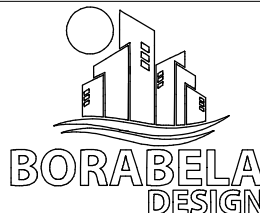


VYPRACOVAL	ZODP. PROJEKTANT	<div></div>		
Ing. Lukáš Loudil	Ing. Lukáš Loudil			
INVESTOR: Statutární město Opava MÍSTO STAVBY: k.ú. Opava - Předměstí, parc.č. 1959/19				
NÁZEV PROJEKTU: Zimní stadion - náhradní ledová plocha Opava Garáž pro rolbu		DATUM	1/2023	Číslo paré:
		STUPEŇ	DSP	
STATICKÝ VÝPOČET		MĚŘÍTKO	Č. VÝKRESU	
		-	D.1.2.c	

1. Úvod

Předmětem tohoto výpočtu je statické posouzení konstrukce novostavby garáže pro rolbu u Zimního stadionu – náhradní ledové plochy v Opavě. Stavba bude provedena na pozemku v k.ú. Opava - Předměstí, parc.č. 1959/19. Investorem akce je Statutární město Opava.

Tento výpočet vychází z požadavků investora

Objekt garáže má půdorysný čtvercový tvar s rozměry 6 x 6 m. Zastřešení bude pultovou střechou se sklonem cca 5%. Výška hřebene střechy bude cca 3,9 m. Konstrukce objektu je navržena jako montovaná s konstrukcí z tenkostěnných ocelových profilů a bude oplášťena trapézovým plechem. Využití objektu parkoviště se předpokládá jako zázemí zimního stadionu – pro parkování rolby.

Konstrukci zastřešení lze charakterizovat jako skelet z tenkostěnných ocelových profilů. Nosné stěny jsou tvořeny sloupky v osově vzdálenosti 625 mm z tenkostěnných ocelových C profilů. Střešní konstrukce je navržena z tenkostěnných profilů ve formě spojitých plnostěnných nosníků, rovněž v osově vzdálenosti 625 mm. Nosníky budou uloženy na stěnách. Založení bude plošné na základových pasech nebo na desce.

Založení stavby bude provedeno na základových pasech se základovou spárou v nezámrazné hloubce. Další možností je založení na železobetonové základové desce, která bude zabezpečena proti nepříznivým vlivům promrzání základové půdy zhotovením vhodných propustných a nenamrzavých podkladních vrstev.

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny stěnami z profilů C100-1,2. Stěny tvoří sloupky v osově vzdálenosti 625 mm, které musí být ve třetině své výšky zajištěny proti vybočení při vzpěru v rovině stěny paždíky. V případě vyššího zatížení je navrženo zdvojení profilů. Překlady nad otvory jsou řešeny příhradovými nosníky ze stejných profilů. Ztužení je navrženo pomocí vzpěr také z profilů C100-1,2. Opláštění stěn je uvažováno trapézovým plechem, který se nemusí podílet na ztužení konstrukce.

Konstrukci zastřešení tvoří spojitě nosníky složeného průřezu 2xC150-1,2 v osově vzdálenosti 625 mm. Nosníky jsou uloženy a kotveny k obvodovým stěnám i vnitřní nosné stěně. Nosníky jsou ve větším rozpětí zajištěny proti klopení příčnými paždíky z profilů C150-1,2. Ze stejných profilů je navrženo také ztužení v rovině střechy, které ve tvořeno vodorovnými příhradovými nosníky podél celého obvodu střechy. Opláštění střechy je uvažováno trapézovým plechem, který se nemusí podílet na ztužení konstrukce.

Spoje tenkostěnných profilů jsou řešeny pomocí samořezných šroubů. Kotvení k železobetonovým konstrukcím je pomocí mechanických kotev.

Uvažováno je se stálým zatížením dle architektonicko-stavební části projektu a skutečné hmotnosti navržených prvků. Zatížení sněhem je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-3 pro II. sněhovou oblast s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem $s_k=1,0 \text{ kN/m}^2$ včetně zatížení sesunutým sněhem ze střechy zimního stadionu (postup pro střechy sousedící s vyšší stavbou dle ČSN EN 1991-1-3). Zatížení větrem je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-4 pro II. větrnou oblast (výchozí základní rychlost větru 25,0 m/s) a pro kategorii terénu III. Užité zatížení je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-1 pro střechu jako zatížení kategorie H ($q_k=0,75 \text{ kN/m}^2$). Tento výpočet neřeší požární odolnost objektu.

2. Podklady, normy a software

- Požadavky investora
- Podklady dodavatele systému tenkostěnných konstrukcí
- Sortiment a charakteristiky dodavatele mechanických kotev
- Ocelové konstrukce – tabulky, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Ing. Zdeněk Sokol Ph.D., Prof. Ing. František Wald, CSc., 2010
- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Objemová tíha, vlastní tíha a užitná zatížení
- ČSN EN 1991-1-3: Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4: Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-3: Navrhování ocelových konstrukcí – Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované profily
- ČSN EN 1993-1-8: Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků
- ETAG 001 – Annex C
- MS Office 2010 (Word, Excel)
- ZWCAD 2020 (CAD software)
- Scia Engineer 17.1 (analýza konstrukce)

3. Výpočet zatížení konstrukce

3.1. Stálé zatížení a vlastní tíha

Vlastní tíha prvků dle jejich skutečné hmotnosti

3.1.1. Střecha

Materiál	Tloušťka	Obj. tíha	Zatížení
	mm	kN/m ³	kN/m ²
Trapézový plech	-	-	0,10
Celkem	$f_{g,1,k} =$		0,10

Zatížení vazníku dle zatěžovací šířky s $f_{g,k} = s * f_{g,1,k}$

Zatěžovací šířka

mm	kN/m
625	0,06

3.1.2. Stěny

Materiál	Tloušťka	Obj. tíha	Zatížení
	mm	kN/m ³	kN/m ²
Trapézový plech	-	-	0,10
Celkem	$f_{g,1,k} =$		0,10

Zatížení vazníku dle zatěžovací šířky s $f_{g,k} = s * f_{g,1,k}$

Zatěžovací šířka

mm	kN/m
625	0,06
1100	0,11
2000	0,20

3.2. Užité zatížení

Střecha - kat. H $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

$$f_{q,k} = s * q_k$$

Zatěžovací šířka	Zatížení
mm	kN/m
625	0,47

(Zatížení kategorie H na střeše není kombinováno s klimatickým zatížením střechy)

3.3. Zatížení sněhem

Sněhová oblast II

Charakteristická hodnota

$$s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

Tepelný součinitel $C_t = 1,0$

Součinitel expozice $C_e = 1,0$

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

Sklon střechy $\alpha = 5^\circ$

Tvarový součinitel $\mu_1 = 0,8$

Hodnota zatížení $f_s = 0,80 \text{ kN/m}^2$

$$f_{s,k} = s * f_s$$

	Zatěžovací šířka	Zatížení
	mm	kN/m
f_s	625	0,50

Střecha sousedící s vyšší částí stavby

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$
Spad sněhu na 1 bm

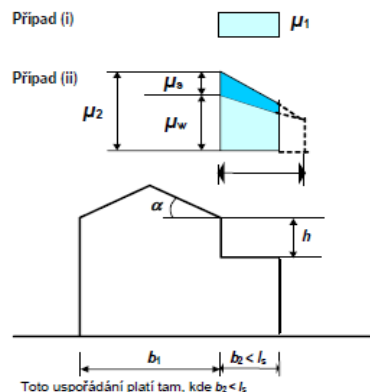
	$\mu_s =$	2,13
Působení větru	$h =$	0,3 m
$l_s = 2h \quad 5m \leq l_s \leq 15m$	$l_s =$	5 m
$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/s_k$	$b_1 =$	32 m
	$b_2 =$	6 m

Tabulka NA.1 – Maximální hodnoty součinitele μ_w

Sněhová oblast	I – IV	V – VI	VII – VIII
Max μ_w	2,0	3,0	4,0

	$\mu_w =$	0,60
	$\mu_2 =$	2,73
Hodnota zatížení	$f_s =$	2,19 kN/m ²

	Zatěžovací šířka mm	Zatížení kN/m
f_s	625	1,37



3.4. Zatížení větrem

Větrná oblast		II
Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0} =$	25 m/s
Součinitel směru větru	$c_{dir} =$	1,0
Součinitel ročního období	$c_{season} =$	1,0
Základní rychlost větru		

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

	$v_b =$	25 m/s
Výška nad terénem	$z =$	3,9 m
Kategorie terénu		III
Paramter drsnosti terénu	$z_0 =$	0,3 m
Minimální výška	$z_{min} =$	5 m
Součinitel terénu		

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

	$k_r =$	0,215
--	---------	-------

Součinitel drsnosti

$$c_r = k_r * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad c_r = 0,61$$

Součinitel trubulence	$k_t =$	1,0
-----------------------	---------	-----

Součinitel orografie	$c_0 =$	1,0
----------------------	---------	-----

Intenzita turbulence

$$I_v = \frac{k_t}{c_0 * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} \quad I_v = 0,355$$

Střední rychlost větru

$$v_m = c_r * c_0 * v_b \quad v_m = 15,15 \text{ m/s}$$

Měrná hmotnost vzduchu	ρ	1,25 kg/m ³
------------------------	--------	------------------------

Maximální dynamický tlak

$$q_p = (1 + 7 * I_v) * \frac{1}{2} \rho * v_m^2$$

	$q_p =$	500,3 Pa
--	---------	----------

	$q_p =$	0,50 kN/m ²
--	---------	------------------------

Tlak větru na povrchy

$$w_e = q_p * c_{pe}$$

Součinitele vnějšího tlaku c_{pe}

Svislé stěny

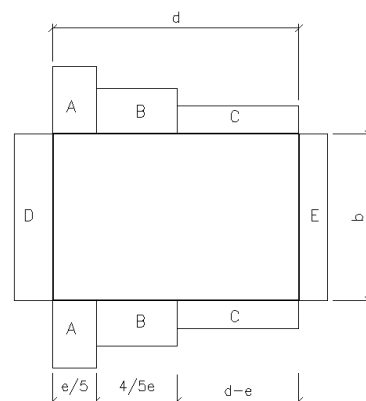
Směr větru - x

Výška budovy $h=$ 3,9 m
 Rozměr kolmý na směr větru $b=$ 6 m
 Rozměr rovnoběžný se směrem větru $d=$ 6 m
 Hodnota e

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

$e=$ 6 m
 $h/d=$ 0,65
 $e/5=$ 1,2 m
 $4/5e=$ 4,8 m
 $d-e=$ 0 m

směr x



Oblast	-	A	B	C	D	E
plocha	m ²	4,7	18,7	0,0	23,4	23,4
c_{pe}	-	-1,32	-0,80	-0,50	0,75	-0,41
w_e	kN/m ²	-0,66	-0,40	-0,25	0,38	-0,20

Zatížení sloupků kN/m

	zat. šíře	A	B	C	D	E
polovina	312,5	-0,21	-0,13	-0,08	0,12	-0,06
běžné	625	-0,41	-0,25	-0,16	0,24	-0,13
otvor 3400	2012,5	-1,33	-0,81	-0,50	0,76	-0,41

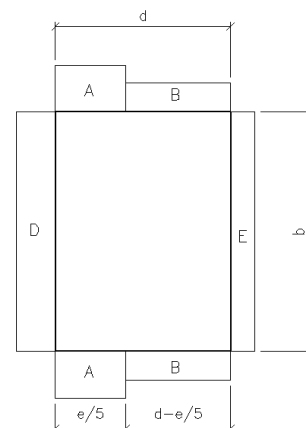
Směr větru - y

Výška budovy $h=$ 3,9 m
 Rozměr kolmý na směr větru $b=$ 6 m
 Rozměr rovnoběžný se směrem větru $d=$ 6 m
 Hodnota e

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

$e=$ 6 m
 $h/d=$ 0,65
 $e/5=$ 1,2 m
 $d-e/5=$ 4,8 m

směr y



Oblast	-	A	B	D	E
plocha	m ²	4,7	18,7	23,4	23,4
c_{pe}	-	-1,32	-0,80	0,75	-0,41
w_e	kN/m ²	-0,66	-0,40	0,38	-0,20

Zatížení sloupků kN/m

	zat. šíře	A	B		D	E
polovina	312,5	-0,21	-0,13	0,00	0,12	-0,06
běžné	625	-0,41	-0,25	0,00	0,24	-0,13
otvor 3400	2012,5	-1,33	-0,81	0,00	0,76	-0,41

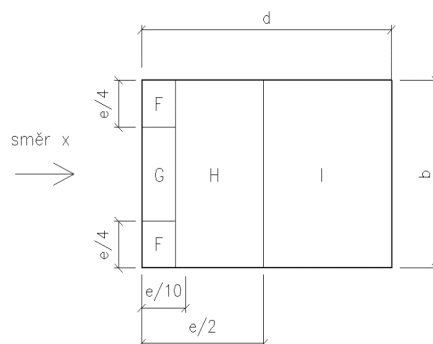
Plochá střecha

Směr větru - x

Výška budovy	h=	3,9 m
Výška atiky nad rovinou střechy	h_p =	0 m
Rozměr kolmý na směr větru	b=	6 m
Rozměr rovnoběžný se směrem větru	d=	6 m
Hodnota e		

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

e=	6 m
h_p/h =	0,00
e/10=	0,6 m
e/4=	1,5 m
e/2=	3 m



Oblast	-	F	G	H	I
plocha	m ²	0,9	1,8	14,4	18,0
c_{pe}	-	-2,20	-1,74	-0,70	-0,20
w_e	kN/m ²	-1,10	-0,87	-0,35	-0,10

Oblast I - kladné i záporné hodnoty

Zatížení kN/m

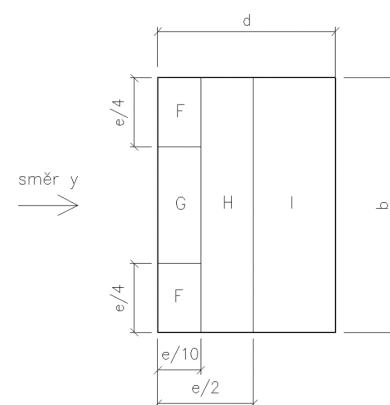
	zat. šíře	F	G	H	I
Polovina	312,5	-0,34	-0,27	-0,11	-0,03
Běžné	625	-0,69	-0,54	-0,22	-0,06

Směr větru - y

Výška budovy	h=	3,9 m
Výška atiky nad rovinou střechy	h_p =	0 m
Rozměr kolmý na směr větru	b=	6 m
Rozměr rovnoběžný se směrem větru	d=	6 m
Hodnota e		

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

e=	6 m
h_p/h =	0,00
e/10=	0,6 m
e/4=	1,5 m
e/2=	3 m



Oblast	-	F	G	H	I
plocha	m ²	0,9	1,8	14,4	18,0
c_{pe}	-	-2,20	-1,74	-0,70	-0,20
w_e	kN/m ²	-1,10	-0,87	-0,35	-0,10

Oblast I - kladné i záporné hodnoty

Zatížení kN/m

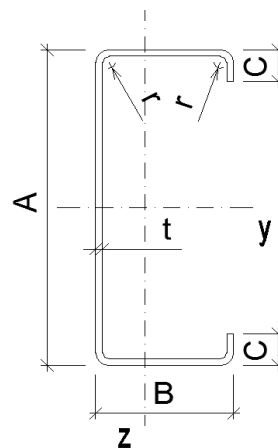
	zat. šíře	F	G	H	I
Polovina	312,5	-0,34	-0,27	-0,11	-0,03
Běžné	625	-0,69	-0,54	-0,22	-0,06

4. Parametry použitých profilů

PROFILY BORABELA

rozměry v mm

Označení profilu	PARAMETR				
	A	B	C	r	t
C100-1,2	100	41,3	10	1,5	1,2
C100-1,6	100	41,3	10	1,5	1,6
C150-1,2	150	45	10	1,5	1,2
C150-1,6	150	45	10	1,5	1,6

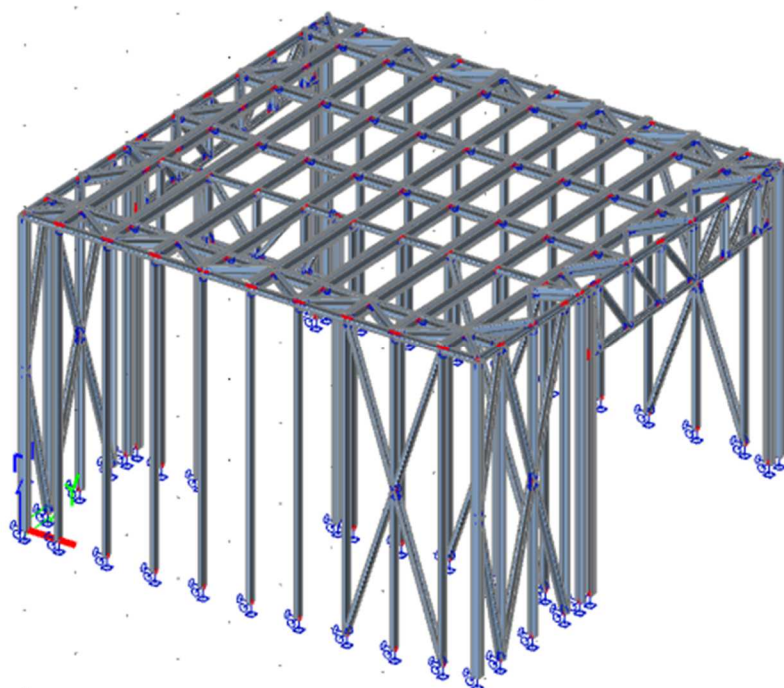


PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY PROFILŮ DLE ČSN EN 1993-1-3

Název	Označení	Jednotka	Profil			
			C100-1,2	C100-1,6	C150-1,2	C150-1,6
Plná plocha průřezu	A	mm ²	223,98	297,99	290,56	387,53
Hmotnost	g	kg/m	1,81	2,41	2,36	3,14
Efektivní plocha průřezu při působení normálové síly	A _{eff}	mm ²	143,45	221,34	143,35	226,61
Posun těžišťové osy y v důsledku působení normálové síly	e _{Ny}	mm	0,00	0,00	0,00	0,00
Posun těžišťové osy z v důsledku působení normálové síly	e _{Nz}	mm	1,39	1,02	2,31	2,18
Moment setrvačnosti k ose y pro plný průřez	I _y	mm ⁴	340433	444982	939865	1237760
Moment setrvačnosti k ose z pro plný průřez	I _z	mm ⁴	47481	61185	66499	85955
Poloměr setrvačnosti k ose y pro plný průřez	i _y	mm	38,99	38,64	56,87	56,52
Poloměr setrvačnosti k ose z pro plný průřez	i _z	mm	14,56	14,33	15,13	14,89
Výšečový moment setrvačnosti	I _ω	mm ⁶	210573163	272223197	590822221	768849471
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I _t	mm ⁴	100,46	241,73	130,33	314,36
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y ₀	mm	24,32	23,98	23,04	22,69
Efektivní moment setrvačnosti k ose y	I _{eff,y}	mm ⁴	319045	431074	798834	1164213
Efektivní moment setrvačnosti k ose z	I _{eff,z}	mm ⁴	36939	51809	46422	65682
Efektivní průřezový modul k ose y	W _{eff,y}	mm ³	6220	8591	9719	15177
Efektivní průřezový modul k ose z	W _{eff,z}	mm ³	1579	2121	1811	2445
Moment únosnosti při ohybu okolo osy y	M _{Rd,y}	kNm	2,18	3,01	3,40	5,31
Moment únosnosti při ohybu okolo osy z	M _{Rd,z}	kNm	0,55	0,74	0,63	0,86
Smyková únosnost stojiny ve směru z	V _{b,Rd,z}	kN	16,00	28,94	12,61	28,94
Smyková únosnost stojin ve směru y	V _{b,Rd,y}	kN	18,33	24,32	20,07	26,67

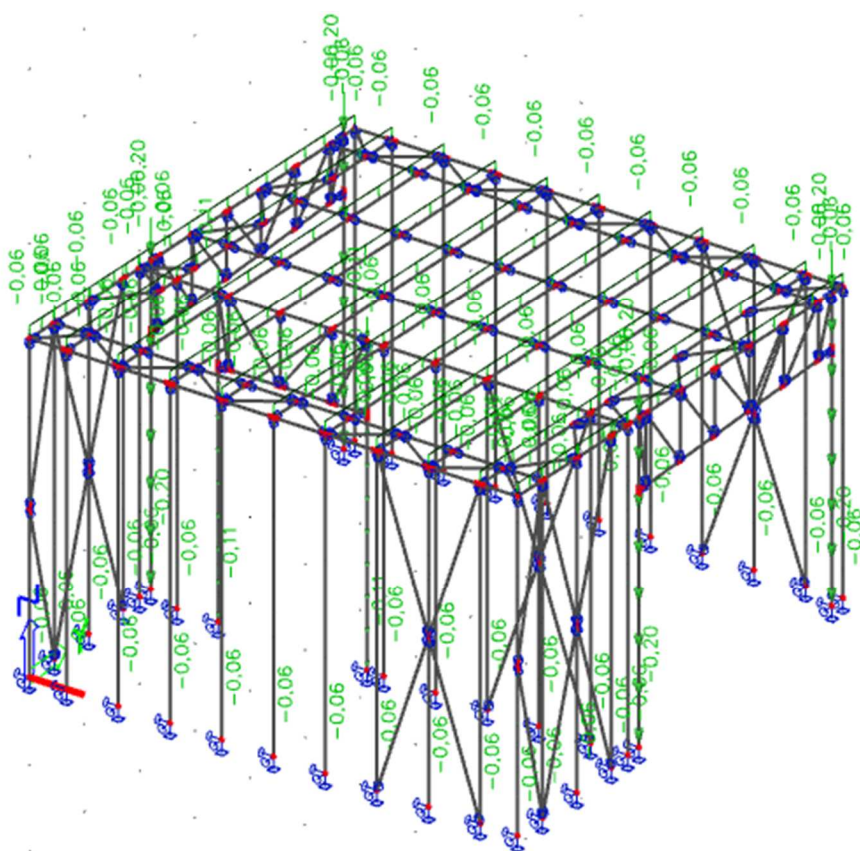
Poznámky: Profily jsou vyrobeny z materiálu S350GD+Z275 ($f_y = 350$ MPa, $f_u = 420$ MPa, $t_{zinc} = 0,04$ mm)
Efektivní parametry průřezu jsou stanoveny pro délku nosníku mezi body s nulovým momentem $L_e > 2500$ mm
(zanedbává se smykové ochabnutí v pásnicích)
Hodnoty únosností jsou vypočteny podle ČSN EN 1993 s uvážením součinitele $\gamma_{M1} = 1,0$
Hodnoty momentů únosnosti jsou vypočteny za předpokladu příčného podepření tlačené pásnice dle ČSN EN 1993
(nenastává klopení)
Při posuzování smykové únosnosti je v některých případech třeba brát v úvahu také únosnost stojiny v podpoře
nebo v místě lokálního zatížení
Oslabený průřez vznikne vystřihnutím zpětných ohybů neboli okrajových výztuh
(z profilu tvaru C stává profil tvaru U)

5. Analýza konstrukce

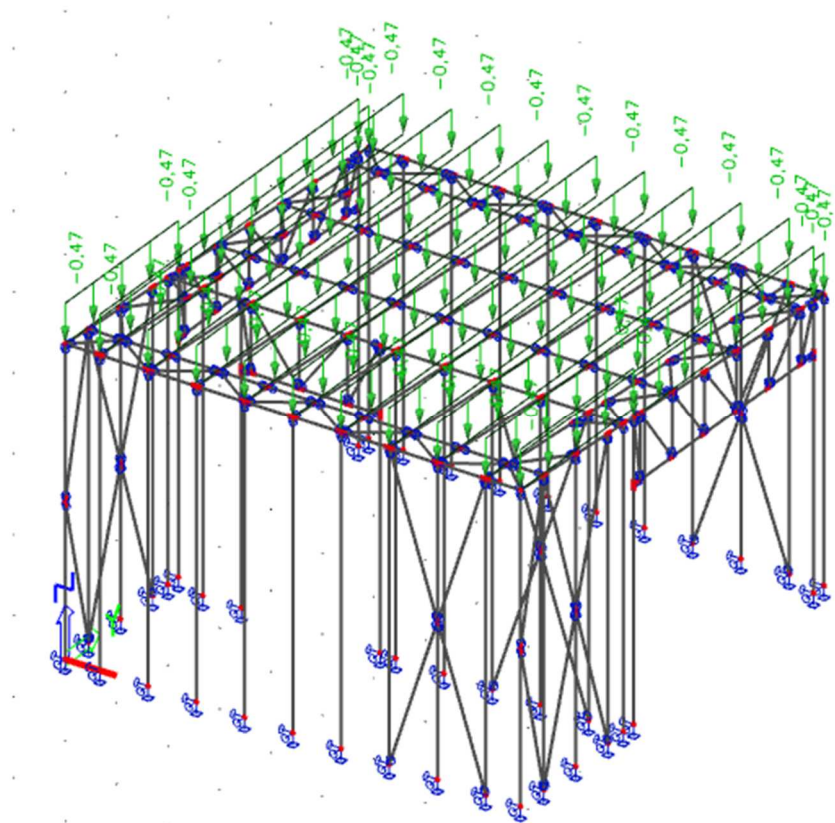


Výpočetní model konstrukce

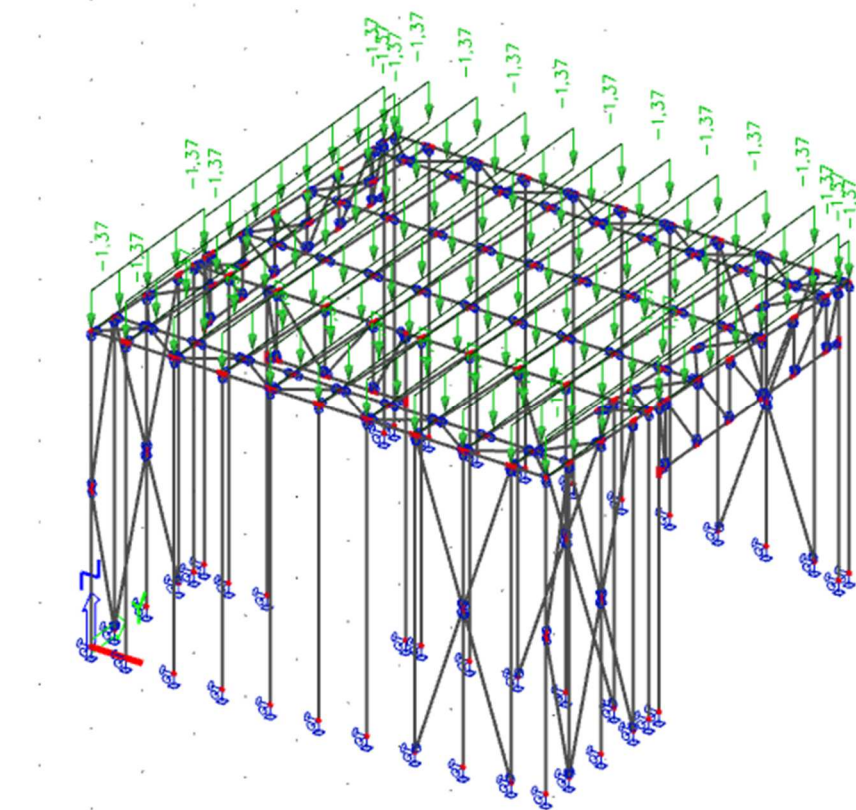
ZS1 – vlastní tíha – generována automaticky – není zobrazeno



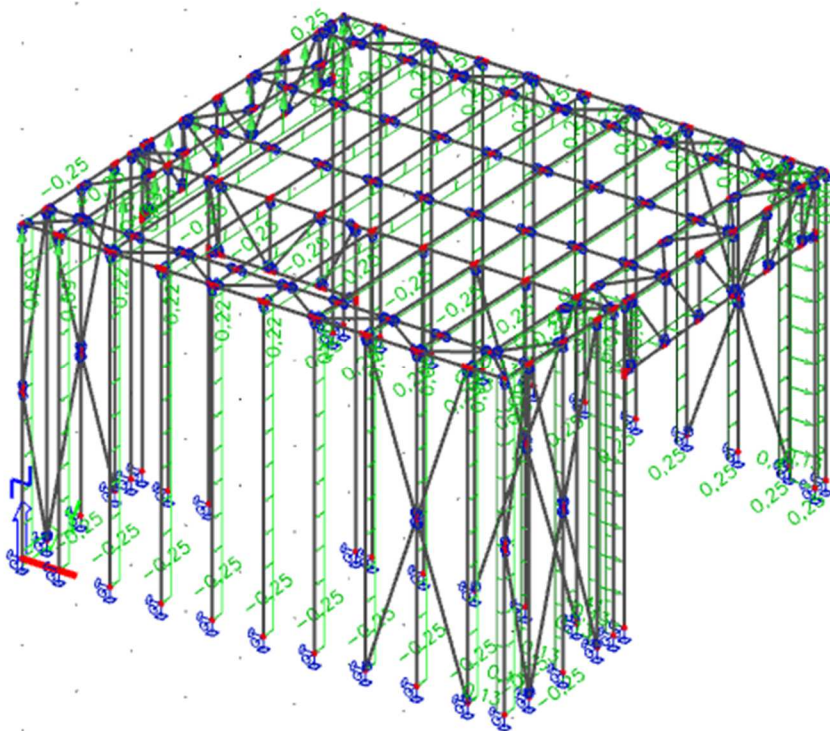
ZS2 – stálé zatížení



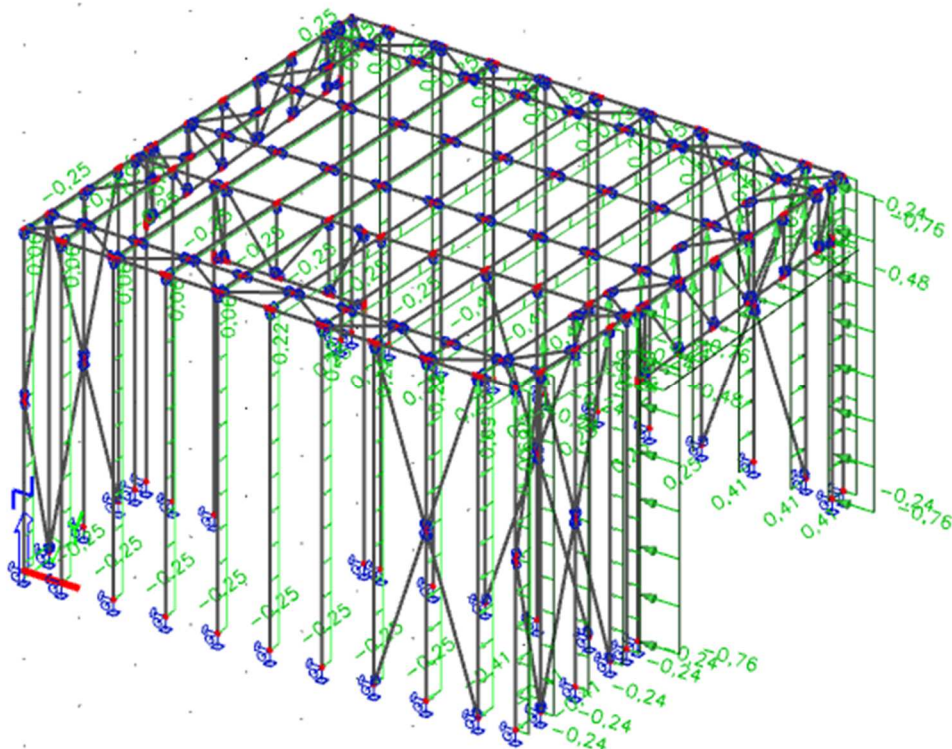
ZS3 – užitné zatížení střechy – kat.H (kN/m)



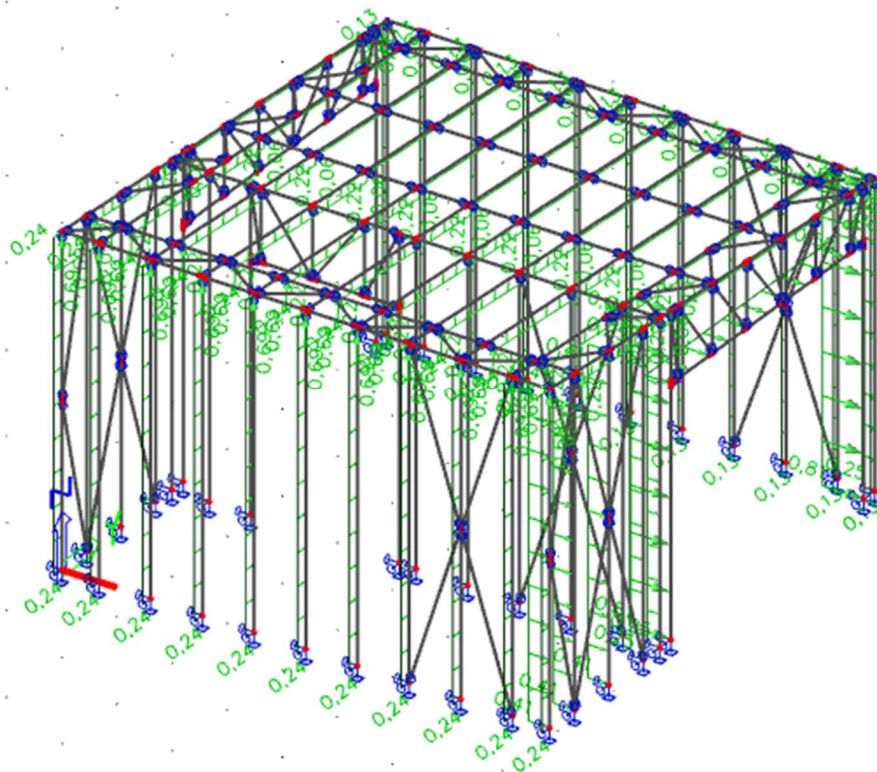
ZS4 – zatížení sněhem (kN/m)



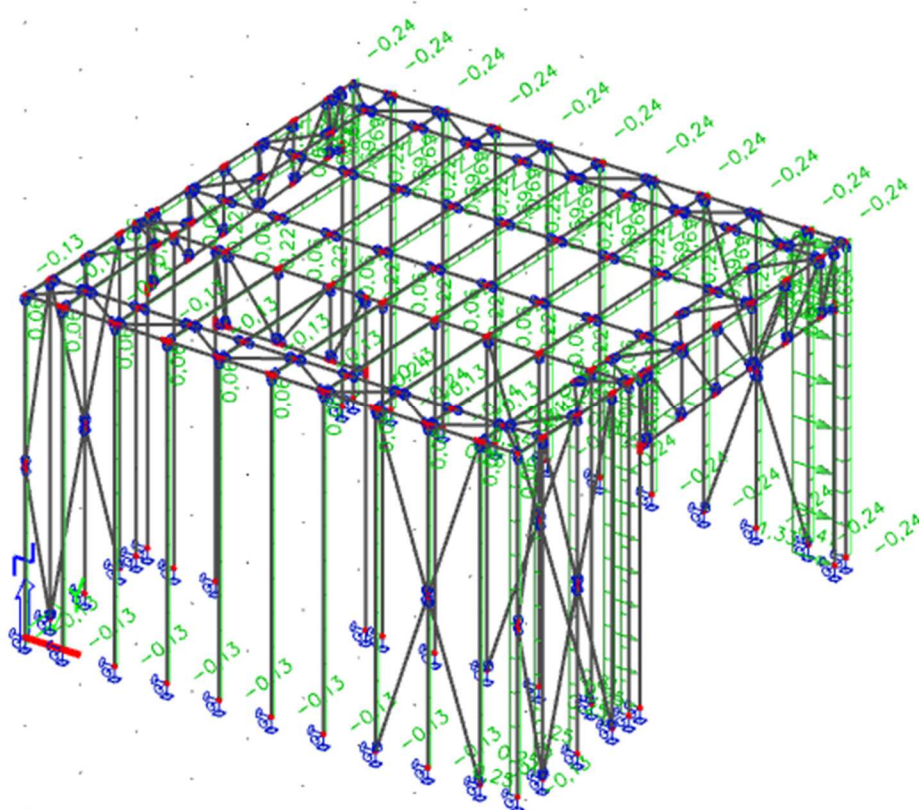
ZS5 – zatížení větrem – směr x+ sání (kN/m)



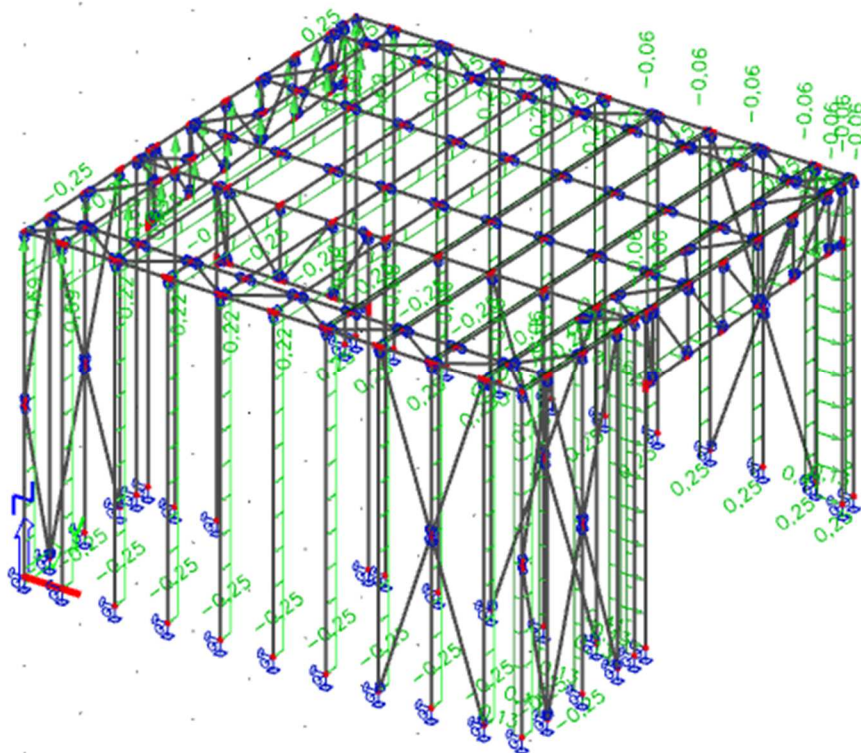
ZS6 – zatížení větrem – směr x- sání (kN/m)



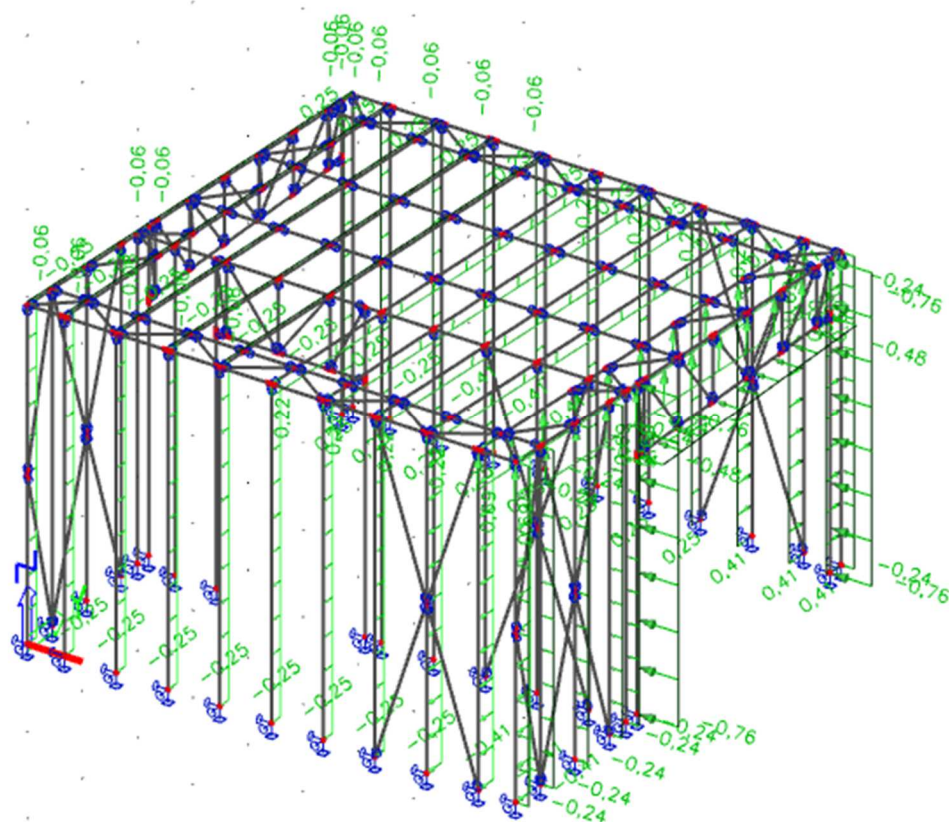
ZS7 – zatížení větrem – směr y+ sání (kN/m)



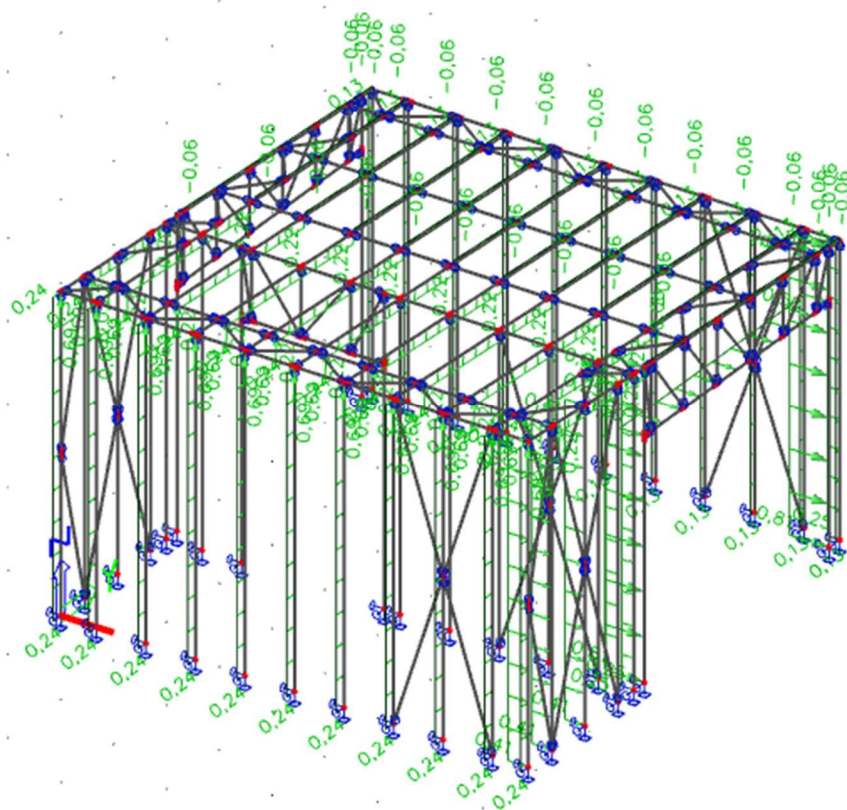
ZS8 – zatížení větrem – směr y- sání (kN/m)



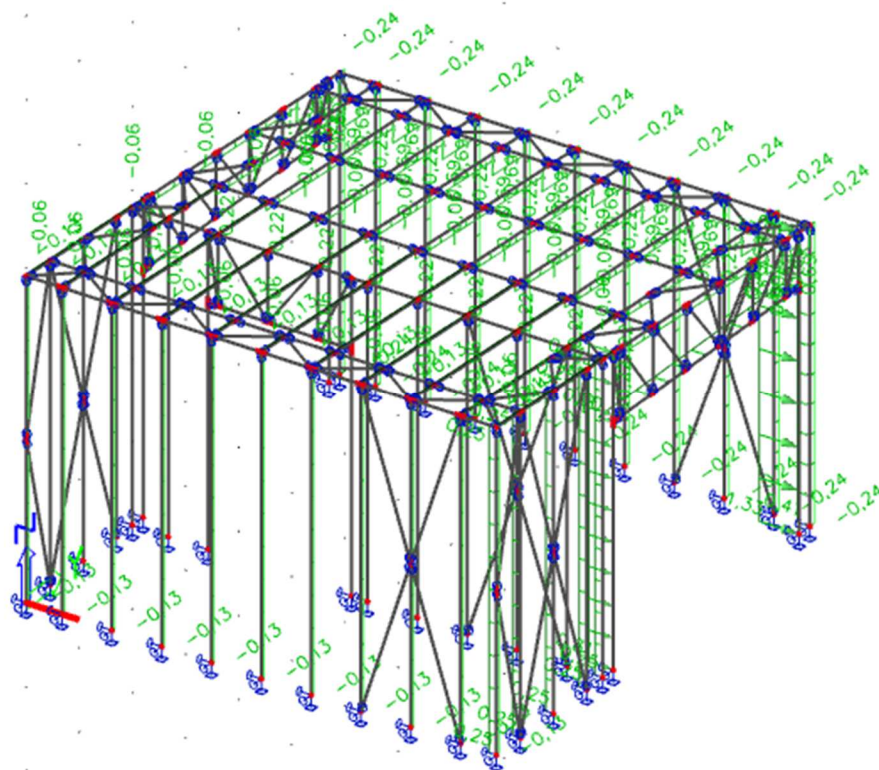
ZS9 – zatížení větrem – směr x+ tlak (kN/m)



ZS10 – zatížení větrem – směr x- tlak (kN/m)



ZS11 – zatížení větrem – směr y+ tlak (kN/m)



ZS12 – zatížení větrem – směr y- tlak (kN/m)

Pro ověření únosnosti byly použity kombinace výše uvedených zatěžovacích stavů podle rovnic:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{STR / GEO – soubor B}$$

Pro ověření mezního stavu použitelnosti byly použity kombinace výše uvedených zatěžovacích stavů podle rovnice:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{Charakteristická kombinace}$$

Návrhové hodnoty vnitřních sil jsou generované z obalové křivky všech kombinací.

$\gamma_G = 1,35$ pro nepříznivé stálé zatížení a vlastní tíhu

$\gamma_G = 1,0$ pro příznivé stálé zatížení a vlastní tíhu

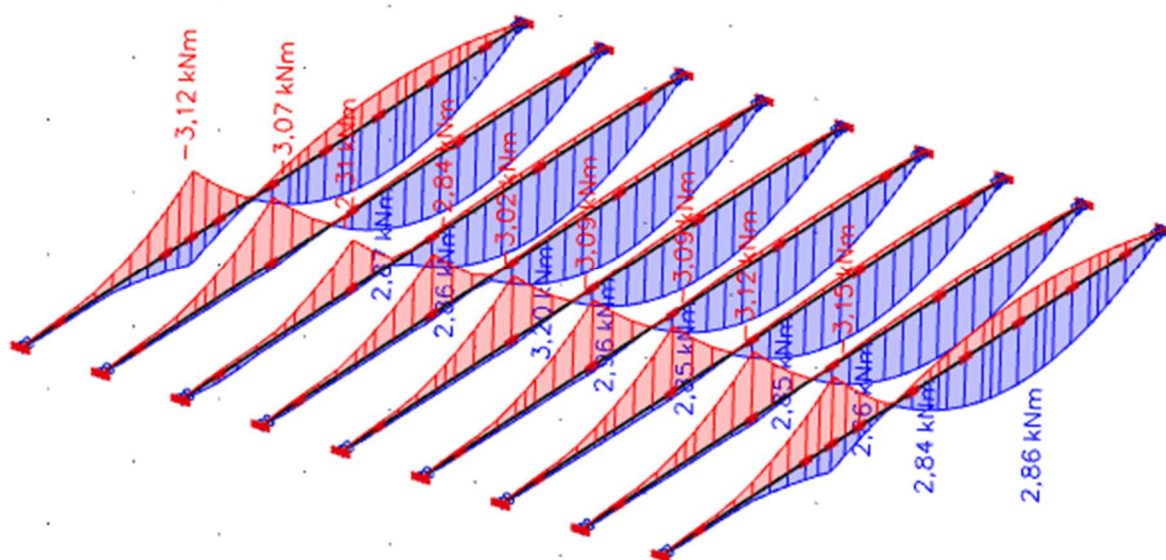
$\gamma_Q = 1,5$ pro proměnné zatížení

$\psi_0 = 0,5$; $\psi_1 = 0,2$; $\psi_2 = 0,0$ pro zatížení sněhem

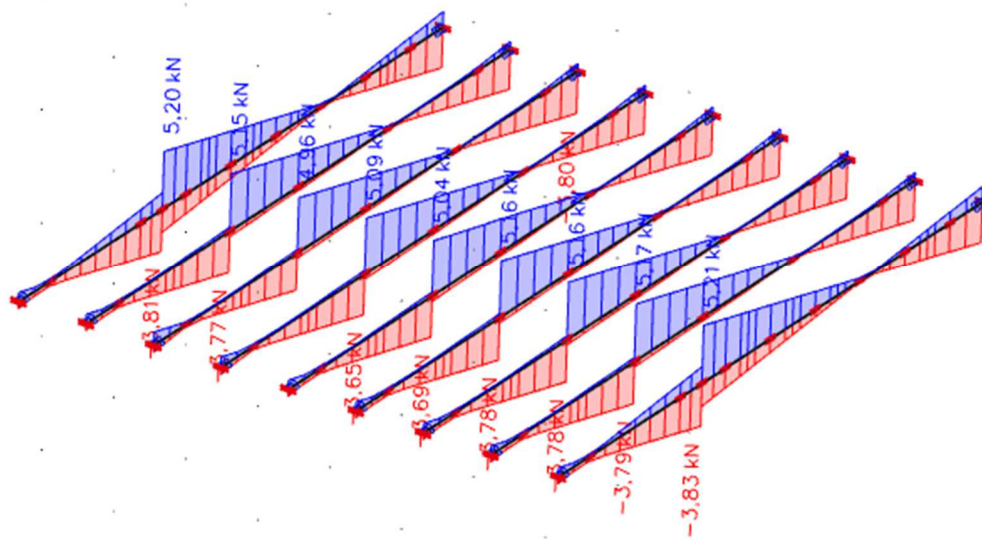
$\psi_0 = 0,6$; $\psi_1 = 0,2$; $\psi_2 = 0,0$ pro zatížení větrem

$\psi_0 = 0,0$; $\psi_1 = 0,0$; $\psi_2 = 0,0$ pro užité zatížení střechy

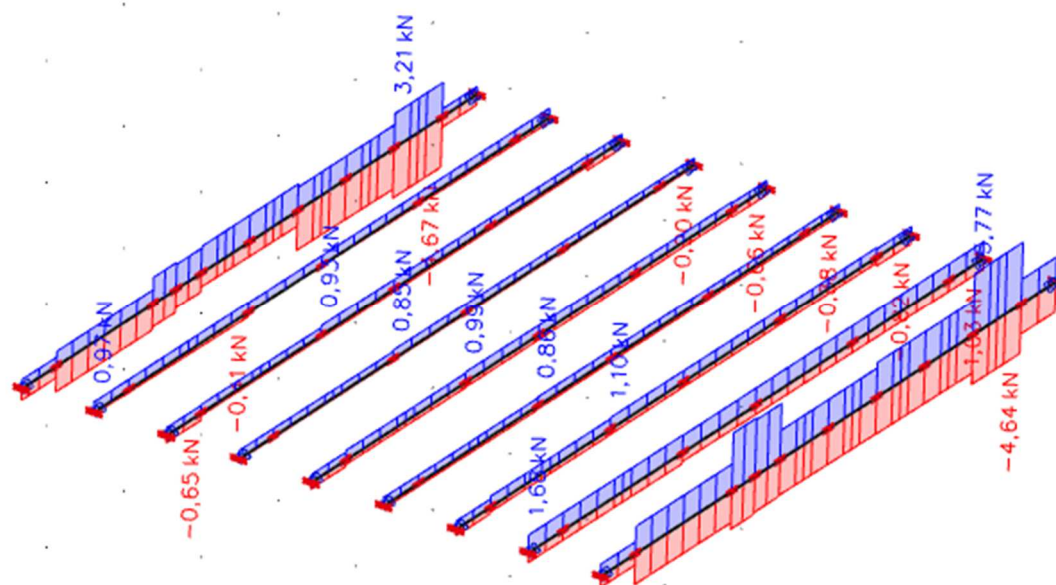
Užité zatížení střechy kategorie H není kombinováno s klimatickým zatížením střechy.



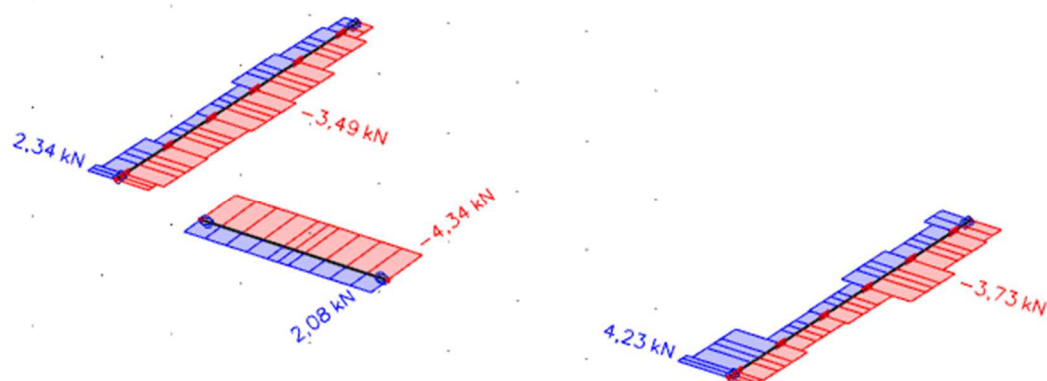
Střešní nosníky – $M_{v,ED}$ (kNm)



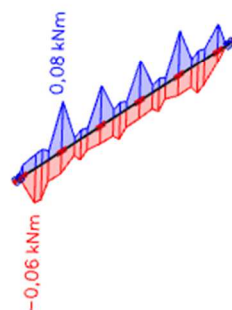
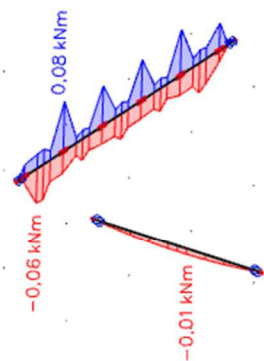
Střešní nosníky – $V_{z,ED}$ (kN)



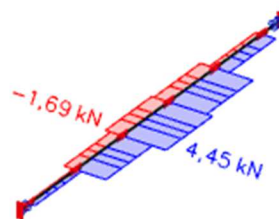
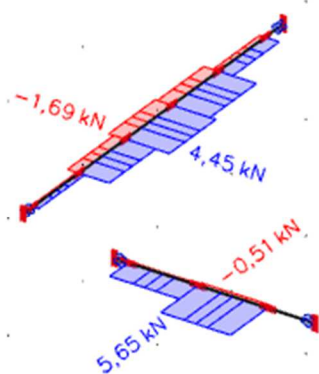
Střešní nosníky – N_{ED} (kN)



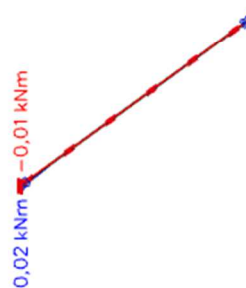
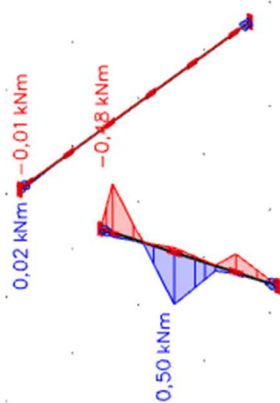
Překlady – horní pas – N_{ED} (kN)



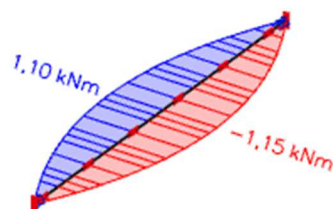
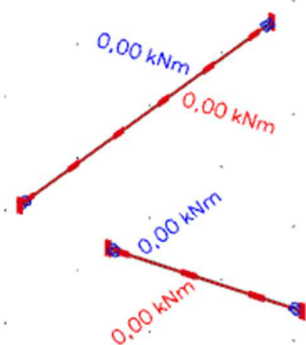
Překlady – horní pas – $M_{z,ED}$ (kNm)



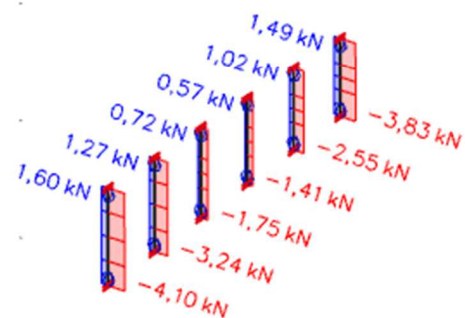
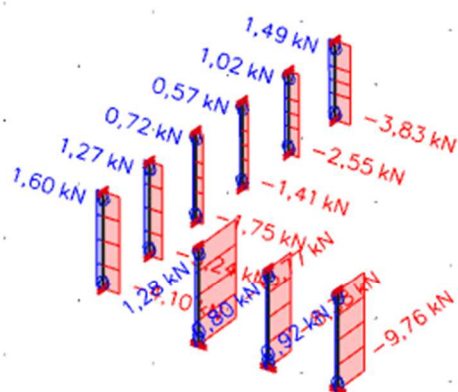
Překlady – dolní pas – N_{ED} (kN)



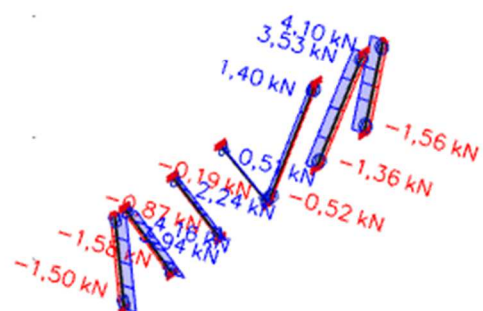
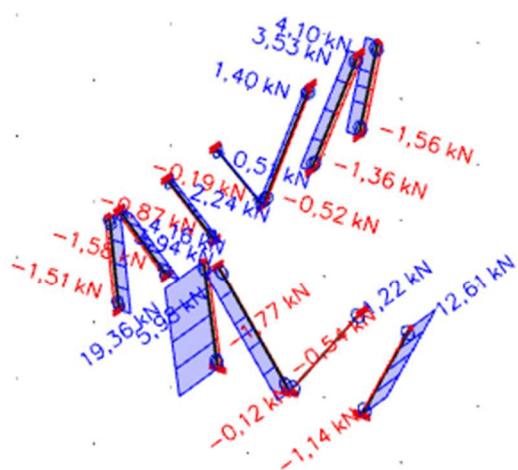
Překlady – dolní pas – $M_{z,ED}$ (kNm)



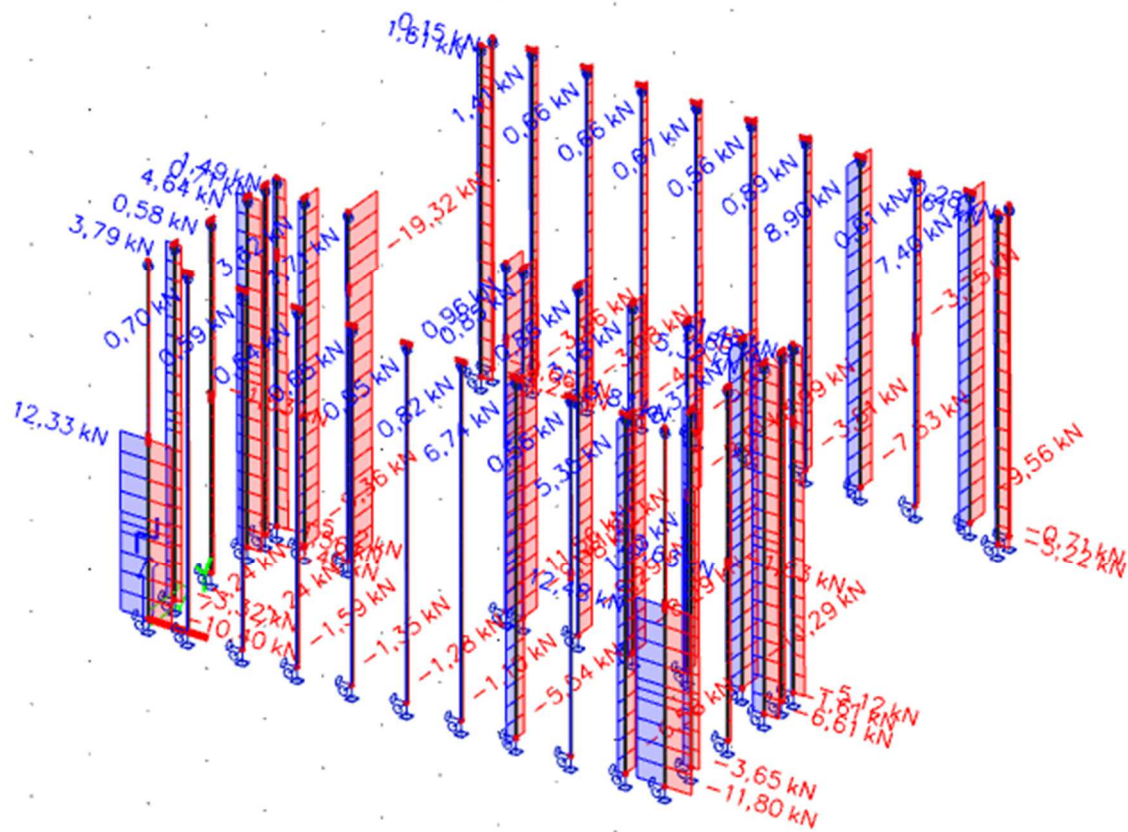
Překlady – dolní pas – $M_{v,ED}$ (kNm)



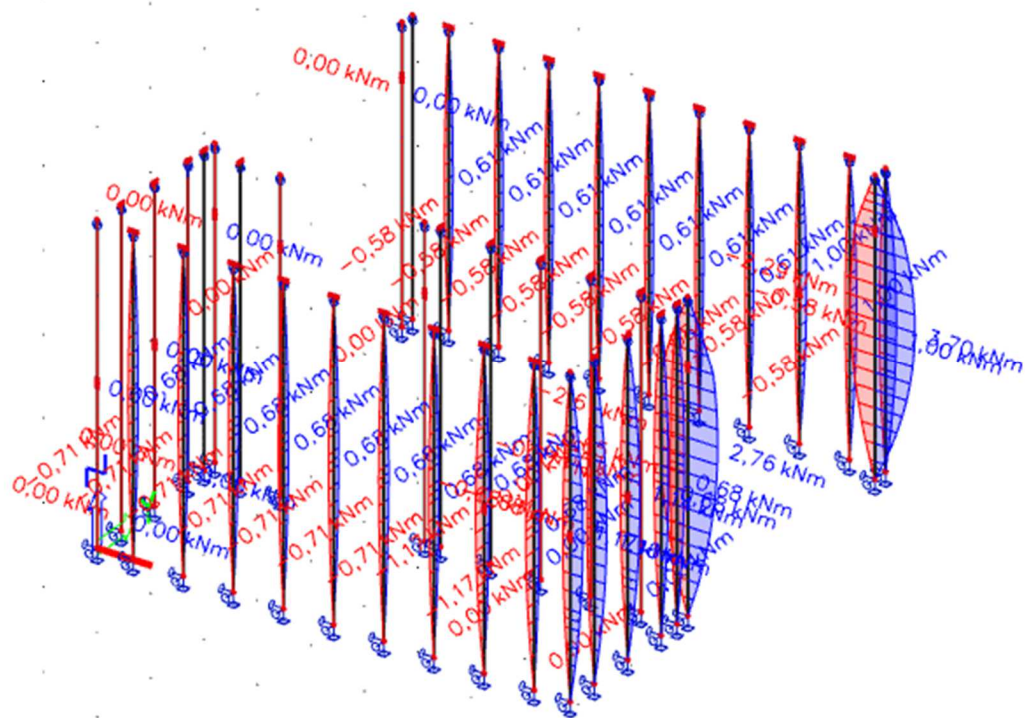
Překlady – svislice – N_{ED} (kN)



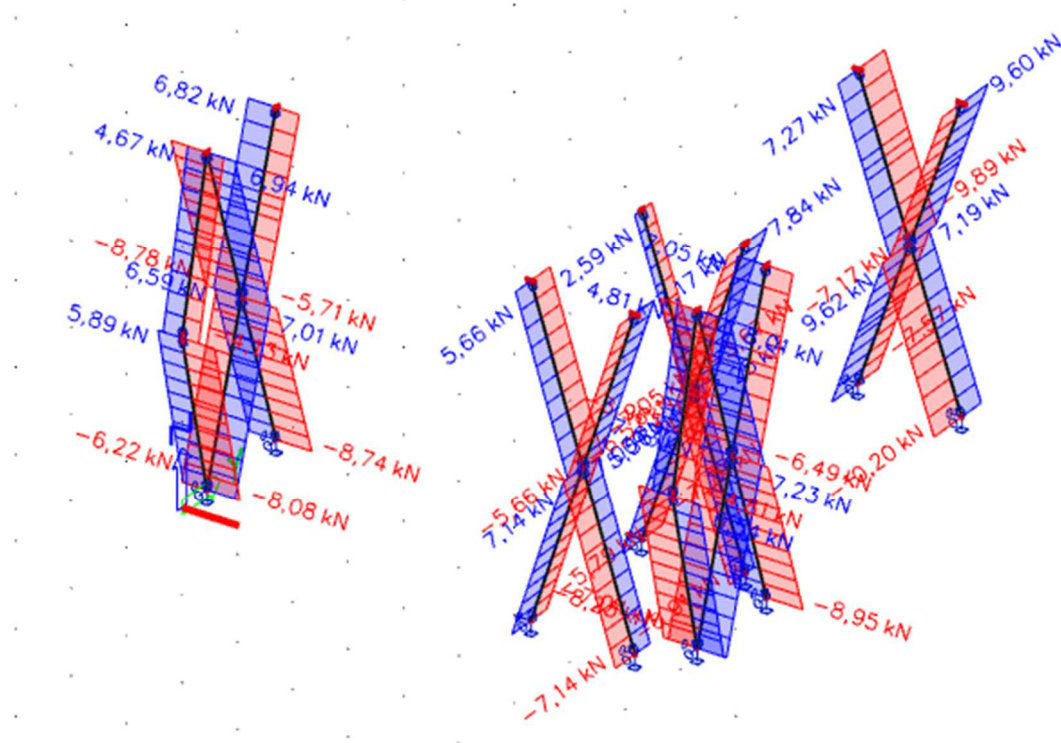
Překlady – diagonály – N_{ED} (kN)



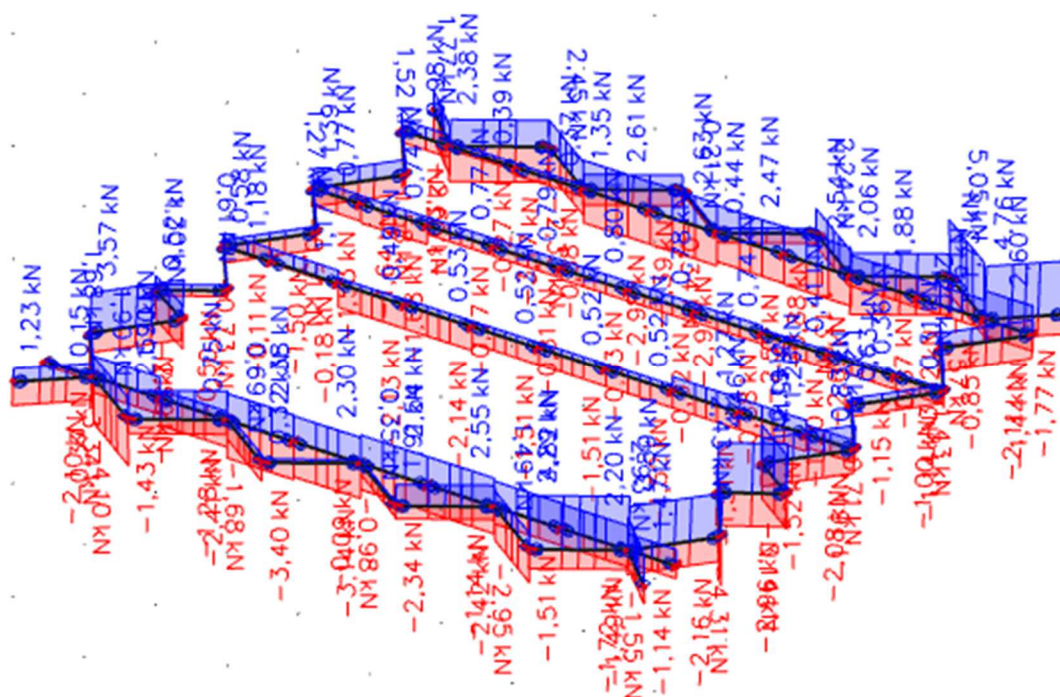
Sloupky – N_{ED} (kN)



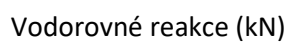
Sloupky – $M_{y,ED}$ (kNm)

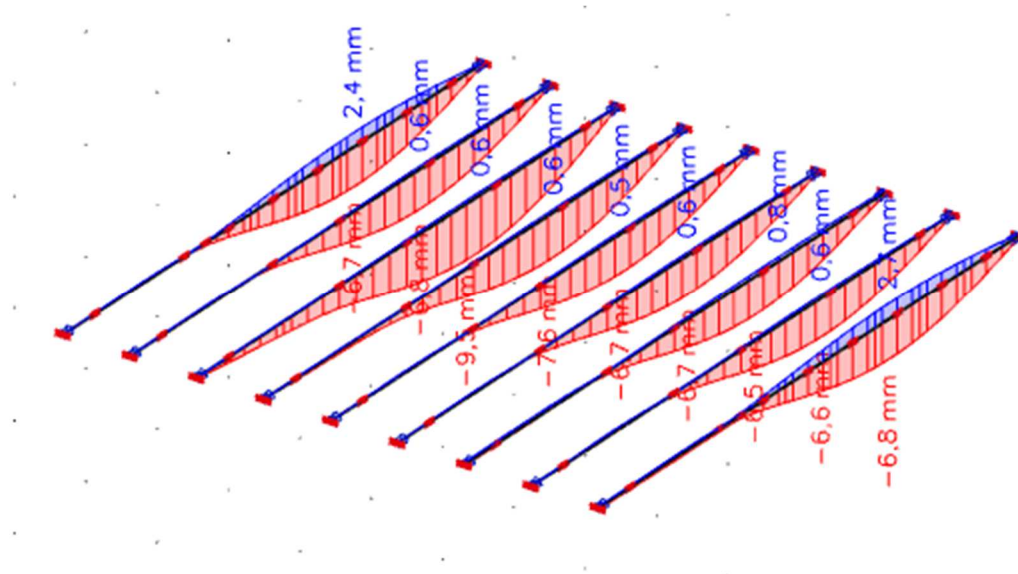


Ztužení stěn – N_{ED} (kN)

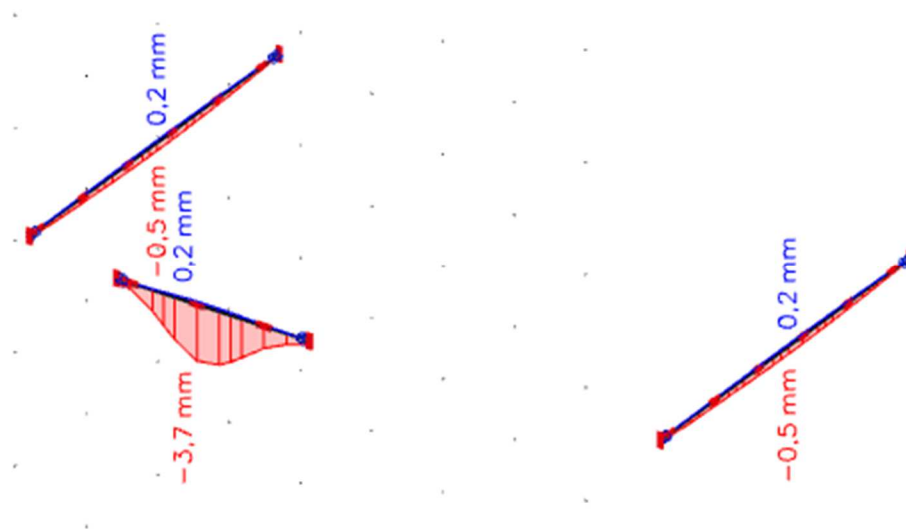


Ztužení střechy – N_{ED} (kN)





Svislá deformace střešních nosníků



Svislá deformace překladů

6. Posouzení prvků konstrukce pro mezní stav únosnosti

Kombinace ohybu a normálové síly

Číslo	Prvek	Profil	Účinky zatížení			Únosnost				Posouzení	
			N _{ED} (kN)	M _{y,ED} (kNm)	M _{z,ED} (kNm)	N _{t,RD} (kN)	N _{c,RD} (kN)	M _{RD,y} (kNm)	M _{RD,z} (kNm)	Využití M+N %	Vyhovuje?
1	Střešní nosník v poli	2xC150-1,2	-4,67	3,20	0,00	203,39	-71,10	4,84	1,26	83,1	vyhovuje
2	Střešní nosník nad podporou	2xC150-1,2	-4,67	3,15	0,00	203,39	-71,10	4,48	1,26	86,8	vyhovuje
3	Překlad - horní pas	C100-1,2	-4,34	0,00	0,08	78,39	-44,43	2,18	0,55	36,9	vyhovuje
4	Překlad - dolní pas	C100-1,2	5,56	1,15	0,02	78,39	-30,72	2,18	0,55	79,0	vyhovuje
5	Překlad - svislice	C100-1,2	-13,77	0,00	0,00	78,39	-40,63	2,18	0,55	33,9	vyhovuje
6	Překlad - diagonála	C100-1,2	19,36	0,00	0,00	78,39	-35,46	2,18	0,55	24,7	vyhovuje
7	Sloupek obvodový jednoduchý	C100-1,2	-9,29	1,00	0,00	78,39	-25,77	2,18	0,55	97,8	vyhovuje
8	Sloupek obvodový zdvojený	2xC100-1,2	-5,22	3,40	0,00	156,79	-51,54	4,36	1,10	98,0	vyhovuje
9	Sloupek vnitřní	C100-1,2	-19,32	0,00	0,00	78,39	-25,77	2,18	0,55	75,0	vyhovuje
10	Ztužení stěn	C100-1,2	-10,20	0,00	0,00	78,39	-17,45	2,18	0,55	58,5	vyhovuje
11	Ztužení střechy	C100-1,2	-3,40	0,00	0,00	78,39	-17,45	2,18	0,55	19,5	vyhovuje

Poznámka:

Záporná hodnota normálové síly = tlak

Vzpěrná únosnost prutů je vypočtena na základě jejich vzpěrných délek

Posouzení kombinace namáhání podle vztahů dle ČSN EN 1993-1-3 vzorec 6.36:

Kombinace tahu a ohybu:

$$\left(\frac{N_{ED}}{N_{t,RD}}\right)^{0,8} + \left(\frac{M_{y,ED}}{M_{y,RD}}\right)^{0,8} + \left(\frac{M_{z,ED}}{M_{z,RD}}\right)^{0,8} \leq 1,0$$

Kombinace tlaku a ohybu

$$\left(\frac{N_{ED}}{N_{c,RD}}\right)^{0,8} + \left(\frac{M_{y,ED}}{M_{y,RD}}\right)^{0,8} + \left(\frac{M_{z,ED}}{M_{z,RD}}\right)^{0,8} \leq 1,0$$

Jednotlivé části složených průřezů musí být vzájemně vhodně spojeny min. po 400mm

Sloupky musí být zajištěny proti vzpěru v rovině stěny pomocí paždíků ve třetinách své výšky

Střešní nosníky musí být ve třetinách většího rozpětí zajištěny proti klopení (například paždíky navazujícími na ztužení v rovině střechy)

7. Posouzení prvků konstrukce pro mezní stav použitelnosti

Číslo	Prvek	Profil	Deformace	Limit L/	Rozpětí	Limit	Využití	Vyhovuje?
			(mm)	(-)	(mm)	(mm)	(%)	(-)
1	Střešní nosník	-	9,5	250	3900	15,6	60,9	vyhovuje
2	Překlad	-	3,7	400	1800	4,5	82,2	vyhovuje

8. Přípoje

8.1. Přípoje prvků tloušťky 1,2mm a 1,2mm šrouby průměru 4,8 mm

Tloušťka plechu 1	$t_1 =$	1,2 mm	
Tloušťka plechu 2	$t_2 =$	1,2 mm	
Průměr závitu šroubu	$d =$	4,8 mm	
Průměr dířku použitých šroubů	$d_0 =$	3,5 mm	
Rozteče	$e_1 =$	15 mm	
	$e_2 =$	15 mm	
	$p_1 =$	15 mm	
	$p_2 =$	15 mm	
Mez pevnosti oceli plechu	$f_u =$	420 MPa	
Dílčí součinitel	$\gamma_{M2} =$	1,25	
Počet šroubů v přípoji	$n =$	1	
Char. únosnost šroubu ve střihu (TAB)	$F_{v,Rk,i} =$	8 kN	Hodnota z tabulky výrobce
Únosnost ve střihu			

$$F_{v,Rd} = \frac{n * F_{v,Rk,i}}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 6,40 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení dle ČSN EN 1993-1-8

$$F_{b,Rd} = n * \frac{k_1 \alpha_b f_u d_0 t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0; \frac{e_1}{3d}; \frac{p_1}{3d} - \frac{1}{4} \right) \quad \text{předpoklad } f_{ub} > f_u$$

$$\alpha_b = 1,00$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \frac{e_2}{d} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$k_1 = 2,50$$

$$F_{b,Rd} = 4,84 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení dle ČSN EN 1993-1-3

$$\text{Tloušťka tenčího z plechů} \quad t = 1,2 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka tlustšího z plechů} \quad t_1 = 1,2 \text{ mm}$$

$$F_{b,Rd} = n * \frac{\alpha f_u d_0 t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{pro } t=t_1 \quad \alpha = 3,2\sqrt{(t/d)} \quad \text{ale } \alpha \leq 2,1$$

$$\text{pro } t_1 \geq 2,5 * t \text{ a } t < 1,0 \text{ mm} \quad \alpha = 3,2\sqrt{(t/d)} \quad \text{ale } \alpha \leq 2,1$$

$$\text{pro } t_1 \geq 2,5 * t \text{ a } t \geq 1,0 \text{ mm} \quad \alpha = 2,1$$

mezilehlé hodnoty interpolací

$$\alpha = 1,60$$

$$F_{b,Rd} = 3,10 \text{ kN}$$

$$\text{Výsledná únosnost jednoho šroubu} \quad F_{Rd} = 3,10 \text{ kN}$$

Počet šroubů v přípoji (ks)	2	4	6	8	10	12	14
Výsledná únosnost (kN)	6,19	12,39	18,58	24,77	30,97	37,16	43,35

8.2. Únosnost šroubů v tahu

Vytržení

Plech tl. 1,2 mm

Počet šroubů	n=	1 ks
Průměr šroubu	d=	4,8 mm
Mez pevnosti plechu	$f_{u,sup}$ =	420 Mpa
Tloušťka plechu	t_{sup} =	1,2 mm

$$F_{o,Rd} = n0,45dt_{sup}f_{u,sup}/\gamma_{M2}$$

$$F_{o,Rd} = \mathbf{0,87 \text{ kN}}$$

Protažení hlavičky

Plech tl. 1,2 mm

Počet šroubů	n=	1 ks
Průměr hlavy šroubu	d_w =	9,3 mm
Mez pevnosti plechu	f_u =	360 Mpa
Tloušťka plechu	t=	1,20 mm

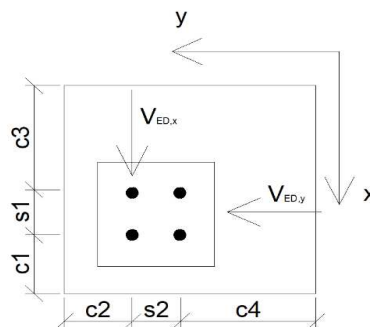
$$F_{o,Rd} = n0,5d_w t f_u / \gamma_{M2}$$

$$F_{o,Rd} = \mathbf{1,61 \text{ kN}}$$

8.3. Kotvení - čtyři kotvy M10

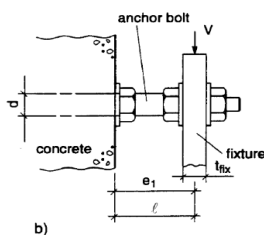
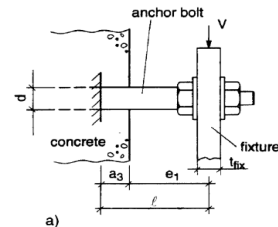
1. Zatížení

Tahová síla	$N_{ED} =$	17,67 kN
Smyková síla	$V_{ED,x} =$	3,15 kN
	$V_{ED,y} =$	0,00 kN
	$V_{ED} =$	3,15 kN
Vzdálenosti od okraje	$c_1 =$	1000 mm
	$c_2 =$	70 mm
	$c_3 =$	1000 mm
	$c_4 =$	360 mm
	$c_{min} =$	70 mm
		vyhovuje
Rozteče	$s_1 =$	80 mm
	$s_2 =$	80 mm
	$s_{min} =$	60 mm
		vyhovuje



2. Geometrie

Označení kotvy	TopKraft ATX
Počet kotev	$n =$ 4 ks
Trhliny	Bez trhlin
Vyztužení okraje	kotva v betonu bez trhlin a v betonu s trhlinami bez vyztužení okraje
Třída betonu	C20/25
tloušťka betonu	$h =$ 150 mm
Průměr kotvy	$d =$ 10 mm
Efektivní kotevní hloubka	$h_{ef} =$ 45 mm
tloušťka kotevní desky	$t_{fix} =$ 5 mm
Mezera mezi kotevní deskou a betonem	$e =$ 0 mm
Typ distančního uložení	a
	$a_3 =$ 0 mm
	$e_1 =$ 0 mm
Rameno působení smykové síly	$l = a_3 + e_1$
Ohybový moment	$M_{ED} = V_{ED} \frac{l}{\alpha_M}$
Součinitel omezení natočení (1,0 - 2,0)	$\alpha_M =$ 1,0
	$M_{ED} =$ 0 kNm



3. Únosnost v tahu

3.1. Porušení oceli

Charakteristická únosnost v tahu (udává dodavatel kotev v příslušném ETA)	$N_{Rk,s} =$ 122,4 kN
--	-----------------------

3.2. Vytažení kotvy

Třída betonu	C20/25
Charakteristická únosnost při vytažení pro C20/25 (udává dodavatel kotev v příslušném ETA)	$N_{Rk,p}^0 =$ 48,00 kN
	$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \psi_c$
Zvyšující součinitel pro třídu betonu	$\psi_c =$ 1
Charakteristická únosnost při vytažení	$N_{Rk,p} =$ 48,00 kN

3.3. Porušení betonového kužele

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \psi_{s,N} \psi_{re,N} \psi_{ec,N}$$

Základní charakteristická únosnost

$$N_{Rk,c}^0 = 7,2 f_{ck,cube} h_{ef}^{1,5} \quad \text{pro beton s trhlinami}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 10,1 f_{ck,cube} h_{ef}^{1,5} \quad \text{pro beton bez trhlín}$$

Strana čtverce základny = kritická osová vzdálenost

$$s_{cr,N} = 3h_{ef}$$

Kritická vzdálenost kotvy od okraje

$$c_{cr,N} = 1,5h_{ef} = 0,5s_{cr,N}$$

Ideální plocha základny

$$A_{c,N}^0 = n * (s_{cr,N})^2$$

Skutečná plocha základny

$$A_{c,N} = (\min(c_1; c_{cr,N}) + \min(s_1; s_{cr,N}) + \min(c_3; 0,5s_{cr,N})) (\min(c_2; c_{cr,N}) + \min(s_2; s_{cr,N}) + \min(c_4; 0,5s_{cr,N}))$$

$$A_{c,N} = 46225 \text{ mm}^2$$

Součinitel drolení povrchu

$$\psi_{re,N} = 0,5 + \left(\frac{h_{ef}}{200} \right) \leq 1,0$$

$$\psi_{re,N} = 0,73$$

Součinitel blízkosti okraje

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \frac{c_{min}}{c_{cr,N}} \leq 1,0$$

$$\psi_{s,N} = 1,00$$

Součinitel excentricity při působení více kotev

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + 2 \frac{e_N}{s_{cr,N}}} \leq 1,0 \quad \text{pro centrický tah}$$

$$e_N = 0 \text{ mm}$$

$$\psi_{ec,N} = 1,00$$

$$N_{Rk,c} = 140,2 \text{ kN}$$

3.4. Rozštěpení betonu

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,N(sp)}}{A_{c,N(sp)}^0} \psi_{s,N} \psi_{re,N} \psi_{ec,N} \psi_{h,sp}$$

$$s_{cr,sp} = 270 \text{ mm}$$

$$c_{cr,sp} = 135 \text{ mm}$$

Ideální plocha základny

$$A_{c,N(sp)}^0 = n * (s_{cr,sp})^2$$

$$A_{c,N(sp)}^0 = 291600 \text{ mm}^2$$

Skutečná plocha základny

$$A_{c,N(sp)} = (\min(c_1; c_{cr,sp}) + \min(s_1; s_{cr,sp}) + \min(c_3; 0,5s_{cr,sp})) (\min(c_2; c_{cr,sp}) + \min(s_2; s_{cr,sp}) + \min(c_4; 0,5s_{cr,sp}))$$

$$A_{c,N(sp)} = 99750 \text{ mm}^2$$

Součinitel tloušťky betonu

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}} \right)^{\frac{2}{3}} \leq 1,5$$

$$h_{min} = 150 \text{ mm}$$

$$\psi_{h,sp} = 1,00$$

$$N_{Rk,sp} = 75,61 \text{ kN}$$

3.5. Kombinace vytažení a vytržení

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \frac{A_{N,p}}{A_{N,p}^0} \psi_{s,Np} \psi_{re,Np} \psi_{ec,Np} \psi_{g,Np}$$

Základní charakteristická únosnost

$$N_{Rk,p}^0 = \pi d h_{ef} \tau_{Rk,cr} \quad \text{pro beton s trhlinami} \quad \tau_{Rk,cr} = 7,2$$

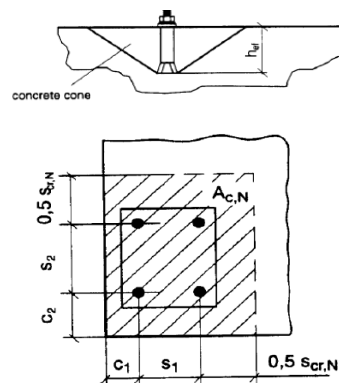
$$N_{Rk,p}^0 = \pi d h_{ef} \tau_{Rk,ucr} \quad \text{pro beton bez trhlín} \quad \tau_{Rk,ucr} = 10,1$$

$$N_{Rk,p}^0 = 57,11 \text{ kN}$$

$$s_{cr,Np} = 20d \sqrt{\frac{\tau_{Rk,ucr}}{7,5}} \leq 3h_{ef}$$

$$s_{cr,Np} = 135,00 \text{ mm}$$

$$c_{cr,Np} = 67,50 \text{ mm}$$



$$\psi_{g,Np} = n^{0,5} + (n^{0,5} - 1) \left\{ (d\tau_{Rk}) / \left[\tau_{Rk} (h_{ef} f_{ck, cube})^{0,5} \right] \right\}^{1,5}$$

$$\psi_{g,Np} = 2,16$$

Ideální plocha základny

$$A_{N,p}^0 = n * (s_{cr,Np})^2$$

$$A_{N,p}^0 = 72900 \text{ mm}^2$$

Skutečná plocha základny

$$A_{N,p} = \left(\min(c_1; c_{cr,Np}) + \min(s_1; s_{cr,Np}) + \min(c_3; 0,5s_{cr,Np}) \right) \left(\min(c_2; c_{cr,Np}) + \min(s_2; s_{cr,Np}) + \min(c_4; 0,5s_{cr,Np}) \right)$$

$$A_{N,p} = 46225 \text{ mm}^2$$

Součinitel drobení povrchu

$$\psi_{re,Np} = 0,5 + \left(\frac{h_{ef}}{200} \right) \leq 1,0$$

$$\psi_{re,Np} = 0,73$$

Součinitel blízkosti okraje

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \frac{c_{min}}{c_{cr,Np}} \leq 1,0$$

$$\psi_{s,Np} = 0,86$$

Součinitel excentricity při působení více kotev

$$\psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + 2 \frac{e_N}{s_{cr,Np}}} \leq 1,0 \quad \text{pro centrický tah}$$

$$e_N = 0 \text{ mm}$$

$$\psi_{ec,Np} = 1,00$$

$$N_{Rk,Np} = 48,6 \text{ kN}$$

Charakteristická hodnota únosnosti v tahu

$$N_{Rk} = 48,0 \text{ kN}$$

Součinitel bezpečnosti

$$\gamma_M = 1,5$$

Návrhová hodnota únosnosti v tahu

$$N_{Rd} = 32,00 \text{ kN}$$

4. Únosnost ve smyku

4.1. Porušení oceli

pro montáž bez distance

$$V_{Rk,s,1} = 61,2 \text{ kN}$$

pro distanční montáž

$$V_{Rk,s,2} = \frac{\alpha_M M_{Rk,s}}{l}$$

$$M_{Rk,s}^0 = 63,3 \text{ Nm}$$

$$N_{Rd,s} = 81,60 \text{ kN}$$

$$M_{Rk,s} = 49,59 \text{ Nm}$$

$$V_{Rk,s,2} = \text{##### kN}$$

$$V_{Rk,s} = 61,20 \text{ kN}$$

4.2. Plošné vylomení betonu

$$V_{Rk,c} = k N_{Rk,c}$$

$$k = 1 \text{ pro } h_{ef} < 60 \text{ mm}$$

$$k = 2 \text{ pro } h_{ef} \geq 60 \text{ mm}$$

$$V_{Rk,c} = 140,16 \text{ kN}$$

4.3. Vylomení bočního kužele betonu

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \psi_{s,V} \psi_{h,V} \psi_{\alpha,V} \psi_{ec,V} \psi_{re,V}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 d_{nom}^{\alpha} h_{ef}^{\beta} \sqrt{f_{ck, cube}} c_1^{1,5}$$

$$k_1 = 1,7 \text{ pro beton s trhlinami}$$

$$k_1 = 2,4 \text{ pro beton bez trhlín}$$

$$\alpha = 0,1 \left(\frac{l_f}{c_1} \right)^{0,5}$$

$$\beta = 0,1 \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2}$$

$$k_1 = 2,4$$

$$l_f = 45 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,021$$

$$\beta = 0,040$$

$$V_{Rk,c}^0 = 1854,68 \text{ kN}$$

Teoretická základna kuželu

$$A_{c,V}^0 = 1,5 c_1 * 3 c_1$$

$$A_{c,V}^0 = 4500000 \text{ mm}^2$$

Skutečná základna kuželu

$$A_{c,V} = \min(1,5c_1; h) * [\min(s_1; 3c_1) + \min(c_2; 1,5c_1) + \min(c_4; 1,5c_1)]$$

pro $V_{ED,x}$

$$A_{c,V} = \min(1,5c_2; h) * [\min(s_2; 3c_2) + \min(c_1; 1,5c_2) + \min(c_3; 1,5c_2)]$$

pro $V_{ED,y}$

$$A_{c,V,x} = 76500 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,V,y} = 30450 \text{ mm}^2$$

Součinitel blízkosti okraje

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \frac{c_2}{1,5c_1} \leq 1,0$$

$$\psi_{s,V,x} = 0,71$$

$$\psi_{s,V,y} = 1,00$$

Součinitel tloušťky betonu

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5c_1}{h} \right)^{1/2} \geq 1,0$$

$$\psi_{h,V,x} = 3,16$$

$$\psi_{h,V,y} = 1,00$$

Součinitel směru smykové síly

$$\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{2,5} \right)^2}} \geq 1,0$$

$$\alpha_V = 0,0^\circ$$

$$\psi_{\alpha,V} = 1,0$$

Součinitel excentricity smykového namáhání

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2e_v}{3c_1}} \leq 1,0$$

pro jednu kotvu

$$e_v = 0 \text{ mm}$$

$$\psi_{ec,V} = 1,00$$

Součinitel vyztužení betonu

$$\psi_{re,V} = 1,00$$

$$\psi_{re,V} = 1,20$$

$$\psi_{re,V} = 1,40$$

kotva v betonu bez trhlin a v betonu s trhlinami bez vyztužení okraje

kotva v betonu s trhlinami a s vyztuženým okrajem ($> \varnothing 12 \text{ mm}$)

kotva v betonu s trhlinami a s vyztuženým okrajem ($> \varnothing 12 \text{ mm}$ a $třminky a < 100 \text{ mm}$)

$$\psi_{re,V} = 1,00$$

$$V_{Rk,C,x} = 71,19 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,C,y} = 12,55 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,C} = 71,19 \text{ kN}$$

Charakteristická hodnota únosnosti ve smyku

$$V_{Rk} = 61,2 \text{ kN}$$

Součinitel bezpečnosti

$$\gamma_M = 1,5$$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku

$$V_{Rd} = 40,80 \text{ kN}$$

5. Posouzení

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \right)^\alpha \leq 1,0$$

$\alpha = 2,0$ pokud rozhoduje porušení oceli

$\alpha = 1,5$ pro všechny ostatní případy

$$\alpha = 2$$

$$0,31 < 1,0$$

vyhovuje