

Doplňující statický výpočet S013

Stavba

Fotovoltaická elektrárna o výkonu 239,56 kWp

Stupeň dokumentace

Dokumentace pro stavební povolení (DSP)

Část dokumentace

D.1.2 – Stavebně konstrukční řešení

Vypracoval

Ing. Vojtěch Zacharda, Ph.D.

Zodpovědný projektant

Ing. Vladimír Kasa (ČKAIT 0200092)

FVE ČOV Klatovy

OBSAH:

Statický výpočet	3
1 Zatížení	3
1.1 SO 13 – Garáže a dílny	3
1.2 SO 13 – Garáže a dílny	12
2 Seznam použitých podkladů, ČSN, odborné literatury a software	19
2.1 Podklady	19
2.2 ČSN a odborná literatura	19
2.3 Software	19
3 Hodnocení střešních konstrukcí	19
4 Závěr	20

FVE ČOV Klatovy

Statický výpočet

Doplňující statický výpočet byl zhotoven po provedení sond do konstrukce. Ve výpočtu je přihlédnuto ke zjištěnému stavu.

V části vazníků tvoří podhled oproti projektové dokumentaci Hurdisky.

V části tvořené stropními panely je bednění zhotoveno z dřevěných trámů rozměrů 80x120 mm a je oproti projektové dokumentaci otočeno o 90°.

1 Zatížení

1.1 SO 13 – Garáže a dílny

1.1.1 Stálé zatížení

Vychází z vlastní tíhy nosné konstrukce a skladeb.

1.1.1.1 Skladby

Skladba střechy - vazník

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Střešní hydroizolační fólie	0,03	1,35	0,04
Podkladní a separační geotextilie	0,01	1,35	0,01
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,04	1,35	0,05
Součet: Stálé zatížení	0,04	1,35	0,05
Součet zatížení	0,04	1,35	0,05

Skladba střechy - přístavba

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Střešní hydroizolační fólie	0,03	1,35	0,04
Podkladní a separační geotextilie	0,01	1,35	0,01
Cementový potěr (19,00 × 0,030)	0,57	1,35	0,77
IPA + Np (12,00 × 0,005)	0,06	1,35	0,08
Lignopor 80mm	0,05	1,35	0,07
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,72	1,35	0,97
Součet: Stálé zatížení	0,72	1,35	0,97
Součet zatížení	0,72	1,35	0,97

Skladba střechy - bednění

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Střešní hydroizolační fólie	0,03	1,35	0,04
Podkladní a separační geotextilie	0,01	1,35	0,01
Dřevěné bednění (5,00 × 0,025)	0,12	1,35	0,16
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,16	1,35	0,22
Součet: Stálé zatížení	0,16	1,35	0,22
Součet zatížení	0,16	1,35	0,22

FVE ČOV Klatovy

FVE - vazník

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
FVE - panely + kce s přitížením	0,20	1,35	0,27
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,20	1,35	0,27
Součet: Stálé zatížení	0,20	1,35	0,27
Součet zatížení	0,20	1,35	0,27

FVE - vazník - bednění

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
FVE - panely + kce s přitížením	0,30	1,35	0,41
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,30	1,35	0,41
Součet: Stálé zatížení	0,30	1,35	0,41
Součet zatížení	0,30	1,35	0,41

FVE - panel

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
FVE - panely + kce s přitížením	0,25	1,35	0,34
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,25	1,35	0,34
Součet: Stálé zatížení	0,25	1,35	0,34
Součet zatížení	0,25	1,35	0,34

1.1.2 Nahodilé zatížení

1.1.2.1 Zatížení sněhem

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:

Charakteristická hodnota zatížení $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$

Typ krajiny: normální

Součinitel expozice $C_e = 1,00$

Tepelný součinitel $C_t = 1,00$

Součinitel zatížení $\psi_f = 1,50$

Tvar zastřešení: pultová střecha

Sklon střechy $\alpha = 3,0^\circ$

Tvarový součinitel $\mu_1 = 0,80$

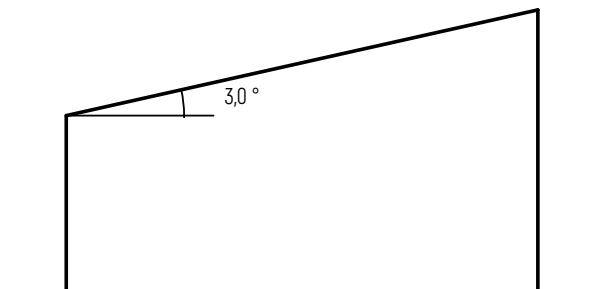
Charakteristická hodnota zatížení (v závorce návrhová hodnota)

FVE ČOV Klatovy

$$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2 \text{ [} 0,84 \text{ kN/m}^2 \text{]}$$



$$0,56;[0,84] \text{ [kN/m}^2\text{]}$$



1.1.2.2 Zatížení větrem

1.1.2.2.1 Zatížení větrem – vznik

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:

Rychlost větru $v_{b,0}$ = 25,00 m/s

Kategorie terénu:

Referenční výška budovy z_e = 5,30 m

Součinitel směru větru c_{dir} = 1,00

Součinitel ročního období c_{seaso} = 1,00

Měrná hmotnost vzduchu ρ = 1,250 kg/m³

Součinitel orografie c_o = 1,00

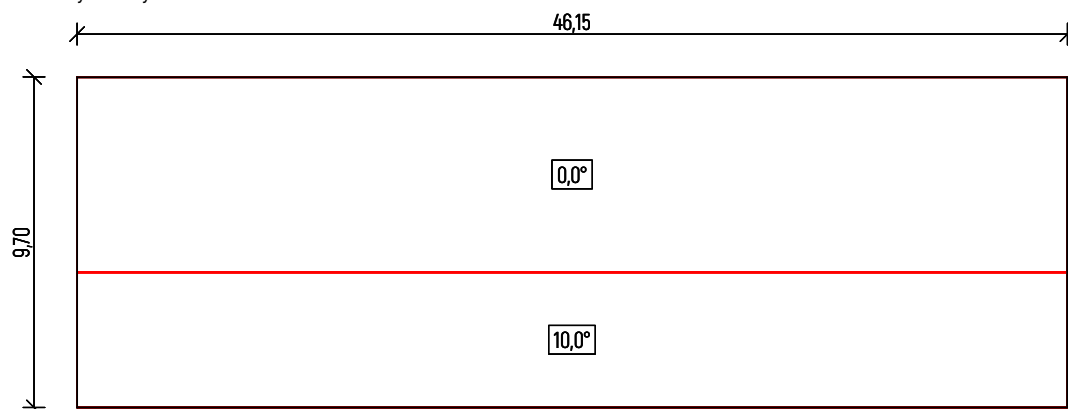
Maximální dynamický tlak q_p = 0,77 kN/m²

Součinitel zatížení γ_f = 1,50

Plocha pro stanovení c_{pe} A = 10,00 m²

Střecha

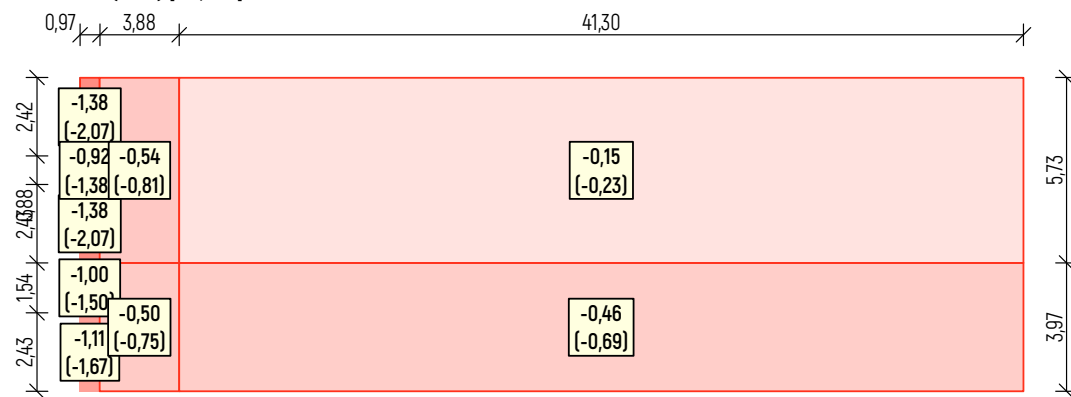
Rozměry stavby



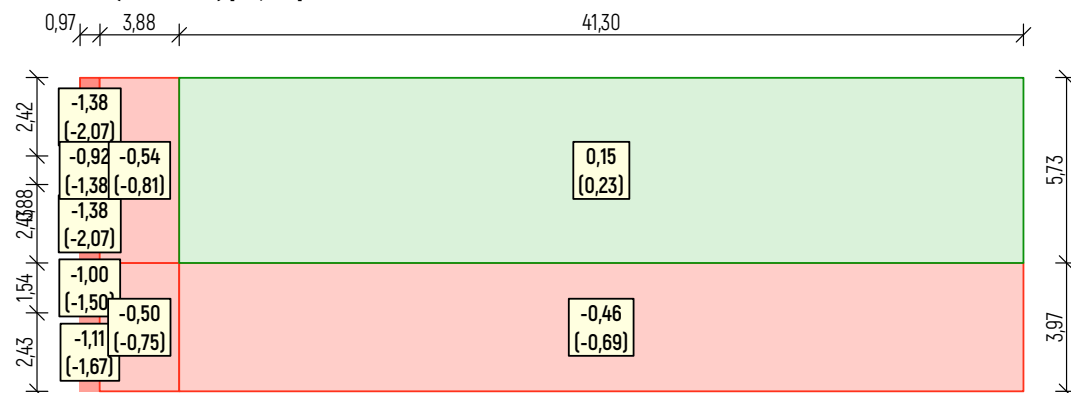
FVE ČOV Klatovy

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

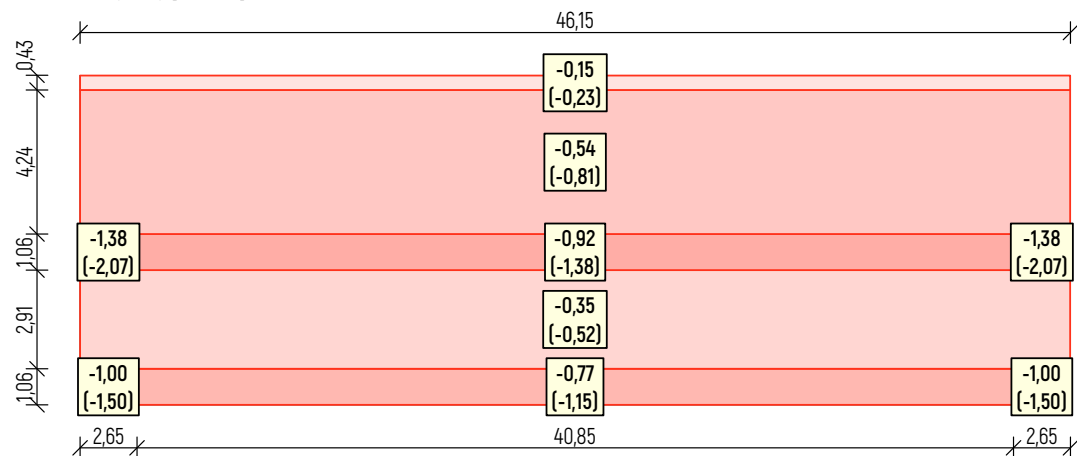
Vítr zleva 1 (sání) [kN/m²]



Vítr zleva 2 (tlak a sání) [kN/m²]

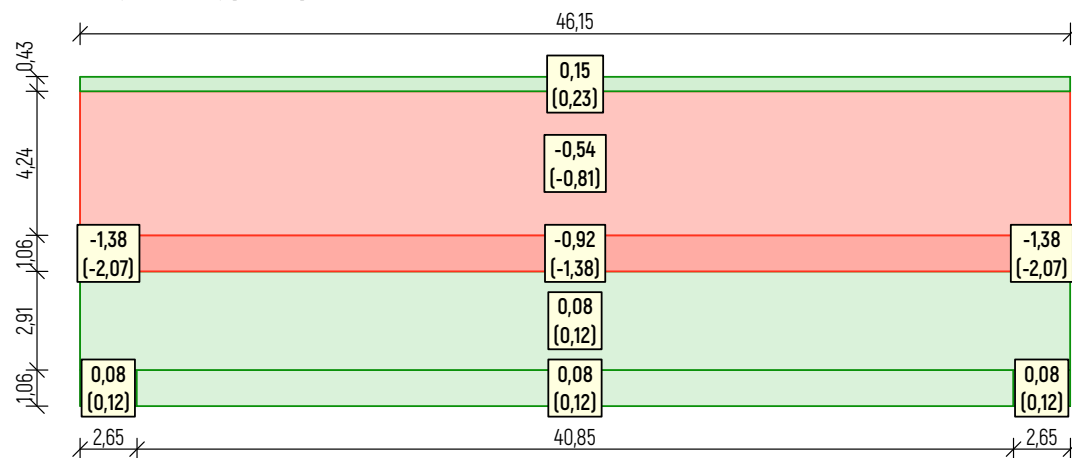


Vítr zdola 1 (sání) [kN/m²]

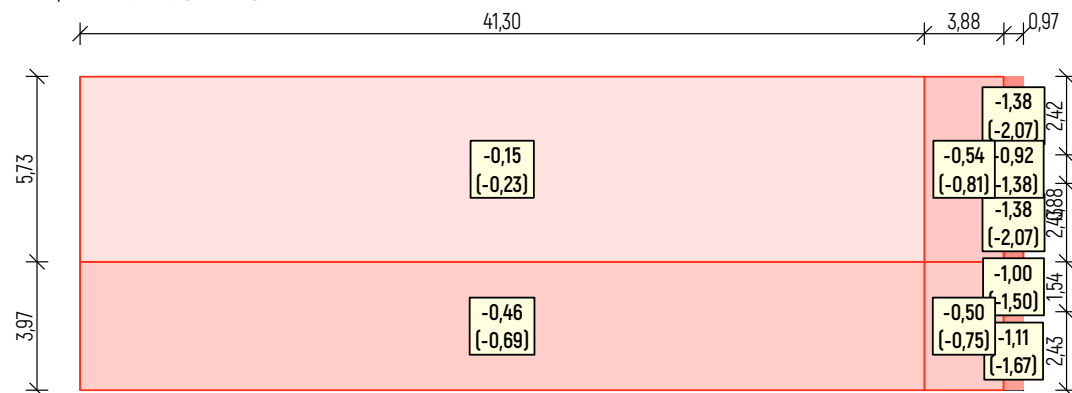


FVE ČOV Klatovy

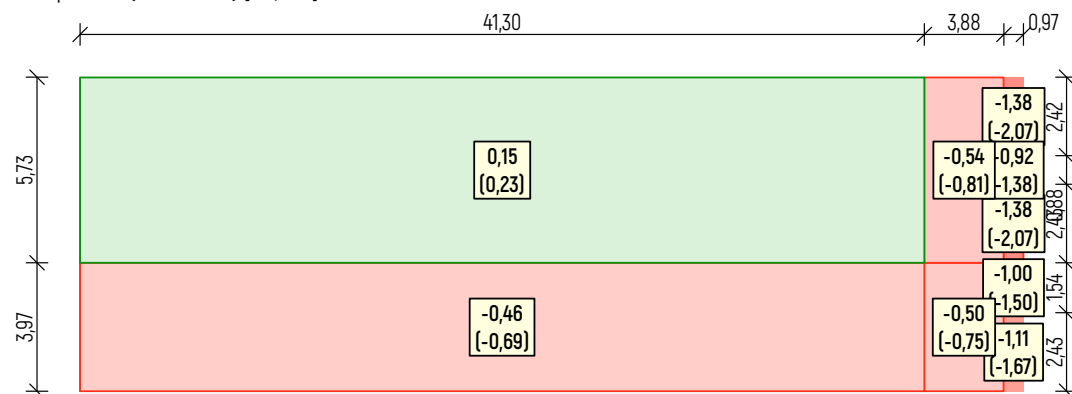
Vítr zdola 2 (tlak a sání) [kN/m²]



Vítr zprava 1 (sání) [kN/m²]

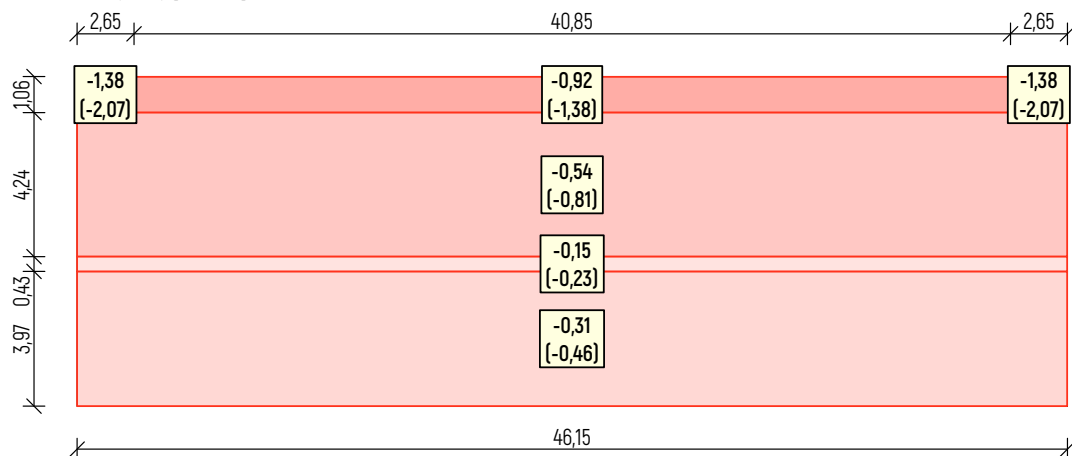


Vítr zprava 2 (tlak a sání) [kN/m²]

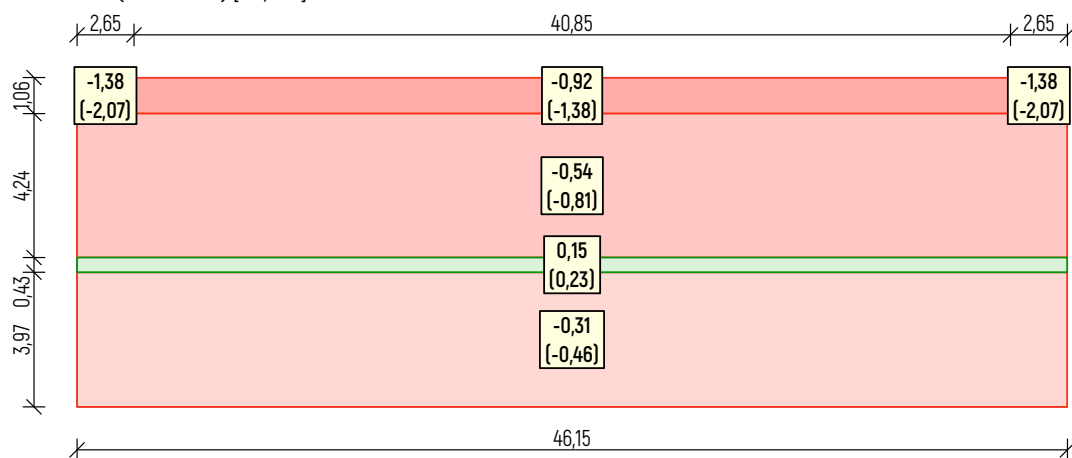


FVE ČOV Klatovy

Vitr shora 1 (sání) [kN/m²]



Vitr shora 2 (tlak a sání) [kN/m²]



1.1.2.2 Zatížení větrem - přístavba

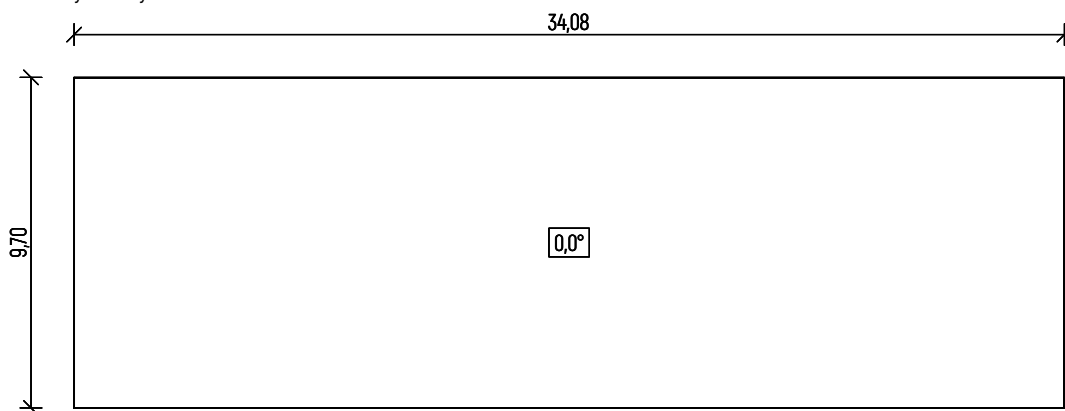
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:	II
Rychlost větru	$v_{b,0}$ = 25,00 m/s
Kategorie terénu:	II
Referenční výška budovy	z_e = 5,30 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 = 0,77 kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f = 1,50
Plocha pro stanovení	c_{pe} A = 10,00 m ²

FVE ČOV Klatovy

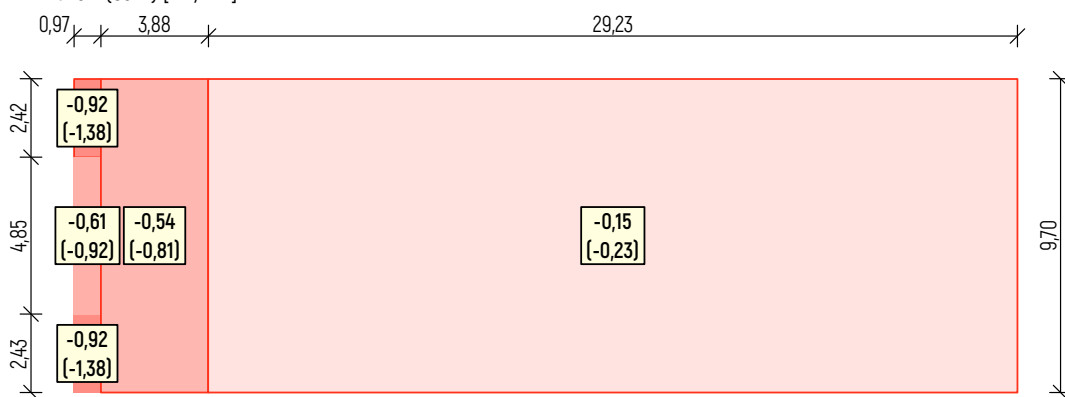
Střecha

Rozměry stavby

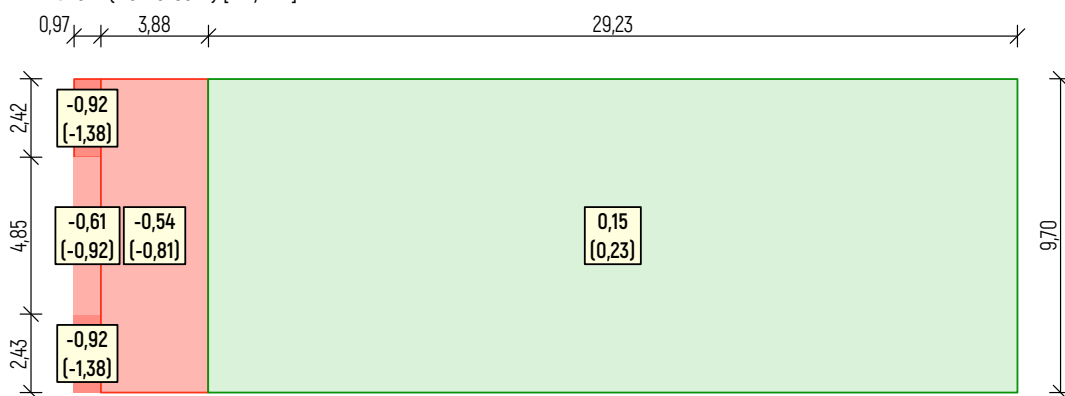


Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Vítr zleva 1 (sání) [kN/m²]

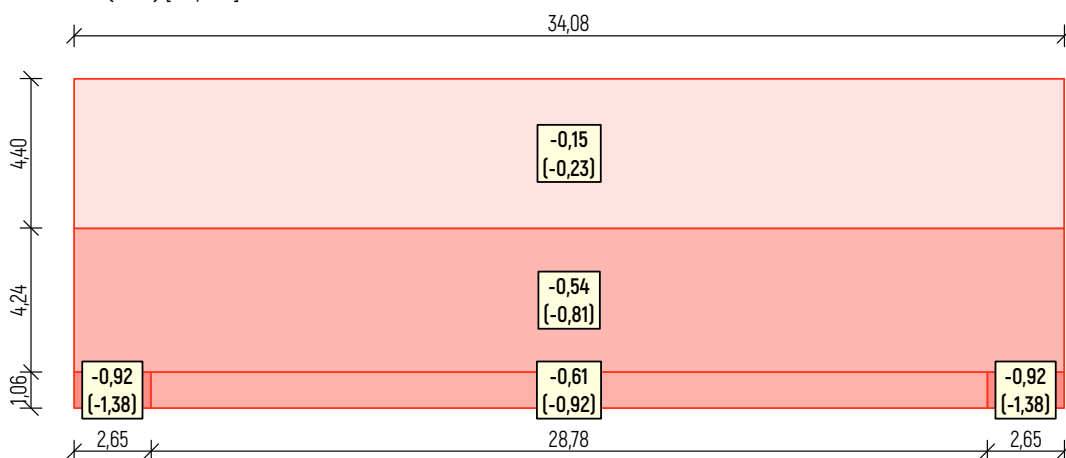


Vítr zleva 2 (tlak a sání) [kN/m²]

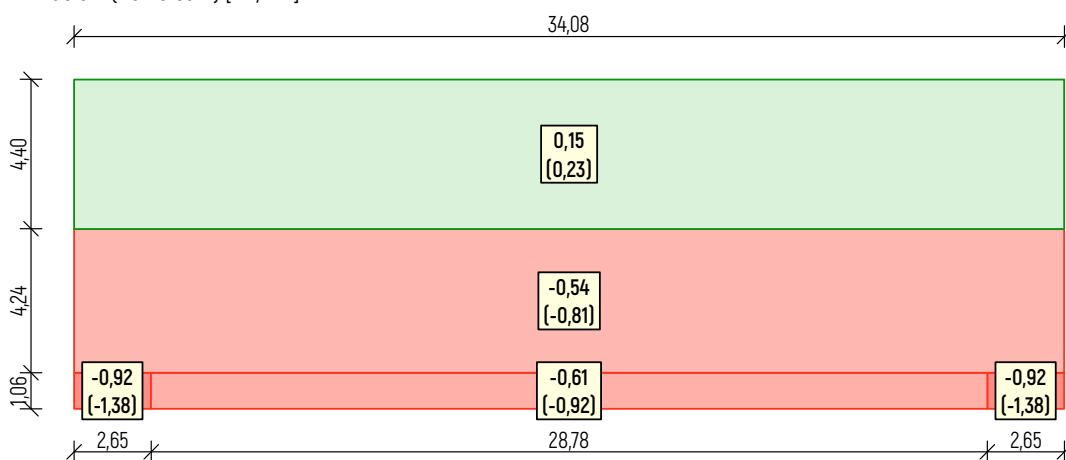


FVE ČOV Klatovy

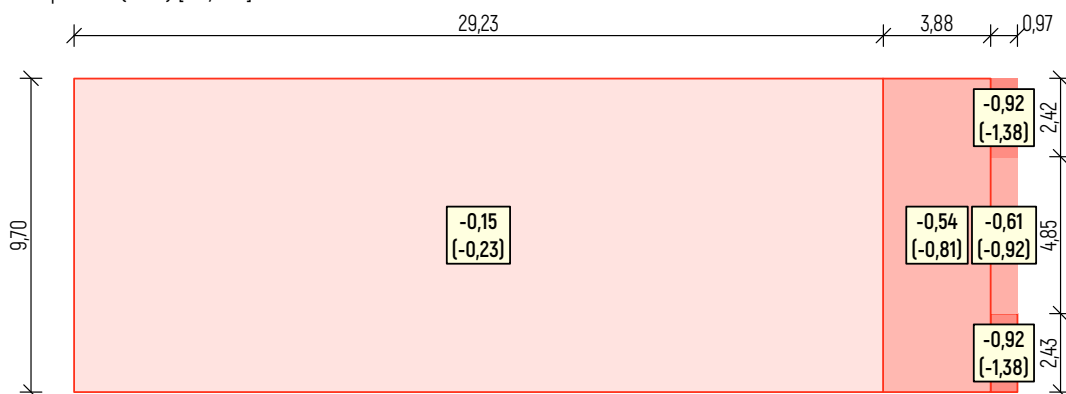
Vítr zdola 1 (sání) [kN/m²]



Vítr zdola 2 (tlak a sání) [kN/m²]

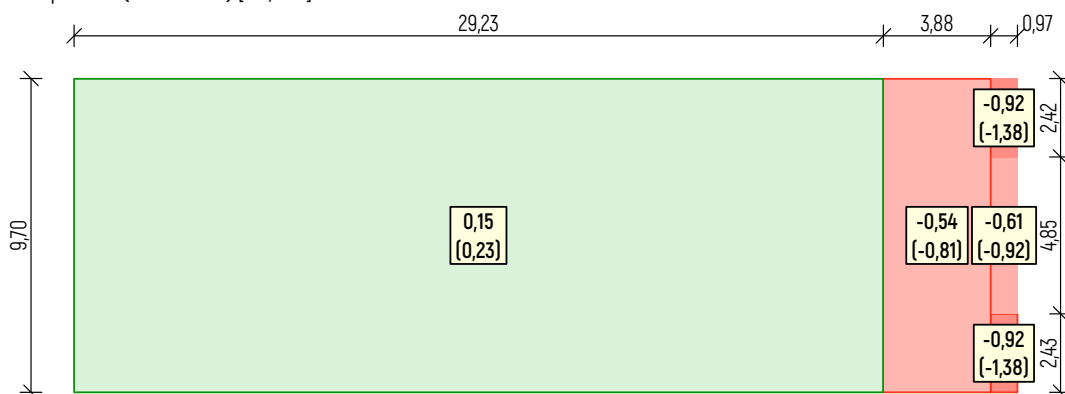


Vítr zprava 1 (sání) [kN/m²]

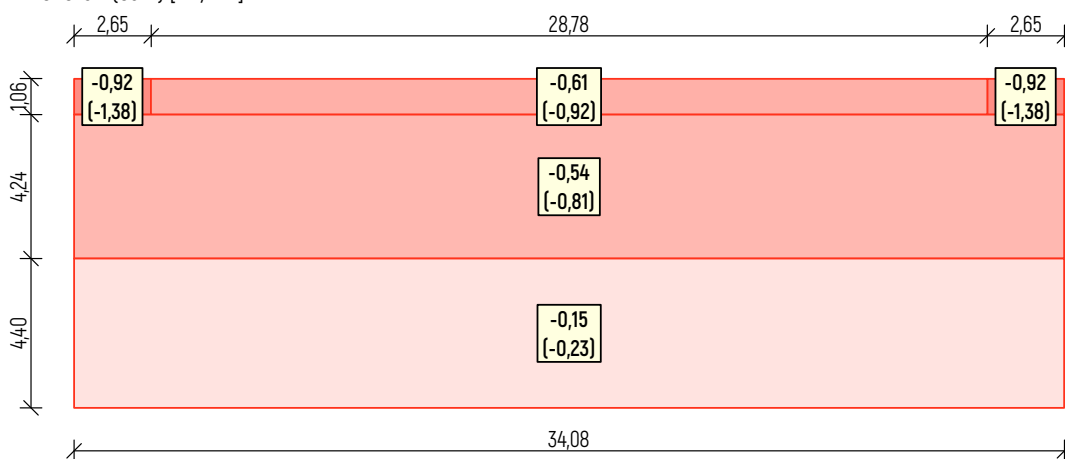


FVE ČOV Klatovy

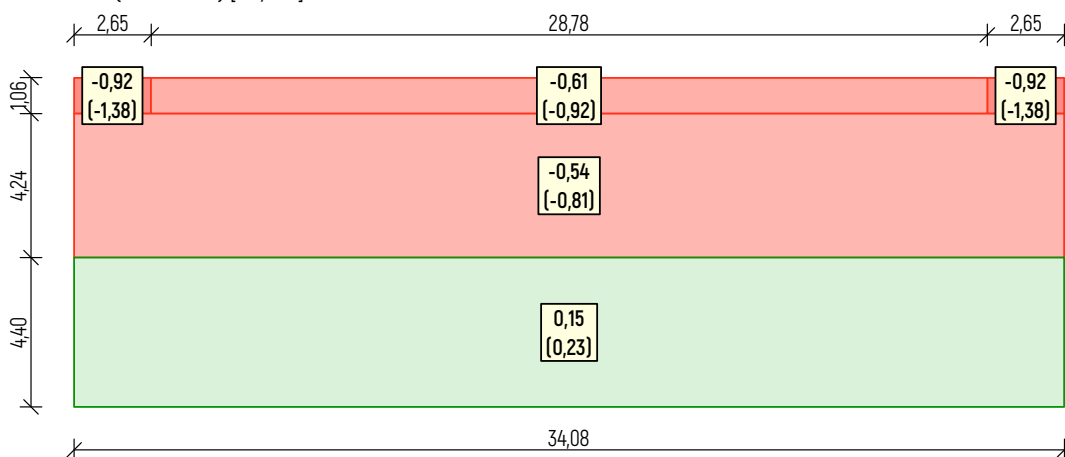
Vítr zprava 2 (tlak a sání) [kN/m²]



Vítr shora 1 (sání) [kN/m²]



Vítr shora 2 (tlak a sání) [kN/m²]



FVE ČOV Klatovy

1.2 SO 13 - Garáže a dílny

1.2.1 Deska SZD 10n - 300

1.2.1.1 Zatížení

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Střešní hydroizolační fólie	0,03	1,35	0,04
Podkladní a separační geotextilie	0,01	1,35	0,01
FVE - panely + konstrukce s přitížením	0,20	1,35	0,27
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,24	1,35	0,32
Součet: Stálé zatížení	0,24	1,35	0,32
Proměnné zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
Sníh	0,56	1,50	0,84
Vítr	0,15	1,50	0,22
Součet: Užitné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet: Proměnné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet zatížení	0,95	1,46	1,39

1.2.1.2 Vnitřní síly

Deska SZD 10n - 300 bude nově zatížena rovnoměrným stálým charakteristickým zatížením g_k (kN/m) bez vlastní tíhy. Hodnota rovnoměrného stálého charakteristického zatížení je rovna $g_k = 0,95$ kN/m.

1.2.1.3 Návrh

Nosnou konstrukci střechy tvoří desky SZD 10n - 300.

1.2.1.4 Posouzení

Deska SZD 10n - 300 je navržena na rovnoměrné stálé charakteristické zatížení g_k (kN/m) bez vlastní tíhy. Hodnota zatížení je $g_k = 0,96$ kN/m². **Deska vyhovuje. I přes, že střešní deska vyhovuje, tak se doporučuje provést podpůrnou konstrukci, která přenesení zatížení do příhradových vazníků. Kotvení do střešních desek se nedoporučuje. Kotvy lze pouze v místech střešních vazníků!!!**

FVE ČOV Klatovy

1.2.2 Vazník SZP 1n – 9

Při posouzení vazníku bylo přistoupeno ke zjištěným skutečnostem při obhlídce sond.

1.2.2.1 Zatížení

Zatížení vazníku

Stálé zatížení

	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
Ostatní stálé zatížení			
FVE - panely + konstrukce s přitížením (0,30 × 3,000)	0,90	1,35	1,22
Střešní hydroizolační fólie	0,09	1,35	0,12
Podkladní a separační geotextilie	0,03	1,35	0,04
Dřevěné bednění (5,00 × 0,025 × 3,000)	0,38	1,35	0,51
Podezdívka bednění (5,00 × 0,240 × 0,400)	0,48	1,35	0,65
Střešní deska - SZD 10n - 300	1,92	1,35	2,59
Nosník podhledu SZT 12n -284	0,60	1,35	0,81
Hurdiskový podhled mezi vazníky (0,76 × 3,000)	2,28	1,35	3,08
Součet: Ostatní stálé zatížení	6,68	1,35	9,02
Součet: Stálé zatížení	6,68	1,35	9,02

Proměnné zatížení

	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
Klimatické zatížení			
Sníh	1,68	1,50	2,52
Vítr	0,45	1,50	0,68
Součet: Klimatické zatížení	2,13	1,50	3,20
Součet: Proměnné zatížení	2,13	1,50	3,20
Součet zatížení	8,81	1,39	12,21

1.2.2.2 Vnitřní síly

Vazník SZP 1n – 9 bude nově zatížen rovnoměrným stálým charakteristickým zatížením g_k [kN/m] bez vlastní tíhy. Hodnota rovnoměrného stálého charakteristického zatížení je rovna $g_k = 8,81$ kN/m.

1.2.2.3 Návrh

Nosnou konstrukci střechy tvoří vazníky SZP 1n – 9 s osovou vzdáleností 3 m.

1.2.2.4 Posouzení

Vazník SZP 1n – 9 je navržen na rovnoměrné stálé charakteristické zatížení g_k [kN/m²] bez vlastní tíhy. Hodnota zatížení je $g_k = 13,40$ kN/m². **Vazník vyhovuje.**

FVE ČOV Klatovy

1.2.3 Dřevěné hranoly 100x120

1.2.3.1 Zatížení

Zatížení střechy

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Střešní hydroizolační fólie	0,03	1,35	0,04
Podkladní a separační geotextilie	0,01	1,35	0,01
Dřevěné bednění (5,00 × 0,025)	0,12	1,35	0,16
FVE – panely + konstrukce s přitížením	0,30	1,35	0,41
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,46	1,35	0,62
Součet: Stálé zatížení	0,46	1,35	0,62
Proměnné zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
Sníh	0,56	1,50	0,84
Vítr	0,15	1,50	0,22
Součet: Užitné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet: Proměnné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet zatížení	1,17	1,44	1,69

1.2.3.2 Vnitřní síly

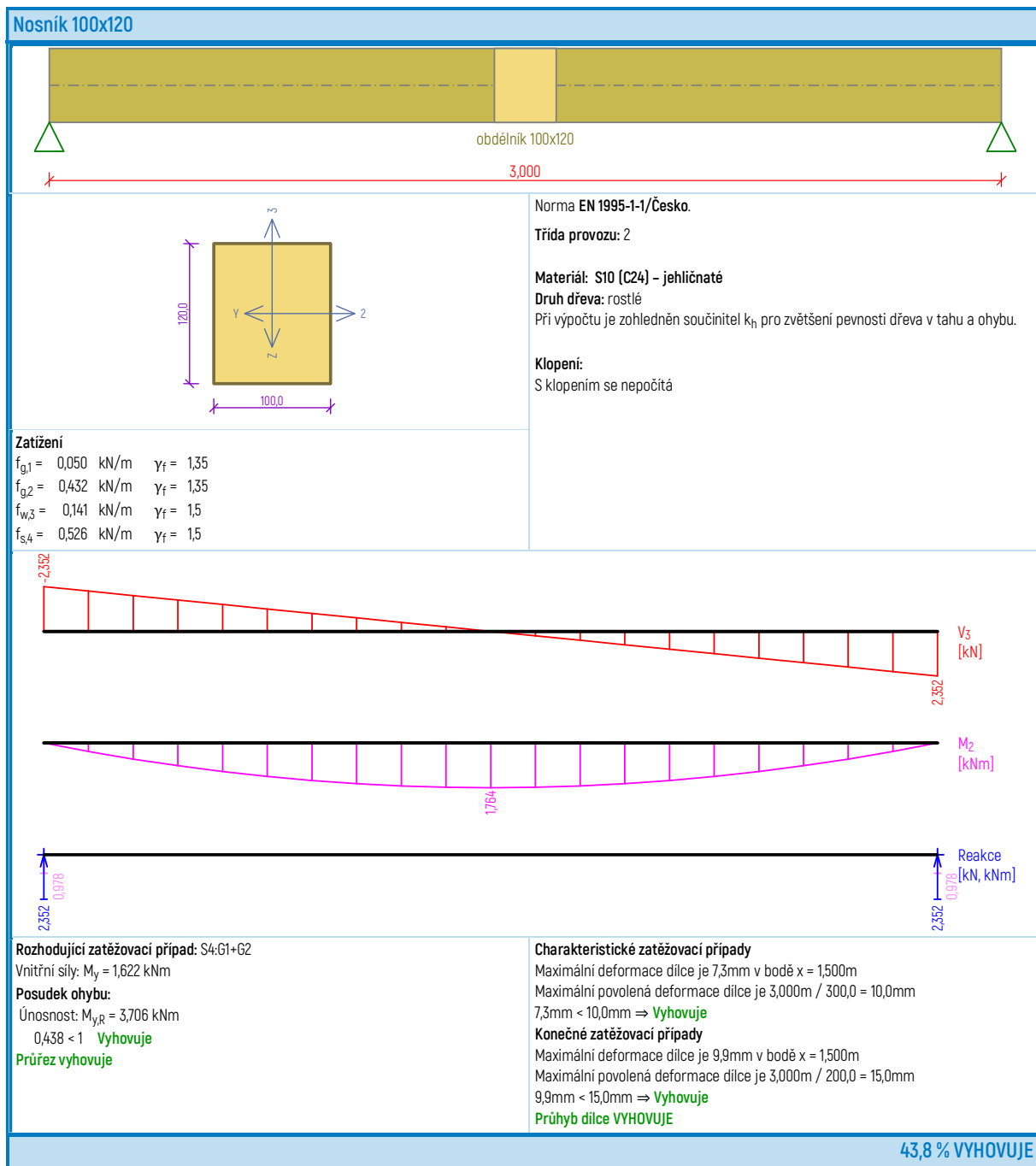
Vnitřní síly vypočteny pomocí programu FIN EC – dřevo viz. kapitola 3.4.3.4.

1.2.3.3 Návrh

Hranol je uvažován o rozměrech 100x120 a pevnosti C24. Rozpětí hranolu je 3,0 m.

FVE ČOV Klatovy

1.2.3.4 Posouzení



Konstrukce z dřevěných hranolů vyhovuje.

FVE ČOV Klatovy

1.2.4 Panel POD 216/802

1.2.4.1 Zatížení

Zatížení střechy

Stálé zatížení

	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [–]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Střešní hydroizolační fólie	0,03	1,35	0,04
Podkladní a separační geotextilie	0,01	1,35	0,01
Cementový potěr (19,00 × 0,030)	0,57	1,35	0,77
IPA + Np (12,00 × 0,005)	0,06	1,35	0,08
Lignopor 80mm	0,05	1,35	0,07
FVE - panely + konstrukce s přitížením	0,25	1,35	0,34
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,97	1,35	1,31
Součet: Stálé zatížení	0,97	1,35	1,31

Proměnné zatížení

	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [–]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
Sníh	0,56	1,50	0,84
Vítr	0,15	1,50	0,22
Součet: Užitné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet: Proměnné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet zatížení	1,68	1,41	2,37

1.2.4.2 Vnitřní síly

Panel POD 216/802 bude nově zatížen rovnoměrným stálým charakteristickým zatížením g_k (kN/m) bez vlastní tíhy. Hodnota rovnoměrného stálého charakteristického zatížení je rovna $g_k = 1,68 \text{ kN/m}^2$.

1.2.4.3 Návrh

Nosnou konstrukci střechy tvoří panely POD 216/802.

1.2.4.4 Posouzení

Panel POD 216/802 je navržen na rovnoměrné stálé charakteristické zatížení g_k (kN/m) bez vlastní tíhy. Hodnota zatížení je $g_k = 5,55 \text{ kN/m}^2$. **Panel vyhovuje.**

FVE ČOV Klatovy

1.2.5 Hranol 80x120

Při posouzení dřevěných hranolů bednění byly zohledněny zjištěné skutečnosti z provedené sondy. Dřevěné hranoly jsou oproti návrhu rozměrů 80x120 a uloženy o 90°.

1.2.5.1 Zatížení

Zatížení střechy

Stálé zatížení

	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Střešní hydroizolační fólie	0,03	1,35	0,04
Podkladní a separační geotextilie	0,01	1,35	0,01
Dřevěné bednění (5,00 × 0,025)	0,12	1,35	0,16
FVE - panely + konstrukce s přitížením	0,25	1,35	0,34
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,41	1,35	0,55
Součet: Stálé zatížení	0,41	1,35	0,55

Proměnné zatížení

	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
Sníh	0,56	1,50	0,84
Vítr	0,15	1,50	0,22
Součet: Užitné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet: Proměnné zatížení	0,71	1,50	1,06
Součet zatížení	1,12	1,45	1,62

1.2.5.2 Vnitřní síly

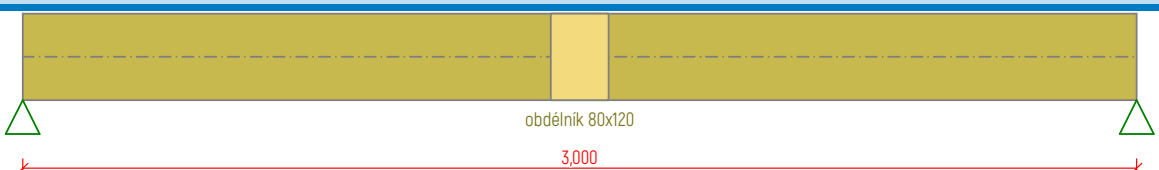
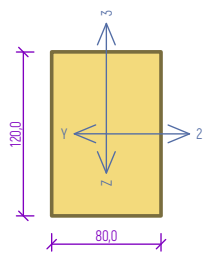
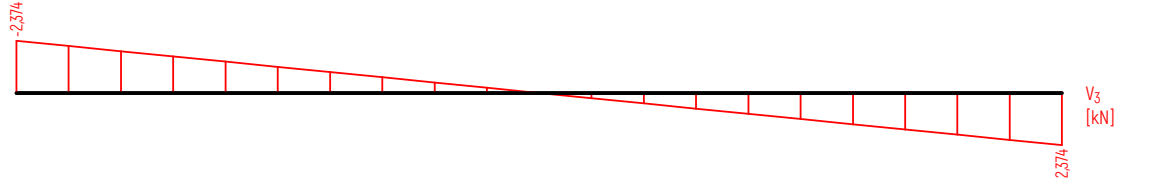
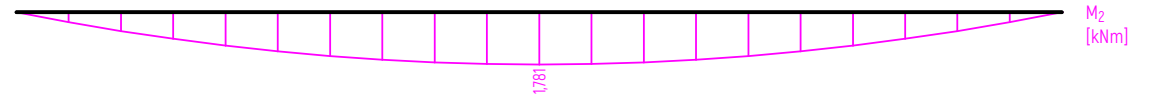
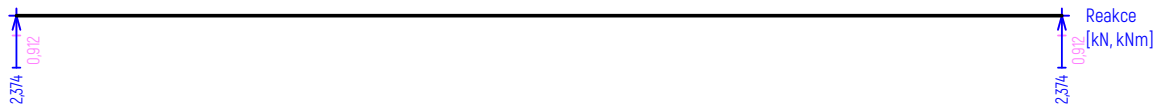
Vnitřní síly vypočteny pomocí programu FIN EC – dřevo viz. kapitola 3.13.4.

1.2.5.3 Návrh

Hranol je uvažován o rozměrech 100x100 a pevnosti C24. Rozpětí hranolu je 3,0 m.

FVE ČOV Klatovy

1.2.5.4 Posouzení

Nosník 80x120	
	
<p>obdélník 80x120</p> <p>3,000</p>	
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Třída provozu: 2</p> <p>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté</p> <p>Druh dřeva: rostlé</p> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p> <p>Klopení:</p> <p>S klopením se nepočítá</p>
<p>Zatížení</p> <p>$f_{g,1} = 0,040 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,35$</p> <p>$f_{g,2} = 0,410 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,35$</p> <p>$f_{w,3} = 0,150 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,5$</p> <p>$f_{s,4} = 0,560 \text{ kN/m}$ $\gamma_f = 1,5$</p>	
 <p>V_3 [kN]</p>	
 <p>M_2 [kNm]</p>	
 <p>Reakce [kN, kNm]</p>	
<p>Rozhodující zatěžovací případ: S4:G1+G2</p> <p>Vnitřní síly: $M_y = 1,629 \text{ kNm}$</p> <p>Posudek ohybu:</p> <p>Únosnost: $M_{y,R} = 2,965 \text{ kNm}$</p> <p>$0,549 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Průřez vyhovuje</p>	<p>Charakteristické zatěžovací případy</p> <p>Maximální deformace dílce je 9,2mm v bodě $x = 1,500\text{m}$</p> <p>Maximální povolená deformace dílce je $3,000\text{m} / 300,0 = 10,0\text{mm}$</p> <p>$9,2\text{mm} < 10,0\text{mm} \Rightarrow$ Vyhovuje</p> <p>Konečné zatěžovací případy</p> <p>Maximální deformace dílce je 12,2mm v bodě $x = 1,500\text{m}$</p> <p>Maximální povolená deformace dílce je $3,000\text{m} / 200,0 = 15,0\text{mm}$</p> <p>$12,2\text{mm} < 15,0\text{mm} \Rightarrow$ Vyhovuje</p> <p>Průhyb dílce VYHOVUJE</p>
54,9 % VYHOVUJE	

Konstrukce z dřevěných hranolů vyhovuje.

2 Seznam použitých podkladů, ČSN, odborné literatury a software

2.1 Podklady

Podklady použité pro zpracování dokumentace:

- | | | |
|-----|-----------------------------|---------------------------|
| [1] | Archivní dokumentace staveb | |
| [2] | FVE | Ing. Petr Bulánek. 1/2024 |
| [3] | Obhlídka stavby | 1 |

2.2 ČSN a odborná literatura

- [4] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [5] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [6] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení– Zatížení sněhem
- [7] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení– Zatížení větrem
- [8] ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení– Zatížení teplotou
- [9] ČSN EN 1992-1-1 - Navrhování betonových konstrukcí. Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [10] ČSN EN 206+A2 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

2.3 Software

- Software fy. Fine
- AutoCAD

3 Hodnocení střešních konstrukcí

Střešní konstrukce objektů je tvořena stropními panely, příhradovými vazníky a dřevěnými hranoly. Konstrukce stavebního objektu S013 vykazuje dostatečnou únosnost i po přitížení konstrukce fotovoltaickými panely s jejich nosnou konstrukcí. **Maximální dovolená hodnota přitížení jednotlivých konstrukcí se pohybuje od 0,20 do 0,30 kN/m².**

Předpokládá se, že skladby střech jsou stejné po celé délce objektu. Pokud se v průběhu montáže FVE vyskytnou nové skutečnosti a odchylky oproti předpokladům, tak je nutné neodkladně kontaktovat statika.

Na základě výše uvedeného rozboru lze přitížení FVE podle všech zavedených předpokladů a podmínek na S0 13 uskutečnit.

4 Závěr

Bylo provedeno statické posouzení střešních konstrukcí objektů ČOV Klatovy. Posudek prokázal, že konstrukce stavebních objektů SO 02, SO 03 a SO 04.3 vykazuje dostatečnou únosnost i po přitížení konstrukce fotovoltaickými panely s jejich nosnou konstrukcí. Části střešní konstrukce stavebního objektu SO 13 vykazují dostatečnou únosnost i po přitížení konstrukce fotovoltaickými panely s jejich nosnou konstrukcí a část konstrukce nedosahuje dostatečné únosnosti.

Posouzení nosných konstrukcí je provedeno dle platných norem ČSN a ČSN EN. Návrh vychází z typového řešení předchozí dokumentace, podkladů ze strany investora a zhotovitele FVE. Při návrhu byl zohledněn současný stav a podmínky staveniště a bylo v co největší míře akceptováno stavební řešení a zadání stavby. **Je nutno počítat, že může dojít k některým dílčím změnám vyvolaným do upřesněním během montáže FVE.**

Dokumentace je určena pro účely získání stavebního povolení fotovoltaické elektrárny na stávající střešní konstrukci. Nedílnou součástí je technická zpráva.

Konstrukce SO 02, SO 03, SO 04.3 a část SO 13 bezpečně vyhovují na mezní stav únosnosti (MSÚ) a splňuje podmínky mezního stavu použitelnosti (MSP).

Na nevyhovující části SO 13 se doporučuje provést sondy, které by přesněji určili stávající stav a v případě zjištěných nových skutečností by byl překontrolován návrh této části.

V Klatovech 11/2024

Ing. Vojtěch Zacharda, Ph.D.

Ing. Vladimír Kasa