



PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE FVE
Jihomoravský kraj: OA a SPŠ Veselí nad Moravou

STATICKÉ POSOUZENÍ

Vypracoval: Ing. Radek Janka
3/2023

OBSAH

STATICKÉ POSOUZENÍ	1
ÚVOD	1
Popis objektu	1
MÍSTNÍ PROHLÍDKA A DOSTUPNÁ DOKUMENTACE	2
ZATÍŽENÍ	3
Skladba střechy	3
Skladba stropní konstrukce nad posledním podlažím	3
Zatížení sněhem	3
Zatížení větrem	4
Užitná zatížení	4
ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE	5
Vlastní tíha technologie FVE	5
Užitné zatížení střechy při údržbě FVE	5
POSOUZENÍ KONSTRUKCE	5
Nosná konstrukce horní části střechy	5
Nosná konstrukce šikmé části střechy	7
Relativní přetížení instalací FVE	8
POUŽITÉ PODKLADY A NORMY	8
ZÁVĚR	9

STATICKÉ POSOUZENÍ

Objednatel:	Jihomoravský kraj, Žerotínovo náměstí 449/3, 601 82 Brno, IČ 708 88 337
Název stavby:	Instalace FVE na stávající střešní konstrukce
Stavebník:	OA a SŠP Veselí nad Moravou, příspěvková organizace, Kollárova 1669, 698 01 Veselí nad Moravou
Hlavní projektant:	PKV BUILD, s.r.o., Vlněna Office Park, Vlněna 526/3, 602 00 Brno
Stupeň projektu:	statické posouzení

ÚVOD

Statické posouzení řeší únosnost stávajících střešních konstrukcí budovy Obchodní akademie a střední průmyslové školy ve Veselí nad Moravou pro možnost přitížení instalací fotovoltaické elektrárny (FVE). Podkladem pro zpracování je dostupná archivní technická dokumentace [1], data získaná z místní prohlídky a další zdroje uvedené v závěru tohoto dokumentu.



letecký pohled, vyznačená je řešená budova

Popis objektu

Areál školy ve Veselí nad Moravou byla postavena v roce 2000 podle projektové dokumentace [1,2]. Jedná se o dvě budovy. Jižní je třípodlažní s učebnami, severní dvoupodlažní s tělocvičnou a jídelnou. Obě křídla jsou v úrovni 1.NP propojena spojovací lávkou. Střechy budov přecházejí z pultové do šikmé střechy a jsou skloněny směrem do atria, architektonickým záměrem je naznačení tvaru otevřené knihy.

Nosnou konstrukci tvoří montovaný železobetonový skelet s dělenými sloupy, průvlaky tvaru obráceného T a stropními dutinovými panely spiroll. Příčné rámy mají osovou vzdálenost 6,0 m, sloupy jsou průřezu 300x300 mm. Tato skeletová konstrukce ve vyšších podlažích ustupuje dle sklonu šikmé střechy. Nad posledním podlažím je spád střechy vytvořen sbíjenými dřevěnými vazníky uloženými na obvodové prvky stropu. Provedení šikmé části střešních není známé.

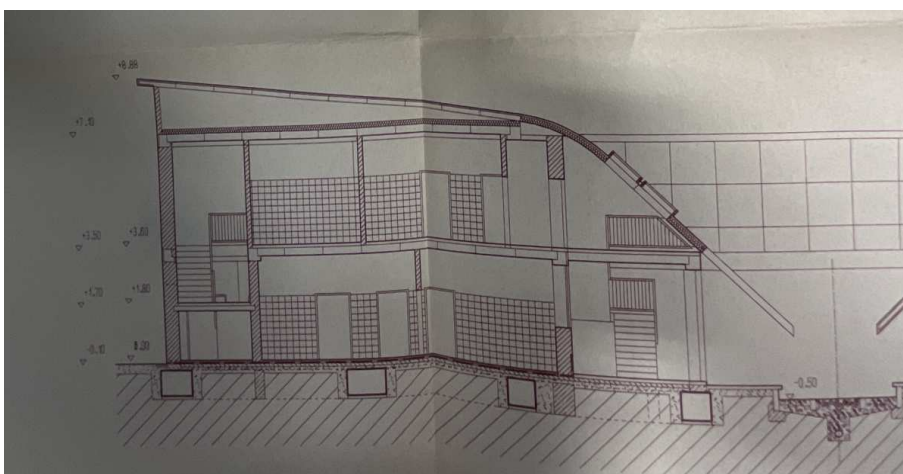


pohled na řešenou část (severní křídlo školy)

MÍSTNÍ PROHLÍDKA A DOSTUPNÁ DOKUMENTACE

V rámci místní prohlídky [3] bylo zjištěno konstrukční provedení horní (pultové) části střešní konstrukce řešeného objektu. Nosná konstrukce šikmé části střechy je nepřístupná a bez podrobného stavebně technického průzkumu nelze blíže specifikovat.

Dostupná archivní dokumentace obsahuje konstrukční část [1], kde jsou řešeny pouze základové konstrukce. Archivní paré neobsahuje statický výpočet, nelze tedy dovodit uvažovaná zatížení. Dokumentace stavební části [2] je označena jako stupeň "PDSP", tedy projektová dokumentace pro stavební povolení. Je zpracována v podrobnostech odpovídajících uvedenému stupni, neobsahuje detaily ani jakékoliv údaje například skladbách střechy či stropů.



řez objektem z dokumentace [2]

ZATÍŽENÍ

Skladba střechy

č.	materiál vrstvy	objem.hm.	tloušťka	plošná hm.
1	trapézový plech 330/40/0,75		40 mm	8 kg/m ²
2	latě á 600		30 mm	3 kg/m ²
3	parozábrana - PE folie		1 mm	0,3 kg/m ²
4	dřevěné sbíjené vazníky			

Celková zadaná tloušťka skladby: $b = 71,0$ mm

Plošná hmotnost skladby: $q' = 11,30$ kg/m²

Sklon střechy: $\alpha = 0^\circ$

Vodorovný průmět zatížení střechou: $g = q'/\cos(\alpha) = 11,30/\cos(0) = \mathbf{0,113}$ kN/m²

Poznámka: skladba je pouze odhadovaná, nebyla prováděna sonda do střešního pláště

Skladba stropní konstrukce nad posledním podlažím

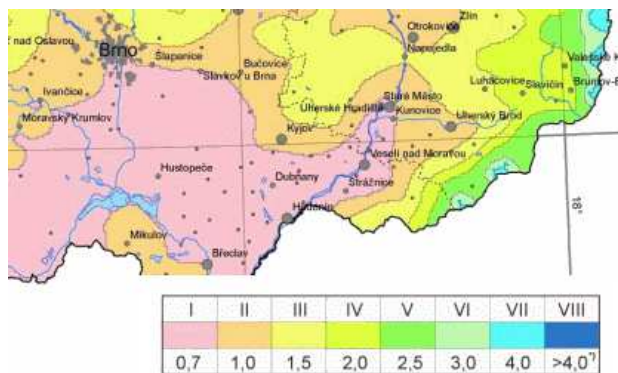
č.	materiál vrstvy	obj.hm.	tloušťka	hmotnost
1	tepelná izolace - minerální vata	80 kg/m ³	120 mm	9,60 kg/m ²
2	stropní panel Spiroll		250 mm?	325 kg/m ²
3	omítka	1800 kg/m ³	10 mm	18,00 kg/m ²

Celková tloušťka: $h = 130,0$ mm

Celková hmotnost: $352,60$ kg/m² $\Rightarrow g = \mathbf{3,526}$ kN/m²

Poznámka: tloušťka panelů je pouze odhadována, nebyly prováděny sondy ani zaměření panelů

Zatížení sněhem



zatížení sněhem podle ČSN EN

sněhová oblast I., základní tíha sněhu na zemi: $s_k = \mathbf{0,70}$ kN/m²

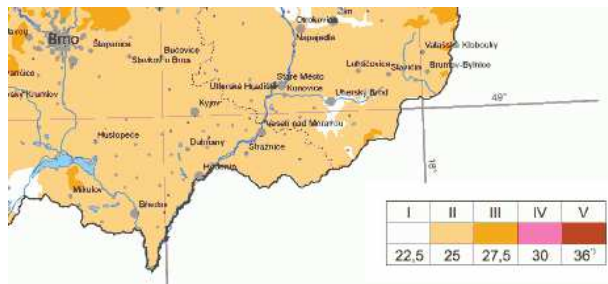
sklon horní části střechy $\alpha_1 = 5^\circ$; $\mu_{s,1} = 0,800$; $C_t = 1,0$; $C_e = 1,0$ (normální krajina)

$$s_{0,1,k} = s_k \cdot C_t \cdot C_e \cdot \mu_{s1} = \underline{0,560} \text{ kN/m}^2; \gamma_f = 1,50$$

sklon šikmé částí střechy $\alpha_2 = 40^\circ; \mu_{s,2} = 0,533$

$$s_{0,2,k} = s_k \cdot C_t \cdot C_e \cdot \mu_{s,2} = \underline{0,373} \text{ kN/m}^2; \gamma_f = 1,50$$

Zatížení větrem



zatížení větrem podle ČSN EN

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

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

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

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

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

výška stavby $h = 9,00 \text{ m}$ $h < z_{min} \Rightarrow z = z_{min}$; referenční výška $z = 10,000 \text{ m}$

součinitel drsnosti $c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,24 \cdot \ln(10,00/1,00) = 0,55$; součinitel ortografie $c_o = 1,00$; součinitel turbulence $k_i = 1,00$

$$\text{střední rychlost větru } v_m = v_b \cdot c_r \cdot c_o = 25,00 \cdot 0,55 \cdot 1,00 = 13,82 \text{ m/s}$$

$$\text{intenzita turbulence } I_v = (k_r \cdot v_b \cdot k_i) / v_m = (0,24 \cdot 25,00 \cdot 1,00) / 13,82 = 0,434$$

$$\text{maximální dynamický tlak větru: } q_{p,k}(z) = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2 = (1 + 7 \cdot 0,43) \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 13,82^2 = 481,9 \text{ N/m}^2 = \underline{0,482}$$

$$\text{kN/m}^2; \gamma_f = 1,50$$

Užitná zatížení

Ve stávajícím stavu není uvažováno s užitným zatížením střechy.

ZATÍŽENÍ STŘECHY INSTALACÍ FVE

Statické posouzení řeší únosnost střešní konstrukce na přitížení instalací fotovoltaické elektrárny (FVE).

Posouzení komponent FVE není předmětem tohoto dokumentu. Panely FVE budou instalovány rovnoběžně se střešní rovinou. Pro zajištění stability proti účinkům větru bude FVE mechanicky kotvena k nosným konstrukcím střechy. Návrh a realizace kotvení je odpovědností dodavatele, dále v textu jsou uvedeny síly od větru.

Celkové přitížení střechy instalací FVE je tvořeno vlastní tíhou panelů, systémových komponent (kabeláž, měniče atd), kotvních lišt, užitným zatížením obsluhou FVE.

Vlastní tíha technologie FVE

- g_0 = vlastní tíha FV panelů $\approx 12,0 \text{ kg/m}^2 = 0,120 \text{ kN/m}^2$
- g_1 = kabeláž, měniče, montážní materiál = $3,0 \text{ kg/m}^2 = 0,030 \text{ kN/m}^2$

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

Užitné zatížení střechy při údržbě FVE

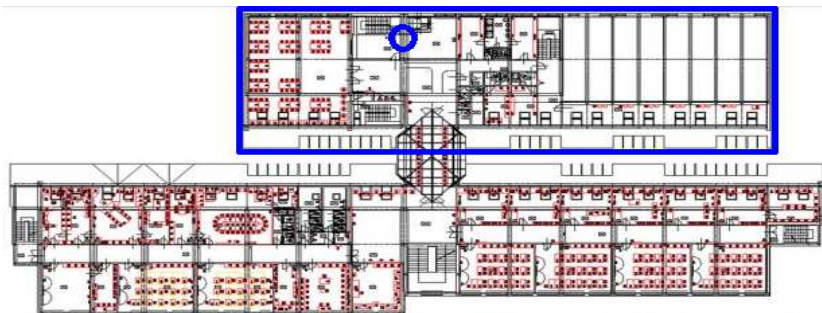
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-1, kategorie ploch H: střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby nebo montáže, uvažováno hodnotou $q_k = 75 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{0,75 \text{ kN/m}^2}$

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

POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce horní části střechy

Dokumentace skutečného provedení stavby není k dispozici. Místní prohlídkou bylo zjištěno, že střešní konstrukce je tvořena sbíjenými dřevěnými vazníky (systém "gang nail"). Uložení těchto vazníků není zcela zřejmé, provedení se liší v různých částech půdorysu. Uložení vazníků pravděpodobně na obvodová ztužidla s přikotvením ocelovými úhelníky proti sání větru. V uložení jsou vazníky podloženy prokládkem, který je ale volný, zatížení je tak přenášeno buď šroubem a úhelníkem nebo je vazník podepřen v dalších podporách po délce prku. Bez podrobného stavebně technického průzkumu nebylo možné blíže specifikovat.



půdorys 2.NP. Modře vyznačená řešená část, kroužkem místo prohlídky podstřešního prostoru



provedení spádu střešní konstrukce, stávající tepelná izolace stropu



uložení střešních vazníků na obvodové ztužidlo a strop, přikotvení proti sání větru



tvarové řešení vazníků v levé části (nad jídelnou)



tvarové řešení vazníků v pravé části (směr k tělocvičně)

Nosná konstrukce šikmé části střechy

Dokumentace skutečného provedení není k dispozici. Bez podrobného stavebně technického průzkumu není možné stanovit provedení a technický stav nosné konstrukce šikmé části střechy. Přetížení nelze posoudit.

Relativní přetížení instalací FVE

Rekapitulace zatížení:

g_1 = střešní plášť = 0,113 kN/m² pro horní (nezateplenou) část
 $\approx 0,20$ kN/m² odhadováno pro šikmou (zateplenou) část

s = sníh = 0,56 kN/m² pro horní část
0,373 kN/m² pro šikmou část

w = vítr, projevuje se sáním, neuvažují

g_{FVE} = fotovoltaika = 0,15 kN/m²

Celkem stávající zatížení: $\Sigma f_{k1} = 0,113 + 0,56 = \underline{0,673}$ kN/m² ; resp. $0,20 + 0,373 = \underline{0,573}$ kN/m²

Celkem nové zatížení: $\Sigma f_{k2} = 0,113 + 0,56 + 0,15 = \underline{0,823}$ kN/m² ; resp. $0,20 + 0,373 + 0,15 = \underline{0,723}$ kN/m²

Nárůst zatížení: +30 % pro horní část, +26 % pro šikmou část

Takto velké procentuální navýšení nelze bez bližšího posouzení nosných konstrukcí povolit.

POUŽITÉ PODKLADY A NORMY

[1] *Obchodní akademie Veselí nad Moravou, část E1-2.Statika*, vypracoval Projektový a vývojový ústav s.r.o. Brno, datum duben 1997

[2] *Obchodní akademie Veselí nad Moravou, část E1-1.Architektonicko stavební část*, vypracoval Projektový a vývojový ústav Brno, datum prosinec 1995

[3] *místní prohlídka*, Ing. Radek Janka, 7.3.2023

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1995 Navrhování dřevěných konstrukcí

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - hodnocení stávajících konstrukcí

ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení

ZÁVĚR

Bylo provedeno posouzení střešní konstrukce objektu OA a SPŠ ve Veselí nad Moravou z hlediska statiky pro účely možného přetížení instalací FVE.

K posuzovaným konstrukcím není k dispozici podrobná prováděcí dokumentace ani dokumentace skutečného provedení. Zatěžovací schema sbíjených vazníků není zdokumentované. Není známé konstrukční provedení šikmých částí střech a technický stav nosných prvků. Tepelná izolace umístěná v podstřešním prostoru je již na konci technické životnosti, její tloušťka nevyhovuje současným požadavkům. Na základě informací od provozovatele objektu byly v minulosti řešeny poruchy způsobené zatékáním do konstrukce kolem střešních oken osazených v šikmé části, není známý jejich dopad na nosné prvky střechy. V rámci řešení FVE je nutné zvážit celkovou životnost dotčených částí stavby.

Na základě skutečností popsanych v předchozím odstavci nelze konstrukci hodnotit jako vhodnou k instalaci FVE.

Statické posouzení je možné pouze na základě dokumentace skutečného provedení nebo podrobné diagnostiky vyztužení železobetonových prvků. Dále doporučuji provést stavebně technický průzkum zaměřený na zjištění aktuálního stavu tepelné izolace a nosných konstrukcí šikmých střech.

V Bystrovaněch dne 11.3.2023

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>