



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

LESNÍ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V BESKYDECH

FOREST OBSERVATION TOWER IN BESKYDY

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michaela Kamrádová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Šmak, Ph.D.

BRNO 2018

Obsah

1. Úmístění objektu	3
2. Navrhovaný objekt	4
2.1 Základní informace ke konstrukci	4
2.2 Architektonické řešení	4
3. Varianta A	5
3.1 Konstruktivní řešení	5
3.2 Globální deformace	6
3.3 Jednotkové posudky	7
3.3.1 MSP dřevěné prvky	7
3.3.2 MSP ocelové prvky	8
3.3.3 MSÚ dřevěné prvky	8
3.3.4 MSÚ ocelové prvky	8
3.4 Výpis Reakcí	9
3.5 Výkaz materiálů	9
3.6 Výhody dané varianty	11
3.7 Nevýhody dané varianty	11
4. Varianta B	11
4.1 Konstruktivní řešení	12
4.2 Globální deformace	12
4.3 Jednotkové posudky	13
4.3.1 MSP dřevěné prvky	13
4.3.2 MSP ocelové prvky	13
4.3.3 MSÚ dřevěné prvky	14
4.3.4 MSÚ ocelové prvky	14
4.4 Výpis reakcí	15
4.5 Výkaz materiálů	16
4.6 Výhody dané varianty	17
4.7 Nevýhody dané varianty	17
5. Zatížení	17
6. Výpočtový model	18
7. Podrobný popis varianty A	19
7.1 Materiály	21

7.2 Popis prvků konstrukce	21
8. Ochrana konstrukce	23
8.1 Ochrana dřevěných konstrukcí.....	23
8.1.1 Konstrukční ochrana.....	23
8.1.2 Chemická ochrana	23
8.1.3 Protipožární ochrana	24
8.2 Ochrana ocelových konstrukcí	24
8.2.1 Ochrana proti korozi.....	24
8.2.2 Protipožární ochrana	24
9. Postup výstavby.....	24
10. Závěr	25
11. Seznam použitých zdrojů.....	25

1. Umístění objektu

Dřevěno-ocelová vyhlídková věž je navržena v rekreační oblasti Pustevny, cestou k soše pohanského boha Radegasta a na horu Radhošť v nadmořské výšce cca 1060 m. Momentálně je zde jen jeden malý vyhlídkový altán Cyrilka z roku 1893. Blízko Pusteven stávala ještě další podobná rozhledna - Metodějka na vrchu Okružlý.



Obr.1: Altán Cyrilka

Z vyhlídkové věže budeme moci vidět údolí města Frenštát p. Radhoštěm, na Pustevny, pohoří a za dobré viditelnosti dohlédneme až na Lysou Horu a Slovensko. Na horní plošině bude umístěna panoramatická mapa výhledu.

Tato věž se nachází v turisticky velmi dobře dostupné oblasti. Lze se zde dostat vlakem a dále pak lanovou dopravou z Trojanovic, autobusem, autem, pěšky i na kole.



Obr. 2: Umístění vyhlídkové věže v turistické mapě

2. Navrhovaný objekt

2.1 Základní informace ke konstrukci

Nosná konstrukce věže je vysoká 38,5m a nachází se ve výšce cca 1060m.n.m. Půdorys konstrukce tvoří devítiúhelník, kde každým vrcholem prochází hlavní nosný sloup z lepeného lamelového dřeva a středem sloup z oceli. Průměr opsané kružnice devítiúhelníku má po celé výšce 24m. Ochozy i vyhlídkové plošiny jsou nezastřešené. Přístup na vyhlídku je vřetenovým schodištěm s mezipodestami okolo středového sloupu a dále pak možnost ve výšce 24m přejít na ochoz, který je navržen ve tvaru šroubovice až na samotnou vyhlídku.

2.2 Architektonické řešení

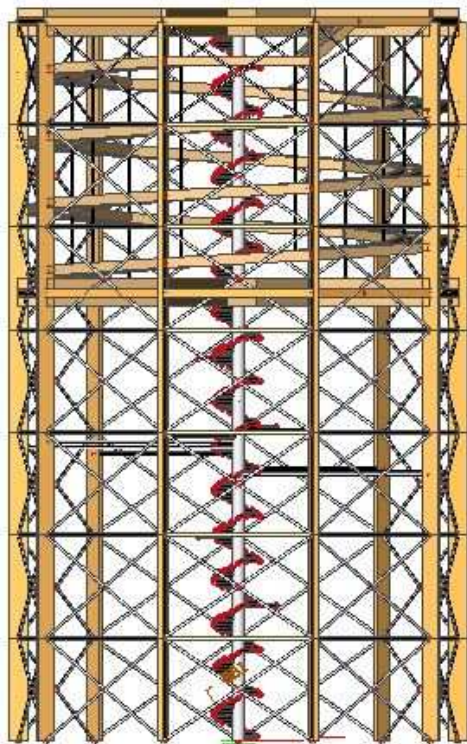
Navrhovaná konstrukce je zamýšlená jako součást stezky v korunách stromů. Slouží jako hlavní vyhlídková věž, ke které se ve výšce 24m připojuje pěší lávka. Lávka není součástí diplomové práce, proto se na tuto konstrukci dále nebudu zaměřovat.

Celý objekt má sloužit k přiblížení přírody lidem.

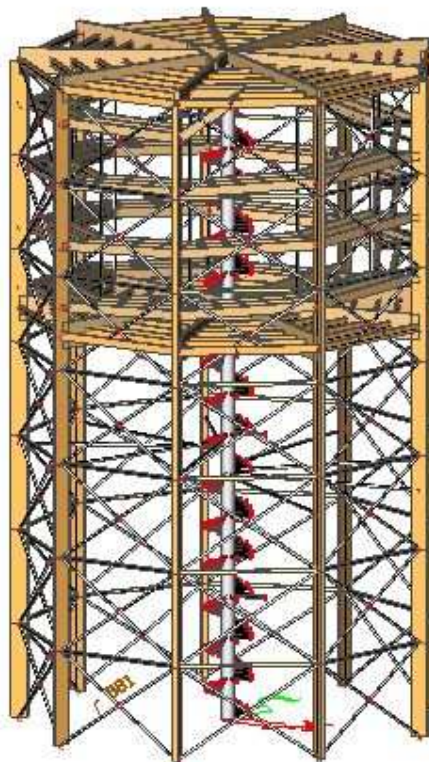
Nechala jsem se inspirovat podobnou konstrukcí, která již stojí v Lipně. Tato konstrukce je celorepublikový unikát. Součástí stezky jsou naučné didaktické prvky, které obohatí a rozšíří znalosti návštěvníků v oblasti přírody, její ochrany a funkce lesa. Další zajímavostí je, že zde najdeme nejdelší suchý tobogán v celé republice.

Nosná konstrukce je navržena ve dvou variantách. Varianta A se zdála jako celkově výhodnější řešení a proto ji budu počítat podrobněji.

3. Varianta A



Obr.3: Boční pohled varianty A

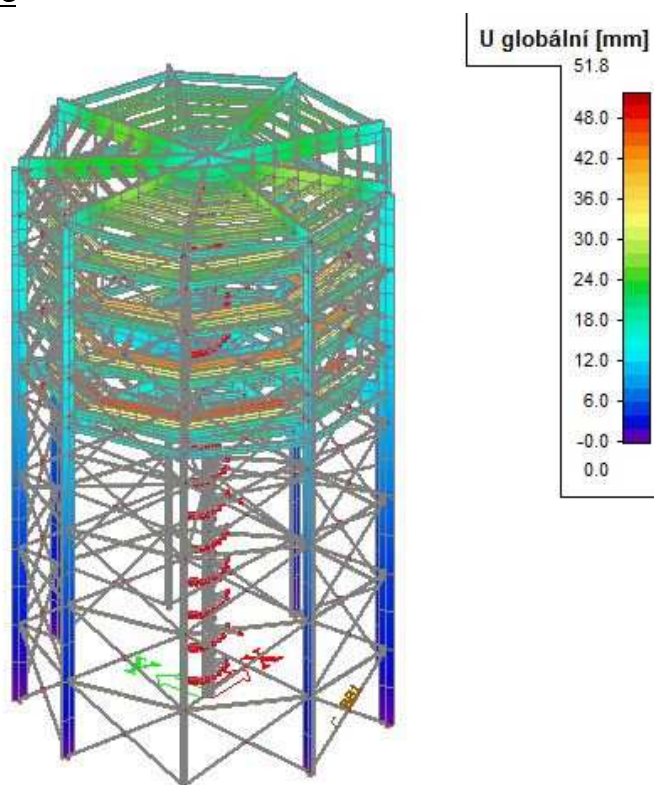


Obr. 4: Axonometrie varianty A

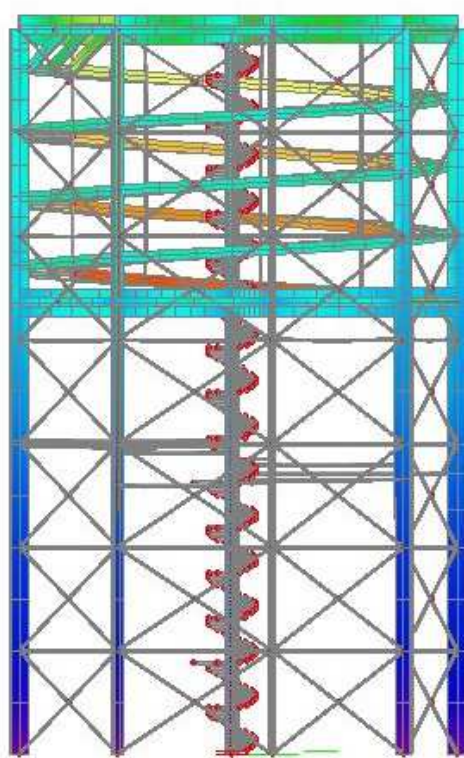
3.1 Konstrukční řešení

Hlavní nosný systém tvoří devět sloupů (240x1000mm) z lepeného lamelového dřeva GL24h a jeden středový sloup kruhového průřezu Ø720mm z oceli S235. Dřevěné nosné sloupy podporují ochoz a spolu se středovým sloupem dvě vyhlídkové plošiny. Středový sloup samotný podporuje vřetenové schodiště a konstrukci tobogánu. Torzní tuhost konstrukce je zajištěna horizontálními ztužidly (100x180mm) z rostlého dřeva pevnosti C24 a šikmými ztužidly z oceli S355, které jsou po výšce odstupňovány dle velikosti. Ve výšce 0-11m šikmé ztužidlo RO 152,4x11 mm, 11-22m šikmé ztužidlo RO 152,4x 7,1, 22-33m šikmé ztužidlo RO 152,4x5, 33-38,5m šikmé ztužidlo RO 108x5 mm. Zhruba ve 14 m jsou hlavní nosné sloupy přichyceny pomocí středních táhel z oceli S355 (RO 133x3,2mm) ke středovému sloupu. Tyto táhla jsou navržena tak, aby se vyhýbaly konstrukci tobogánu, který na výše uvedených obrázcích není ale je s ním uvažováno. Tobogán je podpírán šesti konzolami z oceli S235 (IPE 160) o délce 2,2 m.

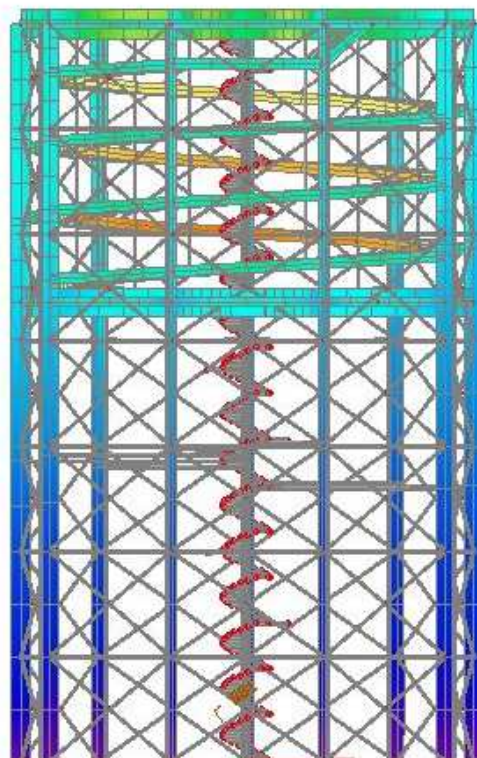
3.2 Globální deformace



Obr.5 : Axonometrický pohled globální deformace varianty A



Obr.6 : Pohled osy x varianty A



Obr.7 : Pohled osy y varianty A

Největší deformace se vyskytuje na středovém táhle o velikosti 51,8 mm.

Středové ztužidlo

$$u_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{12000}{300} = 40 \text{ mm}$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L}{150} = \frac{12000}{150} = 80 \text{ mm}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q2} + u_{inst,Q3} = 16,53 + 1,87 + 0,4 = 18,8 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q2} \cdot (1 + \psi_{2,Q2} \cdot k_{def}) + u_{inst,Q3} \cdot (\psi_{0,Q2} + \psi_{2,Q3} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin} = 16,53 \cdot (1 + 2) + 1,87 \cdot (1 + 0) + 0,4 \cdot (0,6 + 0) = 51,7 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} = \frac{18,8}{40} = 0,47 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} = \frac{51,7}{80} = 0,64 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

3.3 Jednotkové posudky

3.3.1 MSP dřevěné prvky

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Kombinace : použitelnost

Prvek	Průřez Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav k _{def} [-]	Jedn. posudek [-]	uy inst [mm] uz inst [mm]	Rel uy inst [1/xx] Rel uz inst [1/xx]	Posudek uy inst [-] Posudek uz inst [-]	uy fin [mm] uz fin [mm]	Rel uy fin [1/xx] Rel uz fin [1/xx]	Posudek uy fin [-] Posudek uz fin [-]
B120	Hlavní nosník - OBDEL GL24h	3,400	použitelnost/1 2,00	0,41	-3,0 -2,0	1/1773 1/8405	0,28 0,06	-7,3 -5,3	1/725 1/3094	0,41 0,10
B55	Horizontální ztužidlo - OBDEL C24	4,178	použitelnost/2 2,00	0,80	0,0 -7,4	1/10000 1/1130	0,00 0,44	0,0 -22,2	1/10000 1/377	0,00 0,80
konzola pro ochoz69	Podélník ochozu - OBDEL GL36h	3,546	použitelnost/3 2,00	0,94	0,0 -8,2	1/10000 1/865	0,00 0,58	0,0 -22,3	1/10000 1/319	0,00 0,94
konzola pro ochoz194	Horní nosník - OBDEL GL36h	4,448	použitelnost/4 2,00	0,86	-10,7 -8,6	1/965 1/1204	0,52 0,42	-29,7 -22,2	1/349 1/465	0,86 0,64
0;0;71	Podélník vrchního nosníku - OBDEL GL24h	3,571	použitelnost/4 2,00	0,94	0,0 -9,7	1/10000 1/736	0,00 0,68	0,0 -22,3	1/10000 1/320	0,00 0,94
0;0;151	Podélník spodního nosníku - OBDEL GL24h	3,571	použitelnost/2 2,00	0,87	0,0 -9,0	1/10000 1/797	0,00 0,63	0,0 -20,8	1/10000 1/344	0,00 0,87
367	Podélník nad schodištěm - OBDEL GL36h	3,124	použitelnost/5 2,00	0,73	0,0 5,4	0 1/1146	0,00 0,44	0,0 15,2	0 1/408	0,00 0,73

3.3.2 MSP ocelové prvky

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : Vše
Kombinace : použitelnost

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
konzola pro ochoz194	4,448	použitelnost/1	-10,7	1/965	-8,6	1/1204	0,21	0,17
B110	6,159	použitelnost/2	7,0	1/1172	-0,4	1/10000	0,17	0,01
7	1,339	použitelnost/3	-7,2	1/187	-0,3	1/4327	1,07	0,05
311	1,100	použitelnost/4	1,9	1/1151	-2,8	1/781	0,17	0,26
359	6,002	použitelnost/5	0,1	1/10000	-46,9	1/256	0,00	0,78
314	2,200	použitelnost/6	0,0	0	7,3	1/301	0,00	0,66
312	2,200	použitelnost/7	0,0	0	-10,0	1/219	0,00	0,91

3.3.3 MSÚ dřevěné prvky

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Kombinace : únosnost

Posudek dřeva podle MSÚ

Nosník	Průřez	Material	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek v řezu [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B85	Hlavní nosník - OBDEL	GL24h	3,600	únosnost/1	0,79	0,40	0,79	-
B109	Horizontální ztužidlo - OBDEL	C24	0,000	únosnost/2	0,65	0,11	0,65	-
konzola pro ochoz63	Podélník ochozu - OBDEL	GL36h	3,546	únosnost/1	0,37	0,36	0,37	-
konzola pro ochoz140	Horní nosník - OBDEL	GL36h	0,000	únosnost/3	0,95	0,95	0,00	-
0;0;16	Podélník vrchního nosníku - OBDEL	GL24h	0,000	únosnost/4	0,66	0,66	0,00	-
0;0;151	Podélník spodního nosníku - OBDEL	GL24h	3,571	únosnost/5	0,46	0,46	0,44	-
367	Podélník nad schodištěm - OBDEL	GL36h	3,124	únosnost/6	0,48	0,48	0,43	-

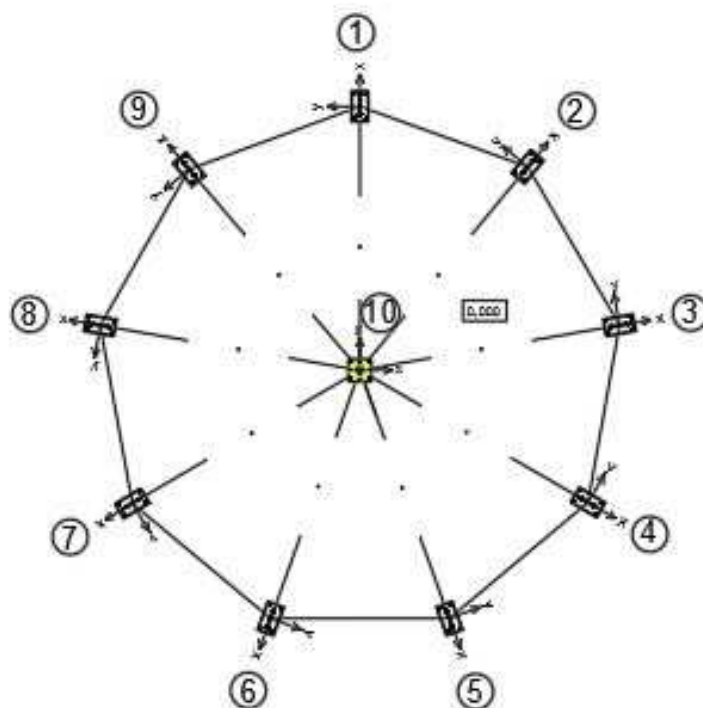
3.3.4 MSÚ ocelové prvky

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Kombinace : únosnost

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B144	Ztužidlo šikmé 0-11m - RO152.4X11	S 355	únosnost/8	0,000	0,94	0,13	0,94
B148	Ztužidlo šikmé 11-22m - RO152.4X7.1	S 355	únosnost/8	0,000	0,83	0,12	0,83
B205	Ztužidlo šikmé 22-33m - RO152.4X5	S 355	únosnost/9	0,000	0,88	0,13	0,88
B226	Ztužidlo šikmé 33-38,5m - RO108X5	S 355	únosnost/10	0,000	0,87	0,07	0,87
330	Konzola pro ochoz - IPE400	S 355	únosnost/11	0,000	0,83	0,59	0,83
konzola pro ochoz166	Táhlo - RO73X3.2	S 235	únosnost/12	0,000	0,95	0,95	0,00
B256	Středový sloup - Trubka	S 235	únosnost/13	0,000	0,84	0,48	0,84
9	Schodiště - Za studena tvarovaný U profil	S 235	únosnost/14	0,000	0,33	0,33	0,21
311	Konzola pro tobogán - IPE160	S 235	únosnost/15	0,000	0,55	0,53	0,55
360	Středové táhlo - RO133X3.2	S 235	únosnost/16	6,000	0,66	0,14	0,66

3.4 Výpis Reakcí

ČÍSLO	STAV	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)
1	MIN	-234,85	-61,30	64,33
	MAX	242,10	32,87	1376,34
2	MIN	-153,71	-132,81	147,10
	MAX	170,58	114,44	1274,27
3	MIN	-70,56	-221,71	-48,51
	MAX	45,27	208,88	1332,90
4	MIN	-121,51	-198,73	-8,62
	MAX	84,40	154,38	1334,59
5	MIN	-200,00	-60,82	114,90
	MAX	227,00	94,64	1327,02
6	MIN	-202,37	-43,42	101,68
	MAX	224,63	94,80	1391,49
7	MIN	-86,63	-165,38	120,08
	MAX	105,75	179,79	1350,05
8	MIN	-37,17	-200,22	71,13
	MAX	71,71	228,06	1454,14
9	MIN	-161,37	-134,84	185,20
	MAX	160,28	122,63	1343,66
10	MIN	-46,87	-47,74	581,02
	MAX	42,87	43,27	1890,01



Obr. 8: Schéma reakcí varianty A

3.5 Výkaz materiálů

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Středový sloup - Trubka (720; 10)	S 235	175,1	38,500	6739,9	87,081	7850,0	8,5858e-01
Podélník ochozu - OBDEL (240; 540)	GL36h	58,3	663,689	38706,3	1035,355	450,0	8,6014e+01
Konzola pro ochoz - IPE400	S 355	66,3	100,300	6653,1	147,098	7850,0	8,4753e-01
Konzola pro tobogán - IPE160	S 235	15,8	13,200	208,3	8,217	7850,0	2,6532e-02
Horizontální ztužidlo - OBDEL (100; 180)	C24	6,3	443,085	2791,4	248,128	350,0	7,9755e+00
Horní nosník - OBDEL (240; 1500)	GL36h	162,0	219,966	35634,5	765,483	450,0	7,9188e+01
Podélník spodního nosníku - OBDEL (180; 460)	GL24h	31,5	322,830	10157,5	413,223	380,0	2,6730e+01
Schodiště - Za studena tvarovaný U profil (162; 55; 4; 6)	S 235	8,1	340,635	2748,9	177,880	7850,0	3,5018e-01
Podélník vrchního nosníku - OBDEL (180; 480)	GL24h	32,8	316,564	10393,4	417,864	380,0	2,7351e+01
Podélník nad schodištěm - OBDEL (240; 550)	GL36h	59,4	6,193	367,9	9,785	450,0	8,1748e-01
Táhlo - RO73X3,2	S 235	5,5	119,305	657,5	27,295	7850,0	8,3752e-02
Středové táhlo - RO133X3,2	S 235	10,2	107,959	1101,7	44,999	7850,0	1,4035e-01
Hlavní nosník - OBDEL (240; 1000)	GL24h	91,2	346,500	31600,8	859,321	380,0	8,3160e+01
Ztužidlo šikmé 0-11m - RO152,4X11	S 355	38,4	355,619	13650,9	169,847	7850,0	1,7390e+00
Ztužidlo šikmé 11-22m - RO152,4X7,1	S 355	25,4	355,619	9044,8	169,986	7850,0	1,1522e+00
Ztužidlo šikmé 22-33m - RO152,4X5	S 355	18,2	355,619	6476,5	169,986	7850,0	8,2503e-01
Ztužidlo šikmé 33-38,5m - RO108X5	S 355	12,7	177,809	2261,2	60,277	7850,0	2,8805e-01

-lepené lamelové dřevo GL24h 137,24 m³ 52151,7 kg

-lepené lamelové dřevo GL36h 166,02 m³ 74708,7 kg

-rostlé dřevo C24 7,98 m³ 2791,4 kg

-ocel S235 1,46 m³ 11456,3 kg

-ocel S355 4,86 m³ 38086,5 kg

Celková hmotnost dřevěných prvků: 129651,8 kg

Celková hmotnost ocelových prvků: 49542,8 kg

Celková hmotnost celé nosné konstrukce : 179194,6 kg

Pozn.: Do těchto hmotností jsou zahrnuty pouze nosné prvky konstrukce.

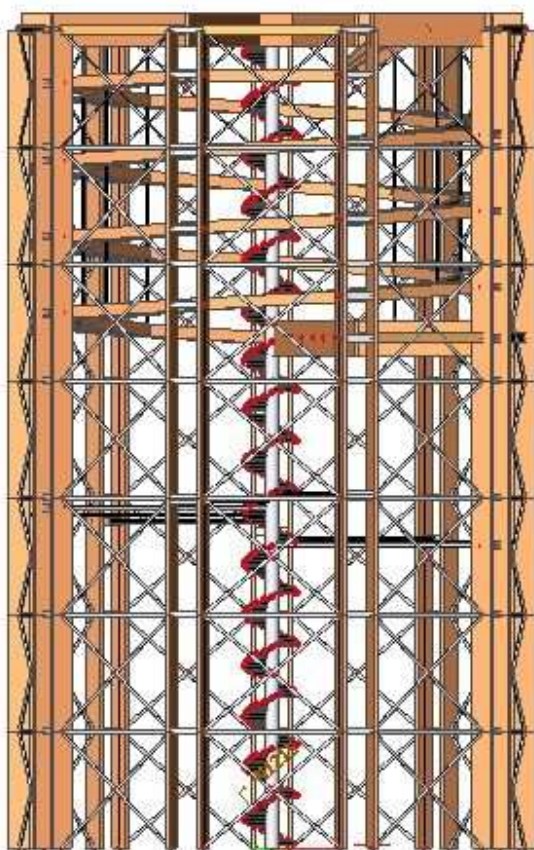
3.6 Výhody dané varianty

- větší plocha vyhlídky
- celkově lepší vzhled konstrukce
- menší globální deformace

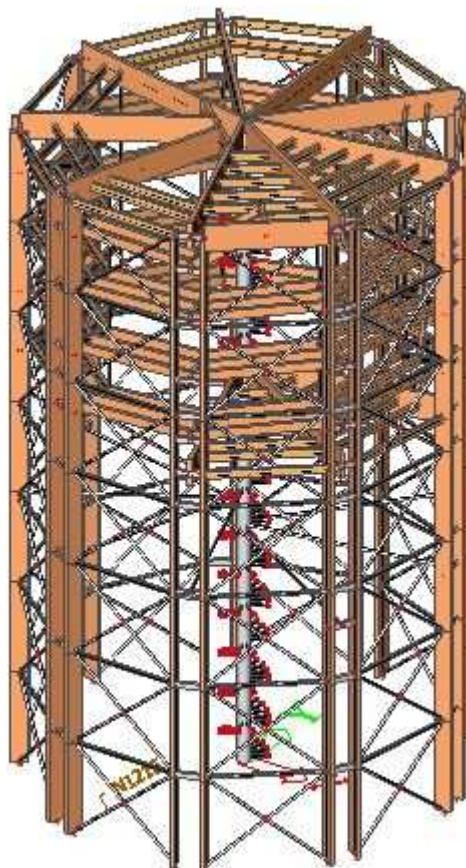
3.7 Nevýhody dané varianty

- větší hmotnost konstrukce
- vyšší cena konstrukce

4. Varianta B



Obr.9: Boční pohled varianty B



Obr. 10: Axonometrie varianty B

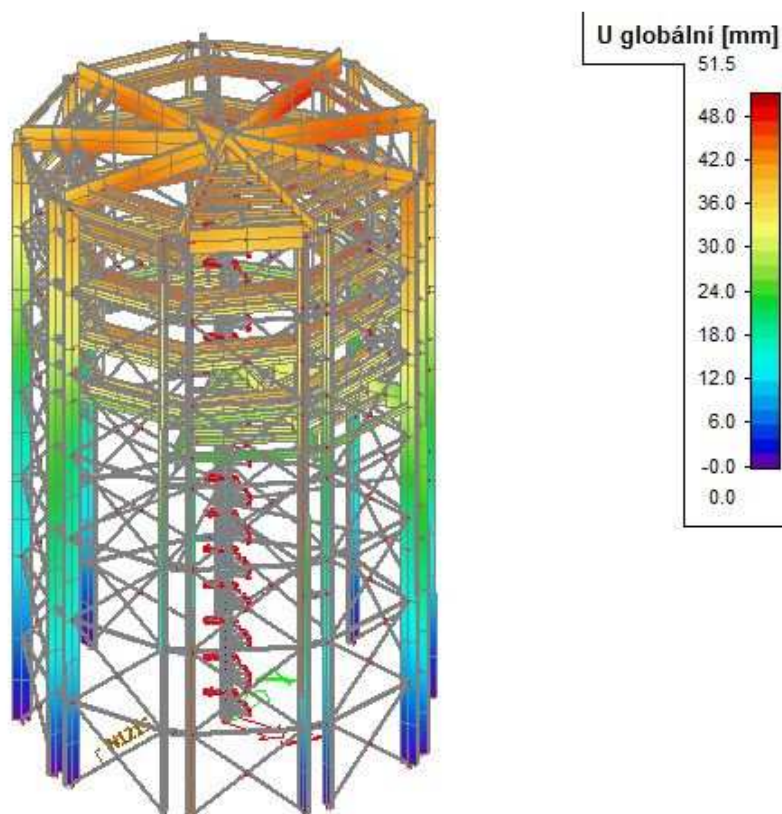
4.1 Konstrukční řešení

Tato varianta se od varianty A liší tím, že hlavní nosný systém tvoří osmnáct nosných sloupů z lepeného lamelového dřeva GL24h (240x1000mm) a jeden středový sloup kruhového průřezu $\varnothing 720\text{mm}$ z oceli S235. Každé dva hlavní sloupy jsou propojeny ocelovým příčným (S355) z jeklu RRO 320X220X12,5 mm.

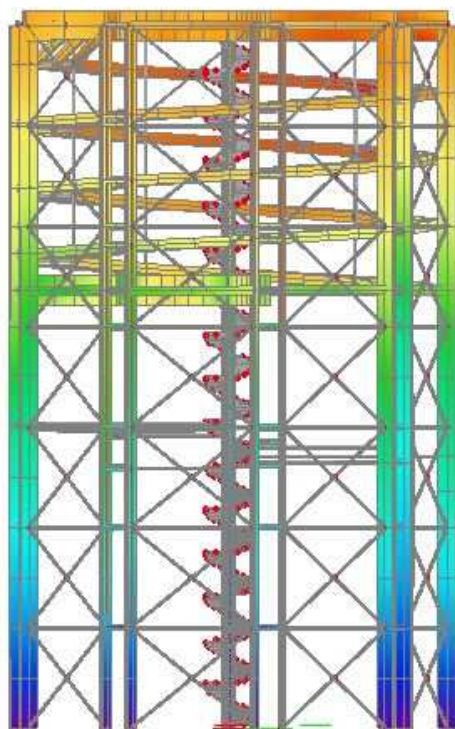
Další odlišností této varianty je vyhlídková plocha, kterou tvoří pouze ochoz o šířce 2,7 m.

Díky těmto konstrukčním změnám se změnily i dimenze průřezů.

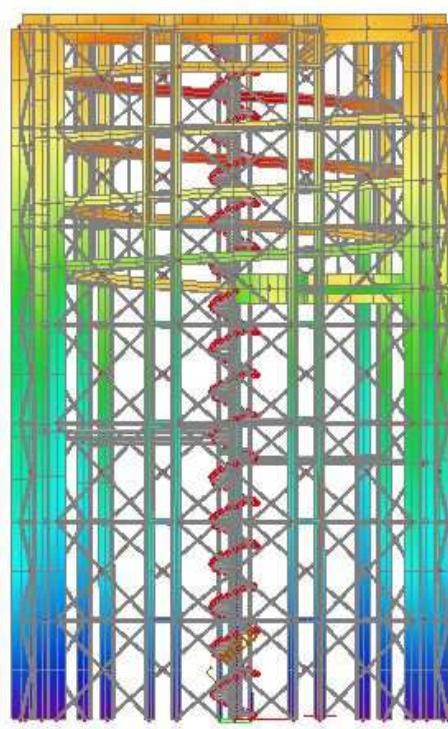
4.2 Globální deformace



Obr.11 : Axonometrický pohled globální deformace varianty B



Obr.12 : Pohled osy x varianty B



Obr.13 : Pohled osy y varianty B

4.3 Jednotkové posudky

4.3.1 MSP dřevěné prvky

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
konzola pro ochoz201	0,000	použitelnost/1	-11,5	1/1048	0,0	0	0,19	0,00
153	1,340	použitelnost/3	-2,9	1/464	-1,1	1/1246	0,43	0,16
359	6,002	použitelnost/4	1,4	1/8729	-51,0	1/235	0,02	0,85
B522	5,500	použitelnost/5	0,0	0	9,5	1/578	0,00	0,35
325	2,950	použitelnost/6	0,0	0	-14,3	1/206	0,00	0,97
469	0,000	použitelnost/7	0,0	0	6,2	1/250	0,00	0,80

4.3.2 MSP ocelové prvky

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
konzola pro ochoz201	0,000	použitelnost/1	-11,5	1/1048	0,0	0	0,19	0,00

153	1,340	použitelnost/3	-2,9	1/464	-1,1	1/1246	0,43	0,16
359	6,002	použitelnost/4	1,4	1/8729	-51,0	1/235	0,02	0,85
B522	5,500	použitelnost/5	0,0	0	9,5	1/578	0,00	0,35
325	2,950	použitelnost/6	0,0	0	-14,3	1/206	0,00	0,97
469	0,000	použitelnost/7	0,0	0	6,2	1/250	0,00	0,80

4.3.3 MSÚ dřevěné prvky

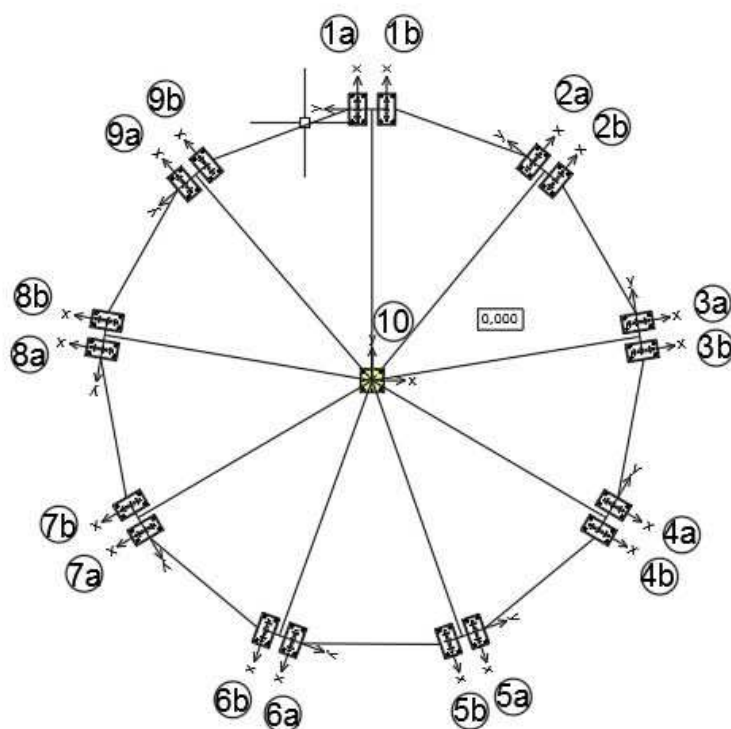
Nosník	Průřez	Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek v řezu [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B70	Horizontální ztužidlo - OBDEL	C24	3,344	únosnost/1	0,65	0,20	0,65	-
konzola pro ochoz114	Podélník ochozu - OBDEL	GL36h	3,539	únosnost/2	0,37	0,37	0,35	-
0;0;81	Podélník vrchního nosníku - OBDEL	GL24h	3,565	únosnost/4	0,51	0,51	0,50	-
0;0;116	Podélník spodního nosníku - OBDEL	GL24h	0,000	únosnost/5	0,38	0,38	0,00	-
B453	Hlavní nosník - OBDEL	GL36h	5,500	únosnost/6	0,92	0,42	0,92	-

4.3.4 MSÚ ocelové prvky

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B144	Ztužidlo šikmé 0-11m - RO152.4X16	S 355	únosnost/1	0,000	0,93	0,16	0,93
B205	Ztužidlo šikmé 22-33m - RO152.4X5	S 355	únosnost/2	0,000	0,83	0,16	0,83
B243	Ztužidlo šikmé 33-38,5m - RO108X8	S 355	únosnost/3	0,000	0,77	0,07	0,77
356	Konzola pro ochoz - IPE450	S 355	únosnost/4	0,000	0,91	0,49	0,91
konzola pro ochoz152	Táhlo - RO73X7.1	S 235	únosnost/5	0,000	0,90	0,90	0,00
B256	Středový sloup - Trubka	S 235	únosnost/6	0,000	0,70	0,42	0,70
9	Schodiště - Za studena tvarovaný U profil	S 235	únosnost/7	0,000	0,33	0,33	0,21
362	Střední táhlo - RO133X20	S 235	únosnost/8	5,997	0,71	0,16	0,71
400	Příčník - RRO320X220X12.5	S 355	únosnost/9	0,870	0,36	0,25	0,36

4.4 Výpis reakcí

ČÍSLO	STAV	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)	ČÍSLO	STAV	R _x (kN)	R _y (kN)	R _z (kN)
1a	MIN	-277,35	-88,51	-1012,92	1b	MIN	-159,85	-92,73	-873,00
	MAX	167,20	43,81	1855,63		MAX	289,71	40,75	1944,48
2a	MIN	-198,12	-92,98	-1182,35	2b	MIN	-98,79	-161,32	-833,68
	MAX	225,95	74,85	1630,86		MAX	110,19	159,27	1381,28
3a	MIN	-116,41	-126,65	-799,26	3b	MIN	-36,47	-293,93	-918,96
	MAX	60,98	229,55	1629,85		MAX	15,31	180,20	1822,35
4a	MIN	-54,77	-244,82	-1169,97	4b	MIN	-167,36	-159,70	-980,98
	MAX	40,52	231,98	1719,83		MAX	152,80	131,23	1416,64
5a	MIN	-119,66	-98,78	-718,90	5b	MIN	-229,38	-11,66	-1233,35
	MAX	226,98	165,99	1763,56		MAX	252,52	14,49	1699,02
6a	MIN	-176,68	-11,66	-1007,39	6b	MIN	-200,02	-88,04	-694,74
	MAX	305,82	15,13	2034,97		MAX	106,80	142,23	1551,59
7a	MIN	-130,03	-150,81	-817,95	7b	MIN	-41,16	-227,65	-974,07
	MAX	159,24	111,46	1508,52		MAX	51,39	231,42	1751,23
8a	MIN	-16,19	-288,26	-998,37	8b	MIN	-51,46	-115,78	-636,91
	MAX	37,99	182,15	1829,94		MAX	120,51	237,97	1705,35
9a	MIN	-107,30	-156,75	-974,49	9b	MIN	-209,18	-87,21	-1017,29
	MAX	104,75	168,62	1473,69		MAX	205,66	78,66	1751,53
10a	MIN	-46,80	-41,85	533,92					
	MAX	44,24	46,89	1470,82					



Obr.14 :Schéma reakcí varianty B

4.5 Výkaz materiálů

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Středový sloup - Trubka (720; 10)	S 235	175,1	38,500	6739,9	87,081	7850,0	8,5858e-01
Podélník ochozu - OBDEL (240; 540)	GL36h	58,3	707,629	41268,9	1103,901	450,0	9,1709e+01
Konzola pro ochoz - IPE450	S 355	77,6	100,400	7786,8	161,140	7850,0	9,9195e-01
Horizontální ztužidlo - OBDEL (120; 180)	C24	7,6	361,784	2735,1	217,070	350,0	7,8145e+00
Horní nosník - OBDEL (240; 1600)	GL36h	172,8	152,685	26383,9	561,880	450,0	5,8631e+01
Podélník spodního nosníku - OBDEL (180; 460)	GL24h	31,5	89,192	2806,3	114,166	380,0	7,3851e+00
Schodiště - Za studena tvarovaný U profil (162; 55; 4; 6)	S 235	8,1	340,635	2748,9	177,880	7850,0	3,5018e-01
Podélník vrchního nosníku - OBDEL (180; 480)	GL24h	32,8	198,037	6502,0	261,409	380,0	1,7110e+01
Podélník pro schodiště - OBDEL (240; 500)	GL36h	54,0	3,044	164,4	4,505	450,0	3,6529e-01
Táhlo - RO73X7.1	S 235	11,5	119,308	1376,8	27,295	7850,0	1,7538e-01
Střední táhlo - RO133X3.2	S 235	10,2	107,959	1101,7	44,999	7850,0	1,4035e-01
Hlavní nosník - OBDEL (240; 1000)	GL36h	108,0	693,000	74844,0	1718,641	450,0	1,6632e+02
Ztužidlo šikmé 0-11m - RO152.4X16	S 355	53,9	624,123	33609,6	298,087	7850,0	4,2815e+00
Ztužidlo šikmé 22-33m - RO152.4X5	S 355	18,2	312,062	5683,3	149,166	7850,0	7,2398e-01
Ztužidlo šikmé 33-38,5m - RO108X8	S 355	19,7	156,031	3074,4	52,812	7850,0	3,9164e-01
Příčník - RRO320X220X12.5	S 355	98,1	172,905	16966,3	179,821	7850,0	2,1613e+00

-lepené lamelové dřevo GL24h	24,50 m ³	9308,3 kg
-lepené lamelové dřevo GL36h	317,03 m ³	142661,2 kg
-rostlé dřevo C24	7,39 m ³	2735,1kg
-ocel S235	1,56 m ³	11967,3kg
-ocel S355	8,530m ³	67120,4kg

Celková hmotnost dřevěných prvků: 154704,60 kg

Celková hmotnost ocelových prvků: 79087,70 kg

Celková hmotnost celé nosné konstrukce : 233792,30 kg

Pozn.: Do těchto hmotností jsou zahrnuty pouze nosné prvky konstrukce.

4.6 Výhody dané varianty

- nižší cena konstrukce
- menší hmotnost konstrukce

4.7 Nevýhody dané varianty

- menší plocha vyhlídky
- dvojnásobný počet vnějších sloupů
- větší globální deformace

5. Zatížení

Výpočet zatížení byl proveden dle normativních podkladů. Základní klimatické zatížení bylo stanoveno z příslušných map. Charakteristická hodnota zatížení sněhem byla stanovena: $s_k=5,9$ kN/m². Hodnota základní rychlosti větru je podle mapy větrných oblastí $V_{bo}=30$ m/s. Podrobnější informace k zatížení viz. statický výpočet.

Zatížení bylo uvažováno v těchto zatěžovacích stavech (dále jen ZS):

Stálé zatížení

ZS1-Vlastní tíha nosné konstrukce

ZS2- Ostatní stálé zatížení

Užitné zatížení

ZS4- Užitné zatížení na plošinách 1.šach

ZS5 - Užitné zatížení na plošinách 2.šach

ZS6 - Užitné zatížení na plošinách 3.šach

ZS7 - Užitné zatížení na plošinách 4.šach

ZS8 - Sníh 1.šach

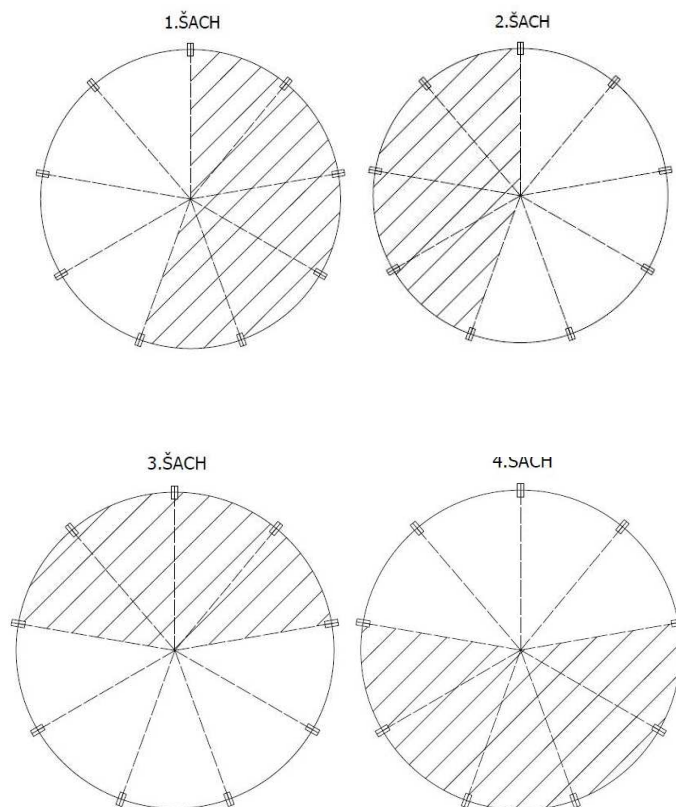
ZS9 - Sníh 2.šach

ZS10 - Sníh 3.šach

ZS11 - Sníh 4.šach

ZS12 - Vítr

Rozmístění šachů na konstrukci:



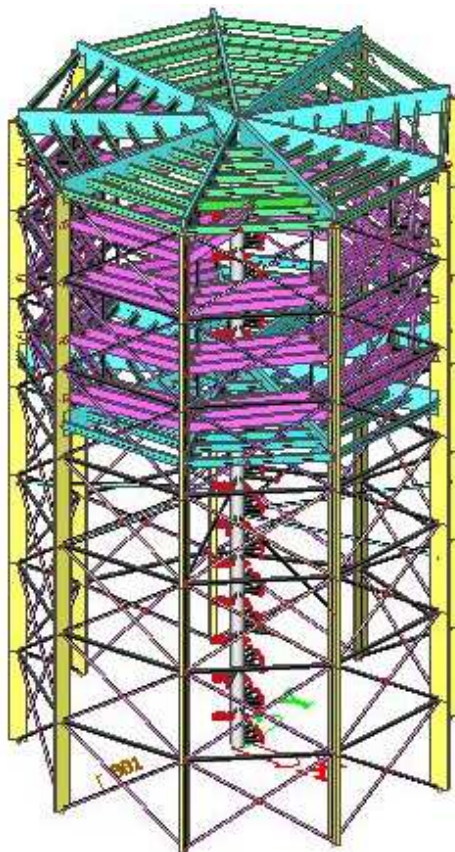
Obr.15 : Schéma jednotlivých šachů

6. Výpočtový model

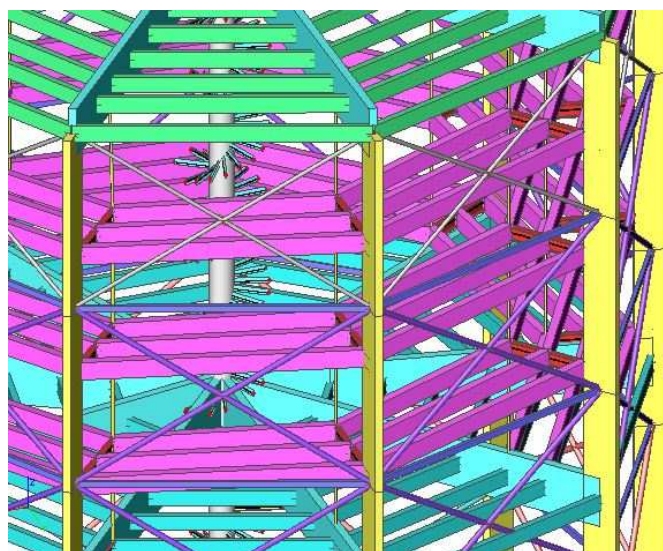
Nosný systém konstrukce byl vymodelován jako prutový model programem SCIA Engineer 16. Na konstrukci působí výše zmiňované zatěžovací stavy, ke kterým byly vytvořené příslušné kombinace. V programu byl proveden lineární výpočet metodou konečných prvků. Hlavní nosník a středový sloup byly posouzeny i ručním výpočtem dle platných norem ČSN EN.

7. Podrobný popis varianty A

Pro podrobnější výpočet jsem si zvolila variantu A. A to z důvodu větší plochy vyhlídky, menší spotřebě materiálu, nižší ceně a celkově lepšímu vzhledu.



Obr.16 : Zastoupení prvků v barvách



Obr.17 : Detail prvků dle barev

žlutá - hlavní sloupy
světle modrá - horní nosníky
šedá- středový sloup
červená- konzola pro ochoz
zelená - podélník horního nosníku
světlejší modrá- podélník spodního nosníku
růžová- podélních ochozu
tmavě šedá- šikmé ztužidla 33,0-35,8m
tmavě modrá - šikmé ztužidla 22,0-33,0m
pestře žlutá- táhlo
lososová - střední táhlo
fialová- šikmé ztužidla 11,0-22,0m
světle růžová- šikmé ztužidla 00,0-11,0m
blankytně modrá- horizontální ztužidlo
mentolová - schodiště

Popis konstrukce:

Vyhlídková věž je vysoká 38,5m. Jsou zde umístěny dvě vyhlídky, první je v úrovni +24,0m na kterou se dostaneme pomocí vřetenového schodiště okolo středového sloupu nebo pomocí lávky pro pěší, která v této úrovni navazuje ale není zahrnuta do diplomové práce. Dolů z vyhlídky se můžeme dostat opět pomocí schodiště, lávky pro pěší nebo suchým tobogánem o délce 52m. Druhá vyhlídka se nachází v úrovni +38,5m, na kterou se dostaneme pomocí spirálového ochozu, nebo pomocí vřetenového schodiště. Na vrchu konstrukce bude umístěna panoramatická mapa výhledu.

Obě vyhlídky jsou nesené podélníky vrchního nebo spodního ochozu obdélníkového průřezu, ty dále roznášejí zatížení do vodorovných horních nosníků obdélníkového průřezu a následně do hlavních nosných sloupů také obdélníkového průřezu. Vodorovné nosníky jsou v mírném sklonu aby byl zajištěn co nejrychlejší odtok srážkové vody.

Spirálovitý ochoz má vnější průměr 23 m a šířku 2,2 m. Zatížení z ochozu se přenáší do podélníku ochozu obdélníkového průřezu, dále do ocelových konzol pro ochoz IPE 400, které jsou připojeny na hlavní nosné sloupy obdélníkového průřezu.

Výpočet vřetenového schodiště i samotného schodiště na vyhlídku viz. statický výpočet.

Podlaha vyhlídkových plošin a ochozu je z dřevěných desek o tl. 50 mm. Desky musí být stejně jako nosné prvky konstrukce opatřeny nátěrem proti dřevokazným houbám, škůdcům a plísním.

Všechny plochy, kde je předpokládán pohyb osob jsou opatřeny dřevěným zábradlím o výšce 1,1 m. Aby bylo zabráněno dětem zábradlí přelézat, byly navrženy madla a svislé sloupky ze dřeva a jako výplň navrženo pletivo. Hlavní nosné sloupky zábradlí jsou osově vzdálené 1 m.

Na horní plošině věže je umístěno noční výstražné osvětlení červené barvy a bleskosvod.

Po obvodu konstrukce ochozu jsou umístěny led světelné lana, které svítí 6 různými barvami, díky kterým je vyhlídková věž přístupná až do večerních hodin a dotváří tím příjemnou atmosféru a podtrhují design věže.

7.1 Materiály

Hlavní nosné sloupky a podélníky spodního i horního ochozu byly navrženy z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h, horní nosníky a podélníky ochozu byly navrženy z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL36h a horizontální ztužidla byla navržena z rostlého dřeva pevnostní třídy C24. Středový ocelový sloup, šikmá ztužidla, konzoly pro tobogán, schodiště, střední táhlo i táhlo byly navrženy z oceli S235. Konzola pro ochoz byla navržena z oceli S355.

7.2 Popis prvků konstrukce

Hlavní sloupky

Sloupky jsou obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva GL24h 240x1000 mm, po celé výšce 38,5 m mají stejný průřez. Sloup je ve dvaceti metrech výšky opatřen polotuhým montážním spojem (viz. statický výpočet). Sloupky tvoří hlavní nosný systém věže a přenáší zatížení od vodorovných prvků. Jsou opatřeny horizontálními ztužidly a šikmými ztužidly, aby byla zajištěna torzní stabilita. Pro zkrácení vzpěrné délky v druhém směru, se ve 14 m hlavní sloupky přichytí pomocí táhel ke středovému sloupu. Do základu jsou kotveny kloubově.

Středový sloup

Sloup má průřez roury o $\varnothing 720$ mm tl. stěny 10 mm. Ve dvaceti metrech je opatřen montážním spojem (viz. statický výpočet). Na sloup se připojí schodiště (detail spoje viz. výkresová dokumentace) a přivaří se konzoly pro tobogán. Sloup přenáší podíl zatížení z vodorovných horních nosníků, středového táhla, schodiště a tobogánu.

Horní nosník

Úkolem tohoto nosníku je ztuhlout konstrukci ve vodorovném směru a přenášet zatížení z vyhlídkových plošin do hlavních nosných sloupů. Nosníky jsou ke sloupům připojeny kloubově. Prvek byl navržen z lepeného lamelového dřeva GL36h o rozměrech 240x1500 mm a délce 11,5 m.

Podélník ochozu

Podélník je z lepeného lamelového dřeva GL36h o rozměrech 240x540mm. Podélníky tvoří části spirálového ochozu. V konstrukci jsou umístěny vždy tři vedle sebe vzdáleny osovou vzdáleností 1,2m. Tento prvek přenáší zatížení do konzol pro ochoz, které následně přenáší zatížení do hlavních nosných sloupů.

Podélník vrchního a spodního nosníku

Spodní podélník je z lepeného lamelového dřeva GL24h o rozměrech 180x460mm a horní podélník má rozměry 180x 480mm. Přenáší zatížení z vyhlídkové plochy do horních nosníků a ty potom do hlavních nosných sloupů. Vzhledem k devítiúhelníkovému tvaru a návrhu konstrukce jsou tyto podélníky v různých délkách. Rozmístění, osové vzdálenosti a rozměry viz. výkresová dokumentace. Podélníky jsou k horním nosníkům přichyceny kloubově.

Šikmé ztužidlo

Šikmé ztužidlo zajišťuje torzní tuhost konstrukce a stabilitu nosných sloupů. Všechny ztužidla mají stejnou délku 5m. K hlavním nosným sloupům jsou připojeny kloubově. Vzhledem k využití jsem ztužidla navrhla ve více dimenzích a odstupovala po výšce konstrukce.

0,00-11,00m	RO 152,4x11 S355	využití MSÚ 94%
11,00-22,00m	RO 152,4x7,1 S355	využití MSÚ 83%
22,00-33,00m	RO 152,4x5 S355	využití MSÚ 86%
33,00-38,5m	RO 108x5 S355	využití MSÚ 87%

Horizontální ztužidlo

Horizontální ztužidlo zajišťuje torzní tuhost konstrukce a stabilitu nosných sloupů. Všechny ztužidla mají stejnou délku 8,2m. Jsou navrženy z rostlého dřeva pevnosti C24 o rozměrech 100x180mm. Ztužidla jsou k hlavním sloupům připojeny kloubově. Detail přípoje viz. výkresová dokumentace.

Schodiště

Schodiště tvoří za studena tvarovaný U profil (162;55;4;6) z oceli S235O DÉLCE 1,3m. Přenáší zatížení přímo do středového sloupu a je k němu připojeno pomocí stykových desek. Detail viz. výkresová dokumentace. Na celé konstrukci je umístěno 261 takovýchto stupňů.

Konzola pro tobogán

Konzola pro tobogán přenáší zatížení od tobogánu. Konzola je IPE 160 z oceli S235 délky 1,85m. Tobogán o délce 52m je podpírán šesti takovými konzolami. Pro co nejpřesnější rozklad sil od zatížení, byla konstrukce tobogánu vymodelována zvlášť ve výpočetním programu SCIA Engineer 16. Uvažovala se vlastní tíha tobogánu a zatížení návštěvníkem tobogánu o hmotnosti 100 kg.

Rozklad sil: z-ová rovina 100%, x-ová rovina 10% a y-ová rovina 15%

$g=0,193 \text{ kN/m}$

$F_z=1,25 \text{ kN}$

$F_x=0,125 \text{ kN}$

$F_y=0,128 \text{ kN}$

Táhlo

Táhlo RO 73x3,2mm z oceli S235 je zavěšeno k horním nosníkům, do kterých vnáší část zatížení od konzol pro ochoz. Táhlo je k horním nosníkům připojeno kloubově. Celkový počet táhel v konstrukci je 34 ks.

Středové táhlo

Středové táhlo zkracuje vzpěrnou délku hlavním nosným sloupům, ke kterým je připojeno zhruba ve 14m výšce. Každý nosný sloup má své středové táhlo kloubově připojené ke středovému sloupu o délce 10,54m. Vzhledem ke konstrukci tobogánu se středové táhla navrhovala v různých výškách.

Konzola pro ochoz

Konzola pro ochoz přenáší zatížení z podélníků ochozu částí do hlavních nosných sloupů a to tuhým připojem a dále pomocí kloubovým připojem táhel do horních nosníků. Konzola je IPE400 z oceli S355 délky 2,7m. V konstrukci se nachází 34 konzol pro ochoz.

8. Ochrana konstrukce

8.1 Ochrana dřevěných konstrukcí

8.1.1 Konstrukční ochrana

Paty vnějších sloupů jsou díky kotvení umístěny dostatečně vysoko, čímž je zamezeno vzlínání vody. Jelikož se jedná o konstrukci nezastřešenou, vodorovné nosníky budou v mírném spádu, aby byl umožněn rychlý odtok srážkové vody.

8.1.2 Chemická ochrana

Chemická ochrana dřeva je nezbytná, protože se jedná o konstrukci v třídě ohrožení biologickými činiteli 3 (Dřevo vystavené vlivu povětrnosti ale bez přímého a trvalého kontaktu se zemí). Dřevo proto musíme chránit před dřevokaznými houbami, plísněmi a hmyzem. Pro impregnaci byl vybrán přípravek Belinka na alkydové bázi.



Před aplikací musí být dřevo zbaveno kůry, lýka a všech nečistot.

Dřevo je nutné nejprve ošetřit bezbarvým základovým nátěrem Belinka Impregnant. V dalších dvou vrstvách bude nanášena lazura Belinka ve světle hnědém odstínu. Každé mechanické poškození nátěru (praskliny, vruty, odření) se musí tímto přípravkem opravit.

8.1.3 Protipožární ochrana

Posouzení protipožární odolnosti není součástí této práce. Pokud by konstrukce nevyhověla na toto kritérium, je doporučen použit ochranný prostředek snižující reakci stavebního dřeva na oheň.

8.2 Ochrana ocelových konstrukcí

8.2.1 Ochrana proti korozi

Všechny ocelové prvky včetně spojů a zábradlí budou ochráněny žárovým zinkováním. Před zinkováním musí být materiál zbaven všech nečistot, rzi, mastnoty a prachu.

8.2.2 Protipožární ochrana

Posouzení protipožární odolnosti není součástí této práce. Pokud by konstrukce nevyhověla na toto kritérium, je doporučen použit nástřik, vhodný pro otevřené i uzavřené profily do exteriéru.

9. Postup výstavby

Níže uvedený postup výstavby je pouze orientační a je nutno mít pro každou montážní fázi statický výpočet. Jelikož je konstrukce nadimenzována na užité zatížení lidmi, sněhem a větrem, nepředpokládá se, že by výpočet nevyšel.

1. Spodní stavba - zahrnuje výkopové práce, úpravu základové spáry, provedení trubních mikropilot (nutno provést geologickou analýzu a výpočet únosnosti podloží), osazení kotevních závitových tyčí a betonáž patky.

2. Montáž středového sloupu - na speciálních montážních kozách se provede montážní spoj sloupu (viz. výkresová dokumentace), následně se osadí na základovou konstrukci a vztyčí se. Ve svislé poloze zajišťujeme kotevními lany nejlépe ve dvou na sebe kolmých rovinách.

3. Montáž hlavních nosných sloupů - na speciálních montážních kozách se provede montážní spoj sloupu (viz. výkresová dokumentace), připevní se konzoly pro ochoz, následně se osadí na základovou konstrukci a vztyčí se. Ve svislé poloze opět zajišťujeme kotevními lany.

4. Osazení zbývajících prvků systému ztužení - horizontálních ztužidel, šikmých ztužidel, středových táhel a horních nosníků. Po této fázi by měla být konstrukce schopna vzdorovat horizontálnímu zatížení a proto již není nutné sloupy zajišťovat kotevními lany.

5. Montáž ostatních celků - montáž táhel, podélníku ochozu, schodiště, konzoly pro tobogán a samotného tobogánu. Provedení podlah a zábradlí. Úprava nástupní plochy a přilehlého okolí stavby.

10. Závěr

Cílem práce bylo navrhnout vyhlídkovou věž o výšce 38,5m. Konstrukce byla navržena z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva a oceli. Byla vypracována technická zpráva, statický posudek a výkresová dokumentace. Konstrukce byla počítána a posuzována dle platných norem a vyhovuje na mezní stav únosnosti i mezní stav použitelnosti.

11. Seznam použitých zdrojů

Literatura

- [1] KRÁL, J. *Navrhování konstrukcí na zatížení větrem: příručka k ČSN EN 1991-1-4. 1. vydání* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010. 112 s. ISBN 978-80-87438-05-3.
- [2] VRANÝ, T. - WALD, F. *Ocelové konstrukce: tabulky. 1. vyd.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. 53 s. ISBN 80-010-3140-3.
- [3] MACHÁČEK, J. - SOKOL, Z. - VRANÝ, T. - WALD, F. *Navrhování ocelových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8; Navrhování hliníkových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1999-1. 1. vyd.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2009. 180 s. ISBN 978-80-87093-86-3.
- [4] KUKLÍK, P. - KUKLÍKOVÁ, A. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. 1. vydání* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010. 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.
- [5] KUKLÍK, P. *Dřevěné konstrukce. 1. vyd.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. 171 s. ISBN 80-867-6972-0.

Normy

- [6] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.* Praha: Český normalizační institut, březen 2004. 44 s.
- [7] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem.* Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 52 s.
- [8] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem.* Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 124 s.
- [9] ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.* Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 96 s.
- [10] ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků* Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 128 s.

- [11] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 114 s.
- [12] ČSN EN ISO 5261: *Technické výkresy - Zjednodušené označování tyčí a profilů*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2000. 12 s.
- [13] ČSN 01 3483: *Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy kovových konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, červen 1986. 44 s.

Internetové zdroje

- [14] HOLOUBEK TRADE, s.r.o. *Kovovýroba [online]*. ©2017 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.ploty-brany.cz/>
- [15] ALFEKO, s.r.o. *Výroba lehkých kovových konstrukcí, skluzavek a tobogánů [online]*. ©2017 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.alfeko.cz/cz/>
- [16] ČHMÚ. *Mapa zatížení sněhem na zemi [online]*. ©2017 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.snehovamapa.cz/>
- [17] FERONA, a.s. *Velkoobchod s hutním materiálem [online]*. ©2017 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/>
- [18] TAROS NOVA, s.r.o. *Lepené lamelové dřevo- materiál pro stavbu dřevěných konstrukcí [online]*. ©2017 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.taros-nova.cz/lepene-lamelove-drevo-drevene-konstrukce>.
- [19] V-COLOR, s.r.o. *Ochranné a lazurovací barvy Belinka [online]*. ©2017 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.belinkalazury.cz/>
- [20] VALENTA ZT, s.r.o. *Závitové tyče a spojovací materiál [online]*. ©2017 [cit. 2017-12-1]. Dostupné z: <http://www.valentazt.cz/>