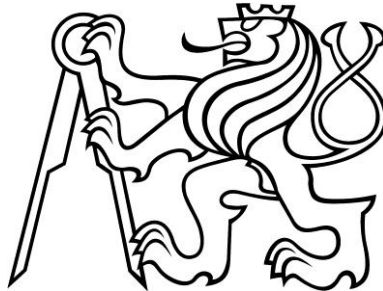


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**PRŮVODNÍ DOPIS**



**PROJEKT 4C**

Téma:

**SPORTOVNÍ HALA S PŘÍHRADOVÝMI VAZNÍKY  
V PŘÍČNÉ VAZBĚ**

Vypracoval:

**Ivo SCHWARZ**, nar. 5. 10. 1987  
Blatenská 32, 326 00 PLZEŇ  
Tel.: +420/724 889 952  
e-mail: ivo.schwarz@fsv.cvut.cz

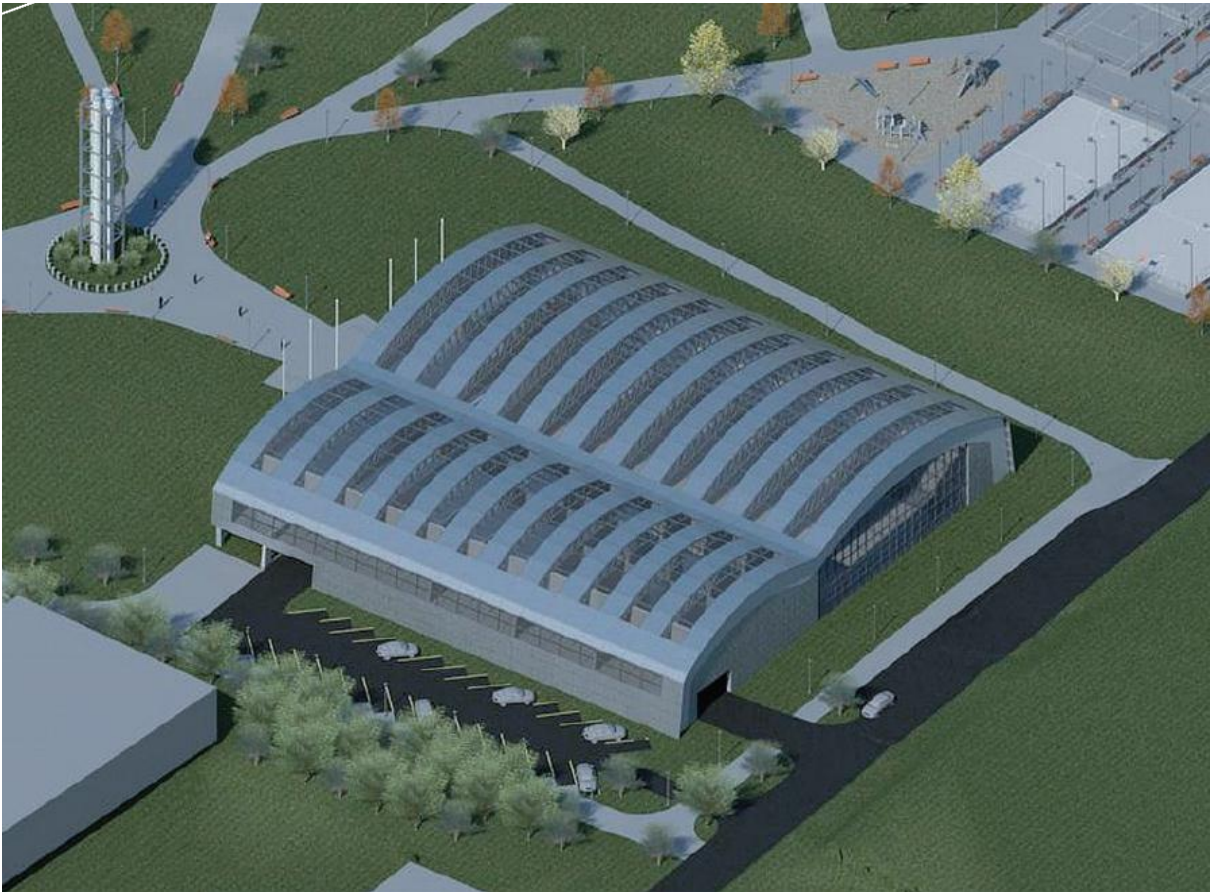
Konzultant:

**Ing. Martina ELIÁŠOVÁ, CSc.**

Červen, 2012

5. ročník, fsv ČVUT

# Sportovní hala ŘEPY



Architektonická studie

## **1) Popis zadání projektu**

Předmětem řešení byla Sportovní hala Řepy od autora Michala Janaty z ateliéru ing. arch. Břetislava Malinovského a ing. arch. Ivy Knappové z katedry architektury K129.

## **2) Změny provedené v projektu**

Návrh hlavních nosných prvků vycházel z přiložených schématických půdorysů přiložených v této zprávě. Aby došlo k efektivnímu rozmístění příčných vazeb, bylo nutné upravit půdorysné rozměry objektu z 63,80 x 66,47m (š x d) na 69,20 x 71,20m včetně předsazené štítové stěny. Základní schéma rozmístění nosných prvků přiloženo ve zprávě.

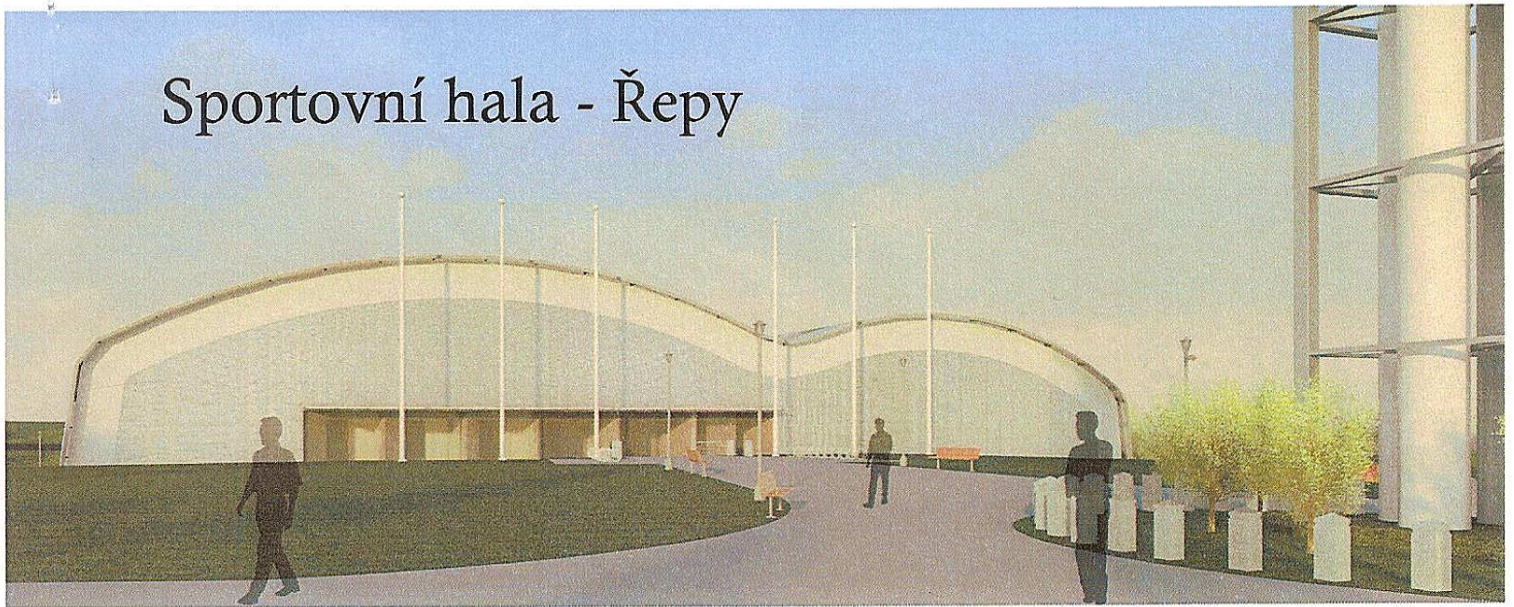
Další změnou oproti původnímu návrhu bylo odebrání prosklení štítové stěny v západní části objektu z důvodů možnosti konání a zkvalitnění podmínek pro vyšších ligové soutěže dle výbavy sportoviště. Odstranění prosklení bylo konzultováno s ing. Bělou Stibůrkovou, CSc. z katedry konstrukcí pozemních staveb K124.

Objekt lze rozdělit na dva halové objekty o rozponu 44,10m a 25,10m. V menší hale jsou doplněny sloupy dělicí rozpětí v půdoryse na vzdálenosti 12,00m a 13,10m z důvodu použité stropní konstrukce (prolamované stropnice typu Angelina - podrobněji v technické zprávě).

Kompletní opláštění objektu oproti autorovi bylo navrženo ze sendvičových panelů Kingspan.

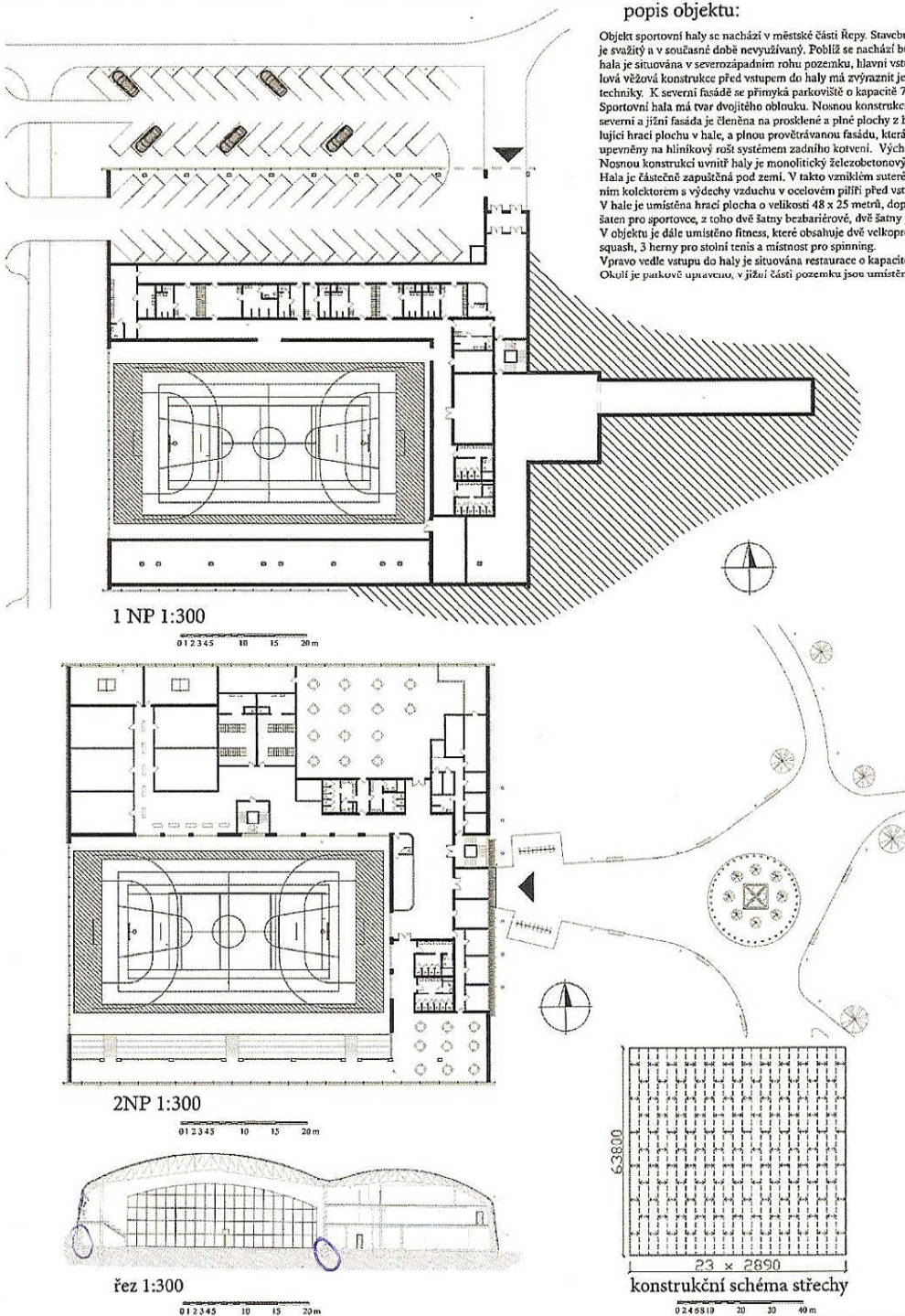
**Toto jsou veškeré úpravy provedené v projektu navrženém panem Janatou.**

# Sportovní hala - Řepy

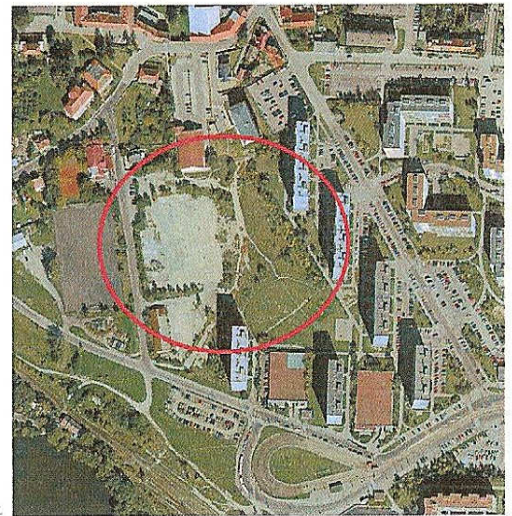


## popis objektu:

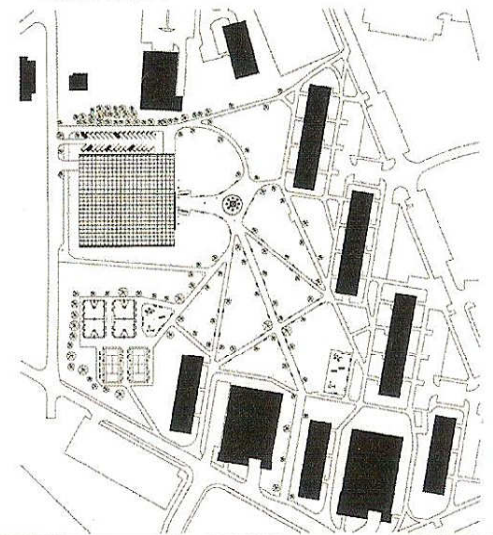
Objekt sportovní haly se nachází v městské části Řepy. Stavební parcela je situována na rozhraní panelového sídliště a lokality rodianých domků. Pozemek je svažité a v současné době nevyužívaný. Poblíž se nachází budova prodejny Penny Market a v posledním půlroce zbudované fotbalové hřiště. Sportovní hala je situována v severozápadním rohu pozemku, hlavní vstup je umístěn ve východní fasádě. Inspiraci pro vzhled haly je tvar křídla letičho ptáka. Ocelová věžová konstrukce před vstupem do haly má zvláštní jeho polohu pro návštěvníky. Je zároveň využita jako nosná konstrukce pro výdechy vzduchotechniky. K severní fasádě se přimyká parkoviště o kapacitě 70 parkovacích míst, které je z poloviny kryté střechou haly. Sportovní hala má tvar dvojitěho obluku. Nosnou konstrukci střechy haly jsou příhradové ocelové vazníky o průměrné výšce 1,5 – 2,5 m. Střešní plášť a severní a jižní fasáda je členěna na prosklené a plně plochy z hliníkových sendvičových panelů. Západní fasáda je rozdělena na dvě části, prosklenou osvětlující hrací plochu v hale, a plnou provětrávanou fasádu, která je tvořena dvěma odsávními šedých fasádních cementovláknitých desek Swisspearl. Desky jsou upevněny na hliníkový rošt systémem zadního kotvení. Východní fasáda má prosklený vstup a plnou plochu z desek Swisspearl dvou odstínů šedí. Nosnou konstrukci uvnitř haly je monolitický železobetonový skelet s vyzdívanými příčkami. Hala je částečně zapuštěná pod zemí. V taktu vzniklém suterénu je umístěno technické zázemí včetně strojovny vzduchotechniky, která je spojena podzemním kolektorem s výdechy vzduchu v ocelovém pilíři před vstupem. V hale je umístěna hrací plocha o velikosti 48 x 25 metrů, doplněná o malou rozvíčovací tělocvičnu 6 x 10 metrů a nářadovnu, tribuna pro 250 diváků, 6 šaten pro sportovce, z toho dvě šatny bezbariérové, dvě šatny pro trenéry a jedna pro rozhodčí, včetně nezbytného sociálního zázemí. V objektu je dále umístěno fitness, které obsahuje dvě velkoprostorové skříňkové šatny pro muže a ženy se sociálním zázemím, posilovnu, 5 hřišť pro squash, 3 herny pro stolní tenis a místnost pro spinning. Vpravo vedle vstupu do haly je situována restaurace o kapacitě 30 hořů, plně vybavená pro přípravu teplých i studených jídel. Okolí je parkově upraveno, v jižní části pozemku jsou umístěna čtyři osvětlená hřiště – dvě pro tenis a dvě pro basketbal a dále plně vybavené dětské hřiště.

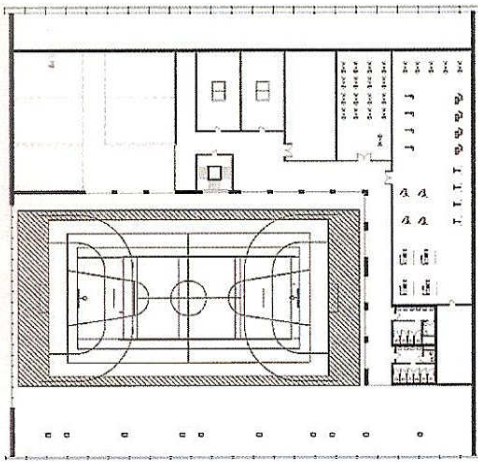


## zářes v mapě:



## situace 1:1500





3NP 1:300

0 5 10 15 20 m



jižní pohled



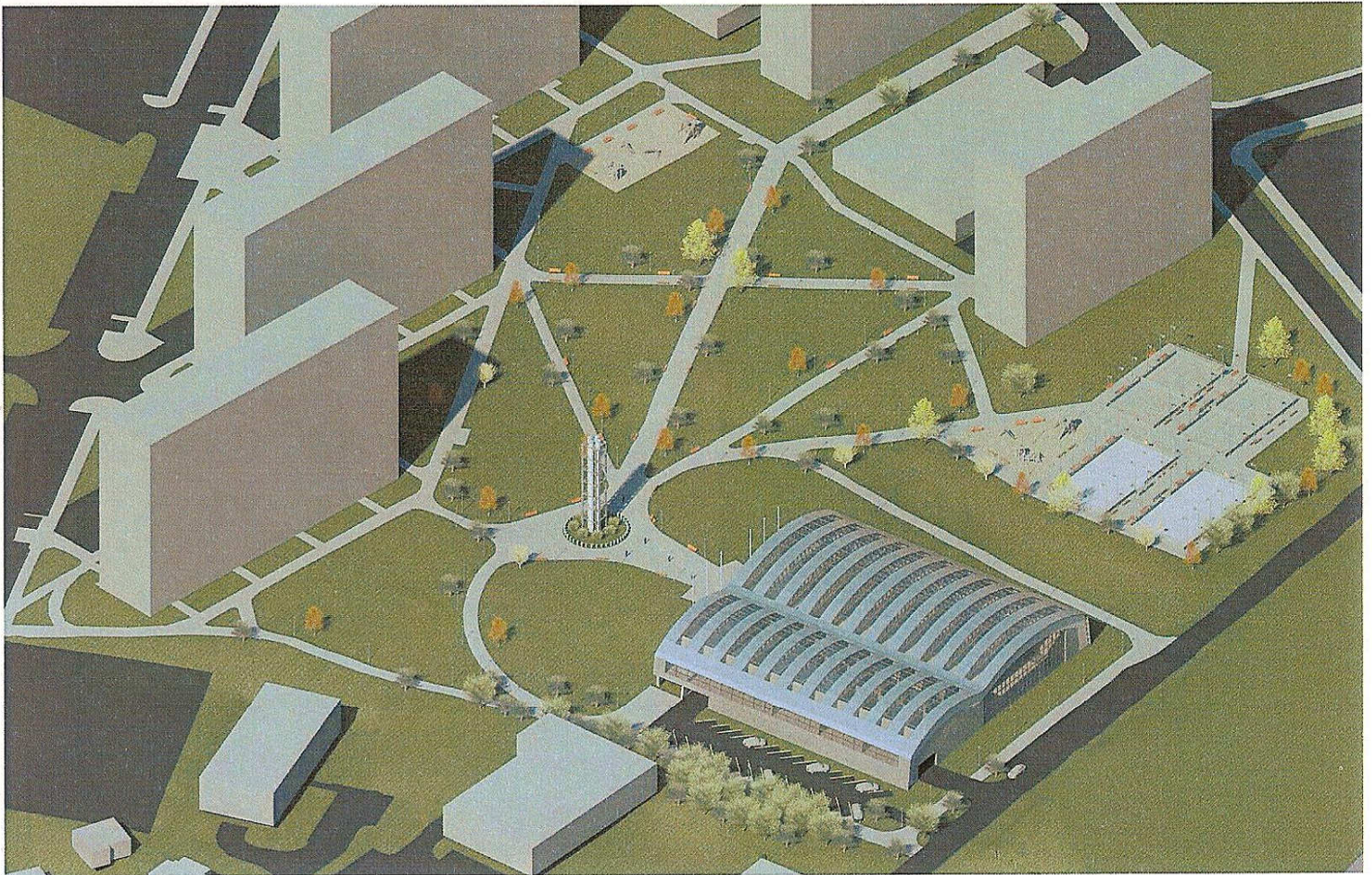
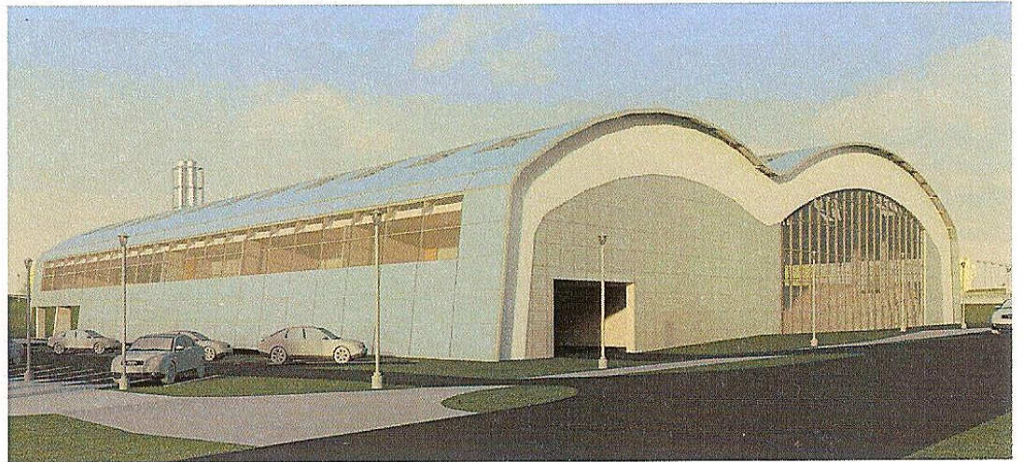
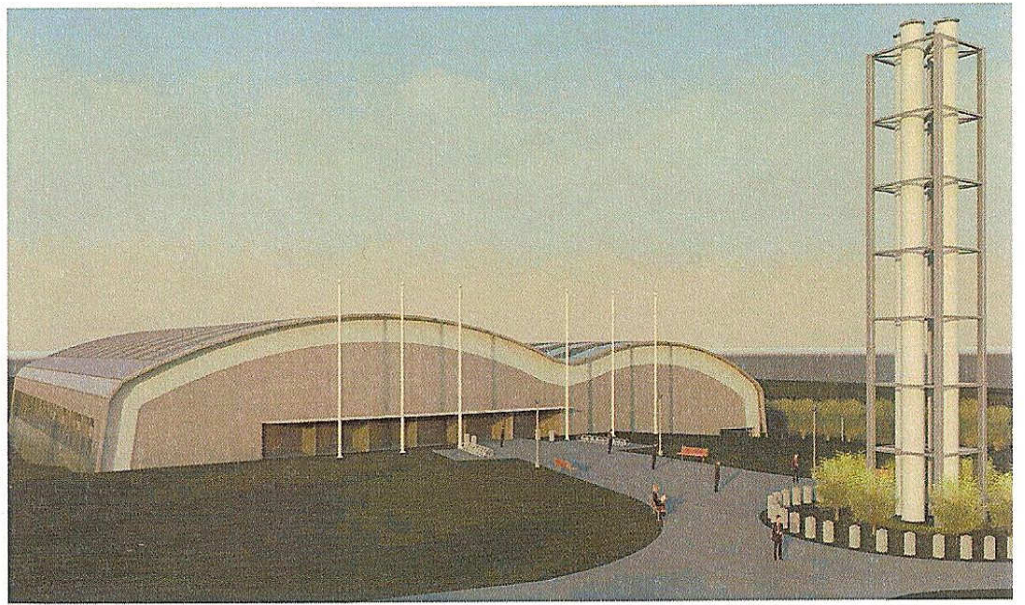
severní pohled



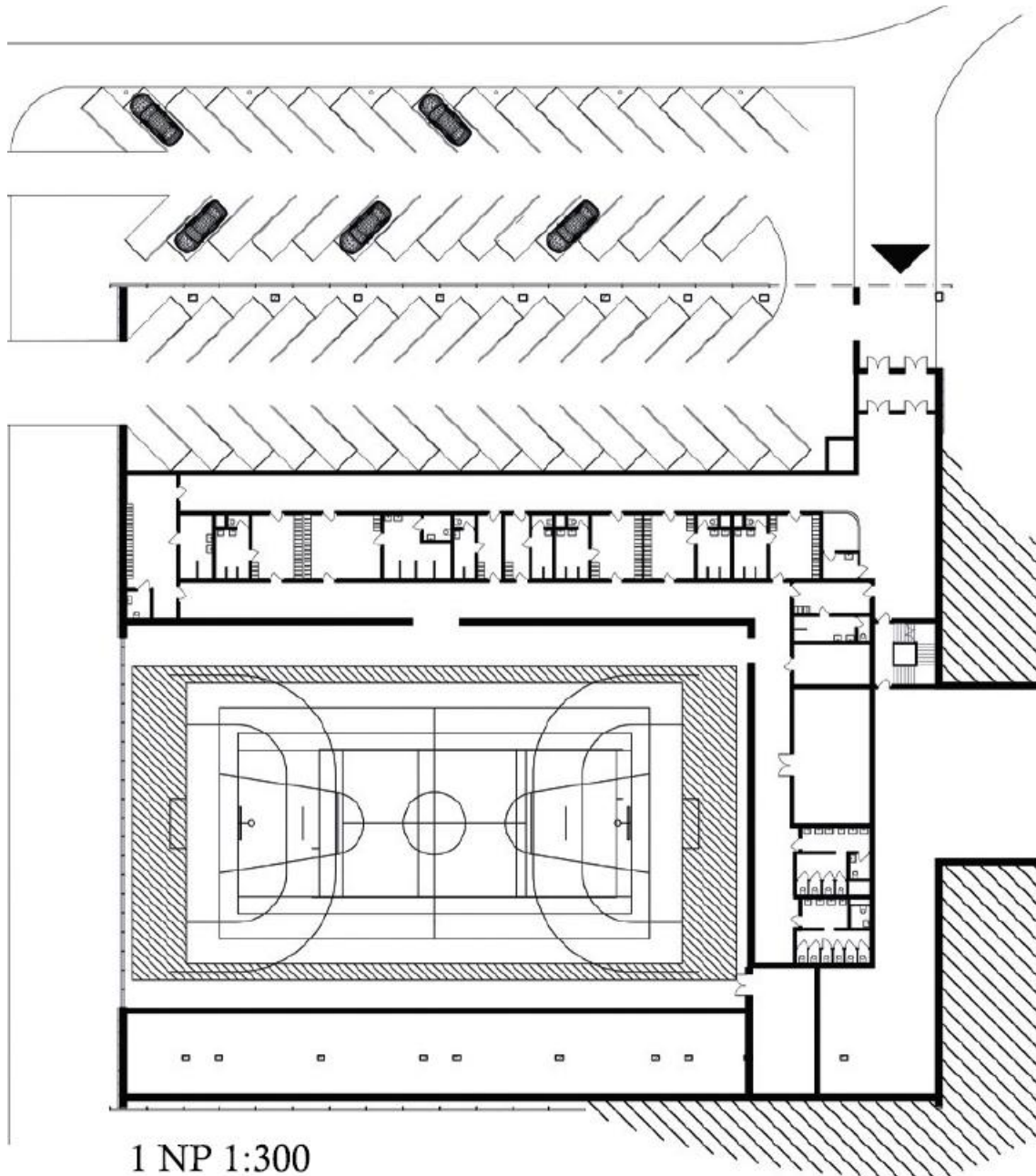
východní pohled



západní pohled

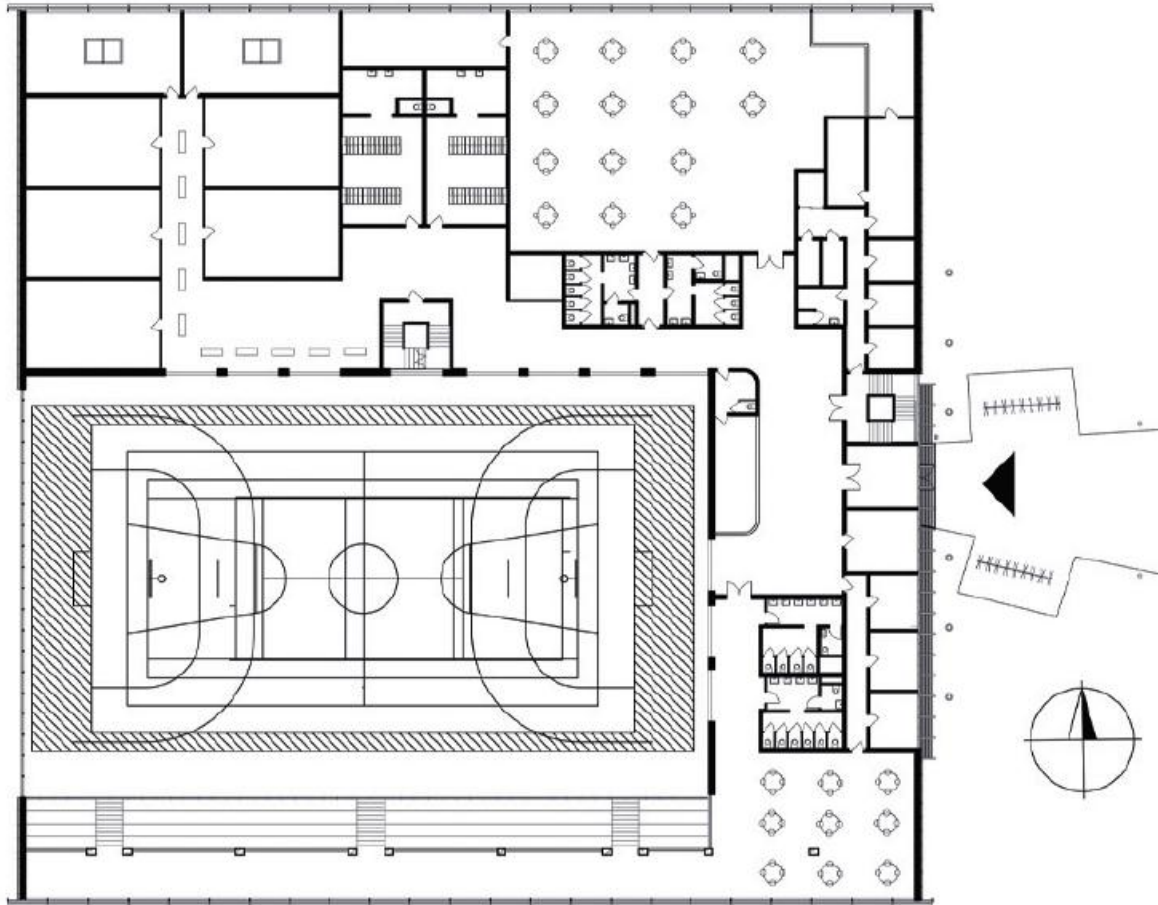


# Půdorysy Sportovní haly 1:300



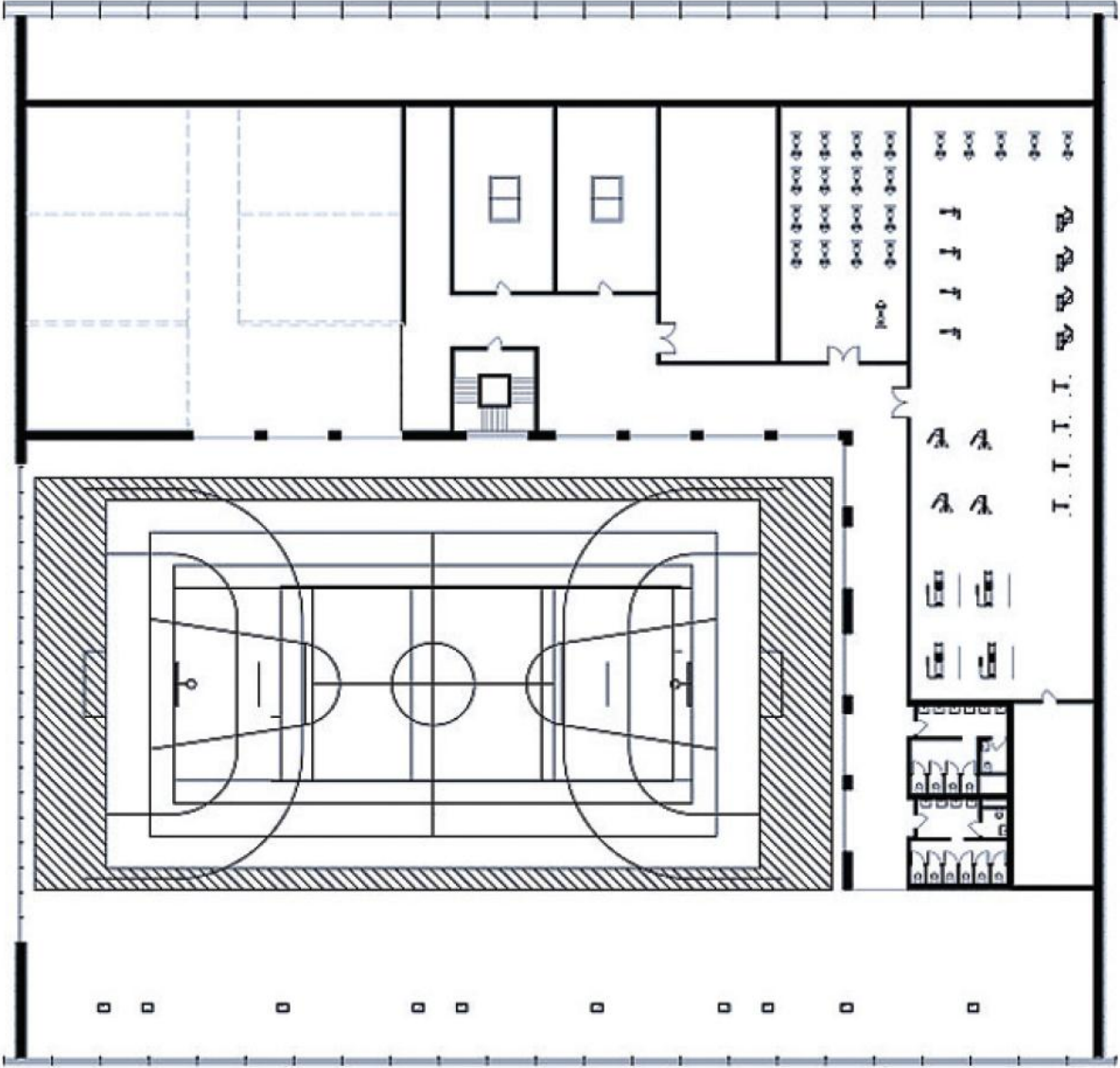
1 NP 1:300

0 1 2 3 4 5 10 15 20 m



2NP 1:300



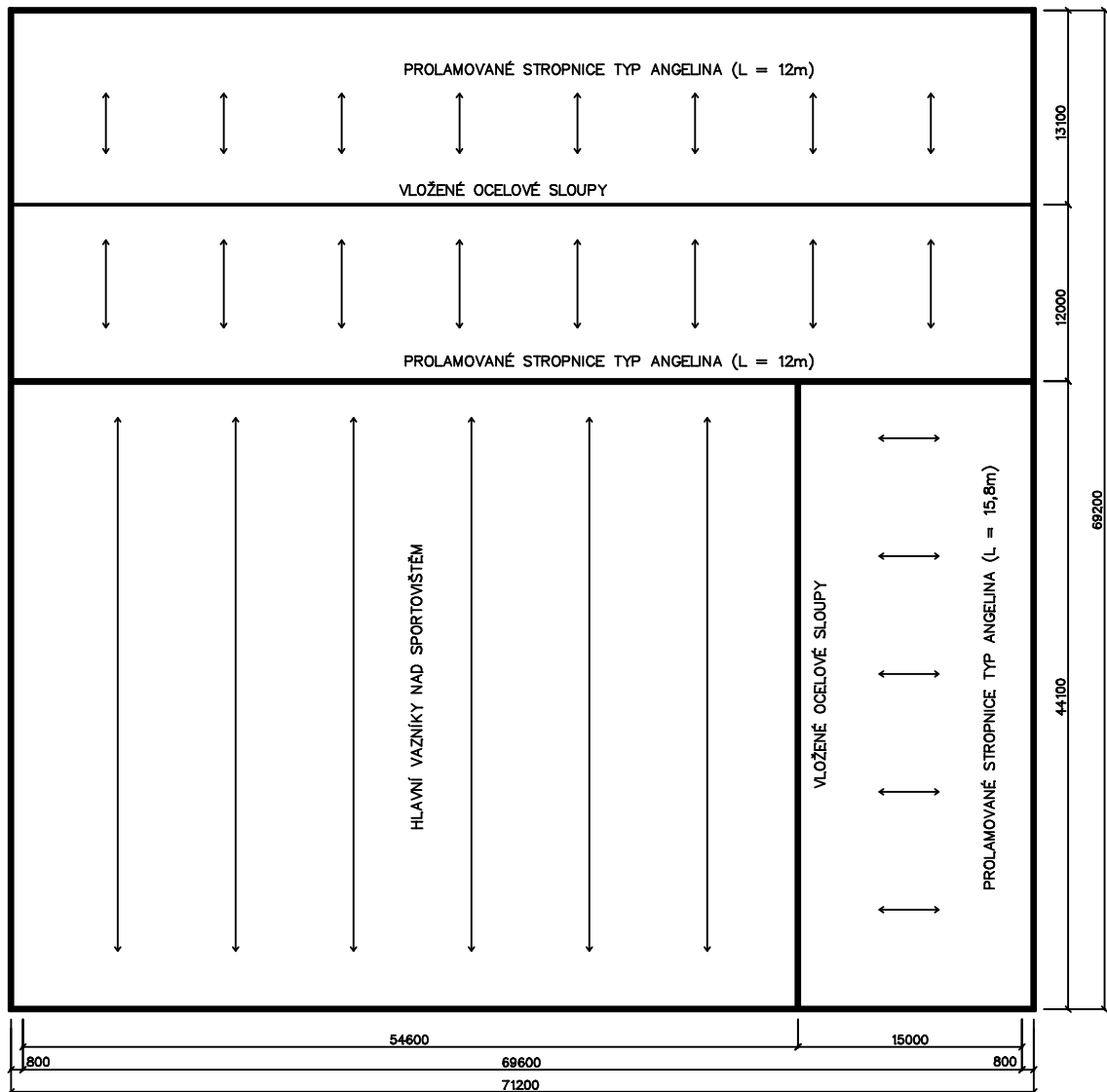


3NP 1:300





# SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ NOSNÝCH PRVKŮ



# SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ NOSNÝCH PRVKŮ

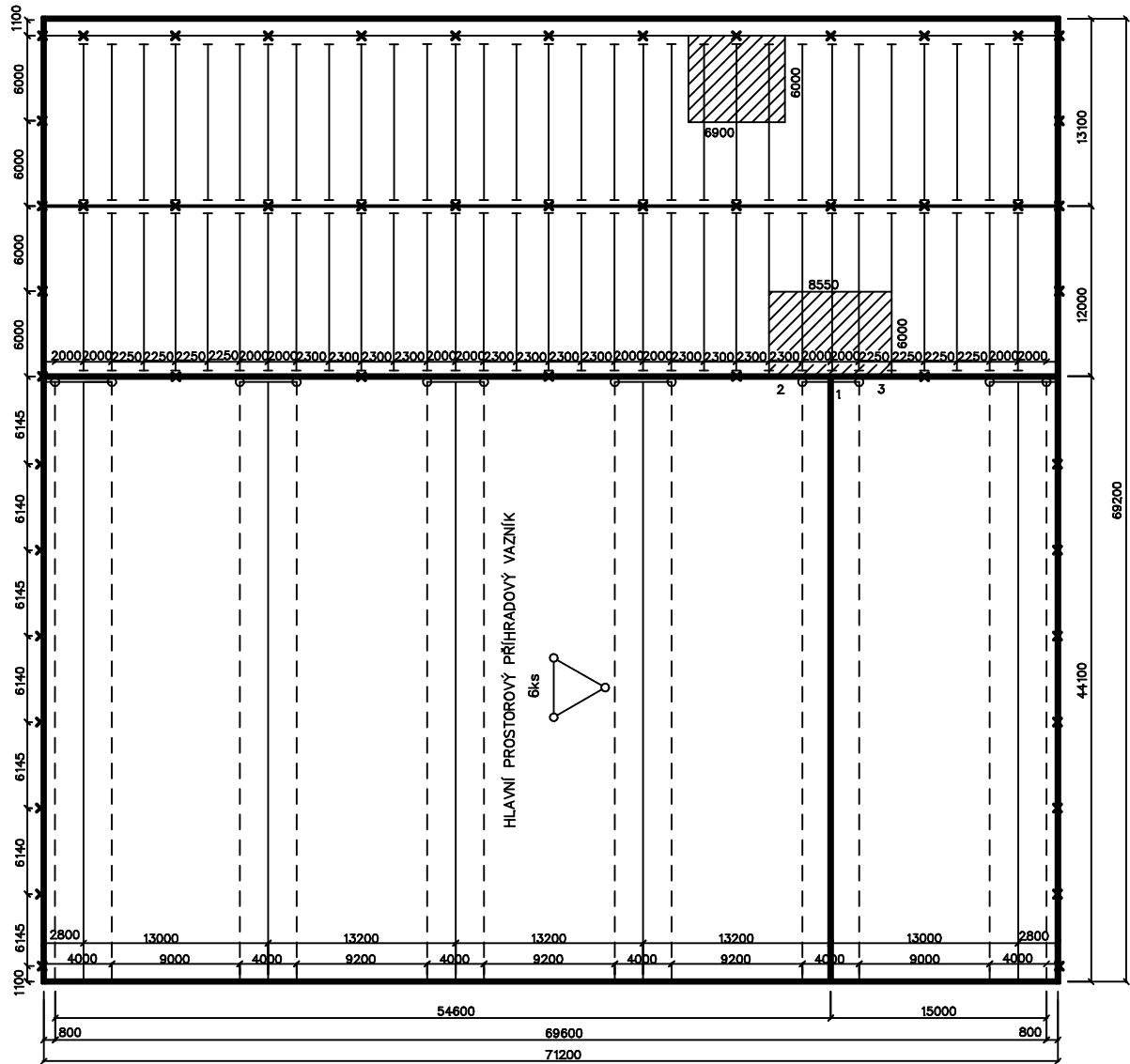
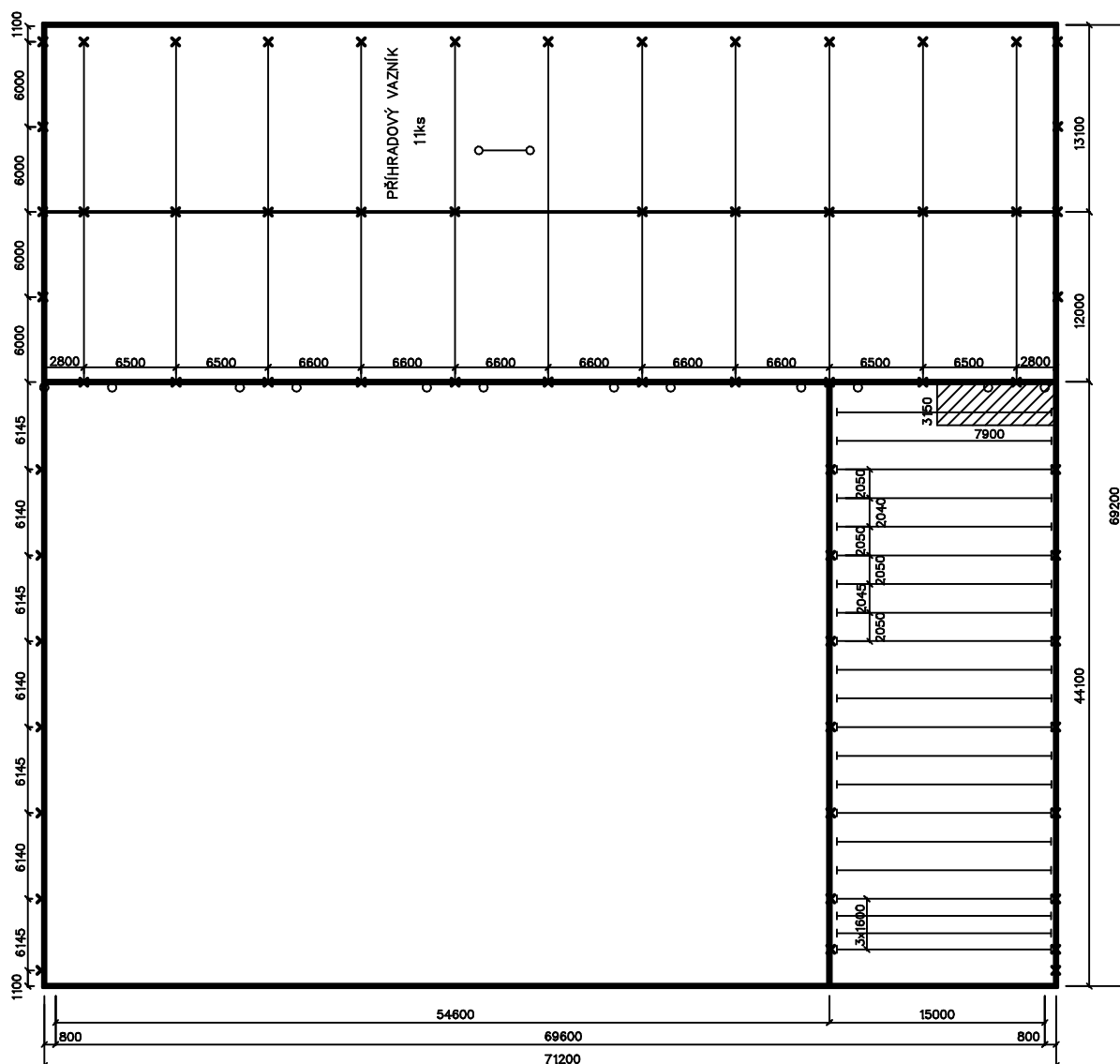


SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ NOSNÝCH PRVKŮ



- **Výběr varianty pro příčnou vazbu**

Příčná vazba byla uvažována ve dvou různých řešeních pomocí příhradové a plnostěnné varianty. Každá z těchto variant má své výhody i nevýhody. Příhradová konstrukce dominuje se svým poměrem hmotnosti ku únosnosti, což je naopak vykoupeno výškou vazníku. Plnostěnná konstrukce má výhodu výšky vazníku ku únosnosti na úkor hmotnosti vazníku.

Jelikož se jedná o novostavbu sportovní haly, výška objektu je do jisté míry flexibilní. Z těchto důvodů jsem upřednostňoval u návrhu hmotnost příčné vazby nad výškou konstrukce. Provedl jsem zjednodušený výpočet pomocí referenční rámové konstrukce s tuhými rohy se zvoleným jednotným spojitým zatížením. Pomocí výpočetního softvéru jsem získal vnitřní síly na konstrukci. Na tyto vnitřní síly jsem aplikoval specifické návrhové postupy pro každou posuzovanou konstrukci. U plnostěnného nosníku byla použita kombinace momentu a normálové síly (použitý vzorec ve výpočtu:  $\frac{N}{0,75 \cdot A \cdot f_y} + \frac{M}{0,8 \cdot W \cdot f_y} \leq 1$ ) a pro příhradový nosník normálová síla + rozklad z momentu na normálovou sílu (použitý

vzorec ve výpočtu:  $\frac{N + \frac{M_{max}}{H}}{\chi \cdot A \cdot f_y}$ ).

Dále příkládám tabulku s vnitřními silami, přepočtené nosníků na hmotnost (použité vzorce: plnostěnný  $A \cdot \rho_s$  [kg/m]; příhradový  $A \cdot \rho_s \cdot 2,3$  [kg/m]) a z těchto hodnot vytvořený graf.

### Posouzení variant velkorozponových nosníků

sníh = 1,0 kN/m<sup>2</sup>      L = 42,8 m      ρ<sub>s</sub> = 7850 kg/m<sup>3</sup>

Rozpon [m]	f <sub>q</sub> [kN/m]	M <sup>+</sup> [kNm]	M <sup>-</sup> [kNm]	N <sup>-</sup> [kN]
2	2	197,75	260,21	23,66
3	3	296,62	390,32	35,58
4	4	395,50	520,42	47,40
5	5	494,37	650,53	59,22
6	6	593,25	780,63	71,04
7	7	692,12	910,74	82,86
8	8	790,99	1040,84	94,68
9	9	889,86	1170,95	106,50
10	10	988,73	1301,05	118,32
11	11	1087,62	1431,16	130,14
12	12	1186,49	1561,26	141,96
13	13	1285,37	1691,37	153,78
14	14	1384,23	1821,47	165,60
15	15	1483,12	1951,58	177,42
16	16	1581,99	2081,68	189,24

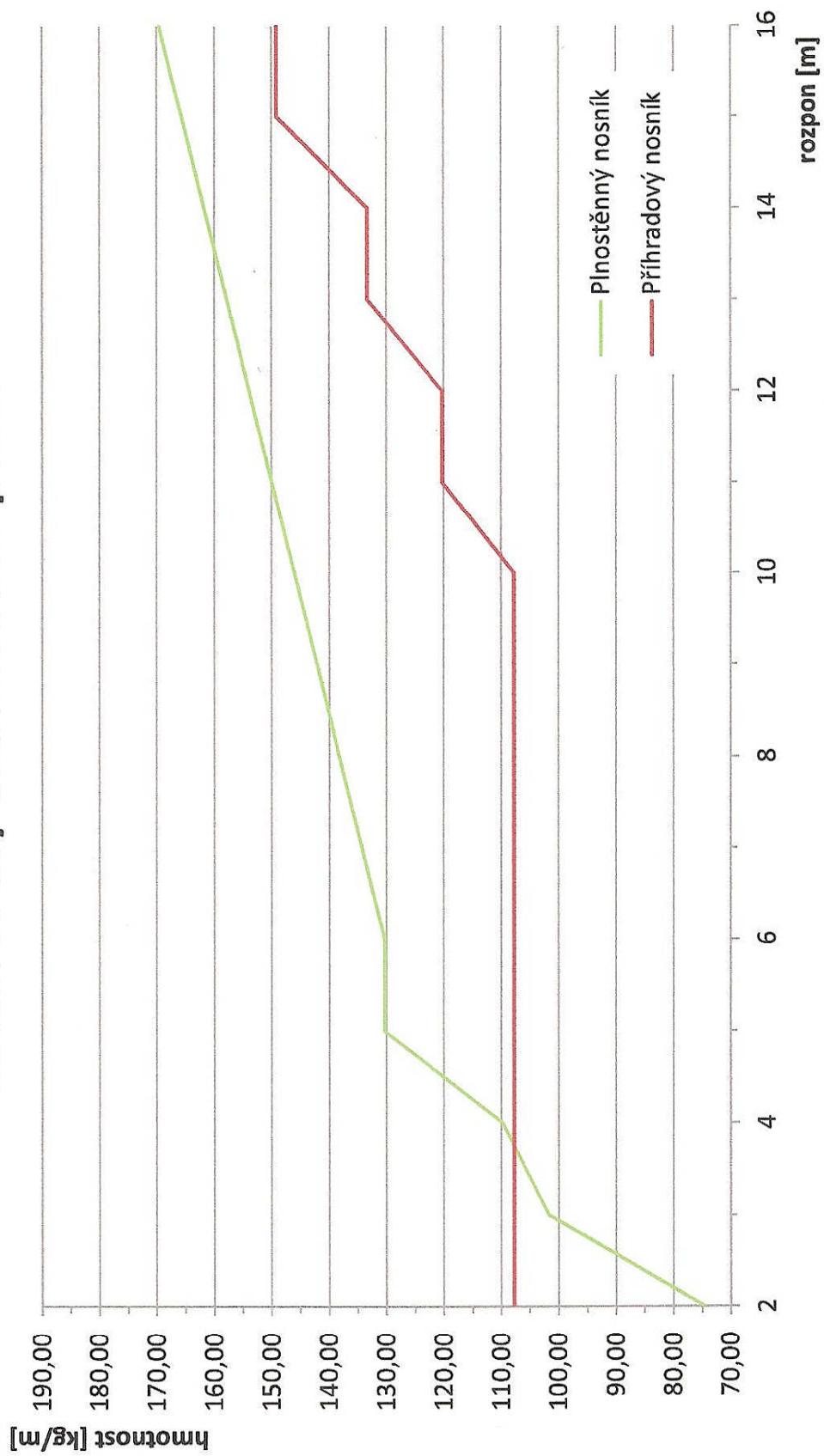
#### 1) Plnostěnný nosník

Rozpon [m]	t <sub>w</sub> [mm]	t <sub>f</sub> [mm]	h <sub>w</sub> [mm]	b [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	W [mm <sup>3</sup> ]	f <sub>y</sub> [MPa]	Posudek ≤ 1	hmotnost [kg/m]
2	9,4	14,6	420,8	190	9503,52	1623920	355	0,57	74,60
3	11,1	17,2	515,6	210	12947,16	2662189	355	0,53	101,64
4	10	19	562	220	13980,00	3218190	355	0,58	109,74
5	10	20	700	240	16600,00	4681000	355	0,50	130,31
6	10	20	700	240	16600,00	4681000	355	0,60	130,31
7	10	20	750	240	17100,00	5102250	355	0,65	134,24
8	10	20	800	240	17600,00	5536000	355	0,68	138,16
9	10	20	850	240	18100,00	5982250	355	0,71	142,09
10	10	20	900	240	18600,00	6441000	355	0,74	146,01
11	10	20	950	240	19100,00	6912250	355	0,75	149,94
12	10	20	1000	240	19600,00	7396000	355	0,77	153,86
13	10	20	1050	240	20100,00	7892250	355	0,78	157,79
14	10	20	1100	240	20600,00	8401000	355	0,79	161,71
15	10	20	1150	240	21100,00	8922250	355	0,80	165,64
16	10	20	1200	240	21600,00	9456000	355	0,81	169,56

#### 2) Příhradový nosník

Rozpon [m]	H [m]	N <sub>Ed(tlak)</sub> [kN]	L <sub>teor.</sub> [m]	L <sub>cr</sub> /L	A [mm <sup>2</sup> ]	χ	Profil	f <sub>y</sub> [MPa]	Posudek ≤ 1	hmotnost [kg/m]
2	0,7	395,39	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,60	107,77
3	1,0	425,90	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,65	107,77
4	1,3	447,72	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,68	107,77
5	1,6	465,80	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,71	107,77
6	2,0	461,36	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,70	107,77
7	2,4	462,34	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,70	107,77
8	2,8	466,41	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,71	107,77
9	3,2	472,42	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,72	107,77
10	3,5	490,05	10,7	1,00	5969	0,31	TR 245x8	355	0,75	107,77
11	3,5	539,04	10,7	1,00	6660	0,31	TR 273x8	355	0,74	120,25
12	3,5	588,03	10,7	1,00	6660	0,31	TR 273x8	355	0,80	120,25
13	3,5	637,03	10,7	1,00	7383	0,31	TR 245x10	355	0,78	133,30
14	3,5	686,02	10,7	1,00	7383	0,31	TR 245x10	355	0,84	133,30
15	3,5	735,01	10,7	1,00	8262	0,31	TR 324x10	355	0,81	149,17
16	3,5	784,01	10,7	1,00	8262	0,31	TR 324x10	355	0,86	149,17

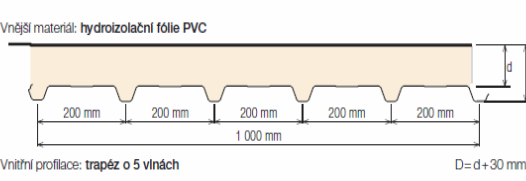
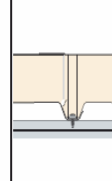
# Závislost tíhy nosníku na rozponu



- **Prováděcí zpráva opláštění (střešní a stěnové dílce)**

## 1) Střešní systém

KS1000 TOP-DEK je střešní systém s přímým upevněním nosného plechu ke konstrukci, použitelný pro všechny stavby se spádem střechy 1 % (0,5 °) nebo více. Panel lze použít také pro obloukové střechy s poloměrem zakřivení  $R_{\min}$  v podélném směru = 50 m a v příčném směru = 20 m.

STŘEŠNÍ PANELY – IPN		Detail spoje	Aplikace	d (mm)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Požární odolnost pro standardní aplikace <sup>2</sup>		R <sub>e</sub> (dB)	Hmotnost (kg/m <sup>2</sup> )
						zevnitř	zvenku		
<b>KS1000 TOP-DEK</b> • IPN jádro • pro ploché střechy • na exteriéru hydroizolační fólie PVC • L <sup>1</sup> = 2–12 m	Vnější materiál: hydroizolační fólie PVC  Vnitřní profilace: trapéz o 5 vlnách D = d + 30 mm		Minimální sklon střechy 0,5 ° (1 %)	20	0,92	N	B <sub>red</sub> (t3)	N	8,66
				50	0,41			9,86	
				60	0,35			10,26	
				70	0,3			10,66	
				80	0,27			11,06	
	100	0,22	11,86						
		Pro obloukovou střechu R <sub>min</sub> : – v podélném směru 50 m – v příčném směru 20 m							

## Izolační jádro

Standardním používaným jádrem je tuhá PUR pěna nebo Firesafe IPN pěna s uzavřenými buňkami. Vyhovuje požadavkům na zdravotní nezávadnost, má nulový potenciál poškozování ozónové vrstvy (ODP) a neobsahuje CFC / HCFC (tvrdé a měkké freony).

## Těsnění

### Těsnicí páska aplikovaná při výrobě

Všechny podélné spoje panelů KS1000 TOP-DEK jsou z výroby opatřeny antikondenzačními těsnicími páskami ve žlábků, které automaticky utěsní spojení mezi panely. Kromě těsnicí pásky aplikované ve výrobě se musí na montáži aplikovat páska do styku panelů. Páska je dodávaná samostatně

## Voděodolné spoje folií

- Podélné spoje by měly být po smontování svařeny s pomocí horkovzdušné pistole. Příčné spoje by měly být utěsněny voděodolnou PVC páskou šíře 160 mm s pomocí horkovzdušné pistole.

- Realizační dokumentace opláštění by měla specifikovat aplikaci voděodolné fólie okolo žlabů, štítů, atik a dalších prvků.

## Ocel

### Možnosti galvanické ochrany

1. Žárově pozinkovaná ocel s celkovou hmotností zinku 275 g / m<sup>2</sup> podle EN 10147:2000. Finální povrchovou úpravu může tvořit řada povrchů – Polyester, Spectrum™, PVDF, Plastisol a Foodsafe.
2. Galvalloy (žárově aplikovaný povlak z eutektické slitiny s cca 95 % Zn, 5 % Al a dalšími prvky) podle EN 10214 pro ocelové plechy s finální povrchovou vrstvou 200 μm Plastisolu.

### Tloušťka vnitřního materiálu

- Standardní tloušťka vnitřního plechu 0,60 mm
- Jiné tloušťky možné po domluvě s Kingspanem – v tomto případě nutné

### Specifikace vnějšího materiálu

- Vnější povrchová vrstva – jednovrstvá voděodolná membrána z měkčeného PVC o tloušťce 1,2 mm s netkanou výstelkou

### Možnosti vnější povrchové úpravy

#### 1. Standardní polyester – PES

Polyester je univerzální a cenově výhodná povrchová vrstva vhodná pro vnější i vnitřní použití. Nominální tloušťka vrstvy je 25 μm.

#### 2. PVDF

PVDF nabízí bezkonkurenční stálost barvy a lesku a dobrou odolnost proti korozi. Nominální tloušťka vrstvy je 25 μm. Lze ji použít v oblastech s extrémně vysokým UV zářením a zároveň vysokými teplotami a relativní vlhkostí. Standardní barevná škála obsahuje i metalickou stříbrnou.



### 3. Spectrum™

Kingspan Spectrum™ je pololesklá finální úprava s 60 µm silnou polyuretanovou vrstvou a lehce zrnitým efektem. Vyznačuje se vynikající životností a odolností proti povětrnostním podmínkám, korozi a UV záření a vysokou mírou stálosti barvy a lesku. Dokonalá flexibilita umožňuje vysokou odolnost vůči mechanickému poškození. Kingspan Spectrum je k dispozici v široké škále klasických i metalických barev. Neobsahuje chlór, ftaláty ani změkčovadla a je 100% recyklovatelná.

### 4. Plastisol 200 µm

Plastisol je vysoce odolná povrchová vrstva se zrnitou strukturou a nominální tloušťkou 200 µm. K jejím vlastnostem patří výborná odolnost vůči abrazi a korozi, vysoká flexibilita a proto i velmi dobrá odolnost proti poškrábání.

## Údaje o výrobku

### Tepelná izolace podle EN ISO 10211-2

Tloušťka panelu (mm)	IPN $\lambda = 0,0224$	
	U (W/m <sup>2</sup> K)	R (m <sup>2</sup> K/W)
20	0,92	0,92
50	0,41	2,27
60	0,35	2,69
70	0,3	3,16
80	0,27	3,53
100	0,22	4,38

U – součinitel prostupu tepla W/m<sup>2</sup>K

R – tepelný odpor m<sup>2</sup>K/W

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti W/mK

## Biologické vlastnosti

Izolační sendvičové panely Kingspan jsou odolné vůči plísním, houbám a hmyzu. Konstrukce neobsahuje močovinné formaldehydy a panely jsou zdravotně nezávadné.

## Požární vlastnosti

Izolační sendvičové panely KS1000 TOP-DEK prošly testy a schválením a odpovídají Národním stavebním podmínkám a standardům. Panely s jádrem FIREsafe mají klasifikaci B-s1,d0 podle EN 13501-1.

Tloušťka panelu (mm)	Požární odolnost podle EN 13501-2
	Střešní aplikace
20/50	N/A
50/80	
60/90	
70/100	
80/110	
100/130	REI 20

## Akustické vlastnosti

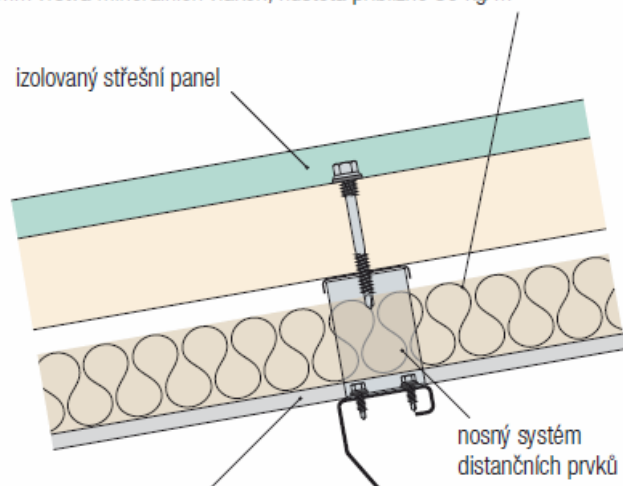
Panely KS1000 TOP-DEK (60 mm silné) mají vážený průměr indexu vzduchové neprůzvučnosti  $R_w = 26$  dB.

Pro zvýšení neprůzvučnosti možno doplnit izolací ad obr.

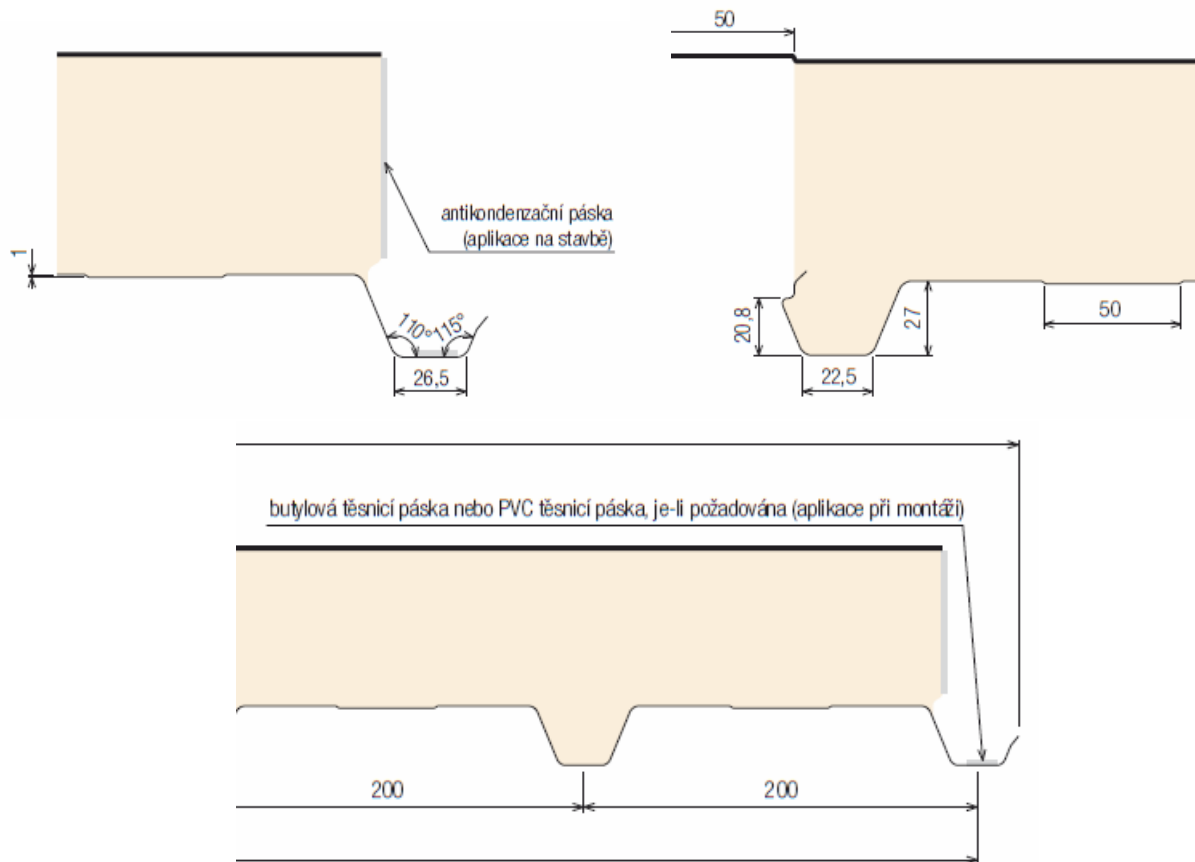
## Použití pro střechy

60mm vrstva minerálních vláken, hustota přibližně 30 kg/m<sup>3</sup>

izolovaný střešní panel





# System TOP-DEK



## 2) Stěnový systém

KS1150 FR je stěnový systém s kotvením s viditelnými upevňovacími prvky, který lze klást vertikálně i horizontálně a je vhodný pro opláštění stěn všech typů budov s výjimkou prostorů s nízkou vnitřní teplotou (pod 0 °C).

STĚNOVÉ PANELE - MINERÁLNÍ VLNA		Detail spoje	Aplikace	d (mm)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Požární odolnosti dle CSN 730810				R <sub>a</sub> (dB)	Hmotnost (kg/m <sup>2</sup> )					
						standardní aplikace vertikální*		standardní aplikace horizontální*				vnitřní příčky	podhledy			
						zvenku	zvenku	zvenku	zvenku							
<b>KS1150 FR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A2-s1, d0</li> <li>• jádro z minerální vlny</li> <li>• viditelné kotvení</li> <li>• protipožární ochrana</li> <li>• po konzultaci možný i modul 1 000 mm</li> <li>• L<sup>1</sup> = 2–10 m</li> </ul>	Vnější profilace: Q (minibox), B (box), M (micro), F (hladká) 1 150 mm  Vnitřní profilace: Q (minibox), B (box) Provedení s hladkou profilací konzultujte s technickým oddělením Kingspan.		Vertikální nebo horizontální uložení	60	0,68	EW 30 DP1	EI 30 DP1	EW 30 DP1	EI 30 DP1	EW 30 DP1, EI 30 DP1 oboustranné	N	31	17,30			
				80	0,52										19,90	
				100	0,42	EW 60 DP1	EI 60 DP1	EW 60 DP1	EI 60 DP1	EW 60 DP1, EI 60 DP1 oboustranné		EI 60 DP1 (a-b)				22,50
				120	0,35										32	25,10
				150	0,28	EW 90 DP1	EI 90 DP1	EW 90 DP1	EI 90 DP1	EW 120 DP1, EI 120 DP1 oboustranné			N			29,00
				200	0,21									N		35,10

### Izolační jádro

Minerální vlákno s vysokou hustotou ( $\geq 100 \text{ kg/m}^3$ ) vhodné pro stavby vyžadující vyšší požární bezpečnost.

### Těsnění

#### Těsnicí páska aplikovaná při výrobě

Všechny podélné spoje panelů KS1150 FR jsou z výroby opatřeny antikondenzačními těsnicími páskami ve žlábků, které automaticky utěsní spojení mezi panely.

**Možnosti povrchové úpravy shodné se střešními panely.**

### Údaje o výrobku

Tloušťka panelu (mm)	neobsahuje HCFC $\lambda = 0,044$	
	U (W/m <sup>2</sup> K)	R (m <sup>2</sup> K/W)
60	0.675	1.31
80	0.520	1.75
100	0.422	2.20
120	0.354	2.65
150	0.287	3.31
200	0.218	4.42

U – součinitel prostupu tepla W/m<sup>2</sup>K

R – tepelný odpor m<sup>2</sup>K/W

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti W/mK

## Biologické vlastnosti

Izolační sendvičové panely Kingspan jsou odolné vůči plísním, houbám a hmyzu. Konstrukce neobsahuje močovinné formaldehydy a panely jsou zdravotně nezávadné.

## Požární vlastnosti

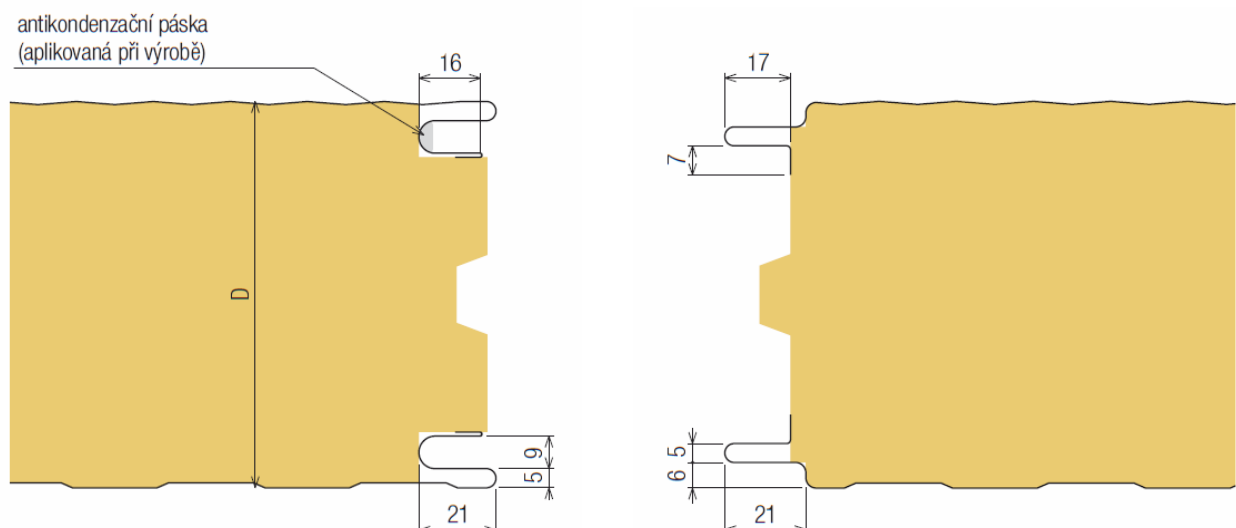
Izolační sendvičové panely KS1150 FR prošly testy a schválením a odpovídají Národním stavebním podmínkám a standardům. Systém má klasifikaci A2-s1,d0 podle EN 13501-1.

Tloušťka panelu (mm)	Požární odolnost podle EN 13501-2	
	Vnější stěny	Vnitřní stěny
60	E30(o↔i), EW30(o↔i)	E30, EW30, EI30
80	EI30(o↔i)	E30, EW30, EI30
100	E60(o↔i), EW60(o↔i) EI60(o↔i)	E60, EW60, EI60
120	E120(o↔i), EW90(o↔i), EI90(o↔i)	E120, EW120, EI90
150	E120(o↔i), EW90(o↔i), EI90(o↔i)	E120, EW120, EI90
200	pro více informací kontaktujte Kingspan	

## Akustické vlastnosti

Tloušťka panelu (mm)	Vážený průměr indexu vzduchové neprůzvučnosti $R_w$ (dB)
60	31
80	
100	
120	32
150	
200	

## Systém FR



### 3) Obloukové světlíky – S3000

Pásové střešní světlíky naleznou uplatnění na střeších plochých a s mírným sklonem. Pásové světlíky jsou vysoce odolné proti nepříznivým podmínkám, jako vichřice, kroupy, sníh a podobně. Tyto světlíky jsou bezúdržbové nepodléhající povětrnostním vlivům.

Pásové střešní světlíky sedlové, pilové (šedové) i pultové dobře využívají vlastnosti polykarbonátových (PC) desek, které se dají ohýbat ve směru komůrek. Materiály používané k výrobě pásových světlíků jsou bezúdržbové, nepodléhající korozi a povětrnostním vlivům. Nosné oblouky jsou vyráběny z hliníku, podsady z pozinkovaného plechu, prosklení z PC.

#### Prosklení

Pro zasklívání pásových střešních světlíků používáme komůrkové polykarbonátové desky čiré nebo opál. Tyto desky jsou odolné proti kroupám, UV záření a při rozbití netvoří střepy. Jejich hlavní výhodou je, že dobře tepelně izolují interiér budovy. Podle požadovaných tepelně izolačních vlastností na pásové světlíky volíme tloušťku PC desky. Koeficient prostupu tepla pro používané tloušťky PC desek:

tl. 10 mm  $U = 2,49$  až  $3,1$  W/m<sup>2</sup> K

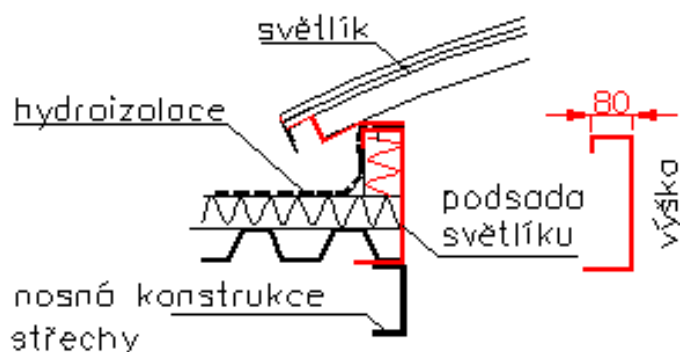
tl. 16 mm  $U = 1,8$  až  $2,4$  W/m<sup>2</sup> K

tl. 20 mm  $U = 1,6$  W/m<sup>2</sup> K

tl. 32 mm  $U = 1,2$  W/m<sup>2</sup> K

#### Podsady

Pásové střešní světlíky se usazují na podsady z pozinkovaného plechu. Výška podsady pásového světlíku se určí podle tloušťky střešního pláště, standardně se používá výška 30 mm. Zateplení se provádí vyložení izolace střešního pláště do podsady pásového světlíku. Hydroizolaci je třeba vytáhnout na horní plochu podsady pásového světlíku.



## Větrání

Všechny typy dodávaných pásových střešních světlíků (obloukové střešní světlíky S 3000) lze dodat jako větrací. Větrací (otvírací) provedení obsahuje ventilační křídlo, nerez panty a elektromotor 230 V se zdvihem 300 mm. Rozměr ventilace pásového světlíku vyrobíme dle Vašeho požadavku.



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**PROJEKT 4C**



Téma:

**SPORTOVNÍ HALA S PŘÍHRADOVÝMI VAZNÍKY**

**V PŘÍČNÉ VAZBĚ**

(PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA OBJEKTU)

Červen, 2012

Ivo SCHWARZ





## 1) PRŮVODNÍ ZPRÁVA

### 1.1. Základní charakteristika stavby a její užití

Jedná se o novostavbu sportovní haly se 3 NP a 1 PP nacházející se v městské části Praha Řepy. Výhodou tohoto komplexu je velmi dobrá vazba na městskou dopravu (tramvajová, autobusová zastávka Sídliště Řepy 40m od objektu) i na silniční síť (dostupnost do centra i na dálnici D5, případně pražský okruh).

### 1.3. Architektonické řešení stavby

Hlavní vstup do budovy se nachází na východní straně kolmo na tramvajovou, autobusovou zastávku v ulici Na Chobotě. Předpokládaný počet osob v objektu je 250 (při maximálním naplnění).

V 1. NP se nachází herní plocha 48 x 25m, malá tělocvična, nářad'ovna, tribuna a šatna pro sportovce. Ve 2. NP je umístěna restaurace, 2 herny stolního tenisu a 3 squashová hřiště. Do posledního NP je situováno fitness s posilovnou a místností pro spinning, herna stolního tenisu a 2 squashová hřiště. 1. PP obsahuje technické zázemí budovy (strojovna vzduchotechniky, přípojka pro vodovod, kanalizaci, elektrickou energii a horkovodní vytápění). Do 1. NP objektu jsou navržena parkovací stání pro 30 automobilů, z nichž 3 jsou pro tělesně postižené v blízkosti vedlejšího vstupu do budovy. Dále je objekt doplněn venkovními parkovacími stánkami s kapacitou 40 automobilů. Vjezd na tato parkovací stání je přímo z ulice Na Chobotě.

### 1.3. Kapacity stavby

Celková plocha parcely.....	6526,54 m <sup>2</sup>
Celková plocha budovy.....	4809,36 m <sup>2</sup>

Novostavba je napojena na stávající sítě veřejného vodovodu, oddílné kanalizace, teplovodního vedení a nízkonapěťového elektrického vedení. Tyto sítě vstupují do objektu skrz prostupy v 1. PP do příslušných rozvodných center. Teplovodní přípojka s předávací



stanici voda – voda je umístěná v kotelně objekt P04 a veškerý rozvod elektroinstalací je z centrální rozvodny objekt P03. Odvod dešťové vody z jednoplášňové ploché střechy je zaústěn do šesti vpustí. Svodné potrubí je vedeno hlavními instalačními šachtami po obvodě centrálního jádra a skrytě za stěnovými panely. Svodné potrubí je opatřeno zvukovou izolací.

Pohyb mezi jednotlivými podlažími zajišťují 2 osobní velkokapacitní výtahy Schindler a 2 tříramenná monolitická schodiště. Oba prvky jsou umístěny v centrálním komunikačním jádru.

Ze schodiště vedou dvojice prosklených hliníkových dveří do centrálních chodeb. Vnitřní členění užitkových prostor je do jisté míry variabilní. Prostory jsou vybavené nuceným větráním (letní, zimní provoz), osvětlením, základním zásuvkovým rozvodem s možností doplněním dalších rozvodů (slaboproudé rozvody atd.).

Podlahy tvoří standardní těžké plovoucí podlahy, kryté dle požadavků užitných ploch, umožňující flexibilní řešení dispozic a vnitřních instalací. Okna na jižní a západní straně jsou vybavená elektricky ovládanými venkovními roletami.

Stromy před uliční fasádou a na zadní hranici pozemku chrání objekt před negativními vlivy a pohledy z okolí.



## 2) TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 2.1 Zatížení konstrukce

Konstrukce je zatěžována dle platných norem používaných v České republice (Eurokód s národními dodatky – ČSN EN).

Klimatické zatížení bylo určeno dle zeměpisného umístění stavby. Zatížení sněhem je uvažováno pro sněhovou oblast I –  $s_k = 0,7 \text{ kNm}^{-2}$ . Úžlabí navrženo dle postupu v normě ČSN EN 1991-1-3 – Příloha B. Zatížení větrem je uvažováno pro větrnou oblast I –  $v_b = 22,5 \text{ ms}^{-1}$ . Zatížení na výšečovou střechu bráno dle normy ČSN EN 1991-1-4 – Klenbové střechy a kopule.

Proměnné zatížení pro vnitřní vodorovné konstrukce uvažováno dle ČSN EN 1991-1-1 s dodatkem národní přílohy. Účel budovy ji zaříd'uje do kategorie C s přesněním na C4 – plochy určené k pohybovým aktivitám, např. taneční sály, tělocvičny, scény atd.

### 2.2 Konstruktivní řešení objektu

Konstrukce je provedena z oceli S235J0, S355J0 a S320GD. Z S235J0 – veškeré sloupové prvky, ztužení (mimo trubkového) a kotevní šrouby. Z S355J0 – příhradové vazníky, vaznice, kruhové trubky a prolamované stropnice typ Angelina. Z S320GD – trapézové plechy.

#### 2.2.1 Svislé nosné konstrukce – ocelový skelet

Hlavní statickou úlohu v nadzemních podlažích (1. – 3. NP) přebírají středové příhradové ocelové sloupy, krajní ocelové sloupy nalevo (lod' o menším rozponu) a příhradový sloup vpravo (součást prostorového vazníku). Středový sloup se skládá ze dvou svislých profilů HEB 450 spojených v úrovních stropních konstrukcí pomocí IPE 270, vyjma vrcholu v místě uložení rovinného příhradového vazníku je IPE 270 nahrazeno HEA 260. Uprostřed těchto nosníků jsou umístěny výztuhy podoby K z trubek TR 82.5x8 a TR 108x8. Krajní ocelové sloupy (lod' s menším rozponem) jsou z HEB 340. Příhradový sloup (součást prostorového vazníku) jsou z trub TR 168x6.3 při povrchu a TR 273x8 při vnitřním povrchu.



Sloupy jsou kotveny do betonových patek. Všechny svislé sloupy mají standartní svislé patky, příhradový sloup spojený s prostorovým vazníkem má patku pootočenou o  $76^\circ$  od vodorovné roviny.

### 2.2.2 Svislé opěrné konstrukce – ocelový skelet

Objekt lze rozdělit na opěrné konstrukce ve štítových stěnách a po obvodě haly. Štítové stěny lze rozdělit dle použití v příslušné lodi. Loď o rozponu 44,1m má štítovou stěnu z profilů HEB 340 (stěna s prolamovanými nosníky), loď o rozponu 25,1m HEA 260 (stejná strana). Opačná strana (velkorozponová loď s vloženým příhradovým vodorovným ztužidlem ve štítové stěně) HEA 260, shodný profil i pro druhou loď. Sloupy jsou kloubově kotveny do betonových patek.

Po obvodě haly, pokud nosný sloup není vyosen, jsou umístěny kyvné stojky IPE 270 ve sklonu  $5^\circ$  od svislice. Opěrné sloupy jsou kotveny do nosných sloupů po obvodě.

### 2.2.3 Vodorovné nosné konstrukce – ocelový skelet

Průběžné železobetonové jádro má shodné stropní konstrukce ve všech podlažích budovy, bezprůvlaková deska tl. 250mm.

Vodorovná nosná konstrukce je ze spřažených ocelobetonových prvků (průvlaky a prolamované stropnice). Průvlaky jsou jednotného typu IPE 360. Prolamované stropnice jsou z IPE 450 s konečnou výškou nosníku 610mm (SA IPE 450/610). Celková výška konstrukce bez podhledu a čisté podlahy je 760mm (ocelový nosník 610mm a plechobetonová deska 150mm).

Stropní deska je tvořena trapézovým plechem TR 50/260/0,88, spřahovacími prvky (spřahovací trny)  $d = 19$  mm,  $h_{sc} = 125$  mm a betonovou deskou z C30/37. Spřahovací prvky jsou kladeny do dvou řad. Tloušťka konstrukce 150 mm. Pro spřažení s prvky, na kterých trapézový plech leží kolmo na osu prvku (stropnice), je dodrženo úplného spřažení. Důvodem tohoto opatření je velké návrhové zatížení dané využíváním konstrukce (pohybové aktivity – fitness, herny míčových sportů a posilovny). U prvků, se kterými vlny trapézového plechu probíhají rovnoběžně, je úplné spřažení též dodrženo.

### 2.3.4 Nosná konstrukce příčná vazba – příhradové vazníky

Příčná vazba se skládá ze dvou příhradových vazníků – rovinný VA 1 (rozpon 24m) a prostorový VA 2 (rozpon 44,1m).



VA 1 má výšku 2,5m. Jednotlivé poloměry zakřivení jsou: horní trubka TR 114x5 R 57695mm, spodní pás TR 165x 5 R 55195mm. Podrobné rozmístění trubkových prvků ve složce výkresů. Vazník je uložen jednou stranou na HEB 340 a vaznici HEA 260 ve vrcholu středového příhradového sloupu.

VA 2 má výšku 3,5m. Jednotlivé poloměry zakřivení jsou: horní trubka TR 168x6.3 R 103825, spodní pás TR 273x 8 R 100325mm. Průřez vazníku je rovnoramenného trojúhelníkového tvaru ( $\alpha = 60^\circ$ , rameno  $a = 4000\text{mm}$ ). Podrobné rozmístění trubkových prvků ve složce výkresů. Doplněno o příčné a podélné řezy VA 2. Vazník je uložen jednou stranou na HEB 450 součást středového příhradového sloupu a druhý konec je svařen s příhradovým šikmým sloupem ( $\alpha = 5^\circ$  od svislice), kotveným do natočené patky ( $\alpha = 76^\circ$  od vodorovné roviny).

### **2.3.5 Nosná konstrukce podélná vazba – válcované vaznice**

Vaznice jsou navrženy, jako spojitě nosníky přes všechny příčné vazby. Montážní styky se nacházejí v místech s nulovými momenty. Pro obě lodě jsou navrženy různé vaznice. Pro velkorozponovou loď je navržena stropnice IPE 240 a pro druhou loď IPE 160 doplněná v místech pásových světlíků o vazničky IPE 80.

## **2.3 Ztužení objektu**

Ztužení objektu lze rozdělit na tři části: střešní, příčné a podélné ztužení. Ve střešní rovině a v podélném směru mezi vazníky je použito rovnoramenných úhelníků. V ostatních případech je užito kruhových trubek.

### **2.3.1 Střešní ztužení – rovnoramenné úhelníky**

Tuhost střešní roviny je zajištěna pomocí rovnoramenných úhelníků L80x8. Podrobné rozmístění ztužidel ve střešní rovině ad složka výkresů. Pro obě dvě lodě je typ úhelníků stejný.

### **2.3.2 Podélné ztužení – rovnoramenné úhelníky a kruhové trubky**

Podélné ztužení je rozmístěno mezi vazníky a ve stěnách v podélném směru. Podrobné rozmístění ztužidel ve složce výkresů.



Ztužení mezi jednotlivými vazníky je zajištěno pomocí rovnoramenných úhelníků L100x8 ve velkorozponové lodi a v druhé pomoci L90x8.

Ztužení v podélných venkovních stěnách je zajištěno pomocí kruhových trubek. Ve stěně u velkorozponové lodě jsou ztužidla z TR 102x4 pnutá mezi trubkové příhradové sloupy TR 168x6.3. Ve druhé stěně (sousední loď) jsou ztužidla z TR 102x4 pnutá mezi jednotlivými podlažími.

### **2.3.3 Příčné ztužení – kruhové trubky**

Příčné ztužení je rozmístěno ve štítových stěnách a zároveň objekt ztužují příčné hlavní vazby. Podrobné rozmístění ztužidel ve složce výkresů.

Ztužení štítových stěn u velkorozponové lodě zajišťují kruhové trubky TR 82.5x4 (po obou stranách), u druhé lodě to jsou trubky TR 70x4. Stěna v místě herní plochy je doplněna o příhradové ztužidlo jdoucí napříč stěnou ad složka výkresů.

Hlavní ztužení příčného směru přejímá tuhost nosné příčné konstrukce, ta je zajištěna spojením středového příhradového sloupu a prostorového příhradového vazníku VA 2.

## **2.4 Opláštění objektu**

Objekt je opláštěn systémem KINGSPAN – sendvičové izolační panely s povrchovou úpravou. Podrobný technický list použitých prvků ad složka architektonická studie.

Na zastřešení objektu je použit panel KS 1000 TOP DEK, na opláštění stěn KS 1150 FR. Prosvětlení zajišťují střešní pásové obloukové světlíky S 3000.

Poznámka: Technická zpráva není zcela úplná (např. požární ochrana ocelových prvků) tyto stati nebyly součástí řešení tohoto projektu.



## LITERATURA

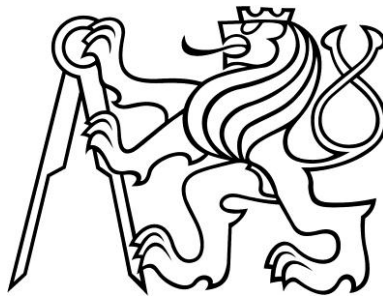
- [1] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [2] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem, zatížení větrem
- [3] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- [4] ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [5] ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-8: Spoje
- [6] ČSN EN 1994-1-1, Eurokód 4: Navrhování ocelobetonových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] Studnička, J.: Ocelové konstrukce - Normy, ČVUT PRAHA, 2008
- [8] Vraný, T. – Wald, F.: Ocelové konstrukce – Tabulky, ČVUT PRAHA, 2008
- [9] Studnička, J.: Ocelové konstrukce, ČVUT PRAHA, 2004
- [10] Studnička, J. – Macháček, J.: Ocelové konstrukce 2, ČVUT PRAHA, 2005
- [11] Eliášová, M. – Sokol, Z.: Ocelové konstrukce – Příklady, ČVUT PRAHA, 2008
- [12] Vraný, T. – Jandera, M. – Eliášová, M.: Ocelové konstrukce 2 – Cvičení, ČVUT PRAHA, 2009
- [13] softvér ANGELINA v 1.01 (licencováno na Ivo Schwarz)
- [14] softvér SPIRIT 2009 (licencováno na Ivo Schwarz)
- [15] softvér SCIA ENGINEER 2011.1 (licencováno na Ivo Schwarz)

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**PROJEKT 4C**



Příloha 1:

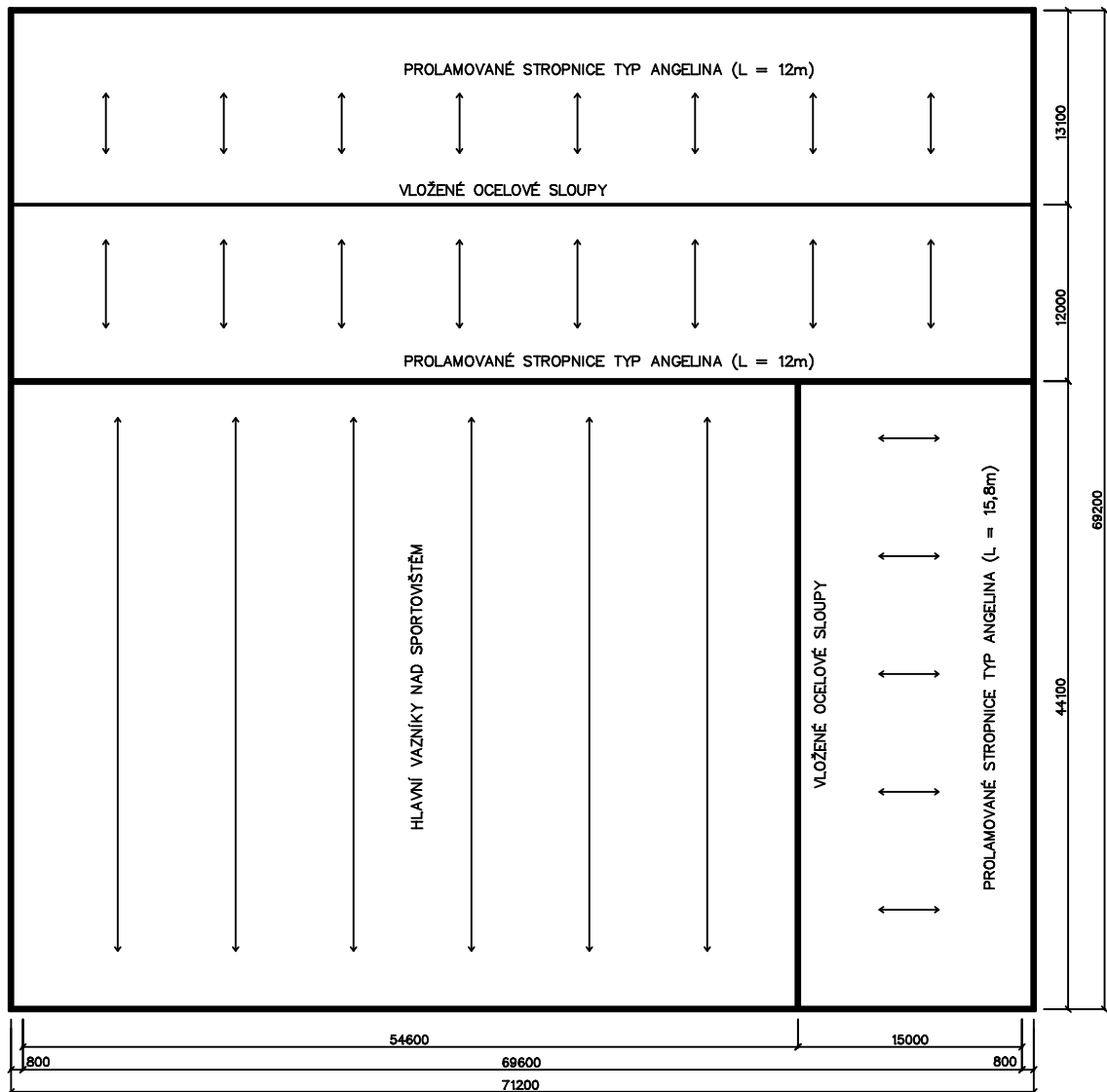
**STATICKÝ VÝPOČET**

Červen, 2012

Ivo SCHWARZ

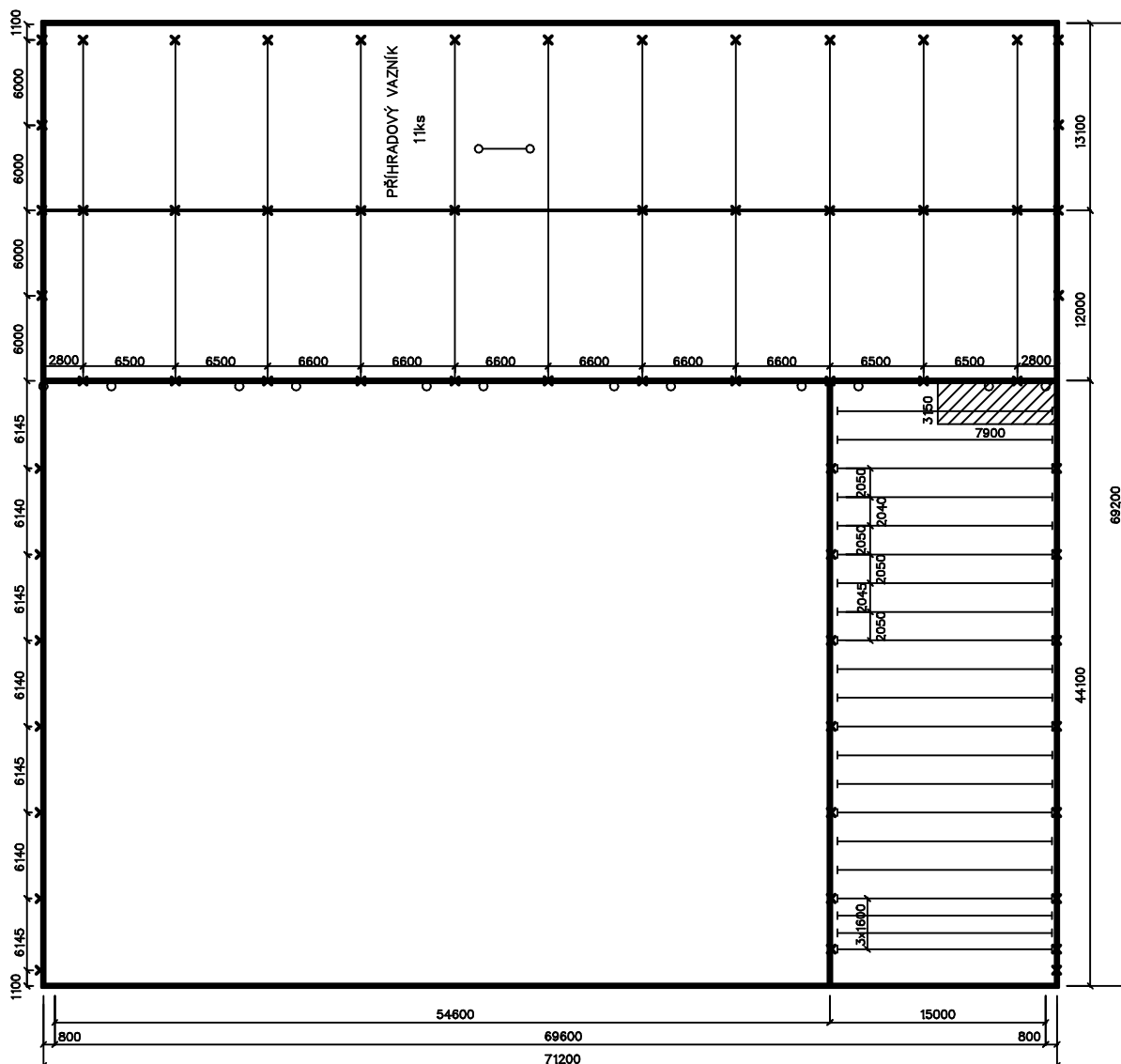


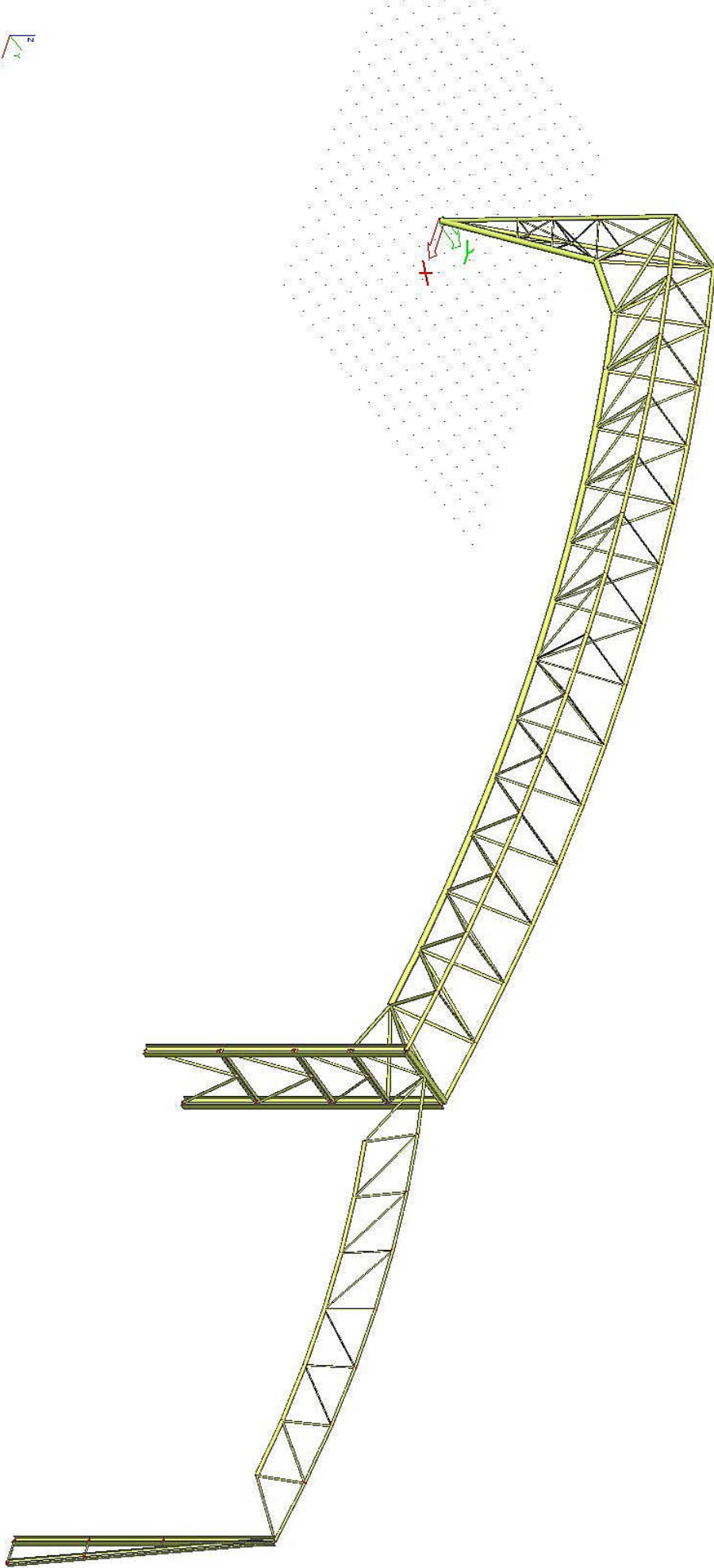
SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ NOSNÝCH PRVKŮ

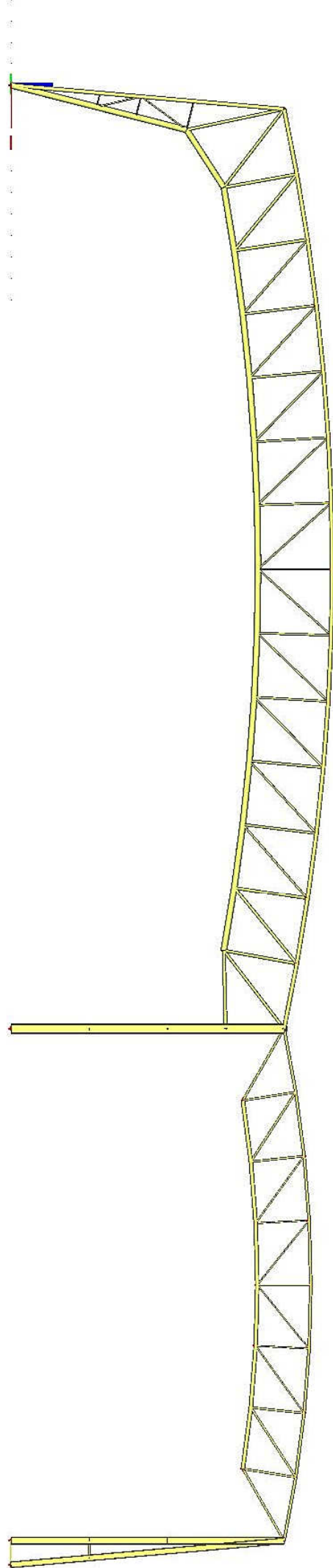




# SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ NOSNÝCH PRVKŮ







## Zastřešení

- KS 1000 TOP-DEK (king span)

- střešní PUP panel

$$tl. 100 \text{ mm} \rightarrow U = 0,22 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

$$g_k = 0,12 \text{ kN m}^{-2}$$

- Prosvětlení - pásová světelná S3000 (RWA systém)

(oblongový světelný)

$$PC deska tl. 32 \text{ mm} \rightarrow U = 1,2 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

$$h \text{ světelná} = \frac{1}{5} \text{ šířky}$$

$$g_k = 0,20 \text{ kN m}^{-2}$$

## Stěnové opláštění

- KS 1150 FR (King span)

- stěnový izol. panel

$$tl. 200 \text{ mm} \rightarrow U = 0,21 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

$$g_k = 0,35 \text{ kN m}^{-2}$$

$$Le < 20; 10,0 > \text{ cm}$$

## Klimatické zatížení

• Snih

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

$$0,5 \quad \mu_i = 0,4$$

sněžová oblast I

$$\rightarrow S_k = 0,7 \text{ kN m}^{-2}$$

sklon střechy

$$\mu_{i1} = 0,8$$

$$\mu_{i3} = 0,8$$

$$\frac{h_1}{l_1} = \frac{2250}{42984} = 0,05$$

$$\frac{h_2}{l_2} = \frac{1250}{23884} = 0,05$$

$$C_e = 1,0$$

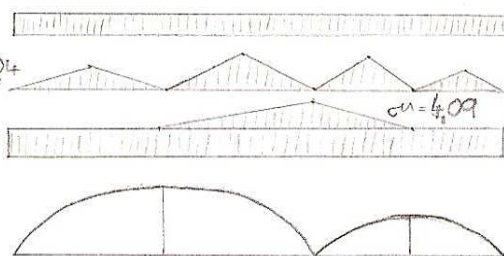
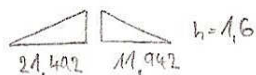
$$C_t = 1,0$$

$$S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7$$

$$\underline{S = 0,56 \text{ kN m}^{-2}}$$

Ušlabi  $A_n = 26,83 \text{ m}^2$

$$17,27 \quad 9,56$$



$$\mu_{i1} = 0,8$$

$$\mu_{i3} = 0,8$$

$$\mu_{i1} = 0,8$$

Pozn.: Stěna větší sklon než 60°

$$\mu_{i \min} \left\{ \begin{array}{l} 2h/c_e \\ 2b_s / (l_{s1} + l_{s2}) \\ 5 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 4,57 \\ 3,29 \\ 5 \end{array} \right\}$$

• Vitr

I. větrná oblast

$$v_b = 22,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$W_b = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_{pe}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2$$

$$q_b = 0,32 \text{ kN m}^{-2}$$

$$c_{pe} \rightarrow c_{p10}$$

$$c_{e(z)} = \left( 1 + 7 \frac{K_1}{C_o \ln \frac{z}{z_o}} \right) \left( C_o C_r(z) \right)^2$$

$$K_1 = 1,0$$

$$C_o = 1,0$$

$$C_r(z) = 0,19 \left( \frac{z_o}{z_o II} \right)^{0,07} \ln \left( \frac{z}{z_o} \right)$$

$$C_r(14) = 0,10 \left( \frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} \ln \left( \frac{14}{0,3} \right)$$

$$C_r(14) = 0,828$$

$$C_r(15) = 0,843$$

$$C_e(14) = \left( 1 + 7 \frac{1,0}{1,0 \ln \frac{14}{0,3}} \right) \left( 1,0 \cdot 0,828 \right)^2$$

$$C_e(14) = 1,93$$

$$C_e(15) = 1,98$$

$$W_e = 0,32 \cdot 1,93 \cdot c_{p10} = 0,618 c_{p10}$$

$$W_e = 0,32 \cdot 1,98 \cdot c_{p10} = 0,634 c_{p10}$$

$$z_o = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{min} = 5,0 \text{ m}$$

$$z = 14 \text{ m} > z_{min} \quad (15)$$

$$z_{oII} = 0,05 \text{ m}$$

• Příčný vítr - střecha

$$\frac{h_1}{d_1} = \frac{12756}{44100} = 0,29 < 0,5$$

$$\frac{h_1}{d_2} = \frac{12756}{25000} = 0,51 \geq 0,5$$

$$\frac{f_1}{d_1} = \frac{1250}{44100} = 0,028 < 0,2$$

$$\frac{f_2}{d_2} = \frac{1250}{25000} = 0,05 < 0,2$$

$$A = +0,10$$

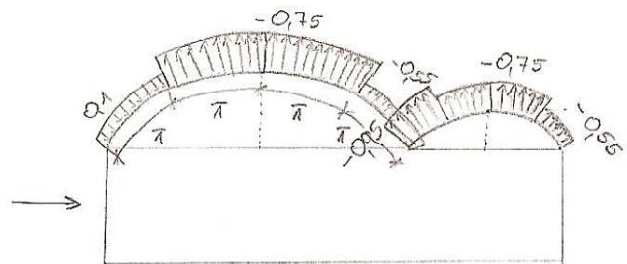
$$B = -0,75$$

$$C = -0,55$$

$$A = -0,95$$

$$B = -0,75$$

$$C = -0,55$$



• Pričný vŕh - stena

$$e = \min(b; 2h)$$

$$e = \min(69,1; 30,0)$$

$$e = 30,0 \text{ m}$$

$$e = 28,0 \text{ m}$$

$$\frac{h_1}{d_1} = \frac{15000}{44100} = 0,34$$

$$\frac{h_2}{d_2} = \frac{14000}{25000} = 0,56$$

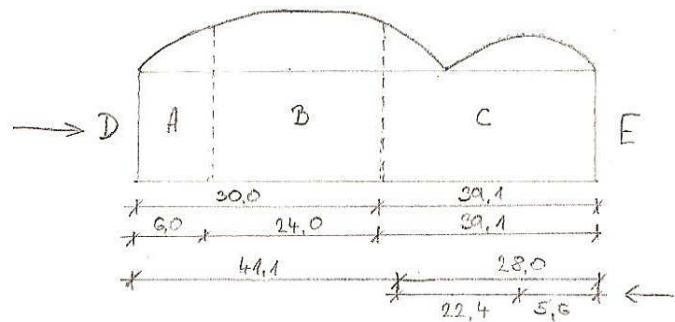
$$A = -1,2$$

$$B = -1,1$$

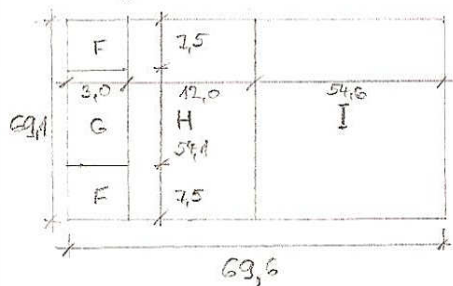
$$C = -0,5$$

$$D = +0,8$$

$$E = -0,4$$



• Podélny vŕh - strecha



$$F = -1,8$$

$$G = -1,2$$

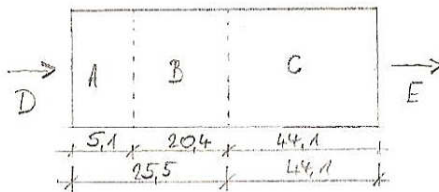
$$H = -0,7$$

$$I = +0,2$$

• Podélny vŕh - stena

$$e = \min(69,6; 25,5)$$

$$e = 25,5 \text{ m}$$



$$A = -1,2$$

$$B = -1,1$$

$$C = -0,5$$

$$D = +0,8$$

$$E = -0,4$$



**Plošné zatížení větrem/sněhem na jednotlivé oblasti pláště budovy**

$w_e = 0,634 \text{ kN/m}^2$

	Oblast	Větr příčný		Větr podélný	
		$c_{p10}$	$w_{e,k} [\text{kN/m}^2]$	$c_{p10}$	$w_{e,k} [\text{kN/m}^2]$
stěna	A	-1,2	<b>-0,76</b>	-1,2	<b>-0,76</b>
	B	-1,1	<b>-0,70</b>	-1,1	<b>-0,70</b>
	C	-0,5	<b>-0,32</b>	-0,5	<b>-0,32</b>
	D	0,8	<b>0,51</b>	0,8	<b>0,51</b>
	E	-0,4	<b>-0,25</b>	-0,4	<b>-0,25</b>

	Oblast	Větr podélný	
		$c_{p10}$	$w_{e,k} [\text{kN/m}^2]$
střecha	F	-1,8	<b>-1,14</b>
	G	-1,2	<b>-0,76</b>
	H	-0,7	<b>-0,44</b>
	I	+/-0,2	<b>+/-0,13</b>

	Oblast	Větr příčný	
		$c_{p10}$	$w_{e,k} [\text{kN/m}^2]$
střecha	A	0,10	<b>0,06</b>
	B	-0,75	<b>-0,48</b>
	C	-0,55	<b>-0,35</b>
	A	-0,95	<b>-0,60</b>

$s_k = 0,700 \text{ kN/m}^2$

	Oblast	Sněh	
		$\mu$	$s_k [\text{kN/m}^2]$
střecha	$\mu_1$	0,80	<b>0,56</b>
	$\mu_3$	0,80	<b>0,56</b>
	$0,5\mu_3$	0,40	<b>0,28</b>
	$\mu_{\text{úžlabí}}$	3,29	<b>2,30</b>

### Zatížení na vaznice

z.š. = 3,09m

3D

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_G$	$g_d$ [kN/m]
Vlastní tíha vaznice (IPE 240)	0,307	1,35	0,414
Střešní panel	0,371		0,501
Světlíky	0,618		0,834

Proměnné zatížení	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$q_d$ [kN/m]
Sníh dle schématu	-	1,5	-
Vítr dle schématu	-		-

z.š. = 3,01m

1D

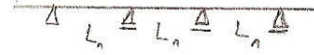
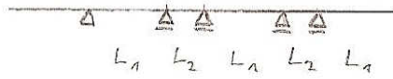
Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_G$	$g_d$ [kN/m]
Vlastní tíha vaznice (IPE 160)	0,158	1,35	0,213
Střešní panel	0,361		0,488
Světlíky	0,602		0,813

Proměnné zatížení	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$q_d$ [kN/m]
Sníh dle schématu	-	1,5	-
Vítr dle schématu	-		-

# Návrh vazník

3D vazník  
 zat. šířka = 3,09 m  
 vzdálenost podpor  
 $L_1 = 9,200$  m  
 $L_2 = 4,000$  m

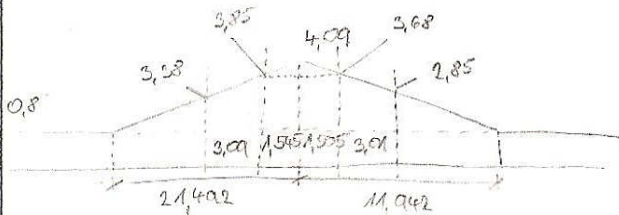
1D vazník  
 zat. šířka = 3,01 m  
 vzdálenost podpor  
 $L_1 = 6,600$  m



Výpočet proveden: Scia Engineer 2011.4

Uvažované kombinace:

- 1) Stálé + sniž
- 2) Stálé win + podélný vítr
- 3) Stálé win + příčný vítr



$$x=0 \quad y=0,8$$

$$x=21,492 \quad y=4,09$$

$$y=kx+q$$

$$0,8=q$$

$$4,09=k \cdot 21,492 + 0,8$$

$$k = \frac{3,29}{21,492} = 0,153$$

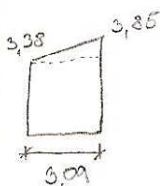
$$y = 0,153x + 0,8$$

$$x = 19,947$$

$$y = 3,85$$

$$x = 16,857$$

$$y = 3,38$$



$$\left(3,38 + \frac{0,49}{2}\right) \cdot 3,09 = 11,17 \text{ m}$$

$$S_k = 0,70 \cdot 11,17 = 7,82 \text{ kN/m}^2$$

$$x=0 \quad y=4,09$$

$$x=11,942 \quad y=0,8$$

$$4,09=q$$

$$0,8=k \cdot 11,942 + 4,09$$

$$k = \frac{-3,29}{11,942} = -0,275$$

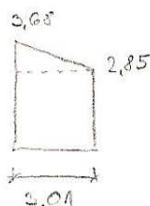
$$y = -0,275x + 4,09$$

$$x = 1,505$$

$$y = 3,68$$

$$x = 4,515$$

$$y = 2,85$$



$$\left(2,85 + \frac{0,83}{2}\right) \cdot 3,01 = 9,83 \text{ m}$$

$$S_k = 0,7 \cdot 9,83 = 6,88 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{max} = 75,56 \text{ kNm} \rightarrow s_{max} + v_{pod}$$

$$M_{max} = 13,95 \text{ kNm} \rightarrow s$$

$$M_{a,pl} = \frac{W_a \cdot f_{sp}}{\gamma_a} = \frac{220,6 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,0} = 78,313 \text{ kNm}$$

$$M_a = 78,313 \text{ kNm} > 75,56 \text{ kNm} \rightarrow \text{IPE 200}$$

$$M_{max} = 42,08 \text{ kNm} \rightarrow s_{max} + v_{pod}$$

$$M_{a,pl} = \frac{123,9 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,0} = 43,98 \text{ kNm}$$

$$M_a = 43,98 > 42,08 \text{ kNm} \rightarrow \text{IPE 160}$$

$$\text{Limitní práh } \frac{L}{200} \leq \delta_2$$

$$\delta_2 = 36,1 \text{ mm} \rightarrow 37,9 \text{ mm (oprava tlakem větru Pod.)}$$

$$\frac{L}{200} = \frac{9200}{200} = 46 \text{ mm}$$

$\rightarrow$  IPE 240 vyhoví na oba mezní stavy  
(vaznice pro 3D vazník)

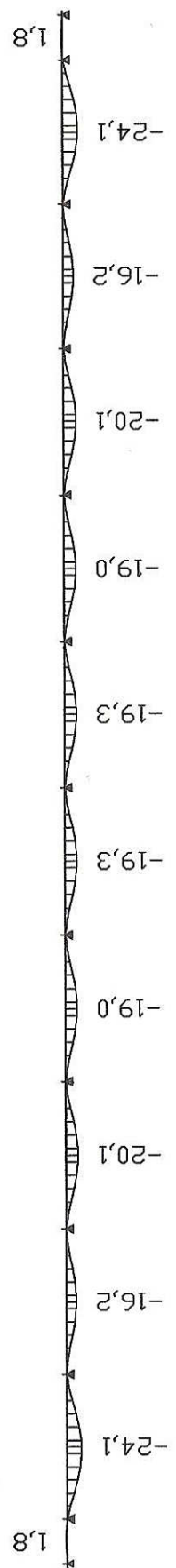
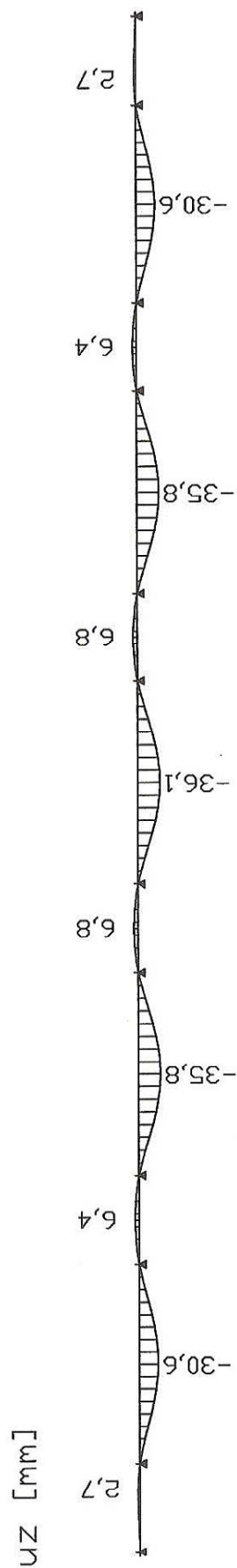
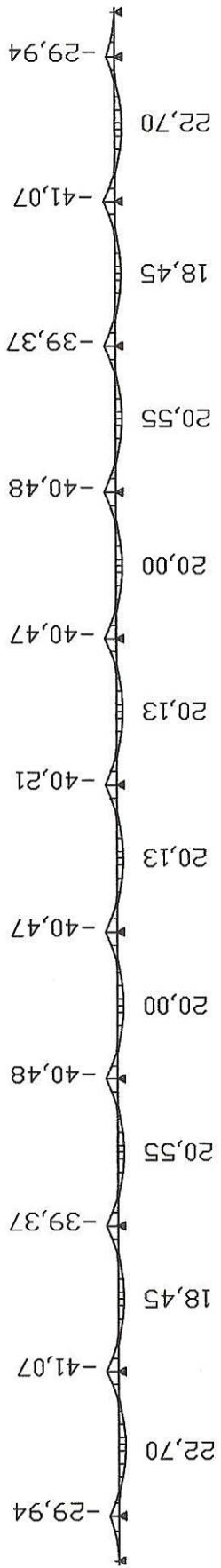
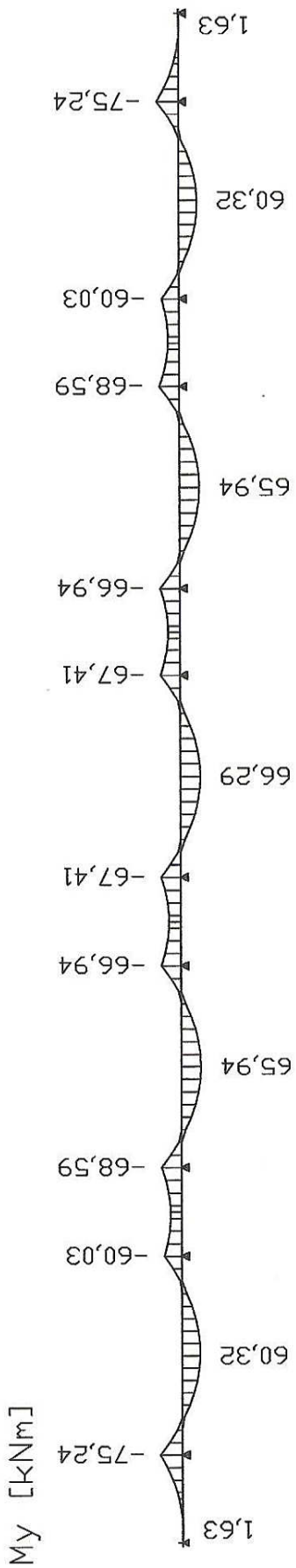
$$\delta_2 = 24,1 \text{ mm} \rightarrow 25,7 \text{ mm (oprava tlakem větru Pod.)}$$

$$\frac{L}{200} = \frac{6600}{200} = 33 \text{ mm}$$

$\rightarrow$  IPE 160 vyhoví na oba mezní stavy  
(vaznice pro 1D vazník)

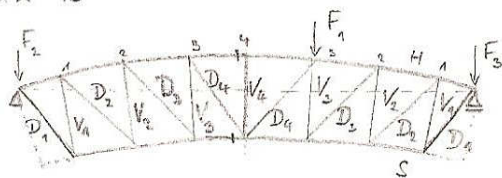
+ výpočet zahrnuje i podpůrnou konstrukci světlika v pravé lodi (menší rozpory)

- max překr IPE 80



# Příčná vazba

Vazník 1D



pro návrh vazníku rozhoduje  
stále + snih  
stále min + vítr

1) Stálé zatížení

Střešní plášť

• střešní panel

$$g_s = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zat. šířka} = 6,6 \text{ m}$$

• pás světelný

$$g_k = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zat. šířka} = 4,0 \text{ m}$$

nejvíce zatížený vazník

$$\text{st. pl. } g_k = 0,12 \cdot 2,6 + 0,20 \cdot 4,0$$

$$g_k = 1,11 \text{ kN/m} \rightarrow 1,11 \cdot 3,01 = 3,34 \text{ kN} \quad (1,67 \text{ kN})$$

$$\text{vaz. } g_k = 0,158 \cdot 6,6$$

$$(2,23 \text{ kN} - \text{převyšil konec})$$

$$g_k = 1,04 \text{ kN}$$

v. tíha vaz.

dle modelu  $\rightarrow$  v programu

typ. zat.

$$F_n = 4,38 \text{ kN}$$

kraj

$$F_2 = 2,71 \text{ kN}$$

$$F_3 = 3,27 \text{ kN}$$

2) Snih

$$a) \quad q_k = 0,56 \cdot 6,6$$

$$F_n = 11,09 \text{ kN} \quad F_3 = 7,39 \text{ kN}$$

$$q_{h1} = 3,696 \text{ kN/m}^2$$

$$F_2 = 5,54 \text{ kN}$$

b)



$$v = k + q$$

$$v = 0 \quad x = 0$$

$$v = 3,696 \quad x = 6,60$$

$$q = 0,616x$$

$$x_{1,5} \rightarrow 0,924$$

$$x_{4,5} \rightarrow 2,772$$

$$x_{7,5} \rightarrow 2,772$$

$$x_{10,5} \rightarrow 0,924$$

$$F_2 = 0,69 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = 5,54 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 9,70 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 5,54 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = 0,69 + 0,35 = 1,04 \text{ kN}$$

$$F_3 = 0,46 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = 2,77 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 4,85 \text{ kN}$$

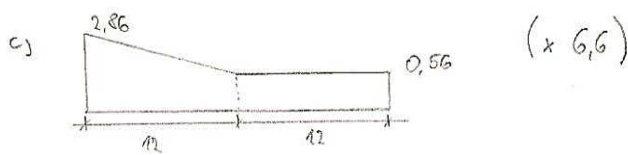
$$F_{1,3} = 2,77 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = F_{1,4}$$

$$q = 0,208x$$

$$x_{1,5} \rightarrow 0,462$$

$$x_{4,5} \rightarrow 1,386$$



$$y = kx + a_1$$

$$y = 0,192x + 2,86$$

$$x_{1,2} \rightarrow 2,573$$

$$x_{4,5} \rightarrow 1,998$$

$$x_{2,3} \rightarrow 1,423$$

$$x_{10,5} \rightarrow 0,848$$

$$x_{12} \rightarrow 0,56$$

$$F_2 = 4,07 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_{1,1} = 6,86 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_{1,2} = 5,13 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_{1,3} = 3,41 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_{1,4} = 1,06 + 0,84 = 1,90 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_1 = 1,68 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_3 = 1,12 \text{ kNm}^{-1}$$

$$F_2 = 26,86 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = 45,28 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 33,86 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 22,51 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = 12,54 \text{ kN}$$

$$F_1 = 11,09 \text{ kN}$$

$$F_3 = 7,39 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty

1) Stálé

$$F_1 = 4,38 \text{ kN}$$

$$F_2 = 2,71 \text{ kN}$$

$$F_3 = 3,27 \text{ kN}$$

2) Proměnné

a)  $F_1 = 11,09 \text{ kN}$

$$F_2 = 5,54 \text{ kN}$$

$$F_3 = 7,39 \text{ kN}$$

b)  $\boxed{L}$   $F_{1,1} = 5,54 \text{ kN}$

$$F_{1,2} = 9,70 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 5,54 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = 1,04 \text{ kN}$$

$$F_2 = 0,69 \text{ kN}$$

$$F_3 = 0,46 \text{ kN}$$

$\boxed{P}$

$$F_{1,1} = 2,77 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 4,85 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 2,77 \text{ kN}$$

$\boxed{L}$

c)  $F_{1,1} = 45,28 \text{ kN}$

$$F_{1,2} = 33,86 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 22,51 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = 12,54 \text{ kN}$$

$$F_2 = 26,86 \text{ kN}$$

$$F_3 = 7,39 \text{ kN}$$

$\boxed{P}$

$$F_1 = 11,09 \text{ kN}$$

3) Vitr

Podélný

a)

zat.  $\bar{s}$ .

$$1,0 + 3,25 = 4,25 \text{ m}$$

F+H

$$-1,14 \cdot 2,0 + (-0,44 \cdot 2,25) = -3,27 \text{ kNm}^{-1}$$

G+H

$$-0,76 \cdot 2,0 + (-0,44 \cdot 2,25) = -2,51 \text{ kNm}^{-1}$$

b)

zat.  $\bar{s}$ .

$$6,5 \text{ m}$$

H

$$-0,44 \cdot 6,5 = -2,86 \text{ kNm}^{-1}$$

c)

zat.  $\bar{s}$ .

$$6,6 \text{ m}$$

I

$$0,13 \cdot 6,6 = 0,86 \text{ kNm}^{-1}$$

Charakteristické hodnoty

ad a)  $\times \frac{7,5}{F} \times$

$$\begin{array}{cccc} \times & \times & \times & \times \\ 1,51 & 3,01 & 2 & \end{array}$$

$$F_3 = -6,57 \text{ kN}$$

$$F_2 = -3,79 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = -9,84 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = -9,84 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = -7,56 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = -7,56 \text{ kN}$$

ad b)

$$F_3 = -5,75 \text{ kN}$$

$$F_2 = -4,32 \text{ kN}$$

$$F_1 = -8,64 \text{ kN}$$

ad c)

$$F_3 = 1,73 \text{ kN}$$

$$F_2 = 1,30 \text{ kN}$$

$$F_1 = 2,59 \text{ kN}$$



Příčný

zat. 5.

6,6 m

A (L=2,3,01)

$$-0,6 \cdot 6,6 = -3,96 \text{ kN/m}^{-1}$$

B (L=4,3,01)

$$-0,48 \cdot 6,6 = -3,17 \text{ kN/m}^{-1}$$

C (L=2,3,01)

$$-0,35 \cdot 6,6 = -2,31 \text{ kN/m}^{-1}$$

$$F_3^P = -7,96 \text{ kN}$$

$$F_2^P = -3,49 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = -11,92 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = -10,73 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = -9,54 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = -9,54 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty

$$F_3^L = -4,64 \text{ kN}$$

$$F_2^L = -5,98 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = -6,95 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = -8,25 \text{ kN}$$

Kombinace zatěžovacích stavů

1) Stálé + sníh

2) Stálé mín + Vitr příčný

3) Stálé mín + Vitr podélný

4) Vitr tlak

Svislý průhyb

$$\delta_{Q, \text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{25000}{250} = 100 \text{ mm}$$

$$\delta = 35,0 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

(39,2 mm)

vitr + tlak + sníh

Vazník vyhoví

Charakteristické hodnoty zatížení pro 1D vazník

	F <sub>2</sub> [kN]	F <sub>1,1</sub> [kN]	F <sub>1,2</sub> [kN]	F <sub>1,3</sub> [kN]	F <sub>1,4</sub> [kN]	F <sub>1,3</sub> [kN]	F <sub>1,2</sub> [kN]	F <sub>1,1</sub> [kN]	F <sub>3</sub> [kN]
Stálé	2,71	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	3,27
Sníh a)	5,54	11,09	11,09	11,09	11,09	11,09	11,09	11,09	7,39
Sníh b)	0,69	5,54	9,70	5,54	1,04	2,77	4,85	2,77	0,46
Sníh c)	26,86	45,28	33,86	22,51	12,54	11,09	11,09	11,09	7,39
Vítr podélný a)	-3,79	-7,56	-7,56	-7,56	-7,56	-7,56	-9,84	-9,84	-6,57
Vítr podélný b)	-4,32	-8,61	-8,61	-8,61	-8,61	-8,61	-8,61	-8,61	-5,75
Vítr podélný c)	1,30	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	1,73
Vítr příčný L	-3,49	-11,92	-10,73	-9,54	-9,54	-9,54	-8,25	-6,95	-7,96
Vítr příčný P	-5,98	-6,95	-8,25	-9,54	-9,54	-9,54	-10,73	-11,92	-4,64

### Posouzení prutů vazníku

Tážené pruty								
prut	$N_{Ed}$ (tah)	Profil	A	i	$f_{yd}$	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
	kN		mm <sup>2</sup>	mm	MPa	kN		
S	390,44	TR 168x5	2560	57,7	355	908,80	<b>0,430</b>	< 1,0
H	95,85	TR 114x5	1712	38,6	355	607,76	<b>0,158</b>	< 1,0
D <sub>1</sub>	280,04	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,66	<b>0,884</b>	< 1,0
D <sub>2</sub>	158,69	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,66	<b>0,501</b>	< 1,0
D <sub>3</sub>	101,03	TR 54x3,2	511	18,0	355	181,41	<b>0,557</b>	< 1,0
D <sub>4</sub>	56,27	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,350</b>	< 1,0
V <sub>1</sub>	36,17	TR 76x3,2	732	25,8	355	259,86	<b>0,139</b>	< 1,0
V <sub>2</sub>	21,95	TR 76x3,2	732	25,8	355	259,86	<b>0,084</b>	< 1,0
V <sub>3</sub>	12,83	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,080</b>	< 1,0
V <sub>4</sub>	5,79	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,036</b>	< 1,0

$$N_{t,Rd} = A f_{yd}$$

Tlačené pruty											
prut	$N_{Ed}$ (tlak)	Profil	$L_{teor}$	$L_{cr}/L$	$L_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_{rel}$	$\chi$	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	kN		mm		mm				kN		
S	90,78	TR 168x5	12500	1,00	12500	216,64	2,836	0,115	104,51	<b>0,869</b>	< 1,0
H	374,70	TR 114x5	3010	0,90	2709	70,18	0,919	0,721	438,19	<b>0,855</b>	< 1,0
D <sub>1</sub>	59,00	TR 82,5x3,6	3860	0,75	2895	103,76	1,358	0,440	139,33	<b>0,423</b>	< 1,0
D <sub>2</sub>	37,98	TR 82,5x3,6	3860	0,75	2895	103,76	1,358	0,440	139,33	<b>0,273</b>	< 1,0
D <sub>3</sub>	25,71	TR 54x3,2	3860	0,75	2895	160,83	2,105	0,200	36,28	<b>0,709</b>	< 1,0
D <sub>4</sub>	12,64	TR 48,3x3,2	3860	0,75	2895	180,94	2,368	0,160	25,73	<b>0,491</b>	< 1,0
V <sub>1</sub>	168,74	TR 76x3,2	2500	0,75	1875	72,67	0,951	0,699	181,64	<b>0,929</b>	< 1,0
V <sub>2</sub>	84,50	TR 76x3,2	2500	0,75	1875	72,67	0,951	0,699	181,64	<b>0,465</b>	< 1,0
V <sub>3</sub>	46,63	TR 48,3x3,2	2500	0,75	1875	117,19	1,534	0,358	57,57	<b>0,810</b>	< 1,0
V <sub>4</sub>	13,65	TR 48,3x3,2	2500	0,75	1875	117,19	1,534	0,358	57,57	<b>0,237</b>	< 1,0

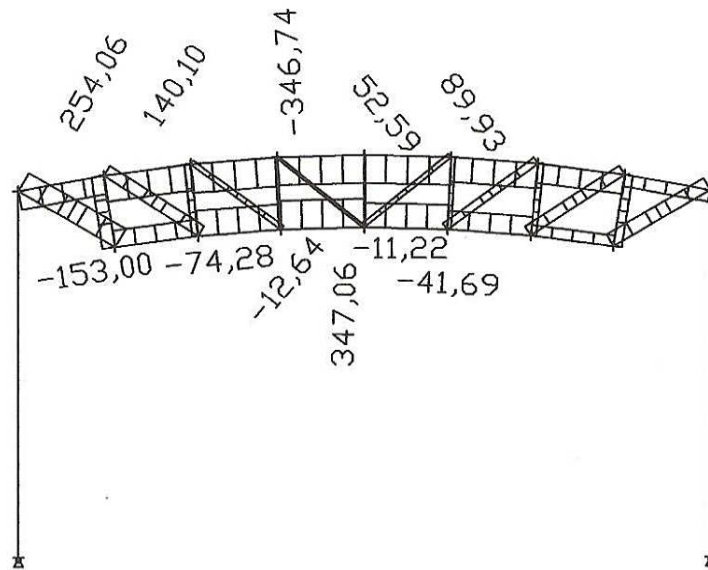
$$\lambda = L_{cr} / i$$

$\lambda < 200$  Pozn: Mírné překročení u spodního pásu lze připustit

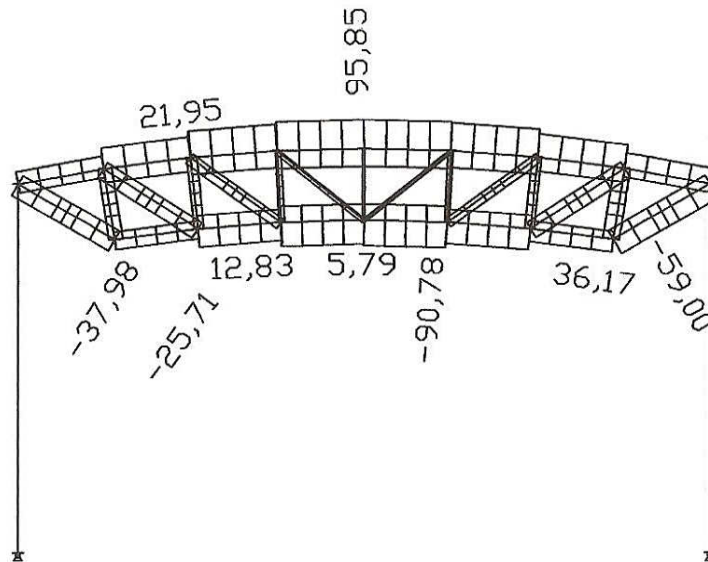
$$\lambda_{rel} = \lambda / \lambda_1 = \lambda / 93,9 \sqrt{f_y} / 235$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$$

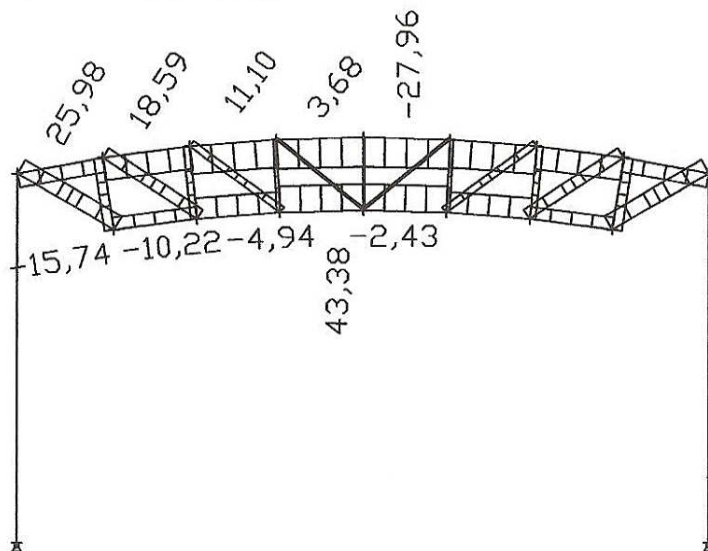
N [kN] - Stálé + snáh



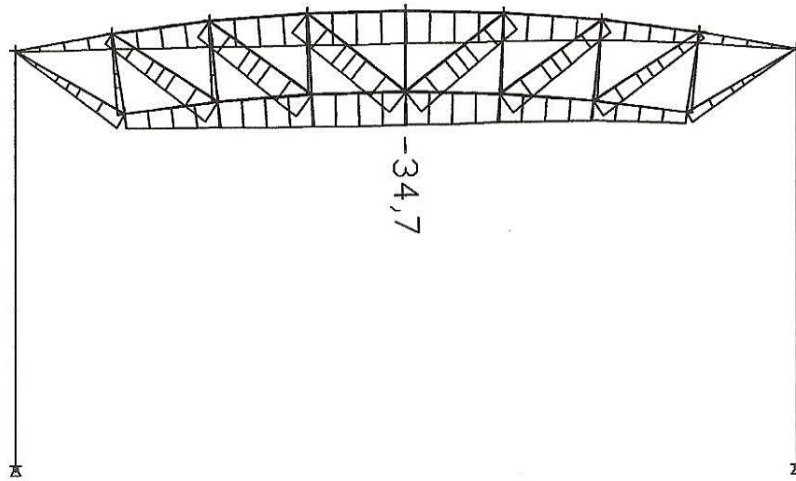
N [kN] - Stálé min + vítr (sání)



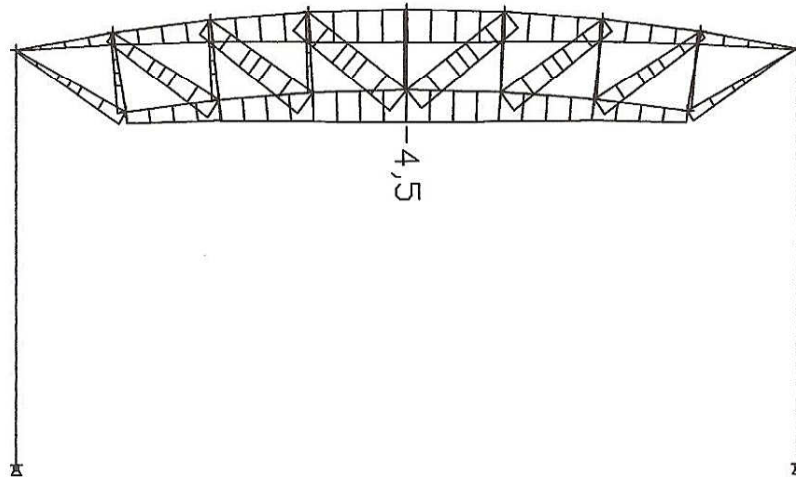
N [kN] - Vítr tlak



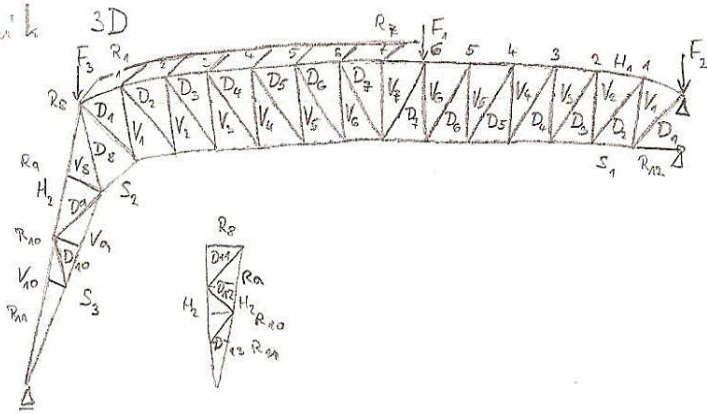
uz [mm] - sníh



uz [mm] - vítr tlak



Vaznik



pro návrh vaznika rozhoduje  
stale + snih  
stale + viter

pro sloup

stale + viter + 0,5 snih  
stale + 0,6 viter + snih

### 1) Stale zatizeni

stresni plosti

- stresni panel

$$g_k = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zat. sirka} = 13,2 \text{ m}$$

- pas svetlika

$$g_k = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zat. sirka} = 4,0 \text{ m}$$

nejvice zatizeny vaznik

st-pl.

$$g_k = 0,12 \cdot 9,2 + 0,2 \cdot 4,0$$

$$g_k = 1,90 \text{ kN/m} \rightarrow 1,90 \cdot 3,09 = 5,88 \text{ kN} \quad (2,94 \text{ kN})$$

$$(3,89 \text{ kN} - \text{previsly konec})$$

0,5 m

vaz.

$$g_k = 0,158 \cdot 13,2$$

$$g_k = 2,09 \text{ kN}$$

v. tika vaz.

dle modelu  $\rightarrow$  v programu

typ. zat.

$$F_1 = 7,97 \text{ kN}$$

kraj

$$F_2 = 5,03 \text{ kN}$$

$$F_3 = 5,98 \text{ kN}$$

### 2) Snih

$$a) \quad q_k = 0,56 \cdot 13,2$$

$$q_k = 7,39 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = 22,70 \text{ kN} \quad F_3 = 15,04 \text{ kN}$$

$$F_2 = 11,35 \text{ kN}$$

b)



$$y = kx + a_1$$

$$y = 7,392 \quad x = 10,75$$

$$y = 0,688x$$

$$x_{1,54} \rightarrow 1,060$$

$$x_{1,61} \rightarrow 3,172$$

$$x_{7,68} \rightarrow 5,284$$

$$F_2 = 1,08 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = 6,50 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 12,98 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 19,46 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = 19,46 \text{ kN}$$

$$F_{1,5} = 12,98 \text{ kN}$$

$$F_{1,6} = 6,50 \text{ kN}$$

$$F_{1,7} = 0,82 + 0,41 = 1,23 \text{ kN}$$

$$y = 0,344x$$

$$x_{1,54} \rightarrow 0,530$$

$$x_{4,61} \rightarrow 1,586$$

$$x_{7,68} \rightarrow 2,642$$

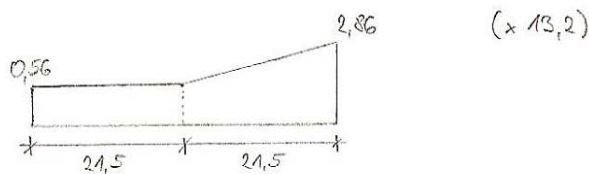
$$F_2 = 0,41 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = 3,25 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 6,49 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 9,73 \text{ kN}$$

c)



$$y = kx + a_1$$

$$y = 0,107x + 0,56$$

$$x_0 \rightarrow 0,56$$

$$x_{1,54} \rightarrow 0,725$$

$$x_{4,61} \rightarrow 1,053$$

$$x_{7,68} \rightarrow 1,382$$

$$x_{10,75} \rightarrow 1,710$$

$$x_{13,82} \rightarrow 2,039$$

$$x_{16,89} \rightarrow 2,367$$

$$x_{19,96} \rightarrow 2,696$$

$$x_{21,5} \rightarrow 2,86$$

$$F_2 = 1,14 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_1 = 1,72 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_{1,7} = 0,86 + 0,99 = 1,85 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_{1,6} = 2,73 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_{1,5} = 3,74 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_{1,4} = 4,75 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_{1,3} = 5,75 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_{1,2} = 6,76 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_{1,1} = 7,77 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_2 = 4,28 \text{ kN·m}^{-1}$$

$$F_2 = 15,05 \text{ kN}$$

$$F_1 = 22,70 \text{ kN}$$

$$F_{1,7} = 24,42 \text{ kN}$$

$$F_{1,6} = 36,04 \text{ kN}$$

$$F_{1,5} = 49,37 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = 62,70 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 75,90 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 89,23 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = 102,56 \text{ kN}$$

$$F_2 = 56,50 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty (na celý vazník)

1) Skále

$$F_1 = 7,97 \text{ kN}$$

$$F_2 = 5,03 \text{ kN}$$

$$F_3 = 5,98 \text{ kN}$$

2) Proměnné

a)  $F_1 = 22,70 \text{ kN}$   
 $F_2 = 11,35 \text{ kN}$   
 $F_3 = 15,04 \text{ kN}$

b)  $F_{1,1} = 6,50 \text{ kN}$   
 $F_{1,2} = 12,98 \text{ kN}$   
 $F_{1,3} = 19,46 \text{ kN}$   
 $F_{1,4} = 19,46 \text{ kN}$   
 $F_{1,5} = 12,98 \text{ kN}$   
 $F_{1,6} = 6,50 \text{ kN}$   
 $F_{1,7} = 1,23 \text{ kN}$   
 $F_2 = 0,41 \text{ kN}$   
 $F_3 = 1,08 \text{ kN}$

$F_{1,1} = 3,25 \text{ kN}$   
 $F_{1,2} = 6,49 \text{ kN}$   
 $F_{1,3} = 9,73 \text{ kN}$   
 $F_{1,4} = 9,73 \text{ kN}$   
 $F_{1,5} = 6,49 \text{ kN}$   
 $F_{1,6} = 3,25 \text{ kN}$

c)  $F_1 = 22,70 \text{ kN}$

$F_{1,1} = 102,56 \text{ kN}$   
 $F_{1,2} = 89,23 \text{ kN}$   
 $F_{1,3} = 75,90 \text{ kN}$   
 $F_{1,4} = 62,70 \text{ kN}$   
 $F_{1,5} = 49,37 \text{ kN}$   
 $F_{1,6} = 36,04 \text{ kN}$   
 $F_{1,7} = 24,42 \text{ kN}$   
 $F_2 = 56,50 \text{ kN}$   
 $F_3 = 15,05 \text{ kN}$

3) Vlt.  
 Podélný

a)   
 2at. s.  
 $4,0 + 4,5 = 8,5 \text{ m}$   
 F  
 $-1,14 \cdot 2,0 = -2,28 \text{ kNm}^{-1}$   
 G  
 $-0,76 \cdot 2,0 = -1,52 \text{ kNm}^{-1}$

F+H  
 $-1,14 \cdot 1,0 + (-0,44 \cdot 5,5) = -3,56 \text{ kNm}^{-1}$   
 G+H  
 $-0,76 \cdot 1,0 + (-0,44 \cdot 5,5) = -3,18 \text{ kNm}^{-1}$

b) 2at. s.  
 $13,1 \text{ m}$   
 H  
 $-0,44 \cdot 6,5 = -2,86 \text{ kNm}^{-1}$

I  
 $-0,13 \cdot 6,6 = -0,858 \text{ kNm}^{-1}$



c)  
zat. 5.

13,2 m

I

$$0,13 \cdot 13,2 = 1,72 \text{ kNm}^{-1}$$

Charakteristické hodnoty

ad a)  $\frac{F}{7,5 \text{ m}}$

155/2. 3,09

$$F_3 = -4,67 \text{ kN} / -7,30 \text{ kN}$$

$$F_2 = -2,36 \text{ kN} / -4,93 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = -7,05 \text{ kN} / -11,00 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = -7,05 \text{ kN} / -11,00 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = -4,70 \text{ kN} / -9,83 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = -4,70 \text{ kN} / -9,83 \text{ kN}$$

$$F_{1,5} = -4,70 \text{ kN} / -9,83 \text{ kN}$$

$$F_{1,6} = -4,70 \text{ kN} / -9,83 \text{ kN}$$

$$F_{1,7} = -4,70 \text{ kN} / -9,83 \text{ kN}$$

ad b)

$$F_3 = -5,86 \text{ kN} / -1,76 \text{ kN}$$

$$F_2 = -4,43 \text{ kN} / -1,33 \text{ kN}$$

$$F_1 = -8,84 \text{ kN} / -2,66 \text{ kN}$$

ad c)

$$F_3 = 3,53 \text{ kN}$$

$$F_2 = 2,67 \text{ kN}$$

$$F_1 = 5,31 \text{ kN}$$

Příčný

zat. 5.

13,2 m

$$A (L = 3,5 \cdot 3,09)$$

$$0,06 \cdot 13,2 = 0,79 \text{ kNm}^{-1}$$

$$B (L = 7 \cdot 3,09)$$

$$-0,48 \cdot 13,2 = -6,34 \text{ kNm}^{-1}$$

$$C (L = 3,5 \cdot 3,09)$$

$$-0,25 \cdot 13,2 = -4,62 \text{ kNm}^{-1}$$

Charakteristické hodnoty

$$F_2^L = 1,62 \text{ kN}$$

$$F_3^P = -9,47 \text{ kN}$$

$$F_2^L = -7,16 \text{ kN}$$

$$F_2^P = 1,22 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = 2,44 \text{ kN}$$

$$F_{1,1} = -14,28 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = 2,44 \text{ kN}$$

$$F_{1,2} = -14,28 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = 2,44 \text{ kN}$$

$$F_{1,3} = -14,28 \text{ kN}$$

$$F_{1,4} = -19,59 \text{ kN}$$

$$F_{1,5} = -19,59 \text{ kN}$$

$$F_{1,6} = -19,59 \text{ kN}$$

$$F_{1,7} = -19,59 \text{ kN}$$

Svislý přehyb

$$s_{Q,lim} = \frac{L}{250} = \frac{44100}{250} = 176 \text{ mm}$$

$$s = 79,6 \text{ mm} < 176 \text{ mm}$$

(91,0 mm)

svisl + vlnit lak

Vazník vzhoví

Charakteristické hodnoty zatížení pro 3D vazník

$F_s$ [kN]	$F_{1,1}$ [kN]	$F_{1,2}$ [kN]	$F_{1,3}$ [kN]	$F_{1,4}$ [kN]	$F_{1,5}$ [kN]	$F_{1,6}$ [kN]	$F_{1,7}$ [kN]	$F_{1,6}$ [kN]	$F_{1,5}$ [kN]	$F_{1,4}$ [kN]	$F_{1,3}$ [kN]	$F_{1,2}$ [kN]	$F_{1,1}$ [kN]	$F_2$ [kN]
---------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------

Stálé	5,98	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	5,03	na celý vaz.
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------------

Sníh a)	15,04	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	11,35	na celý vazník
Sníh b)	1,08	6,50	12,98	19,46	12,98	6,50	1,23	3,25	6,49	9,37	9,37	6,49	3,25	0,41	
Sníh c)	15,05	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	24,42	36,04	49,37	62,70	75,90	89,23	102,56	56,50	

Vítr podélný a)	-4,67	-7,05	-7,05	-4,70	-4,70	-4,70	-4,70	-4,70	-4,70	-4,70	-4,70	-4,70	-4,70	-2,36	do uzli vazníku na celý vaz.
	-7,30	-11,00	-11,00	-9,83	-9,83	-9,83	-9,83	-9,83	-9,83	-9,83	-9,83	-9,83	-9,83	-4,93	
Vítr podélný b)	-5,86	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-8,84	-4,43	
	-1,76	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-2,66	-1,33	
Vítr podélný c)	3,53	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	2,67	

Vítr příčný L	1,62	2,44	2,44	2,44	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-7,16	na celý vaz.
Vítr příčný P	-9,47	-14,28	-14,28	-14,28	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-19,59	-14,28	-14,28	-14,28	1,22	

## Vitr podélný sloup + stojka

### Sloup

a) zat. s.

$$4,0 + 4,5 = 8,5 \text{ m}$$

A

$$-0,76 \cdot 2,0 = -1,52 \text{ kNm}^{-1}$$

A+B

$$-0,76 \cdot 3,1 + (-0,70) \cdot 3,4 = -4,74 \text{ kNm}^{-1}$$

b)

zat. s.

$$13,1 \text{ m}$$

B

$$-0,70 \cdot 6,5 = -4,55 \text{ kNm}^{-1}$$

B

$$-0,70 \cdot 6,6 = -4,62 \text{ kNm}^{-1}$$

c)

zat. s.

$$13,2 \text{ m}$$

C

$$-0,32 \cdot 13,2 = -4,22 \text{ kNm}^{-1}$$

### Stojka

a)

zat. sif.

$$1,0 + 3,25 = 4,25 \text{ m}$$

A

$$-0,76 \cdot 4,25 = -3,23 \text{ kNm}^{-1}$$

b)

zat. s.

$$6,5 \text{ m}$$

B

$$-0,70 \cdot 6,5 = -4,55 \text{ kNm}^{-1}$$

c)

zat. sif.

$$6,6 \text{ m}$$

C

$$-0,32 \cdot 6,6 = -2,11 \text{ kNm}^{-1}$$

## Charakteristické hodnoty

sloup  
ad a)

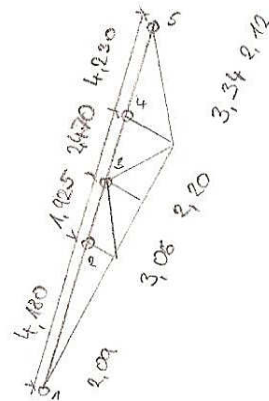
- ①  $-3,18 \text{ kN} / -9,91 \text{ kN}$
- ②  $-4,66 \text{ kN} / -14,50 \text{ kN}$
- ③  $-3,34 \text{ kN} / -10,43 \text{ kN}$
- ④  $-5,08 \text{ kN} / -15,83 \text{ kN}$
- ⑤  $-3,22 \text{ kN} / -10,05 \text{ kN}$

ad b)

- ①  $-9,51 \text{ kN} / -9,66 \text{ kN}$
- ②  $-13,92 \text{ kN} / -14,14 \text{ kN}$
- ③  $-10,01 \text{ kN} / -10,16 \text{ kN}$
- ④  $-15,20 \text{ kN} / -15,43 \text{ kN}$
- ⑤  $-9,65 \text{ kN} / -9,79 \text{ kN}$

ad c)

- ①  $-8,82 \text{ kN}$
- ②  $-12,91 \text{ kN}$
- ③  $-9,28 \text{ kN}$
- ④  $-14,09 \text{ kN}$
- ⑤  $-8,95 \text{ kN}$



stojka

ad a)

$$-3,23 \text{ kN m}^{-1}$$

ad b)

$$-4,55 \text{ kN m}^{-1}$$

ad c)

$$-2,11 \text{ kN m}^{-1}$$

Stálé zatížení

Stěnový panel

$$g_k = 0,35 \text{ kN m}^{-2}$$

$$\text{stojka} = 6,6 \text{ m}$$

$$\text{sloup} = 13,2 \text{ m}$$

$$g_{k, \text{st}} = 0,35 \cdot 6,6 = 2,31 \text{ kN m}^{-1}$$

$$g_{k, \text{sl}} = 0,35 \cdot 13,2 = 4,62 \text{ kN m}^{-1}$$

Priem' Vitr Sloup + Stojka

**L**

Sloup

zat. s.

13,2 m

D

$$0,51 \cdot 13,2 = 6,73 \text{ kNm}^{-1}$$

Stojka

zat. s.

6,6 m

E

$$-0,25 \cdot 6,6 = -1,65 \text{ kNm}^{-1}$$

**P**

E

$$-0,25 \cdot 13,2 = -3,3 \text{ kNm}^{-1}$$

D

$$0,51 \cdot 6,6 = 3,37 \text{ kNm}^{-1}$$

Charakteristické hodnoty

Sloup **L**

① 14,07 kN

② 20,59 kN

③ 14,81 kN

④ 22,48 kN

⑤ 14,27 kN

**P**

① -6,90 kN

② -10,10 kN

③ -7,16 kN

④ -11,02 kN

⑤ -7,00 kN

Stojka **L**

$$-1,65 \text{ kNm}^{-1}$$

**P**

$$3,37 \text{ kNm}^{-1}$$

- |                                       |   |     |     |
|---------------------------------------|---|-----|-----|
| 1) Stále' + Snih ✓                    | } | RC1 |     |
| 2) Stále' min + Vitr přičun' ✓        |   | }   | RC2 |
| 3) Stále' min + Vitr podélný ✓        |   |     |     |
| 4) Vitr (tlak) ✓                      |   | RC3 |     |
| 5) Stále' + Snih + 0,6 Vitr přičun' ✓ | } | RC4 |     |
| 6) Stále' + 0,5 Snih + Vitr přičun' ✓ |   |     |     |

Charakteristické hodnoty zatížení pro sloup vazníku 3D a stojku

$F_1$ [kN]	$F_2$ [kN]	$F_3$ [kN]	$F_4$ [kN]	$F_5$ [kN]
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Stálé	9,66	14,14	10,16	15,43	9,79	na celý sloup
-------	------	-------	-------	-------	------	---------------

Sníh	$\alpha > 60^\circ$					na celý sloup
------	---------------------	--	--	--	--	---------------

Vítr podélný a)	-3,18	-4,66	-3,34	-5,08	-3,22	do uzlů sloupu
	-9,91	-14,50	-10,43	-15,83	-10,05	
Vítr podélný b)	-9,51	-13,92	-10,01	-15,20	-9,65	
	-9,66	-14,14	-10,16	-15,43	-9,79	
Vítr podélný c)	-8,82	-12,91	-9,28	-14,09	-8,95	na celý sloup

Vítr příčný L	14,07	20,59	14,81	22,48	14,27	na celý sloup
Vítr příčný P	-6,90	-10,10	-7,26	-11,02	-7,00	

$F_1$ [kN/m]
-----------------

Stálé	2,31	na celou stojku
-------	------	-----------------

Sníh	$\alpha > 60^\circ$	na celou stojku
------	---------------------	-----------------

Vítr podélný a)	-3,23	na celou stojku
Vítr podélný b)	-4,55	
Vítr podélný c)	-2,11	

Vítr příčný L	-1,65	na celou stojku
Vítr příčný P	3,37	

### Posouzení prutů vazníků

prut	Tážené pruty							
	$N_{Ed}$ (tah) [kN]	Profil	A [mm <sup>2</sup> ]	i [mm]	$f_{yd}$ [MPa]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$ [-]	
S <sub>1</sub>	1389,22	TR 273x8	6660	93,7	355	2364,30	<b>0,588</b>	< 1,0
S <sub>2</sub>	178,58	TR 273x8	6660	93,7	355	2364,30	<b>0,076</b>	< 1,0
S <sub>3</sub>	581,91	TR 273x8	6660	93,7	355	2364,30	<b>0,246</b>	< 1,0
H <sub>1</sub>	178,47	TR 168x6,3	3200	57,2	355	1136,00	<b>0,157</b>	< 1,0
H <sub>2</sub>	267,49	TR 168x6,3	3200	57,2	355	1136,00	<b>0,235</b>	< 1,0
D <sub>1</sub>	593,30	TR 127x5	1916	43,2	355	680,18	<b>0,872</b>	< 1,0
D <sub>2</sub>	394,13	TR 127x5	1916	43,2	355	680,18	<b>0,579</b>	< 1,0
D <sub>3</sub>	276,90	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,66	<b>0,874</b>	< 1,0
D <sub>4</sub>	191,11	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,66	<b>0,604</b>	< 1,0
D <sub>5</sub>	153,97	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,66	<b>0,486</b>	< 1,0
D <sub>6</sub>	110,48	TR 70x3,2	672	23,6	355	238,56	<b>0,463</b>	< 1,0
D <sub>7</sub>	82,31	TR 70x3,2	672	23,6	355	238,56	<b>0,345</b>	< 1,0
D <sub>8</sub>	232,35	TR 127x5	1916	43,2	355	680,18	<b>0,342</b>	< 1,0
D <sub>9</sub>	77,60	TR 54x3,2	511	18,0	355	181,41	<b>0,428</b>	< 1,0
D <sub>10</sub>	40,14	TR 54x3,2	511	18,0	355	181,41	<b>0,221</b>	< 1,0
D <sub>11</sub>	43,92	TR 70x3,2	672	23,6	355	238,56	<b>0,184</b>	< 1,0
D <sub>12</sub>	12,05	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,075</b>	< 1,0
D <sub>13</sub>	27,06	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,168</b>	< 1,0
V <sub>1</sub>	159,22	TR 127x5	1916	43,2	355	680,18	<b>0,234</b>	< 1,0
V <sub>2</sub>	42,31	TR 127x5	1916	43,2	355	680,18	<b>0,062</b>	< 1,0
V <sub>3</sub>	49,07	TR 102x4	1232	34,7	355	437,36	<b>0,112</b>	< 1,0
V <sub>4</sub>	51,81	TR 102x4	1232	34,7	355	437,36	<b>0,118</b>	< 1,0
V <sub>5</sub>	46,20	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,66	<b>0,146</b>	< 1,0
V <sub>6</sub>	38,36	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,66	<b>0,121</b>	< 1,0
V <sub>7</sub>	8,22	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,051</b>	< 1,0
V <sub>8</sub>	31,39	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,195</b>	< 1,0
V <sub>9</sub>	4,47	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,028</b>	< 1,0
V <sub>10</sub>	32,51	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,202</b>	< 1,0
R <sub>1</sub>	45,94	TR 70x3,2	672	23,6	355	238,56	<b>0,193</b>	< 1,0
R <sub>2</sub>	39,78	TR 70x3,2	672	23,6	355	238,56	<b>0,167</b>	< 1,0
R <sub>3</sub>	29,58	TR 54x3,2	511	18,0	355	181,41	<b>0,163</b>	< 1,0
R <sub>4</sub>	22,25	TR 54x3,2	511	18,0	355	181,41	<b>0,123</b>	< 1,0
R <sub>5</sub>	14,97	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,093</b>	< 1,0
R <sub>6</sub>	9,33	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,058</b>	< 1,0
R <sub>7</sub>	6,74	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,042</b>	< 1,0
R <sub>8</sub>	55,32	TR 168x6,3	3200	57,2	355	1136,00	<b>0,049</b>	< 1,0
R <sub>9</sub>	18,84	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,117</b>	< 1,0
R <sub>10</sub>	20,11	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,125</b>	< 1,0
R <sub>11</sub>	14,78	TR 48,3x3,2	453	16,0	355	160,82	<b>0,092</b>	< 1,0
R <sub>12</sub>	333,25	TR 140x6,3	2646	47,3	355	939,33	<b>0,355</b>	< 1,0

$$N_{t,Rd} = A f_{yd}$$



Tlačené pruty											
prut	$N_{Ed}$ (tlak)	Profil	$L_{teor.}$	$L_{cr}/L$	$L_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_{rel}$	$\chi$	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	[kN]		[mm]	[-]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[-]	
S <sub>1</sub>	247,39	TR 273x8	3090	1,00	3090	32,98	0,432	0,287	678,55	<b>0,365</b>	< 1,0
S <sub>2</sub>	279,12	TR 273x8	3201	1,00	3201	34,16	0,447	0,939	2220,08	<b>0,126</b>	< 1,0
S <sub>3</sub>	793,37	TR 273x8	8462	1,00	8462	90,31	1,182	0,539	1274,36	<b>0,623</b>	< 1,0
H <sub>1</sub>	743,15	TR 168x6,3	3090	0,90	2781	48,62	0,636	0,875	994,00	<b>0,748</b>	< 1,0
H <sub>2</sub>	336,20	TR 168x6,3	4230	0,90	3807	66,56	0,871	0,750	852,00	<b>0,395</b>	< 1,0
D <sub>1</sub>	354,65	TR 127x5	5024	0,75	3768	87,22	1,142	0,567	385,66	<b>0,920</b>	< 1,0
D <sub>2</sub>	60,57	TR 127x5	5024	0,75	3768	87,22	1,142	0,567	385,66	<b>0,157</b>	< 1,0
D <sub>3</sub>	59,19	TR 82,5x3,6	5024	0,75	3768	135,05	1,768	0,279	88,35	<b>0,670</b>	< 1,0
D <sub>4</sub>	70,59	TR 82,5x3,6	5024	0,75	3768	135,05	1,768	0,279	88,35	<b>0,799</b>	< 1,0
D <sub>5</sub>	59,90	TR 82,5x3,6	5024	0,75	3768	135,05	1,768	0,279	88,35	<b>0,678</b>	< 1,0
D <sub>6</sub>	46,16	TR 70x3,2	5024	0,75	3768	159,66	2,090	0,204	48,67	<b>0,949</b>	< 1,0
D <sub>7</sub>	52,28	TR 70x3,2	5024	0,75	3768	159,66	2,090	0,204	48,67	<b>1,074</b>	< 1,0
D <sub>8</sub>	213,64	TR 127x5	5066	0,75	3800	87,95	1,151	0,560	380,90	<b>0,561</b>	< 1,0
D <sub>9</sub>	43,18	TR 54x3,2	2796	0,75	2097	116,50	1,525	0,360	65,31	<b>0,661</b>	< 1,0
D <sub>10</sub>	70,78	TR 54x3,2	2336	0,75	1752	97,33	1,274	0,482	87,44	<b>0,809</b>	< 1,0
D <sub>11</sub>	7,57	TR 70x3,2	5391	0,75	4043	171,32	2,243	0,147	35,07	<b>0,216</b>	< 1,0
D <sub>12</sub>	29,74	TR 48,3x3,2	3371	0,75	2528	158,02	2,068	0,204	32,81	<b>0,907</b>	< 1,0
D <sub>13</sub>	23,18	TR 48,3x3,2	2503	0,75	1877	117,33	1,536	0,356	57,25	<b>0,405</b>	< 1,0
V <sub>1</sub>	405,56	TR 127x5	4000	0,75	3000	69,44	0,909	0,727	494,49	<b>0,820</b>	< 1,0
V <sub>2</sub>	298,93	TR 127x5	4000	0,75	3000	69,44	0,909	0,727	494,49	<b>0,605</b>	< 1,0
V <sub>3</sub>	203,46	TR 102x4	4000	0,75	3000	86,46	1,132	0,569	248,86	<b>0,818</b>	< 1,0
V <sub>4</sub>	136,86	TR 102x4	4000	0,75	3000	86,46	1,132	0,569	248,86	<b>0,550</b>	< 1,0
V <sub>5</sub>	99,45	TR 82,5x3,6	4000	0,75	3000	107,53	1,407	0,413	130,78	<b>0,760</b>	< 1,0
V <sub>6</sub>	68,58	TR 82,5x3,6	4000	0,75	3000	107,53	1,407	0,413	130,78	<b>0,524</b>	< 1,0
V <sub>7</sub>	13,55	TR 48,3x3,2	4000	0,75	3000	187,50	2,454	0,147	23,64	<b>0,573</b>	< 1,0
V <sub>8</sub>	23,68	TR 48,3x3,2	1919	0,75	1439	89,95	1,177	0,543	87,32	<b>0,271</b>	< 1,0
V <sub>9</sub>	3,57	TR 48,3x3,2	1366	0,75	1025	64,03	0,838	0,772	124,15	<b>0,029</b>	< 1,0
V <sub>10</sub>	17,66	TR 48,3x3,2	936	0,75	702	43,88	0,574	0,897	144,25	<b>0,122</b>	< 1,0
R <sub>1</sub>	5,03	TR 70x3,2	4000	0,75	3000	127,12	1,664	0,309	73,72	<b>0,068</b>	< 1,0
R <sub>2</sub>	5,06	TR 70x3,2	4000	0,75	3000	127,12	1,664	0,309	73,72	<b>0,069</b>	< 1,0
R <sub>3</sub>	2,87	TR 54x3,2	4000	0,75	3000	166,67	2,182	0,187	33,92	<b>0,085</b>	< 1,0
R <sub>4</sub>	4,96	TR 54x3,2	4000	0,75	3000	166,67	2,182	0,187	33,92	<b>0,146</b>	< 1,0
R <sub>5</sub>	4,73	TR 48,3x3,2	4000	0,75	3000	187,50	2,454	0,136	21,87	<b>0,216</b>	< 1,0
R <sub>6</sub>	4,07	TR 48,3x3,2	4000	0,75	3000	187,50	2,454	0,136	21,87	<b>0,186</b>	< 1,0
R <sub>7</sub>	4,06	TR 48,3x3,2	4000	0,75	3000	187,50	2,454	0,136	21,87	<b>0,186</b>	< 1,0
R <sub>8</sub>	67,53	TR 168x6,3	4000	0,75	3000	52,45	0,686	0,852	967,87	<b>0,070</b>	< 1,0
R <sub>9</sub>	20,46	TR 48,3x3,2	2678	0,75	2009	125,53	1,643	0,316	50,82	<b>0,403</b>	< 1,0
R <sub>10</sub>	15,00	TR 48,3x3,2	1906	0,75	1430	89,34	1,169	0,549	88,29	<b>0,170</b>	< 1,0
R <sub>11</sub>	19,77	TR 48,3x3,2	1306	0,75	980	61,22	0,801	0,795	127,85	<b>0,155</b>	< 1,0
R <sub>12</sub>	302,18	TR 140x6,3	4163	1,00	4163	88,01	1,152	0,558	524,15	<b>0,577</b>	< 1,0

$$\lambda = L_{cr} / i$$

$$\lambda_{rel} = \lambda / \lambda_1 = \lambda / 93,9 \sqrt{f_y} / 235$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$$

$\lambda < 200$  Pozn: Mírné překročení u spodního pásu lze připustit

# Kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Os.St.+S1	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S1	1,35 1,35 1,35 1,50
Os.St.+S2	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S2	1,35 1,35 1,35 1,50
Os.St.+S3	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S3	1,35 1,35 1,35 1,50
min+Vpod1	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 Vpod1	1,00 0,64 0,64 1,50
min+Vpod2	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 Vpod2	1,00 0,98 0,99 1,50
min+VpříčL	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 VpříčL	1,00 1,00 1,00 1,50
Vtlak	Obálka - únosnost	Vtlak	1,50
min+VpříčP	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 VpříčP	1,00 1,00 1,00 1,50
Os.St.+S1+0,6VpříčL	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S1 VpříčL	1,35 1,35 1,35 1,50 0,90
Os.St.+S2+0,6VpříčL	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S2 VpříčL	1,35 1,35 1,35 1,50 0,90
Os.St.+S3+0,6VpříčL	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S3 VpříčL	1,35 1,35 1,35 1,50 0,90
Os.St.+S1+0,6VpříčP	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S1 VpříčP	1,35 1,35 1,35 1,50 0,90
Os.St.+S2+0,6VpříčP	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S2 VpříčP	1,35 1,35 1,35 1,50 0,90
Os.St.+S3+0,6VpříčP	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S3 VpříčP	1,35 1,35 1,35 1,50 0,90
Os.St.+0,5S1+VpříčL	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S1 VpříčL	1,35 1,35 1,35 0,75 1,50
Os.St.+0,5S1+VpříčP	Obálka - únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S1 VpříčP	1,35 1,35 1,35 0,75 1,50

\*Stužská veze\* \*Stužská veze\* \*Stužská veze\* \*Stužská veze\* \*Stužská veze\* \*Stužská veze

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
*Střípská veze* Os. St.+0,5S1+VpřičP	*Střípská veze* únosnost	Ost.St.1 S1 VpřičP	1,35 0,75 1,50
*Střípská veze* Os. St.+0,5S2+VpřičP	*Střípská veze* únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S2 VpřičL	1,35 1,35 1,35 0,75 1,50
*Střípská veze* Os. St.+0,5S2+VpřičP	*Střípská veze* únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S2 VpřičP	1,35 1,35 1,35 0,75 1,50
*Střípská veze* Os. St.+0,5S3+VpřičP	*Střípská veze* únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S3 VpřičL	1,35 1,35 1,35 0,75 1,50
*Střípská veze* Os. St.+0,5S3+VpřičP	*Střípská veze* únosnost	VI.T. Ost.St. Ost.St.1 S3 VpřičP	1,35 1,35 1,35 0,75 1,50

## Skupiny výsledků

Jméno	Výpis
<del>*Stužská verze* *Stužská verze* *Stužská verze* *Stužská verze* *Stužská</del>	
RC1	Os.St.+S1 - Obálka - únosnost Os.St.+S2 - Obálka - únosnost Os.St.+S3 - Obálka - únosnost
RC2	min+Vpod1 - Obálka - únosnost min+Vpod2 - Obálka - únosnost min+Vpříčl - Obálka - únosnost min+VpříčP - Obálka - únosnost
RC3	Vlak - Obálka - únosnost
RC4	Os.St.+S1+0,6Vpříčl - Obálka - únosnost Os.St.+S1+0,6VpříčP - Obálka - únosnost Os.St.+S2+0,6Vpříčl - Obálka - únosnost Os.St.+S2+0,6VpříčP - Obálka - únosnost Os.St.+S3+0,6Vpříčl - Obálka - únosnost Os.St.+S3+0,6VpříčP - Obálka - únosnost Os.St.+0,5S1+Vpříčl - Obálka - únosnost Os.St.+0,5S1+VpříčP - Obálka - únosnost Os.St.+0,5S2+Vpříčl - Obálka - únosnost Os.St.+0,5S2+VpříčP - Obálka - únosnost Os.St.+0,5S3+Vpříčl - Obálka - únosnost Os.St.+0,5S3+VpříčP - Obálka - únosnost

Stužská verze

## Návrh sloupů (nejnáma'hanější)

Zat. od stropnic a průvlaků

Pravý sloup (obyčejný)

stálé zat.

$$11,288 \cdot 7,5 \cdot 3 \Rightarrow g_k = 253,98 \text{ kN} \xrightarrow{1,35} g_d = 342,873 \text{ kN}$$

proměnné zat.

$$13,340 \cdot 7,5 \cdot 3 \Rightarrow q_k = 300,15 \text{ kN} \xrightarrow{1,5} q_d = 450,225 \text{ kN}$$

Střední sloup (příhradový)  
směr 1D vzhůru

stálé zat.

$$11,288 \cdot 5,0 \cdot 1 \cdot \frac{2,0}{2,3} \Rightarrow g_k^{(1)} = 49,58 \text{ kN}$$

$$11,288 \cdot 5,0 \cdot 1 \cdot \frac{3,3}{2,3} \Rightarrow g_k^{(2)} = 81,23 \text{ kN}$$

$$11,288 \cdot 5,0 \cdot 1 \cdot \frac{3,25}{2,3} \Rightarrow g_k^{(3)} = 80,09 \text{ kN}$$

proměnné zat.

$$13,340 \cdot 5,0 \cdot 1 \cdot \frac{2,0}{2,3} \Rightarrow q_k^{(1)} = 58,00 \text{ kN}$$

$$13,340 \cdot 5,0 \cdot 1 \cdot \frac{3,3}{2,3} \Rightarrow q_k^{(2)} = 95,70 \text{ kN}$$

$$13,340 \cdot 5,0 \cdot 1 \cdot \frac{3,25}{2,3} \Rightarrow q_k^{(3)} = 94,25 \text{ kN}$$

Směr 3D vzhůru

stálé zat.

$$11,288 \cdot 7,5 \cdot 1 \cdot \frac{3,15}{2,3} \Rightarrow g_k = 113,80 \text{ kN}$$

proměnné zat.

$$13,340 \cdot 7,5 \cdot 1 \cdot \frac{3,15}{2,3} \Rightarrow q_k = 137,03 \text{ kN}$$

Střední sloup (HEB průřez - příhradový)

$$I_y = \frac{150 \cdot w_{k,mean} H^3}{8 \cdot E}$$

$$I_{y,min} = \frac{150 \cdot 3,8 \cdot 12755^3}{8 \cdot 210 \cdot 10^2} = 704,06 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\text{HEB 450} \quad I_y = 798,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\textcircled{A} \begin{cases} N_{Ed} = 1113,49 + 32,86 + 714,36 = 1860,71 \text{ kN} \\ M_{Ed} = 221,03 \text{ kNm} \end{cases}$$

$$\textcircled{B} \begin{cases} M_{Ed} = 630,41 + 5,03 + 0,2 = 635,64 \text{ kNm} \\ N_{Ed} = 502,39 + 32,89 + 0,7 = 535,98 \text{ kN} \end{cases}$$

Vzperné delky

①

$$L_{cr1} = L_{cr2} = 3,665 \text{ m}$$

②

$$L_{cr1} = L_{cr2} = 2,330 \text{ m}$$

Stihlosti

$$\lambda_1 = \frac{L_{cr1}}{i_1} = \frac{3,665 \cdot 10^3}{191,4} = 19,07$$

$$\lambda_2 = \frac{L_{cr2}}{i_2} = \frac{3,665 \cdot 10^3}{73,3} = 49,80$$

$$\lambda_1 = \frac{2,330 \cdot 10^3}{191,4} = 12,25$$

$$\lambda_2 = \frac{2,330}{73,3} = 37,22$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{235/235} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_1} = \frac{19,07}{93,9} = 0,203 \rightarrow \chi_y = 0,999$$

$$\bar{\lambda}_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{49,80}{93,9} = 0,530 \rightarrow \chi_z = 0,871$$

HEB 450

y-y a

z-z b

$$\bar{\lambda}_1 = \frac{12,25}{93,9} = 0,130 \rightarrow \chi_y = 1,0$$

$$\bar{\lambda}_2 = \frac{37,22}{93,9} = 0,396 \rightarrow \chi_z = 0,926$$

Určeni krit. momentu  $M_{cr}$

$$L^0 = 3,65 \text{ m}$$

$$k_2 = 0,7 \quad C_{1,0} = 2,33 \quad C_{1,1} = 2,68$$

$$k_w = 1,0$$

$$\alpha_{wkt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{E I_w}{G I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 3665} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 5258 \cdot 10^8}{81 \cdot 10^9 \cdot 4405 \cdot 10^3}} = 1,51$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \alpha_{wkt} = 2,33 + (2,68 - 2,33) \cdot 1,51 = 2,85 \neq 2,68$$

$$C_1 = 2,68$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_2} \sqrt{1 + \alpha_{wkt}^2} = \frac{2,68}{0,7} \sqrt{1 + 1,51^2} = 6,934$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{E I_t G I_t}}{L} = 6,934 \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 1172 \cdot 10^8 \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 4405 \cdot 10^3}}{3665} = 17686 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3982 \cdot 10^6 \cdot 235}{17686 \cdot 10^6}} = 0,23$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,53 + \sqrt{0,53^2 - 0,23^2}} = 3,95 \neq 1,0 \rightarrow \chi_{LT} = 1,0$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,21 (0,23 - 0,2) + 0,23^2] = 0,53$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,6$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \left( 1 + (\bar{\alpha}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\alpha_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\alpha_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,6 \left( 1 + (0,203 - 0,2) \frac{1860,71 \cdot 10^3}{0,999 \cdot 21800 \cdot 235 / 1,0} \right) \\ 0,6 \left( 1 + 0,8 \frac{1860,71 \cdot 10^3}{0,999 \cdot 21800 \cdot 235 / 1,0} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,6 \\ 0,77 \end{array} \right\} = 0,6$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \bar{\alpha}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\alpha_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\alpha_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot 0,53}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{1860,71 \cdot 10^3}{0,871 \cdot 21800 \cdot 235 / 1,0} \\ 1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{1860,71 \cdot 10^3}{0,871 \cdot 21800 \cdot 235 / 1,0} \end{array} \right\}$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,94 \\ 0,88 \end{array} \right\} = 0,94$$

Podmínka spolehlivosti

$$\frac{N_{Ed}}{\alpha_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\alpha_{LT} M_{y,Rk}} = \frac{1860,71 \cdot 10^3}{0,999 \cdot 21800 \cdot 235} + 0,6 \frac{221,03 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 3982 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,26 + 0,14 = 0,50$$

$$\frac{N_{Ed}}{\alpha_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{z,Ed}}{\alpha_{LT} M_{z,Rk}} = \frac{1860,71 \cdot 10^3}{0,871 \cdot 21800 \cdot 235} + 0,94 \frac{221,03 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 3982 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,42 + 0,22 = 0,64$$

$$0,50 < 1,0$$

$$0,64 < 1,0$$

Sloup ve spodní části  
vyhoví

$$L^{\text{II}} = 2,330 \text{ m}$$

$$k_z = 0,7 L$$

$$k_w = 1,0$$

$$\alpha_{LT} = 1,0$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,6$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,59 \\ 0,65 \end{array} \right\} = 0,59$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,98 \\ 0,96 \end{array} \right\} = 0,98$$

$$\frac{535,98 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 21800 \cdot 235} + 0,59 \frac{635,64 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 3982 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,10 + 0,40 = 0,50$$

$$\frac{535,98 \cdot 10^3}{0,906 \cdot 21800 \cdot 235} + 0,98 \frac{635,64 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 3982 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,11 + 0,67 = 0,78$$

$$0,5 < 1,0$$

$$0,78 < 1,0$$

Sloup v horní části  
vyhoví

$$\delta_{lim} = \frac{h}{150} = \frac{12755}{150} = 85,0 \text{ mm}$$

$$\delta = 53 \text{ mm} < 85,0 \text{ mm}$$

Sloup HEB 450 v<sub>2</sub> horní

Pravý sloup (obě strany)

zjednodušený návrh

$$\textcircled{1} N_{Ed} = 1792,05 + 12,53 = 1804,58 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 136,43 + 65,48 = 201,91 \text{ kNm}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,665 \text{ m}$$

$$\textcircled{2} N_{Ed} = 178,52 + 12,53 = 191,05 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 81,74 + 39,23 = 120,97 \text{ kNm}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 5,465 \text{ m}$$

HEB 320

$$\textcircled{1} \lambda_y = \frac{3665}{158,2} = 23,19$$

$$\lambda_z = \frac{3665}{75,7} = 48,15$$

$$\textcircled{2} \lambda_y = \frac{5455}{158,2} = 34,48$$

$$\lambda_z = \frac{5455}{75,7} = 72,07$$

$$\lambda_1 = 48,15$$

$$y-y = b$$

$$z-z = c$$

$$\textcircled{1} \bar{\lambda}_y = 0,30 \rightarrow 0,964 = \alpha_y$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,51 \rightarrow 0,857 = \alpha_z$$

$$\textcircled{2} \bar{\lambda}_y = 0,45 \rightarrow 0,906 = \alpha_y$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,77 \rightarrow 0,681 = \alpha_z$$

$$\rightarrow \alpha_{LT} = 1,0$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,6$$

$$\textcircled{1} k_{y2} = \begin{Bmatrix} 0,63 \\ 0,85 \end{Bmatrix} = 0,63$$

$$k_{z2} = \begin{Bmatrix} 0,91 \\ 0,82 \end{Bmatrix} = 0,91$$

$$\textcircled{2} k_{y2} = \begin{Bmatrix} 0,61 \\ 0,63 \end{Bmatrix} = 0,61$$

$$k_{z2} = \begin{Bmatrix} 0,99 \\ 0,98 \end{Bmatrix} = 0,99$$



$$\frac{1804,58 \cdot 10^3}{0,964 \cdot 16150 \cdot 235} + 0,63 \cdot \frac{201,91 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 2149 \cdot 235} = 0,49 + 0,25 = 0,74 < 1,0$$

$$\frac{1804,58 \cdot 10^3}{0,837 \cdot 16150 \cdot 235} + 0,91 \cdot \frac{201,91 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 2149 \cdot 235} = 0,57 + 0,36 = 0,93 < 1,0$$

HEB 340  $\approx$  0,86

$$\frac{191,05 \cdot 10^3}{0,906 \cdot 16150 \cdot 235} + 0,61 \cdot \frac{120,97 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 2149 \cdot 235} = 0,06 + 0,15 = 0,21$$

$$\frac{191,05 \cdot 10^3}{0,681 \cdot 16150 \cdot 235} + 0,99 \cdot \frac{120,97 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 2149 \cdot 235} = 0,07 + 0,24 = 0,31$$

$$\delta_{lim} = \frac{H}{150} = 85 \text{ mm}$$

$$\delta = 56 \text{ mm} < 85 \text{ mm}$$

Stoup HEB 340 vyhoví

Návrh příkle v příhradovém středovém sloupu



$$N_{Ed} = 217,57 + 13,95 = 231,52 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,up} = 18,31 + 0,5 = 18,81 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,up} = 45,25 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,kr} = 15,52 + 0,26 = 15,78 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,kr} = 0 \text{ kNm}$$

Stíhlosti

HEA 260  $y-y = b$

$z-z = c$

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{2000}{109,7} = 18,23$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ez}}{i_z} = \frac{4000}{65,0} = 61,54$$

} příklel - uložení 1D vazníků

$$\lambda_1 = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{18,23}{93,9} = 0,19 \rightarrow \chi_y = 1,000$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{61,54}{93,9} = 0,66 \rightarrow \chi_z = 0,749$$

Kritický moment

$$K_y = 0,5$$

$$K_z = 1,0$$

$$K_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 1,68$$

$$C_{1,1} = 1,73$$

$$\alpha_{w,et} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{10,4000} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 516,4 \cdot 10^6}{81 \cdot 10^3 \cdot 523,7}} = 1,26$$

$$C_1 = C_{1p} + (C_{11} - C_{10}) \alpha_{wLz}$$

$$C_1 = 1,68 + (1,73 - 1,68) 1,26 = 1,74 \approx 1,73$$

$$C_1 = 1,73$$

$$\sigma_{cr} = \frac{C_1}{k_2} \sqrt{1 + \beta_{rel}^2} = \frac{1,73}{1,0} \sqrt{1 + 1,26^2} = 2,78$$

$$M_{cr} = \sigma_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_z}}{L} = 2,78 \cdot \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 36,68 \cdot 10^6 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 523,7 \cdot 10^3}}{4000}$$

$$M_{cr} = 1248,08 \text{ kNm}$$

$$\bar{\eta}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_0}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{919,8 \cdot 10^3 \cdot 235}{1248,08 \cdot 10^6}} = 0,42$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\eta}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,42^2}} = 0,95 \leq 1,0$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \beta_{LT} (\bar{\eta}_{LT} - 0,2) + \bar{\eta}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,21 (0,42 - 0,2) + 0,42^2] = 0,61$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 1,0$$

$$C_{mz} = C_{mLT} = 0,9$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \left( 1 + (\bar{\eta}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right), C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right\} = \min \left\{ 1,0 \left( 1 + (0,19 - 0,2) \frac{231,52 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 8680 \cdot 235} \right), 1,0 \left( 1 + 0,8 \frac{231,52 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 8680 \cdot 235} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,999, 1,09 \right\} = 0,999$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,665$$

$$k_{zy} = \max \left\{ 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\eta}_z}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}, 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right\} = \max \left\{ 1 - \frac{0,1 \cdot 0,66}{1 - 0,25} \cdot \frac{231,52 \cdot 10^3}{0,749 \cdot 8680 \cdot 235}, 1 - \frac{0,1}{1 - 0,25} \cdot \frac{231,52 \cdot 10^3}{0,749 \cdot 8680 \cdot 235} \right\}$$

$$= \max \left\{ 0,987, 0,920 \right\} = 0,987$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\eta}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right), C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right\} = \min \left\{ 1 + (2 \cdot 0,66 - 0,6) \frac{231,52 \cdot 10^3}{0,749 \cdot 8680 \cdot 235}, 1 + 1,4 \frac{231,52 \cdot 10^3}{0,749 \cdot 8680 \cdot 235} \right\}$$

$$\min \left\{ 1,109, 1,212 \right\} = 1,109$$

Podmínka spolehlivosti

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

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

$$\frac{231,52}{1,0 \cdot 8,68 \cdot 225} + 0,999 \frac{19,31}{0,95 \cdot 0,9998 \cdot 225} + 0,665 \frac{45,25}{0,4202 \cdot 225} = 0,11 + 0,09 + 0,50 = 0,5 \leq 1,0$$

$$\frac{231,52}{0,749 \cdot 8,68 \cdot 225} + 0,987 \frac{19,31}{0,95 \cdot 0,9998 \cdot 225} + 1,109 \frac{45,25}{0,4202 \cdot 225} = 0,15 + 0,09 + 0,50 = 0,74 \leq 1,0$$

Navržená příčel vyhoví

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{4000}{250} = 16 \text{ mm}$$

$$\delta = 3,4 \text{ mm} < 16 \text{ mm}$$

Příčel HEA 260 vyhoví

Ostatní příčle

$$N_{Ed} = 231,52 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 19,31 \text{ kNm}$$

IPE 240

$$b-y = a$$

$$z-z = b$$

Slabkost

$$\lambda_y = \frac{L_{ery}}{i_y} = \frac{2000}{99,7} = 20,06$$

$$\lambda_z = \frac{L_{erz}}{i_z} = \frac{4000}{26,9} = 148,70$$

$$\lambda_1 = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{20,06}{93,9} = 0,21 \rightarrow \chi_y = 0,998$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{148,70}{93,9} = 1,58 \rightarrow \chi_z = 0,314$$

$$k_y = 0,5; k_z = 1,0; k_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 1,68; C_{1,1} = 1,73$$

$$\alpha_{k_{wE}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 4000} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 37,59 \cdot 10^6}{81 \cdot 10^3 \cdot 128,8}} = 0,68$$

$$C_1 = 1,68 + (1,73 - 1,68) \cdot 0,68 = 1,71 < 1,73$$

$$C_1 = 1,71$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,71}{1,0} \sqrt{1 + 0,68^2} = 2,07$$

$$M_{ct} = 2,07 \frac{\pi \sqrt{240 \cdot 10^3 \cdot 2,836 \cdot 10^6 \cdot 81 \cdot 10^2 \cdot 128,8 \cdot 10^2}}{4000} = 128,15 \text{ kNm}$$

$$\bar{\eta}_{LT} = \sqrt{\frac{366,6 \cdot 10^3 \cdot 235}{128,15 \cdot 10^6}} = 0,82$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,90 + \sqrt{0,90^2 - 0,82^2}} = 0,79 \leq 1,0$$

$$\phi_{LT} = 0,90$$

$$k_{y3} = \left\{ \begin{array}{l} 1,00 \\ 1,20 \end{array} \right\} = 1,00$$

$$k_{z3} = \left\{ \begin{array}{l} 0,83 \\ 0,89 \end{array} \right\} = 0,89$$

Podmínka spolehlivosti

$$\frac{231,52}{0,998 \cdot 3,912 \cdot 235} + 1,0 \frac{19,21}{0,79 \cdot 0,2666 \cdot 235} = 0,25 + 0,28 = 0,53$$

$$\frac{231,52}{0,514 \cdot 3,912 \cdot 235} + 0,89 \frac{19,21}{0,79 \cdot 0,2666 \cdot 235} = 0,8 + 0,25 = 1,05$$

$$\approx 0,7 + 0,2 = 0,9 \text{ IPE 270}$$

$$\sigma \ll \sigma_{lim}$$

Průčel IPE 270 vyhoví

Návrh diagonál v příhradovém středovém sloupu

Hak

$$① L = 3,383 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 171,23 + 9,12 + 0,1 = 180,45 \text{ kN}$$

$$② L = 4,162 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 92,69 + 0,32 + 188,52 = 281,53 \text{ kN}$$

$$A_{min} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M2}}{\chi \cdot f_d}$$

$$A_{min}^{①} = \frac{180,45}{0,5 \cdot 235} = 1535,74 \text{ mm}^2$$

$$A_{min}^{②} = \frac{281,53}{0,5 \cdot 235} = 2396,00 \text{ mm}^2$$

$$L_{cr}^{(1)} = 0,9 \cdot 3383 = 3045 \text{ mm}$$

$$L_{cr}^{(2)} = 0,9 \cdot 4162 = 3746 \text{ mm}$$

$$A^{(1)} \rightarrow 82,5 \times 8$$

$$A^{(2)} \rightarrow 108 \times 8$$

$$\lambda^{(1)} = \frac{L}{i} = \frac{3045}{26,5} = 114,91$$

$$\lambda^{(2)} = \frac{3746}{35,5} = 105,52$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_0}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}^{(1)} = \frac{114,91}{93,9} = 1,22 \rightarrow \chi = 0,518$$

$$\bar{\lambda}^{(2)} = \frac{105,52}{93,9} = 1,12 \rightarrow \chi = 0,582$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_0}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd}^{(1)} = \frac{0,518 \cdot 1,872 \cdot 235}{1,0} = 227,88 \text{ kN} > 180,45 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd}^{(2)} = \frac{0,582 \cdot 2,513 \cdot 235}{1,0} = 343,70 \text{ kN} > 281,53 \text{ kN}$$

Navržené diagonály vyhoví

tr. 82,5 × 8

tr. 108 × 8

# Návrh kotvení sloupu vazníku (vlevo)

sklon patky =  $14,2^\circ$  od svislice

$$N_{Ed} = 612,99 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 144,39 \text{ kN}$$

$$N_{Ed, \min} = 161,76 \text{ kN}$$

Sloup TR 273x8



$$\sigma_{\max} = 355 \text{ MPa}$$

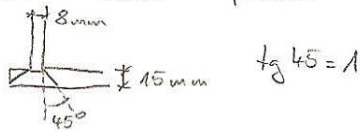
$$A_{\min} = ?$$

$$A_{\min} = \frac{612,99}{355000}$$

$$A_{\min} = 1726,73 \text{ mm}^2$$

roznašecí úhel  $45^\circ$

- závarový plech P15
- svar  $a=6 \text{ mm} \rightarrow$  přesah  $7 \text{ mm}$



$$8 + 15 + 7 = 30 \text{ mm}$$

únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M_2} \geq F_{v,Ed}$$

únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M_0} \geq F_{b,Ed}$$

únosnost čepu v ohybu

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{sp} / \gamma_{M_0} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} (b + 4c + 2a)$$

čep + konstrukce S 355  $\rightarrow f_u = 490 \text{ MPa}$

$$\rightarrow A_{\min} = 2606 \text{ mm}^2 \rightarrow d_{\min} = 58 \text{ mm}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$W_{el} = \frac{I}{x/2} = \frac{\pi d^4}{64} \cdot \frac{2}{d} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 60^3}{32} = 21,206 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$26,961 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \frac{60^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0,49 / 1,25 = 665,01 \text{ kN} > 613,00 \text{ kN} \quad (780,47 \text{ kN})$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot 20 \cdot 60 \cdot 0,35 / 1,0 = 630,00 \text{ kN} < 613,00 \text{ kN} \rightarrow d = 65 \text{ mm} \quad (653,25 \text{ kN})$$

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot 21,206 \cdot 10^3 \cdot 0,35 / 1,0 = 10,66 \text{ kNm} \quad (13,55 \text{ kNm})$$

$$M_{Ed} = \frac{613}{8} (20 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 20) = 5,67 \text{ kNm}$$

Shrnutí

Čep S 355

$d = 65 \text{ mm}$

Plech S 355

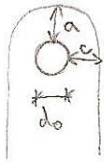
$t = 20 \text{ mm}$

$$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$$

$$\left[ \frac{5,67}{12,55} \right]^2 + \left[ \frac{613,00}{789,47} \right]^2 \leq 1$$

$$0,79 \leq 1$$

Geometrické požadavky



$$d_0 = 70 \text{ mm}$$

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$c = 70 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M_0}}{2t \cdot f_y} + \frac{2d_0}{3}$$

$$a \geq \frac{613 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 70}{3}$$

$$a \geq 89,84 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M_0}}{2t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3}$$

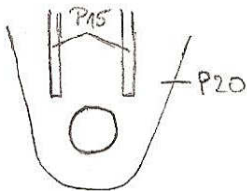
$$c \geq \frac{613 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 355} + \frac{70}{3}$$

$$c \geq 66,50 \text{ mm}$$

Posouzení přenosu napětí

$$A_{min} = 1726,73 \text{ mm}^2$$

$$A = 30 \cdot 20 \cdot 2 + 4 \cdot 30 \cdot 15 = 3000 \text{ mm}^2$$



Smyková zarážka

$$V_{Ed} = 144,39 \text{ kN}$$

$$N_{Ed, min} = 161,76 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = V_{Ed} - C_{Ed} N_{c,Ed} = 144,39 - 0,2 \cdot 161,76$$

$$F_{v,Ed} = 112,04 \text{ kN}$$

$$h > \frac{F_{v,Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{112,04}{140 \cdot \frac{16}{1,5}} = 75,03 \text{ mm} \rightarrow h = 80 \text{ mm (novší o podléhí malton 40 mm, -tato část nepřekřší smyk. sílu)}$$

HEA 140

svar  $a = 4 \text{ mm}$

### Zatížení na prolamovanou stropnici ANGELINA

a) Provozní stádium

z.š. = 2,30m

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_G$	$g_d$ [kN/m]
Vlastní tíha stropnice (IPE 450)	0,776	1,35	1,048
Tr. plech (50/260/0,88)	0,219		0,295
Betonová deska (tl. 0,117mm)	6,728		9,083
Podlaha	2,990		4,037
Podhled	0,575		0,776
Celkem	11,288		15,238

Proměnné zatížení	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$q_d$ [kN/m]
Užitné zatížení	11,500	1,5	17,250
Přemístitelné příčky	1,840		2,760
Celkem	13,340		20,010

b) Montážní stádium

z.š. = 2,30m

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_G$	$g_d$ [kN/m]
Vlastní tíha stropnice (IPE 450)	0,776	1,35	1,048
Tr. plech (50/260/0,88)	0,219		0,295
Betonová deska (tl. 0,117mm)	6,997		9,446
Celkem	7,992		10,789

Proměnné zatížení	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$q_d$ [kN/m]
Na délce 3m	3,450	1,5	5,175
Jinde	1,725		2,588



### Zatížení na prolamovanou stropnici ANGELINA

a) Provozní stádium

z.š. = 2,05m

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_G$	$g_d$ [kN/m]
Vlastní tíha stropnice (IPE 450)	0,776	1,35	1,048
Tr. plech (50/260/0,88)	0,195		0,263
Betonová deska (tl. 0,117mm)	5,996		8,095
Podlaha	2,665		3,598
Podhled	0,513		0,692
Celkem	10,144		13,695

Proměnné zatížení	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$q_d$ [kN/m]
Užitné zatížení	10,250	1,5	15,375
Přemístitelné příčky	1,640		2,460
Celkem	11,890		17,835

b) Montážní stádium

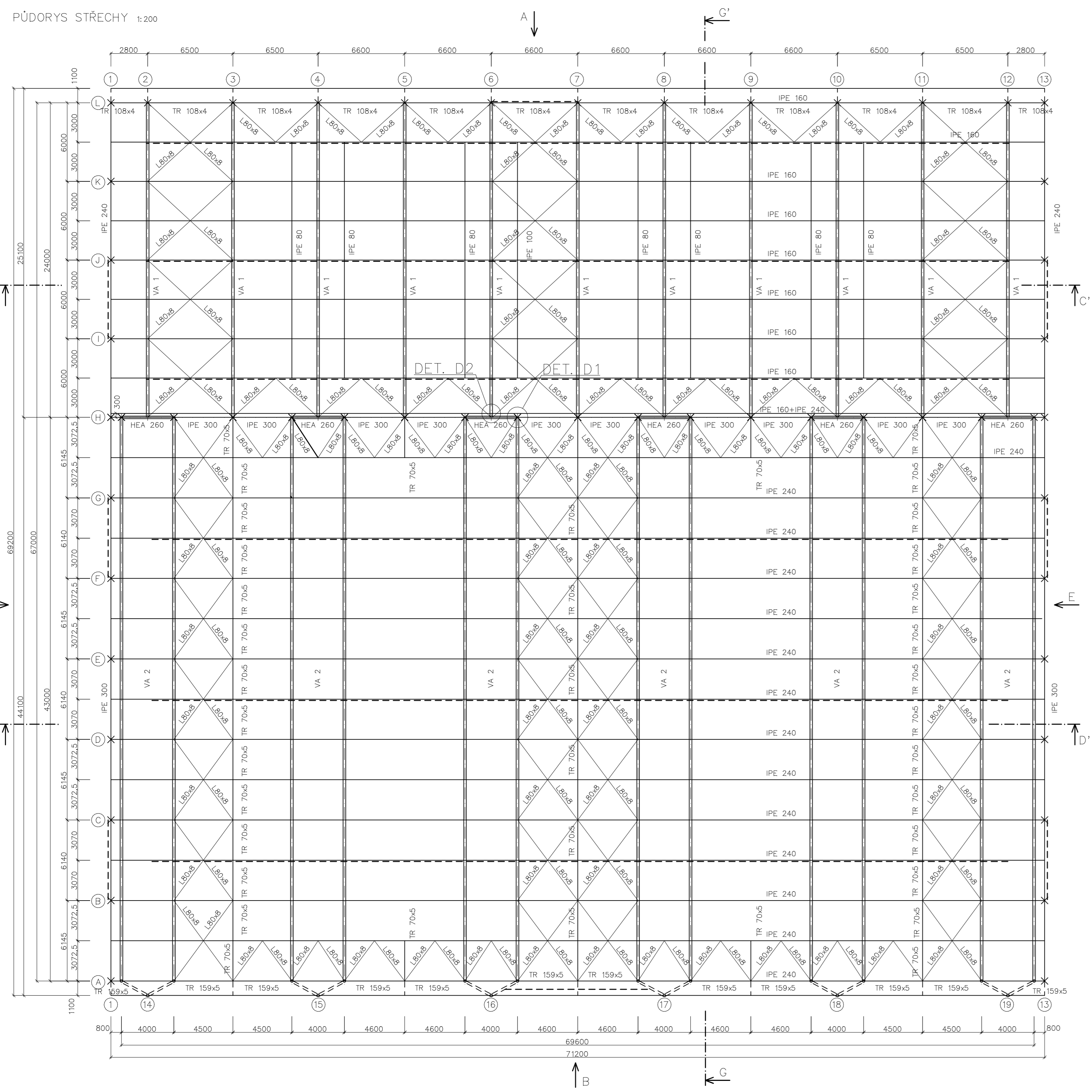
z.š. = 2,05m

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma_G$	$g_d$ [kN/m]
Vlastní tíha stropnice (IPE 450)	0,776	1,35	1,048
Tr. plech (50/260/0,88)	0,195		0,263
Betonová deska (tl. 0,117mm)	6,236		8,419
Celkem	7,207		9,729

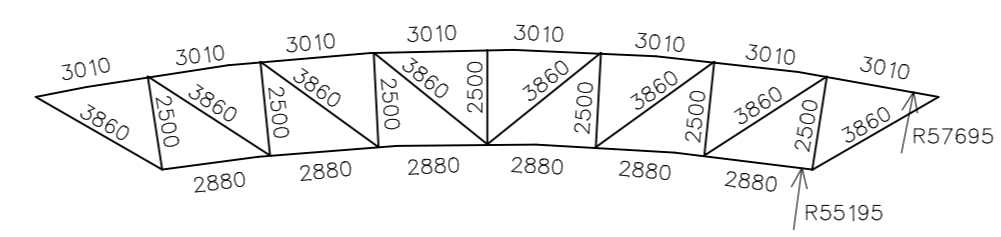
Proměnné zatížení	$q_k$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$q_d$ [kN/m]
Na délce 3m	3,075	1,5	4,613
Jinde	1,538		2,306

## LITERATURA

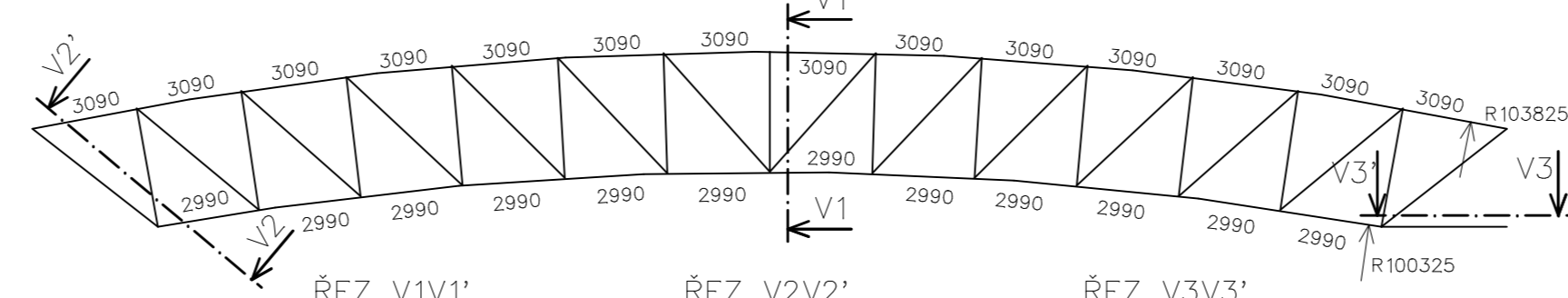
- [1] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [2] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem, zatížení větrem
- [3] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- [4] ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [5] ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-8: Spoje
- [6] ČSN EN 1994-1-1, Eurokód 4: Navrhování ocelobetonových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] Studnička, J.: Ocelové konstrukce - Normy, ČVUT PRAHA, 2008
- [8] Vraný, T. – Wald, F.: Ocelové konstrukce – Tabulky, ČVUT PRAHA, 2008
- [9] Studnička, J.: Ocelové konstrukce, ČVUT PRAHA, 2004
- [10] Studnička, J. – Macháček, J.: Ocelové konstrukce 2, ČVUT PRAHA, 2005
- [11] Eliášová, M. – Sokol, Z.: Ocelové konstrukce – Příklady, ČVUT PRAHA, 2008
- [12] Vraný, T. – Jandera, M. – Eliášová, M.: Ocelové konstrukce 2 – Cvičení, ČVUT PRAHA, 2009
- [13] softvér ANGELINA v 1.01 (licencováno na Ivo Schwarz)
- [14] softvér SPIRIT 2009 (licencováno na Ivo Schwarz)
- [15] softvér SCIA ENGINEER 2011.1 (licencováno na Ivo Schwarz)



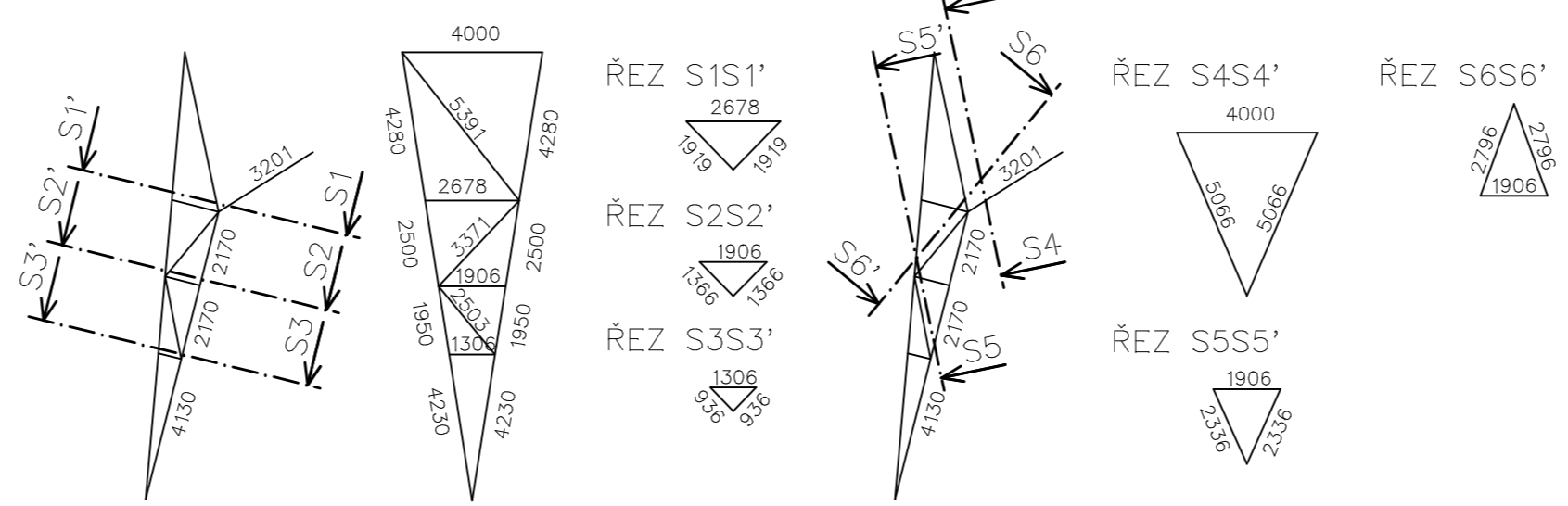
GEOMETRICKÉ SCHÉMA VAZNIČKY VA 1



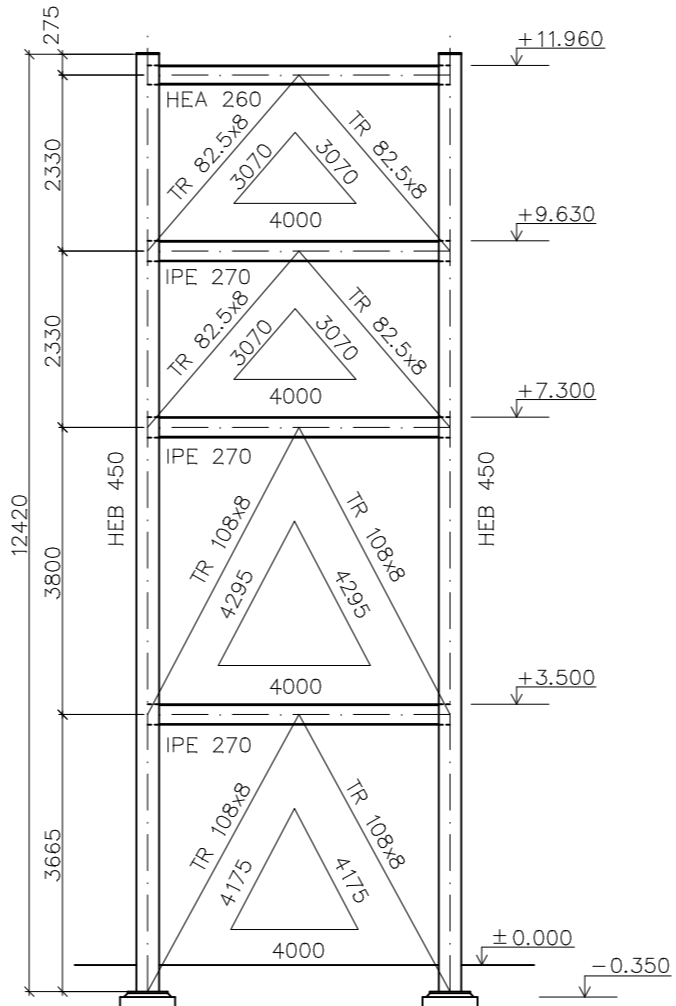
GEOMETRICKÉ SCHÉMA VAZNIČKY VA 2



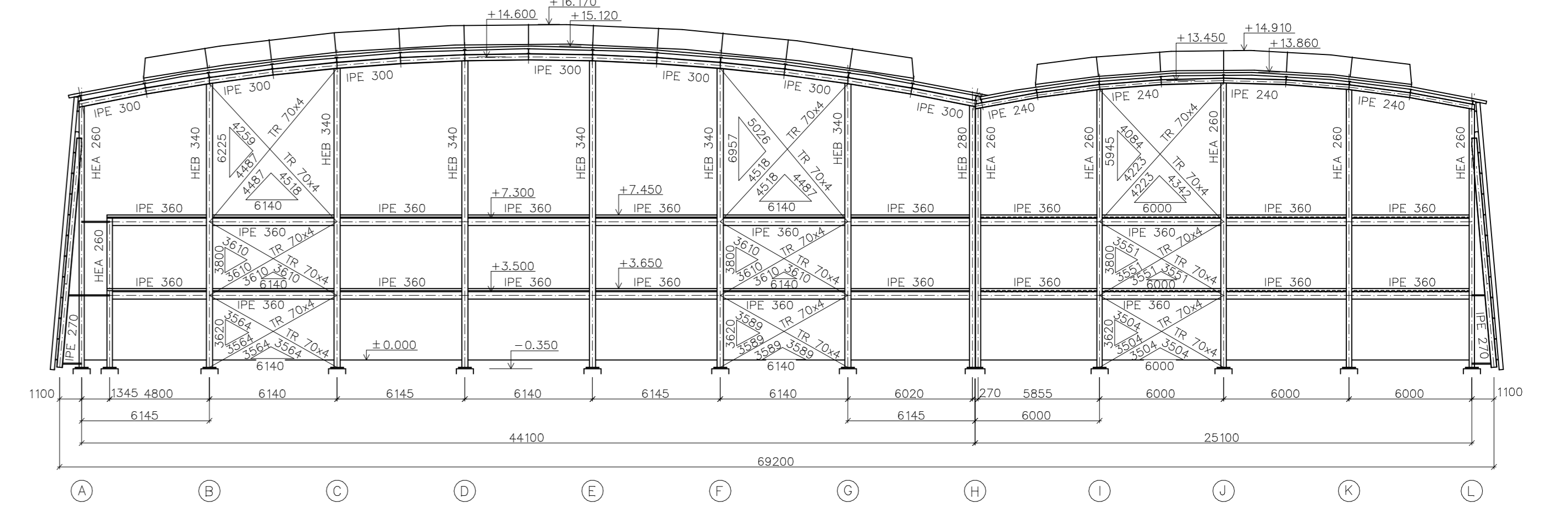
GEOMETRICKÉ SCHÉMA SLOUPU VAZNIČKY VA 2



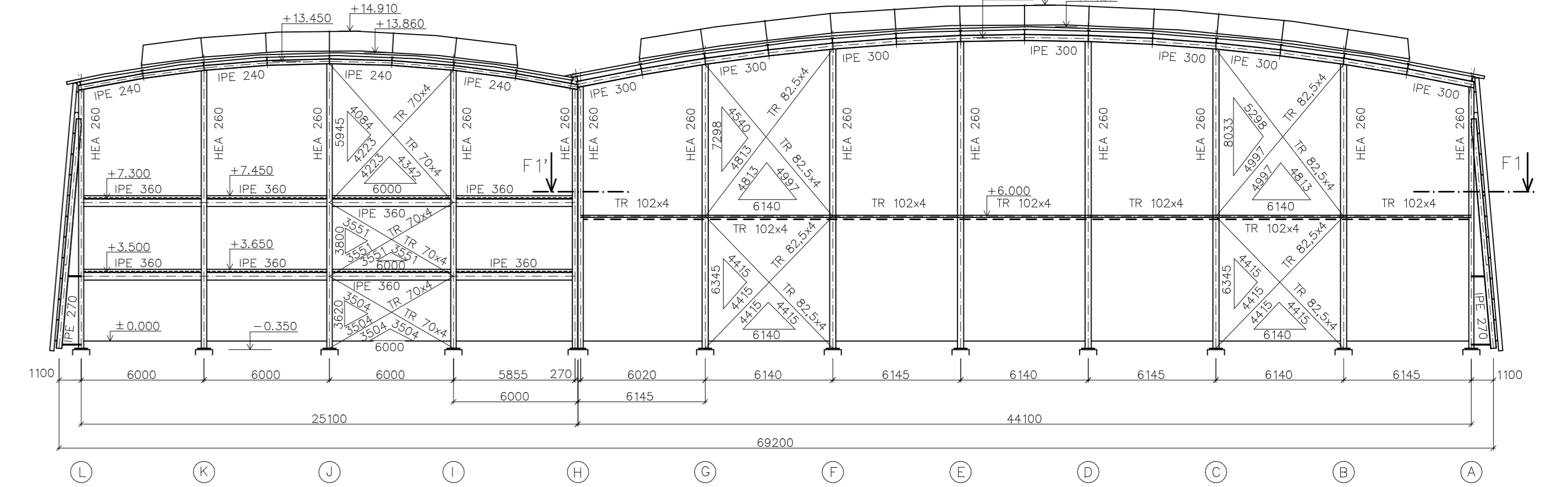
STŘEDOVÝ PŘÍHRADOVÝ SLOUP PRO VAZNIČKY 1:100



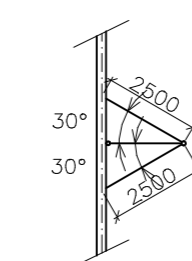
POHLED E



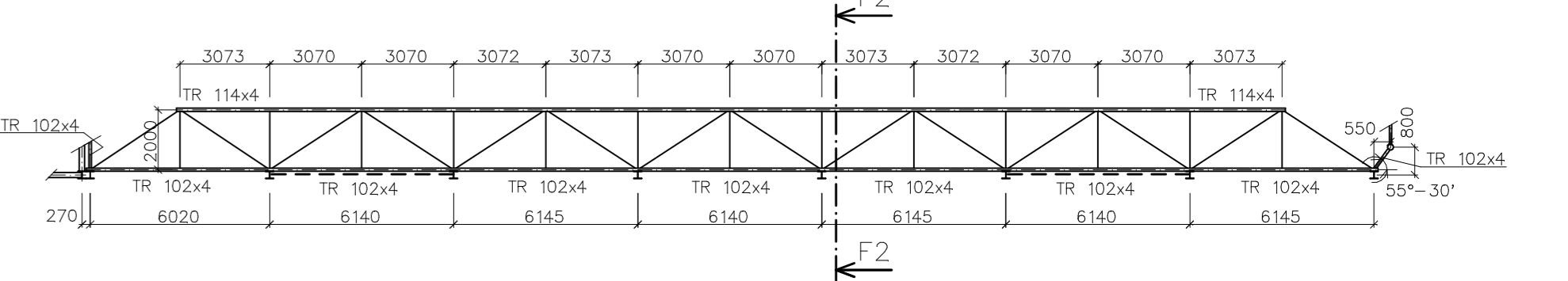
POHLED F 1:200



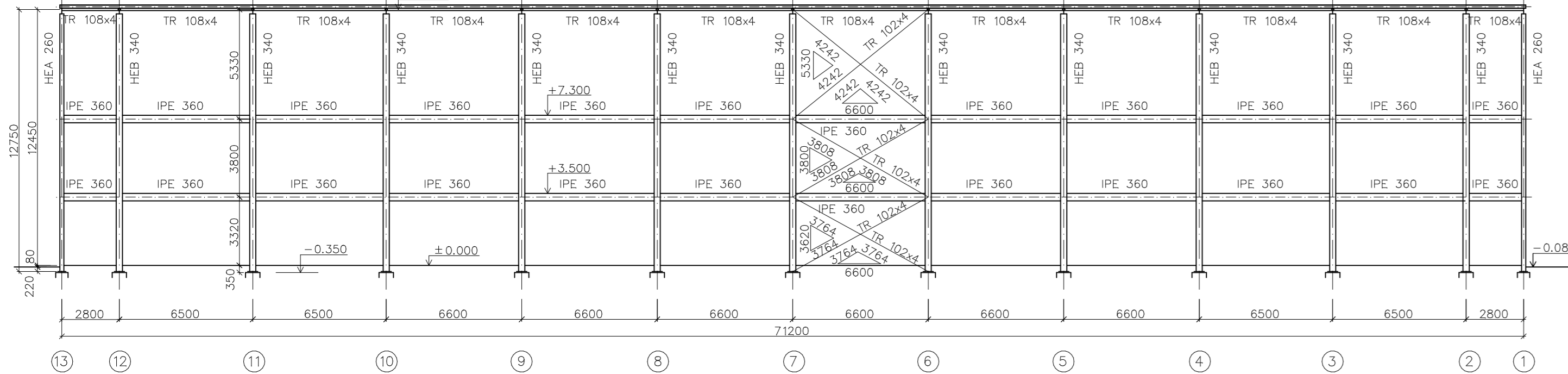
REZ F2F' 1:200



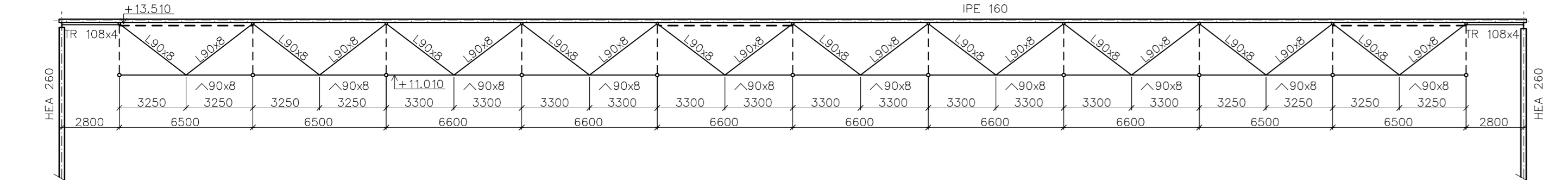
REZ F1F' 1:200



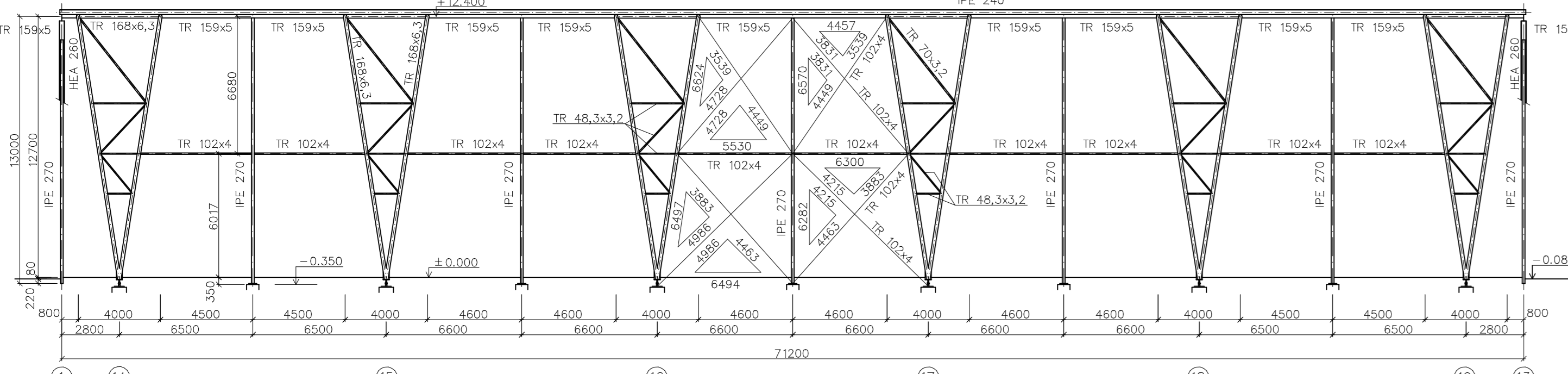
POHLED A 1:200



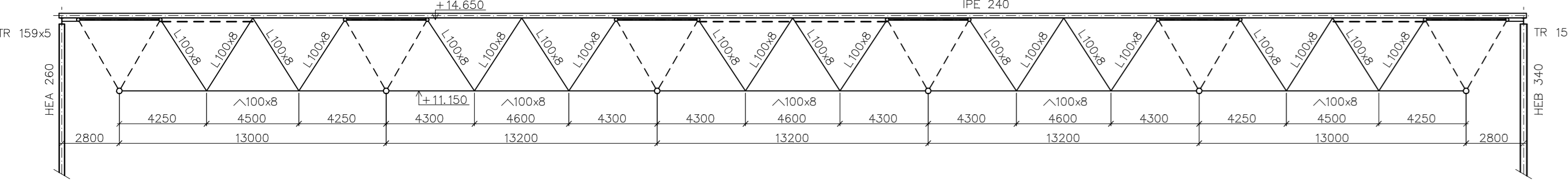
REZ CC' 1:200



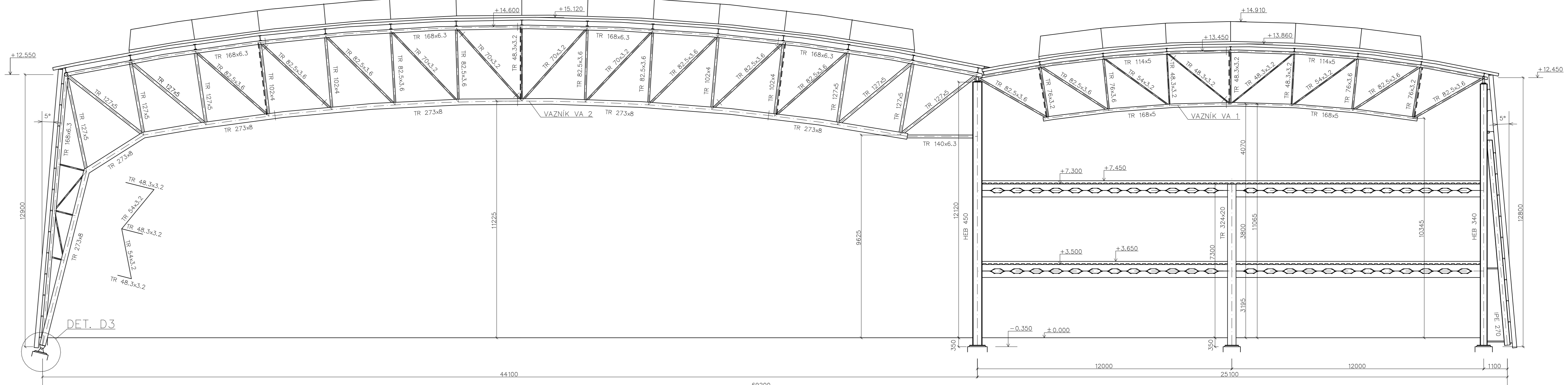
POHLED B 1:200 (V ROVINĚ S)



REZ DD' 1:200



REZ CC' 1:100

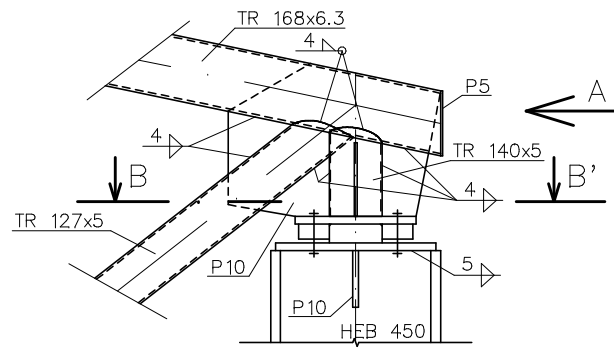


POZNÁMKA: STŘEŠNÍ PĚŠŤ JE ZHOTOVEN Z STŘEŠNÍCH PANEŤŮ KS 1000 TOP-DEK TL. 100mm  
OBVODOVÝ PĚŠŤ JE ZHOTOVEN Z STĚNOVÝCH PANEŤŮ KS 1150 FR TL. 200mm  
PÁSOVÉ SVĚTLÍKY JSOU ZHOTOVENY Z OBLUKOVÝCH MODULŮ S 3000 TL. 32mm

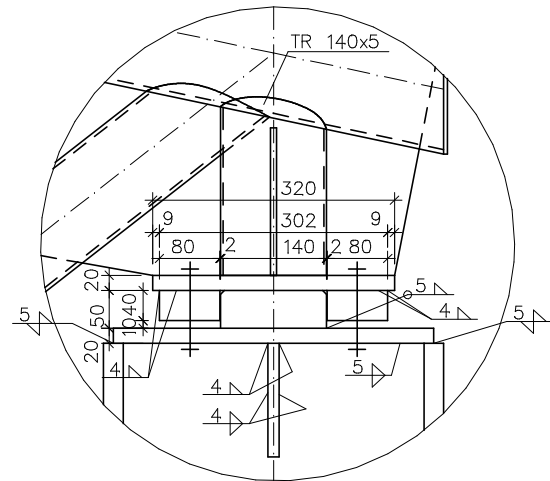
OCEĽ: S355J0 (VAZNIČKY, VAZNICE)  
S235J0 (SLOUPY, ZTUŽENÍ, KOTVENÍ SROUBY)  
S320GD (TRAPEZOVÝ PLECH)  
BETON: C16/20 (ZAKLADY)

Zpracoval: IVO SCHWARZ	Vedoucí práce: ING. MARTINA ELIAŠOVÁ, C.Sc.	Školní rok: 2011/2012	Fakulta stavební ČVUT
Průběh: K134 PJ4C			
Název práce: SPORTOVNÍ HALA PRAHA – ŘEPY	Datum: 6/2012	Školní rok: 2011/2012	
	Měřítko: 1:200/1:100	Číslo výkresu: 01	
DISPOZICE HALY S PŘÍHRADOVÝMI VAZNIČKY			

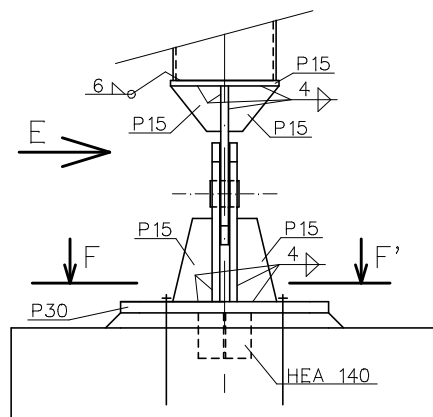
DET. D1



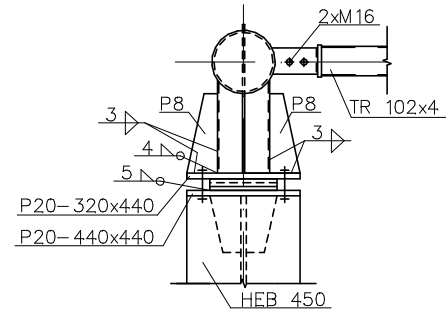
DETAIL LOŽISKA 1:10



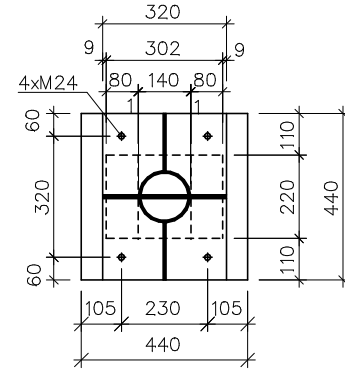
DET. D3



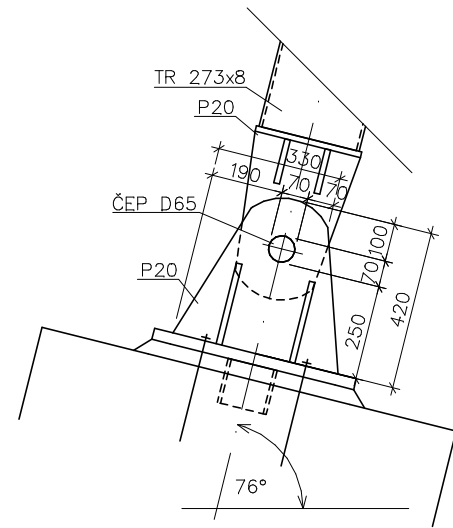
POHLED A



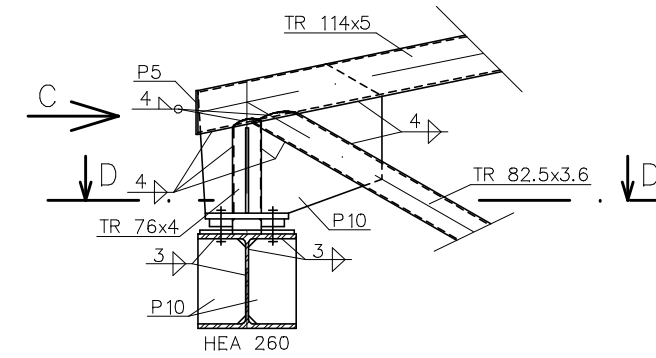
ŘEZ BB'



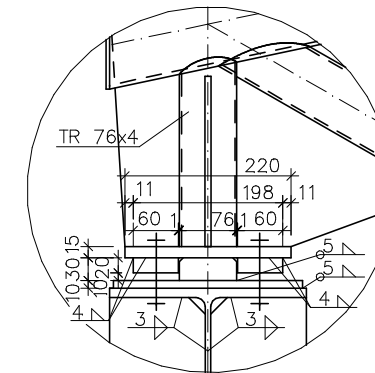
POHLED E



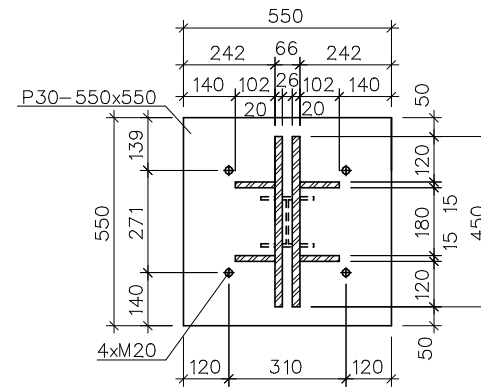
DET. D2



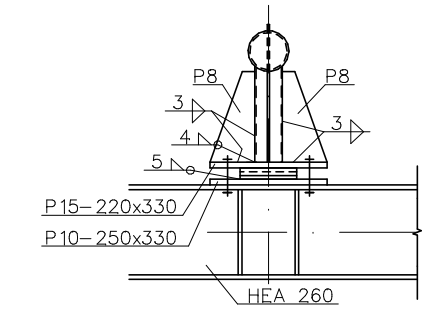
DETAIL LOŽISKA 1:10



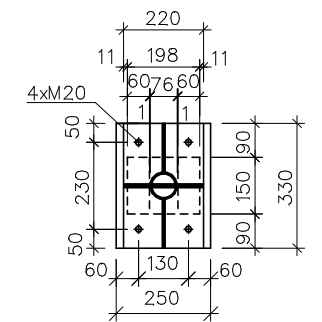
ŘEZ FF'



POHLED C



ŘEZ DD'



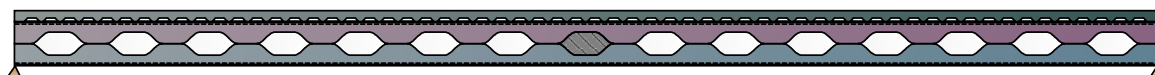
Zpracoval: IVO SCHWARZ	Vedoucí práce: ING. MARTINA ELIÁŠOVÁ, C.Sc.	Školní rok: 2011/2012	Fakulta stavební <b>ČVUT</b> 	
Předmět: K134 PJ4C			Datum: 6/2012	Meřítko: 1:20/1:10
Téma práce: SPORTOVNÍ HALA PRAHA – ŘEPY			Číslo výkresu: 02	
Název výkresu: VYBRANÉ DETAILY KONSTRUKCE				

# ANGELINA

v 1.01

## CALCULATION SHEET

### IPE 450 - Stropní nosník spřažený



#### **Warning**

*This calculation sheet contains results that may be used at a predesign stage only.*

*A final design of an ANGELINA beam requires more complex calculations that can be based on a finite element modeling.*

User : Ivo SCHWARZ  
Company : ČVUT  
Project : PJ4C  
Beam Ident : IPE 450 - Stropní nosník spřažený  
Comment : L=15,8m; potrubí 0,25x0,35

Parameters

General Parameters

**Composite Beam**

End supports : Simply supported beam

Horizontal span length :  $L = 15,80 \text{ m}$

Total number of openings :  $n = 15$

Dimensions of the openings :

Height :  $a_0 = 320,0 \text{ mm}$

Length of the sinusoid :  $s = 260,0 \text{ mm}$

Length of the flat part :  $w_0 = 260,0 \text{ mm}$

Web post width :  $w_p = w_0 = 260,0 \text{ mm}$

Spacing between openings center :  $e = 2s + w_0 + w_p = 1040 \text{ mm}$

End web posts widths :  $w_{\text{end,l}} = 230,0 \text{ mm}$   $w_{\text{end,r}} = 230,0 \text{ mm}$

Mass of steel beam :  $m = 1240 \text{ kg}$

Mass of concrete slab :  $m = 9679 \text{ kg}$  (Slab width = 2,050 m)

Total mass of the beam :  $m = 10919 \text{ kg}$

Total paint surface :  $S = 28,09 \text{ m}^2$

Paint surface (without upper face) :  $S' = 25,09 \text{ m}^2$

Massiveness :  $M = 177,77 \text{ m}^{-1}$

Massiveness (without upper face) :  $M' = 158,77 \text{ m}^{-1}$

Checking of the ANGELINA scope

Spacing cutting / flange inner face :  $d = 130,4 \text{ mm} \geq 50,00 \text{ mm}$  OK

Spacing cutting / web-flange root :  $d = 109,4 \text{ mm} \geq 10,00 \text{ mm}$  OK

Dimensions of an opening :  $(2b+w)/a = 2,44 \leq 4,00$  OK

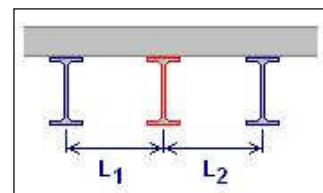
Web slenderness :  $h_w / t_w = 57,32 \leq 124,0_{\epsilon_w} = 100,9$  OK

Position of the beam

The studied beam is an intermediate beam.

Spacing of the beam - to the adjacent left beam :  $L_1 = 2,050 \text{ m}$

- to the adjacent right beam :  $L_2 = 2,050 \text{ m}$



Width for the calculation of the surface loads supported by the beam :

on the left side :  $d_1 = 1,025 \text{ m}$

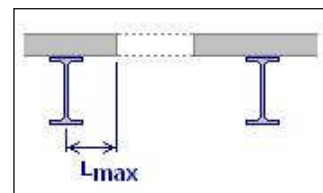
on the right side :  $d_2 = 1,025 \text{ m}$

Total width :  $d_1 + d_2 = 2,050 \text{ m}$

Some slab openings near the beam may reduce the effective width of the slab

Maximum widths - on the left side :  $L_{1,\text{max}} = 1,025 \text{ m}$

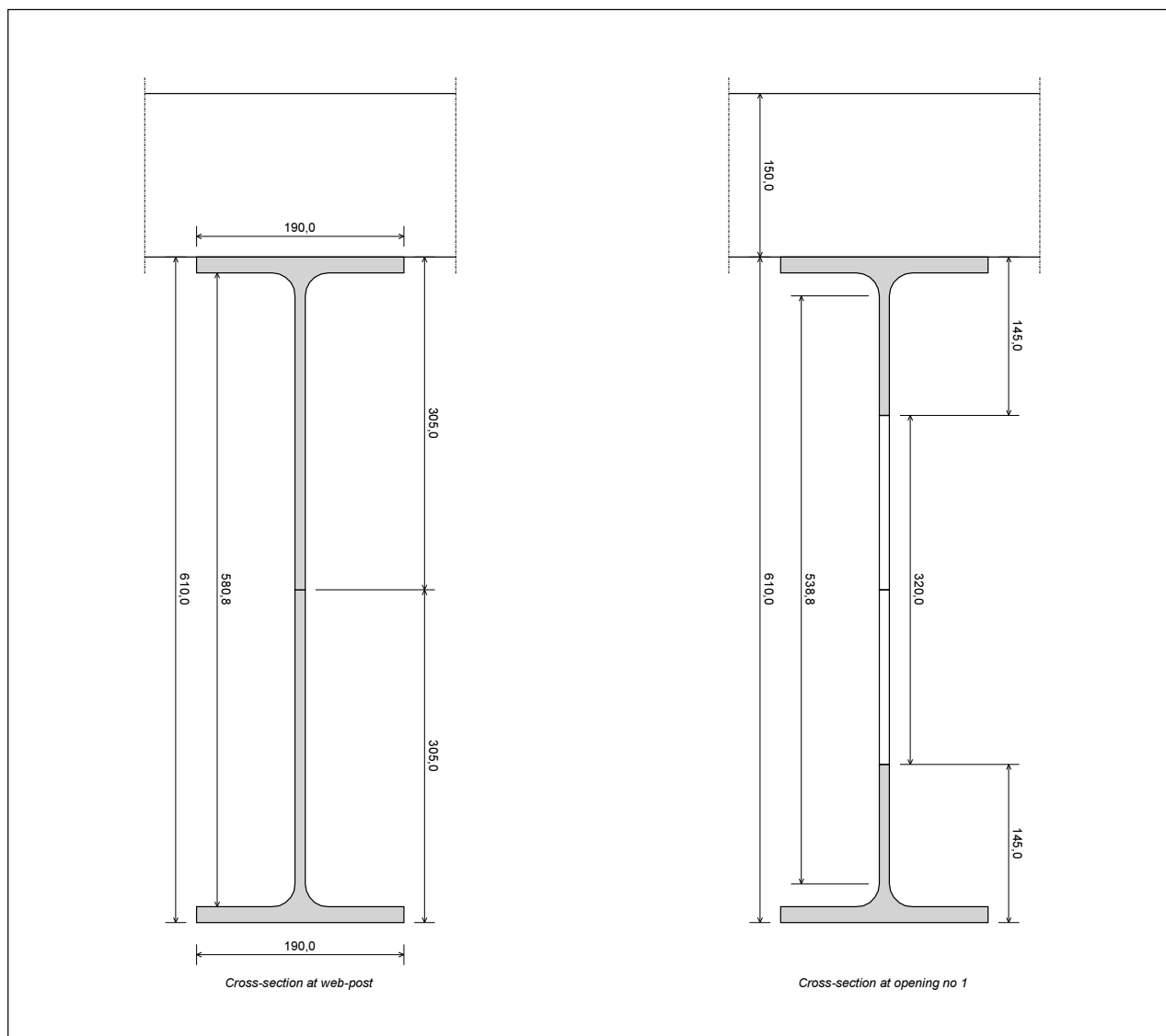
- on the right side :  $L_{2,\text{max}} = 1,025 \text{ m}$



	x (m)	Lateral restraints	
1	0,0	Both flanges	Origin section
2	0,832	Both flanges	
3	1,663	Both flanges	
4	2,495	Both flanges	
5	3,326	Both flanges	
6	4,158	Both flanges	
7	4,989	Both flanges	
8	5,821	Both flanges	
9	6,653	Both flanges	
10	7,484	Both flanges	
11	8,316	Both flanges	
12	9,147	Both flanges	
13	9,979	Both flanges	
14	10,81	Both flanges	
15	11,64	Both flanges	
16	12,47	Both flanges	
17	13,31	Both flanges	
18	14,14	Both flanges	
19	14,97	Both flanges	
20	15,80	Both flanges	End section

Cross-section

	Upper chord	Lower chord
Base profile	IPE 450	IPE 450
Grade	S355	S355
$h_t$ (mm)	450,0	450,0
$b_f$ (mm)	190,0	190,0
$t_f$ (mm)	14,6	14,6
$t_w$ (mm)	9,4	9,4
$r_c$ (mm)	21,0	21,0



Cross-section properties

	Gross section	Net section
Area (cm <sup>2</sup> )	113,9	83,78
Position of the centroid (mm)	305,0	305,0
Inertia /yy (cm <sup>4</sup> )	67615	65050
Inertia /zz (cm <sup>4</sup> )	1676	1674



**Slab**

**Parameters**

Slab with profiled steel sheeting (ribs normal to the beam)

Total depth :  $E = 150,0$  mm

**Construction stage**

No propping - verification of the steel beam in the construction phase

**Concrete**

Class : C30/37

Density :  $2500 \text{ kg/m}^3$

Shrinkage :  $300 \times 10^{-6}$

Properties :  $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

$f_{ctm} = 2,896 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 32837 \text{ MPa}$

Modular ratios : Short term :  $C_{Eq} = 6,40$

Long term :  $C_{Eq} = 19,19$

**Profiled steel sheeting**

Custom sheeting

Dimensions  $b_1 = 50,0$  mm  $b_2 = 139,5$  mm

$e = 259,5$  mm  $h = 48,0$  mm

Profiled sheet without holes

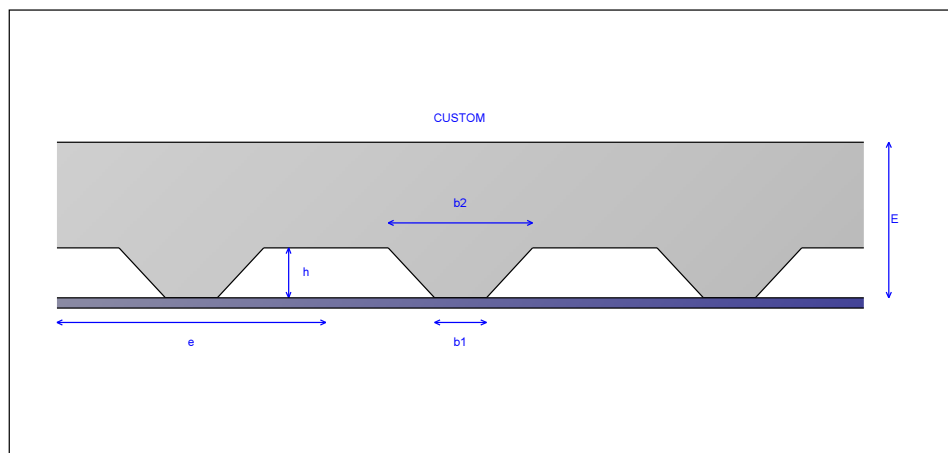


Figure 14 : Steel sheeting of the slab

**Connectors**

TRW Nelson KB 3/4"-125 d = 19,0 mm h = 125,0 mm

$f_y = 350 \text{ MPa}$   $f_u = 450 \text{ MPa}$

**Connectors arrangement** 1 zone of connection between the two ends :

2 rows of connectors every rib

122 studs on the upper flange

## Load cases

## Permanent loads (G)

Dead load : 6,78 kN/m  
 Arising from : Mass of the steel beam : 1240 kg  
 Width of the slab : 2,05 m  
 Density of concrete : 2500 kg/m<sup>3</sup>  
 Mass of the slab : 9679 kg  
 Total mass : 10919 kg

Distributed loads :

	Location x <sub>1</sub> (m)	Intensity q <sub>1</sub> (kN)	Location x <sub>2</sub> (m)	Intensity q <sub>2</sub> (kN)	Orientation
2	0,0	3,373	15,80	3,373	Vertical

Reactions at supports : Left end : R<sub>Av</sub> = 80,20 kN  
 Right end : R<sub>Bv</sub> = 80,20 kN

## Live loads 1 (Q1)

Psi factor  $\psi_0 = 1,00$ 

Distributed loads :

	Location x <sub>1</sub> (m)	Intensity q <sub>1</sub> (kN)	Location x <sub>2</sub> (m)	Intensity q <sub>2</sub> (kN)	Orientation
1	0,0	11,89	15,80	11,89	Normal

Reactions at supports : Left end : R<sub>Av</sub> = 93,93 kN  
 Right end : R<sub>Bv</sub> = 93,93 kN

## Construction loads (QC)

Distributed loads :

	Location x <sub>1</sub> (m)	Intensity q <sub>1</sub> (kN)	Location x <sub>2</sub> (m)	Intensity q <sub>2</sub> (kN)	Orientation
1	0,0	1,538	15,80	1,538	Normal
2	6,400	1,538	9,400	1,538	Normal

Reactions at supports : Left end : R<sub>Av</sub> = 14,46 kN  
 Right end : R<sub>Bv</sub> = 14,46 kN

## Partial factors

Factors on the loads :  $\gamma_{G,sup} = 1,350$   
 $\gamma_{G,inf} = 1,000$   
 $\gamma_Q = 1,500$

Factors on the resistance :  $\gamma_{M0} = 1,000$   
 $\gamma_{M1} = 1,000$   
 $\gamma_{M2} = 1,250$   
 $\gamma_{M,fi} = 1,000$   
 $\gamma_V = 1,250$   
 $\gamma_C = 1,500$

*Steel properties*

Upper chord : Standard : EN 1993-1-1 Table 3.1

$$f_{yfs} = 355 \text{ MPa}$$

$$f_{yws} = 355 \text{ MPa}$$

$$f_{ys} = 355 \text{ MPa } \varepsilon_{ys} = 0,814$$

$$f_{us} = 510 \text{ MPa}$$

Lower chord : Standard : EN 1993-1-1 Table 3.1

$$f_{yfi} = 355 \text{ MPa}$$

$$f_{ywi} = 355 \text{ MPa}$$

$$f_{yi} = 355 \text{ MPa } \varepsilon_{yi} = 0,814$$

$$f_{ui} = 510 \text{ MPa}$$

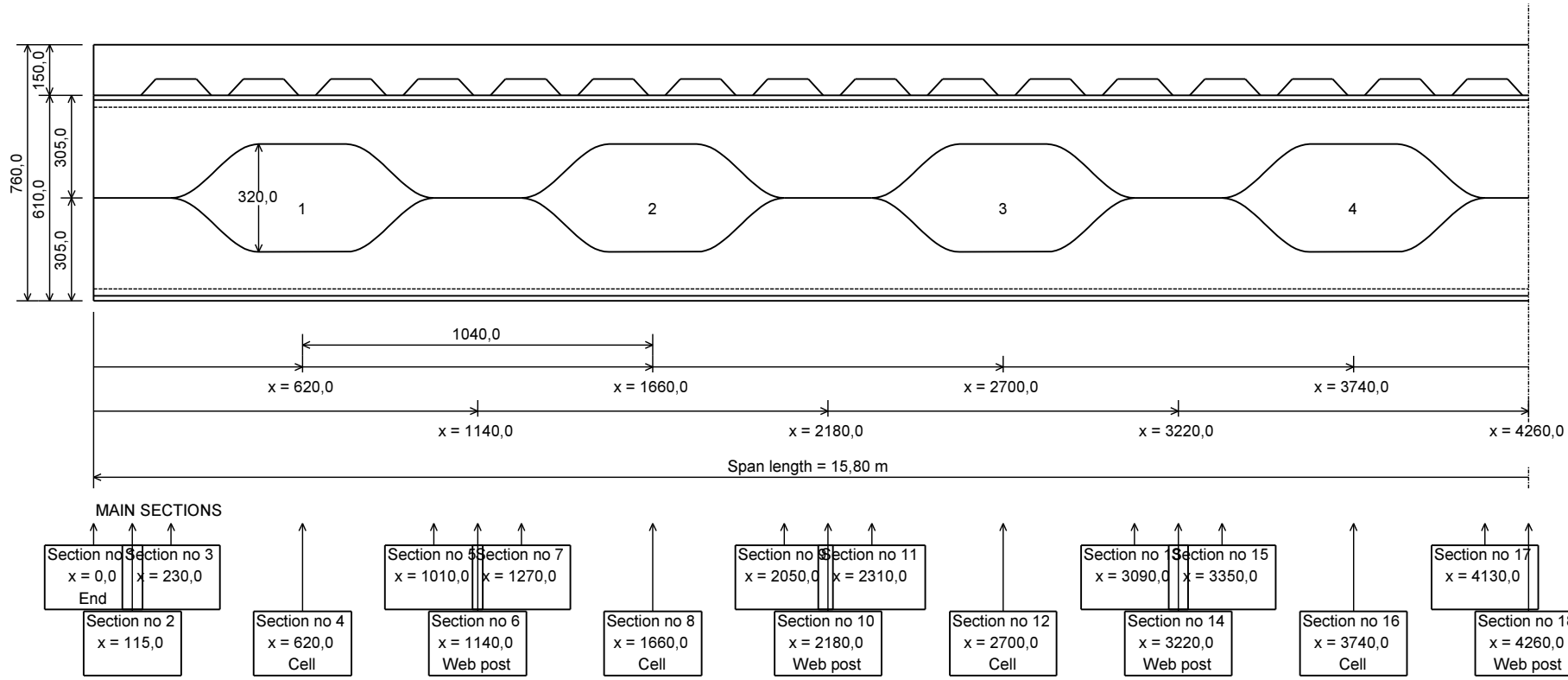
*Load combinations*

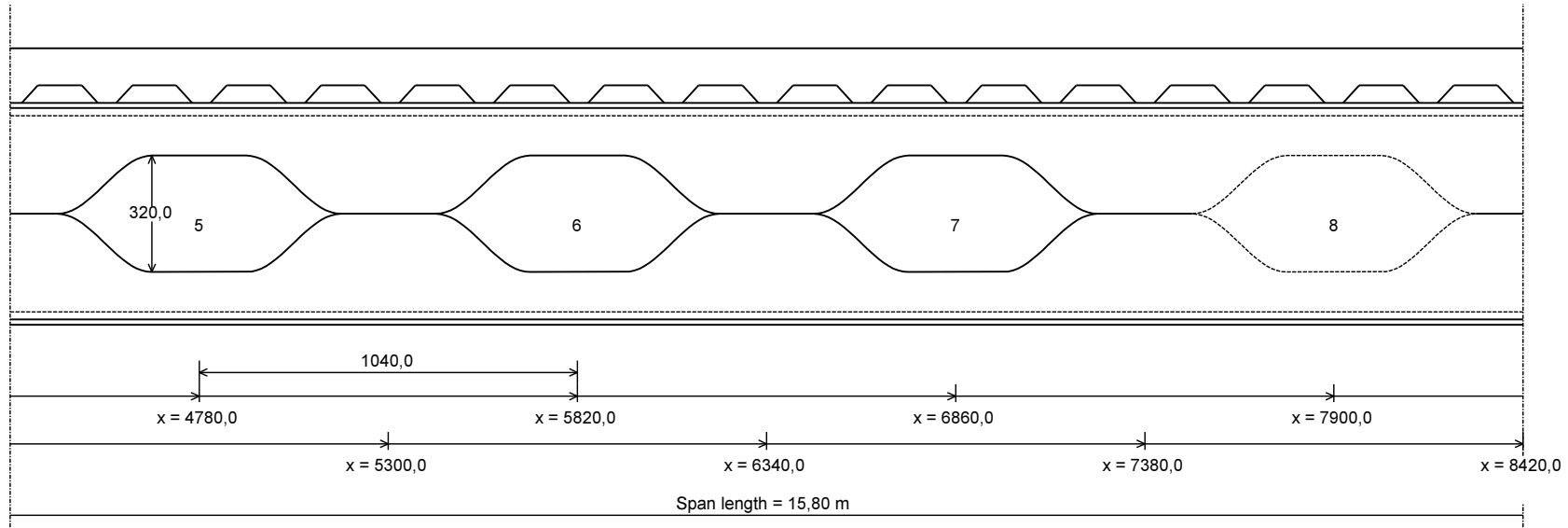
*Ultimate Limit States* U1 = 1,35 G +1,50 Q1

*Serviceability Limit States* No combination

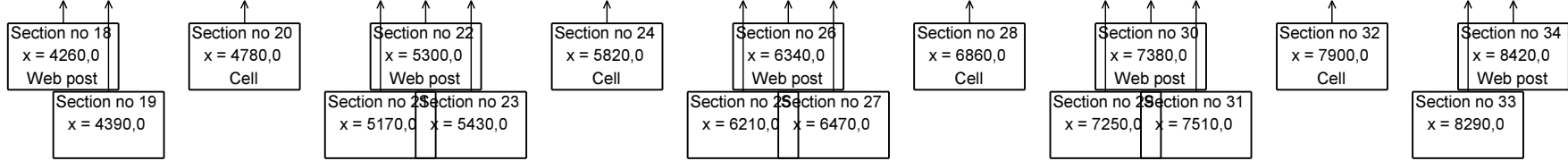
*Construction Ultimate Limit States* u1 = 1,35 g +1,50 QC

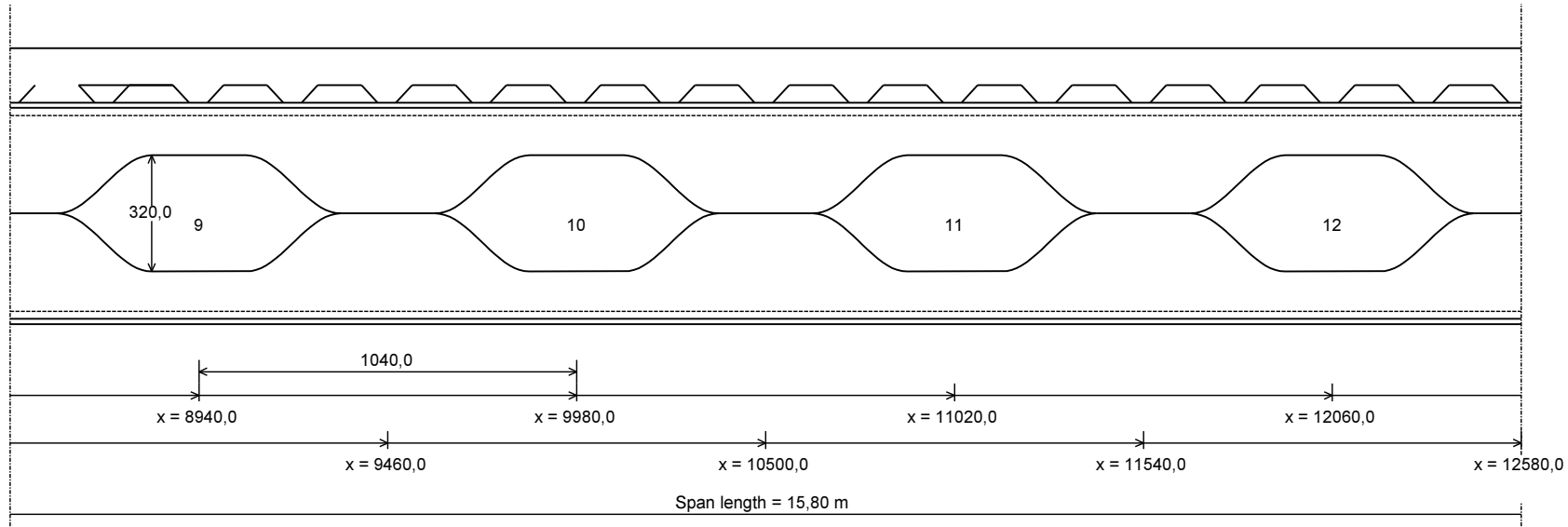
*Construction Serviceability Limit States* No combination



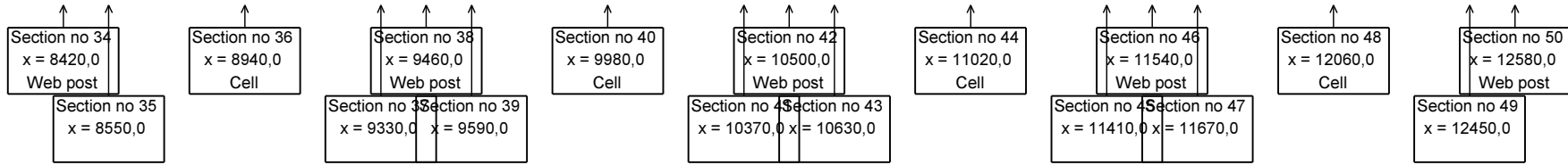


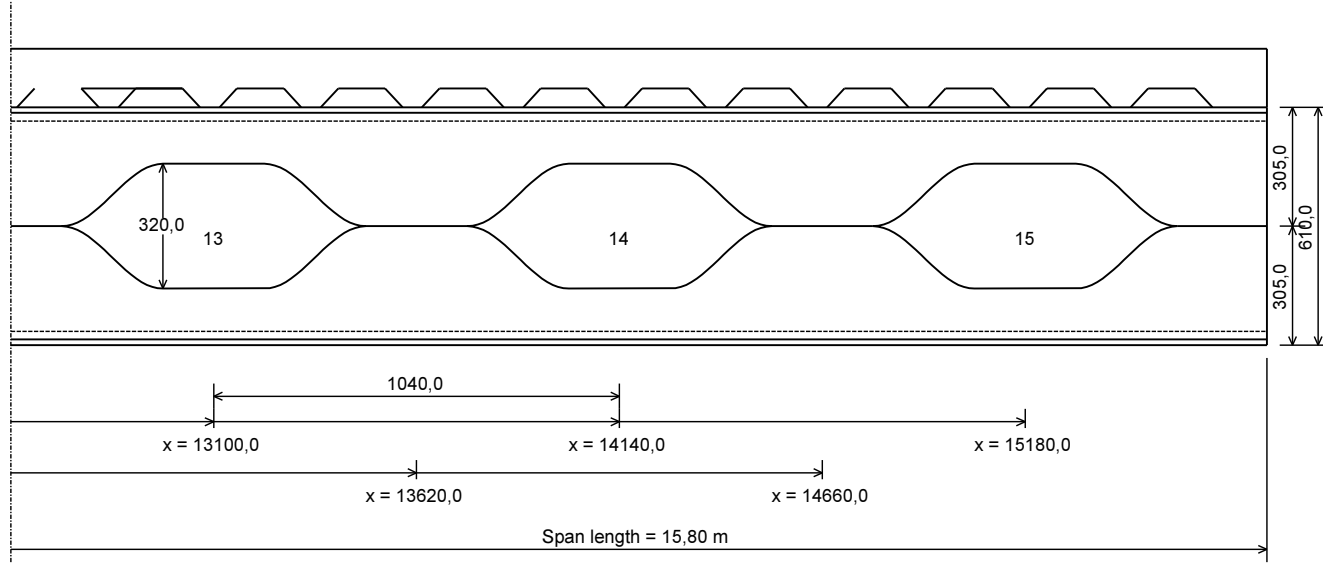
MAIN SECTIONS



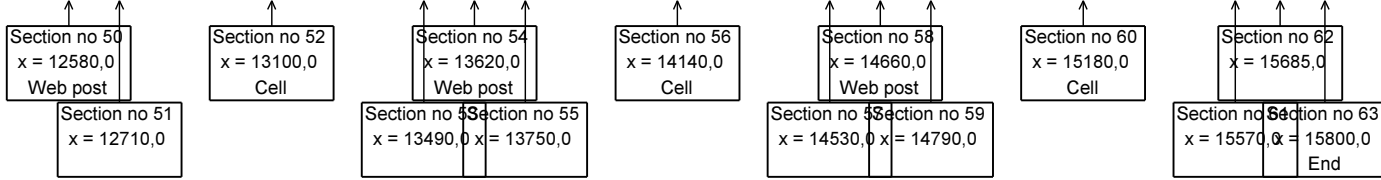


MAIN SECTIONS





MAIN SECTIONS



*Plastic properties of the composite sections at opening sections*Steel resistance :  $F_{Steel} = 2974 \text{ kN}$ 

Open.	x (m)	L <sub>Concrete</sub> (m)	F <sub>Slab</sub> (kN)	F <sub>Connec</sub> (kN)	Z <sub>PNA</sub> (mm)	M <sub>Rd</sub> (kNm)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	N <sub>Slab</sub> (kN)
1	0,620	0,827	1433	228,6	499,3	882,4	1258	-1487	228,6
2	1,660	2,050	3555	685,9	567,8	981,1	801,2	-1487	685,9
3	2,700	2,050	3555	1143	596,4	1047	343,9	-1487	1143
4	3,740	2,050	3555	1600	599,8	1103	-113,4	-1487	1600
5	4,780	2,050	3555	2058	603,2	1152	-570,6	-1487	2058
6	5,820	2,050	3555	2515	606,6	1193	-1028	-1487	2515
7	6,860	2,050	3555	2972	610,0	1226	-1485	-1487	2972
8	7,900	2,050	3555	3544	674,7	1226	-1487	-1487	2974
9	8,940	2,050	3555	2972	610,0	1226	-1485	-1487	2972
10	9,980	2,050	3555	2515	606,6	1193	-1028	-1487	2515
11	11,02	2,050	3555	2058	603,2	1152	-570,6	-1487	2058
12	12,06	2,050	3555	1600	599,8	1103	-113,4	-1487	1600
13	13,10	2,050	3555	1143	596,4	1047	343,9	-1487	1143
14	14,14	2,050	3555	685,9	567,8	981,1	801,2	-1487	685,9
15	15,18	0,827	1433	228,6	499,3	882,4	1258	-1487	228,6

Note : The location of the Plastic Neutral Axis is indicated from the bottom of the section



INTERNAL FORCES AND MOMENTS*Under elementary load cases**Permanent loads (G)*

**Reactions at supports :** Left end :  $R_{AV} = 80,20$  kN

Right end :  $R_{BV} = 80,20$  kN

**Maximum moment :**  $M_{Max} = 316,8$  kNm in section no 32

**Maximum shear force :**  $V_{Max} = 80,20$  kN in section no 63

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,0	-	-80,20	-	0,0
2	0,115	9,2	-79,04	-79,04	0,0	0,0
3	0,230	18,2	-77,87	-77,87	0,0	0,0
4	0,620	47,8	-73,91	-73,91	0,0	0,0
5	1,010	75,8	-69,95	-69,95	0,0	0,0
6	1,140	84,8	-68,63	-68,63	0,0	0,0
7	1,270	93,7	-67,31	-67,31	0,0	0,0
8	1,660	119,2	-63,35	-63,35	0,0	0,0
9	2,050	143,1	-59,39	-59,39	0,0	0,0
10	2,180	150,7	-58,07	-58,07	0,0	0,0
11	2,310	158,2	-56,75	-56,75	0,0	0,0
12	2,700	179,5	-52,79	-52,79	0,0	0,0
13	3,090	199,4	-48,83	-48,83	0,0	0,0
14	3,220	205,6	-47,51	-47,51	0,0	0,0
15	3,350	211,7	-46,19	-46,19	0,0	0,0
16	3,740	229,0	-42,23	-42,23	0,0	0,0
17	4,130	244,7	-38,27	-38,27	0,0	0,0
18	4,260	249,5	-36,95	-36,95	0,0	0,0
19	4,390	254,3	-35,63	-35,63	0,0	0,0
20	4,780	267,4	-31,68	-31,68	0,0	0,0
21	5,170	279,0	-27,72	-27,72	0,0	0,0
22	5,300	282,5	-26,40	-26,40	0,0	0,0
23	5,430	285,8	-25,08	-25,08	0,0	0,0
24	5,820	294,8	-21,12	-21,12	0,0	0,0
25	6,210	302,3	-17,16	-17,16	0,0	0,0
26	6,340	304,5	-15,84	-15,84	0,0	0,0
27	6,470	306,4	-14,52	-14,52	0,0	0,0
28	6,860	311,3	-10,56	-10,56	0,0	0,0
29	7,250	314,7	-6,60	-6,60	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
30	7,380	315,4	-5,28	-5,28	0,0	0,0
31	7,510	316,0	-3,96	-3,96	0,0	0,0
32	7,900	316,8	0,00	0,00	0,0	0,0
33	8,290	316,0	3,96	3,96	0,0	0,0
34	8,420	315,4	5,28	5,28	0,0	0,0
35	8,550	314,7	6,60	6,60	0,0	0,0
36	8,940	311,3	10,56	10,56	0,0	0,0
37	9,330	306,4	14,52	14,52	0,0	0,0
38	9,460	304,5	15,84	15,84	0,0	0,0
39	9,590	302,3	17,16	17,16	0,0	0,0
40	9,980	294,8	21,12	21,12	0,0	0,0
41	10,370	285,8	25,08	25,08	0,0	0,0
42	10,500	282,5	26,40	26,40	0,0	0,0
43	10,630	279,0	27,72	27,72	0,0	0,0
44	11,020	267,4	31,68	31,68	0,0	0,0
45	11,410	254,3	35,63	35,63	0,0	0,0
46	11,540	249,5	36,95	36,95	0,0	0,0
47	11,670	244,7	38,27	38,27	0,0	0,0
48	12,060	229,0	42,23	42,23	0,0	0,0
49	12,450	211,7	46,19	46,19	0,0	0,0
50	12,580	205,6	47,51	47,51	0,0	0,0
51	12,710	199,4	48,83	48,83	0,0	0,0
52	13,100	179,5	52,79	52,79	0,0	0,0
53	13,490	158,2	56,75	56,75	0,0	0,0
54	13,620	150,7	58,07	58,07	0,0	0,0
55	13,750	143,1	59,39	59,39	0,0	0,0
56	14,140	119,2	63,35	63,35	0,0	0,0
57	14,530	93,7	67,31	67,31	0,0	0,0
58	14,660	84,8	68,63	68,63	0,0	0,0
59	14,790	75,8	69,95	69,95	0,0	0,0
60	15,180	47,8	73,91	73,91	0,0	0,0
61	15,570	18,2	77,87	77,87	0,0	0,0
62	15,685	9,2	79,04	79,04	0,0	0,0
63	15,800	0,0	80,20	-	0,0	-

## Live loads 1 (Q1)

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 93,93$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 93,93$  kN

Maximum moment :  $M_{Max} = 371,0$  kNm in section no 32

Maximum shear force :  $V_{Max} = -93,93$  kN in section no 1

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,0	-	-93,93	-	0,0
2	0,115	10,7	-92,56	-92,56	0,0	0,0
3	0,230	21,3	-91,20	-91,20	0,0	0,0
4	0,620	56,0	-86,56	-86,56	0,0	0,0
5	1,010	88,8	-81,92	-81,92	0,0	0,0
6	1,140	99,4	-80,38	-80,38	0,0	0,0
7	1,270	109,7	-78,83	-78,83	0,0	0,0
8	1,660	139,5	-74,19	-74,19	0,0	0,0
9	2,050	167,6	-69,56	-69,56	0,0	0,0
10	2,180	176,5	-68,01	-68,01	0,0	0,0
11	2,310	185,3	-66,47	-66,47	0,0	0,0
12	2,700	210,3	-61,83	-61,83	0,0	0,0
13	3,090	233,5	-57,19	-57,19	0,0	0,0
14	3,220	240,8	-55,65	-55,65	0,0	0,0
15	3,350	248,0	-54,10	-54,10	0,0	0,0
16	3,740	268,1	-49,46	-49,46	0,0	0,0
17	4,130	286,5	-44,83	-44,83	0,0	0,0
18	4,260	292,3	-43,28	-43,28	0,0	0,0
19	4,390	297,8	-41,73	-41,73	0,0	0,0
20	4,780	313,2	-37,10	-37,10	0,0	0,0
21	5,170	326,7	-32,46	-32,46	0,0	0,0
22	5,300	330,8	-30,91	-30,91	0,0	0,0
23	5,430	334,8	-29,37	-29,37	0,0	0,0
24	5,820	345,3	-24,73	-24,73	0,0	0,0
25	6,210	354,0	-20,09	-20,09	0,0	0,0
26	6,340	356,6	-18,55	-18,55	0,0	0,0
27	6,470	358,9	-17,00	-17,00	0,0	0,0
28	6,860	364,6	-12,37	-12,37	0,0	0,0
29	7,250	368,5	-7,73	-7,73	0,0	0,0
30	7,380	369,4	-6,18	-6,18	0,0	0,0
31	7,510	370,1	-4,64	-4,64	0,0	0,0
32	7,900	371,0	0,00	0,00	0,0	0,0
33	8,290	370,1	4,64	4,64	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	8,420	369,4	6,18	6,18	0,0	0,0
35	8,550	368,5	7,73	7,73	0,0	0,0
36	8,940	364,6	12,37	12,37	0,0	0,0
37	9,330	358,9	17,00	17,00	0,0	0,0
38	9,460	356,6	18,55	18,55	0,0	0,0
39	9,590	354,0	20,09	20,09	0,0	0,0
40	9,980	345,3	24,73	24,73	0,0	0,0
41	10,370	334,8	29,37	29,37	0,0	0,0
42	10,500	330,8	30,91	30,91	0,0	0,0
43	10,630	326,7	32,46	32,46	0,0	0,0
44	11,020	313,2	37,10	37,10	0,0	0,0
45	11,410	297,8	41,73	41,73	0,0	0,0
46	11,540	292,3	43,28	43,28	0,0	0,0
47	11,670	286,5	44,83	44,83	0,0	0,0
48	12,060	268,1	49,46	49,46	0,0	0,0
49	12,450	248,0	54,10	54,10	0,0	0,0
50	12,580	240,8	55,65	55,65	0,0	0,0
51	12,710	233,5	57,19	57,19	0,0	0,0
52	13,100	210,3	61,83	61,83	0,0	0,0
53	13,490	185,3	66,47	66,47	0,0	0,0
54	13,620	176,5	68,01	68,01	0,0	0,0
55	13,750	167,6	69,56	69,56	0,0	0,0
56	14,140	139,5	74,19	74,19	0,0	0,0
57	14,530	109,7	78,83	78,83	0,0	0,0
58	14,660	99,4	80,38	80,38	0,0	0,0
59	14,790	88,8	81,92	81,92	0,0	0,0
60	15,180	56,0	86,56	86,56	0,0	0,0
61	15,570	21,3	91,20	91,20	0,0	0,0
62	15,685	10,7	92,56	92,56	0,0	0,0
63	15,800	0,0	93,93	-	0,0	-

## Self weight (g)

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 53,56$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 53,56$  kN

Maximum moment :  $M_{Max} = 211,6$  kNm in section no 32

Maximum shear force :  $V_{Max} = -53,56$  kN in section no 1

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,0	-	-53,56	-	0,0
2	0,115	6,1	-52,78	-52,78	0,0	0,0
3	0,230	12,1	-52,00	-52,00	0,0	0,0
4	0,620	31,9	-49,35	-49,35	0,0	0,0
5	1,010	50,6	-46,71	-46,71	0,0	0,0
6	1,140	56,7	-45,83	-45,83	0,0	0,0
7	1,270	62,6	-44,95	-44,95	0,0	0,0
8	1,660	79,6	-42,30	-42,30	0,0	0,0
9	2,050	95,5	-39,66	-39,66	0,0	0,0
10	2,180	100,6	-38,78	-38,78	0,0	0,0
11	2,310	105,6	-37,90	-37,90	0,0	0,0
12	2,700	119,9	-35,25	-35,25	0,0	0,0
13	3,090	133,1	-32,61	-32,61	0,0	0,0
14	3,220	137,3	-31,73	-31,73	0,0	0,0
15	3,350	141,4	-30,85	-30,85	0,0	0,0
16	3,740	152,9	-28,20	-28,20	0,0	0,0
17	4,130	163,4	-25,56	-25,56	0,0	0,0
18	4,260	166,6	-24,68	-24,68	0,0	0,0
19	4,390	169,8	-23,80	-23,80	0,0	0,0
20	4,780	178,6	-21,15	-21,15	0,0	0,0
21	5,170	186,3	-18,51	-18,51	0,0	0,0
22	5,300	188,6	-17,63	-17,63	0,0	0,0
23	5,430	190,9	-16,75	-16,75	0,0	0,0
24	5,820	196,9	-14,10	-14,10	0,0	0,0
25	6,210	201,9	-11,46	-11,46	0,0	0,0
26	6,340	203,3	-10,58	-10,58	0,0	0,0
27	6,470	204,6	-9,69	-9,69	0,0	0,0
28	6,860	207,9	-7,05	-7,05	0,0	0,0
29	7,250	210,1	-4,41	-4,41	0,0	0,0
30	7,380	210,6	-3,53	-3,53	0,0	0,0
31	7,510	211,0	-2,64	-2,64	0,0	0,0
32	7,900	211,6	0,00	0,00	0,0	0,0
33	8,290	211,0	2,64	2,64	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	8,420	210,6	3,53	3,53	0,0	0,0
35	8,550	210,1	4,41	4,41	0,0	0,0
36	8,940	207,9	7,05	7,05	0,0	0,0
37	9,330	204,6	9,69	9,69	0,0	0,0
38	9,460	203,3	10,58	10,58	0,0	0,0
39	9,590	201,9	11,46	11,46	0,0	0,0
40	9,980	196,9	14,10	14,10	0,0	0,0
41	10,370	190,9	16,75	16,75	0,0	0,0
42	10,500	188,6	17,63	17,63	0,0	0,0
43	10,630	186,3	18,51	18,51	0,0	0,0
44	11,020	178,6	21,15	21,15	0,0	0,0
45	11,410	169,8	23,80	23,80	0,0	0,0
46	11,540	166,6	24,68	24,68	0,0	0,0
47	11,670	163,4	25,56	25,56	0,0	0,0
48	12,060	152,9	28,20	28,20	0,0	0,0
49	12,450	141,4	30,85	30,85	0,0	0,0
50	12,580	137,3	31,73	31,73	0,0	0,0
51	12,710	133,1	32,61	32,61	0,0	0,0
52	13,100	119,9	35,25	35,25	0,0	0,0
53	13,490	105,6	37,90	37,90	0,0	0,0
54	13,620	100,6	38,78	38,78	0,0	0,0
55	13,750	95,5	39,66	39,66	0,0	0,0
56	14,140	79,6	42,30	42,30	0,0	0,0
57	14,530	62,6	44,95	44,95	0,0	0,0
58	14,660	56,7	45,83	45,83	0,0	0,0
59	14,790	50,6	46,71	46,71	0,0	0,0
60	15,180	31,9	49,35	49,35	0,0	0,0
61	15,570	12,1	52,00	52,00	0,0	0,0
62	15,685	6,1	52,78	52,78	0,0	0,0
63	15,800	0,0	53,56	-	0,0	-

## Construction loads (QC)

Reactions at supports : Left end :  $R_{Av} = 14,46$  kN  
 Right end :  $R_{Bv} = 14,46$  kN

Maximum moment :  $M_{Max} = 64,49$  kNm in section no 32

Maximum shear force :  $V_{Max} = -14,46$  kN in section no 1

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,00	-	-14,46	-	0,0
2	0,115	1,65	-14,28	-14,28	0,0	0,0
3	0,230	3,28	-14,10	-14,10	0,0	0,0
4	0,620	8,67	-13,50	-13,50	0,0	0,0
5	1,010	13,82	-12,90	-12,90	0,0	0,0
6	1,140	15,48	-12,70	-12,70	0,0	0,0
7	1,270	17,12	-12,50	-12,50	0,0	0,0
8	1,660	21,88	-11,90	-11,90	0,0	0,0
9	2,050	26,41	-11,30	-11,30	0,0	0,0
10	2,180	27,86	-11,10	-11,10	0,0	0,0
11	2,310	29,29	-10,90	-10,90	0,0	0,0
12	2,700	33,43	-10,30	-10,30	0,0	0,0
13	3,090	37,33	-9,70	-9,70	0,0	0,0
14	3,220	38,58	-9,50	-9,50	0,0	0,0
15	3,350	39,80	-9,30	-9,30	0,0	0,0
16	3,740	43,31	-8,71	-8,71	0,0	0,0
17	4,130	46,59	-8,11	-8,11	0,0	0,0
18	4,260	47,63	-7,91	-7,91	0,0	0,0
19	4,390	48,65	-7,71	-7,71	0,0	0,0
20	4,780	51,53	-7,11	-7,11	0,0	0,0
21	5,170	54,19	-6,51	-6,51	0,0	0,0
22	5,300	55,02	-6,31	-6,31	0,0	0,0
23	5,430	55,83	-6,11	-6,11	0,0	0,0
24	5,820	58,09	-5,51	-5,51	0,0	0,0
25	6,210	60,12	-4,91	-4,91	0,0	0,0
26	6,340	60,75	-4,71	-4,71	0,0	0,0
27	6,470	61,34	-4,40	-4,40	0,0	0,0
28	6,860	62,82	-3,20	-3,20	0,0	0,0
29	7,250	63,84	-2,00	-2,00	0,0	0,0
30	7,380	64,07	-1,60	-1,60	0,0	0,0
31	7,510	64,25	-1,20	-1,20	0,0	0,0
32	7,900	64,49	0,00	0,00	0,0	0,0
33	8,290	64,25	1,20	1,20	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
34	8,420	64,07	1,60	1,60	0,0	0,0
35	8,550	63,84	2,00	2,00	0,0	0,0
36	8,940	62,82	3,20	3,20	0,0	0,0
37	9,330	61,34	4,40	4,40	0,0	0,0
38	9,460	60,75	4,71	4,71	0,0	0,0
39	9,590	60,12	4,91	4,91	0,0	0,0
40	9,980	58,09	5,51	5,51	0,0	0,0
41	10,370	55,83	6,11	6,11	0,0	0,0
42	10,500	55,02	6,31	6,31	0,0	0,0
43	10,630	54,19	6,51	6,51	0,0	0,0
44	11,020	51,53	7,11	7,11	0,0	0,0
45	11,410	48,65	7,71	7,71	0,0	0,0
46	11,540	47,63	7,91	7,91	0,0	0,0
47	11,670	46,59	8,11	8,11	0,0	0,0
48	12,060	43,31	8,71	8,71	0,0	0,0
49	12,450	39,80	9,30	9,30	0,0	0,0
50	12,580	38,58	9,50	9,50	0,0	0,0
51	12,710	37,33	9,70	9,70	0,0	0,0
52	13,100	33,43	10,30	10,30	0,0	0,0
53	13,490	29,29	10,90	10,90	0,0	0,0
54	13,620	27,86	11,10	11,10	0,0	0,0
55	13,750	26,41	11,30	11,30	0,0	0,0
56	14,140	21,88	11,90	11,90	0,0	0,0
57	14,530	17,12	12,50	12,50	0,0	0,0
58	14,660	15,48	12,70	12,70	0,0	0,0
59	14,790	13,82	12,90	12,90	0,0	0,0
60	15,180	8,67	13,50	13,50	0,0	0,0
61	15,570	3,28	14,10	14,10	0,0	0,0
62	15,685	1,65	14,28	14,28	0,0	0,0
63	15,800	0,00	14,46	-	0,0	-



## Under ULS Combinations (Composite stage)

$$U1 = 1,35 G + 1,50 Q1$$

**Reactions at supports :** Left end :  $R_{AV} = 249,17$  kN  
 Right end :  $R_{BV} = 249,17$  kN

**Maximum moment :**  $M_{Max} = 984,2$  kNm in section no 32

**Maximum shear force :**  $V_{Max} = 249,2$  kN in section no 63

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,0	-	-249,2	-	0,0
2	0,115	28,4	-245,5	-245,5	0,0	0,0
3	0,230	56,5	-241,9	-241,9	0,0	0,0
4	0,620	148,4	-229,6	-229,6	0,0	0,0
5	1,010	235,6	-217,3	-217,3	0,0	0,0
6	1,140	263,6	-213,2	-213,2	0,0	0,0
7	1,270	291,0	-209,1	-209,1	0,0	0,0
8	1,660	370,2	-196,8	-196,8	0,0	0,0
9	2,050	444,5	-184,5	-184,5	0,0	0,0
10	2,180	468,2	-180,4	-180,4	0,0	0,0
11	2,310	491,4	-176,3	-176,3	0,0	0,0
12	2,700	557,8	-164,0	-164,0	0,0	0,0
13	3,090	619,4	-151,7	-151,7	0,0	0,0
14	3,220	638,8	-147,6	-147,6	0,0	0,0
15	3,350	657,7	-143,5	-143,5	0,0	0,0
16	3,740	711,3	-131,2	-131,2	0,0	0,0
17	4,130	760,1	-118,9	-118,9	0,0	0,0
18	4,260	775,3	-114,8	-114,8	0,0	0,0
19	4,390	789,9	-110,7	-110,7	0,0	0,0
20	4,780	830,7	-98,4	-98,4	0,0	0,0
21	5,170	866,7	-86,1	-86,1	0,0	0,0
22	5,300	877,6	-82,0	-82,0	0,0	0,0
23	5,430	888,0	-77,9	-77,9	0,0	0,0
24	5,820	916,0	-65,6	-65,6	0,0	0,0
25	6,210	939,2	-53,3	-53,3	0,0	0,0
26	6,340	945,9	-49,2	-49,2	0,0	0,0
27	6,470	952,0	-45,1	-45,1	0,0	0,0
28	6,860	967,2	-32,8	-32,8	0,0	0,0
29	7,250	977,6	-20,5	-20,5	0,0	0,0
30	7,380	980,0	-16,4	-16,4	0,0	0,0
31	7,510	981,8	-12,3	-12,3	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
32	7,900	984,2	0,0	0,0	0,0	0,0
33	8,290	981,8	12,3	12,3	0,0	0,0
34	8,420	980,0	16,4	16,4	0,0	0,0
35	8,550	977,6	20,5	20,5	0,0	0,0
36	8,940	967,2	32,8	32,8	0,0	0,0
37	9,330	952,0	45,1	45,1	0,0	0,0
38	9,460	945,9	49,2	49,2	0,0	0,0
39	9,590	939,2	53,3	53,3	0,0	0,0
40	9,980	916,0	65,6	65,6	0,0	0,0
41	10,370	888,0	77,9	77,9	0,0	0,0
42	10,500	877,6	82,0	82,0	0,0	0,0
43	10,630	866,7	86,1	86,1	0,0	0,0
44	11,020	830,7	98,4	98,4	0,0	0,0
45	11,410	789,9	110,7	110,7	0,0	0,0
46	11,540	775,3	114,8	114,8	0,0	0,0
47	11,670	760,1	118,9	118,9	0,0	0,0
48	12,060	711,3	131,2	131,2	0,0	0,0
49	12,450	657,7	143,5	143,5	0,0	0,0
50	12,580	638,8	147,6	147,6	0,0	0,0
51	12,710	619,4	151,7	151,7	0,0	0,0
52	13,100	557,8	164,0	164,0	0,0	0,0
53	13,490	491,4	176,3	176,3	0,0	0,0
54	13,620	468,2	180,4	180,4	0,0	0,0
55	13,750	444,5	184,5	184,5	0,0	0,0
56	14,140	370,2	196,8	196,8	0,0	0,0
57	14,530	291,0	209,1	209,1	0,0	0,0
58	14,660	263,6	213,2	213,2	0,0	0,0
59	14,790	235,6	217,3	217,3	0,0	0,0
60	15,180	148,4	229,6	229,6	0,0	0,0
61	15,570	56,5	241,9	241,9	0,0	0,0
62	15,685	28,4	245,5	245,5	0,0	0,0
63	15,800	0,0	249,2	-	0,0	-

Open.	Sect.	N <sub>m,slab</sub> (kN)	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	V <sub>m,slab</sub> (kN)	V <sub>m,top</sub> (kN)	V <sub>m,bot</sub> (kN)
1	4	38,459	211,684	-250,143	-55,838	-86,889	-86,889
2	8	258,804	302,302	-561,106	-55,838	-70,488	-70,488

Open.	Sect.	$N_{m,slab}$ (kN)	$N_{m,top}$ (kN)	$N_{m,bot}$ (kN)	$V_{m,slab}$ (kN)	$V_{m,top}$ (kN)	$V_{m,bot}$ (kN)
3	12	608,789	183,150	-791,939	-55,838	-54,087	-54,087
4	16	1031,691	-73,070	-958,621	-55,838	-37,686	-37,686
5	20	1483,933	-411,508	-1072,425	-55,838	-21,285	-21,285
6	24	1931,291	-789,333	-1141,958	-55,838	-4,883	-4,883
7	28	2344,353	-1171,416	-1172,937	-32,802	0,000	0,000
8	32	Infilled opening					
9	36	2344,353	-1171,416	-1172,937	32,802	0,000	0,000
10	40	1931,291	-789,333	-1141,958	55,838	4,883	4,883
11	44	1483,933	-411,508	-1072,425	55,838	21,285	21,285
12	48	1031,691	-73,070	-958,621	55,838	37,686	37,686
13	52	608,789	183,150	-791,939	55,838	54,087	54,087
14	56	258,804	302,302	-561,106	55,838	70,488	70,488
15	60	38,459	211,684	-250,143	55,838	86,889	86,889

*Under ULS Combinations (Construction stage)*

$$u1 = 1,35 g + 1,50 QC$$

**Reactions at supports :** Left end :  $R_{Av} = 93,99$  kN  
Right end :  $R_{Bv} = 93,99$  kN

**Maximum moment :**  $M_{Max} = 382,3$  kNm in section no 32

**Maximum shear force :**  $V_{Max} = -93,99$  kN in section no 1

	x (m)	M (kNm)	$V_L$ (kN)	$V_R$ (kN)	$N_L$ (kN)	$N_R$ (kN)
1	0,000	0,0	-	-93,99	-	0,0
2	0,115	10,7	-92,67	-92,67	0,0	0,0
3	0,230	21,3	-91,35	-91,35	0,0	0,0
4	0,620	56,1	-86,88	-86,88	0,0	0,0
5	1,010	89,1	-82,41	-82,41	0,0	0,0
6	1,140	99,7	-80,92	-80,92	0,0	0,0
7	1,270	110,1	-79,44	-79,44	0,0	0,0
8	1,660	140,2	-74,97	-74,97	0,0	0,0
9	2,050	168,6	-70,50	-70,50	0,0	0,0
10	2,180	177,7	-69,01	-69,01	0,0	0,0
11	2,310	186,5	-67,52	-67,52	0,0	0,0
12	2,700	212,0	-63,05	-63,05	0,0	0,0
13	3,090	235,7	-58,58	-58,58	0,0	0,0
14	3,220	243,2	-57,09	-57,09	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
15	3,350	250,6	-55,60	-55,60	0,0	0,0
16	3,740	271,4	-51,13	-51,13	0,0	0,0
17	4,130	290,4	-46,66	-46,66	0,0	0,0
18	4,260	296,4	-45,17	-45,17	0,0	0,0
19	4,390	302,2	-43,68	-43,68	0,0	0,0
20	4,780	318,4	-39,21	-39,21	0,0	0,0
21	5,170	332,8	-34,74	-34,74	0,0	0,0
22	5,300	337,2	-33,25	-33,25	0,0	0,0
23	5,430	341,4	-31,76	-31,76	0,0	0,0
24	5,820	352,9	-27,30	-27,30	0,0	0,0
25	6,210	362,7	-22,83	-22,83	0,0	0,0
26	6,340	365,6	-21,34	-21,34	0,0	0,0
27	6,470	368,3	-19,69	-19,69	0,0	0,0
28	6,860	374,9	-14,32	-14,32	0,0	0,0
29	7,250	379,4	-8,95	-8,95	0,0	0,0
30	7,380	380,5	-7,16	-7,16	0,0	0,0
31	7,510	381,3	-5,37	-5,37	0,0	0,0
32	7,900	382,3	0,00	0,00	0,0	0,0
33	8,290	381,3	5,37	5,37	0,0	0,0
34	8,420	380,5	7,16	7,16	0,0	0,0
35	8,550	379,4	8,95	8,95	0,0	0,0
36	8,940	374,9	14,32	14,32	0,0	0,0
37	9,330	368,3	19,69	19,69	0,0	0,0
38	9,460	365,6	21,34	21,34	0,0	0,0
39	9,590	362,7	22,83	22,83	0,0	0,0
40	9,980	352,9	27,30	27,30	0,0	0,0
41	10,370	341,4	31,76	31,76	0,0	0,0
42	10,500	337,2	33,25	33,25	0,0	0,0
43	10,630	332,8	34,74	34,74	0,0	0,0
44	11,020	318,4	39,21	39,21	0,0	0,0
45	11,410	302,2	43,68	43,68	0,0	0,0
46	11,540	296,4	45,17	45,17	0,0	0,0
47	11,670	290,4	46,66	46,66	0,0	0,0
48	12,060	271,4	51,13	51,13	0,0	0,0
49	12,450	250,6	55,60	55,60	0,0	0,0
50	12,580	243,2	57,09	57,09	0,0	0,0
51	12,710	235,7	58,58	58,58	0,0	0,0
52	13,100	212,0	63,05	63,05	0,0	0,0

	x (m)	M (kNm)	V <sub>L</sub> (kN)	V <sub>R</sub> (kN)	N <sub>L</sub> (kN)	N <sub>R</sub> (kN)
53	13,490	186,5	67,52	67,52	0,0	0,0
54	13,620	177,7	69,01	69,01	0,0	0,0
55	13,750	168,6	70,50	70,50	0,0	0,0
56	14,140	140,2	74,97	74,97	0,0	0,0
57	14,530	110,1	79,44	79,44	0,0	0,0
58	14,660	99,7	80,92	80,92	0,0	0,0
59	14,790	89,1	82,41	82,41	0,0	0,0
60	15,180	56,1	86,88	86,88	0,0	0,0
61	15,570	21,3	91,35	91,35	0,0	0,0
62	15,685	10,7	92,67	92,67	0,0	0,0
63	15,800	0,0	93,99	-	0,0	-

Open.	Sect.	N <sub>m,top</sub> (kN)	N <sub>m,bot</sub> (kN)	V <sub>m,top</sub> (kN)	V <sub>m,bot</sub> (kN)
1	4	101,597	-101,597	-43,442	-43,442
2	8	254,095	-254,095	-37,483	-37,483
3	12	384,135	-384,135	-31,524	-31,524
4	16	491,717	-491,717	-25,565	-25,565
5	20	576,841	-576,841	-19,607	-19,607
6	24	639,507	-639,507	-13,648	-13,648
7	28	679,273	-679,273	-7,158	-7,158
8	32	Infilled opening			
9	36	679,273	-679,273	7,158	7,158
10	40	639,507	-639,507	13,648	13,648
11	44	576,841	-576,841	19,607	19,607
12	48	491,717	-491,717	25,565	25,565
13	52	384,135	-384,135	31,524	31,524
14	56	254,095	-254,095	37,483	37,483
15	60	101,597	-101,597	43,442	43,442

ULTIMATE LIMIT STATES - COMPOSITE ACTION STAGE

**Note: the calculation method applies to steel rolled profiles only.**

*Summary of the criteria**Degree of connection*

Minimal degree of connection = 0,724

Most unfavorable degree of connection (Comb. U1) : = 1,19 > 0,724 Satisfactory

S = Satisfactory    NS = Not satisfactory

*Checkings of net sections at openings*

Resistance to shear force (Open. no 1 - Comb. U1) :  $\Gamma_{V,max}=0,237 < 1S$

Resistance to M+N interaction (Open. no 7 - Comb. U1) :  $\Gamma_{MN,max}=0,989 < 1S$

Resistance to M+N+V interaction (Open. no 7 - Comb. U1) :  $\Gamma_{MNV,max}=0,989 < 1S$

*Web checkings*

Shear buckling check required (Post no 14 - Comb. U1) :  $\Gamma_{Vbw,max}=0,202 < 1S$

*Posts checkings*

Resistance to shear (Post no 1 - Comb. U1) :  $\Gamma_{Vh,max}=0,621 < 1 S$

Minimum throat thickness

Intermediate posts (Post no 1 - Comb. U1) :  $a_{min}=2,28 \text{ mm}$

Warning : the throat thickness of the fillet weld must be at least 3 mm (EC3)

*Gross sections checkings*

Resistance to bending (Post no 7 - Comb. U1) :  $\Gamma_{Mg,max}=0,619 \text{ (Classe 1)} < 1S$

Resistance to shear (Right end - Comb. U1) :  $\Gamma_{Vg,max}=0,185 < 1 S$

*ULS Combinations checkings*

Minimal degree of connection = 0,724

*ULS Combination U1*

**U1 = 1,35 G + 1,50 Q1**

Degree of connection = 1,192 > 0,724 : Plastic calculation is possible

**Verifications in the openings sections**

Open.	Chord	$\Gamma_V$	$\Gamma_{MN}$	$\Gamma_{MNV}$
1	Top	0,237	0,888 (4)	0,888
	Bot	0,237	0,885 (4)	0,885
2	Top	0,192	0,789 (4)	0,789
	Bot	0,192	0,873 (4)	0,873
3	Top	0,147	0,580 (4)	0,580
	Bot	0,147	0,826 (4)	0,826
4	Top	0,103	0,369 (4)	0,369
	Bot	0,103	0,789 (1)	0,789
5	Top	0,058	0,391 (4)	0,391
	Bot	0,058	0,922 (2)	0,922
6	Top	0,013	0,584 (3)	0,584
	Bot	0,013	0,967 (2)	0,967
7	Top	0,000	0,988 (2)	0,988
	Bot	0,000	0,989 (2)	0,989
8	Infilled opening - Checked as a gross section			
9	Top	0,000	0,988 (2)	0,988
	Bot	0,000	0,989 (2)	0,989
10	Top	0,013	0,584 (3)	0,584
	Bot	0,013	0,967 (2)	0,967
11	Top	0,058	0,391 (4)	0,391
	Bot	0,058	0,922 (2)	0,922
12	Top	0,103	0,369 (4)	0,369
	Bot	0,103	0,789 (1)	0,789
13	Top	0,147	0,580 (4)	0,580
	Bot	0,147	0,826 (4)	0,826
14	Top	0,192	0,789 (4)	0,789
	Bot	0,192	0,873 (4)	0,873
15	Top	0,237	0,888 (4)	0,888
	Bot	0,237	0,885 (4)	0,885

Between paranthesis: the class of the section where the maximum criterion is obtained

### Detailed checkings

#### Stud resistance

$$\gamma_V = 1,25$$

Connection zone no 1  $P_{Rd} = 57,16$  kN

$$P_{Rd1} = 57,16 \text{ kN} \quad P_{Rd2} = 58,19 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1,000 \quad k_T = 0,700$$

#### Degree of connexion

ULS Combination n° 1

Maximum moment is obtained in section  $s_d = 32$

$x_{sd} = 7,90$  m : The left end is the closest one

$$L_{Slab} = 2,05 \text{ m}$$

$$R_{Connex} = 3543,88 \text{ kN}$$

$$F_{Steel} = 2974,22 \text{ kN} \quad F_{Concrete} = 3554,70 \text{ kN}$$

$$\text{Degree of connection : } \eta = 1,192$$

#### Minimal degree of connection

Stud Height  $h_{sc} = 125$  mm Diameter  $d_c = 19,0$  mm

$$h_{sc} / d_c = 6,58$$

According to EN 1994-1-1 6.6.1.2 (2) :

Minimal degree for beam with same area of flanges = 0,724

Minimal degree for beam with ratio of areas of flanges equal to 3 = 0,937

Ratio Area of lower flange / Area of upper flange = 1,00

Linear interpolation : Minimum degree of connection  $\eta_{min} = 0,724$

#### Net section at opening no 1 - Resistance to shear force

Combination U1

$$\text{Bending moment} \quad M_{Ed} = 148,4 \text{ kNm}$$

$$\text{Shear forces} \quad V_{Ed,l} = -229,6 \text{ kN} \quad V_{Ed,r} = -229,6 \text{ kN}$$

$$\text{Axial forces} \quad N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN} \quad N_{Ed,r} = 0,0 \text{ kN}$$

Shear resistance of the slab  $V_{Rd,slab} = 55,84$  kN

$$\text{Shear distribution} \quad V_{Ed,Slab,l} = -55,84 \text{ kN} \quad V_{Ed,Steel,l} = -173,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,Slab,r} = -55,84 \text{ kN} \quad V_{Ed,Steel,r} = -173,8 \text{ kN}$$

#### Top chord - Left cantilever arm

$$\text{Axial force} \quad N_{m,Ed} = 211,7 \text{ kN}$$

$$\text{Shear force} \quad V_{m,Ed} = 86,89 \text{ kN}$$

$$\text{Location section / post} \quad x_{Sec} = 263,3 \text{ mm}$$

$$\text{Height of the section} \quad h_{Sec} = 145,0 \text{ mm}$$

$$\text{Position of the centroid} \quad d_{G,Te} = 29,06 \text{ mm} \quad (\text{about the external fibre of the flange})$$

$$\text{Distances for the moment} \quad e_N = 0,0 \text{ mm} \quad e_V = 126,8 \text{ mm}$$

$$\text{Forces in the design section} \quad N_{S,Ed} = 211,7 \text{ kN} \quad V_{S,Ed} = 86,89 \text{ kN}$$

$$\text{Moment in the design section} \quad M_{S,Ed} = V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N = 11,01 \text{ kNm}$$

Adjacent post is considered for the calculation of the Class

Class of the section Class 3

$$\text{Yield strength} \quad f_y = 355,0 \text{ MPa} \quad \varepsilon = 0,814$$

$$\text{Partial factor} \quad A_v = 1790 \text{ mm}^2$$

$$\text{Shear area} \quad \gamma_{M0} = 1,000$$

$$\text{Shear resistant force} \quad V_{c,Rd} = 366,9 \text{ kN}$$

$$\text{Criterion} \quad \Gamma_V = 0,237$$



## Combination U1

Bending moment	$M_{Ed}$	=	967,2 kNm	
Shear forces	$V_{Ed,l}$	=	-32,80 kN	$V_{Ed,r}$ = -32,80 kN
Axial forces	$N_{Ed,l}$	=	0,0 kN	$N_{Ed,r}$ = 0,0 kN
Shear resistance of the slab	$V_{Rd,slab}$	=	55,84 kN	
Shear distribution	$V_{Ed,Slab,l}$	=	-32,80 kN	$V_{Ed,Steel,l}$ = 0,0 kN
	$V_{Ed,Slab,r}$	=	-32,80 kN	$V_{Ed,Steel,r}$ = 0,0 kN

**Bot chord - Left cantilever arm**

Axial force	$N_{m,Ed}$	=	-1173 kN	
Shear force	$V_{m,Ed}$	=	0,0 kN	
Location section / post	$x_{Sec}$	=	156,0 mm	
Height of the section	$h_{Sec}$	=	200,3 mm	
Position of the centroid	$d_{G,Te}$	=	44,90 mm (about the external fibre of the flange)	
Distances for the moment	$e_N$	=	15,84 mm	$e_V$ = 234,0 mm
Forces in the design section	$N_{S,Ed}$	=	-1173 kN	$V_{S,Ed}$ = 0,0 kN
Moment in the design section	$M_{S,Ed}$	=	$V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N$ = 18,59 kNm	
Adjacent post not considered for the calculation of the Class because the following conditions on the post are not fulfilled:				

- Out of plane second moment of area of the post

Class of the section	Class 2
Yield strength	$f_y$ = 355,0 MPa $\varepsilon$ = 0,814
Partial factor	$\gamma_{M0}$ = 1,000
Normal resistant force	$N_{c,Rd}$ = 1672 kN
Criterion	$\Gamma_N$ = 0,702
Bending resistant moment	$M_{c,Rd}$ = 64,70 kNm
Criterion	$\Gamma_M$ = 0,287
Criterion	$\Gamma_{MN}$ = 0,989

## Net section at opening no 7 - Interaction M-N-V

## Combination U1

Bending moment	$M_{Ed}$	=	967,2 kNm	
Shear forces	$V_{Ed,l}$	=	-32,80 kN	$V_{Ed,r}$ = -32,80 kN
Axial forces	$N_{Ed,l}$	=	0,0 kN	$N_{Ed,r}$ = 0,0 kN
Shear resistance of the slab	$V_{Rd,slab}$	=	55,84 kN	
Shear distribution	$V_{Ed,Slab,l}$	=	-32,80 kN	$V_{Ed,Steel,l}$ = 0,0 kN
	$V_{Ed,Slab,r}$	=	-32,80 kN	$V_{Ed,Steel,r}$ = 0,0 kN

**Bot chord - Left cantilever arm**

Axial force	$N_{m,Ed}$	=	-1173 kN	
Shear force	$V_{m,Ed}$	=	0,0 kN	
Location section / post	$x_{Sec}$	=	156,0 mm	
Height of the section	$h_{Sec}$	=	200,3 mm	
Position of the centroid	$d_{G,Te}$	=	44,90 mm (about the external fibre of the flange)	
Distances for the moment	$e_N$	=	15,84 mm	$e_V$ = 234,0 mm
Forces in the design section	$N_{S,Ed}$	=	-1173 kN	$V_{S,Ed}$ = 0,0 kN
Moment in the design section	$M_{S,Ed}$	=	$V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N$ = 18,59 kNm	
Adjacent post not considered for the calculation of the Class because the following conditions on the post are not fulfilled:				

- Out of plane second moment of area of the post

Class of the section	Class 2
----------------------	---------

**Shear buckling**

Section at web post no 14

ULS Combination U1

Web dimensions  $h_w = 580,8 \text{ mm}$   $t_w = 9,4 \text{ mm}$ Yield strengths  $f_y = 355 \text{ MPa}$   $\varepsilon = 0,814$  $\eta = 1,20$  $h_w / t_w = 61,79 > 72 \varepsilon / \eta = 48,82$  Shear buckling check is requiredReduced slenderness  $\lambda_w = 0,88$ Reduction factor  $\chi_w = 0,94$ Shear force  $V_{Ed} = 209,12 \text{ kN}$ Shear buckling resistance  $V_{bw,Rd} = 1056,66 \text{ kN}$ Check  $\Gamma_{Vbw} = 0,198$ **Shear resistance of Web post no 1**

Combination U1

Bending moments  $M_{Ed,l} = 148,4 \text{ kNm}$   $M_{Ed,r} = 370,2 \text{ kNm}$ Resistant moment at openings  $M_{Rd,l} = 882,4 \text{ kNm}$   $M_{Rd,r} = 981,1 \text{ kNm}$ Plastic axial forces in tees  $N_{Rd,Sup,l} = 1258 \text{ kN}$   $N_{Rd,Inf,l} = -1487 \text{ kN}$  $N_{Rd,Sup,r} = 801,2 \text{ kN}$   $N_{Rd,Inf,r} = -1487 \text{ kN}$ Axial forces in tees  $N_{m,Sup,l} = 211,7 \text{ kN}$   $N_{m,Inf,l} = -250,1 \text{ kN}$  $N_{m,Sup,r} = 302,3 \text{ kN}$   $N_{m,Inf,r} = -561,1 \text{ kN}$ Horizontal shear force in post  $V_{hm} = 311,0 \text{ kN}$ Post width  $w = 260,0 \text{ mm}$ Resistant shear forces  $V_{hRd,top} = 500,92 \text{ kN}$   $V_{hRd,bot} = 500,92 \text{ kN}$ Checkings  $\Gamma_{Vh,top} = 0,621$   $\Gamma_{Vh,bot} = 0,621$ **Shear resistance of gross sections**

Section at right end (Section no 63) - Combination U1

Height of the cross-section  $h = 610,0 \text{ mm}$ Shear area  $A_{v,top} = 3294,3 \text{ mm}^2$   $A_{v,bot} = 3294,3 \text{ mm}^2$ Yield strengths  $f_{y,top} = 355 \text{ MPa}$   $f_{y,bot} = 355 \text{ MPa}$ Shear design force  $V_{Ed} = 249,17 \text{ kN}$ Shear resistance force  $V_{plRd} = 1350,38 \text{ kN}$   $\gamma_{M0} = 1,00$ Check  $\Gamma_{Vg} = 0,185$ **Minimal throat thickness at post no 1**

Combination U1

Width of the post  $w = 260,0 \text{ mm}$ Ultimate strength  $f_u = 510,0 \text{ MPa}$   $\beta_w = 0,90$ Moments at openings sections  $M_{Ed,l} = 148,4 \text{ kNm}$   $M_{Ed,r} = 370,2 \text{ kNm}$ Axial forces in lower chords  $N_{m,Ed,l} = -250,1 \text{ kN}$   $N_{m,Ed,r} = -561,1 \text{ kN}$ Force and moment in the post  $V_{h,Ed} = 311,0 \text{ kN}$   $M_{h,Ed} = 0,0 \text{ kNm}$ Partial factor  $\gamma_{M2} = 1,25$ Throat thickness  $a = 2,285 \text{ mm}$

ULTIMATE LIMIT STATES - CONSTRUCTION STAGE*Summary of the criteria*

S = Satisfactory    NS = Not satisfactory

*Checkings of net sections at openings*

Resistance to shear force (Open. no 1 - Comb. u1) :  $\Gamma_{V,max}=0,118 < 1$  S

Resistance to M+N interaction (Open. no 7 - Comb. u1) :  $\Gamma_{MN,max}=0,610 < 1$  S

Resistance to M+N+V interaction (Open. no 7 - Comb. u1) :  $\Gamma_{MNV,max}=0,610 < 1$  S

*Web checkings*

Shear buckling check required (Post no 1 - Comb. u1) :  $\Gamma_{Vbw,max}=0,077 < 1$  S

*Posts checkings*

Resistance to shear (Post no 1 - Comb. u1) :  $\Gamma_{Vh,max}=0,304 < 1$  S

Minimum throat thickness

Intermediate posts (Post no 1 - Comb. u1) :  $a_{min}=1,12$  mm

Warning : the throat thickness of the fillet weld must be at least 3 mm (EC3)

*Gross sections checkings*

Resistance to bending (Cell 8 - Comb. u1) :  $\Gamma_{Mg,max}=0,422$  (Classe 1) < 1 S

Resistance to shear (Left end - Comb. u1) :  $\Gamma_{Vg,max}=0,070 < 1$  S

*Other checkings*

Resistance to lateral torsional buckling  $\Gamma_{LT,max}=0,478 < 1$  S

*Detailed checkings**Net section at opening no 1 - Resistance to shear force*

Combination u1

Bending moment  $M_{Ed} = 56,07$  kNm

Shear forces  $V_{Ed,l} = -86,88$  kN     $V_{Ed,r} = -86,88$  kN

Axial forces  $N_{Ed,l} = 0,0$  kN     $N_{Ed,r} = 0,0$  kN

**Top chord - Left cantilever arm**

Axial force  $N_{m,Ed} = 101,6$  kN

Shear force  $V_{m,Ed} = 43,44$  kN

Location section / post  $x_{Sec} = 263,3$  mm

Height of the section  $h_{Sec} = 145,0$  mm

Position of the centroid  $d_{G,Te} = 29,06$  mm (about the external fibre of the flange)

Distances for the moment  $e_N = 0,0$  mm     $e_V = 126,8$  mm

Forces in the design section  $N_{S,Ed}=101,6$  kN  $V_{S,Ed} = 43,44$  kN

Moment in the design section  $M_{S,Ed} = V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N = 5,506$  kNm

Adjacent post is considered for the calculation of the Class

Class of the section    Class 3

Yield strength  $f_y = 355,0$  MPa     $\varepsilon = 0,814$

Partial factor  $A_V = 1790$  mm<sup>2</sup>

Shear area  $\gamma_{M0} = 1,000$

Shear resistant force  $V_{c,Rd} = 366,9$  kN

Criterion

$$\Gamma_V = 0,118$$

*Net section at opening no 7 - Interaction M-N*

Combination u1

Bending moment  $M_{Ed} = 374,9 \text{ kNm}$

Shear forces  $V_{Ed,l} = -14,32 \text{ kN}$   $V_{Ed,r} = -14,32 \text{ kN}$

Axial forces  $N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN}$   $N_{Ed,r} = 0,0 \text{ kN}$

**Top chord - Right cantilever arm**

Axial force  $N_{m,Ed} = 679,3 \text{ kN}$

Shear force  $V_{m,Ed} = -7,158 \text{ kN}$

Location section / post  $x_{Sec} = 117,0 \text{ mm}$

Height of the section  $h_{Sec} = 237,5 \text{ mm}$

Position of the centroid  $d_{G,Te} = 56,94 \text{ mm}$  (about the external fibre of the flange)

Distances for the moment  $e_N = 27,88 \text{ mm}$   $e_V = 273,0 \text{ mm}$

Forces in the design section  $N_{S,Ed} = 679,3 \text{ kN}$   $V_{S,Ed} = -7,158 \text{ kN}$

Moment in the design section  $M_{S,Ed} = V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N = -20,90 \text{ kNm}$

Adjacent post not considered for the calculation of the Class

because the following conditions on the post are not fulfilled:

- Out of plane second moment of area of the post

Class of the section Class 1

Yield strength  $f_y = 355,0 \text{ MPa}$   $\varepsilon = 0,814$

Partial factor  $\gamma_{M0} = 1,000$

Normal resistant force  $N_{c,Rd} = 1796 \text{ kN}$

Criterion  $\Gamma_N = 0,378$

Bending resistant moment  $M_{c,Rd} = 90,30 \text{ kNm}$

Criterion  $\Gamma_M = 0,231$

Criterion  $\Gamma_{MN} = 0,610$

*Net section at opening no 7 - Interaction M-N-V*

Combination u1

Bending moment  $M_{Ed} = 374,9 \text{ kNm}$

Shear forces  $V_{Ed,l} = -14,32 \text{ kN}$   $V_{Ed,r} = -14,32 \text{ kN}$

Axial forces  $N_{Ed,l} = 0,0 \text{ kN}$   $N_{Ed,r} = 0,0 \text{ kN}$

**Top chord - Right cantilever arm**

Axial force  $N_{m,Ed} = 679,3 \text{ kN}$

Shear force  $V_{m,Ed} = -7,158 \text{ kN}$

Location section / post  $x_{Sec} = 117,0 \text{ mm}$

Height of the section  $h_{Sec} = 237,5 \text{ mm}$

Position of the centroid  $d_{G,Te} = 56,94 \text{ mm}$  (about the external fibre of the flange)

Distances for the moment  $e_N = 27,88 \text{ mm}$   $e_V = 273,0 \text{ mm}$

Forces in the design section  $N_{S,Ed} = 679,3 \text{ kN}$   $V_{S,Ed} = -7,158 \text{ kN}$

Moment in the design section  $M_{S,Ed} = V_{S,Ed} e_V - N_{S,Ed} e_N = -20,90 \text{ kNm}$

Adjacent post not considered for the calculation of the Class

because the following conditions on the post are not fulfilled:

- Out of plane second moment of area of the post

Class of the section Class 1

*Shear buckling*

Section at web post no 1

ULS Combination u1

Web dimensions  $h_w = 580,8 \text{ mm}$   $t_w = 9,4 \text{ mm}$

Yield strengths  $f_y = 355 \text{ MPa}$   $\varepsilon = 0,814$

$\eta = 1,20$

$h_w / t_w = 61,79 > 72 \varepsilon / \eta = 48,82$  Shear buckling check is required

Reduced slenderness  $\lambda_w = 0,88$

Reduction factor  $\chi_w = 0,94$

Shear force

$$V_{Ed} = 82,41 \text{ kN}$$

Shear buckling resistance  $V_{bw,Rd} = 1056,66 \text{ kN}$ 

$$\text{Check } \Gamma_{Vbw} = 0,078$$

*Shear resistance of Web post no 1*

Combination u1

Tee geometrical centres  $d_G = 551,9 \text{ mm}$ Bending moments  $M_{Ed,l} = 56,07 \text{ kNm}$   $M_{Ed,r} = 140,2 \text{ kNm}$ Axial forces in tees  $N_{m,Sup,l} = 101,6 \text{ kN}$   $N_{m,Inf,l} = -101,6 \text{ kN}$  $N_{m,Sup,r} = 254,1 \text{ kN}$   $N_{m,Inf,r} = -254,1 \text{ kN}$ Horizontal shear force in post  $V_{hm} = 152,5 \text{ kN}$ Post width  $w = 260,0 \text{ mm}$ Resistant shear forces  $V_{hRd,top} = 500,92 \text{ kN}$   $V_{hRd,bot} = 500,92 \text{ kN}$ Checkings  $\Gamma_{Vh,top} = 0,304$   $\Gamma_{Vh,bot} = 0,304$ *Bending resistance of gross sections*

Section at (infilled) cell no 8 (Section no 32) - Combination U1

Internal moment and force  $M_{Ed} = 382,33 \text{ kNm}$   $N_{Ed} = 0,00 \text{ kN}$ 

Upper flange under compression: Class 1

Class of the web

Steel  $f_{y,w} = 355 \text{ MPa}$   $\varepsilon_w = 0,814$ Slenderness:  $c / t = 57,32$ Plastic distribution factor  $\alpha = 0,50$ 

Class of the web 1

Check of the resistance (Class1)

Steel  $f_{y,top} = 355 \text{ MPa}$   $f_{y,bot} = 355 \text{ MPa}$ Partial factor  $\gamma_{M0} = 1,00$ Plastic resistant moment  $M_{pl,Rd} = 906,14 \text{ kNm}$ Check  $\Gamma_{Mg} = 0,422$ *Shear resistance of gross sections*

Section at left end (Section no 1) - Combination U1

Height of the cross-section  $h = 610,0 \text{ mm}$ Shear area  $A_{v,top} = 3294,3 \text{ mm}^2$   $A_{v,bot} = 3294,3 \text{ mm}^2$ Yield strengths  $f_{y,top} = 355 \text{ MPa}$   $f_{y,bot} = 355 \text{ MPa}$ Shear design force  $V_{Ed} = 93,99 \text{ kN}$ Shear resistance force  $V_{plRd} = 1350,38 \text{ kN}$   $\gamma_{M0} = 1,00$ Check  $\Gamma_{Vg} = 0,070$ *Resistance to lateral torsional buckling*

Combination u1

Check of upper flange

Part between sections laterally maintained in  $x = 7,484 \text{ m}$  and  $x = 8,316 \text{ m}$ Length of the part  $L = 0,832 \text{ m}$ Moments at ends  $M_{end,l} = 381,28 \text{ kNm}$   $M_{end,r} = 381,28 \text{ kNm}$ Maximum moment  $M_{Ed} = 382,33 \text{ kNm}$ Maximum normal force in chord  $N_{Ed} = 692,76 \text{ kN}$ Properties of the chord section  $A_0 = 4171,8 \text{ mm}^2$   $I_{z,0} = 837,1 \text{ cm}^4$ Yielding strength  $f_y = 355 \text{ MPa}$ Height of the tee  $h_{Te} = 145,0 \text{ mm}$ Moment distribution parameters  $\beta = 1,000$   $\mu = 0,003$ Coefficient C1  $C_1 = 1,000$ Critical normal force  $N_{cr} = 25102,52 \text{ kN}$ Reduced slenderness  $\lambda_b = 0,243$ Reduction factor (curve "c")  $\chi = 0,978$

Partial factor

$$\gamma_{M1} = 1,000$$

Resistant normal force  $N_{b,Rd} = 1448,68 \text{ kN}$ Check  $\Gamma_{LT} = 0,478$ *Minimal throat thickness at post no 1*

Combination u1

Width of the post  $w = 260,0 \text{ mm}$ Ultimate strength  $f_u = 510,0 \text{ MPa}$   $\beta_w = 0,90$ Moments at openings sections  $M_{Ed,l} = 56,07 \text{ kNm}$   $M_{Ed,r} = 140,2 \text{ kNm}$ Spacings between tee chords  $d_{G,l} = 551,9 \text{ mm}$   $d_{G,r} = 551,9 \text{ mm}$ Axial forces in lower chords  $N_{m,Ed,l} = 101,6 \text{ kN}$   $N_{m,Ed,r} = 254,1 \text{ kN}$ Force and moment in the post  $V_{h,Ed} = 152,5 \text{ kN}$   $M_{h,Ed} = 0,0 \text{ kNm}$ Partial factor  $\gamma_{M2} = 1,25$ Throat thickness  $a = 1,120 \text{ mm}$

SERVICEABILITY LIMIT STATES (SLS)*Deflections*

$v$  : Maximum vertical deflection of the beam

*Under elementary load cases*

Permanent loads except self weight ( $G^*$ ) :  $v = 11,54 \text{ mm (S32)} = L / 1369$

Self weight (steel beam under pouring of concrete) :  $v = 43,68 \text{ mm} = L / 362$

Live loads 1 (Q1) :  $v = 35,69 \text{ mm (S32)} = L / 443$

Deflection due to shrinkage of concrete ( $M = 141,7 \text{ kNm}$ ) :  $v = 15,87 \text{ mm} = L / 996$

Construction loads (QC) :  $v = 12,88 \text{ mm (S32)} = L / 1227$

The user has to check whether the deflections are acceptable according to the project requirements and to consider a precambering if necessary.

*Natural frequencies*

Load case / Combination	Mass assumed to be concentrated	Mass assumed to be distributed
G	2,68Hz	3,05Hz
G + 0,1 Q1	2,55Hz	2,91Hz
G + 0,2 Q1	2,44Hz	2,78Hz
G + 0,3 Q1	2,34Hz	2,67Hz
G + 0,4 Q1	2,26Hz	2,57Hz
G + 0,5 Q1	2,18Hz	2,48Hz