

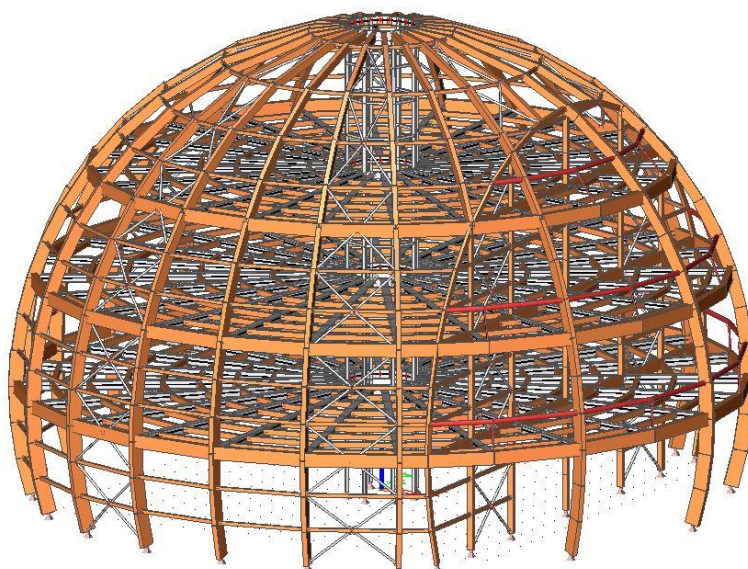


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

DIPLOMAVÁ PRÁCE

MULTIFUNKČNÍ OBJEKT V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

STATICKÝ VÝPOČET



AUTOR PRÁCE: Bc. EVA ŠPAČKOVÁ

ROK 2016

OBSAH

1. OBECNÉ ÚDAJE, PODKLADY, NORMY.....	7
2. POPIS KONSTRUKCE.....	7
3. GEOMETRIE.....	8
4. ZATÍŽENÍ STÁLÉ	10
4.1. VLASTNÍ TÍHA	10
4.2. VLASTNÍ TÍHA RÁMU A KABINY VÝTAHU.....	12
4.3. OSTATNÍ STÁLÁ ZATÍŽENÍ.....	12
4.3.1. OPLÁŠTĚNÍ.....	12
4.3.2. PODLAHA	14
5. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	15
5.1. ZATÍŽENÍ SNĚHEM	15
5.2. ZATÍŽENÍ NÁVĚJÍ	17
5.3. ZATÍŽENÍ VĚTREM – NA PLÁŠŤ KONSTRUKCE	17
5.4. ZATÍŽENÍ VĚTREM – SVISLÁ STĚNA	20
5.5. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ.....	21
5.5.1. Užitné zatížení stropů	21
5.5.2. Užitné zatížení na zábradlí.....	22
6. PŘEHLED ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	23
8. VZPĚRNÉ DÉLKY.....	24
9. DIMENZOVÁNÍ	26
10. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.....	27
10.1. PEVNOSTNÍ CHARAKTERISTIKY	27
10.1.1. Rostlé dřevo – C24	27
10.1.2. Lepené lamelové dřevo – GL28h.....	28
10.1.3. Ocel – S355.....	29
10.2. SVISLÉ ŽEBRO.....	30
10.2.1. Vzpěrný tlak.....	30
10.2.2. Tlak kolmo k vláknům	31
10.2.3. Pevnost v ohybu.....	31
10.2.4. Pevnost ve smyku	32
10.2.5. Pevnost v kroucení.....	32
10.2.6. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku	33
10.2.7. Napětí v ohybu ve vrcholové části	33
10.2.8. Napětí v tahu kolmo k vláknům ve vrcholové části	34
10.2.9. Napětí ve smyku ve vrcholové části	35
10.2.10. Kombinace tahu kolmo k vláknům a smyku ve vrcholové části	35
10.3. VODOROVNÉ ŽEBRO (PAŽDÍKY) – NA OPLÁŠTĚNÍ	36
10.3.1. Tlak rovnoběžné s vlákny	36
10.3.2. Tlak kolmo k vláknům.....	37
10.3.3. Pevnost v ohybu.....	37
10.3.4. Pevnost ve smyku	38
10.3.5. Pevnost v kroucení.....	38
10.3.6. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku.....	39
10.4. PAŽDÍKY V MÍSTECH, KDE JSOU STROPNÍ NOSNÍKY	39
10.4.1. Tlak rovnoběžně s vlákny	39

10.4.2.	Tlak kolmo k vláknům	40
10.4.3.	Pevnost v ohybu	41
10.4.4.	Pevnost ve smyku	41
10.4.5.	Pevnost v kroucení	42
10.4.6.	Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku	42
10.5.	OBVODOVÉ ŽEBRO V SEŘÍZNUTÍ	43
10.5.1.	Tlak rovnoběžně s vlákny	43
10.5.2.	Tlak kolmo k vláknům	44
10.5.3.	Pevnost v ohybu	44
10.5.4.	Pevnost ve smyku	45
10.5.5.	Pevnost v kroucení	45
10.5.6.	Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku	46
10.6.	SLOUPY	46
10.6.1.	Tlak rovnoběžně s vlákny	46
10.6.2.	Tlak kolmo k vláknům	47
10.6.3.	Pevnost v ohybu	48
10.6.4.	Pevnost ve smyku	48
10.6.5.	Pevnost v kroucení	49
10.6.6.	Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku	49
10.7.	VODOROVNÉ PAŽDÍKY V SEŘÍZNUTÍ	50
10.7.1.	Tah rovnoběžně s vlákny	50
10.7.2.	Tlak kolmo k vláknům	50
10.7.3.	Pevnost v ohybu	51
10.7.4.	Pevnost ve smyku	51
10.7.5.	Pevnost v kroucení	52
10.7.6.	Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu	52
10.8.	STROPNÍ NOSÍKY NAD 1.NP	53
10.8.1.	Tah rovnoběžně s vlákny	53
10.8.2.	Pevnost v ohybu	53
10.8.3.	Pevnost ve smyku	54
10.8.4.	Pevnost v kroucení	54
10.8.5.	Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu	55
10.9.	STROPNÍ NOSÍKY NAD 2.NP	55
10.9.1.	Tah rovnoběžně s vlákny	55
10.9.2.	Pevnost v ohybu	56
10.9.3.	Pevnost ve smyku	56
10.9.4.	Pevnost v kroucení	57
10.9.5.	Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu	57
10.10.	STROPNÍ NOSÍKY NAD 3.NP	58
10.10.1.	Tlak rovnoběžně s vlákny	58
10.10.2.	Tlak kolmo k vláknům	59
10.10.3.	Pevnost v ohybu	59
10.10.4.	Pevnost ve smyku	60
10.10.5.	Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku	60
10.11.	ZÁBRADLÍ	61
10.11.1.	Tah rovnoběžně s vlákny	61
10.11.2.	Pevnost v ohybu	61
10.11.3.	Pevnost v kroucení	62
10.11.4.	Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu	62
10.12.	ZÁBRADELNÍ SLOUPKY	63
10.12.1.	Tlak rovnoběžně s vlákny	63

10.13.	STROPNÍ OCELOVÉ NOSNÍKY NAD 1.NP	64
10.13.1.	Pevnost v ohybu pro M_y	64
10.13.2.	Pevnost v tahu	64
10.13.3.	Pevnost ve smyku	65
10.13.4.	Namáhání vzpěrným tlakem	65
10.14.	STROPNÍ OCELOVÉ NOSNÍKY NAD 2.NP	66
10.14.1.	Pevnost v ohybu pro M_y	66
10.14.2.	Pevnost v tahu	67
10.14.3.	Pevnost ve smyku	67
10.14.4.	Namáhání vzpěrným tlakem	67
10.15.	STROPNÍ OCELOVÉ NOSNÍKY NAD 3.NP	69
10.15.1.	Pevnost v ohybu pro M_y	69
10.15.2.	Pevnost v tahu	69
10.15.3.	Pevnost ve smyku	70
10.15.4.	Namáhání vzpěrným tlakem	70
10.16.	VÝTAHOVÁ ŠACHTA – VODOROVNÉ PRUTY	71
10.16.1.	Pevnost v ohybu M_z	71
10.16.2.	Pevnost v tlaku	72
10.16.3.	Pevnost ve smyku pro V_y	72
10.16.4.	Pevnost v kombinaci ohybu, osově a smykové síly	72
10.16.5.	Pevnost v rovinném vzpěru	73
10.16.6.	Pevnost v prostorovém vzpěru	74
10.17.	VÝTAHOVÁ ŠACHTA – VODOROVNÉ PRUTY	74
10.17.1.	Pevnost v ohybu	74
10.17.2.	Pevnost ve smyku pro V_z	75
10.17.3.	Pevnost v kombinaci ohybu, osově a smykové síly	75
10.17.4.	Posudek klopení	75
10.18.	VÝTAHOVÁ ŠACHTA - SLOUPY	76
10.18.1.	Pevnost v ohybu	76
10.18.2.	Pevnost v tlaku	76
10.18.3.	Pevnost ve smyku pro V_z	77
10.18.4.	Posouzení na vzpěr	77
10.18.5.	Posudek klopení	78
10.18.6.	Pevnost v kombinaci tlaku a ohybu	78
10.19.	ZTUŽIDLA	80
10.19.1.	Pevnost v tlaku	80
10.19.2.	Posouzení na rovinný vzpěr	80
10.19.3.	Pevnost v kombinaci tlaku a ohybu	81
11.	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	83
11.1.	SVISLÉ ŽEBRO	84
11.1.1.	Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení	84
11.1.2.	Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení	84
11.2.	VODOROVNÉ ŽEBRO	85
11.2.1.	Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení	85
11.2.2.	Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení	85
11.3.	VODOROVNÉ ŽEBRO V ROVNÉ ČÁSTI	86
11.3.1.	Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení	86
11.3.2.	Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení	86
11.4.	STROPNÍ NOSNÍKY NAD 1.NP (GL28H)	87
11.4.1.	Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení	87

11.4.2.	Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení.....	87
11.5.	STROPNÍ NOSÍKY NAD 2.NP (GL28H).....	88
11.5.1.	Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení	88
11.5.2.	Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení.....	88
11.6.	STROPNÍ NOSÍKY NAD 3.NP (GL28H).....	89
11.6.1.	Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení	89
11.6.2.	Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení.....	89
11.7.	ZÁBRADLÍ	90
11.7.1.	Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení	90
11.7.2.	Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení.....	90
11.8.	STROPNÍ NOSÍK NAD 1.NP (OCEL)	91
11.9.	STROPNÍ NOSÍK NAD 2.NP (OCEL)	91
11.10.	STROPNÍ NOSÍK NAD 3.NP (OCEL)	92
12.	POŽÁRNÍ ODOLNOST.....	92
12.1.	SVISLÉ ŽEBRO – LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO	92
12.1.1.	Posouzení za běžné teploty	92
12.1.2.	Metoda redukovaného průřezu.....	93
12.1.3.	Metoda redukovaných vlastností	93
13.	SPOJE.....	94
13.1.	PŘÍPOJ SVISLÉHO ŽEBRA K BETONOVÉ DESCE POMOCÍ ČEPOVÉHO LOŽISKA.....	94
13.1.1.	Geometrické požadavky na čepové spoje	95
13.1.2.	Návrhová únosnost čepu ve střihu	95
13.1.3.	Návrhová únosnost čepu v ohybu	95
13.1.4.	Návrhová únosnost plechu a čepu v otláčení	95
13.1.5.	Kombinace ohybu a smyku.....	96
13.1.6.	Posouzení únosnosti plechu: 34x180x330	96
13.1.7.	Posouzení svislých patních plechů.....	96
13.1.8.	Posouzení svaru přípoje svislých plechů k patnímu plechu	98
13.1.9.	Posouzení přípoje dřevěné stojky k patce	99
13.1.10.	Posouzení vnitřního plechu.....	102
13.1.11.	Posouzení patního plechu	102
13.1.12.	Kotevní šrouby.....	103
13.1.13.	Svary	104
13.2.	MONTÁŽNÍ SPOJ	106
13.2.1.	Návrh poloměrů kružnic a počet kolíků.....	106
13.2.2.	Únosnost jednoho spojovacího prostředku	107
13.2.3.	Posudek vnitřního plechu.....	108
13.3.	PŘÍPOJ SVISLÉHO ŽEBRA K OCELOVÉMU PRSTENCI	109
13.3.1.	Posouzení čepového ložiska	109
13.3.2.	Posouzení únosnosti patního plechu: 2x8x400	110
13.3.3.	Posouzení svaru přípoje plechu ložiska k botce přípoje žebra	112
13.3.4.	Posouzení svaru přípoje plechu ložiska k ocelovému prstenci	113
13.3.5.	Posouzení přípoje žebra k ocelovému prstenci	113
13.3.6.	Tloušťka opěrného plechu botky t=10 mm	116
13.4.	PŘÍPOJ PAŽDÍKU 240X550 KE SVISLÉMU ŽEBRU.....	118
13.4.1.	Únosnost svorníku na střih a otláčení	118
13.4.2.	Posudek vnitřního plechu.....	119
13.4.3.	Posudek čelního plechu.....	120
13.4.4.	Svar vnitřního a čelního plechu	120

13.4.5.	Svorníkový přípoj paždíků k žebříku	120
13.5.	PŘÍPOJ PAŽDÍKU 100X140 KE SVISLÉMU ŽEBRÍKU	122
13.5.1.	Únosnost svorníku na střih a otláčení	123
13.5.2.	Posudek vnitřního plechu	124
13.5.3.	Posudek čelního plechu	125
13.5.4.	Svar vnitřního a čelního plechu	125
13.5.5.	Svorníkový přípoj paždíků k žebříku	125
13.6.	PŘÍPOJ OCELOVÉHO STROPNÍHO NOSNÍKU KE SVISLÉMU ŽEBRÍKU	128
13.6.1.	Únosnost šroubů	128
13.6.2.	Únosnost vrutů	130
13.6.3.	Posudek čelního plechu	130
13.6.4.	Svar čelní desky a příložky	131
13.7.	KOTVENÍ DŘEVĚNÝCH SLOUPŮ	132
13.7.1.	Posouzení vnitřního plechu	132
13.7.2.	Svar vloženého a čelního plechu	132
13.7.3.	Posouzení kolíkového přípoje	133
13.7.4.	Posouzení patního plechu	134
13.7.5.	Kotevní šrouby	135
13.8.	KOTVENÍ OBVODOVÉHO ŽEBRÍKU	138
13.8.1.	Posouzení vnitřního plechu	138
13.8.2.	Svar vloženého a čelního plechu	138
13.8.3.	Posouzení kolíkového přípoje	139
13.8.4.	Posouzení patního plechu	140
13.8.5.	Kotevní šrouby	141
13.8.6.	Posudek ocelové trubky	143
13.9.	KOTVENÍ SLOUPU VÝTAHOVÉ ŠACHTY	144
13.9.1.	Posudek patní desky	144
13.9.2.	Kotevní šrouby	145
13.9.3.	Svar profilu sloupu k patnímu plechu	147
14.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	149

1. OBECNÉ ÚDAJE, PODKLADY, NORMY

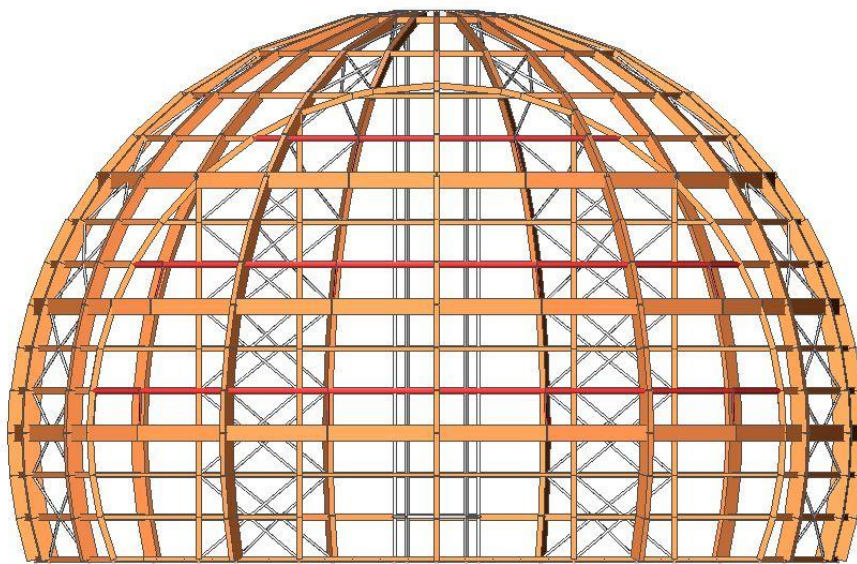
- Předmětem statické části diplomové práce je nosná ocelo-dřevěná konstrukce vícepodlažní budovy – Multifunkční objekt v Českých Budějovicích.
- Statické řešení konstrukce vícepodlažní budovy včetně konstrukčních detailů bylo provedeno v souladu s platnými normativními standardy:
- ČSN EN 1990: Eurokód – zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1- zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1 – zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1 – zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3 – Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posouzení dřevěných stavebních konstrukcí – obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 338: Konstrukční dřevo – třídy pevnosti
- ČSN EN 1194: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo
- ČSN EN 386: Lepené lamelové dřevo
- Pro ověření nosné konstrukce vícepodlažní budovy byl použit výpočetní program Scia Engineer 2014

2. POPIS KONSTRUKCE

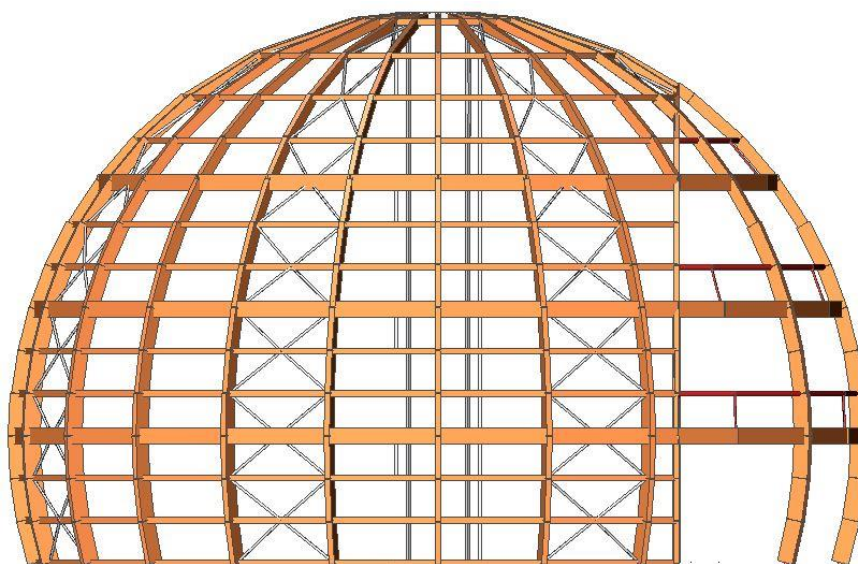
- Jedná se o čtyř-patrovou budovu ve tvaru koule o průměru 30 m, která je zespodu rovně seříznutá. Celková výška konstrukce je 19,5M
- Konstrukce budovy je uložena na betonové desce
- Nosná konstrukce je kombinovaná z ocelových a dřevěných prvků. Dřevěné prvky jsou převážně z lepeného lamelového dřeva

3. GEOMETRIE

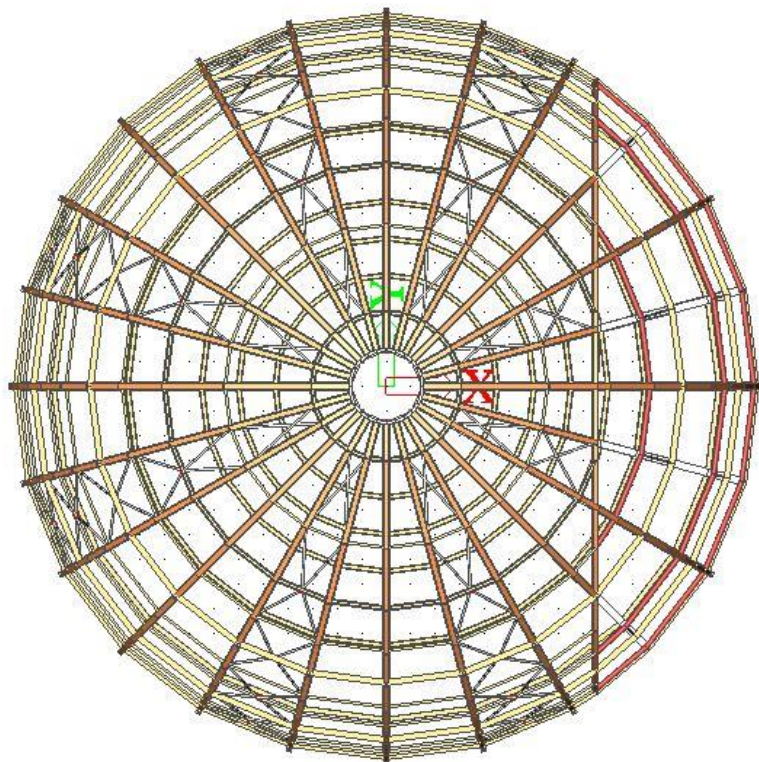
- Pohled do osy x



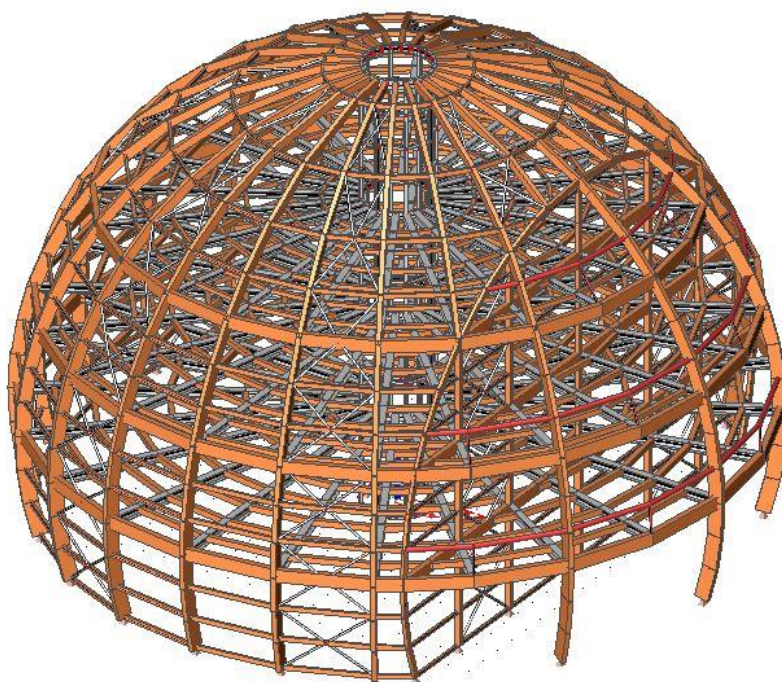
- Pohled do osy y



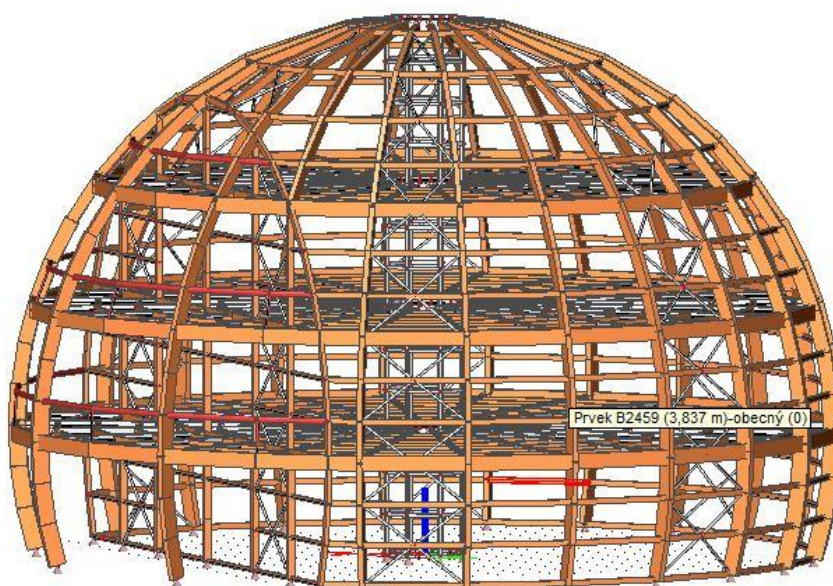
- Půdorys – pohled do osy z



- Perspektiva



- Perspektiva



4. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

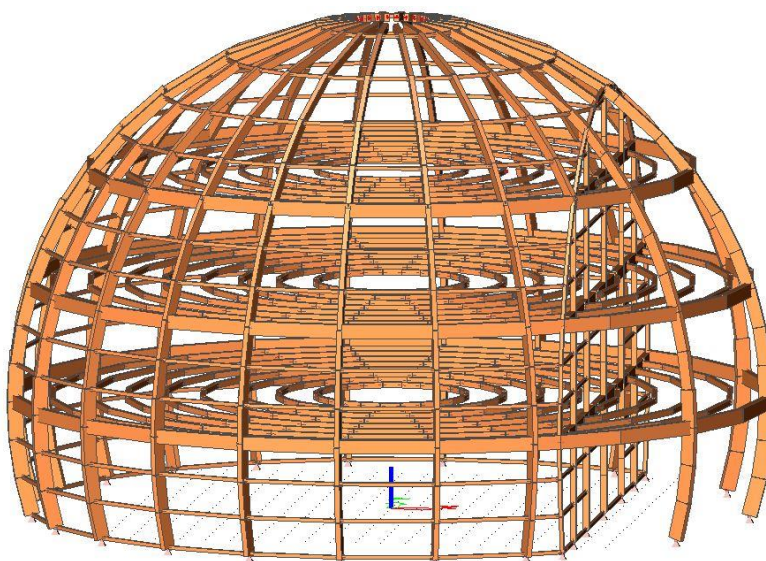
4.1. Vlastní tíha

- určení pomocí výpočetního programu Scia Engineer
- pevnostní třída lepeného lamelového dřeva – GL28h
- pevnostní třída rostlého dřeva - C24
- pevnostní třída ocelových profilů – S355

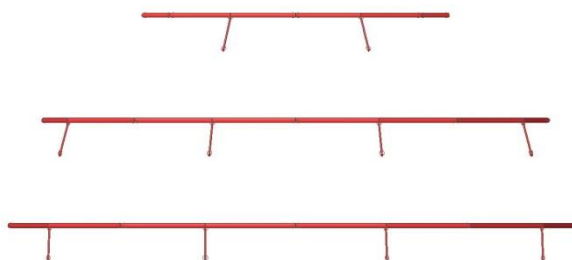
PRVEK	A ERI	PRŮŘE	ROZMĚR [mm]
žebra svislá	GL28h	obdélník	200x600
žebra svislá	GL28h	obdélník	200x500
žebra svislá	GL28h	obdélník	200x420
žebra svislá	GL28h	obdélník	200x320
žebra vodorovná	GL28h	obdélník	100x140
žebra vodorovná	GL28h	obdélník	240x550
seřiznutí - oblouk	GL28h	obdélník	140x220
seřiznutí - vodorovné pažďíky	GL28h	obdélník	100x140
seřiznutí - vodorovné pažďíky	GL28h	obdélník	240x460
seřiznutí - sloup	GL28h	obdélník	180x240
seřiznutí - sloupy	GL28h	obdélník	180x210
seřiznutí - sloupy	GL28h	obdélník	180x180

strop - vodorovné pruty	GL28h	obdélník	190x220
strop - vodorovné pruty	GL28h	obdélník	180x220
strop - vodorovné pruty	GL28h	obdélník	160x200
strop - svislé pruty	S355	HEA	400
strop - svislé pruty	S355	HEA	340
strop - svislé pruty	S355	HEA	280
výtah - vodorovné pruty	S355	CFRHS	100x100x6
výtah - vodorovné pruty	S355	CFRHS	100x100x3
výtah - vodorovné pruty	S355	UPE	400
výtah - vodorovné pruty	S355	UPE	340
výtah - vodorovné pruty	S355	UPE	280
výtah - sloupy	S355	CFRHS	140x140x8
výtah - sloupy	S355	CFRHS	140x140x6
výtah - sloupy	S355	CFRHS	140x140x4
zábradlí	C24	kruh	190
zábradelní sloupky	C24	kruh	65

- Konstrukce z lepeného lamelového dřeva:

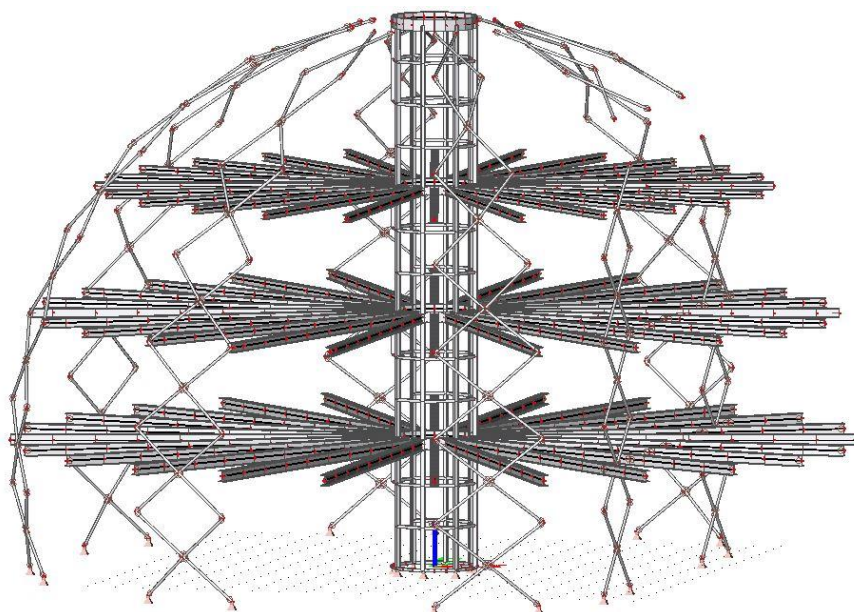


- Konstrukce z rostlého dřeva:





- Konstrukce z oceli:



4.2. Vlastní tíha rámu a kabiny výtahu

- Výtah II. Třídy
- Nosnost 1200 kg (16 osob) – proměnné dlouhodobé zatížení, které neuvažují, protože konstrukce výtahu je samostatná konstrukce
- Vlastní váha rámu a kabiny výtahu s příslušenstvím je odhadnuta na 880 kg => $G = 8,8 \text{ kN}$

4.3. Ostatní stálá zatížení

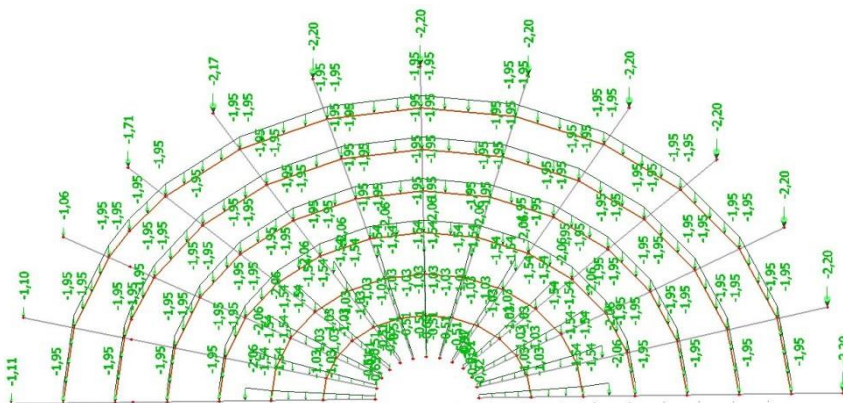
4.3.1. Opláštění

- skleněný plášť – $37,5 \text{ kg/m}^2$
- zadáváno jako silový účinek působící v uzlu
- tíha pláště roznásobena zatěžovací plochou
- Vnější opláštění:

A1 [m2]	A2 [m2]	A3 [m2]	A4 [m2]	A [m2]	q [kN/m2]	F [kN]
1,5134	1,5134	0,000	0,0000	3,0268	0,375	1,135
1,6607	1,6607	1,5419	1,5419	6,4053	0,375	2,402
1,6272	1,6272	1,5718	1,5718	6,3980	0,375	2,399
1,3613	1,3613	1,5783	1,5783	5,8792	0,375	2,205
1,6420	1,6420	1,5880	1,5880	6,4600	0,375	2,423
1,5068	1,5068	1,6080	1,6080	6,2295	0,375	2,336
1,4679	1,4679	1,4794	1,4794	5,8946	0,375	2,210
1,4501	1,4501	1,4843	1,4843	5,8689	0,375	2,201
1,4428	1,4428	1,4910	1,4910	5,8676	0,375	2,200
1,4330	1,4330	1,5013	1,5013	5,8687	0,375	2,201
1,4185	1,4185	1,5204	1,5204	5,8778	0,375	2,204
1,3938	1,3938	1,5630	1,5630	5,9137	0,375	2,218
1,3296	1,3296	1,3675	1,3675	5,3942	0,375	2,023
1,2190	1,2190	1,0548	1,0548	4,5475	0,375	1,705
0,9324	0,9324	0,2557	0,2557	2,3763	0,375	0,891
0,1827	0,1827	0,0000	0,0000	0,3655	0,375	0,137
1,4504	0,5929	0,0000	0,0000	2,0433	0,375	0,766
1,4782	1,4782	0,8080	0,7552	4,5197	0,375	1,695
0,5892	1,1835	0,0000	0,0000	1,7727	0,375	0,665
0,5471	0,4991	1,2732	1,3441	3,6634	0,375	1,374
1,4719	1,4647	0,4723	0,4520	3,8610	0,375	1,448
0,4790	0,4502	1,3962	1,4308	3,7563	0,375	1,409
1,4684	1,4665	0,4382	0,4499	3,8230	0,375	1,434
0,4501	0,4430	1,4394	1,4443	3,7768	0,375	1,416
1,4665	1,4718	0,4585	0,4790	3,8759	0,375	1,453
0,4496	1,4260	0,4791	1,4260	3,7807	0,375	1,418
1,4606	1,4755	0,4997	0,5503	3,9861	0,375	1,495
0,5012	1,3442	0,5471	1,2732	3,6656	0,375	1,375
1,4461	1,4791	0,5891	0,6731	4,1874	0,375	1,570
0,5936	1,1835	0,6752	1,0725	3,5248	0,375	1,322
1,4501	1,4777	0,7441	0,8718	4,5438	0,375	1,704
0,7462	0,9403	0,8782	0,7823	3,3471	0,375	1,255
1,4428	0,9758	1,4910	1,1824	5,0920	0,375	1,909
1,0011	0,5985	1,2025	0,2533	3,0554	0,375	1,146
1,4330	1,5013	1,3367	1,5013	5,7724	0,375	2,165
1,3751	1,5013	1,3487	0,3406	4,5657	0,375	1,712
1,4186	0,6813	1,5204	1,0601	4,6804	0,375	1,755
1,3939	1,5685	1,0864	1,5815	5,6302	0,375	2,111
0,9168	0,4129	1,5815	1,1887	4,1000	0,375	1,537
0,1780	0,2080	0,6556	0,9566	1,9983	0,375	0,749
0,3506	0,1780	0,7973	1,0543	2,3802	0,375	0,893
0,2080	0,0144	0,8908	1,2126	2,3258	0,375	0,872
1,0678	0,0432	1,3185	0,2402	2,6696	0,375	1,001

prutu pod 1,5 m je spojitě zatíženo zadáváno na vodorovné pruty

- Rozložení zatížení jak bylo zadáváno do výpočetního programu:



5. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

5.1. Zatížení sněhem

České Budějovice – II. sněhová oblast ($s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$)

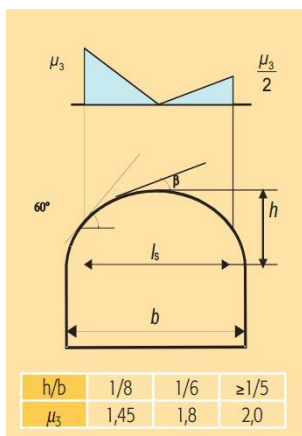
μ_3 ... tvarový součinitel pro válcové střechy

C_e ... součinitel expozice (normální typ krajiny) – 1,0

C_t ... teplotní součinitel

s_k ... charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m^2] – 1,0 kN/m^2

Typ krajiny	C_e
otevřená	0,8
normální	1,0
chráněná	1,2



μ_3 : závisí na poměru $h/b = 19,5/28,373 = 0,687 (>1/5) \Rightarrow \mu_3 = 2,0$ (platí pouze pro sklon tečny $\beta < 60^\circ$. Pro sklon $\beta > 60^\circ$ je tvarový součinitel $\mu_3 = 0$)

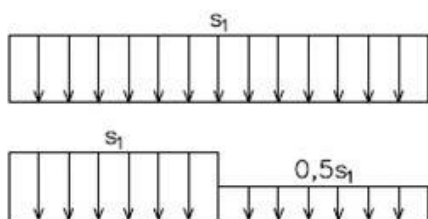
C_t : obvyklá hodnota je 1,0. Ale pro neizolované skleněné střechy se má uvažovat s hodnotou $< 1,0$ a zároveň nesmí být $< 0,8$ (postup výpočtu v národní příloze). Hodnotu C_t budu uvažovat 0,8.

$$s_1 = s_k * C_e * C_t * \mu_3 = 1 * 1 * 0,8 * 2,0 = \mathbf{1,6 \text{ kN/m}^2}$$

$$0,5 s_1 = 0,5 * 1,6 = \mathbf{0,8 \text{ kN/m}^2}$$

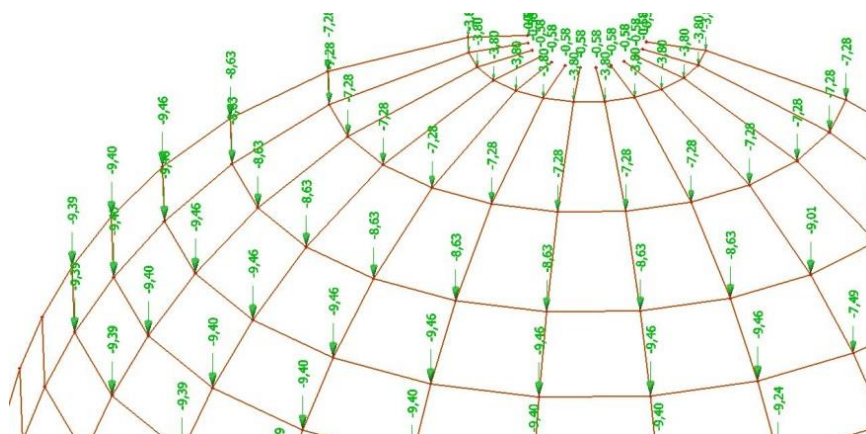
- zatížení sněhem je v modelu zadáváno jako silové zatížení působící v uzlu, které je roznásobeno jednotlivými zatěžovacími plochami

SNÍH – ZATĚŽOVACÍ STAVY

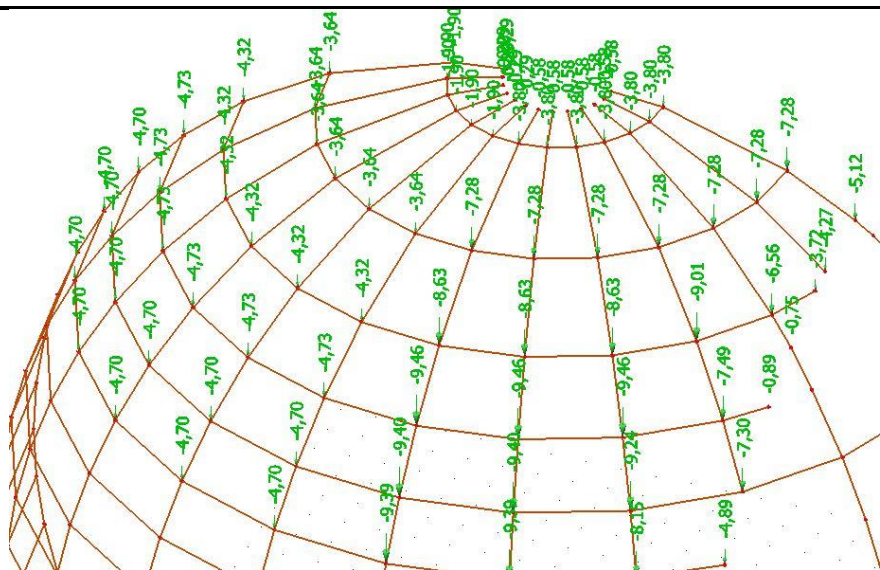


A [m ²]	s [kN/m ²]	Fs [kN]	S _{0,5} [kN/m ²]	Fs _{0,5} [kN]
5,8687	1,6	9,390	0,8	4,695
5,8778	1,6	9,405	0,8	4,702
5,9137	1,6	9,462	0,8	4,731
5,3942	1,6	8,631	0,8	4,015
4,8475	1,6	7,276	0,8	3,638
2,3763	1,6	3,802	0,8	1,901
0,3655	1,6	0,585	0,8	0,222
5,0920	1,6	8,147	0,8	4,074
3,0554	1,6	4,889	0,8	2,444
5,7724	1,6	9,236	0,8	4,618
4,5657	1,6	7,305	0,8	3,653
4,6804	1,6	7,489	0,8	3,744
5,6302	1,6	9,008	0,8	4,504
4,1000	1,6	6,560	0,8	3,280
1,9983	1,6	3,197	0,8	1,599
2,3802	1,6	3,808	0,8	1,904
2,3258	1,6	3,721	0,8	1,861
2,6696	1,6	4,271	0,8	2,136
3,2022	1,6	5,124	0,8	2,562

- Rozložení zatížení pro sníh plný:



- Rozložení zatížení pro sníh poloviční:



5.2. Zatížení návějí

- Zatížení návějí na balkónech neuvažují, protože užité zatížení na balkóně je větší než zatížení od návěje
- V zimním období nebude balkón využíván
- Zatížení návějí na vícepodlažní budově v místech, kde je sklon tečen $\beta < 60^\circ$, neuvažují. Podle národní přílohy konstrukce nesplňuje podmínky pro uvažování zatížení návějí – nenachází se ve sněhové oblasti IV až VIII a nepoužívám sněžníky.

5.3. Zatížení větrem – na plášť konstrukce

České Budějovice – II. Větrová oblast ($v_{b,o} = 25 \text{ m/s}$)

$z = 19,5 \text{ m}$

kategorie terénu III – $z_0 = 0,3 \text{ m}$; $z_{\min} = 5 \text{ m}$; $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$

součinitel větru – $C_{\text{dir}} = 1,0$

součinitel ročního období – $C_{\text{season}} = 1,0$

součinitel orografie – $C_o(z) = 1,0$

- Základní rychlost větru

$$v_b = C_{\text{dir}} * C_{\text{season}} * v_{b,o} = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$$

- Součinitel drsnosti terénu

$$k_R = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_R = k_R * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,215 * \ln \left(\frac{19,5}{0,3} \right) = 0,897$$

- Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_R * C_o(z) * v_b = 0,897 * 1,0 * 25 = 22,437 \text{ m/s}$$

- Turbulence větru

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1}{1 * \ln \left(\frac{19,5}{0,3} \right)} = 0,24$$

- Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,24] * 0,5 * 1,25 * 22,437^2 = 0,84 \text{ kN/m}^2$$

- Součinitel vnějšího tlaku větru

$$C_{pe} = C_{pe,10} \dots \text{pro } A > 10 \text{ m}^2$$

$$C_{pe,10} \dots \text{určeno z tabulky podle úhlu } \beta$$

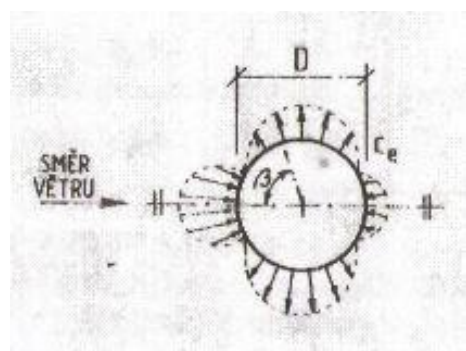
- Hodnota zatížení pro jednotlivé oblasti

$$w_e = q_p * C_{pe,10} = 0,84 * C_{pe,10}$$

$$F_p = w_e * A$$

- Ukázka výpočtu sil pro zatížení větrem:

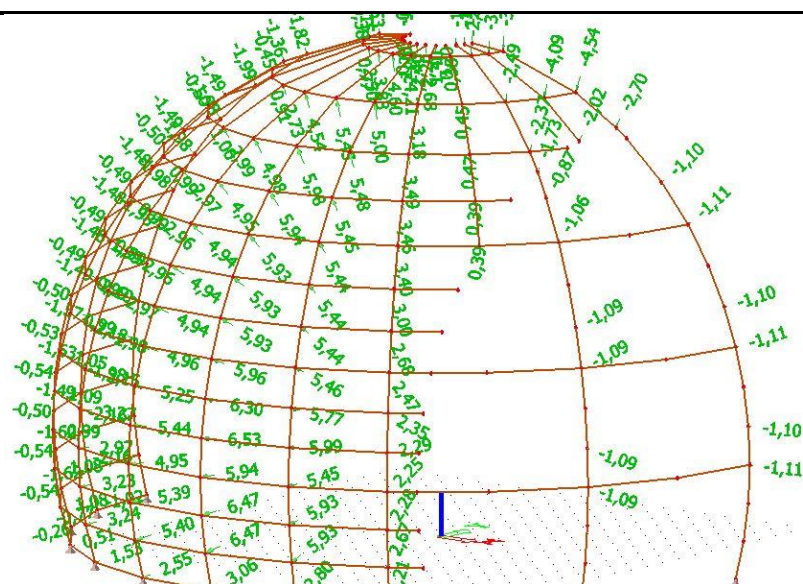
Uvažované součinitele vnějšího tlaku větru a jejich rozdělení na konstrukci:



β	0°	15°	30°	45°
C_{pe}	+1,0	+0,9	+0,5	-0,1
β	60°	75°	90°	105°
C_{pe}	-0,7	-1,1	-1,2	-1,0
β	120°	135°	150°	165°
C_{pe}	-0,6	-0,2	+0,1	+0,3
β	180°			
C_{pe}	+0,4			

A [m ²]	$C_{pe,10,0}$	$F_{p,0}$ [kN]	$C_{pe,10,15}$	$F_{p,15}$ [kN]	$C_{pe,10,30}$	$F_{p,30}$ [kN]	$C_{pe,10,45}$	$F_{p,45}$ [kN]	$C_{pe,10,60}$	$F_{p,60}$ [kN]
3,027	1,0	2,549	0,9	2,288	0,5	1,27	-0,1	-0,254	-0,7	-1,780
6,405	1,0	5,395	0,9	4,855	0,5	1,697	-0,1	-0,539	-0,7	-3,776
6,398	1,0	5,389	0,9	4,850	0,5	2,694	-0,1	-0,539	-0,7	-3,772
5,879	1,0	4,952	0,9	4,457	0,5	2,476	-0,1	-0,495	-0,7	-3,466
6,460	1,0	5,441	0,9	4,897	0,5	2,720	-0,1	-0,544	-0,7	-3,809
6,229	1,0	5,247	0,9	4,722	0,5	2,623	-0,1	-0,525	-0,7	-3,673
5,895	1,0	4,965	0,9	4,468	0,5	2,482	-0,1	-0,496	-0,7	-3,475
5,869	1,0	4,943	0,9	4,449	0,5	2,472	-0,1	-0,494	-0,7	-3,460
5,868	1,0	4,942	0,9	4,448	0,5	2,471	-0,1	-0,494	-0,7	-3,459
5,869	1,0	4,943	0,9	4,449	0,5	2,471	-0,1	-0,494	-0,7	-3,460
5,878	1,0	4,951	0,9	4,456	0,5	2,475	-0,1	-0,495	-0,7	-3,465
5,914	1,0	4,981	0,9	4,483	0,5	2,490	-0,1	-0,498	-0,7	-3,487
5,394	1,0	4,543	0,9	4,089	0,5	2,272	-0,1	-0,454	-0,7	-3,180
4,547	1,0	3,830	0,9	3,447	0,5	1,915	-0,1	-0,383	-0,7	-2,681
2,376	1,0	2,001	0,9	1,801	0,5	1,001	-0,1	-0,200	-0,7	-1,401
0,365	1,0	0,308	0,9	0,277	0,5	0,154	-0,1	-0,031	-0,7	-0,215
2,043	1,0	1,721	0,9	1,549	0,5	0,860	-0,1	-0,172	-0,7	-1,205
4,520	1,0	3,807	0,9	3,426	0,5	1,903	-0,1	-0,381	-0,7	-2,665
1,773	1,0	1,493	0,9	1,344	0,5	0,747	-0,1	-0,149	-0,7	-1,045
3,663	1,0	3,085	0,9	2,777	0,5	1,543	-0,1	-0,309	-0,7	-2,160
3,861	1,0	3,252	0,9	2,927	0,5	1,626	-0,1	-0,325	-0,7	-2,276
3,756	1,0	3,164	0,9	2,847	0,5	1,582	-0,1	-0,316	-0,7	-2,215
3,823	1,0	3,220	0,9	2,898	0,5	1,610	-0,1	-0,322	-0,7	-2,254
3,777	1,0	3,181	0,9	2,863	0,5	1,590	-0,1	-0,318	-0,7	-2,227
3,876	1,0	3,264	0,9	2,938	0,5	1,632	-0,1	-0,326	-0,7	-2,285
3,781	1,0	3,184	0,9	2,866	0,5	1,592	-0,1	-0,318	-0,7	-2,229
3,986	1,0	3,357	0,9	3,022	0,5	1,679	-0,1	-0,336	-0,7	-2,350
3,666	1,0	3,087	0,9	2,779	0,5	1,544	-0,1	-0,309	-0,7	-2,161
4,187	1,0	3,527	0,9	3,174	0,5	1,763	-0,1	-0,353	-0,7	-2,469
3,525	1,0	2,969	0,9	2,672	0,5	1,484	-0,1	-0,297	-0,7	-2,078
4,544	1,0	3,827	0,9	3,444	0,5	1,913	-0,1	-0,383	-0,7	-2,679
3,347	1,0	2,819	0,9	2,537	0,5	1,410	-0,1	-0,282	-0,7	-1,973
5,092	1,0	4,289	0,9	3,860	0,5	2,144	-0,1	-0,429	-0,7	-3,002
3,055	1,0	2,573	0,9	2,316	0,5	1,287	-0,1	-0,257	-0,7	-1,801
5,772	1,0	4,862	0,9	4,376	0,5	2,431	-0,1	-0,486	-0,7	-3,403
4,566	1,0	3,845	0,9	3,461	0,5	1,923	-0,1	-0,385	-0,7	-2,692
4,680	1,0	3,942	0,9	3,548	0,5	1,971	-0,1	-0,394	-0,7	-2,759
5,630	1,0	4,742	0,9	4,268	0,5	2,371	-0,1	-0,474	-0,7	-3,319
4,100	1,0	3,453	0,9	3,108	0,5	1,727	-0,1	-0,345	-0,7	-2,417
1,998	1,0	1,683	0,9	1,515	0,5	0,842	-0,1	-0,168	-0,7	-1,178
2,380	1,0	2,005	0,9	1,804	0,5	1,002	-0,1	-0,200	-0,7	-1,403
2,326	1,0	1,959	0,9	1,763	0,5	0,979	-0,1	-0,196	-0,7	-1,371
2,670	1,0	2,248	0,9	2,024	0,5	1,124	-0,1	-0,225	-0,7	-1,574
3,202	1,0	2,697	0,9	2,427	0,5	1,349	-0,1	-0,270	-0,7	-1,888

- Jednotlivé hodnoty jsou roznásobeny zatěžovací plochou
- Zatížení větrem jsem do modelu zadávala jako silový účinek působící kolmo na uzel:



5.4. Zatížení větrem – svislá stěna

$d = 30 \text{ m}$
 $h = 19,5 \text{ m}$
 $b = 30 \text{ m}$

$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = \min \{30; 2 \cdot 19,5 = 39\} = 30 \text{ m}$

$e = 30 \text{ m} \geq d = 30 \text{ m}$

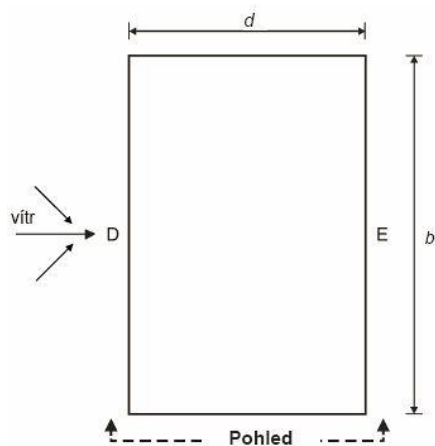
$\frac{h}{d} = \frac{19,5}{30} = 0,65 \Rightarrow C_{pe,10}$ – mezilehlou hodnotu jsem interpolovala

$C_{pe,10,A} = -1,2$

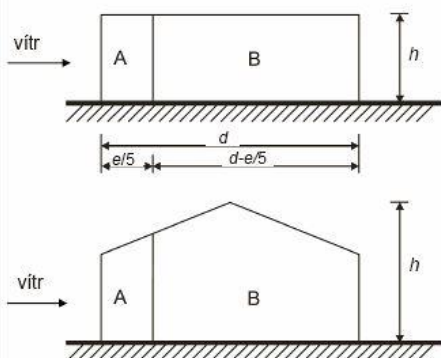
$C_{pe,10,B} = -0,8$

- Výpočet sil pro zatížení větrem působící na svislou stěnu:

A m ²	$q_p(z)$	$C_{pe,10,A}$	$F_{p,A}$ [kN]	$C_{pe,10,B}$	$F_{p,B}$ [kN]
2,5345	0,842	-1,2	-2,562	-0,8	-1,708
5,3162	0,842	-1,2	-5,373	-0,8	-3,582
5,4958	0,842	-1,2	-5,555	-0,8	-3,73
5,5907	0,842	-1,2	-5,650	-0,8	-3,76
5,5175	0,842	-1,2	-5,577	-0,8	-3,718
5,3242	0,842	-1,2	-5,381	-0,8	-3,587
4,9556	0,842	-1,2	-5,009	-0,8	-3,339
4,4164	0,842	-1,2	-4,464	-0,8	-2,976
3,8044	0,842	-1,2	-3,845	-0,8	-2,563



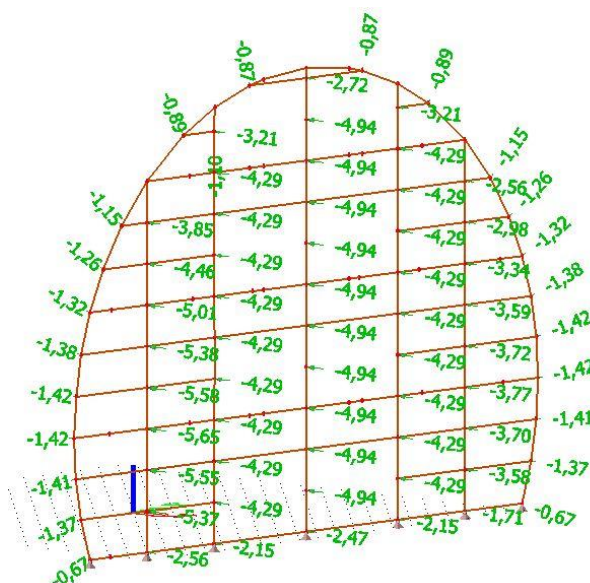
Pohled pro $e \geq d$



Oblast	A		B	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1

3,1848	0,842	0,0	0,000	-0,8	-2,146
6,3716	0,842	0,0	0,000	-0,8	-4,293
4,7707	0,842	0,0	0,000	-0,8	-3,215
3,6657	0,842	0,0	0,000	-0,8	-2,470
7,3367	0,842	0,0	0,000	-0,8	-4,943
4,0338	0,842	0,0	0,000	-0,8	-2,718

- Rozložení sil působící kolmo na uzel pro zatížení větrem na svislou stěnu:



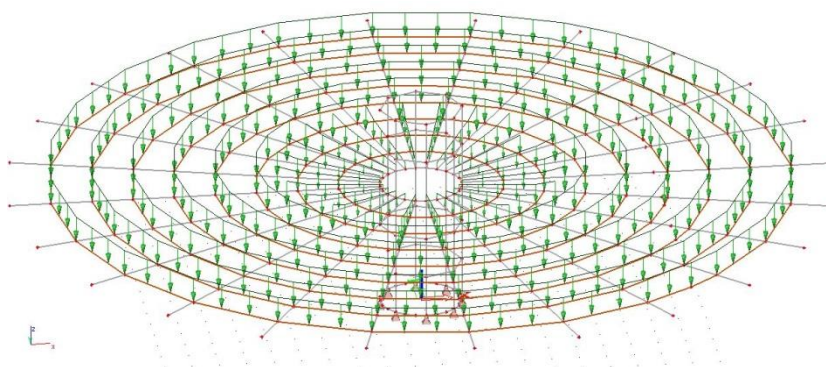
5.5. Užitné zatížení

5.5.1. Užitné zatížení stropů

Kategorie	stanovené použití	příklad	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]
A	plochy pro domácí a obytné činnosti	místnosti obytných budov a domů, místnosti a čekárny v nemocnicích, ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety	stropy	2,0
			schodiště	2,0
			balkóny	2,0
B	kancelářské plochy		2,5	4,0
C	plochy, kde dochází ke shromažďování lidí (kromě ploch uvedených u kategorií A, B, D a E)	C1: plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích, atd.	3,0	3,0
		C2: plochy se zabudovanými sedadly, např. plochy v kostelech, divadlech nebo kinech, konferenčních místnostech, čekárnách, atd.	4,0	4,0
		C3: plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, na výstavách, atd., dále přístupné plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, atd.	5,0	4,0
		C4: plochy s možnými pohybovými aktivitami, např. taneční sály, tělocvičny, divadelní scény, atd.	5,0	7,0
		C5: plochy, kde může dojít k nahromadění lidí, např. budovy pro veřejné akce, jako jsou koncertní sály, sportovní haly, včetně tribun, teras, a přístupných ploch, atd.	5,0	4,5
D	obchodní plochy	D1: plochy v malých obchodech	5,0	5,0
		D2: plochy v obchodních domech, např. sklady papírnictví a kancelářských potřeb	5,0	7,0

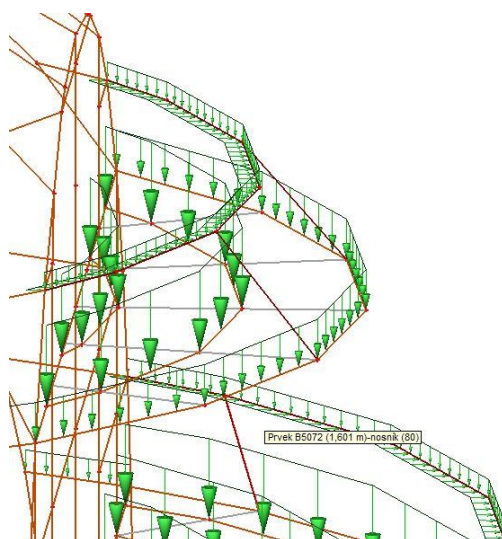
- ⇒ C1: kavárna, restaurace, jídelna, čítárna $\Rightarrow q_k = 3 \text{ kN/m}^2$
 ⇒ A: balkóny $\Rightarrow q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

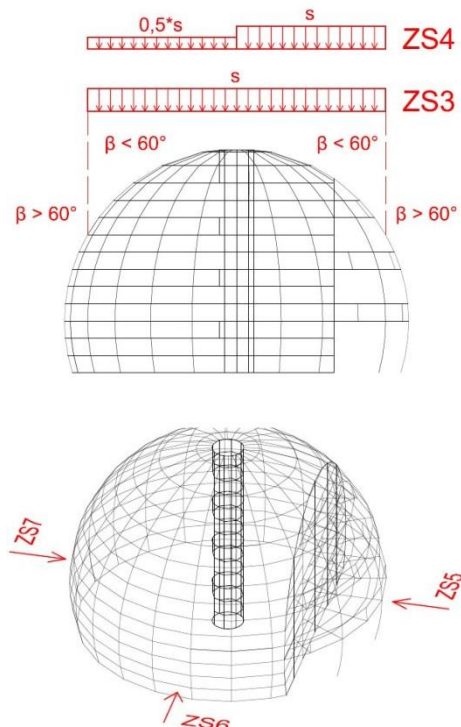
- Zadávána jako spojitě zatížení roznásobené zatěžovací šířkou. Podle délky prutu je zadávána buď na svislé, nebo na vodorovné pruty
- Na svislé pruty je zadávané do délky prutu 1,5 m, při délce prutu pod 1,5 m je spojitě zatížení zadáváno na vodorovné pruty.
- Rozložení spojitěho zatížení kolmo na pruty pro užité zatížení stropu uvnitř konstrukce a na balkónech:



5.5.2. Užitné zatížení na zábradlí

- Zábradlí je zatíženo užitným rovnoměrně spojitým zatížením působící na horní hranu. Zatížení působí na horní hranu svisle (z vrchu) a vodorovně (z boku).
- Uvažuji s hodnotou: $q_k = 1 \text{ kN/m}$
- Rozložení zatížení působícího na horní hranu zábradlí:





6. PŘEHLED ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

	NÁZEV	TYP ZATÍŽENÍ
ZS	la tní tíha	Stálé
ZS2	Ostatní stálé	Stálé
ZS3	Zatížení sněhem plným	Proměnné krátkodobé
ZS4	Zatížení sněhem pol vičním	Proměnné krátkodobé
ZS5	Zatížení větrem I	Proměnné krátkodobé
ZS6	Zatížení větrem II	Proměnné krátkodobé
ZS7	Zatížení větrem III	Proměnné krátkodobé
ZS8	Užitné zatížení	Proměnné dlouhodobé
ZS9	Vlastní tíha rámu a kabiny výtahu	Stálé

7. KOMBINACE

- Vytvořeny výpočetním program Scia Engineer

Kombinační součinitelé:

Sníh - $\psi_0 = 0,5$

Vítr - $\psi_0 = 0,6$

Užitné - $\psi_0 = 0,5$

Dílčí součinitelé zatížení:

Stálé - $\gamma_G = 1,35$

Proměnné - $\gamma_Q = 1,50$

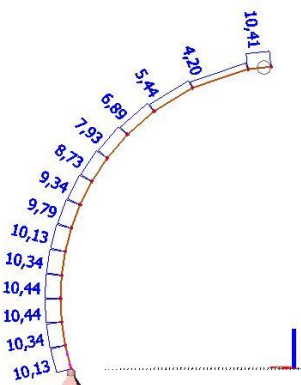
JMÉNO	TYP	KOMBINACE
CO1	Obálka - únosnost	1*ZS1
CO2 - MSÚ 1	Obálka - únosnost	1,35*ZS1+1,35*ZS2+1,35*ZS9
CO2 - MSÚ 2	Obálka - únosnost	1,0*ZS1+1,0*ZS2+1,0*ZS9
CO2 - MSÚ 3	Obálka - únosnost	1,15*ZS1+1,15*ZS2+1,15*ZS9
CO2 - MSÚ 4	Obálka - únosnost	1,35*ZS1+1,35*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,35*ZS9
CO2 - MSÚ 5	Obálka - únosnost	1,0*ZS1+1,0*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,0*ZS9
CO2 - MSÚ 6	Obálka - únosnost	1,15*ZS1+1,15*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,15*ZS9
CO2 - MSÚ 7	Obálka - únosnost	1,0*ZS1+1,0*ZS2+1,5*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+1,5*ZS4+0,9*ZS7+1,0*ZS9
CO2 - MSÚ 8	Obálka - únosnost	1,35*ZS1+1,35*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,35*ZS9
CO2 - MSÚ 9	Obálka - únosnost	1,0*ZS1+1,0*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,0*ZS9
CO2 - MSÚ 10	Obálka - únosnost	1,15*ZS1+1,15*ZS2+0,75*ZS3+1,5*ZS5+1,5*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+1,5*ZS7+1,15*ZS9
CO2 - MSÚ 11	Obálka - únosnost	1,0*ZS1+1,0*ZS2+0,75*ZS3+1,5*ZS5+1,5*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+1,5*ZS7+1,0*ZS9

CO2 - MSÚ 12	Obálka - únosnost	$1,35*ZS1+1,35*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,35*ZS9$
CO2 - MSÚ 13	Obálka - únosnost	$1,0*ZS1+1,0*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,05*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,0*ZS9$
CO2 - MSÚ 14	Obálka - únosnost	$1,15*ZS1+1,15*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,5*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,15*ZS9$
CO2 - MSÚ 15	Obálka - únosnost	$1,0*ZS1+1,0*ZS2+0,75*ZS3+0,9*ZS5+0,9*ZS6+1,5*ZS8+0,75*ZS4+0,9*ZS7+1,0*ZS9$
CO3 - MSP 1	Obálka - použitelnost	$1,0*ZS1+1,0*ZS2+1,0*ZS9$
CO3 - MSP 2	Obálka - použitelnost	$1,0*ZS1+1,0*ZS2+1,0*ZS3+0,6*ZS5+0,6*ZS6+0,7*ZS8+1,0*ZS4+0,6*ZS7+1,0*ZS9$
CO3 - MSP 3	Obálka - použitelnost	$1,0*ZS1+1,0*ZS2+0,5*ZS3+1,0*ZS5+1,0*ZS6+0,7*ZS8+0,5*ZS4+1,0*ZS7+1,0*ZS9$
CO3 - MSP 4	Obálka - použitelnost	$1,0*ZS1+1,0*ZS2+0,5*ZS3+0,6*ZS5+0,6*ZS6+1,0*ZS8+0,5*ZS4+0,6*ZS7+1,0*ZS9$

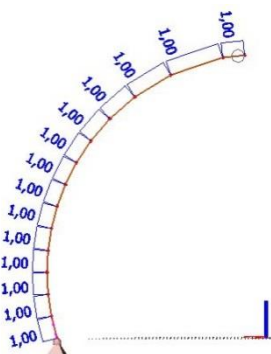
li ... dílčí délka prutu
L ... délka celého prutu

L =	25,092 m
L2 =	12,379 m
L3 =	9,149 m
L4 =	7,865 m
L5 =	7,495 m

ky:



kz:



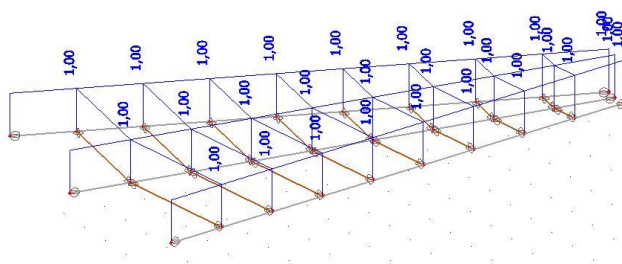
8. VZPĚRNÉ DÉLKY

- Do výpočetního programu Scia Engineer zadávány ručně
- Ukázka výpočtu součinitele vzpěrné délky pro **svislá žebra**:

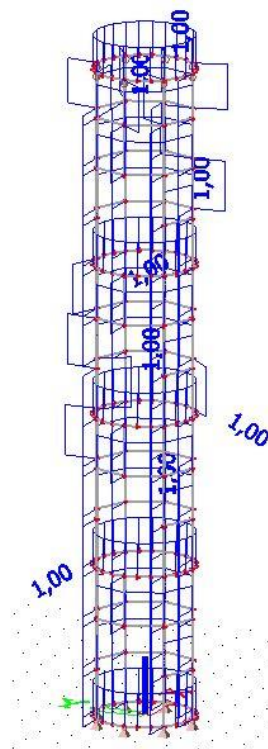
$$k_{cr,y} = \frac{0,625 * L}{l_i}$$

l_i	k_{cr}	$k_{cr,2}$	$k_{cr,3}$	$k_{cr,4}$	$k_{cr,5}$
3,736	4,198	2,071	1,531	1,316	1,254
2,884	5,438	2,683	1,983	-	-
2,276	6,890	3,399	-	-	-
1,977	7,932	3,913	-	-	-
1,797	8,727	-	-	-	-
1,680	9,335	-	-	-	-
1,602	9,789	-	-	-	-
1,549	10,124	-	-	-	-
1,517	10,338	-	-	-	-
1,502	10,441	-	-	-	-
1,517	10,338	-	-	-	-
1,549	10,124	-	-	-	-
1,506	10,413	5,137	3,797	3,264	3,110
1,023	-	-	5,590	-	-
2,623	-	-	-	1,874	-
2,253	-	-	-	-	2,079

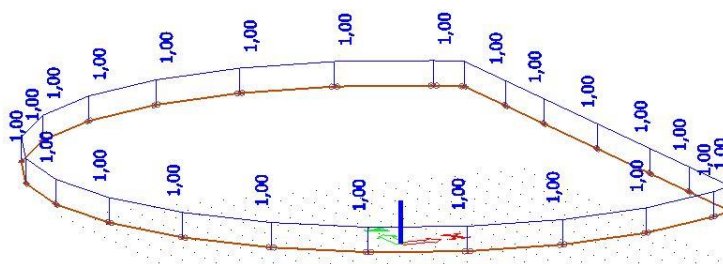
- **Stropní nosníky** – oboustranně kloubově připojeny => součinitel vzpěrné délky: $k_y = k_z = 1,0$



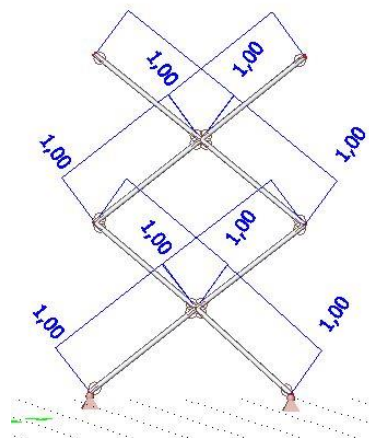
- **Výtahová šachta** – svařovaná konstrukce => součinitel vzpěrné délky: $k_y = k_z = 1,0$



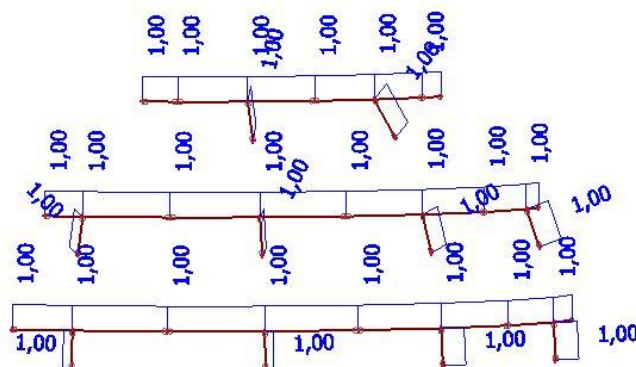
- **Vodorovná žebra (paždíky)** – oboustranně kloubově připojeny ke svislým žebřům => součinitel vzpěrné délky: $k_y = k_z = 1,0$



- **Ztužidla** – oboustranně kloubově připojeny => součinitel vzpěrné délky: $k_y = k_z = 1,0$



- **Zábradlí a zábradelní sloupky** – oboustranně kloubově připojeny => součinitel vzpěrné délky: $k_y = k_z = 1,0$



9. DIMENZOVÁNÍ

- Optimalizace dimenzí byla provedena ve výpočetním programu Scia Engineer na základě jednotkových posudků pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti
- Pro stropní nosníky byl rozhodující mezní stav použitelnosti
- U ocelových i dřevěných prvků byl brán ohled na jejich štíhlost
- U prvků, kde vycházeli příliš velké dimenze z lepeného lamelového dřeva, jsem použila ocelové profily
- Žebra a sloupky z lepeného lamelového dřeva jsou po výšce odstupňovány
- Uzavřené ocelové profily jsou odstupňovány v tloušťce stěny
- Vnitřní síly byly vypočteny výpočetním programem

10. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

10.1. Pevnostní charakteristiky

10.1.1. Rostlé dřevo – C24

$$\begin{aligned}f_{c,0,k} &= 21 \text{ MPa} \\f_{c,90,k} &= 2,5 \text{ MPa} \\f_{t,0,k} &= 14 \text{ MPa} \\f_{m,k} &= 24 \text{ MPa} \\f_{v,k} &= 2,7 \text{ MPa} \\E_{0,mean} &= 11 \text{ GPa}\end{aligned}$$

$\gamma_M = 1,3$... platí pro rostlé dřevo

Třída provozu: 2

Třída trvání zatížení: krátkodobé

$\Rightarrow k_{mod} = 0,9$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{21}{1,3} = 14,54 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2,5}{1,3} = 1,73 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{14}{1,3} = 9,69 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{24}{1,3} = 16,62 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2,7}{1,3} = 1,87 \text{ MPa}$$

- Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

$$E_{0,05} = E_{0,mean} * \frac{2}{3} = 11000 * \frac{2}{3} = 7333 \text{ MPa}$$

10.1.2. Lepené lamelové dřevo – GL28h

$$f_{c,0,g,k} = 26,5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,k} = 3,0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 19,5 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,g,k} = 0,5 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,k} = 28 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 12,6 \text{ GPa}$$

$\gamma_M = 1,25$... platí pro lepené lamelové dřevo

Třída provozu: 2

Třída trvání zatížení: krátkodobé
 $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{26,5}{1,25} = 19,08 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{3,0}{1,25} = 2,16 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{19,5}{1,25} = 14,04 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tahu kolmo k vláknům

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{28}{1,25} = 20,16 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{3,2}{1,25} = 2,30 \text{ MPa}$$

- Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

$$E_{g,0,05} = 10200 \text{ MPa}$$

10.1.3. Ocel – S355

- Modul pružnosti v tahu, tlaku

$$E = 210\,000\,MPa$$

- Modul pružnosti ve smyku

$$G = 81\,000\,MPa$$

- Objemová hmotnost

$$\rho = 7850\,kg/m^3$$

- Mez kluzu

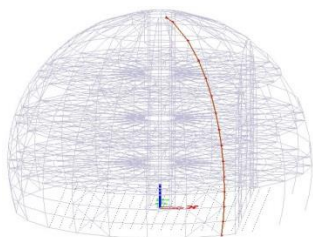
$$f_{y,k} = 355\,MPa \text{ (platí pro } t < 40\,mm \text{)}$$

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{355}{1,0} = 355\,MPa$$

- Mez pevnosti

$$f_{u,k} = 510\,MPa \text{ (platí pro } t < 40\,mm \text{)}$$

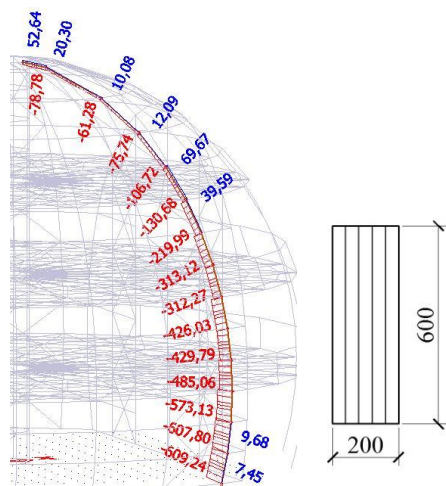
$$f_{u,d} = \frac{f_{u,k}}{\gamma_M} = \frac{510}{1,0} = 510\,MPa$$



$$L_{cr,y} = k \cdot L = 10,13 \cdot 1,549 = 15,691 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = k \cdot L = 1 \cdot 1,549 = 1,549 \text{ m}$$

$\beta_c = 0,1$... pro lepené lamelové
dřevo



10.2. Svislé žebro

10.2.1. Vzpěrný tlak

$$\lambda_y = \frac{L_{ef}}{i_y} = \frac{15691}{173} = 90,70$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ef}}{i_z} = \frac{1549}{58} = 26,71$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{90,70}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 1,47$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{26,71}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,43$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,1 * (1,47 - 0,3) + 1,47^2] = 1,64$$

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,43 - 0,3) + 0,43^2] = 0,60$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}} = \frac{1}{1,64 + \sqrt{1,64^2 - 1,47^2}} = 0,42 \leq 1,0$$

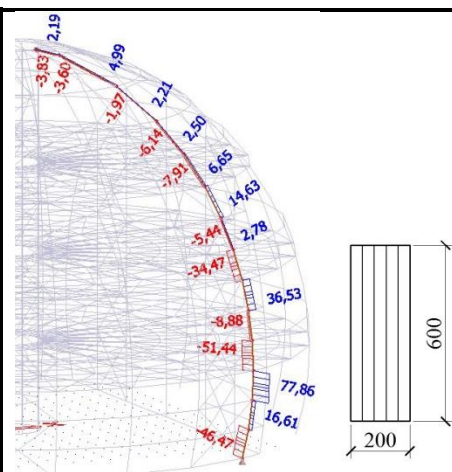
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}} = \frac{1}{0,60 + \sqrt{0,60^2 - 0,43^2}} = 0,98 \leq 1,0$$

$$k_c = \min \{k_{c,y} | k_{c,z}\} = \min \{0,42 | 0,98\} = 0,42$$

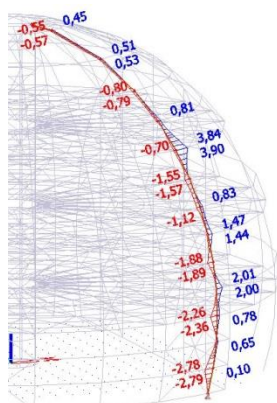
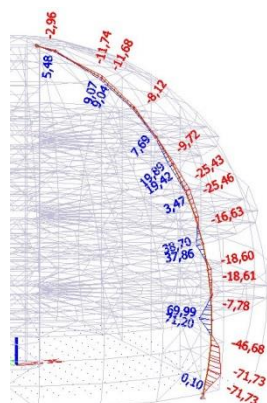
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{609,24 * 10^3}{200 * 600} = 5,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 5,08 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,g,d} = 0,42 * 19,08 = 8,01 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} = \frac{5,08}{0,42 * 19,08} = \mathbf{0,63 \leq 1,0 \dots VYHOVUJE}$$



A_{ef} ... účinná dotyková plocha
 $k_{c,90}$... součinitel zohledňující uspořádání zatížení, možnost rozštěpení dřeva a stupeň jeho deformace v tlaku; =1



k_m ... bere v úvahu redistribuci napětí a vliv nehomogenit materiálu v průřezu. Pro lepené lamelové dřevo a obdélníkový průřez = 0,7

10.2.2. Tlak kolmo k vláknům

$$\sigma_{c,90,g,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ef}} = \frac{51,44 \cdot 10^3}{200 \cdot 600} = 0,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,g,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,g,d}$$

$$0,43 \text{ MPa} \leq 1,0 \cdot 2,16 = 2,16 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90}} = \frac{0,43}{1,0 \cdot 2,16} = 0,20 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

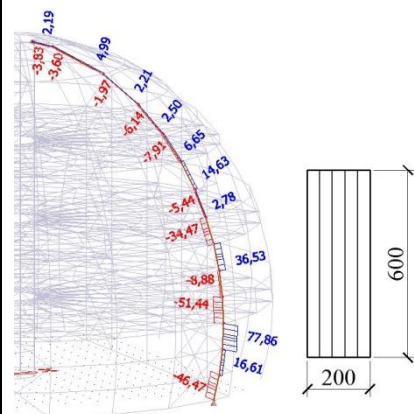
10.2.3. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{71,73 \cdot 10^6}{\frac{200 \cdot 600^2}{6}} = 5,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{2,79 \cdot 10^6}{\frac{200 \cdot 600^2}{6}} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{5,98}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{0,23}{20,16} = 0,30 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 \cdot \frac{5,98}{20,16} + \frac{0,23}{20,16} = 0,22 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



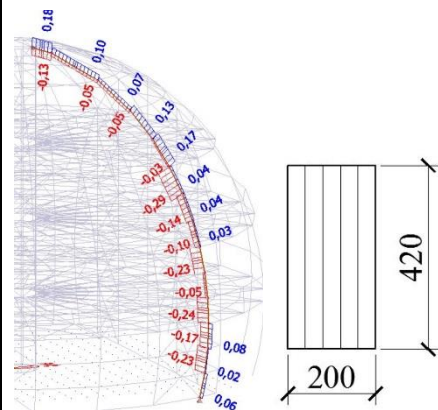
10.2.4. Pevnost ve smyku

$$\tau_D = \frac{V_{ED} * S}{I * b} = \frac{V_{ED} * \frac{bh}{2} * \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 * b} = \frac{3 * V_{ED}}{2 * bh} = \frac{3 * 77,86 * 10^3}{2 * 200 * 600}$$

$$= 0,97 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,97 \text{ MPa} \leq f_{V,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{V,g,D}} = \frac{0,97}{2,30} = 0,42 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



10.2.5. Pevnost v kroucení

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{0,29 * 10^6}{0,2484 * 200^2 * 420} = 0,07 \text{ MPa}$$

$$k_{shape} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 * \frac{420}{200} = 1,315 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,315 \end{cases}$$

$$\tau_{tor,d} = 0,07 \text{ MPa} \leq k_{shape} * f_{V,g,D} = 1,315 * 2,30 = 3,02 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

k_{shape} ... součinitel závislý na tvaru průřezu. Zde uveden vztah pro obdélníkový průřez

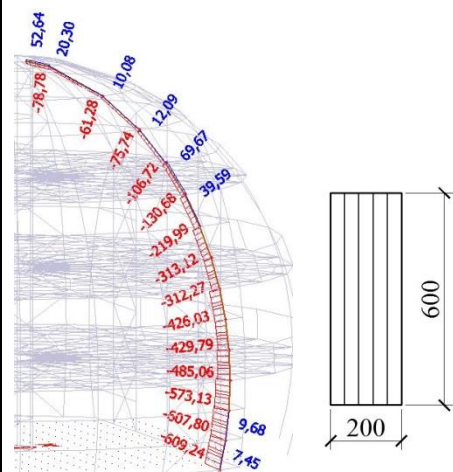
β : $h/b=420/200=2,1$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5*	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

⇒ Hodnota β interpolována

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} * f_{V,g,D}} = \frac{0,07}{1,315 * 2,30} = 0,02 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



10.2.6. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{a * b} = \frac{609,24 * 10^3}{200 * 600} = 5,08 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{5,98}{20,16} + 0,7 * \frac{0,23}{20,16} + \frac{5,08}{0,42 * 19,08} = \mathbf{0,94} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 * \frac{5,98}{20,16} + \frac{0,23}{20,16} + \frac{5,08}{0,42 * 19,08} = \mathbf{0,85} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHJOVUJE}$$

10.2.7. Napětí v ohybu ve vrcholové části

$$r = r_{in} + 0,5h_{ap} = 14899,2186 + 0,5 * 500 = 15149,22 \text{ mm}$$

$$r_{in} = \mathbf{14899,2186 \text{ mm}} \geq 200t = 200 * 40 = \mathbf{8000 \text{ mm}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$h_{ap} = 500 \text{ mm}$$

$$\beta_{ap} = 13^\circ$$

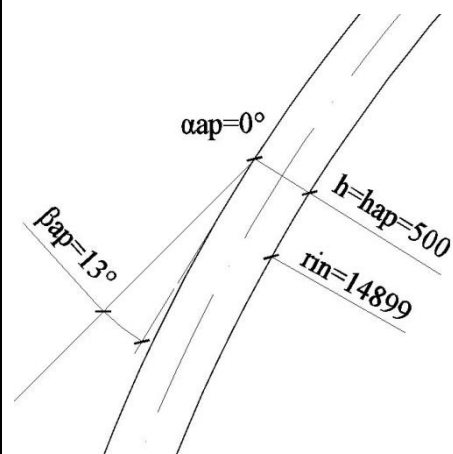
$$\alpha_{ap} = 0^\circ$$

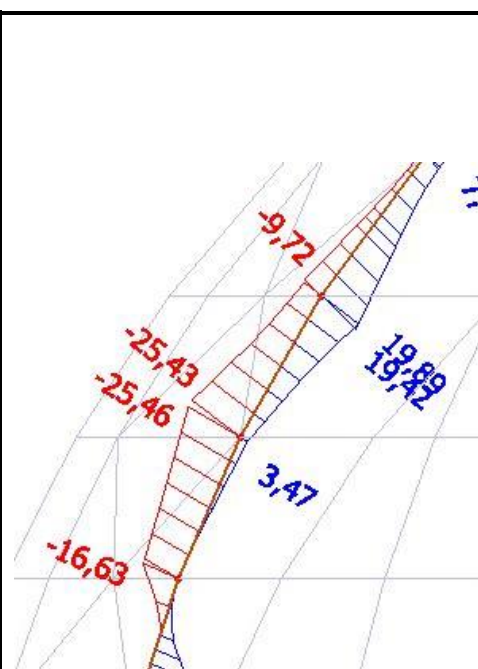
$$k_1 = 1 + 1,4\text{tg}\alpha_{ap} + 5,4\text{tg}^2\alpha_{ap} = 1,0$$

$$k_2 = 0,35 - 8\text{tg}\alpha_{ap} = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3\text{tg}\alpha_{ap} - 7,8\text{tg}^2\alpha_{ap} = 0,6$$

$$k_4 = 6\text{tg}^2\alpha_{ap} = 6 * \text{tg}^2 0 = 0$$





$$k_1 = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$$

$$= 1,0 + 0,35 * \left(\frac{500}{15149,22} \right) + 0,6 * \left(\frac{500}{15149,22} \right)^2$$

$$+ 0 * \left(\frac{500}{15149,22} \right)^3 = 1,012$$

$M_{ap,d} = 25,46 \text{ kNm}$ (Návrhový moment ve vrcholové části)

$$\sigma_{m,d} = k_1 \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 1,012 * \frac{6 * 25,46 * 10^6}{200 * 500^2} = 3,09 \text{ MPa}$$

$t = 40 \text{ mm}$ (tloušťka lamely)

k_r pro zakřivené a vyklenuté nosníky se má uvažovat:

$$\frac{r_{in}}{t} = \frac{15149,22}{40} = 378,73 \geq 240 \rightarrow k_r = 1,0$$

$\sigma_{m,d} = \mathbf{3,09 \text{ MPa}} \leq k_r * f_{m,g,d} = 1,0 * 20,16 = \mathbf{20,16 \text{ Mpa}} \dots$
VYHOVUJE

10.2.8. Napětí v tahu kolmo k vláknům ve vrcholové části

$k_{dis} = 1,4$ (pro zakřivené nosníky)

$V_0 = 0,01 \text{ m}^3$ (referenční objem)

$V_b = 2,87 \text{ m}^3$ (celkový objem nosníku)

$$V = \frac{\beta_{ap}}{180} \pi b (h_{ap}^2 + 2r_{in}h_{ap})$$

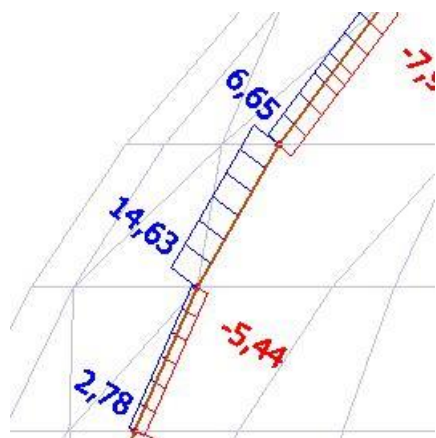
$$= \frac{13}{180} * \pi * 0,20 * (0,50^2 + 2 * 14,899 * 0,50)$$

$$= 0,687 \text{ m}^3$$

$V = \mathbf{0,687 \text{ m}^3} \leq \frac{2}{3} V_b = \frac{2}{3} * 2,87 = \mathbf{1,91 \text{ m}^3} \dots$ VYHOVUJE

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{0,687} \right)^{0,2} = 0,429$$

$$k_5 = 0,2 \text{tg} \alpha_{ap} = 0,2 * \text{tg} 0 = 0$$



$$k_6 = 0,25 - 1,5 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \\ = 0,25 - 1,5 * \operatorname{tg} 0 + 2,6 * \operatorname{tg}^2 0 = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 2,1 * \operatorname{tg} 0 - 4 * \operatorname{tg}^2 0 = 0$$

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 \\ = 0 + 0,25 * \left(\frac{500}{15149,22} \right) + 0 * \left(\frac{500}{15149,22} \right)^2 \\ = 0,008$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 0,008 * \frac{6 * 25,46 * 10^6}{200 * 500^2} = 0,024 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,90,d} = \mathbf{0,024 \text{ MPa}} \leq k_{dis} k_{vol} f_{t,90,g,d} = 1,4 * 0,429 * 0,36 = \mathbf{0,216 \text{ Mpa} \dots \text{VYHOVUJE}}$$

10.2.9. Napětí ve smyku ve vrcholové části

$$V_{ap,d} = 14,63 \text{ kNm (Návrhový moment ve vrcholové části)}$$

$$\tau_D = \frac{3V_{ap,d}}{2bh_{ap}} = \frac{3 * 14,63 * 10^3}{2 * 200 * 500} = 0,22 \text{ MPa}$$

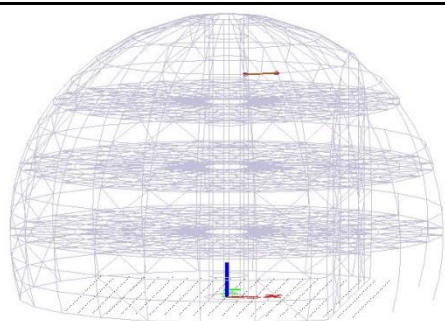
$$\tau_D = \mathbf{0,22 \text{ MPa}} \leq f_{v,g,d} = \mathbf{2,30 \text{ Mpa} \dots \text{VYHOVUJE}}$$

10.2.10. Kombinace tahu kolmo k vláknům a smyku ve vrcholové části

$$\frac{\tau_D}{f_{v,g,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,22}{2,30} + \frac{0,024}{1,4 * 0,429 * 0,36} = \mathbf{0,21 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$

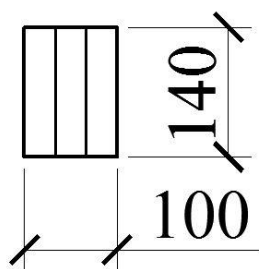
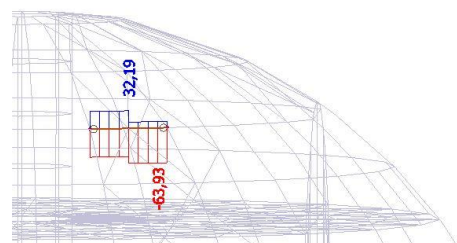
⇒ **NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI**



$$L_{cr,y} = k \cdot L = 1 \cdot 2,349 = 2,349 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = k \cdot L = 1 \cdot 2,349 = 2,349 \text{ m}$$

$\beta_c = 0,1$... pro lepené lamelové dřevo



10.3. Vodorovné žebro (paždíky) – na opláštění

10.3.1. Tlak rovnoběžné s vlákny

$$\lambda_y = \frac{L_{ef}}{i_y} = \frac{2349}{40} = 58,73$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ef}}{i_z} = \frac{2349}{29} = 81,00$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{58,73}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,95$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{81,0}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 1,31$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,95 - 0,3) + 0,95^2] = 0,98$$

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,1 * (1,31 - 0,3) + 1,31^2] = 1,41$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}} = \frac{1}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,95^2}} = 0,61 \leq 1,0$$

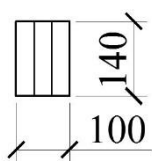
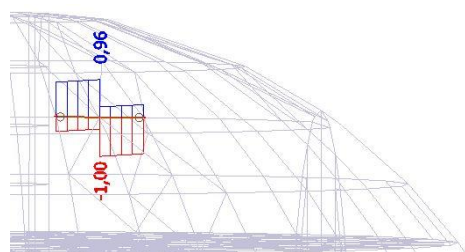
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}} = \frac{1}{1,41 + \sqrt{1,41^2 - 1,31^2}} = 0,52 \leq 1,0$$

$$k_c = \min \{k_{c,y} | k_{c,z}\} = \min \{0,61 | 0,52\} = 0,52$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{63,93 * 10^3}{100 * 140} = 4,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 4,57 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,g,d} = 0,52 * 19,08 = 9,92 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} = \frac{4,57}{0,52 * 19,08} = 0,46 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$k_{c,90} = 1,0$$

10.3.2. Tlak kolmo k vláknům

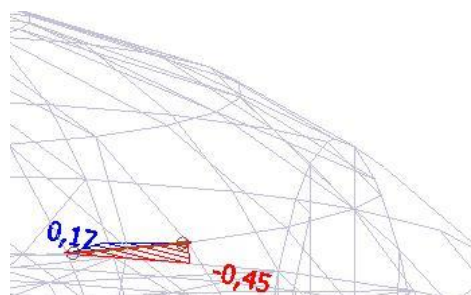
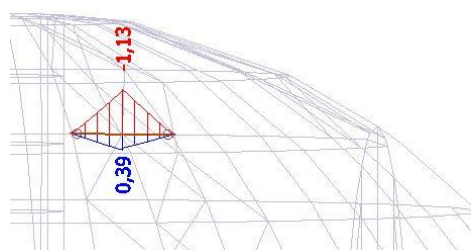
$$\sigma_{c,90,g,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ef}} = \frac{1,0 * 10^3}{100 * 140} = 0,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,g,d} \leq k_{c,90} * f_{c,90,g,d}$$

$$0,07 \text{ MPa} \leq 1,0 * 2,16 = 2,16 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90}} = \frac{0,07}{1,0 * 2,16} = 0,03 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.3.3. Pevnost v ohybu

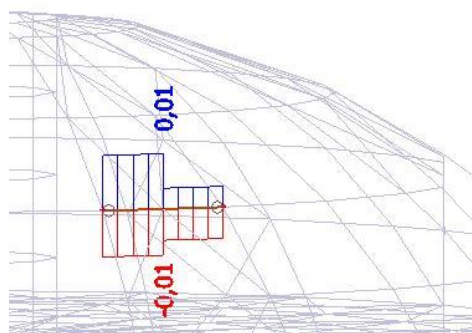
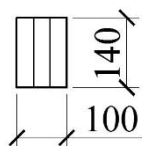
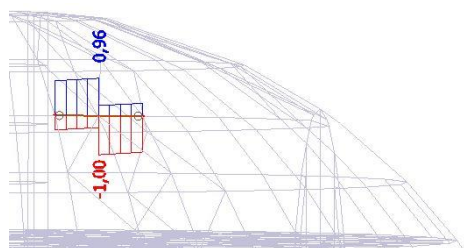


$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{1,13 * 10^6}{\frac{100 * 140^2}{6}} = 3,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,45 * 10^6}{\frac{100 * 140^2}{6}} = 1,38 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{3,46}{20,16} + 0,7 * \frac{1,38}{20,16} = 0,22 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 * \frac{3,46}{20,16} + \frac{1,38}{20,16} = 0,19 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$\beta: h/b = 140/100 = 1,4$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5*	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

10.3.4. Pevnost ve smyku

$$\tau_D = \frac{V_{ED} * S}{I * b} = \frac{V_{ED} * \frac{bh}{2} * \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 * b} = \frac{3 * V_{ED}}{2 * bh} = \frac{3 * 1,0 * 10^3}{2 * 100 * 140}$$

$$= 0,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,11 \text{ MPa} \leq f_{V,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{V,g,D}} = \frac{0,11}{2,30} = 0,05 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.3.5. Pevnost v kroucení

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{0,01 * 10^6}{0,227 * 100^2 * 140} = 0,03 \text{ MPa}$$

$$k_{shape} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 * \frac{140}{100} = 1,21 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,21$$

$$\tau_{tor,d} = 0,03 \text{ MPa} \leq k_{shape} * f_{V,g,d} = 1,21 * 2,30 = 2,78 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} * f_{V,g,D}} = \frac{0,03}{1,21 * 2,30} = 0,011 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.3.6. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{a * b} = \frac{63,93 * 10^3}{100 * 140} = 4,57 \text{ MPa}$$

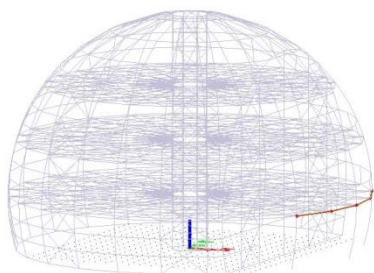
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,46}{20,16} + 0,7 * \frac{1,38}{20,16} + \frac{4,57}{0,52 * 19,08} = \mathbf{0,68 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 * \frac{3,46}{20,16} + \frac{1,38}{20,16} + \frac{4,57}{0,52 * 19,08} = \mathbf{0,65 \leq 1,0 \dots \text{VYHJOVUJE}}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI



$$L_{cr,y} = k * L = 1 * 3,928 = 3,928 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = k * L = 1 * 3,928 = 3,928 \text{ m}$$

10.4. Paždíky v místech, kde jsou stropní nosníky

10.4.1. Tlak rovnoběžně s vlákny

$$\lambda_y = \frac{L_{ef}}{i_y} = \frac{3928}{159} = 24,70$$

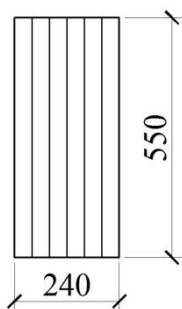
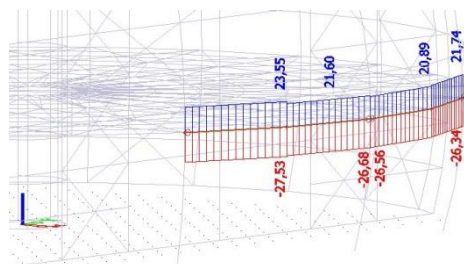
$$\lambda_z = \frac{L_{ef}}{i_z} = \frac{3928}{69} = 56,93$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{24,70}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,40$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{56,93}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,92$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$\beta_c = 0,1 \dots$ pro lepené lamelové
dřevo



$$k_y = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,40 - 0,3) + 0,40^2] = 0,59$$

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,92 - 0,3) + 0,92^2] = 0,95$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}} = \frac{1}{0,59 + \sqrt{0,59^2 - 0,40^2}} = 0,98 \leq 1,0$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,92^2}} = 0,84 \leq 1,0$$

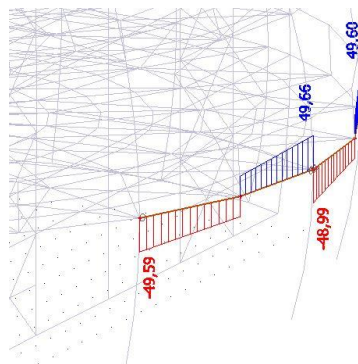
$$k_c = \min \{k_{c,y} | k_{c,z}\} = \min \{0,98 | 0,84\} = 0,84$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{27,53 * 10^3}{240 * 550} = 0,21 \text{ MPa}$$

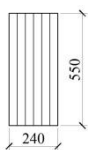
$$\sigma_{c,0,d} = 0,21 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,g,d} = 0,84 * 19,08 = 16,03 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} = \frac{0,21}{0,84 * 19,08} = \mathbf{0,01 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$

10.4.2. Tlak kolmo k vláknům



$$k_{c,90} = 1,0$$

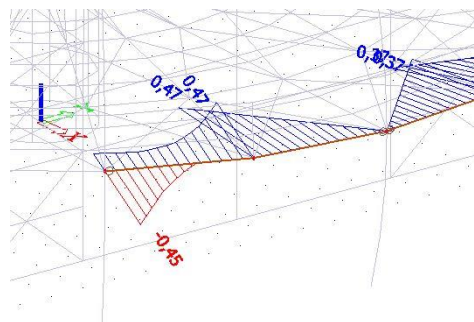
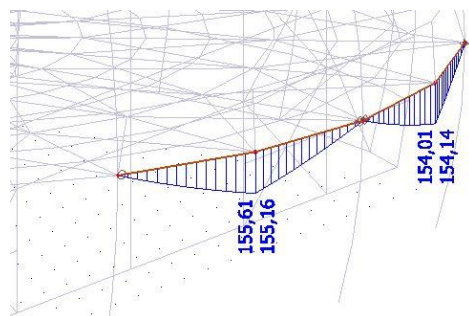


$$\sigma_{c,90,g,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ef}} = \frac{49,59 * 10^3}{240 * 550} = 0,38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,g,d} \leq k_{c,90} * f_{c,90,g,d}$$

$$0,38 \text{ MPa} \leq 1,0 * 2,16 = 2,16 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90}} = \frac{0,38}{1,0 * 2,16} = \mathbf{0,17 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$



10.4.3. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{155,61 \cdot 10^6}{\frac{240 \cdot 550^2}{6}} = 12,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,47 \cdot 10^6}{\frac{240 \cdot 550^2}{6}} = 3,88 \text{ MPa}$$

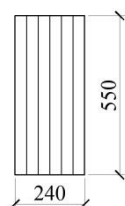
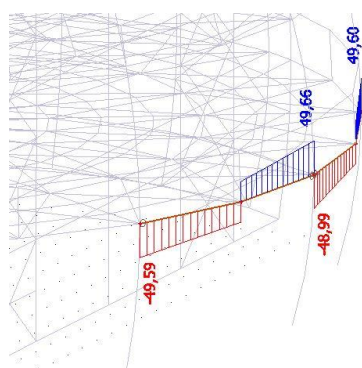
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{12,86}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{3,88}{20,16} = \mathbf{0,77 \leq 1,0}$$

... **VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 \cdot \frac{12,86}{20,16} + \frac{3,88}{20,16} = \mathbf{0,64 \leq 1,0}$$

... **VYHOVUJE**

10.4.4. Pevnost ve smyku

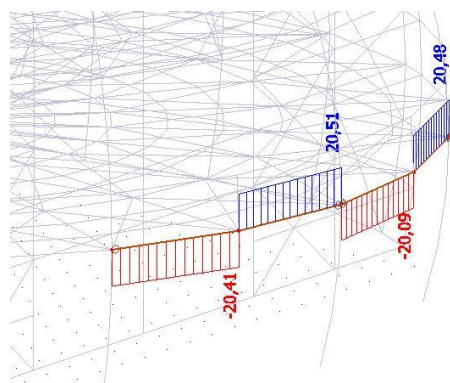


$$\tau_D = \frac{V_{ED} \cdot S}{I \cdot b} = \frac{V_{ED} \cdot \frac{bh}{2} \cdot \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 \cdot b} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot bh} = \frac{3 \cdot 49,66 \cdot 10^3}{2 \cdot 240 \cdot 550}$$

$$= 0,56 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,56 \text{ MPa} \leq f_{v,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{v,g,D}} = \frac{0,56}{2,30} = \mathbf{0,25 \leq 1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$



$\beta: h/b = 550/240 = 2,29$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5*	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

⇒ Hodnota β interpolována

10.4.5. Pevnost v kroucení

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{20,51 \cdot 10^6}{0,25296 \cdot 240^2 \cdot 550} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$k_{\text{shape}} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 \cdot \frac{550}{240} = 1,344 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,344 \end{cases}$$

$$\tau_{\text{tor,d}} = 2,56 \text{ MPa} \leq k_{\text{shape}} \cdot f_{v,g,d} = 1,344 \cdot 2,30 = 3,09 \text{ MPa}$$

... VYHOVUJE

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,g,d}} = \frac{2,56}{1,344 \cdot 2,30} = \mathbf{0,83} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.4.6. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku

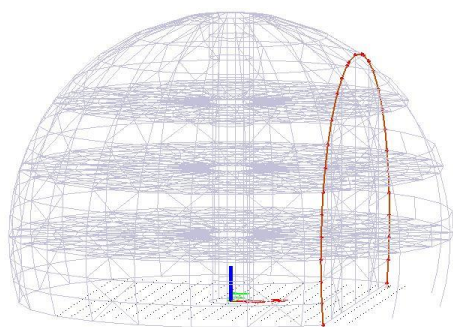
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\text{ED}}}{A_{\text{net}}} = \frac{N_{\text{ED}}}{bh} = \frac{27,53 \cdot 10^3}{240 \cdot 550} = 0,21 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{12,86}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{3,88}{20,16} + \frac{0,21}{0,84 \cdot 19,08} = \mathbf{0,78} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

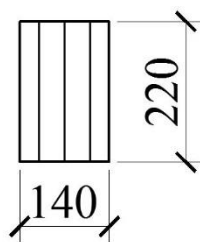
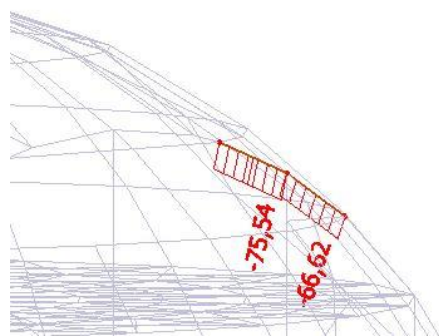
$$0,7 \cdot \frac{12,86}{20,16} + \frac{3,88}{20,16} + \frac{0,21}{0,84 \cdot 19,08} = \mathbf{0,65} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$L_{cr,y} = k \cdot L = 3,86 \cdot 1,85 = 7,141 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = k \cdot L = 1 \cdot 1,85 = 1,85 \text{ m}$$

$\beta_c = 0,1$... pro lepené lamelové dřevo



⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

10.5. Obvodové žebro v seříznutí

10.5.1. Tlak rovnoběžně s vlákny

$$\lambda_y = \frac{L_{ef}}{i_y} = \frac{7141}{64} = 111,58$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ef}}{i_z} = \frac{1850}{40} = 46,25$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{111,58}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 1,81$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{46,25}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,75$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,1 * (1,81 - 0,3) + 1,81^2] = 2,21$$

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,75 - 0,3) + 0,75^2] = 0,80$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}} = \frac{1}{2,21 + \sqrt{2,21^2 - 1,81^2}} = 0,29 \leq 1,0$$

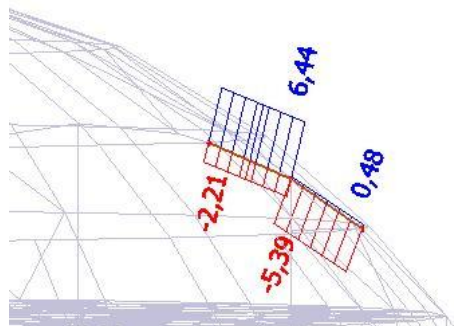
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}} = \frac{1}{0,80 + \sqrt{0,80^2 - 0,75^2}} = 0,93 \leq 1,0$$

$$k_c = \min \{k_{c,y} | k_{c,z}\} = \min \{0,29 | 0,93\} = 0,29$$

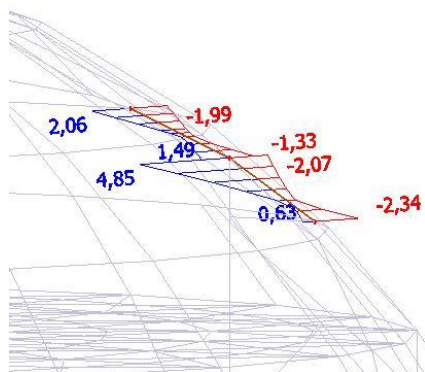
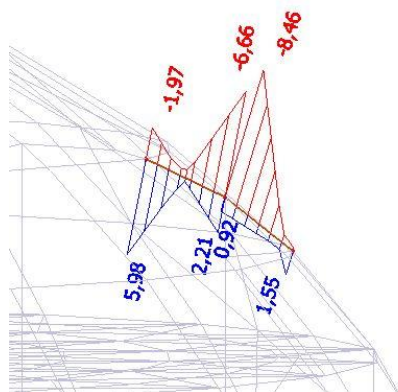
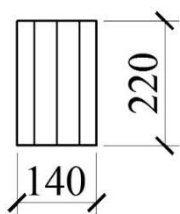
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{75,54 * 10^3}{140 * 220} = 2,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2,45 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,g,d} = 0,29 * 19,08 = 5,53 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} = \frac{2,45}{0,29 * 19,08} = 0,44 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$k_{c,90} = 1,0$$



10.5.2. Tlak kolmo k vláknům

$$\sigma_{c,90,g,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ef}} = \frac{5,39 \cdot 10^3}{140 \cdot 220} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,g,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,g,d}$$

$$0,18 \text{ MPa} \leq 1,0 \cdot 2,16 = 2,16 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90}} = \frac{0,18}{1,0 \cdot 2,16} = 0,08 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.5.3. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{8,46 \cdot 10^6}{\frac{140 \cdot 220^2}{6}} = 7,49 \text{ MPa}$$

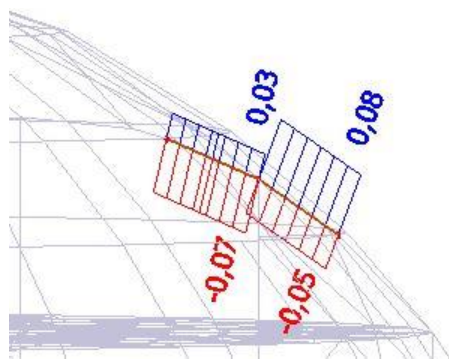
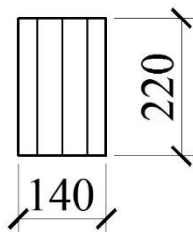
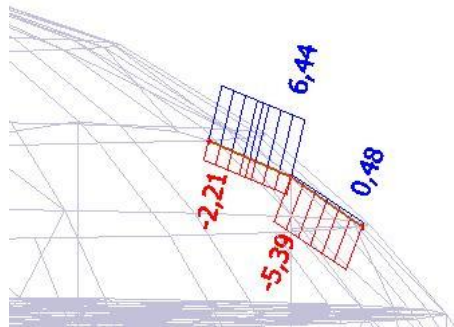
$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{2,07 \cdot 10^6}{\frac{140 \cdot 220^2}{6}} = 1,83 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{7,49}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{1,83}{20,16} = 0,44 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 \cdot \frac{7,49}{20,16} + \frac{1,83}{20,16} = 0,35 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE



$\beta: h/b = 220/140 = 1,57$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

⇒ Hodnota β interpolována

10.5.4. Pevnost ve smyku

$$\tau_D = \frac{V_{ED} * S}{I * b} = \frac{V_{ED} * \frac{bh}{2} * \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 * b} = \frac{3 * V_{ED}}{2 * bh} = \frac{3 * 6,44 * 10^3}{2 * 140 * 220}$$

$$= 0,31 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,31 \text{ MPa} \leq f_{V,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{V,g,D}} = \frac{0,31}{2,30} = 0,14 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.5.5. Pevnost v kroucení

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{0,08 * 10^6}{0,2331 * 140^2 * 220} = 0,08 \text{ MPa}$$

$$k_{shape} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 * \frac{220}{140} = 1,236 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,236 \end{cases}$$

$$\tau_{tor,d} = 0,08 \text{ MPa} \leq k_{shape} * f_{V,g,d} = 1,236 * 2,30 = 2,84 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} * f_{V,g,D}} = \frac{0,08}{1,236 * 2,30} = 0,03 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.5.6. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{75,54 \cdot 10^3}{140 \cdot 220} = 2,45 \text{ MPa}$$

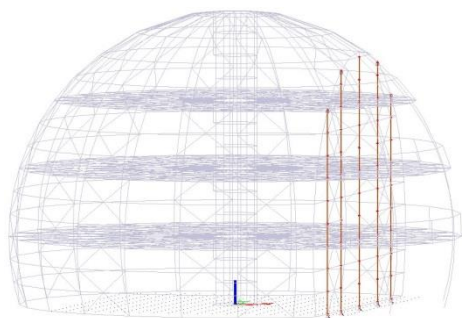
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{7,49}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{1,83}{20,16} + \frac{2,45}{0,29 \cdot 19,08} = \mathbf{0,88} \leq 1, \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 \cdot \frac{7,49}{20,16} + \frac{1,83}{20,16} + \frac{2,45}{0,29 \cdot 19,08} = \mathbf{0,79} \leq 1,0 \dots \text{VYHJOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI



$$L_{cr,y} = k \cdot L = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = k \cdot L = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ m}$$

$\beta_c = 0,1 \dots$ pro lepené lamelové
dřevo

10.6. Sloupy

10.6.1. Tlak rovnoběžně s vlákny

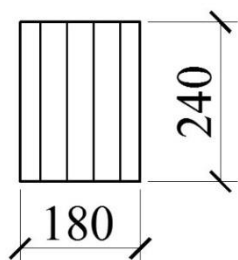
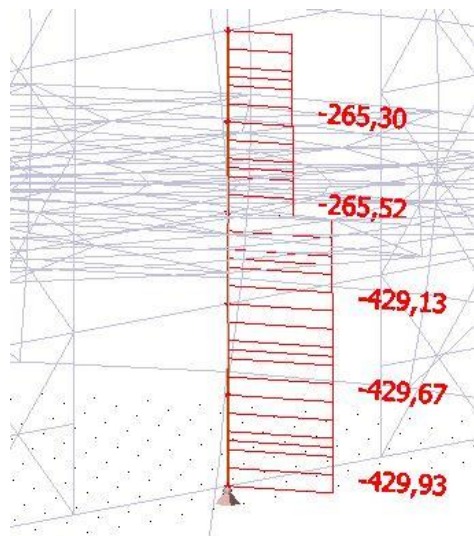
$$\lambda_y = \frac{L_{ef}}{i_y} = \frac{1500}{69} = 21,74$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ef}}{i_z} = \frac{1500}{52} = 28,85$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{21,74}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,35$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{28,85}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,47$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$



$$k_y = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,35 - 0,3) + 0,35^2] = 0,56$$

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,47 - 0,3) + 0,47^2] = 0,62$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}} = \frac{1}{0,56 + \sqrt{0,56^2 - 0,35^2}} = 1,0 \leq 1,0$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}} = \frac{1}{0,62 + \sqrt{0,62^2 - 0,47^2}} = 0,98 \leq 1,0$$

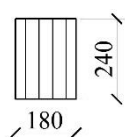
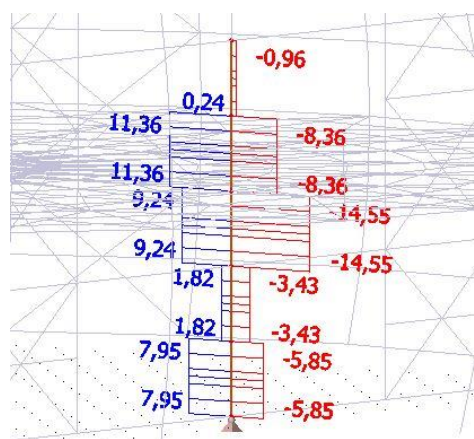
$$k_c = \min \{k_{c,y} | k_{c,z}\} = \min \{1,0 | 0,98\} = 0,98$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{429,13 * 10^3}{180 * 240} = 9,93 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 9,93 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,g,d} = 0,98 * 19,08 = 18,70 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} = \frac{11,29}{0,98 * 19,08} = \mathbf{0,53 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$

10.6.2. Tlak kolmo k vláknům



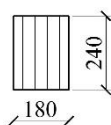
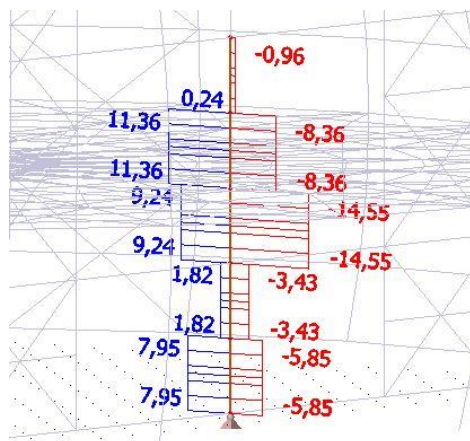
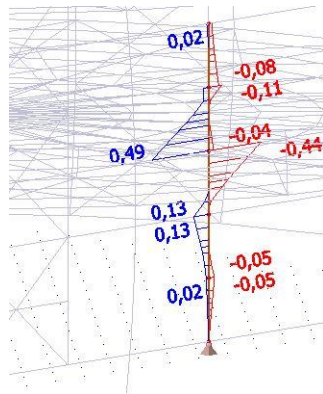
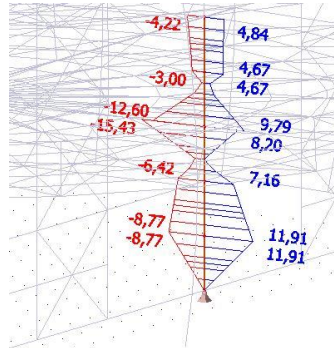
$$k_{c,90} = 1,0$$

$$\sigma_{c,90,g,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ef}} = \frac{14,55 * 10^3}{180 * 240} = 0,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,g,d} \leq k_{c,90} * f_{c,90,g,d}$$

$$0,34 \text{ MPa} \leq 1,0 * 2,16 = 2,16 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90}} = \frac{0,34}{1,0 * 2,16} = \mathbf{0,16 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$



10.6.3. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{15,43 \cdot 10^6}{\frac{180 \cdot 240^2}{6}} = 8,93 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,44 \cdot 10^6}{\frac{180 \cdot 240^2}{6}} = 0,25 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{8,93}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{0,25}{20,16} = 0,45 \leq 1,0$$

... **VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 \cdot \frac{8,93}{20,16} + \frac{0,25}{20,16} = 0,32 \leq 1,0$$

... **VYHOVUJE**

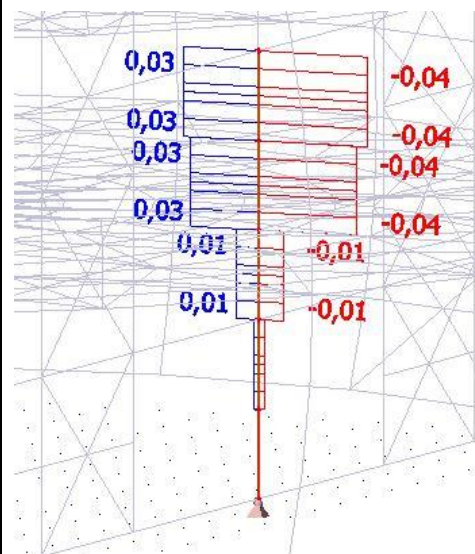
10.6.4. Pevnost ve smyku

$$\tau_D = \frac{V_{ED} \cdot S}{I \cdot b} = \frac{V_{ED} \cdot \frac{bh}{2} \cdot \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 \cdot b} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot bh} = \frac{3 \cdot 14,55 \cdot 10^3}{2 \cdot 180 \cdot 240}$$

$$= 0,51 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,51 \text{ MPa} \leq f_{v,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{v,g,D}} = \frac{0,51}{2,30} = 0,22 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$\beta: h/b = 240/180 = 1,33333$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

⇒ Hodnota β interpolována

10.6.5. Pevnost v kroucení

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{0,04 * 10^6}{0,22433332 * 180^2 * 240} = 0,02 \text{ MPa}$$

$$k_{\text{shape}} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 * \frac{240}{180} = 1,2 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,2 \end{cases}$$

$$\tau_{\text{tor,d}} = 0,08 \text{ MPa} \leq k_{\text{shape}} * f_{v,g,d} = 1,2 * 2,30 = 2,76 \text{ MPa}$$

... VYHOVUJE

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{shape}} * f_{v,g,d}} = \frac{0,02}{1,2 * 2,30} = 0,008 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

10.6.6. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{\text{net}}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{429,13 * 10^3}{180 * 240} = 9,93 \text{ MPa}$$

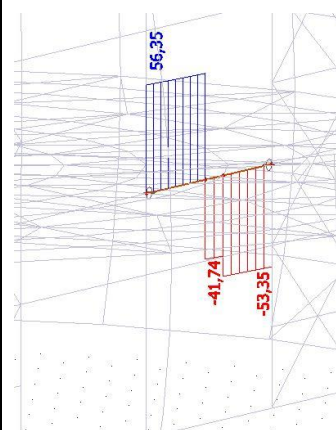
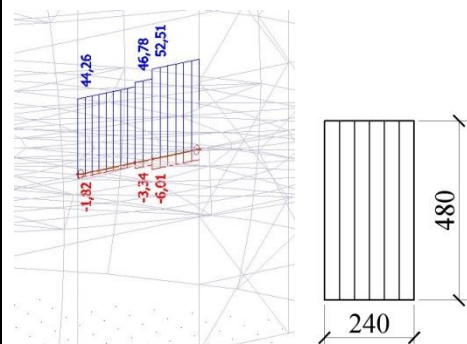
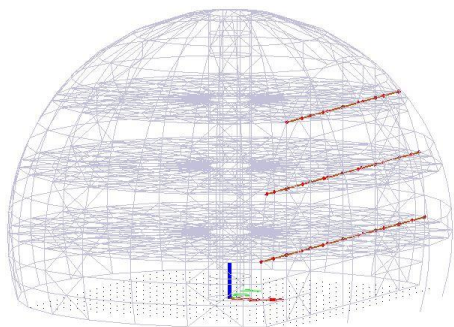
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{8,93}{20,16} + 0,7 * \frac{0,25}{20,16} + \frac{9,93}{0,98 * 19,08} = 0,98 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

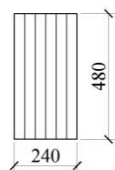
$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 * \frac{8,93}{20,16} + \frac{0,25}{20,16} + \frac{9,93}{0,98 * 19,08} = 0,85 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI



$k_{c,90} = 1,0$



10.7. Vodorovné paždíky v seřiznutí

10.7.1. Tah rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{52,51 \cdot 10^3}{240 \cdot 480} = 0,46 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} = \frac{0,46}{14,04} = \mathbf{0,03} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

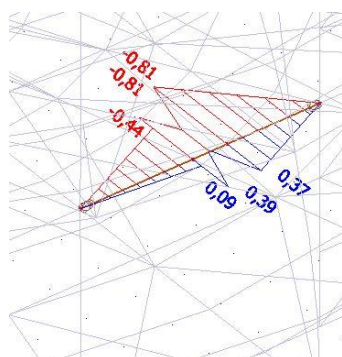
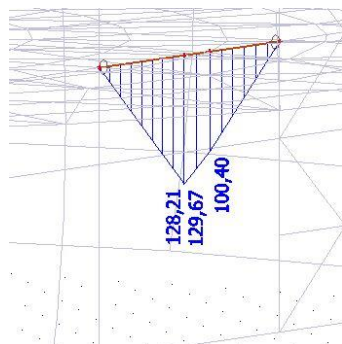
10.7.2. Tlak kolmo k vláknům

$$\sigma_{c,90,g,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ef}} = \frac{53,35 \cdot 10^3}{240 \cdot 480} = 0,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,g,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,g,d}$$

$$0,46 \text{ MPa} \leq 1,0 \cdot 2,16 = 2,16 \text{ MPa} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90}} = \frac{0,46}{1,0 \cdot 2,16} = \mathbf{0,21} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$



10.7.3. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{129,67 \cdot 10^6}{\frac{240 \cdot 480^2}{6}} = 14,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,39 \cdot 10^6}{\frac{240 \cdot 480^2}{6}} = 0,04 \text{ MPa}$$

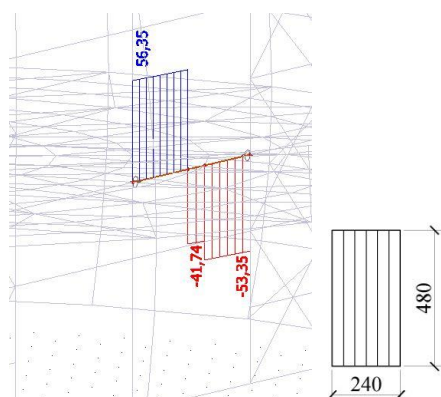
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{14,07}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{0,04}{20,16} = 0,70 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 \cdot \frac{14,07}{20,16} + \frac{0,04}{20,16} = 0,49 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE

10.7.4. Pevnost ve smyku

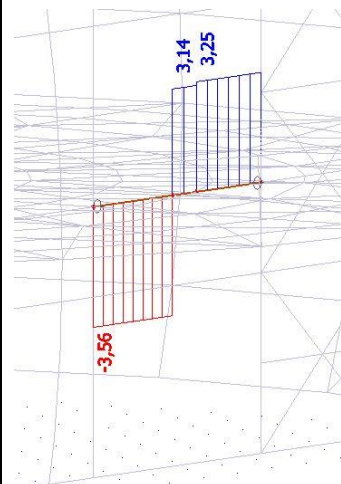


$$\tau_D = \frac{V_{ED} \cdot S}{I \cdot b} = \frac{V_{ED} \cdot \frac{bh}{2} \cdot \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 \cdot b} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot bh} = \frac{3 \cdot 56,35 \cdot 10^3}{2 \cdot 240 \cdot 480}$$

$$= 0,73 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,73 \text{ MPa} \leq f_{v,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{v,g,D}} = \frac{0,73}{2,30} = 0,32 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$\beta: h/b = 480/240 = 2,0$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5*	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

10.7.5. Pevnost v kroucení

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{3,56 \cdot 10^6}{0,246 \cdot 240^2 \cdot 480} = 0,52 \text{ MPa}$$

$$k_{\text{shape}} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 \cdot \frac{480}{240} = 1,3 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,3 \end{cases}$$

$$\tau_{\text{tor,d}} = 0,52 \text{ MPa} \leq k_{\text{shape}} \cdot f_{v,g,d} = 1,3 \cdot 2,30 = 2,99 \text{ MPa}$$

... VYHOVUJE

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{shape}} \cdot f_{v,g,d}} = \frac{0,52}{1,3 \cdot 2,30} = 0,17 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

10.7.6. Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu

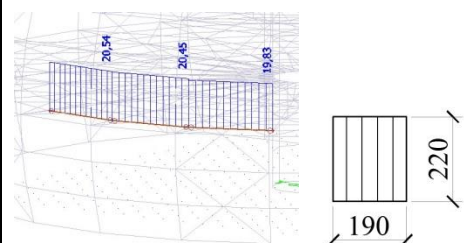
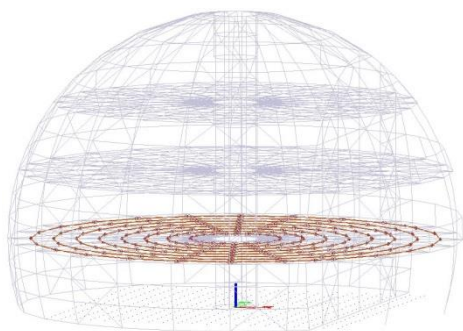
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{14,07}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{0,04}{20,16} + \frac{0,46}{14,04} = 0,73 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 \cdot \frac{14,07}{20,16} + \frac{0,04}{20,16} + \frac{0,46}{14,04} = 0,52 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI



10.8. Stropní nosníky nad 1.NP

10.8.1. Tah rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{20,54 \cdot 10^3}{190 \cdot 220} = 0,49 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} = \frac{0,49}{14,04} = \mathbf{0,035} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

10.8.2. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{14,18 \cdot 10^6}{\frac{190 \cdot 220^2}{6}} = 9,25 \text{ MPa}$$

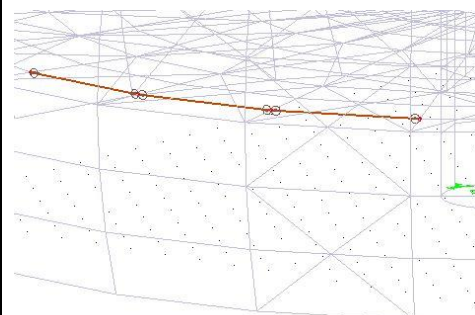
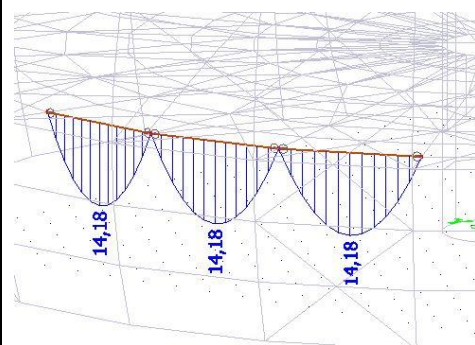
$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,0 \cdot 10^6}{\frac{190 \cdot 220^2}{6}} = 0,00 \text{ MPa}$$

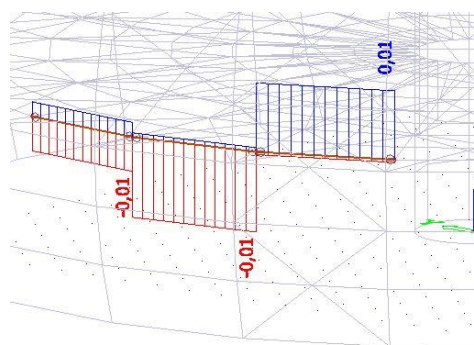
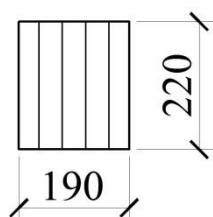
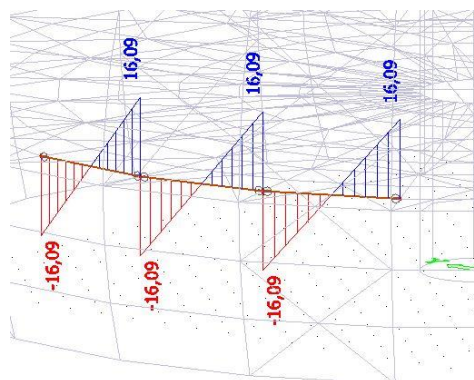
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{9,25}{20,16} + 0,0 = \mathbf{0,46} \leq \mathbf{1,0}$$

... **VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 \cdot \frac{9,25}{20,16} + 0,0 = \mathbf{0,32} \leq \mathbf{1,0}$$

... **VYHOVUJE**





$\beta: h/b = 220/190 = 1,158$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

⇒ Hodnota interpolována

10.8.3. Pevnost ve smyku

$$\tau_D = \frac{V_{ED} * S}{I * b} = \frac{V_{ED} * \frac{bh}{2} * \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 * b} = \frac{3 * V_{ED}}{2 * bh} = \frac{3 * 16,09 * 10^3}{2 * 190 * 220}$$

$$= 0,58 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,58 \text{ MPa} \leq f_{V,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{V,g,D}} = \frac{0,58}{2,30} = 0,25 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.8.4. Pevnost v kroucení

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{0,01 * 10^6}{0,2169 * 190^2 * 220} = 0,006 \text{ MPa}$$

$$k_{shape} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 * \frac{220}{190} = 1,174 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,174$$

$$\tau_{tor,d} = 0,006 \text{ MPa} \leq k_{shape} * f_{V,g,D} = 1,174 * 2,30 = 2,70 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} * f_{V,g,D}} = \frac{0,006}{1,174 * 2,30} = 0,002 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.8.5. Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu

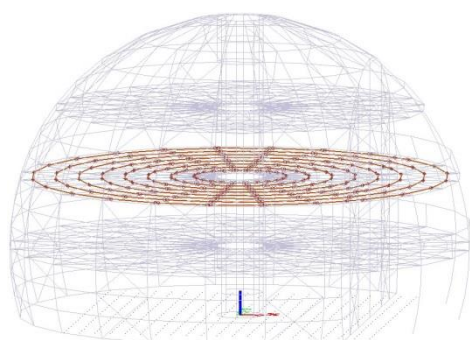
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,25}{20,16} + 0,7 * 0,0 + \frac{0,49}{14,04} = \mathbf{0,50} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} \leq 1,0$$

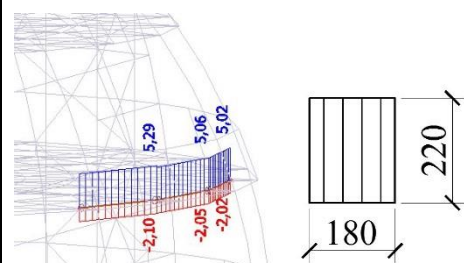
$$0,7 * \frac{9,25}{20,16} + 0,0 + \frac{0,49}{14,04} = \mathbf{0,36} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHJOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI



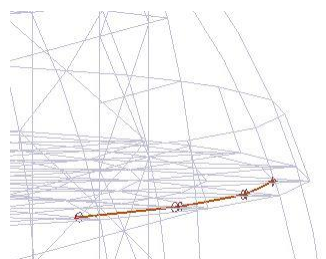
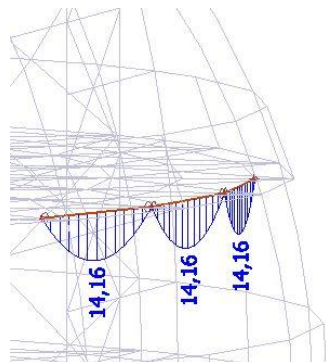
10.9. Stropní nosníky nad 2.NP

10.9.1. Tah rovnoběžně s vlákny



$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{5,29 * 10^3}{180 * 220} = 0,13 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} = \frac{0,13}{14,04} = \mathbf{0,01} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$



10.9.2. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{14,16 * 10^6}{\frac{180 * 220^2}{6}} = 9,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,0 * 10^6}{\frac{180 * 220^2}{6}} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{9,75}{20,16} + 0,0 = \mathbf{0,48} \leq \mathbf{1,0}$$

... VYHOVUJE

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 * \frac{9,75}{20,16} + 0,0 = \mathbf{0,34} \leq \mathbf{1,0}$$

... VYHOVUJE

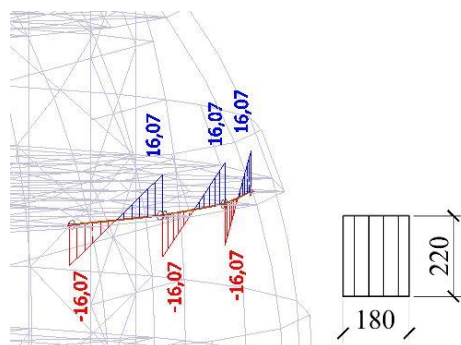
10.9.3. Pevnost ve smyku

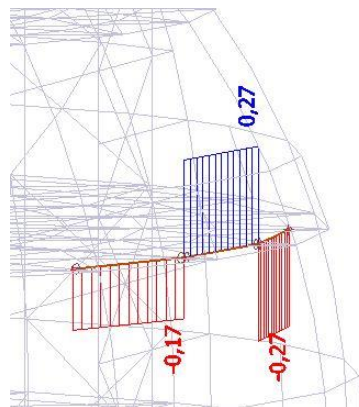
$$\tau_D = \frac{V_{ED} * S}{I * b} = \frac{V_{ED} * \frac{bh}{2} * \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 * b} = \frac{3 * V_{ED}}{2 * bh} = \frac{3 * 16,07 * 10^3}{2 * 180 * 220}$$

$$= 0,61 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,61 \text{ MPa} \leq f_{v,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{v,g,D}} = \frac{0,61}{2,30} = \mathbf{0,26} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$





$$\beta: h/b = 220/180 = 1,222$$

h/b	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
α	0,1406	0,154	0,166	0,177	0,187	0,196	0,204	0,211
β	0,208	0,214	0,219	0,223	0,227	0,231	0,234	0,237

h/b	1,8	1,9	2,0	2,5	3	5	10	∞
α	0,217	0,223	0,229	0,249	0,263	0,291	0,312	0,333
β	0,240	0,243	0,246	0,258	0,267	0,292	0,312	0,333

⇒ Hodnota β interpolována

10.9.4. Pevnost v kroucení

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{M_x}{\beta b^2 h} = \frac{0,27 * 10^6}{0,2199 * 180^2 * 220} = 0,17 \text{ MPa}$$

$$k_{\text{shape}} = \begin{cases} \min \left\{ 1 + 0,15 \frac{h}{b} = 1 + 0,15 * \frac{220}{180} = 1,183 \right. \\ \left. 2,0 \right\} = 1,183 \end{cases}$$

$$\tau_{\text{tor,d}} = 0,17 \text{ MPa} \leq k_{\text{shape}} * f_{v,g,d} = 1,183 * 2,30 = 2,74 \text{ MPa}$$

... VYHOVUJE

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{shape}} * f_{v,g,d}} = \frac{0,17}{1,183 * 2,30} = 0,06 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

10.9.5. Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu

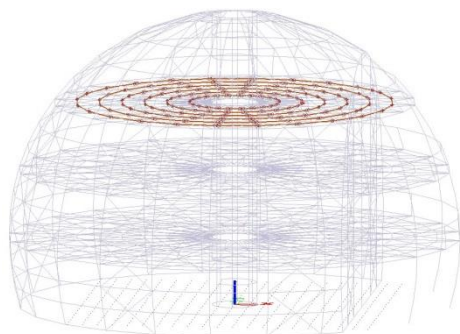
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,75}{20,16} + 0,7 * 0,0 + \frac{0,13}{14,04} = 0,49 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 * \frac{9,75}{20,16} + 0,0 + \frac{0,13}{14,04} = 0,35 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

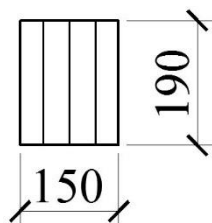
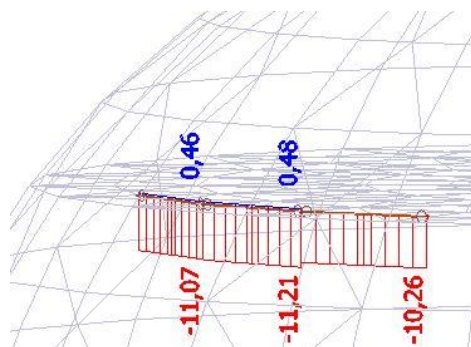
⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI



$$L_{ef,y} = k \cdot L = 1 \cdot 2,741 = 2,741 \text{ m}$$

$$L_{ef,z} = k \cdot L = 1 \cdot 2,741 = 2,741 \text{ m}$$

$\beta_c = 0,1$... pro lepené lamelové dřevo



10.10. Stropní nosníky nad 3.NP

10.10.1. Tlak rovnoběžně s vlákny

$$\lambda_y = \frac{L_{ef,y}}{i_y} = \frac{2741}{58} = 47,26$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ef,z}}{i_z} = \frac{2741}{46} = 59,59$$

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{47,26}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,77$$

$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{g,0,05}}} = \frac{59,59}{\pi} * \sqrt{\frac{26,5}{10200}} = 0,97$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,77 - 0,3) + 0,77^2] = 0,82$$

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,97 - 0,3) + 0,97^2] = 1,00$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c,y}^2}} = \frac{1}{0,82 + \sqrt{0,82^2 - 0,77^2}} = 0,91 \leq 1,0$$

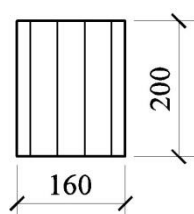
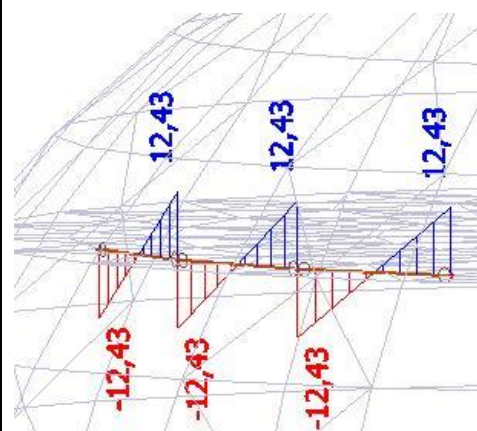
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,c,z}^2}} = \frac{1}{1,00 + \sqrt{1,00^2 - 0,97^2}} = 0,80 \leq 1,0$$

$$k_c = \min \{k_{c,y} | k_{c,z}\} = \min \{0,91 | 0,80\} = 0,80$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{bh} = \frac{11,21 * 10^3}{160 * 200} = 0,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 0,35 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,g,d} = 0,80 * 19,08 = 15,26 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} = \frac{0,35}{0,80 * 19,08} = 0,02 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$k_{c,90} = 1,0$$

10.10.2. Tlak kolmo k vláknům

$$\sigma_{c,90,g,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ef}} = \frac{12,43 \cdot 10^3}{160 \cdot 200} = 0,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,g,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,g,d}$$

$$0,39 \text{ MPa} \leq 1,0 \cdot 2,16 = 2,16 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90}} = \frac{0,39}{1,0 \cdot 2,16} = \mathbf{0,18 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$

10.10.3. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{8,52 \cdot 10^6}{\frac{160 \cdot 200^2}{6}} = 7,99 \text{ MPa}$$

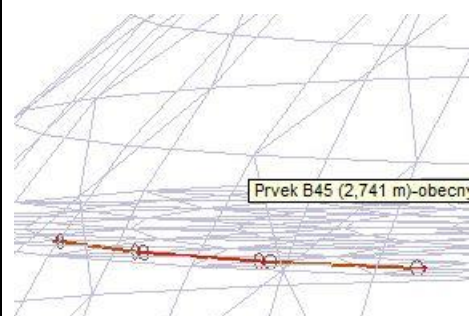
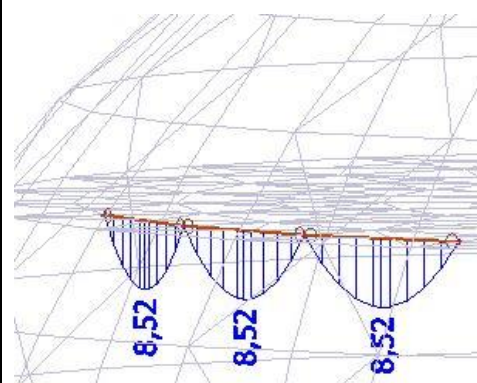
$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,0 \cdot 10^6}{\frac{160 \cdot 200^2}{6}} = 0,00 \text{ MPa}$$

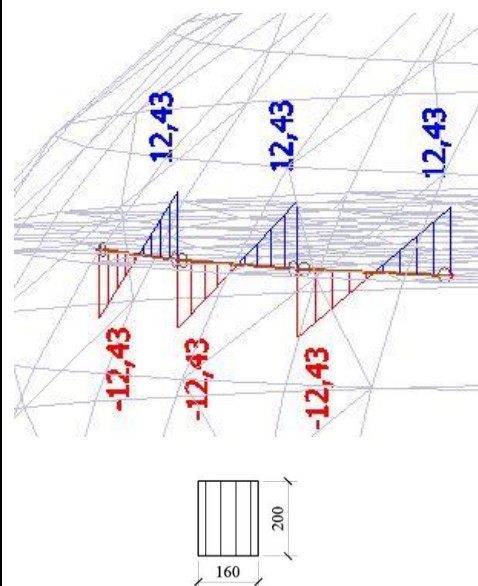
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = \frac{7,99}{20,16} + 0,0 = \mathbf{0,39 \leq 1,0}$$

... VYHOVUJE

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} = 0,7 \cdot \frac{7,99}{20,16} + 0,0 = \mathbf{0,28 \leq 1,0}$$

... VYHOVUJE





10.10.4. Pevnost ve smyku

$$\tau_D = \frac{V_{ED} * S}{I * b} = \frac{V_{ED} * \frac{bh}{2} * \frac{h}{4}}{\frac{1}{12}bh^3 * b} = \frac{3 * V_{ED}}{2 * bh} = \frac{3 * 12,43 * 10^3}{2 * 160 * 200}$$

$$= 0,58 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = 0,58 \text{ MPa} \leq f_{V,g,D} = 2,30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{V,g,D}} = \frac{0,58}{2,30} = 0,25 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.10.5. Pevnost v kombinaci ohybu a vzpěrného tlaku

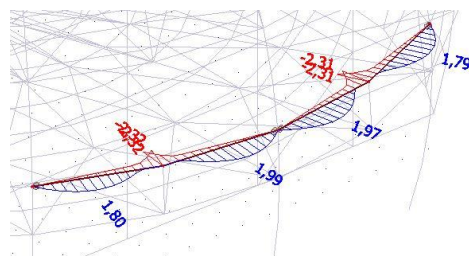
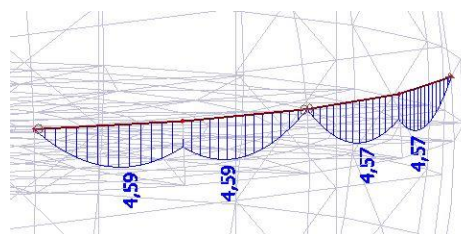
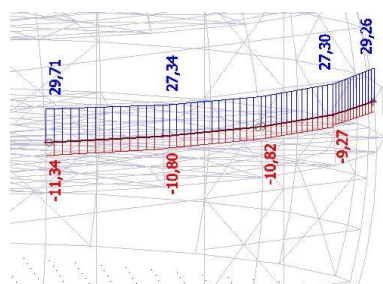
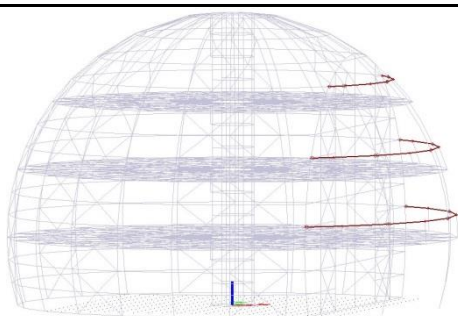
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{7,99}{20,16} + 0,7 * 0,0 + \frac{0,35}{0,80 * 19,08} = 0,42 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 * \frac{7,99}{20,16} + 0,0 + \frac{0,35}{0,80 * 19,08} = 0,30 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI



$k_m = 1,0$... pro ostatní průřezy

10.11. Zábradlí

10.11.1. Tah rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{N_{ed}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{29,71 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 190^2}{4}} = 1,05 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{1,05}{9,69} = 0,11 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.11.2. Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{4,59 \cdot 10^6}{\frac{\pi \cdot 190^3}{32}} = 6,82 \text{ MPa}$$

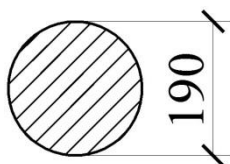
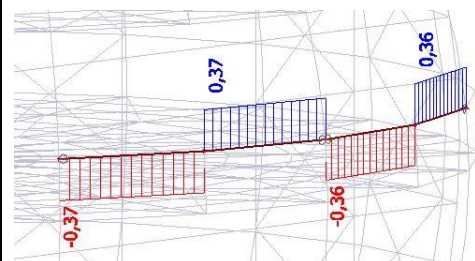
$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{1,99 \cdot 10^6}{\frac{\pi \cdot 190^3}{32}} = 2,96 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{6,82}{16,62} + 1,0 \cdot \frac{2,96}{16,62} = 0,59 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,0 \cdot \frac{6,82}{16,62} + \frac{2,96}{16,62} = 0,59 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE



10.11.3. Pevnost v kroucení

$$\tau_{\text{tor,d}} = \frac{M_x * r}{I_t} = \frac{M_x * r}{\frac{\pi D^4}{32}} = \frac{0,37 * 10^6 * 95}{\frac{\pi * 190^4}{32}} = 0,27 \text{ MPa}$$

$k_{\text{shape}} = 1,2$ Platí pro kruhové průřezy

$$\tau_{\text{tor,d}} = 0,27 \text{ MPa} \leq k_{\text{shape}} * f_{v,d} = 1,2 * 1,87 = 2,24 \text{ MPa}$$

... VYHOVUJE

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{shape}} * f_{v,d}} = \frac{0,27}{1,2 * 1,87} = 0,12 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

10.11.4. Pevnost v kombinaci ohybu a osového tahu

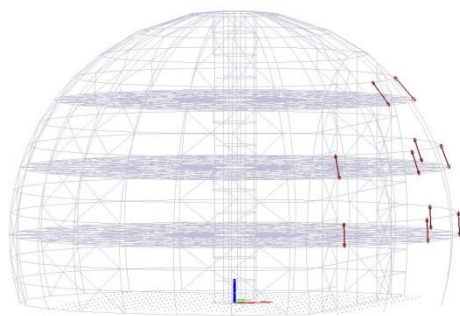
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{6,82}{16,62} + 1,0 * \frac{2,96}{16,62} + \frac{1,05}{9,69} = 0,70 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

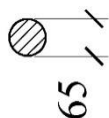
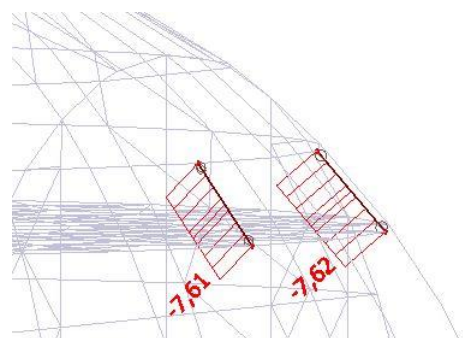
$$1,0 * \frac{6,82}{16,62} + \frac{2,96}{16,62} + \frac{1,05}{9,69} = 0,70 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI



$$L_{ef} = L_{ef,y} = L_{ef,z} = kL = 1,0 * 1,977 = 1,977 \text{ m}$$

$\beta_c = 0,2$... platí pro rostlé dřevo



10.12. Zábradelní sloupky

10.12.1. Tlak rovnoběžně s vlákny

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{i} = \frac{1977}{16} = 123,56$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{123,56}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333}} = 2,10$$

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$$k = 0,5 * [1 + 0,2 * (2,1 - 0,3) + 2,1^2] = 2,89$$

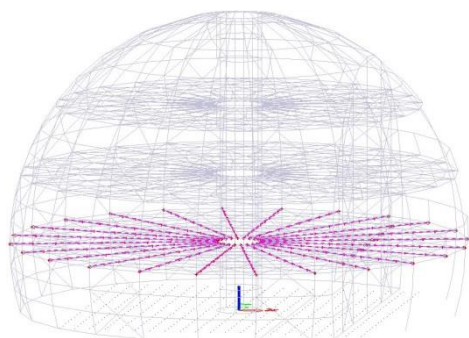
$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{2,89 + \sqrt{2,89^2 - 2,1^2}} = 0,21 \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{7,62 * 10^3}{\frac{\pi * 65^2}{4}} = 2,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2,30 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,d} = 0,21 * 14,54 = 3,05 \text{ MPa}$$

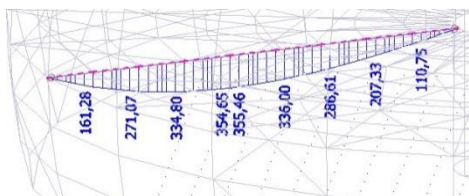
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} = \frac{2,30}{0,21 * 14,54} = 0,75 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI

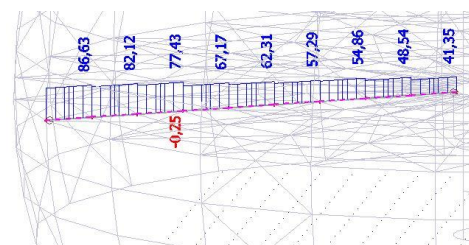


$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$W_{pl,y} = 2,5625 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



$$A = 1,59 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$



10.13. Stropní ocelové nosníky nad 1.NP

10.13.1. Pevnost v ohybu pro M_y

- Zatřídění průřezu:

Stojina: 1. Třída - $d/t_w = 298/11 = 27,09 \leq 72\varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,32$
 \Rightarrow Průřez třídy 1

Pásnice: 1. Třída - $c/t_f = 150/19 = 7,89 \leq 10\varepsilon = 10 \cdot 0,81 = 8,1$
 \Rightarrow Průřez třídy 1

\Rightarrow Průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

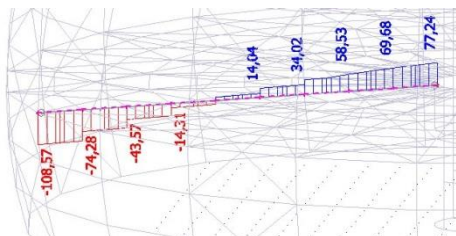
$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,5625 \cdot 10^6 \cdot 355}{1,0} = 909,69 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{t,Rd}} = \frac{355,46}{909,69} = 0,39 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.13.2. Pevnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,9 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 5644,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{86,63}{5644,5} = 0,02 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$h/b = 390/300 = 1,3 > 1,2$$

Průřez	Meze	Vybočení kolmo k ose	Křivka vzpěrné pevnosti
Valcované I průřezy	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y a
		$t_f > 40 \text{ mm}$	z-z b
		$t_f < 100 \text{ mm}$	y-y c
		$t_f \leq 100 \text{ mm}$	z-z c
	$h/b \leq 1,2$	$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y d
			z-z d

$$\Rightarrow a: \alpha_c = 0,21$$

$$\Rightarrow b: \alpha_c = 0,34$$

$$I_y = 4,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,56 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,y} = 1,50 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 13,5 \text{ m}$$

10.13.3. Pevnost ve smyku

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{4290 \cdot \left(\frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 879,28 \text{ kN}$$

$$A_v = h \cdot t_w = 390 \cdot 11 = 4290 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{108,57}{879,28} = 0,12 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.13.4. Namáhání vzpěrným tlakem

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 451 \cdot 10^6}{1500^2} = 415444,55 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 85,6 \cdot 10^6}{13500^2} = 973,48 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{15,9 \cdot 10^3 \cdot 355}{415444,55 \cdot 10^3}} = 0,12$$

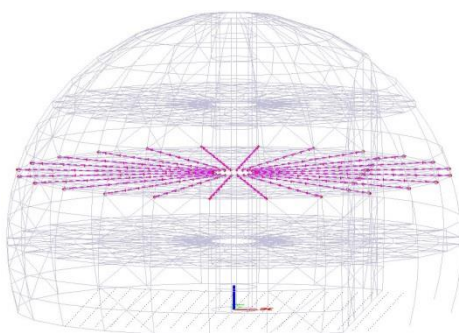
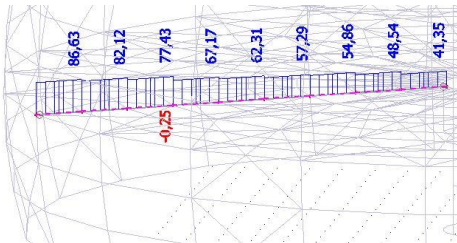
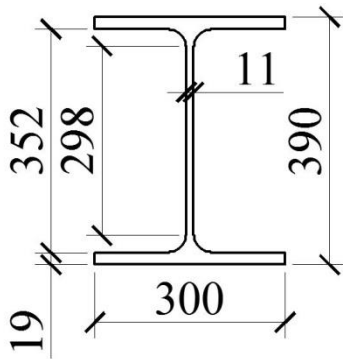
$$\lambda_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{15,9 \cdot 10^3 \cdot 355}{973,48 \cdot 10^3}} = 2,41$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_c(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,12 - 0,2) + 0,12^2] = 0,50$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_c(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (2,41 - 0,2) + 2,41^2] = 3,78$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,5 + \sqrt{0,5^2 - 0,12^2}} = 1,01 \geq 1,0$$

HEA 400



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\Rightarrow \chi_y = 1,0$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{3,78 + \sqrt{3,78^2 - 2,41^2}} = 0,15 \leq 1,0$$

$$\Rightarrow \chi_z = 0,15$$

$$\chi = \min \{\chi_y | \chi_z\} = \min \{1,0 | 0,15\} = 0,15$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,15 * \frac{15,9 * 10^3 * 355}{1,0} = 846,68 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0,25 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 846,68 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{0,25}{846,68} = \mathbf{0,0003} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

\Rightarrow NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI. PROFIL JE PŘEDIMENZOVANÝ Z DŮVODU MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI (viz posudek mezního stavu použitelnosti)

10.14. Stropní ocelové nosníky nad 2.NP

10.14.1. Pevnost v ohybu pro M_y

- Zatřízení průřezu:

Stojina: 1. Třída - $d/t_w = 261/10 = 26,1 \leq 72\varepsilon = 72*0,81 = 58,32$

\Rightarrow Průřez třídy 1

Pásnice: 1. Třída - $c/t_f = 150/18 = 8,33 \geq 10\varepsilon = 10*0,81 = 8,1$

2. Třída - $c/t_f = 150/18 = 8,33 \leq 11\varepsilon = 11*0,81 = 8,91$

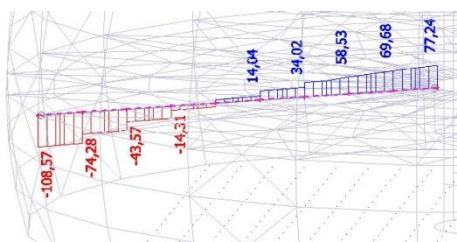
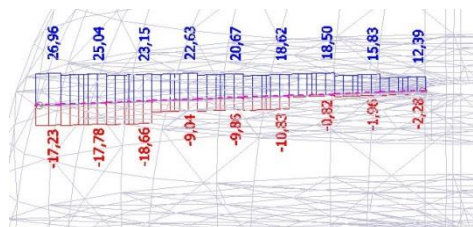
\Rightarrow Průřez třídy 2

\Rightarrow Průřez klasifikován jako třída 2 pro návrh průřezu

$$W_{pl,y} = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



$$A = 1,34 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$



$$I_y = 2,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 7,44 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,85 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,0} = 656,75 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{t,Rd}} = \frac{294,89}{656,75} = \mathbf{0,45 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$

10.14.2. Pevnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 4757,0 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{26,96}{4757,0} = \mathbf{0,006 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$

10.14.3. Pevnost ve smyku

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{3300 \cdot \left(\frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 676,37 \text{ kN}$$

$$A_v = h \cdot t_w = 330 \cdot 10 = 3300 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{103,56}{676,37} = \mathbf{0,15 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}}$$


10.14.4. Namáhání vzpěrným tlakem

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 277 \cdot 10^6}{1500^2} = 255162,17 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 1,50 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 12,809 \text{ m}$$

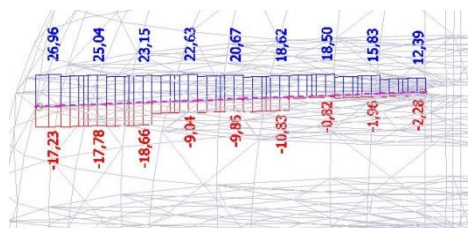
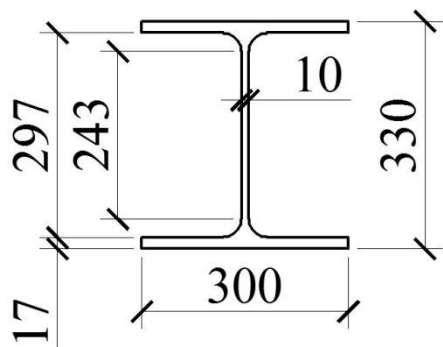
$$h/b = 330/300 = 1,1 < 1,2$$

Průřez	Meze	Výpočetní koeficient	Křivka vzpěrné pevnosti
	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y a
		$t_f > 40 \text{ mm}$ $< 100 \text{ mm}$	y-y b
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y c
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y d

$$\Rightarrow b: \alpha_c = 0,34$$

$$\Rightarrow c: \alpha_c = 0,49$$

HEA 340



$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210000 * 74,4 * 10^6}{12809^2} = 939,86 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{13,4 * 10^3 * 355}{255162,17 * 10^3}} = 0,14$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{13,4 * 10^3 * 355}{939,86 * 10^3}} = 2,25$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_c(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

$$= 0,5 * [1 + 0,34 * (0,14 - 0,2) + 0,14^2] = 0,50$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_c(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$$

$$= 0,5 * [1 + 0,49 * (2,25 - 0,2) + 2,25^2] = 3,53$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,5 + \sqrt{0,5^2 - 0,14^2}} = 1,02 \geq 1,0$$

$$\Rightarrow \chi_y = 1,0$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{3,53 + \sqrt{3,53^2 - 2,25^2}} = 0,16 \leq 1,0$$

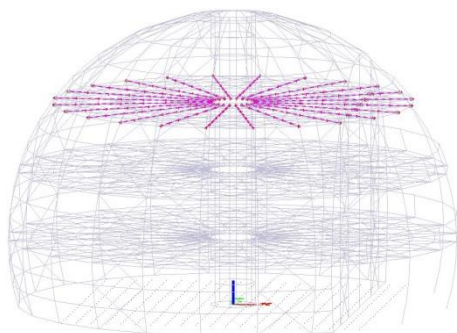
$$\Rightarrow \chi_z = 0,16$$

$$\chi = \min \{\chi_y | \chi_z\} = \min \{1,0 | 0,16\} = 0,16$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,16 * \frac{13,4 * 10^3 * 355}{1,0} = 761,12 \text{ kN}$$

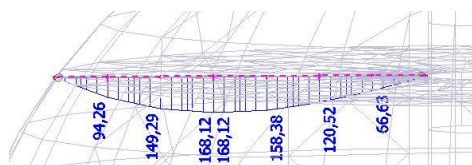
$$N_{ed} = 17,23 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 761,12 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{17,23}{761,12} = 0,02 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

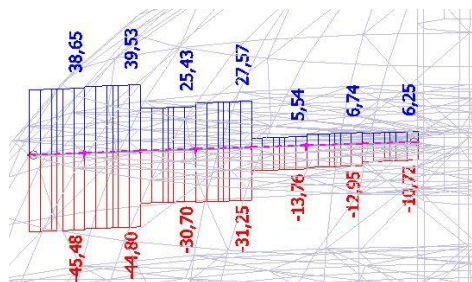


$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$W_{el,y} = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



$$A = 9,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$



⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI. PROFIL JE PŘEDIMENZOVANÝ Z DŮVODU MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI (viz posudek mezního stavu použitelnosti)

10.15. Stropní ocelové nosníky nad 3.NP

10.15.1. Pevnost v ohybu pro M_y

- Zatřídění průřezu:

Stojina: 1. Třída - $d/t_w = 196/8 = 24,5 \leq 72\varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,32$

⇒ Průřez třídy 1

Pásnice: 1. Třída - $c/t_f = 140/13 = 10,77 \geq 10\varepsilon = 10 \cdot 0,81 = 8,1$

2. Třída - $c/t_f = 140/13 = 10,77 \geq 11\varepsilon = 11 \cdot 0,81 = 8,91$

3. Třída - $c/t_f = 140/13 = 10,77 \leq 15\varepsilon = 15 \cdot 0,81 = 12,15$

⇒ Průřez třídy 3

⇒ Průřez klasifikován jako třída 3 pro návrh průřezu

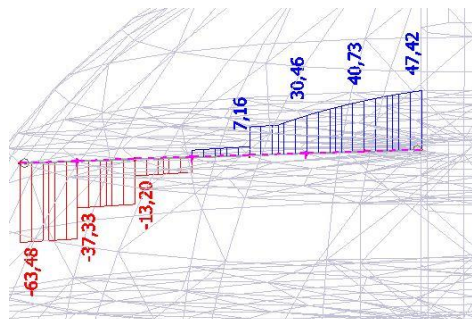
$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,0} = 358,55 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{t,Rd}} = \frac{168,12}{358,55} = 0,47 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.15.2. Pevnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,73 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,0} = 3454,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{38,65}{3454,15} = 0,01 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$I_y = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 4,76 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,y} = 1,50 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 10,5 \text{ m}$$

$$h/b = 270/280 = 0,96 < 1,2$$

Průřez	Meze	Vybočení kolmo k ose	Křivka vzpěrné pevnosti
Valcované průřezy	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z a b
		$t_f > 40 \text{ mm}$ $< 100 \text{ mm}$	y-y z-z c
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z b c
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z d

$$\Rightarrow b: \alpha_c = 0,34$$

$$\Rightarrow c: \alpha_c = 0,49$$

10.15.3. Pevnost ve smyku

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{2160 \cdot \left(\frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 442,71 \text{ kN}$$

$$A_v = h \cdot t_w = 270 \cdot 8 = 2160 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{63,48}{442,71} = 0,14 \leq 1,0 \text{ ...VYHOVUJE}$$

10.15.4. Namáhání vzpěrným tlakem

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 137 \cdot 10^6}{1500^2} = 126199,34 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 47,6 \cdot 10^6}{10500^2} = 894,84 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{9,73 \cdot 10^3 \cdot 355}{126199,34 \cdot 10^3}} = 0,17$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{9,73 \cdot 10^3 \cdot 355}{894,84 \cdot 10^3}} = 1,96$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha_c (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

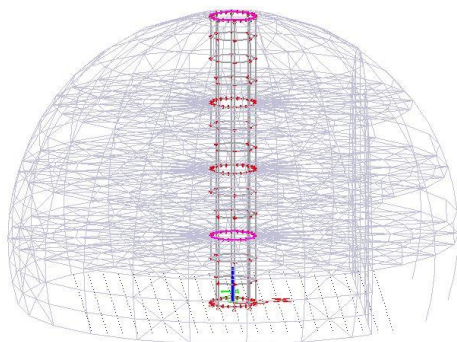
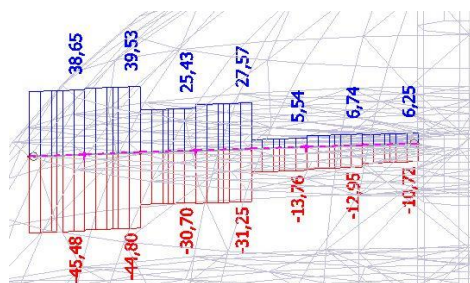
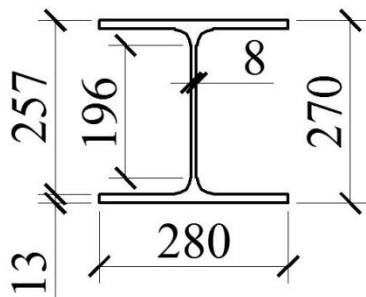
$$= 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,17 - 0,2) + 0,17^2] = 0,51$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha_c (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$$

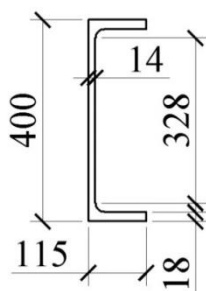
$$= 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,96 - 0,2) + 1,96^2] = 2,85$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,51 + \sqrt{0,51^2 - 0,17^2}} = 1,01 \geq 1,0$$

HEA 280



UPE 400



$$\Rightarrow \chi_y = 1,0$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{2,85 + \sqrt{2,85^2 - 1,96^2}} = 0,20 \leq 1,0$$

$$\Rightarrow \chi_z = 0,20$$

$$\chi = \min \{\chi_y | \chi_z\} = \min \{1,0 | 0,20\} = 0,20$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,20 * \frac{9,73 * 10^3 * 355}{1,0} = 690,83 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 45,48 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 690,83 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{45,48}{690,83} = 0,07 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

\Rightarrow NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI. PROFIL JE PŘEDIMENZOVANÝ Z DŮVODU MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI (viz posudek mezního stavu použitelnosti)

10.16. Výtahová šachta – vodorovné pruty

10.16.1. Pevnost v ohybu M_z

- Zatřízení průřezu:

Stojina: 1. Třída - $d/t_w = 328/14 = 23,429 \leq 72\varepsilon = 72*0,81 = 58,32$

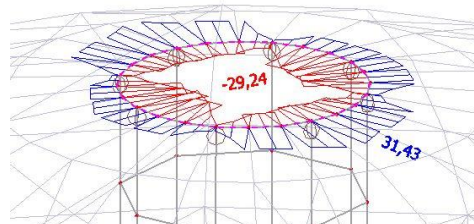
\Rightarrow Průřez třídy 1

Pásnice: 1. Třída - $c/t_f = 115/18 = 6,389 \leq 10\varepsilon = 10*0,81 = 8,1$

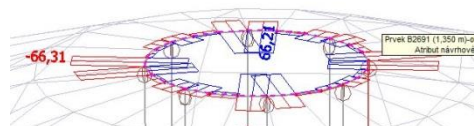
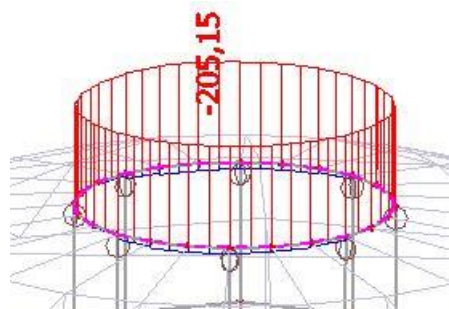
\Rightarrow Průřez třídy 1

\Rightarrow Průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

$$W_{pl,z} = 2,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$



$$A = 9,19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$



$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{221 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 78,46 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{t,Rd}} = \frac{31,43}{78,46} = \mathbf{0,40} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

10.16.2. Pevnost v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,19 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 3262,45 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{205,15}{3262,45} = \mathbf{0,06} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

10.16.3. Pevnost ve smyku pro V_y

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{5600 \cdot \left(\frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 1147,77 \text{ kN}$$

$$A_v = h \cdot t_w = 400 \cdot 14 = 5600 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{66,31}{1147,77} = \mathbf{0,06} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

10.16.4. Pevnost v kombinaci ohybu, osově a smykové síly

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{ed}}{M_{t,Rd,y}} + \frac{M_{ed}}{M_{t,Rd,z}} \leq 1,0$$


$$\frac{205,15}{3262,45} + 0,0 + \frac{31,43}{78,46} = \mathbf{0,46} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$I_y = 2,0981 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

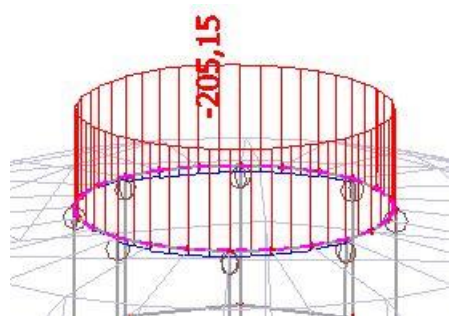
$$I_z = 1,0450 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,y} = 0,392 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 0,392 \text{ m}$$

U, L, T profily a přímé průřezy		libovolně	c
---------------------------------	---	-----------	---

$$\Rightarrow c: \alpha_c = 0,49$$



10.16.5. Pevnost v rovinném vzpěru

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210000 * 209,81 * 10^6}{392^2} = 2829913,04 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210000 * 10,45 * 10^6}{392^2} = 140949,39 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{9,19 * 10^3 * 355}{2829913,04 * 10^3}} = 0,034 \leq 0,2 \rightarrow \lambda_z = 0,2$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{9,19 * 10^3 * 355}{140949,39 * 10^3}} = 0,152 \leq 0,2 \rightarrow \lambda_z = 0,2$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_c(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

$$= 0,5 * [1 + 0,49 * (0,2 - 0,2) + 0,2^2] = 0,52$$

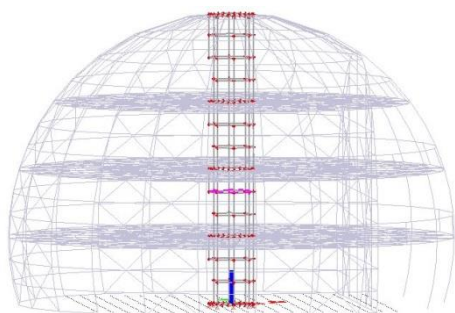
$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,52 + \sqrt{0,52^2 - 0,2^2}} = 1,00 \leq 1,0$$

$$\Rightarrow \chi_y = 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 1,0 * \frac{9,19 * 10^3 * 355}{1,0} = 3262,45 \text{ kN}$$

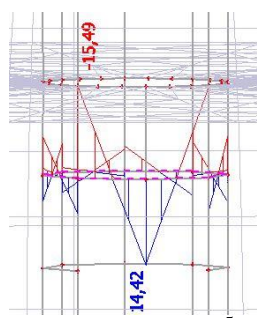
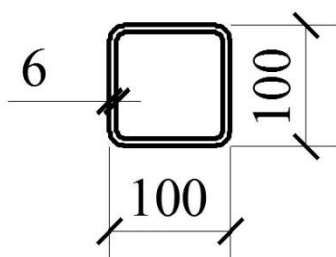
$$N_{ed} = 205,15 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 3262,45 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{205,15}{3262,45} = 0,06 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$d=h-3t=100-3*6=82 \text{ mm}$$

CFRHS 100x100x6



$$W_{pl,yz} = 7,51 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

10.16.6. Pevnost v prostorovém vzpěru

- Postup výpočtu stejný jako u rovinného vzpěru, akorát že křivka vzpěrné pevnosti se bere jako křivka b $\Rightarrow \alpha_c = 0,34$.
- Relativní štíhlost λ je menší než mezní štíhlost $\lambda_0 = 0,2$, posudek je stejný jako u rovinného vzpěru

\Rightarrow NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.

10.17. Výťahová šachta – vodorovné pruty

10.17.1. Pevnost v ohybu

- Zatřídění průřezu:

Stojina: 1. Třída - $d/t_w = 82/6 = 13,67 \leq 72\varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,32$

\Rightarrow Průřez třídy 1

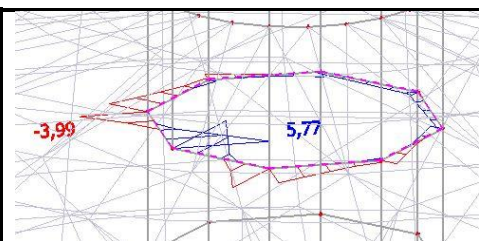
Pásnice: 1. Třída - $\frac{(b-3t)}{t} = \frac{(100-3*6)}{6} = 13,67 \geq 33\varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73$

\Rightarrow Průřez třídy 1

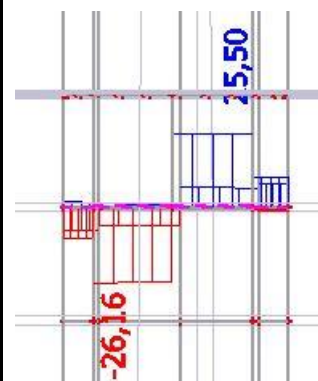
\Rightarrow Průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{75,1 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 26,66 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{15,49}{26,66} = 0,58 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$W_{pl,z} = 7,51 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$



$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2163 \cdot 355}{1,0} = 767,87 \text{ kN}$$

$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{75,1 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 26,66 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{3,99}{26,66} = 0,15 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.17.2. Pevnost ve smyku pro Vz

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{1200 \cdot \left(\frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 245,95 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \cdot h \cdot t_w = 2 \cdot 100 \cdot 6 = 1200 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{26,16}{245,95} = 0,11 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.17.3. Pevnost v kombinaci ohybu, osové a smykové síly

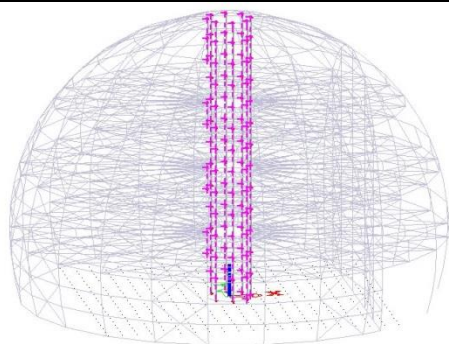
$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{ed}}{M_{c,Rd,y}} + \frac{M_{ed}}{M_{c,Rd,z}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,77}{767,87} + \frac{15,49}{26,66} + \frac{3,99}{26,66} = 0,74 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.17.4. Posudek klopení

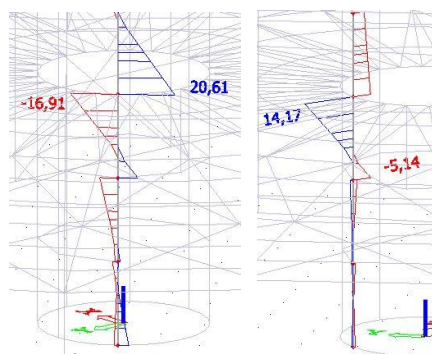
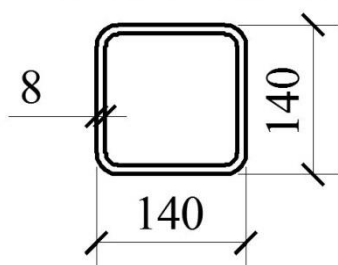
- Ohýbaný prut nemusí být posuzován na klopení, protože je splněna následující podmínka:
 - Průřez prutu je tuhý v kroucení (=uzavřený průřez)

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.



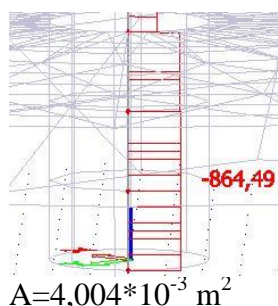
$$d=h-3t=140-3*8=116 \text{ mm}$$

CFRHS 140x140x8



$$W_{pl,y} = 1,9418 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 1,9418 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$



$$A = 4,004 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

10.18. Výtahová šachta - sloupy

10.18.1. Pevnost v ohybu

- Zatřídění průřezu:

Stojina: 1. Třída - $d/t_w = 116/8 = 14,5 \leq 72\varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,32$
 \Rightarrow Průřez třídy 1

Pásnice: 1. Třída - $\frac{(b-3t)}{t} = \frac{(140-3 \cdot 8)}{8} = 14,5 \leq 33\varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73$
 \Rightarrow Průřez třídy 1

\Rightarrow Průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{194,18 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 68,93 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{20,61}{68,93} = 0,30 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

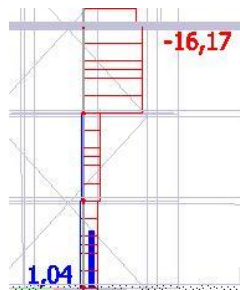
$$M_{t,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{194,18 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 68,93 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{14,17}{68,93} = 0,21 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.18.2. Pevnost v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,004 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 1421,42 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{864,49}{1421,42} = 0,61 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$




$$I_y = 1,1268 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,1268 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,y} = 1,50 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 1,50 \text{ m}$$

	válčované za tepla	všechny	a
	lvarované za studena	všechny	c

$$\Rightarrow c: \alpha_c = 0,49$$

10.18.3. Pevnost ve smyku pro Vz

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{2240 \cdot \left(\frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 459,11 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \cdot h \cdot t_w = 2 \cdot 140 \cdot 8 = 2240 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{16,17}{459,11} = 0,04 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.18.4. Posouzení na vzpěr

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 11,268 \cdot 10^6}{1500^2} = 10379,67 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 11,268 \cdot 10^6}{1500^2} = 10379,67 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{4,004 \cdot 10^3 \cdot 355}{10379,67 \cdot 10^3}} = 0,37$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4,004 \cdot 10^3 \cdot 355}{10379,67 \cdot 10^3}} = 0,37$$

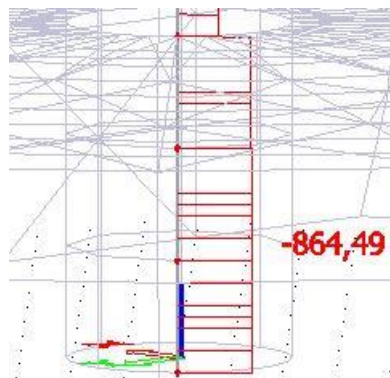
$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha_c (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,37 - 0,2) + 0,37^2] = 0,61$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha_c (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,37 - 0,2) + 0,37^2] = 0,61$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,37^2}} = 0,91 \leq 1,0$$



$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,37^2}} = 0,91 \leq 1,0$$

$$\chi = \min \{\chi_y | \chi_z\} = \min \{0,91 | 0,91\} = 0,91$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,91 * \frac{4,004 * 10^3 * 355}{1,0} = 1293,49 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 864,49 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 1293,49 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{864,49}{1293,49} = 0,67 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.18.5. Posudek klopení

- Ohýbaný prut nemusí být posuzován na klopení, protože je splněna následující podmínka:
- Průřez prutu je tuhý v kroucení (=uzavřený průřez)

10.18.6. Pevnost v kombinaci tlaku a ohybu

- Součinitelé ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4\psi = 0,6 + (-0,4 * 0,434) = 0,426 \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4\psi = 0,6 + (-0,4 * 0,363) = 0,455 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right) \leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right)$$

$$\Psi_y = (7,34/-16,91) = -0,434$$

$$\Psi_z = (-5,14/14,17) = -0,363$$

$$\text{Rozsah: } -1 \leq \psi \leq 1$$

Průběh momentu	Rozsah	C _{my} a C _{mz} a C _{mLT}	
		rovnorné zatížení	soustředěné zatížení
	-1 ≤ ψ ≤ 1	0,8 + 0,4ψ ≥ 0,4	

Interakční součinitele	Plasticitní návrh – průřezy třídy 1 a 2
k_{yy}	$C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
k_{yz}	$0,6 k_{zz}$
k_{zy}	$0,6 k_{yy}$
k_{zz}	$C_{mz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$

$$k_{yy} = 0,9 * \left(1 + (0,37 - 0,2) * \frac{864,49}{\frac{0,91 * 1421,42}{1,0}} \right) = 0,997$$

$$\leq 0,9 * \left(1 + 0,8 * \frac{864,49}{\frac{0,91 * 1421,42}{1,0}} \right) = 1,381$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 * 0,465 = 0,28$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 0,997 = 0,598$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (2\lambda_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,426 * \left(1 + (2 * 0,37 - 0,6) * \frac{864,49}{\frac{0,91 * 1421,42}{1,0}} \right) = 0,465$$

$$\leq 0,426 * \left(1 + 1,4 * \frac{864,49}{\frac{0,91 * 1421,42}{1,0}} \right) = 0,825$$

$$N_{Rk} = \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{4,004 * 10^3 * 355}{1,0} = 1421,42 \text{ kN}$$

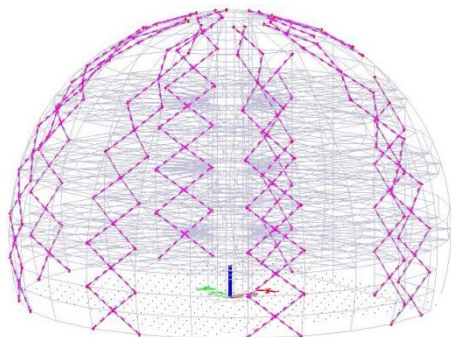
$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{194,18 * 10^3 * 355}{1,0} = 68,93 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{194,18 * 10^3 * 355}{1,0} = 68,93 \text{ kNm}$$

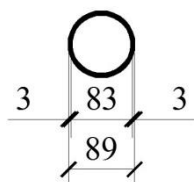
$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{864,49}{\frac{0,91 * 1421,42}{1,0}} + 0,997 * \frac{16,91}{\frac{1,0 * 68,93}{1,0}} + 0,465 * \frac{5,14}{\frac{1,0 * 68,93}{1,0}} =$$

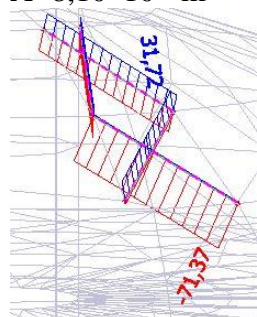
$$= 0,67 + 0,24 + 0,03 = \mathbf{0,94} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$



CFCHS 88,9x3



$$A = 8,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$



$$I_y = 7,4760 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_z = 7,4760 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$L_{cr,y} = 3,50 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 3,50 \text{ m}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI.

10.19. Ztužidla

- Zatřídění průřezu:

$$1. \text{ Třída} - d/t_w = 88,9/3 = 29,63 \leq 50\epsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,81$$

⇒ Průřez třídy 1

⇒ Průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

10.19.1. Pevnost v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{810 \cdot 355}{1,0} = 287,55 \text{ kN}$$


$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{71,37}{287,55} = 0,25 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.19.2. Posouzení na rovinný vzpěr

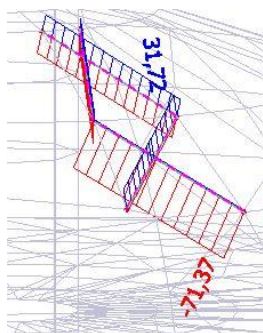
$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 747,6 \cdot 10^3}{3500^2} = 126,49 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 747,6 \cdot 10^3}{3500^2} = 126,49 \text{ kN}$$

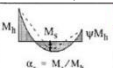
$$\lambda_y = \lambda_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{810 \cdot 355}{126,49 \cdot 10^3}} = 1,51$$

	válcované za tepla	všechny	a
	tvarované za studena	všechny	c

⇒ c: $\alpha_c = 0,49$



$\Psi_y = 1,0$
 $\Psi_z = 1,0$
 $\alpha_s = 0,12$

	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$

$$\phi_y = \phi_y = 0,5[1 + \alpha_c(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] \\ = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,51 - 0,2) + 1,51^2] = 1,96$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,96 + \sqrt{1,96^2 - 1,51^2}} = 0,31 \\ \leq 1,0$$

$$\chi = 0,31$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,31 * \frac{810 * 355}{1,0} = 89,14 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 71,37 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 89,14 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{71,37}{89,14} = \mathbf{0,80} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

10.19.3. Pevnost v kombinaci tlaku a ohybu

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mz} = 0,2 + 0,8\alpha_s = 0,2 + 0,8 * 0,1 = 0,28 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right) \leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,9 * \left(1 + (1,51 - 0,2) * \frac{71,37}{0,31 * 287,55} \right) = 1,844 \\ \leq 0,9 * \left(1 + 0,8 * \frac{71,37}{0,31 * 287,55} \right) = 1,476$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6 * 2,121 = 1,273$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy} = 0,6 * 1,476 = 0,886$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (2\lambda_z - 0,6) \frac{N_{ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zz} = 1 * \left(1 + (2 * 1,51 - 0,6) * \frac{71,37}{\frac{0,31 * 287,55}{1,0}} \right) = 2,938$$

$$\leq 1 * \left(1 + 1,4 * \frac{71,37}{\frac{0,31 * 287,55}{1,0}} \right) = 2,121$$

$$N_{Rk} = \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{810 * 355}{1,0} = 287,55 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{22,15 * 10^3 * 355}{1,0} = 7,86 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{22,15 * 10^3 * 355}{1,0} = 7,86 \text{ kNm}$$

$$W_{pl,y} = 2,2150 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 2,2150 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\frac{N_{ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{71,37}{\frac{0,31 * 287,55}{1,0}} + 1,476 * \frac{0,12}{\frac{1,0 * 7,86}{1,0}} + 2,121 * \frac{0,00}{\frac{1,0 * 7,86}{1,0}} =$$

$$= 0,80 + 0,02 + 0,00 = \mathbf{0,82} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
ÚNOSNOSTI.

11. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- charakteristická kombinace zatížení (EN 1990, rovnice (6.14))

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Tabulka 1.1 : Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro budovy

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Užitná zatížení (EN 1991-1-1)			
Kategorie A : domácí a obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B : kanceláře	0,7	0,5	0,3
Kategorie C : shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D : nákupní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E : skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Zatížení sněhem (EN 1991-1-3)			
– stavba ve výšce $H > 1000$ m n.m.	0,70	0,50	0,20
– stavba ve výšce $H \leq 1000$ m n.m.	0,50	0,20	0
Zatížení větrem (EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0

- Postup výpočtu pro dřevěné prvky:

$$W_{fin} = W_{fin,G} + W_{fin,Q1} + W_{fin,Qi}$$

$$W_{fin,G} = W_{inst,G} (1 + k_{def})$$

$$W_{fin,Q,1} = W_{inst,Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{def})$$

$$W_{fin,Q} = W_{inst,Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})$$

$$W_{inst,G}, W_{inst,Q,1}, W_{inst,Q,i}$$

$$\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$$

$$\psi_{0,i}$$

$$k_{def}$$

- pro stálé zatížení G

- pro hlavní proměnné zatížení Q_1

- pro ostatní proměnná zatížení Q_i ($i > 1$)

- okamžité deformace pro příslušné zatížení G, Q_1 a Q_i

- součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení

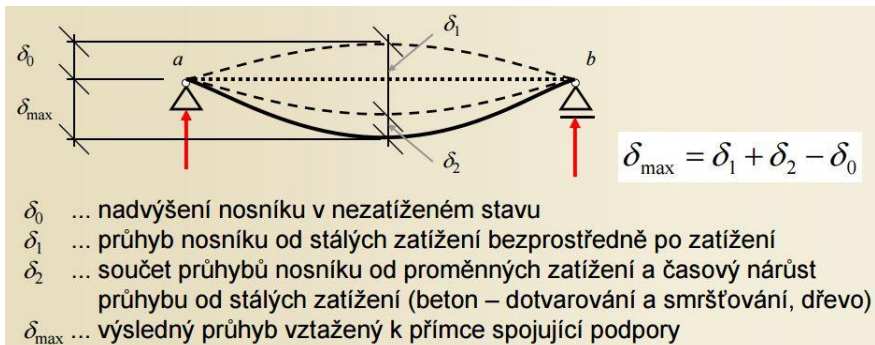
- součinitele pro kombinací hodnotu proměnných zatížení

- součinitel dotvarování uvedený v tabulce

- Součinitel k_{def} pro dřevěné části konstrukce

Materiál	Norma	Třída provozu		
		1	2	3
Rostlé dřevo	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Lepené lamelové dřevo	EN 14080	0,60	0,80	2,00

- Postup výpočtu pro ocelové prvky:



11.1. Svislé žebro

11.1.1. Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{\text{inst}} = w_{\text{inst},g0} + w_{\text{inst},g1} + w_{\text{inst},\text{vitr}} + \psi_0 * w_{\text{inst},\text{snih}} + \psi_0 * w_{\text{inst},\text{užitné}}$$

$$w_{\text{inst}} = 0,2 + 0,5 - 12,2 + (0,5 * 2,6) + (0,7 * 1,3)$$

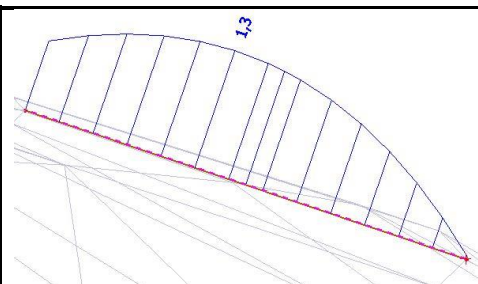
$$w_{\text{inst}} = 9,29 \text{ mm} \leq w_{\text{inst,lim}} = \frac{1}{300} = \frac{3736}{300} = 12,45 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

11.1.2. Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{\text{fin}} = (w_{\text{inst},g0} + w_{\text{inst},g1}) * (1 + k_{\text{def}}) + w_{\text{inst},\text{vitr}} * (1 + \psi_2 * k_{\text{def}}) + w_{\text{inst},\text{snih}} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{\text{def}}) + w_{\text{inst},\text{užitné}} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{\text{def}})$$

$$w_{\text{fin}} = (0,2 + 0,5) * (1 + 0,8) - 12,2 * (1 + 0,0 * 0,8) + 2,6 * (0,5 + 0,0 * 0,8) + 1,3 * (0,7 + 0,6 * 0,8)$$



$$w_{fin} = 1,26 - 12,2 + 1,3 + 1,534 = 3,512 \text{ mm}$$

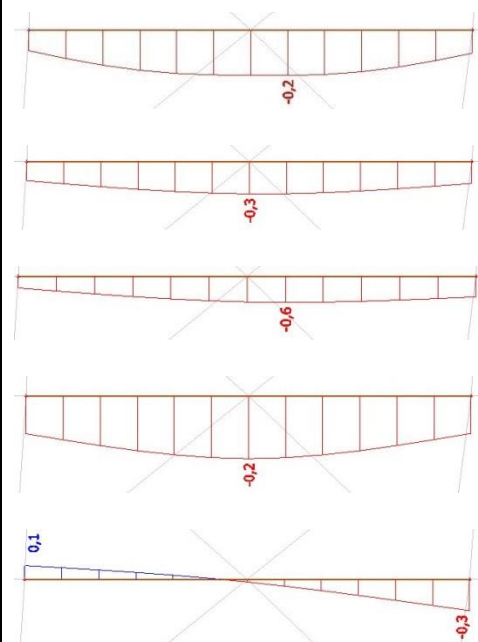
$$w_{fin} = 8,11 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{1}{150} = \frac{3736}{150} = 24,91 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.

11.2. Vodorovné žebro

11.2.1. Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení



$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,užitné} + \psi_0 * w_{inst,sníh} + \psi_0 * w_{inst,vítr}$$

$$w_{inst} = -0,2 - 0,3 - 0,6 - (0,5 * 0,2) + (0,6 * 0,0)$$

$$w_{inst} = 1,2 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{1}{300} = \frac{3837}{300} = 12,79 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

11.2.2. Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,užitné} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,sníh} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,vítr} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (0,2 + 0,3) * (1 + 0,8) + 0,6 * (1 + 0,6 * 0,8) + 0,2 * (0,5 + 0,0 * 0,8) + 0,0 * (0,6 + 0,0 * 0,8)$$

$$w_{fin} = 0,9 + 0,89 + 0,1 + 0,0 = 1,89 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 1,89 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{1}{150} = \frac{3837}{150} = 25,58 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
POUŽITELNOSTI.

11.3. Vodorovné žebro v rovné části

11.3.1. Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,užitné} + \psi_0 * w_{inst,sníh} + \psi_0 * w_{inst,vítr}$$

$$w_{inst} = -2,1 - 3,0 - 6,9 - (0,5 * 0,1) + (0,6 * 0,2)$$

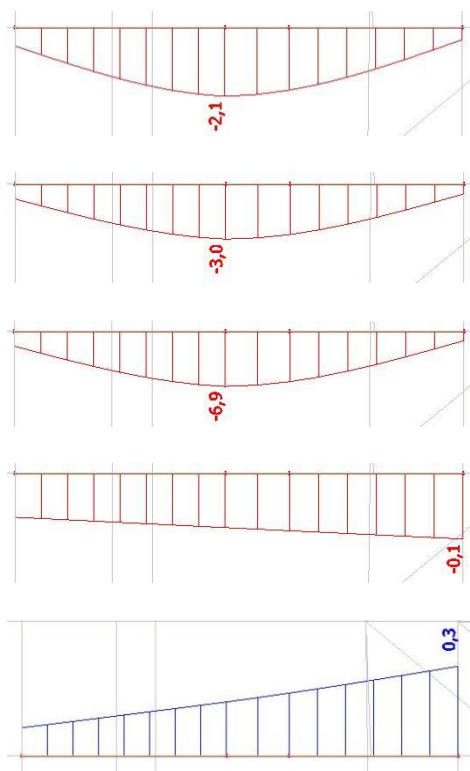
$$w_{inst} = 11,93 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{1}{300} = \frac{4901}{300} = 16,34 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

11.3.2. Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,užitné} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,sníh} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,vítr} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (2,1 + 3,0) * (1 + 0,8) + 6,9 * (1 + 0,6 * 0,8) + 0,1 * (0,5 + 0,0 * 0,8) - 0,2 * (0,6 + 0,0 * 0,8)$$



$$w_{fin} = 9,18 + 10,21 + 0,05 - 0,12 = 19,32 \text{ mm}$$

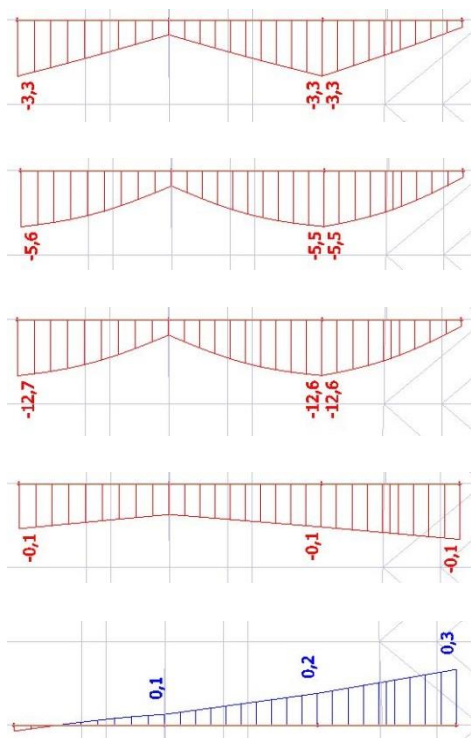
$$w_{fin} = 19,32 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{l}{150} = \frac{4901}{150} = 32,67 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
POUŽITELNOSTI.

11.4. Stropní nosníky nad 1.NP (GL28h)

11.4.1. Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení



$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,užitné} + \psi_0 * w_{inst,sníh} + \psi_0 * w_{inst,vítr}$$

$$w_{inst} = -3,3 - 5,5 - 12,6 - (0,5 * 0,1) + (0,6 * 0,2)$$

$$w_{inst} = 21,33 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{l}{150} = \frac{3559}{150} = 23,73 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

11.4.2. Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,užitné} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,sníh} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,vítr} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (3,3 + 5,5) * (1 + 0,8) + 12,6 * (1 + 0,6 * 0,8) + 0,1 * (0,5 + 0,0 * 0,8) - 0,2 * (0,6 + 0,0 * 0,8)$$

$$w_{fin} = 15,84 + 18,65 + 0,05 + 0,3 = 34,84 \text{ mm}$$

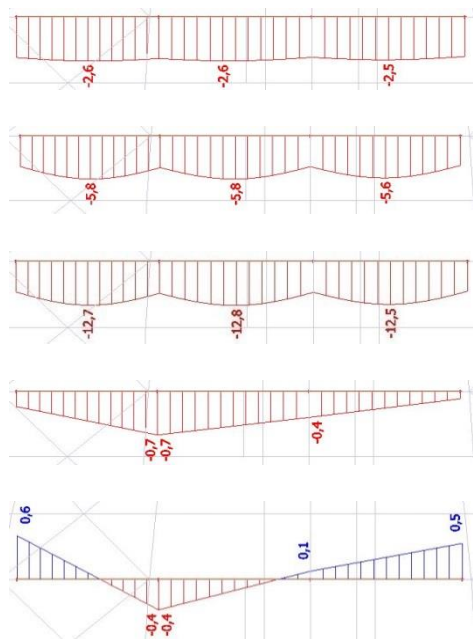
$$w_{fin} = 34,84 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{l}{100} = \frac{3559}{100} = 35,59 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.

11.5. Stropní nosníky nad 2.NP (GL28h)

11.5.1. Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení



$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,užitné} + \psi_0 * w_{inst,sníh} + \psi_0 * w_{inst,vítr}$$

$$w_{inst} = -2,6 - 5,8 - 12,8 - (0,5 * 0,55) - (0,6 * 0,15)$$

$$w_{inst} = 21,57 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{l}{150} = \frac{3524}{150} = 23,49 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

11.5.2. Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,užitné} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,sníh} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,vítr} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (2,6 + 5,8) * (1 + 0,8) + 12,8 * (1 + 0,6 * 0,8) + 0,55 * (0,5 + 0,0 * 0,8) + 0,15 * (0,6 + 0,0 * 0,8)$$

$$w_{fin} = 15,12 + 18,94 + 0,275 + 0,09 = 34,84 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 34,43 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{1}{100} = \frac{3524}{100} = 35,24 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.

11.6. Stropní nosníky nad 3.NP (GL28h)

11.6.1. Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,užitné} + \psi_0 * w_{inst,sníh} + \psi_0 * w_{inst,vítr}$$

$$w_{inst} = -1,8 - 3,7 - 8,3 + (0,5 * 0,3) - (0,6 * 0,5)$$

$$w_{inst} = 13,95 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{1}{150} = \frac{2769}{150} = 18,46 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

11.6.2. Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,užitné} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,sníh} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,vítr} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (1,8 + 3,7) * (1 + 0,8) + 8,3 * (1 + 0,6 * 0,8) - 0,3 * (0,5 + 0,0 * 0,8) + 0,5 * (0,6 + 0,0 * 0,8)$$

$$w_{fin} = 9,9 + 12,28 - 0,15 + 0,3 = 22,33 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 22,33 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{1}{100} = \frac{2769}{100} = 27,69 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV
POUŽITELNOSTI.

11.7. Zábradlí

11.7.1. Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,užitné} + \psi_0 * w_{inst,sníh} + \psi_0 * w_{inst,vítr}$$

$$w_{inst} = -4,5 - 8,8 - 15,8 - (0,5 * 0,4) + (0,6 * 0,5)$$

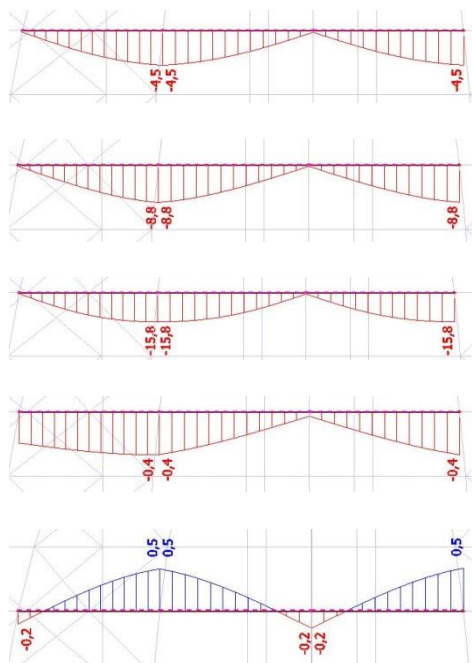
$$w_{inst} = 29,0 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{1}{250} = \frac{7792}{250} = 31,17 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

11.7.2. Konečný průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,užitné} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,sníh} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,vítr} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (4,5 + 8,8) * (1 + 0,8) + 15,8 * (1 + 0,6 * 0,8) + 0,4 * (0,5 + 0,0 * 0,8) - 0,5 * (0,6 + 0,0 * 0,8)$$



$$w_{fin} = 23,94 + 23,38 + 0,2 - 0,3 = 47,22 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 47,22 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{l}{150} = \frac{7792}{150} = 51,95 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.

11.8. Stropní nosník nad 1.NP (ocel)

$$\delta_{max} = \delta_{g0} + \delta_{g1} + \delta_{užitné} + \delta_{sníh} + \delta_{vitr}$$

$$\delta_{max} = -9,0 - 14,1 - 31,9 - 0,1 - 0,2$$

$$\delta_{max} = 55,3 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{13500}{200} = 67,5 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.

11.9. Stropní nosník nad 2.NP (ocel)

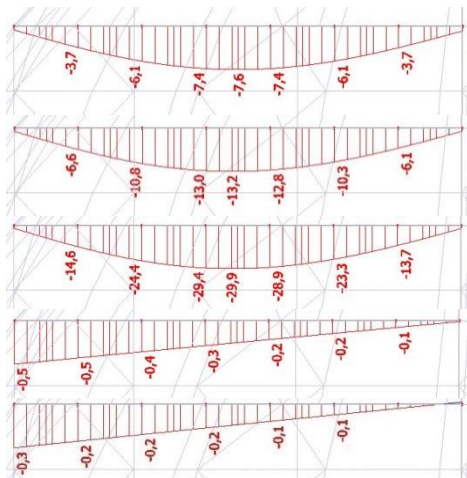
$$\delta_{max} = \delta_{g0} + \delta_{g1} + \delta_{užitné} + \delta_{sníh} + \delta_{vitr}$$

$$\delta_{max} = -8,3 - 14,6 - 32,9 - 0,9 - 0,7$$

$$\delta_{max} = 57,4 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{12809}{200} = 64,05 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.



11.10. Stropní nosník nad 3.NP (ocel)

$$\delta_{\max} = \delta_{g0} + \delta_{g1} + \delta_{\text{užitné}} + \delta_{\text{sníh}} + \delta_{\text{vítr}}$$

$$\delta_{\max} = -7,6 - 13,2 - 29,9 - 0,2 - 0,3$$

$$\delta_{\max} = 51,2 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = \frac{L}{200} = \frac{10500}{200} = 52,5 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

⇒ NAVRŽENÝ PROFIL VYHOVUJE NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.

12. POŽÁRNÍ ODOLNOST

12.1. Svislé žebro – lepené lamelové dřevo

- R45
- Rozhodující proměnné zatížení – užitné zatížení
- Vaznice je nechráněná

12.1.1. Posouzení za běžné teploty

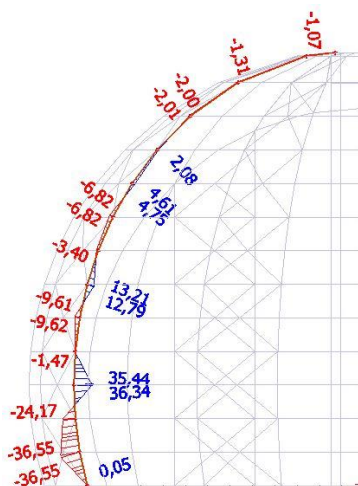
$M_{y,d} = 36,55 \text{ kNm}$ (moment od stálého zatížení a dominantního proměnného zatížení)

$$W_y = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

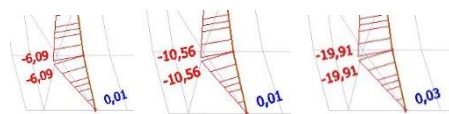
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{36,55 \cdot 10^6}{4,0 \cdot 10^6} = 9,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 9,4 \text{ MPa} \leq f_{m,g,d} = 20,16 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

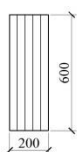
$k_{\text{mod},fi} = 1$ (modifikační součinitel pro požár)
 $k_{fi} = 1,15$ pro lepené lamelové dřevo



$\gamma_{M,fi} = 1,0$ (součinitel spolehlivosti při požáru)



$$\frac{G_k}{Q_k} = \frac{6,09 + 10,56}{19,91} = 0,84$$



12.1.2. Metoda redukovaného průřezu

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} * \frac{k_{fi} * f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 * \frac{1,15 * 28}{1,0} = 32,2 \text{ MPa}$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} * Q_{k,1}}{\gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_{k,1}} = \left(\frac{G_k + Q_{k,1}}{G_k + Q_{k,1}} \right) * \left(\frac{1 + \psi_1}{\gamma_Q + \gamma_G} \right)$$

$$\eta_{fi} = 0,84 * \left(\frac{1 + 0,7}{1,5 + 1,35} \right) = 0,50$$

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} * M_{y,d} = 0,50 * 36,55 = 18,31 \text{ kNm}$$

Účinný průřez:

$$d_{ef} = \beta_N * t + k_0 * d_0 = 0,7 * 45 + 1,0 * 7 = 38,5 \text{ mm}$$

$$b_{fi} = b - 2 * d_{ef} = 200 - 2 * 38,5 = 123 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - 2 * d_{ef} = 600 - 2 * 38,5 = 523 \text{ mm}$$

$$W_{y,fi} = \frac{b * h^2}{6} = \frac{123 * 523^2}{6} = 5,61 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{18,31 * 10^6}{5,61 * 10^6} = 3,26 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} * \frac{k_{fi} * f_{m,g,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1 * \frac{1,15 * 28}{1,0} = 32,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = 3,26 \text{ MPa} \leq f_{m,d,fi} = 3,2 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

12.1.3. Metoda redukovaných vlastností

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{200} * \frac{p}{A_r} = 1,0 - \frac{1}{125} * \frac{1,348}{73,57 * 10^{-3}} = 0,853$$

$$d_{char} = \beta_n * t = 0,7 * 45 = 31,5 \text{ mm}$$

$$b_{fi} = b - 2 * d_{char} = 200 - 2 * 31,5 = 137 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - 2 * d_{char} = 600 - 2 * 31,5 = 537 \text{ mm}$$

$$p = 2 * 0,137 + 2 * 0,537 = 1,348 \text{ m}$$

$$A_r = 0,137 * 0,537 = 73,57 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_{y,fi} = \frac{b * h^2}{6} = \frac{137 * 537^2}{6} = 6,58 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} * \frac{k_{fi} * f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 0,853 * \frac{1,15 * 28}{1,0} = 27,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{18,31 * 10^6}{6,58 * 10^6} = 2,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = 2,78 \text{ MPa} \leq f_{m,d,fi} = 27,47 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

⇒ Svislé žebro jako nechráněný prvek vyhoví na požární odolnost R45.

13. SPOJE

- Při posouzení šroubových spojů byli využity vztahy z normy ČSN 731401/1998, která není platná

13.1. Přípoj svislého žebra k betonové desce pomocí čepového ložiska

- Výslednice sil na čep:

$$F_{ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{81,57^2 + 605,35^2} = 610,82 \text{ kN}$$

- Určení tloušťky středního plechu: TYP B, S355

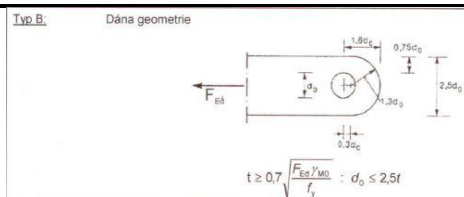
$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{ed} \gamma_{M2}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{610,82 * 10^3 * 1,25}{355}} = 32,46 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t = 34 \text{ mm}$$

$$R_z = 605,35 \text{ kN}$$

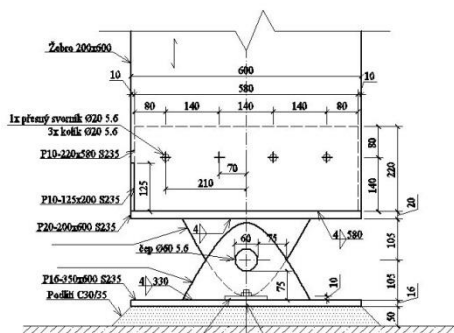
$$R_x = 81,57 \text{ kN}$$

$$R_y = 36,04 \text{ kN}$$



$$f_{up} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yp} = 300 \text{ MPa}$$



$c = 4 \text{ mm}$ (max.tl mezery mezi
středním plechem a bočními
plechy)
 $t_1 = 10 \text{ mm}$ (tl.bočního plechu)

$$d_0 = 2,5t = 2,5 * 34 = 85 \text{ mm} \rightarrow \text{čep } \varnothing 60, \text{ materiál 5.6}$$

$$d_0 = d = 60 \text{ mm}$$

13.1.1. Geometrické požadavky na čepové spoje

$$t = 34 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{ed} \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{2d_0}{3} = \frac{610,82 * 10^3 * 1,0}{2 * 34 * 300} + \frac{2 * 60}{3} = 69,94 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 75 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{ed} \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{610,82 * 10^3 * 1,0}{2 * 34 * 300} + \frac{60}{3} = 49,94 \text{ mm}$$

$$\rightarrow c = 75 \text{ mm}$$

13.1.2. Návrhová únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 0,6A \frac{f_{up}}{\gamma_{M2}} = 0,6 * \frac{\pi * 60^2 * 500 * 2}{4 * 1,25} = 1357,17 \text{ kN}$$

13.1.3. Návrhová únosnost čepu v ohybu

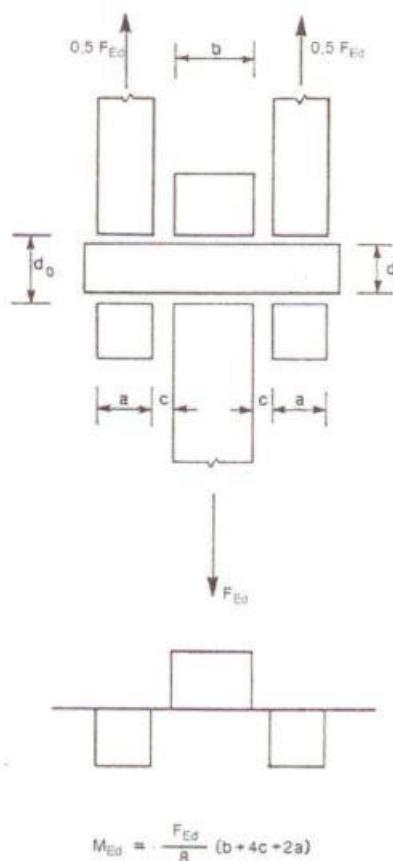
$$M_{ed} = \frac{F_{ed}}{8} (t + 4c + 2t_1) = \frac{610,82}{8} * (34 + 4 * 4 + 2 * 10) = 5,34 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi * 60^3}{32} = 21,21 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5W_{el}f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 21,21 * 10^3 * 300}{1,0} = 9,54 \text{ kNm}$$

13.1.4. Návrhová únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5tdf_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 34 * 60 * 300}{1,0} = 918 \text{ kN}$$



13.1.5. Kombinace ohybu a smyku

$$\left(\frac{M_{ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{5,34}{9,54}\right)^2 + \left(\frac{610,82}{1357,17}\right)^2 = 0,52 \leq 1,0$$

...**VYHOVUJE**

13.1.6. Posouzení únosnosti plechu: 34x180x330

- Únosnost v tlaku

$$A = 34 \cdot 180 = 6120 \text{ mm}^2$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,12 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 2172,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{610,82}{2172,6} = 0,28 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

13.1.7. Posouzení svislých patních plechů

- 2x10x180x330 (S355)

- Prostý tlak v místě oslabení

$$A_{net} = 2 \cdot 10 \cdot 180 - (2 \cdot 60 \cdot 10) = 2400 \text{ mm}^2$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 852,0 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{605,35}{852,0} = 0,71 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

- Smyk v místě oslabení

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{2400 * \left(\frac{355}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 491,90 \text{ kN}$$

$$A_v = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{81,57}{491,90} = 0,17 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Vzpěr

$$I_z = \frac{bh^3}{12} = \frac{180 * 10^3}{12} = 15,0 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A = 180 * 10 = 1800 \text{ mm}^2 \text{ (=plocha jednoho plechu)}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{15,0 * 10^3}{1800}} = 2,89 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\lambda_1 = 93,9\varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{180}{2,89} = 62,28$$

$$\lambda = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{62,28}{76,06} = 0,82$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_c(\lambda - 0,3) + \lambda^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,82 - 0,3) + 0,82^2] = 0,92$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,92 + \sqrt{0,92^2 - 0,82^2}} = 0,75 \leq 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,75 * \frac{1800 * 355}{1,0} = 479,25 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 81,57 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 479,25 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Kombinace vzpěru a ohybu

$$A = 180 \cdot 10 \cdot 2 = 3600 \text{ mm}^2$$

$$W_{el} = 2 \cdot \frac{bh^2}{6} = 2 \cdot \frac{10 \cdot 180^2}{6} = 108,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,75 \cdot \frac{3600 \cdot 355}{1,0} = 958,50 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{el}f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{108,0 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 38,34 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = N_{ed}h = 81,57 \cdot 0,18 = 14,68 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} = \frac{81,57}{958,5} + \frac{14,68}{38,34} = 0,47 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.1.8. Posouzení svaru přípoje svislých plechů k patnímu plechu

- Tupý svar s plným provařením

$$A = 2 \cdot 330 \cdot 10 = 66000 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{M_{ed}}{W_{el,w}} = \frac{0,383 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot 4 \cdot 330^2}{6}} = 2,64 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{605,35 \cdot 10^3}{6600} = 91,72 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{91,72^2 + 3 * 91,72^2} = \mathbf{183,44 \text{ MPa}} \leq \frac{510}{0,8*1,25} = \mathbf{510 \text{ MPa}}$$

... **VYHOVUJE**

$$\sigma_{\perp} = \mathbf{91,72 \text{ MPa}} \leq \frac{0,9f_u}{\gamma_w} = \frac{0,9*510}{1,25} = \mathbf{367,20 \text{ MPa}}$$

... **VYHOVUJE**

13.1.9. Posouzení připoje dřevěné stojky k patce

- Vložený plech tl.10 mm do dřevěného průřezu
- Kolíky Ø20 mm (S355)
- Normálová síla je přenášena ocelovým patním plechem ($N_{\max} = 609,24 \text{ kN}$)

Minimální vzdálenosti spojovacích prostředků:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| - Od okrajů | $4d=4*20=80 \text{ mm}$ |
| - Mezi sebou ve směru síly | $7d=7*20=140 \text{ mm}$ |
| - Mezi sebou \perp na směr síly | $4d=4*20=80 \text{ mm}$ |
| - Od zatíženého konce | $7d=7*20=140 \text{ mm}$ |

$b_{\text{eff}} = 200 \text{ mm}$ (efektivní šířka)

$$A=200*600 = 120000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\text{ed}}}{A} = \frac{609,24*10^3}{120000} = \mathbf{5,08 \text{ MPa}} \leq f_{c,0,g,d} = \mathbf{19,08 \text{ MPa}} \dots$$

VYHOVUJE

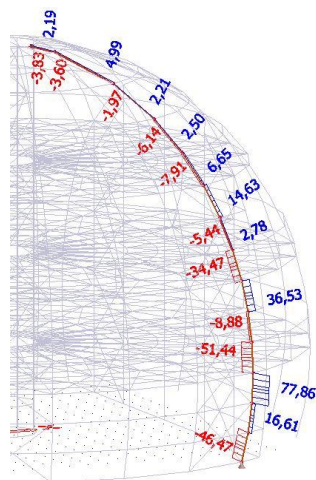
- Tloušťka opěrného plechu $t=20 \text{ mm}$

$$M_{\text{ed}} = \sigma_{c,0,d} e \frac{e}{2} = 5,08 * 95 * 47,5 = 22923,5 \text{ Nmm/mm}$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{1 * 20^2}{6} = 66,67 \text{ mm}^3/\text{mm}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{\text{ed}}}{W} = \frac{22923,5}{66,67} = \mathbf{343,84 \text{ MPa}} \leq f_{y,d} = \mathbf{355 \text{ MPa}} \dots$$

VYHOVUJE



- Smykové napětí

$$\tau_D = \frac{3V_{z,d}}{2bh} = \frac{3 * 46,47 * 10^3}{2 * 200 * 600} = 0,58 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = \mathbf{0,58 \text{ MPa}} \leq f_{v,g,d} = \mathbf{2,30 \text{ MPa}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Posouzení boční desky (zarážka)

$$A = b * L = 200 * 125 = 25000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,ed}}{A} = \frac{46,47 * 10^3}{25000} = \mathbf{1,86 \text{ MPa}} \leq f_{c,90,g,d} = \mathbf{2,16 \text{ MPa}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

Horizontální smyková síla je přenášena bočním plechem tl.10 mm a délky nejméně 125 mm

- Vliv excentricity na ocelové kolíky přípoje

Navrženy kolíky Ø20 mm (S355), $f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$
Návrhová únosnost 1 kolíku Ø10 mm při 1 stříhové ploše (spoj je dvojstřížný)

$$t_0 = 0,5d = 0,5 * 20 = 10 \text{ mm} \rightarrow \text{tenká deska}$$

Deska je středním prvkem dvojstřížného spoje

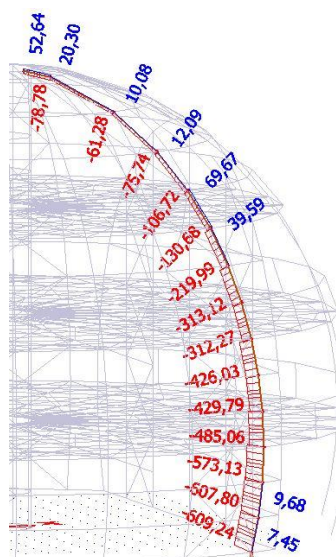
- Pevnost v otláčení stěny otvoru:

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 380 = 24,93 \text{ MPa}$$

$$f_{h,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{h,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{24,93}{1,25} = 17,95 \text{ MPa}$$

- Moment kluzu:

$$M_{y,d} = \frac{0,8f_{uk}d^3}{6\gamma_M} = \frac{0,8 * 510 * 20^3}{6 * 1,1} = 494,55 \text{ kNm}$$



- Návrhová únosnost na stříhovou plochu kolíku

$$R_{1,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,0,d} t_1 d \\ f_{h,0,d} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{yd}}{f_{h,0,d} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{yd} f_{h,0,d} d} \end{array} \right.$$

$$R_{1,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} 17,95 * 95 * 20 \\ 17,95 * 95 * 20 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 494,55 * 10^3}{17,95 * 20 * 95^2}} - 1 \right] \\ 2,3 * \sqrt{494,55 * 10^3 * 17,95 * 20} \end{array} \right.$$

$$R_{1,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} 34,11 \\ 21,00 \\ 30,65 \end{array} \right. = 21,00 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost spoje 4xØ20, S355

$$R_d = 4 * 21,0 = \mathbf{84 \text{ kN}} \geq N_{t,ed} = \mathbf{9,68 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

Síla připadající na 1 kolík

$$N_{t,ed,1} = \frac{9,68}{4} = 2,42 \text{ kN}$$

Excentricita od osy čepu k centru kolíkového spoje

$$c = 105 + 20 + 140 = 265 \text{ mm}$$

$$M_{ed} = c N_{t,ed,1} = 0,265 * 2,42 = 0,64 \text{ kNm}$$

$$r_1 = 210 \text{ mm}$$

$$z_{r1}^2 = 2 * (70^2 + 210^2) = 98000 \text{ mm}^2$$

$$F_{1d} = \frac{M_{ed} r_1}{z_{r1}^2} = \frac{0,64 * 10^6 * 210}{98000} = 1,37 \text{ kN}$$

$$F_{c,1} = F_{1d} + N_{t,ed,1} = 1,37 + 2,42 = 3,79 \text{ kN}$$

$$F_{c,1} = \mathbf{3,79 \text{ kN}} \leq R_{1,d} = \mathbf{21,0 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.1.10. Posouzení vnitřního plechu

- Rozměry: 10x220x580 (S235)

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10 * 580 * 235}{1,0} = 1363,0 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9A_{net}f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 * 10 * (580 - 4 * 21) * 235}{1,0} = 1049,04 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \mathbf{1049,04 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{47,97 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{net}f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{(220 - 2 * 21) * 10 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 241,51 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \mathbf{241,51 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{36,04 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.1.11. Posouzení patního plechu

- Rozměry: 350x600 (S235)
- Podklad: beton C30/35

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{R_z}{A} = \frac{605,35 * 10^3}{350 * 600} = 2,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \mathbf{2,88 \text{ MPa}} \leq f_{cd} = \mathbf{20 \text{ MPa}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Tloušťka patního plechu:

$$t_p \geq e \sqrt{\frac{3\sigma_{cd}\gamma_{M0}}{f_{yk}}} = 80 * \sqrt{\frac{3 * 2,88 * 1,0}{235}} = 15,34 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t_p = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 353 \text{ mm}^2 \\ d_0 &= 24 + (2 * 20) = 64 \text{ mm} \\ e_1 = e_2 &= 1,2d_0 = 76,8 \text{ mm} \\ p_1 &= 2,2d_0 = 140,8 \text{ mm} \\ p_2 &= 2,4d_0 = 153,6 \text{ mm} \\ f_{ub} &= 500 \text{ MPa} \\ f_{yb} &= 400 \text{ MPa} \end{aligned}$$

d [mm]	12	16	20	22	24
d _m [mm]	20,5	25,9	32,3	35,5	38,8
A [mm]	113	201	314	380	452
A _s [mm]	84,3	157	245	303	353

13.1.12. Kotevní šrouby

- M24 5.8 předem zabetonované
- Posouzení na přetržení šroubů

$$F_{1,Rd} = \frac{0,8A_s f_{yb}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,8 * 353 * 400}{1,25} = 90,37 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 2 * 90,37 = \mathbf{180,74 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{47,97 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE

- Únosnost v otláčení

$$k_1 = \min \left(\begin{matrix} 2,5 \\ 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 * \frac{76,8}{64} - 1,7 = 1,66 \end{matrix} \right) = 1,66$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{matrix} \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,39 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{76,8}{3 * 64} = 0,4 \end{matrix} \right. = 0,4$$

$$F_{1,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b d t f_u}{\gamma_{M02}} = \frac{1,66 * 0,4 * 24 * 16 * 360}{1,25} = 73,43 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 2 * 73,43 = \mathbf{146,86 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{36,04 \text{ kN}} \dots$$

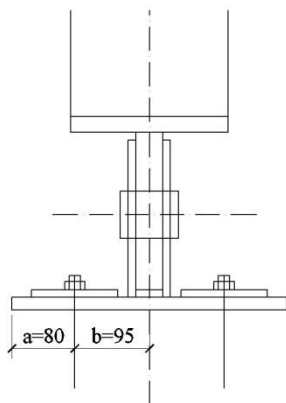
VYHOVUJE

- Únosnost ve střihu

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6A_s f_{ub}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,6 * 353 * 500}{1,25} = 84,72 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd}' = 2 * 84,72 = \mathbf{169,44 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{36,04 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE



- Vliv páčení

$$t_e = 4,3 \sqrt[3]{\frac{bd^2}{a}} = 4,3 \sqrt[3]{\frac{95 * 24^2}{80}} = 37,89 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm} < t_e = 37,89 \text{ mm} \rightarrow \text{NASTÁVÁ PÁČENÍ}$$

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{38^3 - 16^3}{24^2} = 1,44$$

$$F_{1,t} = \gamma_P F_{1,Rd} = 1,44 * 135,55 = \mathbf{195,12 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{47,97 \text{ kN}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

13.1.13. Svary

- Svar vloženého a čelního plechu (koutový)

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$l = 580 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -609,38 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -46,48 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{2al} = \frac{609,38 * 10^3}{2 * 4 * 580} = 131,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{z,ed}}{2\sqrt{2}al} = \frac{46,48 * 10^3}{2 * \sqrt{2} * 4 * 580} = 7,08 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{7,08^2 + 3 * (7,08^2 + 131,33^2)} = 227,91 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,8 * 1,25} = 510 \text{ MPa} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

- Svar čelního a čepového plechu (koutový)

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$l = 330 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -609,38 \text{ kN}$$

13.2. Montážní spoj

- Kolíky a svorníky Ø18, materiál 5.6 - $f_{u,b} = 500$ MPa
- Vnitřní plech S235

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -313,12 \text{ kN (přeneseno kontaktem)}$$

$$M_{ed} = 38,70 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = -34,47 \text{ kN}$$

Vzdálenosti spojovacích prvků:

- Od okrajů $4d = 4 \cdot 18 = 72 \text{ mm}$
- Od zatíženého konce $7d = 7 \cdot 18 = 126 \text{ mm}$
- Mezi spojovacími prostředky $6d = 6 \cdot 18 = 102 \text{ mm}$
- Mezi jednotlivými kruhy $5d = 5 \cdot 18 = 90 \text{ mm}$

13.2.1. Návrh poloměrů kružnic a počet kolíků

$$r_1 = \frac{h}{2} - 4d = \frac{500}{2} - 4 \cdot 18 = 178 \text{ mm} \rightarrow r_1 = 175 \text{ mm}$$

$$r_2 = r_1 - 5d = 178 - 5 \cdot 18 = 88 \text{ mm} \rightarrow r_2 = 85 \text{ mm}$$

$$n_1 \leq \frac{2\pi r_1}{6d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 175}{6 \cdot 18} = 10,18 \rightarrow n_1 = 10 \text{ ks}$$

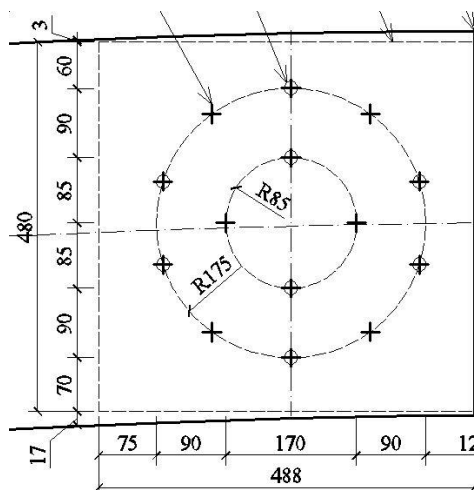
$$n_2 \leq \frac{2\pi r_2}{6d} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 85}{6 \cdot 18} = 4,95 \rightarrow n_2 = 4 \text{ ks}$$

$$F_{1,V} = \frac{V_{ed}}{n} = \frac{34,47}{10 + 4} = \frac{34,47}{14} = 2,462 \text{ kN}$$

$$F_{1,N} = \frac{N_{ed}}{n} = \frac{313,12}{10 + 4} = \frac{313,12}{14} = 22,366 \text{ kN}$$

$$F_{1,M} = \frac{M_{ed} \cdot r_{\max}}{\sum n_i r_i^2} = \frac{38,70 \cdot 0,175}{10 \cdot 0,175^2 + 4 \cdot 0,085^2} = 20,207 \text{ kN}$$

$$F_{1,ed} = \sqrt{F_{1,V}^2 + F_{1,M}^2} = \sqrt{2,462^2 + 20,207^2} = 20,357 \text{ kN}$$



13.2.2. Únosnost jednoho spojovacího prostředku

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 18) * 380 = 25,551 \text{ MPa}$$

$$f_{h,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{h,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{25,551}{1,25} = 18,397 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 * 18 = 1,62$$

$$\alpha_d = \arctan \left[\frac{(F_{1,M} + F_{1,V})}{F_{1,N}} \right] = \arctan \left[\frac{(20,207 + 2,462)}{22,366} \right] = 45,39^\circ$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{25,551 * 10^3}{1,62 * \sin^2 45,39 + \cos^2 45,39} = 15,940 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{uk}d^{2,6} = 0,3 * 500 * 10^3 * 18^{2,6} = 275,296 \text{ kNm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,\alpha,k} t_1 d}{2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,\alpha,k} d}} \\ f_{h,\alpha,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} d t_1^2}} - 1 \right] \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{15,94 * 95 * 18}{2,3 * \sqrt{275,296 * 10^3 * 15,94 * 18}} \\ 15,94 * 95 * 18 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 275,296 * 10^3}{15,94 * 18 * 95^2}} - 1 \right] \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 27,258 \\ 15,191 \\ 20,441 \end{array} \right. = 15,191 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{15,191}{1,3} = 10,517 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{1,ed}}{2F_{v,Rd}} = \frac{20,357}{2 * 10,517} = 0,97 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.3. Přípoj svislého žebra k ocelovému prstenci

13.3.1. Posouzení čepového ložiska

- Kloubový přípoj s použitím ocelového čepu

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -78,78 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 56,05 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -3,83 \text{ kN}$$

- Výslednice sil na čep:

$$F_{ed} = \sqrt{N_{ed}^2 + V_{ed}^2} = \sqrt{78,78^2 + 3,83^2} = 78,87 \text{ kN}$$

- Určení tloušťky středního plechu: TYP B, S355

$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{ed} \gamma_{M2}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{78,87 * 10^3 * 1,25}{355}} = 11,67 \text{ mm} \rightarrow t = 14 \text{ mm}$$

$$d_0 = 2,5t = 2,5 * 14 = 35 \text{ mm} \rightarrow \text{čep } \varnothing 24, \text{ materiál 5.6}$$

- Návrhová únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 0,6A \frac{f_{up}}{\gamma_{M2}} = 0,6 * \frac{\pi * 24^2 * 500 * 2}{4 * 1,25} = 217,15 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost čepu v ohybu

$$M_{ed} = \frac{F_{ed}}{8} (t + 4c + 2t_1) = \frac{78,87}{8} * (14 + 4 * 4 + 2 * 10) = 0,493 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi * 24^3}{32} = 1357,17 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5W_{el}f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 1357,17 * 300}{1,0} = 0,611 \text{ kNm}$$

- Návrhová únosnost plechu a čepu v otlačení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 t d f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 14 * 24 * 300}{1,0} = 151,20 \text{ kN}$$

- Kombinace ohybu a smyku

$$\left(\frac{M_{ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{0,493}{0,611}\right)^2 + \left(\frac{78,87}{217,15}\right)^2 = 0,78 \leq 1,0$$

...VYHOVUJE

13.3.2. Posouzení únosnosti patního plechu: 2x8x400

- Únosnost v tlaku

$$A_{net} = (2*8*400) - (2*26*8) = 5984 \text{ mm}^2$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{net} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5984 * 355}{1,0} = 2121,32 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{78,78}{2121,32} = 0,04 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

- Smyk v místě oslabení

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M0}} = \frac{5984 * \left(\frac{355}{\sqrt{3}}\right)}{1,0} = 1226,48 \text{ kN}$$

$$A_v = A_{net} = 7480 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{3,83}{1226,48} = 0,003 \leq 1,0 \text{ ...VYHOVUJE}$$

- Vzpěr

$$I_z = \frac{bh^3}{12} = \frac{190 \cdot 8^3}{12} = 8106,67 \text{ mm}^3$$

$$A = 190 \cdot 8 = 1520 \text{ mm}^2 \text{ (=plocha jednoho plechu)}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{8106,67}{1520}} = 2,31 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\lambda_1 = 93,9\varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ef,z}}{i_z} = \frac{190}{2,31} = 82,25$$

$$\lambda = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{82,25}{76,06} = 1,08$$

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5[1 + \alpha_c(\lambda - 0,3) + \lambda^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,08 - 0,3) + 1,08^2] = 1,22 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,08^2}} = 0,56 \leq 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \chi \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,56 \cdot \frac{1520 \cdot 355}{1,0} = 302,18 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 78,78 \text{ kN} \leq N_{c,Rd} = 302,18 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Kombinace vzpěru a ohybu

$$A = 190 \cdot 8 \cdot 2 = 3040 \text{ mm}^2$$

$$W_{el} = 2 \cdot \frac{bh^2}{6} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 190^2}{6} = 96,27 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,56 * \frac{3040 * 355}{1,0} = 604,35 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{96,27 * 10^3 * 355}{1,0} = 34,18 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = N_{ed} h = 78,78 * 0,19 = 14,97 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} = \frac{78,78}{604,35} + \frac{14,97}{34,18} = \mathbf{0,57 \leq 1,0... VYHOVUJE}$$

13.3.3. Posouzení svaru přípoje plechu ložiska k botce přípoje žebra

1x plech tl. 10 mm

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -78,78 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -3,83 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 3,83 * 0,1 = 0,383 \text{ kNm}$$

$$a_w = 4 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{2a_w L} = \frac{3,83 * 10^3}{2 * 4 * 320} = 1,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{M_{ed}}{W_{el,w}} = \frac{0,383 * 10^6}{\frac{2 * 4 * 320^2}{6}} = 2,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} = \tau_{\perp 1} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{2,81}{\sqrt{2}} = 1,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 2} = \tau_{\perp 2} = \frac{N_{ed}}{2a_w L \sqrt{2}} = \frac{78,78 * 10^3}{2 * 4 * 320 * \sqrt{2}} = 21,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 1,99 + 21,76 = 23,75 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{23,75^2 + 3 * (23,75^2 + 1,50^2)} = \mathbf{47,57 \text{ MPa}} \leq \frac{510}{0,8 * 1,25} = \mathbf{510 \text{ MPa} ... VYHOVUJE}$$

13.3.4. Posouzení svaru přípoje plechu ložiska k ocelovému prstenci

2 x plech tl.10 mm

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -78,78 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -3,83 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 3,83 * 0,1 = 0,383 \text{ kNm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{2tL0,7} = \frac{3,83 * 10^3}{2 * 10 * 400 * 0,7} = 0,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp N} = \frac{N_{ed}}{2tL0,85} = \frac{78,78 * 10^3}{2 * 10 * 400 * 0,85} = 11,59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp M} = \frac{M_{ed}}{W_{el,w}} = \frac{0,383 * 10^6}{\frac{2 * 10 * 400^2}{6}} = 0,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 11,59 + 0,72 = 12,31 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + (3\tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{12,31^2 + (3 * 0,68^2)} = 12,37 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,8 * 1,25} = 510 \text{ MPa} \dots$$

VYHOVUJE

13.3.5. Posouzení přípoje žebra k ocelovému prstenci

- Vložený plech tl.8 mm do dřevěného průřezu (opatřený čelní opěrkou tl.10 mm)
- Ocelové kolíky Ø16 mm (S355)
- Normálová síla je přenášena ocelovými kolíky

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -78,78 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 56,05 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -3,83 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = -0,30 \text{ kN}$$

$$b_{\text{eff}} = 200 \text{ mm (efektivní šířka)}$$

$$A = 200 * 320 = 64000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{56,05 * 10^3}{64000} = \mathbf{0,88 \text{ MPa}} \leq f_{t,0,g,d} = \mathbf{14,04 \text{ MPa}} \dots$$

VYHOVUJE

- Smykové napětí

$$\tau_D = \frac{3V_{y,d}}{2bh} + \frac{3V_{z,d}}{2bh} = \frac{3 * 3,83 * 10^3}{2 * 200 * 320} + \frac{3 * 0,30 * 10^3}{2 * 200 * 320} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = \mathbf{0,1 \text{ MPa}} \leq f_{v,g,d} = \mathbf{2,30 \text{ MPa}}$$

Horizontální smyková síla je přenášena bočním plechem tl.10 mm a délky min.50 mm

- Normálové napětí kolmo na vlákna

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,ed}}{bL} = \frac{3,83 * 10^3}{200 * 50} = \mathbf{0,383 \text{ MPa}} \leq f_{c,90,g,d} = \mathbf{2,16 \text{ MPa}}$$

... VYHOVUJE

- Vliv excentricity na ocelové kolíky přípoje

Navrženy kolíky Ø16 mm (S355), $f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$
Návrhová únosnost 1 kolíku Ø16 mm při 1 stříhové ploše (spoj je dvojstřížný)

$$t_0 = 0,5d = 0,5 * 16 = 8 \text{ mm} \rightarrow \text{tenká deska}$$

Deska je středním prvkem dvojstřížného spoje

Pevnost v otlačení stěny otvoru:

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 16) * 380$$

$$= 26,17 \text{ MPa}$$

Moment kluzu:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{uk}d^{2,6} = 0,3 * 510 * 10^3 * 16^{2,6} = 206,73 \text{ kNm}$$

$$F_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,0,k}t_1d \\ f_{h,0,k}t_1d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{yk}}{f_{h,0,k}dt_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{yk}f_{h,0,k}d} \end{array} \right.$$

$$F_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26,17 * 96 * 16 \\ 26,17 * 96 * 16 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 206,73 * 10^3}{26,17 * 16 * 96^2}} - 1 \right] \\ 2,3 * \sqrt{206,73 * 10^3 * 26,17 * 16} \end{array} \right.$$

$$F_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} 40,20 \\ 19,62 \\ 21,40 \end{array} \right. = 19,62 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 dvojstřížného kolíku Ø16 mm (S355)

$$F_{Rd} = k_{mod} \frac{F_{1,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2 * 19,62}{1,3} = 27,17 \text{ MPa}$$

Síla připadající na 1 kolík

$$N_{ed,1} = \frac{56,05}{4} = 14,01 \text{ kN}$$

Excentricita od osy čepu k centru kolíkového spoje:

$$c = 100 + 10 + 115 = 225 \text{ mm}$$

$$M_{ed} = cN_{ed,1} = 0,225 * 14,01 = 3,15 \text{ kNm}$$

$$r_1 = 98 \text{ mm}$$

$$z_{r1}^2 = 2 * (98^2 + 34^2) = 25520 \text{ mm}^2$$

$$F_{1d} = \frac{M_{ed}r_1}{z_{r1}^2} = \frac{3,15 * 10^6 * 98}{25520} = 12,09 \text{ kN}$$

$$F_{c,1} = F_{1d} + N_{ed,1} = 12,09 + 14,01 = 26,10 \text{ kN}$$

$$F_{c,1} = \mathbf{26,10 \text{ kN}} \leq F_{Rd} = \mathbf{27,17 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.3.6. Tloušťka opěrného plechu botky t=10 mm

$$M_{ed} = \sigma_{c,90,d} e \frac{e}{2} = 0,383 * 96 * 48 = 1764,86 \text{ Nmm/mm}$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{1 * 10^2}{6} = 16,67 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{ed}}{W} = \frac{1764,86}{16,67} = \mathbf{105,87 \text{ MPa}} \leq f_{yd} = \mathbf{355 \text{ MPa}} \dots$$

VYHOVUJE

13.4. Připoj paždíku 240x550 ke svislému žeburu

- Svorník Ø20 6.8, S355
- Vnitřní vložený plech tl.10 mm, S235
- Čelní plech tl.10 mm, S235

$$t_p = 10 \text{ mm}$$

$$t_1 = \frac{240 - 10}{2} = 115 \text{ mm}$$

$$\rho = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{ub} = 510 \text{ MPa}$$

Složky vnitřních sil:

$$M_x = -20,41 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -49,59 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = -0,23 \text{ kN}$$

Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností pro svorníky

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = (4 + \cos 0) * 20 = 100 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 * 20 = 80 \text{ mm}$$

$$a_{3c} = 4d = 4 * 20 = 80 \text{ mm}$$

$$a_{4c} = 3d = 3 * 20 = 60 \text{ mm}$$

Účinný počet svorníků

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

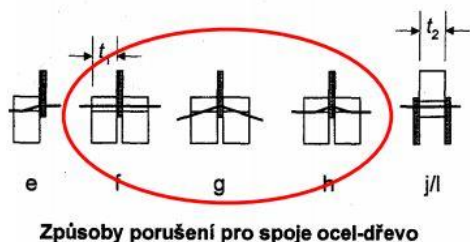
$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} = 3^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{13*20}} = 2,12 \right\} = 2,12$$

13.4.1. Únosnost svorníku na stříh a otláčení

Návrhová hodnota pevnosti v otláčení při namáhání ve směru vláken:

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 380 \\ = 24,93 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 * 24 = 1,71$$



$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{24,93}{1,71 * \sin^2 90 + \cos^2 90} = 14,58 \text{ MPa}$$

Moment kluzu:

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{uk} d^{2,6} = 0,3 * 600 * 10^3 * 20^{2,6} = 434,46 \text{ kNm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,90,k} t_1 d \\ f_{h,90,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{yd}}{f_{h,90,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{yd} f_{h,90,k} d} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 14,58 * 115 * 20 \\ 14,58 * 115 * 20 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 434,46 * 10^3}{14,58 * 20 * 115^2}} - 1 \right] \\ 2,3 * \sqrt{434,46 * 10^3 * 14,58 * 20} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 33,53 \\ 18,96 \\ 25,89 \end{array} \right. = 18,96 \text{ kN}$$

Únosnost prvku 2-střížného spoje:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2 * 18,96}{1,3} = 26,25 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = n_{ef} F_{v,Rd} = 2,12 * 26,25 = 55,65 \text{ kN} \geq V_{z,ed} = 49,59 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.4.2. Posudek vnitřního plechu

Rozměr: 10x200x530 (S235)

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{net} f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{(530 - 3 * 22) * 10 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 629,54 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 629,54 \text{ kN} \geq V_{z,ed} = 49,59 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.4.3. Posudek čelního plechu

Rozměr: 10x240x550 (S235)

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_p f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{550 * 10 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 746,23 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \mathbf{746,23 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{49,59 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.4.4. Svar vnitřního a čelního plechu

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$l = 530 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -27,53 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -49,59 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{2al} = \frac{27,53 * 10^3}{2 * 4 * 530} = 6,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{z,ed}}{2\sqrt{2}al} = \frac{49,59 * 10^3}{2 * \sqrt{2} * 4 * 530} = 8,27 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{8,27^2 + 3 * (8,27^2 + 6,49^2)} = \mathbf{20,0 \text{ MPa}} \leq \frac{510}{0,8 * 1,25} = \mathbf{510 \text{ MPa}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.4.5. Svorníkový přípoj paždíků k žeburu

Svorník Ø12 6.8, S355

Složky vnitřních sil:

$$V_{z,ed} = -32,21 \text{ kN}$$

$$t_2 = 200 \text{ mm}$$

Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností pro svorníky

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = (4 + \cos 0) * 12 = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 * 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{3c} = 4d = 4 * 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4c} = 3d = 3 * 12 = 36 \text{ mm}$$

Účinný počet svorníků

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} = 8^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{60}{13 * 12}} = 5,12 \right\} = 5,12$$

Únosnost svorníku na střih a otláčení

Návrhová hodnota pevnosti v otláčení při namáhání ve směru vláken:

$$f_{h,2,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 380 = 27,42 \text{ MPa}$$

Moment kluzu:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{uk}d^{2,6} = 0,3 * 600 * 10^3 * 12^{2,6} = 115,12 \text{ kNm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5f_{h,2,k}t_2d}{1,15\sqrt{M_{y,Rk}f_{h,2,k}d}} \right\}$$

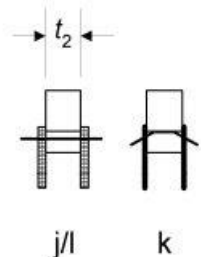
$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 * 27,42 * 200 * 12}{1,15\sqrt{115,12 * 10^3 * 27,42 * 12}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{32,90}{7,08} = 7,08 \text{ kN} \right\}$$

Únosnost prvku 2-střížného spoje:

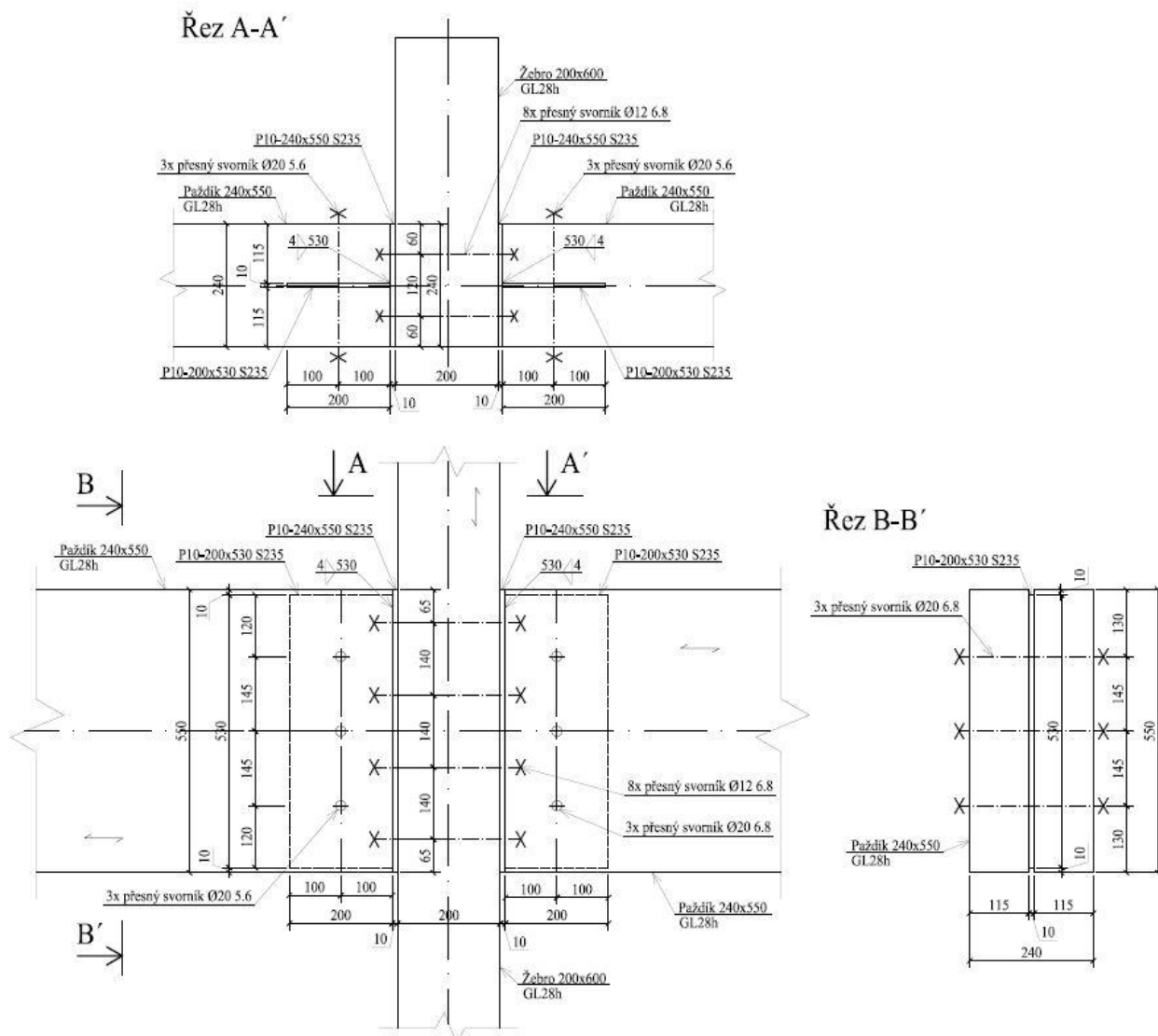
$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2 * 7,08}{1,3} = 9,80 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = n_{ef}F_{v,Rd} = 5,12 * 9,80 = \mathbf{50,18 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{32,21 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}}$$



PŘÍPOJ PAŽDÍKU KE SVISLÉMU ŽEBRU

M1:10



13.5. Přípoj paždíku 100x140 ke svislému žebro

- Svorník Ø12 6.8, S355
- Vnitřní vložený plech tl.8 mm, S235
- Čelní plech tl.10 mm, S235

$$t_p = 10 \text{ mm}$$

$$t_1 = \frac{100 - 8}{2} = 46 \text{ mm}$$

$$\rho = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{ub} = 600 \text{ MPa}$$

Složky vnitřních sil:

$$V_{z,ed} = -1,0 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = -0,38 \text{ kN}$$

Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností pro svorníky

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = (4 + \cos 0) * 12 = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 * 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{3c} = 4d = 4 * 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4c} = 3d = 3 * 12 = 36 \text{ mm}$$

Účinný počet svorníků

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} = 2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{60}{13 * 12}} = 1,47 \right\} = 1,47$$

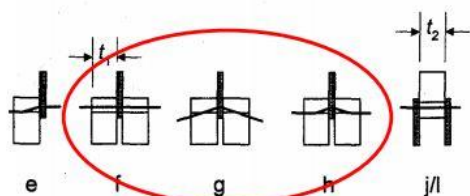
13.5.1. Únosnost svorníku na stříh a otláčení

Návrhová hodnota pevnosti v otláčení při namáhání ve směru vláken:

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 380 = 27,42 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 * 12 = 1,53$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{27,42}{1,53 * \sin^2 90 + \cos^2 90} = 17,92 \text{ MPa}$$



Způsoby porušení pro spoje ocel-dřevo

Moment kluzu:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{uk}d^{2,6} = 0,3 * 600 * 10^3 * 12^{2,6} = 115,12 \text{ kNm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,90,k}t_1d \\ f_{h,90,k}t_1d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{yd}}{f_{h,90,k}dt_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{yd}f_{h,90,k}d} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 17,92 * 46 * 12 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 115,12 * 10^3}{17,92 * 12 * 46^2}} - 1 \right] \\ 2,3 * \sqrt{115,12 * 10^3 * 17,92 * 12} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 9,89 \\ 7,28 \\ 11,44 \end{array} \right. = 7,28 \text{ kN}$$

Únosnost prvku 2-střížného spoje:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2 * 7,28}{1,3} = 10,08 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = n_{ef}F_{v,Rd} = 1,47 * 10,08 = \mathbf{14,82 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{1,0 \text{ kN}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

13.5.2. Posudek vnitřního plechu

Rozměr: 8x100x120 (S235)

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{net}f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{(120 - 2 * 13) * 8 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 102,03 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 102,03 \text{ kN} \geq V_{z,ed} = \mathbf{1,0 \text{ kN}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

13.5.3. Posudek čelního plechu

Rozměr: 10x100x140 (S235)

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_p f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{140 * 10 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = 189,95 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \mathbf{189,95 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{1,0 \text{ kN}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

13.5.4. Svar vnitřního a čelního plechu

a = 4 mm

l = 120 mm

N_{ed} = -64,69 kN

V_{z,ed} = -1,0 kN

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{2al} = \frac{64,69 * 10^3}{2 * 4 * 120} = 67,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{z,ed}}{2\sqrt{2}al} = \frac{1,0 * 10^3}{2 * \sqrt{2} * 4 * 120} = 0,74 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0,74^2 + 3 * (0,74^2 + 67,39^2)} = \mathbf{116,73 \text{ MPa}} \leq \frac{510}{0,8 * 1,25} = \mathbf{510 \text{ MPa}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

13.5.5. Svorníkový přípoj paždíků k žeburu

Svorník Ø12 6.8, S355

Složky vnitřních sil:

V_{z,ed} = -6,14 kN

t₂ = 200 mm

Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností pro svorníky

$$a_1 = (4 + \cos \alpha) d = (4 + \cos 0) * 12 = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 * 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{3c} = 4d = 4 * 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4c} = 3d = 3 * 12 = 36 \text{ mm}$$

Účinný počet svorníků

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} = 4^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{60}{13 * 12}} = 2,74 \right\} = 2,74$$

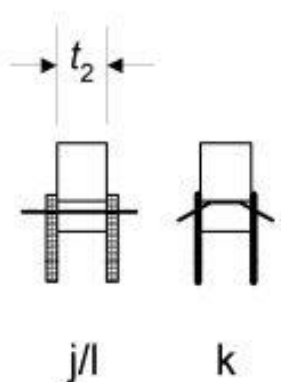
Únosnost svorníku na střih a otláčení

Návrhová hodnota pevnosti v otláčení při namáhání ve směru vláken:

$$f_{h,2,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 380 \\ = 27,42 \text{ MPa}$$

Moment kluzu:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{uk}d^{2,6} = 0,3 * 600 * 10^3 * 12^{2,6} = 115,12 \text{ kNm}$$



$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5f_{h,2,k}t_2d}{1,15\sqrt{M_{y,Rk}f_{h,2,k}d}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 * 27,42 * 200 * 12}{1,15\sqrt{115,12 * 10^3 * 27,42 * 12}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{32,90}{7,08} \right\} = 7,08 \text{ kN}$$

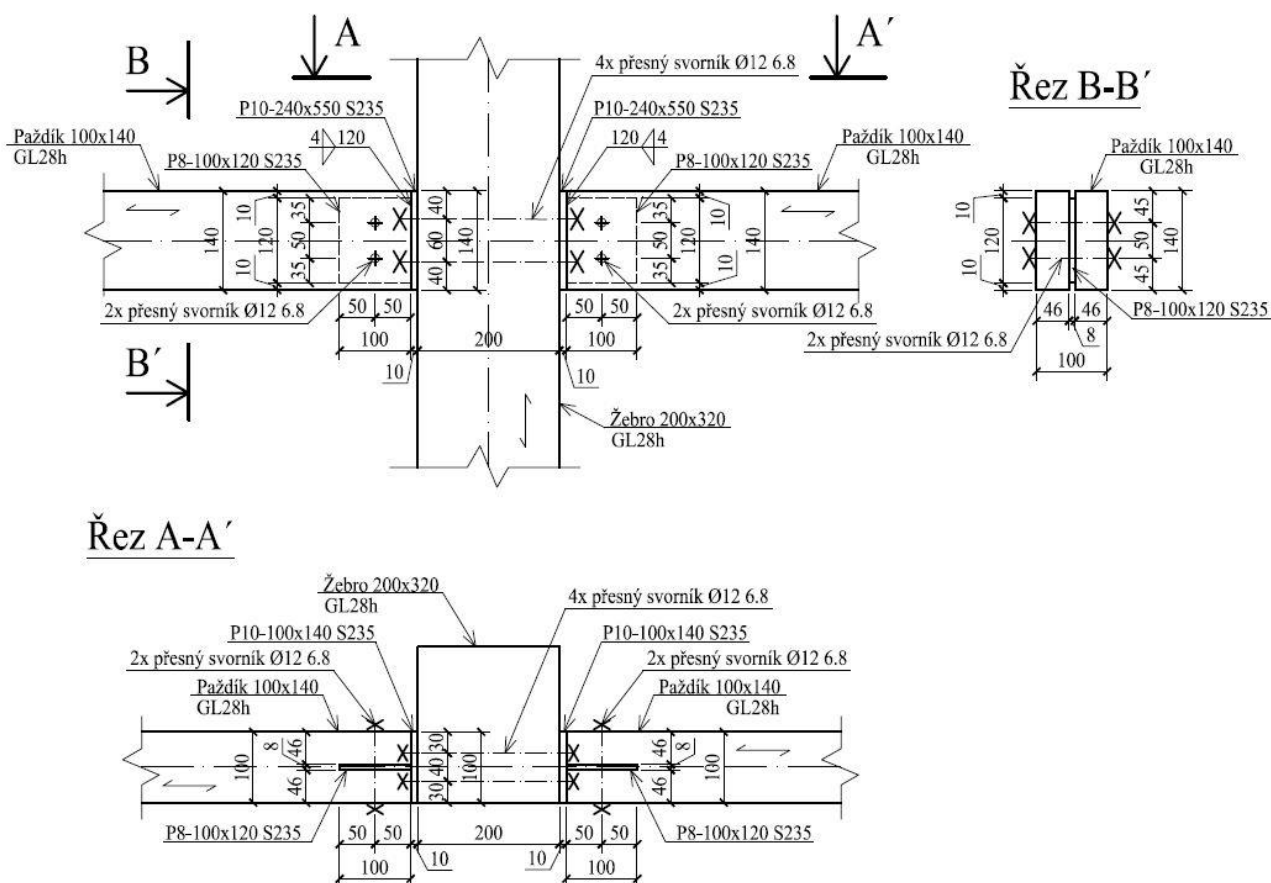
Únosnost prvku dvoustřížného spoje:

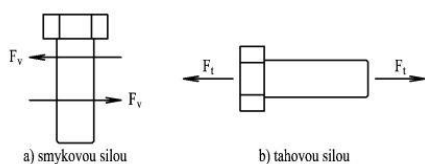
$$F_{v,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2 * 7,08}{1,3} = 9,80 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,tot} = n_{ef} F_{v,Rd} = 2,74 * 9,80 = \mathbf{26,85 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{6,14 \text{ kN}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

PŘÍPOJ PAŽDÍKU 100x140 KE SVISLÉMU ŽEBRU

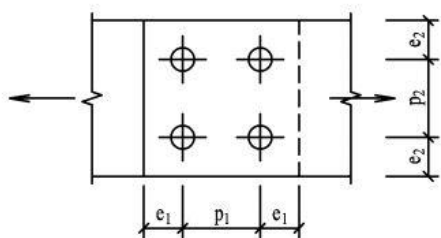
M1:10





Obr. – Způsoby namáhání

d (mm)	12	16	20	24	30
d_m (mm)	20,5	25,9	32,3	38,8	49,6
A_s (mm ²)	84,3	157	245	353	561
A (mm ²)	113	201	314	452	707



Obr. – Označení roztečí

13.6. Přípoj ocelového stropního nosníku ke svislému žeburu

- Vrutky WT-T 8,2x245
- Šrouby Ø16 5.6
- Čelní plech tl.10 mm, S235
- 2xpříložka tl.10 mm, S235

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = 86,66 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -108,57 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = -0,88 \text{ kN}$$

13.6.1. Únosnost šroubů

Šrouby M16

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$d_m = 25,9 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Doporučené rozteče mezi šrouby:

$$e_1 = 2,0d_0 = 2,0 \cdot 18 = 36 \text{ mm}$$

$$p_1 = 3,5d_0 = 3,5 \cdot 18 = 63 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5d_0 = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ mm}$$

$$p_2 = 3,0d_0 = 3,0 \cdot 18 = 54 \text{ mm}$$

- Únosnost šroubů ve střihu

$$F_{ed,V} = \frac{V_{ed}}{n_{\text{šroubů}}} = \frac{108,57}{3} = 36,16 \text{ kN}$$

$$F_{v,RD} = \frac{0,6nf_{ub}A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 2 \cdot 500 \cdot 201}{1,25} = 96,48 \text{ kN}$$

$$F_{v,RD} = 96,48 \text{ kN} \geq F_{ed,V} = 36,16 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost v otláčení šroubů

$$t = \min \left(\frac{10 + 10}{11} = 20 \right) = 11 \text{ mm}$$

$$F_{b,RD} = \frac{2,5\alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 * 0,67 * 510 * 16 * 11}{1,25} = 120,28 \text{ kN}$$

$$F_{b,RD} = \mathbf{120,28 \text{ kN}} \geq F_{ed,V} = \mathbf{36,16 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3d_0} = \frac{36}{3 * 18} = 0,67 \\ \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} = \frac{63}{3 * 18} - \frac{1}{4} = 0,92 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{510} = 0,98 \\ 1,0 \end{array} \right.$$

- Únosnost v tahu (při přetržení šroubu)

$$F_{ed,N} = \frac{N_{t,ed}}{n_{\text{šroubů}}} = \frac{86,66}{3} = 28,89 \text{ kN}$$

$$F_{t,RD} = \frac{0,9f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 500 * 157}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

$$F_{t,RD} = \mathbf{56,52 \text{ kN}} \geq F_{ed,N} = \mathbf{28,89 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost při protlačení hlavy šroubu nebo matice

$$B_{p,RD} = \frac{0,6\pi f_u d_m t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * \pi * 510 * 25,9 * 10}{1,25} = 199,19 \text{ kN}$$

$$B_{p,RD} = \mathbf{199,19 \text{ kN}} \geq F_{ed,N} = \mathbf{28,89 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnost šroubů v kombinaci tahu a smyku

$$\frac{F_{ed,V}}{F_{v,RD}} + \frac{F_{ed,N}}{1,4F_{t,RD}} = \frac{36,16}{96,48} + \frac{28,89}{1,4 * 56,52} = \mathbf{0,74} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.6.2. Únosnost vrutů

Doporučené rozteče mezi šrouby:

Od okrajů: $4d = 4 \cdot 8,2 = 32,8$

Rozteče: $4d = 4 \cdot 8,2 = 32,8$

Účinný počet svorníků

$$n_{ef} = n^{0,9} = 20^{0,9} = 14,82$$

$$l_{ef,min} = 6d = 6 \cdot 8,2 = 49,2 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = 107 \text{ mm} > l_{ef,min} = 49,2 \text{ mm}$$

- Posouzení na vytažení vrutu

$$f_{ax,k} = 3,6 \cdot 10^{-3} \rho_k^{1,5} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 380^{1,5} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ax,\alpha,k} = \frac{f_{ax,k}}{\sin^2 \alpha + 1,5 \cos^2 \alpha} = \frac{26,67}{\sin^2 90 + 1,5 \cos^2 90} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} (\pi d l_{ef})^{0,8} f_{ax,\alpha,k} = 14,82 \cdot (\pi \cdot 8,2 \cdot 107)^{0,8} \cdot 26,67 = 223,43 \text{ kN}$$

$$F_{ax,\alpha,Rd} = k_{mod} \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{223,43}{1,3} = 154,68 \text{ kN}$$


$$F_{ax,\alpha,Rd} = \mathbf{154,68 \text{ kN}} \geq N_{t,ed} = \mathbf{86,66 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.6.3. Posudek čelního plechu

Rozměr: 10x200x390 (S235)

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_p f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{390 \cdot 10 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 529,14 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \mathbf{529,14 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{108,57 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

označení/rozměry v mm	délka (mm)	délka jednoho závitu (mm)
WT-T		
		
WT-T-8,2 x	160	65
závit pod hlavou vrutu o průměru 8,9 mm	190	80
závit u vrtací špičky vrutu o průměru 8,2 mm	220	95
	245	107
	275	122
	300	135
	330	135

13.7. Kotvení dřevěných sloupů

- Vložený plech tl. 12 mm (S355)
- Kolíky Ø14 mm (S355) - $f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$

13.7.1. Posouzení vnitřního plechu

Rozměry: 12x220x220 (S355)

$$N_{ed} = -556,39 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = 7,95 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{12 * 220 * 355}{1,0} = 937,20 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9A_{net}f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 * 12 * (220 - 2 * 15) * 355}{1,0} = 728,46 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 728,46 \text{ kN} \geq N_{t,z,ed} = 556,71 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{net}f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{(220 - 2 * 15) * 12 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} = 467,31 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 467,31 \text{ kN} \geq V_{z,ed} = 7,95 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.7.2. Svar vloženého a čelního plechu

$$a = 6 \text{ mm}$$

$$l = 220 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -556,39 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = 7,95 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{2al} = \frac{556,39 * 10^3}{2 * 6 * 220} = 210,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{z,ed}}{2\sqrt{2}al} = \frac{7,95 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 6 \cdot 220} = 2,13 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{2,13^2 + 3 \cdot (2,13^2 + 210,75^2)} = 365,05 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,8 \cdot 1,25} = 510 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.7.3. Posouzení kolíkového přípoje

Minimální vzdálenosti spojovacích prostředků:

- Od okrajů $4d=4 \cdot 14=56 \text{ mm}$
- Mezi sebou ve směru síly $7d=7 \cdot 14=98 \text{ mm}$
- Mezi sebou \perp na směr síly $4d=4 \cdot 14=56 \text{ mm}$
- Od zatíženého konce $7d=7 \cdot 14=98 \text{ mm}$

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -556,39 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 7,95 \text{ kN}$$

$$t_0 = 0,5d = 0,5 \cdot 14 = 7 \text{ mm} \rightarrow \text{tenká deska}$$

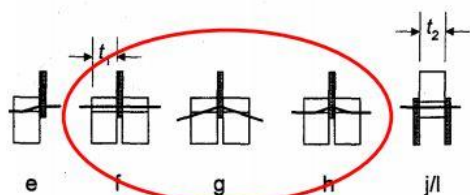
Deska je středním prvkem dvojstřížného spoje

- Pevnost s otláčením stěny otvoru:

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 14) \cdot 380 = 26,80 \text{ MPa}$$

- Moment kluzu:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{uk}d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 10^3 \cdot 14^{2,6} = 146,09 \text{ kNm}$$



Způsoby porušení pro spoje ocel-dřevo

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,0,k}t_1d \\ f_{h,0,k}t_1d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{yd}}{f_{h,0,k}dt_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{yk}f_{h,0,k}d} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{19,30 * 84 * 14}{2,3 * \sqrt{146,09 * 10^3 * 19,3 * 14}}; 19,3 * 84 * 14 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 146,09 * 10^3}{19,30 * 14 * 84^2}} - 1 \right] \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 22,70 \\ 11,77 \\ 14,45 \end{cases} = 11,77 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 dvojstřížného kolíku Ø14 mm (S355)

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2 * 11,77}{1,3} = 16,30 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rd} = \mathbf{16,30 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{7,95 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.7.4. Posouzení patního plechu

Rozměry: 350x350 (S235)

Podklad: beton C30/35

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{R_z}{A} = \frac{556,71 * 10^3}{350 * 350} = 4,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \mathbf{4,54 \text{ MPa}} \leq f_{cd} = 20 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Tloušťka patního plechu:

$$t_p \geq e \sqrt{\frac{3\sigma_{cd}\gamma_{M0}}{f_{yk}}} = 70 * \sqrt{\frac{3 * 4,54 * 1,0}{235}} = 16,85 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t_p = 18 \text{ mm}$$

Jakostní třída šroubu	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}[N/mm^2]$	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}[N/mm^2]$	400	400	500	500	600	800	1000



13.7.5. Kotevní šrouby

M27 8.8 předem zabetonované

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

$$d_0 = 27 + (2 * 20) = 67 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_2 = 1,2d_0 = 80,4 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2d_0 = 147,4 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4d_0 = 160,8 \text{ mm}$$

- Posouzení na přetržení šroubů

$$F_{1,Rd} = \frac{0,8A_s f_{yb}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,8 * 459 * 640}{1,25} = 188,01 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 4 * 188,01 = \mathbf{752,04 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{556,71 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE

- Únosnost v otláčení

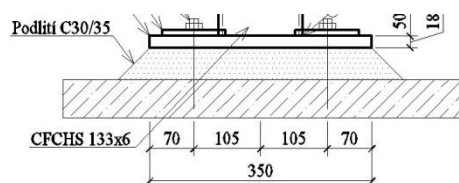
$$k_1 = \min \left(\begin{matrix} 2,5 \\ 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 * \frac{80,4}{67} - 1,7 = 1,66 \end{matrix} \right) = 1,66$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{matrix} \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{80,4}{3 * 67} = 0,4 \end{matrix} \right. = 0,4$$

$$F_{1,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b d t f_u}{\gamma_{M02}} = \frac{1,66 * 0,4 * 27 * 18 * 360}{1,25} = 92,94 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 4 * 92,94 = \mathbf{371,76 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{0,1 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE



- Únosnost ve střihu

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6A_s f_{ub}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,6 * 459 * 800}{1,25} = 176,26 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = 4 * 176,26 = \mathbf{705,04 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{0,1 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE

- Vliv páčení

$$t_e = 4,3 \sqrt[3]{\frac{bd^2}{a}} = 4,3 \sqrt[3]{\frac{105 * 27^2}{70}} = 44 \text{ mm}$$

$$t = 18 \text{ mm} < t_e = 44 \text{ mm} \rightarrow \text{NASTÁVÁ PÁČENÍ}$$

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{44^3 - 18^3}{27^2} = 1,54$$

$$F_{1,t} = \gamma_P F_{1,Rd} = 1,54 * 371,76 = \mathbf{572,51 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{556,71 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Vytřetí betonového kužele

$$\text{Délka kotvení: } h_{ef} = 220 \text{ mm}$$

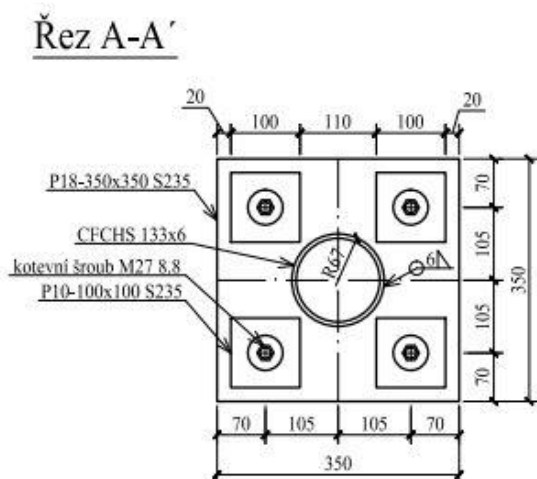
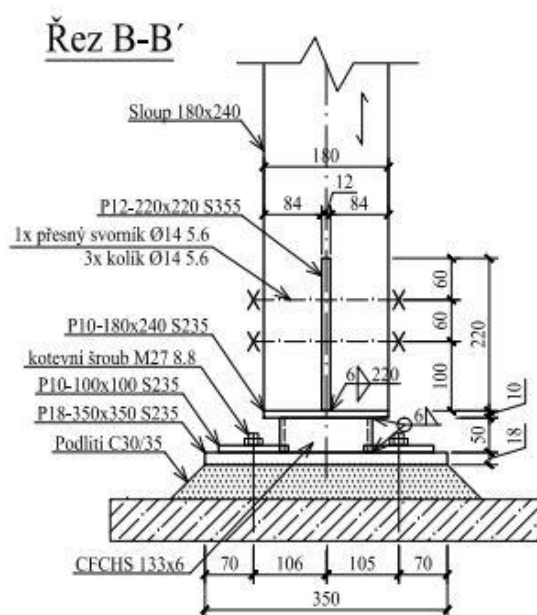
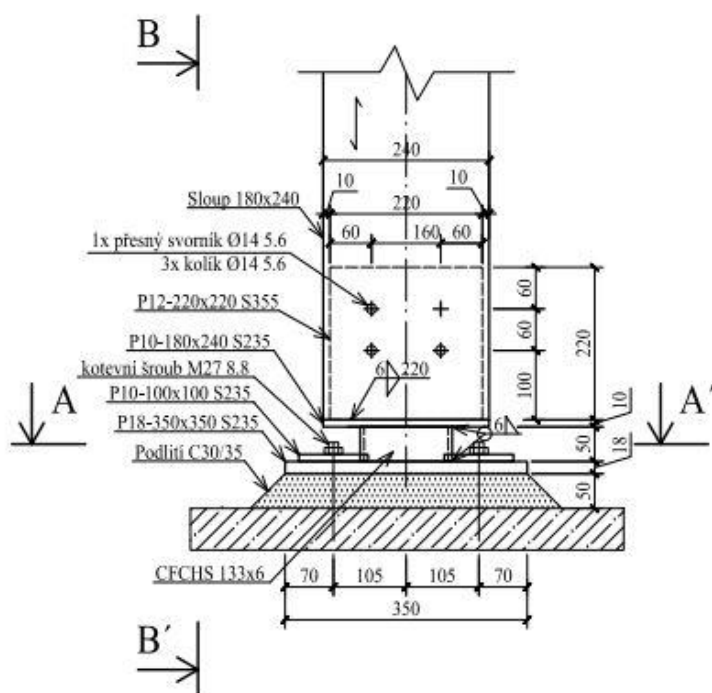
$$F_{Rd} = 2,32 f_{cc}^{0,5} h_{ef}^2 = 2,32 * 35^{0,5} * 220^2 = 664,30 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \mathbf{664,30 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{556,71 \text{ kN}}$$

- Návrh kotevní zarážky není potřebný, protože horizontální síla je velmi malá ($R_{y,ed} = 0,1 \text{ kN}$) a tím pádem i moment bude velmi malý.

KOTVENÍ DŘEVĚNÉHO SLOUPU

MI:10



13.8. Kotvení obvodového žebra

- Vložený plech tl. 10 mm (S235)
- Kolíky Ø12 mm (S355) - $f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$

13.8.1. Posouzení vnitřního plechu

Rozměry: 10x185x200 (S235)

$$N_{ed} = -203,33 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -0,46 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10 \cdot 200 \cdot 235}{1,0} = 470,0 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 10 \cdot (200 - 4 \cdot 13) \cdot 235}{1,0} = 368,01 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \mathbf{368,01 \text{ kN}} \geq N_{t,z,ed} = \mathbf{203,33 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{net} f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{(185 - 2 \cdot 13) \cdot 10 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 215,73 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \mathbf{215,73 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{0,46 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.8.2. Svar vloženého a čelního plechu

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$l = 200 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -203,33 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -0,46 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{2al} = \frac{203,33 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 200} = 127,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{z,ed}}{2\sqrt{2}al} = \frac{0,46 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 4 \cdot 200} = 0,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0,2^2 + 3 \cdot (0,2^2 + 127,08^2)} = 220,11 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,8 \cdot 1,25} = 510 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.8.3. Posouzení kolíkového přípoje

Minimální vzdálenosti spojovacích prostředků:

- Od okrajů $4d=4 \cdot 12=48 \text{ mm}$
- Mezi sebou ve směru síly $7d=7 \cdot 12=84 \text{ mm}$
- Mezi sebou \perp na směr síly $4d=4 \cdot 12=48 \text{ mm}$
- Od zatíženého konce $7d=7 \cdot 12=84 \text{ mm}$

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -203,33 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = -0,46 \text{ kN}$$

$$t_0 = 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{tenká deska}$$

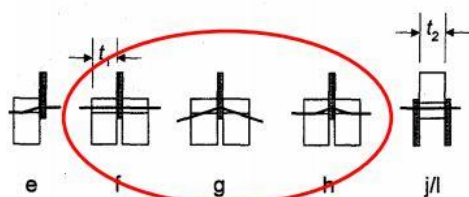
Deska je středním prvkem dvojstřížného spoje

- Pevnost s otláčením stěny otvoru:

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,42 \text{ MPa}$$

- Moment kluzu:

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{uk}d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 10^3 \cdot 12^{2,6} = 97,85 \text{ kNm}$$



Způsoby porušení pro spoje ocel-dřevo

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,0,k}t_1d \\ f_{h,0,k}t_1d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{yd}}{f_{h,0,k}dt_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{yk}f_{h,0,k}d} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{27,42 * 65 * 12 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 97,85 * 10^3}{27,42 * 12 * 65^2}} - 1 \right]}{2,3 * \sqrt{97,85 * 10^3 * 27,42 * 12}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 21,39 \\ 10,92 \\ 13,05 \end{cases} = 10,92 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 dvojstřížného kolíku Ø14 mm (S355)

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2 * 10,92}{1,3} = 15,12 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rd} = \mathbf{15,12 \text{ kN}} \geq V_{z,ed} = \mathbf{0,46 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.8.4. Posouzení patního plechu

Rozměry: 300x300 (S235)

Podklad: beton C30/35

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{R_z}{A} = \frac{194,20 * 10^3}{300 * 300} = 2,16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = \mathbf{2,16 \text{ MPa}} \leq f_{cd} = 20 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Tloušťka patního plechu:

$$t_p \geq e \sqrt{\frac{3\sigma_{cd}\gamma_{M0}}{f_{yk}}} = 60 * \sqrt{\frac{3 * 2,16 * 1,0}{235}} = 9,96 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t_p = 12 \text{ mm}$$



13.8.5. Kotevní šrouby

M24 5.8 předem zabetonované

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 400 \text{ MPa}$$

$$d_0 = 24 + (2 * 20) = 64 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_2 = 1,2d_0 = 76,8 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2d_0 = 140,8 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4d_0 = 153,6 \text{ mm}$$

- Posouzení na přetržení šroubů

$$F_{1,Rd} = \frac{0,8A_s f_{yb}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,8 * 353 * 400}{1,25} = 90,37 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 4 * 90,37 = \mathbf{361,48 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{194,20 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE

- Únosnost v otlačení

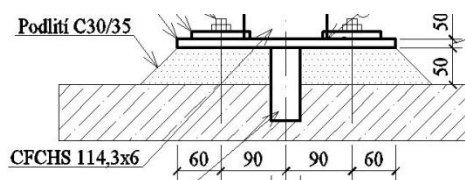
$$k_1 = \min \left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 * \frac{76,8}{64} - 1,7 = 1,66 \right) = 1,66$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,39 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{76,8}{3 * 64} = 0,4 \end{array} \right. = 0,4$$

$$F_{1,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b d t f_u}{\gamma_{M02}} = \frac{1,66 * 0,4 * 24 * 10 * 360}{1,25} = 45,90 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 4 * 45,90 = \mathbf{183,60 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{63,13 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE



- Únosnost ve střihu

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 A_s f_{ub}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,6 * 353 * 500}{1,25} = 84,72 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = 4 * 84,72 = \mathbf{338,88 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{63,13 \text{ kN}} \dots$$

VYHOVUJE

- Vliv páčení

$$t_e = 4,3 \sqrt[3]{\frac{bd^2}{a}} = 4,3 \sqrt[3]{\frac{90 * 24^2}{60}} = 41 \text{ mm}$$

$$t = 12 \text{ mm} < t_e = 41 \text{ mm} \rightarrow \text{NASTÁVÁ PÁČENÍ}$$

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{41^3 - 12^3}{24^2} = 1,58$$

$$F_{1,t} = \gamma_P F_{1,Rd} = 1,58 * 183,60 = \mathbf{290,09 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{194,20 \text{ kN}} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Vytržení betonového kužele

$$\text{Délka kotvení: } h_{ef} = 200 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = 2,32 f_{cc}^{0,5} h_{ef}^2 = 2,32 * 35^{0,5} * 200^2 = 549,01 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \mathbf{549,01 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{194,20 \text{ kN}}$$

- Návrh kotevní zarážky

$$R_{y,ed} = 63,13 \text{ kN}$$

$$\text{Rozměr: } 40 \times 120 \times 100 \text{ (S235)}$$

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} * 120 * 40^2 = 32000 \text{ mm}^3$$

$$M = 63,13 \cdot 0,075 = 4,73 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{4,73 \cdot 10^6}{32000} = 147,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 147,82 \text{ MPa} \leq f_y = 235 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.8.6. Posudek ocelové trubky

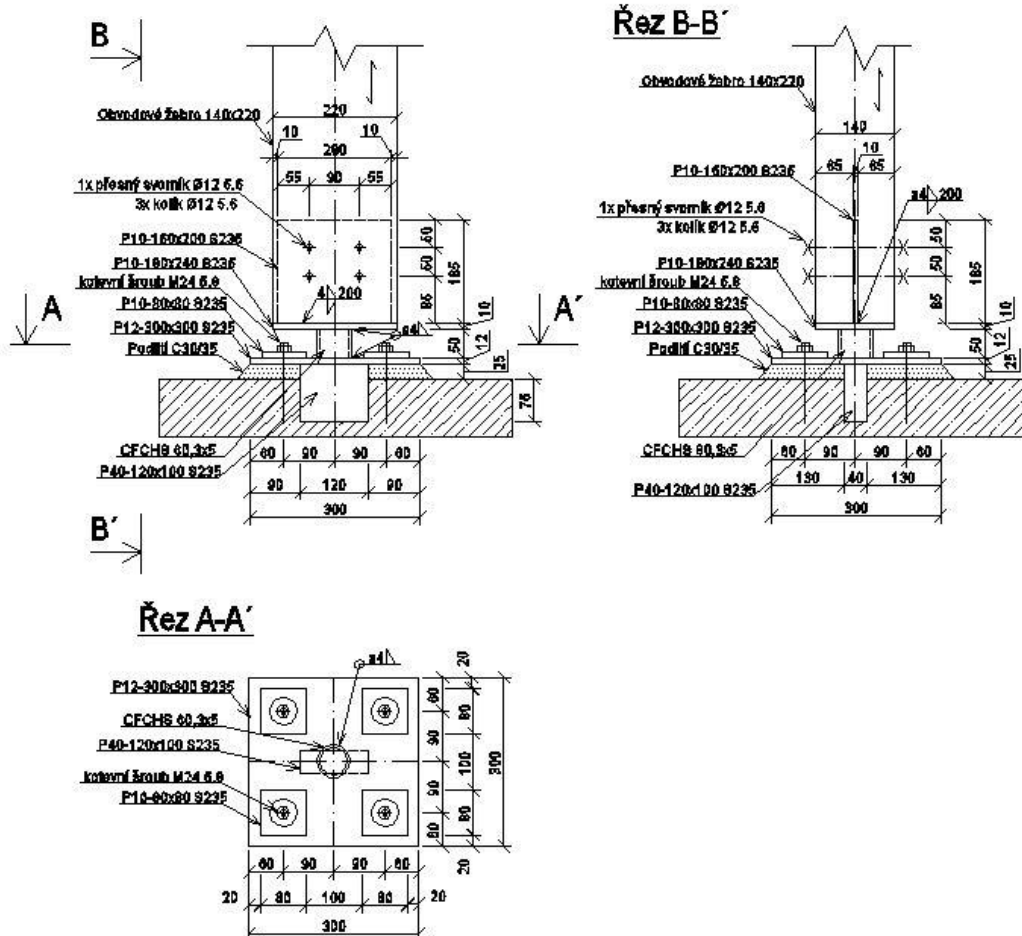
CFCHS 60,3x5

$$A = 869 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{203,33 \cdot 10^3}{869} = 233,98 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

KOTVENÍ K3 - KOTVENÍ OBVODOVÉHO ŽEBRA

M1:10



13.9. Kotvení sloupu výtahové šachty

Složky vnitřních sil:

$$N_{ed} = -864,85 \text{ kN}$$

$$R_z = 864,17 \text{ kN}$$

$$R_y = -4,34 \text{ kN}$$

13.9.1. Posudek patní desky

Návrh rozměrů desky:

$$\frac{N_{ed}}{f_{cd}} = ab$$

$$\frac{864,85 \cdot 10^3}{20} = 43242,5 \text{ mm}^2 \rightarrow a = 220 \text{ mm}; b = 320 \text{ mm}; t = 18 \text{ mm}$$

$$a_1 = \min \begin{cases} a + 2a_r = 320 + 2 \cdot 130 = 580 \\ 5a = 5 \cdot 320 = 1600 \\ a + h = 320 + 800 = 1120 \\ 5b'_1 = 5 \cdot 350 = 1750 \end{cases} = 580 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min \begin{cases} b + 2b_r = 220 + 2 \cdot 130 = 480 \\ 5b = 5 \cdot 220 = 1100 \\ b + h = 220 + 800 = 1020 \\ 5a'_1 = 5 \cdot 450 = 2250 \end{cases} = 480 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 b_1}{ab}} = \sqrt{\frac{580 \cdot 480}{220 \cdot 320}} = 1,99$$

$$f_j = \frac{0,67 k_j f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 1,99 \cdot 25}{1,5} = 22,22 \text{ MPa}$$

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3 f_j \gamma_{M0}}} = 18 \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 22,22 \cdot 1,0}} = 33,8 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = 42189,9 \text{ mm}^2 \text{ (odečteno z autocadu)}$$

$$N_{Rd} = A_{ef} \cdot f_j = 42189,9 \cdot 22,22 = 937,46 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \mathbf{937,46 \text{ kN}} \geq N_{ed} = \mathbf{864,85 \text{ kN}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

Rozměr patního plechu: 18x220x320 (S235)

Rozměr patky: 350x450, výška 800

Beton patky C25/30

13.9.2. Kotevní šrouby

M30 8.8 předem zabetonované

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

$$d_0 = 32 \text{ mm}$$

$$e_1 = 2,0d_0 = 2,0 \cdot 32 = 64 \text{ mm}$$

$$p_1 = 3,5d_0 = 3,5 \cdot 32 = 112 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5d_0 = 1,5 \cdot 32 = 48 \text{ mm}$$

- Posouzení na přetržení šroubů

$$F_{1,Rd} = \frac{0,8A_s f_{yb}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,8 \cdot 561 \cdot 640}{1,25} = 229,79 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 4 \cdot 229,79 = \mathbf{919,16 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{864,17 \text{ kN}} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

- Únosnost v otláčení

$$k_1 = \min \left(\begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{48}{32} - 1,7 = 2,5 \end{array} \right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{64}{3 \cdot 32} = 0,67 \\ \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} = \frac{112}{3 \cdot 32} - \frac{1}{4} = 0,92 \end{array} \right. = 0,67$$

$$F_{1,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b d t f_u}{\gamma_{M02}} = \frac{2,5 * 0,67 * 30 * 10 * 360}{1,25} = 180,90 \text{ kN}$$

$$F_{1,Rd}' = 4 * 180,90 = \mathbf{723,60 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{4,34 \text{ kN} \dots}$$

VYHOVUJE

- **Únosnost ve střihu**

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 A_s f_{ub}}{\gamma_{M02}} = \frac{0,6 * 561 * 800}{1,25} = 215,42 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd}' = 4 * 215,42 = \mathbf{861,68 \text{ kN}} \geq R_{y,ed} = \mathbf{4,34 \text{ kN} \dots}$$

VYHOVUJE

- **Vliv páčení**

$$t_e = 4,3 \sqrt[3]{\frac{b d^2}{a}} = 4,3 \sqrt[3]{\frac{110 * 30^2}{40}} = 58 \text{ mm}$$

$$t = 18 \text{ mm} < t_e = 58 \text{ mm} \rightarrow \text{NASTÁVÁ PÁČENÍ}$$

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{58^3 - 18^3}{30^2} = 2,05$$

$$F_{1,t} = \gamma_P F_{1,Rd} = 2,05 * 723,60 = \mathbf{1483,38 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{864,17 \text{ kN} \dots}$$

VYHOVUJE

- **Vytržení betonového kužele**

$$\text{Délka kotvení: } h_{ef} = 280 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = 2,32 f_{cc}^{0,5} h_{ef}^2 = 2,32 * 30^{0,5} * 280^2 = 996,24 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \mathbf{996,24 \text{ kN}} \geq R_{t,z,ed} = \mathbf{864,17 \text{ kN}}$$

- Návrh kotevní zarážky

$$R_{y,ed} = 4,09 \text{ kN}$$

Rozměr: 20x50x75 (S235)

$$W = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} * 50 * 20^2 = 3333 \text{ mm}^3$$

$$M = 4,09 * 0,05 = 0,20 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{0,20 * 10^6}{3333} = 150,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 150,02 \text{ MPa} \leq f_y = 235 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

13.9.3. Svar profilu sloupu k patnímu plechu

$$a = 6 \text{ mm}$$

$$l = 526 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -864,85 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = -3,96 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{al} = \frac{864,85 * 10^3}{6 * 526} = 274,03 \text{ MPa}$$

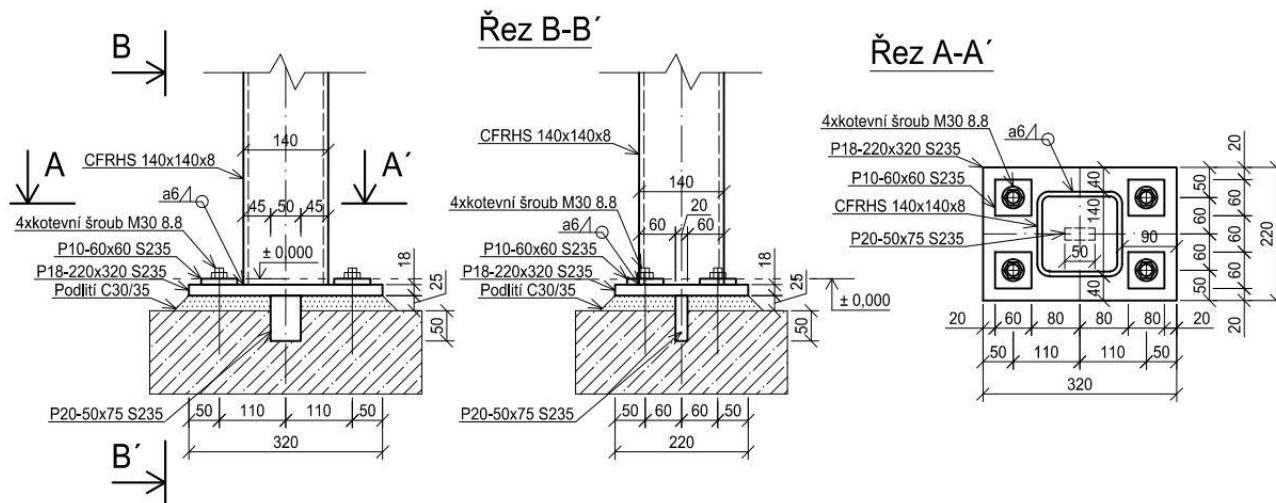
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{z,ed}}{2\sqrt{2}al} = \frac{3,96 * 10^3}{\sqrt{2} * 6 * 526} = 0,89 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0,89^2 + 3 * (0,89^2 + 274,03^2)} = 474,64 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,8 * 1,25} = 510 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

KOTVENÍ K4 - KOTVENÍ SLOUPU VÝTAHOVÉ ŠACHTY

M1:10



14. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

f_y	mez kluzu oceli
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_K	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
μ_i	tvarový součinitel zatížení
C_e	součinitel expozice
C_t	tepelný součinitel
V_b	základní rychlost větru
$V_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
C_{dir}	součinitel směru větru
C_{season}	součinitel ročního období
$C_{r(z)}$	součinitel drsnosti povrchu
$C_{o(z)}$	součinitel ortografie
z	výška nad zemí
z_{min}	minimální výška
z_o	parametr drsnosti povrchu
V_m	střední rychlost větru
ρ	měrná hustota vzduchu
q_b	základní dynamický tlak větru
$q_{p(z)}$	maximální dynamický tlak větru
$I_{v(z)}$	intenzita turbulence
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku
W_e	tlak větru na vnější povrch
$c_{pe,10}$	součinitel tlaku větru
h	výška prvku

b	šířka prvku
A	průřezová plocha
I_y	moment setrvačnosti průřezu ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu ose z
I_t	moment tuhosti v prostém kroucení
I_w	výsečový moment setrvačnosti
W_y	elastický modul průřezu k ose y
W_z	elastický modul průřezu k ose z
$W_{y,fi}$	elastický modul průřezu k ose y při požáru
N_{ed}	návrhová normálová síla
V_{ed}	návrhová posouvající síla
M_{ed}	návrhový ohybný moment
$M_{y,ed,fi}$	návrhový ohybný moment při požáru
$L_{cr,y}$	vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	vzpěrná délka kolmo k ose z
$\sigma_{m,d}$	normálové napětí za ohybu
$\sigma_{m,d,fi}$	normálové napětí za ohybu při požáru
f_{uk}	charakteristická pevnost v tahu spojovacího prostředku
l_{ef}	efektivní délka
A_{net}	průřezová plocha v místě oslabení
e_1	vzdálenost šroubů od okraje
p_1	vzdálenost mezi šroubu
e_2	vzdálenost šroubů od okraje
p_2	vzdálenost mezi šroubu
$f_{c,0,k}$	Charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,0,d}$	Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,k}$	Charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům

$f_{c,90,d}$	Návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$k_{c,90}$	součinitel zohledňující uspořádání zatížení, možnost štěpení dřeva a stupeň jeho deformace v tlaku
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům
$f_{t,0,k}$	Charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,0,d}$	Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{m,k}$	Charakteristická pevnost v ohybu
$f_{m,d}$	Návrhová pevnost v ohybu
$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y
$\sigma_{m,z,d}$	návrhové napětí v ohybu k hlavní ose z
$f_{m,d,fi}$	Návrhová pevnost v ohybu při požáru
$f_{v,k}$	Charakteristická pevnost ve smyku
$f_{v,d}$	Návrhová pevnost ve smyku
$E_{0,05}$	5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
$E_{0,mean}$	Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
ρ_k	charakteristická hustota dřeva [$kg \cdot m^{-3}$]
γ_m	Dílčí součinitel materiálu pro dřevo
k_{mod}	Modifikační součinitel zohledňující vliv zatížení a vlhkosti
$k_{mod,fi}$	Modifikační součinitel zohledňující vliv zatížení a vlhkosti při požáru
η_{fi}	Redukční součinitel
d_{ef}	Rozměr účinného průřezu
$d_{char,n}$	Nominální návrhová hloubka zuhelnatění zahrnující účinek zaoblení rohů
$d_{char,0}$	Návrhová hloubka zuhelnatění pro jednorozměrné zuhelnatění
β_n	Nominální návrhová rychlost zuhelnatění, která zahrnuje účinek zaoblení rohů
β_0	Jednorozměrná návrhová rychlost zuhelnatění
t	Doba vystaven účinkům požáru
p	Obvod zbytkového průřezu vystaveného požáru

A_r	Plocha zbytkového průřezu vystaveného požáru
$F_{v,Rk}$	charakteristická únosnost jednotlivého spojovacího prostředku rovnoběžně s vlákny
n_{ef}	účinný počet spojovacích prostředků rovnoběžně s vlákny
β	poměr mezi pevnostmi v otlacení prvků
$M_{y,Rk}$	charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku
t_1	Menší tloušťka krajního dřevěného prvku nebo hloubka vniku
t_2	tloušťka středního dřevěného prvku
d	průměr spojovacího prostředku
$f_{h,k}$	charakteristická pevnost v otlacení
λ_y	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y
E	modul pružnosti v tahu a tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
f_u	mez pevnosti
γ_s	objemová hmotnost
γ_{M0}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	součinitel spolehlivosti materiálu
t_w	tloušťka stojiny
t_f	tloušťka pásnice
α	součinitel
A_v	smyková plocha
r	poloměr zaoblení
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
$N_{c,Rd}$	návrhová únosnost v prostém tlaku
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$M_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost v ohybu

$M_{el,Rd}$	návrhová elastická únosnost v ohybu
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
f_{yb}	mez kluzu materiálu šroubu
l_{eff}	efektivní délka
A_{net}	průřezová plocha v místě oslabení
e_1	vzdálenost šroubů od okraje
e_2	vzdálenost šroubů od okraje
p_1	vzdálenost mezi šrouby
p_2	vzdálenost mezi šrouby
A_s	plocha šroubu
n	počet stříhových rovin
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
γ_c	součinitel spolehlivosti