

Statický posudek **Pracovní verze**
Přetížení střechy objektu VEC III FVE
VŠB – Technická univerzita Ostrava



Projekt.: Instalace FVE na objektech VŠB-TUO

Zpráva č.: FAST HS xxxxx – Přetížení střechy objektu VEC III FVE

Stupeň PD: Dokumentace pro stavební povolení (DSP)

Investor: VŠB – Technická univerzita Ostrava



17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Gen. projektant: VŠB – Technická univerzita Ostrava, CEET, VEC



17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Zpracovatel: VŠB – Technická univerzita Ostrava, FAST, Katedra konstrukcí



Ludvíka Podéště 1875/17

708 00 Ostrava-Poruba

Vypracoval: doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.,

Autorizoval: doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

autorizovaný inženýr pro obor: Statika a dynamika staveb

číslo autorizace: ČKAIT 1104146

.....
prof. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí Katedry konstrukcí

.....
prof. Ing. Martina Peřínková, Ph.D.
děkanka Fakulty stavební, VŠB-TUO

Datum: 04/2023

Počet stran: 25 stran

Výtisk č.

Obsah

1. Zadání	- 3 -
2. Technická dokumentace a podklady.....	- 4 -
3. Nosná konstrukce objektu	- 5 -
4. Statické posouzení – pavilon VEC.....	- 8 -
5. Statické posouzení – přístavky	- 17 -
6. Závěr.....	- 24 -

1. Zadání

Statické posouzení nosné konstrukce objektu VEC III s ohledem na plánovanou instalaci FVE na střeše objektu.

Cílem posudku je stanovení možného přetížení střešního pláště od konstrukce FVE.

Statické posouzení vypracovat ve stupni projektové dokumentace *DSP – Dokumentace pro stavební povolení*.

Místo stavby: objekt VEC III

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Generální projektant:

VŠB-TU Ostrava, CEET, Výzkumné energetické centrum

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Investor:

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Zhotovitel statického posudku:

Fakulta stavební, Katedra Konstrukcí

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

2. Technická dokumentace a podklady

Normy a odborná literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí (příslušné části této skupiny norem).
- [3] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [4] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků.
- [5] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.
- [6] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplňující ustanovení.
- [7] ČSN 27 2604 Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb.
- [8] ČSN EN 1090-2 +A1 Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce.
- [9] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [10] ČSN EN 1993-1-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-2: Navrhování na účinky požáru.

Dokumentace k posuzovanému objektu

- [11] Přístavba technologického pavilonu VEC – SO01, část ocelová konstrukce, statický výpočet a výkresová dokumentace; Stahl-Projekt Ing. Jaroslav Slezák, archivní číslo SJ-SB-644, 03/2011.
- [12] Přístavba technologického pavilonu VEC – SO01, část železobetonová konstrukce, statický výpočet a výkresová dokumentace; RECOC s.r.o., 05/2011.
- [13] fotodokumentace ze dne 18. 04. 2023; pořídil Vít Křivý

3. Nosná konstrukce objektu

Objekt VEC III se skládá ze dvou konstrukčních celků [11]:

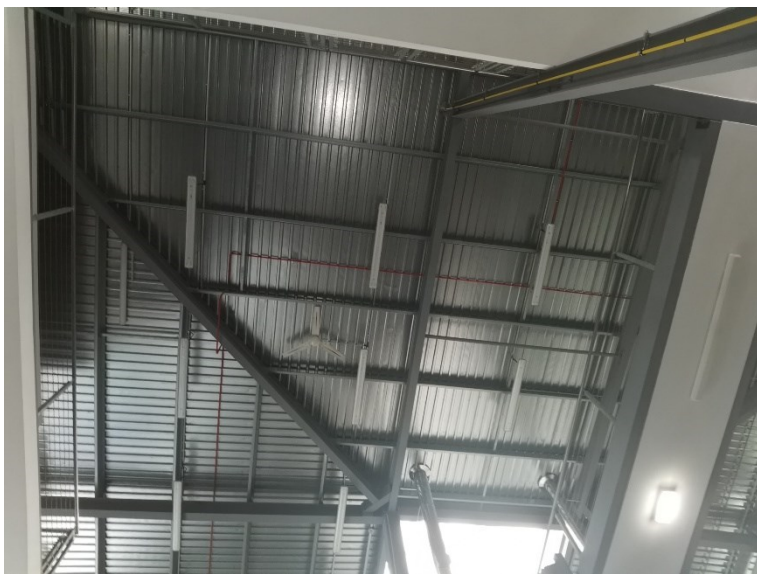
- 1) Pavilon VEC – halová stavba o rozměrech cca 25 x 28 m, výška 12,8 m. Nosný systém kombinuje prvky z konstrukční oceli s železobetonem.
- 2) Přístavky u pavilonu VEC – navrženy s železobetonovou nosnou konstrukcí [12], pro zastřešení jsou použity ocelové nosné prvky.

Nosná vrstva střešního pláště pavilonu VEC je navržena z trapézového plechu HOESCH T40.1x0,75-0,75 mm v pozitivní poloze. Střešní plášť je uložen na tenkostěnných vaznicích METSEC 262.Z.25, které jsou uchyceny na ocelových střešních průvlacích. Ve střední části střechy je umístěn světlík. Ocelové konstrukční prvky jsou navrženy z ocelí pevnostních tříd S355 a S 235. Tenkostěnné vaznice jsou z oceli S460 N/NL. Detailní informace ke zvolenému konstrukčnímu a dispozičnímu uspořádání pavilonu VEC jsou uvedeny v [11].

Nosnou vrstvu střešního pláště přístavek tvoří trapézové plechy TR95/275x0,88, které jsou uloženy na ocelových střešních nosnících z dvojic U průřezů svařených do boxu. Použita je konstrukční ocel pevnostní třídy S 235.

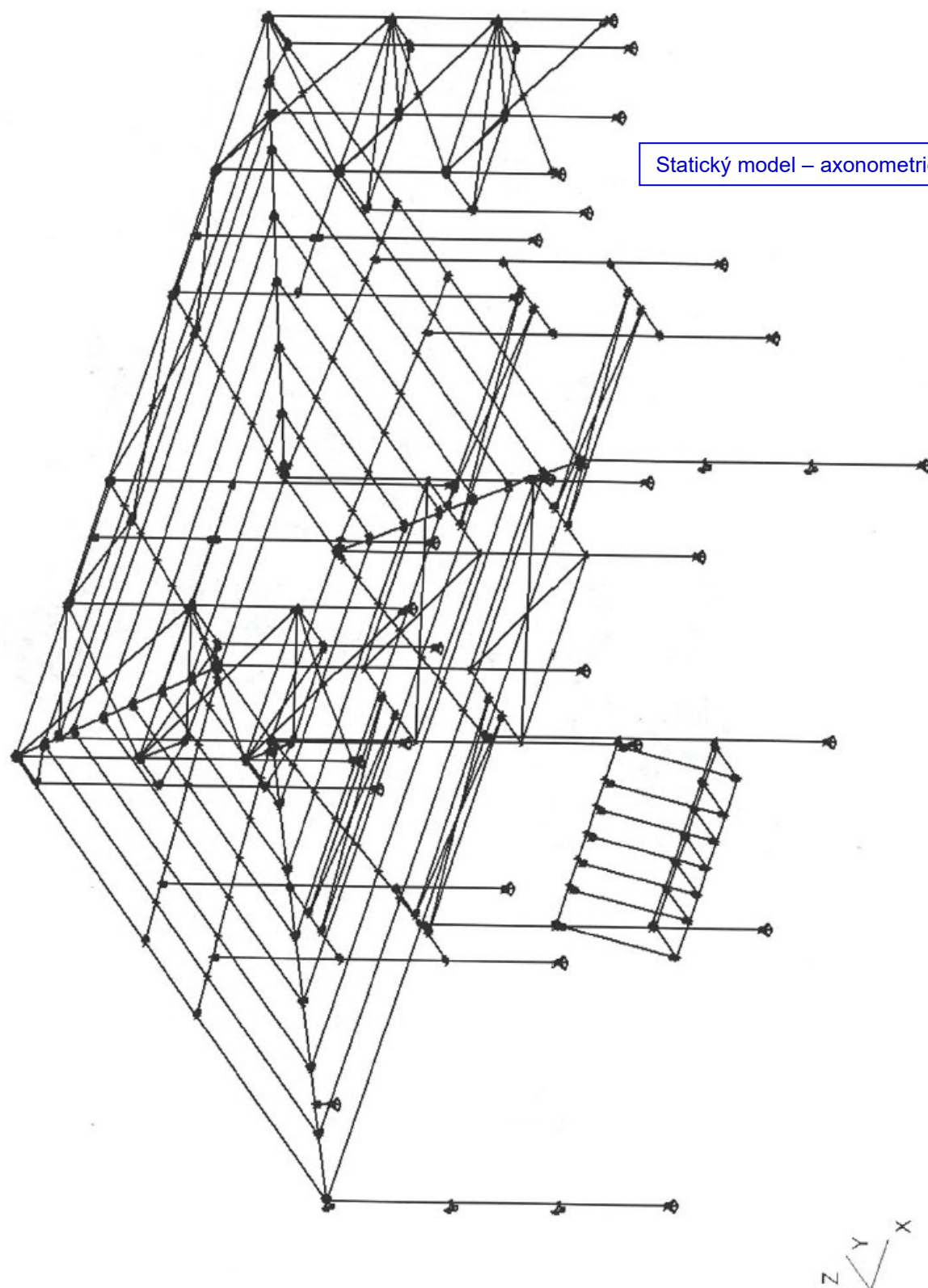


pohled do vnitřního
prostoru pavilonu VEC



Nosný systém zastřešení
pavilonu VEC





4. Statické posouzení – pavilon VEC

Statické posouzení je koncipováno na základě vyhodnocení původního statického výpočtu ocelové nosné konstrukce objektu [11].

Zatížení

Uvažovaná zatížení jsou uvedena v části C.1 původního statického posudku [11]. Kopie této části původního posudku je uvedena na následujících obrázcích.

1.ZS-vlastní tíha

je programem generována automaticky

2.ZS-ostatní stálé

a) střecha

PVC folie		0,07 kN.m ⁻²
geotextilie		0,02 kN.m ⁻²
EPS 100S tl.100mm		0,023 kN.m ⁻²
EPS 100S tl.120mm		0,028 kN.m ⁻²
parotěsná zábrana		0,005 kN.m ⁻²
trapézový plech		0,10 kN.m ⁻²
g₁=		0,25 kN.m⁻²

b) ochoz

keramická dlažba		0,33 kN.m ⁻²
anhydridová podlaha	60 mm	1,26 kN.m ⁻²
EPS 100S 40mm		0,01 kN.m ⁻²
ŽB stropní deska	120 mm	3,00 kN.m ⁻²
SDK na kovovém roštu		0,00 kN.m ⁻²
g₂=		4,60 kN.m⁻²

c) opláštění

paždíky		0,10 kN.m ⁻²
PUR panel tl. 120mm		0,14 kN.m ⁻²
g₂=		0,24 kN.m⁻²

d) prosklená střecha stříšky nad vstupem

trojsklo 3+4+3mm		0,25 kN.m ⁻²
g₂=		0,25 kN.m⁻²

3.ZS-užitné zatížení střechy

zadání investora		0,60 kN.m ⁻²
g₃=		0,60 kN.m⁻²

V původním statickém výpočtu se uvažuje užitným zatížením na střeše v hodnotě 60 kg/m² (zahrnuje veškeré technologie)

4.ZS-užitné zatížení ochozů

zadání investora		3,50 kN.m ⁻²
g₃=		3,50 kN.m⁻²

5.ZS-sníh

a) sníh na stříšku nad vstupem

sněhová oblast

II

char. hodn. zat. sněhem na zemi

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

$$b_1 = 24,8 \text{ m}$$

$$b_2 = 1,70 \text{ m}$$

$$h = 8,20 \text{ m}$$

tvarový souč. $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

$$\mu_2 = 1,61$$

$$\mu_s = 0,00$$

ale zároveň $\mu_w \leq 2,0$ pro oblast

$$\mu_w = 1,61$$

II

délka návěje $l_s = 2 \times h$

$$l_s = 16,40 \text{ m}$$

ale zároveň $5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$

součinitel expozice

$$C_e = 1,00$$

tepelný součinitel

$$C_t = 1,00$$

sníh navátý

$$s_2 = 1,61 \text{ kN.m}^{-2}$$

b) sníh na střeche

sněhová oblast

II

charakteristická hodnota
zatížení sněhem na zemi

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

tvarový součinitel

$$\mu_1 = 0,80$$

součinitel expozice

$$C_e = 1,00$$

tepelný součinitel

$$C_t = 1,00$$

$$s_1 = 0,80 \text{ kN.m}^{-2}$$

Pozn.: Při použití digitální mapy
zatížení sněhem na zemi vychází
stejná hodnota. Ve stanovení
zatížení sněhem nejsou rezervy.

6. - 13.ZS - vítr

větrová oblast

II

výchozí základní rychlost větru

$$v_{b,0} = 25,0 \text{ m.s}^{-1}$$

součinitel směru

větru

$$c_{dir} = 1,0$$

součinitel ročního období

$$c_{season} = 1,0$$

základní rychlost větru

$$v_b = 25,0 \text{ m.s}^{-1}$$

měrná hmotnost vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

základní dynamický tlak větru

$$q_b = 0,391 \text{ kN.m}^{-2}$$

kategorie terénu

III

parametr drsnosti terénu

$$z_0 = 0,30 \text{ m}$$

minimální výška - tab. 4.1

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

součinitel terénu

$$k_r = 0,22$$

součinitel orografie

$$c_0 = 1,0$$

součinitel turbulence

$$k_l = 1,0$$

kinematická viskozita vzduchu

$$\nu = 1,5E-05 \text{ m}^2/\text{s}$$

ekvivalentní drsnost povrchu

$$k = 0,20 \text{ (pozinkovaná ocel)}$$

Součinitele tlaku pro budovy s pravoúhlým půdorysem:

délka budovy (délka okapu)

$$L = 24,76 \text{ m}$$

šířka budovy (délka štítu)

$$B = 27,96 \text{ m}$$

výška budovy

$$H = 12,885 \text{ m}$$

součinitel expozice

$$c_e(H) = 1,877$$

maximální dynamický tlak

$$q_p(H) = 0,733 \text{ kN.m}^{-2}$$

ZS 6, 7, 8, 9 - vítr $\pm Y$ (kolmo na celopláškovou stěnu, ostré hrany, sání, tlak):

b=	27,96 m	A: e/5=	5,2 m
d=	24,76 m	B:	19,6 m
h=	12,89 m	C:	0,0 m
e=	25,77 m	F: e/4=	6,4 m
		G: b-2*e/4=	15,1 m
		F+G: e/10=	2,6 m
		H:e/2-	
		e/10=	10,3 m
		H: e/2=	12,9 m
		I: d-e/2=	11,9 m

Stěny	vnější tlak	vnitřní tlak		celkový tlak	
	$C_{pe,10}$	přetlak C_{pi+}	podtlak C_{pi-}	C_{p+}	C_{p-}
A	-1,20	0,20	-0,30	-1,40	-0,90
B	-0,80	0,20	-0,30	-1,00	-0,50
C	-0,50	0,20	-0,30	-0,70	-0,20
D	0,74	0,20	-0,30	0,54	1,04
E	-0,37	0,20	-0,30	-0,57	-0,07

Střecha	$C_{pe,10}$	C_{pi+}	C_{pi-}	C_{p+}	C_{p-}
F	-1,80	0,20	-0,30	-2,00	-1,50
G	-1,20	0,20	-0,30	-1,40	-0,90
H	-0,70	0,20	-0,30	-0,90	-0,40
I (sání)	-0,20	0,20	-0,30	-0,40	-
I (tlak)	0,20	-	-0,30	-	0,50

ZS 10, 11, 12, 13 - vítr $\pm X$ (kolmo na vyzděnou stěnu, ostré hrany, sání, tlak):

b=	24,76 m	A: $e/5=$	5,0 m
d=	27,96 m	B:	19,8 m
h=	12,89 m	C:	3,2 m
e=	24,76 m	F: $e/4=$	6,2 m
		G: $b-2*e/4=$	12,4 m
		F+G: $e/10=$	2,5 m
		H: $e/2-e/10=$	9,9 m
		H: $e/2=$	12,4 m
		I: $d-e/2=$	15,6 m

Stěny	vnější tlak	vnitřní tlak		celkový tlak	
	$C_{pe,10}$	přetlak C_{pi+}	podtlak C_{pi-}	C_{p+}	C_{p-}
A	-1,20	0,20	-0,30	-1,40	-0,90
B	-0,80	0,20	-0,30	-1,00	-0,50
C	-0,50	0,20	-0,30	-0,70	-0,20
D	0,73	0,20	-0,30	0,53	1,03
E	-0,36	0,20	-0,30	-0,56	-0,06

Střecha	$C_{pe,10}$	C_{pi+}	C_{pi-}	C_{p+}	C_{p-}
F	-1,80	0,20	-0,30	-2,00	-1,50
G	-1,20	0,20	-0,30	-1,40	-0,90
H	-0,70	0,20	-0,30	-0,90	-0,40
I (sání)	-0,20	0,20	-	-0,40	-
I (tlak)	0,20	-	-0,30	-	0,50

Pozn.: Uvažují se i tlakové účinky zatížení větrem na střechu.

Posudek trapézových plechů

Trapézové plechy HOESCH T40.1x0,75-0,75 mm jsou posouzeny v části C.5 původního statického posudku [11].

a) Kombinace s dominantním zatížením sněhem

zatížení [kN.m⁻²]

sníh
vítr 0,37*0,6
stálé
užitné-dlouhodobé

použitelnost	γ_f	únosnost
0,80	1,5	1,20
0,22	1,5	0,33
0,25	1,35	0,34
0,60	1,5	0,90
1,87		2,77
3,44		5,54
Vyhovuje		Vyhovuje

HOESCH T40.1x0,75-0,75mm - pozitivní
prostý nosník délky 1,5m
průhyb L/300; b=40mm

statický stupeň využití 54 %
(tj. rezerva 157 kg/m²)

b) Kombinace s dominantním zatížením větrem

zatížení [kN.m⁻²]

sníh 0,8*0,5
vítr
stálé
užitné-dlouhodobé

použitelnost	γ_f	únosnost
0,40	1,5	0,60
0,37	1,5	0,56
0,25	1,35	0,34
0,60	1,5	0,90
1,62		2,39
3,44		5,54
Vyhovuje		Vyhovuje

HOESCH T40.1x0,75-0,75mm - pozitivní
prostý nosník délky 1,5m
průhyb L/300; b=40mm

c) Kombinace se sáním větru

zatížení [kN.m⁻²]

sníh
vítr
stálé
užitné

Pozn.: Asi překlep. Má se uvažovat negativní poloha. Nicméně únosnost plechu je pro negativní polohu stejná.

použitelnost	γ_f	únosnost
0,00	1,5	0,00
-1,47	1,5	-2,21
0,25	1,35	0,34
0,00	1,5	0,00
-1,22		-1,87

HOESCH T40.1x0,75-0,75mm - pozitivní
prostý nosník délky 1,5m
průhyb L/300; b=40mm

Alternativy:
statický stupeň využití 79 %
(tj. rezerva cca 48 kg/m²)

Pozn.: Altr. SATJAM SAT40x0,75
únosnost pro materiál S 290 GD:
únosnost pro materiál DX 51D:

2,90	7,45
2,90	3,49 (?)

Trapézové plechy **vyhoví** i s ohledem na plánované přetížení FVE v hodnotě 30 kg/m².

Posudek tenkostěnných vaznic

Tenkostěnné vaznice METSEC 262.Z.25 jsou posouzeny v části C.4 původního statického posudku [11]. Posouzeny jsou vaznice délek 7500 mm a 8900 mm a okapový nosník.

a) Vaznice – navržen profil METSEC 262.Z.25

/ MetSPEC /[®]
DESIGN SUITE
Version 11©Copyright 2008, Metsec Building Products

METSEC
/ BUILDING PRODUCTS /
LIMITED
Broadwell Road, Oldbury, West Midlands B69 4HF
Tel: 0121 601 6000 Fax: 0121 601 6111
Email: purlin@metsec.com
Website: <http://www.metsec.com>

Sheet No: of
Job No.:
Designer:
Date: 7.3.2011
Registered Details:-
Ing. Jaroslav Slezák

Tel: Fax:
Email:

Site:

Comment:

PURLIN SELECTION

Z PURLIN SYSTEM TYPE: SLEEVED

METAL CLADDING

Dimensions & Limits

Span: 7,500 m
Centres: 1,500 m
Deflection Limit: Span/ 200
Roof Slope: 4,0deg.

Design Loads in kN/m²

Dead Load : 0,250
Service Load : 0,600
Imposed Load : 1,020
Wind Uplift Load : 1,466

užitné zatížení na střeše

pravděpodobné zatížení sněhem
s možným vlivem návěje či přídatkem
na tlakové účinky zatížení větrem

SELECTED PURLINS					Unfactored load for deflection	Ultimate download	Ultimate wind uplift	
Section	Pass							
Required Loads in kN/m^2:								
Capacity Loads in kN/m^2 :								
Section Reference	Weight in kg/m	Restraint			2,193	4,244	3,281	
262.Z.25	7,86	1	Sags					

The above values assume that cladding panel or liner tray is screw fixed to the section(s) at a maximum spacing of 600mm.

statický stupeň využití 85 %
(tj. rezerva 32 kg/m²)

/ MetSPEC /[®]
DESIGN SUITE

Version 11©Copyright 2008, Metsec Building Products

METSEC

/ BUILDING PRODUCTS /

LIMITED

Broadwell Road, Oldbury, West Midlands B69 4HF

Tel: 0121 601 6000 Fax: 0121 601 6111

Email: purlin@metsec.com

Website: <http://www.metsec.com>

Sheet No: of

Job No.:

Designer:

Date: 7.3.2011

Registered Details:-

Ing. Jaroslav Slezák

Tel:

Fax:

Email:

Site:

Comment:

PURLIN SELECTION

Z PURLIN SYSTEM TYPE: SLEEVED

METAL CLADDING

Dimensions & Limits

Design Loads in kN/m²

Span: 8,900 m

Centres: 0,750 m

Deflection Limit: Span/ 200

Roof Slope: 3,7deg.

Dead Load : 0,250

Service Load : 0,600

Imposed Load : 1,020

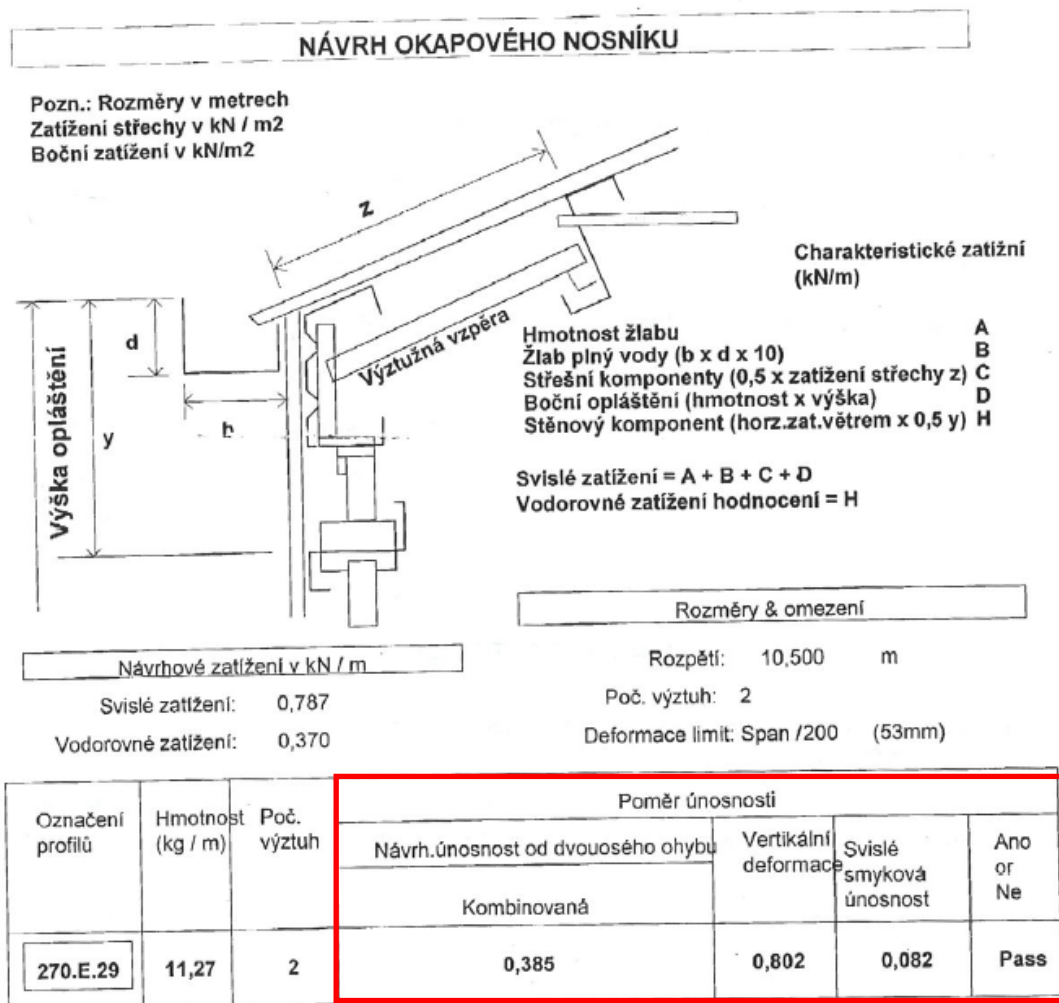
Wind Uplift Load : 1,466

SELECTED PURLINS

Section	Pass	Unfactored load for deflection	Ultimate download	Ultimate wind uplift
Required Loads in kN/m ² :		1,870	2,822	1,802
Capacity Loads in kN/m ² :				
Section Reference	Weight in kg/m	Restraint		
262.Z.25	7,86	1 Sags	2,681	5,985
				4,733

The above values assume that cladding panel or liner tray is screw fixed to the section(s) at a maximum spacing of 600mm.

statický stupeň využití 85 %
(tj. rezerva 32 kg/m²)



statický stupeň využití 80 %
(tj. rezerva cca 40 kg/m²)

Tenkostěnné vaznice **vyhoví** i s ohledem na plánované přetížení FVE v hodnotě 30 kg/m².

Posudek hlavní nosné ocelové konstrukce

Hlavní nosná ocelová konstrukce je posouzena v části C.2 původního statického posudku [11]. Posouzení je provedeno pro trvalou návrhovou situaci a také mimořádnou návrhovou situaci při požáru.

Z analýzy původního statického výpočtu vyplývá, že hlavní nosné prvky jsou staticky využity téměř bez rezerv. Pro posudek ocelových nosných prvků rozhoduje obvykle posouzení požární odolnosti, kdy jsou některé nosné průřezy využity téměř na 100 % jejich únosnosti (například průřez CS9 - IPE400 nebo průřez CS10 – HEB 280 či průřez CS8 - I300).

Při posouzení trvalé návrhové situace vykazuje konstrukce dostatečné rezervy pro umístění FV elektrárny.

Bez úpravy vybraných konstrukčních prvků, která by vedla k navýšení jejich požární odolnosti, nemá hlavní nosná konstrukce dostatečnou rezervu k navýšení zatížení oproti hodnotám uvažovaným v původním statickém posudku [11].

Původní statický výpočet [11] předpokládá možné působení užitého zatížení na střeše o hodnotě 60 kg/m^2 (dle původního zadání investora). Z pořízených fotografií nosné konstrukce zastřešení (viz kapitola 3) vyplývá, že na střeše je zavěšeno osvětlení a instalace protipožárních technologií (*). Významné přetížení střechy nebylo pozorováno ani z exteriéru, viz níže uvedená fotomapa. Lze odhadovat, že zatížení od technologií dosahuje lokálně maximálně poloviny předpokládané hodnoty. **Rezervu v užitém zatížení lze tedy využít pro instalaci konstrukce fotovoltaické elektrárny o maximální tíže 30 kg/m^2 .**

Pro konstrukci fotovoltaické elektrárny je nezbytné zvolit takový konstrukční systém, který nebude způsobovat lokální přetěžování prvků střešní konstrukce.



Zdroj: GOOGLE Maps

Pozn.: V rámci zpracování navazujícího stupně projektové dokumentace (DPS či realizační dokumentace) bude nutné provést podrobnou prohlídku, která bude, mimo jiné, zaměřena na ověření výše uvedeného předpokladu o maximální tíže technologických zařízení na celé půdorysné ploše střechy.

5. Statické posouzení – přístavky

Statické posouzení je koncipováno na základě vyhodnocení původního statického výpočtu ocelové nosné konstrukce objektu [11].

Posudek trapézových plechů

Trapézové plechy VIKAM TR92/275x0,88 jsou posouzeny v části D.2 původního statického posudku [11].

Trapézový plech TR92/275 - posouzení podle ČSN P ENV

Vstupní hodnoty - návrh tloušťky plechu

Poloha	pozitivní
Počet polí nosníku	1
Rozpětí	1 x 3,2 m

Zatížení	charakteristické [kN/m ²]	součinitel zatížení	návrhové [kN/m ²]
- stálé (včetně tíhy plechu)	1.46	1.4	1.98
- nahodilé	2.00	1.5	3.00
Celkem	3.46		4.98

Šířka krajních podpor	100 mm
Šířka vnitřních podpor	200 mm
Limit pro průhyb	
- od celkového zatížení	L/200
- od nahodilého zatížení	L/300

odpovídá zatížení sněhem v oblasti sněhové návěje

Výsledky výpočtu

Vyhovuje plech tloušťky 0.88 mm
Poměrné využití profilu $0.93 < 1.0$

Únosnost - poměrné využití profilu

1. pole	0.91	< 1.0
1. podpora	0.93	< 1.0
2. podpora	0.93	< 1.0

Použitelnost - poměrné využití profilu

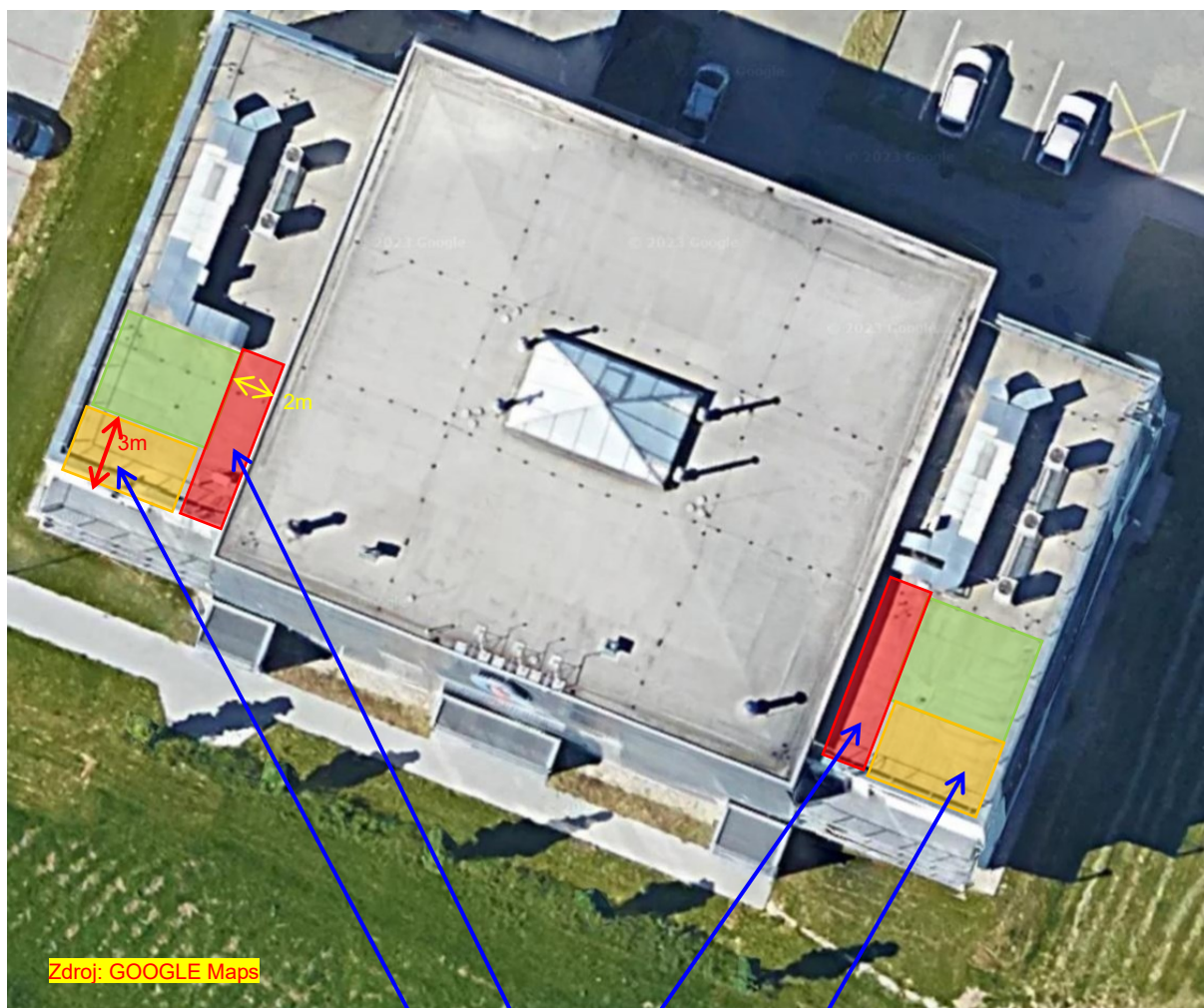
1. pole	0.90	< 1.0
---------	------	-------

Celkový výsledek

Využití profilu $0.93 < 1.0$

statický stupeň využití 93 %
(tj. rezerva 24 kg/m²)

Konstrukci FVE o předpokládané maximální tíze 30 kg/m² je možno umístit na zastřešení přístavků, nesmí však být zatěžována oblast navazující na pavilon VEC, a to v délce 2,0 m od stěny pavilonu.



2,0 m od stěny
nezatěžovat FVE

3,0 m od konce nezatěžovat FVE
(posudek betonového průvlaku)

Posudek střešních nosníků

Střešní nosníky přístavků jsou posouzeny v části D.1 původního statického posudku [11]. Posouzení je provedeno pro trvalou návrhovou situaci a také mimořádnou návrhovou situaci při požáru.

PŘÍSTAVBY — STŘECHY

Zatížení

FÓLIE + GEOFILTER	4 kg/m ²
POLYSTIREN max. 280 mm	7 kg/m ²
PAROZAŠRANA	2 kg/m ²
BETON 0,092 · 0,08 / 0,275 · 2400 =	64 kg/m ²
TRAPEZ TR 92/275 × 0,75	9 kg/m ²
PODMÍEL + INSTALACE	50 kg/m ²
	<u>136 kg/m² ~ 1,36 kN/m²</u>

SNÍH 0,8 kN/m² - (2,0 kN/m²)

$q_k = 1,36 + 0,8 = 2,16 \text{ kN/m}^2$ (3,36 kN/m²)

$q_d = 1,36 \cdot 1,35 + 0,8 \cdot 1,5 = 3,04 \text{ kN/m}^2$ (4,84 kN/m²)

TRAPEZOVÝ PLECH TR 92/275 × 0,75 (0,88)

ÚVODNOST	$q_k = 3,10 \text{ kN/m}^2$	VYHODNĚ
	$q_d = 3,78 \text{ kN/m}^2$	

NOSNÍK

$q_k = (1,36 + \frac{0,8 \cdot 1,0}{2}) \cdot 3,2 = 8,8 \text{ kN/m}$

$q_d = (1,36 \cdot 1,35 + \frac{0,8 \cdot 1,0}{2} \cdot 1,5) \cdot 3,2 = 12,6 \text{ kN/m}$

$M = \frac{1}{8} \cdot 12,6 \cdot 8,4^2 = 111,1 \text{ kNm}$

$I_{\min} = 1,24 \cdot 10^{-10} \cdot 8800 \cdot 8,4^3 = 64,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

2 × UPE 240 DIN

$M_{\text{př.}} = 2 \cdot 81,5 = 163 \text{ kNm}$

$I = 2 \cdot 35,98 = 72 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

statický stupeň využití 68 %
(tj. rezerva 88 kg/m²)

VYHODNĚ

Posouzení ocelového prvku na účinky zatížení při požárním namáhání
POŽÁRNÍ ODOLNOST 15 MIN

NÁVRH			
profil	UPE270DIN	$f_y = 235 \text{ Mpa}$	$I_y = 52,55 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
h	270 mm	$\gamma_{M0} = 1,0$	$I_z = 4,01 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
b	95 mm	$\gamma_{M1} = 1,0$	$I_1 = 199,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$
t_w	7,5 mm	$E = 210\,000 \text{ MPa}$	$I_w = 43,55 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$
t_f	13,5 mm	$G = 81\,000 \text{ MPa}$	$W_{el,y} = 389,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
R	15 mm	hmotnost 35,2 kg/m	$W_{el,z} = 60,69 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
i_y	108,3 mm	$A = 4,48 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	$W_{el,z U w} = 138,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
i_z	29,9 mm	$A_m = 0,892 \text{ m}$	$W_{pl,y} = 451,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
typ průřezu:	UPE	třída průřezu: 3	$W_{pl,z} = 111,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

ČSN EN 1993-1-2, čl.4.2.5.1:

$A_m = 0,446 \text{ m}$	(1/2)
$A_m/V = 99,6 \text{ m}^{-1}$	
$[A_m/V]_b = -$	
$k_{sh} = 1,00$	
$\rho_a = 7850 \text{ kgm}^{-3}$	
$\Delta t = 1 \text{ s}$	

ČSN EN 1991-1-2, čl.3.1

$\sigma = 5,67 \text{ E-}08 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$
$\varepsilon_m = 0,7$
$\alpha = 1,0$
$\Phi = 1,0$

ČSN EN 1991-1-2, čl.2.3

$\gamma_{M,fi} = 1,0$

ČSN EN 1991-1-2, čl.3.2.1

$\alpha_c = 25 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-1}$
--

t	t	θ_a	$\Delta\theta_{a,t}$	c_a	$h_{net,d}$	$h_{net,c}$	$h_{net,r}$	θ_a	θ_m
min	s	°C	°C	$\text{Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	Wm^{-2}	Wm^{-2}	Wm^{-2}	°C	°C
0	0	20,0	0,000	439,8	0	0	0	20,0	20,0
5	300	176,8	0,706	521,1	29026	9990	19036	576,4	176,8
10	600	391,0	0,674	601,6	31995	7186	24808	678,4	391,0
15	900	563,5	0,466	721,1	26505	4377	22127	738,6	563,5

 $\theta_a = 563,5 \text{ °C}$ $k_{v,\theta} = 0,583$ $k_{E,\theta} = 0,416$

VNITŘNÍ SÍLY

	ψ	N	M_y	M_z
		kN	kNm	kNm
Mimořádná návrhová kombinace	0,0	0,0	37,9	0,0

TAH+, TLAK-

POSUDEK ÚNOSNOSTI

$N_{fi,\theta,Rd} = 614,0 \text{ kN}$	$M_{fi,el,y,Rd} = 53,3 \text{ kNm}$	$M_{fi,el,z,Rd} = 8,3 \text{ kNm}$
posudek 0,00 <1,00	$M_{fi,pl,y,Rd} = 61,8 \text{ kNm}$	$M_{fi,pl,z,Rd} = 15,3 \text{ kNm}$
$N_{c,fi,\theta,Rd} = 614,0 \text{ kN}$	$M_{fi,y,Rd} = 53,3 \text{ kNm}$	$M_{fi,z,Rd} = 8,3 \text{ kNm}$
posudek 0,00 TAH	posudek 0,71 <1,00	posudek 0,00 <1,00

POSUDEK STABILITY

VZPĚR	vzpěrná délka L_{cr}	λ	λ_1	λ_{-0}	α	φ_0	χ_{fi}
Y-Y	8,24 m	76,08	93,9	0,959	0,650	1,27	0,475
Z-Z	0,01 m	0,33	93,9	0,004	0,650	0,50	0,997
KLOPENÍ	délka L		λ_{LT}	$\lambda_{LT,0}$	α	$\Phi_{LT,0}$	$\chi_{LT,fi}$
	0,01 m		0,00	0,00	0,650	0,50	0,997
$\chi_{fi,y}=$	0,475	$\chi_{fi,z}=$	0,997		$\chi_{LT,fi}=$	0,997	
$N_{b,fi,y,Rd}=$	291,4 kN	$N_{b,fi,z,Rd}=$	612,4 kN		$M_{b,fi,y,Rd}=$	53,2 kNm	
posudek	0,00 TAH	posudek	0,00 TAH		posudek	0,71 <1,00	
	y	z	LT	posudek podle 4.2.3.5			
β_M	1,3	1,1	1,3	N	M_y	M_z	χ
μ	-1,44	0,48	-0,15	0,00	0,71	0,00	0,71 <1,00
k	1,00	1,00	1,00	0,00	0,71	0,00	0,71 <1,00
VYHOVUJE							

dostatečná rezerva pro posudek
únosnosti při požáru

Pozn.. Posudek požární odolnosti je v původním statickém výpočtu proveden pro nosník pod vzduchotechnickým zařízením. Statické využití posuzovaného prvku je však podobné, jako u nosníku neovlivněných zatížením od vzduchotechniky. Výsledek lze tedy základně aplikovat i na nosníky přetěžované instalací FVE.

Posudek železobetonového věnce

Železobetonový věnec, na kterém jsou uloženy ocelové nosníky zastřešení přístavku, je posouzen na základě analýzy původního statického posudku [12]. Přetížení od konstrukce FVE se může projevit především nárůstem Ohybových momentů M_y a posouvajících sil V_z .

OBVODOVÉ ZTUŽOVÁNÍ VĚNCE 3 NP

VĚNEC 500/400 mm C20/25 10 505 R

VNITŘNÍ SÍLY

1) $N_x = 42,3 \text{ kN}$	2) $N_x = 33 \text{ kN}$	3) $N_x = 32 \text{ kN}$
$M_y = 28,7 \text{ kNm}$	$M_y = 82 \text{ kNm}$	$M_y = 30 \text{ kNm}$
$M_z = 26,7 \text{ kNm}$	$M_z = 44 \text{ kNm}$	$M_z = 84 \text{ kNm}$

RAKOVÉ ROHY

STYK. SÍLY $Q_y = 33 \text{ kN}$ $Q_z = 120 \text{ kN}$

NÁVRH VÝZTUŽE

12 $\phi R12$

TR. $\phi R8/175 \text{ mm}$

... VÝHODNĚ

VIZ. POSUDEK

VĚNEC 500/300 mm

VNITŘNÍ SÍLY

1) $N_x = 21 \text{ kN}$	2) $N_x = 15 \text{ kN}$	3) $N_x = 4 \text{ kN}$
$M_y = 13 \text{ kNm}$	$M_y = 61 \text{ kNm}$	$M_y = 13 \text{ kNm}$
$M_z = 15 \text{ kNm}$	$M_z = 19 \text{ kNm}$	$M_z = 25 \text{ kNm}$

STYK. SÍLY $Q_y = 21 \text{ kN}$ $Q_z = 77 \text{ kN}$

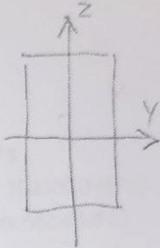
NÁVRH VÝZTUŽE

10 $\phi R12$

TR. $\phi R8/175 \text{ mm}$

... VÝHODNĚ

VIZ. POSUDEK



VĚNEC

1 VĚNEC

Součinitele výpočtu

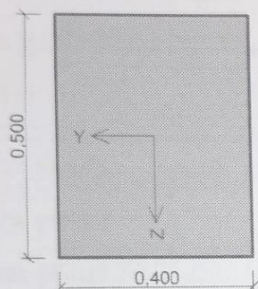
Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

2 VĚNEC 500/400

2.1 Vstupní data

Typ prvku: sloup
Prostředí: X0
Požadovaná třída betonu: C12/15

Průřez



Materiály

Beton : C 20/25 $f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$; $f_{ct} = 2,2 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 30000,0 \text{ MPa}$ **Ocel podélná : 10505 (R)** ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)**Ocel příčná : 10505 (R)** ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)

Vnitřní síly - návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	42,30	120,00	33,00	29,00	27,00	0,00	1,000
2	Zat. případ 2	33,00	120,00	33,00	82,00	44,00	0,00	1,000
3	Zat. případ 3	32,00	120,00	33,00	30,00	84,00	0,00	1,000

Vzpěr

Délka prvku [m]	Koef. vzpěru [-]	Vzpěrná délka [m]	Kolmo k ose
3,80	1,00	3,80	Y
3,80	1,00	3,80	Z

Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
4	12,0	45,0	horní výztuž
2	12,0	170,0	horní výztuž
4	12,0	45,0	dolní výztuž
2	12,0	170,0	dolní výztuž

S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Třmínky

Profil: 8,0 mm; Vzdálenost: 0,18 m; Svislé stříhy: 2; Vodor. stříhy: 2

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(12; 10; 10) = 12 \text{ mm}$$
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 12 + 10 = 22 \text{ mm}$$

2.2 Výsledky

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

$$\rho_{s,min} = 0,002 \leq \rho_s = 0,00679 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konstrukčních zásad třminků

Minimální průměr třminků $d = 6,00 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Maximální vzdálenost třminků $s_{d,max} = 0,18 \text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	T_{Ed} T_{Rd} [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	42,30	120,00	33,00	29,00	27,00	0,00	Vyhovuje
		632,42	192,13	52,84	78,70	73,28	0,00	
2	Zat. případ 2	33,00	120,00	33,00	82,00	44,00	0,00	Vyhovuje
		632,42	192,47	52,93	101,75	54,60	0,00	
3	Zat. případ 3	32,00	120,00	33,00	30,00	84,00	0,00	Vyhovuje
		632,42	192,50	52,94	31,98	89,54	0,00	

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

dostatečná rezerva
pro smykovou
únosnost

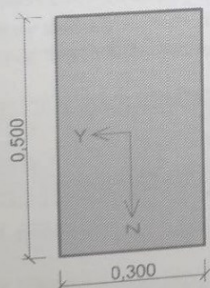
Statický stupeň využití 94 %
pro momentovou únosnost

3 VĚNEC 500/300

3.1 Vstupní data

Typ prvku: sloup
Prostředí: X0
Požadovaná třída betonu: C12/15

Průřez



Materiály

Beton : C 20/25

$f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$; $f_{ct} = 2,2 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 30000,0 \text{ MPa}$

Ocel podélná : 10505 (R) ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)

Ocel příčná : 10505 (R) ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)

Vnitřní síly - návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	21,00	77,00	21,00	13,00	15,00	0,00	1,000
		15,00	77,00	21,00	61,00	19,00	0,00	1,000
2	Zat. případ 2							

Statické využití ŽB na 94 % dle původního projektu [12]. ve v části, která bude ovlivněna přetížení FVE, viz průběhy ohybových momentu M_y a M_z na stranách 34 a 35 přílohy původního statického posudku [12].

Celkové zatížení střešní konstrukce dle původního projektu (viz strana 10 a 11 v dokumentu [12]):

$$f_{k,celk} = 2,28 + 0,80 = 3,08 \text{ kN/m}^2$$

$$0,06 \cdot f_{k,celk} = 0,06 \cdot 308 = 18,5 \text{ kg/m}^2 < 30 \text{ kg/m}^2 \dots \text{rezerva v únosnosti ŽB věnce není dostatečná}$$

Konstrukci FVE je možno umístit až cca 3,0 m od konce přístavku, viz obrázek na straně 18.

6. Závěr

Statický posudek vychází z podkladů předaných generálním projektantem a investorem a dále ze zatěžovacích údajů platných pro navrhování v daném území. Nosné prvky konstrukce byly posouzeny podle platných evropských norem (tzv. Eurokódů).

Z provedené statické analýzy vyplývá, že nosná konstrukce objektu **je potenciálně vhodná pro umístění fotovoltaické elektrárny.**

Tíha konstrukce FVE se předpokládá v maximální hodnotě **30 kg/m²**.

Instalace fotovoltaické elektrárny na zastřešení objektu je však podmíněna splněním všech doporučení a podmínek uvedených v kapitolách 4 a 5 tohoto statického posudku - nutno zohlednit při zpracování navazujícího stupně projektové dokumentace (DPS či realizační dokumentace). Především je potřeba upozornit na následující skutečnosti:

- Umístění FVE na střechu **pavilonu VEC** je možné s ohledem na předpokládanou rezervu v zatížení střechy od technologií (viz strana 16 tohoto posudku).

Ze základní prohlídky konstrukce a pořízené fotodokumentace lze usuzovat, že zatížení od současně instalovaných technologií dosahuje lokálně maximálně poloviny předpokládané hodnoty. Rezervu v užitém zatížení lze tedy využít pro instalaci konstrukce fotovoltaické elektrárny o maximální tíze 30 kg/m². Tuto skutečnost bude nezbytné detailně ověřit v rámci předepsané podrobné kontrolní prohlídky ocelové konstrukce a výsledky podrobné prohlídky následně zohlednit v navazujících stupních projektové dokumentace.

- Konstrukci FVE o předpokládané maximální tíze 30 kg/m² je možno umístit také na **zastřešení přístavků**, nesmí však být zatěžována oblast navazující na pavilon VEC, a to v délce 2,0 m od stěny pavilonu a dále oblast u konce přístavku ve vzdálenosti 3,0 m od hrany střechy (viz obrázek na straně 18 tohoto posudku – oblasti označené červenou a oranžovou barvou).
- Pro konstrukci fotovoltaické elektrárny je nezbytné zvolit takový konstrukční systém, který nebude způsobovat lokální přetěžování prvků střešní konstrukce.
- Statický výpočet předpokládá maximální přípustné plošné zatížení od konstrukce FVE v hodnotě 30 kg/m². Tento předpoklad je nezbytné ověřit a staticky vyhodnotit při zpracování navazujícího stupně projektové dokumentace (DPS či realizační dokumentace), kdy již bude znám konkrétní vybraný systém FVE.

Statický výpočet je zpracován pro stupeň „*DSP – Dokumentace pro stavební povolení*“ a nenahrazuje další stupně projektové dokumentace.

Všechny změny oproti tomuto dokumentu musí být konzultovány se statikem (autorem tohoto dokumentu). Konstrukce může být provozována pouze v souladu s projektem, zejména nesmí být upravována, přetěžována a musí být dodržován rozsah a intervaly pravidelných kontrolních prohlídek dle normy ČSN 73 2604. Před zpracováním dokumentace pro provádění stavby (DPS) či realizační dokumentace je potřeba provést podrobnou kontrolní prohlídku ocelové konstrukce, v rámci které se, kromě vyhodnocení reálného technického stavu konstrukce (především funkčnost konstrukčních prvků a spojů), provede rovněž kontrola správnosti všech relevantních předpokladů statického výpočtu. Výsledky této podrobné kontrolní prohlídky musí být zohledněny v navazujícím stupni projektové dokumentace. Výchozí prohlídku se doporučuje provést po instalaci FVE, následně je potřeba dodržovat doporučený interval běžných prohlídek konstrukce 1x za pět let.

Frýdek-Místek, Česká republika

19. 04. 2023

Autor: doc. Ing. Vít Křivý Ph.D.
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb
číslo autorizace: ČKAIT 1104146