ING. RADEK PAZDERA
Autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb
Neradice 2274
688 01 Uherský Brod

Ičo : 461 94 720

tel. : 724 157 403
e-mail : r.pazdera@seznam.cz

Objekt/PS	Stupeň	Číslo kopie
	OP	

Název zakázky:

Statické posouzení ocelových a hliníkových dílců sestavy FVK-22 pro instalace FV panelů na ploché střechy

Investor: **Robert Marek, Bánov 274, PSČ 687 54, IČ 65323238**

Objednatel: **Robert Marek, Bánov 274, PSČ 687 54, IČ 65323238**

Název dokumentace

Dokumentace odborné pomoci

Statické posouzení ocelových a hliníkových dílců sestavy FVK-22 pro instalace FV panelů na ploché střechy

Pořadové číslo: **01**

Vypracoval	Schválil		Datum	Celk. počet A4
Ing. Radek Pazdera	Ing. Radek Pazdera		01 / 2023	41

STATICKÝ VÝPOČET

Veškerá práva na tuto dokumentaci z hlediska autorského zákona přísluší výhradně autorovi. Bez schválení autora nesmí být tato dokumentace ani její část kopírována, rozmnožována ani zpřístupněna třetí straně.

OBSAH :

STATICKÝ VÝPOČET ... 3
1. Úvod, účel a předmět dokumentace ... 3
2. Použité podklady, literatura, software ... 3
3. Stručný popis posuzovaných konstrukčních prvků ... 3
3.1. Rámy ... 4
3.2. Profily „Omega“ ... 5
3.3. Krycí plech ... 6
3.4. Zátěžová vana ... 6
4. Statický výpočet - zatížení ... 7
4.1. Stálé zatížení ... 7
4.2. Zatížení sněhem ... 7
4.3. Zatížení větrem ... 7
4.3.1. Základní zatížení - referenční ... 7
4.3.2. Zatížení maximální ... 9
5. Statický výpočet čelní krycí desky ... 11
5.1. Prostorový model - vstupní data ... 11
5.2. Prostorový model - výstupy ... 13
5.3. Posouzení ... 14
6. Statický výpočet rámů a nosníků „omega“ ... 14
6.1. Prostorový model - vstupní data ... 14
6.2. Prostorový model - výstupy ... 20
6.3. Posouzení ... 23
6.3.1. Extrémy vnitřních sil ... 23
6.3.2. Posouzení rozhodujících profilů ... 24
6.3.3. Posouzení přípojů ... 24
7. Statický výpočet zátěžové vany ... 24
7.1. Prostorový model - vstupní data ... 25
7.2. Prostorový model - výstupy ... 31
7.3. Posouzení ... 36
7.3.1. Posouzení z hlediska 1. mezního stavu ... 36
7.3.2. Posouzení z hlediska stability ... 37
7.4. Rekapitulace výsledků posouzení, stanovení limitních vztlakových sil ... 37
8. Závěr ... 40

STATICKÝ VÝPOČET

1. Úvod, účel a předmět dokumentace

Předmětem dokumentu je statický výpočet a posouzení ocelových a hliníkových dílců sestavy FVK-22 pro instalace FV panelů na ploché střechy stabilizované pomocí zátěže. Jedná se o hlavní nosný rám, čelní krycí plech a plechovou zátěžovou vanu. Předmětem je návrh a posouzení nosných konstrukcí pro limitní hodnoty zatížení, zejména klimatických. Není předmětem posouzení konkrétní instalace na konkrétní objekt. Toto musí být vždy doloženo samostatným standardním statickým posouzením, zejména posouzení na účinky zatížení větrem, stanovení nutné zátěže, které je vždy individuální.

Nosné konstrukce jsou navrženy a posouzeny v souladu s platnými ČSN-EN.

2. Použité podklady, literatura, software

NORMY :

- ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 – Zatížení stavebních konstrukcí
- ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1999 – Navrhování hliníkových konstrukcí

LITERATURA :

- Hořejší-Šafka : Statické tabulky

PODKLADY :

- Konstrukční dokumentace jednotlivých dílů konstrukce včetně inspekčních certifikátů materiálů hliníkových slitin předané objednatelem
- Průběžné konzultace s objednatelem

SOFTWARE :

- FEAT 98 – výpočty prostorových konstrukcí metodou konečných prvků /SmartSoft Praha/

Ve statickém výpočtu jsou doloženy pouze výstupy nutné pro posouzení konstrukcí a úplnost statického výpočtu. Podrobné kompletní výpočtové modely jsou archivovány u zpracovatele.

3. Stručný popis posuzovaných konstrukčních prvků

Nosná konstrukce pro uložení panelů FVE je složena z příhradových rámů v osové vzdálenosti 1650 mm délky cca 1100 mm. Tyto rámy ve tvaru pultu se sklonem 15^{o} jsou kotveny na zatěžovací vany, které jsou orientovány podélně s dolním pasem rámu. K vaně jsou kotveny pomocí šroubů M10. Vana je vyložena zatěžovacími betonovými dlaždicemi, které zajišťují stabilitu konstrukce vůči vztlaku větru. Na horní pasy rámů

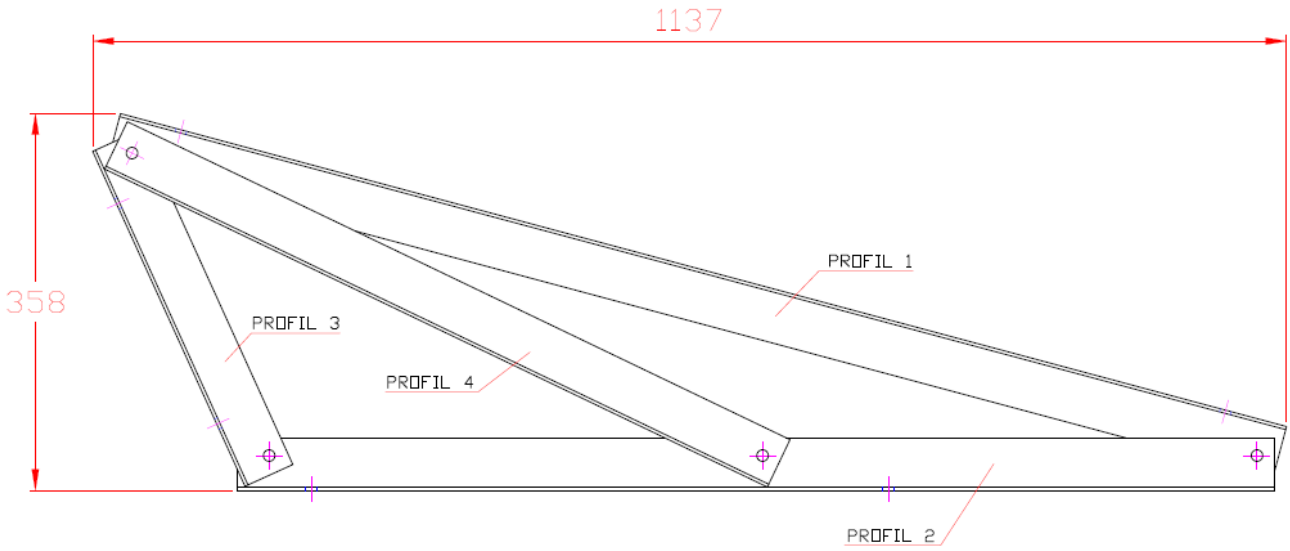
jsou kolmo na ně uloženy podélné nosníky „solar profil“, které slouží pro uložení vlastních panelů FVE. Ze zadní strany je prostor ohraničen bočním plechem, který zabraňuje nepříznivému působení větru pod vlastní panel tz. podfouknutí panelu. Celá konstrukce i její jednotlivé díly musí odolat povětrnostním podmínkám, zejména účinkům větru a sněhu. Konstrukce jako celek je uložena na střešní plášť a její stabilita musí být zajištěna pouze dostatečnou zátěží uloženou do zátěžové vany.

3.1. Rámy

Rámy jsou tvořeny úhelníky profilu L 50 x 50 x 3 mm z hliníkové slitiny. Jednotlivé prvky rámu jsou spojeny šrouby M10. Staticky rám působí jako rovinná příhradová konstrukce podepřená v místech kotvení k zátěžové vaně. Zatížení je vnášeno v místech uložení nosníku „solar profil“ na okrajích horního pásu. Podélné profily „solar profil“ jsou rámy podporovány a současně slouží k vzájemnému propojení rámů v podélném směru. Schema konstrukce rámu je na obrázku č. 1, materiálový list na obr. č. 2.

Návrhová pevnost materiálu slitiny je konzervativně uvažována jako 0,7 násobek meze kluzu materiálu:

f_{RD} = 0,7 x 189 = 132 MPa



Obr. 1: Schema konstrukce rámu

Inspection certificate 3.1

Cert No: 856531	Accorting to: EN 10204:2004	Date of issue: 03/08/2022

Customer:	ALUPA s. r. o.	Order No:	1000006950/80	OrderDate:	28/07/2022
Alloy/Temper:	EN AW-6060 / T66	Cust. Order No:	OV-1562/22		
Profile Code:	040018	Description:	SYM. L50x50x3		

1. Chemical Composition

EN AW-6060	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Other		Al
									Each	Total	
Should be within:	0,30-0,60	0,10-0,30	0,10	0,10	0,35-0,60	0,05	0,15	0,10	0,05	0,15	Rest
Charge No: *56250*	0,44	0,21	0,0009	0,03	0,45	0,001	0,0133	0,0155	0,05	0,15	Rest

The chemical composition test results are obtained by the aluminium billet supplier. Traceability procedures are being operated and the corresponding inspection documents can be provided.

2. Mechanical Properties

Inspection Date	Charge No	Bundle Nr	Profile	Alloy	Temper	Webster Hardness	Tensile Strength Rm (N/mm²)	Yield Strength Rp 0,2 (N/mm²)	Elongation A%
23/07/2022	*56250*	856531	040018	6060	T66	12	220	189	10,09

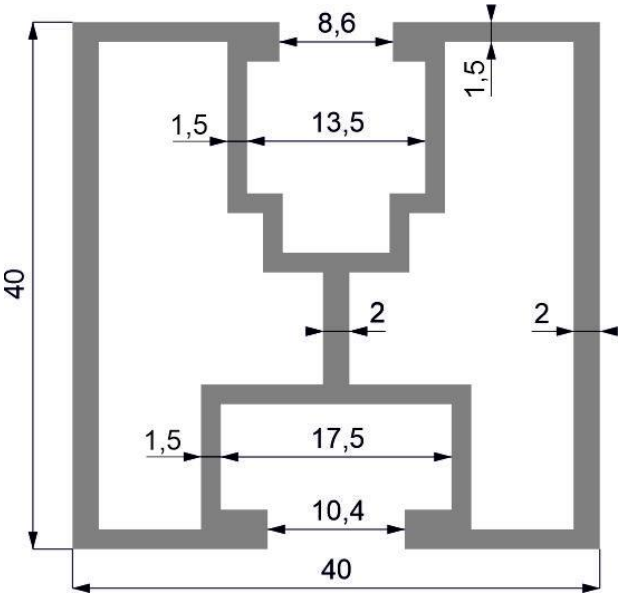
Obr. 2: Materiálový list - inspekční certifikát úhelníku z AL slitiny

3.2. Profily „solar profil“

Profily „solar profil“ jsou nosníky z hliníkové slitiny členitého průřezu tvaru přibližně čtverce. Podélné prvky slouží pro uložení panelů FVE a jsou podporovány příčnými rámy v osové vzdálenosti 1650 mm. Pro výpočtový model byl složitý průřez nahrazen čtvercovou trubkou stejných průřezových charakteristik o hraně 40 mm. Tvar průřezu a materiálový list je na obrázku č. 3 a 4.

Návrhová pevnost materiálu slitiny je konzervativně uvažována jako 0,7 násobek meze kluzu materiálu:

f_{RD} = 0,7 x 200 = 140 MPa



Obr. 3: Schema průřezu „omega“

Inspection certificate 3.1

Cert No: 860258	Accorting to: EN 10204:2004	Date of issue: 09/08/2022

Customer:	ALUPA s. r. o.	Order No:	1000007219/100	OrderDate:	04/08/2022
Alloy/Temper:	EN AW-6063 / T66	Cust. Order No:	OV-1613/22		
Profile Code:	990145	Description:	M134850		

1. Chemical Composition

EN AW-6063	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Other		Al
									Each	Total	
Should be within:	0,20-0,60	0,35	0,10	0,10	0,45-0,90	0,10	0,10	0,10	0,05	0,15	Rest
Charge No: *34067*	0,55	0,21	0,0045	0,04	0,52	0,0026	0,013	0,016	0,05	0,15	Rest

The chemical composition test results are obtained by the aluminium billet supplier. Traceability procedures are being operated and the corresponding inspection documents can be provided.

2. Mechanical Properties

Inspection Date	Charge No	Bundle Nr	Profile	Alloy	Temper	Webster Hardness	Tensile Strength Rm (N/mm²)	Yield Strength Rp 0,2 (N/mm²)	Elongation A%
05/08/2022	*34067*	860258	990145	6063	T66	14	250	200	23,97

Obr. 4: Materiálový list - inspekční certifkát profilu „omega“

3.3. Krycí plech

Čelní krycí plech je navržen za účelem zamezení vniku účinků větru do prostoru mezi střechu a panel FVE. Plech je navržen klasický tl. 0,8 mm, podélně vyztužen ohnutím. Je kotven k vertikálními prvku rámu a opřen o horní profil „solar profil“.

3.4. Zátěžová vana

Zátěžová vana je tvořena plechem tl. 0,8 mm, který je podélně profilován střední výztuhou výšky 15 mm. Boční lemy jsou výšky 50 mm, které odpovídají výšce betonové dlaždice. Do středního výztužného prolisu budou kotveny rámy přes dolní pasy. Kotvení je navrženo pomocí šroubů M10 na koncích dolního pasu. Pod střední prolis musí být vložena výztužná podložka z plechu tl. min. 6 mm a musí vyplnit těsně horizontálně prostor mezi stěnami prolisu, tak aby horizontální plech prolisu nebyl namáhán ohybem pře hranu podložky. Tedy šířka podložky musí být cca 50 mm. Do zátěžové vany budou vkládány betonové dlaždice, systém je navržen na dlaždice 300 x 300 mm. Dlaždice musí být vloženy těsně mezi vertikální stěny vany bez mezer, stejně tak nesmí být mezery mezi jednotlivými dlaždicemi v podélném směru. Toto platí minimálně pro první vrstvu dlaždic. Tento požadavek vyplývá z předpokladů statického působení plechové vany, kde je s ohledem na použití relativně tenkého plechu možnost pouze membránového namáhání. To znamená, že plech přenáší pouze namáhání ve střednicové rovině, nikoli kolmo na ní, kyd byl namáhán ohybově. Těsně vložené betonové dlaždice svou vlastní relativně vysokou ohybovou tuhostí plech vyztužují a zamezují vzniku ohybového namáhání plechu.

4. Statický výpočet - zatížení

Zatížení jsou uvažována jako limitní pro posouzení a dokladování únosnosti jednotlivých části nosných konstrukcí pro kotvení panelů FVE. Nejedná se o stanovení zatížení pro konkrétní instalaci na konkrétním objektu. Toto posouzení musí být provedeno individuálně pro každou instalaci dle konkrétních podmínek v daném místě. Týká se to primárně klimatických zatížení, zejména zatížení vztlakem větru.

4.1. Stálé zatížení

- Vlastní tíha konstrukcí – automaticky generovaná v rámci výpočtových modelů
- Tíha FV panelů: dle technického listu vychází průměrná tíha 20 kg/m^2, tj. 0,2 kN/m^2
- Zatížení zátěžovými betonovými dlaždicemi – stálé zatížení

4.2. Zatížení sněhem

- limitní zatížení intenzity 150 kg/m^2 = **1,50 kN/m^2**

Zatížení je stanoveno jako limitní s ohledem na únosnost nosné konstrukce, to znamená nosníky „omega“ a rámy. Pravděpodobně zde bude limitujícím faktorem vlastní odolnost konkrétních použitých panelů FVE.

4.3. Zatížení větrem

Zatížení je stanoveno jako limitní s ohledem na únosnost nosné konstrukce, to znamená nosníky „omega“ a rámy. Pravděpodobně zde bude limitujícím faktorem vlastní odolnost konkrétních použitých panelů FVE.

4.3.1. Základní zatížení - referenční

Větrová oblast: **II**. – základní rychlost větru: **25 m/s**

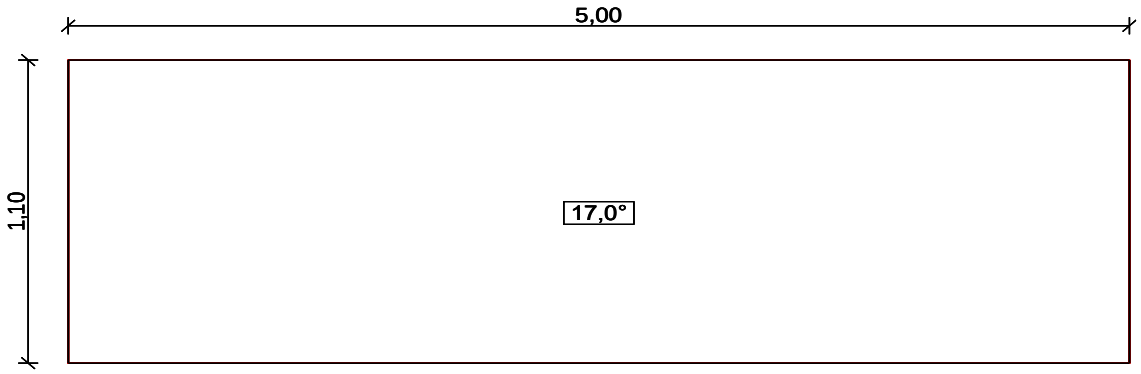
Tato oblast pokrývá většinu oblastí ČR, kde se předpokládá instalace FV panelů zajišťovaných protizávažím.

Zatížení na typ konstrukce pultová střecha, zatížení je stanoveno pro lokální konstrukci s panelem. Tvar a působení větru odpovídá působení na pultovou střechu s výškou 0,3m.

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

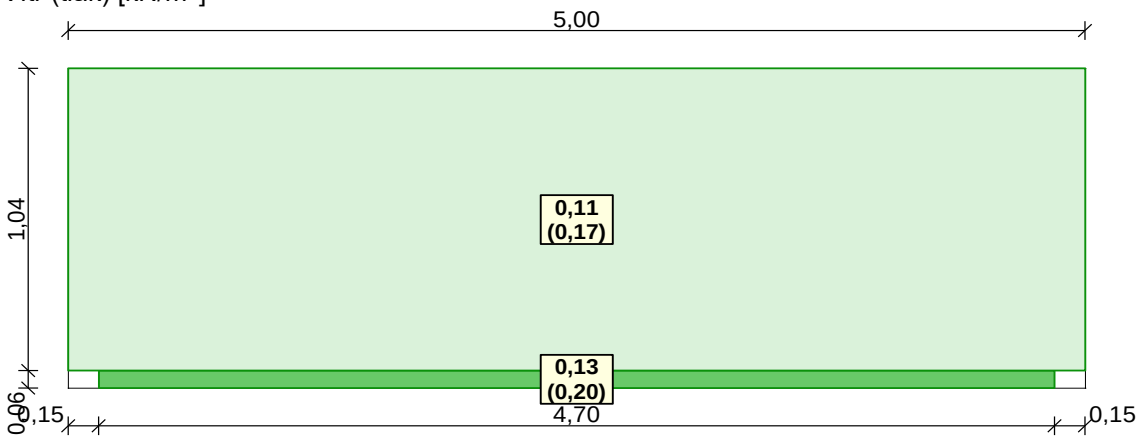
Větrná oblast:			II	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	=	25,00	m/s
Kategorie terénu:			III	
Referenční výška budovy	z_e	=	0,30	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	=	1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	=	1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	=	1,250	kg/m^3
Součinitel orografie	c_o	=	1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	=	0,50	kN/m^2
Součinitel zatížení	γ_f	=	1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	=	10,00	m^2

Rozměry konstrukce

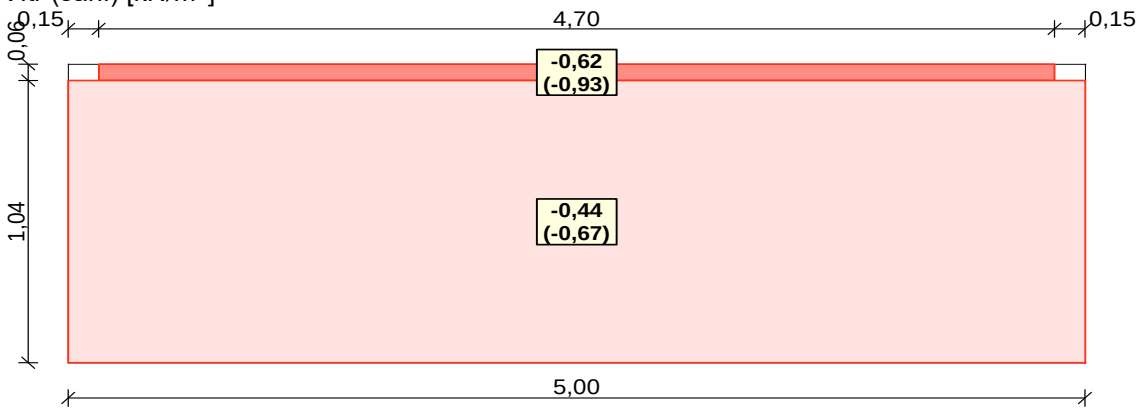


Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Vítr (tlak) [kN/m2]

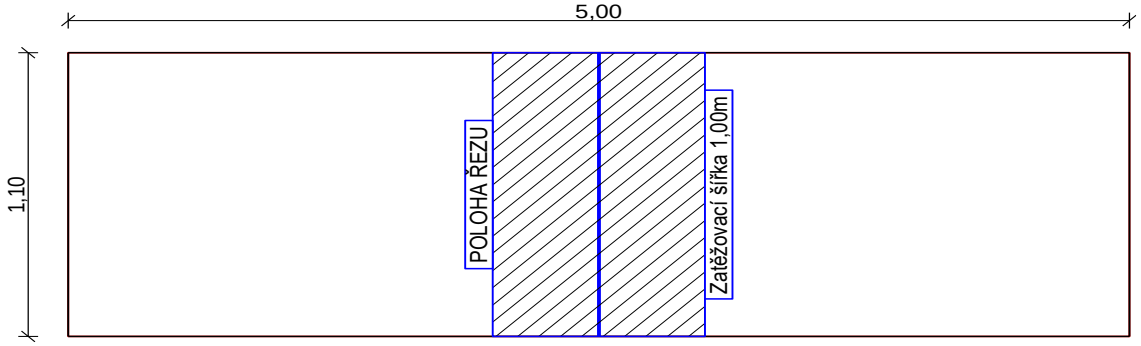


Vítr (sání) [kN/m2]



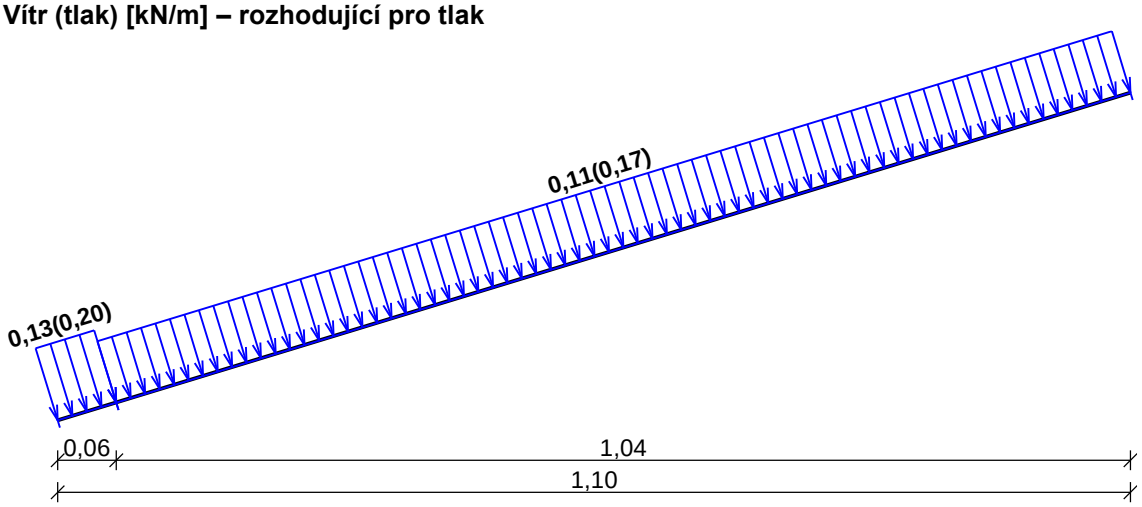
Přepočet – lokalizace na zatěžovací šířku 1,00 m:

Umístění řezu

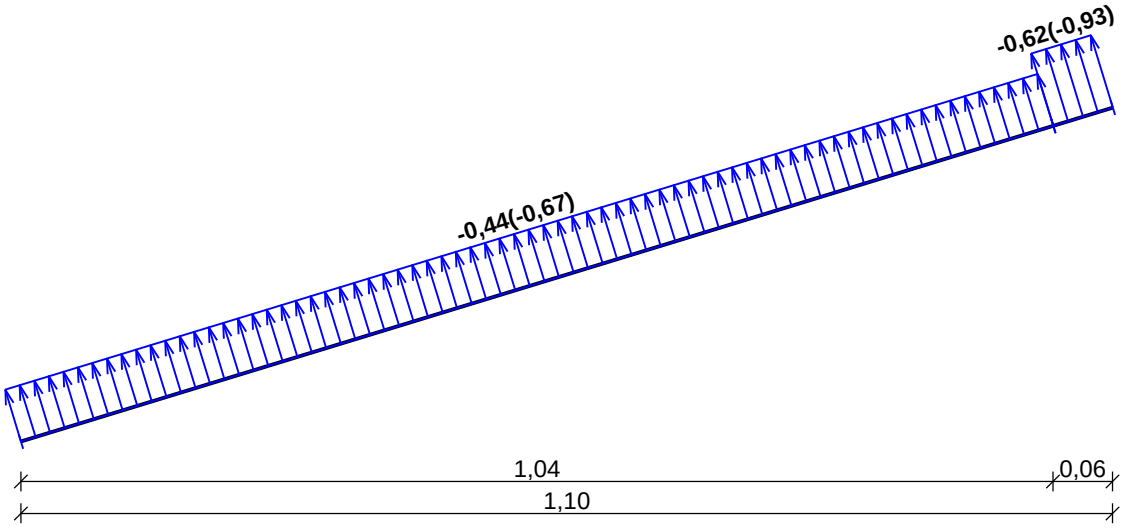


Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Vítr (tlak) [kN/m] – rozhodující pro tlak



Vítr (sání) [kN/m] – rozhodující pro vztlak



Přepočet účinků základního větru na nosníky „omega“:

Sání: A = 0,5 x 1,1 x 0,44 = 0,242 kN/m (charakteristická hodnota)

B = 0,06 x 0,62 + (0,5 x 1,1 – 0,06) x 0,44 = 0,253 kN/m

Tlak: A = B = 0,5 x 1,1 x 0,12 = 0,07 kN/m (charakteristická hodnota)

4.3.2. Zatížení maximální

Větrová oblast: **II**. – základní rychlost větru: **25 m/s**

Referenční výška střechy nad terénem: 20 m

Typ krajiny: II – odpovídající výšce 20 m

Výpočet hodnoty maximálního dynamického tlaku:

Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru pro větrovou oblast:	II		$v_{b,0}$ =	25,00	m/s
Součinitel směru větru:			c_{dir} =	1,00	
Součinitel ročního období:			c_{season} =	1,00	
Základní rychlost větru			$v_b=c_{dir}*c_{season}*v_{b,0}$=	**25,00**	**m/s**
Kategorie terénu	II	oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, stavbami			
Výška objektu nad terénem	z = 20,00 m		maximální výška z_{max} =	200,00	m
	z_0 = 0,05 m		minimální výška z_{min} =	0,00	m
	$z_{0,II}$ = 0,05 m				
Součinitel terénu			$k_r=0,19*(z_0/z_{0,II})^{0,07}$=	0,1900	
Součinitel orografie			$c_0(z)$ =	1,00	
Součinitel drsnosti terénu	pro	$z_{min} \le z \le z_{max}$	$c_r(z)=k_r*\ln(z/z_0)$=	1,14	
Součinitel turbulence			k_I =	1,00	
Střední rychlost větru ve výšce z			$v_m(z)=c_r(z)*c_0(z)*v_b$=	**28,46**	**m/s**
Intenzita turbolence	pro	$z_{min} \le z \le z_{max}$	$I_v(z)=k_I/(c_0(z)*\ln(z/z_0))$=	0,167	
Měrná hmotnost vzduchu			ρ =	1,25	kg/m^3
Maximální dynamický tlak větru			$q_p(z)=[1+7\cdot I_v(z)]\cdot 0,5\cdot \rho\cdot v_m^2(z)$ =	**1,098**	**kN/m^2**
SOUČINITELÉ TLAKŮ A SIL		- jednoduchá provoúhlá budova s plochou střechou			
Součinitel konstrukce pro pozemní stavby s výškou menší než 100,0m			c_sc_d =	1,00	

Výpočet zvyšovacího součinitele účinků větru ve výšce 20 m oproti referenční výšce základního modelu:

- základní model: q_p = 0,5 kN/m^2
- model s výškou 20m: q_p = 1,1 kN/m^2
- součinitel navýšení: d = 1,1 / 0,5 = **2,2**

Přepočet zatížení na nosníky „omega“ pro maximální úroveň (charakteristická hodnoty):

Sání: A = 0,242 x 2,2 = **0,533 kN/m**

B = 0,253 x 2,2 = **0,556 kN/m**

Tlak: A = B = 0,07 x 2,2 = **0,160 kN/m**

Výpočet zatížení tlakem větru z boční strany na krycí plech:

- součinitel bočního tlaku větru: 0,8
- výsledné zatížení bočním větrem pro maximální úroveň: w = 0,8 x 1,1 = **0,90 kN/m^2**

5. Statický výpočet čelní krycí desky

Pro posouzení byl sestaven prostorový výpočtový model v SW Feat98. Jednotlivé části jsou modelovány pomocí plošných deskostěnových prvků. Posouzení provedeno na základě vyhodnocení membránových napětí.

5.1. Prostorový model - vstupní data

Údaje o konstrukci
Jméno projektu **PL-1_01**
Autor projektu **Ing. Radek Pazdera**
Rozměr projektu **Prostor**

Prutů	0
Ploch	3
Zatížení	4
Podpor	2
Bodů	0
Linií	22
Ploch	0
Kontaktů	2
Materiálů	4
Průřezů	10
Tlouštěk	2
Zat. stavů	3

Geometrie - délky	m
Geometrie - úhly	deg
Průřezy - délky	m
Zatížení, výsledky - síly	kN
Zatížení, výsledky - napětí	MPa
Zatížení, výsledky - délky	m
Deformace - posuny	mm
Deformace - natočení	deg

Výpis zadaných a použitých materiálů:

E1, E2	[MPa]	moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál)
ni		Poissonův součinitel
gama	[t/m3]	objemová hmotnost

Materiál	Typ	E 1 [MPa]	ni	gama [t/m3]	K 1 [kN/m3]	E 2 [MPa]	K 2 [kN/m3]	útlum
Ocel 37	OCEL	2.100e+05	0.300	7.850	1.200e-05			0.010

Výpis zadaných a použitých tlouštěk:

Označení	Materiál	Tloušťka
P_0.8	*Ocel 37	1.000e-03

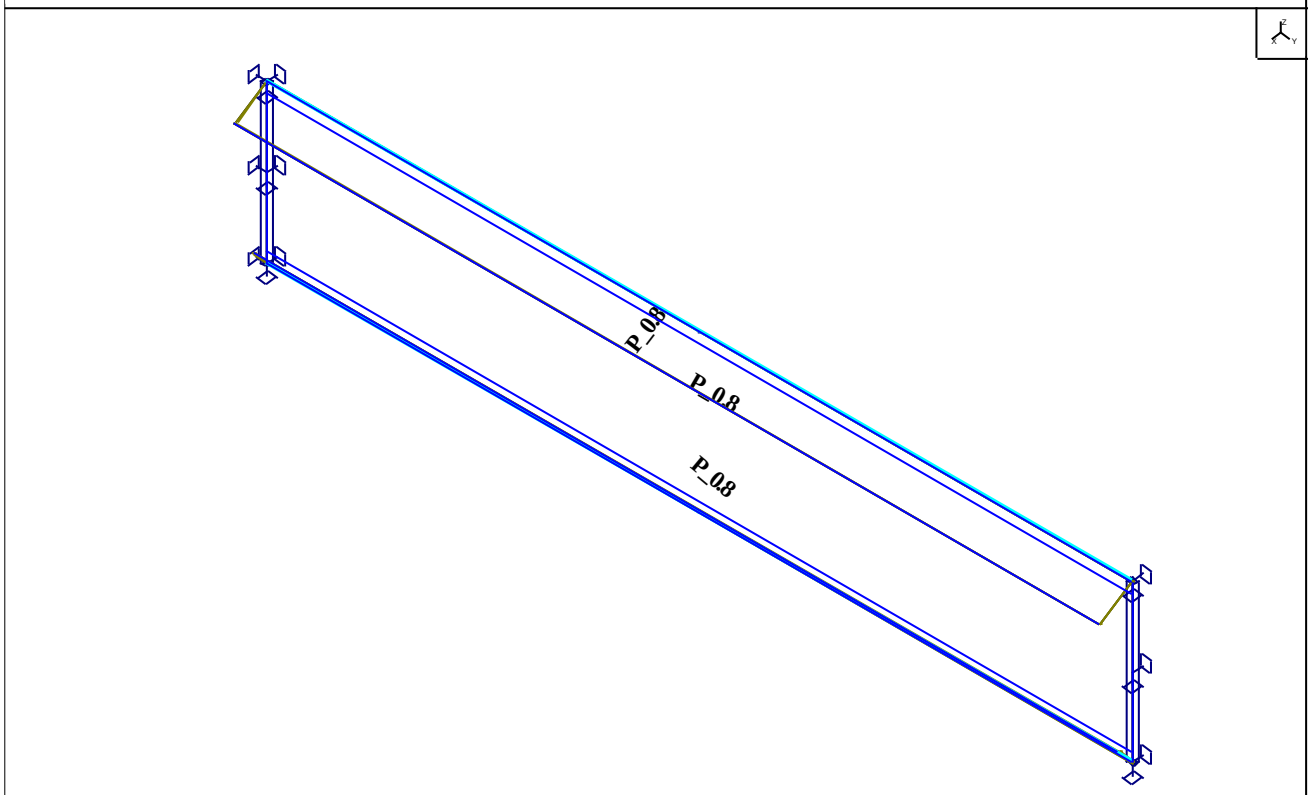
Výpis zat. stavů, kombinací a obalových křivek:
Výpis zatěžovacích stavů :

Jméno	Koeficient	Komentář	Typ zatížení	Skupina	Parametry	Výběrový
1_Stale	1.350	Stálé	Perm - stálé	0	Perm	Ne
2_Vitr	1.500	Vízt	Short - krátkodobé	1	Short	Ne

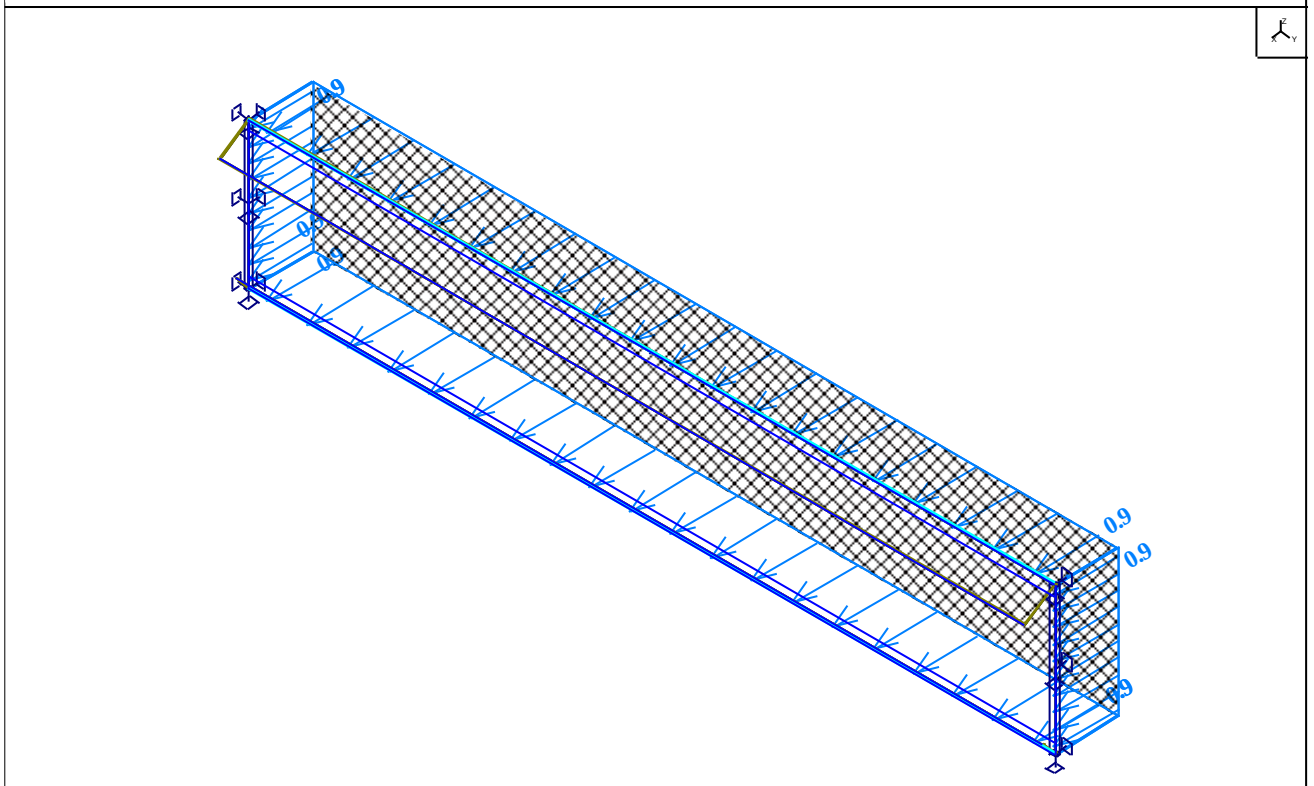
Výpis kombinací zatěžovacích stavů :

Jméno	ZS	Komentář	Koeficient
K1:1+2		1.35*1_Stale+1.50*2_Vitr	
	1_Stale	Stálé	1.350
	2_Vitr	Vízt	1.500

Prvky konstrukce FVE: Čelní krycí plech - Schema modelu
Zat. stav : 1_Stale, Stálé

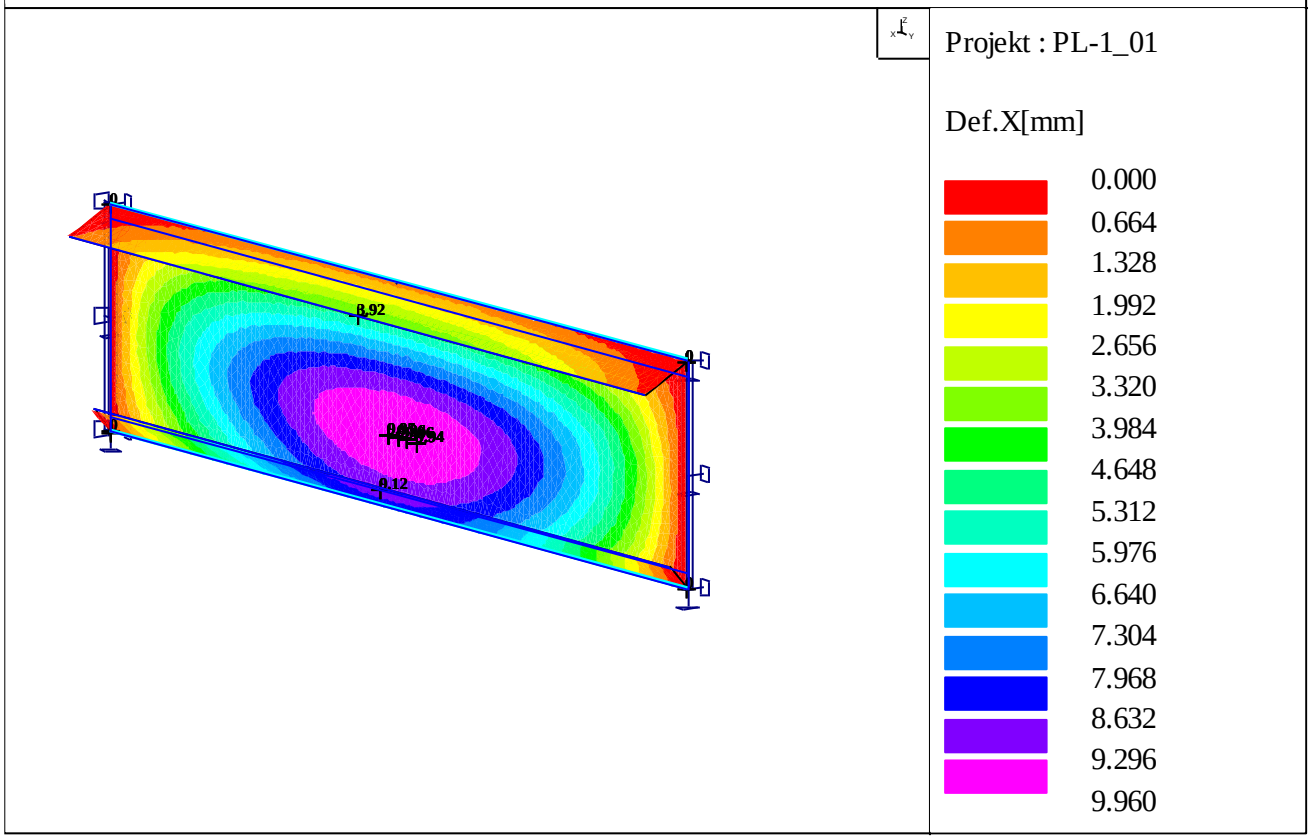


Prvky konstrukce FVE: Čelní krycí plech - Schema modelu - Zatížení
Zat. stav : 2_Vitr, Vízt

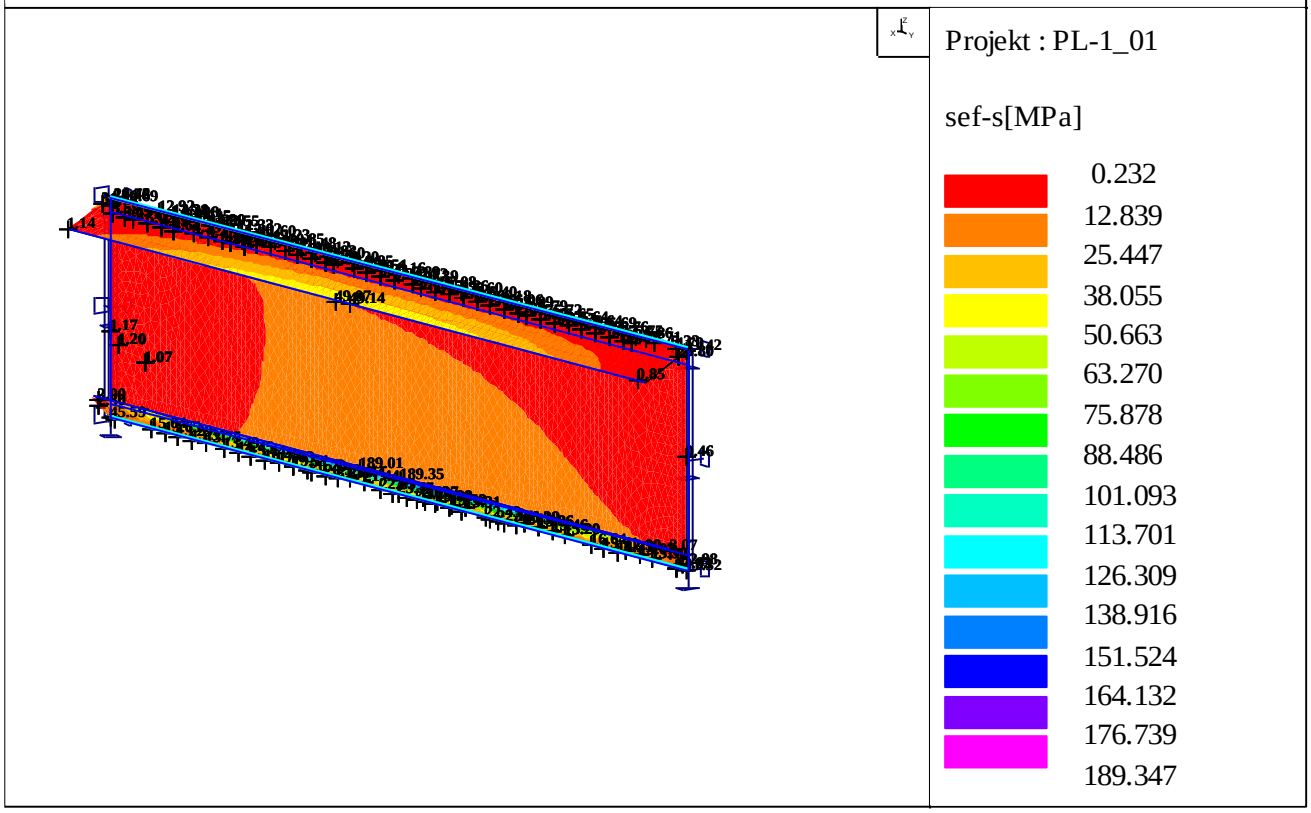


5.2. Prostorový model - výstupy

Prvky konstrukce FVE: Čelní krycí plech - Výsledky: Horizontální posuny - průhyb
Zat. stav : K1:1+2



Prvky konstrukce FVE: Čelní krycí plech - Výsledky: Srovnávací efektivní napětí
Zat. stav : K1:1+2

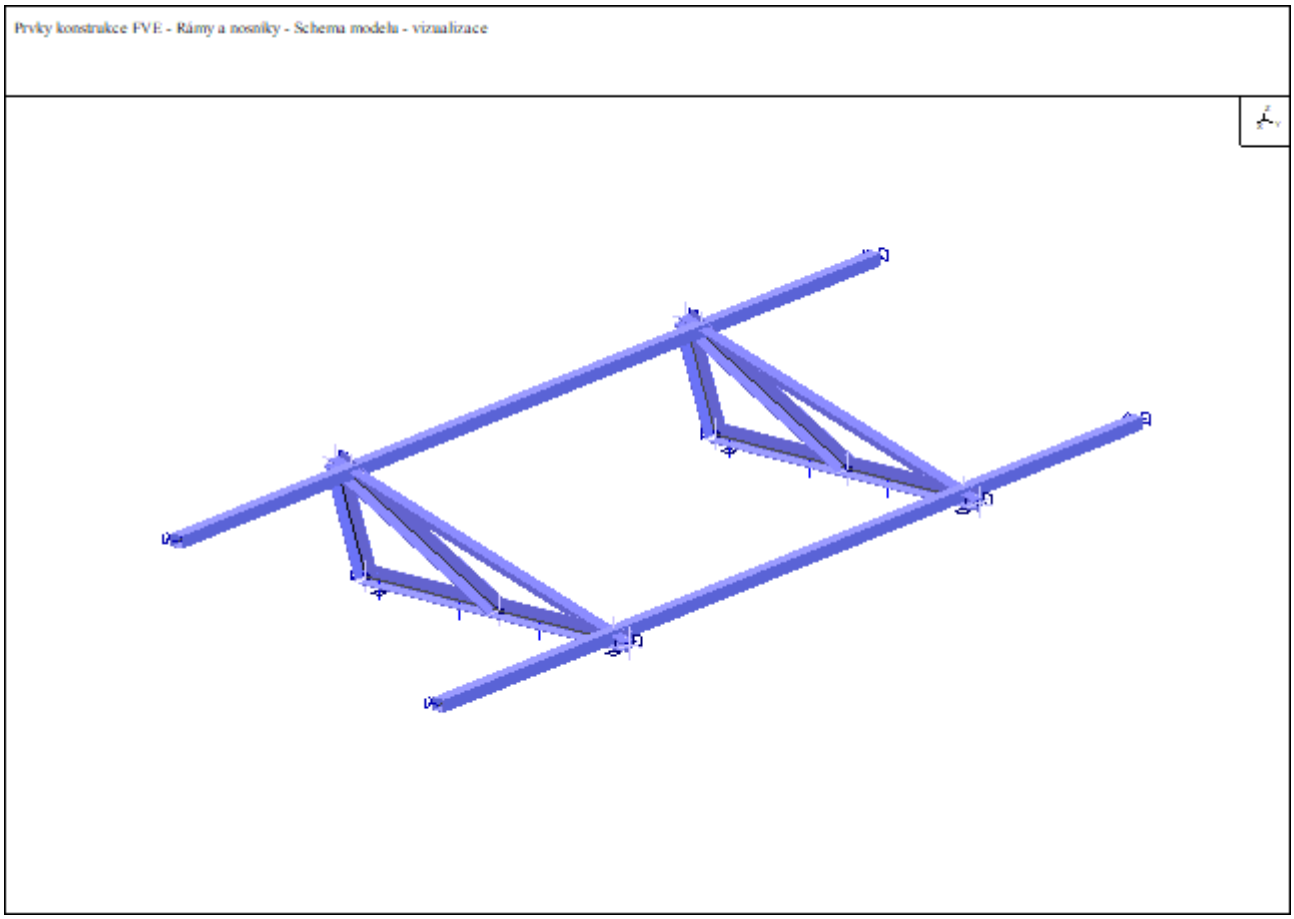


5.3. Posouzení

Protože v SW je možno modelovat plošné prvky s minimální tl. 1,0 mm, je v modelu použit plech tl. 1,0 mm s tím, že výsledné napětí bude v posouzení navýšeno adekvátně skutečné tuhosti plechu. Navýšení je na základě poměru tuhostí plechu 1,0 mm a plechu 0,8 mm, který činí 1,25. Výsledná hodnota napětí na převážné ploše činí max. 164 x 1,25 = 205 MPa, což je hodnota menší než mez kluzu. Konstrukce zůstává v pružném stavu, vyhovuje.

6. Statický výpočet rámů a nosníků „omega“

Pro posouzení byl sestaven prostorový výpočtový model v SW Feat98. Jednotlivé části jsou modelovány pomocí prutových prvků. Styky prutů jsou uvažovány jako kloubové. Posouzení provedeno na základě vyhodnocení napětí v krajních vláknech rozhodujících průřezů.



6.1. Prostorový model - vstupní data

Údaje o konstrukci
Jméno projektu **Ram-1-PM_04**
Autor projektu **Ing. Radek Pazdera**
Popis projektu
Rozměr projektu **Prostor**

Údaje o konstrukci
Geometrie - délky m

Geometrie - úhly	deg
Průřezy - délky	m
Zatížení, výsledky - síly	kN
Zatížení, výsledky - napětí	MPa
Zatížení, výsledky - délky	m
Deformace - posuny	mm
Deformace - natočení	deg
Čas	sec
Teplota	°C
Hmota	t

Výpis zadaných a použitých materiálů:

E1, E2	[MPa]	moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál)
ni		Poissonův součinitel
gama	[t/m3]	objemová hmotnost
K1, K2	[kN/m3]	koeficienty tepelné roztažnosti
útlum		dekrement útlumu

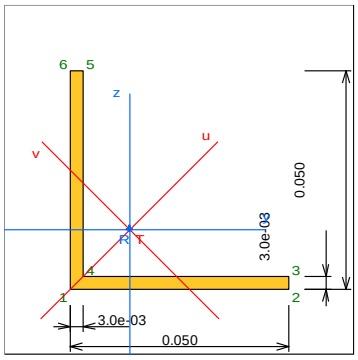
Materiál	Typ	E 1 [MPa]	ni	gama [t/m3]	K 1 [kN/m3]	E 2 [MPa]	K 2 [kN/m3]	útlum
AL slitina	Hliník	70000.000	0.300	3.000	1.200e-05			0.010

Výpis zadaných a použitých průřezů:

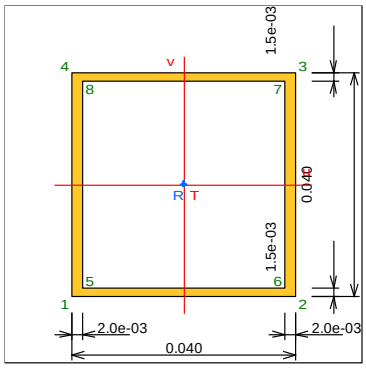
Iy, Iz	[m4]	hlavní momenty setrvačnosti
Ik	[m4]	moment tuhosti v prostém kroucení
beta y, beta z		koeficienty smykové poddajnosti
P		plný průřez

Průřez	Typ	Materiál	Plocha [m2]	Iy [m4]	Iz [m4]	Ik [m4]	beta y	beta z
L50*3	P	Hlinik	2.910e-04	7.149e-08	7.149e-08	9.000e-10	0.842	0.834
Solar 40	P	Hlinik	2.680e-04	6.137e-08	6.948e-08	9.780e-08	0.438	0.575

L50*3



Solar profil 40



Výpis zat. stavů, kombinací a obalových křivek:

Výpis zatěžovacích stavů :

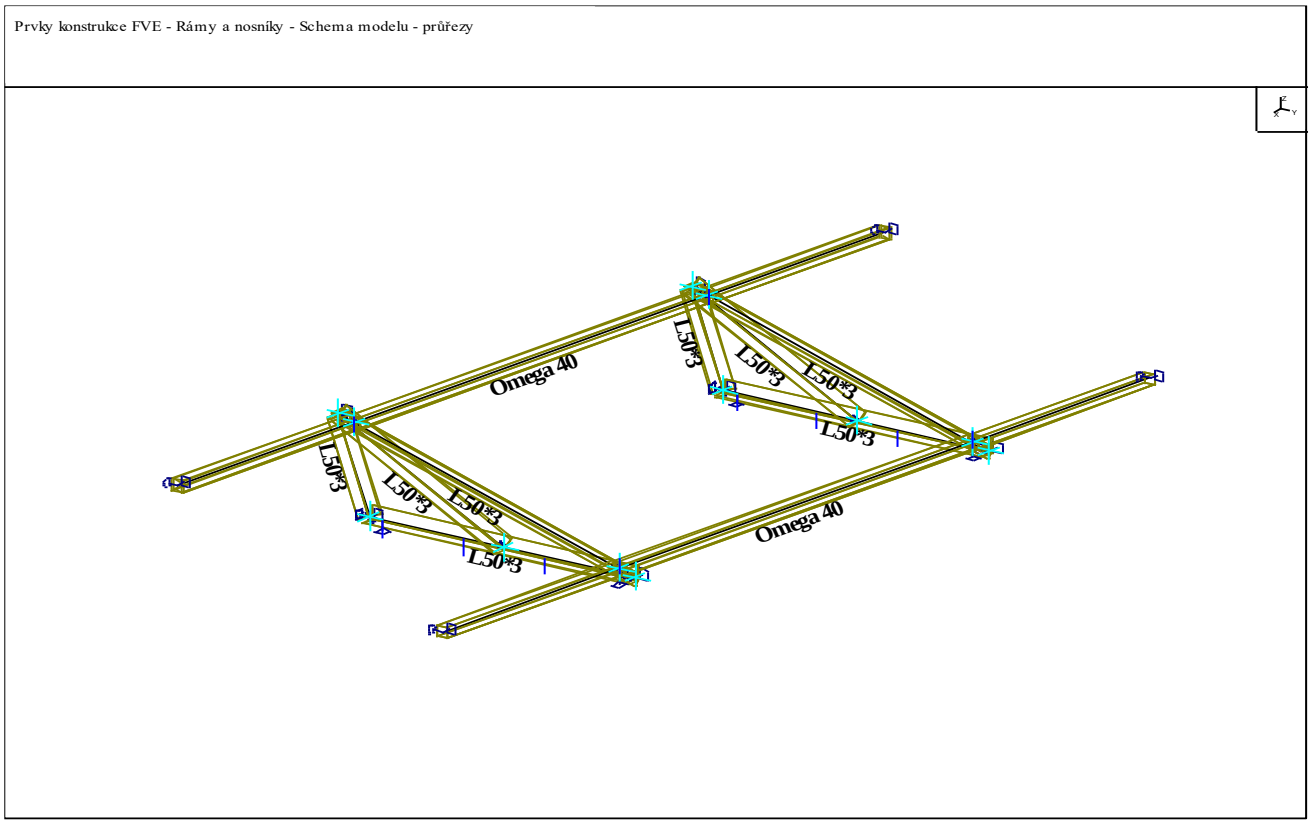
Jméno	Koeficient	Komentář	Typ zatížení	Skupina	Parametry	Výběrový
1-Stálé	1.350		Perm - stálé	0	Perm	Ne
2-snih	1.500		Long - dlouhodobé	1	Long	Ne
3-Vítr-TL	1.500		Short - krátkodobé	3	Short	Ne
4-Vítr-SA	1.500		Short - krátkodobé	3	Short	Ne

Výpis kombinací zatěžovacích stavů :

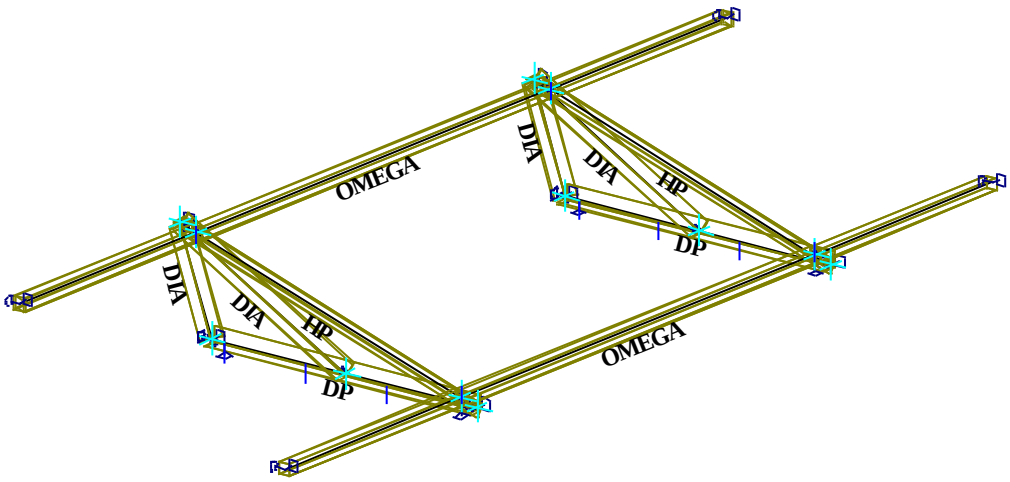
Jméno	ZS	Komentář	Koeficient
K1:1+2		1.35*1-Stálé+1.50*2-snih	
	1-Stálé		1.350
	2-snih		1.500
K2:1+3		1.00*1-Stálé+1.50*3-Vítr-TL	
	1-Stálé		1.000
	3-Vítr-TL		1.500
K3:1+2+3		1.35*1-Stálé+1.50*2-snih+1.05*3-Vítr-TL	
	1-Stálé		1.350
	2-snih		1.500
	3-Vítr-TL		1.050
K5:1+4		0.90*1-Stálé+1.50*4-Vítr-SA	
	1-Stálé		0.900
	4-Vítr-SA		1.500

Výpis obalových křivek :

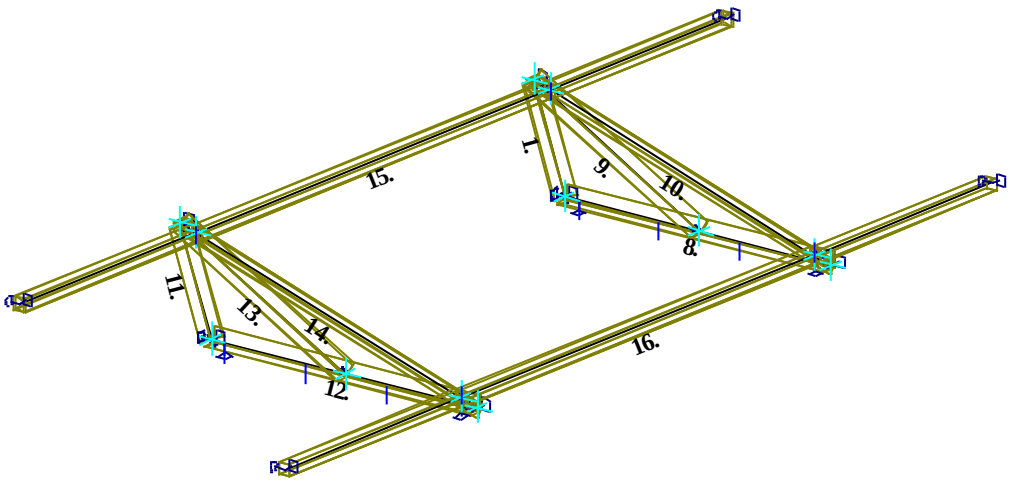
Jméno	ZS	Komentář
OK1	min/max	K1:1+2, K2:1+3, K3:1+2+3, K5:1+4
	K1:1+2	1.35*1-Stálé+1.50*2-snih
	K2:1+3	1.00*1-Stálé+1.50*3-Vítr-TL
	K3:1+2+3	1.35*1-Stálé+1.50*2-snih+1.05*3-Vítr-TL
	K5:1+4	0.90*1-Stálé+1.50*4-Vítr-SA



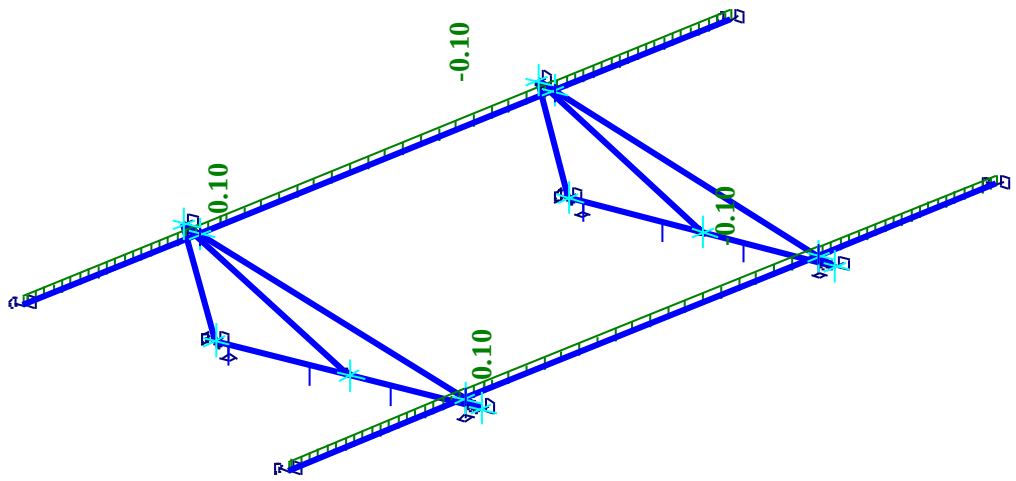
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Schema modelu - skupiny



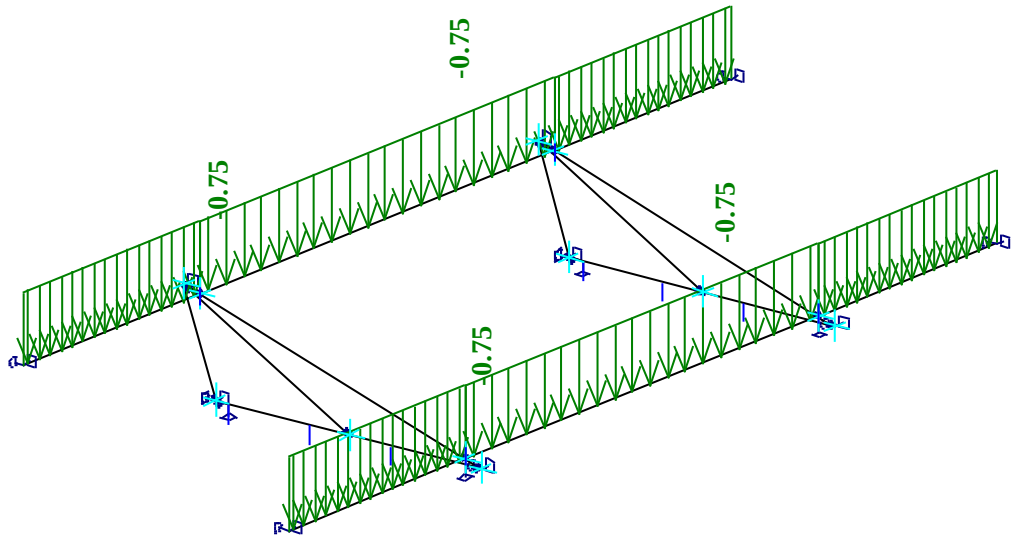
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Schema modelu - ID čísla prutů



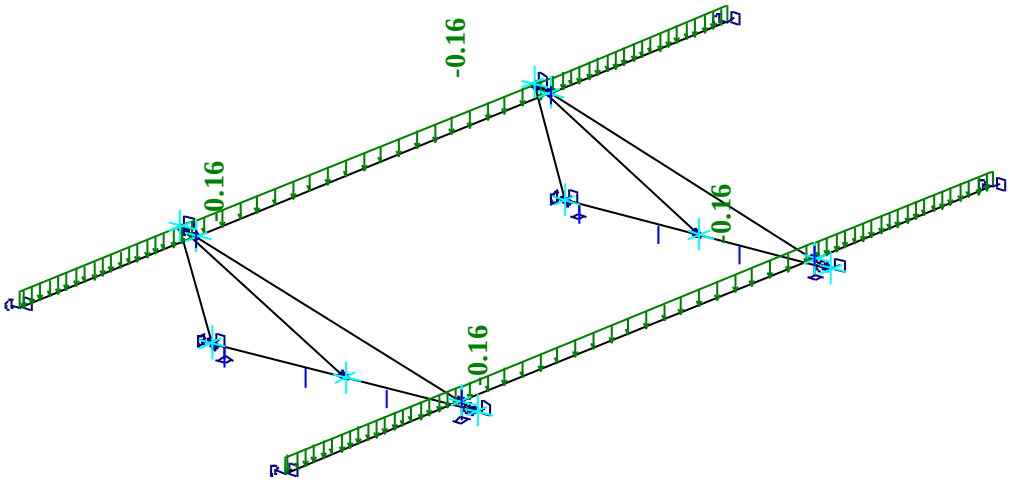
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Schema modelu - Zatížení
Zat. stav : 1-Stálé



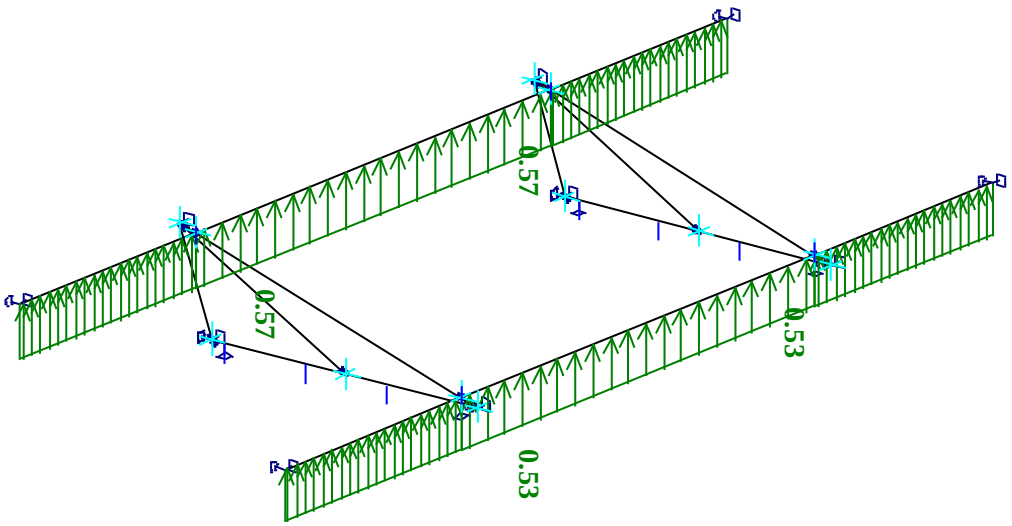
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Schema modelu - Zatížení
Zat. stav : 2-snih



Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Schema modelu - Zatížení
Zat. stav : 3-Vítr-TL

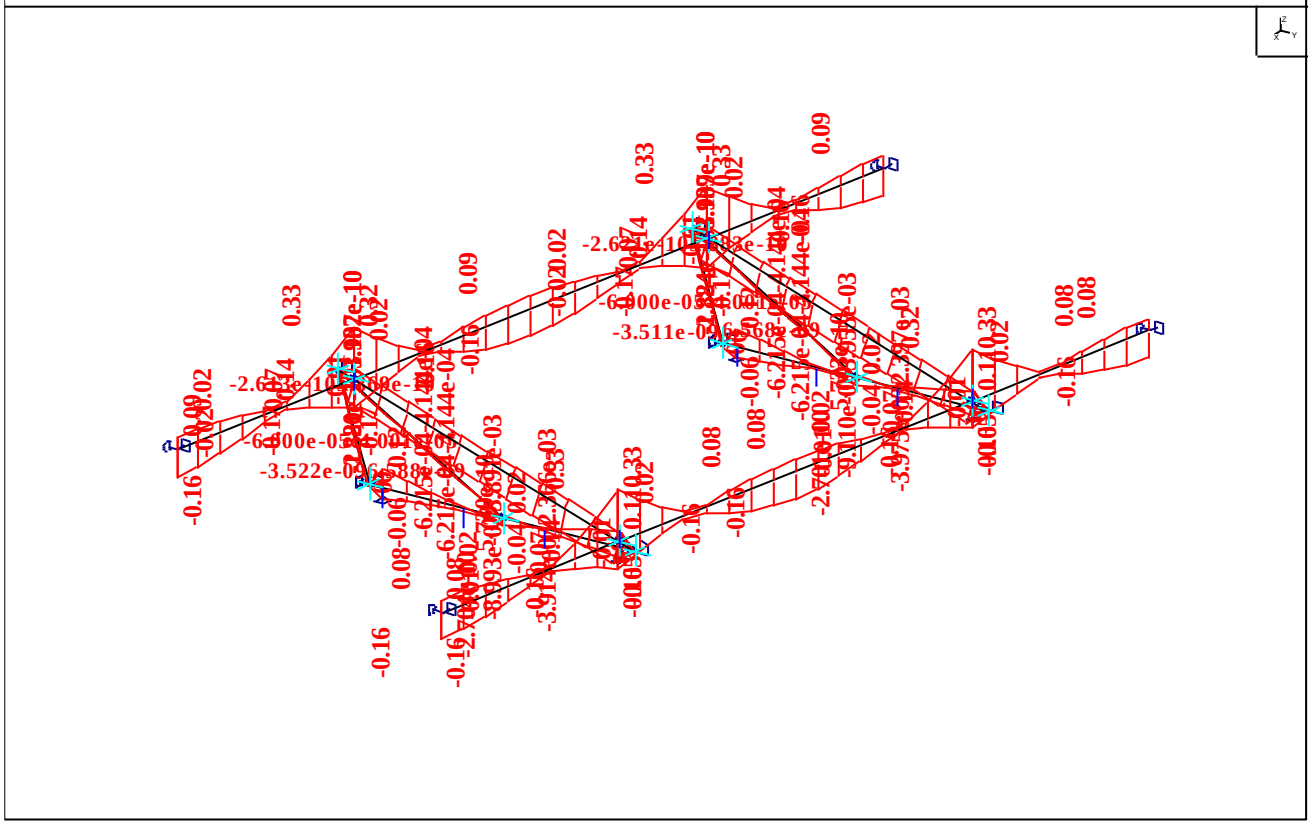


Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Schema modelu - Zatížení
Zat. stav : 4-Vítr-SA

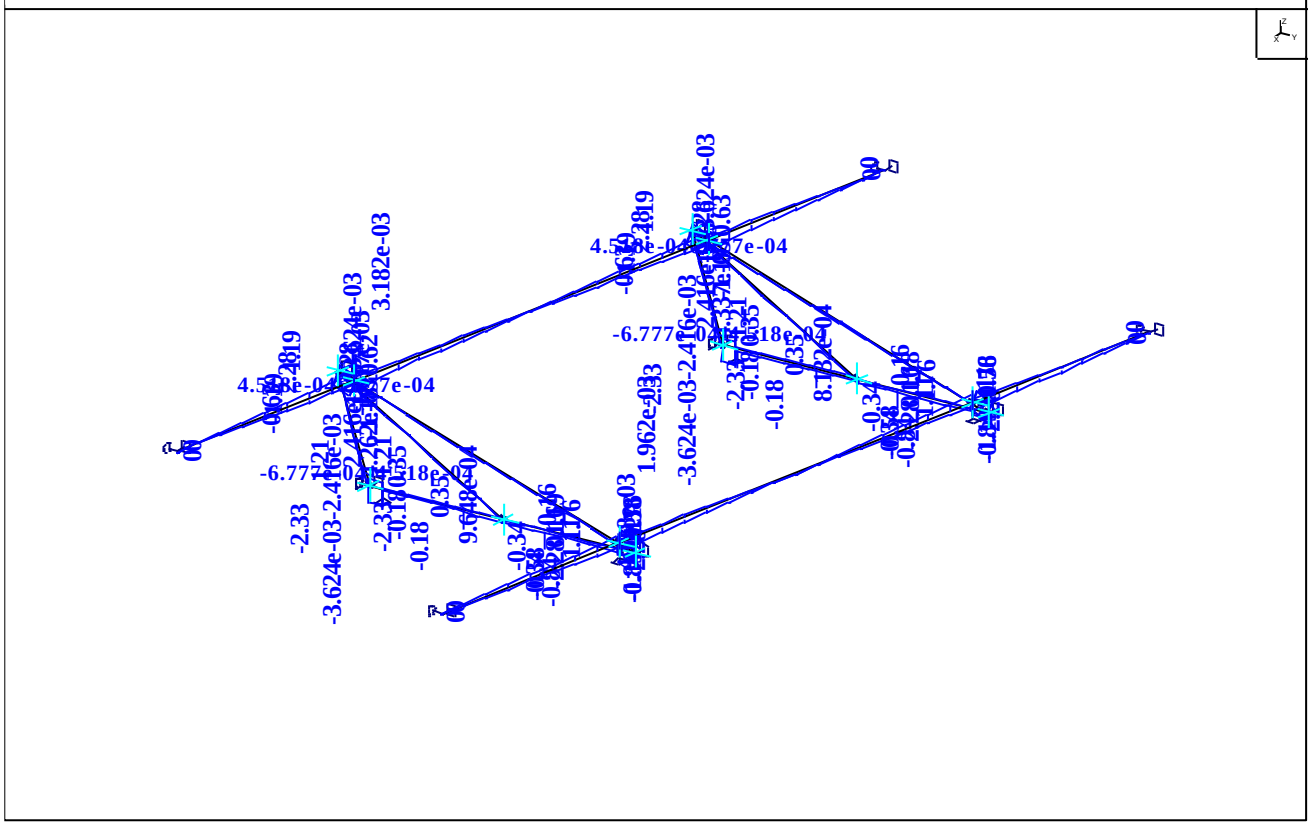


6.2. Prostorový model - výstupy

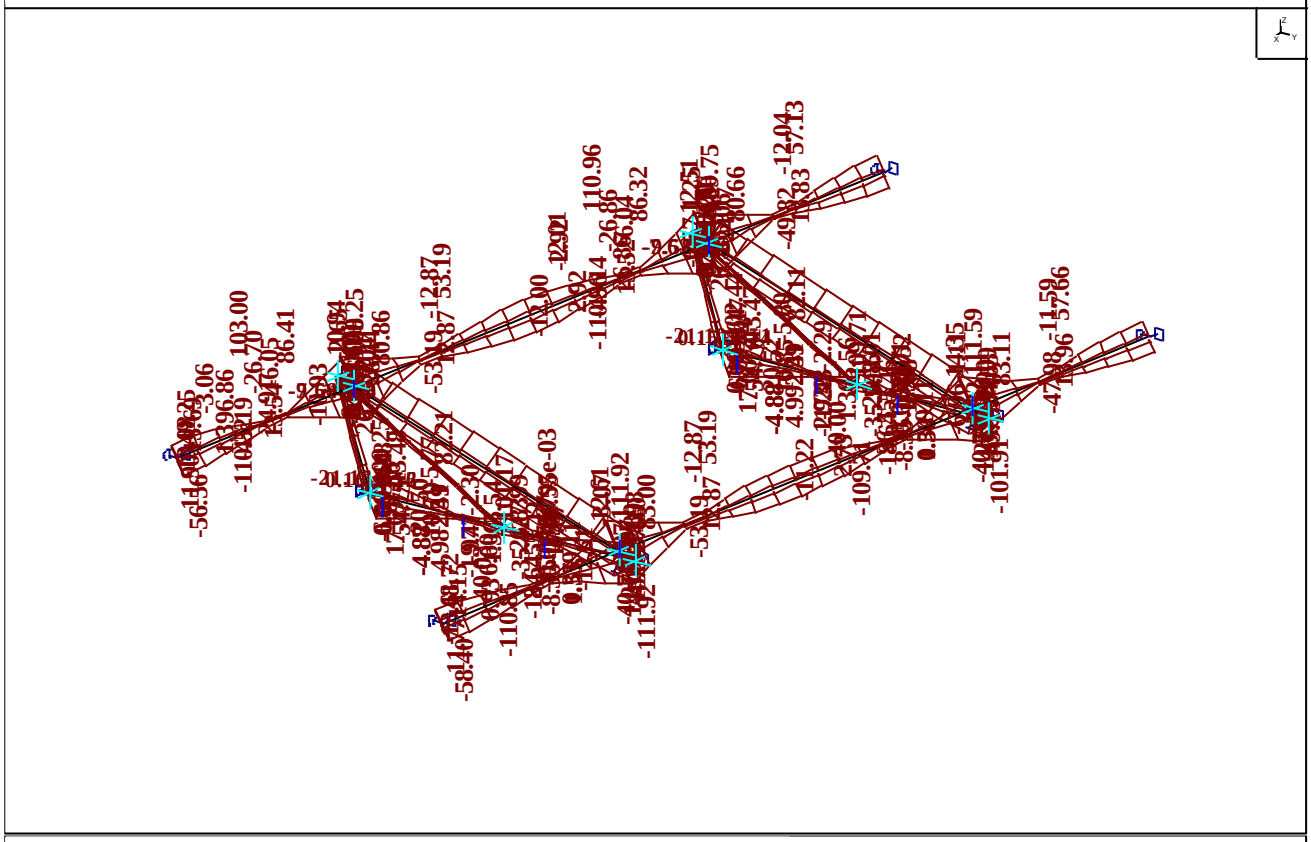
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Výsledky:průběhy momentů My (kNm)
Zat. stav : OK1 - obě větve



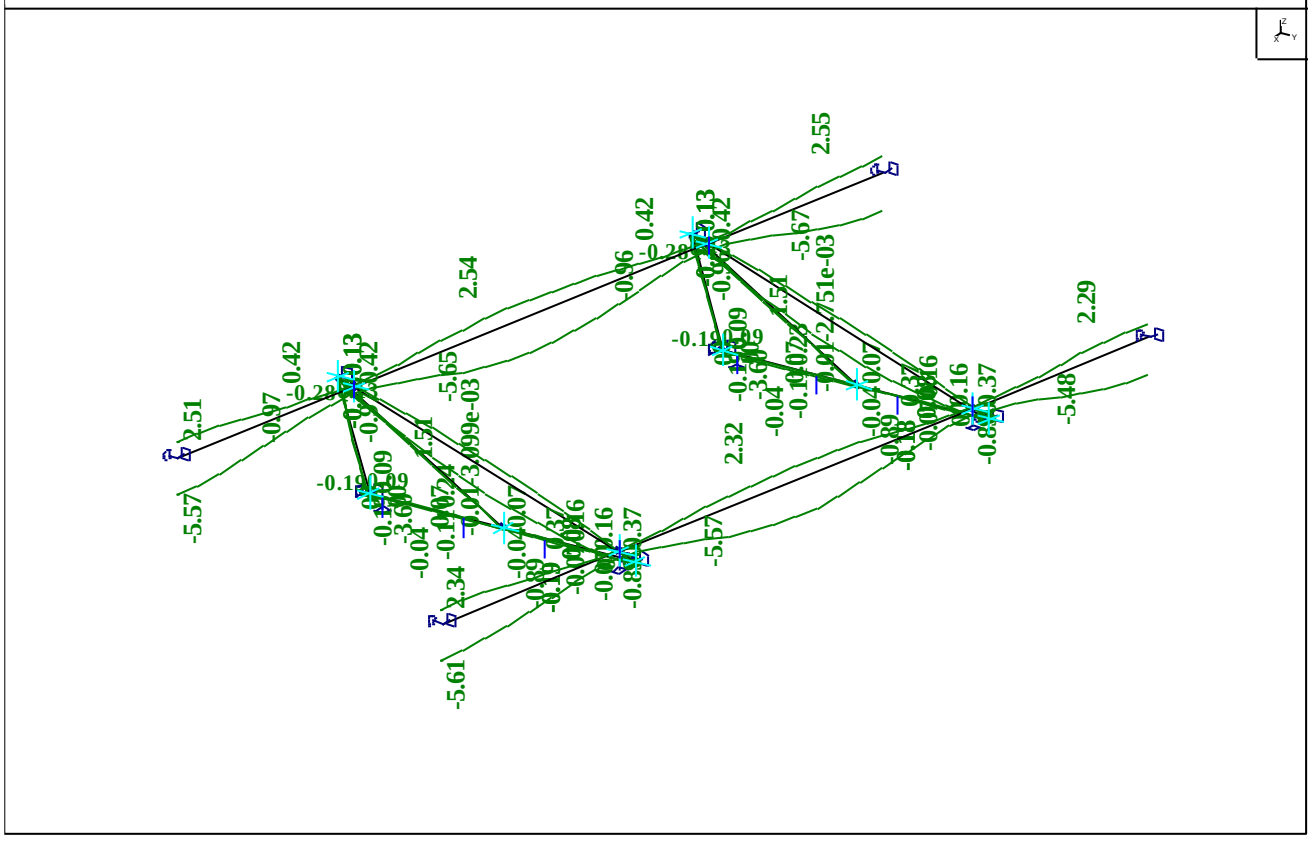
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Výsledky: Průběhy smykových sil Vz (kN)
Zat. stav : OK1 - obě větve



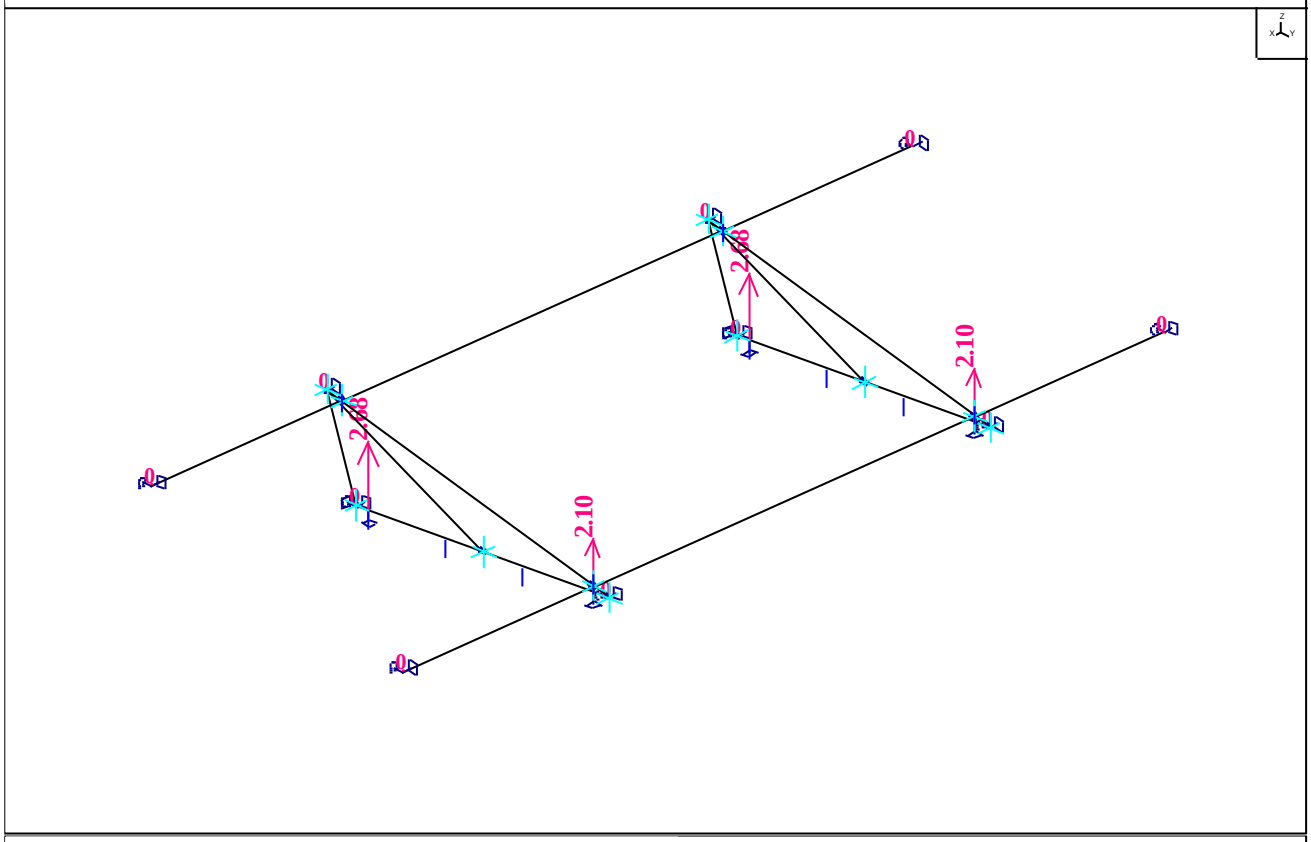
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Výsledky: Průběhy napětí v krajních vláknech průřezů Sigma (MPa)
Zat. stav : OK1 - obě větve



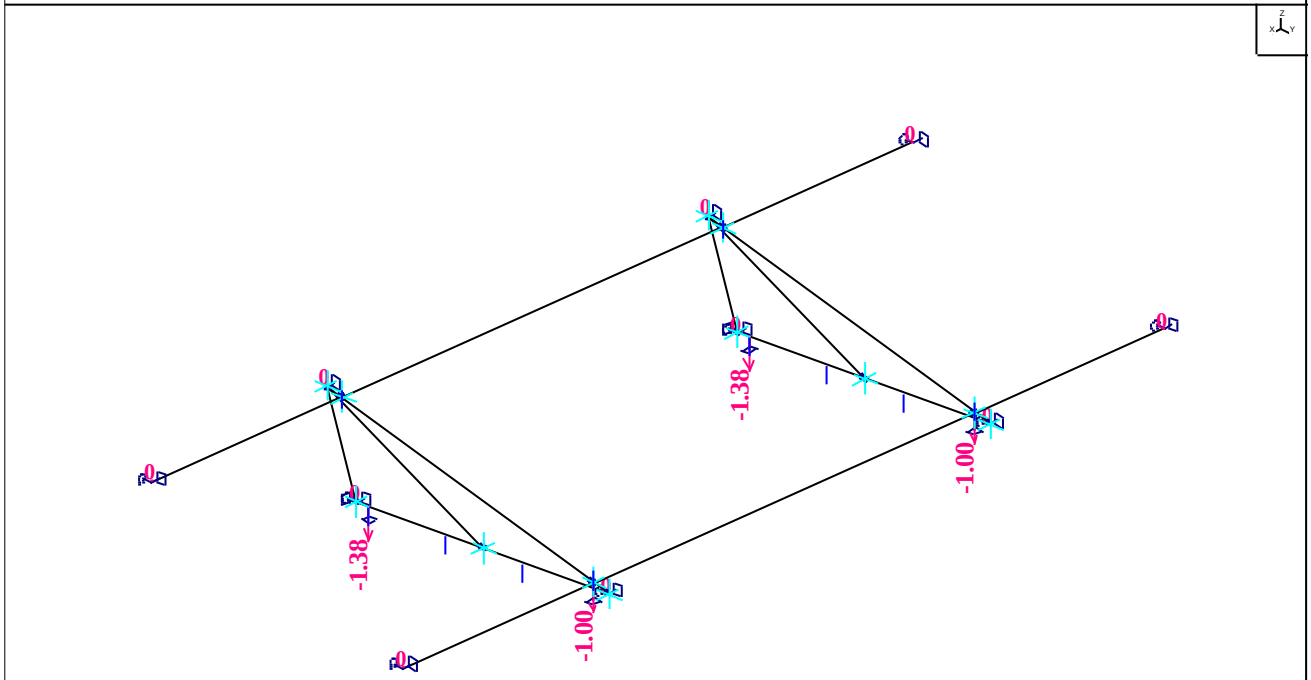
Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Výsledky: Průběhy vertikálních posunů Uz (mm)
Zat. stav : OK1 - obě větve



Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Výsledky: Verikální reakce Rz (kN)
Zat. stav : K3:1+2+3



Prvky konstrukce FVE - Rámy a nosníky - Výsledky: Verikální reakce Rz (kN)
Zat. stav : K5:1+4



6.3. Posouzení

6.3.1. Extrémy vnitřních sil

Výsledky výpočtu - vnitřní síly, vybrané pruty, vybrané výsledky, celkové extrémy

Vnitřní síly vypsány pro : vybrané výsledky
osy veličiny hlavní
Mx, My, Mz [kNm] ohybové momenty kolem os
Nx, Qy, Qz [kN] normálové a smykové síly v osách
Sig.min, Sig.max [MPa] napětí v krajních vláknech

Výpis pro skupinu : HP

ID prutu	Poloha [m]	Výsl.	My [kNm]	Mz [kNm]	Nx [kN]	Qz [kN]	Sig.min [MPa]	Sig.max [MPa]
14	0.063	K5:1+4	**-0.08**	0.02	-1.11	8.890e-03	-42.32	11.53
14	0.269	K3:1+2+3	**0.16**	-0.04	2.15	4.868e-05	-21.96	81.62
14	0.063	K5:1+4	-0.08	0.03	**-1.46**	-1.20	-45.19	13.54
14	0.000	K3:1+2+3	5.447e-03	5.447e-03	**2.83**	2.30	4.69	13.36
10	1.155	K3:1+2+3	-0.01	-0.01	1.45	**-2.53**	-3.78	17.08
14	0.000	K3:1+2+3	5.447e-03	5.447e-03	2.83	**2.30**	4.69	13.36
14	0.063	K5:1+4	-0.08	0.03	-1.46	-1.20	**-45.19**	13.54
14	0.000	K3:1+2+3	5.447e-03	5.447e-03	2.83	2.30	**4.69**	13.36
14	0.000	K5:1+4	-2.533e-03	-2.533e-03	-1.46	-1.20	-6.72	**-2.69**
14	0.063	K3:1+2+3	0.15	-0.05	2.83	2.30	-25.23	**86.41**

Výpis pro skupinu : DP

ID prutu	Poloha [m]	Výsl.	My [kNm]	Mz [kNm]	Nx [kN]	Qz [kN]	Sig.min [MPa]	Sig.max [MPa]
12	0.940	K5:1+4	**-0.05**	0.04	0.41	0.85	-37.16	28.30
12	0.940	K3:1+2+3	**0.09**	-0.08	-0.80	-1.65	-54.75	71.86
8	0.060	K3:1+2+3	0.09	-0.06	**-2.05**	-0.25	-49.13	58.00
8	0.060	K5:1+4	-0.04	0.03	**1.06**	0.12	-27.37	23.71
12	0.940	K3:1+2+3	0.09	-0.08	-0.80	**-1.65**	-54.75	71.86
8	0.060	K3:1+2+3	0.09	-0.06	-2.05	**1.23**	-49.13	58.00
12	0.940	K3:1+2+3	0.09	-0.08	-0.80	-1.65	**-54.75**	71.86
12	0.382	K5:1+4	-2.085e-03	-5.432e-03	1.05	0.12	**-8.795e-03**	7.67
8	0.382	K3:1+2+3	4.875e-03	0.01	-2.05	-0.25	-15.10	**-0.02**
12	0.940	K3:1+2+3	0.09	-0.08	-0.80	-1.65	-54.75	**71.86**

Výpis pro skupinu : DIA

ID prutu	Poloha [m]	Výsl.	My [kNm]	Mz [kNm]	Nx [kN]	Qz [kN]	Sig.min [MPa]	Sig.max [MPa]
11	0.000	K5:1+4	**-7.334e-03**	-7.334e-03	1.28	0.02	-0.52	11.16
11	0.000	K3:1+2+3	**0.01**	0.01	-2.47	-0.04	-21.15	0.70
11	0.000	K3:1+2+3	0.01	0.01	**-2.47**	-0.04	-21.15	0.70
11	0.354	K5:1+4	-5.442e-04	-5.442e-04	**1.28**	0.02	4.03	4.90
11	0.000	K3:1+2+3	0.01	0.01	-2.47	**-0.04**	-21.15	0.70
11	0.354	K5:1+4	-5.442e-04	-5.442e-04	1.28	**0.02**	4.03	4.90
11	0.000	K3:1+2+3	0.01	0.01	-2.47	-0.04	**-21.15**	0.70
11	0.354	K5:1+4	-5.442e-04	-5.442e-04	1.28	0.02	**4.03**	4.90
11	0.354	K3:1+2+3	1.222e-03	1.222e-03	-2.46	-0.03	-9.59	**-7.64**
11	0.000	K5:1+4	-7.334e-03	-7.334e-03	1.28	0.02	-0.52	**11.16**

Výpis pro skupinu : OMEGA

ID prutu	Poloha [m]	Výsl.	My [kNm]	Mz [kNm]	Nx [kN]	Qz [kN]	Sig.min [MPa]	Sig.max [MPa]
15	1.650	K5:1+4	**-0.17**	6.596e-03	-2.060e-04	-0.63	-58.36	58.36
16	0.000	K3:1+2+3	**0.33**	-0.02	-2.667e-04	-1.19	-111.92	111.92
20	0.000	K3:1+2+3	-0.16	0	**-1.30**	0	-58.40	48.72
18	0.000	K3:1+2+3	0.33	0	**1.30**	-1.19	-101.91	111.59
16	0.000	K3:1+2+3	0.33	-0.02	-2.667e-04	**-1.19**	-111.92	111.92
15	1.650	K3:1+2+3	0.33	-0.01	3.974e-04	**1.19**	-110.96	110.96
16	0.000	K3:1+2+3	0.33	-0.02	-2.667e-04	-1.19	**-111.92**	111.92
18	0.309	K2:1+3	7.067e-03	0	0.32	-0.18	**-1.11**	3.49
20	0.516	K2:1+3	6.504e-03	0	-0.32	0.18	-3.31	**0.93**
16	0.000	K3:1+2+3	0.33	-0.02	-2.667e-04	-1.19	-111.92	**111.92**

6.3.2. Posouzení rozhodujících profilů

Profily jsou s ohledem na dostatečnou ohybovou stabilitu posouzeny zjednodušeně pomocí vyhodnocení normálových napětí v krajních vláknech průřezu a jejich srovnání s návrhovou pevností materiálu příslušné slitiny. Návrhová pevnost slitin je stanovena v kapitole 3.1 pro úhelníky rámu hodnotou 132 MPa a pro profily "omega" v kapitole 3.2 hodnotou 140 MPa. Návrhové pevnosti jsou výrazně větší než hodnoty napětí na profilech, konstrukce bezpečně vyhovuje.

6.3.3. Posouzení přípojů

Přípoje jsou navrženy pomocí ocelových šroubů M10. Návrhová pevnost šroubů v tahu i ve střihu je mnohonásobně vyšší než vypočtené hodnoty vnitřních sil. Proto není nutno šrouby podrobněji posuzovat, bezpečně vyhovují.

7. Statický výpočet zátěžové vany

Pro posouzení byl sestaven prostorový výpočtový model v SW Feat98. Jednotlivé části jsou modelovány pomocí plošných deskostěnových prvků. Posouzení provedeno na základě vyhodnocení membránových napětí. Aby k tomuto namáhání plechu vany došlo, je nutno dodržet podmínky instalace betonových zátěžových prvků tak, aby byly vždy těsně zasazeny mezi svislé plechy vany bez mezer.

Dalším typem posudku je stabilita. Zátěžová vana vzdoruje namáhání vztlakem (sáním) větru a zátěž musí s dostatečnou rezervou zajistit stabilitu pro sání větru, ale také pro zajištění stability proti posunu od horizontálního zatížení větrem. Jsou navrženy tři základní skladby zátěžových dlaždic ve třech intenzitách. Pro ně jsou stanoveny maximální přípustné hodnoty vztlakových sil v místech kotvení rámu, které daná skladba zátěže dokáže eliminovat s potřebnou spolehlivostí. V rámci posouzení bude stanoven vzorec pro přepočet vztlakových sil na tíhu, resp. hmotnost zátěže.

Maximální hodnoty vztlakových sil v místech přípojů rámu jsou rozdílné, souvisí s geometrií rámu. Z předchozího modelu rámu vyplývá, že mezi jednotlivými účinky vztlaku je závislost, která odpovídá poměru reakcí od kombinace se vztlakem větru a činí 1,38. Je to násobek větší reakce vůči menší, která je ve snížené části. Tomuto poměru musí být přizpůsobeno i rozmístění zátěže po délce rámu. Stabilita vany je zajištěna rovnováhou mezi zátěží a velkostí působících vztlakových sil. V krajních liniových podporách musí být výslednice vertikálních reakcí tlaková, která zajišťuje stabilitu proti zvednutí vany nebo její části, k čemuž nesmí dojít.

7.1. Prostorový model - vstupní data

Údaje o konstrukci
Jméno projektu **Va_2_03_9**
Autor projektu **Ing. Radek Pazdera**
Rozměr projektu **Prostor**

Prutů	144
Ploch	15
Zatížení	8
Podpor	16
Bodů	0
Linií	51
Ploch	0
Kontaktů	520
Materiálů	5
Průřezů	10
Tlouštěk	3
Podloží	0
Skupin	7
Zat. stavů	3

Údaje o konstrukci	
Geometrie - délky	m
Geometrie - úhly	deg
Průřezy - délky	m
Zatížení, výsledky - síly	kN
Zatížení, výsledky - napětí	MPa
Zatížení, výsledky - délky	m
Deformace - posuny	mm
Deformace - natočení	deg
Čas	sec
Teplota	°C
Hmota	t

Výpis zadaných a použitých materiálů:

E1, E2	[MPa]	moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál)
ni		Poissonův součinitel
gama	[t/m3]	objemová hmotnost
K1, K2	[kN/m3]	koeficienty tepelné roztažnosti
útlum		dekrement útlumu

Materiál	Typ	E 1 [MPa]	ni	gama [t/m3]	K 1 [kN/m3]	E 2 [MPa]	K 2 [kN/m3]	útlum
Ocel 37	OCEL	2.100e+05	0.300	7.850	1.200e-05			0.010
B15	BETON	23000.000	0.200	2.500	1.000e-05			0.100

Výpis zadaných a použitých průřezů:

Iy, Iz	[m4]	hlavní momenty setrvačnosti
Ik	[m4]	moment tuhosti v prostém kroucení
beta y, beta z		koeficienty smykové poddajnosti
P		plný průřez
S		složený
D		dílčí

Průřez	Typ	Materiál	Plocha [m2]	Iy [m4]	Iz [m4]	Ik [m4]	beta y	beta z
O 10	P	B15	7.854e-05	4.909e-10	4.909e-10	9.817e-10	0.900	0.900

Výpis zadaných a použitých tlouštěk:

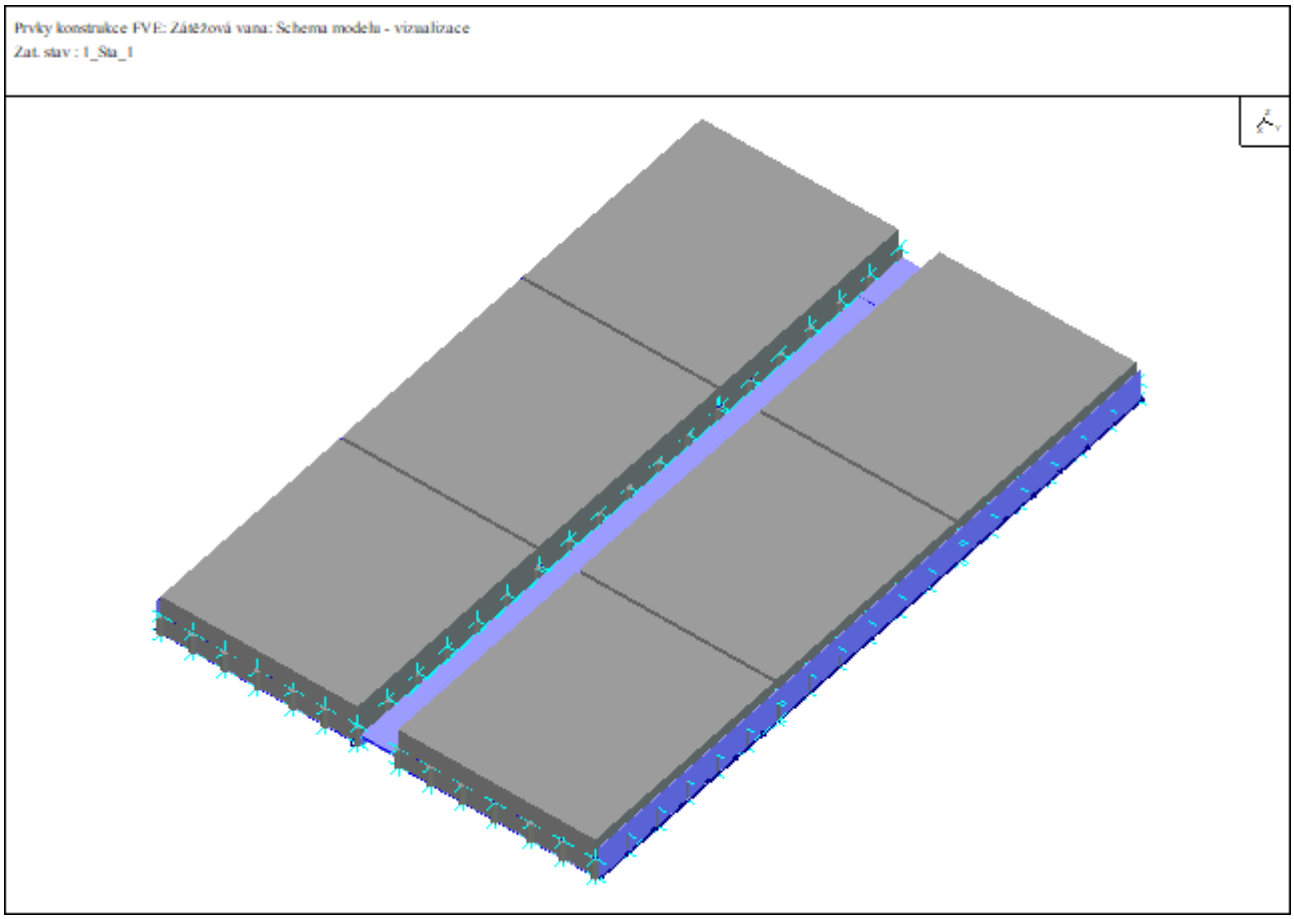
Označení	Materiál	Tloušťka [m]
P_0.8	*Ocel 37	1.000e-03
B_50	*B15	0.060
P_6	*Ocel 37	6.000e-03

Výpis zatěžovacích stavů :

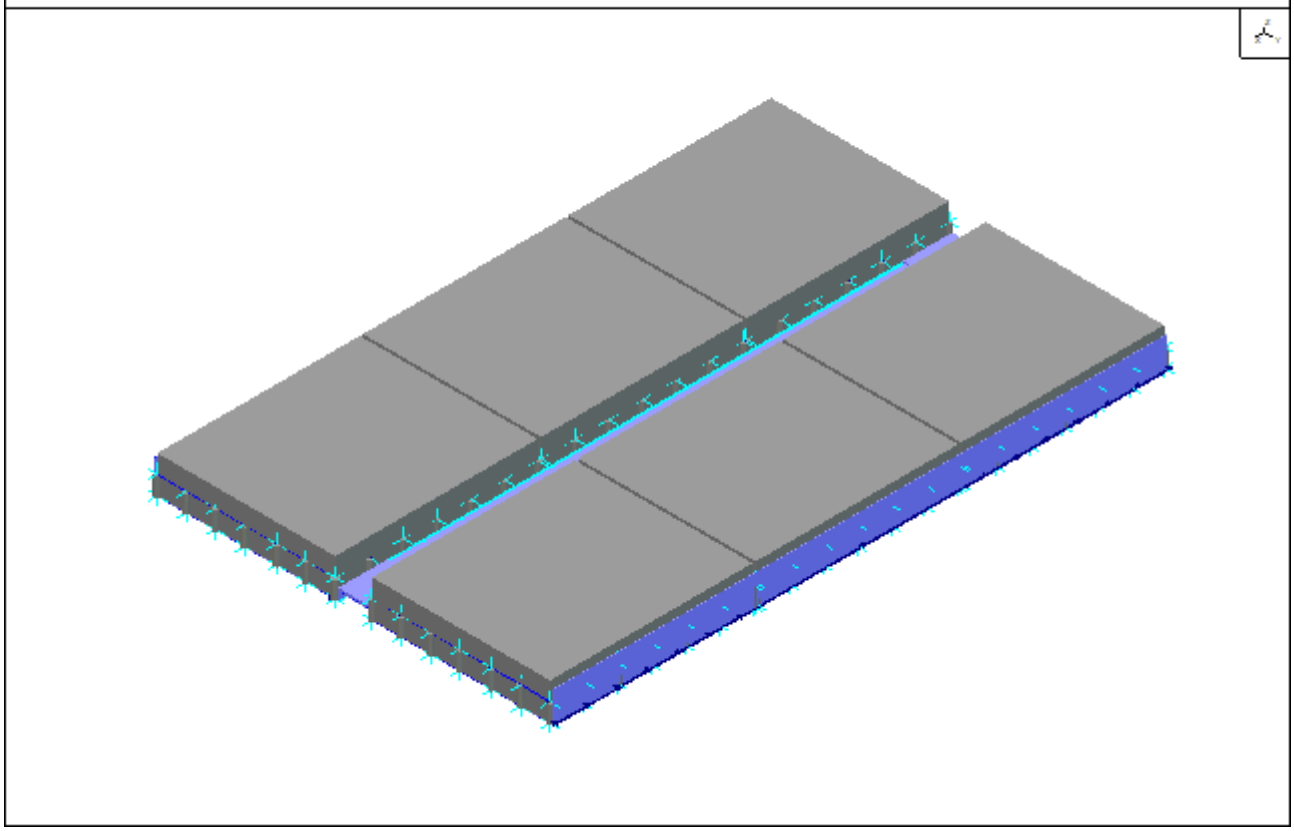
Jméno	Koeficient	Komentář	Typ zatížení	Skupina	Parametry	Výběrový
1_Sta_1	1.000		Perm - stálé	0	Perm	Ne
1_Sta_2	1.000		Perm - stálé	0	Perm	Ne
1_Sta_3	1.000		Perm - stálé	0	Perm	Ne
2_Vztl_1	1.500		Short - krátkodobé	1	Short	Ne
2_Vztl_2	1.500		Short - krátkodobé	1	Short	Ne
2_Vztl_3	1.500		Short - krátkodobé	1	Short	Ne

Výpis kombinací zatěžovacích stavů :

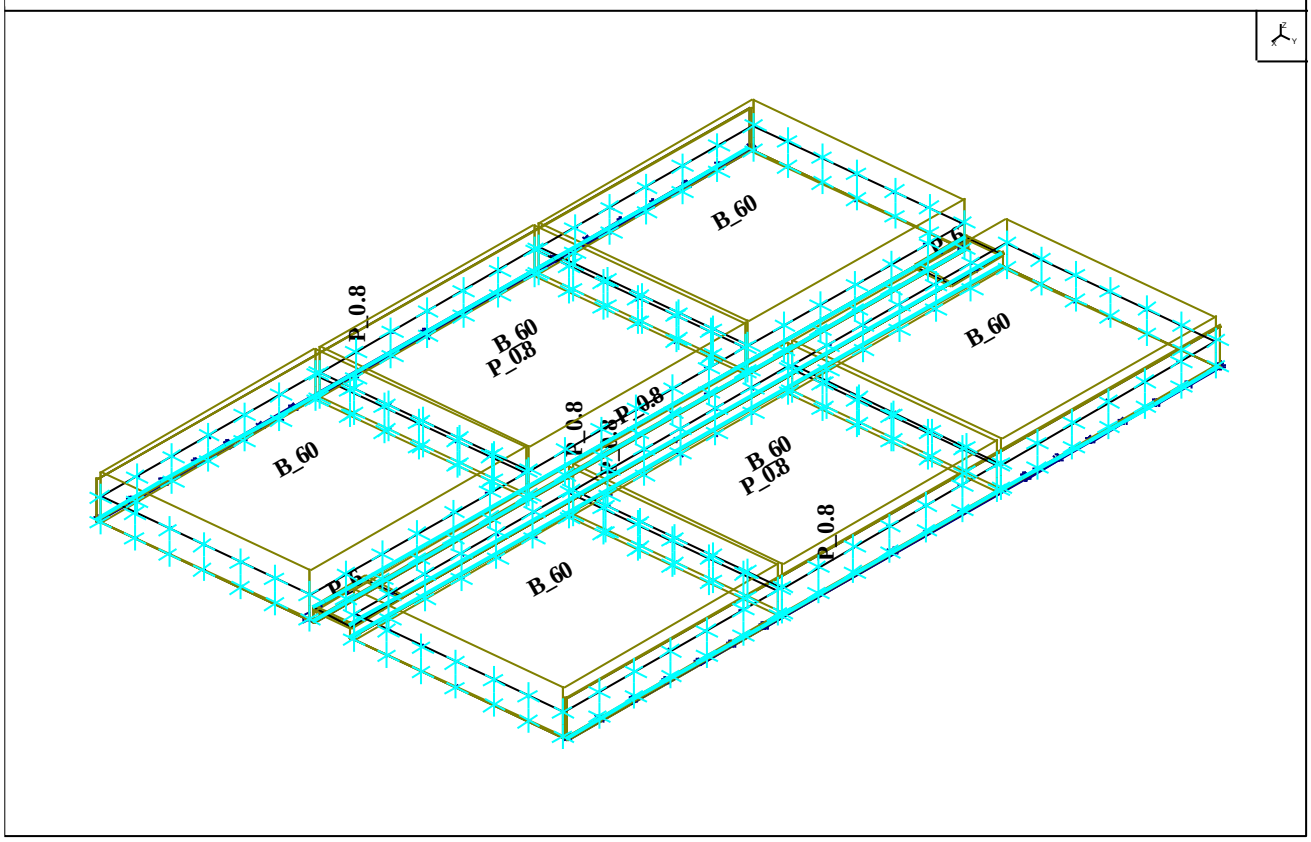
Jméno	ZS	Komentář	Koeficient
K1:1_1+2_1		1.00*1_Sta_1+1.50*2_Vztl_1	
	1_Sta_1		1.000
	2_Vztl_1		1.500
K2:1_2+2_2		1.00*1_Sta_2+1.50*2_Vztl_2	
	1_Sta_2		1.000
	2_Vztl_2		1.500
K3:1_3+2_3		1.00*1_Sta_3+1.50*2_Vztl_3	
	1_Sta_3		1.000
	2_Vztl_3		1.500



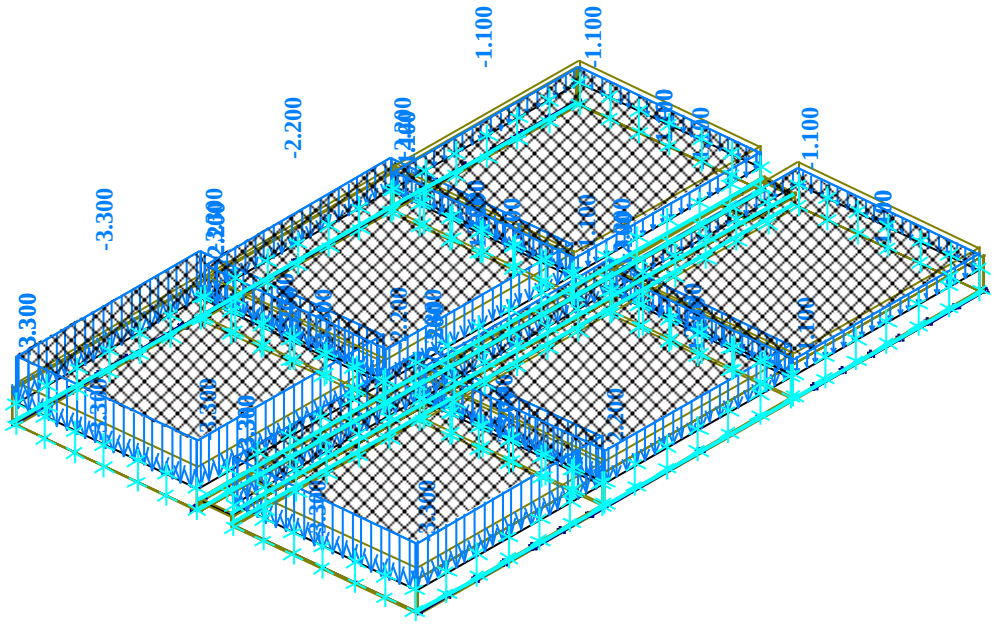
Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Schema modelu - vizualizace
Zat. stav : 1_Sta_1



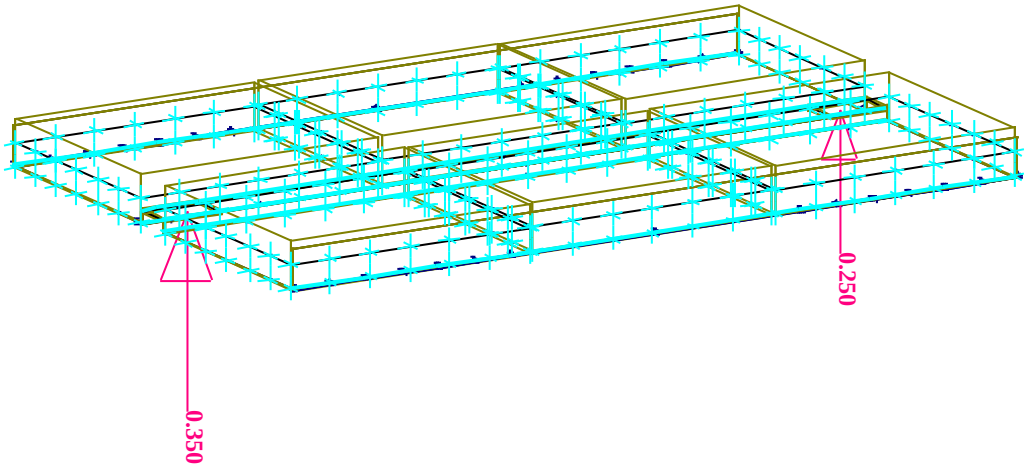
Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Schema modelu
Zat. stav : 1_Sta_1



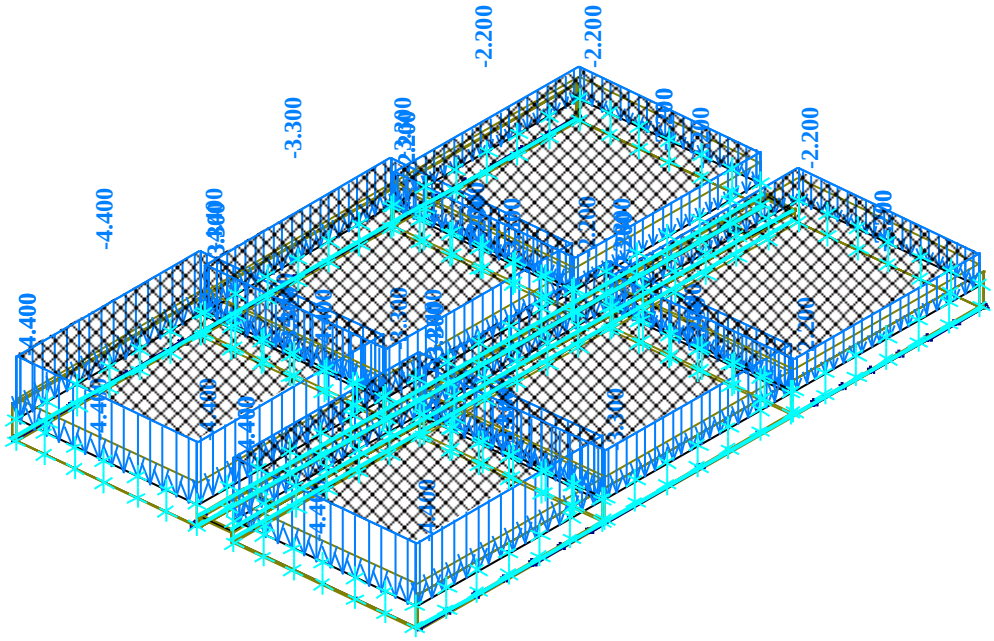
Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Zatížení
Zat. stav : 1_Sta_1



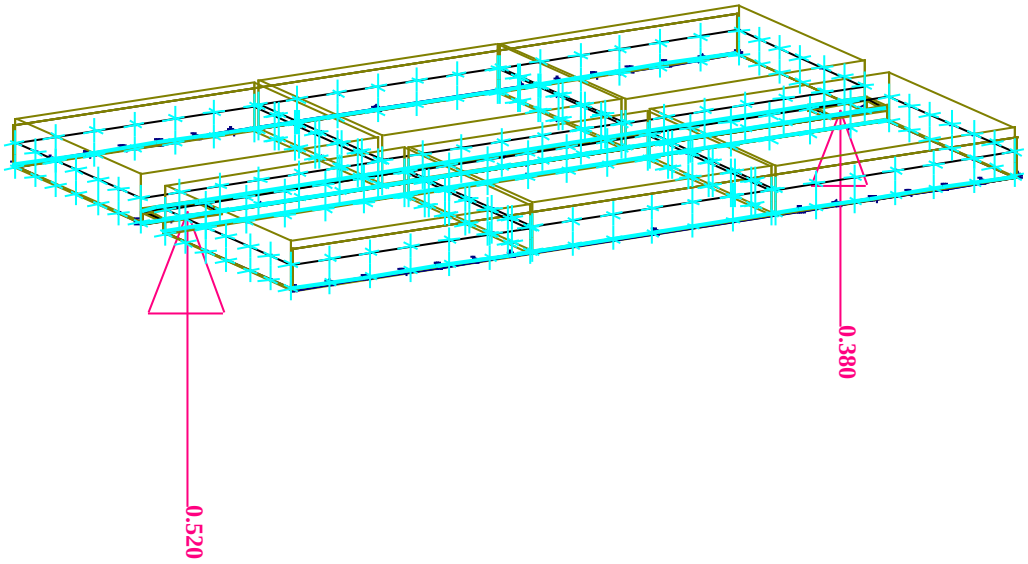
Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Zatížení
Zat. stav : 2_Vztl_1



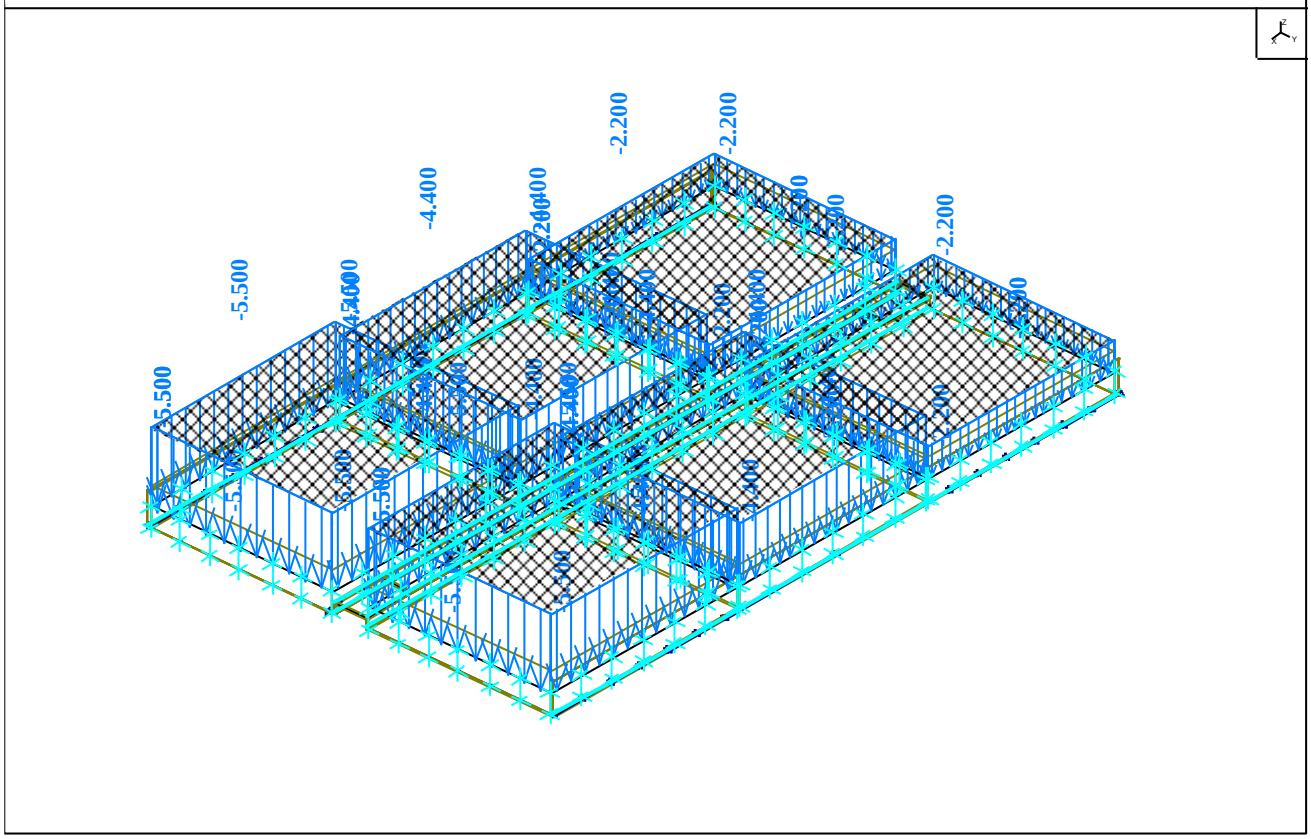
Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Zatížení
Zat. stav : 1_Sta_2



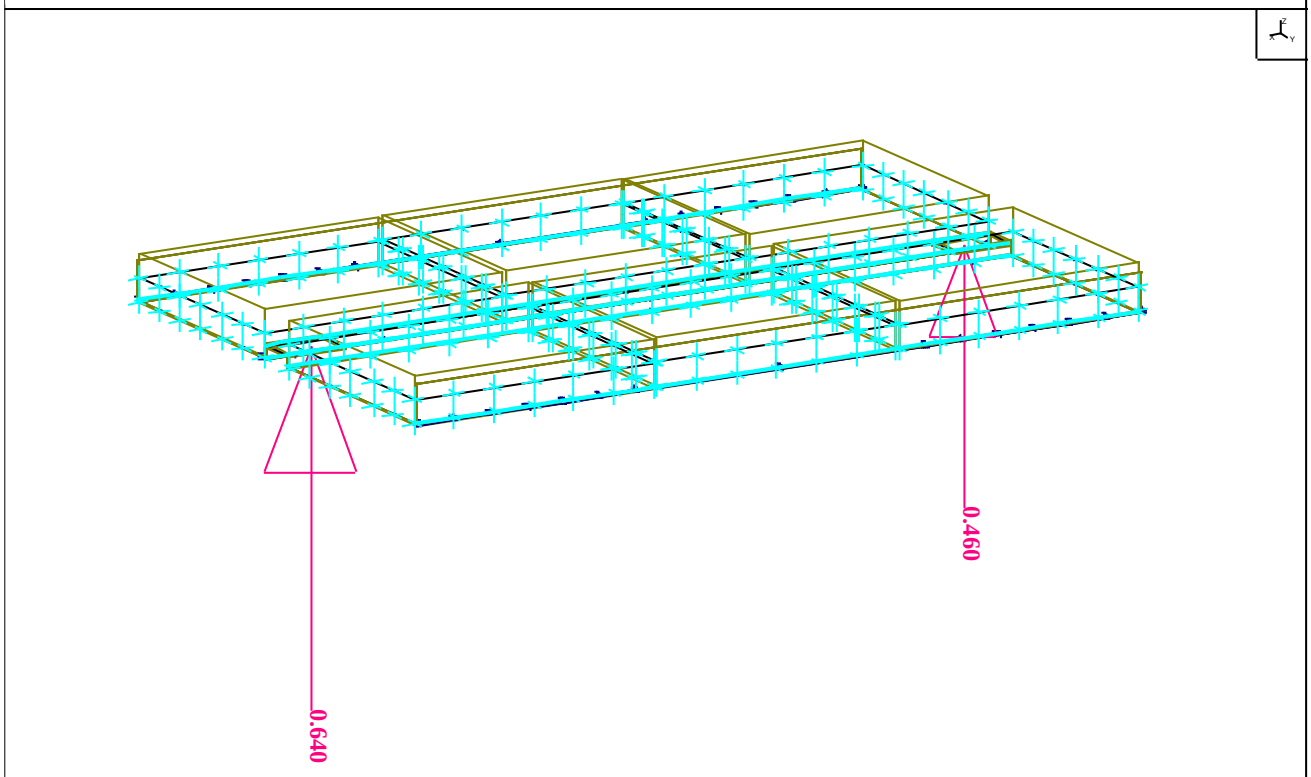
Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Zatížení
Zat. stav : 2_Vztl_2



Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Zatížení
Zat. stav : 1_Sta_3

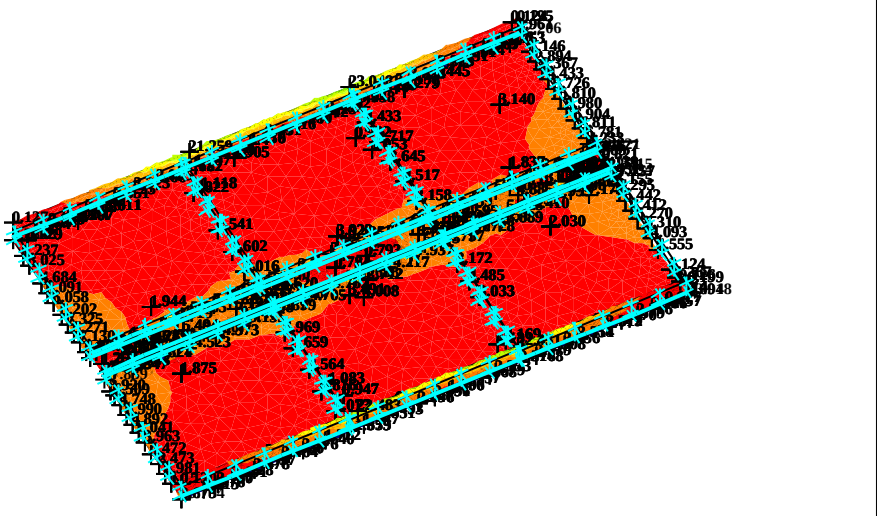


Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Zatížení
Zat. stav : 2_Vztl_3



7.2. Prostorový model - výstupy

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy efektivních srovnávacích napětí
Zat. stav : K1:1_1+2_1

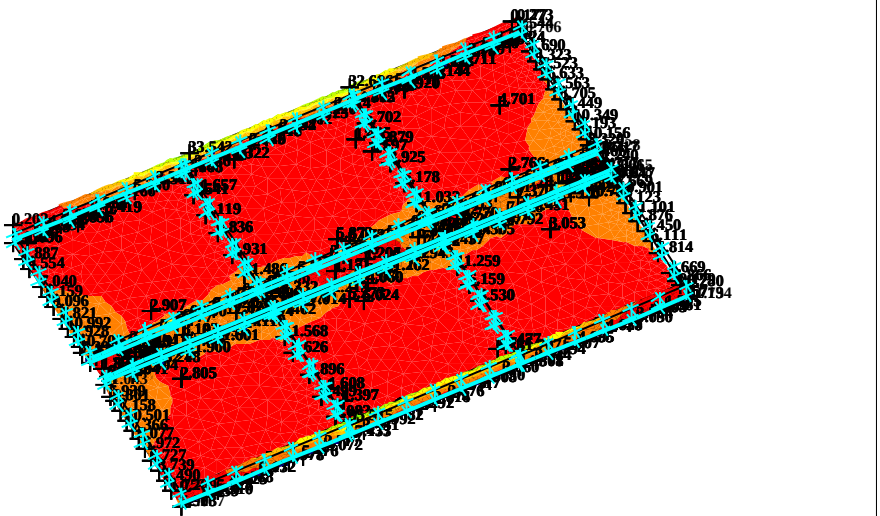


Projekt : Va_2_03_9

sef-s[MPa]

0.124
4.027
7.929
11.831
15.733
19.636
23.538
27.440
31.342
35.245
39.147
43.049
46.951
50.854
54.756
58.658

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy efektivních srovnávacích napětí
Zat. stav : K2:1_2+2_2

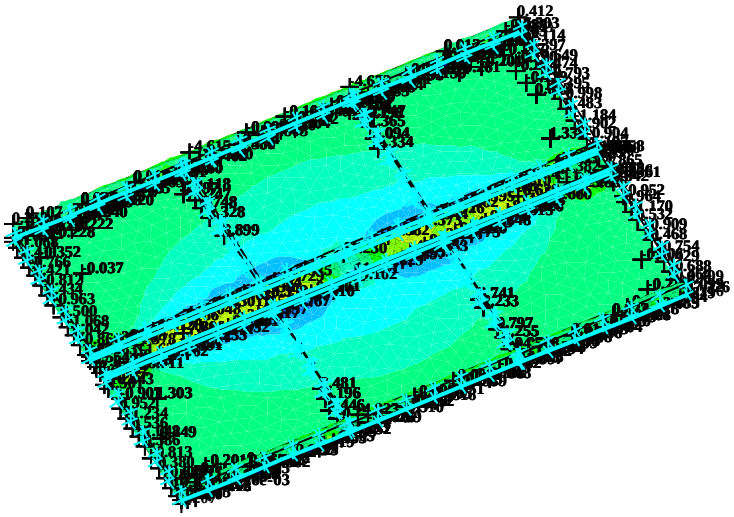


Projekt : Va_2_03_9

sef-s[MPa]

0.177
6.031
11.884
17.738
23.592
29.446
35.300
41.153
47.007
52.861
58.715
64.569
70.423
76.276
82.130
87.984

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy normálových napětí
Zat. stav : K3:1_3+2_3

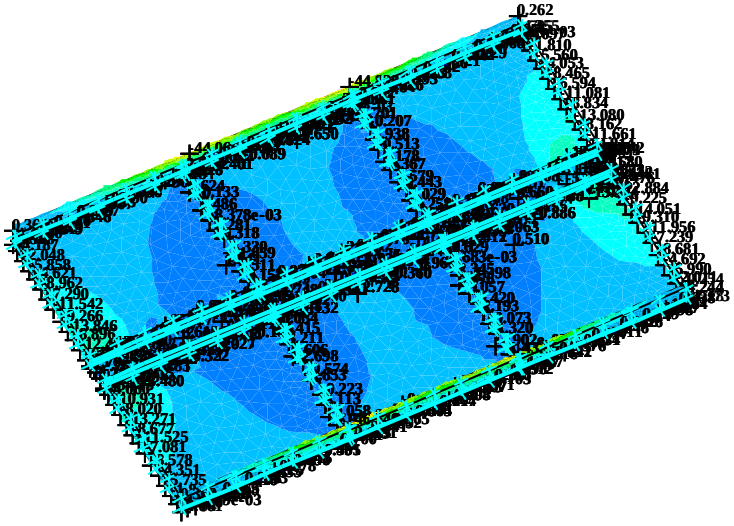


Projekt : Va_2_03_9

sx-s[MPa]

-20.971
-18.093
-15.214
-12.336
-9.457
-6.579
-3.700
-0.822
2.057
4.935
7.814
10.692
13.571
16.449
19.328
22.206

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy normálových napětí
Zat. stav : K3:1_3+2_3

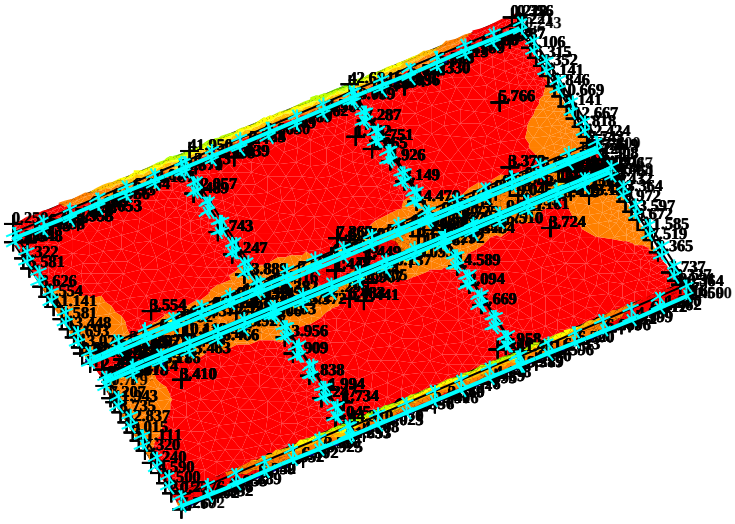


Projekt : Va_2_03_9

sy-s[MPa]

-58.148
-52.847
-47.546
-42.244
-36.943
-31.642
-26.341
-21.039
-15.738
-10.437
-5.136
0.166
5.467
10.768
16.070
21.371

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy efektivních - srovnávacích napětí
Zat. stav : K3:1_3+2_3

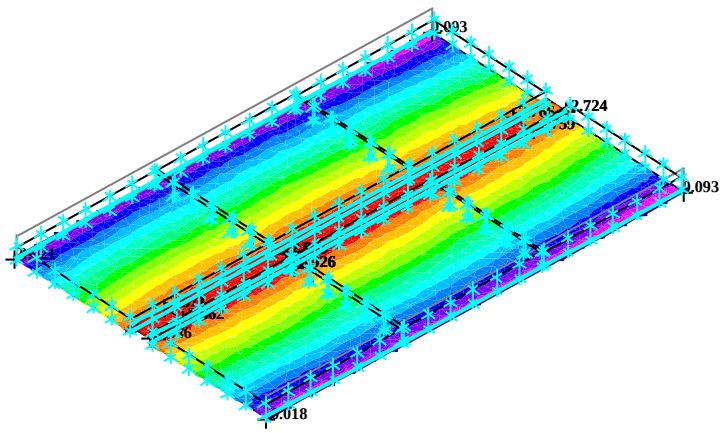


Projekt : Va_2_03_9

sef-s[MPa]

0.228
7.413
14.598
21.784
28.969
36.154
43.339
50.524
57.709
64.895
72.080
79.265
86.450
93.635
100.820
108.005

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy vertikálních posunů Uz
Zat. stav : K1:1_1+2_1

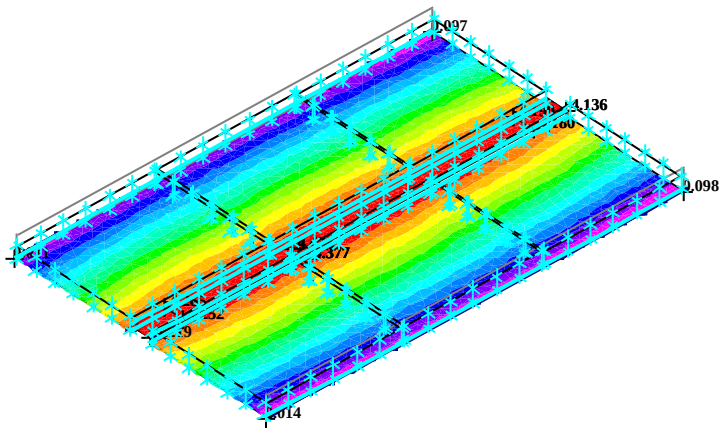


Projekt : Va_2_03_9

def.Z[mm]

-2.965
-2.761
-2.557
-2.353
-2.149
-1.946
-1.742
-1.538
-1.334
-1.130
-0.926
-0.722
-0.518
-0.314
-0.110
0.093

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy vertikálních posunů Uz
Zat. stav : K2:1_2+2_2

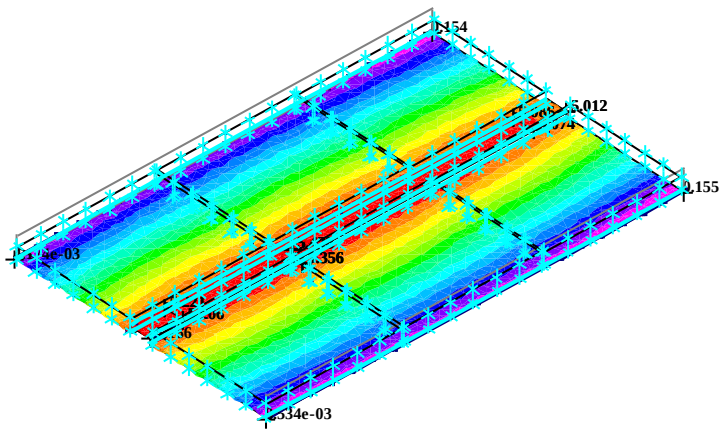


Projekt : Va_2_03_9

def.Z[mm]

-4.436
-4.134
-3.831
-3.529
-3.227
-2.925
-2.622
-2.320
-2.018
-1.715
-1.413
-1.111
-0.809
-0.506
-0.204
0.098

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Průběhy vertikálních posunů Uz
Zat. stav : K3:1_3+2_3

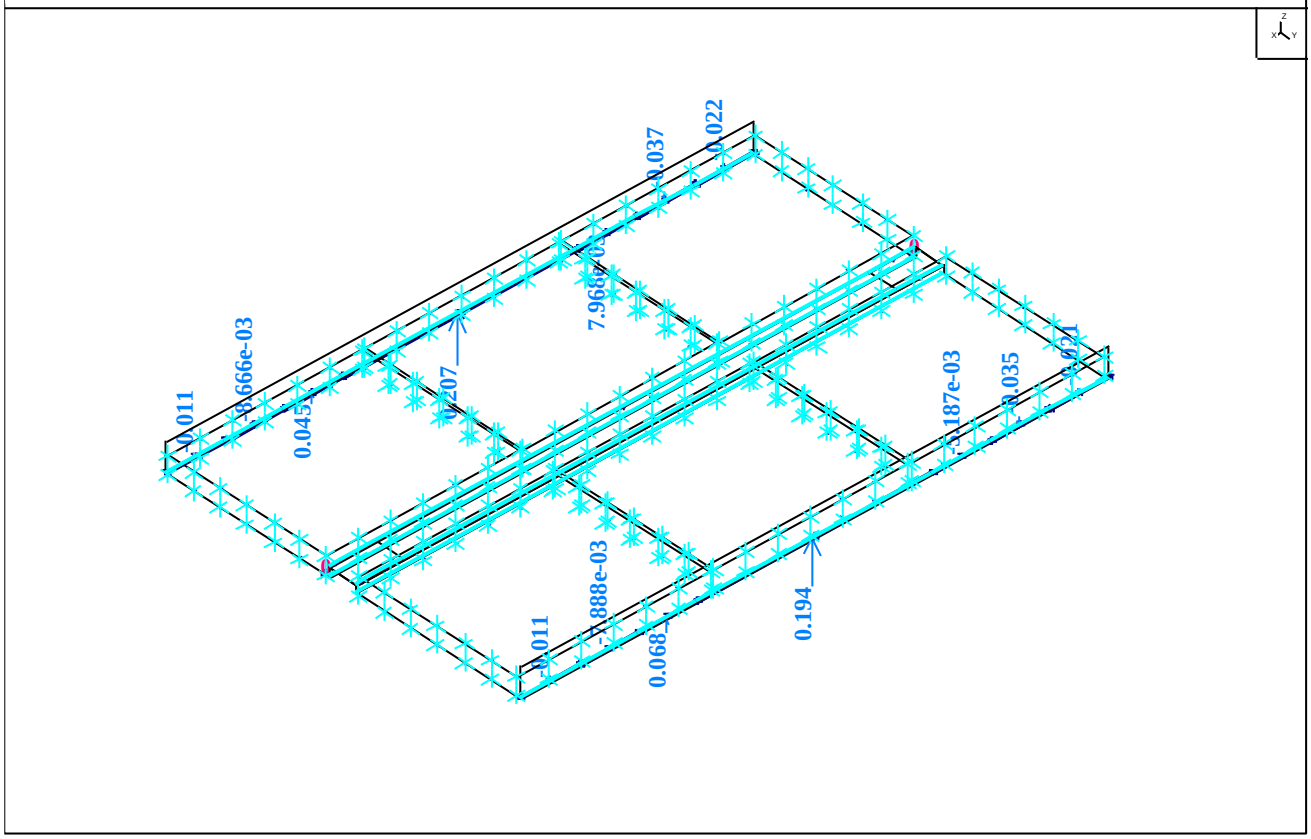


Projekt : Va_2_03_9

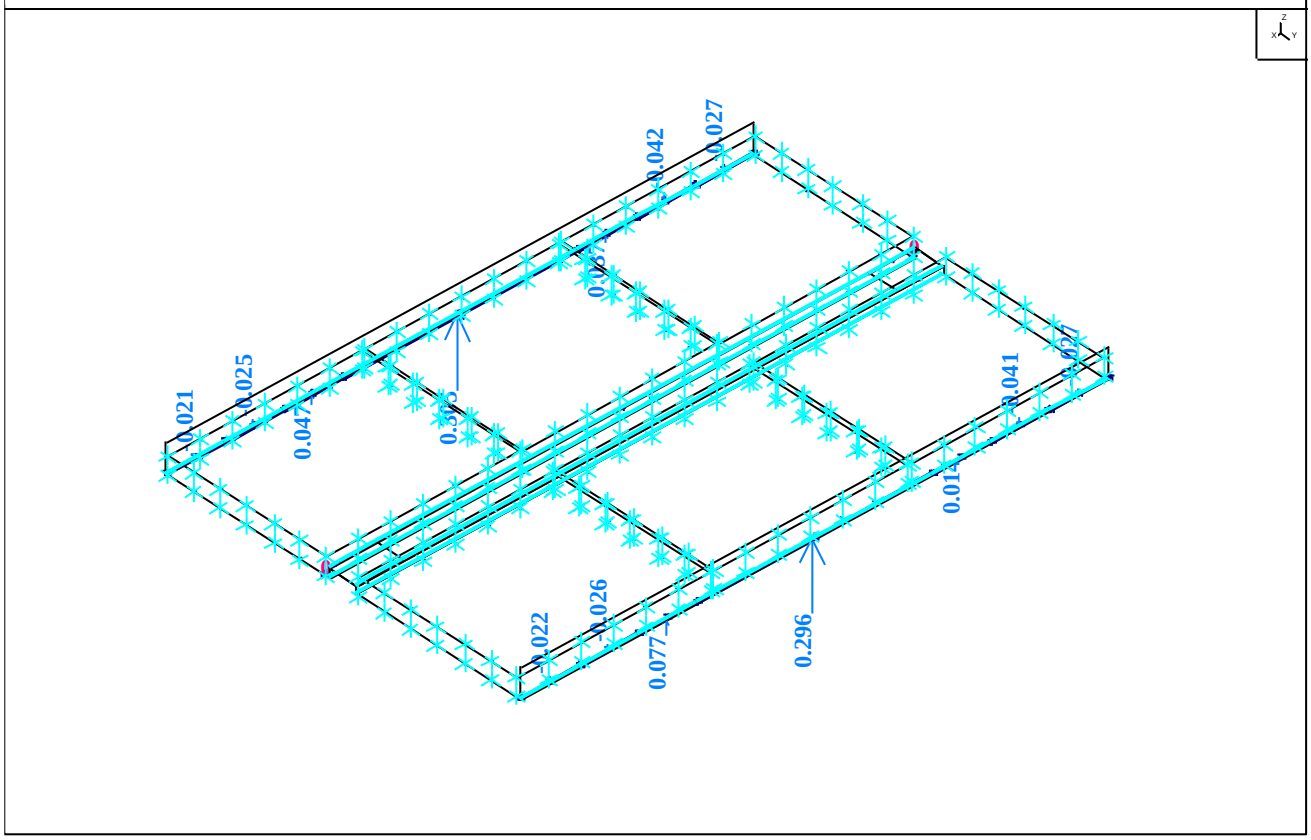
def.Z[mm]

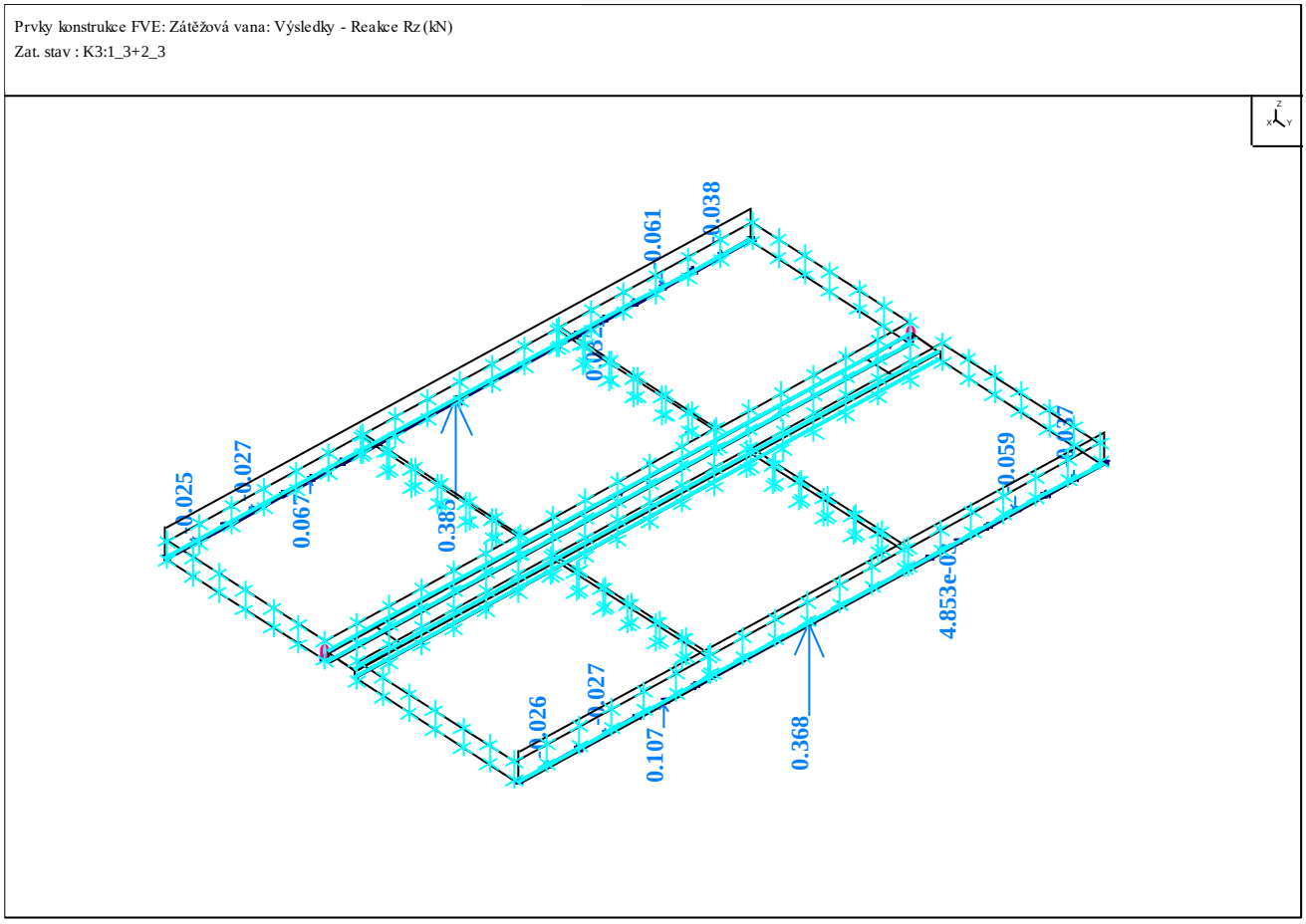
-5.428
-5.056
-4.683
-4.311
-3.939
-3.567
-3.195
-2.822
-2.450
-2.078
-1.706
-1.334
-0.961
-0.589
-0.217
0.155

Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Reakce Rz (kN)
Zat. stav : K1:1_1+2_1



Prvky konstrukce FVE: Zátěžová vana: Výsledky - Reakce Rz (kN)
Zat. stav : K2:1_2+2_2





7.3. Posouzení

7.3.1. Posouzení z hlediska 1. mezního stavu

Posouzení je provedeno pro maximální intenzitu zátěže (kombinace K3), přičemž tato intenzita zátěže je uvažována jako limitní pro posouzení odpovídajících hodnot vztlaku a tím i únosnosti konstrukce vany. Limitem je samozřejmě hodnota vztlakových sil. V případě větší zátěže, než odpovídá požadavku na odolnost vůči vztlaku, je tato na stranu bezpečnou.

Posouzení je provedeno na základě vyhodnocení hodnot membránových napětí v rozhodujících částech plechu tl. 0,8 mm.

Protože v SW je možno modelovat plošné prvky s minimální tl. 1,0 mm, je v modelu použit plech tl. 1,0 mm s tím, že výsledné napětí bude v posouzení navýšeno adekvátně skutečné tuhosti plechu. Navýšení je na základě poměru ohybových tuhostí plechu 1,0 mm a plechu 0,8 mm, který činí 1,57. Hodnoty napětí s rezervou vyhovují návrhové pevnosti oceli S 235, která je dána hodnotou 204 MPa.

V místě podložky tl. 6,0 mm jsou vyhodnoceny klasické hodnoty napětí v krajních vláknech na horním a dolním povrchu. Hodnoty napětí s rezervou vyhovují návrhové pevnosti oceli S 235, která je dána hodnotou 204 MPa.

Z hlediska mezního stavu únosnosti konstrukce vyhovuje.

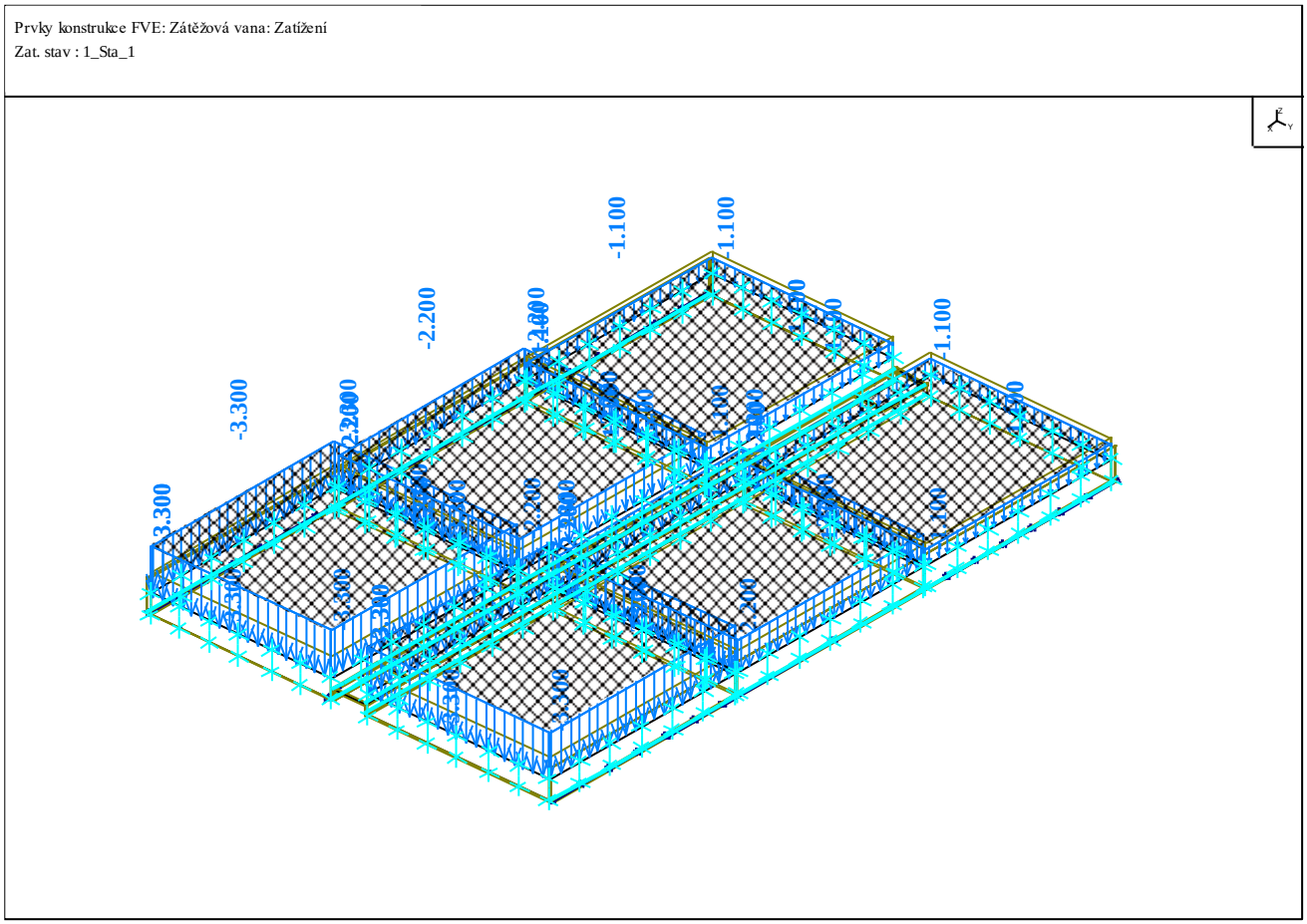
7.3.2. Posouzení z hlediska stability

Základním kritériem pro hodnocení stability je taková míra rovnováhy intenzity zátěže a proti ní působících vztlakových sil, kdy celá dosedací plocha vany je tlačená. V modelu je tato skutečnost patrná z průběhu vertikálních posunů, které musí v ploše vany dosahovat záporných hodnot. To značí, že vana dosedá celou plochou na střešní krytinu a vykazuje mírný přebytek tlakových sil vůči tahovým vztlakovým silám působících v místech kotvení rámu. Je to doloženo výsledným součtem reakcí, který musí být kladný. Pro jednotlivé úrovně zátěže jsou stanoveny maximální hodnoty vztlakových sil, kterým je vana se zátěží schopna odolat. Pro každou úroveň jsou uvedeny schema zatížení vany, hodnoty charakteristických reakcí – vztlakové síly a rekapitulace výsledných účinků. Intenzita plošného zatížení 1,1 kN/m^2 na příslušné ploše odpovídá vždy jedné betonové dlaždici výšky 50 mm.

7.4. Rekapitulace výsledků posouzení, stanovení limitních vztlakových sil

Rekapitulace – úroveň 1:

Schema zatížení vany s rozložením zatížení - Zatěžovací stav **1_Sta_1**:



Hmotnost betonových dlaždic: (3+2+1) x 2 x 10 = **120 kg** – odpovídá tíze **1,20 kN**

Maximální **charakteristické** hodnoty vztlakových sil v místech kotvení - Zatěžovací stav **2_Vztl_1**:

A (kotvení v místě rámu s větší výškou) = 0,35 kN,

B (kotvení v místě rámu s nižší výškou) = 0,25 kN

Vzájemný poměr A / B = 0,35 / 0,25 = 1,40

Suma: 0,35 + 0,25 = **0,60 kN**

Maximální **návrhové** hodnoty vztlakových sil v místech kotvení:

0,35 x 1,5 + 0,25 x 1,5 = **0,90 kN**

Minimální rezerva nutná pro zajištění stability:

Pro **návrhovou** úroveň vztlaku: 1,20 / 0,90 = **1,333**

Pro **charakteristickou** úroveň vztlaku: 1,20 / 0,60 = **2,00**

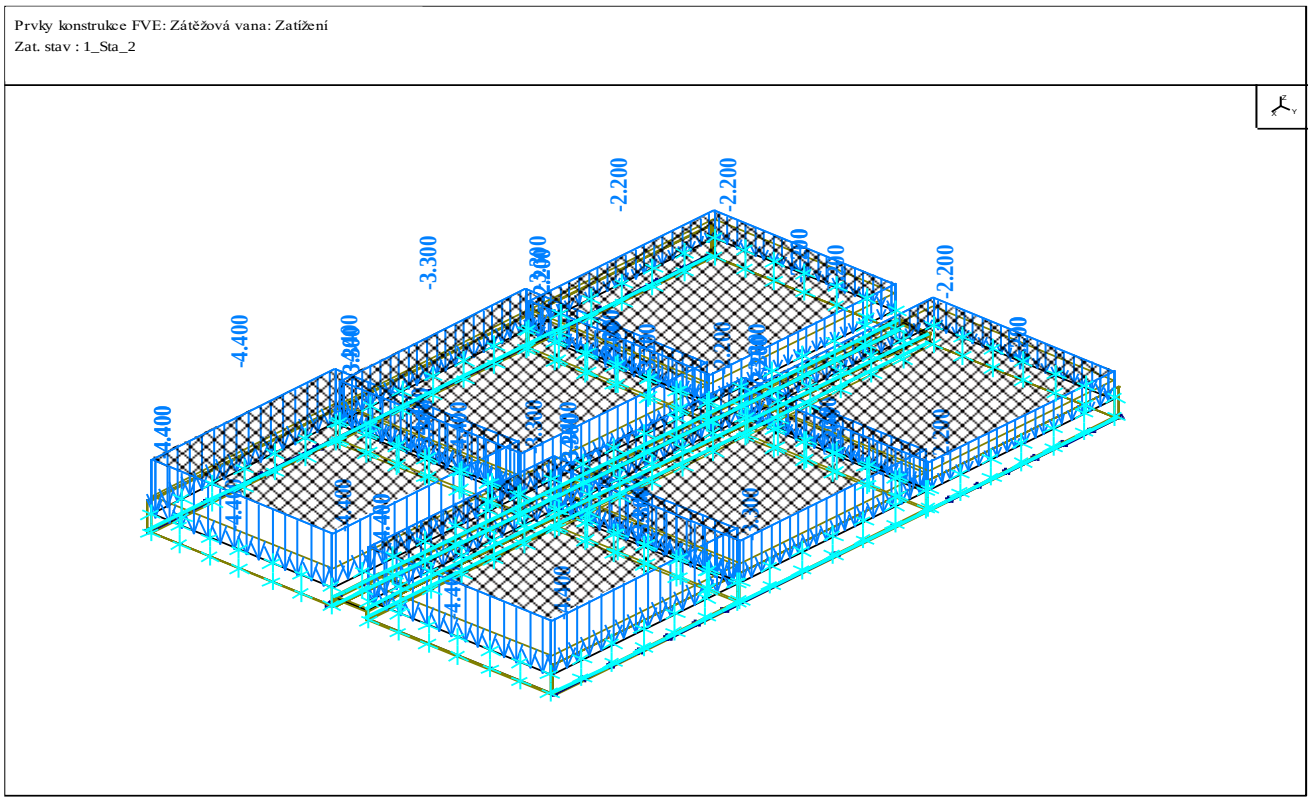
Kontrolní výpis reakcí:

Výpis pro výsledek : 8 - K1:1_1+2_1 Kombinace ZS (post)

ID plochy	Podpora	Poloha [m]	Rz [kN]	Mz [kNm]
1	36	0.930,0.000,0.000	-0.011	0
	37	0.830,0.000,0.000	-8.666e-03	0
	38	0.730,0.000,0.000	0.045	0
	39	0.480,0.000,0.000	0.207	0
	40	0.230,0.000,0.000	7.968e-03	0
	41	0.130,0.000,0.000	-0.037	0
	42	0.030,0.000,0.000	-0.022	0
8	29	0.480,0.650,0.000	0.194	0
	30	0.230,0.650,0.000	-5.187e-03	0
	31	0.130,0.650,0.000	-0.035	0
	32	0.930,0.650,0.000	-0.011	0
	33	0.830,0.650,0.000	-7.888e-03	0
	34	0.730,0.650,0.000	0.068	0
	35	0.030,0.650,0.000	-0.021	0
SUMA			**0.363**	

Rekapitulace – úroveň 2:

Schema zatížení vany s rozložením zatížení - Zatěžovací stav **1_Sta_2**:



Hmotnost betonových dlaždic: (4+3+2) x 2 x 10 = **180 kg** – odpovídá tíze **1,80 kN**

Maximální **charakteristické** hodnoty vztlakových sil v místech kotvení - Zatěžovací stav **2_Vztl_2**:

A (kotvení v místě rámu s větší výškou) = 0,52 kN,

B (kotvení v místě rámu s nižší výškou) = 0,38 kN

Vzájemný poměr A / B = 0,52 / 0,38 = 1,38

Suma: 0,52 + 0,38 = **0,90 kN**

Maximální **návrhové** hodnoty vztlakových sil v místech kotvení:

0,52 x 1,5 + 0,38 x 1,5 = **1,35 kN**

Minimální rezerva nutná pro zajištění stability:

Pro **návrhovou** úroveň vztlaku: 1,80 / 1,35 = **1,334**

Pro charakteristickou úroveň vztlaku: 1,80 / 0,90 = **2,00**

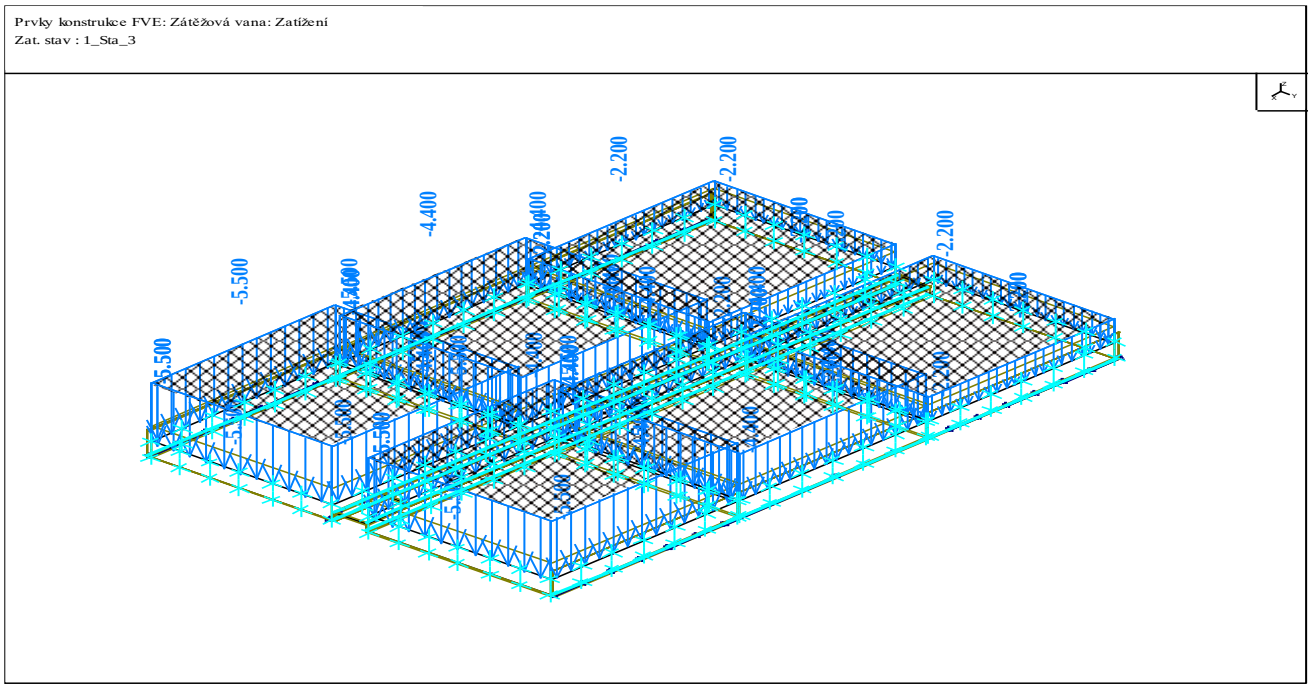
Kontrolní výpis reakcí:

Výpis pro výsledek : 6 - K2:1_2+2_2 Kombinace ZS (post)

ID plochy	Podpora	Poloha [m]	Rz [kN]	Mz [kNm]
1	36	0.930,0.000,0.000	-0.021	0
	37	0.830,0.000,0.000	-0.025	0
	38	0.730,0.000,0.000	0.047	0
	39	0.480,0.000,0.000	0.305	0
	40	0.230,0.000,0.000	0.037	0
	41	0.130,0.000,0.000	-0.042	0
	42	0.030,0.000,0.000	-0.027	0
8	29	0.480,0.650,0.000	0.296	0
	30	0.230,0.650,0.000	0.014	0
	31	0.130,0.650,0.000	-0.041	0
	32	0.930,0.650,0.000	-0.022	0
	33	0.830,0.650,0.000	-0.026	0
	34	0.730,0.650,0.000	0.077	0
	35	0.030,0.650,0.000	-0.027	0
SUMA			**0.545**	

Rekapitulace – úroveň 3:

Schema zatížení vany s rozložením zatížení - Zatěžovací stav **1_Sta_3**:



Hmotnost betonových dlaždic: (5+4+2) x 2 x 10 = **220 kg** – odpovídá tíze **2,20 kN**

Maximální **charakteristické** hodnoty vztlakových sil v místech kotvení - Zatěžovací stav **2_Vztl_3**:

A (kotvení v místě rámu s větší výškou) = 0,64 kN,

B (kotvení v místě rámu s nižší výškou) = 0,46 kN

Vzájemný poměr A / B = 0,64 / 0,46 = 1,39

Suma: 0,64 + 0,46 = **1,10 kN**

Maximální **návrhové** hodnoty vztlakových sil v místech kotvení:

0,64 x 1,5 + 0,46 x 1,5 = **1,65 kN**

Minimální rezerva nutná pro zajištění stability:

Pro **návrhovou** úroveň vztlaku: 2,20 / 1,65 = **1,334**

Pro **charakteristickou** úroveň vztlaku: 2,20 / 1,10 = **2,00**

Kontrolní výpis reakcí:

Výpis pro výsledek : 9 - K3:1_3+2_3 Kombinace ZS (post)

ID plochy	Podpora	Poloha [m]	Rz [kN]	Mz [kNm]
1	36	0.930,0.000,0.000	-0.025	0
	37	0.830,0.000,0.000	-0.027	0
	38	0.730,0.000,0.000	0.067	0
	39	0.480,0.000,0.000	0.385	0
	40	0.230,0.000,0.000	0.032	0
	41	0.130,0.000,0.000	-0.061	0
	42	0.030,0.000,0.000	-0.038	0
8	29	0.480,0.650,0.000	0.368	0
	30	0.230,0.650,0.000	4.853e-03	0
	31	0.130,0.650,0.000	-0.059	0
	32	0.930,0.650,0.000	-0.026	0
	33	0.830,0.650,0.000	-0.027	0
	34	0.730,0.650,0.000	0.107	0
	35	0.030,0.650,0.000	-0.037	0
SUMA			**0.666**	

8. Závěr

V rámci statického výpočtu byly posouzeny jednotlivé části nosné konstrukce pro uložení panelů FVE na střechy. Rozhodující pro dimenze je zatížení větrem a to zejména sáním větru. Účinky zatížení větrem jsou značně proměnné, závisí na větrové oblasti, typu krajiny, výšce objektu tvaru střechy a dalších parametrech konkrétního objektu a jeho lokality. Pro posouzení únosnosti konstrukcí bylo vybrány parametry zatížení větrem, které by měly pokrýt většinu instalací. Byla zvolena II. větrová oblast s typem krajiny II a referenční výškou objektu 20 m. Z hlediska mezního stavu únosnosti konstrukce vyhovují s velkou rezervou.

Pro celkové posouzení je však rozhodující stabilita, tedy odolnost konstrukce proti účinkům sání větru, protože stabilita je zajištěna pouze přitížením pomocí betonových dlaždic uložených do zátěžové vany. Pro posouzení stability byly zvoleny tři typické úrovně zátěže. Maximální více méně vychází z maximálního množství dlaždic, které je možno do zátěžové vany pod panely umístit. Tímto výpočtem jsou stanoveny požadavky na poměr tíhy zátěže k hodnotám vztlakových sil. Pro korektní funkci zátěžové vany musí být dodrženy následující poměry vztahu tíhy zátěže a vztlakových sil od větru:

Minimální hodnoty poměru tíhy zátěže (F_{zatez}) k hodnotě celkové vztlakové síly (F_{vztl}) - rezerva nutná pro zajištění stability vany:

Pro **návrhovou** úroveň vztlaku: $\mathbf{F_{zatez} / F_{vztl,\,D} = 1{,}334}$

Pro **charakteristickou** úroveň vztlaku: $\mathbf{F_{zatez} / F_{vztl,\,ch} = 2{,}00}$

Pod střední prolis plechu vany musí být vložena výztužná podložka z plechu tl. min. 6 mm a musí vyplnit těsně horizontálně prostor mezi stěnami prolisu, tak aby horizontální plech prolisu nebyl namáhán ohybem pře hranu podložky. Tedy šířka podložky musí být cca 50 mm. Do zátěžové vany budou vkládány betonové dlaždice, systém je navržen na dlaždice 300 x 300 mm. Dlaždice musí být vloženy těsně mezi vertikální stěny vany bez mezer, stejně tak nesmí být mezery mezi jednotlivými dlaždicemi v podélném směru. Toto platí minimálně pro první vrstvu dlaždic. Tento požadavek vyplývá z předpokladů statického působení plechové vany, kde je s ohledem na použití relativně tenkého plechu možnost pouze membránového namáhání.

S ohledem na odlišné parametry jednotlivých instalací, není možno toto posouzení provést generálně. Posouzení z hlediska stability musí být provedeno individuálně pro každý objekt, pro každou instalaci na základě konkrétních podmínek v daném místě v souladu s platnými normami.

Vypracoval: Ing. Radek Pazdera

01/2023