,}45} = 11200 * 0{,}000619 = 6{,}93\ kW$$

Volený motor 7 kW, n = 960 ot./min, napätie 3 x 400 V

2) Do 20 kabín

$$P = \frac{F_Q * m}{2} * \frac{v}{1000 * \eta} = \frac{1600 * 20}{2} * \frac{0{,}2786}{1000 * 0{,}45} = 16000 * 0{,}000619 = 9{,}9\ kW$$

Volený motor 10 kW, n = 960 ot./min, napätie 3 x 400 V

Doporučujeme zvoliť výkonnejší motor (variant 2 = 10kW), ktorý bude na prevádzku výťahu využívať 2/3 svojho výkonu. Tým že motor nepôjde neustále na 100% výkon, chceme zamedziť rýchlejšiemu opotrebovaniu elektro-motora a vzniknutou rezervou predĺžiť celkovú životnosť zariadenia.

<u>Hriadeľ hnacieho pastorku predlohy</u> (príloha 2. obrázok č.4, obrázok č.5)

Materiál: oceľ 11 600.0, medza klzu σ_P=28 450 N/cm^2, ∅ 8 cm

W_O=50,27 cm , straty trením v stroji 20%, účinnosť η = 0,8

Maximálna sila na roztečnom polomere polygónu v prípade plného zaťaženia kabín pre smer jazdy nahor a prazdnych kabín pre smer jazdy nadol, počítané pre celkový počet 14 kabín:

φ = 0,3 … straty trením v kabínových vodítkach, v čapoch reťazí, v ložiskách

F_Z …celkové straty trením

$$F_Z = \frac{m * F_Q}{4} * \varphi = \frac{14 * 1600}{4} * 0{,}3 = 1680\,N$$

$$F_P = \frac{m * F_Q}{4} + F_Z = \frac{14 * 1600}{4} + 1680 = 7280\,N$$

Obvodová sila v zuboch na ozub. venci:

R_P …polomer polygónového kolesa 66,5 cm

R_{OV} …polomer ozubeného venca 71,59 cm

$$F_{OV} = \frac{F_P * R_D}{R_{OV}} = \frac{7280 \ * 66{,}5}{71{,}59} = \ 6762{,}4\,N$$

Normálna sila v zuboch: záb. α=20°

$$F_N = \frac{F_{OV}}{\cos\alpha} = \frac{6762{,}4}{0{,}94} = 7194\,N$$

Ohybový moment:

$$M_O = F_N * 17{,}25 = \quad 7194 * 17{,}25 = 124097\,Ncm$$

$$\sigma_O = \frac{M_O}{W_O} = \frac{124097}{50{,}27} = 2468{,}6\,N/cm^2$$

Krútiaci moment: - (príloha 3. obrázok č.6)

$$M_K = \frac{F_{OV} * R}{\eta} = \frac{6762{,}4 * 9{,}25}{0{,}8} = 78190\,Ncm$$

$$\tau = \frac{M_K}{2 * W_O} = \frac{78190}{2 * 50{,}27} = \ 777{,}7\frac{N}{cm^2}$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_O{}^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{2468{,}6^2 + (3 * \ 777{,}7)^2} = \sqrt{11537341} = 3397\frac{N}{cm^2}$$

Bezpečnosť: podľa STN 27 4030 čl. 261

$$k = \frac{\sigma_P}{\sigma_{RED}} = \frac{28450}{3397} = 4{,}86\ násob. > 7{,}3\ násob.$$

<u>Čap polygónu:</u> - (príloha 3. obrázok č.7)

Materiál: oceľ 11 600.0,medza klzu σ_P=28 450 N/cm^2, ∅ 12 cm, W_O=169,3 cm^3

Čap polygónu je nejviac namáhaný v prípade plného zaťaženia všetkých kabín. Hmotnosť jednej kabíny 240 kg +160kg.

$F_{GŘ}$ ...hmotnosť reťaze 18405 N

F_{GP} …hmotnosť polygónového kolesa s vencom 5000 N

$$F = F_{GŘ} + F_{GP} + \frac{m}{2} * \left(F_Q + F_K\right) = 18405 + 5000 + \frac{14}{2} * (1600 + 2400) = 51405\ N$$

Kolmá zložka obvodovej sily na ozub. venci pri pohybe:

$$F_{OBV.Y} = F_Z * \frac{R_{POL}}{R_{OV}} * \cos\alpha = 2880 * \frac{66{,}5}{71{,}6} * 0{,}94 = 2513{,}4\ N$$

Reakcia v uložení čapu:

$$R_A = \frac{F * 63 - F_{OBV.Y} * 51{,}5}{44} = \frac{51405 * 63 - 2513{,}4 * 51{,}5}{44} = \frac{3109075{,}9}{44} = 70660N$$

$$R_B = R_A + F_{OBV\,Y} \quad F = 70660 + 2513{,}4 \quad 51405 = 21768N$$

Ohybový moment:

$$M_O = F * 19 \quad F_{OBV.Y} * 7{,}5 = 51405 * 19 \quad 2513{,}4 * 7{,}5 = 788190\,Ncm$$

$$\sigma_O = \frac{M_O}{W} = \frac{788190}{169{,}3} = 4655{,}6\frac{N}{cm^2}$$

Bezpečnosť: podľa STN 27 4030 čl. 262

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma_O} = \frac{28450}{4655{,}6} = 6{,}11 > 3\ nás.$$

Nosníky rámu stroja

Reakcia R_B v uložení čapu polygónu vyvodzuje zvislú silu $F_š$, ktorá namáha 2 skrutky na ťah.

Prierez jadra skrutky M 30: s=5,09cm^2, materiál 11 500 σ_{kt} = 26500 N/cm^2

$$F_š = \frac{44 * R_B}{44} = \frac{44 * 30865{,}4}{44} = 33123{,}8\ N$$

$$\sigma_t = \frac{F_š}{2 * S} = \frac{33123{,}8}{2 * 5{,}09} = 3253{,}8\ N/cm^2$$

Bezpečnosť:

$$k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_t} = \frac{26500}{3253{,}8} = 8{,}14\ nás.$$

<u>Nosníky pod rámom stroja</u> - (príloha 4. obrázok č.8)

Profil I č. 32, materiál oceľ 11 373.0,medza klzu σ_{kt}=2300 kg/cm^2, modul prierezu W_X=782cm^3 moment zotrvačnosti J_X=12510cm^4, plocha prierezu F= 69,1cm^2, váha stroja G_S= 700kg

$$R_3 = F_{G\check{R}} + G_{GP} + \frac{m}{2} * \left(F_Q + F_K\right) = 1840 + 500 + 7 \quad * (240 + 160) = 5140\, kg$$

Výpočet reakcií

$$R_B = \frac{R_3 * 83{,}5 + \frac{G_S}{2} * 161 + \frac{G_S}{2} * 272}{307} = \frac{5140 * 83{,}5 + 350 * 161 + 350 * 272}{307} = 1892\, N$$

$$R_A = R_3 + \frac{G_S}{2} + \frac{G_S}{2} - R_B = 5140 + 350 + 350 - 1892 = 3948 \text{ kg}$$

Maximalny ohybový moment:

$$M_{Omax} = R_A * 83{,}5 = 3948 * 83{,}5 = 329700\, kgcm$$

Maximálne ohybové napätie

$$\sigma_O = \frac{M_{Omax}}{W_X} = \frac{329700}{782} = 422\, \frac{kg}{cm^2}$$

Bezpečnosť

$$\frac{\sigma_{kt}}{\sigma_O} = \frac{2300}{422} = 5{,}45\, nás. > 3\, nás.$$

Priehyb nosníka

Priehybsa počíta zo sily odpovedajúcej nejväčšiemu momentu, akoby pôsobila uprostred nosníka priehybová sila.

$$P_Y = \frac{M_{Omax} * l}{x * (l - x)} = \frac{3297 * 307}{83{,}5(307 - 83{,}5)} = 54{,}5\ kg$$

Priehyb

$$y = \frac{P_Y * l^3}{48 * E * J_X} = \frac{54{,}5\ * 307^3}{48 * 2{,}1 * 10^6 * 12510} = 0{,}07\, cm$$

Prípustný priehyb

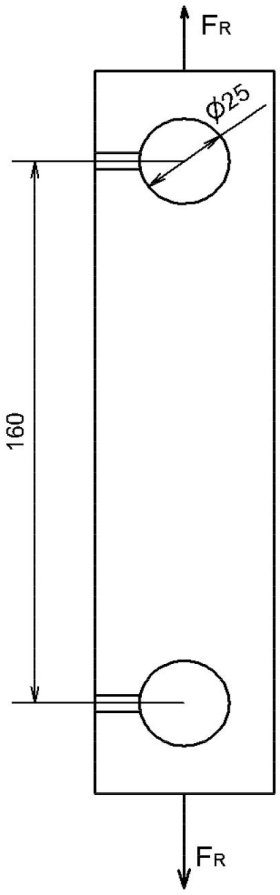
$$y_{DOV} = \frac{l}{1000} = \frac{307}{1000} = 0{,}307\, cm$$

Porovnanie

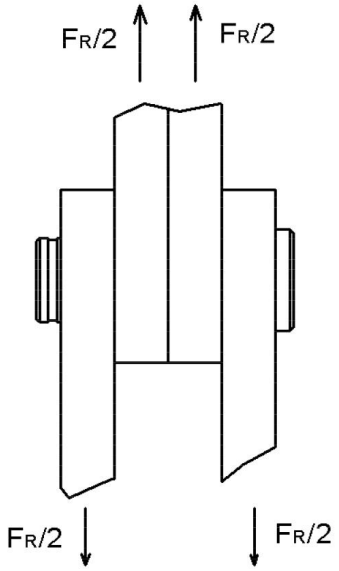
$$0{,}07 \quad cm < 0{,}307\, cm$$

PRÍLOHA č.1

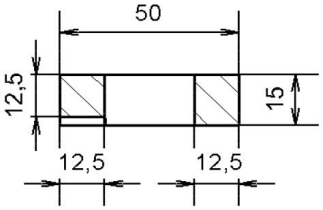
Obrázok č.1

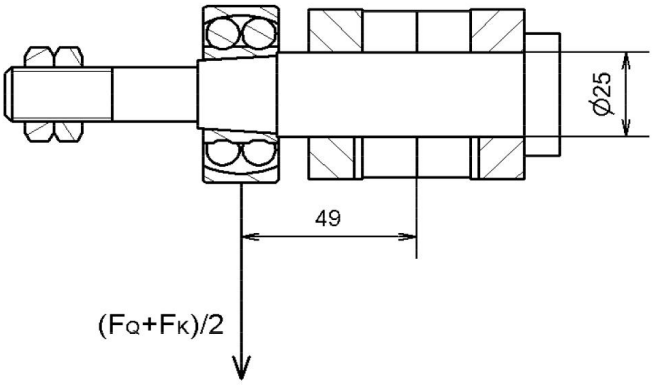


Obrázok č.2



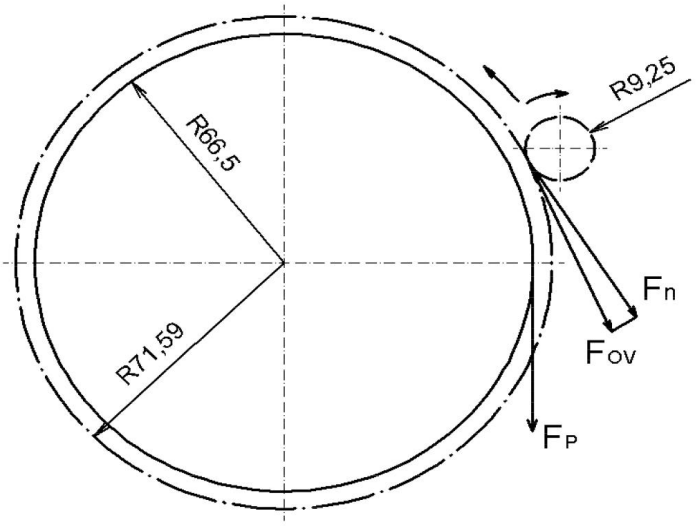
Obrázok č.3



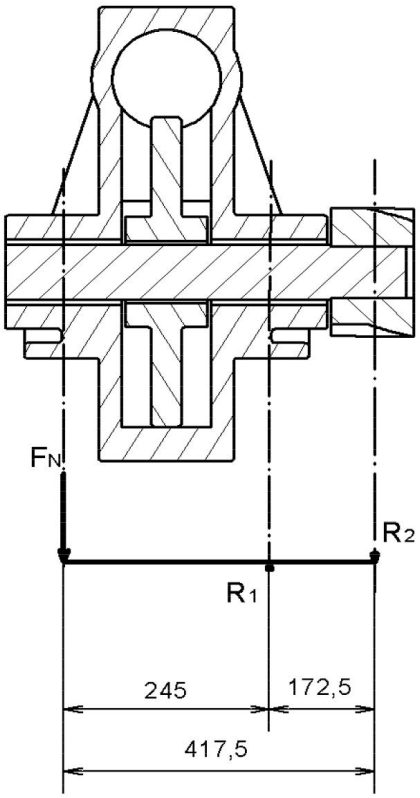


PRÍLOHA č.2

Obrázok č.4

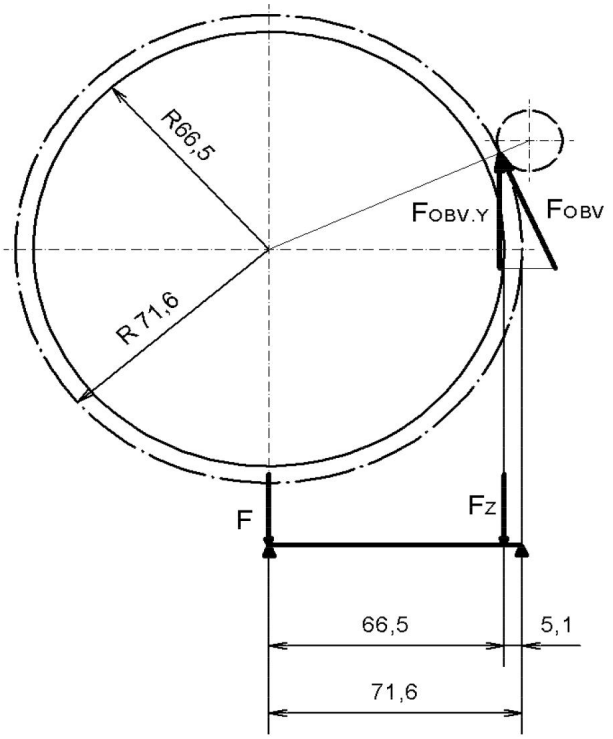


Obrázok č.5

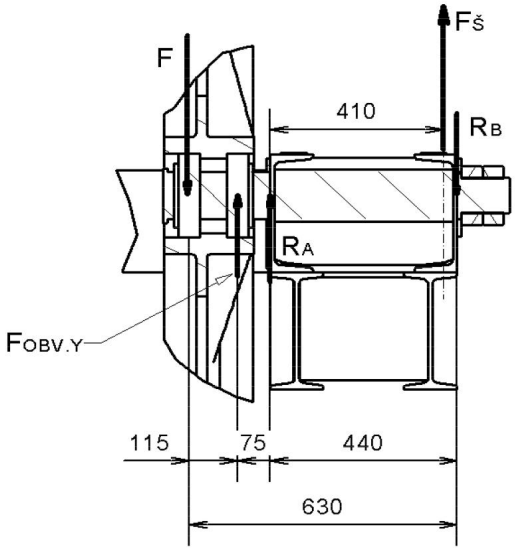


PRÍLOHA č.3

Obrázok č.6

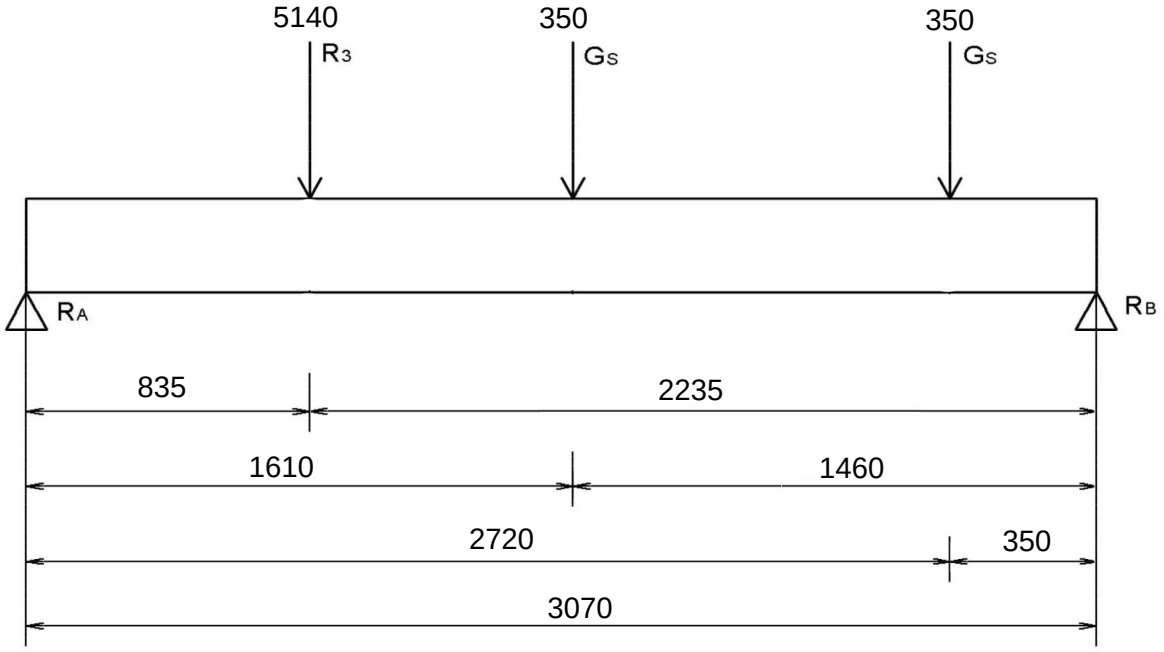


Obrázok č.7



PRÍLOHA č.4

Obrázok č.8



vypracoval: Ing. Juraj Medvecký