

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIVADLO V LITOMYŠLI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR

Bc. Anna Lochmanová

VEDOUCÍ PRÁCE

Doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: LOCHMANOVÁ Jméno: Anna Osobní číslo: 395726

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Divadlo v Litomyšli

Název diplomové práce anglicky: Theatre in Litomyšl

Pokyny pro vypracování:

Návrh a posouzení ocelové konstrukce kulturního zařízení v Litomyšli. Statický výpočet všech nosných prvků OK včetně ztužidel, návrh významných detailů, kotvení. Výkresová dokumentace - dispoziční výkresy 1:100 a 1:200, řešené detaily 1:10, technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 20.2.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá statickým řešením ocelové konstrukce třípodlažní divadelní budovy. Zahrnuje návrhy a následná statická posouzení všech nosných prvků, podléhajících příslušným kombinacím zatěžovacích stavů, které odpovídají lokalitě a uvažovanému využití objektu dle platných norem. Pro určení vnitřních sil baziliky nad hledištěm divadla a sil ve ztužidlech byl vytvořen trojrozměrný model v programu Dlubal RFEM. Výpočty vnitřních sil ostatních prvků v jednotlivých podlažích byly provedeny ručně a porovnány s hodnotami na modelu. Tato práce dále zpracovává vybrané konstrukční detaily, montážní styky, ztužení budovy. Výpočet je doplněn technickou zprávou a výkresovou dokumentací.

Abstract:

The dissertation is focused on the static solution of threestoreyed theatre. Thesis incorporates draft proposals and subsequent structural surveys of all bearing components, loaded with combinations of load cases corresponding with location and considered use of the building according to current standards. There was made three-dimensional model using software Dlubal RFEM for determination of forces in bracing beams and in beams of basilica above the auditorium of theatre. The internal forces in other elements were calculated manually and compared with the model. Thesis elaborates chosen structural details, assembling contingency, embracement of the building. The calculation is supplemented with technical report and drawing documentation.

Klíčová slova:

ocelová budova, skelet, bazilika, Vierendeelovy nosníky, vaznice, spřažený ocelobetonový strop, stropnice, průvlaky, sloupy, příčná a podélná ztužidla, přípoje, kloubová patka, rámový roh

Key words:

steel building, frame, basilica, Vierendeel truss, purlin, mixed steel-concrete ceiling, ceiling joist, girders, columns, traverse and longitudinal bracing, connections, base plate cut, knee of frame bolted with haunch

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a s použitím podkladů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne 13. 5. 2017

.....

podpis autora

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala doc. Ing. Martině Eliášové, CSc. za odborné konzultace, vstřícný přístup a čas, které mi věnovala nejen při vypracování této diplomové práce.

Doc. Ing. Šárce Šilarové, CSc. děkuji za poskytnuté informace a konzultace konstrukčních detailů.

Anna Lochmanová

Obsah

1.	ÚVOD	11
2.	POPIS OBJEKTU	12
2.1	SKELET BUDOVY	12
2.1.1	Stropní konstrukce	13
2.1.2	Sloupy	14
2.1.3	Ztužidla	15
2.2	KONSTRUKCE BAZILIKY	16
3.	STATICKÝ VÝPOČET	20
3.1	VÝPOČET ZATÍŽENÍ	21
3.1.1	Svislé zatížení	21
3.1.2	Zatížení větrem	24
3.2	STROPNÍ KONSTRUKCE	28
3.2.1	Trapézové plechy	28
3.2.2	Stropnice	30
3.2.3	Běžný průvlak	38
3.2.4	Šikmý průvlak běžného podlaží	43
3.3	UVAŽOVANÉ KOMBINACE ZATÍŽENÍ	47
3.3.1	Zatěžovací stavy	47
3.3.2	Kombinace zatěžovacích stavů	47
3.4	BAZILIKA	49
3.4.1	Vnitřní síly	49
3.4.2	Návrh a posouzení	54
3.4.3	Mezní stav použitelnosti vazníků	57
3.5	VAZNICE	58
3.5.1	Zatížení	58
3.5.2	Průběhy vnitřních sil a posunutí	60
3.5.3	Posouzení hlavní vaznice	62
3.5.4	Posouzení vedlejší vaznice	63

3.6	SLOUPY	64
3.6.1	Sloupky baziliky	64
3.6.2	Běžný vnitřní sloup	65
3.6.3	Krajní sloup – prosklená část	67
3.6.4	Kruhový sloup v obvodu hlediště	80
3.7	PRŮVLAK VYNÁŠEJÍCÍ SLOUPKY BAZILIKY	84
3.7.1	Průvlak přímý	84
3.7.2	Průvlak šikmý	85
3.8	PATKY	89
3.8.1	Patka pod sloupem HEB 220	89
3.8.2	Patka kruhového sloupu	90
3.9	ZTUŽIDLA BUDOVY	92
3.9.1	Podélná ztužidla	92
3.9.2	Příčná ztužidla	92
3.10	PŘÍPOJE	94
3.10.1	Styčníky baziliky	94
3.10.2	Přípoje stropních nosníků	99
3.10.3	Ztužidla	103
3.10.4	Rámový roh	107
4.	ZÁVĚR	110

Příloha statického výpočtu 1

Literatura

Seznam příloh diplomové práce

1. ÚVOD

Tato diplomová práce je zaměřena na statický návrh a posouzení konstrukce ocelového skeletu třípodlažní divadelní budovy.

Půdorysné rozměry objektu jsou 42x30m, konstrukční výška podlaží je 4m. Nad prostorem hlediště jsou nad úrovní střechy nosné příčné vazby. Celková osová výška objektu je 14,69m.

Po určení geometrie jednotlivých nosných prvků objektu následuje statický výpočet, který nejprve zpracovává zatížení odpovídající dané lokalitě Litomyšle. Následuje návrh a posouzení hlavních prvků stropní konstrukce, tedy trapézového plechu, stropnic a průvlaků.

Zatížení je použito pro návrh trojrozměrného modelu v programu RFEM Dlubal. Na základě výsledků vnitřních sil a především průhybů budou následně navrženy jednotlivé prvky baziliky a vaznice.

Statický výpočet pokračuje návrhem a posouzením různých typů sloupů objektu a jejich patek.

Jsou navržena ztužidla a posouzeny vybrané konstrukční detaily a montážní styky. Na základě výpočtů jsou v přílohách zpracovány výkresy objektu a technická zpráva.

Diplomová práce je doplněna návrhem zasklení a zastřešení objektu a řeší vybrané detaily fasády divadla

2. POPIS OBJEKTU

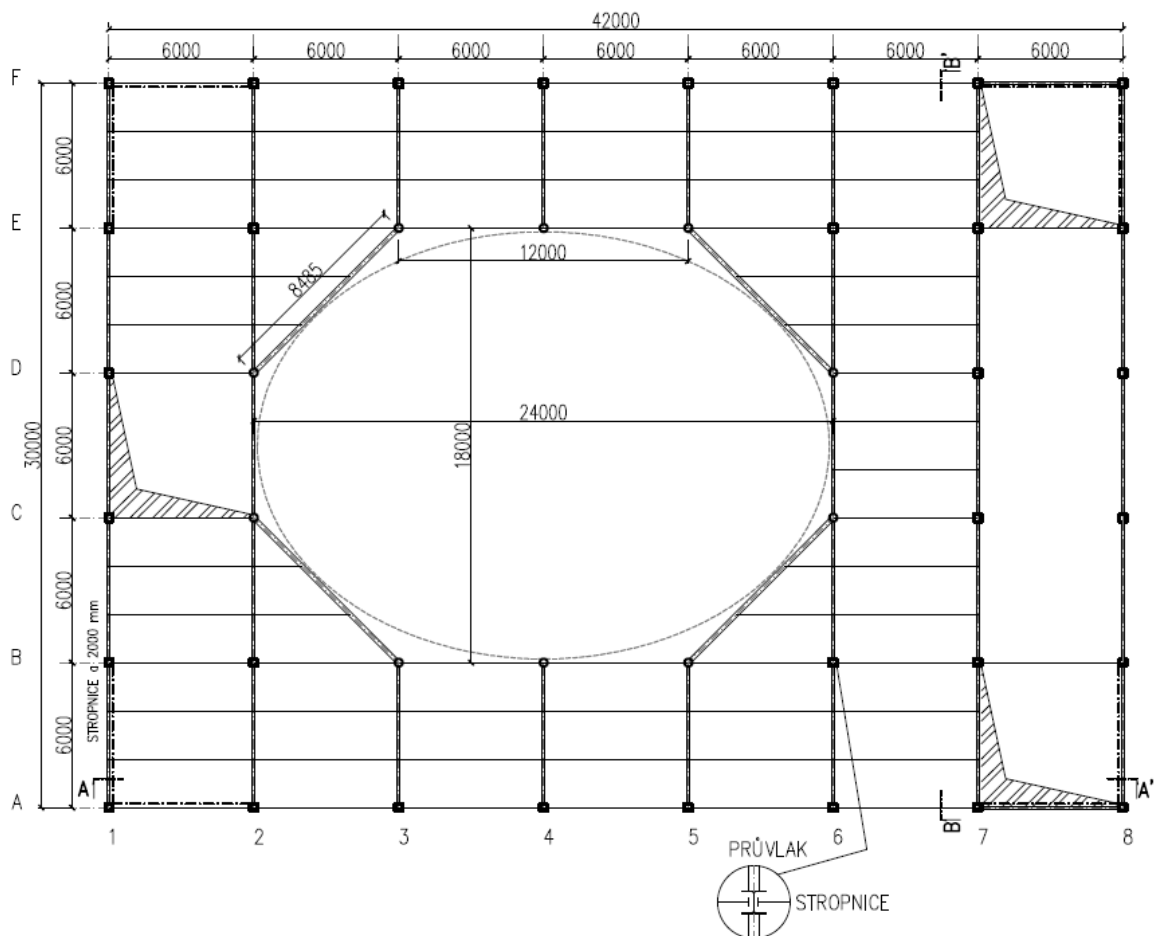
V této kapitole je blíže popsána nosná konstrukce divadla a osová geometrie jednotlivých prvků.

2.1 SKELET BUDOVY

Na následujících obrázcích jsou schémata půdorysů, příčný a podélný řez. Půdorys skeletu budovy je sestaven ze čtvercových polí o rozměru 6x6m. V podélném směru je sedm polí, v příčném pět. Rozměry celé budovy jsou tedy 42x30m.

Konstrukční výška podlaží je 4,0 m a nadzemní podlaží jsou celkem tři. Nad úroveň stropní konstrukce 3.NP je nad prostorem hlediště a jeviště je prosklená bazilika o celkové výšce 2,69m. Celková osová výška objektu je tedy 14,69m.

Vodorovné zatížení v budově budou přenášet čtyři podélná a čtyři příčná svislá ztužidla (v rozích objektu čerchované). Jejich rozmístění je patrné z obrázku 1.



Obr. 1: Půdorysné schéma 1. a 2. nadzemního podlaží

2.1.1 Stropní konstrukce

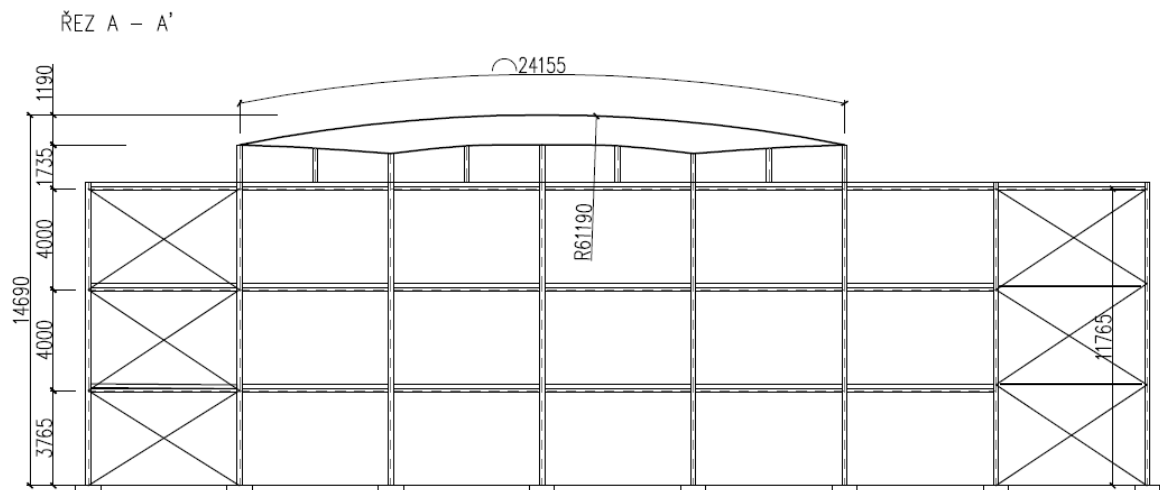
Stropní konstrukce je tvořena monolitickou betonovou deskou. Ztraceným bedněním pro desku je trapézový plech podepřený stropnicemi orientovaných v podélném směru o roztečích 2m. Trapézové plechy jsou navrženy jako spojité nosníky o třech polích.

Stropnice jsou připojeny ke stojinám průvlaků. Ty jsou orientovány v příčném směru po 6m. Všechny tyto nosníky jsou vzájemně kloubově připojeny, jsou spřaženy s betonovou deskou přivařenými spřahovacími trny. Průvlaky budou při betonáži podepřeny, stropnice ne.

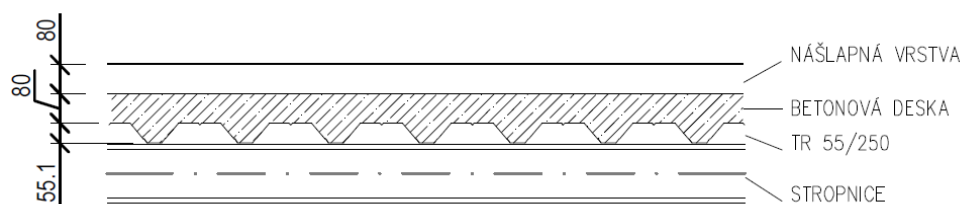
Všechny stropní desky mají v centrální části nad prostory hlediště a jeviště otvor o velikosti 24x18m, který má tvar nepravidelného šestiúhelníku. V každém patře jsou tedy navíc čtyři šikmé průvlaky o délce 8,485m.

V 1.NP i 2.NP stropní deska nedosahuje východní fasády, je ukončena osou č. 7, jak je vidět na obrázku 1. V tomto prostoru budou umístěna dvě hlavní schodiště (u severní a jižní fasády) a zbylý prostor bude až po střechu ponechán volný (obrázek 2). Na západní obvodové stěně bude v jejím středu umístěno schodiště třetí. To zpřístupňuje střechu objektu.

Střecha 3.NP je plochá a pochozí, kromě plochy nad vstupní halou a hlavními schodišti (Obr. 1: osy 7-8). V těchto místech je prosklená.



Obr. 2: Podélný řez A-A'



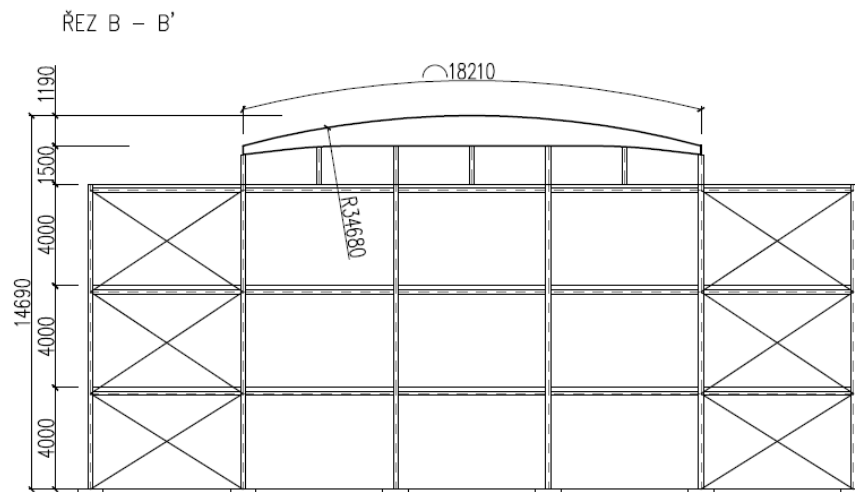
Obr. 3: Řez stropní konstrukcí

2.1.2 Sloupy

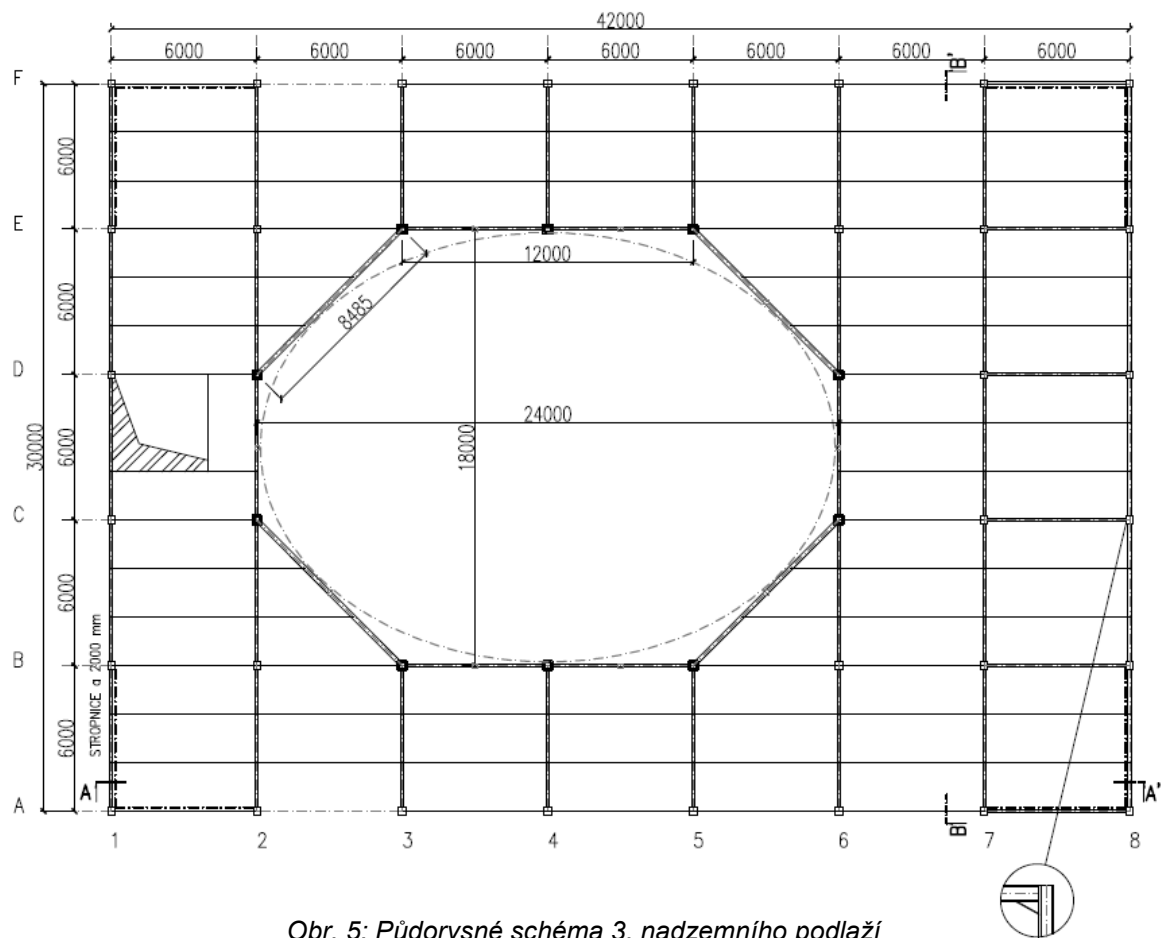
Sloupy umístěné po obvodu hlediště jsou navrženy z kruhového průřezu TR. Důvodem je snadnější připojení dlouhých šikmých průvlaků a estetický vzhled. Všechny ostatní sloupy v konstrukci budou pro jednodušší montáž a následné stavební práce z průřezu HE-B.

Sloupy budou kloubově kotveny do jednotlivých patek šrouby lepenými ve vrtaných kanálech.

Konstrukční výška podlaží je 4m a podlaží jsou tři. Pro relativně nízkou výšku budovy sloupy po výšce nebudou měnit průřez.



Obr. 4: Podélný řez B-B'



Obr. 5: Půdorysné schéma 3. nadzemního podlaží

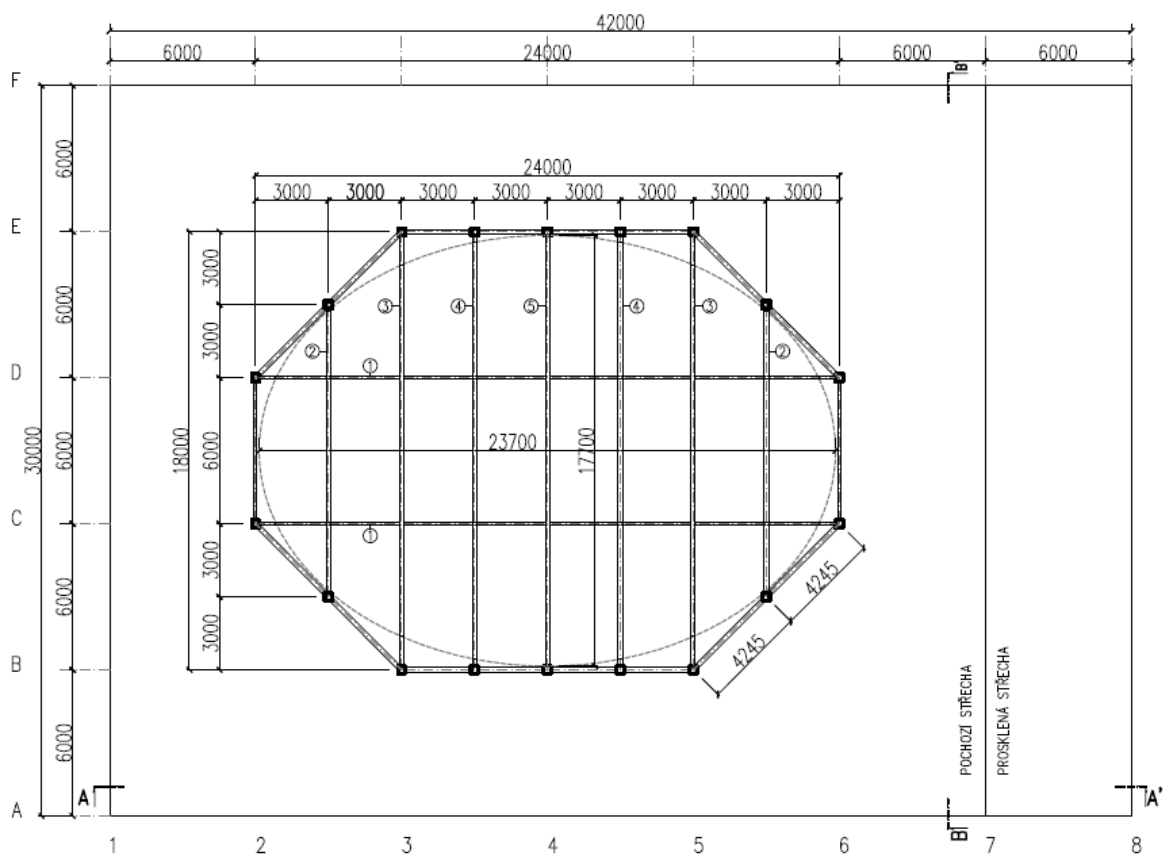
2.1.3 Ztužidla

Podélná ztužidla jsou patrná v řezech (obr. 4 a 2) a v půdorysech (obr. 1 a 5), kde jsou vyznačena silnými čerchovanými čarami.

Příčná a podélná ztužidla jsou symetricky umístěna v každém rohu fasády. Pro určení sil ve ztužidlech bude vypracován trojrozměrný model.

2.2 KONSTRUKCE BAZILIKY

Nad 3.NP je prosklená bazilika zastřešující celý prostor hlediště a jeviště divadla. Tvar zastřešení je oblý a vychází ze dvou základních zakřivení o poloměru 18,210m v podélném směru (obrázek 4) a 24,155m ve směru příčném (obrázek 2). Hlavním nosným prvkem jsou Vierendeelovy vazníky, pnuté v příčném směru, kloubově kotvené ke sloupům po obvodu konstrukce baziliky. Tvar horních pásů vazníků se mění v závislosti na podélném zakřivení konstrukce tak, že hodnoty 24,155m dosahuje pouze středový vazník č. 5. Následně se zakřivení zvětšuje s rostoucí vzdáleností od tohoto vazníku tak, aby osa horních pásů současně protínala elipsu vepsanou nepravidelnému šestiúhelníkovému otvoru. Ztužující podélné vazby (Obr. 6: č. 1) budou z profilu IPE a vazníky (Obr. 6: č.2 - 5) budou vyrobeny z kruhových průřezů TR.

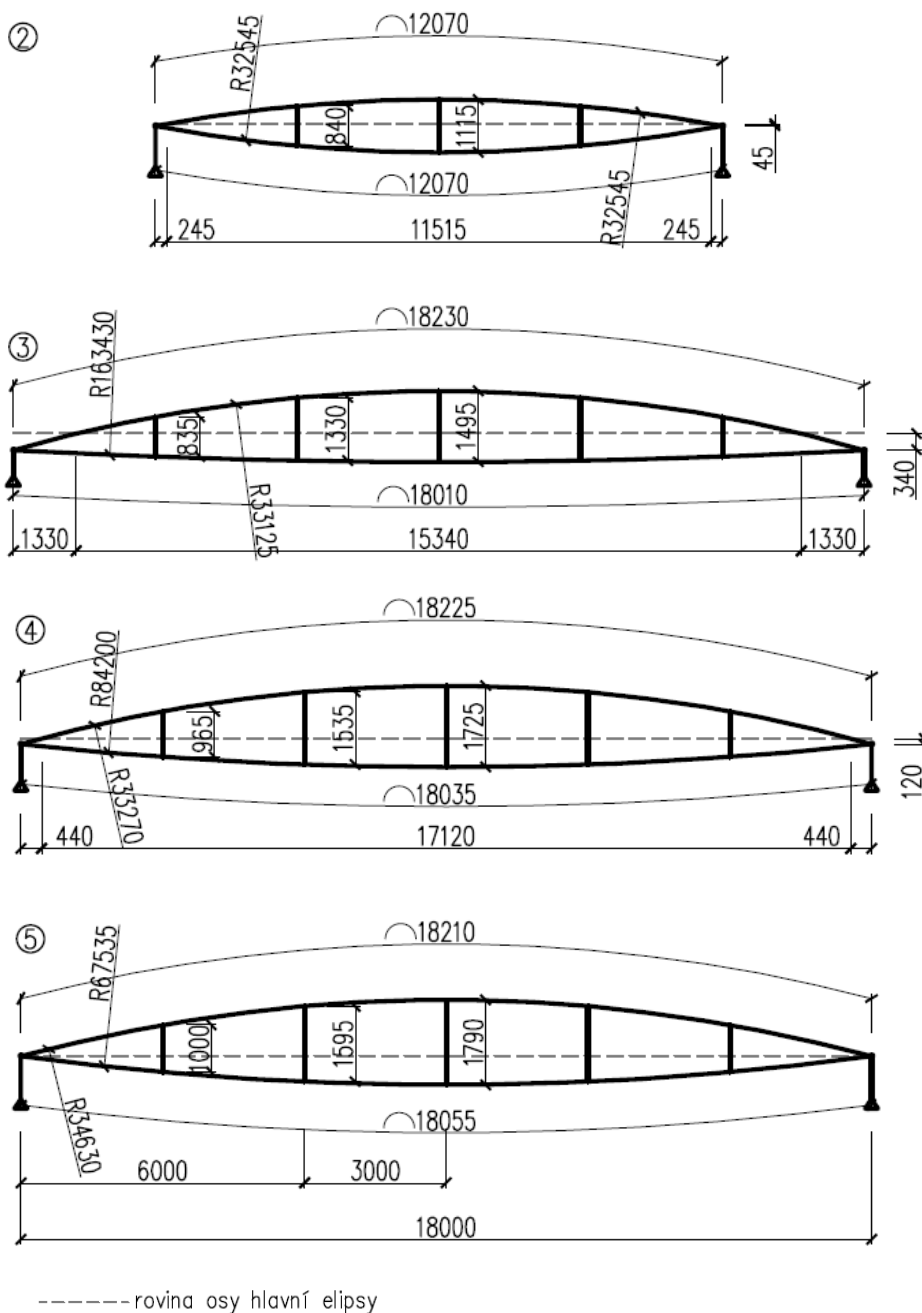


Obr. 6: Půdorysné schéma baziliky

Rozmístění sloupů je patrné z šestého obrázku. Navazují na sloupy probíhající po obvodu otvoru nad jevištěm. Na osu mezi takové dva sloupy je v tomto nadzemním podlaží vždy umístěn ještě jeden sloup, který bude vynášen průvlakem ve stropní konstrukci 3.NP. Konstrukce baziliky tak může být subtilnější. Průřez pro sloup baziliky je volen uzavřený čtvercový QRO.

Sloupy nemají stejnou délku. Základní výšku 1,5m můžeme vidět u na obr. 7 u vazníku č. 5, kde se rovina pomyslné elipsy a osa horního pásu protínají 1,5m nad patou sloupu. Ostatní vazníky jsou více zakřivené a sloup se tedy vždy o určitou hodnotu snižuje.

Přesnou geometrii jednotlivých vazníků také blíže popisují následující schémata. Příčná vazba č. 2 má horní a spodní pás stejně zakřivený. Všechny ostatní spodní pásy dosahují v nejnižším bodě stejné výšky, jako spodní pás vazníku 2. Jejich zakřivení je tedy opět různé.

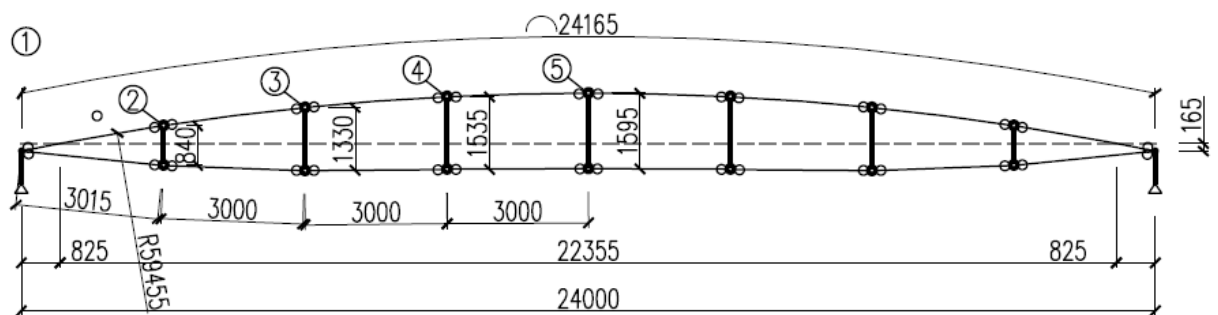


Obr. 7: Vierendeelovy vazníky - příčná vazba

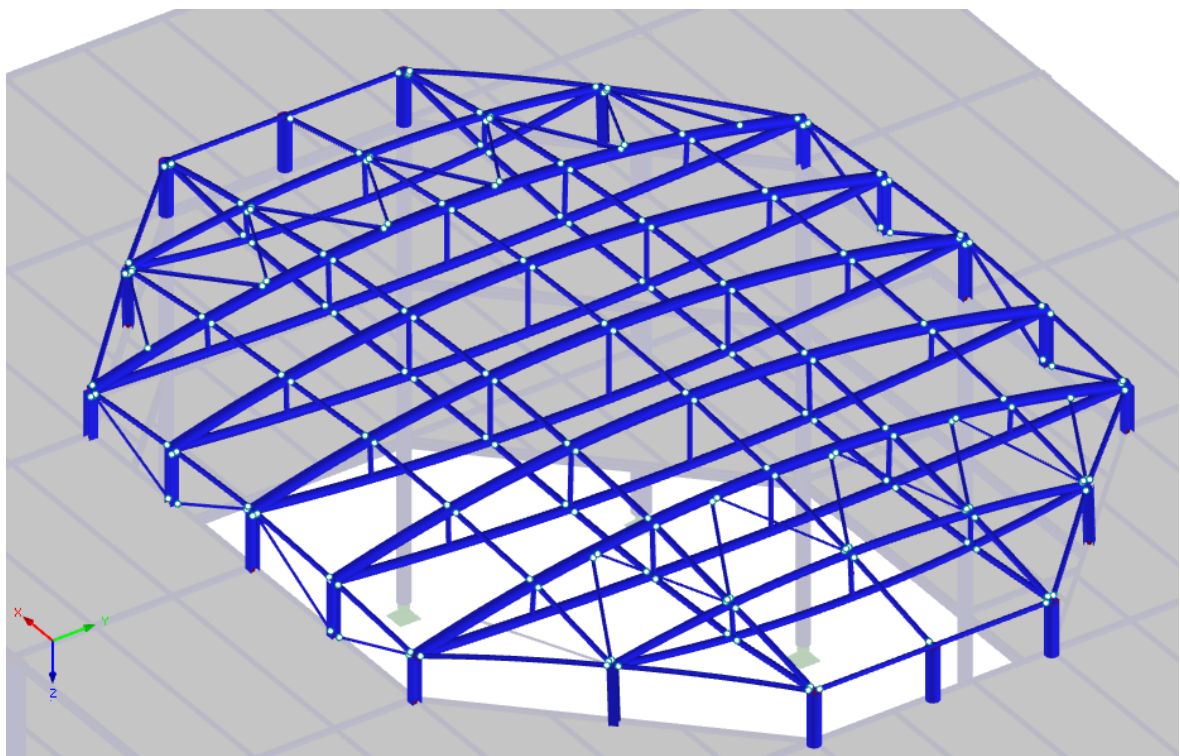
Opláštění je navrženo skleněné, po obvodě uložené v ocelových rámech kotvených k vaznicím. Vaznice jsou dvojího typu. Na obrázku 8 můžeme vidět prvky podélné vazby spojující horní a spodní pásy vazníků. (obr. 6, č.1). Prvky mezi horními pásy plní funkci vaznic - přenáší zatížení od střešního pláště. Spolu se spodními pruty pak z větší části zajišťují podélnou tuhost baziliky. Podélné vazby spojující i spodní pásy jsou dvě (po 6m).

Klasické vaznice jsou rozmístěny mezi tyto prostorové vaznice tak, aby podélně probíhaly po 3 m (půdorysné rozměry).

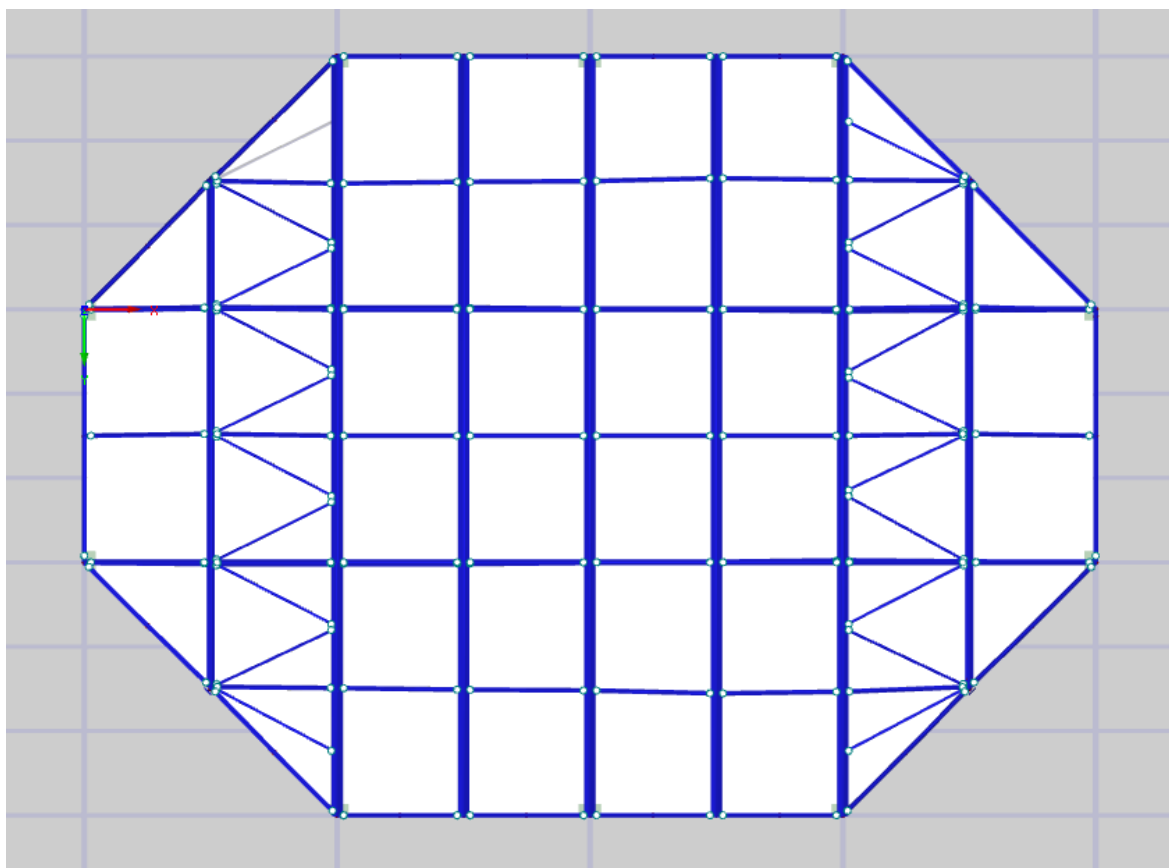
Dalším podélně ztužujícím prvkem jsou ztužidla mezi bočními sloupky baziliky, která můžeme vidět na obrázku 9. Na obr. 10 je dobře vidět střešní ztužidla, umístěná mezi horní pásy. Profil ztužidel baziliky je TR.



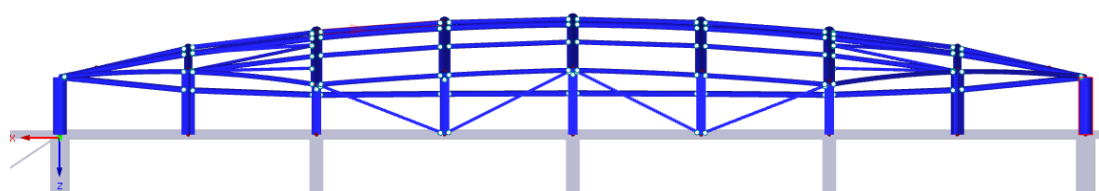
Obr. 8: Hlavní podélné ztužení



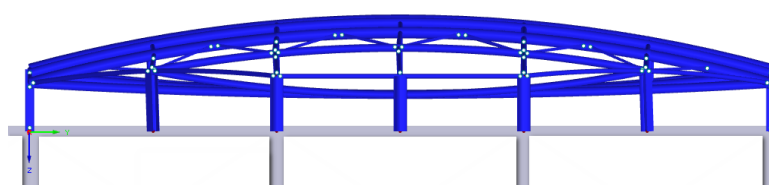
Obr. 9: Prostorový model baziliky - perspektiva



Obr. 10: Pohled shora



Obr. 11: Pohled ve směru osy Y



Obr. 12: Pohled ve směru osy X

3. STATICKÝ VÝPOČET

Statický výpočet bude proveden dle ČSN EN 1993-1-1 [5], dle příslušných částí EN 1991 bude vypočteno zatížení s uvažováním vlastní tíhy, zatížení sněhem a zatížení větrem.

Konstrukce je uvažována v České republice ve sněhové oblasti IV. v normálním typu krajiny podle ČSN EN 1991-1-3 [3] a zároveň ve větrné oblasti II., kategorii terénu IV. s referenční rychlostí větru 25 m/s podle ČSN EN 1991-1-4 [4] v nadmořské výšce 330 m.n.m.

Součinitele zatížení dle [5] jsou:

$$\gamma_G = 1,35 \text{ pro stálé zatížení}$$

$$\gamma_Q = 1,5 \text{ pro proměnné zatížení}$$

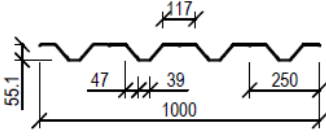
3.1 VÝPOČET ZATÍŽENÍ

3.1.1 Svislé zatížení

a) montážní stádium

Stropní konstrukce

Stálé

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
betonová deska (čerstvý beton: 26 kN/m ³) $t_{deska} = 80 + 55 \cdot (39 + 47) / 250 = 99 \text{ mm}$ $0,099 \text{ m} \cdot 26 \text{ kN/m}^3 = 2,57 \text{ kN/m}^2$			
			
trapezový plech	2,57	1,35	3,47
celkem:	0,1	1,35	0,14
	2,67	1,35	3,60

Proměnné

Uvažuje se dle ČSN EN 1990 1991-1-6	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
rovnoměrné	0,75	1,5	1,13
nebo			
zvětšené (3x3m nejvýhodněji umístěné pro konkrétní posuzovaný prvek)	1,5	1,5	2,25

b) provozní stádium

Typická stropní konstrukce běžného podlaží

Stálé

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
pochozí vrstva 10 mm	0,042	1,35	0,06
lepidlo cem. 5 mm	0,13	1,35	0,18
beton 40 mm	1	1,35	1,35
kročejová iz. 40 mm (EPS T 6500)	0,013	1,35	0,02
betonová deska	2,57	1,35	3,47
trapezový plech	0,1	1,35	0,14
podhled	0,15	1,35	0,20
celkem:	4,01	1,5	5,41

Proměnné

Uvažuje se dle ČSN EN 1991-1-1	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
užitné zatížení (kat. C3)	5	1,5	7,50
přemístitelné přčky s vlastní tíhou do $\leq 2,0$ kN/m	0,8	1,5	1,20
celkem:	5,80	1,5	8,70

Pochozí střecha

Stálé

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
pochozí vrstva 10 mm	0,042	1,35	0,06
mrazuvzdor. lepidlo cem. 10 mm	0,23	1,35	0,31
beton 40 mm	1	1,35	1,35
nopová folie	-		
hydroizolace asf. pás tl.4mm	0,05	1,35	0,07
podkladní pás lepený k izolaci	-		
izolace spádová 150-200 mm (EPS T 5000)	0,12	1,35	0,16
betonová deska	2,57	1,35	3,47
trapézový plech	0,1	1,35	0,14
podhled	0,15	1,35	0,20
celkem:	4,26	1,35	5,75

Proměnné

Uvažuje se dle ČSN EN 1991-1-1

užitné zatížení (kat. C3)

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
užitné zatížení (kat. C3)	5	1,5	7,50

Sníh

Uvažuje se dle ČSN EN 1991-1-3

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
sněhová oblast IV. $s_k = 2 \text{ kN/m}^2$ sklon $\alpha = \text{cca } 2^\circ$ $\mu_1 = 0,8$ norm. typ krajiny $C_e = 1,0$ tep. prostupnost střechy $\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ $C_t = 1,0$ $s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$ $s =$ $0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,0$ $s = 1,6 \text{ kN/m}^2$	1,6	1,5	2,40
celkem:	1,60	1,5	2,40

Skleněná střecha

Stálé

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
dvojsklo (16 + 8 mm) $25 \cdot 0,024 = 0,6$	0,6	1,35	0,81
rám Schüco max, 15kg/m; v 12m ² 11m; uvažuje tabule 1,5x1m 11:12=0,91m $0,15 \cdot 0,91 = 0,14$	0,14	1,35	0,19
celkem:	0,74	1,35	1,00

Proměnné

Sníh

Uvažuje se dle ČSN EN 1991-1-3	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
	1,6	1,5	2,40
celkem:	1,60	1,5	2,40

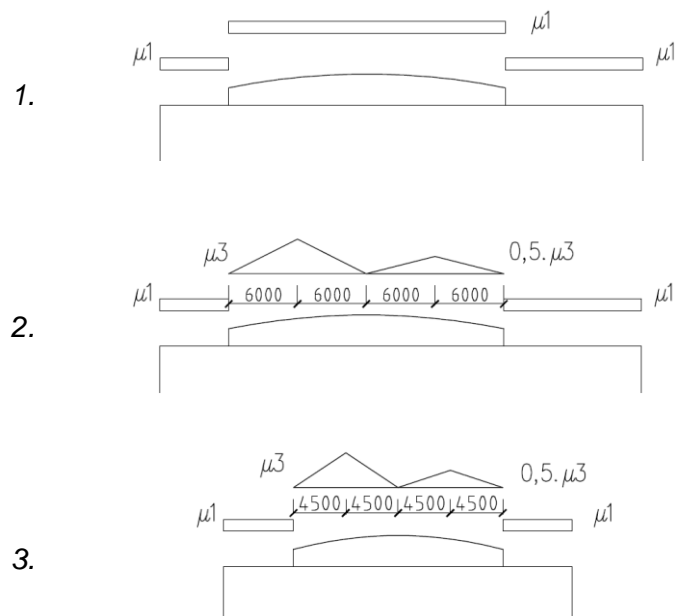
Bazilika**Stálé**

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
dvojsklo (16 + 8 mm) 25.0,024=0,6 rám Schüco max, 15kg/m; v 9m ² 12m; uvažuje tabule 1,5x1,5 m 0,15.1,34=0,2	0,6	1,35	0,81
12:9=1,34m 1	0,21	1,35	0,28
celkem:	0,81	1,35	1,09

Proměnné

Sníh

Uvažuje se dle ČSN EN 1991-1-3	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
$\beta \leq 60^\circ$ $\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot 1,19/24$ $\mu_3 = 0,696$ $s = 1,39 \text{ kN/m}^2$	1,39	1,5	2,09
celkem:	1,39	1,5	2,09



Obr. 13: Zatěžovací stavy od zatížení sněhem (viz str. 28)

3.1.2 Zatížení větrem

Příčný vítr

Uvažuje se dle ČSN EN 1991-1-4

kategorie terénu IV. (více než 15% povrchu pokryto stavbami >15m)

$$c_e(z)=1,8$$

větrná oblast II. $v_{b,0}=25\text{m/s}$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25\text{m/s}$$

základní tlak $q_b = (\rho/2) \cdot v_b^2$

$$q_b = (1,25/2) \cdot 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e = q_b \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$w_e = 0,391 \cdot 1,8 \cdot c_{pe} = 0,704 \cdot c_{pe}$$

otvory ve fasádě $A < 30\%$

$$h=14,69\text{m}$$

$$b=30\text{m}$$

$$h < b$$

$$q_p(z) = q_p(z_e)$$

součinitele vnějšího tlaku - plocha je větší 10m^2

$$e=2h=29,4\text{m}$$

$$e/2=14,7\text{m}$$

$$e/5=5,9\text{m}$$

$$e/10=2,94\text{m}$$

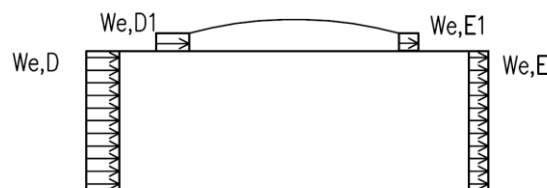
$$4/5 \cdot e=23,5\text{m}$$

$$e \approx d$$

doporučené hodnoty součinitelů vnějš. tlaku:

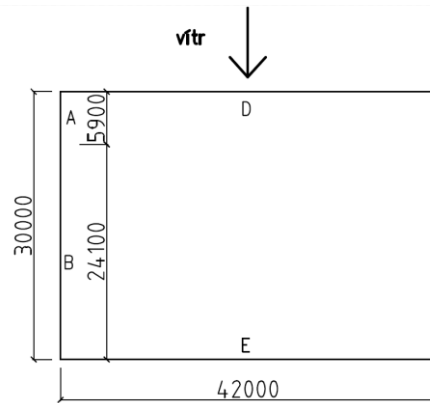
$$h/d=0,35$$

A	-1,2	$w_e =$	-0,8448	kN/m ²
B	-0,86		-0,6054	
D	0,7		0,4928	
E	-0,32		-0,2253	



Obr. 14: Profil dynamických tlaků rozdělených po výšce budovy

Zde platí: $w_{e,D1} = w_{e,D}$ a $w_{e,E1} = w_{e,E}$



Obr. 15: Rozdělení tlaků na svislé stěny

$h_p/h_b=0,3/12=0,025$
(výška atiky k výšce budovy)

F	-1,6	$W_e=$	-1,126
G	-1,1		-0,774
H	-0,7		-0,492
I	-0,2		-0,140

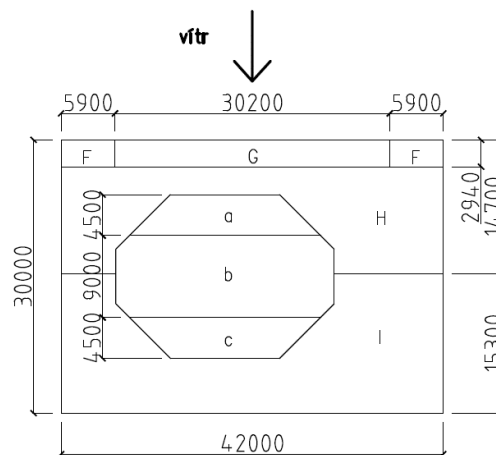
kN/m^2

válcová
střecha

$h/d=14,7/18=0,82$
 $f/d=1,19/18=0,066$

a	-0,95	$W_e=$	-0,668
b	-0,75		-0,528
c	-0,55		-0,387

kN/m^2



Obr. 16: Rozdělení tlaků na plochy střechy

Podélný vítr

Uvažuje se dle ČSN EN 1991-1-4

kategorie terénu IV. (více než 15% povrchu pokryto stavbami >15m)

$$c_e(z) = 1,8$$

větrná oblast II. $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1,25 = 25 \text{ m/s}$$

$$\text{základní tlak } q_b = (\rho/2) \cdot v_b^2$$

$$q_b = (1,25/2) \cdot 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e = q_b \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$w_e = 0,391 \cdot 1,8 \cdot c_{pe} = 0,704 \cdot c_{pe}$$

otvory ve fasádě $A < 30\%$

$$h = 14,69 \text{ m}$$

$$b = 42 \text{ m}$$

$$h < b$$

$$q_p(z) = q_p(z_e)$$

součinitele vnějšího tlaku - plocha je větší 10 m^2

$$e = 2h = 29,4 \text{ m} \quad e/2 = 14,7 \text{ m}$$

$$e/5 = 5,9 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,94 \text{ m}$$

$$4/5 \cdot e = 23,5 \text{ m}$$

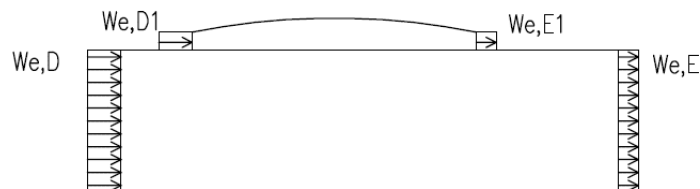
$$e < d$$

doporučené hodnoty součinitelů vnějš. tlaku:

$$h/d = 0,49$$

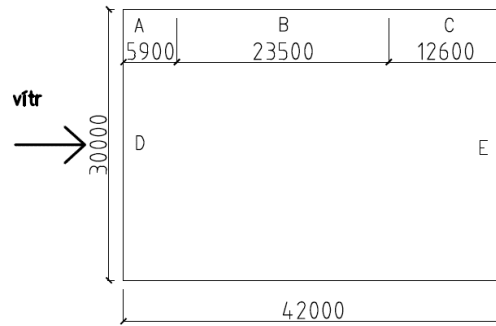
A	-1,2	$w_e =$	-0,844
B	-1,1		-0,774
C	-0,5		-0,352
D	0,75		0,528
E	-0,4		-0,281

kN/m^2



Obr. 17: Profil dynamických tlaků rozdělených po výšce budovy

Zde platí: $w_{e,D1} = w_{e,D}$ a $w_{e,E1} = w_{e,E}$



Obr. 18: Rozdělení tlaků na svislé stěny

$h_p/h_b=0,3/12=0,025$
(výška atiky ku výšce budovy)

F	-1,6	$w_e=$	-1,126
G	-1,1		-0,774
H	-0,7		-0,492
I	-0,2		-0,140

kN/m^2

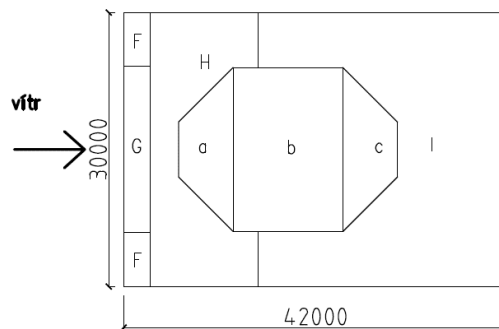
válcová
střecha

$$h/d=14,7/24=0,62$$

$$f/d=1,19/24=0,045$$

a	-0,9	$w_e=$	-0,633
b	-0,7		-0,492
c	-0,6		-0,422

kN/m^2



Obr. 19: Rozdělení tlaků na plochy střechy

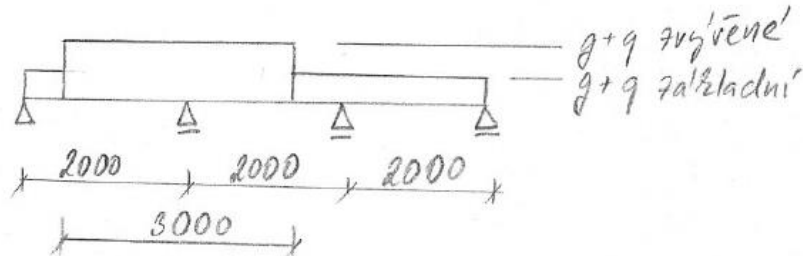
Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována programem Dlubal RFEM.

3.2 STROPNÍ KONSTRUKCE

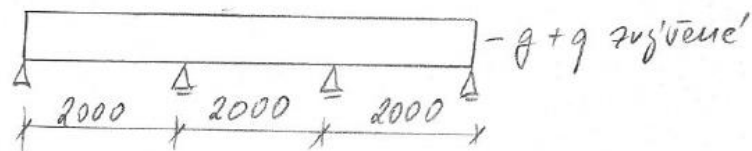
3.2.1 Trapézové plechy

Statické schéma



Trapézový plech je navržěn jako spojité nosník o třech polích. Jedná se o přenos zatížení v montážním stadiu. Toto schéma vede k největším ohybovým momentům. Lze ho však zjednodušit uvažováním zvýšeného $g+q$ po celé délce spojitěho nosníku.

Nové schéma



$$g_k + q_k = 2,67 + 1,5 = 4,17 \text{ kN/m}^2$$

$$g_D + q_D = 3,6 + 2,25 = 5,85 \text{ kN/m}^2$$

Vnitřní síly se můžeme počítat o šířce 1m. Největší moment nastává v místě vnitřní podpory.

$$M_{ED} = \frac{1}{10} (g_D + q_D) L^2 = \frac{1}{10} \cdot 5,85 \cdot 2^2 = 2,34 \text{ kNm/m}$$

- potřebný průřezový moment pro plech + oceli S320

$$W_{min} = \frac{M_{ED}}{f_{yD}} = \frac{2,34 \cdot 10^6}{320} = 7313 \text{ mm}^3/\text{m}$$

S320

$$f_{yD} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$f_{yD} = \frac{320}{1,0}$$

$$f_{yD} = 320 \text{ MPa}$$

NAVŘH: TR 55/250/0,88 mm

ocel S 320 GD

$$m = 8,81 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{EFF}} = 13550 \text{ mm}^3/\text{m}$$

$$I_{\text{EFF}} = 441000 \text{ mm}^4/\text{m}$$

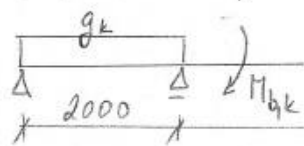
POSOUZENÍ: Mezmi' stav únosnosti

$$M_{\text{EFF,2D}} = W_{\text{EFF}} \cdot f_{yD} = 13550 \cdot 320 = 4,336 \cdot 10^6 \text{ Nmm/m} \\ = 4,336 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{EFF,2D}} = 4,336 \text{ kNm/m} > M_{\text{ED}} = 2,34 \text{ kNm/m}$$

Mezmi' stav použitelnosti - průhyb

Pro průhyb uvažují pouze stálé zatížení. Největší hodnotas bude v krajním poli - je určen superpozicí /součet vlivu zatížení nad polem a vliv momentu ve vnitřní podpěře.



$$M_{b,k} = -\frac{1}{10} g_k \cdot L^2 = -\frac{1}{10} \cdot 2,67 \cdot 2^2 = \\ = -1,07 \text{ kNm/m}$$

$$s = \frac{1}{EI_{\text{eff}}} \left(\frac{5}{384} g_k L^4 + \frac{1}{16} M_{b,k} L^2 \right) = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 441000} \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 2,67 \cdot 2000^4 + \frac{1}{16} \cdot (-1,07) \cdot 2000^2 \right) = 6,006 \text{ mm}$$

$$s = 6,006 \text{ mm} < \frac{t_{deska}}{10} = \frac{99}{10} = 9,9 \text{ mm}$$

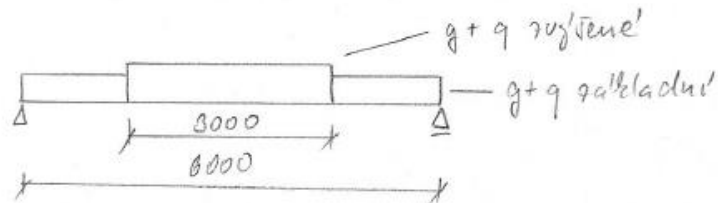
Neú' třeba uvažovat výsledkový efekt.

TRAPEZOVÝ PLECH VYHOVUJE.

3.2.2 Stropnice

Nejprve bude posouzena běžná stropnice v montážním stadiu.

Montážní stádium - statické schéma



Nynější poloha systému zatížení je uprostřed rozpětí.

Zatíhovací šířka = vzdálenost stropnic = 2 m.

ZATÍŽENÍ	$\gamma_c = 1,35$	g [k]	[D] [kN/m]
betonová deska + TR plech	$2,64 \cdot 2 =$	5,34	4,21
vlastní tíha stropnice (odklad)		0,01	0,42
celkem:		5,65	4,63
	$\gamma_q = 1,5$	q [k]	[D] [kN/m]
rovněměrné	$0,75 \cdot 2 =$	1,5	2,25
2 věšence	$1,5 \cdot 2 =$	3	4,5

- reakce:

$$R_{ED} = V_{ED} = 4,63 \cdot \frac{6}{2} + (2,25 + 4,5) \cdot \frac{3}{2} = 33,02 \text{ kN}$$

- ohybový moment

$$M_{ED} = 33,02 \cdot 3 - (4,63 + 2,25) \cdot \frac{3,0^2}{2} - 2,25 \cdot \frac{1,5^2}{2} = 52,06 \text{ kNm}$$

- potřebný průřezový moment pro ocel S 355

$$W_{min} = \frac{M_{ED}}{f_{yD}} = \frac{52,06 \cdot 10^6}{355} = 146,647 \text{ mm}^3$$

NÁVRH IPN 200

$$M = 26,2 \text{ kg/m}$$

$$A = 3340 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 214 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{ply} = 250 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 21,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{rz} = 1603 \text{ mm}^2$$

trída 1 pro ohyb k ose y, S355

Skutečná hmotnost profilu je menší, než odhad při y'působu zatížení - 0,31 kN/m.

POSOUZENÍ: Momentová únosnost

$$\begin{aligned} M_{pl,rd} &= W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 250000 \cdot 355 = 88,75 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \\ &= 88,75 \text{ kNm} > M_{ed} = 52,06 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Smýčková únosnost

$$\begin{aligned} V_{pl,rd} &= A_{rz} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} = 1603 \cdot 355 / \sqrt{3} = 328,5 \cdot 10^3 \text{ N} \\ &= 328 \text{ kN} >> V_{ed} = 33,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

Metoda stan. použitelnosti - průhyb

Určen pouze od stálého zatížení, které zůstane po odstranění proměnného zatížení při betonu(2).

$$s = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,65 \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 21,4 \cdot 10^6} = 21,22 \text{ mm} > \frac{t_{deska}}{10}$$

$$\left(\frac{t_{deska}}{10} = 9,9 \text{ mm} \right)$$

Průhyb je větší než desetina tloušťky betonové desky, je nutno započítat vliv vybuřkového efektu.

$$s_0 = 0,7 \cdot s = 14,85 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{- přidání zatížení } \Delta g_k &= s_0 \cdot B \cdot 26 \text{ kN/m}^3 = 0,01485 \cdot 2 \cdot 26 = \\ &= 0,772 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

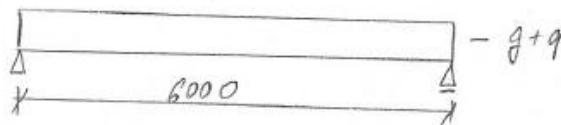
$$\Delta q_D = \Delta q_k \cdot \gamma_c = 0,442 \cdot 1,35 = 1,04 \text{ kN/m}$$

- ohybový moment pro započítaný výsledkový efekt:

$$M_{ED,N} = \sqrt{2,06 + \frac{1}{8} \cdot 1,04 \cdot 6^2} = 56,75 \text{ kNm} < M_{pl,RD} = 88,75 \text{ kNm}$$

PROFIL IPN200 V MONTÁŽNÍM STADIU VYHOVÍ.

Průvratné stádium - statické schéma



Zatížení včetně stropnice a výsledkový efekt:

(Ve výpočtu viditelné zatížení má str. 21 a str. 22 můžeme vidět, že rozdíl v zatížení podlahy střechy a v zatížení běžného podlaží je cca $0,8 \text{ kN/m}^2$. Bude tedy uvažována střešní konstrukce, kde je zatížení méně příznivé. Stropnice posledního nadzemního podlaží a stropnice běžného podlaží budou mít stejný profil.)

$$g_k + q_k = (4,26 + 5,0 + 1,6) \cdot 2 + 0,31 + 1,04 = 23,04 \text{ kN/m}$$

$$g_D + q_D = (5,75 + 4,5 + 2,4) \cdot 2 + 0,31 + 1,04 = 32,65 \text{ kN/m}$$

POSOBENÍ: MEANÍ STAV ÚHROBNOSTI

$$\text{- vnitřní síly: } M_{ED} = \frac{1}{8} \cdot 32,65 \cdot 6^2 = 146,925 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = \frac{1}{2} \cdot 32,65 \cdot 6 = 97,95 \text{ kN}$$

Dluba KZ1:

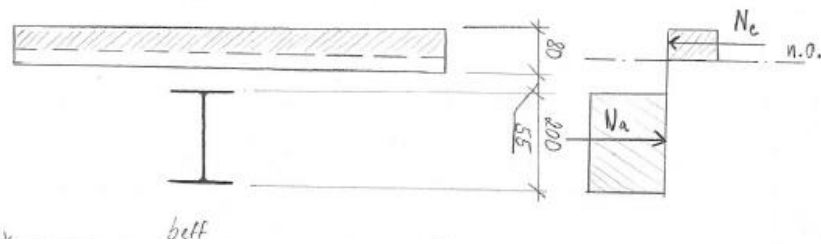
$M_{ed,max}$:

142,7 kNm

$V_{z,max}$:

99,363 kN

- Plastická ohybová únosnost ocelového průřezu



$$b_{eff} = 2 b_{e1} = L/4 = 6000/4 = 1500 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < B = 2000 \text{ mm} \rightarrow \text{platí } b_{eff}$$

BETON : C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \frac{25}{1,5} = 14,2 \text{ MPa}$$

$$N_a = N_c$$

$$A_s \cdot f_{yd} = x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}$$

$$3340 \cdot 355 = x \cdot 1500 \cdot 14,2$$

$$x = \frac{3340 \cdot 355}{1500 \cdot 14,2} = 55,66 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$$

předpoklad splněn

- Momentová únosnost

$$r = \frac{200}{2} + 55 + 80 - \frac{55,67}{2} = 204,2 \text{ mm}$$

$$M_{pl,rd} = N_a \cdot r = N_c \cdot r = 3340 \cdot 355 \cdot 204,2 = 245 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$= 245 \text{ kNm} > 146,925 \text{ kNm}$$

- Smyková únosnost

$$V_{pl,rd} = 328 \text{ kN} \Rightarrow V_{ed} = 97,95 \text{ kN}$$

Profil IPN200 vyhovuje, návrh je ale předimenzovaný.
Z důvodu splnění W_{min} a tedy momentové únosnosti nelze použít IPN180. Bude tedy změněn profil na IPE200.

NOVÝ NÁVRH: IPE 200

$$m = 22,4 \text{ kg}$$

$$A = 2848 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 1400 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{ply} = 220,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 19,43 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Střída 1

S 305

POSOUZENÍ: Prepočet změněných hodnot

$$M_{pl,rd} = 68,87 \text{ kNm} > M_{ED} = 52,06 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,rd} = 286 \text{ kN} > 33,02 \text{ kN} = V_{ED}$$

$$d_w = 23,36 \text{ mm} > 9,9 \text{ mm} = \frac{t_{dwa}}{10}$$

$$\Delta g_k = 0,85 \text{ kN/m}$$

$$\Delta g_D = 1,14 \text{ kN/m}$$

$$M_{ED,0} = 57,19 \text{ kNm} < M_{pl,rd} = 68,87 \text{ kNm}$$

V MONTÁŽNÍM STADIU VYHOVUJE.

$$N_a = N_c$$

$$A_n \cdot f_{td} = x \cdot s_{eff} \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{2848 \cdot 305}{1500 \cdot 14,2} = 47,46 \text{ mm} < 80 \text{ mm}$$

$$r = 211,265 \text{ mm}$$

$$M_{pl,rd} = 2848 \cdot 305 \cdot 211,3 \approx 213,6 \text{ kNm} > 146,925 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,rd} = 286 \text{ kN} >> 97,95 \text{ kN}$$

PROFIL IPE 200 NA ÚNOSNOST VYHOVUJE.

SPŘAŽENÍ: Přivařovaný trn 19/100
 $d = 19 \text{ mm}$
 $h_{sc} = 100 \text{ mm}$
 ocel S235
 $f_y = 360 \text{ MPa}$

- Únosnost jednoho trnu:

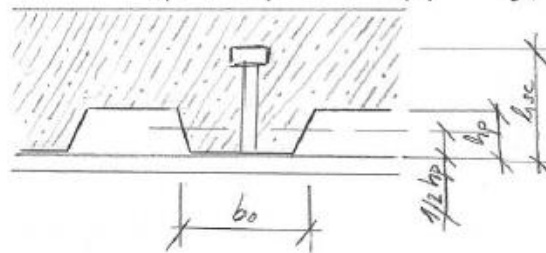
$$P_{Rd,1} = 0,8 f_y \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \cdot 360 \cdot \frac{\pi \cdot 19^2}{4 \cdot 1,25} = 65,32 \text{ kN} \quad (\text{rozhoduje})$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha \cdot d^2 \sqrt{f_{ctk} E_{cm}} \cdot \frac{1}{\gamma_v} =$$

$$= 0,29 \cdot 1 \cdot 19^2 \sqrt{25 \cdot 31000} \cdot \frac{1}{1,25} = 43,43 \text{ kN}$$

- redukce únosnosti součinitelem k_t :

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{84,23}{55} \left(\frac{100}{55} - 1 \right) = 0,91$$



$$b_o = 84,23 \text{ mm} \quad (\text{odměřeno z výkresu})$$

- při úvaze 1 trn $d \leq 20 \text{ mm}$ v každé vlně přivařenceho
 k plechu $t_l \leq 1 \text{ mm} \rightarrow k_t < 0,85$

$$P_{Rd} = 0,85 \cdot 65,32 = 55,5 \text{ kN}$$

- síla spřažení na $1/2$ nosníku

$$F_{ef} = N_e = N_{ar} = 2848 \cdot 355 = 1011,04 \cdot 10^3 \text{ N} = 1011 \text{ kN}$$

- potřebný počet trnů: $n_T = \frac{F_{ef}}{P_{Rd}} = 18,2 \rightarrow 19 \text{ trnů}$

- modulová síťka žebra - 250 mm - $3000/250 = 12 \text{ trnů}$

E_{cm} - střední
 modul pružnosti
 betonu

$$\frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{19} = 5,3$$

$$5,3 > 4$$

a proto

$$\alpha = 1$$

n_r - počet trnů
 v žebře

NAVŘH NEÚPLNĚHO SPŘÁŽENÍ

- Je třeba přenést sílu:

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,RD}}{M_{pl,RD} - M_{a,pl,RD}} \cdot F_{cF}$$

plastická
momentová
účinnost IPE

$$M_{a,pl,RD} = W_{pl,y} \cdot f_{yD} = 220,6 \cdot 10^3 \cdot 355 = 78,1 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \\ = 78,1 \text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{146,9 - 78,1}{213,6 - 78,1} \cdot 1011 = 513,33 \text{ kN}$$

$$n_{F,N} = \frac{513,33}{55,5} = 9,24 \rightarrow 10 \text{ trnů}$$

Počet trnů je menší než počet žebel. Navrhnijte tedy trn do každého žebra. Tedy 12 trnů bude na polovině nosníku.

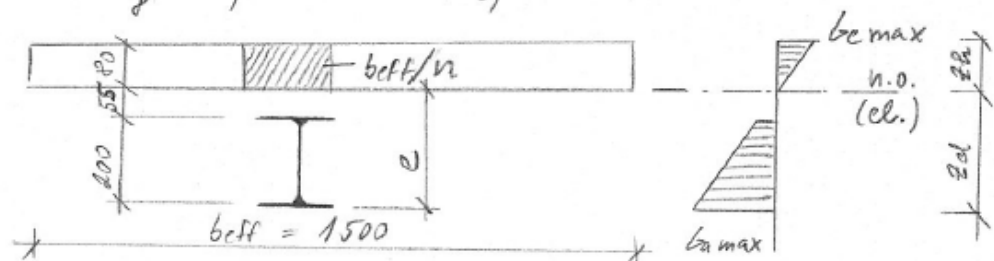
BYL NAVŘEN SPŘÁHOVACÍ TRN 19/100 V KAŽDEM ŽEBRU.

POSOUZENÍ: Mezní stav použitelnosti

- pružné působení nosníku při provozním zatížení

$$- \gamma_G \text{ a } \gamma_Q = 1,0$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 23,04 \cdot 6^2 = 103,8 \text{ kNm}$$



- modul pružnosti betonu vlivem dotvarování a smršťování:

$$E_c' = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

- pracovní součinitel:

$$n = \frac{E_a}{E_c'} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

- plocha ideálního průřezu:

$$A_i = 2848 + 80 \cdot 1500 / 13,55 = 11404 \text{ mm}^2$$

- těžiště:

$$e = \frac{2848 \cdot 200/2 + 80 \cdot 1500 / 13,55 \cdot (200 + 55 + 80/2)}{11404} = 247 \text{ mm}$$

$200 + 55 = 255 > 247$ neutrální osa prochází pod betonovou deskou - trapezovým plechem - deska tedy není máměhána tahem.

- moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 19,43 \cdot 10^6 + 2848 \cdot (247 - 80)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{1500 \cdot 80^3}{12} + 1500 \cdot 80 \cdot (247 - 200 - 55 - 80/2)^2 \right) = 123,04 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- největší napětí ve spodních vlákenoch

$$\sigma_{g,max} = \frac{M_{EK}}{I_i} \cdot z_d = \frac{103,8 \cdot 10^6}{123,04 \cdot 10^6} \cdot 247 = 206,83 \text{ MPa}$$

- největší napětí v betonu ve desce $\sigma_{g,max} = 206 \text{ MPa} < f_g = 355 \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{EK}}{n \cdot I_i} \cdot z_n = \frac{103,8 \cdot 10^6}{13,55 \cdot 123,04} \cdot (355 - 247) = 6,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} = 6,6 \text{ MPa} < 0,85 f_{ct} = 21,25 \text{ MPa}$$

NOSNÍK PŘI PROVOZNÍM ZATÍŽENÍ PŮSOBÍ PRUŽNĚ.

- Últový průhyb - bude ověřena hodnota od
proměnného zatížení:

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5 \cdot [(1,6 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3}) \cdot 2 \cdot 10^3] \cdot 6000^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 123,04 \cdot 10^6} =$$

$$= 8,62 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

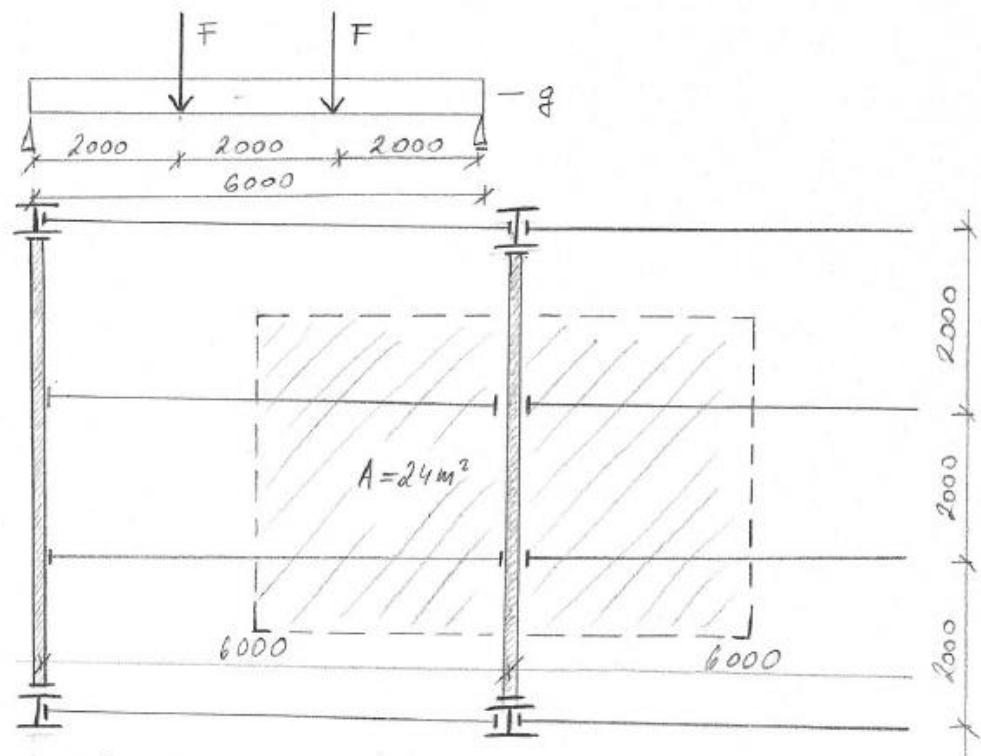
PRŮHYB VYHOVÍ!

STROPNICE O PROFILU IPE 200 VYHOVUJE.

3.2.3 Běžný průvlak

Je navržen nejvíce zatížený vnitřní průvlak o délce 6m.
Průvlak bude při betonové podepvěře.

shromážděvací
plochy $\gamma_0 = 0,7$
 A_0 - referenční
plocha - 10 m^2



- redukční součinitel α_A

$$\alpha_A = \frac{\sqrt{\gamma_0}}{4} + \frac{A_0}{4} = \frac{\sqrt{0,7}}{4} + \frac{10}{4 \cdot 6} = 0,92 ; 0,6 < \alpha_A < 1,0$$

IPE 200
 $m = 22,4 \text{ kg/m}$
 $g_k = 0,23 \text{ kN/m}$
 $g_D = 0,31 \text{ kN/m}$

- reakce z připojených stropnic

$$F_{EK} = ((4,26 + 5 \cdot 0,92 + 1,6) \cdot 2 + 0,23) \cdot \frac{6+6}{2} = 126,9 \text{ kN}$$

$$F_{ED} = ((5,45 + 4,5 \cdot 0,92 + 2,4) \cdot 2 + 0,31) \cdot \frac{6+6}{2} = 182,46 \text{ kN}$$

- vlastní tíha průřezu (odhad)

$$g_k = 0,43 \text{ kN/m}$$

$$g_D = 0,43 \cdot 1,35 = 0,58 \text{ kN/m}$$

- reakce:

$$R_{ED} = V_{ED} = 182,46 + 0,58 \cdot 3 = 184,2 \text{ kN}$$

$$M_{ED} = 182,46 \cdot 2 + \frac{1}{8} \cdot 0,58 \cdot 6^2 = 364,53 \text{ kNm}$$

- potřebný průřezový modul, pokud má v daném místě profil přenést celý moment M_{ED} je:

$$W_{min} = \frac{M_{ED}}{f_{yD}} = \frac{364,53 \cdot 10^6}{355} = 1035295 \text{ mm}^3$$

NAVŘH PRŮŘEZU: IPE 270

$$m = 36,1 \text{ kg/m}$$

$$A = 4594 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 484000 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 57,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

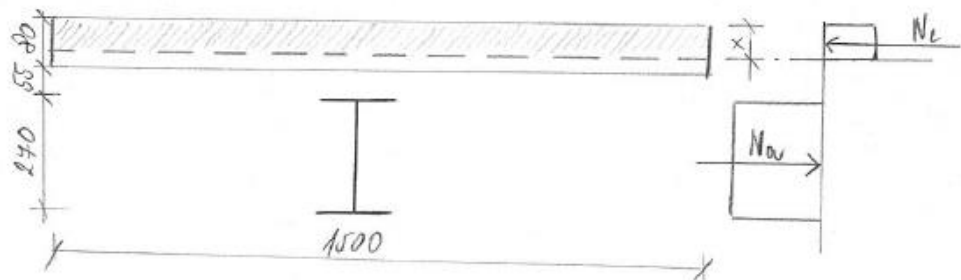
$$A_{vz} = 2214 \text{ mm}^2$$

Průměrný moment není M_{ED} .
 Část přeměje ocelobetonový průřez.

POSOUZENÍ: Plastická ohybová únosnost

$$b_{eff} = 2b_{eff} = L/4 = 6000/4 = 1500 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < B = (6000 + 6000)/2 = 6000 \text{ mm}$$



$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}$$

$$\frac{4594 \cdot 355}{1500 \cdot 14,14} = x \cdot 1500 \cdot 14,14$$

$$x = \frac{4594 \cdot 355}{1500 \cdot 14,14} = 46,4 < 80 \text{ [mm]}$$

předpoklad splněn,

- momentová účinnost:

$$r = \frac{270}{2} + \sqrt{s} + 80 - \frac{46,4}{2} = 231,65 \text{ mm}$$

$$M_{pl,rd} = N_a \cdot r = N_c \cdot r = 4594 \cdot 355 \cdot 231,65 = 377,79 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$= 377,79 \text{ kNm} > M_{ed} = 367,53 \text{ kNm}$$

- smyková účinnost:

$$V_{pe,rd} = A_w \cdot f_{yd} / \sqrt{3} = 2214 \cdot 355 / \sqrt{3} = 453,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$= 453,8 \text{ kN} > V_{ed} = 184,2 \text{ kN}$$

PROFIL IPE 270 NA ÚČINNOST VYHOVUJE.

SPŘAŽENÍ

NAVRH: správnouci trh 19/100 (stejný jako u stropnice)

účinnost $P_{ed} = 65,3 \text{ kN}$ v plné délce

žebra rovnoběžná s nosníkem \Rightarrow redukce účinnosti

$$k_e = 0,6 \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1,0 \right) = 0,6 \cdot \frac{87,23}{55} \left(\frac{100}{55} - 1,0 \right) = 0,77$$

$$P_{ed} = 0,77 \cdot 65,3 = 50,4 \text{ kN}$$

- síla na správnici má 1/2 délky nosníku:

$$F_{ef} = x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = 46,4 \cdot 1500 \cdot 14,14 = 1630,3 \text{ kN}$$

$$- N_t = \frac{F_{ef}}{P_{ed}} = \frac{1630,3}{50,7} = 32,14 \approx 33 \text{ trny}$$

$$\text{- vzdálenost: } \frac{L/2}{N_F} = \frac{3000}{33} = 90,6 \text{ mm}$$

- Při neúplném sprášení:

$$F_c = \frac{M_{ed} - M_{pl,red}}{M_{pl,red} - M_{pl,ed}} \cdot F_{ct}$$

$$M_{pl,red} = W_{ply} \cdot f_{yd} = 484 \cdot 10^3 \cdot 355 = 171,82 \cdot 10^6 \text{ Nm} \\ = 171,82 \text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{367,53 - 171,82}{347,49 - 171,82} \cdot 1630,3 = 1549,08 \text{ kN}$$

$$N_{Fd} = 30,5 \approx 31 \text{ kN}$$

Návrh tlu 13/100 po 90 mm.

POUŽITÍ: Průběh průřezu nosníku při provoz. zatížení

$n = 13,55$
(jako u stropnice)

$$g_b = g_a = 10$$

$$M_{ed} = 126,9 \cdot 2 + \frac{1}{8} \cdot 0,43 \cdot 6^2 = 255,74 \text{ kNm}$$

- plocha id. průřezu

$$A_i = 4594 + 80 \cdot 1500 / 13,55 = 13450 \text{ mm}^2$$

- těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{4594 \cdot 270/2 + 80 \cdot 1500 / 13,55 \cdot (270,55 + 80/2)}{13450} = 286 \text{ mm}$$

- moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 57,9 \cdot 10^6 + 4594 (286 - 270/2)^2 + \frac{1}{13,55} \left(\frac{1500 \cdot 80^3}{12} + \right. \\ \left. + 1500 \cdot 80 (286 - 270 - 55 - 80/2)^2 \right) = 222,641 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Největší napětí ve spodních vláknech profilu

$$\sigma_{s,max} = \frac{M_{ed}}{I_i} z_d = \frac{255,74 \cdot 10^6}{222,64 \cdot 10^6} \cdot 286 = 328 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$$

- Nejvyšší napětí v betonu ve' desce

$$\sigma_{c, \max} = \frac{M_{ed}}{n I_i} \cdot z_h = \frac{255,44 \cdot 10^6}{13,55 \cdot 222,64 \cdot 10^6} \cdot (240 + 55 + 80 - 286) =$$

$$= 10,08 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 0,85 \cdot 25 = 21,31 \text{ MPa}$$

NOVNÍK PŘI PROVOZNÍM ZATÍŽENÍ PŮSOBÍ PŘIŽNĚ.

- celkový průhyb od prouždaného zatížení

$$d_2 = \frac{23 F_k L^3}{648 E I_i} = \frac{23 \cdot 74,4 \cdot 6000^3}{648 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 222,64 \cdot 10^6} = 12,2 \text{ mm}$$

$$F_k = (5 \cdot 0,82 + 1,6) \cdot 2 \cdot 6 = 44,4$$

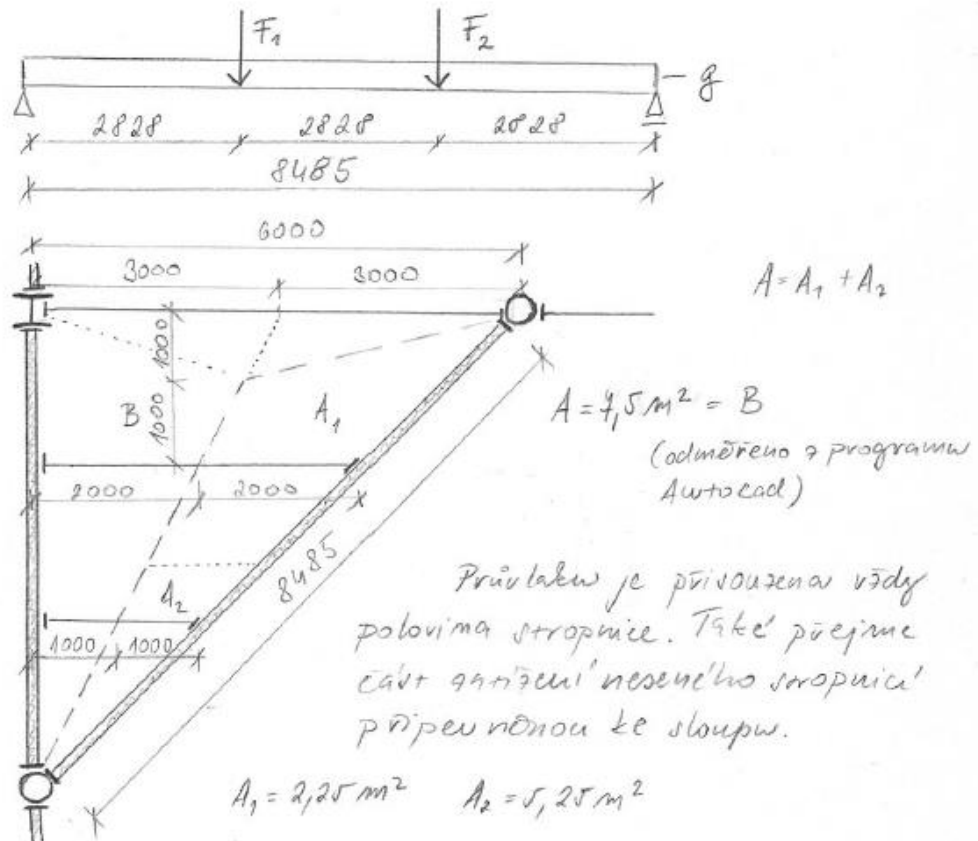
$$d_2 = 12,2 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15 \text{ mm}$$

PŮHYB VYHOVÍ.

PROFIL IPE 270 PRO BĚŽNÝ PŮVLAK VYHOVÍ.

3.2.4 Šikmý průvlak běžného podlaží

Je navržen průvlak konstrukce stropu 1.NP a 2.NP o délce 8,485 m. Průvlak je při betonové podepřevě.



$$F_{1k} = 2,25 (4,01 + 5,8) + 0,23 \cdot 1 = 22,3 \text{ kN}$$

$$F_{1D} = 2,25 (5,41 + 8,7) + 0,31 \cdot 1 = 32,057 \text{ kN}$$

$$F_{2k} = 5,25 (4,01 + 5,8) + 0,23 \cdot 2 = 57,96 \text{ kN}$$

$$F_{2D} = 5,25 (5,41 + 8,7) + 0,31 \cdot 2 = 74,69 \text{ kN}$$

- vlastní tíha průvlakem (odhad)

$$g_k = 0,5 \text{ kN/m}$$

$$g_D = 0,675 \text{ kN/m}$$

- reakce

$$\Delta R_{ED1} = \frac{0,675 \cdot \frac{8,485^2}{2} + 32,06 \cdot 2,828 + 74,69 \cdot 5,656}{8,485} = 68,335 \text{ kN}$$

$$R_{ED2} = 49,13 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = F_{2D} = 44,68 \text{ kN}$$

$$M_{max} = 146,45 \text{ kNm}$$

NAVRH PRŮŽEŽU IPE 300

$$m = 42,2 \text{ kg/m}$$

$$A = 5381 \text{ mm}^2$$

$$W_{ply} = 628,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 83,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 2568 \text{ mm}^2$$

POSOUZENÍ: Průhyb od průměrného zatížení'

Z důvodu většího rozptílení bude nejprve posouzen průhyb.

$$F_{1k} = 2,25 \cdot 5,8 = 13,05 \text{ kN}$$

$$F_{2k} = 5,25 \cdot 5,8 = 30,45 \text{ kN}$$

$$f = 23,2 \text{ mm}$$

$$f_2 = \frac{L}{400} = 21,21 \text{ mm} < f = 23,2 \text{ mm}$$

IPE 300 NEVYHOVUJE NA PRŮHYB.

NOVÝ NAVRH: IPE 330

$$m = 49,1 \text{ kg/m} \text{ (nem' nutné' přepočítávat sl. tíhu)}$$

$$A = 6261 \text{ mm}^2$$

$$W_{ply} = 804300 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 117,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 3081 \text{ mm}^2$$

POSOUZENÍ: Průhyb od průměrného zatížení'

$$f = 19,4 \text{ mm} < f_2 = 21,21 \text{ mm}$$

IPE 330 NA PRŮHYB VYHOVUJE.

Plastická ohybová únosnost

$$b_{eff} = \frac{L}{4}$$

$$b_{eff} = 2121 \text{ mm}$$

Vzhledem k předchozímu návrhu betonového průřezu, který přenáší mnohem vyšší moment (367 kNm) a posouvající sílu (184,2 kN) je jisté, že profil IPE 330 vyhoví. Zde jsou hlavní hodnoty deskových tržemi:

$$x = 43,95 \text{ mm} - \text{neutrální osa produkce betonu a oceli}$$

$$M_{pl,rd} = 584,56 \text{ kNm} \gg M_{ED} = 146,45 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,rd} = 1894 \text{ kN} \gg V_{ED} = 44,69 \text{ kN}$$

PROFIL IPE 330 NA ÚNOŠNOST VYHOVÍ!SPŘÁŽENÍ

NAVRH: správkou $A_{rw} 13/100$ (stejný jako v předchozím případě)

$P_{rd} = 50,4 \text{ kN}$ po redukci únosnosti v řezu rovnoběžném s nosníkem a předchozího návrhu 3.2.3.

$$F_{ct} = x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = 43,95 \cdot 2121 \cdot 19,17 = 2222,5 \text{ kN}$$

$$N_t = \frac{F_{ct}}{P_{rd}} = \frac{2222,5}{50,4} = 43,8 \Rightarrow 44 \text{ Armi}$$

- vzdálenost: $\frac{L/2}{N_t} = \frac{8485/2}{44} = 96,42$

Návrh trž 13/100 po 95 mm.

POSOUZENÍ: Průřez převzetí nosníku při provozním zatížení

$$F_{1k} = 22,36 \text{ kN}$$

$$F_{2k} = 51,96 \text{ kN}$$

$$g_k = 0,5 \text{ kN/m}$$

Délka R_{fem}

$$n = 13,55$$

$$\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$$

$$M_{EK} = 123,012 \text{ kNm}$$

- plocha ideálního průřezu

$$A_i = 6261 + 80 \cdot 2121 / 13,55 = 18783 \text{ mm}^2$$

- určitý ideální průřez

$$e = \frac{6261 \cdot 330/2 + 80 \cdot 2121/13,55 \cdot (330 + 55 + 80/2)}{18482} = 338 \text{ mm}$$

$$I_i = 117,7 \cdot 10^6 + 6261(338 - 330/2)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{2121 \cdot 80^2}{12} + 2121 \cdot 80(338 - 330 - 55 - 80/2)^2 \right) = 406,55 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- největší napětí ve vodorovných vložkách

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{ed}}}{I_i} \cdot z_d = \frac{123,012 \cdot 10^6}{406,55 \cdot 10^6} \cdot 338 = 102,3 \text{ MPa} < 335 \text{ MPa}$$

- největší napětí v setonové desce

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{M_{\text{ed}}}{I_i \cdot w} \cdot z_n = \frac{123,012 \cdot 10^6}{406,55 \cdot 10^6 \cdot 13,55} \cdot (330 + 55 + 80 - 338) = \\ &= 2,846 \text{ MPa} \ll 0,85 R_{\text{a}} = 0,85 \cdot 25 = 21,31 \text{ MPa} \end{aligned}$$

NOVNĚ PŘI PROVOZNÍM ZATÍŽENÍ PŮJOBÍ PRŮTNĚ.

PROFIL IPE 330 PRO JÍLKÝ PŘEVLAČ PRO 1. NP A 2. NP VYHOVÍ.

3.3 UVAŽOVANÉ KOMBINACE ZATÍŽENÍ

3.3.1 Zatěžovací stavy

Uvažovány jsou následující zatěžovací stavy:

- | | |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. stálé | <i>vlastní tíha, střešní plášť</i> |
| 2. minimální stálé | <i>stálé násobené součinitelem 0,9</i> |
| 3. užité | |
| 4. sníh 1 | μ_1 |
| 5. sníh 2 | μ_3 a $0,5 \cdot \mu_3$ <i>podélné schéma bazilika, pochozí střecha</i> μ_1 |
| 6. sníh 3 | μ_3 a $0,5 \cdot \mu_3$ <i>příčné schéma bazilika, pochozí střecha</i> μ_1 |
| 7. vítr příčný | |
| 8. vítr podélný | |

3.3.2 Kombinace zatěžovacích stavů

Uvažovány jsou následující kombinace zatěžovacích stavů:

- KZ1 - stálé + užité + sníh 1*
- KZ2 - stálé + užité + sníh 2*
- KZ3 - stálé + užité + sníh 3*
- KZ4 - stálé + 0,7 užité + sníh 1*
- KZ5 - stálé + 0,7 užité + sníh 2*
- KZ6 - stálé + 0,7 užité + sníh 3*
- KZ7 - minimální stálé + vítr příčný*
- KZ8 - minimální stálé + vítr podélný*
- KZ9 - stálé + užité + sníh 1 + 0,6 vítr příčný*
- KZ10 - stálé + užité + sníh 2 + 0,6 vítr příčný*
- KZ11 - stálé + užité + sníh 3 + 0,6 vítr příčný*
- KZ12 - stálé + užité + vítr příčný + 0,5 sníh 1*
- KZ13 - stálé + užité + vítr příčný + 0,5 sníh 2*
- KZ14 - stálé + užité + vítr příčný + 0,5 sníh 3*

Pro MSÚ bude uvažováno všech čtrnáct kombinací, zatěžovací stavy budou zadány v návrhových hodnotách. Pro MSP následně jsou KZ1-KZ3 s charakteristickými hodnotami značeny jako KZ15-17 a stejně tak KZ7-8 značené jako KZ18-19.

Kombinace, které pro MSÚ nerozhodují:

KZ2-3, KZ5-7, KZ9-12

Rozhodujícími kombinacemi pro návrh příčné vazby baziliky jsou:

KZ1 - stálé + užité + sníh 1

KZ4 - stálé + 0,7 užité + sníh 1

KZ8 - minimální stálé + vítr podélný

KZ13 - stálé + užité + vítr příčný + 0,5 sníh 2

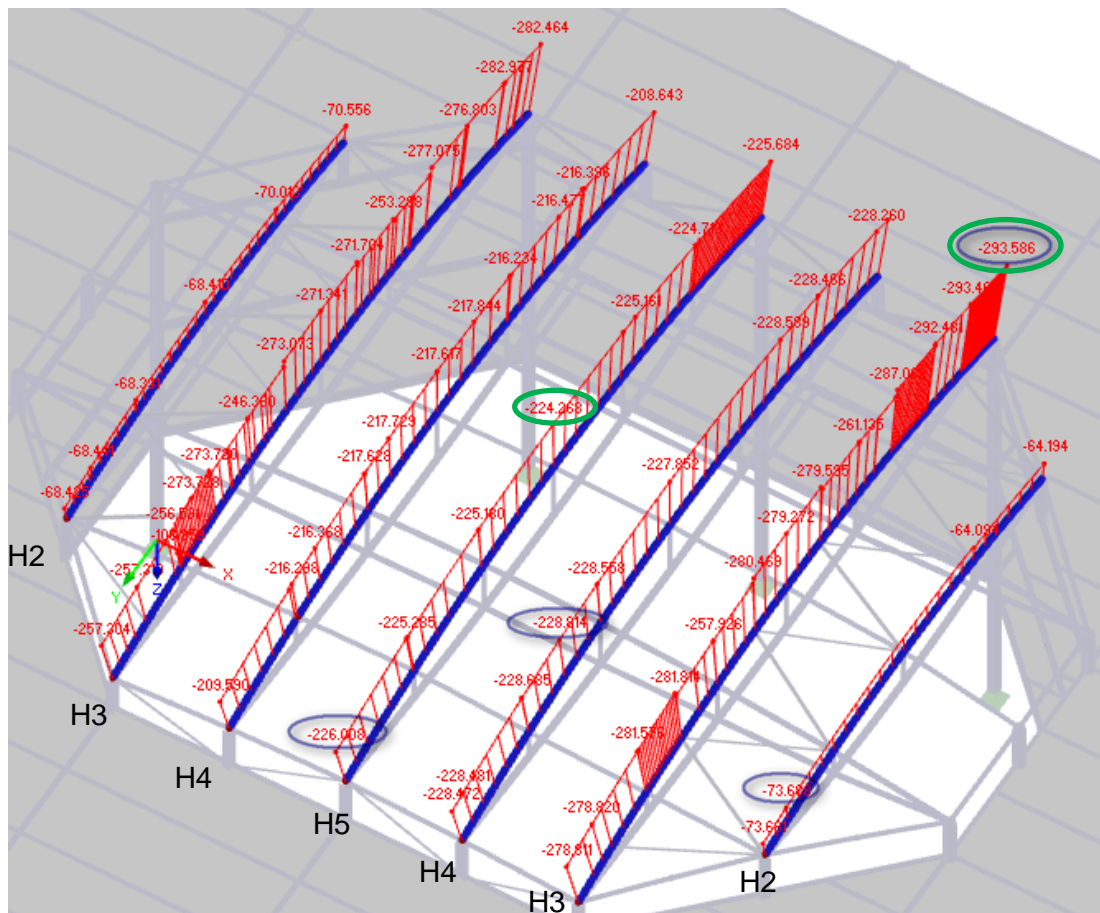
KZ14 - stálé + užité + vítr příčný + 0,5 sníh 3

3.4 BAZILIKA

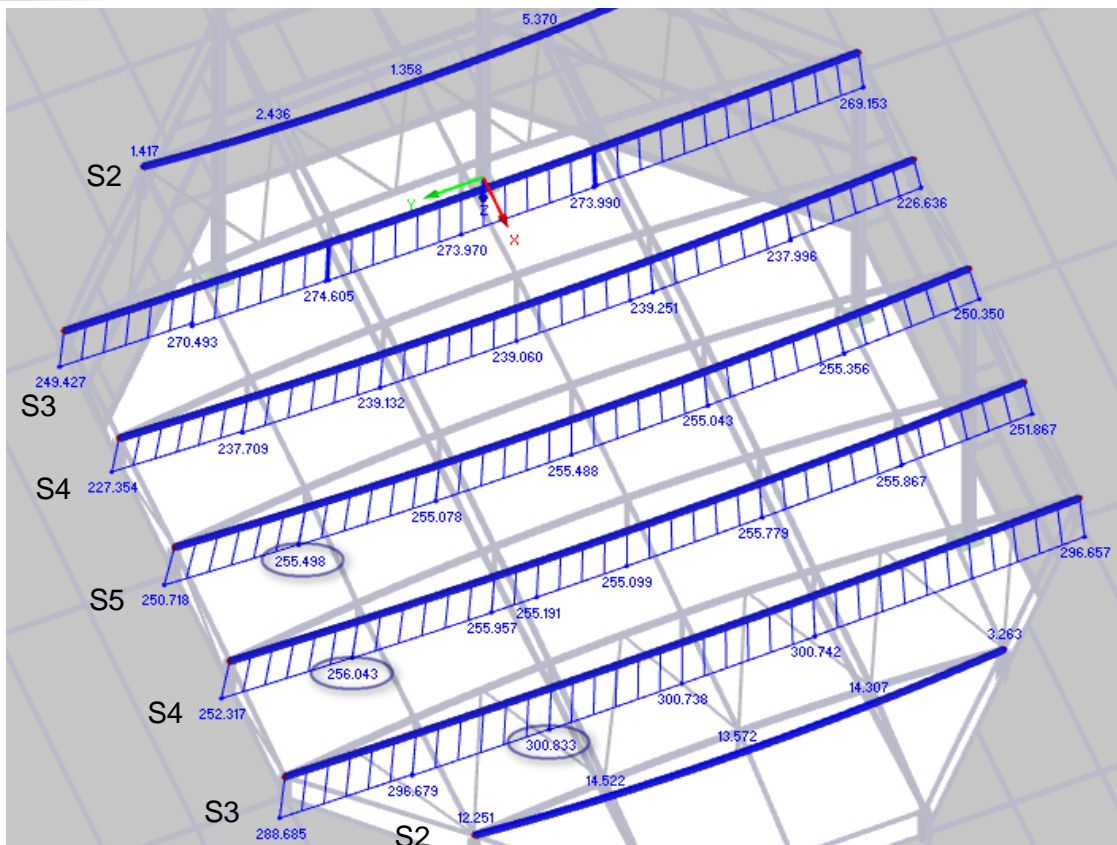
3.4.1 Vnitřní síly

Následující obrázky ukazují průběhy maximálních hodnot vnitřních sil v prutech baziliky při posuzování MSÚ.

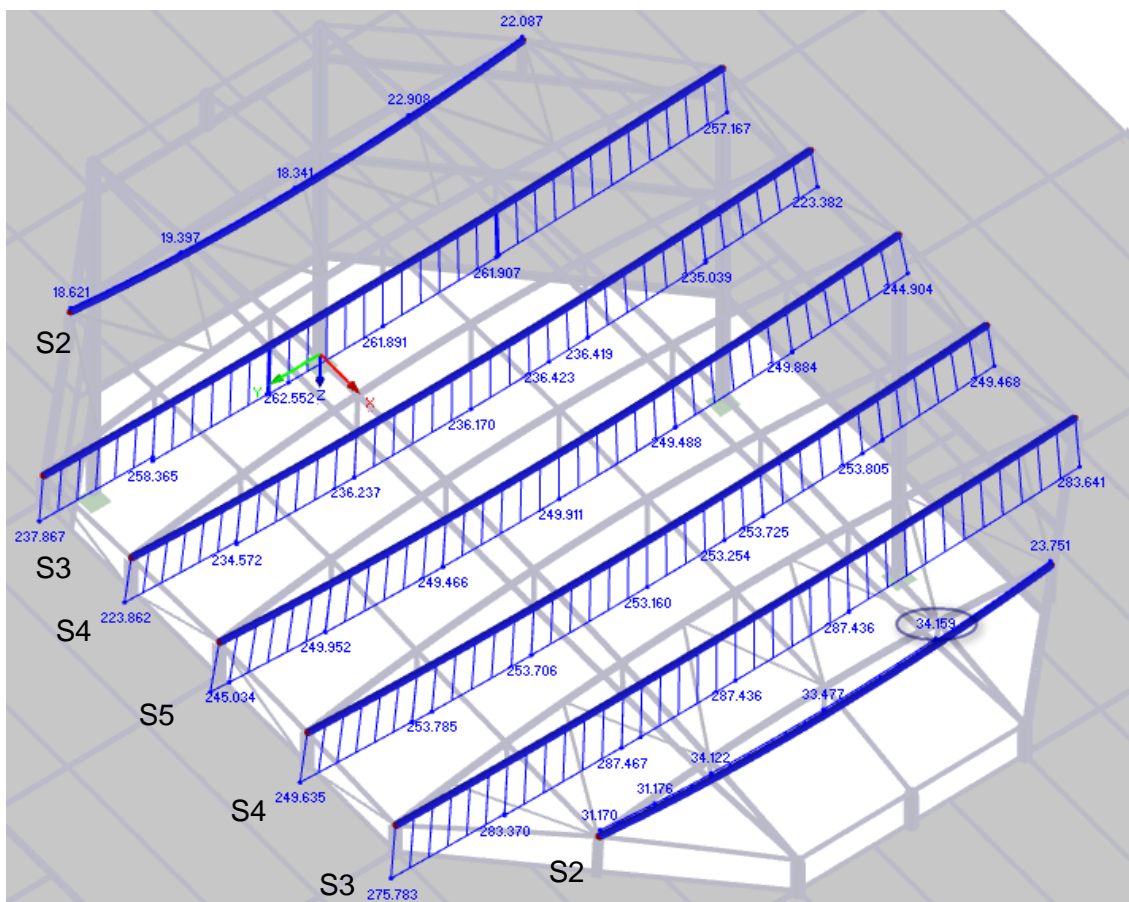
Modře vyznačené hodnoty budou zahrnuty do posouzení prutů na tah a tlak. Zeleně vyznačené hodnoty jsou zároveň posouzeny v interakci tlaku s ohybem.



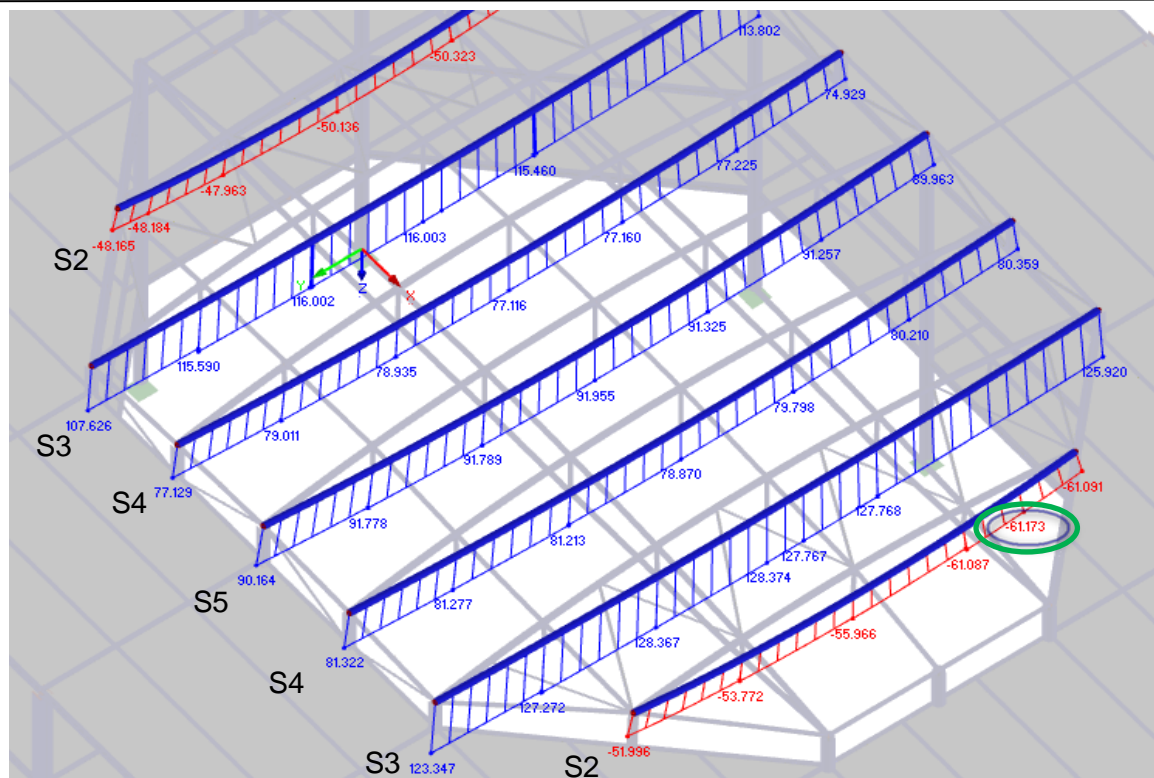
Obr. 20: Normálové síly namáhající horní pásy vazníků (KZ1)



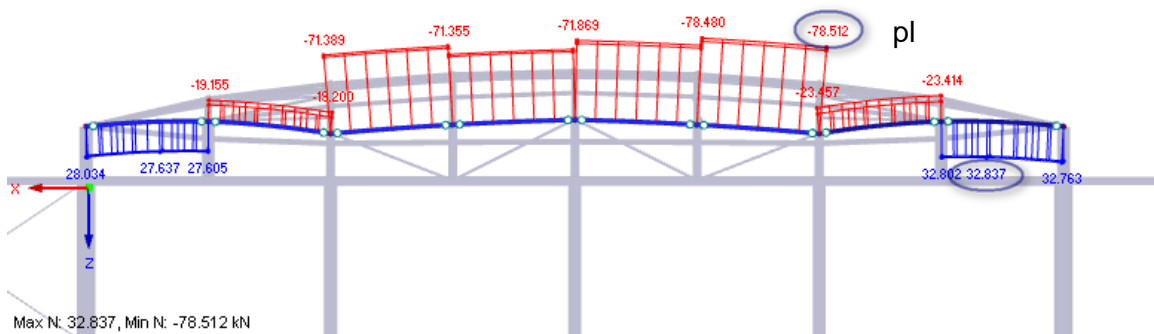
Obr. 21: Normálové síly namáhající spodní pásy vazníků (KZ1)



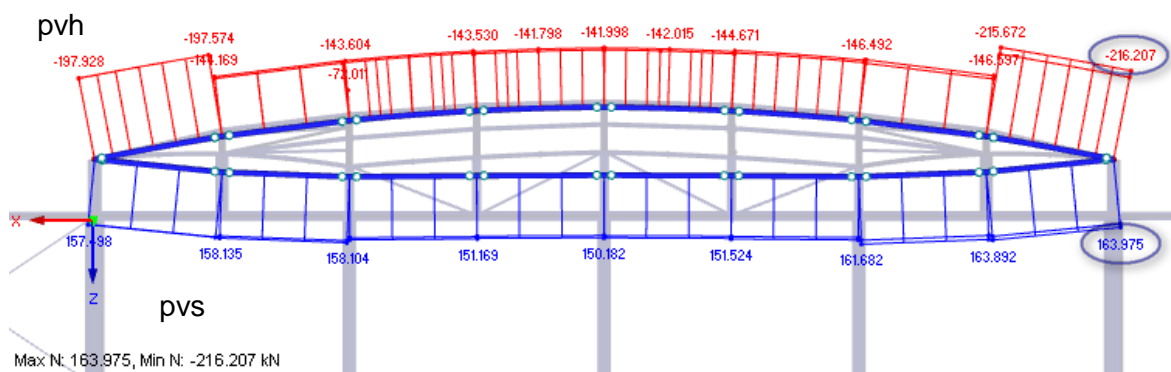
Obr. 22: Normálové síly namáhající spodní pásy vazníků (KZ4)



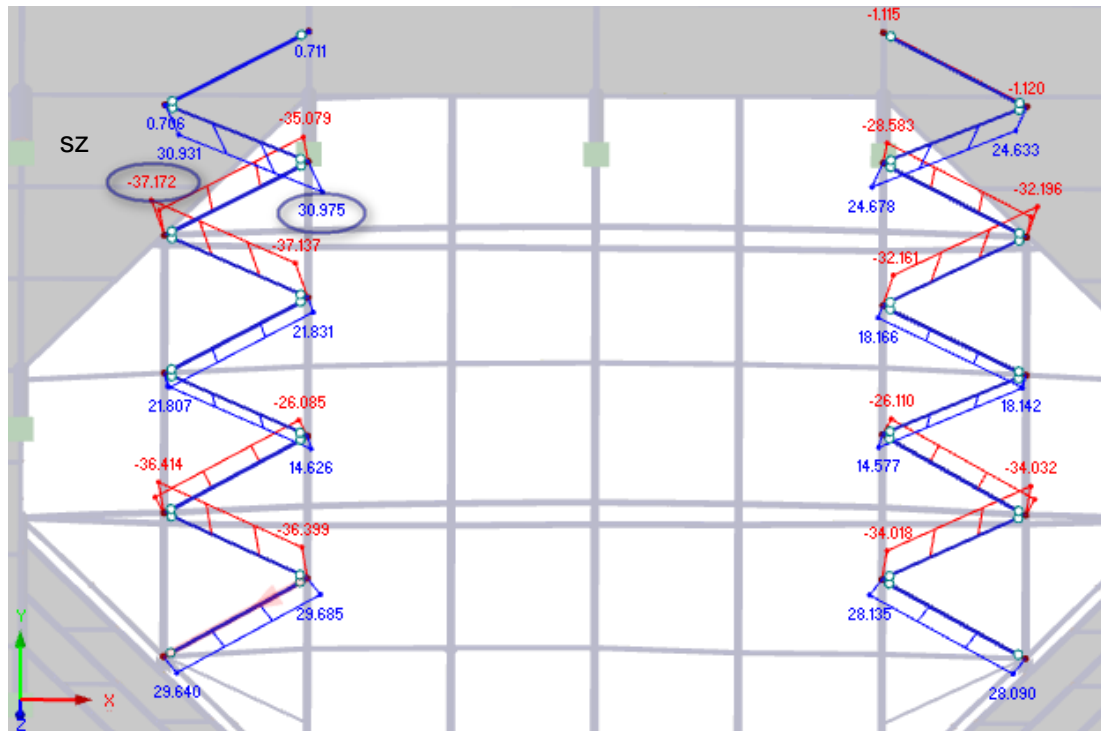
Obr. 23: Normálové síly namáhající spodní pásy vazníků (KZ14)



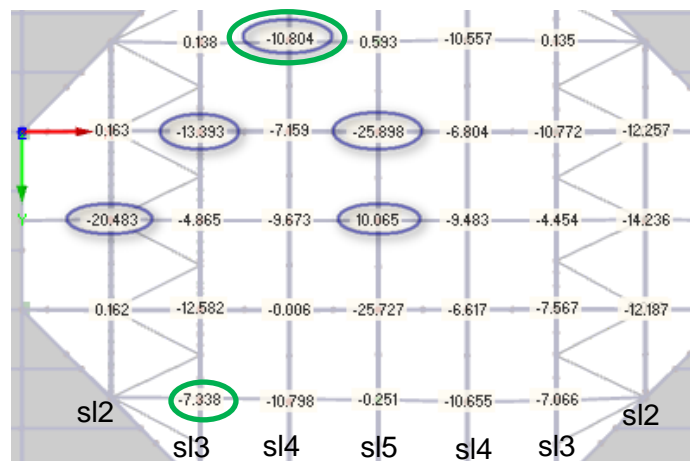
Obr. 24: Normálové síly v prutech spojujících sloupy baziliky po obvodě (KZ1)



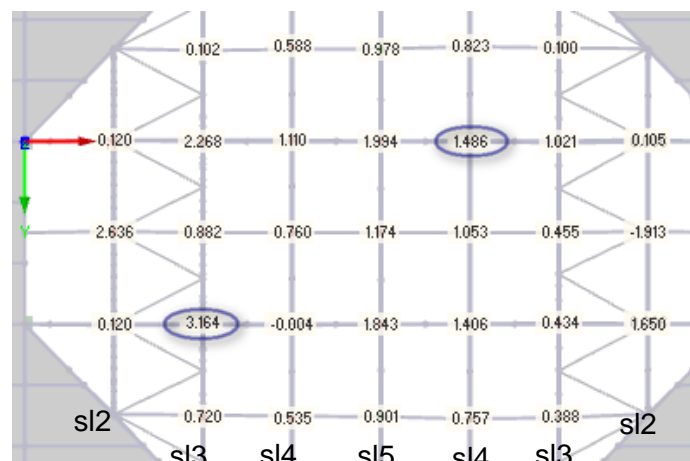
Obr. 25: Normálové síly v prutech hlavní podélné vazby (KZ1)



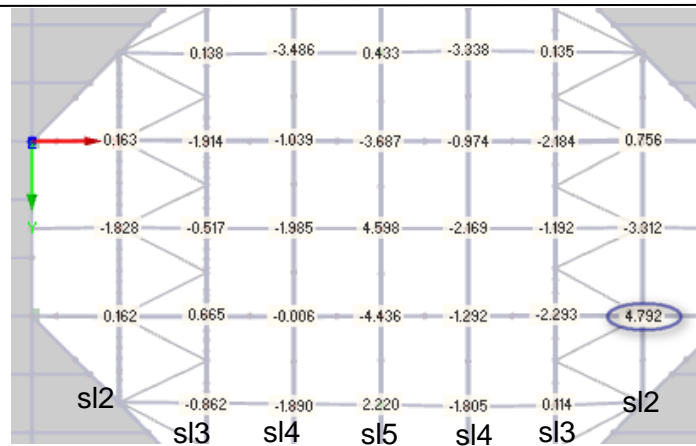
Obr. 26: Normálové síly v prutech střešních ztužidel (KZ1)



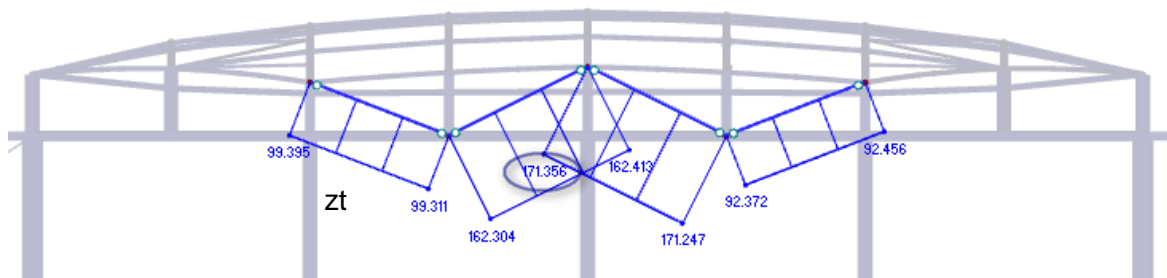
Obr. 27: Normálové síly ve sloupcích vazníků (KZ1)



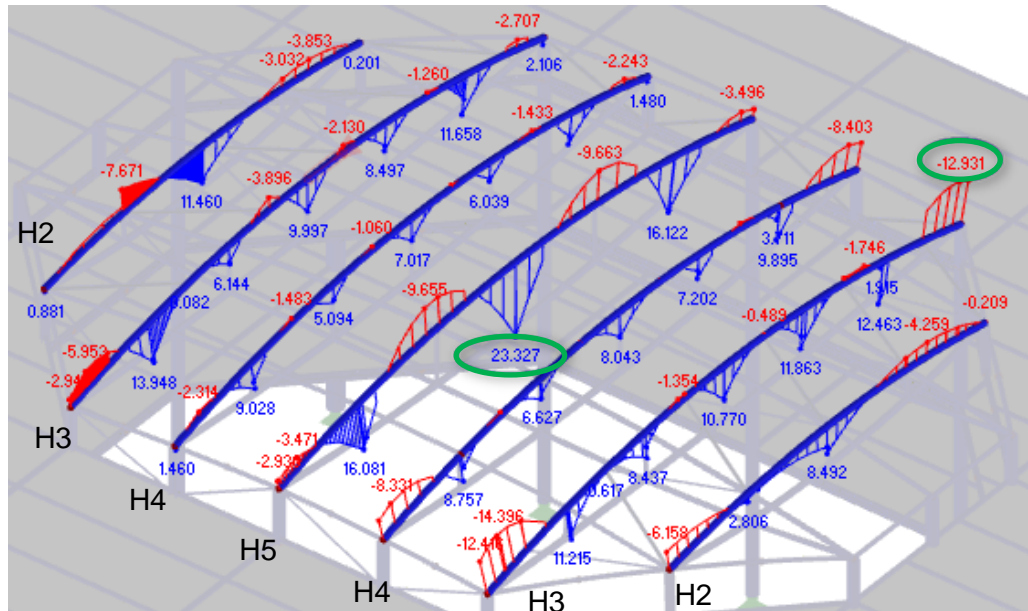
Obr. 28: Normálové síly ve sloupcích vazníků (KZ8)



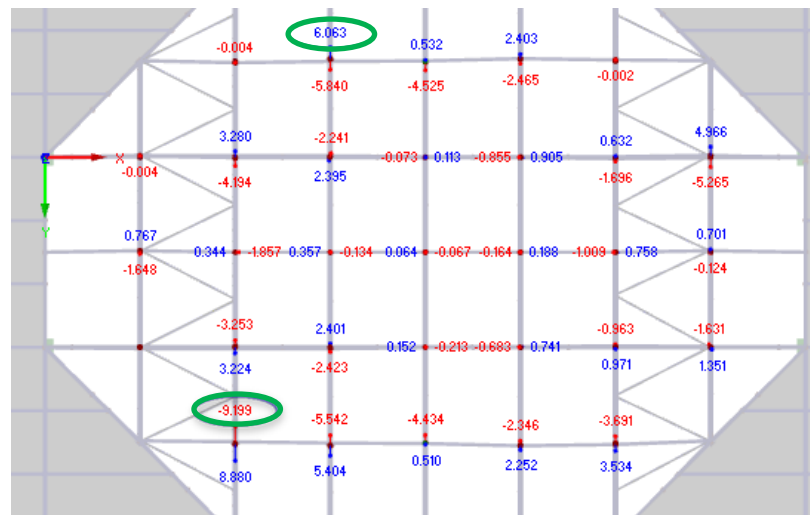
Obr. 29: Normálové síly ve sloupcích vazníků (KZ13)



Obr. 30: Normálové síly ve ztužení baziliky (KZ1)



Obr. 31: Vybrané M_y v horních pásech (KZ1)

Obr. 32: M_y ve sloupcích (KZ1)

3.4.2 Návrh a posouzení

Vzorce použité v tabulce posouzení tlaku a tahu:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa} \quad N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} \quad \lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{93,9} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{235}} \quad N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

Na vierendeelových vaznicích vznikají díky jejich geometrii také momentové síly. Pruty zatížené momenty a tlakem budou tedy posouzeny při interakci těchto sil. Nejvyšší hodnota momentu, vznikající při kombinacích pro MSÚ na prutech je $M_y = 23,327 \text{ kNm}$ na horním pásu vazníku č. 5 (očíslování jednotlivých příčných vazeb viz str. 17 a 18).

Vzorce použité v tabulce posouzení interakce tlaku s ohybem:

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \left(1 + (\lambda_{pruh,y} - 0,2) \frac{N_{ED}}{N_{RD}} \right); C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{ED}}{N_{RD}} \right) \right\}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ 1 - \frac{0,1 \lambda_z}{C_{mLT} - 0,25} \frac{N_{ED}}{N_{RD}}; 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \frac{N_{ED}}{N_{RD}} \right\}$$

$$C_{my} = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha_h$$

$$\alpha_h = M_h / M_s$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot (M_{h1} / M_{h2})$$

posudek 1 : $\frac{N_{ED}}{N_{RD}} + k_{yy} \frac{M_{ED}}{M_{RD}} \leq 1,0$

posudek 2 : $\frac{N_{ED}}{N_{RD}} + k_{zy} \frac{M_{ED}}{M_{RD}} \leq 1,0$

zn. prutu	$N_{ED,tah}$ [kN]	$N_{ED,tlak}$ [kN]	profil	A_s [mm ²]	L_{crz} [mm]	L_{crv} [mm]	i [mm]	λ	λ_{pruh}	χ	$N_{RD,tah}$ [kN]		$N_{RD,tlak}$ [kN]	
											kontr.	kontr.	kontr.	kontr.
H2	9,789	-73,668	178/8	4273	6210	3030	60,2	103	1,350	0,443	1516,9	OK	672,0	OK
S2	34,159	-61,173	178/8	4273	6010	3005	60,2	100	1,307	0,478	1516,9	OK	725,1	OK
sl2	4,792	-20,483	114/5	1712	1116	1116	38,6	29	0,378	0,958	607,8	OK	582,2	OK
H3	8,23	-293,59	178/8	4273	6190	3030	60,2	103	1,346	0,444	1516,9	OK	673,5	OK
S3	300,483	0	178/8	4273	3000	3000	60,2	50	0,652	0,862	1516,9	OK	1307,6	OK
sl3	-13,393	3,164	114/5	1712	1494	1494	38,6	39	0,507	0,921	607,8	OK	559,7	OK
H4	11,735	-228,81	178/8	4273	6110	3030	60,2	101	1,328	0,454	1516,9	OK	688,7	OK
S4	256,043	0	178/8	4273	3005	3005	60,2	50	0,653	0,862	1516,9	OK	1307,6	OK
sl4	1,486	-10,804	114/5	1712	1723	1723	38,6	45	0,584	0,895	607,8	OK	543,9	OK
H5	11,735	-226,01	178/8	4273	6035	3005	60,2	100	1,312	1,465	1516,9	OK	2222,3	OK
S5	255,498	0	178/8	4273	3005	3005	60,2	50	0,653	0,866	1516,9	OK	1313,6	OK
sl5	10,065	-25,898	114/5	1712	1792	1792	38,6	46	0,608	0,889	607,8	OK	540,3	OK
pvh	0	-216,21	120	1320	3048	3048	47,3	64	0,843	0,669	468,6	OK	313,5	OK
pvs	163,975	0	120	1320	3015	3015	47,3	64	0,834	0,706	468,6	OK	330,8	OK
pl	32,837	-78,512	120	1320	4255	4255	38,6	110	1,443	0,365	468,6	OK	171,0	OK
sz	30,975	-37,172	70/4	829	3420	3420	21,3	161	2,102	0,192	294,3	OK	56,5	OK
zt	171,356	0	70/4	829	4448	4448	21,3	209	2,733	0,119	383,9	OK	35,0	OK

Křivka vzpěrné pevnosti pro trubky válcované za tepla: a.

Křivka vzpěrné pevnosti pro IPE 120 y-y: a, z-z: b - rozhoduje.

V jednotlivých případech vždy volena méně příznivá kritická délka.

Dimenze profilů byly voleny s ohledem na MSP.

$f_y = 355$ Mpa

H	horní pásy příčných vazeb	TR
S	spodní pásy příčných vazeb	TR
sl	sloupky dané příčné vazby	TR
pv	hlavní podélná vazba (horní/spodní)	IPE
pl	pruty lunety spojující sloupky	IPE
ss	střešní ztužidlo	TR
zt	ztužidla sloupků baziliky	TR

Tab. 1: Posouzení prutů baziliky na tah a tlak

3. Statický výpočet

zn. prutu	profil	absN _{ED,i} [kN]	M _{ED,i} [kNm]	L _{cr} [mm]	i [mm]	λ	λ _{pruh}	χ	N _{RD,i} [kN]	N _{ED,i} N _{RD,i}	k _{yy}	k _{zy}
H3	178/8	293,59	12,931	6190	60,2	103	1,346	0,858	1301,5	0,226	2,514	0,936
S2	178/8	61,173	9,741	6010	60,2	100	1,307	0,871	1321,2	0,046	0,207	0,987
H5	178/8	224,37	23,327	6035	60,2	100	1,312	0,714	1083,1	0,207	0,233	0,941
sI3 ₁	114/5	7,338	9,199	836	38,6	22	0,283	0,982	596,8	0,012	0,202	0,996
sI4	114/5	10,804	6,063	963	38,6	25	0,327	0,97	589,5	0,018	0,203	0,995

I _z [mm ⁴]	I _t [mm ⁴]	W _{ply} [mm ³]	M _{RD,i} [kNm]	M _{ED,i} M _{RD,i}	posudek 1	posudek 2
2570000	30830000	231000	82,005	0,158	0,6221	0,373
2570000	30830000	231000	82,005	0,119	0,0709	0,164
2570000	30830000	231000	82,005	0,284	0,2735	0,475
2570000	5140000	59800	21,229	0,433	0,0998	0,444
2570000	5140000	59800	21,229	0,286	0,0763	0,302

$$I_{w, trubky} = 0,0 \text{ mm}^3 \longrightarrow \kappa_{wt} = 0$$

$$M_{sH3} = 23,327 \text{ kNm} ; M_{s,ost} = 0 \text{ kNm}$$

$$|M_{hH3}| = 9,663 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{hH3} = 2,414 ; \alpha_{h,ost} = 0$$

$$C_{myH} = 2,13 ; C_{my,ost} = 0,6$$

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

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Tab. 2: Posouzení interakce tlaku a ohybu na vybraných prutech baziliky

zn. prutu	M _{EDmax}
pvh	0,726
pvs	0,053
pl	0,821
sz	0,201
zt	0,043

Tab. 3: Pruty vyloučené z posouzení v tab. 2 pro malé momentové síly

Z výpočtu v tabulce č. 2 můžeme vidět, že jak první, tak druhá posouzení vychází menší, než jedna. Všechny spodní pásy až na S2 v KZ14 byly z výpočtu vyloučeny, protože byly namáhány výhradně tahem, případně byly hodnoty tlaku zanedbatelné proti tomuto případu (do 3kN). Z posudku v tabulce můžeme také vidět, že sloupky vazníků budou namáhány nízkými momenty v kombinaci s tlakem minimálně. Horní pásy byly posouzeny ve dvou nejvýznamnějších kombinacích a výsledky s rezervami vyhovují.

Tabulka č. 3 pak ukazuje maximální namáhání My v ostatních prutech baziliky. Pro nízké hodnoty byly i tyto případy z druhého posudku MSÚ vyloučeny.

Vazníky na MSÚ vyhovují.

3.4.3 Mezní stav použitelnosti vazníků

Z uvažovaných kombinací:

KZ15 - stálé + užité + sníh 1

KZ16 - stálé + užité + sníh 2

KZ17 - stálé + užité + sníh 3

KZ18 – stálé + vítr podélný

KZ19 – stálé + vítr příčný

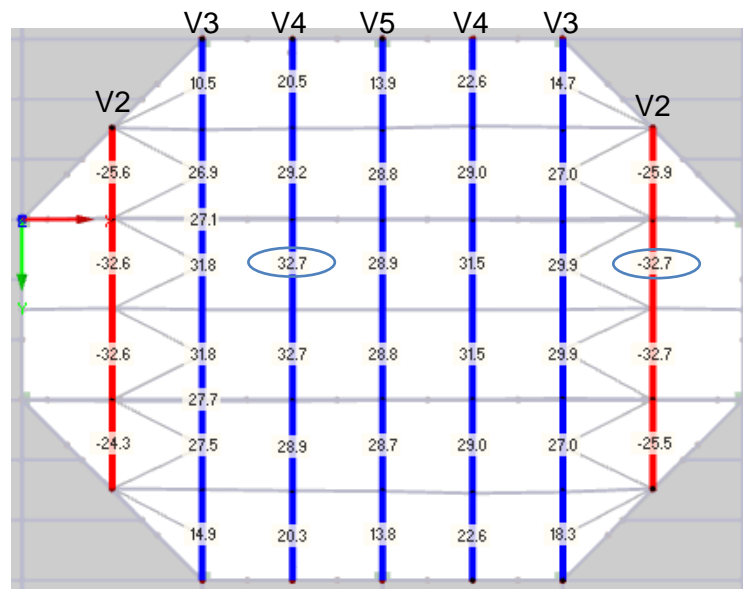
(charakteristické hodnoty)

Dle [5] průhyb vazníku skleněného zastřešení:

$$L_{max} = L_i / 250$$

$$L_2 = 12000 / 250 = 48 \text{ mm} \geq 32,7 \text{ mm}$$

$$L_{3-5} = 18000 / 250 = 72 \text{ mm} \geq 32,7 \text{ mm}$$



Obr. 31: Průhyby u_z (KZ15)

Z tohoto posudku je vidět, že o dimenzi jednotlivých prutů baziliky rozhodl mezní stav použitelnosti, resp. průhyb vazníku č. 2.

Průhyby vazníků vyhovují.

Vazníky vyhovují.

3.5 VAZNICE

3.5.1 Zatížení

- Vaznice jsou navrženy jako spojité nosníky. Ve střední části batilky vedou tři vaznice o osmi polích, a málečnou dvě vaznice o šestti polích a dvě okrajové vaznice po čtyřech polích.
- Zatřívence batilky způsobuje proměnlivou zatíženou sílu (od 3,004 - 3,094 m) a proto bude výpočet pro zjednodušený výpočet s $\delta_{\text{st max}} = 3,094 \text{ m}$.
- Okrajové vaznice jsou málečnou polovičními zatřívencem a proto budou považovány a bude jim přisouzen návrhová vaznic o osmi polích.

STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$\delta_{\text{B}} = 1,35$

	\bar{q}_k / q_k	\bar{q}_0 / q_0
skleněná tabule + rámy [kN/m^2]	0,81	1,09
odhad vlastní tíly vaznice [kN/m]	0,13	0,18

PROMĚNLIVÉ

$\delta_{\text{q}} = 1,5$

- nejmenší živý náklad - sněh 1 [kN/m^2] 1,6 2,4

max.
délka pole
 $l_{\text{p}} = 3,05$

$$\bar{q}_k = 0,81 \cdot 3,05 + 0,13 = 2,6 \text{ kN/m}$$

$$\bar{q}_0 = 1,09 \cdot 3,05 + 0,18 = 3,5 \text{ kN/m}$$

$$\bar{q}_k = 1,6 \cdot 3,05 = 4,88 \text{ kN/m}$$

$$\bar{q}_0 = 4,88 \cdot 1,5 = 7,32 \text{ kN/m}$$

- náhr: nejmenší živý náklad je odhad

$$\text{od políčekho vodorov: } w_{\text{nak}} = -0,668 \cdot 3,05 = -2,094 \text{ kN/m}$$

$$w_{\text{bk}} = -0,528 \cdot 3,05 = -1,658 \text{ kN/m}$$

$$w_{\text{bd}} = -3,146 \text{ kN/m}$$

$$w_{\text{kd}} = -2,484 \text{ kN/m}$$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ:

$$CO1: \text{stálé}'_D + \text{sníh}'_D : 3,5 + 4,32 = \underline{10,82 \text{ kN/m}}$$

$\rho_{\text{min}} = 0,9$

$$CO2: \text{min. stálé}' + \text{vitr}'_D : 0,9 \cdot 2,6 + (-3,146) = \underline{-0,806 \text{ kN/m}}$$

tyto kombinace budou rozhodující
pro posouzení HSD

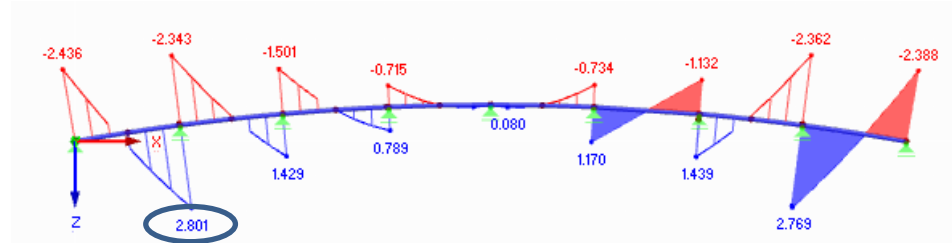
$$CO3: \text{stálé}'_k + \text{sníh}'_k : 2,6 + 4,88 = \underline{7,48 \text{ kN/m}}$$

CO3 s charakteristickými
hodnotami pro posouzení HSP

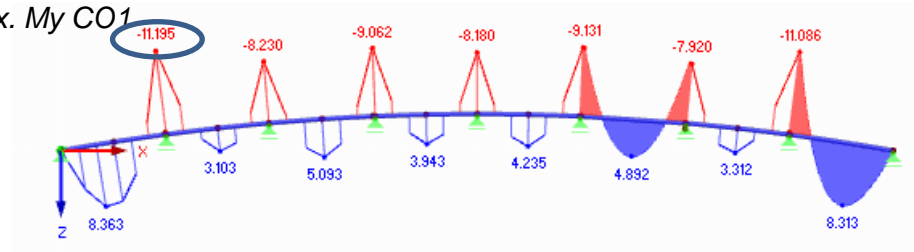
3.5.2 Průběhy vnitřních sil a posunutí

Hlavní vaznice (osm polí)

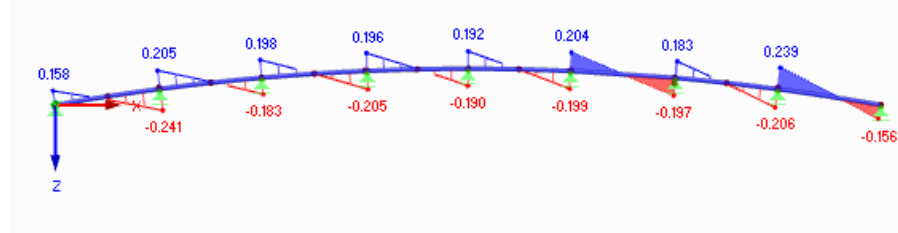
max. Vz CO1



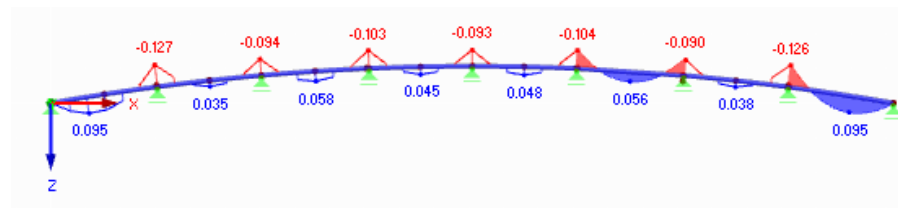
max. My CO1



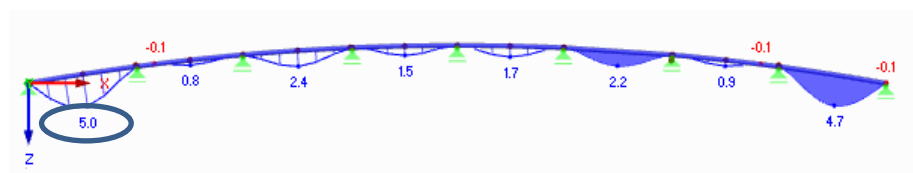
max. Vz CO2



max. My CO2



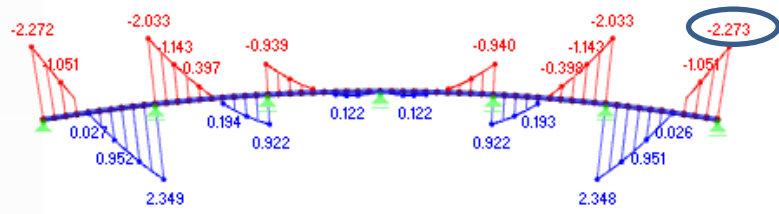
Uz CO3



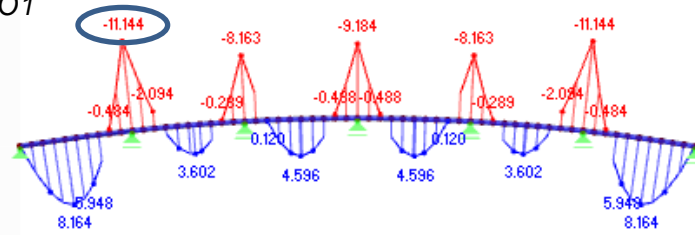
Obr. 32: Hodnoty pro posouzení hlavní vaznice

Vedlejší mezilehlá vaznice

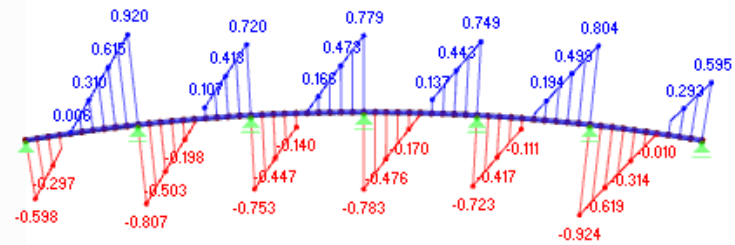
max. Vz CO1



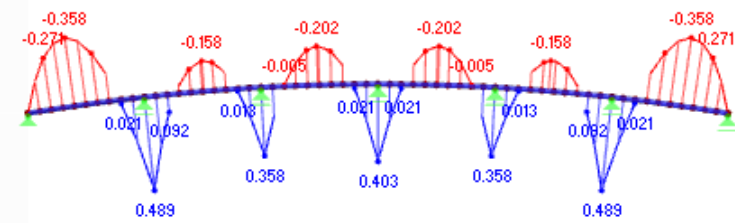
max. My CO1



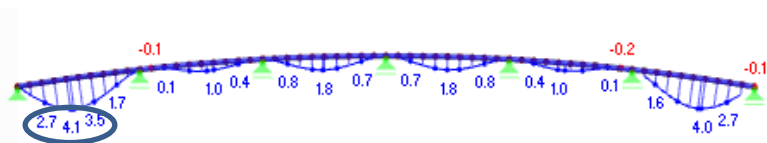
max. Vz CO2



max. My CO2 – pro nízké hodnoty není ve výpočtu uvažována



Uz CO3



Obr. 33: Hodnoty pro posouzení vedlejší vaznice

3.5.3 Posouzení hlavní vaznice

NÁVRH IPE 120
 $I = 3,178 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $A = 1321 \text{ mm}^2$
 $A_v = 631 \text{ mm}^2$
 $W_{ply} = 60,43 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $i = 49,0 \text{ mm}$
 S355

POKROUŽENÍ: Úmornost ne-použít

$$V_{pl,rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m} = \frac{631 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 129\,329 \text{ N}$$

$$\underline{V_{ed,co1} = 2,801 \text{ kN} < V_{pl,rd} = 129,329 \text{ kN} \dots \text{VHODNĚ}}$$

Okysovat úmornost

$$M_{pl,rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_m} = \frac{60,43 \cdot 355}{1,0} = 21,595 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$\underline{M_{ed,co1} = 11,195 \text{ kNm} < M_{pl,rd} = 21,595 \text{ kNm} \dots \text{VHODNĚ}}$$

Posouzení průřezu vaznice

$$d_{103} = 5 \text{ mm}$$

$$d_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{3,05 \cdot 10^3}{200} = 15,25 \text{ mm}$$

pro oblo dle výrobce přibližně 15 mm

$$d_{lim,N} = \frac{L}{400} = \frac{3050}{400} = 7,625 \text{ mm}$$

$$\underline{d_{103} = 5 \text{ mm} < d_{lim,N} = 7,625 \text{ mm} \dots \text{VHODNĚ}}$$

3.5.4 Posouzení vedlejší vaznice

NAVREH: Zůstává stejný, jako pro první vaznici

PODOZVENÍ: Únosnost na smyčky

$$V_{ed, \text{cot}} = 2,273 \text{ kN}$$

$$\underline{V_{ed, \text{cot}} = 2,273 \text{ kN} < V_{pl, \text{RD}} = 129,329 \text{ kN} \dots \text{VÝHOVUJE}}$$

Okysovač únosnost

$$M_{ed, \text{cot}} = 11,144 \text{ kNm}$$

$$\underline{M_{ed, \text{cot}} = 11,144 \text{ kNm} < M_{pl, \text{RD}} = 49,01 \text{ kNm} \dots \text{VÝHOVUJE}}$$

Posouzení průřezu vaznice

$$d_{\text{cor}} = 4,1 \text{ mm}$$

$$d_{\text{min}} = \frac{3,05 \cdot 10^3}{400} = 4,625 \text{ mm}$$

$$\underline{d_{\text{cor}} = 4,1 \text{ mm} < d_{\text{min}} = 4,625 \text{ mm} \dots \text{VÝHOVUJE}}$$

- Okapová vaznice bude stejná jako vnitřní vaznice posunutá
zátěží kolem ke střední rovině. Vzhledem ke položení
zátěžové síly bude namáhání ohybem a smyčkou
podstatně menší, než vnitřní vaznice. Protože navíc
převládá malá síla od podélného větru do směru
bátěží, navrhnijí IPE 120.

PROFIL IPE 120 PRO VAZNICE VÝHOVUJE.

3.6 SLOUPY

3.6.1 Sloupky baziliky

Sloupek
vážený
str. 42

$f = 8,3 \text{ mm}$

$$f_{(k,15)} = 8,3 \text{ mm} < f_{\text{lim}} = h/150 = 1380/150 = 9,2 \text{ mm}$$

SLOUPKY VYHOVÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.

NAVĚH: Q20 200x200x10

$$A = 5890 \text{ mm}^2 \quad A_{vt} = 2945 \text{ mm}^2$$

$$I = 21,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl} = 329 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i = 61,0 \text{ mm}$$

tridas Q20 pro
trubky vollované
za teplot : 1

$$W_{\text{mean}} = (W_1 + W_2)/2 = (0,49 \cdot 1,5 \cdot 3 + 0,23 \cdot 1,5 \cdot 3)/2 =$$

$$= 1,62 \text{ kN/m}$$

$$I_y \geq \frac{N D W_{\text{mean}} H^3}{8 \cdot E} = \frac{N D \cdot 1,62 \cdot 1500^3}{8 \cdot 210000} = 48,816 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{yQ20} > 48,816 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Nejvyšší směr sloupku : pod půlnocí vázou $\alpha = 5^\circ$; viz str. 42

$$M_{ed} = 240,839 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 20,105 \text{ kNm}$$

$l = 1,5 \text{ m}$ (maximální výška sloupku baziliky)

Posouzení vzhledem k délce :

$$\frac{L_{cr}}{i} = \frac{1500}{61,0} = 24,59 \Rightarrow \text{poměr úhlovitost } \lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{210}}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{24,59}{93,9} = 0,262 \quad (\text{ovládá souměrný průřez})$$

$$\alpha_0 = 0,262$$

$$C_{my} = 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_0 = 0,9$$

$$\alpha_0 = \frac{0}{20,12} = 0$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} (1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{ED}}{N_{RD}}) \\ c_{my} (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ED}}{N_{RD}}) \end{array} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,9538 \\ 0,9951 \end{array} \right\} =$$

$$= 0,9528$$

$$N_{ED} = 240\,839 \text{ N}$$

$$N_{RD} = 0,842 \cdot 5880 \cdot 355 / 1,0 =$$

$$= 1\,823\,308 \text{ N}$$

- uvažovaný průřez: $\alpha_{LT} = 1,0$

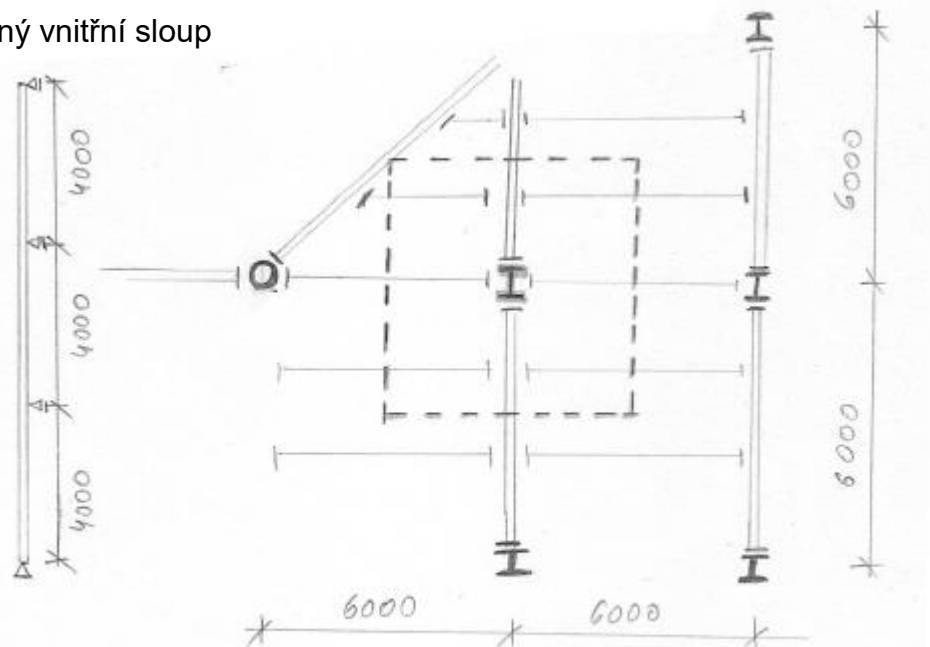
$$k_{yy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,5718$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{RD}} + k_{yy} \frac{M_{ED}}{M_{RD}} = \frac{240\,839}{1\,823\,308} + 0,9528 \cdot \frac{20,105 \cdot 10^6}{\frac{10 \cdot 329 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0}} =$$

$$= 0,132 + 0,164 = 0,296 < 1$$

SLoupky IPE 200 MO VYHOVUJÍ.

3.6.2 Běžný vnitřní sloup



$$A = 6 \cdot 6 = 36 \text{ m}^2$$

ZATÍŽENÍ - Strop bōsnelko podlaží'	$[F_k]$	ψ	$[F_d]$ $[kN]$
Konstrukce stropu 4,01 · 36	144,36	1,35	194,88
Stropnice 0,31 · 3 · 6m	5,58	1,35	7,53
Průvlaky 0,43 · 6	2,58	1,35	3,48
Průvlnue' 5,8 · 36	208,8	1,5	313,2
	361,32		519,09
- 2 podlaží'	422,64		1038,18
Konstrukce střechy 4,26 · 36	153,36	1,35	207,04
Stropnice a průvlaky 5,58 + 2,58	8,16	1,35	11,02
Průvlnue' 5 · 36	180,0	1,5	270,0
Směle - nejnepůtrnic. $s_{d1} = 1,6$	54,6	1,5	81,9
Střecha	389,12		544,46
2 podlaží' sč. + 1 střecha	1121,46		1612,64

NAVĚH SLOUPU: HEB 220

$$m = 23,2 \text{ kg/m}$$

$$A = 10600 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 112,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 39,23 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Ar'das 1 pro kate, 335

- vzdruue' délky $L_{ey} = 4000 \text{ mm}$

$$L_{ez} = L_{ey}$$

- prvna' kritická síla:

$$N_{crz} = \frac{\pi^2 E I_z}{L_{ez}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 39,23 \cdot 10^6}{4000^2} = 5081,8 \text{ kN}$$

- pomruue' vřídlost:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{crz}}} = \sqrt{\frac{10600 \cdot 355}{5081,8 \cdot 10^3}} = 0,86$$

$\lambda_z = 0,625$ pro křivku vzdruue' pomruue' c

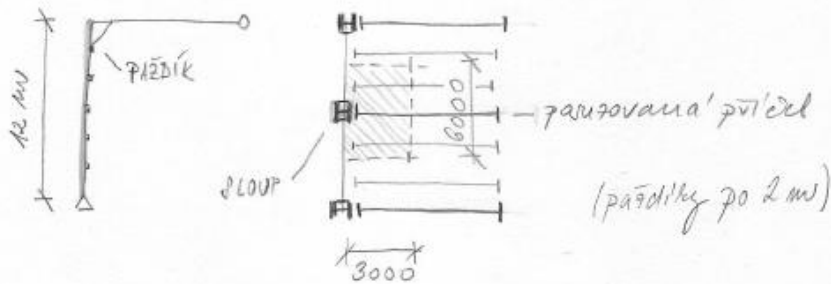
- vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{6,20} = 2 \cdot A \cdot f_{yd} = 0,625 \cdot 10600 \cdot 355 = 2351,8 \text{ kN}$$

$$N_{6,20} = 2351,8 \text{ kN} > N_{Ed} = 1612,64 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

HEB 220 PRO BĚŽNÝ SLOUP VYHOVUJE.

3.6.3 Krajní sloup – prosklená část



$$A = 3 \cdot 6 = 18 \text{ m}^2$$

ZATÍŽENÍ

	[k]	ρ	[kN]
- skleněná střešní	0,44 · 18	1,35	17,98
proměnné (sníh)	1,6 · 18	1,5	43,8
Hropnice	0,31 · 12	1,35	5,02
průběh (odhad)	0,43 · 3	1,35	1,74
tlak středů			68,54
- skleněný plášť	0,44 · 12 · 3	1,35	35,96
průběhy v úrovni pater	0,31 · 12	1,35	5,02
tlak pláště			40,98
SOUDET			109,53

- podélný vítr: (odní)

$$w_{eL} = -0,528 \cdot 3 = -1,584 \text{ kN/m} \quad w_{eD} = -2,376 \text{ kN/m}$$

$$w_{eE} = -0,774 \cdot 3 = -2,32 \text{ kN/m} \quad w_{eB} = -3,483 \text{ kN/m}$$

$$w_{eHL} = -0,492 \cdot 3 = -1,476 \text{ kN/m} \quad w_{eHD} = -2,214 \text{ kN/m}$$

- přílohy' v'itr : (600m')

$$w_{F_{L_e}} = -1,126 \cdot 1,5 = -1,689 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{D_e}} = -2,53 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{H_e}} = -0,429 \cdot 3 = -1,287 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{HD_e}} = -1,92 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{A_e}} = -0,844 \cdot 3 = -2,532 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{AD_e}} = -3,49 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{B_e}} = -0,605 \cdot 3 = -1,815 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{BD_e}} = -2,42 \text{ kN/m}$$

$$w_{F_{FH_e}} = -1,126 \cdot 1,5 + -0,429 \cdot 1,5 = 2,333 \text{ kN/m} \quad w_{F_{FHD_e}} = -3,49 \text{ kN/m}$$

- Vybrání' kombinace zat'ížení' s nejvyššími hodnotami M_{Ed} , N_{Ed}

$$k_{21}: \text{stále}' + \text{užitne}' + \text{sníh 1}$$

$$k_{27}: \text{min. stále}' + \text{vitr přílohy}'$$

$$k_{28}: \text{min. stále}' + \text{vitr podélny}'$$

$$k_{29}: \text{stále}' + \text{užitne}' + \text{sníh 1} + 0,6 \text{ vitr přílohy}'$$

$$k_{212}: \text{stále}' + \text{užitne}' + \text{vitr přílohy}' + 0,5 \text{ sníh 1}$$

- Pro MSÚ jsou rozhodující' : k_{21} , k_{28} , k_{29}

- Rozhodující' kombinace : k_{28}

$$M_{Ed} = -71,603 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -129,642 \text{ kN}$$

$$V_z = -34,557 \text{ kN}$$

$$L_{0y} = 12 \text{ m} \quad (\text{stabilitní' výpočet DUBAL})$$

$$L_{0z} = 2 \text{ m} \quad (\text{vzdálenost podpěr})$$

NA VZR4 SLOUPU : HEB 200

$$M = 61,3 \text{ kg/m}$$

$$W_{pl,y} = 6,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$A = 4810 \text{ mm}^2$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$I_y = 57 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$t_w = 9 \text{ mm}$$

$$I_z = 20 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$t_f = 15 \text{ mm}$$

$$I_w = 1,41 \cdot 10^{11} \text{ mm}^6$$

$$d = 134 \text{ mm}$$

$$I_t = 592,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 85,9 \text{ mm}$$

$$i_z = 50,7 \text{ mm}$$

viz str. 43
a 44

$$I_{355}$$

$$E = 981$$

- zatřídění průřezů:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{200/2}{15} = 6,67 < 9E = 4,29 \rightarrow \text{TŘÍDA 1 pasnice}$$

$$\frac{d}{b_w} = \frac{134}{9} = 14,89 < 33E = 26,43 \rightarrow \text{TŘÍDA 1 stojina}$$

POUŽITÍ - Herzův stav u'normování

- vřpěr: $\lambda_1 = 93,9 \cdot E = 93,9 \sqrt{\frac{235}{981}} = 46,4$

$$\lambda_y = \frac{L_{0y}}{i_y} = \frac{12000}{85,4} = 140,51 < 200 \quad \text{vyhovuje na vyhláskost}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{0z}}{i_z} = \frac{2000}{50,4} = 39,45 < 200$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{140,51}{46,4} = 1,839$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{39,45}{46,4} = 0,516$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 2,46$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,406$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,46 + \sqrt{2,46^2 - 1,839^2}} = 0,181$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,406 + \sqrt{0,406^2 - 0,516^2}} = 0,842$$

$$\chi_{min} = 0,181 = \chi_y$$

$$\chi_{we} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E I_w}{G I_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 12000} \sqrt{\frac{210000 \cdot 1,41 \cdot 10^{11}}{81000 \cdot 592,8 \cdot 10^3}} = 0,226$$

$$C_{1,0} = 1,49$$

$$C_{1,1} = 1,52 \rightarrow C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \chi_{we} = 1,497 < C_{1,1} = 1,52$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{L_2} \sqrt{1 + k_w \chi^2} = 1,535$$

$$y-y \rightarrow b$$

$$\alpha_y = 0,34$$

$$z-z \rightarrow c$$

$$\alpha_z = 0,49$$

$$M_{cr} = c_{m1} \frac{\pi \sqrt{EI_z G I_t}}{L} = 1,535 \cdot \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 81000 \cdot 592,8 \cdot 10^3}}{12000} =$$

$$= 180,464 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{6,42 \cdot 10^6 \cdot 355}{180,464 \cdot 10^6}} = 3,55$$

NOVÝ NÁVRH: HEB 220

$$h = 220 \text{ mm}$$

$$b = 220 \text{ mm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$t_w = 9,5 \text{ mm}$$

$$d = 152 \text{ mm}$$

$$m = 21,5 \text{ kg/m}$$

$$A = 9104 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 80,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{ply} = 827 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 94,3 \text{ mm}$$

$$I_z = 28,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 55,9 \text{ mm}$$

$$I_t = 465,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 295,4 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$6,8 < 9,8 =$
 $= 3,29$
 $16 < 33,8$
 \rightarrow TŘÍDA 1

NOVÉ HODNOTY:

$$- \lambda_y = 127,25 ; \lambda_z = 35,47 ; \bar{\lambda}_y = 1,665 ; \bar{\lambda}_z = 0,468$$

$$- \phi_y = 2,135 ; \phi_z = 0,675 ; \chi_y = 0,288 ; \chi_z = 0,861$$

$$- k_{we} = 0,262 ; C_1 = 1,494 ; c_{m1} = 1,548 ; M_{cr} = 246,536 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 1,091 \rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$$

- součinitel klopení:

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 1,189$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,189 + \sqrt{1,189^2 - 1,091^2}} = 0,602$$

- posuvný imitace sloupu v ohybu

$$\alpha_4 = 0 \quad C_{1,0} = 1,47 \quad C_{1,1} = 1,85$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{we} = 1,47 + (1,85 - 1,47) \cdot 0,262 =$$

$$= 1,49 \leq C_{1,1} = 1,85$$

$$C_{m1} = 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_4 = 0,9 \quad C_{m1T} = 0,6 + 0,4 \cdot \phi = 0,6 \leq 0,9$$

$h/b = 1$
 kruhová
 vzhledem
 zsymetrie

$$\frac{N_{ED}}{N_{Rd}} =$$

$$= 0,1393$$

$$\beta_{M1} = 1,0$$

$$k_{zy} = \min \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{zy} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ED}}{\alpha_{zy} N_{Rk} / \beta_{M1}} \right) \\ \alpha_{zy} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ED}}{\alpha_{zy} N_{Rk} / \beta_{M1}} \right) \end{array} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 1,79 \cdot \left(1 + (1,665 - 0,2) \cdot \frac{129,642 \cdot 10^3}{0,288 \cdot 9104,355} \right) \\ 1,79 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{129,642 \cdot 10^3}{0,288 \cdot 9104,355} \right) \end{array} \right\} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} 0,993 \\ 0,991 \end{array} \right\} = \underline{0,991}$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{Rd}} =$$

$$= 0,0466$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{ED}}{\alpha_{zy} N_{Rk} / \beta_{M1}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{ED}}{\alpha_{zy} N_{Rk} / \beta_{M1}} \right] \end{array} \right\} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,468}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{129,642 \cdot 10^3}{0,861 \cdot 9104,355} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{1,2967 \cdot 10^5}{0,861 \cdot 9104,355} \right] \end{array} \right\} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} 0,996 \\ 0,993 \end{array} \right\} = \underline{0,996}$$

- Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{ED}}{\alpha_{zy} N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{ED}}{\alpha_{Mz} M_{Rk}} = 0,1393 + 0,991 \cdot \frac{41,609 \cdot 10^6}{0,602 \cdot 807 \cdot 10^3 \cdot 355} =$$

$$= \underline{0,541 < 1}$$

$$\frac{N_{ED}}{\alpha_z N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{ED}}{\alpha_{Mz} M_{Rk}} = 0,0466 + 0,996 \cdot \frac{41,609 \cdot 10^6}{0,602 \cdot 807 \cdot 10^3 \cdot 355} =$$

$$= \underline{0,449 < 1}$$

Stoup na MSÚ vyhoví!

POSOUZENÍ - Meru' stav použitelnosti

- průhyb od průměrné lož. zatížení ($\rho_F = 1,0$)

KZ18: stálé + vtr. podélné (charakt. hodnoty)

$$s_{max} = 45,5 \text{ mm}$$

$$s_{lim} = \frac{L}{150} = \frac{12000}{150} = 80 \text{ mm}$$

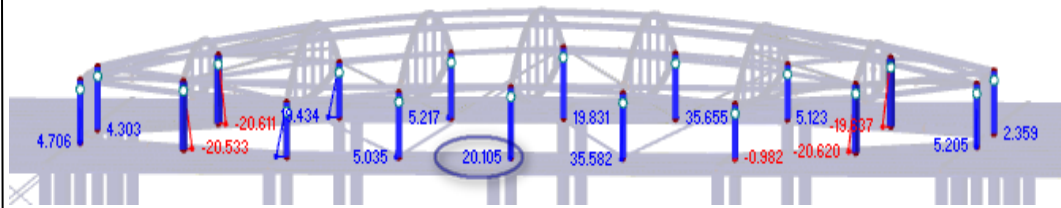
$$\underline{s_{max} = 45,5 \text{ mm} < s_{lim} = 80 \text{ mm} \dots \text{ VYHOVUJE}}$$

HEB 220 PRO LRAJNÍ SLOUP VYHOVUJE.

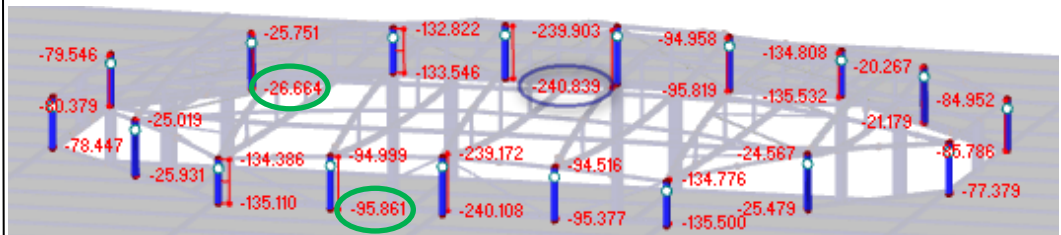
$s_{max} = 45,5 \text{ mm}$
vtr. st. 45

SLOUPKY BAZILIKY – VNITŘNÍ SÍLY

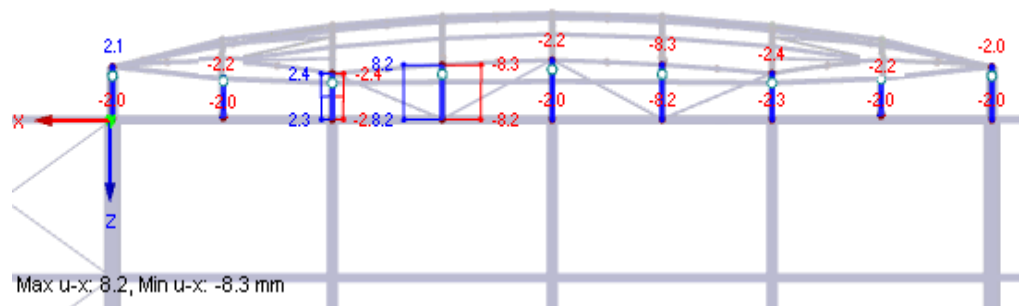
M_y



N_{ed}



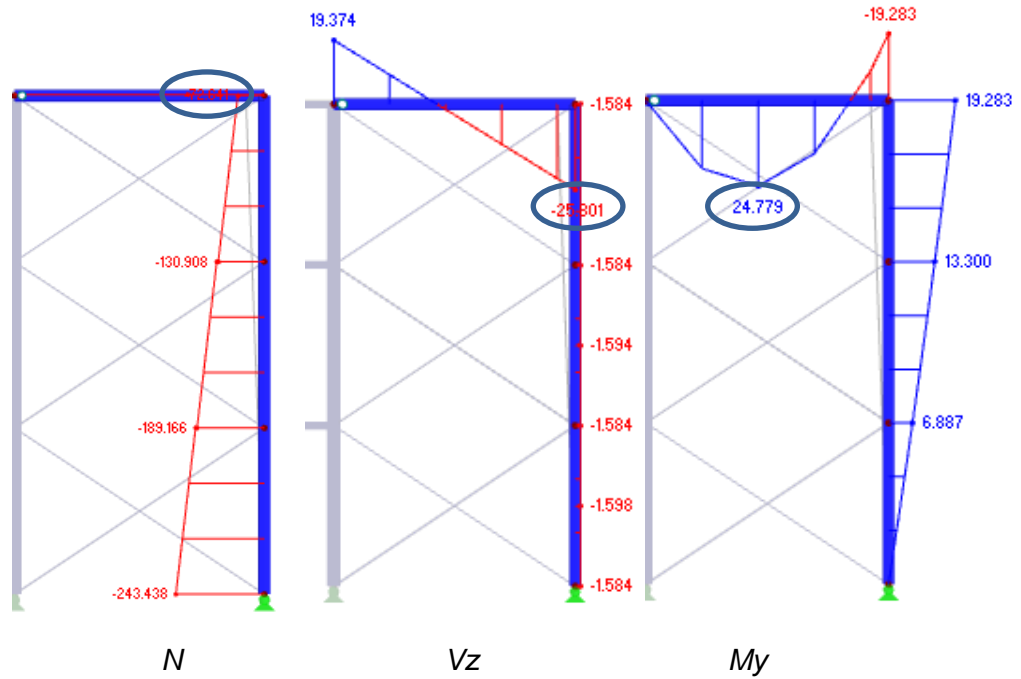
U_x



Obr. 34: Hodnoty pro posouzení sloupků baziliky

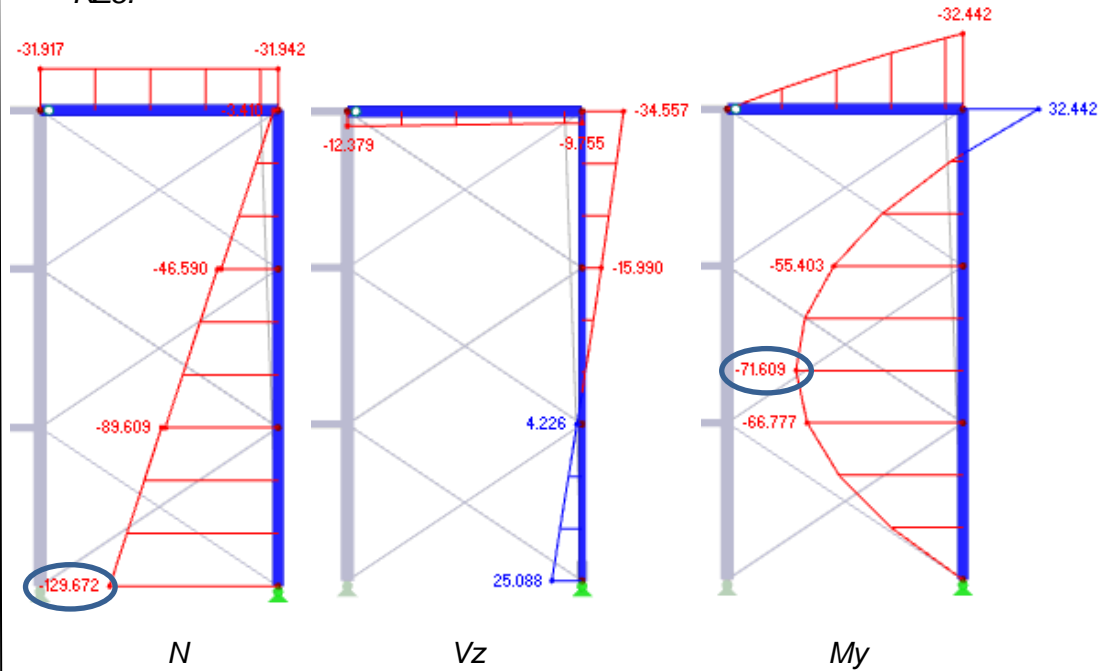
RÁMOVÝ ROH – VNITŘNÍ SÍLY

KZ1:



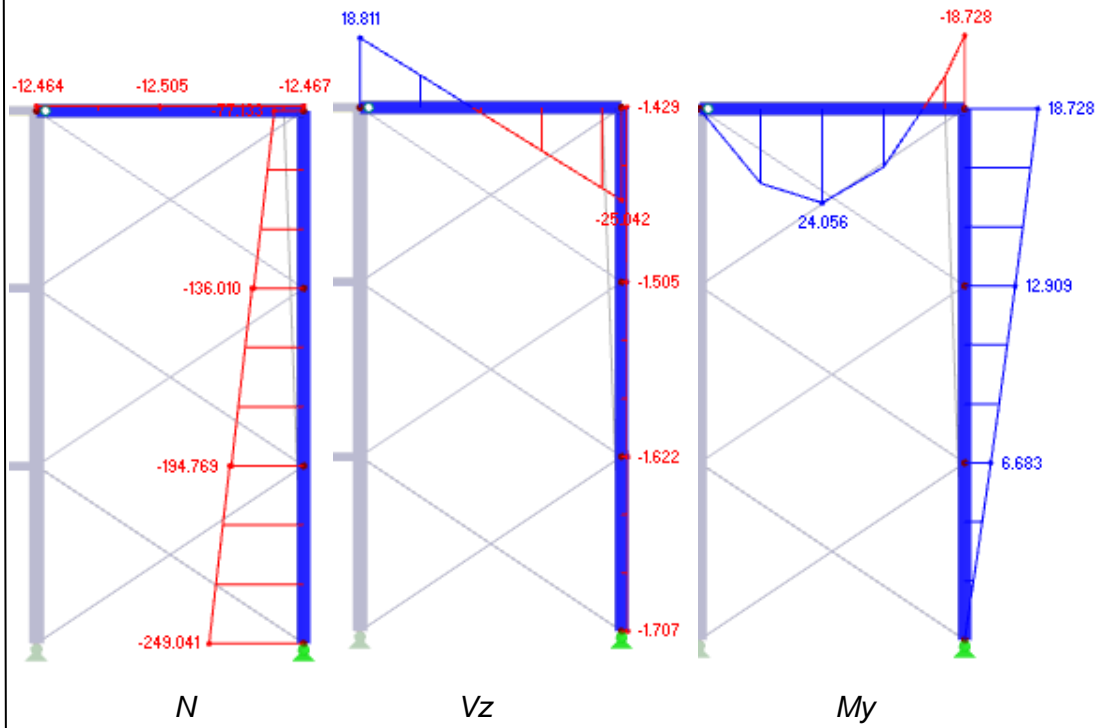
Obr. 35: Hodnoty příčle a krajního sloupu KZ1

KZ8:



Obr. 36: Hodnoty příčle a krajního sloupu KZ8

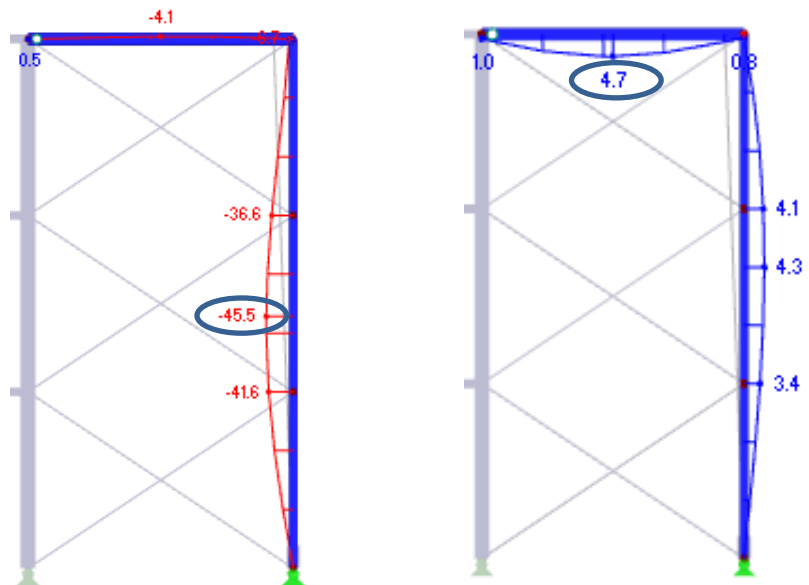
KZ9:



Obr. 37: Hodnoty příčle a krajního sloupu KZ9

Maximální průhyb sloupu KZ18

Max průhyb příčle KZ15



Obr. 38: Průhyby příčle a krajního sloupu

PŘÍČLE KRAJNÍHO STOUPU

Posuzovaná kombinace ≤ 21 :

$$N_{ED} = 42,641 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 25,801 \text{ kN}$$

$$M_{ED} = 24,449$$

NÁVRH PROFILU: IPE 220

$$A = 3337 \text{ mm}^2$$

$$h = 220 \text{ mm}$$

$$I_y = 24,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$b = 110 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,9 \text{ mm}$$

$$W_{ply} = 285,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_f = 9,2 \text{ mm}$$

$$i_y = 91,1 \text{ mm}$$

$$A_{v2} = 1588 \text{ mm}^2$$

$$I_z = 2099 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 24,8 \text{ mm}$$

$$I_t = 90,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 22,67 \cdot 10^3 \text{ mm}^6$$

$$\text{- zadržovací: } c = \frac{b - t_w}{2} = \frac{110 - 5,9}{2} = 52,05 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{52,05}{9,2} = 5,657 < 9\epsilon = 7,29$$

→ posuvce 1. TŘÍDA

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 220 - 2 \cdot 9,2 = 201,6 \text{ mm}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{201,6}{5,9} = 34,169 < 72\epsilon = 58,32$$

→ stojina 1. TŘÍDA

POSOUZENÍ PŘÍČLE - Únosnost ve směru

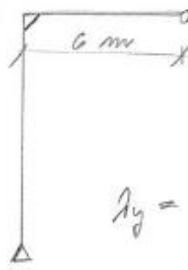
$$V_{pl,rd} = \frac{A_{v2} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{1588 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 325,475 \text{ kN}$$

$$\underline{V_{pl,rd} = 325,475 \text{ kN} > V_{ED} = 25,801 \text{ kN} \dots \text{ VYHOVUJE}}$$

- vřpov: $\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon = 46,4$

kritická délka: $L_{cr,y} = 6 \text{ m}$

$L_{cr,z} = 2 \text{ m}$ (dle pořadí/bau)



$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{6000}{91,1} = 65,86 < 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2000}{24,8} = 80,645 < 200$$

vyhovuje ma
střelelost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,862$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,0556$$

- součinné imperfekce: $y-y \quad b \rightarrow 0,34 = d_y$
 $z-z \quad c \rightarrow 0,49 = d_z$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,984$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 1,206$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 + \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,984 + \sqrt{0,984^2 + 0,862^2}} = 0,436$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 + \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,206 + \sqrt{1,206^2 + 1,0556^2}} = 0,356$$

$$\chi_{min} = \min(\chi_y; \chi_z) = 0,356$$

$$L_{LT} = 1,35 \text{ m (viz str. 74)}$$

$k_w = 1$

$$k_{wst} = \frac{\pi}{k_w \cdot L_{LT}} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{10 \cdot 1350} \sqrt{\frac{210000 \cdot 22,67 \cdot 10^9}{81000 \cdot 90,7 \cdot 10^3}} = 1,873$$

$$C_{1,0} = 1,74$$

$$C_{1,1} = 1,85 \rightarrow \text{pro } k_{wst} > 1 \quad C_1 = C_{1,1}$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_2} \cdot \sqrt{1 + k_2 \omega^2} = 1,85 \cdot \sqrt{1 + 1,873^2} = 3,924$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\sqrt{EI_2 G I_t}}{L} = 3,924 \cdot \frac{\sqrt{210000 \cdot 20,49 \cdot 10^5 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 90,7 \cdot 10^3}}{1350} =$$

$$= 513,811 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{285,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{513,811 \cdot 10^6}} = 0,444$$

- kritická úpravná pevnost $\alpha_1 - \alpha_{LT} = 0,21$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,6241$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\lambda_{LT}^2 + \phi_{LT}^2}} = 0,4193$$

$\alpha_h = 0$ (použití momentů)

$$C_{my} = 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_h = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot \phi \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 \geq 0,4$$

$$\chi_{y,LT} = \min \left\{ C_{my} (1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ED}}{\lambda_y N_{2k}/\gamma_{M1}}), C_{my} (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ED}}{\lambda_y N_{2k}/\gamma_{M1}}) \right\} =$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{RD}} = 0,1406$$

$$= \min \left\{ 0,9 (1 + (0,862 - 0,2) \cdot \frac{72641}{0,436 \cdot 3337 \cdot 355}), 0,9 (1 + 0,8 \cdot \frac{72641}{0,436 \cdot 3337 \cdot 355}) \right\} =$$

$$= \min \left\{ 0,983, 0,993 \right\} = 0,983$$

$$\chi_{z,LT} = \max \left\{ 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{ED}}{\lambda_z N_{2k}/\gamma_{M1}}, 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{ED}}{\lambda_z N_{2k}/\gamma_{M1}} \right\} =$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{RD}} = 0,1722$$

$$= \max \left\{ 1 - \frac{0,1 \cdot 1,055}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{72641}{0,356 \cdot 3337 \cdot 355}, 1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{72641}{0,356 \cdot 3337 \cdot 355} \right\} = \max \left\{ 0,948, 0,9508 \right\}$$

$$k_{zy} = \underline{0,9508}$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{ED}}{\frac{\sigma_y \cdot N_{2k}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{ED}}{\frac{\sigma_{LT} \cdot M_{2k}}{\gamma_{M1}}} = 0,1406 + 0,983 \cdot \frac{24,48 \cdot 10^6}{0,719 \cdot 285 \cdot 10^3 \cdot 355} =$$

$$= \underline{0,509 < 1}$$

$$\frac{N_{ED}}{\frac{\sigma_y \cdot N_{2k}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{ED}}{\frac{\sigma_{LT} \cdot M_{2k}}{\gamma_{M1}}} = 0,1422 + 0,9508 \cdot \frac{24,48 \cdot 10^6}{0,719 \cdot 285 \cdot 10^3 \cdot 355} =$$

$$= \underline{0,496 < 1}$$

PŘÍČEL NA HŠÚ VYHOVUJE.

PODOUZENÍ - Maximální stav použitelnosti

- největší průhyb nastává pro K215

K215: $s_{stat,k} + u_{stat,k} + s_{ult,k}$

(příčel nepatří mezi prvky manéžhauí užitím zatížení, a proměnných kdy působí pouze sůla, K215 je kombinací charakteristických hodnot zatížení)

$$s_{max} = 4,4 \text{ mm}$$

$$s_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15 \text{ mm} > s_{max} = 4,4 \text{ mm}$$

PROFIL IPE 220 PRO PŘÍČEL VYHOVUJE.

$$s_{max} = 4,4$$

[mm]

n7 str. 95

3.6.4 Kruhový sloup v obvodu hlediště

(viz str. 83)

$$f_{\max}(k718) = 12,3 \text{ mm} < f_{\text{lim}} = \frac{12000}{150} = 80 \text{ mm}$$

SLoup vyhoví na mezí stav použitelnosti.

NÁVRH: TR 324 x 12,5

$$A = 12233 \text{ mm}^2$$

$$i = 110,2 \text{ mm}$$

$$I = 148,61 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl} = 1213,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

šifra 1 pro tlak S355

- výšková délka:

$$L_{cr} = 4000 \text{ mm}$$

- prázdná kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 148,61 \cdot 10^6}{4000^2} = 19414,1 \text{ kN}$$

- požadovaná stabilita:

$$\bar{\lambda}_2 = \sqrt{\frac{A \cdot \beta}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{12233 \cdot 355}{19414,1 \cdot 10^3}} = 0,4459$$

kritická výšková pevnost α (válcované za tepla)

$$\alpha = 0,932$$

- výšková tlaková únosnost

$$N_{b,rd} = \alpha \cdot A \cdot f_{yd} = 0,932 \cdot 12233 \cdot 355 = 4047,1 \text{ kN}$$

(N_{ED})
str. 82)

$$N_{b,rd} = 4047,1 \text{ kN} > N_{ED} = 1567,891 \text{ kN} \dots \text{ VYHOVUJE.}$$

POUŽITÍ - interakce tlaku a ohybu

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} \quad \lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4000}{110,2} = 36,294$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = 0,4459 \quad (\text{kontrola})$$

$$\alpha = 0,932 \quad ; \quad \alpha_{lt} = 1,0 \quad - \text{ pro uzavřený průřez }$$

$$C_{my} = 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_h = 0,9 \quad ; \quad \alpha_h = 0 \quad ; \quad k_{yy} \text{ a } k_{yz} \text{ pro pruhy, co nejsou namáhány ke stlačení...}$$

$$k_{\text{zy}} = \min \left\{ C_{\text{my}} \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \frac{N_{\text{ED}}}{2 N_{\text{Re}} / \rho_{\text{H1}}} \right) \right. \\ \left. C_{\text{my}} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{\text{ED}}}{2 N_{\text{Re}} / \rho_{\text{H1}}} \right) \right\} =$$

$$\frac{N_{\text{ED}}}{N_{\text{ED}}} = 0,38738$$

$$= \min \left\{ 0,9 \left(1 + (0,4459 - 0,2) \cdot \frac{1559,49 \cdot 10^3}{0,932 \cdot 355 \cdot 12233} \right) \right. \\ \left. 0,9 \left(1 + 0,8 \cdot \frac{1559,49 \cdot 10^3}{0,932 \cdot 355 \cdot 12233} \right) \right\} =$$

$$= \min \left\{ 0,996 \right. \\ \left. 0,999 \right\} = \underline{0,996}$$

$$k_{\text{zy}} = 0,6 k_{\text{zy}} = \underline{0,597}$$

- Podmínky s polehlivostí:

$$\left(\frac{M_{\text{ED}}}{M_{\text{ED}}} \text{ viz str. 82} \right) \frac{N_{\text{ED}}}{2 N_{\text{Re}}} + k_{\text{zy}} \frac{M_{\text{ED}}}{2 M_{\text{Re}}} = 0,3853 + 0,996 \cdot \frac{29,206 \cdot 10^6}{10 \cdot 1213,6 \cdot 10^3 \cdot 355} =$$

$$= \underline{0,452 < 1}$$

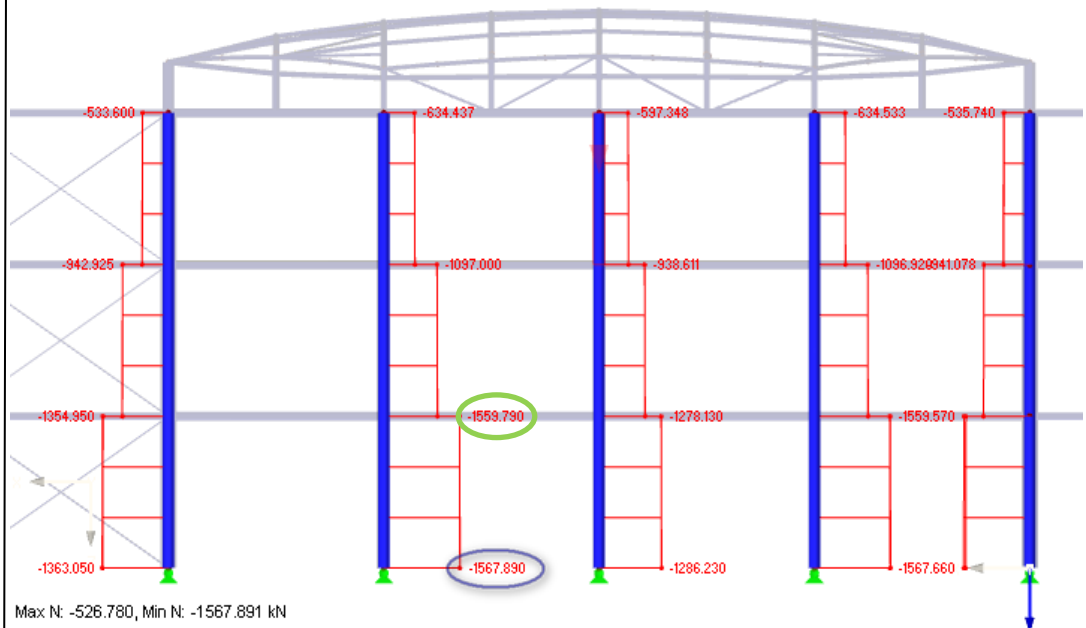
$$\frac{N_{\text{ED}}}{2 N_{\text{Re}}} + k_{\text{zy}} \frac{M_{\text{ED}}}{2 M_{\text{Re}}} = 0,3843 + 0,597 \cdot \frac{29,206 \cdot 10^6}{10 \cdot 1213,6 \cdot 10^3 \cdot 355} =$$

$$= \underline{0,427 < 1}$$

SLoup TL 324 x 16 VYHOVUJE.

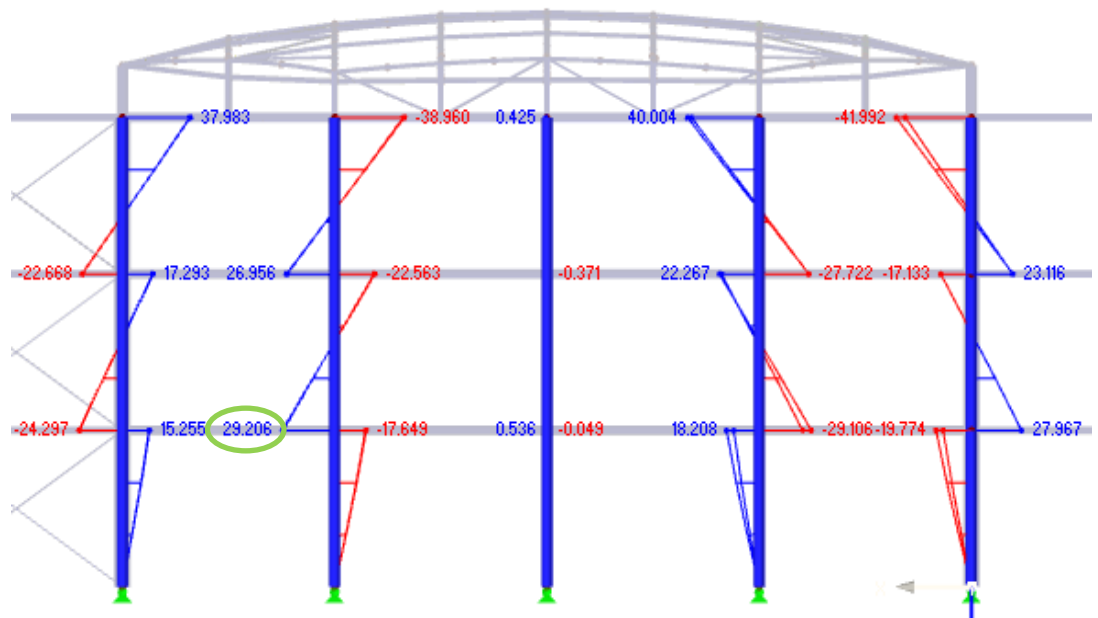
VNITŘNÍ SÍLY V KRUHOVÝCH SLOUPECH

N



Obr. 39: Maximální normálové síly v kruhových sloupech

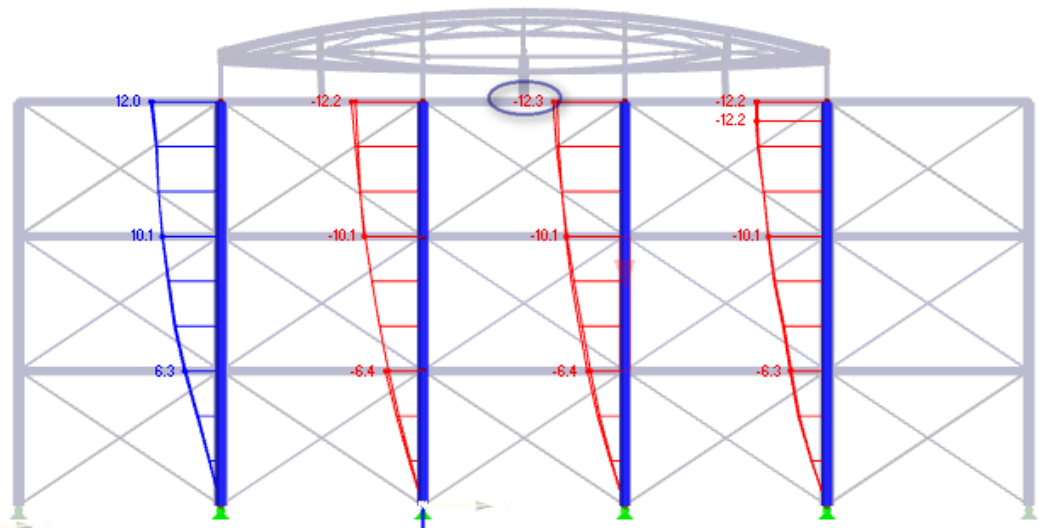
My



Obr. 40: Maximální hodnoty momentů v kruhových sloupech

Průhyb u_y - KZ19: stálé + vítr příčný

(charakteristické hodnoty)



Obr. 41: Maximální hodnoty průhybů v kruhových sloupech

3.7 PRŮVLAK VYNÁŠEJÍCÍ SLOUPKY BAZILIKY

3.7.1 Průvlak přímý

Průvlak je při setrvačném posunutí.

$$A = 4 \cdot 3 = 12 \text{ m}^2 \text{ (polovina stropní kce oproti břiš. průvlaku)}$$

- reakce z připojených stropnic:

$$F_{Lk} = ((4,26 + 5 + 1,6) \cdot 2 + 0,23) \cdot 3 = 66,42 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((5,45 + 4,5 + 2,4) \cdot 2 + 0,31) \cdot 3 = 95,601 \text{ kN}$$

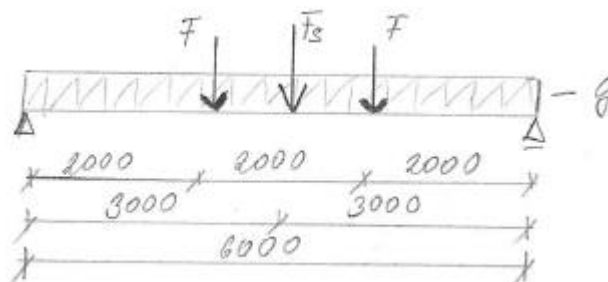
- síla ze sloupů: $F_{max} = 95,86 \text{ kN}$ (viz. str. 43)

- vlastní tíha průvlaku: $g_E = 0,42 \text{ kN/m}$
 $g_D = 0,564 \text{ kN/m}$

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 95,601 + 95,86/2 + 0,564 \cdot 3 = 145,232 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 145,232 \cdot 2 + \frac{1}{8} \cdot 0,54 \cdot 3^2 = 291,105 \text{ kNm}$$

Po porovnání s výpočtem sítěného průvlaku zadávaného stavu 0. 38 můžeme vidět, že dochází v tomto případě k menším momentům. Z konstruktivních důvodů bude tedy navržen průvlak stejného profilu: IPE 270, který vyhoví max. výšce uvedené v příloze.

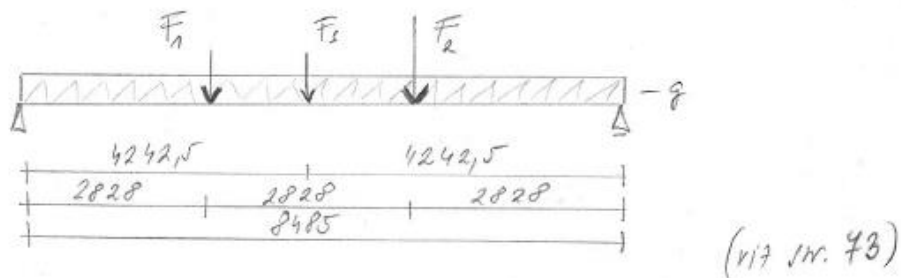


3.7.2 Průvlak šikmý

Průvlak je pro betonový podpínav.

Zařízení průvlaku je shodné s případem svislého průvlaku posouvavého na stranách 43-46.

Navíc uprosřed působí síla od sloupku dle následujícího schéma.



$$F_{1k} = 22,3 \text{ kN} \quad F_{2k} = 51,96 \text{ kN} \quad F_{3\text{max}k} = 18,746 \text{ kN}$$

$$F_{1D} = 32,1 \text{ kN} \quad F_{2D} = 44,4 \text{ kN} \quad F_{3\text{max}D} = 26,664 \text{ kN}$$

NAVĚH PRŮVĚZU : IPE 360 (navýj jako ostatní stěně/průvl.)

$$m = 57,1 \text{ kg/m} \quad h = 360$$

$$A = 4273 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 16077 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{wz} = 3514 \text{ mm}^2$$

$$g_k = 0,49 \text{ kN/m} \quad g_D = 0,66 \text{ kN/m}$$

$$R_{ED1} = \frac{0,66 \cdot \frac{8485^2}{2} + 32,06 \cdot 8485 + 44,4 \cdot 5656 + 26,65 \cdot 4242,5}{8485} = 43,825 \text{ kN}$$

$$R_{ED2} = 58,625 \text{ kN}$$

$$H_{ED} = 208,802 \text{ kNm}$$

POSOUBENÍ: Průhyb od proudného zatížení

$$F_{1ed} = 13,05 \text{ kN} \quad F_{2ed} = 30,95 \text{ kN} \quad (\text{viz str. 44})$$

$$d = 20,4 \text{ mm} < f_{lim} = \frac{L}{400} = 21,21 \text{ mm} \quad (\text{viz str. 88})$$

IPE 360 VYHOVUJE NA PRŮHYB.

Plastická ohybová únosnost

Vzhledem k předchozímu posudku sdruženého průřezu

IPE 240, přemětný účinek $M = 364 \text{ kNm}$ a $V = 189 \text{ kN}$,

kte konstatovat, že ohybový průřez vyhovuje

sloup zatížený s součinnými silami $M_{ed} = 208,8 \text{ kNm}$

a $V_{ed} = 43,827 \text{ kN}$ vyhovuje na únosnost.

SPŘAŽENÍ

NAVRH - ohyby, jako u ohybného průřezu:

- správně val 19/100

$P_{ed} = 50,4 \text{ kN}$ po redukci únosnosti

$F_{ed} = 222,5 \text{ kN}$

44 trnů po 95 mm

POSOUBENÍ: Průhyb přiroděním nosníku při proud. zatížení

$$M_{ed} = 199,64 \text{ kNm} \quad \theta_0 - \theta_a = 1,0 \quad (\text{viz str. 88})$$

$$A_i = 4273 + 80 \cdot 2121 / 13,55 = 19495 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{4273 \cdot 360 / 2 + 80 \cdot 2121 \cdot 13,55 \cdot (360 + 15 + 80 / 2)}{19495} = 353,97 \text{ mm}$$

$$I_i = I_y + A \left(e - \frac{h}{2} \right)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{b_{eff} \cdot h_D^3}{12} + b_{eff} \cdot h_D \left(e - h - h_{TR} - \frac{a}{2} \right)^2 \right) =$$

$$= 420,913 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$t_{l,20167} = 80$$

[mm]

$$b_{eff} = 2121$$

[mm]

$$h_{TR} = 15$$

[mm]

- největší napětí v betonové desce

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{ed}}}{I_{i,h}} \cdot z_u = \frac{149,67 \cdot 10^6}{420,9 \cdot 10^6} \cdot (360 + 55 + 80 - 353) =$$

$$= 3,417 \text{ MPa} << 0,85 f_{ct} = 21,3 \text{ MPa}$$

- největší napětí ve spodní části vláknecelny

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{ed}}}{I_i} \cdot z_d = \frac{149,67 \cdot 10^6}{420,9 \cdot 10^6} \cdot 353 = 125,23 \text{ MPa}$$

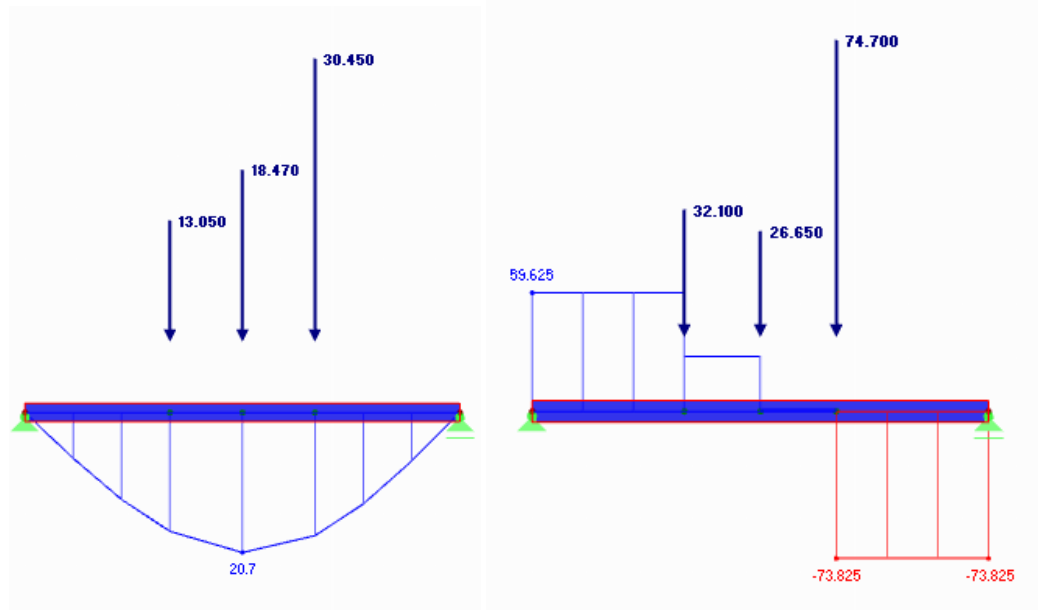
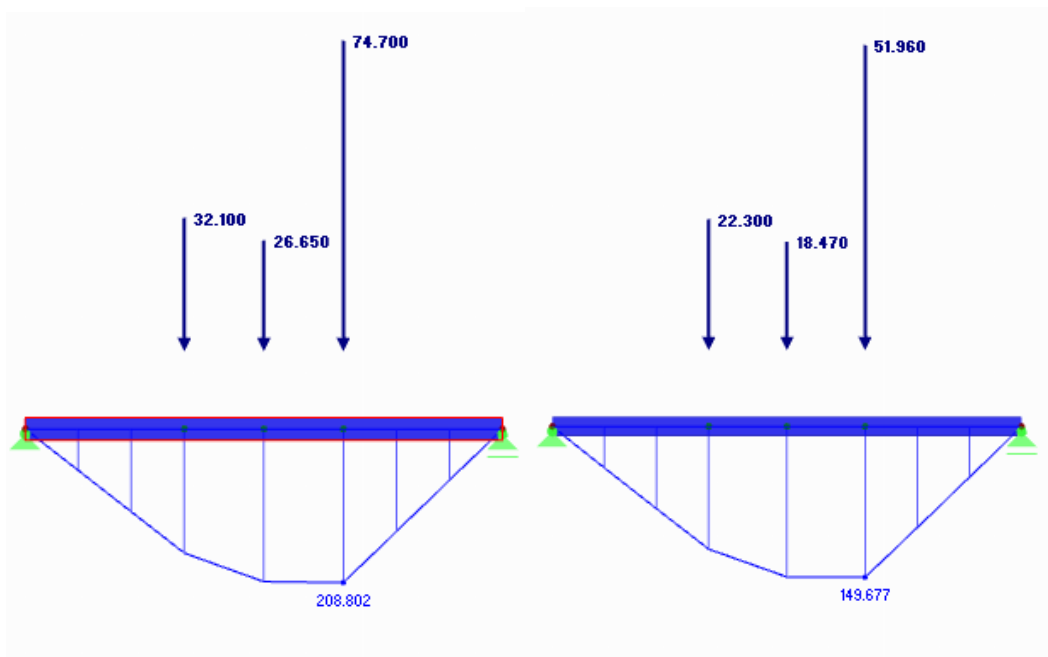
$$\sigma_{\max} = 125,23 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$$

NOVNĚ PŘI PROVOZNÍM ZATÍŽENÍ PŮJEBÍ PRŮŽNĚ.
PROFIL IPE 360 UHOUWE PRO JIKY PRŮVLAK 3.NP.

VNITŘNÍ SÍLY – ŠIKMÝ PRŮVLAK PODPÍRAJÍCÍ SLOUP BAZILIKY

Průhyb uz od proměnného zatížení

Vz

*Med**Mek*

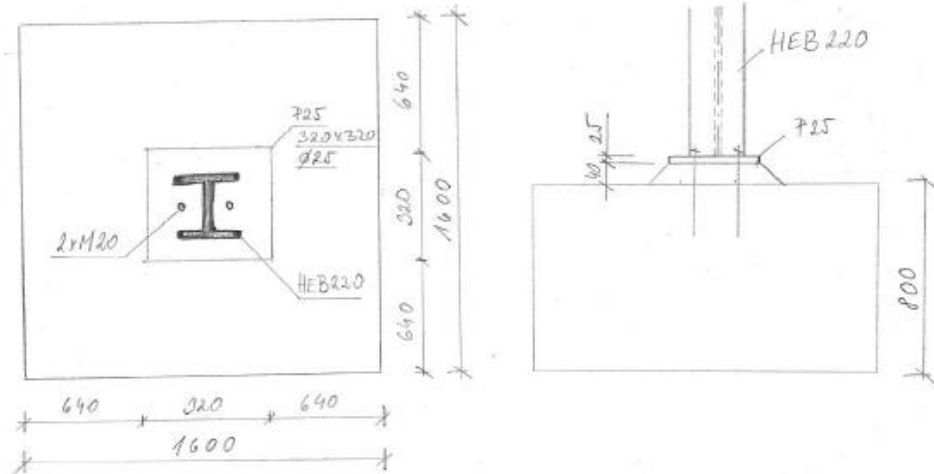
Obr. 42: Hodnoty v šikmém průvlaku 3.NP

3.8 PATKY

3.8.1 Patka pod sloupem HEB 220

Nejvyšší normálová síla ze sloupce:

$$N_{ED} = 1612,64 \text{ kN} \quad (\text{M19.5H. 66})$$



$$a_f = \min(3 \cdot a_0, a_0 + l_v, a_c) = (3 \cdot 320; 320 + 800; 1600) = 960 \text{ mm}$$

$$a_f = b_f = 960 \text{ mm}$$

- součinitel koncentrace napětí

$$k_f = \sqrt{\frac{a_s \cdot b_f}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{960 \cdot 960}{320 \cdot 320}} = 3$$

- návrhová pevnost betonu

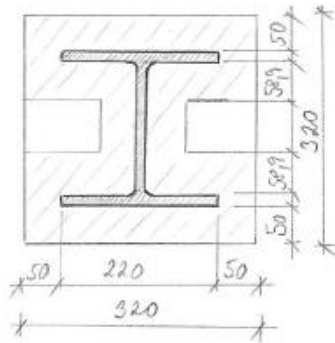
$$f_{jd} = \frac{B_f \cdot k_f \cdot f_{ck}}{f_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3 \cdot 16}{1,5} = 21,33 \text{ MPa}$$

$f_c = 15$

- úroveň sířky patky desky

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{jd}}{3f_{jd}}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{350}{3 \cdot 21,55}} = 58,9 \text{ mm}$$

3.8.2 Patka kruhového sloupu



účinná šířka přesahuje rozměr
ocelové patky : 58,9 mm > 50 mm

$$A_{\text{eff}} = 320^2 - 9104 - (50 + 58,9) \cdot (320 - 2 \cdot 50 - 2 \cdot 58,9 - 2 \cdot 16) \cdot 2$$

$$A_{\text{eff}} = 48006 \text{ mm}^2$$

$$N_{\text{RD}} = A_{\text{eff}} \cdot f_{\text{jd}} = 48006 \cdot 21,33 \cdot 10^{-3} = 1663,87 \text{ kN}$$

$$N_{\text{RD}} = 1663,87 \text{ kN} > N_{\text{EDmax}} = 1612,64 \text{ kN} \dots \text{ VYHOVUJE}$$

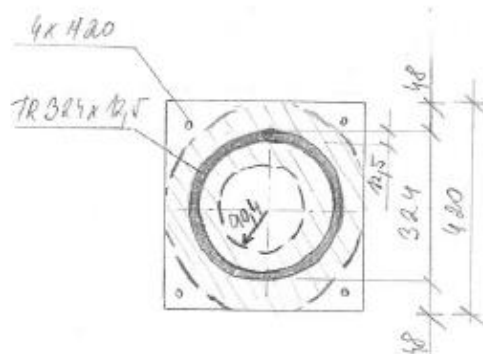
Posouzení betonového základu o rozměrech $a_c = 1,6 \text{ m}$;
 $b_c = 1,6 \text{ m}$ a $h_c = 0,8 \text{ m}$ na 1. místě stav. dokumentace
je doplněno v Příloze 1 diplomové práce.

PATEA PRO VLOUPK HEB 220 O ROZMĚRECH
1,6 x 1,6 x 0,8 Z BETONU C16/20 VYŽTUŽENÉ
V OBOU SMĚRECH PŘI SPODNÍM LÍCI VÝŽTUŽÍ
8 x Ø16 VYHOVUJE.

Nejvyšší síla ze sloupů:

$$N_{ed} = 1567,89 \text{ kN} \quad (\text{viz str. 82})$$

Normálová síla je menší, než v předchozím případě u patky pro sloup HEBA20. Velikost patky tedy bude z konstrukčních důvodů stejná, bude zmešnána pouze velikost patního plechu.



Užšíma šířka přesahuje rozměr patky $48 < 58,9$.
Akk odměřeno z programu AUTOCAD.

$$a_1 = \min(3 \cdot 420; 420 + 800; 1600) = 1220 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1220 \cdot 1220}{420^2}} = 3$$

$$f_{jd} = 21,33 \text{ MPa}$$

$$c = k_p \cdot \sqrt{\frac{f_{td}}{3 \cdot f_{jd}}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 21,33}} = 58,9 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 111503 \text{ mm}^2$$

$$N_{ed} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 111503 \cdot 21,33 \cdot 10^{-3} = 2348,35 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 2348,35 \text{ kN} > N_{ed} = 1567,89 \text{ kN} \dots \text{ VÝHODNĚ}$$

PATEK VÝHODNĚ.

3.9 ZTUŽIDLA BUDOVY

3.9.1 Podélná ztužidla

k78:
min. stěle'
+
podeř. vřtr

- rozločnyřel' kom břmale k78 : $N_{ED} = 97,04 \text{ kN (Hlak)}$
NAVRH : $L = 4,211 \text{ m}$ (vř vr 93)

$$L_{cr} = \frac{4,211}{2} = 3606 \text{ mm}$$

TR 89 x 4

$$A = 1068 \text{ mm}^2$$

$$I = 0,94 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 940000}{3606^2} = 154,6 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1068 \cdot 355}{154600}} = 1,565 \rightarrow \alpha = 0,346$$

$$N_{b,rd} = \alpha \cdot A \cdot f_y = 0,346 \cdot 1068 \cdot 355 = 131,182 \text{ kN} > N_{ED} = 97,04 \text{ kN}$$

3.9.2 Přřčná ztuřidla

k714:
stěle'
uřřme'
+
vřtr přřř.
+
0,5 onřřř

- rozločnyřel' kom břmale k714 : $N_{ED} = 89,431 \text{ kN}$ (vř vr. 93)

NAVRH : $\sigma_{Tymy}' - \text{TR } 89 \times 4$

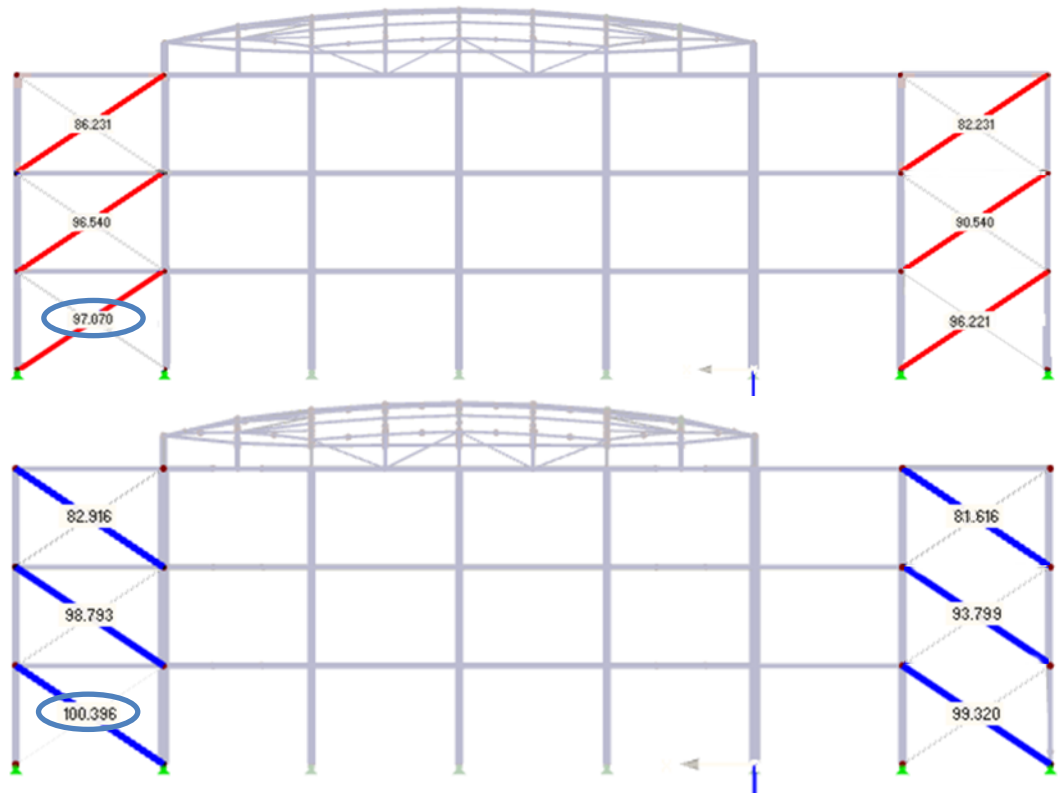
$$L = 4,211 \text{ m}$$

$$N_{b,rd} = 131,182 \text{ kN} > N_{ED} = 89,431 \text{ kN}$$

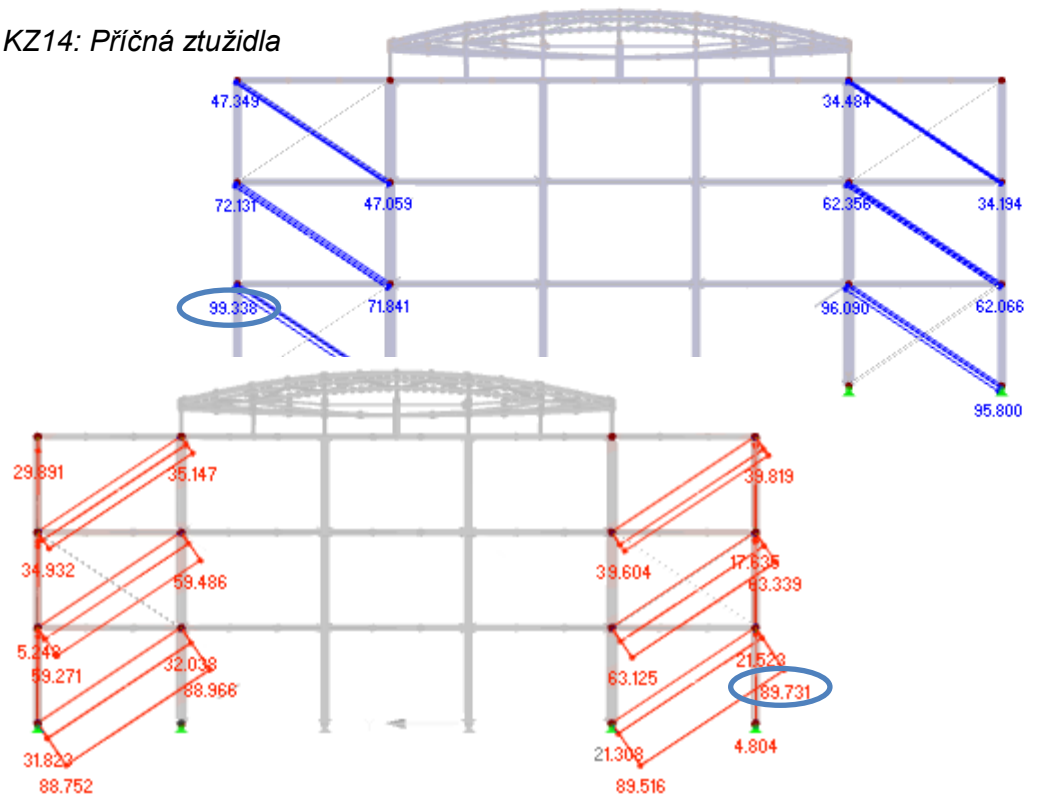
PROFIL TR 89 x 4 PRO ZTUřIDLA BUDOVY VYHOVř.

VNITŘNÍ SÍLY VE ZTUŽIDLECH

KZ8: Podélná ztužidla



KZ14: Příčná ztužidla

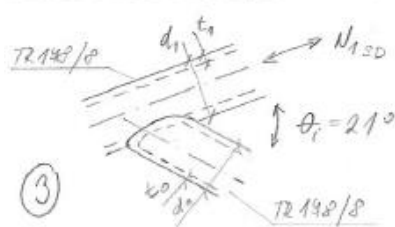


Obr. 43: Maximální hodnoty v příčných a podélných ztužidlech

3.10 PŘÍPOJE

3.10.1 Styčníky baziliky

• STYČNÍK Y



$$\frac{d_1}{d_0} = \frac{148}{148} = 1 \quad 0,2 \leq \frac{d_1}{d_0} \leq 1,0$$

→ TŘÍDA 1

$$f = \frac{d_0}{2t_0} ; \rho_{HR} = 1,0 ; \beta = \frac{d_1}{d_0}$$

$$\lambda_{ov} = \emptyset ; \gamma = \emptyset$$

paralelní styčník č. 3 v K21 : $N_{150} = 305,686 \text{ kN}$ (tlak)

$N_{000} = 304,937 \text{ kN}$ (tlak)

Porušení povrchu pásové silou (viz str. 98)

$$N_{120} = \frac{f^2 k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \theta_1} (2,8 + 14,2 \beta^2) / \rho_{HR} =$$

$$n_p = \frac{k_{pED}}{f_{y0} / \rho_{HR}} = \frac{305,686 / 4273}{355 / 1,0} = 0,202 ; \beta = 1,0$$

$$f = \frac{d_0}{2t_0} = 11,125 ; k_p = 1 - 0,3 n_p (1 + n_p) = 0,924 < 1,0$$

$$N_{120} = \frac{11,125^2 \cdot 0,924 \cdot 0,05 \cdot 8^2}{\sin 21} (2,8 + 14,2 \cdot 1^2) / 1,0 = 1614,584 \text{ kN}$$

$$N_{120} = 1614,58 \text{ kN} > N_{150} = 305,686 \text{ kN}$$

STYČNÍK NA PORUŠENÍ POUVRCHU PÁSOV UYHŮVÍ.

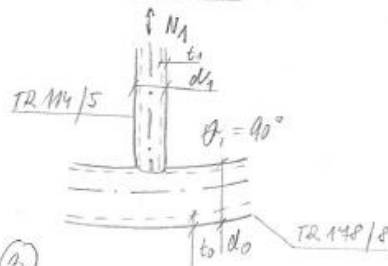
Paralelní styčník Y ve varučetu č. 3 (obdobně viz str. 97) je styčník s minimálním $\theta_i = 21^\circ$ a ve všech varučetech jsou jeho horní a spodní pásy namáhány největšími normálovými silami.

Porušení prolomením

$$d_i \leq d_o - 2t_o$$

$$118 \leq 148 - 2 \cdot 8 = 162 \dots \text{NEVYHOVUJE}$$

→ k prolomení nedochází!

• STYČNÍK T

$$\frac{d_1}{d_0} = \frac{114}{148} = 0,64 \quad 0,2 \leq 0,64 \leq 1,0$$

→ TRÍDA 1

$$p_{ov} = 0; \quad q = 0$$

(3)

podsvažná styčnice 2 sloupek se spodním pásem

vazník č. 3 v kř. 1: $N_{SD1} = 10,886 \text{ kN (tlak)}$

$N_{SD0} = 304,681 \text{ kN (tlak) (viz str. 98)}$

$$w_{p_{tlak}} = \frac{10,886 / 1412}{355 / 1,0} = 0,014$$

$$k_{p_{tlak}} = 1 - 0,3w_p (1 + w_p) = 0,994$$

$$k_{prah} = 1,0$$

$$\beta = \frac{d_0}{2t_0} = 11,4; \quad \beta = \frac{d_1}{d_0} = 0,64$$

$$N_{ARD} = \frac{11,4^{0,2} \cdot 0,994 \cdot 355 \cdot 5^2}{\sin 90} \cdot (2,8 + 14,2 \beta^2) / 875 = 123,668 \text{ kN}$$

$$N_{ARD} = 123,668 \text{ kN} \gg N_{SD1} = 10,886 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{ARD} = \frac{11,4^{0,2} \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 8^2}{\sin 90} \cdot (2,8 + 14,2 \cdot 0,64^2) / 875 = 316,946 \text{ kN}$$

$$N_{ARD} = 316,946 \text{ kN} > N_{SD0} = 304,681 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

N_{ARD} je největší síla, vyzkoušela se v pásech.

STYČNÍK T NA PORUŠENÍ PÁSU VYHOVUJE.

Porušení proložením smyčkou

$$d_i \leq d_o - 2t_o$$

$$114 \leq 148 - 2 \cdot 8 = 162 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$N_{1,rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} t_o \cdot \pi \cdot d_i \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \sin^2 \theta_1} / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 8 \cdot \pi \cdot 114 \frac{1 + \sin 90}{2 \sin^2 90} / 1,0 = 584,235 \text{ kN}$$

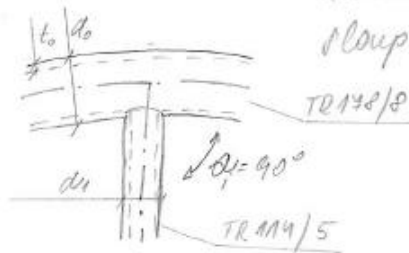
$$N_{1,ed} = 584,235 \text{ kN} > N_{1,td} = 10,886 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$

STYČNÍK T NA PROLOŽENÍ SMYČEK VYHOVÍ!

Porušení povrchu pávu momentem

$$M_{Ed,max} = 23,572 \text{ kNm}$$

maximální moment vzhledající
na vzdálenosti 0,5 p_{ti} k 71 mm
hornímu pávu nad středem
sloupku



$$M_{1,1,rd} = 4,85 \frac{f_{y0} \cdot t_o^2 \cdot d_i}{\sin \theta_1} \cdot \sqrt{g} \beta_{kp} / \gamma_{M5}$$

$$\beta_{kp} = 0,999 \text{ (viz str. 95)} ; g = 1,4$$

$$M_{1,1,rd} = 4,85 \frac{355 \cdot 8^2 \cdot 114}{\sin 90} \cdot \sqrt{1,4} \cdot 0,999 / 1,0 =$$

$$M_{1,1,rd} = 26,9819 \text{ kNm} > M_{Ed} = 23,572 \text{ kNm} \dots \text{VYHOVÍ!}$$

STYČNÍK T NA PORUŠENÍ POUKRU PÁVU MOMENTEM
VYHOVUJE.

Porovnání zlomením smyčce od momentu

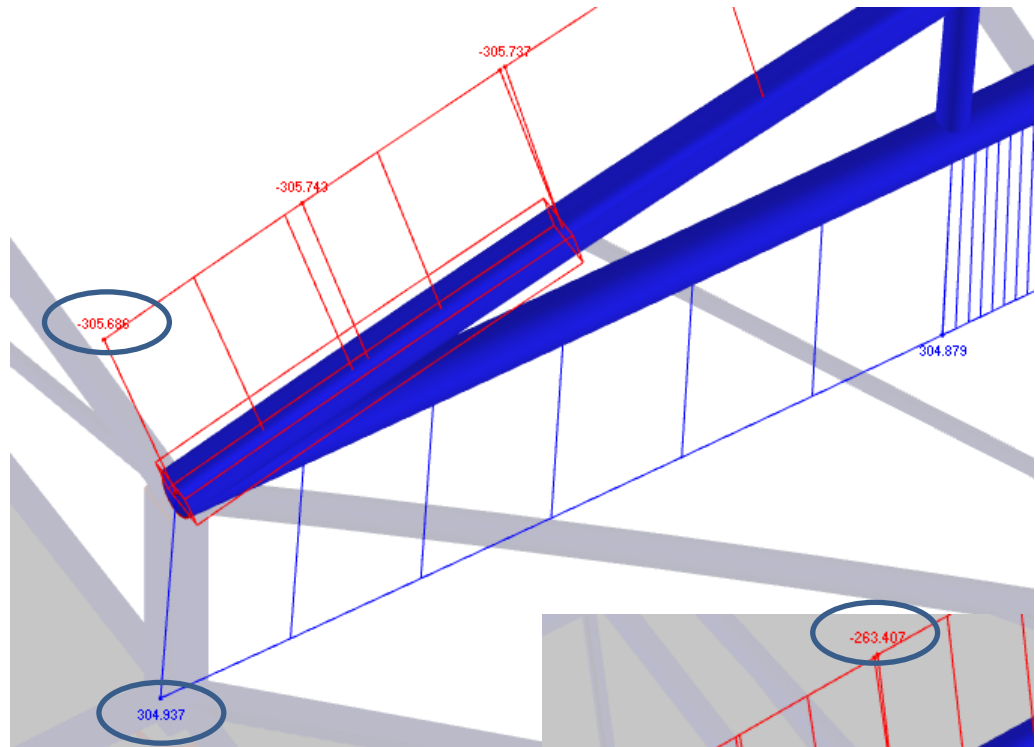
$$M_{IP,1,ed} = \frac{q_0 \cdot t_0^2 \cdot d_1^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \sin \theta_1}{4 \sin^2 \theta_1} |_{\theta_1 = 90^\circ} =$$

$$= \frac{355 \cdot 8^2 \cdot 114^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \sin 90^\circ}{4 \sin^2 90^\circ} |_{1,0} = 140,443 \text{ kNm}$$

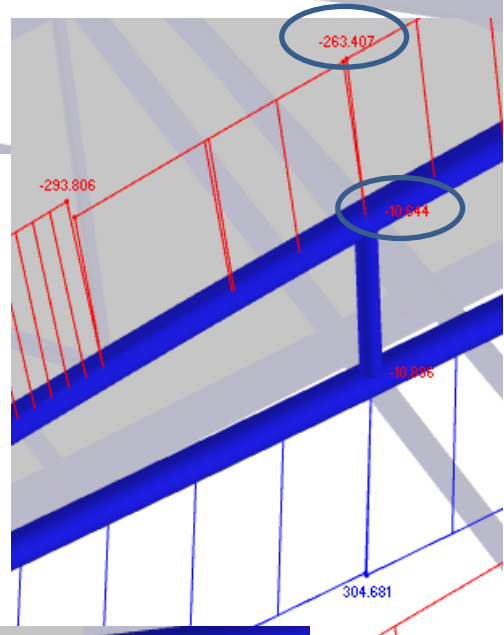
$$\underline{\underline{M_{IP,1,ed} = 140,443 \text{ kNm} > M_{ed} = 23,572 \text{ kNm} \dots \text{VYHOVUJE.}}}$$

POSUZOVANÉ STYČNÍKY

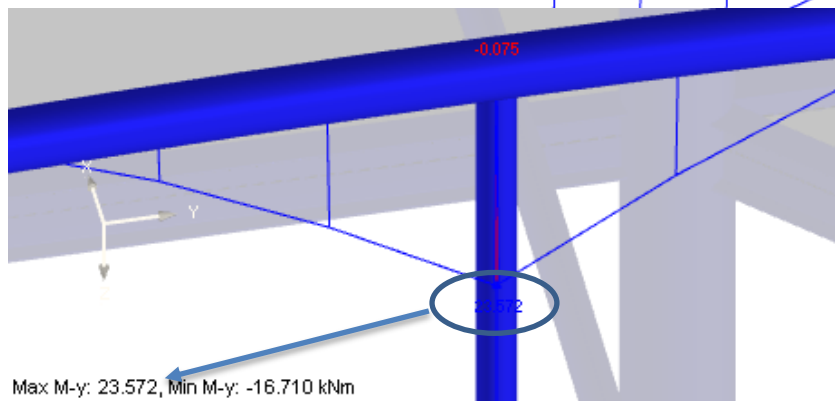
Styčnick Y



Styčnick T



Styčnick T namáhaný max. My

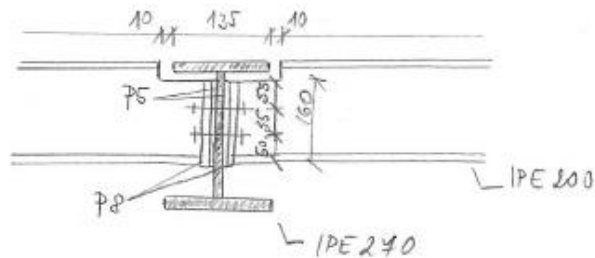


Obr. 44: Nejvytíženější styčnick Vierendeelových vazníků (ohyb+tlak)

3.10.2 Přípoje stropních nosníků

PŘÍPOJ STROPNICE NA PŘÍVLAK

Reakce a navržená stropnice: $R_{ED} = 97,95 \text{ kN}$
(viz str. 32)



NAVŘH ŮROUBU: H 16 S. 6

Únosnost na šroub $F_{t,rd} = 34,4 \text{ kN}$
(jedna šroubová plocha,
šroub po celé délce šroubu)

Únosnost na otláčení $F_{b,rd} = 120,9 \text{ kN}$
(pro dop. rozteče, $t = 10 \text{ mm}$, S355)

- Potřebný počet šroubů

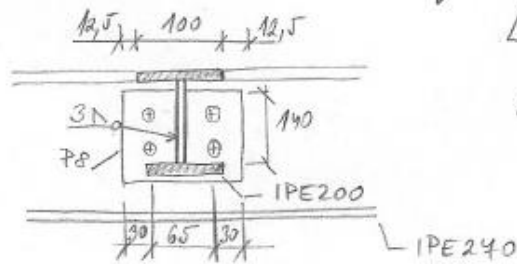
$$\text{šroubů: } \frac{R_{ED}}{F_{t,rd}} = \frac{97,95}{34,4} = 2,85$$

- Síla z jedné stropnice - otláčení - celá deska tl. 6 mm,
stojina přívlaku tl. 6,6 mm
- ROZHODUJE
6,6 mm

$$\text{otláčení: } \frac{R_{ED}}{F_{b,rd}} = \frac{97,95}{0,66 \cdot 120,9} = 1,23$$

NAVŘH: 4 šrouby H 16 S. 6.

Návrh svazu: loutkový 2x a = 3mm



$L_{we} = 140 \text{ mm}$ (pouze svar na stojíně)
 $d = 159 \text{ mm}$ výška stojiny

- návrhová pevnost: $f_{wd} = \frac{f_w}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 261,4 \text{ MPa}$

- únosnost svazu:

$$F_{w,Rd} = 2 \cdot n \cdot L_{we} \cdot f_{w,Rd} = 2 \cdot 3 \cdot 140 \cdot 261,4 = 219,828 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd} = 219,828 \text{ kN} > R_{Ed} = 94,95 \text{ kN}$$

- ověřovací únosnost ovládacího průřezu svaznice:

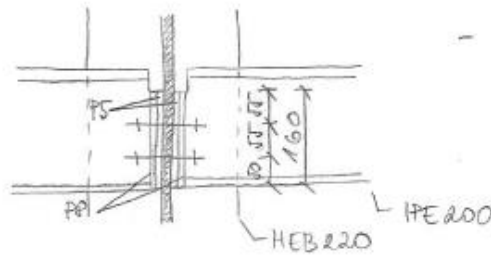
$$A_{vz} = t_w \cdot L_{we} = 5,6 \cdot 140 = 784 \text{ mm}^2$$

$$V_{pe,Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} / \sqrt{3} = 784 \cdot 355 / \sqrt{3} = 160,688 \text{ kN}$$

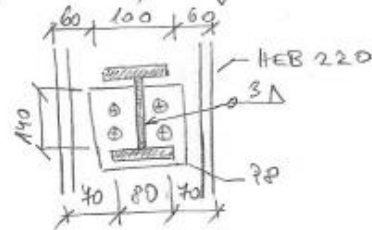
$$V_{pe,Rd} = 160,688 \text{ kN} > R_{Ed} = 94,95 \text{ kN}$$

NAVŮŘENÝ PŘÍPOJ VYHOVUJE.

PŘÍPOJ STŘOPNICE NA SLOUP



- přípoj je proveden podobně jako u přípoje má průvlak



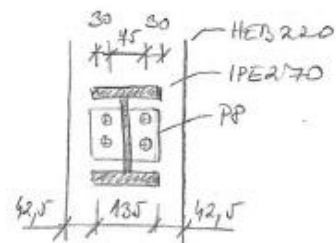
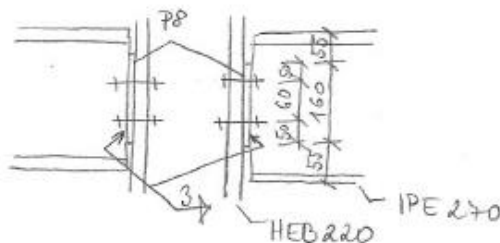
- kvůli neúplnosti řouben na otačením stojícím sloupem

$$t_{w, \text{HEB}220} = 9,5 \text{ mm}$$

$$\frac{r_{ED}}{F_{b, RD}} = \frac{94,95}{0,95 \cdot 120,9} = 0,853$$

NAVŮH: 4 šrouby M16 5.6.

PŘÍPOJ PRŮVLAKU NA SLOUP



$$r_{ED} = 184,2 \text{ kN} \quad (\text{viz ov. 39})$$

NAVŮH ŠROUBŮ: M16 5.6

únosnost na šroub $F_{b, RD} = 34,4 \text{ kN}$

(jedna strana plocha, závit po celé délce šroubu)

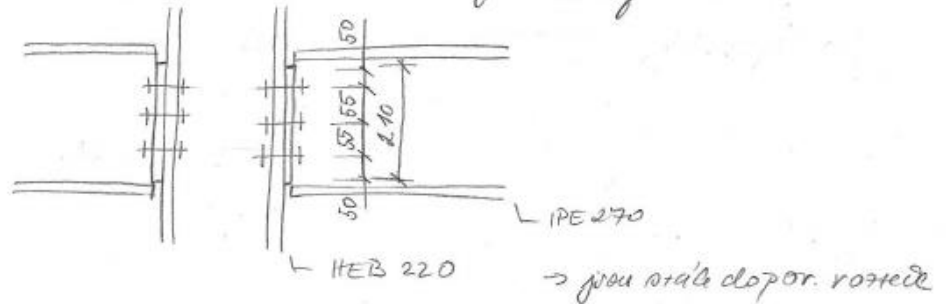
únosnost na otačením: $F_{b, RD} = 120,9 \text{ kN}$

($t = 10 \text{ mm}$, σ_{305} , doporučené řešení)

- Potřebný počet šroubů:

$$n_{\text{tr}} : \frac{R_{ED}}{F_{v,20}} = \frac{184,2}{37,4} = 4,98$$

→ možná návrha: IPE 270 - $d = 210 \text{ mm}$
 → výška desky 210 mm



$$n_{\text{hlavní}} : \frac{R_{ED}}{F_{s,20}} = \frac{184,2}{98,120,9} = 1,904$$

NAVRH: 6 šroubů M16 5.6.

Návrh svarů: kontový 2x a 3 mm, $L_{we} = 210 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{- návrhová pevnost: } F_{v,wd} &= \frac{f_w}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = \\ &= 216,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- únosnost svarů:

$$F_{v,20} = 2 a L_{we} f_{v,wd} = 2 \cdot 3 \cdot 210 \cdot 216,4 = 329,742 \text{ kN}$$

$$F_{v,20} = 329,742 \text{ kN} > R_{ED} = 184,2 \text{ kN}$$

- omýšlová únosnost oslabeného průřezu průvlaků:

$$A_{v2} = t_w \cdot L_{we} = 6,6 \cdot 210 = 1386 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,20} = A_{v2} \cdot f_{yD} / \sqrt{3} = 1386 \cdot 355 / \sqrt{3} = 284,04 \text{ kN}$$

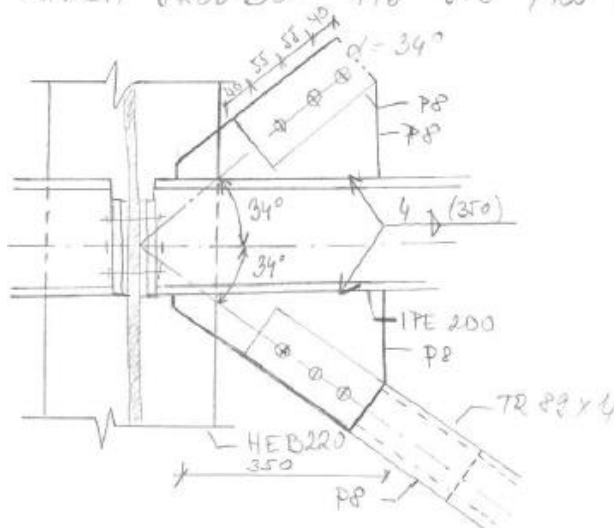
$$V_{pl,20} = 284,04 \text{ kN} > R_{ED} = 184,2 \text{ kN}$$

NAVRŽENÝ PŘÍPOJ VYHOVUJE.

3.10.3 Ztužidla

STROPNICE ZTUŽIDLOVÉ VÁZBY

NÁVRH ŽROUBU: H16 5.6 PRO PŘÍPOJENÍ ZTUŽIDEL



$$N_{ED, \max} = 97,04 \text{ kN (tlač.)}$$

- požadavá smyková síla ze spodní diagonály

$$F_{V,rd} = 37,7 \text{ kN (jedna smyková plocha)}$$

$$F_{b,rd} = 120,9 \text{ kN (} i = 10 \text{ mm; S355; doporučené rotné)}$$

- Potřebný počet šroubů:

$$\text{šroub: } \frac{N_{ED}}{F_{V,rd}} = \frac{97,04}{37,7} = 2,57$$

otlačení: desky 11-8 mm

$$\frac{N_{ED}}{F_{b,rd}} = \frac{97,04}{98 \cdot 120,9} = 1,0036$$

NÁVRH: 3 šrouby H16 5.6.

- Průřez desky oslabené otvory:

$$A_{net} = 89,8 - 18,8 = 568 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,rd} = \frac{0,94 f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,94 \cdot 568 \cdot 510}{1,25} = 208,569 \text{ kN} > N_{ED} = 97,04 \text{ kN}$$

Návrh svazu: 2x kontový svar $a=4\text{ mm}$, $L_{we}=350\text{ mm}$

- svarový přípoj osovělového plodu

$$F_{hd} = N_{ED} \cos \alpha = 94,04 \cdot \cos 34 = 80,47 \text{ kN}$$

$$F_{vd} = N_{ED} \sin \alpha = 94,04 \cdot \sin 34 = 54,28 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\parallel} = \frac{F_{hd}}{2 \cdot a \cdot L_{we}} = \frac{80,47 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 350} = 28,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{F_{vd}}{2 \cdot a \cdot L_{we}} + \frac{F_{vd} \cdot e}{W_{we}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{54,28 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 350} + \frac{54,28 \cdot 10^3}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot 350} \right) = 95,954 \text{ MPa}$$

kde W_{we} je průřadový modul svazu

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\sigma_{\parallel}^2 + \sigma_{\perp}^2)} = \sqrt{95,95^2 + (95,95^2 + 28,44^2) \cdot 3} = 198,25 \text{ MPa}$$

$$198,25 \text{ MPa} < \frac{f_w}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 95,95 \text{ MPa} < \frac{0,9 f_w}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = 364,2 \text{ MPa}$$

SVAROVÝ PŘÍPOJ VYHOVUJE.

NAVŮZENÝ PŘÍPOJ VYHOVÍ.

STOUP ZTUŽIDLA

- Stoup je namáhán centrálním tlakem. Největší ohyb v krajních smyčkových stoupech vzniká ve stoupe E1 při αZ_{12} : nálet + útlum + vln proudění + 0,5 smičk

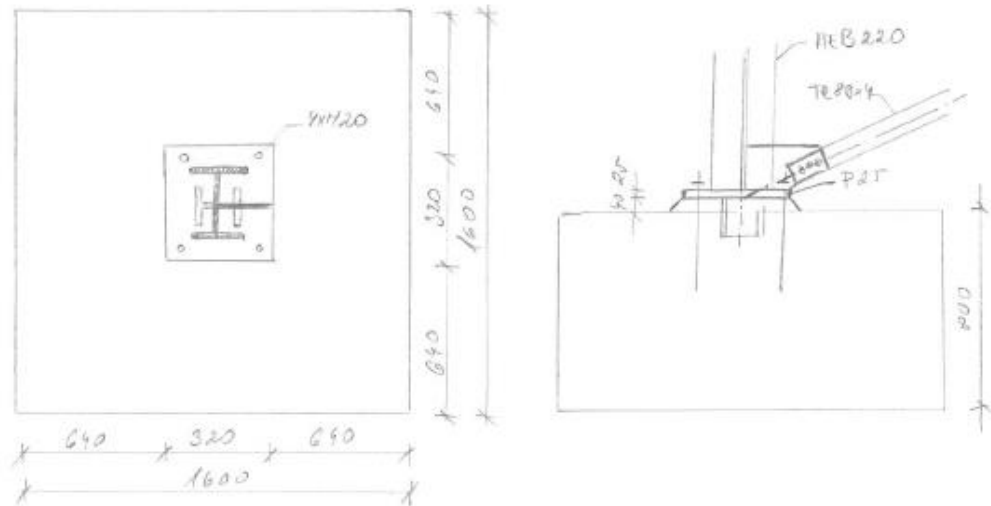
$$N_{ed,ca} = 1159 \text{ kN} < N_{ED} = 1642,64 \text{ kN (viz str 64)}$$

VYHOVUJE PRŮŘET HEB 220.

PÁTKA ZTUŽIDLOVĚHO STĚPŮ

Největší normálová síla na sloupu je tedy:

$$N_{ed} = 1159 \text{ kN} \quad (\text{viz str. } 104)$$



Patnácti plech z důvodu nízké N_{ed} nikotina' shodný, jako u oválného sloupu. Současná sad'ka bude pro vědy středlové sloupy nejma'. Konec' úrovn' ucty: konstrukcím a současnou sad'ku navrhuji na nejnepříznivý' s' současn' poměry

$$N_{ed} = 19,823 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 84,539 \text{ kN}$$

síla pro návrh současn' sad'ky:

$$F_{r,ed} = V_{ed} - C_{t,d} \cdot N_{ed} = 84,539 - 0,2 \cdot 19,823 = 83,57 \text{ kN}$$

$C_{t,d} = 0,2$ součinitel tření mezi ocelí a cimento-pískovou maltou

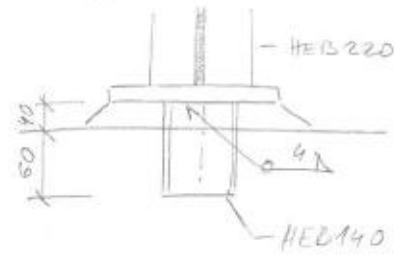
- Průměr vodorovného síla lze uvažovat pouze v kontaktu s betonem základové party. Průměr podél ní lze uvažovat.

- délka soukolí zarděly:

$$l_s = \frac{F_{\text{přd}}}{b \cdot \frac{f_{ct}}{2c}} = \frac{83,57 \cdot 10^3}{110 \cdot \frac{16}{15}} =$$

$$= 55,9 \text{ mm}, \quad l_s = 60 \text{ mm}$$

zardělas vyhoví.



PŘÍPOJ VĚTRNICE ZTUŽIDLOVÉ VAZBY

2092
vít
str. 99
a str. 103

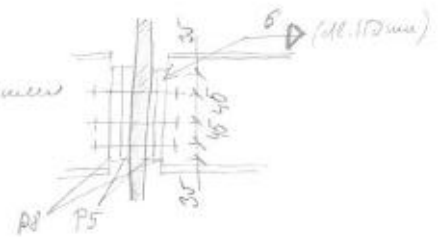
$$R_{ed} + 2 \cdot Z = 94,95 + 2 \cdot (\text{ome } 89) \cdot 94,04 = 206,51 \text{ kN}$$

výška stojiny $d = 159 \text{ mm}$ (IPE 200)

min rotnice - $p_1 = 40 \text{ mm}$; $e_1 = 22 \text{ mm}$

$F_{t,rd} = 60,3 \text{ kN}$ (zárta závitů)

$F_{b,rd} = 45,2 \text{ kN}$ (malá rotnice)



$$\text{střela} \Rightarrow \frac{206,51}{60,3} = 3,41$$

$$\text{okružní: } \frac{206,51}{45,2} = 4,56$$

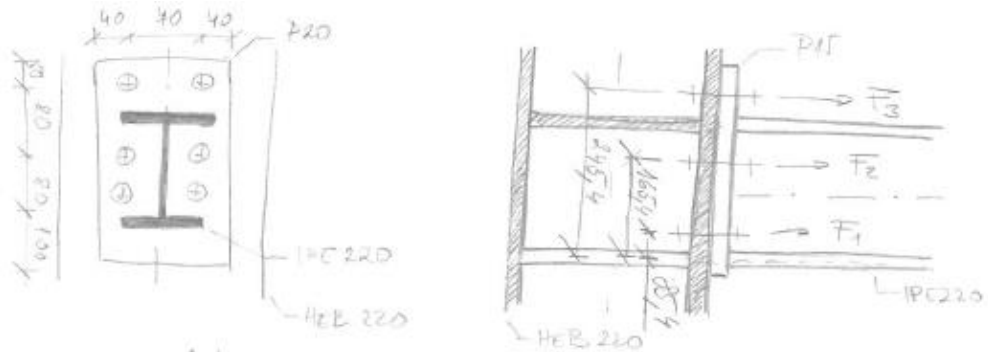
NAVZDĚK VĚTRNICE 6 VĚTRNICE 16 8.8.

$$F_{w,rd} = 2 \cdot 6 \cdot 170 \cdot 216,7 = 390 \text{ kN} (a = 5 \text{ mm}) > 206,51 \text{ kN}$$

PŘÍPOJ 6 x H 16 8.8, a = 6 mm, l = 170 mm

VYHOVUJE.

3.10.4 Rámový roh



112
Nr. 44

$$N_{ED} = 31,93 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 9,755 \text{ kN}$$

$$M_{ED} = 32,44 \text{ kNm}$$

$$r_1 = 85,4 \text{ mm}$$

$$r_2 = 165,4 \text{ mm}$$

$$r_3 = 245,4 \text{ mm}$$

(odměřeno v progr.
AutoCAD)

$$M_{ED} = 2 \sum F_i r_i = 2 \cdot (F_1 r_1 + F_2 r_2 + F_3 r_3)$$

$$F_1 = \frac{r_2 F_3}{r_3} ; F_2 = \frac{r_1 F_3}{r_3}$$

$$M_{ED} = 2 \cdot \left(\frac{r_1^2 F_3}{r_3} + \frac{r_2^2 F_3}{r_3} + F_3 r_3 \right)$$

$$32,44 = 2 \cdot \left(\frac{0,085^2 F_3}{0,245} + \frac{0,165^2 F_3}{0,245} + F_3 \cdot 0,245 \right)$$

$$32,44 = 0,4412 F_3$$

$F_3 = 42,1 \text{ kN} \Rightarrow$ behová síla od HED na jedinou stranu (horní strana)

(uvážováno oproti straně - HED na jedinou stranu - 5,323 kN)

$$F_{i,ED} = 47,42 \text{ kN}$$

NÁVRH ŽROUBU H20 5.6

$$F_{b,ed} = 151,4 \text{ kN (odlúčeni)}$$

$$F_{t,ed} = 88,2 \text{ kN (uhnutost + tah)}$$

$$T_{v,ed} = 58,8 \text{ kN (jedna smíšená
plocha), závisí na délce vroubu)$$

loch. pro
vše
rovnice
 $F_{b,ed}$ je
0,38 (0,55)

$$V_{ED, max} = 25,8 \text{ kN}$$

- porovnej počet sroubů (kontrola)

$$\text{střela: } \frac{F_{ED}}{F_{u,Ed}} = \frac{25,8}{58,8} = 0,438$$

$$\text{okružní: } \frac{F_{ED}}{F_{b,Ed}} = \frac{25,8}{159,4} = 0,162$$

- porovnej únosnostní koeficienty tahů a srovnaj:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1/4 F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{25,8}{58,8} + \frac{47,32}{14,882} = 0,822 \leq 1 \quad \dots \quad \underline{\underline{\text{VÝHOUDNĚ}}}$$

- kontrola sráž. účel desky:

$$\text{sráž. napětí: } \sigma_d = \frac{V_{ED}}{A_w} = \frac{25,8 \cdot 10^3}{2,4 \cdot 160} = 20,156 \text{ MPa}$$

$$d = 144 \text{ mm (př. 220)}$$

$$b_{H1} = \frac{V_{ED}}{A_{wH}} = \frac{19,20 \cdot 10^3}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot 160} = 90,91 \text{ MPa}$$

$$b_2 = \sigma_2 = \frac{b_{H1}}{1,2} = 63,90 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{b_2^2 + 3(\sigma_2^2 + \tau_2^2)} = \sqrt{63,9^2 + 3(63,9^2 + 20,15^2)} =$$

$$= 132,47 \text{ MPa} < \frac{f_{yk}}{a_{s,Ed}} = \frac{510}{3,75} = 135 \text{ MPa}$$

$$b_2 = 63,91 \text{ MPa} < \frac{0,9 f_{yk}}{a_{s,Ed}} = \frac{0,9 \cdot 510}{3,75} = 122,4 \text{ MPa}$$

Prav. poloměry:

$$b_1 = \sigma_1 = \frac{31,99 \cdot 10^3}{\frac{1}{6} \cdot 4 \cdot 160} = 299,43 \text{ MPa}$$

(délka svazu - mod. hor. poloměry 100 mm, pool
hor. poloměry 2 x 30 mm)

$$b_1 = 299,43 \text{ MPa} < \frac{0,9 R_w}{\gamma_w} = \frac{170,25}{1,25} = 364,2 \text{ MPa}$$

Porovnání síly sloupu na svaz:

- schopnost se skládat z součinec účinnosti svazu
a účinnosti momentu, kterou přináší přívaz sloupu

HEB 220:
 $t_w = 9,5$
mm

$$V_{wp,rd} = \frac{0,9 A_v f_y d}{\sqrt{3}} + \frac{4 M_{pl,rd}}{d_s} = \frac{0,9 \cdot 2000 \cdot 355}{\sqrt{3}} + \frac{4 \cdot 4,716 \cdot 10^6}{210,8} =$$

d_s - vzdal.
středů
výžub

$$A_v = 9,5 \cdot 220 = 2090 \text{ mm}^2 \quad = 475,016 \text{ kN}$$

$$M_{pl,rd} = 220 \cdot 16^2 / 4 \cdot 355 = 4,716 \cdot 10^6 \text{ Nm}$$

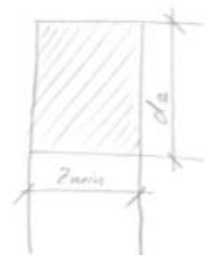
(plastický moment účinnosti přívazu sloupu)

$$d_s = 210,8 \text{ mm}$$

Síla působící na svazové pole sloupu:

$$V_{wp,SD} = \frac{M_{SD}}{2w_{in}} = \frac{32,44 \cdot 10^6}{220 - 16} = 159,019 \text{ kN}$$

$$V_{wp,SD} = 159,019 \text{ kN} < V_{wp,20} = 475,016 \text{ kN}$$



$2w_{in}$ - mezí 2 rovinami
svazového pole

NAVRŽENÝ PŘÍPOJ PŘÍČLE ANTĚ NA SLOUPU
VE SMYKU VYHOVUJÍ.

4. ZÁVĚR

V první části práce byla popsána konstrukce divadelní budovy a bylo navrženo zastřešení hlediště.

Následně bylo vypočteno zatížení konstrukce, dle příslušných částí EN 1991 ([2] ČSN EN 1991-1-1, [3] ČSN EN 1991-1-3, [4] ČSN EN 1991-1-4) s uvážením vlastní tíhy, zatížení sněhem a zatížení větrem.

Na základě výpočtů byl vytvořen trojrozměrný model konstrukce v programu Dlubal RFEM 5.07. Vnitřní síly odečtené ve výsledcích byly použity pro návrh a posouzení prvků baziliky, kruhových a okrajových sloupů a svislých ztužidel objektu.

Statický výpočet byl proveden dle ČSN EN 1993-1-1 [5]. Návrh hlavních konstrukčních částí ocelové konstrukce vyhověl požadavkům posouzení na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti podle platných norem.

Navrženy a posouzeny byly Vierendeelovy vazníky baziliky, vaznice, nosné prvky stropní konstrukce (stropnice, průvlaky příčně spojené přes rámové rohy s okrajovými sloupy), nosné sloupy včetně kloubového připojení a patek. Bylo navrženo ztužení objektu pomocí podélných a příčných ztužidel. Byly posouzeny vybrané konstrukční detaily a montážní styky.

Statický výpočet je podložen přílohami diplomové práce, a to výkresovou dokumentací a technickou zprávou, zpracovanými na základě předešlých výpočtů.

Je přiložen také návrh zasklení a zastřešení objektu a vybrané detaily fasády divadla.

Příloha statického výpočtu 1

Posouzení betonové patky na MSÚ

Výstup GEO5

Základní posouzení betonového základu

Nastavení výpočtu

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
Omezení deformační zóny : procentem Sigma,Or
Koef. omezení deformační zóny : 10,0 [%]
Výpočet pro odvodněné podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
Posouzení tažené patky : standardní postup
Dovolená excentricita : 0,333
Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Materiály

C 16/20

$f_{ck} = 16,00$ MPa

$f_{ctm} = 1,90$ MPa

$E_{cm} = 29000,00$ MPa

B500

$f_{yk} = 500,00$ MPa

Parametry zemin

Třída F3, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ = 18,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 26,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 12,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed} = 10,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 18,00 kN/m ³



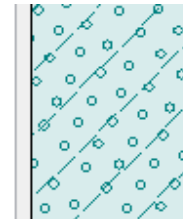
Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ = 18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 24,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 14,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed} = 8,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 18,50 kN/m ³



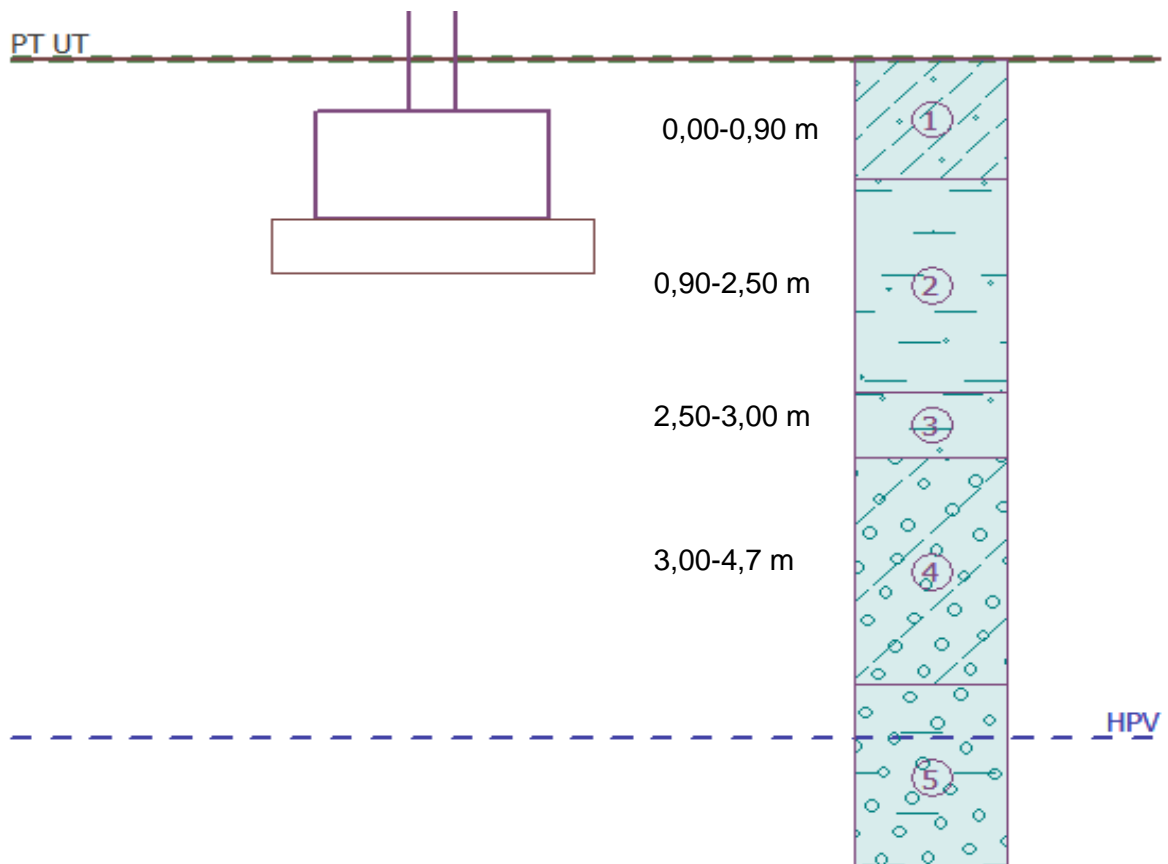
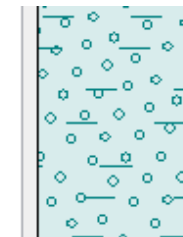
Třída G4

Objemová tíha :	γ = 19,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 32,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 4,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed} = 94,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 19,00 kN/m ³

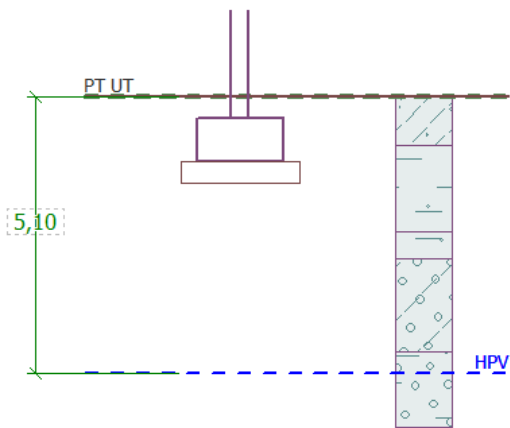
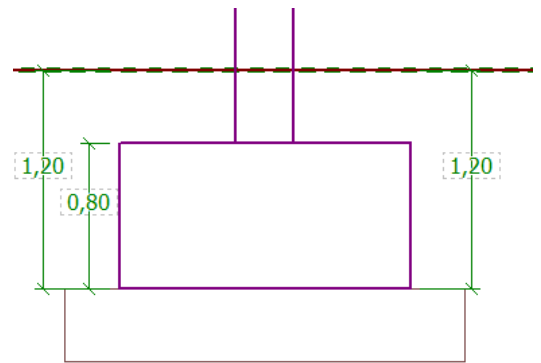
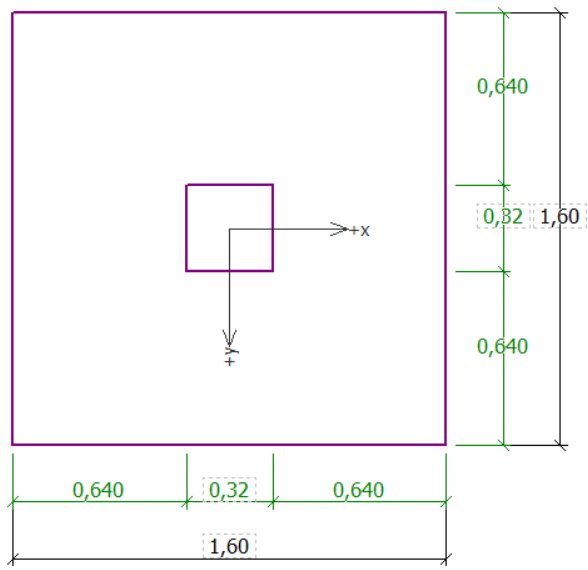


Třída G5

Objemová tíha :	γ = 19,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 30,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 6,00 kPa
Modul přetvárnosti :	E_{def} = 50,00 MPa
Poissonovo číslo :	ν = 0,30
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 19,50 kN/m ³



Geometrie



Posouzení únosnosti patky - 1.MS

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 681,58$ kPa

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 665,15$ kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,000 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,000 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 740,10$ kN

Extrémní horizontální síla $H = 0,00$ kN

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 1612,64 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 64,51 kN

Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 1548,13 kN

Uvažovaný obvod sloupu $u_0 = 1,28$ m

Smykové napětí na obvodu sloupu $V_{Ed,max} = 1,61$ MPa

Únosnost na obvodu sloupu $V_{Rd,max} = 2,40$ MPa

Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 647,34 kN

Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 965,30 kN

Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,38 m

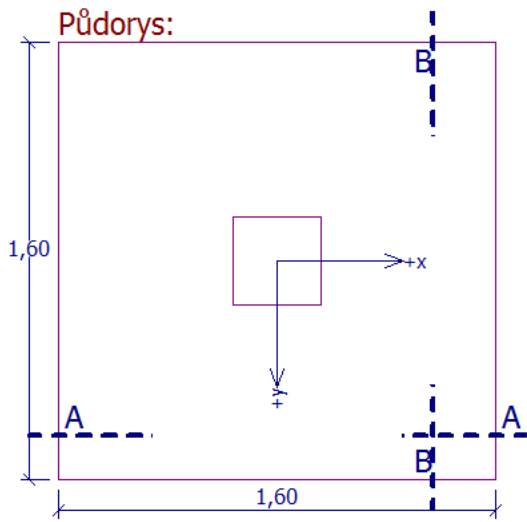
Délka průřezu $u = 3,64$ m

Smykové napětí na průřezu $V_{Ed} = 0,35$ MPa

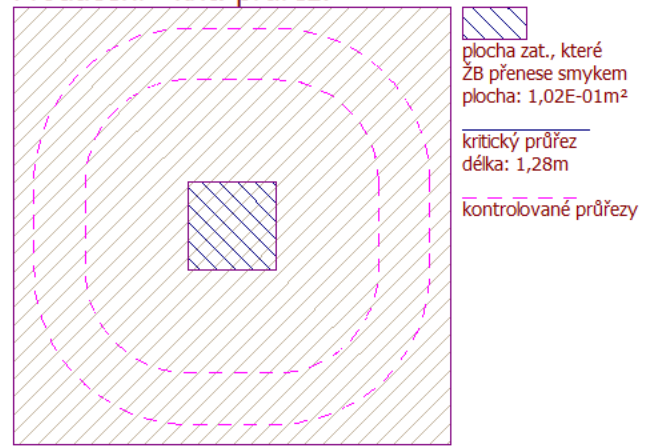
Únosnost nevyztuženého průřezu $V_{Rd,c} = 1,04$ MPa

$V_{Ed} < V_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

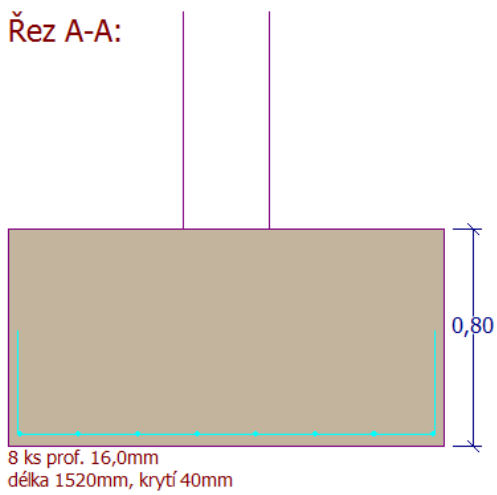
Základ na protlačení VYHOVUJE



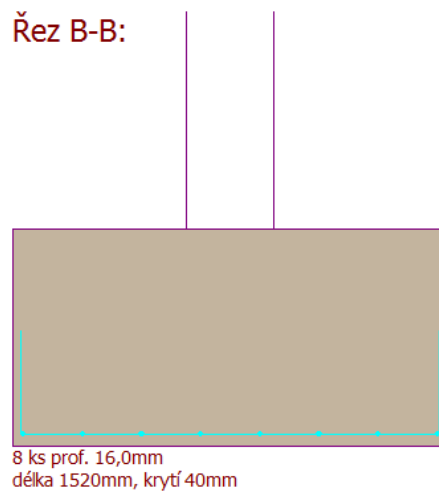
Protlačení - krit. průřez:



Řez A-A:



Řez B-B:



Literatura

- [1] ČSN EN 12150 - Sklo ve stavebnictví - Tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo - Část 1: Definice a popis, Český normalizační institut, 2001
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Český normalizační institut, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, Český normalizační institut, 2004
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení - Zatížení větrem, Český normalizační institut, 2007
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí -Část 1-1: - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Český normalizační institut, 2006
- [6] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Český normalizační institut, 2004
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí -Část 1-8: - Navrhování styčníků, Český normalizační institut, 2006
- [8] WANKE, J - SPAL L.: Ocelové trubkové konstrukce, STNL - Nakladatelství technické literatury, Praha 1975
- [9] Glass Handbook 2010 English For Eastern Europe, technické podklady výrobce Pilkington Polska Sp. z o.o.
- [10] MACHÁČEK, J. - STUDNIČKA, J.: Ocelové konstrukce 2, ČVUT, Praha, 2005
- [11] STUDNIČKA, J.: Ocelové konstrukce 10, ČVUT, Praha, 2002
- [12] VRANÝ, T. - WALD, F.: Ocelové konstrukce - Tabulky, ČVUT Praha, 2008
- [13] VRANÝ, T. - JANDERA, M. - ELIÁŠOVÁ, M.: Ocelové konstrukce 2 Cvičení, ČVUT, Praha, 2009
- [14] STUDNIČKA, J.: Ocelové konstrukce Normy, ČVUT Praha, 2011
- [15] Technické podklady výrobce SCHÜCO Int. KG - Aluminium Systeme für Fassaden und Lichtdächer, SCHÜCO Int. KG 2010

Seznam příloh diplomové práce

- PŘÍLOHA A - Výkresová dokumentace
- PŘÍLOHA B - Technická zpráva
- PŘÍLOHA C - Část: Konstrukce pozemních staveb