

Akce: **Umístění FVE na objekt Vstupní trafostanice,
Pětidomí 6, 400 01 Ústí nad Labem**

Objednatel: **Správa železnic, státní organizace, Oblastní ředitelství Ústí nad
Labem, Železničářská 1386/31, 400 03 Ústí nad Labem**

Místo stavby: **Žst. Ústí nad Labem západ - objekt vstupní trafostanice, Pětidomí
6, 400 01 Ústí nad Labem, st.p.č.4306/122 k.ú. Ústí nad Labem**

STATICKÉ POSOUZENÍ



OBSAH:

1	OBSAH POSUDKU	3
2	ZPRACOVATEL	3
3	PODKLADY, LITERATURA, ČSN	3
4	SITUACE	4
5	POPIS OBJEKTU	4
5.1	ROZMĚRY	4
5.2	STŘECHA	5
5.3	NOSNÝ SYSTÉM	6
6	POSOUZENÍ	8
6.1	ÚKOL	8
6.2	STUDIE DLE SOLAREEDGE	8
6.2.1	Popis	8
6.2.2	Předpoklady	8
6.2.3	Zatěžovací účinky	9
6.2.4	Ověření	12
7	ZÁVĚR	14

1 OBSAH POSUDKU

Jedná se o posouzení možnosti umístění fotovoltaické elektrárny o výkonu 25kW na střechy budovy Vstupní trafostanice, Pětidomí 6 v Ústí nad Labem. Budova je součástí Železniční stanice Ústí nad Labem západ. Jsou ověřeny možnosti nosné konstrukce budovy.

2 ZPRACOVATEL

Ing. Jiří Ratzenbek
autorizovaný inženýr ČKAIT v oboru statika a dynamika staveb,
reg. číslo ČKAIT: 0401637
Masarykova 1165/148
400 01 Ústí nad Labem

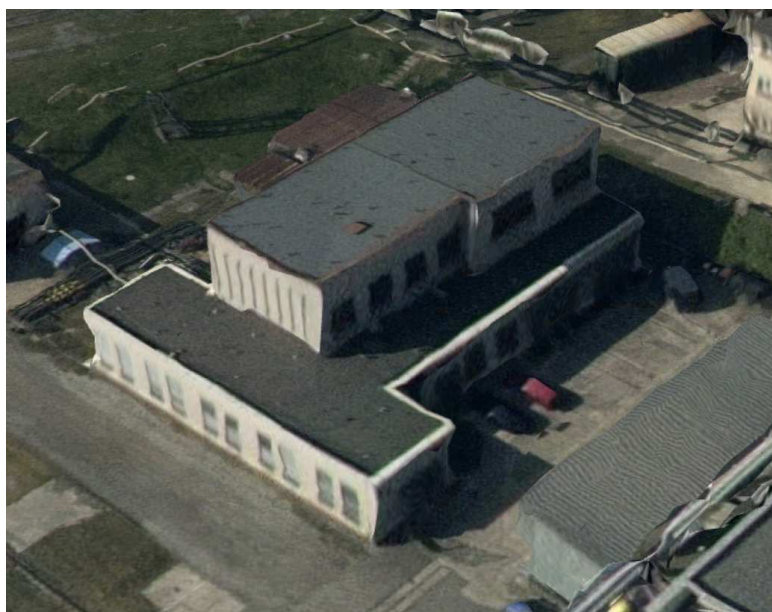
3 PODKLADY, LITERATURA, ČSN

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1:2004 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4:2007 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení větrem
- ČSN EN 1992-1-1:2006 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-1:2006 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1996-1-1:2007 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- Solaredge, zpráva programu Designer, FVE UNL západ – vstup.tr., Pětidomí 6, 400 01 Ústí nad Labem, 24.10.2022
- Fragmenty realizační dokumentace – výkres skladby druhé vrstvy střešních panelů, příčný řez každou z budov
- Stavební tabulky, doc. Ing. Milan Rochla, SNTL, Praha 1980
- Konstrukce pozemních staveb, prof. Ing. Zdeněk Půbal, DrSc., doc. Ing. Zdeněk Bill, CSc., ČVUT v Praze, únor 1988

4 SITUACE



obr. 1 Ortofoto objektu Vstupní trafostanice na katastrální mapě



obr. 2 Ptačí perspektiva od severovýchodu

5 POPIS OBJEKTU

5.1 Rozměry

Jedná se o budovu sestávající ze dvou výškově různých částí označených v posudku jako vyšší a nižší část. Budova byla postavena v 70. letech 20. století v prefabrikovaném systému S1.2, projekt byl zpracován v roce 1972. Vyšší objekt má

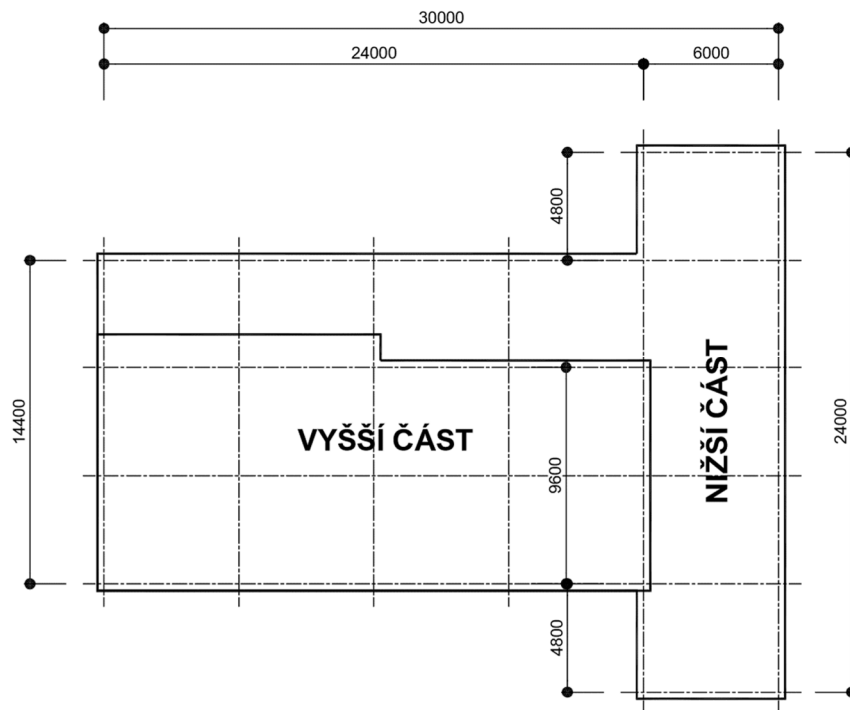
Akce: **Umístění FVE na objekt Vstupní trafostanice, Pětidomí 6, 400 01 Ústí nad Labem**

Objednatel: **Správa železnic, státní organizace**, Oblastní ředitelství Ústí nad Labem, Železničářská 1386/31, 400 03 Ústí nad Labem

PD: **Statické posouzení**

str. 5/14

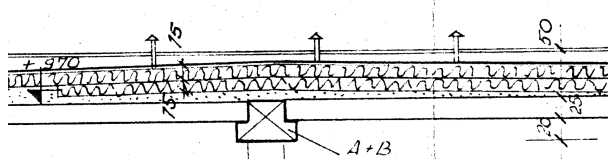
2 nadzemní podlaží, půdorysné rozměry 24,63 m x 10,23 m, výška budovy 15,0 m nad upraveným terénem. Nižší objekt je přízemní, půdorysné rozměry 24,66 m x 6,63 m, výška budovy 5,0 m nad upraveným terénem.



obr. 3 Schéma výškového rozdělení budovy

5.2 Střecha

Dle doložené prováděcí dokumentace je skladba střechy objektu shodná pro obě výškové části, jedná se o střechu jednoplašťovou, patrně bez parotěsné vrstvy.



obr. 4 Skladba střešního pláště dle původní PD

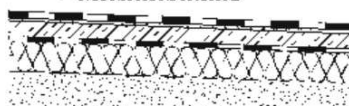
Znázorněná skladba střechy pravděpodobně odpovídá typovému provedení z doby výstavby, přičemž spádová vrstva bude zřejmě škvára a tepelná izolace bude pěnový polystyren následujících vlastností:

DESKY Z PĚNOVÉHO POLYSTYRÉNU	Technické vlastnosti				
Katalog ČSVA — březen 1973. List č. 2075	Vlastnost	Jednotka	Jmenovitá objemová hmotnost (kg/m³)		Pozn. 3)
Desky z pěnového polystyrenu jsou výrobky tvářené ve formách nebo zhotovené řezáním z bloků tvářených v blokových formách.			do 17,5	17,6 až 22,5	
Bílá.	Pevnost v tlaku při 10% deformaci	MPa	0,05	0,09	1
Podkladní povrch musí být rovný a hladký.			0,07	0,11	2

obr. 6 Pevnost polystyrenu

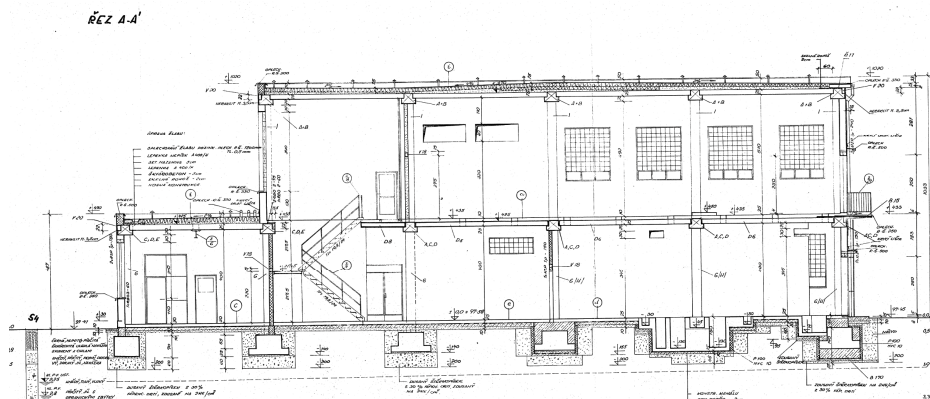
Uvažuji pevnost v tlaku 0,05 MPa = 50 kPa

- A
- HYDROIZOLACE (ASFALT. PÁS)
 - EXPANZNÍ A DILATAČNÍ VRSTVA
 - PODKLADNÍ BETONOVÁ MAZANINA
 - POMOCNÁ HYDROIZOLACE (ASFALT. PÁS "A")
 - TEPELNÁ IZOLACE (DILEC)
 - SPÁDOVÁ VRSTVA (NÁŠYP)
 - NOSNÁ KONSTRUKCE



obr. 5 Předpokládaná skladba střechy

5.3 Nosný systém

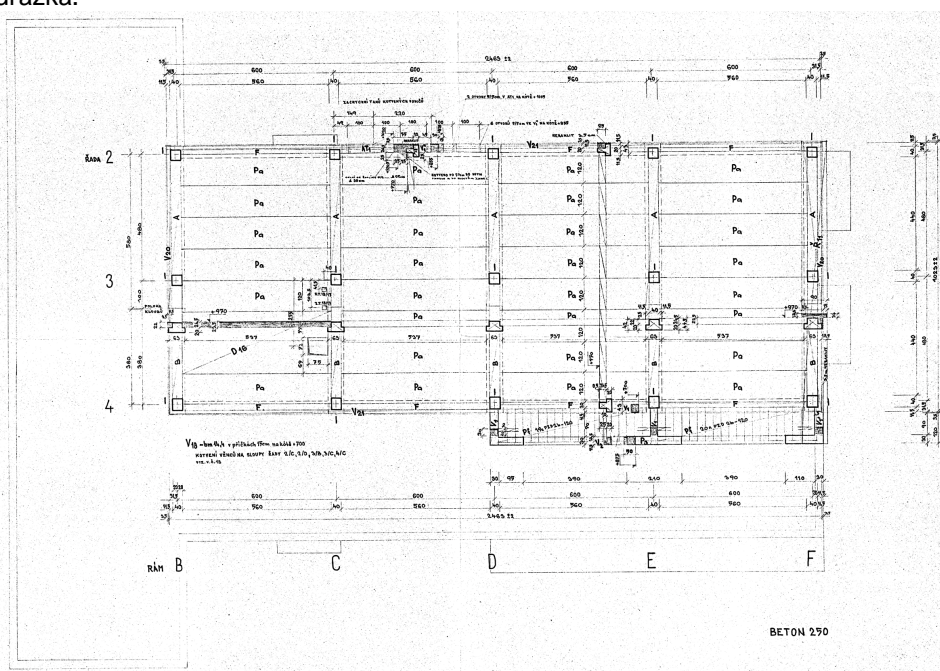


obr. 7 Řez objektem

Jedná se o skeletový systém S1.2, jehož hlavní nosné prvky, tj. sloupy a průvlaky jsou navrženy na užité zatížení $2,8 \text{ kN/m}^2$ výše, není třeba je zvláště posuzovat. Mezi průvlaky jsou umístěny stropní, resp. střešní panely. Z výpisu prefabrikátů je zřejmé, že na střechu byly použity shodné panely jako do stropní konstrukce nad 1.NP, jsou označené Pa – P700p-557/120. Označení 700 má zřejmě spojitost s únosností panelů, protože nad nižším objektem jsou panely označené Pd-P1500p-557/120 a na tomto stropě byla umístěna jeřábová drážka.



obr. 8 Jeřábová drážka na stropě nižší části



obr. 9 Výkres skladby střechy vyššího objektu

Akce:

Umístění FVE na objekt Vstupní trafostanice, Pětidomí 6, 400 01
Ústí nad Labem

Objednatel:

Správa železnic, státní organizace, Oblastní ředitelství Ústí nad Labem,
Železničářská 1386/31, 400 03 Ústí nad Labem

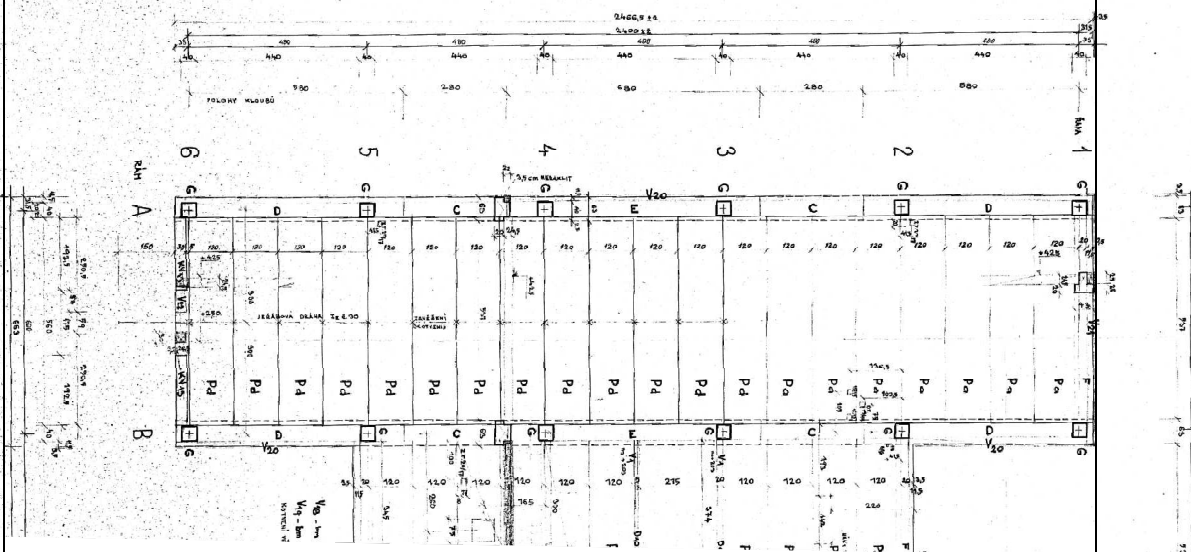
PD:

Statické posouzení

str. 7/14

POŘ. Č.	LEGENDA (OZNAČENÍ)	ZNAČKA	KUSŮ	POZNÁMKA	TYP ATYP	VIZ VÝKRES ČÍSLO
1	A		5	PRŮVLAK VNITŘNÍ	ATYP	5,9
2	B		5	VLOŽENÝ PRŮVLAK VNITŘNÍ	ATYP	6,10
3	F	RZP-K0-2a-01-600	8	OBVODOVÉ ZTUŽIDLO	TYP	-
4	I		15	SLOUP V PATRECH	ATYP	16
5	Pa	P700p-557/120	30	STROPNÍ PANELE PREFABRIKOVANÉ	TYP	-
6	Pf	PZD 2b-120	39	STROPNÍ DESKY DODÁVKA CEN DODAVATELE	TYP	-

obr. 10 Výpis žb. prefabrikátů z PD



obr. 11 Výkres skladby střechy nižšího objektu

POŘ. Č.	LEGENDA (OZNAČENÍ)	ZNAČKA	KUSŮ	POZNÁMKA	TYP ATYP	VIZ VÝKRES ČÍSLO
1	A		4	PRŮVLAK VNITŘNÍ	ATYP	5,9
2	B		-	VLOŽENÝ PRŮVLAK VNITŘNÍ	ATYP	6,10
3	C		8	VLOŽENÉ POLE PRŮVLAKU VNITŘNÍ	ATYP	7,11
4	D		8	PRŮVLAK VNITŘNÍ ZEBIL.	ATYP	7,12
5	E		2	VNITŘNÍ PRŮVLAK STŘ.	ATYP	8,13
6	F	RZP-K0-2a-01-600	9	OBVODOVÉ ZTUŽIDLO	TYP	-
7	G		22	SLOUP I. PODL.	ATYP	14
8	H		6	SLOUP V PATRECH	ATYP	15
9	Pa	P700p-557/120	19	STROPNÍ PANELE PREFABRIKOVANÉ	TYP	-
10	Pb	P700p-557/60	2	"	TYP	-
11	Pc	P1000-557/120	10	"	TYP	-
12	Pd	P1500p-557/120	21	"	TYP	-
13	Pe	P1500p-557/60	2	"	TYP	-

obr. 12 Výpis žb. prefabrikátů z PD

6 POSOUZENÍ

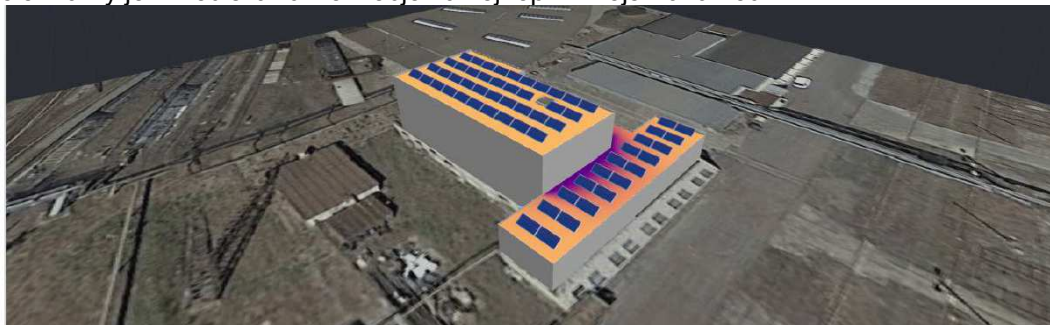
6.1 Úkol

Pro dodané rozmístění panelů určit účinky jejich zatížení na střešní konstrukci, tj. na vrstvy skladby střechy a následně na další nosné konstrukce. Účinky vyhodnotit z hlediska mezního stavu únosnosti. V případě negativního závěru navrhnout vhodnější rozmístění a opakovat postup.

6.2 Studie dle Solaredge

6.2.1 Popis

Z podkladů dodaných objednatelem vyplývá, že navržená FVE o výkonu 25 kW je tvořena panely o sklonu 35°, dvojice panelů, případně řada panelů jsou umístěny na samostatné nosné konstrukci umístěné na střešní plášti. Takováto konfigurace FVE elektrárny je z hlediska zatížení objektu nejnepríznivější variantou.



obr. 13 Rozmístění panelů podle studie

6.2.2 Předpoklady

Panely jsou umístěny na střešní plášti bez kotvení do nosné konstrukce, tj. je nutné přidat zátěž, aby nedošlo k odsátí panelů vlivem působení větru. Je nutné určit velikost zátěže a její působení spolu se zatížením sněhem, případně užitným zatížením. Rozhoduje umístění panelů na vyšší část objektu.

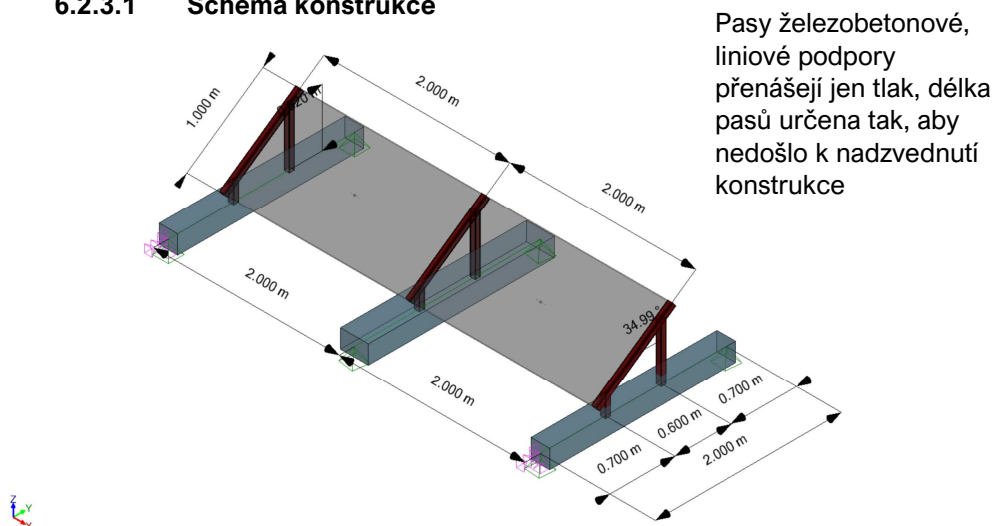
Zátěž budou představovat železobetonové prahy, do kterých bude kotvena ocelová konstrukce nosičů FV panelů. Při vzdálenostech podpor přes 2,0 m představují prahy rovnoměrnější rozdělení účinků na střešní plášť než bodové podpory.



obr. 14 Příklad zátěže tvořené žb. prahy

6.2.3 Zatěžovací účinky

6.2.3.1 Schéma konstrukce

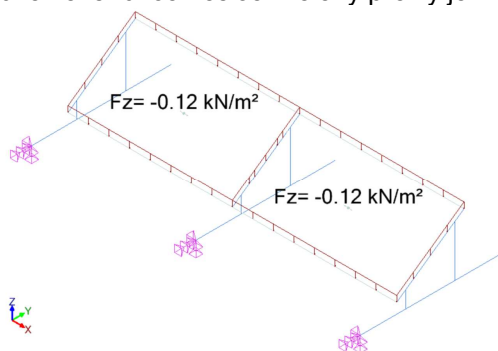


6.2.3.2 Zatížení

6.2.3.2.1 Vlastní tíhy (1-vl.t, 2-Panely)

Panely uvažují $12 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow 0,12 \text{ kN/m}^2$

Jako konstrukce nosiče zvoleny profily jekl 60/4 (nejde o návrh, není součástí)



6.2.3.2.2 Vítr – vodorovný tlak (4-VY-S)

ZATÍŽENÍ VĚTREM DLE ČSN EN 1991-1-4

STĚNY

II. větrná oblast 25 m/s $v_{b,0} = 25,00$ m/s
 součinitel směru větru $c_{dir} = 1,00$ $v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0}$
 součinitel ročního období $c_{season} = 1,00$ $v_b = 25,00$ m/s
 kategorie terénu

III - oblast rovnom. pokrytá vegetací, budovami

$z_0 = 0,3$ m
 $z_{min} = 5$ m $k_r = 0,22$

rozměry budovy

$b = 24,00$ m $d = 10,00$ m
 $h = 10,60$ m $d_{//} = 10$ m
 $b_{\perp} = 24$ m $e = 21,2$ m
 $h/b_{\perp} = 0,44$

směr větru

součinitel orografie $c_o = 1,00$

referenční výšky

$z_{e,h} = 10,60$ m
 $z_{e,s} = 10,60$ m
 $z_{e,d} = 10,60$ m

součinitele drsnosti

$c_{r,h} = 0,768$
 $c_{r,s} = 0,768$
 $c_{r,d} = 0,768$

intenzita turbulence

$I_{v,h} = 0,281$
 $I_{v,s} = 0,281$
 $I_{v,d} = 0,281$

střední rychlost větru

$v_m = c_r c_o v_b$

$v_{m,h} = 19,20$ m/s
 $v_{m,s} = 19,20$ m/s
 $v_{m,d} = 19,20$ m/s
 $h/d = 1,06$

$\rho = 1,25$ kg/m³

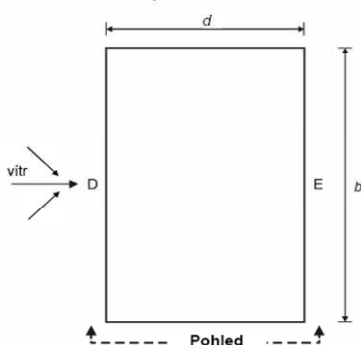
maximální dynamický tlak

$q_{p,h} = 0,683$ kN/m²
 $q_{p,s} = 0,683$ kN/m²
 $q_{p,d} = 0,683$ kN/m²

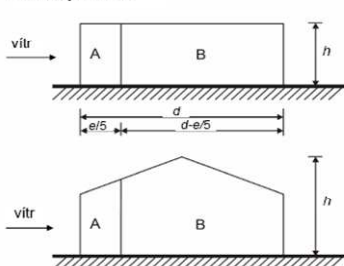
zat. šířka 1,00 m

	A	B		D	E
c_{pe}	-1,20	-0,80		0,80	-0,50
c_{pi}	0,00	0,00	$c_{pi} = 0$	0,00	0,00
	-1,20	-0,80		0,80	-0,50
$w_{e,h}$	-0,819	-0,546	kN/m ²	$w_{e,h} = 0,546$	-0,343 kN/m ²
$w_{e,s}$	-0,819	-0,546	kN/m ²	$w_{e,s} = 0,546$	-0,343 kN/m ²
$w_{e,d}$	-0,819	-0,546	kN/m ²	$w_{e,d} = 0,546$	-0,343 kN/m ²

Půdorys



Pohled pro $e \geq d$



Oblast B + E $\Rightarrow 0,55 + 0,34 = 0,89$ kN/m²

6.2.3.2.3 Větr – sání

ZATÍŽENÍ VĚTREM DLE ČSN EN 1991-1-4

PLOCHÉ STŘECHY bez zakřivených a mansardových hran

II. větrná oblast 25 m/s $V_{b,0} = 25,00$ m/s

součinitel směru větru $C_{dir} = 1,00$

součinitel ročního období $C_{season} = 1,00$

kategorie terénu

III - oblast rovnom. pokrytá vegetací, budovami

$z_0 = 0,3$ m

$z_{min} = 5$ m

rozměry budovy

$b = 24,00$ m

$d = 10,00$ m

$h = 10,60$ m

$h_p = 0,30$ m

$h/b = 0,44$

$e = 21,2$ m

$h_p/h = 0,03$

$e/2 = 10,600$ m

referenční výšky

$z_{e,h} = 10,90$ m

součinitele drsnosti

$C_{r,h} = 0,77$

střední rychlost větru

$V_m = C_r C_o V_b$

$V_{m,h} = 19,35$ m/s

$\rho = 1,25$ kg/m³

$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,0}$

$V_b = 25,00$ m/s

$k_r = 0,22$

součinitel orografie

$C_o = 1,00$

$e/4 = 5,300$ m

intenzita turbulence

$I_{v,h} = 0,28$

maximální dynamický tlak

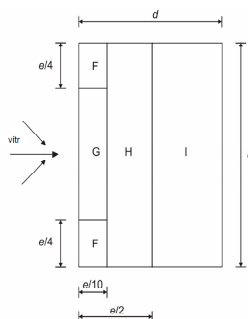
$q_p = 0,690$ kN/m²

přetlak $c_{pi} = 0,2$

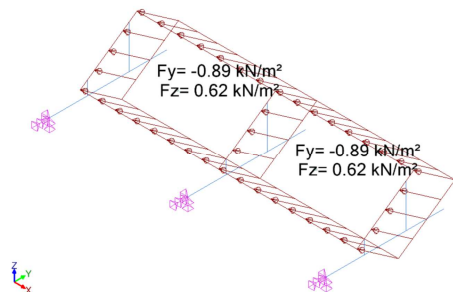
zat. šířka 1,00

Součinitele vnějšího tlaku pro plochu > 10m² ($c_{pe,10}$)

	bez atiky	0,025	0,028	0,050	0,100	w_e
F	-1,800	-1,600	-1,574	-1,400	-1,200	-1,223 kN/m ²
G	-1,200	-1,100	-1,074	-0,900	-0,800	-0,878 kN/m ²
H	-0,700	-0,700	-0,700	-0,700	-0,700	-0,621 kN/m ²
I	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,276 kN/m ²
	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,000 kN/m ²



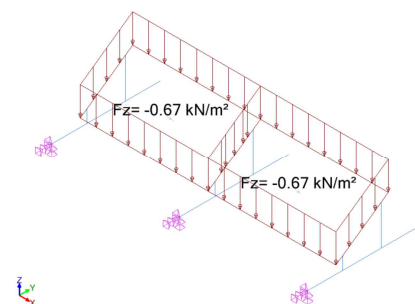
Panely budou umístěny minimálně 2,12 m od hrany atiky, tj. v oblasti H, kde se uvažuje se sáním $w_s = -0,62$ kN/m²



Větr -Y

6.2.3.2.4 Sníh (3 – Sníh)

2. sněhová oblast, $s_k = 1,00$ kN/m², úhel 35°



6.2.3.2.5 Kombinace

Popis kombinací			
Č.	Název	Detaily	Kód
101	1.35x[1 vl.t.]+1.35x[2 Panely]+1.29x[3 Sníh]+1.29x[4 VY-S]	1.35*1 + 1.35*2 + 1.29*3 + 1.29*4	ECELUSTR
102	0.9x[1 vl.t.]+1.29x[4 VY-S]	0.90*1 + 1.29*4	ECELUEQU

Pro proměnné zatížení použit zmenšující součinitel snížené životnosti konstrukce na 25 let => $\kappa_Q = 0,86$

$$\gamma_f = 0,86 * 1,50 = 1,29$$

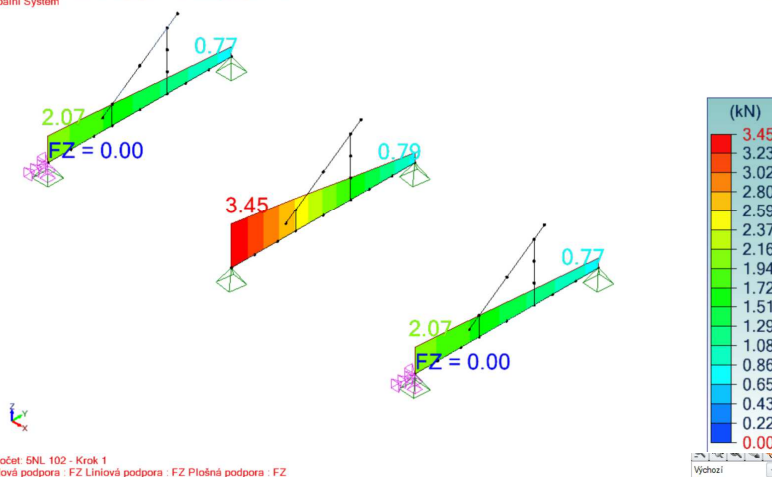
ECELUSTR návrhová kombinace pro mezní stav únosnosti
ECELUEQU kombinace pro mezní stav statické rovnováhy

6.2.4 Ověření

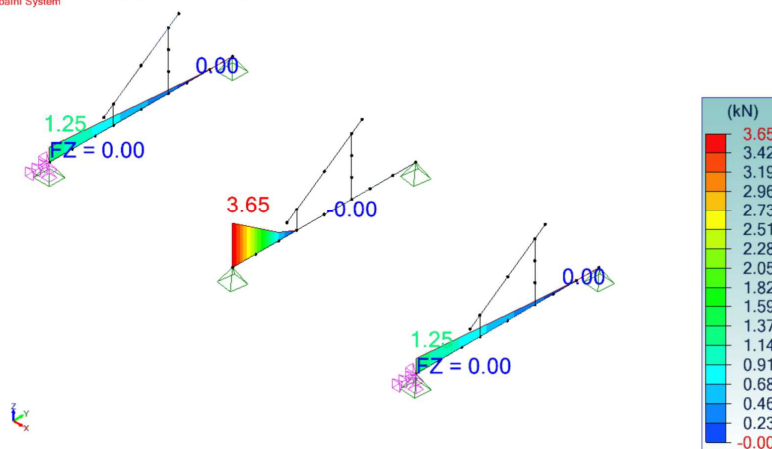
6.2.4.1 Polystyren ve skladbě střechy

- Reakce pod roznášecím prahem

Výpočet: GNL 101 - Krok 1
Bodová podpora: FZ Liniová podpora: FZ Plošná podpora: FZ
Globální Systém



Výpočet: GNL 102 - Krok 1
Bodová podpora: FZ Liniová podpora: FZ Plošná podpora: FZ
Globální Systém



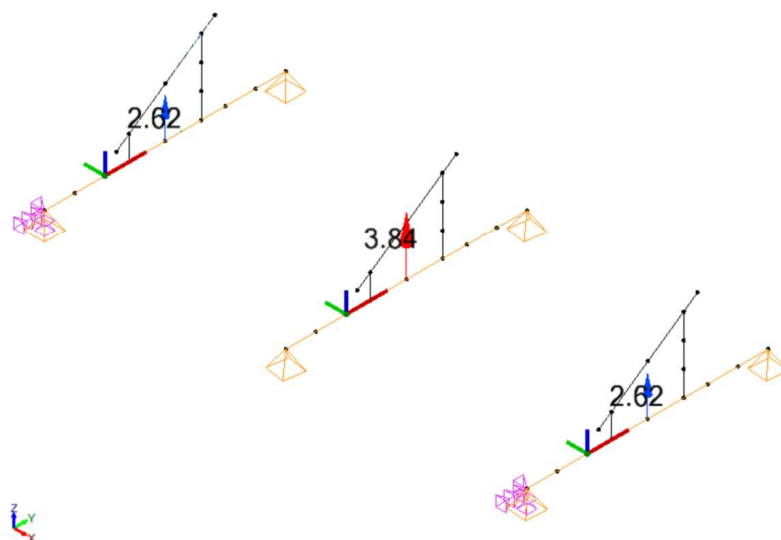
Pro kombinaci 102 je napětí pod základkem šířky 0,2 m:

$$\sigma = 3,65/0,2 = 18,25 \text{ kPa} < 50 \text{ kPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.2.4.2 Střešní panel

- Výsledná svislá reakce pro kombinaci 101

Výpočet: 5NL 101 - Krok 1
 Liniová podpora : Fz
 Globální Systém



- Účinek na panel

V případě umístění do středu rozpětí jednoho panelu je ohybový moment:

$$M_d = 1/4 \cdot 3,84 \cdot 6 = 5,76 \text{ kNm}$$

...to odpovídá plošnému zatížení:

$$q_d = 8 \cdot M / L^2 = 8 \cdot 5,76 / 1,0/6,0^2 = 1,28 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 1,28 / 1,29 \sim 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Panel tloušťky 250 mm, který je použitý i pro běžné podlaží technologického objektu přenesl stálé zatížení od podlahy tl. 100 mm a minimálně 2,50 kN/m² proměnného zatížení. Uvažujeme s rezervou shodnou tíhu střešního pláště i podlahy patra, pak postačí porovnat proměnné zatížení:

od FVE	1,0 kN/m ²
Sníh na střeše (mimo panely)	0,8 kN/m ²

Celkem	1,8 kN/m ² < 2,50 kN/m ² VYHOVUJE
--------	---

7 ZÁVĚR

Na vyšší i nižší části objektu se nachází stejná skladba střešního pláště. Základní nosný skelet budovy je navržen pro použití u vícepodlažních objektů a je tedy dimenzován na větší zatížení, než jaké přidá FVE. U použitých střešních panelů na nižší části je prokázáno, že mají větší únosnost než panely na části vyšší. Panely na vyšší části jsou shodné jako panely použité pro strop běžného podlaží. Rozhodující pro posouzení možnosti umístění FVE na střechy objektu je vyšší část.

Bylo prokázáno, že dle studie provedené rozmístění a sklon FV panelů, které představuje z hlediska přetížení budovy nejnepříznivější variantu, nezpůsobí překročení mezního stavu únosnosti střešních panelů a navazujících nosných konstrukcí budovy, ale rovněž nezpůsobí poškození střešního pláště.

Pokud budou dodrženy následující podmínky:

- velikost železobetonových prahů pod nosiče FV panelů maximálně 300/200 mm, délky 2,0m ve vzájemných vzdálenostech nejméně 2,0 m
 - hmotnost FV panelů a hustota jejich rozmístění, jak je uvedeno ve studii
- jsou vybrané části střech pro umístění takové fotovoltaické elektrárny **vyhovující**.

V Ústí nad Labem, 30.11. 2022

Ing. Jiří Ratzenbek

