

VYPRACOVAL	SCHVÁLIL	 Ing. Radek Janka Budovcova 3 772 00 Bystrovany tel. 585 311 848, 721 048 805	
Ing. Radek Janka	Ing. Radek Janka		
AKCE: IV. ZŠ ŠUMPERK, ulice Šumavská INSTALACE FVE		ČÍSLO ZAKÁZKY	R19-24-B
		DATUM	5/2024
		ČÍSLO REVIZE	0
VÝKRES: STATICKE POSOUZENÍ		MĚŘÍTKO	ČÍSLO VÝKRESU

OBSAH

STATICKÉ POSOUZENÍ	1
ÚVOD	1
POPIS OBJEKTŮ	2
Velká tělocvična (1)	2
Malá tělocvična (2)	3
Družiny, jazykové učebny a chodba (3, 4, 5)	3
Fasády učebnových pavilonů (6, 7)	3
MÍSTNÍ PROHLÍDKA A ZÁKLADNÍ STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM	3
Velká tělocvična	4
Malá tělocvična	6
Střecha nad družinami	7
Střecha nad jazykovými učebnami	9
Fasády učebnových pavilonů	9
ZATÍŽENÍ	10
Skladba střechy - malá tělocvična	10
Skladba střechy - velká tělocvična	11
Skladba střechy - družiny, chodba a jazykové učebny	11
Užitná zatížení	12
Zatížení sněhem	12
Zatížení větrem	12
ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE	13
Vlastní tíha technologie FVE	13
Užitné zatížení střechy při údržbě FVE	14
Posouzení vlivu FVE na zatížení sněhem	14
Silové účinky větru	14
Výpočet nutného balastního přetížení	15
Silové účinky větru	15
Výpočet nutného balastního přetížení	16
Souhrn zatížení instalací FVE	17
POSOUZENÍ STŘECHY MALÉ TĚLOCVIČNY	17
Rekapitulace zatížení	17
Posouzení dřevěné konstrukce	17
Sání na dřevěnou konstrukci	19
Posouzení kazetových střešních desek	19
Posouzení ocelového příhradového vazníku	20
POSOUZENÍ STŘECHY VELKÉ TĚLOCVIČNY	21
Rekapitulace zatížení	21
Posouzení střešních desek	21
Posouzení střešního vazníku	22
Stav krytiny	22
POSOUZENÍ STŘECH NAD DRUŽINAMI, JAZYKOVÝMI UČEBNAMI A CHODBOU	22
Rekapitulace zatížení	22
Stropní panely	23
Stropní průvlaky	23
Navazující konstrukce	23
Sání větru na střešní konstrukci	24

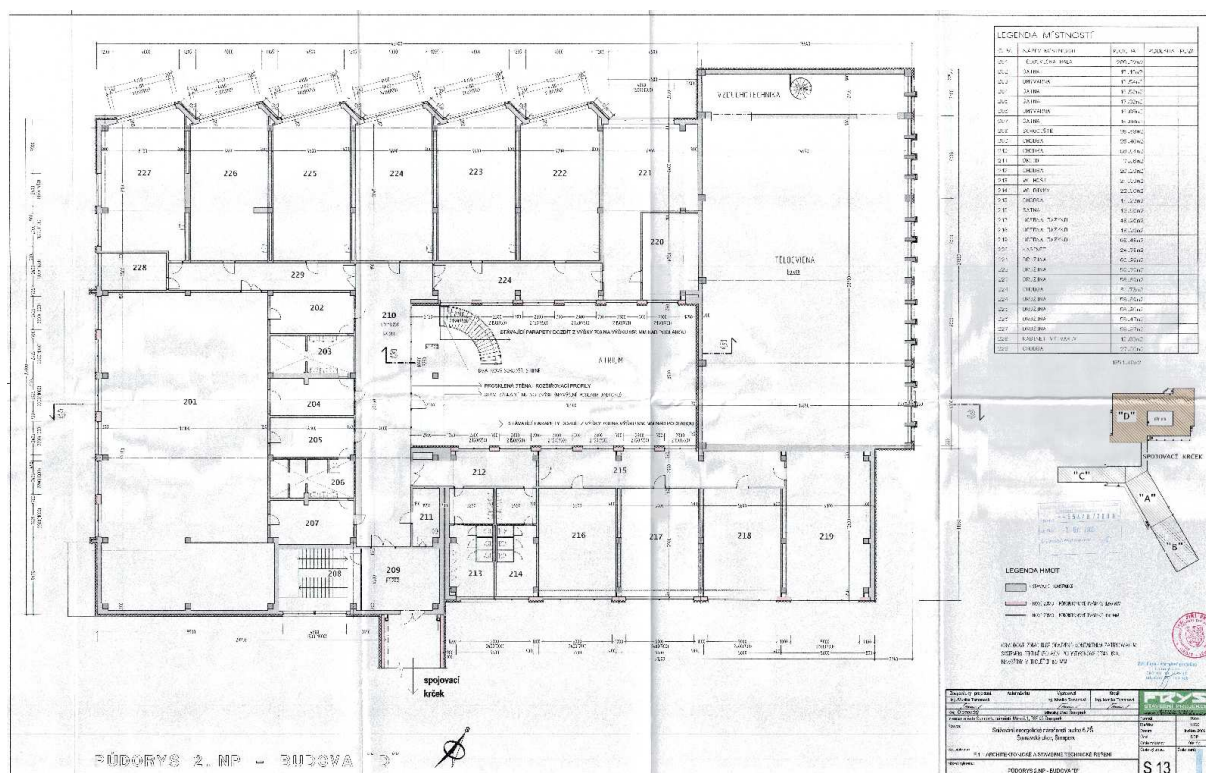
FASÁDY PAVILONŮ A, C	25
POUŽITÉ PODKLADY A NORMY	25
ZÁVĚR	26

STATICKÉ POSOUZENÍ

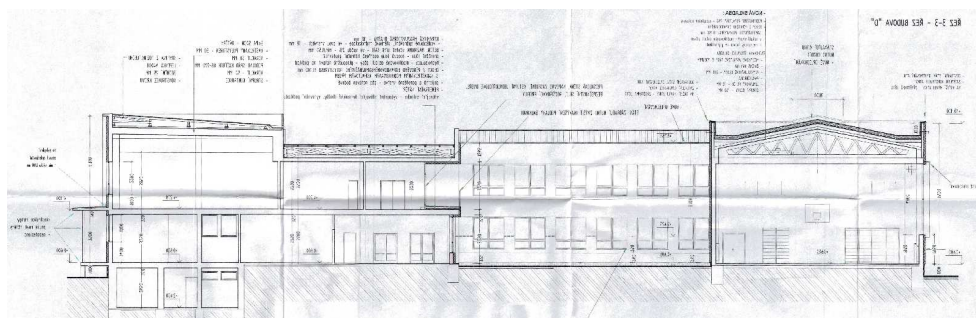
Objednatel posudku: Město Šumperk, nám. Míru 1, 787 01 Šumperk, IČ 00303461
Název stavby: Instalace FVE na střeše stávajícího objektu ZŠ Šumavská
Místo stavby: p.č. st. 298, k.ú. Šumperk, obec Šumperk
Stavebník: Město Šumperk
Hlavní projektant: Solar gods, Na Folimance 2155/15, 120 00 Praha 2 - Vinohrady
Stupeň projektu: statické posouzení

ÚVOD

Záměrem stavebníka je instalace fotovoltaické elektrárny (FVE) na střechu vybraných stávajících objektů v areálu IV. základní školy v Šumperku, ulice Šumavská: jedná se o budovu velké tělocvičny, malé tělocvičny, družiny, jazykové učebny a vstupní chodby (blok D). Dalším místem pro umístění FV panelů jsou štítové fasády učebnových pavilonů A a C. Podkladem pro statické posouzení je archivní dokumentace investora, návrh FVE a poznatky zjištěné místní prohlídkou.



půdorys budovy "D"

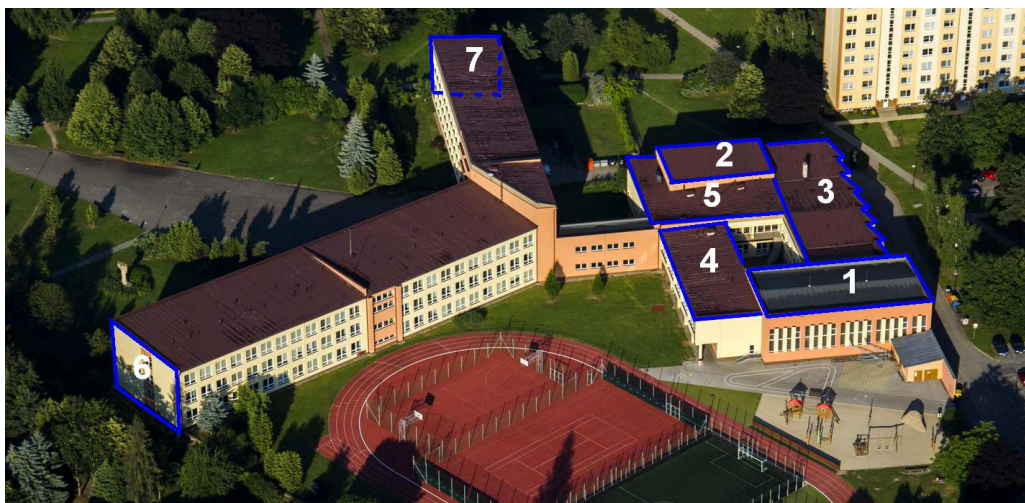


řez budovou "D"

POPIS OBJEKTŮ

Areál 6. základní školy na ulici Šumavská je tvořen jednak obdélníkovým blokem budovy D, který zahrnuje tělocvičny, jídelnu, kuchyň a družiny, jednak učebnovými pavilony A+B+C na půdorysu širokého V.

Výstavba proběhla v první polovině 70. let minulého století podle projektové dokumentace [1] s dostavbou budovy C v roce 1983. Budova D je rozdělena na několik dilatačních celků (velká tělocvična, malá tělocvična, učebny jazyků, družiny), uprostřed dispozice se nachází atrium. Nosnou konstrukci tvoří železobetonový montovaný skelet. Původní jednoplášťové ploché střechy byly v roce 1988 překryty sekundárním druhým pláštěm s dřevěným spádovým roštem.



letecký snímek školy: 1=velká tělocvična; 2=malá tělocvična; 3=družiny; 4,5=jazykové učebny a chodba; 6,7=fasády

Velká tělocvična (1)

Jednodílná halová stavba půdorysu 15,5x27,3 m. Střechu tvoří železobetonové příhradové vazníky v osové vzdálenosti 3 m, na které jsou uloženy střešní desky a izolační souvrství. V roce 2009 v rámci realizace zateplení budovy byl střešní plášť doplněn o nové vrstvy.

Malá tělocvična (2)

Malá tělocvična je situována ve 2.NP. Nosnou konstrukci střechy tvoří ocelové příhradové vazníky rozponu 12 m v osové vzdálenosti 6 m, na ně jsou ukládány železobetonové kazetové střešní desky. V roce 1988 byla původní jednoplášťová plochá střecha upravena na dvouplášťovou pultovou. Krytinu tvoří falcovaný plech.

Družiny, jazykové učebny a chodba (3, 4, 5)

Nosnou konstrukci tvoří montovaný železobetonový skelet konstrukční soustavy MS-OB se skrytými deskovými průvlaky a železobetonovými dutinovými stropními panely. Objekty jsou dvojpodlažní. Původní jednoplášťové ploché střechy byly v roce 1988 upraveny na dvouplášťové pomocí dřevěných spádových konstrukcí. Krytinu tvoří falcovaný plech.

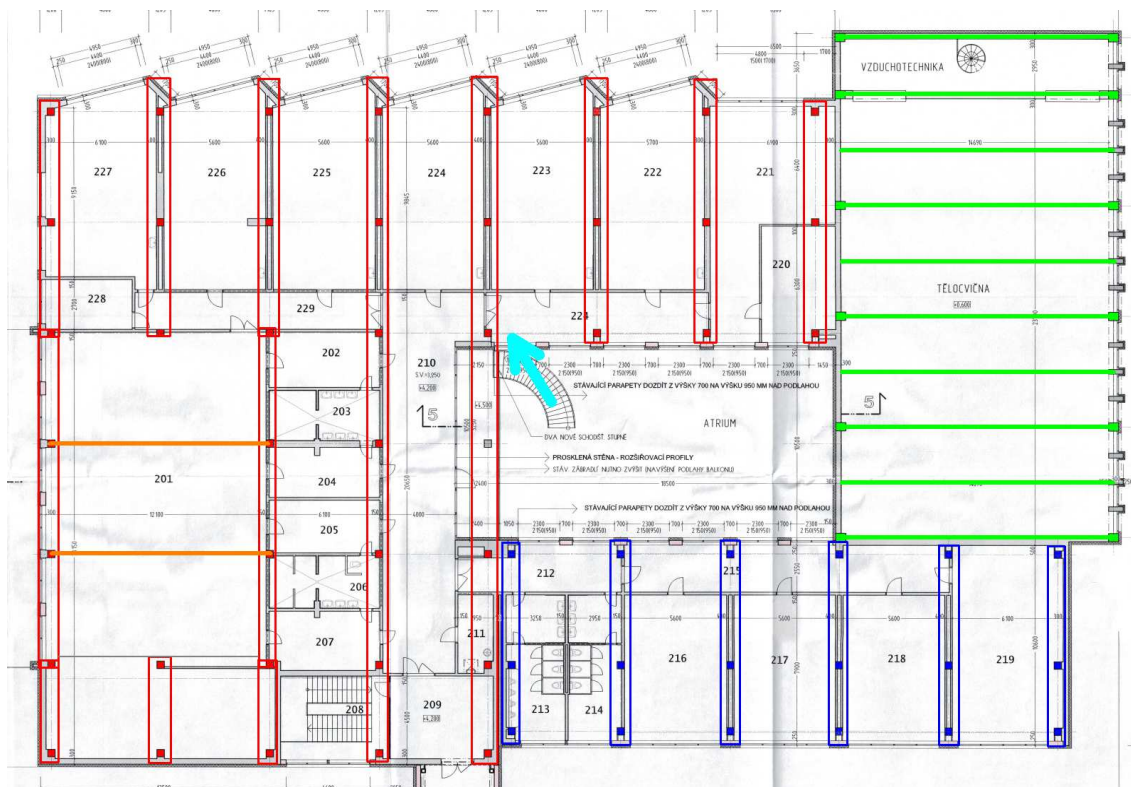
Fasády učebnových pavilonů (6, 7)

Čelní fasáda bloku "A" je orientována na jihozápad. Plocha štítu je celistvá bez otvorů, po zateplení budovy v roce 2009 je stěna opatřena kontaktním zateplovacím systémem.

Čelní fasáda bloku "C" je orientována na východ s mírným natočením k jihu. Je rovněž zateplena, v ploše jsou okenní otvory.

MÍSTNÍ PROHLÍDKA A ZÁKLADNÍ STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

Objednatel dodal částečnou výkresovou dokumentaci objektů [1] až [4]. Pro ověření souladu skutečného provedení stavby s dokumentací a doplnění informací nezbytných pro statické posouzení byla provedena místní prohlídka.



Konstrukční schema objektu: červeně sloupy a průvlaky dilatačního celku 1, modře dilatačního celek 2.

Zeleně sloupy a průvlaky velké tělocvičny, oranžově ocelové vazníky malé tělocvičny

Velká tělocvična

Střešní vazníky jsou železobetonové příhradové, ukládané v osové vzdálenosti 3 m. Byla zaměřena geometrie pro porovnání s katalogem typových výrobků z doby výstavby. Rozměry odpovídají typovému železobetonovému vazníku SZP 18-15 uvedenému v tabulkách [6]:

BETONOVÉ VÝROBKYPŘÍHRADOVÉ VAZNÍKY

ŽELEZOBETONOVÉ PŘÍHRADOVÉ VAZNÍKY — nepředpjaté

Použití: pro zastřešení jedno a víceodních průmyslových, příp. jiných objektů. Vazníky je možno použít při osové vzdálenosti 4,5 m bez podhledu anebo při osové vzdálenosti 3,0 m s těžkým podhledem

Označení	Výrobní rozměry [cm]			Ob- jem	Hmot- nost 1 ks	$q_{dav}^*)$	Svět- lost
	L	H	B	[m³]	[kg]	[kp/m]	[cm]
SZP 17-6	760	91,1	15	0,346	865	1 326	600
SZP 17-9	1 060	116,2	15	0,504	1 260	1 366	900
SZP 18-12	1 195	142,9	20	0,870	2 175	1 833	1 130
SZP 18-15	1 495	184,3	20	1,340	3 350	1 816	1 340
SZP 18-18	1 795	218,1	22	2,123	5 808	1 844	1 730

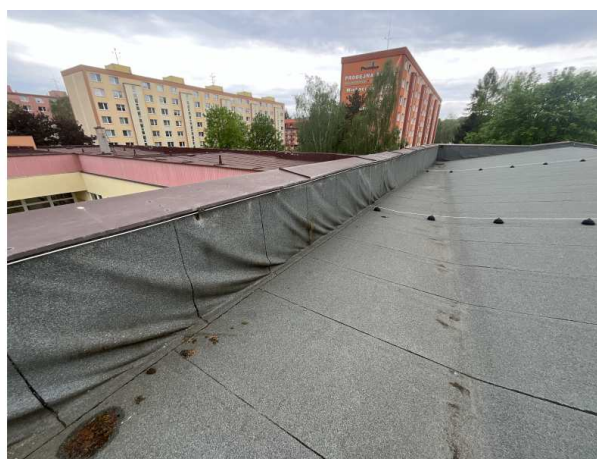
ŽELEZOBETONOVÝ PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK
SEDLOVÝ SZP 17,18
Sklon 10°. Beton 330

SZP 17-6	760	91,1	15	0,346	865	1 326	600
SZP 17-9	1 060	116,2	15	0,504	1 260	1 366	900
SZP 18-12	1 195	142,9	20	0,870	2 175	1 833	1 130
SZP 18-15	1 495	184,3	20	1,340	3 350	1 816	1 340
SZP 18-18	1 795	218,1	22	2,123	5 808	1 844	1 730

Skladba střešní konstrukce **nebyla** sondována, přejímám z dokumentace [4]. Střešní rovinu dle této dokumentace tvoří "desky tloušťky 150 mm", šířka zaměřena při prohlídce 900 mm. V dobové literatuře se nepodařilo panely takového rozměru dohledat.



Zateplení střechy je provedeno z mechanicky kotvené tepelné izolace (EPS) a asfaltové krytiny. Asfaltové pásy na svislých stěnách atiky jsou nedostatečně ukotvené, jsou zvlněné a je zde řada míst náchylných k zatékání:





nedostatečně kotvená hydroizolace na atikách; detail vznikajících poruch v deformovaných místech

Malá tělocvična

Ocelové příhradové přímopasé vazníky rozponu 12 m jsou uloženy v osově vzdálenosti 6 m na sloupy a průvlaky skeletu MS-OB. Při prohlídce byla zaměřena geometrie a profily jednotlivých prutů. Byly také zevrubně prohlédnuty spoje na jednom z vazníků, nebyly zjištěny žádné poruchy a praskliny - nicméně upozorňuji, že provedená prohlídka nenahrazuje pravidelnou ani mimořádnou prohlídku ocelové konstrukce ve smyslu ČSN 73 2604.



Střešní desky jsou železobetonové kazetové, šířky 1,2 m výška 250 mm. Spád střechy byl zajištěn ocelovou klínovitou pásovinou navařenou na horní pas vazníku. Lze proto předpokládat, že původní střešní plášť je bez dalších spádových vrstev. Sekundární pultovou střechu tvoří dřevěné konstrukce uložené na původní povrch v provedení obdobném jako na ostatních plochách střech.

Odvodnění zaatikovým žlabem s vyvedením svody na nižší přiléhající střechu. Žlab je v jedné části vyspraven asfaltovými pásy z důvodu dřívějšího proreznutí plechové krytiny. Nátěr střechy je za koncem své technické životnosti a neplní tak funkci protikoroze ochrany, plechy začínají povrchově korodovat:



způsob vyvedení svodů; oprava prorezlého žlabu; stav krytiny

Střecha nad družinami

Stropní konstrukci tvoří skelet MS-OB se skrytými deskovými průvlaky a dutinovými stropními panely. Na severní straně objektu je fasáda rozčleněna "zuby", ty jsou konstrukčně vyřešeny překonzolovanými průvlaky skeletu a na ně uloženými atypickými trojúhelníkovými stropními panely. Střecha byla původně jednoplášťová, sonda při místní prohlídce nebyla prováděna, uvažují se skladbou uvedenou v dokumentaci [4] - ta odpovídá obvyklému provedení u tohoto typu konstrukcí v daném období. Na původní krytině je položen nový asfaltový pás pojistné hydroizolace, následuje dřevěná rámová konstrukce z hranolů 130/130 mm a krokví 100/100 mm tvořící soustavou pultových střech. Krytina je z falcovaného plechu položeného na celoplošný prkenný záklop.

Mezistřešní prostor je suchý, bez známek zatékání - prohlídka ale neobsáhla celou plochu střechy. V prohlížené části střešní konstrukce velikosti přibližně 50 m² nebyly v ploše ani u okrajů nebyly zaznamenány žádné kotevní prvky, které by zajišťovaly propojení dřevěné konstrukce ke skeletu nebo stropu. Nátěr krytiny je dožilý, plechy začínají povrchově korodovat, u střešních vpustí jsou lokální opravy asfaltovými pásy.



uložení trámů na původní atiku; vyrovnání podkladních prken klíny



pohled na rámy a zavětrování; detail záklopu s krytinou



stav střešních plechů, lokální opravy u vpustí

Družiny spolu s chodbou a malou tělocvičnou tvoří jeden dilatační celek, viz schema nosné konstrukce uvedené výše. Tento celek má půdorys písmene L a celkové rozměry 43x37 m. Ve vnitřním rohu (půdorysně je to poblíž napojení točitého schodiště z atria) jsou ze spodní strany stropu nad 2.NP trhliny kopírující skladbu nosných prvků skeletu MS-OB: trhlina je podél stropního panelu, průvlaku a v místě styčnicku průvlaků. Tyto trhliny byly již v minulosti zapravovány (přesádrováním a výmalbou). Příčinou jsou s největší pravděpodobností teplotní objemové změny konstrukce, které se vlivem půdorysného tvaru L projevují majoritně právě na tomto vnitřním rohu. Norma pro betonové konstrukce ČSN 73 1201 z roku 1986 (nyní již neplatná) udávala maximální velikost dilatačních celků montované konstrukce 36 až 45 metrů podle polohy ztužujících prvků, je tedy zřejmé, že řešený objekt je na horní hranici doporučených hodnot.



poloha poškození; a - obvodový poval; b - panel; c - průvlak; c1 - styčník průvlaků; b1 - u druhého panelu již spára bez poruchy

Střecha nad jazykovými učebnami

Provedení konstrukce a střechy nad jazykovými učebnami je identické jako nad družinami popsány v předchozím odstavci.



konstrukce pultových střech v napojení různých výšek; uložení na podklad; stav střešní krytiny

Fasády učebnových pavilonů



jihozápadní fasáda (pavilon A)



východní fasáda (pavilon C) s okolní vegetací

ZATÍŽENÍ

Skladba střechy - malá tělocvična

Skladba nebyla ověřována sondou. Střešní rovinu tvoří kazetové desky tloušťky 250 mm, na nich je izolační souvrství tloušťky cca 200 mm - předpokladem je heraklit a tepelně izolační dílce spolu s asfaltovými izolačními pásy:

č.	materiál vrstvy	objem.hm.	tloušťka	plošná hm.
1	falcovaný plech		0,6 mm	5 kg/m ²
2	prkenný celoplošný záklop	450 kg/m ³	24 mm	10,80 kg/m ²
3	krokve 100/100 á 0,9 m		100 mm	5 kg/m ²
4	konstrukce z hranolů 130/130		600 mm	15 kg/m ²
5	pojistná hydroizolace - asf. pás	1000 kg/m ³	4 mm	4,00 kg/m ²
6	původní hydroizolace - asf. pásy	1000 kg/m ³	15 mm	15,00 kg/m ²
7	cementový potěr	2200 kg/m ³	40 mm	88,00 kg/m ²
8	izolační dílce polsid	40 kg/m ³	50 mm	2,00 kg/m ²
9	heraklit	750 kg/m ³	50 mm	37,50 kg/m ²
10	železobetonová kazetová deska		250 mm	

Celková zadaná tloušťka skladby: $b = 1133,6 \text{ mm}$

Plošná hmotnost skladby: $q' = 182,30 \text{ kg/m}^2$

Sklon střechy: $\alpha = 0^\circ$

Vodorovný průmět zatížení střechou: $g = q' / \cos(\alpha) = 182,30 / \cos(0) = \underline{1,823 \text{ kN/m}^2}$

Skladba střechy - velká tělocvična

Skladba nebyla ověřována sondou. Není známo zejména provedení střešních desek tloušťky 150 mm - na stranu bezpečnou je do zatížení uvažováno s plným betonem.

č.	materiál vrstvy	objem.hm.	tloušťka	plošná hm.
1	modifikovaný asf. pás	1000 kg/m ³	4,5 mm	4,50 kg/m ²
2	nakaširovaný asfaltový pás	1000 kg/m ³	3 mm	3,00 kg/m ²
3	pěnový expandovaný polystyren	40 kg/m ³	190 mm	7,60 kg/m ²
4	původní asfaltové pásy	1000 kg/m ³	4,5 mm	4,50 kg/m ²
5	živičná krytina - původní	1000 kg/m ³	12 mm	12,00 kg/m ²
6	plynosilikátové desky	750 kg/m ³	200 mm	150,00 kg/m ²
7	parozábrana	1000 kg/m ³	3 mm	3,00 kg/m ²
8	cementový potěr	2200 kg/m ³	10 mm	22,00 kg/m ²
9	stropní desky PZD		140 mm	206,00 kg/m ²

Celková zadaná tloušťka skladby: $b = 577,0 \text{ mm}$

Plošná hmotnost skladby: $q' = 453,10 \text{ kg/m}^2$

Sklon střechy: $\alpha = 11^\circ$

Vodorovný průmět zatížení střechou: $g = q' / \cos(\alpha) = 453,1 / \cos(11) = 4,61 \text{ kN/m}^2$

Skladba střechy - družiny, chodba a jazykové učebny

č.	materiál vrstvy	objem.hm.	tloušťka	plošná hm.
1	falcovaný plech		0,6 mm	5 kg/m ²
2	celoplošný záklop	450 kg/m ³	24 mm	10,80 kg/m ²
3	krokve 100/100 á 0,9		100 mm	5 kg/m ²
4	konstrukce z hranolů 130/130		600 mm	15 kg/m ²
5	pojistná hydroizolace - asf. pás	1000 kg/m ³	4 mm	4,00 kg/m ²
6	původní hydroizolace - 3x IPA	1000 kg/m ³	12 mm	12,00 kg/m ²
7	kaširovaný polystyren	60 kg/m ³	50 mm	3,00 kg/m ²
8	heraklit	750 kg/m ³	50 mm	37,50 kg/m ²
9	spádový kačírek* 80-220 mm	1500 kg/m ³	220 mm	330,00 kg/m ²
10	heraklit	750 kg/m ³	50 mm	37,50 kg/m ²
11	stropní panely MS-OB		250 mm	

Celková zadaná tloušťka skladby: $b = 1360,6 \text{ mm}$

Plošná hmotnost skladby: $q' = 459,80 \text{ kg/m}^2$

Sklon střechy: $\alpha = 0^\circ$

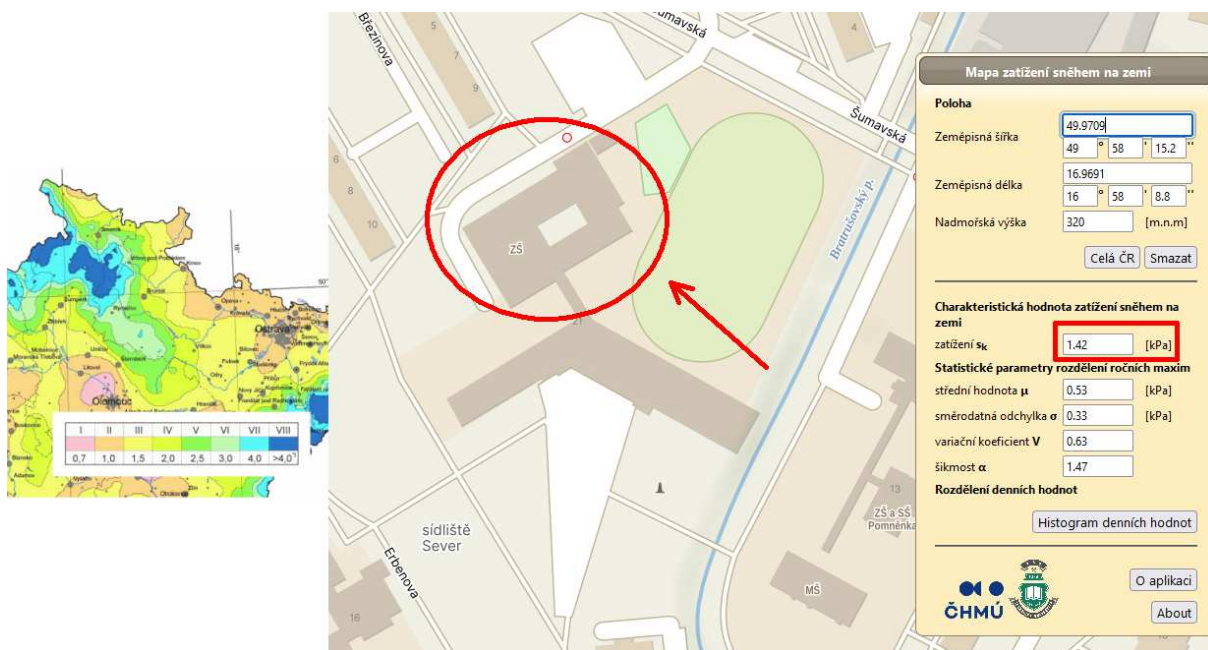
Vodorovný průmět zatížení střechou: $g = q' / \cos(\alpha) = 459,80 / \cos(0) = \underline{4,598 \text{ kN/m}^2}$

Poznámka: v dokumentaci [4] je jako spádová vrstva uvedený "kačírek". Skutečné provedení **nebylo ověřováno sondou.*

Užitná zatížení

Ve stávajícím stavu není střecha přístupná. Užitné zatížení ploché střechy (kategorie H) údržbou dle ČSN EN 1991 $q = 75 \text{ kg/m}^2$.

Zatížení sněhem



Lokalita stavby Šumperk $\Rightarrow$ sněhová oblast IV., základní tíha sněhu na zemi: $s_k = \underline{1,42 \text{ kN/m}^2}$

pultová / plochá střecha: sklon $\alpha = 0^\circ \approx$ spád 0,000 %

$\mu_s = 0,800$; $C_t = 1,0$; $C_e = 1,0$ (normální krajina)

$s_{0,k} = s_k \cdot C_t \cdot C_e \cdot \mu_s = \underline{1,136 \text{ kN/m}^2}$; $\gamma_f = 1,50$

Zatížení větrem

Lokalita stavby Šumperk $\Rightarrow$ větrová oblast II., výchozí základní rychlost větru: $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

$C_{dir} = 1,0$; $C_{season} = 1,0$; základní rychlost větru $v_b = v_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 25,0 \text{ m/s}$

základní dynamický tlak větru $q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 25,000^2 = 390,6 \text{ N/m}^2$

kategorie terénu: IV. (městské oblasti s průměrnou výškou více než 15 m na alespoň 15 % plochy) $\Rightarrow z_0 = 1,000 \text{ m}$; $z_{min} = 10,000 \text{ m}$

součinitel terénu $k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,24$

výška stavby **$h = 10,10 \text{ m}$** ; referenční výška $z = 10,100 \text{ m}$

součinitel drsnosti $c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,24 \cdot \ln(10,10/1,00) = 0,56$; součinitel ortografie $c_0 = 1,00$;

součinitel turbulence $k_i = 1,00$

střední rychlost větru $v_m = v_b \cdot c_r \cdot c_0 = 25,00 \cdot 0,56 \cdot 1,00 = 13,88 \text{ m/s}$

intenzita turbulence $I_v = (k_r \cdot v_b \cdot k_i) / v_m = (0,24 \cdot 25,00 \cdot 1,00) / 13,88 = 0,432$

maximální dynamický tlak větru: **$q_{p,k}(z) = (1+7 \cdot I_v) \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2 = (1+7 \cdot 0,43) \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 13,88^2 = 484,6 \text{ N/m}^2 =$**
0,485 kN/m²; $\gamma = 1,50$

ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE

Statické posouzení řeší únosnost střešní konstrukce na přitížení instalací fotovoltaické elektrárny (FVE). Posouzení komponent FVE není předmětem tohoto dokumentu. Předpokládá se orientace panelů FVE se sklonem ve směru východ - západ. Proti účinkům větru bude FVE stabilizována přídatnou zátěží (balastní zatížení), jehož hodnoty jsou uvedeny dále v textu.

Celkové přitížení střechy instalací FVE je tvořeno vlastní tíhou panelů, systémových komponent (kabeláž, měniče atd), stojanů pro zajištění sklonu, kotevních lišt, stabilizační zátěží (balast), užitným zatížením obsluhou FVE a případným navýšením zatížení sněhem vlivem vzniku návějí (viz dále) .

Vlastní tíha technologie FVE

- $g_0 = \text{vlastní tíha FV panelů} \approx 10,0 \text{ kg/m}^2 = 0,100 \text{ kN/m}^2$
- $g_1 = \text{kabeláž, měniče, montážní materiál, držáky} = 5,0 \text{ kg/m}^2 = 0,050 \text{ kN/m}^2$

$\Sigma g_k = 15,0 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{0,150 \text{ kN/m}^2}$

Užitné zatížení střechy při údržbě FVE

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-1, kategorie ploch H: střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby nebo montáže, uvažováno hodnotou $q_k = 75 \text{ kg/m}^2 = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Poznámka: Užitné zatížení je alternováno v kombinaci se zatížením sněhem, platí vyšší z hodnot.

Posouzení vlivu FVE na zatížení sněhem

Zatížení sněhem - místní překážky:

výška překážky $h = 0,32 \text{ m}$; $s_k = 1,39 \text{ kN/m}^2$

délka návěje: $L_s = 2 \cdot h = 0,63 \text{ m}$; $5,0 \text{ m} \leq L_s \leq 15,0 \text{ m}$; $L_s = 5,00 \text{ m}$

součinitel v místě návěje: $\mu_1 = \gamma \cdot h / s_k = 2,0 \cdot 0,32 / 1,390 = 0,46$; $0,8 \leq \mu_1 \leq 2,0$; $\mu_1 = 0,80$

součinitel mimo návěj: $\mu_2 = 0,80$

maximální tíha sněhu v návěji: $s_1 = \mu_1 \cdot s_k = 1,11 \text{ kN/m}^2$

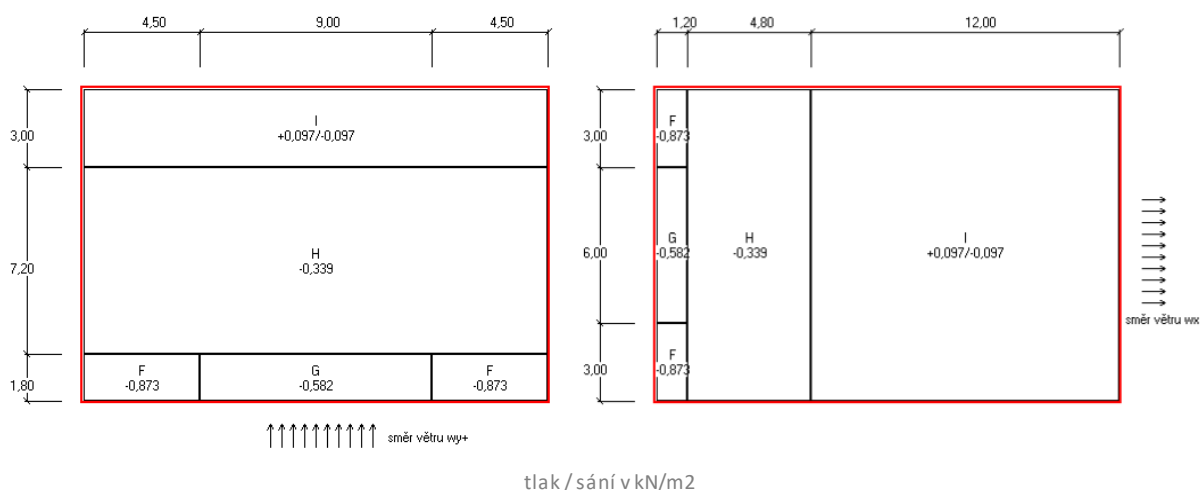
tíha sněhu mimo návěj: $s_2 = \mu_2 \cdot s_k = 1,11 \text{ kN/m}^2$

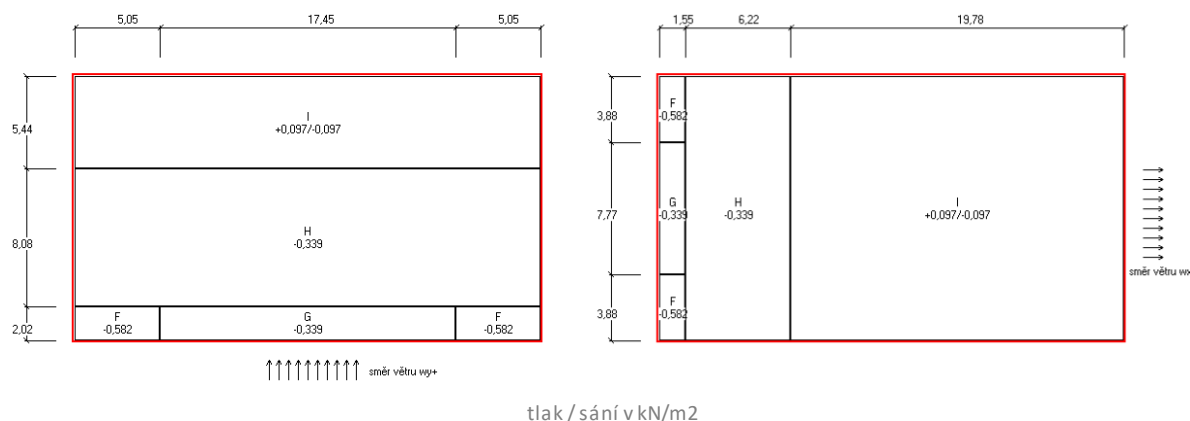
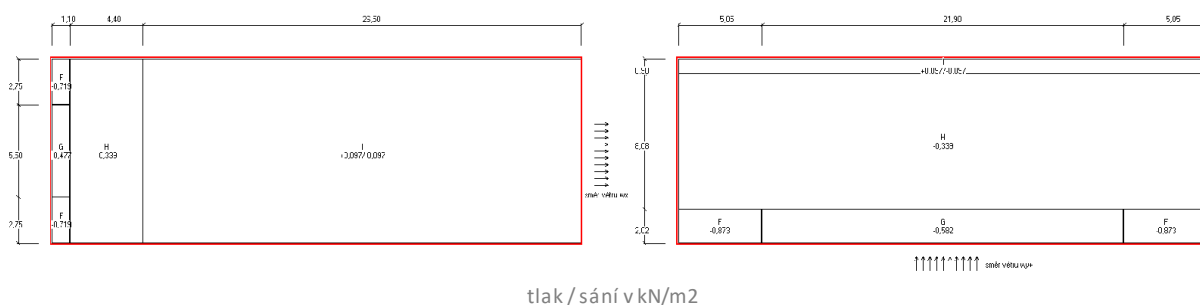
návěje sněhu mezi panely **nevzniknou**.

Silové účinky větru

Silové účinky větru na plochu střechu se projevují sáním, resp. tlakem. Pro posouzení FVE je rozhodující **sání**. Maximální vypočtené hodnoty sání podle ČSN EN 1991-1-4 pro směry větru x / y+ / y- a součinitele $c_{pe,10}$ jsou následující:

Malá tělocvična:



Velká tělocvična:**Dilatační celek jazykových učeben (obdobně i družiny):****Výpočet nutného balastního přitížení**

Minimální nutné přitížení (balastní zátěž) pro stabilizaci FVE proti účinkům sání větru je spočteno podle ČSN EN 1991-1-4 *Zatížení větrem* za použití součinitelů tlaku větru $C_{p,e,10}$ (uvažuje se seskupení panelů do větších ploch $A > 10 \text{ m}^2$). Je uvažováno pouze se sáním větru na horní ploše panelů, je nutné použití zavětrovacích krytů proti podfouknutí. Se zvýšenými vodorovnými účinky větru (tlak na boční plochy, zvýšené tření v ploše střechy) není v tomto posouzení uvažováno, předpokládá se, že jsou z hlediska stability posuzované konstrukce a střechy zanedbatelné.

Hmotnost nutné zátěže je počítána podle vzorce:

$$g_{\text{balast,min,k}} = (q_p \cdot C_{p,e} \cdot \gamma_{f,\text{inf}} - \sum g_{\text{FVE}} \cdot \gamma_{f,\text{sup}}) / \gamma_{f,g}$$

Vypočtené minimální hodnoty balastu pro jednotlivé oblasti střechy:

Silové účinky větru

Silové účinky větru na plochou střechu se projevují sáním, resp. tlakem. Pro posouzení FVE je rozhodující **sání**. Maximální vypočtené hodnoty sání podle ČSN EN 1991-1-4 pro směry větru x / y+ / y- a součinitele $C_{pe,10}$ jsou následující:

oblast F: $q_{p,F,10,k} = -0,873 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,50$

oblast G: $q_{p,G,10,k} = -0,582 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,50$

oblast H: $q_{p,H,10,k} = -0,340 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,50$

oblast I: $q_{p,I,10,k} = -0,097 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,50$

Výpočet nutného balastního přitížení

Minimální nutné přitížení (balastní zátěž) pro stabilizaci FVE proti účinkům sání větru je spočteno podle ČSN EN 1991-1-4 *Zatížení větrem* za použití součinitelů tlaku větru $c_{p,e,10}$ (uvažuje se seskupení panelů do větších ploch $A > 10 \text{ m}^2$). Je uvažováno pouze se sáním větru na horní ploše panelů, je nutné použití zavětrovacích krytů proti podfouknutí. Se zvýšenými vodorovnými účinky větru (tlak na boční plochy, zvýšené tření v ploše střechy) není v tomto posouzení uvažováno, předpokládá se, že jsou z hlediska stability posuzované konstrukce a střechy zanedbatelné.

Hmotnost nutné zátěže je počítána podle vzorce:

$$g_{\text{balast,min,k}} = (q_{p,e} \cdot \gamma_{f,\text{inf}} - \Sigma g_{\text{FVE}} \cdot \gamma_{f,\text{sup}}) / \gamma_{f,g}$$

Vypočtené minimální hodnoty balastu pro jednotlivé oblasti střechy:

- $g_{\text{balast,F,k}} = 83,667 \text{ kg/m}^2$; $\gamma = 1,35 \Rightarrow \text{instalace možná jen po podrobnějším výpočtu}^*$
- $g_{\text{balast,G,k}} = 51,333 \text{ kg/m}^2$; $\gamma = 1,35 \Rightarrow \text{instalace možná jen po podrobnějším výpočtu}^*$
- $g_{\text{balast,H,k}} = 24,444 \text{ kg/m}^2$; $\gamma = 1,35$
- $g_{\text{balast,I,k}} = -2,556 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow \text{balastní přitížení není nutné}$

Hodnoty balastního přitížení jsou stanoveny výpočtem podle platných norem ČSN EN pro zatížení stavebních konstrukcí. Ve výpočtu nejsou posuzovány vodorovné účinky větru a možné posunutí panelů! V případě použití schválených výrobků je možné použít pro stanovení zátěže podklady daného výrobce, kde může být balastní zatížení stanoveno na základě provedených zkoušek. Takto stanovené hodnoty mohou vycházet příznivěji, nelze je ale aplikovat na systémy jiných výrobců. Odpovědnost za realizovaný způsob stabilizace FVE vždy nese dodavatel.

**Poznámka: pro oblasti F a G je instalace v zátěžovém systému možná jen po podrobném návrhu balastního zatížení do maximální hodnoty zatížení stanovené v závěru.*

Souhrn zatížení instalací FVE

- vlastní tíha panelů FVE a komponent: $g_{FVE,k} = 15 \text{ kg/m}^2 = 0,150 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,35$
- balastní přitížení pro stabilizaci proti účinkům větru $g_{balast,max} = 25 \text{ kg/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,35$ (maximální povolená hodnota)
- užitné zatížení při montáži a údržbě: $q_k = 75 \text{ kg/m}^2 = 0,750 \text{ kN/m}^2$. Do výpočtu se uvažuje vyšší z hodnot q_k , s_k

POSOUZENÍ STŘECHY MALÉ TĚLOCVIČNY

Rekapitulace zatížení

- g_0 = vlastní tíha posuzovaných konstrukcí
- g_1 = střešní plášť = $1,823 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- g_2 = zavěšené instalace (světla) = $5 \text{ kg/m}^2 = 0,05 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- g_{FVE} = FVE v zátěžové instalaci = $0,15+0,25 = \underline{0,400} \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- q = rozhodující proměnné = maximum (sníh; užitné) = maximum (0,75; 1,136) = $1,136 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,50$
- w = tlaková složka větru = $+0,097 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,50$; kombinační součinitel $\Psi = 0,6$

Posouzení dřevěné konstrukce

Krokve:

Délka mezi rámy je proměnná 1,8-2,60 m, osová vzdálenost krokví je 0,90 m. Na krokve působí jen část výše uvedeného zatížení:

$$g_0 = 0,1 \cdot 0,1 \cdot 450 = \underline{4,500} \text{ kg/m} = 0,045 \text{ kN/m}$$

$$g_{1,1} = 15,8 \text{ kg/m}^2 = 0,158 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma f_k = 0,045 + 0,9 \cdot (0,15 + 0,40 + 1,136 + 0,097 \cdot 0,6) = \underline{1,620} \text{ kN/m}$$

$$\Sigma f_d = 1,35 \cdot 0,045 + 0,9 \cdot 1,35 \cdot (0,15 + 0,40) + 0,9 \cdot 1,50 \cdot (1,136 + 0,097 \cdot 0,6) = \underline{2,280} \text{ kN/m}$$

$$M_d = 1/8 \cdot f \cdot L^2 = 1/8 \cdot 2,28 \cdot 2,6^2 = \underline{1,927} \text{ kNm}$$

$$V_d = 1/2 \cdot f \cdot L = 1/2 \cdot 2,28 \cdot 2,6 = \underline{2,964} \text{ kN}$$

posouzení dřevěného ohýbaného průřezu:

$$b = 100,00 \text{ mm}; h = 100,00 \text{ mm}; W_y = 166667 \text{ mm}^3$$

$$\text{třída dřeva C20} \Rightarrow f_{m,k} = 20,00 \text{ MPa (viz EN 338)}; k_{mod} = 0,900 \text{ (třída prostředí 1)}; k_h = \max [(150/h)^{0,2}; 1,30] = 1,084; \gamma_M = 1,300 \text{ (jehličnaté řezivo)}$$

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot k_h \cdot k_{mod} / \gamma_M = \underline{15,02 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = M_d / W_y = 1,93 \cdot 10^3 / 166667 \cdot 10^{-9} = \underline{11,562 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d \leq f_{m,d} \text{ vyhoví (využití 77,0 \%)}$$

Příčle rámových konstrukcí:

Osová vzdálenost sloupků $\approx 2,0 \text{ m}$, zatěžovací šířku uvažuji $2,60 \text{ m}$ (viz výše):

$$g_0 = 0,13 \cdot 0,13 \cdot 450 = \underline{7,605} \text{ kg/m} = 0,076 \text{ kN/m}$$

$$f_k = 0,076 + 2,60 \cdot 1,62 = \underline{4,288} \text{ kN/m}$$

$$f_d = 1,35 \cdot 0,076 + 2,60 \cdot 2,28 = \underline{6,031} \text{ kN/m}$$

$$M_d = 1/8 \cdot 6,031 \cdot 2,0^2 = \underline{3,016} \text{ kNm}$$

$$V_d = 1/2 \cdot 6,031 \cdot 2,0 = \underline{6,031} \text{ kN}$$

posouzení dřevěného ohýbaného průřezu:

$$b = 130,00 \text{ mm}; h = 130,00 \text{ mm}; W_y = 366167 \text{ mm}^3$$

$$\text{třída dřeva C20} \Rightarrow f_{m,k} = 20,00 \text{ MPa (viz EN 338)}; k_{mod} = 0,900 \text{ (třída prostředí 1)}; k_h = \max [(150/h)^{0,2}; 1,30] = 1,029; \gamma_M = 1,300 \text{ (jehličnaté řezivo)}$$

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot k_h \cdot k_{mod} / \gamma_M = \underline{14,25 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = M_d / W_y = 3,02 \cdot 10^3 / 366167 \cdot 10^{-9} = \underline{8,237 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d \leq f_{m,d} \text{ vyhoví (využití 57,8 \%)}$$

Sání na dřevěnou konstrukci

Dřevěná konstrukce pultových střech není kotvena k podkladu. Proti účinkům sání je stabilizována pouze vlastní hmotností.

Pro oblast střechy F:

$$q_{p,max} = -0,873 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_f = 1,50$$

$$g_0 = 5+10,8+5+15 = \underline{\underline{35,800}} \text{ kg/m}^2 = 0,358 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_{f,inf} = 1,0$$

$$g_0 \cdot \gamma_{f,inf} = 0,358 \cdot 1,0 = \underline{\underline{0,358}} \text{ kN/m}^2 < q_{p,max} \cdot \gamma_f = 0,873 \cdot 1,50 = \underline{\underline{1,310}} \text{ kN/m}^2$$

vlastní tíha střešního pláště v oblasti F **nevyhoví**

Pro oblast střechy G:

$$q_{p,max} = -0,339 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_f = 1,50$$

$$g_0 \cdot \gamma_{f,inf} = 0,358 \cdot 1,0 = \underline{\underline{0,358}} \text{ kN/m}^2 < q_{p,max} \cdot \gamma_f = 0,339 \cdot 1,50 = \underline{\underline{0,509}} \text{ kN/m}^2$$

vlastní tíha střešního pláště v oblasti G **nevyhoví**

Pro oblast střechy I:

$$q_{p,max} = -0,339 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_f = 1,50$$

$$g_0 \cdot \gamma_{f,inf} = 0,358 \cdot 1,0 = \underline{\underline{0,358}} \text{ kN/m}^2 < q_{p,max} \cdot \gamma_f = 0,097 \cdot 1,50 = \underline{\underline{0,065}} \text{ kN/m}^2$$

vlastní tíha střešního pláště v oblasti I **vyhoví**

Dřevěná střešní konstrukce bez kotvení nevyhoví na sání větru v okrajových oblastech střechy. Před instalací je nutné zakotvit podkladní hranoly do podkladu (kazetové střešní desky).

Posouzení kazetových střešních desek

Podle zjištěného tvaru, rozměrů a doby výstavby se jedná o desky SPD 3-120/600 nebo SZD 34-120/600. Hodnoty únosnosti jsou uvedeny v tabulkách [7]:

ŽELEZOBETONOVÉ STŘEŠNÍ PANELE — předpjaté

Použití: pro vytvoření střešního pláště nosné konstrukce jedno-
podlažních hal s modulovou skladbou vazníků $n \times 6$ m.

Označení	Výrobní rozměry [cm]			Ob- jem [m ³]	Hmot- nost [kg]	$q_{dov}^{1)}$ [kp/m]	Teor. roz- pon [cm]
	L	H	B				

ŽELEZOBETONOVÉ STŘEŠNÍ PANELE ŽEBÍRKOVÉ SPD 3 a SZD 34

SPD 3 beton 400
SZD 34 beton 250

SPD 3-150/600	596	24	149	0,415	1 079	307,5	✓ 585
SPD 3-120/600	596	24	119	0,359	934	246	✓ 585
SZD 34-150/600	596	24	149	0,414	1 038	307,5	✓ 585
SZD 34-120/600	596	24	119	0,359	898	246	✓ 585

Pozn.:¹⁾ q_{dov} — uvedené v tabulce představují návrhové zatí-
žení od krytiny, tepelné izolace a sněhu, bez
vlastní hmotnosti.

²⁾ Mezní úchytky rozměrů:

$L \pm 10$ mm, $H \pm 7$ mm, $B \pm 8$ mm.

vlastní tíha desek: $g_0 = 934/1,2/6,0 = \underline{129,722} \text{ kg/m}^2 = 1,29 \text{ kN/m}^2$

Zatížení na desky mimo vlastní hmotnost:

$\Sigma f_k = g_1 + g_{FVE} + q + w \cdot \Psi = 1,823 + 0,05 + 0,40 + 1,136 + 0,097 \cdot 0,6 = \underline{3,467} \text{ kN/m}^2$

$q_{dov} = 2,46 \text{ kN/m} \approx 2,46/1,2 = \underline{2,050} \text{ kN/m}^2$

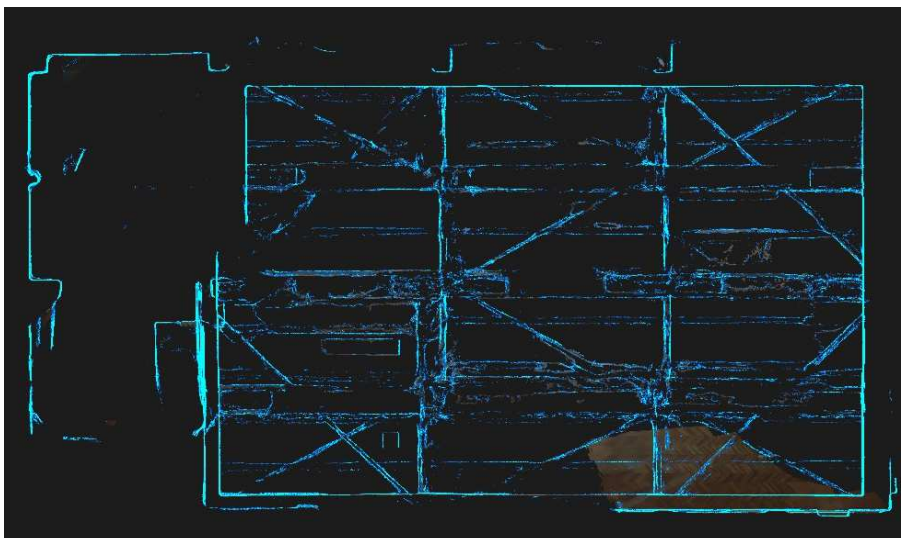
$\Sigma f_k > q_{dov}$, střešní desky **nevyhoví** na přitížení FVE (využití 169 %)

Poznámka: vzhledem k neprovedené sondě pro zjištění skutečné skladby střešního pláště je uvažováno s obvyklou skladbou střechy pro tento typ konstrukcí a danou dobu výstavby. V případě lehčí skladby (bez cementového potěru, tedy $g_1 = 94 \text{ kg/m}^2$) desky rovněž nevyhoví: $f_k = 2,584 \text{ kN/m}^2 > q_{dov}$, využití 125 %.

Posouzení ocelového příhradového vazníku

Pro zhodnocení možnosti využití střechy tělocvičny je proveden i posudek ocelového vazníku. Geometrie a průřezy byly zaměřeny při místní prohlídce. Posudek je proveden na numerickém modelu v programu SCIA Engineer, podrobný výstup je uveden v Příloze 1. Posuzován je pouze vazník (rovinný model) na svislé přitížení. Přitížení FVE má zanedbatelný vliv na celkovou prostorovou tuhost konstrukce.

Upozornění: do modelu bylo zadáno snížené zatížení vlastní tíhou střešního pláště bez cementového potěru, tj. $g_1 = 94 \text{ kg/m}^2$!!!



půdorys střechy generovaný na základě 3D skenování: poloha vazníků, diagonální ztužidla, pozice sloupů

Ocelový vazník **nevyhoví** na přitížení FVE. Nevyhovující je dolní tažený pas, krajní diagonály a svislice.
Střešní vazník **nelze** přitěžovat FVE.

POSOUZENÍ STŘECHY VELKÉ TĚLOCVIČNY

Rekapitulace zatížení

- g_0 = vlastní tíha posuzovaných konstrukcí
- g_1 = střešní plášť = $4,61 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- g_2 = zavěšené instalace (světla) = $5 \text{ kg/m}^2 = 0,05 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- g_{FVE} = FVE v zátěžové instalaci = $0,15+0,25 = \underline{0,400} \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- q = rozhodující proměnné = maximum (sníh; užité) = maximum ($0,75$; $1,136$) = $1,136 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,50$
- w = tlaková složka větru = $+0,097 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,50$; kombinační součinitel $\Psi = 0,6$

$$\Sigma f_k = 4,61+0,05+0,40+1,136+0,09 = \underline{6,286} \text{ kN/m}^2$$

Posouzení střešních desek

Číselný znak		Název výrobku	Měr. jedn.	Plánovaná jedn.	Rozměry			Technické vlastnosti		
oborový	podnikový				L	B	H	váha kg	q dov. kp/m'	Mb kpm
101024	3431301	● PZD 1n—240	m ²	0,060	239	29	14	150	252	204
101027	3431302	● PZD 1n—270	m ²	0,067	269	29	14	168	208	226
101030	3431303	● PZD 1n—300	m ²	0,075	299	29	14	187	202	276
101033	3431304	● PZD 1n—330	m ²	0,082	329	29	14	206	228	396
301030	3431305	● PZD 14—P—10/90/300	m ²	0,222	299	89	14	555	592	797

katalog Prefa Olomouc 1969 [9]

Zatížení na desky mimo vlastní hmotnost: $f_k - g_0 = 6,286 - 2,06 = \underline{4,226} \text{ kN/m}^2$

Zatížení na šířku desky $b = 0,90 \text{ m}$: $f = 0,90 \cdot 4,226 = \underline{3,803} \text{ kN/m}$

Dovolené zatížení: $q_{dov} = 592 \text{ kp/m}^2 = 5,80 \text{ kN/m}^2 > f$; desky **vyhoví**

Posouzení střešního vazníku

Typový železobetonový vazník SZP 18-15 je uveden v Katalogu výrobků z roku 1966, základní rozměry a hodnoty únosnosti jsou dále publikovány ve Stavebních tabulkách [7]. Dovolené zatížení (mimo vlastní hmotnost vazníku) je $1316 \text{ kp/m} = 13,16 \text{ kN/m}$.

Zatížení na vazník dle výše uvedené rekapitulace při osové vzdálenosti vazníků $b=3 \text{ m}$: $f_k = 3,0 \cdot 6,286 = \underline{18,858} \text{ kN/m} \gg q_d$.

Vazník **nelze** přitěžovat.

Stav krytiny

Krytinu střechy tvoří asfaltové pásy. Ukotvení na atikách je nedostatečné a dochází k deformacím s rizikem vzniku poruch.

POSOUZENÍ STŘECH NAD DRUŽINAMI, JAZYKOVÝMI UČEBNAMI A CHODBOU

Rekapitulace zatížení

- g_0 = vlastní tíha posuzovaných konstrukcí
- g_1 = střešní plášť = $4,598 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- g_2 = zavěšené instalace (světla) = $5 \text{ kg/m}^2 = 0,05 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- g_{FVE} = FVE v zátěžové instalaci = $0,15+0,25 = \underline{0,400} \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,35$
- q = rozhodující proměnné = maximum (sníh; užité) = maximum ($0,75$; $1,136$) = $1,136 \text{ kN/m}^2$; $\gamma=1,50$
- w = tlaková složka větru = $+0,097 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,50$; kombinační součinitel $\Psi = 0,6$

$$\Sigma f_k = 4,598 + 0,05 + 0,4 + 1,136 + 0,097 \cdot 0,6 = \underline{6,242} \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma f_d = 1,35 \cdot (4,598 + 0,05 + 0,4) + 1,50 \cdot (1,136 + 0,097 \cdot 0,6) = \underline{8,606} \text{ kN/m}^2$$

Stropní panely

Délka stropních panelů (vyplývá z dispozice skeletu) je 4,80 m, což odpovídá modulové síti $4,80+1,20 = 6,0$ m. Konstrukční soustava MS-OB používala panely dvou tříd únosnosti, pro tuto délku se jedná o dílce s typovým označením PZD 4/76, resp. PZD 5/79 s únosností $4,30 \text{ kN/m}^2$, resp. $8,30 \text{ kN/m}^2$. V rámci místní prohlídky byly magnetickým indikátorem ověřeny průměry použité výztuže a porovnány s výkresovou dokumentací v typovém podkladu [8]. Zjištěné průměry $\varnothing 16-18 \text{ mm}$ jsou **vyšší** než průměry uvedené v podkladech.

Namáhání panelů šířky 1,2 m:

- $g_0 = 435 \text{ kg/m} = 4,35 \text{ kN/m}'; \gamma = 1,35$

- $f_d = 1,20 \cdot 8,606 = \underline{10,327} \text{ kN/m}'$

$$\Sigma f = 4,35 \cdot 1,35 + 10,327 = \underline{16,200} \text{ kN/m}$$

$$M_d = 1/8 \cdot 16,20 \cdot 4,80^2 = \underline{46,656} \text{ kNm / panel}$$

$$V_d = 1/2 \cdot 16,20 \cdot 4,80 = \underline{38,880} \text{ kN / panel}$$

beton značky $250 \approx C16/20$; výztuž 10425 (V): $M_{Rd} = 65,348 \text{ kNm/panel} \Rightarrow$ panely vyhoví

Stropní panely vyhoví.

Stropní průvlaky

Průvlaky konstrukční soustavy byly navrženy na užitné zatížení 500 kg/m^2 , po roce 1983 došlo k optimalizaci systému na dvojí únosnost (300 kg/m^2 a 500 kg/m^2). Řešená stavba pochází z doby před touto optimalizací.

Zatížení průvlaků (mimo vlastní tíhu) dle typového podkladu: $q_{\max} = q_D + q_K = 68,8 + 18,0 = \underline{86,800} \text{ kN/m}$

Zatížení průvlaků na řešeném objektu:

zatěžovací šířka $b = 6,0 \text{ m}$

od vlastní tíhy panelů: $g_{0,1,k} = 356 \cdot (6,0 - 1,20) = \underline{1708,800} \text{ kg/m} = 17,09 \text{ kN/m}$

od zatížení střechy: $f_k = 6,242 \cdot 6,0 = \underline{37,452} \text{ kN/m}$

celkové zatížení na průvlak: $\Sigma f = 17,09 + 37,452 = \underline{54,542} \text{ kN/m} < q_{\max}$, stropní průvlaky vyhoví na přitížení

Navazující konstrukce

Soustava MS-OB je navržena pro nejvýše čtyřpodlažní objekty, řešená stavba je dvojpodlažní. Maximální

modulové vzdálenosti 6,0x7,20 m nejsou využity. Sloupy tak mají dostatečnou rezervu pro přetížení.

Základové poměry nejsou známy, stavba ale nevykazuje známky zvýšeného nebo nerovnoměrného sedání. Od doby výstavby došlo ke konsolidaci základových poměrů. Přetížení základů dosahuje nižších jednotek procent. Stávající základy vyhoví na přetížení.

Sání větru na střešní konstrukci

Stejně jako u malé tělocvičny ani zde není dřevěná konstrukce pultových střech kotvena k podkladu. Proti účinkům sání je stabilizována pouze vlastní hmotností.

Pro oblast střechy F:

$$q_{p,max} = -0,873 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_f = 1,50$$

$$g_0 = 5+10,8+5+15 = \underline{\underline{35,800}} \text{ kg/m}^2 = 0,358 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_{f,inf} = 1,0$$

$$g_0 \cdot \gamma_{f,inf} = 0,358 \cdot 1,0 = \underline{\underline{0,358}} \text{ kN/m}^2 < q_{p,max} \cdot \gamma_f = 0,873 \cdot 1,50 = \underline{\underline{1,310}} \text{ kN/m}^2$$

vlastní tíha střešního pláště v oblasti F nevyhoví

Pro oblast střechy G:

$$q_{p,max} = -0,339 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_f = 1,50$$

$$g_0 \cdot \gamma_{f,inf} = 0,358 \cdot 1,0 = \underline{\underline{0,358}} \text{ kN/m}^2 < q_{p,max} \cdot \gamma_f = 0,339 \cdot 1,50 = \underline{\underline{0,509}} \text{ kN/m}^2$$

vlastní tíha střešního pláště v oblasti F nevyhoví

Pro oblast střechy I:

$$q_{p,max} = -0,339 \text{ kN/m}^2 ; \gamma_f = 1,50$$

$$g_0 \cdot \gamma_{f,inf} = 0,358 \cdot 1,0 = \underline{\underline{0,358}} \text{ kN/m}^2 < q_{p,max} \cdot \gamma_f = 0,097 \cdot 1,50 = \underline{\underline{0,065}} \text{ kN/m}^2$$

vlastní tíha střešního pláště v oblasti I vyhoví

Dřevěná střešní konstrukce bez kotvení nevyhoví na sání větru v okrajových oblastech střechy. Před instalací je nutné zakotvit podkladní hranoly do podkladu (železobetonové stropní panely).

Kotvení:

maximální sání větru $-0,873 \text{ kN/m}^2$; vzdálenost dřevěných rámců max. 2,60 m, tahová síla $F_z = 0,873 \cdot 1,50 \cdot 2,60 = \underline{\underline{3,405}} \text{ kN/m}$.

lepená kotva Hilti M12, únosnost $F_{Rd} \approx 12 \text{ kN}$ (dle typu kotvy), $F_{Rd} > F_z$, kotvení vyhoví, postačuje 1 kotva v krajní části střechy.

FASÁDY PAVILONŮ A, C

Instalace FVE na fasádu objektu způsobí zanedbatelné navýšení svislých sil ve zdivu a v závislosti na tvaru kotvené konstrukce může dojít také k navýšení zatížení větrem (sání) vlivem zvýšených turbulencí.

Řešené fasády jsou provedeny z velkoplošných plynosilikátových dílců kotvených k železobetonovému skeletu. Při realizaci energetických úspor [4] byly stěny opatřeny kontaktním zateplovacím systémem (ETICS).

Technický stav kotvení plynosilikátových panelů nebylo možné zjistit. Přes ETICS nelze zajistit přesnou pozici kotev ve vztahu ke spárám plynosilikátových panelů. Montáž FV panelů bude provedena tak, aby nedošlo ke změně namáhání stávajících stěn od větru. Panely proto budou umístěny v rovině stěny (bez naklonění) a v těsném kontaktu (nebo s minimálním odstupem) od povrchu. Kotvení bude provedeno pomocí chemických kotev pro daný podkladní materiál dle návrhu dodavatele FV. Počet kotev je nutno zvolit tak, aby nedocházelo k vibracím panelů (dynamické namáhání) a aby zatížení na jeden bod nepřesáhlo únosnost kotvení.

POUŽITÉ PODKLADY A NORMY

- [1] *Sídliště Šumperk Sever III, 27. třídní ZDŠ, učebnová část*, Ing. arch Derka, Stavoprojekt Olomouc, náměstí J. V. Friče 3, datum 1971
- [2] *Dostavba traktu "C" VI. ZŠ Šumperk*, fragmenty výkresové dokumentace části architektura a statika, ZOP Josef Volf, ****projekt Bratislava (razítko nečitelné), středisko Šumperk, datum srpen 1983
- [3] *Nové opláštění střechy 6. ZŠ Šumperk, stravovací část*, Ing. J. Frys, Okresní stavební podnik Šumperk, středisko projekce, datum říjen 1988
- [4] *Snižování energetické náročnosti budov 6. ZŠ Šumavská ulice, Šumperk*, vypracovala Ing. Monika Tomanová, FRYS stavební projekce, Langrova 12, 787 01 Šumperk, datum prosinec 2009
- [5] *návrh rozložení FV panelů*, Ing. Milan Pelc, Solar gods, datum 15.4.2024
- [6] *místní prohlídka a základní stavebně technický průzkum*, Ing. Radek Janka, datum 7.5.2024
- [7] *Stavební tabulky*, Ing. Milan Rochla, SNTL Praha, 1969 / 1980 / 1987

[8] *Typový podklad konstrukční soustavy montovaného skeletu MS-OB*, Výzkumný a vývojový ústav Pozemního stavitelství Ostrava, vydání 1977.

[9] *Katalog dílců*, Prefa Olomouc, 1969

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN 731201 Navrhování betonových konstrukcí

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - hodnocení stávajících konstrukcí

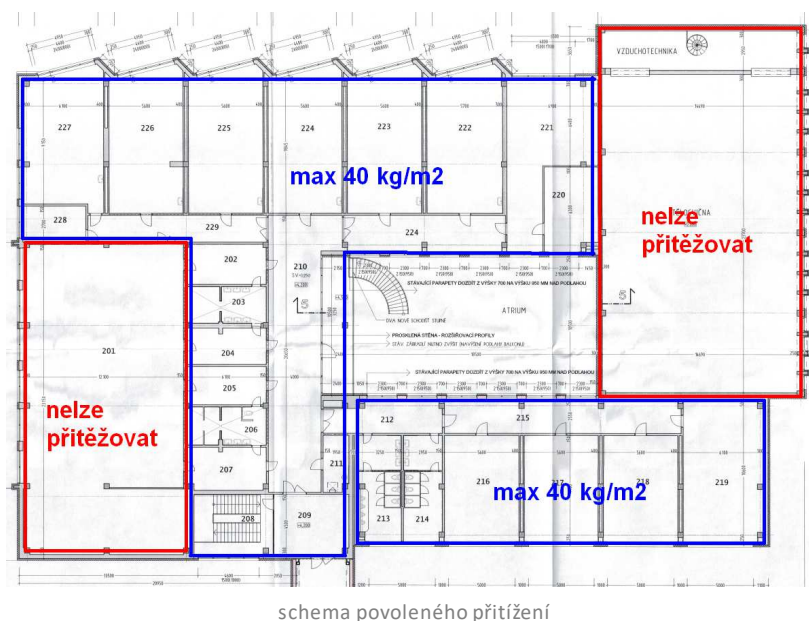
ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení

ZÁVĚR

Bylo provedeno statické posouzení únosnosti vybraných střech a stěn v areálu IV. ZŠ na ulici Šumavská v Šumperku pro možné přitížení instalací fotovoltaické elektrárny (FVE).

Střechu malé tělocvičny **není možné** přitěžovat instalací FVE. Důvodem je nedostatečná únosnost ocelového střešního vazníku i kazetových desek.

Střechu velké tělocvičny **není možné** přitěžovat instalací FVE. Důvodem je nedostatečná únosnost železobetonového střešního vazníku.



Střechy nad družinami, chodbou u tělocvičny a nad jazykovými učebnami **je možné přitížit** instalací FVE v uvažované maximální hmotnosti $\Sigma g_{FVE} = 40 \text{ kg/m}^2$. Je ale nutné provést dodatečné zakotvení stávající dřevěné konstrukce dvouplášťové střechy v oblastech na okraji budovy. Podle zjištění z místní prohlídky není dřevěná konstrukce nijak přikotvena k podkladu (železobetonovému skeletu), sání větru v okrajových oblastech střechy je vyšší než vlastní tíha. Je proto riziko nadzvednutí okraje střechy a následnému stržení celé konstrukce větrem - obdobně, jako se již stalo v minulosti na učebnovém pavilonu A. Dále je nutné před instalací FVE řádně vyspravit všechna poškozená místa krytiny (vpustě, žlaby) a obnovit ochranné protikorozi nátěry.

Fasádní instalace na čelních plochách pavilonu A, C **je možná** za podmínky, že panely budou umístěny těsně při povrchu a rovnoběžně se stěnou.

V Bystrovanech dne 02.05.2024

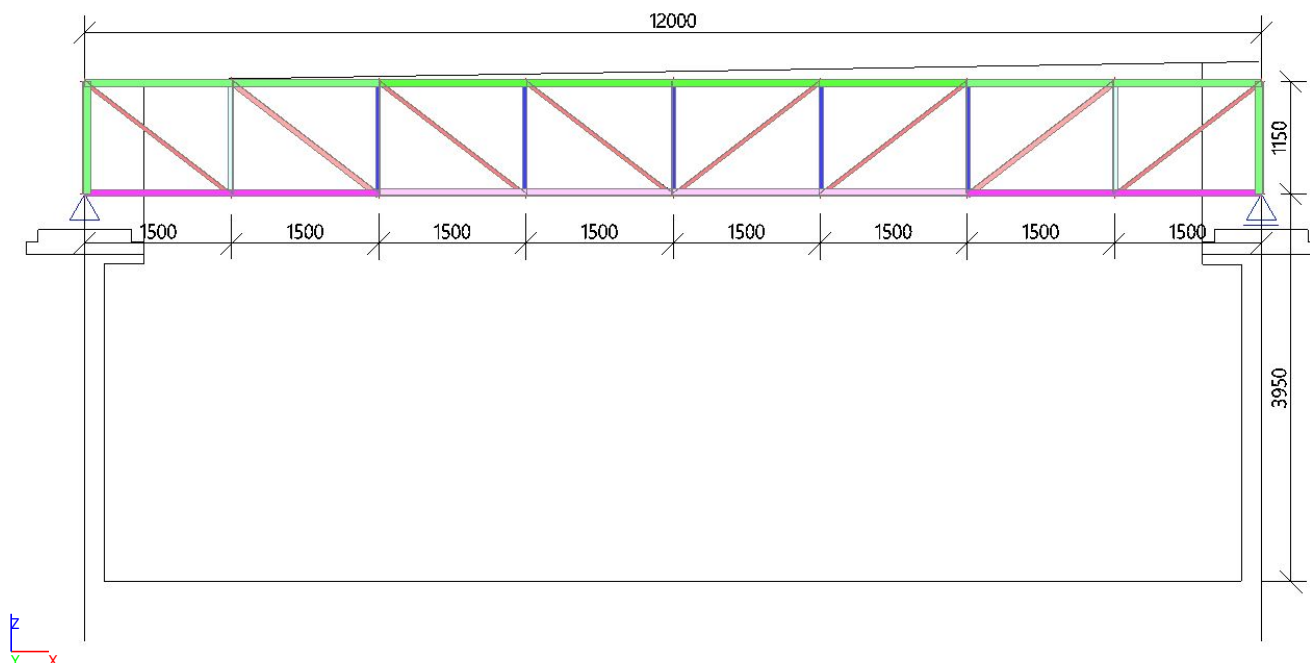
Ing. Radek Janka
IČ 699 95 591 / ČKAIT 120 13 35
Budovcova 3, 779 00 Bystrovany
+420 721 048 805
radek.janka@probeton.cz
<http://www.probeton.cz>

Příloha 1: Posouzení ocelového vazníku malé tělocvičny, SCIA Engineer, celkem 8 stran A4

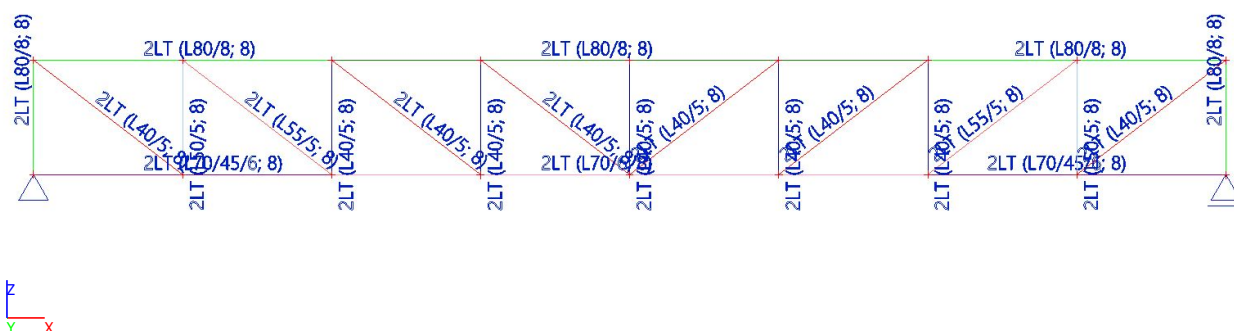
PŘÍLOHA 1

1. Výpočetní model

1.1. Geometrie

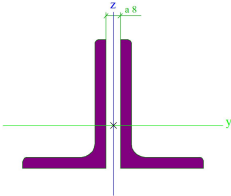
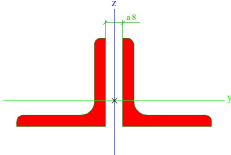
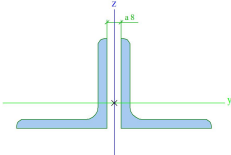
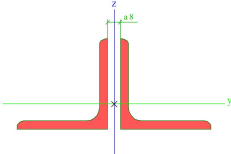
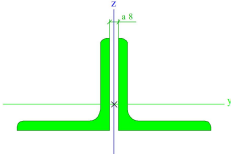


1.2. Výpočtový model

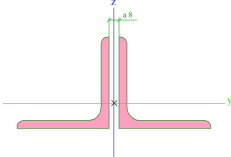
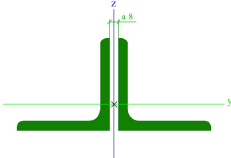
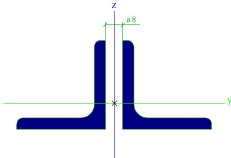


Projekt ZŠ Šumavská Šumperk

1.3. Průřezy

Jméno	Typ	Materiál	A [m ²]	I _y [m ⁴]	W _{el.y} [m ³]	W _{pl.y} [m ³]	Obrázek
	Detailní	Výroba		I _z [m ⁴]	W _{el.z} [m ³]	W _{pl.z} [m ³]	
DP1	2LT	S 235	1,3271e-03	6,5159e-07	1,3923e-05	2,5117e-05	
	L70/45/6; 8	válcovaný		5,0704e-07	1,0348e-05	1,9815e-05	
DIA1	2LT	S 235	7,5787e-04	1,0849e-07	3,8222e-06	7,0047e-06	
	L40/5; 8	válcovaný		2,9330e-07	6,6659e-06	1,1835e-05	
SL1	2LT	S 235	9,6071e-04	2,1918e-07	6,0935e-06	1,1166e-05	
	L50/5; 8	válcovaný		5,3153e-07	9,8431e-06	1,7323e-05	
DIA2	2LT	S 235	1,0640e-03	2,9413e-07	7,3876e-06	1,3575e-05	
	L55/5; 8	válcovaný		6,8581e-07	1,1624e-05	2,0414e-05	
HP1	2LT	S 235	2,4539e-03	1,4444e-06	2,5139e-05	4,5892e-05	
	L80/8; 8	válcovaný		3,1733e-06	3,7777e-05	6,5135e-05	

Projekt ZŠ Šumavská Šumperk

Jméno	Typ	Materiál	A [m ²]	I _y [m ⁴]	W _{el.y} [m ³]	W _{pl.y} [m ³]	Obrázek
	Detailní	Výroba		I _z [m ⁴]	W _{el.z} [m ³]	W _{pl.z} [m ³]	
DP2	2LT	S 235	1,6299e-03	7,3272e-07	1,4418e-05	2,6494e-05	
	L70/6; 8	válcovaný		1,6084e-06	2,1735e-05	3,7779e-05	
HP2	2LT	S 235	2,4539e-03	1,4444e-06	2,5139e-05	4,5892e-05	
	L80/8; 8	válcovaný		3,1733e-06	3,7777e-05	6,5135e-05	
SL2	2LT	S 235	7,5787e-04	1,0849e-07	3,8222e-06	7,0047e-06	
	L40/5; 8	válcovaný		2,9330e-07	6,6659e-06	1,1835e-05	

2. Zatížení

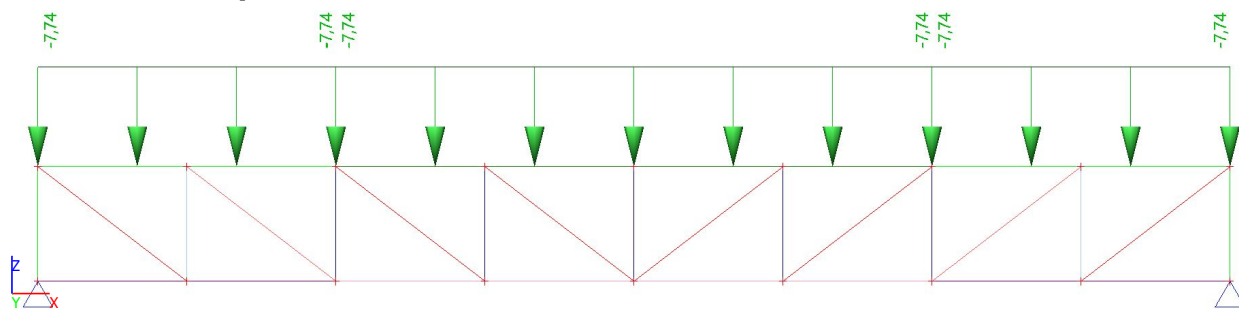
2.1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	střešní desky	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	střešní plášť a TZB	Stálé Standard	SZ1			
ZS4	FVE	Stálé Standard	SZ1			
ZS5	sníh Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS6	tlak větru Standard	Proměnné Statické	SZ3		Krátkodobé	Žádný

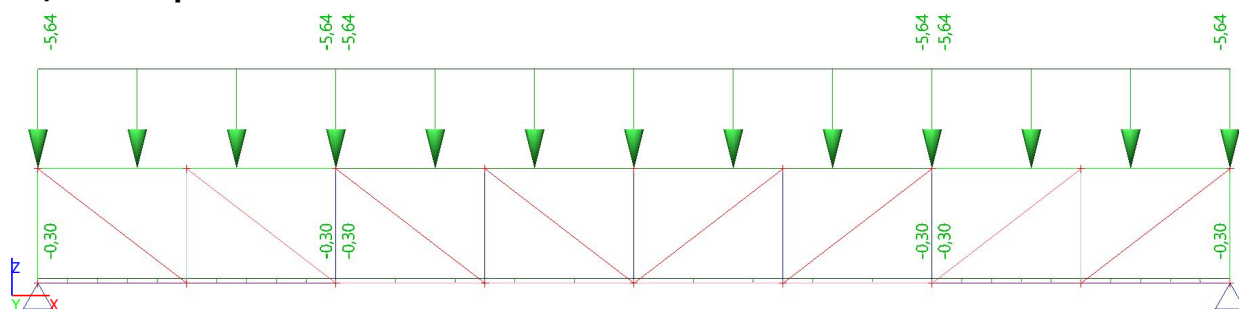
2.2. Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
SZ1	Stálé		
SZ2	Proměnné	Standard	Sníh
SZ3	Proměnné	Standard	Vítr

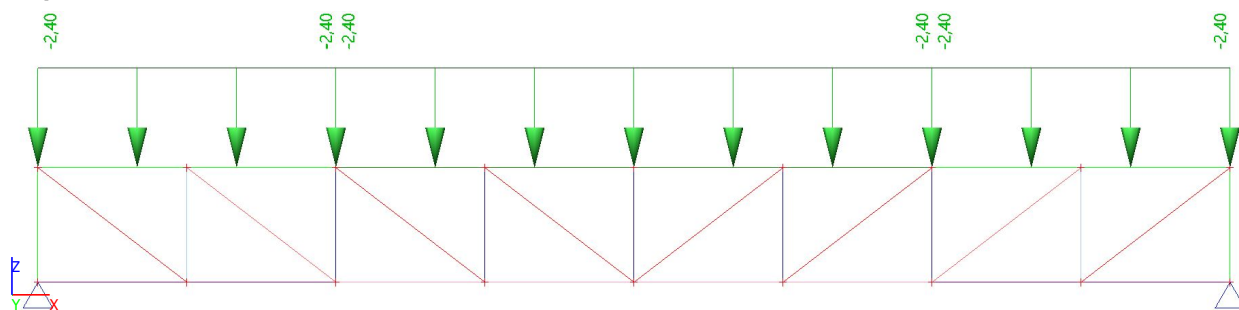
2.3. ZS2 / střešní desky



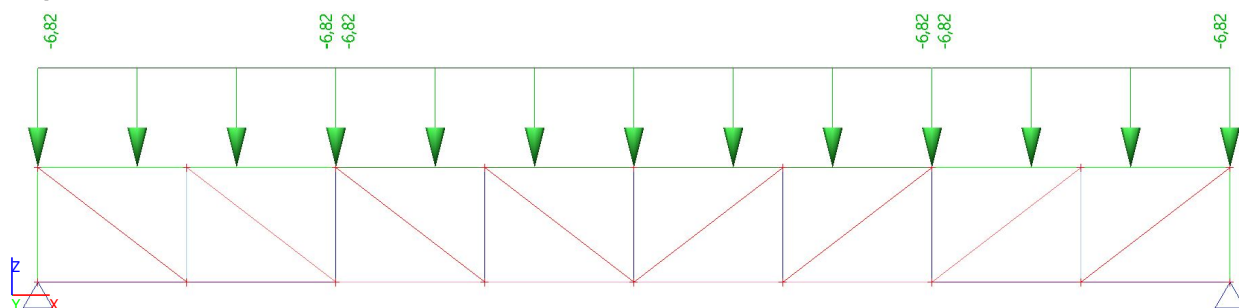
2.4. ZS3 / střešní plášť a TZB



2.5. ZS4 / FVE

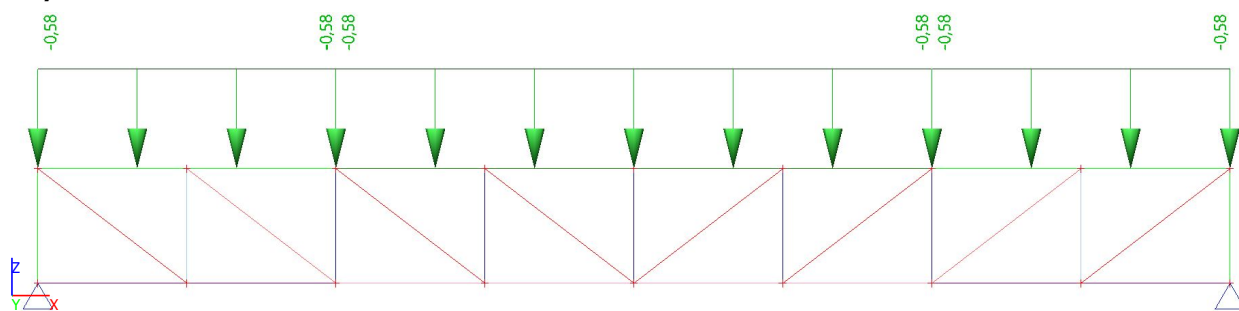


2.6. ZS5 / sních



Projekt ZŠ Šumavská Šumperk

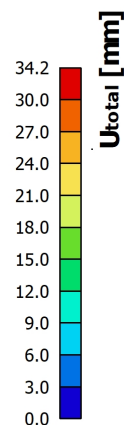
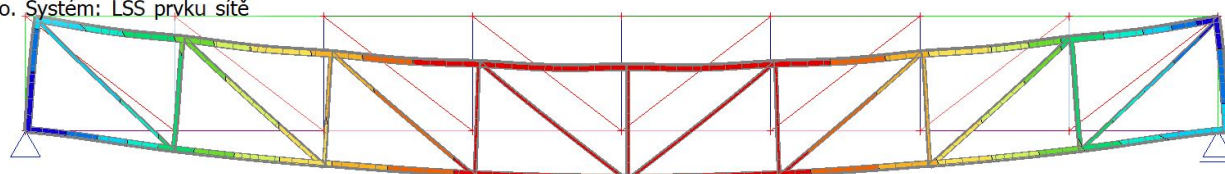
2.7. ZS6 / tlak větru



3. Vnitřní síly

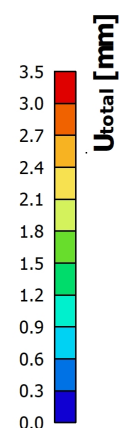
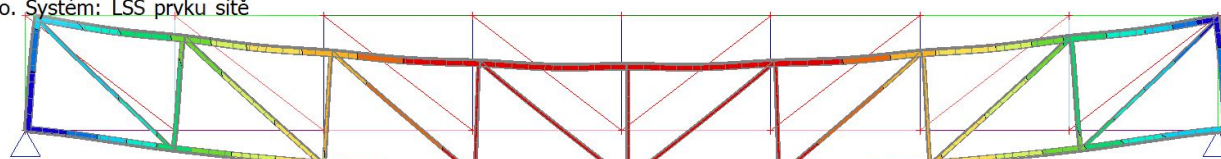
3.1. 3D přemístění; U_total

Hodnoty: U_{total}
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS pryku sítě



3.2. 3D přemístění; U_total

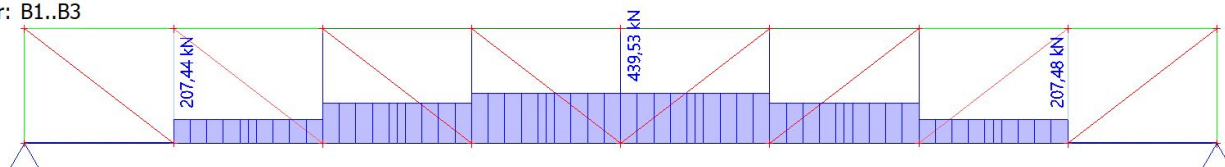
Hodnoty: U_{total}
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS4
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS pryku sítě



Projekt ZŠ Šumavská Šumperk

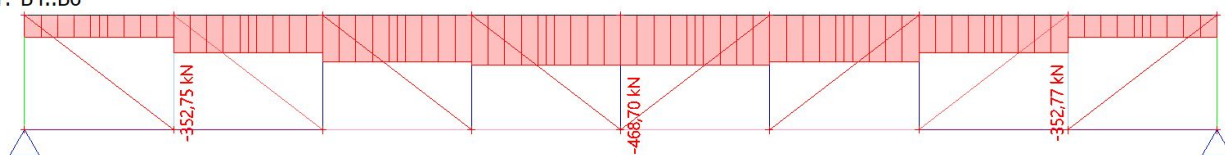
3.3. dolní pas

Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B1..B3



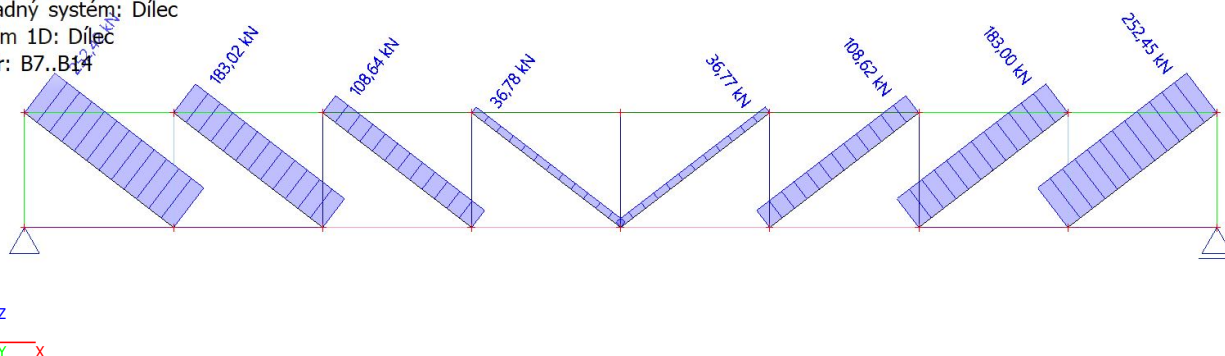
3.4. horní pas

Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B4..B6



3.5. diagonály

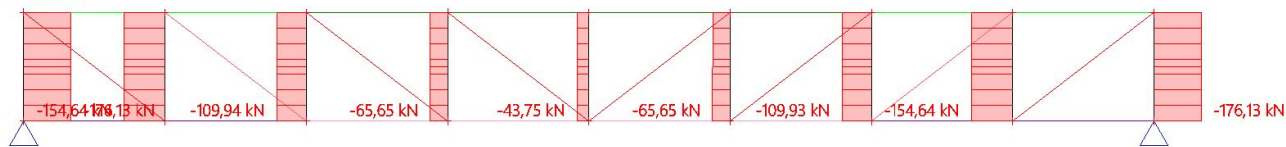
Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B7..B14



Projekt ZŠ Šumavská Šumperk

3.6. svislice

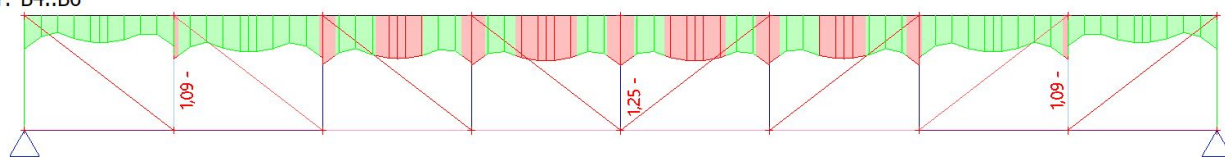
Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B15..B23



4. Posudek ocelových prvků podle ČSN EN 1993

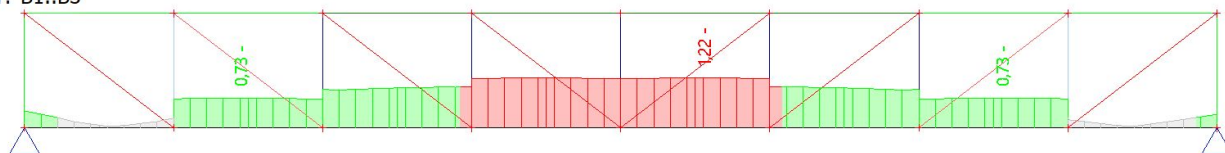
4.1. horní pas

Hodnoty: **UC_{N,M,V,T}**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B4..B6



4.2. dolní pas

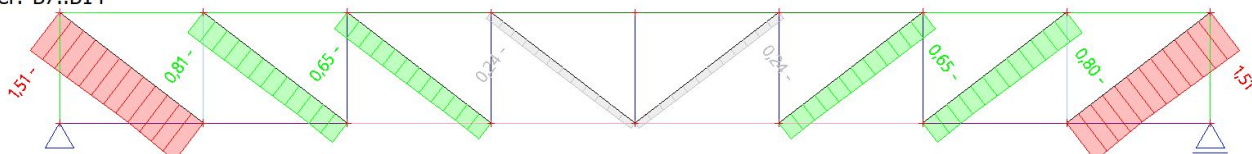
Hodnoty: **UC_{celkový}**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B1..B3



Projekt ZŠ Šumavská Šumperk

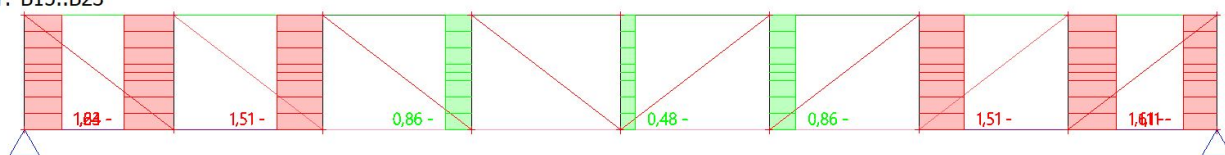
4.3. diagonály

Hodnoty: **UC_{celkový}**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B7..B14



4.4. svislice

Hodnoty: **UC_{celkový}**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B15..B23



5. Závěr

Tento výpočetní model je nedílnou součástí statického posouzení střešní konstrukce ZŠ Šumavská v Šumperku na přetížení instalací FVE. Výchozí předpoklady, rozbor zatížení a interpretace závěrů jsou uvedeny v hlavní části dokumentu.

Výpočet nelze použít samostatně a k jinému než uvedenému účelu.

V Bystrovaněch, 10.5.2024

vypracoval: Ing. Radek Janka