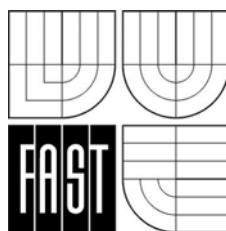


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

KOVOVÉ KONSTRUKCE I

MODUL B004-M02
STŘEŠNÍ KONSTRUKCE



STUDIJNÍ OPORY
PRO STUDIJNÍ PROGRAMY S KOMBINOVANOU FORMOU STUDIA



© Prof. Ing. Jindřich Melcher, Dr.Sc.
Ing. Josef Puchner, CSc. (kapitola 1, 3, 5-7)
Ing. Stanislav Buchta (kapitola 1, 2, 4, 6, 7)

OBSAH

1 Úvod.....	5
1.1 Cíle	5
1.2 Požadované znalosti	5
1.3 Doba potřebná ke studiu	5
1.4 Klíčová slova	5
2 Střešní plášť'	7
3 Vaznice	9
3.1 Obecné zásady	10
3.1.1 Vaznice prostá plnostěnná	10
3.1.1.1 Vaznice spojitá	11
3.1.1.2 Vaznice kloubová	12
3.1.1.3 Vaznice vzpěrková a zavěšená	13
3.1.2 Vaznice příhradová	13
4 Vazník.....	25
4.1 Obecné zásady	25
4.2 Řešení příhradového vazníku	28
4.3 Návrh a posouzení prutů	29
4.3.1 Horní pás H4, H5	29
4.3.2 Dolní pás S4	31
4.3.3 Diagonála D1	31
4.3.4 Diagonála D2	32
4.3.5 Diagonála D3, D5	33
4.3.6 Diagonála D4	34
4.3.7 Diagonála D6	35
4.3.8 Diagonála D7, D8	36
4.4 Montážní styky	38
4.4.1 Montážní styk dolního pásu	38
5 Ztužidla ve střeše	41
6 Závěr.....	45
6.1 Shrnutí	45
6.2 Kontrolní otázky	45
7 Studijní prameny	47
7.1 Seznam použité literatury	47
7.2 Seznam doplňkové studijní literatury	47

1 Úvod

1.1 Cíle

Cílem tohoto modulu je vysvětlení funkce částí střešní konstrukce – střešního pláště, vaznic, vazníku a ztužidel.



Vysvětluje princip přenosu zatížení do jednotlivých nosných částí a návrh konstrukce tak, aby bezpečně plnila svou funkci.

1.2 Požadované znalosti

K pochopení následujících kapitol jsou potřeba znalosti stavební mechaniky a navrhování prvků kovových konstrukcí.



1.3 Doba potřebná ke studiu

Lze předpokládat, že k osvojení problematiky zpracované v této studijní opoře je zapotřebí přibližně 18 hodin.



1.4 Klíčová slova

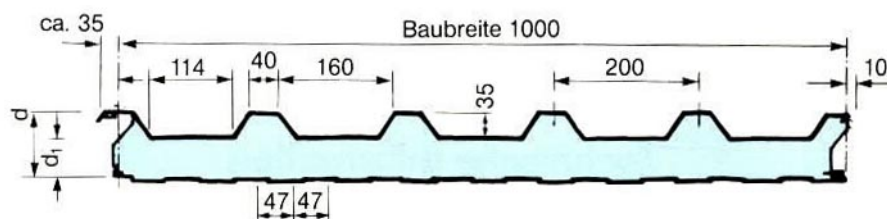
Zatížení, střešní plášť, vaznice, ztužidlo, vazník, ohyb. moment, osová síla, bimoment.



2 Střešní plášť

Skladba střešního pláště vyplývá z požadavků na zatížení střechy, sklon střešní konstrukce, vlhkostních a teplotních poměrů, stupni ohnivzdornosti a v neposlední řadě i požadavku ekonomičnosti konstrukce.

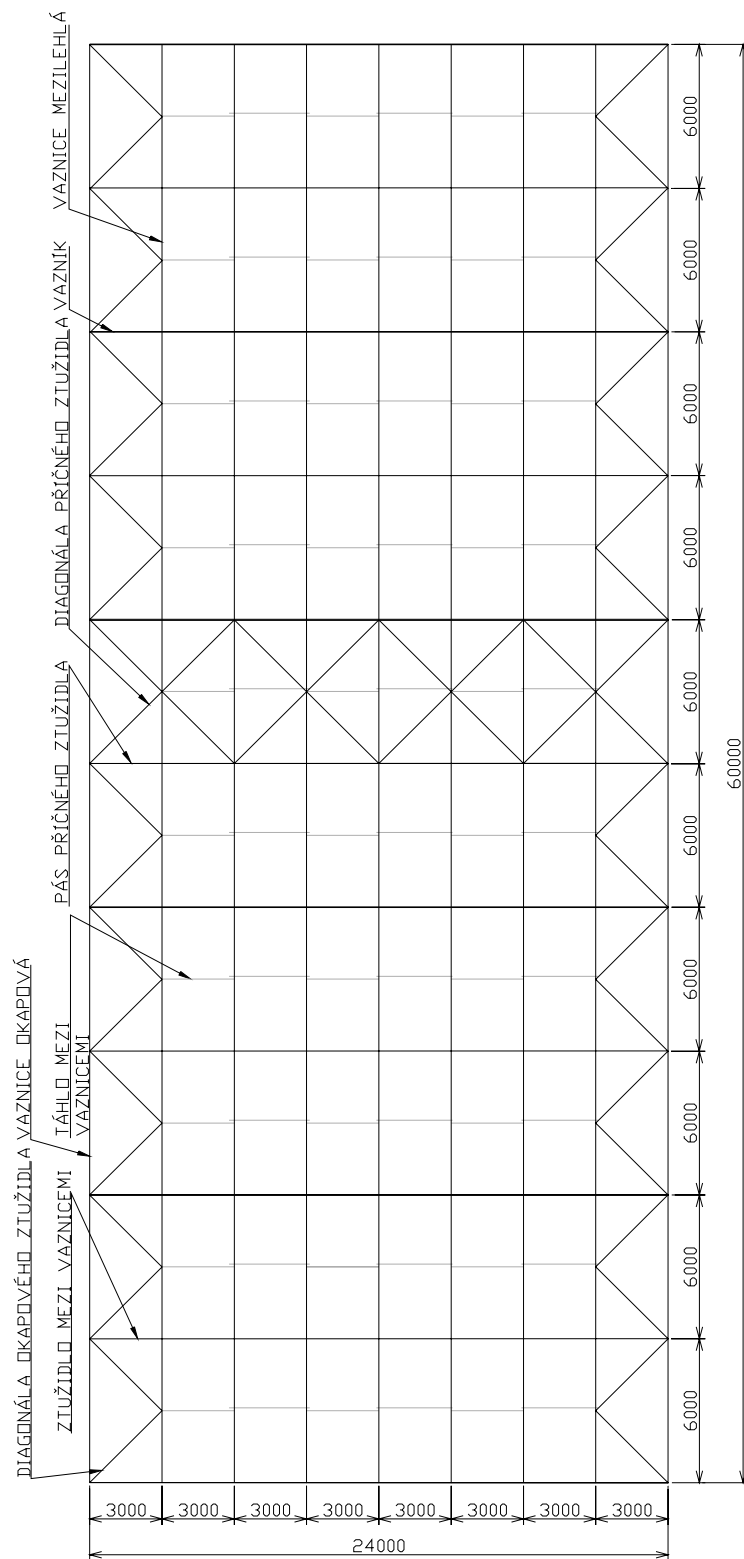
Nosný podklad krytiny je vždy nutné staticky ověřit. V případě řešeného příkladu byl jako střešní plášť použitý tepelněizolační polyuretanový panel firmy Hoesch isodach TL 75-0,88 od vlastní hmotnosti $15,5 \text{ kg.m}^2$ viz.Obr. 2-1 . Statická únosnost uvedeného panelu byla ověřena pomocí projekčních podkladů v katalogu dané firmy.



Hoesch isodach TL	Material- dicke Trapezprofil	Dicke		Gewicht	max. Liefer- länge	Wärme- durchlaß- widerstand $1/\Lambda$	Wärme- durchgangs- koeffizient k
		d	d ₁				
	mm	mm		kg/m ²	m	m ² K/W	W/(m ² K)
isodach TL 75-0,63	0,63	75	40	13,0	16,0	2,32	0,40
-0,75	0,75			14,2			
-0,88	0,88			15,5			
isodach TL 95-0,63	0,63	95	60	13,9	16,0	3,37	0,28
-0,75	0,75			15,1			
-0,88	0,88			16,4			

Obr. 2-1

3 Vaznice



Obr. 3-1 Půdorys střechy haly 24 m x 60 m s příčnými vazbami po 12 m

3.1 Obecné zásady



Vaznice je konstrukční díl nosné části střechy, na který je uložen střešní plášť. Vaznice jsou uloženy kolmo k vazníkům, na jejich horních pásech. S ohledem na statické působení lze vaznice navrhnout jako nosníky

- prosté,
- spojité,
- kloubové,
- vzpěrkové a zavěšené

Podle konstrukčního řešení lze vaznici navrhnout plnostěnnou nebo příhradovou.

Podle umístění na střeše rozlišujeme vaznice vrcholové (hřebenové), mezilehlé, okapové.

Rozteče, v nichž jsou vaznice uloženy, závisejí na únosnosti a tuhosti střešního pláště, obvykle mezi 1,8m a 4m.

Existuje závislost mezi geometrií příhradového vazníku a roztečemi vaznic, protože je vhodné vyhnout se mimostyčnému zatížení horního pásu vazníku a umisťovat vaznice do styčníků.

S ohledem na namáhání se jedná o prvky namáhané šikmým ohybem, případně i tlačené nebo tažené. Tlačené pásy jsou proti klopení zajištěny střešním pláštěm, který rovněž brání vybočení vaznice v rovině střechy, pokud je vaznice tlačená.

3.1.1 Vaznice prostá plnostěnná

Pro tyto vaznice se používají válcované profily U, UPE, I, IPE, tenkostěnné profily U, Z. Profily se volí s ohledem na šířku pásu, na který se ukládá střešní plášť, protože úložná šířka ovlivňuje únosnost střešního pláště. Použití těchto válcovaných profilů je vhodné pro vzdálenosti vazníků do 6m. Pak v závislosti na tíze střešního pláště a zatížení sněhem jsou výšky průřezů mezi 100 mm a 200mm. Pro větší rozpětí je použití plnostěnných vaznic nevhodné.

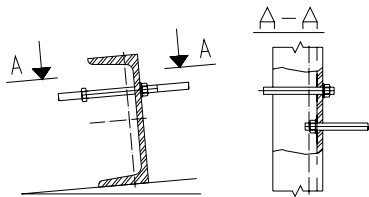
Kvůli předcházení možnosti hromadění nečistot na přírubách profilů a následné možnosti vzniku koroze je výhodnější používat profily U, UPE s přírubami směřujícími směrem sklonu střešní roviny.

Podle ČSN 73 1401 je mezní průhyb vaznice od celkového zatížení $L/200$, od nahodilého zatížení $L/250$.

Výpočet prostě uložené vaznice je závislý na tuhosti střešního pláště v jeho rovině.

Při použití pláště, který není tuhý ve své rovině a není schopen přenášet zatížení v rovině střechy, je nutné dimenzovat vaznici na šikmý ohyb, tedy na ohyb kolmo k rovině střechy a v rovině střechy. Protože rovina zatížení neprochází rovinou danou těžištní osou vaznice a přímkou s ní rovnoběžnou, na níž leží střed smyku, je nutné uvažovat i kroucení vaznice. Netuhý plášť rovněž nezajišťuje vaznici proti klopení. Válcované profily používané jako vaznice mají značně rozdílnou tuhost v rovinách xz a xy, proto se rozpětí pro ohyb v rovině jejich menší tuhosti xy (v rovině střechy) snižuje táhly

v polovině nebo třetinách rozpětí. Tak se složka zatížení v rovině střechy přenáší do hřebenové vaznice. Mezilehlé vaznice lze dimenzovat pouze na složku zatížení kolmou ke střešní rovině.

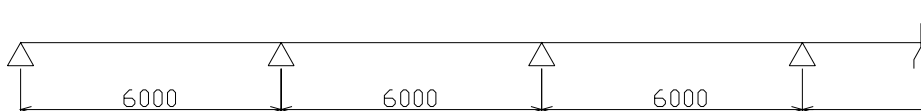


Obr. 3-2 Připojení táhel k vaznici

Plášť, který je tuhý ve své rovině je schopný přenášet zatížení v rovině střechy, takže tuto složku zatížení přeneše do okapového ztužidla, případně okapové nebo hřebenové vaznice zesílené např. profilem L u horního pásu. Mezilehlé vaznice lze dimenzovat pouze na ohyb kolmo ke střešní rovině.

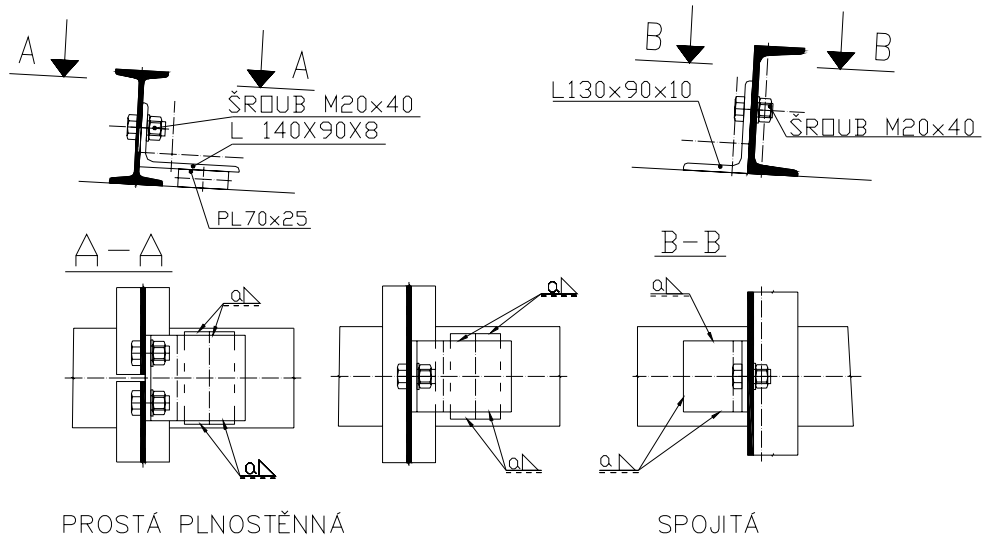
Obr. 3-3 Rozklad zatížení kolmo ke střešní rovině a do roviny střechy a zesílení profilu U profilem L

3.1.1.1 Vaznice spojitá



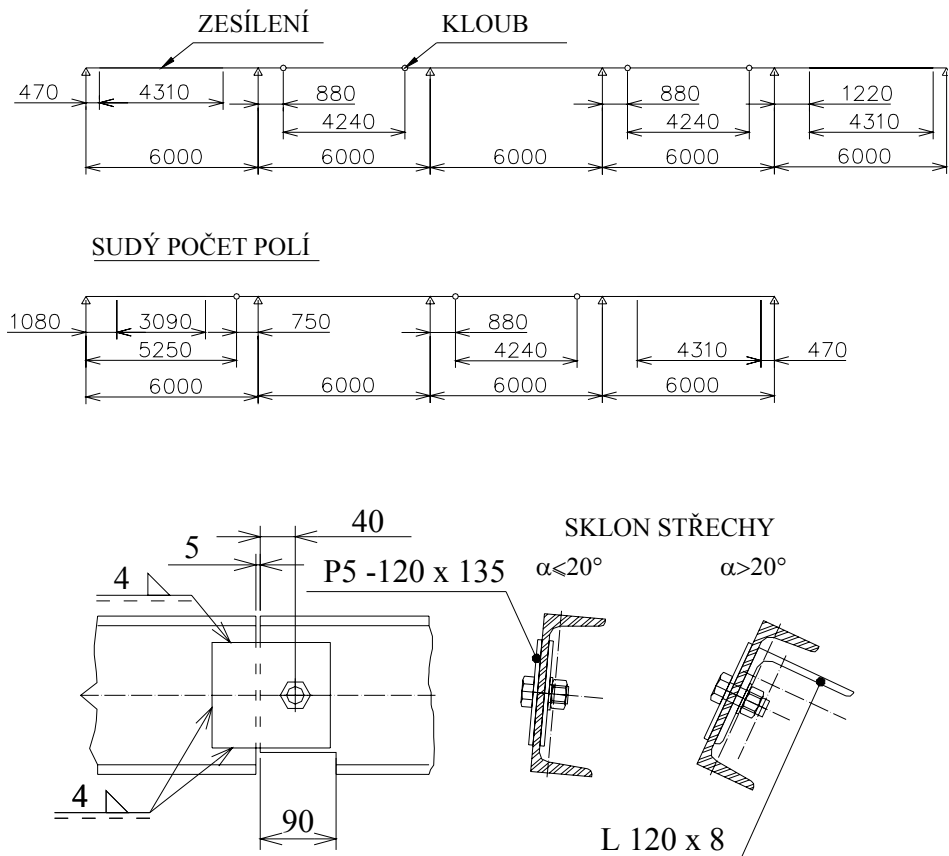
Obr. 3-4 Vaznice spojitá - statické schéma

Staticky se jedná o spojitě nosníky. Pro volbu průřezů platí totéž, co pro vaznice prosté. Jsou výhodné s ohledem na výrobu a montáž pro rozpětí kolem 6m, kdy lze využít celých výrobních délek profilů. Pokud se spojují do větších délek, umísťují se spoje do míst s malými ohybovými momenty. Stejně jako u prosté vaznice je výpočet závislý na tuhosti střešního pláště.



Obr. 3-5 Uložení plnostěnné vaznice

3.1.1.2 Vaznice kloubová

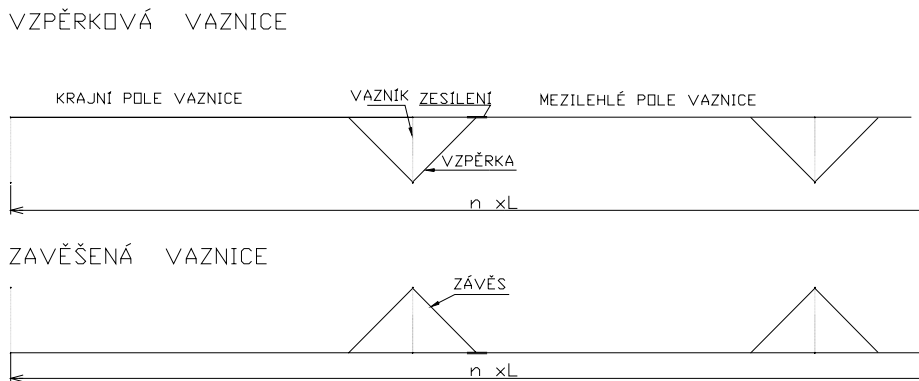


Obr. 3-6 Schéma kloubové vaznice a konstrukční řešení kloubu

Jedná se o spojitý nosník s vloženými klouby (Gerberův nosník). Poloha kloubů se volí tak, aby velikosti ohybových momentů v poli a nad podporou byly stejné. V krajních polích spojitých nosníků jsou ohybové momenty větší, vyrovnání nelze dosáhnout, proto se profil v potřebné délce zesiluje příložkami

z ploché tyče, případně válcovaným profilem menších rozměrů než je profil vaznice. Jak v předchozích případech, i u vaznice kloubové je výpočet závislý na tuhosti střešního pláště. Dimenze šroubů, které tvoří klouby, závisejí na velikosti akcí vloženého pole. Z hlediska klopení a kroucení je kloub nepříznivý. Proto je vhodné použití dvojice táhel umístěných nad sebou u horního a dolního pásu.

3.1.1.3 Vaznice vzpěrková a zavěšená



Obr. 3-7 Schéma vzpěrkové a zavěšené vaznice

Plnostěnná vaznice jejíž rozpětí je zmenšováno prostřednictvím vzpěrek příp. závěsů. Použití obvykle pro rozpětí 12m. Vzpěrky (závěsy) se připojují k vaznici ve vzdálenosti mezi 0.1L až 0.2L (L je osová vzdálenost vazníků). Opačné konce vzpěrek jsou připojeny k dolnímu pásu vazníků.

Jedná se o spojitý nosník (n-1) krát staticky neurčitý, kde n je počet polí.

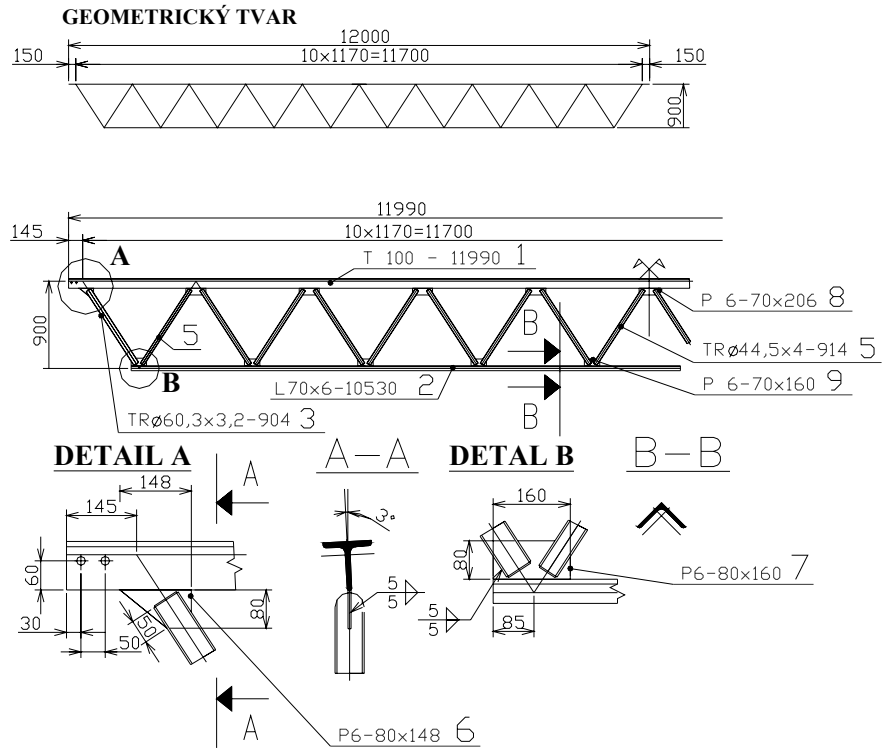
Tyto vaznice jsou výhodné s ohledem na spotřebu materiálu, nevýhodné s ohledem na požadovanou přesnost výroby a montáže, aby byly splněny předpoklady výpočtu. Připojení vzpěrek k vaznici i vazníku je výhodnější šroubové, s ohledem na montáž i přesnost geometrického tvaru.

3.1.2 Vaznice příhradová

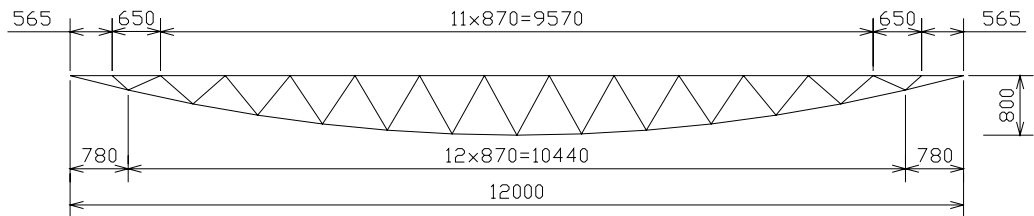
Používá se pro větší rozpětí (12 m a víc), kde by plnostěnná vaznice byla nevhodná. Předností je malá spotřeba materiálu, nevýhodou pracnost výroby.

Horní pás vaznice, na který se ukládá střešní plášť, se navrhuje přímý, dolní pás může být rovněž přímý nebo ve tvaru křivky, obvykle paraboly. Řešení s parabolickým dolním pásem je příznivé z hlediska úspory materiálu i namáhání prutů. Pruty pásů jsou při rovnoměrném zatížení namáhány téměř stejnými silami po celé délce vaznice, výplňové pruty jsou namáhány malými silami, lze je proto navrhovat velmi subtilní.

Horní pás příhradové vaznice se zpravidla navrhuje z profilu T, válcovaného, svařeného z plechů nebo vytvořeného podélným dělením profilu I, IPE. Musí být dostatečně široký, aby umožňoval uložení střešního pláště. Pro dolní pás lze rovněž využít stejné profily jako pro pás horní, případně profil rovno-ramenného L postaveného vrcholem vzhůru (do stříšky). Výplňové pruty se vytvoří z kruhového průřezu, trubek nebo dvojic profilů L.



Obr. 3-8 Příhradová vaznice přímopásová



Obr. 3-9 Geometrický tvar vaznice s parabolickým dolním pásem

Příklad 2.1

Navrhnout plnostěnnou vaznici jako spojitý nosník pro dále uvedené zatížení střechy.

Zatížení střechy:

Střešní plášť - sendvičový panel (tepelná izolace mezi dvěma trapéz. plechy)

$$g = 0,154 \text{ kNm}^{-2}$$

$$\gamma_f = 1,1$$

Zatížení vaznice je dáno akcemi střešního pláště, přibližně je můžeme získat vynásobením plošného zatížení zatěžovací šířkou. Zatěžovací šířkou se rozumí pruh nad vaznicí, jehož šířka se rovná aritmet. průměru vzdáleností vaznic sousedících s vaznicí uvažovanou. Vzájemná vzdálenost vaznic v uvažovaném příkladu je 3 m. V příkladu se předpokládá, že hřebenová vaznice není pouze jedna ve vrcholu vazníku, ale na obou částech střechy je blízko hřebene umístěna vaznice.

Zatížení vaznice mezilehlé:

Složka kolmá k rovině střechy:

$$g_z = g \cdot b \cdot \cos \alpha = 0,154 \cdot 3 \cdot \cos 2,86^\circ = 0,46 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice hřebenové:

$$g_z = g \cdot (b/2) \cos \alpha = 0,154 \cdot (3/2) \cdot \cos 2,86^\circ = 0,23 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice okapové:

$$g_z = g \cdot (b/2 + b_1) \cos \alpha = 0,154 \cdot (3/2 + 0,5) \cdot \cos 2,86^\circ = 0,31 \text{ kNm}^{-1}$$

($b_1 = 0,5 \text{ m}$ převislý konec pláště)

složka zatížení v rovině střechy (vzhledem k velikosti není rozlišeno zatížení jednotlivých vaznic) $g_y = g \cdot b \cdot \sin \alpha = 0,154 \cdot 3 \cdot \sin 2,86^\circ = 0,02 \text{ kNm}^{-1}$

Soustředěné zatížení – na střechách se sklonem se uvažuje

$$\text{v charakteristické hodnotě} \quad F = 1 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,2$$

v nepříznivé poloze (uprostřed rozpětí vaznice).

$$\text{Sněh} \quad \text{IV. sněhová oblast} \quad s_0 = 1,5 \text{ kNm}^{-2} \quad \gamma_f = 1,4$$

$$\text{tíha pláště} \quad g = 0,154 \text{ kNm}^{-2} > 0,5 \text{ kNm}^{-2} \Rightarrow \mu_s = 1,2$$

$$\text{sklon střechy} \quad \alpha = 2,86^\circ < 25^\circ \Rightarrow \kappa_s = 1$$

$$\text{charakteristická hodnota zatížení:} \quad s_k = s_0 \cdot \mu_s \cdot \kappa_s = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,8 \text{ kNm}^{-2}$$

složka kolmá na rovinu střechy:

zatížení vaznice mezilehlé:

$$g_z = s_k \cdot b \cdot \cos \alpha = 1,8 \cdot 3 \cdot \cos 2,86^\circ = 5,4 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice hřebenové:

$$g_z = s_k \cdot (b/2) \cdot \cos \alpha = 1,8 \cdot (3/2) \cdot \cos 2,86^\circ = 2,7 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice okapové:

$$g_z = s_k \cdot (b/2 + b_1) \cdot \cos \alpha = 1,8 \cdot (3/2 + 0,5) \cdot \cos 2,86^\circ = 3,6 \text{ kNm}^{-1}$$

složka rovnoběžná s rovinou střechy:

$$\text{zatížení vaznice mezilehlé: } g_z = s_k \cdot b \cdot \sin \alpha = 1,8 \cdot 3 \cdot \sin 2,86^\circ = 0,27 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice hřebenové:

$$g_z = s_k \cdot (b/2) \cdot \cos \alpha = 1,8 \cdot (3/2) \cdot \sin 2,86^\circ = 0,13 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice okapové:

$$g_z = s_k \cdot (b/2 + b_1) \cdot \sin \alpha = 1,8 \cdot (3/2 + 0,5) \cdot \sin 2,86^\circ = 0,18 \text{ kNm}^{-1}$$

Vítr IV. větrová oblast $w_0 = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$ $\gamma_f = 1,2$

sklon střechy $\alpha = 2,86^\circ \Rightarrow c_{e1} = -0,6$

charakteristická hodnota zatížení:

$$w_k = w_0 \cdot \kappa_w \cdot c_{e1} = 0,55 \cdot 1 \cdot (-0,8) = -0,44 \text{ kNm}^{-2}$$

Zatížení větrem se uvažuje kolmo k rovině střechy.

Zatížení vaznice mezilehlé:

$$g_z = w_k \cdot b = -0,44 \cdot 3 = -1,32 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice hřebenové:

$$g_z = w_k \cdot (b/2) = -0,44 \cdot (3/2) = -0,66 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení vaznice okapové:

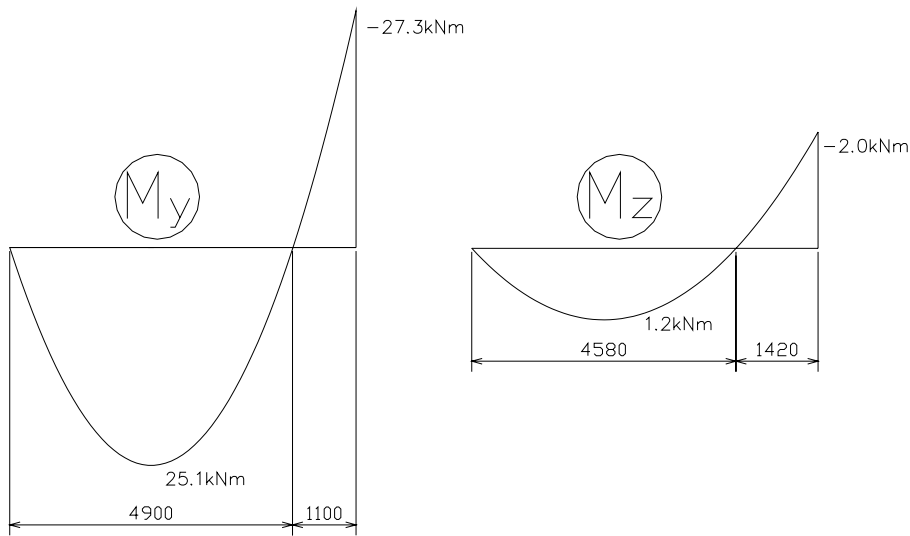
$$g_z = w_k \cdot (b/2 + b_1) = -0,44 \cdot (3/2 + 0,5) = -0,88 \text{ kNm}^{-1}$$

Posouzení vaznice:

Největší hodnoty ohyb. momentů spojitě vaznice jsou v krajních polích. Ve vnitřních polích jsou mezipodporové momenty zhruba poloviční, nadpodporové se příliš neliší, v počítaném příkladu jsou menší o necelých 7%.

Kombinace zat. stavů (stálé zat. + sníh):

Pozn.: Kombinace zatížení stálého a soustředěného vyvolává menší hodnoty vnitřních sil.



Obr. 3-10 Průběhy ohyb. momentů pro zatížení stálé a sněh

$$M_{Sd,y} = 25,1 \text{ kNm (v poli)}$$

$$M_{Sd,z} = 1,2 \text{ kNm (v poli)}$$

$$M_{Sd,y} = -27,3 \text{ kNm (nad podporou)}$$

$$M_{Sd,z} = -2,0 \text{ kNm (nad podporou)}$$

Navržen profil U200.

Posouzení lokální štíhlosti průřezu:

$$d/t_w = 151/8,5 = 17,8 < 72\varepsilon = 72 \cdot 1 = 72 \Rightarrow \text{tř. I}$$

$$c/t_f = 75/11,5 = 6,5 < 10\varepsilon = 10 \cdot 1 = 10 \Rightarrow \text{tř. I}$$

$$\text{kde } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1$$

Přišroubováním střešního pláště je hornímu pásu zabráněno klopení-

rozteč přípojů musí být max. $40i_{z1} = 40 \cdot 22,3 = 892 \text{ mm}$.

Zatížení vaznice neprochází rovinou, v níž leží střed smyku profilu U. Důsledkem toho je kroucení vaznice. Excentricitu složky kolmé k rovině střechy lze uvažovat jako vzdálenost středu smyku od stěny $e_y = 19,8 \text{ mm}$, excentricita složky zatížení v rovině střechy je polovina výšky profilu $e_z = 100 \text{ mm}$.

Zjednodušený výpočet bimomentu:

$$B_{Sd} = M_{Sd} \cdot e(1 - \chi)$$

Protože je vaznice ohýbána ve dvou rovinách, má bimoment dvě složky:

$$B_{Sd} = M_{Sd,y} \cdot e_y (1 - \chi_y) + M_{Sd,z} \cdot e_z \cdot (1 - \chi_z) =$$

$$= 23,8 \cdot 10^6 \cdot 19,8 \cdot (1 - 0,948) + 1,2 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot (1 - 0,918) = 34,3 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

kde

$$\chi_y = \left[\beta + \left(\frac{\alpha}{\psi L} \right)^2 \right]^{-1} = \left[1 + \left(\frac{3,1}{2,27 \cdot 10^{-3} \cdot 4900} \right)^2 \right]^{-1} = 0,928$$

$L = 4900 \text{ mm}$ je vzdálenost bodu od podpory, v němž moment M_y mění znaménko

$$\chi_z = \left[\beta + \left(\frac{\alpha}{\psi L} \right)^2 \right]^{-1} = \left[1 + \left(\frac{3,1}{2,27 \cdot 10^{-3} \cdot 4580} \right)^2 \right]^{-1} = 0,918$$

$L = 4580 \text{ mm}$ je vzdálenost bodu od podpory, v němž moment M_z mění znaménko.

$\alpha = 3,1$ $\beta = 1$ pro kloubové uložení v kroucení

a rovnoměrné spojité zatížení

$$\sigma = \frac{M_{Sd,y}}{W_{pl,y}} + \frac{M_{Sd,z}}{W_{pl,z}} + \frac{B_{Sd}}{W_{\omega}} =$$

$$= \frac{23,8 \cdot 10^6}{228 \cdot 10^3} + \frac{1,2 \cdot 10^6}{51,8 \cdot 10^3} + \frac{34,3 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^6} = 135,2 \text{ MPa} < f_{yd} = 204,3 \text{ MPa}$$

kde návrhová pevnost $f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{235}{1,15} = 204,3 \text{ MPa}$

Profil U200 v poli mezi podporami vyhovuje.

Vaznice je navržena jako spojitá, v oblasti podpory je tlačný dolní pás, který není zajištěný proti klopení. Délka mezi podporou, v níž je zabráněno klopení a místem změny znaménka momentu je pro moment M_y v rovině větší tuhosti

$$L_z = 1100 \text{ mm} \quad (L_z = 1400 \text{ mm} \text{ v sousedním poli})$$

$$\delta = \frac{2}{h} \sqrt{\frac{I_{\omega}}{I_z}} = \frac{2}{200} \sqrt{\frac{9,07 \cdot 10^9}{1,48 \cdot 10^6}} = 0,78$$

$$\alpha_t = 0,62 \cdot \frac{L_z}{h} \sqrt{I_t / I_z} = 0,62 \cdot \frac{1100}{200} \sqrt{121 \cdot 10^3 / 1,48 \cdot 10^6} = 0,98$$

$$d_{z\omega} = \delta^2 \left(\frac{L_z}{L_{\omega}} \right)^2 + \frac{4}{\pi^2} \alpha_t^2 = 0,78 \cdot \left(\frac{1100}{1100} \right)^2 + \frac{4}{\pi^2} \cdot 0,98^2 = 1,17$$

Podle tab. G.1 v ČSN 73 1401 $\kappa_1 = 1,61$ $\kappa_2 = 1,36$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\kappa_1 \left[\frac{2e_z}{h} + \sqrt{\left(\frac{2e_z}{h} \right)^2 + \kappa_2 d_{z\omega}} \right]}} =$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1,61 \left[\frac{2 \cdot (-100)}{200} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot (-100)}{200} \right)^2 + 1,36 \cdot 1,17} \right]}} = 1,0$$

štíhlost prutu při klopení:

$$\lambda = \gamma \frac{2L_z}{h} \sqrt{\frac{I_y}{I_z}} = 1,0 \cdot \frac{2 \cdot 1100}{200} \sqrt{\frac{19,1 \cdot 10^6}{1,48 \cdot 10^6}} = 39,5$$

poměrná štíhlost

$$\overline{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}} = \frac{39,5}{93,9} \sqrt{\frac{228 \cdot 10^3}{191 \cdot 10^3}} = 0,46 \Rightarrow \chi_{LT} = 0,936$$

$$B_{Sd} = M_{Sd,y} \cdot e_y (1 - \chi_y) + M_{Sd,z} \cdot e_z (1 - \chi_z) =$$

$$= 27,5 \cdot 10^6 \cdot 19,8 \cdot (1 - 0,77) + 2 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot (1 - 0,85) = 155,9 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

$$\chi_y = \left[\beta + \left(\frac{\alpha}{\psi L} \right)^2 \right]^{-1} = \left[1 + \left(\frac{3,1}{2,27 \cdot 10^{-3} \cdot 2500} \right)^2 \right]^{-1} = 0,77$$

Ve vztahu $L = 2500 \text{ mm} = 1100 \text{ mm} + 1400 \text{ mm}$ je délka úseku se záporným momentem M_y v oblasti podpory.

$$\chi_z = \left[\beta + \left(\frac{\alpha}{\psi L} \right)^2 \right]^{-1} = \left[1 + \left(\frac{3,1}{2,27 \cdot 10^{-3} \cdot 3200} \right)^2 \right]^{-1} = 0,85$$

Ve vztahu $L = 3200 \text{ mm} = 1420 \text{ mm} + 1780 \text{ mm}$ je délka úseku se záporným momentem M_z v oblasti podpory.

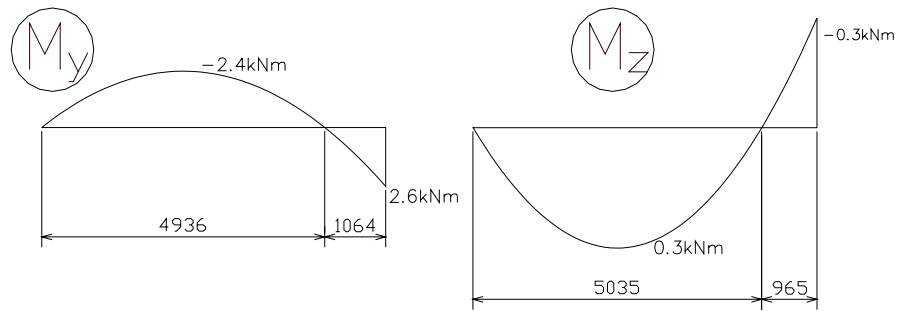
$\alpha = 3,1$ $\beta = 1$ pro kloubové uložení v kroucení a rovnoměrné spojitě zatížení

$$\sigma = \frac{M_{Sd,y}}{\chi_{LT} W_{pl,y}} + \frac{M_{Sd,z}}{W_{pl,z}} + \frac{B_{Sd}}{W_{\omega}} =$$

$$= \frac{27,5 \cdot 10^6}{0,936 \cdot 228 \cdot 10^3} + \frac{2 \cdot 10^6}{51,8 \cdot 10^3} + \frac{155,9 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^6} = 202,1 \text{ MPa} < f_{yd} = 204,3 \text{ MPa}$$

vyhovuje

V kombinaci (stálé zatížení + vítr příčný)



Obr. 3-11 Průběh ohyb. momentů pro zatížení stálé a příčný vítr

$$M_y = -2,4 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0,3 \text{ kNm} \quad (\text{v poli})$$

Délka úseku se záporným momentem v poli $L_z = 4936 \text{ mm}$

$$\delta = \frac{2}{h} \sqrt{I_\omega / I_z} = \frac{2}{200} \sqrt{9,07 \cdot 10^9 / 1,48 \cdot 10^6} = 0,78$$

$$\alpha_t = 0,62 \cdot \frac{L_z}{h} \sqrt{\frac{I_t}{I_z}} = 0,62 \cdot \frac{4950}{200} \sqrt{\frac{121 \cdot 10^3}{1,48 \cdot 10^6}} = 4,38$$

$$d_{z\omega} = \delta^2 \left(\frac{L_z}{L_\omega} \right)^2 + \frac{4}{\pi^2} \alpha_t^2 = 0,78 \cdot \left(\frac{4936}{4936} \right)^2 + \frac{4}{\pi^2} \cdot 4,38^2 = 8,57$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\kappa_1 \left[\frac{2e_z}{h} + \sqrt{\left(\frac{2e_z}{h} \right)^2 + \kappa_2 d_{z\omega}} \right]}} =$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{0,5 \cdot \left[\frac{2 \cdot (-100)}{200} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot (-100)}{200} \right)^2 + 4,99 \cdot 8,43} \right]}} = 0,60$$

štíhlost prutu při klopení:

$$\lambda = \gamma \frac{2L_z}{h} \sqrt{\frac{I_y}{I_z}} = 0,60 \cdot \frac{2 \cdot 4936}{200} \sqrt{\frac{19,1 \cdot 10^6}{1,48 \cdot 10^6}} = 106,7$$

poměrná štíhlost

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}} = \frac{106,7}{93,9} \sqrt{\frac{228 \cdot 10^3}{191 \cdot 10^3}} = 1,24 \Rightarrow \chi_{LT} = 0,505$$

$$\begin{aligned} B_{Sd} &= M_{Sd,y} \cdot e_y (1 - \chi_y) + M_{Sd,z} \cdot e_z \cdot (1 - \chi_z) = \\ &= 2,4 \cdot 10^6 \cdot 19,8 \cdot (1 - 0,93) + 0,3 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot (1 - 0,93) = 5,4 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

$$\chi_y = \left[\beta + \left(\frac{\alpha}{\psi L} \right)^2 \right]^{-1} = \left[1 + \left(\frac{3,1}{2,27 \cdot 10^{-3} \cdot 4936} \right)^2 \right]^{-1} = 0,93$$

$$\chi_z = \left[\beta + \left(\frac{\alpha}{\psi L} \right)^2 \right]^{-1} = \left[1 + \left(\frac{3,1}{2,27 \cdot 10^{-3} \cdot 5035} \right)^2 \right]^{-1} = 0,93$$

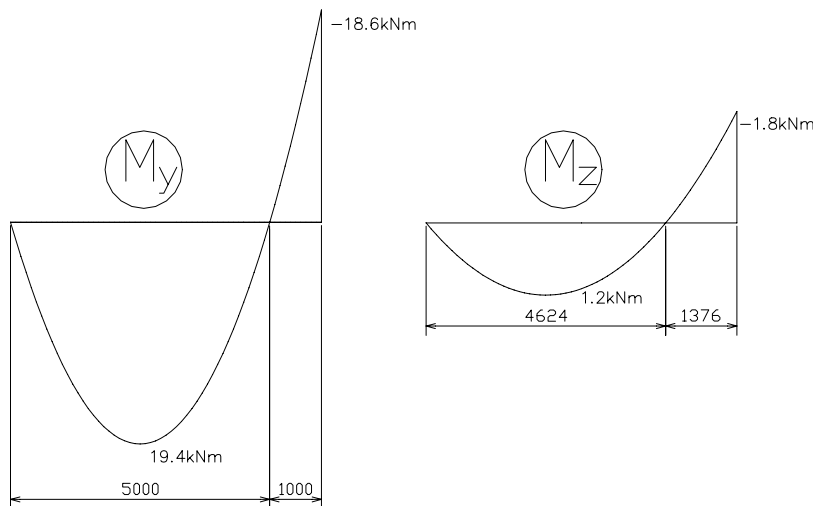
$\alpha = 3,1$ $\beta = 1$ pro kloubové uložení v kroucení
a rovnoměrné spojité zatížení

$$\sigma = \frac{M_{Sd,y}}{\chi_{LT} W_{pl,y}} + \frac{M_{Sd,z}}{W_{pl,z}} + \frac{B_{Sd}}{W_{\omega}}$$

$$= \frac{2,4 \cdot 10^6}{0,505 \cdot 228 \cdot 10^3} + \frac{0,3 \cdot 10^6}{51,8 \cdot 10^3} + \frac{5,4 \cdot 10^6}{4,5 \cdot 10^6} = 27,8 \text{ MPa} < f_{yd} = 204,3 \text{ MPa}$$

Vaznice, ke které je připojen vrchol štítového sloupu, je kromě ohybu namáhána osovou silou. Vzhledem k tomu, že příčné střešní ztužidlo je navrženo uprostřed délky střechy, jsou všechny vaznice mezi štítovým sloupem a ztužidlem zatíženy osovou silou. Vaznice před ztužidlem (z pohledu ve směru podélného větru) tlakovou silou, všechny vaznice za ztužidlem tahovou silou.

Kombinace zat. stavů (stálé zat. + sníh + vítr podélný)



Obr. 3-12 Průběhy ohyb. momentů pro zatížení stálé, sníh a podélný vítr

$$N_{sd} = -20,3 \text{ kN} \quad M_{Sd,y} = 19,4 \text{ kNm} \quad M_{Sd,z} = 1,2 \text{ kNm}$$

Proti vybočení v rovině menší tuhosti je vaznice zajištěna střešním pláštěm

Štíhlost vaznice pro vybočení kolmo k ose y (v rovině větší tuhosti)

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{6000}{77,1} = 77,8$$

$$\text{poměrná štíhlost} \quad \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{77,8}{93,9} \cdot 1 = 0,83 \Rightarrow \chi_y = 0,643 = \chi_{\min}$$

Štíhlost pro vybočení kolmo k ose z (v rovině menší tuhosti)

$$\lambda_z = \frac{l_z}{i_z} = \frac{892}{21,4} = 41,7 \quad (l_z = 892 \text{ mm vzdálenost spojů pláště-vaznice})$$

$$\text{poměrná štíhlost} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{41,7}{93,9} \cdot 1 = 0,44 \Rightarrow \chi_z = 0,876$$

$$\beta_{M,\psi} = 1,8 - 0,7\psi = 1,8 - 0,7 \cdot 0 = 1,8$$

$$\beta_{M,Q} = 1,3$$

$$M_Q = 18,7 + \frac{1}{2} \cdot 18,6 = 28 \text{ kNm}$$

$$\Delta M = 19,4 + 18,6 = 38 \text{ kNm}$$

$$\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi}) = 1,8 + \frac{28}{38} (1,3 - 1,8) = 1,43$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y (2\beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl,y} - W_{el,y}}{W_{el,y}} = 0,83 \cdot (2 \cdot 1,43 - 4) + \frac{(228 - 191) \cdot 10^3}{191 \cdot 10^3} = -0,75$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Sd}}{\chi_y A f_y} = 1 - \frac{(-0,75) \cdot 20,3 \cdot 10^3}{0,643 \cdot 3,22 \cdot 10^3 \cdot 235} = 1,03$$

$$\beta_{M,\psi} = 1,8 - 0,7\psi = 1,8 - 0,7 \cdot 0 = 1,8$$

$$\beta_{M,Q} = 1,3$$

$$M_Q = 1,1 + \frac{1}{2} \cdot 1,8 = 2,0 \text{ kNm}$$

$$\Delta M = 1,2 + 1,8 = 3,0 \text{ kNm}$$

$$\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi}) = 1,8 + \frac{2,0}{3,0} (1,3 - 1,8) = 1,47$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z (2\beta_{Mz} - 4) + \frac{W_{pl,z} - W_{el,z}}{W_{el,z}} = 0,44 \cdot (2 \cdot 1,47 - 4) + \frac{(51,8 - 26,9) \cdot 10^3}{26,9 \cdot 10^3} = 0,46$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{Sd}}{\chi_z A f_y} = 1 - \frac{0,46 \cdot 20,3 \cdot 10^3}{0,876 \cdot 3,22 \cdot 10^3 \cdot 235} = 0,99$$

$$\sigma = \frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} A} + \frac{k_y M_{Sd,y}}{W_{pl,y}} + \frac{k_z M_{Sd,z}}{W_{pl,z}} =$$

$$= \frac{20,3 \cdot 10^3}{0,643 \cdot 3,22 \cdot 10^3} + \frac{1,03 \cdot 19,4 \cdot 10^6}{228 \cdot 10^3} + \frac{0,99 \cdot 1,2 \cdot 10^6}{51,8 \cdot 10^3} = 120,4 \text{ MPa} < f_{yd} = 204,3 \text{ MPa}$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \overline{\lambda}_z \beta_{M,LT} - 0,15 = 0,15 \cdot 0,44 \cdot 1,43 - 0,15 = -0,06$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{Sd}}{\chi_z A f_y} = 1 - \frac{(-0,06) \cdot 20,3 \cdot 10^3}{0,876 \cdot 3,22 \cdot 10^3 \cdot 235} = 1,0$$

$\chi_{LT} = 1$ proti klopení je tlačný horní pás zajištěn pláštěm

$$\sigma = \frac{N_{Sd}}{\chi_z A} + \frac{k_{LT} M_{Sd,y}}{\chi_{LT} W_{pl,y}} + \frac{k_z M_{Sd,z}}{W_{pl,z}} =$$

$$= \frac{20,3 \cdot 10^3}{0,876 \cdot 3,22 \cdot 10^3} + \frac{1,0 \cdot 19,4 \cdot 10^6}{1 \cdot 228 \cdot 10^3} + \frac{0,99 \cdot 1,2 \cdot 10^6}{51,8 \cdot 10^3} = 115,4 \text{ MPa} < f_{yd} = 204,3 \text{ MPa}$$

Profil vyhovuje.

Pozn.: V oblasti u podpory, kde je tlačný dolní pás, by se posouzení provedlo stejně jako bylo provedeno výše pro kombinaci stálého zatížení a sněhu.

Průhyb vaznice je největší v krajním poli a jeho velikost

$$\delta = 7,2 \text{ mm} < \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

4 Vazník

4.1 Obecné zásady

Vazník je hlavním konstrukčním prvkem nosné části střešní konstrukce. Tvar vazníku se řídí sklonem střechy, který závisí především na druhu použité horní vrstvy střešního pláště. Zatížení ze střešního pláště se přenáší do horního pásu vazníku střešními vaznicemi, pokud se přenáší přímo ze střešního pláště na horní pás vazníku, mluvíme o bezvaznicovém systému střechy



Vazníky jsou uloženy přes ložiska na podpory, v případě ocelové konstrukce jednoduší halové stavby jsou podporami nosné sloupy příčné vazby. S ohledem na způsob odvádění srážkové vody můžeme vazníky rozdělit na :

- sedlové (oboustranný sklon) – viz Obr. 4 – 1, Obr. 4 - 2
- pultové (jednostranný sklon) - viz Obr. 4 - 3
- pilové (šedové) - viz Obr. 4 - 4

S ohledem na konstrukční systém dělíme vazníky na:

- plnostěnné,
- příhradové.

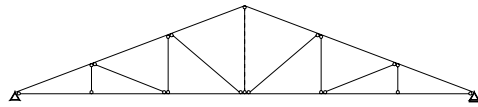
Konstrukce plnostěnných vazníků jsou vhodné při požadavku minimální konstrukční výšky zastřešení, nebo pro menší rozpětí cca do 18 m. Plnostěnné vazníky jsou rovněž příznivější než příhradové s ohledem na estetické hledisko. Jsou méně pracné, při výrobě a také jejich údržba je jednodušší ve srovnání s příhradovými konstrukcemi. Nevýhodou je, že jsou zpravidla těžší než příhradové vazníky a tedy nepříznivější z hlediska spotřeby oceli. Konstrukční výšku plnostěnných vazníků volíme v rozsahu 1/10 až 1/20 rozpětí.

Konstrukce příhradových vazníků jsou nejčastěji používanými prvky ocelových systémů zastřešení. Velmi jednoduše je lze přizpůsobit tvarovým a provozním požadavkům, jako jsou obrys a sklon střechy, případně požadavky na větrání a podobně.

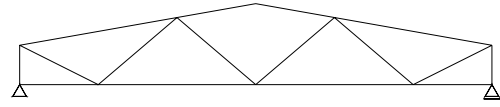
Příhradové vazníky mohou být, při správném návrhu, velmi hospodárné z hlediska spotřeby oceli, jsou však výrobně náročnější než vazníky plnostěnné.

Z rozsáhlého souboru různých tvarů a geometrického uspořádání můžeme vyčlenit několik základních typů příhradových vazníků. Jsou to jednak střešní vazníky trojúhelníkového tvaru viz Obr. 4 -1 ,které jsou vhodné pro větší sklon střešního pláště.

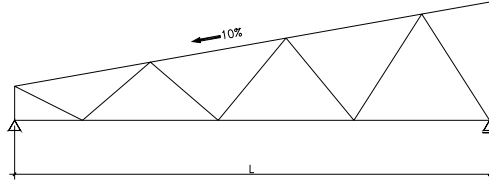
Dalším typem jsou střešní vazníky lichoběžníkového tvaru viz Obr. 4-2, Obr. 4-3, které se uplatní především u střeš s menším sklonem - od 5 do 20%. Požadavek rovnoměrného osvětlení pracovního prostoru halového objektu můžeme zabezpečit pilovou střechou – viz Obr. 4-4.



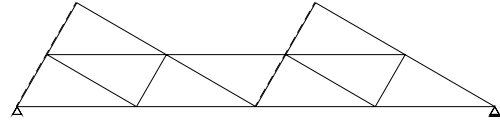
Obr. 4-1



Obr. 4-2



Obr. 4-3



Obr. 4-4

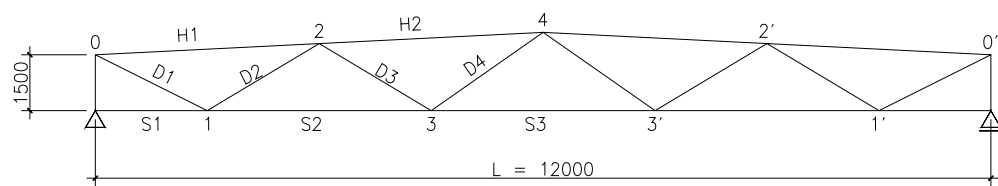
Průřezy příhradových vazníků navrhujeme jednak s ohledem na zatížení, které vazník přenáší, ale také s ohledem na možnost snadné údržby ocelových profilů nátěry. Jako nejvhodnější průřezy se jeví válcované případně za studena tvarované trubkové průřezy a průřezy z jednoho úhelníku (především pro horní a dolní pásy vazníku). Pro větší zatížení konstrukce volíme pásy vazníku z otevřených profilů průřezu I, T, úpalek I – ve tvaru T. Pro mezipásové pruty těchto vazníků jsou vhodné výše uvedené trubkové průřezy. V případě vytvoření styčnicků pomocí styčnickových plechů volíme tloušťky těchto plechů - Tab. 1.

Tab. 1 Tloušťka styčnickových plechů příhradových vazníků

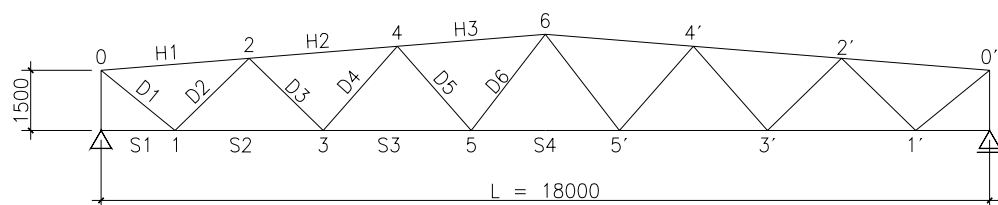
Síla v krajní diagonále v kN	do 250	260-450	460-800	810-1200	1210-1700
Tloušťka plechu v mm	8	10	12	14	16

Pro účely tohoto textu se omezíme na nejčastěji používané sedlové vazníky s různoběžnými pásy a sklonem 5%, jejichž geometrický tvar uvádíme dále viz

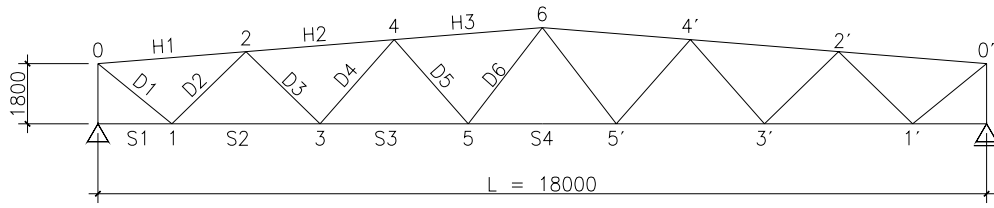
Obr. 4-5 až Obr. 4-12.



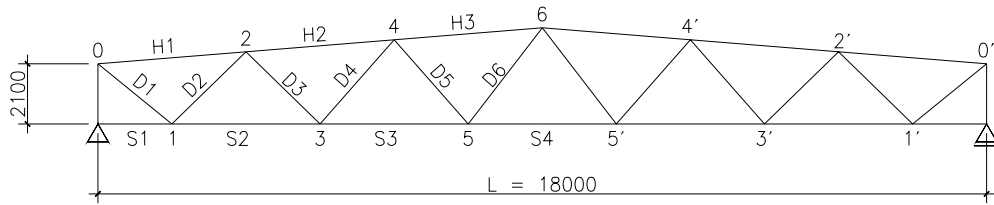
Obr. 4-5



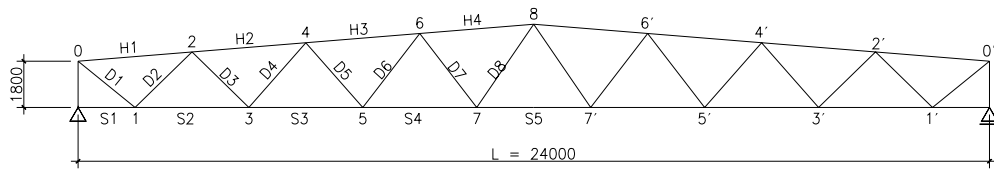
Obr. 4-6



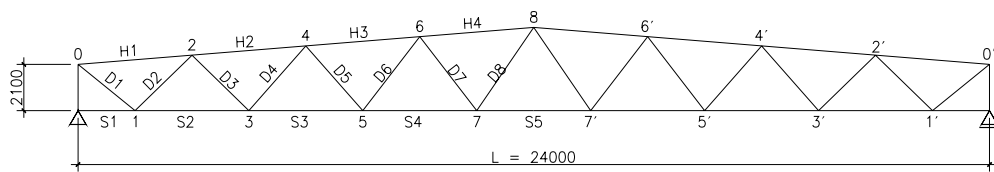
Obr. 4-7



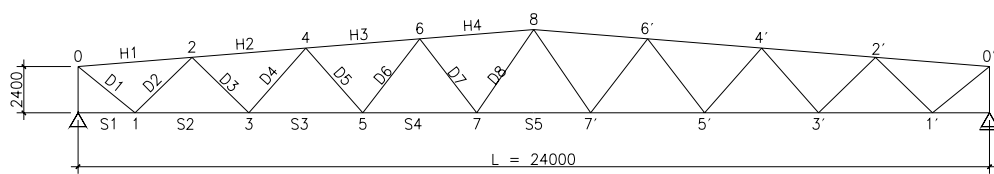
Obr. 4-8



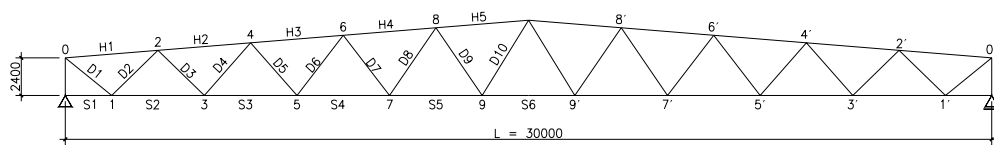
Obr. 4-9



Obr. 4-10



Obr. 4-11



Obr. 4-12

4.2 Řešení příhradového vazníku



Vazník je uložen jako prostý nosník na sloupky příčné vazby. Geometrický tvar viz Obr. 4-9.

Hodnoty zatížení vazníku byly převzaty z kapitoly 1. Byla stanovena uzlová břemena umístěná do styčníků horního pásu viz. tab. Tab. 2.

Krajní břemeno $P=0,25 \cdot 1,1 \cdot 6,0 + 0,31 \cdot 6,0 = 3,51$ kN (zatížení stálé)

Mezilehlá břemena $P=0,25 \cdot 1,1 \cdot 6,0 + 0,46 \cdot 6,0 = 4,41$ kN (zatížení stálé)

Krajní břemeno $P=3,6 \cdot 6,0 = 21,6$ kN (zatížení sněhem)

Mezilehlá břemena $P=5,4 \cdot 6,0 = 32,4$ kN (zatížení sněhem)

Výpočet osových sil byl proveden programem IDA Nexis za předpokladu, že pruty příhradové konstrukce jsou kloubově připojeny do styčnicku. Účinky staticky neurčité síly X (vodorovná složka reakce v uložení vazníku na sloup), která vyplývá ze statické neurčitosti příčné vazby, zavedeme později při detailním řešení příčné vazby. Při návrhu horního pásu vazníku ponecháme cca 7% rezervu únosnosti s ohledem na působení staticky neurčité síly X.

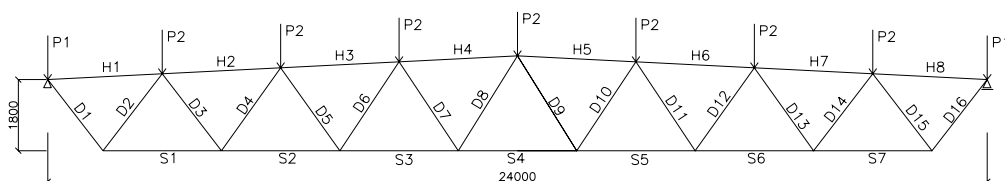
Tab. 2 Osově síly příhradového vazníku

Prut	Stálé [kN]	Plný sníh [kN]	Levý sníh [kN]	Pravý sníh [kN]	Rozhodující kombinace [kN]
H1	-12,25	-90,03	-64,31	-25,73	-102,28
H2	-30,76	-225,97	-154,58	-71,39	-256,73
H3	-40,71	-299,08	-188,27	-110,82	-339,79
H4	-43,74	-321,33	-176,20	-145,13	-365,07
H5	-43,74	-321,33	-145,13	-176,20	-365,07
H6	-40,71	-299,08	-110,82	-188,27	-339,79
H7	-30,76	-225,97	-71,39	-154,58	-256,73
H8	-12,25	-90,03	-25,73	-64,31	-102,28
S1	23,51	172,76	123,38	49,38	196,27
S2	37,43	274,97	183,27	91,69	312,40
S3	43,67	320,86	192,37	128,37	364,53
S4	43,69	320,98	160,49	160,49	364,67
S5	43,67	320,86	128,37	192,49	364,53
S6	37,43	274,97	91,69	183,27	312,40
S7	23,51	172,76	49,38	123,38	196,27
D1	19,21	141,15	100,82	40,34	160,36
D2	-18,59	-136,59	-97,55	-39,04	-155,18

Prut	Stálé [kN]	Plný sníh [kN]	Levý sníh [kN]	Pravý sníh [kN]	Rozhodující kombinace [kN]
D3	11,88	87,25	51,11	36,15	99,13
D4	-11,61	-85,27	-49,99	-35,28	-96,88
D5	5,59	41,06	8,22	32,84	46,65
D6	-5,47	-40,18	-8,09	-32,09	-45,65
D7	0,02	0,12	-29,94	30,05	0,14
D8	-0,01	-0,10	29,40	-29,50	-0,11
D9	-0,01	-0,10	-29,50	29,40	-0,11
D10	0,02	0,12	30,05	-29,94	0,14
D11	-5,47	-40,18	-32,09	-8,09	-45,65
D12	5,59	41,06	32,84	8,22	46,65
D13	-11,61	-85,27	-35,28	-49,99	-96,88
D14	11,88	87,25	36,15	51,11	99,13
D15	-18,59	-136,59	-39,04	-97,55	-155,18
D16	19,21	141,15	40,34	100,82	160,36

4.3 Návrh a posouzení prutů

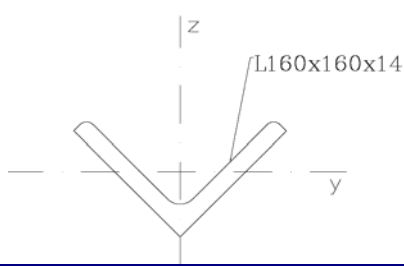
Pruty vazníku posuzujeme na centrický tlak případně tah. Všechny mezipásové pruty jsou přivařeny koutovými svary na styčnickový plech, pouze diagonála D5 viz Obr. 4-13 bude připojena na montáži šroubovým spojem.



Obr. 4-13 – statické schéma vazníku

4.3.1 Horní pás H4, H5

Pás navrhne z průřezu **L160x160x14** viz. Obr. 4-14, Délka prutu $L=3,004$ m.



Návrhová tlaková síla $N_{sd}=-365,1$ kN

Obr. 4-14

Klasifikace průřezu $\frac{h}{t} = \frac{160}{14} = 11,42 < 50$ třída průřezu 1.

Návrhová únosnost průřezu v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4344 \cdot 235}{1,15} = 887,7 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{c,Rd}$$

365,1 kN < 877,7 kN průřez na namáhání osovým tlakem **vyhovuje**.

Vzpěrnou délkou pásu příhradového vazníku uvažujeme pro vybočení v rovině vazníku jako teoretickou vzdálenost styčniců, pro vybočení z roviny vazníku ji uvažujeme jako vzdálenost bodů pásu, zajištěných proti vybočení, tedy osovou vzdáleností vaznic připojených ke střední části příčného ztužidla. Z porovnání součinitelů vzpěrnosti prostorového a rovinného vzpěru vyplývá, že v uvažovaném případě lze posoudit prut pro namáhání rovinným vzpěrem.

Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu při rovinném vybočení

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

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 3004}{31,3} = 95,9$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 3004}{62,0} = 48,5$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{95,9}{93,9} = 1,021$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,49(1,021 - 0,2) + 1,021^2] = 1,222$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,222 + \sqrt{1,222^2 - 1,021^2}} = 0,528$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,528 \cdot 1 \cdot 4344 \cdot 235}{1,15} = 468,7 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd}$$

365,1 kN < 468,7 kN.

Průřez na namáhání vzpěrným tlakem **vyhovuje**.

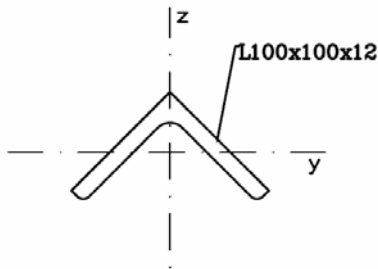
4.3.2 Dolní pás S4

Návrhová tahová síla $N_{sd}=364,7$ kN

Navrhujeme průřez **L100x100x12** viz. Obr. 4-15

Návrhová únosnost neoslabeného průřezu v tahu

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2270 \cdot 235}{1,15} = 463,9 \text{ kN}$$



Obr. 4-15

Podmínka posouzení

$$N_{sd} \leq N_{t,Rd}$$

364,7 kN < 463,9 kN.

Průřez na namáhání osovým tahem **vyhovuje**.

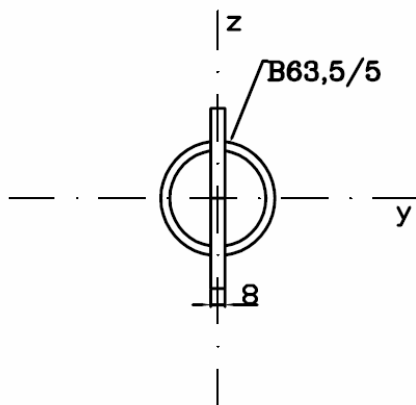
4.3.3 Diagonála D1

Návrhová tahová síla $N_{sd}=160,4$ kN

Navrhujeme průřez **B63,5/5** viz. Obr. 4-16 Styčnickový plech má dle tab. 1 tloušťku 8 mm.

Návrhová únosnost neoslabeného průřezu v tahu

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{919 \cdot 235}{1,15} = 187,8 \text{ kN}$$



Obr. 4-16

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{t,Rd}$$

160,4 kN < 187,8 kN.

Průřez na namáhání osovým tahem **vyhovuje**.

4.3.4 Diagonála D2

Návrhová tlaková síla $N_{sd} = -155,2$ kN

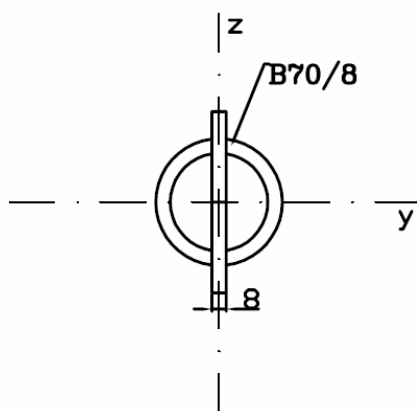
Délka prutu $L = 2,453$ m

Navrhujeme průřez **B70/8** viz Obr. 4-17. Styčnickový plech tloušťky 8 mm.

Klasifikace průřezu $\frac{d}{t} = \frac{70}{8} = 8,75 < 50$ třída průřezu 1.

Návrhová únosnost průřezu v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1560 \cdot 235}{1,15} = 318,8 \text{ kN}$$



Obr. 4-17

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{c,Rd}$$

155,2 kN < 318,8 kN.

Průřez na namáhání osovým tlakem **vyhovuje**.

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu při rovinném vybočení

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

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{0,9 \cdot \beta \cdot L}{i} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 2452}{22,1} = 99,9$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 2452}{22,1} = 111,0$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{111,0}{93,9} = 1,182$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,21(1,182 - 0,2) + 1,182^2] = 1,302$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,302 + \sqrt{1,302^2 - 1,182^2}} = 0,541$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,541 \cdot 1 \cdot 1560 \cdot 235}{1,15} = 172,5 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd}$$

$$155,2 \text{ kN} < 172,5 \text{ kN.}$$

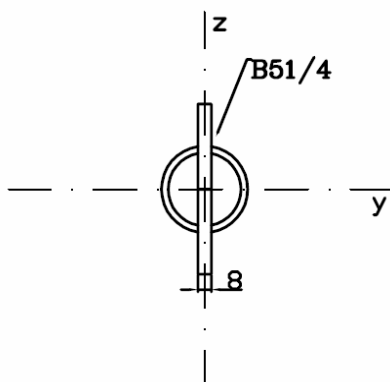
Průřez na namáhání vzpěrným tlakem **vyhovuje**.

4.3.5 Diagonála D3, D5

Návrhová tahová síla (D3) $N_{sd}=99,1 \text{ kN}$

Návrhová tahová síla (D5) $N_{sd}=46,7 \text{ kN}$

Posuzujeme diagonálu D3. Navrhujeme průřez **B51/4** viz. Obr. 4-18 Styčnickový plech tloušťky 8 mm.



Obr. 4-18

Návrhová únosnost neoslabeného průřezu v tahu

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{591 \cdot 235}{1,15} = 120,8 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{t,Rd}$$

99,1 kN < 120,8 kN.

Průřez na namáhání osovým tahem **vyhovuje**.

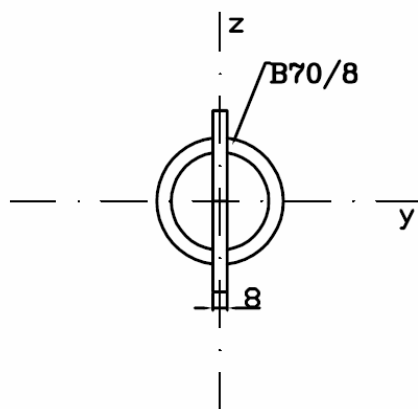
4.3.6 Diagonála D4

Návrhová tlaková síla $N_{sd} = -96,9$ kN

Délka prutu $L = 2,573$ m

Navrhujeme průřez **B70/8** viz. Obr. 4-19 Styčnickový plech tloušťky 8 mm.

Klasifikace průřezu $\frac{d}{t} = \frac{70}{8} = 8,75 < 50$ třída průřezu 1.



Obr. 4-19

Návrhová únosnost průřezu v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1560 \cdot 235}{1,15} = 318,8 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{c,Rd}$$

96,9 kN < 318,8 kN.

Průřez na namáhání osovým tlakem **vyhovuje**.

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu při rovinném vybočení

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

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{0,9 \cdot \beta \cdot L}{i} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 2573}{22,1} = 104,8$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 2573}{22,1} = 116,4$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{116,4}{93,9} = 1,24$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,21(1,24 - 0,2) + 1,24^2] = 1,378$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,378 + \sqrt{1,378^2 - 1,24^2}} = 0,505$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,505 \cdot 1 \cdot 1560 \cdot 235}{1,15} = 161,0 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd}$$

96,9 kN < 161,0 kN.

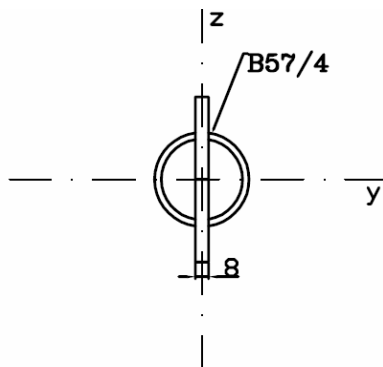
Průřez na namáhání vzpěrným tlakem **vyhovuje**.

4.3.7 Diagonála D6

Návrhová tlaková síla $N_{sd} = -45,6$ kN

Délka prutu $L = 2,697$ m

Navrhujeme průřez **B57/4** viz. Obr. 4-20 Styčnickový plech tloušťky 8 mm.



Obr. 4-20

Klasifikace průřezu $\frac{d}{t} = \frac{57}{4} = 14,25 < 50$ třída průřezu 1.

Návrhová únosnost průřezu v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{666 \cdot 235}{1,15} = 136,1 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{c,Rd}$$

45,6 kN < 136,1 kN.

Průřez na namáhání osovým tlakem **vyhovuje**.

Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu při rovinném vybočení

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

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{0,9 \cdot \beta \cdot L}{i} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 2697}{18,8} = 129,1$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 2697}{18,8} = 143,5$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{143,5}{93,9} = 1,528$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(1,528 - 0,2) + 1,528^2] = 1,807$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,807 + \sqrt{1,807^2 - 1,528^2}} = 0,361$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,361 \cdot 1 \cdot 666 \cdot 235}{1,15} = 49,1 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd}$$

45,6 kN < 49,1 kN.

Průřez na namáhání vzpěrným tlakem **vyhovuje**.

4.3.8 Diagonála D7, D8

Návrhová tlaková síla (D7) $N_{sd} = -29,92$ kN

Návrhová tlaková síla (D8) $N_{sd} = -29,51$ kN

Délka prutu (D7) $L = 2,697$ m

Délka prutu (D8) $L=2,824$ m

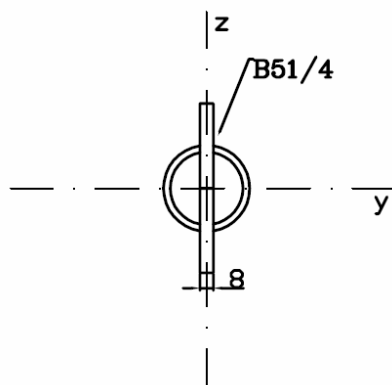
Posuzujeme diagonálu D8.

Navrhujeme průřez **B51/4** viz. Obr. 4-21 Styčnickový plech tloušťky 8 mm.

Klasifikace průřezu $\frac{d}{t} = \frac{51}{4} = 12,25 < 50$ třída průřezu 1.

Návrhová únosnost průřezu v tlaku

$$N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{591 \cdot 235}{1,15} = 120,8 \text{ kN}$$



Podmínka posouzení

$$N_{Sd} \leq N_{c,Rd} \quad 29,5 \text{ kN} < 120,8 \text{ kN.}$$

Průřez na namáhání osovým tlakem **vyhovuje**.

Obr. 4-21

Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu při rovinném vybočení

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

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

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{0,9 \cdot \beta \cdot L}{i} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 2824}{16,7} = 152,2$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{\beta \cdot L}{i} = \frac{1 \cdot 2824}{16,7} = 169,1$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{169,1}{93,9} = 1,801$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(1,801 - 0,2) + 1,801^2] = 2,292$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,292 + \sqrt{2,292^2 - 1,801^2}} = 0,27$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,27 \cdot 1 \cdot 591 \cdot 235}{1,15} = 32,6 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení

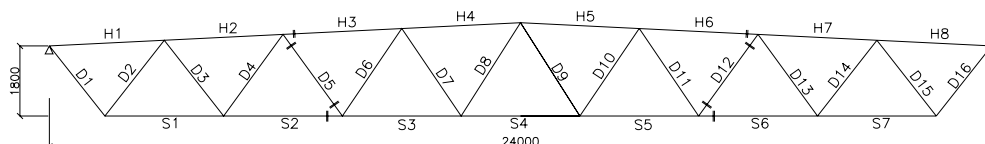
$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd}$$

$$29,5 \text{ kN} < 32,6 \text{ kN.}$$

Průřez na namáhání vzpěrným tlakem **vyhovuje**.

4.4 Montážní styky

Montážní styky, které jsou nutné z důvodu dopravy vazníku na místo staveniště, navrhujeme jako montážně šroubované, viz umístění styků Obr. 4-22



Obr. 4-22- umístění montážních styků

4.4.1 Montážní styk dolního pásu

Montážní styk dolního pásu je navržen v prutech S2, S6. Montážní styk je namáhán tahovou silou $N_{Sd} = 312,4$ kN. Je proveden pomocí oboustranných příložek viz. Obr. 4-23. Dle vrtání v úhelníku dolního pásu L100x100x12 navrhujeme do montážního styku hrubé šrouby M24, jakost 5.6. Návrhová únosnost šroubu M24 ve stříhu pro dvě stříhové roviny šroubu v případě, kdy rovina stříhu prochází přes plný dřík šroubu

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot \pi \cdot 12^2}{1,45} = 187,1 \text{ kN}$$

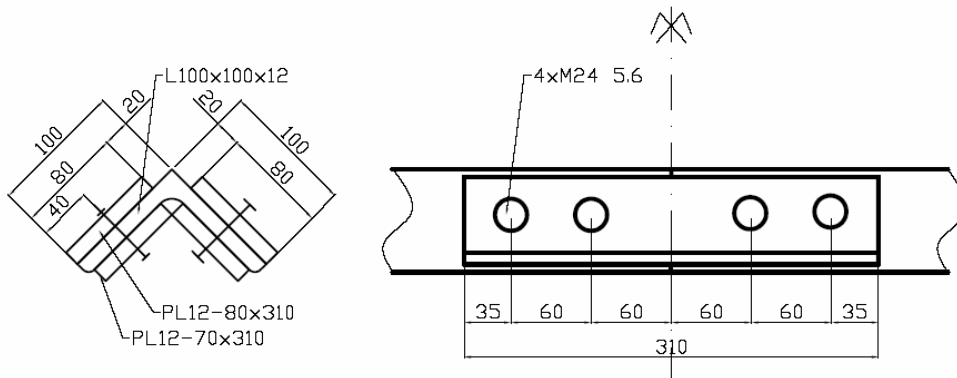
$$\text{V otláčení } F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 \cdot 0,45 \cdot 360 \cdot 26 \cdot 12}{1,45} = 87,1 \text{ kN};$$

$\frac{e_1}{3d_0} = \frac{35}{2 \cdot 26} = 0,45$, $\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} = 0,52$, $\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,39$, 1; (otlačovaná minimální tloušťka v jednom směru $t=12$ mm). Nutný počet šroubů na jedné straně montážního styku

$$n = \frac{N_{sd}(S2, S6)}{\min F_{v,Rd}, F_{b,Rd}} = \frac{312,4}{87,1} = 3,6 \text{ ks}. \text{ Navrhujeme 4 ks šroubů, 2 ks v každé}$$

přírubě úhelníku dolního pásu.

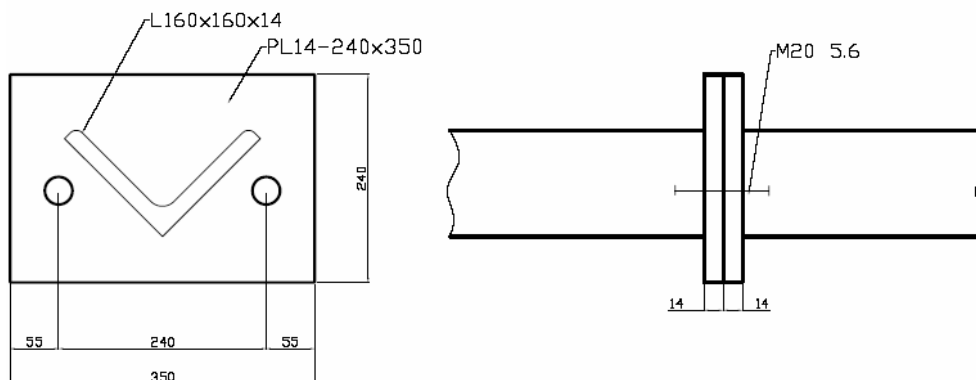
Posouzení průřezu oslabeného otvory $\varnothing 26$ pro šroubový spoj. Návrhová únosnost oslabeného průřezu $N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$; $A_{net} = 2270 - 2 \cdot 26 \cdot 12 = 1646 \text{ mm}^2$; $N_{u,Rd} = 0,9 \cdot 1646 \cdot 360 / 1,3 = 410,2 \text{ kN} > N_{Sd}(S2, S6) = 312,4 \text{ kN}$. Průřez dolního pásu vyhoví i v místě oslabení.



Obr. 4-23

Montážní styk horního pásu

Montážní styk horního pásu je navržen v prutech H3, H6. Montážní styk je namáhán tlakovou silou v prutech $N_{Sd} = 339,8$ kN. Je proveden pomocí kontaktního konstrukčního spoje se spínanými šrouby M20, jakosti 5.6 viz. Obr. 4-24.



Obr. 4-24

Montážní styk diagonály

Montážní styk diagonály je navržen v prutech D5, D12. Montážní styk je namáhán silou $N_{Sd} = 46,7$ kN. Navrhujeme hrubé šrouby M20 ve stříhu pro jednu stříhovou rovinu v případě, kdy rovina stříhu prochází přes plný dík šroubu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot \pi \cdot 10^2}{1,45} = 64,9 \text{ kN} \text{ a v otláčení}$$

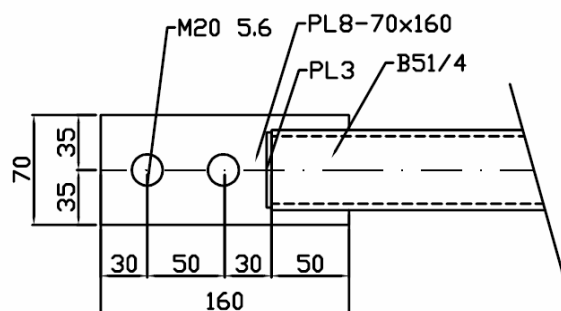
$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 \cdot 0,45 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 8}{1,45} = 44,7 \text{ kN} \text{ kde } \alpha \text{ je nejmenší z}$$

hodnot

$$\frac{30}{3 \cdot 22} = 0,45, \quad \frac{50}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4} = 0,51, \quad \frac{500}{360} = 1,39, \quad 1;$$

$$\text{Nutný počet šroubů } n = \frac{N_{Sd}(D5, D12)}{\min F_{v,Rd}, F_{b,Rd}} = \frac{46,7}{44,7} = 1,04 \text{ ks.}$$

Navrhujeme 2 ks šroubů M20 viz. Obr. 4-25.



Obr. 4-25

5 Ztužidla ve střeše

Součástí střešní konstrukce jsou rovněž ztužidla.

Příčné ztužidlo – je umístěno v rovině střechy. Jedná se o příhradový nosník tvořený horními pásy vazníků (případně horním pásem vazníku a mezi vazníky vloženým prutem), vaznicemi a diagonálami.

Úkolem příčného ztužidla je přenesení vodorovného zatížení větrem ve směru podélné osy objektu a zajištění horních pásů vazníků proti vybočení z roviny vazníků.

Ve štítových stěnách jsou do vaznic opřené horní konce štítových sloupů, prostřednictvím vaznic se akce sloupů přenášejí do příčného ztužidla. Rovněž tření na střeše se přenáší do příčného ztužidla prostřednictvím vaznic. Při menším počtu vazníků postačí příčné střešní ztužidlo jedno, při větším počtu i více. Jejich vzdálenost nesmí překročit max. délku dilatačních úseků podle ČSN 73 1401.

Funkci tohoto ztužidla je schopen převzít tuhý střešní plášť. Během montáže, kdy plášť ještě není pevně připojený, musí ztužidlo přenést zatížení podélným větrem a tzv. stabilitní síly, to znamená síly rovnající se 1/100 sil v horních pásech vazníků, které toto ztužidlo zajišťuje proti vybočení (viz ČSN 73 1401, obr. C4).

Střešní plášť, který není tuhý ve své rovině, není schopen převzít funkci ztužidla, takže toto musí být navrženo na zatížení silami od větru i stabilitními silami vyvolanými nejnepríznivější kombinací svislého zatížení.

Má-li ztužidlo zkřížené diagonály, lze pro jednoduchost ve výpočtu uvažovat, že zatížení přenášejí jen tažené pruty. Protože pruty jsou navrženy štíhlé, lze předpokládat, že při zatížení tlakovou silou vybočí a zatížení nepřenášejí. Při opačném směru větru se funkce prutů vymění.

V řešeném příkladu jsou uvažovány jako funkční pruty tažené i tlačené. Protože je ve střeše pouze jedno příčné ztužidlo, přenáší tlak větru na štítovou stěnu návětrnou i sání na štítové stěně závětrné. Jak již bylo výše uvedeno, zatížení štítových stěn větrem se do ztužidla přenáší prostřednictvím štítových sloupů, v řešeném příkladu tří v každém štítu.

Příčné ztužidlo v rovině střechy je příhradový nosník, který neleží v jedné rovině. Vnější síly, akce štítových sloupů, působí vzhledem k podporám na ramenech, tím jsou vyvolány momenty, které musejí být v rovnováze s dvojicí sil s ramenem daným vzdáleností pásů ztužidla. Ve výpočtu se musí tento účinek zohlednit a v příslušné kombinaci zatížení obsahující podélný vítr počítat s přitížením vazníku případně vaznice, jestliže jeden pás ztužidla tvoří vložený prut uložený na vaznici.

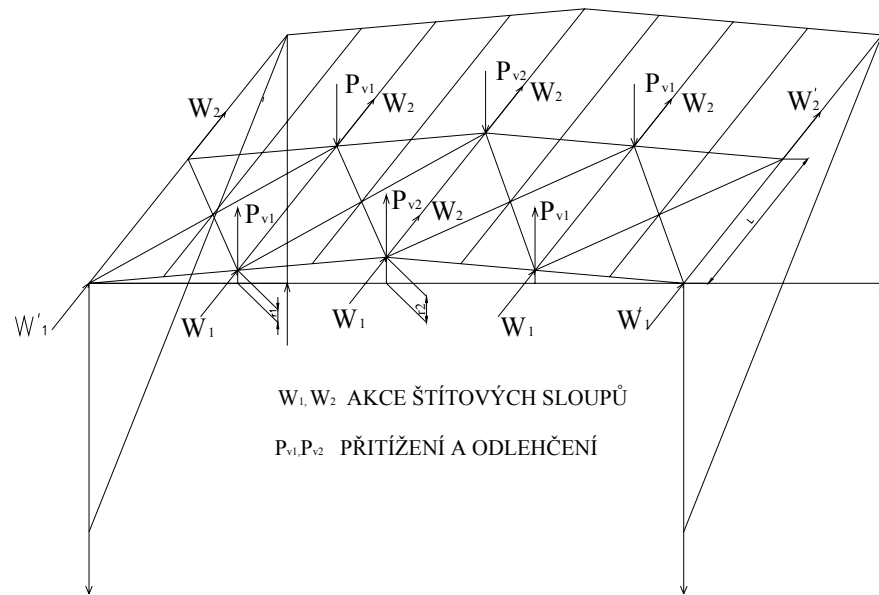
V našem řešeném příkladu by přitížení působila svislá síla

$$F_v = W \cdot \frac{r}{l}$$

kde W je akce štítového sloupu,

r rameno síly W (výškový rozdíl mezi podporami ztužidla a vrcholem štítového sloupu)

l vzdálenost pásů ztužidla



Obr. 5-1 Přítížení vaznic vlivem excentricity zatížení ztužidla vzhledem k uložení

Příklad:

Střešní plášť haly je sendvičový panel, který lze považovat za tuhý v jeho rovině.

Po připevnění pláště k vaznicím lze předpokládat, že plášť převezme funkci ztužidla. Během montáže, kdy není zajištěno spolupůsobení střešního pláště s nosnou konstrukcí střechy, je nutné uvažovat, že veškeré síly v rovině střechy bude přenášet ztužidlo.

Je navrženo jedno příčné střešní ztužidlo a je vytvořeno mezi dvojicí vazníků doplněním výplňových prutů. Navrženy byly profily L 110x110x10.

Největší síla v tlačném prutu nastává při kombinaci stálého zatížení a podélného větru $N_{sd} = -47.6 \text{ kN}$

Z funkce ztužidla coby konstrukce zabezpečující stabilitu tlačných prutů horních pásů vazníků vyplývá zatížení tzv. stabilitními silami.

Bezpečné posouzení ztužidla bude na zatížení silami od kombinace stálého zatížení a podélného větru, při uvažování stabilitních sil pouze od stálého zatížení. Střechu nese celkem

16 vazníků, stabilitní síly budou působit na obou stranách ztužidla.

$F_j = n \frac{1}{100} N_{sd,j}$, kde n je počet zabezpečovaných vazníků (účinek dvou štítových vazníků lze s ohledem na jejich poloviční zatěžovací šířku uvažovat jako poloviční) a $N_{sd,j}$ je průměr sil v sousedních prutech.

$$F_1 = 7,5 \cdot \frac{1}{100} \cdot 77,6 = 5,8 \text{ kN}$$

$$F_2 = 7,5 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot (77,6 + 71,2) = 5,6 \text{ kN}$$

$$F_3 = 7,5 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot (71,2 + 53,3) = 4,7 \text{ kN}$$

$$F_4 = 7,5 \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot (53,3 + 21,3) = 2,8 \text{ kN}$$

Necháme-li působit na ztužidlo ještě tyto síly, je největší síla v tlačném prutu

$$N_{Sd} = -68,4 \text{ kN}$$

Lokální štíhlost ramen profilu L 110x110x10 $\frac{b}{t} = \frac{110}{10} = 11 = 11\varepsilon = 11 \cdot 1 = 11$

kde $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1 \Rightarrow$ průřez tř.2 $\Rightarrow \beta_A = 1$

Při zjednodušeném posouzení prutu na rovinný vzpěr

$$\lambda = \frac{l}{i_\eta} = \frac{4250}{21,7} = 195,9 < 250$$

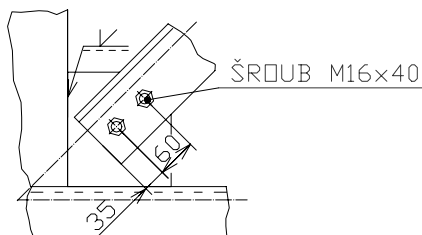
$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{195,9}{93,9} \sqrt{1} = 2,10 \Rightarrow \chi = 0,180 \quad (\text{c})$$

$$N_{b,Rd} = \chi \beta_A A f_y / \gamma_{M1} = 0,180 \cdot 1 \cdot 2120 \cdot 235 / 1,15 = 78 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$|N_{Sd}| = 68,4 \text{ kN} < 78 \text{ kN}$$

Prut vyhovuje.

Návrh šroubového spoje:



Obr. 5-2 Přípoj diagonály ke styčnick. plechu

K připevnění diagonály ke styčnickovému plechu navrženy šrouby M16, pevnostní třídy 5.6

Únosnost šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{ub} A / \gamma_{Mb} = 0,6 \cdot 500 \cdot \pi \cdot 16^2 / (4 \cdot 1,45) = 41,6 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Únosnost v otláčení (styčnickové plechy tl. 8mm)

$$F_{b,Rd} = 2,5\alpha f_u dt / \gamma_{Mb} = 2,5 \cdot 0,56 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 8 / 1,45 = 44,5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

kde

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{30}{3 \cdot 18} = 0,56; \frac{60}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4} = 0,86; \frac{500}{360} = 1,39; 1\right) = 0,56$$

$$\text{potřebný počet šroubů } n = \frac{N_{Sd}}{F_{v,Rd}} = \frac{68,4}{41,6} = 1,64 \Rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

Ve spoji vyhovují dva šrouby M16 pevn. třídy 5.6

Podélné ztužidlo – je umístěno ve svislé rovině mezi vazníky obvykle v podélné ose haly. V případě uložení vazníků v dolních styčnicích jsou podélná ztužidla i v rovinách krajních svislic.

Jako podélné ztužidlo lze využít i příhradovou vaznici upravenou tak, aby s vaznicí byl spojen i dolní pás vazníku. Obdobně působí i vzpěrkové vaznice.

Podélné ztužidlo zajišťuje polohu vazníků, případně přenáší i podélné síly působící na střešní konstrukci (brzdné síly podvěsných jeřábů, zatížení styčnicků dolního pásu vazníků větrem)

Okapové ztužidlo – je umístěno v rovině střechy mezi okapovou a první mezi-lehlou vaznicí, které tvoří jeho pásové pruty. Vytvoří se doplněním diagonál a tím vznikne příhradový nosník v rovině střechy s podporami v příčných vazbách. Probíhá po celé délce objektu.

Okapové ztužidlo přenáší složku zatížení v rovině střechy a tvoří podporu vrcholu stěnového sloupku zatíženého větrem.

V našem řešeném příkladu vzhledem ke vzdálenosti příčných vazeb 6 m není ztužidlo navrženo. Složku zatížení v rovině střechy přenášejí vaznice a mezi hlavními nosnými sloupy nejsou stěnové sloupky.

Ztužidlo mezi vaznicemi - v případě použití příhradových vaznic se při nutnosti zajištění dolních pásů navrhuje příčné ztužidlo ve svislé rovině mezi vaznicemi kolmo na jejich podélnou osu.

6 Závěr

6.1 Shrnutí

V předloženém textu je zpracována problematika návrhu střešní konstrukce halového objektu. Studentům poskytuje vysvětlení základních pojmů, funkci a postup návrhu nosných částí konstrukce i detailů. Podrobnější informace lze získat studiem doporučené literatury.





6.2 Kontrolní otázky

1. *Jak se přenáší zatížení střechy do vaznice?*
2. *Jaké vnitřní síly vznikají ve vaznici?*
3. *Jaká jsou kritéria pro volbu typu vaznic?*
4. *Jaký účel mají táhla spojující vaznice?*
5. *K čemu slouží ztužidla ve střeše?*
6. *Jaké síly působí na střešní ztužidla?*
7. *Jaké vnitřní síly vznikají v prutech vazníku?*
8. *Jaký význam mají montážní styky u vazníku?*




7 Studijní prameny

7.1 Seznam použité literatury

- [1] Melcher, J. Straka B. *KOVOVÉ KONSTRUKCE, Konstrukce průmyslových budov*, Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, 1977 – SNTL 
- [2] Ferjenčík, P., Schun, J., Melcher, J., Voříšek, V., Chladný, E. *Navrhovanie ocelových konštrukcií*. Alfa Bratislava, SNTL Praha 1986 

7.2 Seznam doplňkové studijní literatury

Informace

U níže vypsanych norem nejsou podchycené a vypsane změny a doplňky nebo jejich platnost. Tyto informace je nutné vyhledat ve sborníku norem vydaném pro příslušný rok Českým normalizačním institutem, Biskupský dvůr 5, 110 02 Praha 1. 

- [3] ČSN 73 0035 :1988 *ZATÍŽENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ*
- [4] ČSN 73 1401:1986 *NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ*
- [5] ČSN 73 1401:1998 *NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ*
- [6] ČSN P ENV 1993-1-1:1994 *NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ*
Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] Fuchs J., Rec M., Šefl E. *Statické hodnoty kovových válcovaných průřezů, SNTL 1984*
- [8] *Technický naučný slovník, VI. díl, SNTL, Praha 1985*
- [9] ČSN 01 3483:1987 *Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy kovových konstrukcí*
- [10] ČSN 01 3125:1997 *Technické výkresy. Seznam položek (ČSN ISO 7573)*
- [11] ČSN 27 0200:1978 *ELEKTRICKÉ MOSTOVÉ JEŘÁBY nosnosti 5 až 50 tun*
- [12] ČSN 73 5130:1994 *JEŘÁBOVÉ DRÁHY*

- [13] ČSN 27 0140:1987 *JEŘÁBY A ZDVIHADLA Projektování a konstruování, část 1 až 6*
- [14] ČSN 73 5105:1993 *Výrobní průmyslové budovy*
- [15] ČSN 73 0804:2002 *Požární bezpečnost staveb. Výrobní objekty*
- [16] ČSN 73 0005:1990 *MODULOVÁ KOORDINACE ROZMĚRŮ VE VÝSTAVBĚ. Základní ustanovení*
- [17] ČSN 73 2611:1981 *Úchylky rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí*