



STEEL ARÉNA Košice

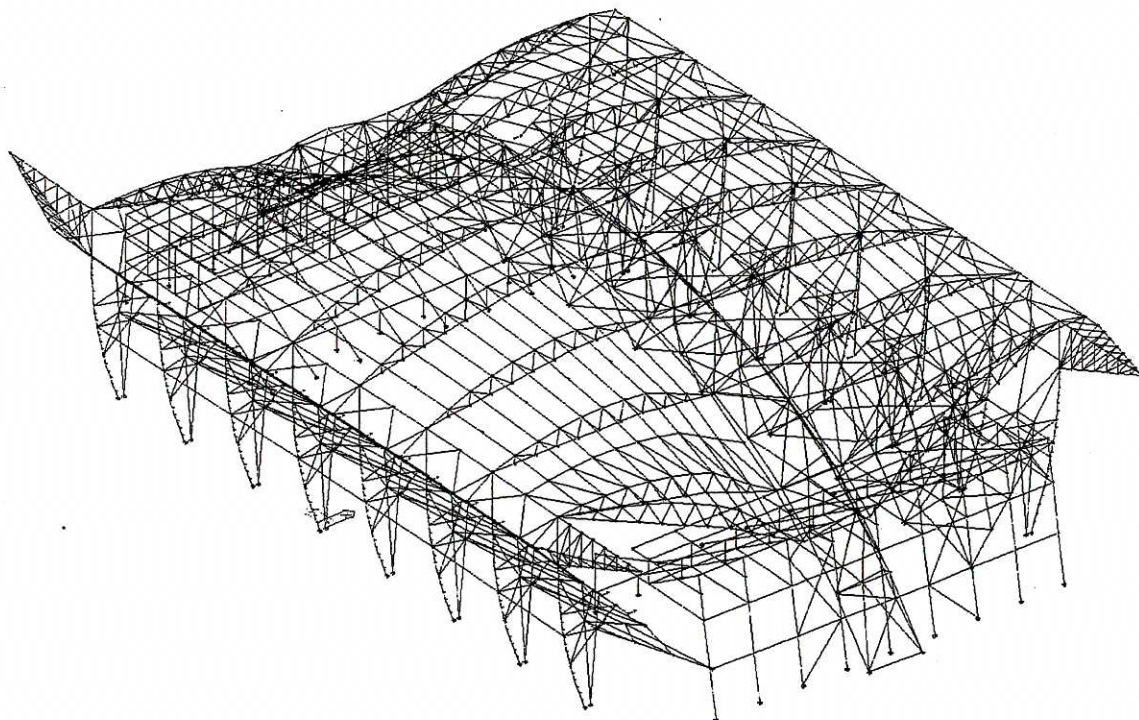
Stanovenia zaťažiteľnosti vybraných dielcov nosnej konštrukcie
pre osadzovanie dočasných technológií a systémov

Vypracoval:

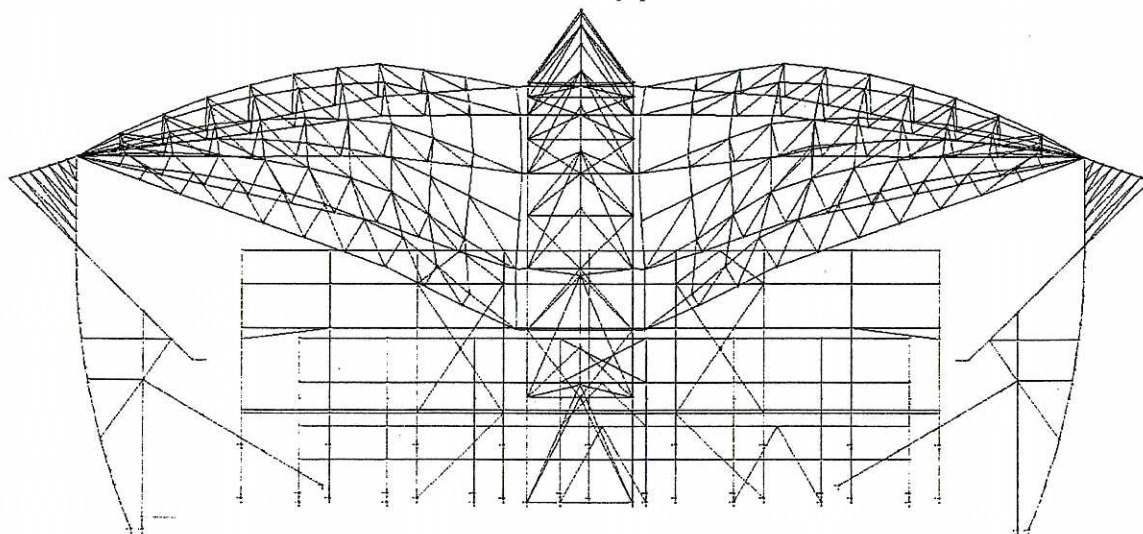
**Ing.Mária Kolcunová
Doc. Ing. arch. Juraj Koban
Prof. Ing. Stanislav Kmeť Csc
Doc.Ing. Michal Tomko PhD**

Prit'azenie strešnej konštrukcie Steel Arény

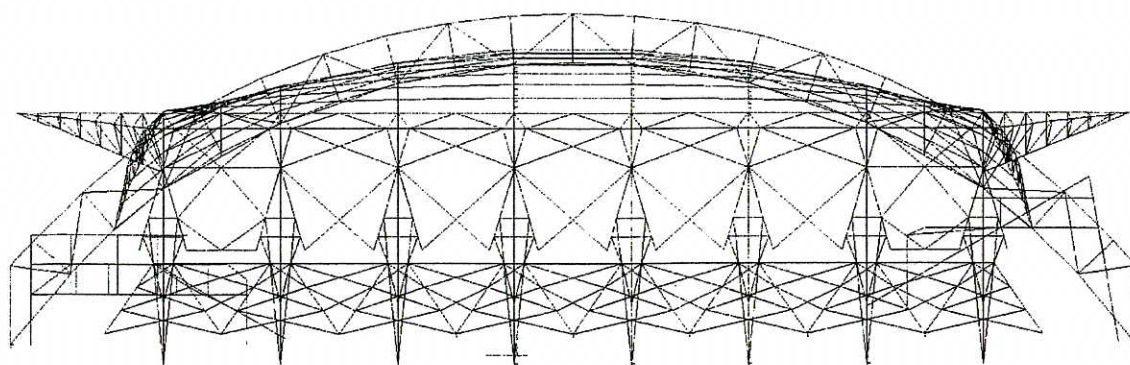
- **Zaťaženie snehom** bolo uvažované $1,0 \text{ kNm}^{-2}$. Medzná hodnota zaťaženia snehom teda zodpovedá cca. 1,0m prachovitého snehu (o mernej hmotnosti 100 kg.m^{-3}), resp. 0,25m mokrého snehu (o mernej hmotnosti 400 kg.m^{-3}). V ekvivalente vodného stĺpca to zodpovedá výške 0,1m (vodného stĺpca).



Axonometrický pohľad

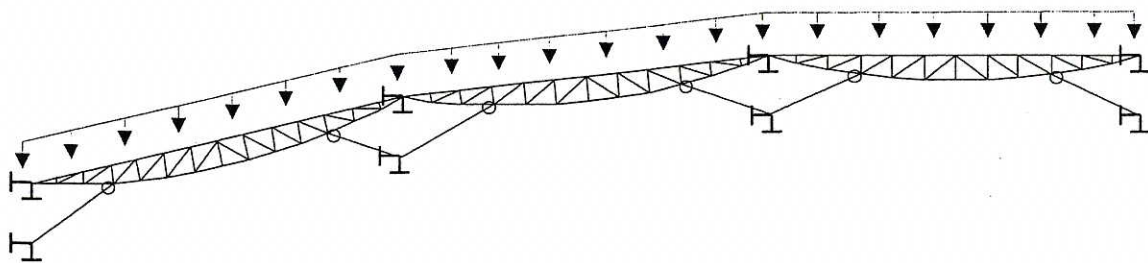


Čelný pohľad

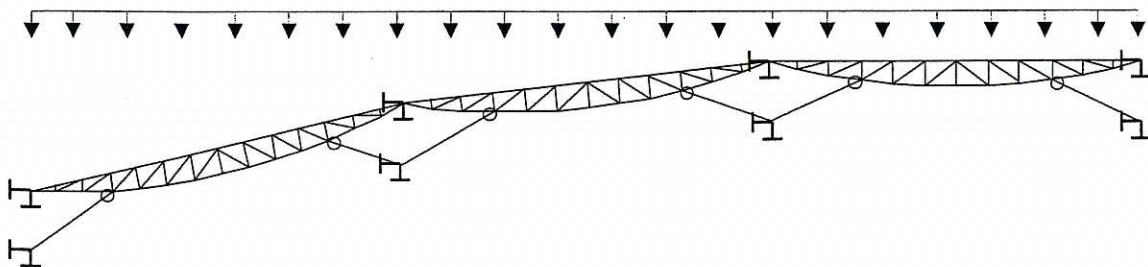


Bočný pohľad

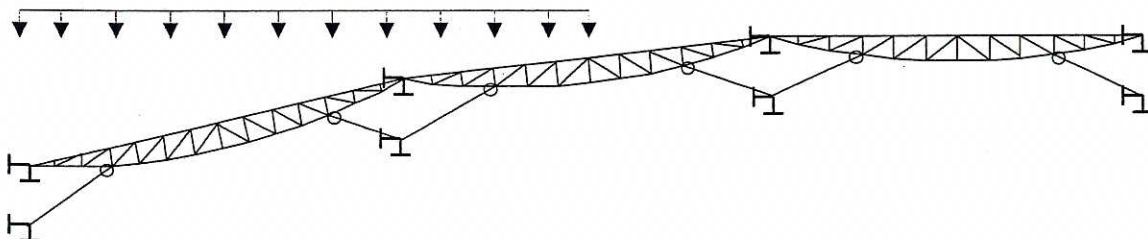
Zat'azenie väzníc



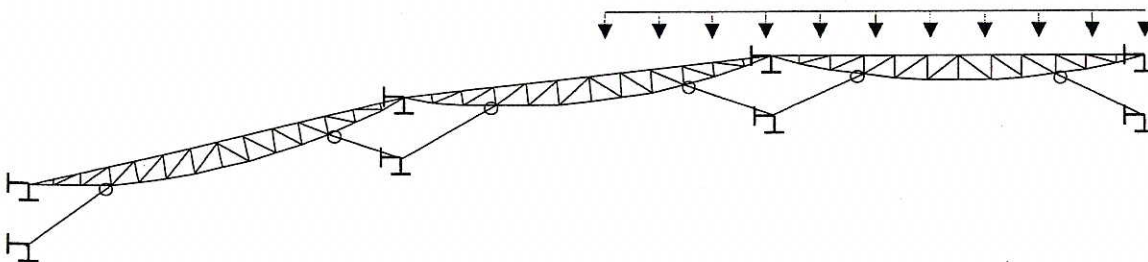
Stále zaťaženie [$q_v = 1,0 \text{ kN.m}^{-1}$]



Zaťaženie snehom – plný sneh [$s_v = 3,1 \text{ kN.m}^{-1}$]

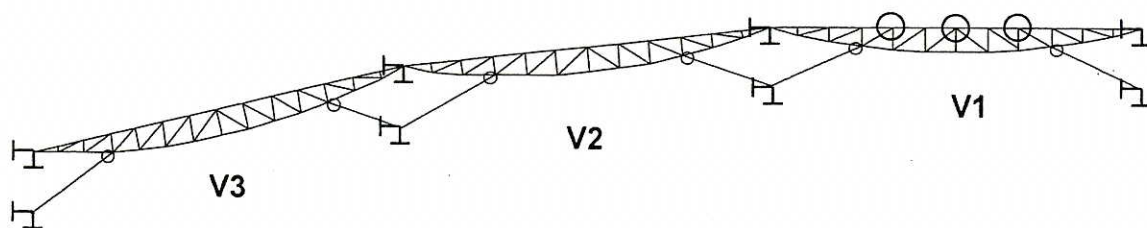


Zaťaženie snehom – Sneh polovičný 1 [$s_v = 3,1 \text{ kN.m}^{-1}$]



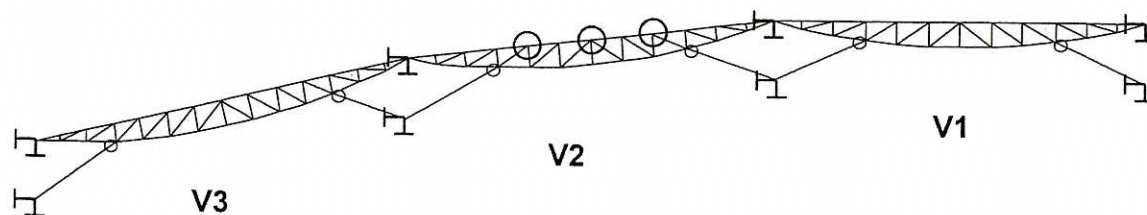
Zaťaženie snehom – Sneh polovičný 2 [$s_v = 3,1 \text{ kN.m}^{-1}$]

2 1 3



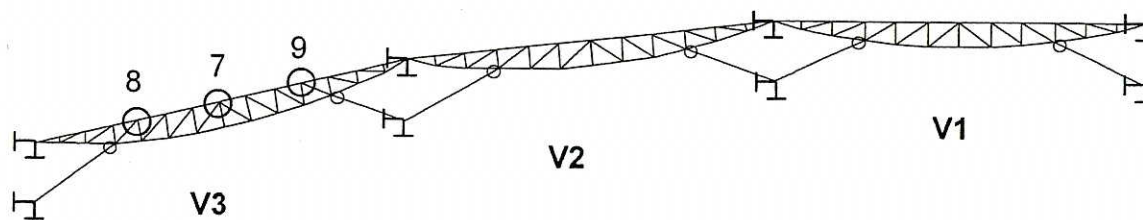
Väznca V1. Sily, ktoré môžu pôsobiť na väznicu

Uzol	Uhol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	90°	750	0	0	0
	60°	850	0	0	0
	45°	1000	0	0	0
2	90°	500	0	0	0
	60°	600	0	0	0
	45°	700	0	0	0
1-2	90°	300	0	0	0
	60°	350	0	0	0
	45°	425	0	0	0
2-3	90°	400	0	0	0
	60°	460	0	0	0
	45°	560	0	0	0



Väznica V2. Sily, ktoré môžu pôsobiť na väznicu

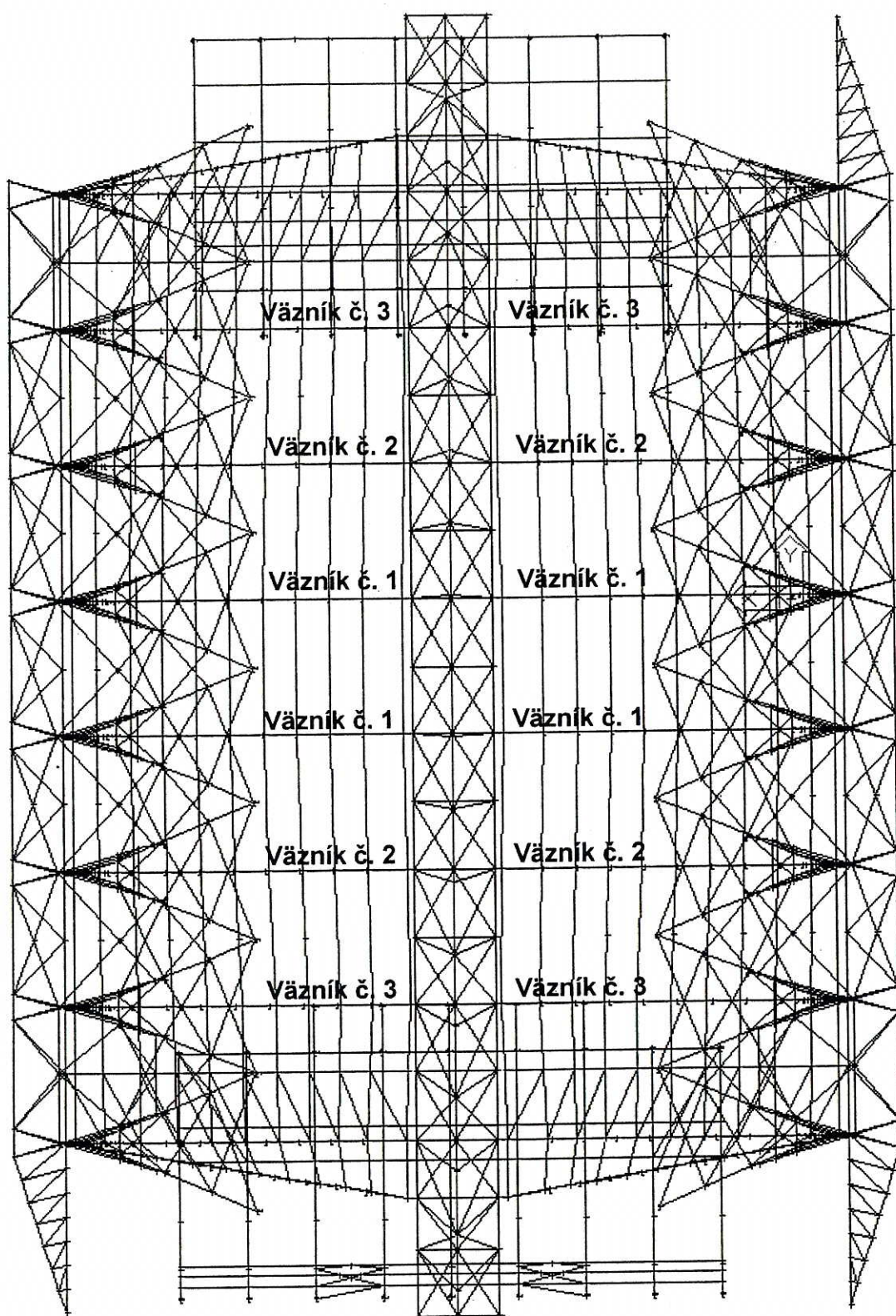
Uzol	Uhol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
4	90°	750	0	0	0
	60°	780	0	0	0
	45°	850	0	0	0
5	90°	550	0	0	0
	60°	630	0	0	0
	45°	750	0	0	0
4-5	90°	330	0	0	0
	60°	370	0	0	0
	45°	440	0	0	0
5-6	90°	400	0	0	0
	60°	420	0	0	0
	45°	480	0	0	0



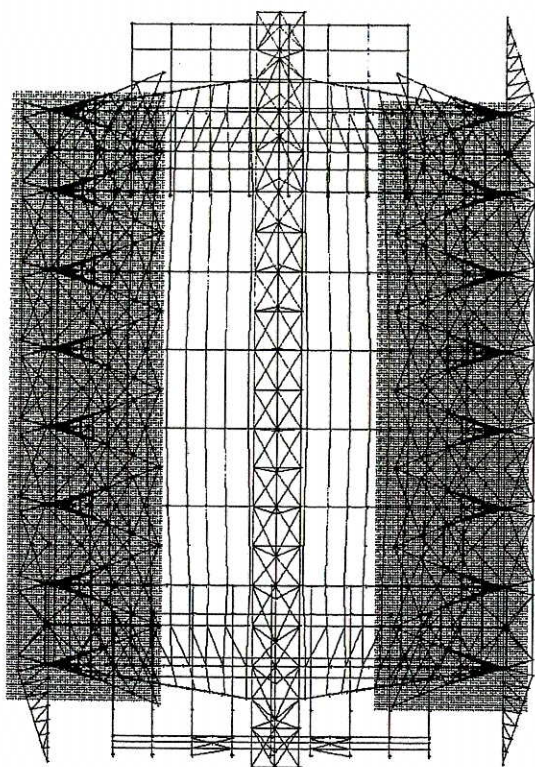
Väznica V3 Sily, ktoré môžu pôsobiť na väznicu

Uzol	Uhol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
7	90°	950	0	0	0
	60°	960	0	0	0
	45°	1050	0	0	0
8	90°	750	0	0	0
	60°	770	0	0	0
	45°	900	0	0	0
7-8	90°	450	0	0	0
	60°	460	0	0	0
	45°	530	0	0	0
8-9	90°	550	0	0	0
	60°	550	0	0	0
	45°	600	0	0	0

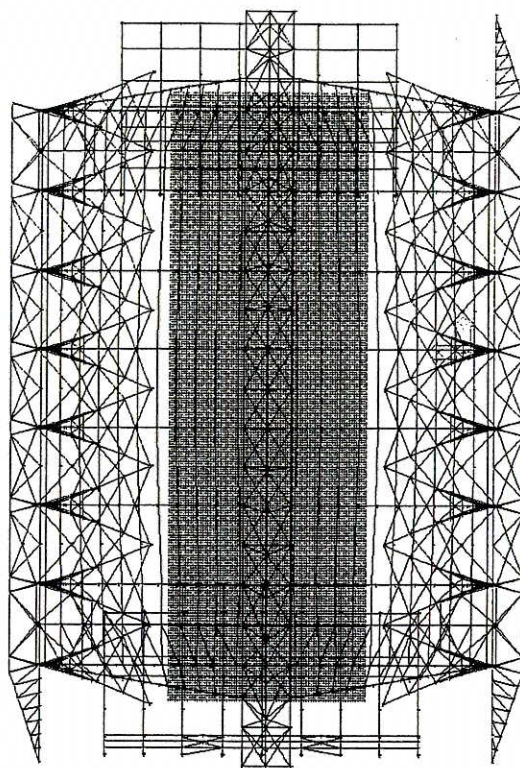
Zat'azenie väzníkov



Pôdorys - označenie väzníkov

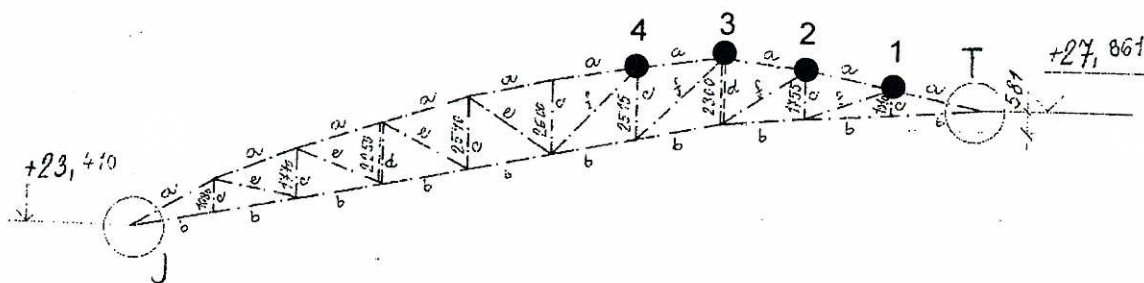


Sneh polovičný 1



Sneh polovičný 2

Zaťaženie polovičným snehom



Väzník č. 1. Uzly v ktorých môžu pôsobiť sily

Väzník č. 1. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môže vždy len jedna sila) 90 stupňov

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	3000	2000	2700	2500
2	3000	2000	2700	2500
3	3000	2000	2700	2500
4	3000	2000	2700	2500

Väzník č. 1. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môže vždy len jedna sila) 60 stupňov

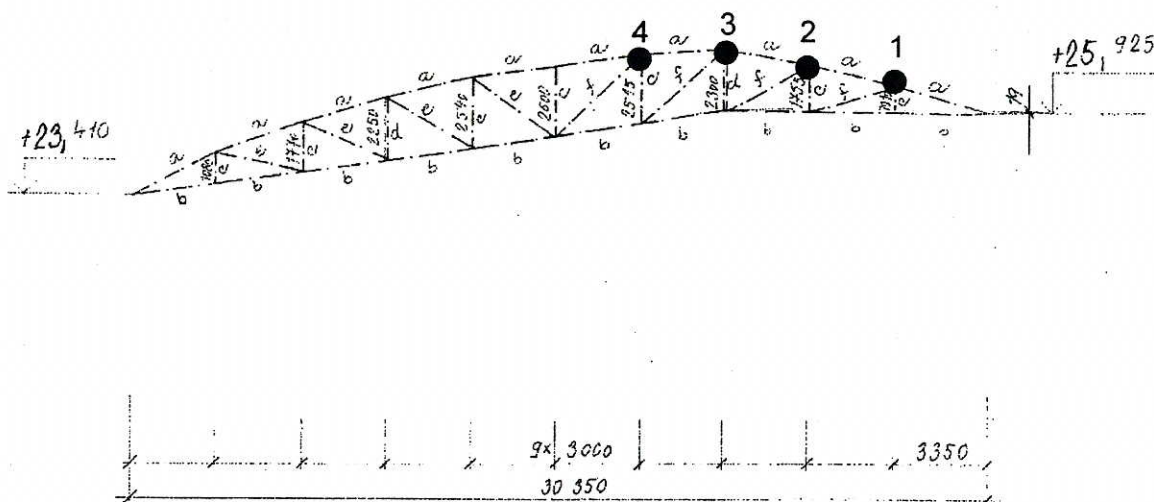
Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	3200	2200	2800	2600
2	3200	2200	2800	2600
3	3200	2200	2800	2600
4	3200	2200	2800	2600

Väzník č. 1. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môže vždy len jedna sila) 45 stupňov

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	3300	2300	2900	2700
2	3300	2300	2900	2700
3	3300	2300	2900	2700
4	3300	2300	2900	2700

Väzník č. 1. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môžu vždy len dve sily súčasne)

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1-2	2000	1000	1700	1500
1-3	2000	1000	1700	1500
1-4	2000	1000	1700	1500
2-3	2000	1000	1700	1500
2-4	2000	1000	1700	1500



Väzník č. 2. Uzly v ktorých môžu pôsobiť sily

Väzník č. 2. Sily pôsobiace samostatne (pôsobiť môže vždy len jedna sila) 90 stupňov

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	2700	1900	2300	2100
2	2700	1900	2300	2100
3	2700	1900	2300	2100
4	2700	1900	2300	2100

Väzník č. 2. Sily pôsobiace samostatne (pôsobiť môže vždy len jedna sila) 60 stupňov

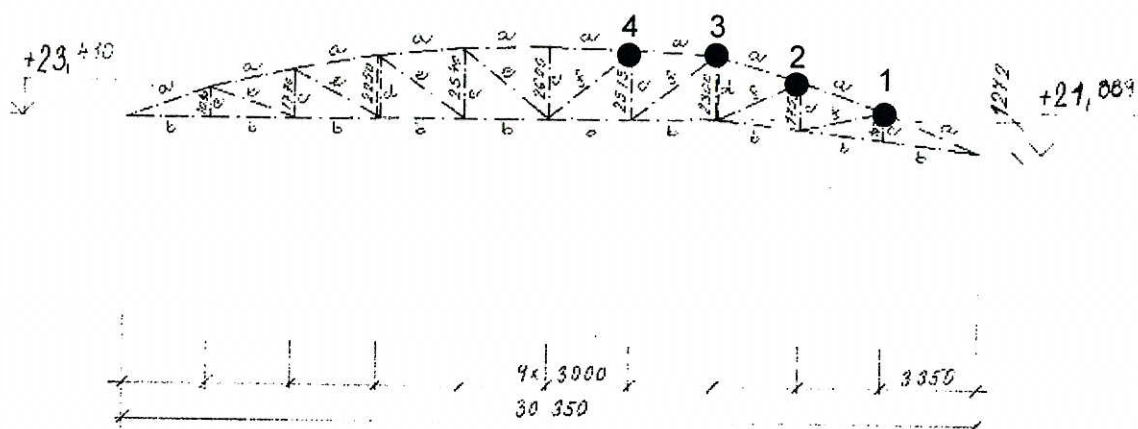
Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	2900	2000	2400	2200
2	2900	2000	2400	2200
3	2900	2000	2400	2200
4	2900	2000	2400	2200

Väzník č. 2. Sily pôsobiace samostatne (pôsobiť môže vždy len jedna sila) 45 stupňov

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	3000	2100	2500	2300
2	3000	2100	2500	2300
3	3000	2100	2500	2300
4	3000	2100	2500	2300

Väzník č. 2. Sily pôsobiace samostatne (pôsobiť môžu vždy len dve sily súčasne)

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1-2	1350	950	1300	1100
1-3	1350	950	1300	1100
1-4	1350	950	1300	1100
2-3	1350	950	1300	1100
2-4	1350	950	1300	1100



Väzník č. 3. Uzly v ktorých môžu pôsobiť sily

Väzník č. 3. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môže vždy len jedna sila) 90 stupňov

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	2500	1700	2100	1900
2	2500	1700	2100	1900
3	2500	1700	2100	1900
4	2500	1700	2100	1900

Väzník č. 3. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môže vždy len jedna sila) 60 stupňov

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	2600	1800	2200	2000
2	2600	1800	2200	2000
3	2600	1800	2200	2000
4	2600	1800	2200	2000

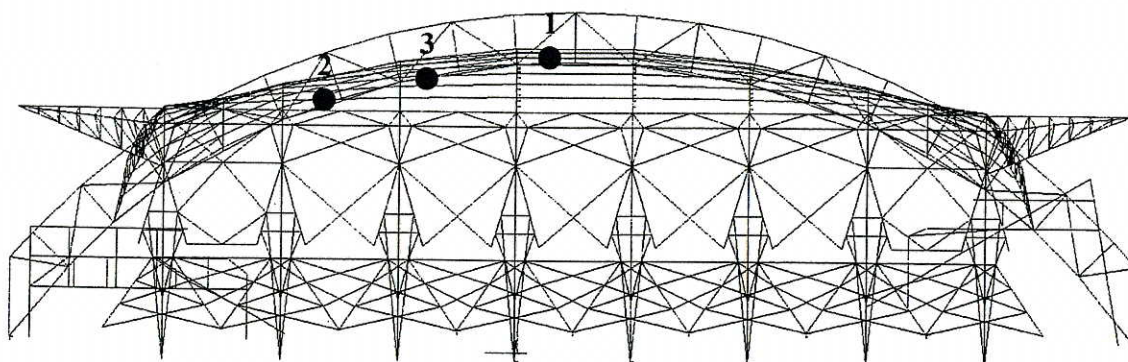
Väzník č. 3. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môže vždy len jedna sila) 45 stupňov

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	2700	1900	2300	2100
2	2700	1900	2300	2100
3	2700	1900	2300	2100
4	2700	1900	2300	2100

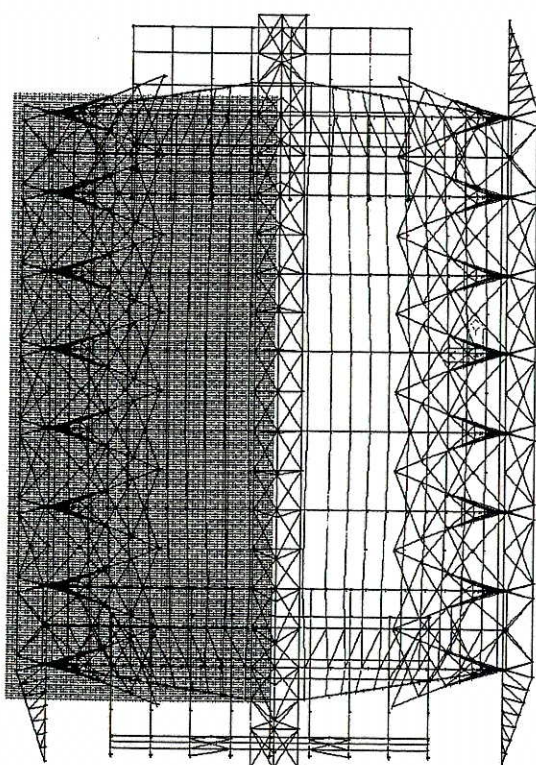
Väzník č. 3. Sily pôsobiace samostatne (pôsobit' môžu vždy len dve sily súčasne)

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1-2	1500	800	1200	1000
1-3	1500	800	1200	1000
1-4	1500	800	1200	1000
2-3	1500	800	1200	1000
2-4	1500	800	1200	1000

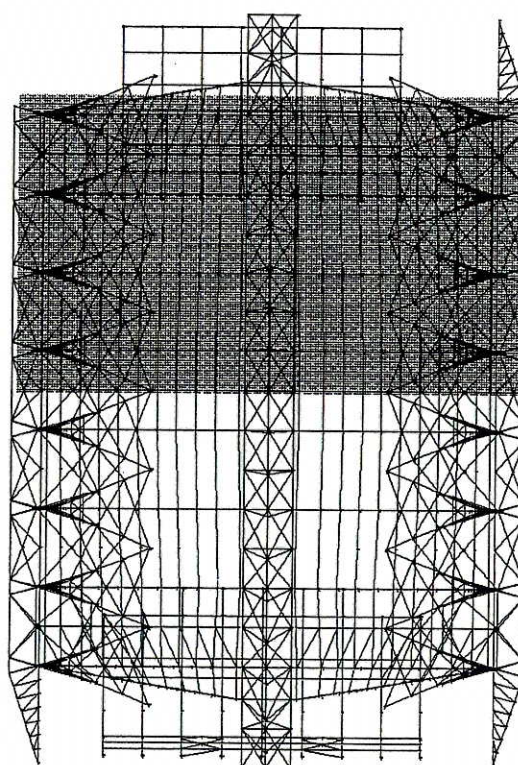
Zaťaženie na oblúk



Uzol zaťaženia oblúka – spodný pás, samostatné sily



Sneh polovičný 1



Sneh polovičný 2

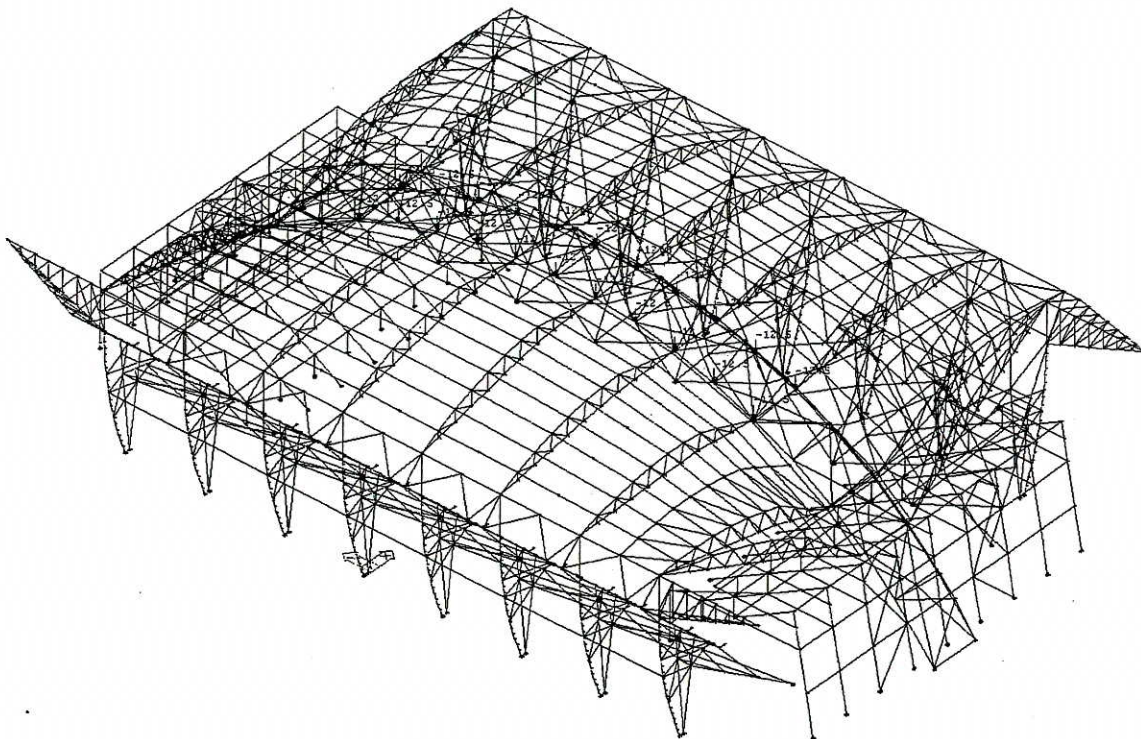
Zaťaženie polovičným snehom

Samostatné sily pôsobiace na spodný pás oblúka mimo styčníka

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	2000	1700	1800	1900
2	2000	1700	1800	1900
3	2000	1700	1800	1900
1, 2, 3	2000	1700	1800	1900

Zaťaženie na oblúk

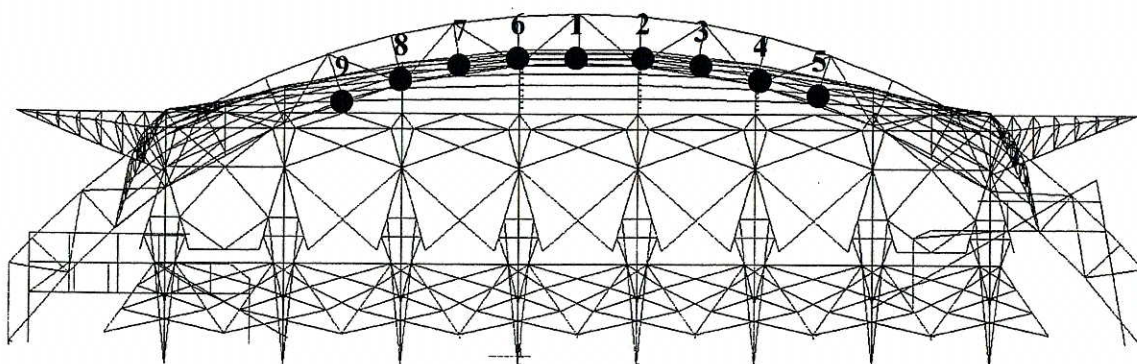
Zaťaženie - samostatné sily a zaťaženie na väznice a väzníky



Zaťaženie na oblúk

Zaťaženie 25 ton – 25 000kg - prídavná konštrukcia + zaťaženie snehom, stále zaťaženie a vlastná tiaž. Využitelnosť 99%.

Ak celkové zaťaženie zavesenej konštrukcie presiahne 12 000kg, je nutné pred zavesením konštrukcie odstrániť zo strešnej konštrukcie snehovú vrstvu.



Uzly pre zaťaženie oblúka - spodný pás na oboch stranách

Uzly pre zaťaženie oblúka - spodný pás na oboch stranách (vždy pôsobí len jedna sila na jednom páse, ale oboch stranách spodného pásu – ale to znamená, že nepôsobí žiadne iné zaťaženie ani na väzniciach ani na väzníkoch)

Uzol	Bez snehu [kg]	Plný sneh [kg]	Sneh polovičný 1 [kg]	Sneh polovičný 2 [kg]
1	9000	7000	8000	7500
2	9000	7000	8000	7500
3	9000	7000	8000	7500
4	9000	7000	8000	7500
5	9000	7000	8000	7500
6	9000	7000	8000	7500
7	9000	7000	8000	7500
8	9000	7000	8000	7500
9	9000	7000	8000	7500

Poznámka: Zamýšľam sa či im dávať také veľké hodnoty - obávam sa či správne pochopia, že tam nemôže byť zavesené nič iné a toto riešenie je dosť náchylné na lokálne poškodenie a spoje.

Posúdenie zvarov jednotlivých prútov od prít'azujúcich síl.

Pôvodný statický výpočet uvažoval s nasledovným zaťažením strechy:

- stále zaťaženie vrátane ľahkého podhľadu $0,68 \text{ kN/m}^2$
- zaťaženie snehom $0,70 \text{ kN/m}^2$
(zaťaženie na polovicu strechy, alebo zaťaženie na celú strechu)
- zaťaženie vetrom $0,55 \text{ kN/m}^2$
- zaťaženie osamelým bremenom $P=1,0 \text{ kN}$
(zaťaženie na hornom páse – ako pohyblivé vždy v najnepriaznivejšej polohe)

Všetky udané hodnoty zaťaženia sú normové. Jednotlivé súčinitele zaťaženia boli vzaté podľa normy zaťaženia STN 73 0035.

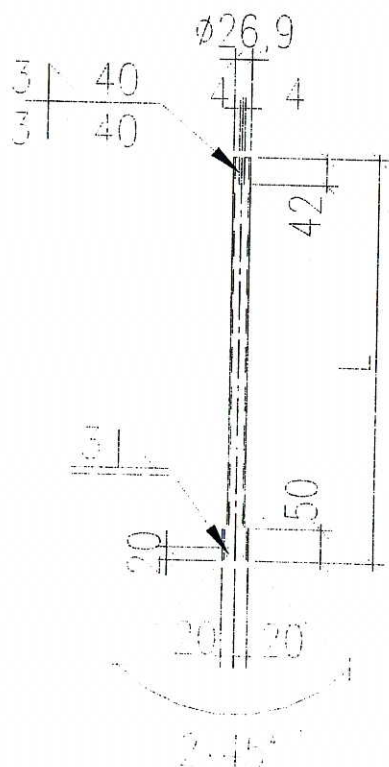
Všetko toto zaťaženie bolo uvažované postupne na posúdenie nosného trapézového plechu, priehradových väzníc, priehradových väzníkov a na nosný oblúk.

Dimenzie jednotlivých prútov väzníc:

- horný pás zvaraný T-profil – príruha P10 mm, stojina P6 mm – príruha je lomená podľa sklonu strechy
- spodný pás uholník L 80x80x6
- zvislice trubka TR $\varnothing 26,9 \times 2,6$
- diagonály trubka TR $\varnothing 26,9 \times 2,6$

Konce zvislíc a diagonál sú sploštené a sú privarené k hornému a spodnému pásu.

ZVISLICE



Maximálna sila z pôvodného výpočtu: $P_{\min} = -7,3 \text{ kN}$ tlak
Maximálna sila z dodatočného výpočtu zaťažovacích síl od závesov: $P_{\min} = -2,5 \text{ kN}$ tlak
 $P_{\max} = 7,1 \text{ kN}$ ťah

Bočné kutové zvary – kut.3 – pri hornom páse

$$\tau_{II} = \frac{P}{4 \cdot \beta \cdot m \cdot t \cdot L} = \frac{7,1 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,71 \cdot 18 \cdot 3 \cdot 40} = 17,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = 17,9 \text{ MPa} < 0,65 \cdot 210 = 136,5 \text{ MPa}$$

Šikmý kutový zvar pri spodnom páse – kut.3

$$L = 4 \times 28 = 112 \text{ mm}$$

$$P_{\perp} = P \cdot \sin 45^{\circ} = 7,1 \cdot 0,707 = 5,02 \text{ kN}$$

$$P_{\parallel} = 5,02 \text{ kN}$$

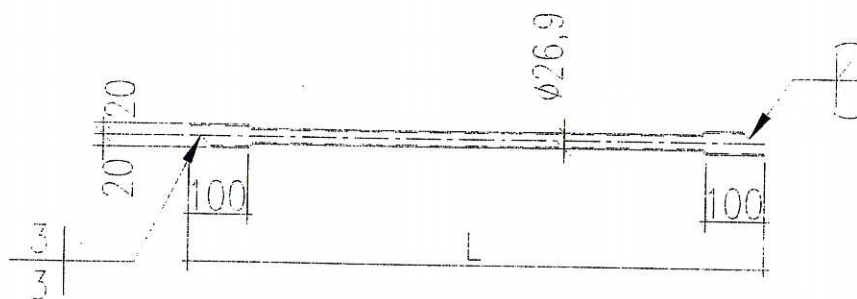
Napätie vo zvaroch:

$$\tau_{\perp} = \tau_{\parallel} = \frac{5,02 \cdot 10^3}{112 \cdot 0,73} = 21,34 \text{ MPa}$$

Pevnostná podmienka:

$$\sqrt{\left(\frac{21,34}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{21,34}{0,65}\right)^2} = 43,44 \text{ MPa} < 210 \text{ MPa}$$

DIAGONÁLY



Zaťažovacia sila z pôvodného výpočtu: $P_{\min} = -7,3 \text{ kN}$ tlak

Maximálna sila z dodatočného výpočtu zaťažovacích síl od závesov:

$P_{\min} = -14,5 \text{ kN}$ tlak

$P_{\max} = 1,7 \text{ kN}$ ťah

Bočné kutové zvary – kut.3 – pri spodnom páse

$$\alpha = 51,55^{\circ}$$

$$P_{\perp} = 14,5 \cdot \sin 51,55^{\circ} = 10,5 \text{ kN}$$

$$P_{\parallel} = 14,5 \cdot \cos 51,55^{\circ} = 10,0 \text{ kN}$$

Dĺžka zvaru $L = 2 \times 58 \text{ mm}$

Napätie vo zvaroch:

$$\tau_{\perp} = \frac{10,5 \cdot 10^3}{2,58 \cdot 0,73} = 43,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{10,0 \cdot 10^3}{2,58 \cdot 0,73} = 41,0 \text{ MPa}$$

Pevnostná podmienka: $\sqrt{\left(\frac{43,1}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{41,0}{0,65}\right)^2} = 85,3 \text{ MPa} < 210 \text{ MPa}$

Dimenzie jednotlivých prútov priehradových väzníkov:

- horný pás zváraný profil z plechov – tvoriaci trojuholník - príruha je lomená podľa sklonu strechy
- spodný pás uholník L 180x180x14 + plech P14x300 - trojuholník
- zvislice trubka TR Ø 60,3x4 a TR Ø 82,5x8
- diagonály trubka TR Ø 70x3,6 a TR Ø 82,5x5

Konce zvislíc a diagonál sú sploštené a sú privarené k hornému a spodnému pásu po celom dotykovom obvode kutovým zvarom.

Maximálne sily vo zvisliciach:

Podľa dodatočného výpočtu od závesov:

- max. ťahová sila $P_{\max} = 131,7 \text{ kN}$ - TR Ø 82,5x8
- max. tlaková sila $P_{\min} = -41,1 \text{ kN}$ - TR Ø 60,3x4

Podľa pôvodného statického výpočtu:

- max. ťahová sila $P_{\max} = 159,8 \text{ kN}$ - TR Ø 82,5x8
- max. tlaková sila $P_{\min} = -30,9 \text{ kN}$ - TR Ø 60,3x4

Maximálne sily v diagonálach:

Podľa dodatočného výpočtu od závesov:

- max. ťahová sila $P_{\max} = 70,9 \text{ kN}$ - TR Ø 82,5x5
- max. tlaková sila $P_{\min} = -33,9 \text{ kN}$ - TR Ø 82,5x5

Podľa pôvodného statického výpočtu:

- max. ťahová sila $P_{\max} = 57,9 \text{ kN}$ - TR Ø 82,5x5
- max. tlaková sila $P_{\min} = -46,4 \text{ kN}$ - TR Ø 82,5x5
- max. ťahová sila $P_{\max} = 92,8 \text{ kN}$ - TR Ø 70x3,6
- min. ťahová sila $P_{\min} = 29,3 \text{ kN}$ - TR Ø 70x3,6

Sily sú porovnateľné takže zvary zatiaľ vyhovujú.

Všetky horné a dolné pásy sú stykované tupým zvarom na plný prierez profilu.

Napriek tomu sú všetky zvary podľa výrobnej dokumentácie minimálne. Preto navrhujem pri osadzovaní vešadiel skontrolovať (premerať) veľkosť a kvalitu zvarov námatkovo. V prípade, že sa ukážu pri tejto kontrole nejaké rozdiely oproti výrobnej dokumentácii, budú sa musieť prijať opravné kroky, respektíve pristúpiť k zníženiu zaťaženia od dodatočných závesov. Aj napriek tomu navrhujem pri osadzovaní tiahiel podľa možnosti v týchto uzloch zvar zosilniť.

V konečnom dôsledku sa v prípade že nie je na streche sneh, môže pridať prídavné zaťaženie nahradzujúce nasledovné hodnoty:

- pre väznice – zaťažovacia šírka je cca 3,0 m
- $P_{\max} = 0,7 \times 1,152 \times 1,4 \times 3,0 \times 12 = 40,8 \text{ kN}$ – pravidelne rozdelených do jednotlivých styčníc
- pre väzníky – zaťažovacia šírka je 12,0 m
- $P_{\max} = 0,7 \times 1,152 \times 1,4 \times 12,0 \times 30,0 = 408,0 \text{ kN}$ - pravidelne rozdelených do jednotlivých styčníc

Pri osadzovaní jednotlivých tiahiel bude potrebné pripojiť k tomuto popisný štítok s jednotlivými možnými zaťaženiami, aby v budúcnosti nemohli byť prekročené maximálne hodnoty priťaženia.

V Košiciach, máj/2009

Ing. Mária Kolcunová