

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT: Ing.Miroslav Geryk Dvořákův okruh 13, Krnov 794 01 miroslavgeryk@seznam.cz , 774630321		VYPRACOVAL: Ing.Jiří Vyhnálek,Ph.D. Mladeč 56, 783 21 vyhnalekjirka@seznam.cz		Ing.Miroslav Geryk & Ing.Jiří Géryk	
MÍSTO STAVBY:	Budova C a J Sdružené zdravotnické zařízení Krnov I.P.Pavlova, 794 01 Krnov, parc.č. 1866/1, 1866/2, 1866/7, 1866/13, 1866/15, 1866/16			inženýrská a projekční činnost,technický dozor koordinátoři BOZP	
STAVEBNÍK:	Sdružené zdravotnické zařízení Krnov, p.o. I.P.Pavlova 552/9, 794 01 Krnov				
STAVBA:	Statické posouzení střechy pro instalaci Fotovoltaické elektrárny				
ČÁST PD :	Budova "C"			Datum:	12/2022
PŘÍLOHA (VÝKRES):	STATICKÝ POSUDEK			Stupeň PD:	Odborná pomoc
				Zakáz.číslo:	22-928-82

1. ÚVOD

Předmětem této dokumentace je posouzení únosnosti střešní konstrukce a konstrukcí souvisejících pro přetížení od fotovoltaické elektrárny (FVE). Jedná se o stavebním rozsahem střední stavbu, ale co do statického působení poměrně složitou. Stavba bude prováděná v husté zástavbě, ale charakter prací je takový, že vedlejší objekty nebude ovlivňovat. Podrobnosti jsou pak ve statickém výpočtu. Dokumentace je zpracována v podrobnosti projektu pro stavební povolení, **lze ji použít i pro realizaci.**

Statickým přepočtem bylo zjištěno, že bez přetížení i s přetížením je střecha staticky vyhovující pro současné klimatické zatížení s posouzením dle současných předpisů.

V době návrhu původní konstrukce platily jiné předpisy pro určení klimatického zatížení než v současnosti. Metodika mezních stavů je v tomto případě stejná, zvýšil se však i požadavek na bezpečnost staveb, což v praxi znamená, že konstrukce, která vyhověla podle dřívějších předpisů, nemusí vyhovět v současnosti, i když se do ní nezasahuje. Pokud nevykazuje poruchy statického rázu, pak se s ohledem na dlouhodobý bezporuchový provoz považuje i bez podrobného statického posouzení za staticky vyhovující. V našem případě dojde k přetížení střechy FVE, takže je třeba celou dotčenou konstrukci znovu přepočítat a staticky posoudit podle současných předpisů. Výsledkem pak je nezřídka jištění, že konstrukce, i když bez poruch dlouho stojí, je vlastně staticky nevyhovující z prostého důvodu – intenzita zatížení klimatických zatížením se od doby stavby někde i podstatně zvýšila. Takovou konstrukci pak nelze přetížit ani poměrně lehkou FVE. To je důvod, proč je nutné někdy podstoupit i náročné výpočty pro ověření bezpečnosti nosných konstrukcí.

a. Popis navrženého konstrukčního systému stavby

Staveniště se nachází na pozemku užívaném stavebníkem, nebudou tedy problémy se zásahem do cizích konstrukcí.

Vlastní stávající stavba je tvořena nosným systémem skeletu MS OB, ke které se nezachovala potřebná dokumentace. Skelet MS OB se v daném období na Moravě používal

pro většinu občanské vybavenosti, takže jeho konstrukční řešení je známé. Přetížení od FVE na skelet je však pod 1% únosnosti, je tedy zanedbatelné. Nad skeletem je však postaveno nové patro. Nadstavba měla nosnou konstrukci z ocelové konstrukce a střešní konstrukce z dřevěných vazníků s vlisovanými styčnickovými deskami. K této nadstavbě, které je bezprostředně ovlivněna instalací FVE, již existuje původní projektová dokumentace. Nebyla však k dispozici dodavatelská dokumentace dřevěných vazníků, kterou si zpracovává výrobce, tedy zhotovitel.

Je tedy možno stavbu i posoudit s ohledem na změnu velikosti nebo způsobu zatížení.

Podkladem pro zatížení a rozmístění panelů FVE na střeše je předaná projektová dokumentace. Projekt zpracoval v 07/2022 Michal Zdařil, B. Němcové 14, Město Albrechtice, 739 95. Z projektu je zřejmé rozmístění panelů – celkem 120 panelů, každý $P_{max} = 450 \text{ Wp}$. Budou umístěny na jedné straně sedlové střechy, druhá bude volná. Není však zadána, alespoň se mi to nepodařilo v dokumentaci objevit, požadovaná intenzita zatížení na střechu. Proto jsem postupoval obvyklým způsobem, tedy odhadem budoucího zatížení obvyklou hodnotou 25 kg/m^2 , tedy v jazyce statiky s dlouhodobým zatížením $0,25 \text{ kN/m}^2$. V tom by měly být panely, rozvody a kotvení uložení panelů do střechy. Vlastní kotvení do střechy a jeho návrh je již věcí dodavatele FVE. V tomto posudku je pouze potvrzena únosnost na toto zatížení.

Stávající konstrukce

Stávající skelet je jinak původně se 3 podlažními, nad střechu bylo později vystavěno patro z lehkého materiálu na bázi dřeva a tenkostěnných ocelových prvků. Jedná se tedy o odlehčenou konstrukci.

Projekt na nástavbu zpracoval IDOP Olomouc a.s., Řepčinská 234/82, Olomouc, 779 00. dokumentace je z 30.11.2008. Jednalo se tedy o přechod z původních československých norem na normy Eurocode. Důkladné prostudování této dokumentace pak bylo jednou z podstatných částí provedených prací. Původní statický výpočet se podařilo na základě tohoto využít a nebylo zapotřebí provádět zcela nový výpočet stávajících konstrukcí.

Pro tuto stavbu rozhodovalo především zatížení klimatické. Pro **sníh** platila norma ČSN ENV 1991-1-3. Sníh byl pro Krnov uvažován v hodnotě $1,5 \text{ kN/m}^2$ na zemi. Součinitel zatížení $\gamma = 1,5$, tedy tak jako nyní. Změna normy ČSN EN 1991-1-3 / Z4 pak dovolila sníh uvažovat

hodnotou dle dlouhodobého měření, tedy $0,98 \text{ kN/m}^2$. Zde tedy došlo k významnému odlehčení.

Pro **vítr** ještě původní výpočet uvažoval dřívější ČSN 73 0038-86. Zde byl vítr pro III. Větrovou oblast. Podle tehdejší metodiky pak na střechu vítr tlakem vůbec nepůsobil. Dle současného předpisu pak působí i tlakem, což je zase přetížení.

Stálé zatížení bylo převzato z původního výpočtu. Původní výpočet však uvažoval se součiniteli zatížení $\gamma_M = 1,1$ a $1,2$. V současnosti musíme uvažovat tento součinitel v hodnotě $1,35$, což je další přetížení.

Nové je samozřejmě přetížení fotovoltaikou v hodnotě $0,25 \text{ kN/m}^2$ se součinitelem $1,5$.

Pokud pak porovnáme původní svislé zatížení a zatížení dle současných předpisů, pak v návrhové hodnotě došlo k přetížení o $5,0\%$.

Návrhové normy se také změnily. Metodika sice zůstala stejná, vlastní výpočty únosnosti, součinitelů vzpěru apod. byly tedy možno použít s výjimkou dílčích součinitelů spolehlivosti. Pro dřevo klesl součinitel γ_M z $1,45$ na $1,30$. U oceli tomu bylo obdobně, klesl z $1,15$ na $1,00$. Pro posouzení tedy stačilo přepočítat zatížení a přepočítat i únosnost jednotlivých prvků při částečném použití původního výpočtu.

Výsledkem pak bylo zjištění, že konstrukce bude i při přetížení od FVE ($0,25 \text{ kN/m}^2$) vyhovující pro MSÚ i pro MSP.

Betonové konstrukce skeletu a původní střechy před nástavbou již nejsou FVE ovlivněny. Zatížení se přenáší ocelovými sloupy přímo nad sloupy stávající.

b. Navržené materiály

Při stavbě se uvažuje s použitím následujících materiálů.

- Ocel konstrukční se uvažuje z S 235 pro OK a výměny do stávající konstrukce, výrobní skupina EXC2
- Dřevěné konstrukce jsou uvažovány dle původního projektu ze dřeva C22.
- Betonové konstrukce v podstatě nejsou ovlivněny

c. Hodnoty užitných a klimatických zatížení

Zatížení střechy se uvažuje pouze klimatické

- Sníh v II. Sněhové oblasti $S_k = 0.98 \text{ kN/m}^2$ dle mapy ČHMÚ
- Vítr v II. Větrové oblasti o rychlosti $v = 25 \text{ m/s}$, terén II. Kategorie
- Přetížení FVE $0,25 \text{ kN/m}^2$
- Střecha dimenzována na porubí VZT dle původního zadání.

d. Návrh zvláštních a neobvyklých konstrukcí

Z hlediska statiky zde neobvyklé konstrukce nejsou.

e. Technologické podmínky postupu prací

Tyto podmínky jsou na staveništi obvyklé, záleží na vybraném zhotoviteli a jeho pracovním harmonogramu.

Již z technického popisu je zřejmé, že je nutné stavbu provádět v jednom časovém pásmu.

f. Zásady pro provádění bouracích prací a výkopů

Zde nejsou zvláštní požadavky z hlediska statiky, bourání bude běžné do nenosných konstrukcí

g. Požadavky na kontrolu zakrývaných konstrukcí

Nejsou zvláštní požadavky na kontrolu zakrývaných konstrukcí.

h. Použité podklady, normy apod.

- Podklady jsou podrobně popsány v odd. a
- Příslušné ČSN:
73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí ve znění EN 1991 a EN1990
73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí ve znění EN1993
73 1701 Navrhování dřevěných konstrukcí ve znění EN 1995

73 0038 Hodnocení existujících konstrukcí

Vlastní prohlídky konstrukce v přístupném rozsahu.

Pro návrh konstrukce byl použit softwarový systém SCIA Engineer V. 20

i. Požadavky na údržbu konstrukcí

Nejsou zvláštní požadavky na údržbu konstrukcí, pravidla jsou dána v ČSN 73 2604, kde je popsána četnost a způsob zpracování pravidelných prohlídek ocelové konstrukce i konstrukcí ostatních běžných, interval je 5let. Pro dřevěné konstrukce je to obdobné. Konstrukce budou zakryty, tedy postačí sledovat případné poruchy. Betonové a zděné konstrukce zvláštní údržbu nepotřebují, tedy pokud pomineme životnost omítek apod., ale to není statika.

ZÁVĚR

Bezpečnost práce je podle platných předpisů. Bezpečnostní pravidla při stavbě jsou dále doplněna ve zprávě a stavebně architektonickému řešení.

Vypracoval : Ing. Vyhňálek, Ph.D. Datum : XI.2022	Stavba : Sdružené zdravotnické zařízení Krnov Dětský pavilon obj. C - FVE na střeše Obsah : Statický výpočet - 22-928-82 Odborná pomoc	List.č.: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">1</div>
--	---	---

OBJEKT Č. - STŘECHA

ZATÍŽENÍ STALÉ

HODNÍ PÁL	0,40 kN/m ²
DOLNÍ PÁL	
IZOLACE	0,20 kN/m ²
POŠKŮVNÍ PODHLAŽÍ	0,20 kN/m ²
TECHNOLÓGIE (VZT)	0,20 kN/m ²
PODHLAŽÍ	0,20 kN/m ²
VZTÍK	0,20 kN/m ²
<u>CELKOVÉ STALÉ</u>	<u>1,80 kN/m²</u>

SMÍŠ ČSN EN 1991-1-3 2601

II. SMÍŠOVÁ ODKLAD - ZHŮBNÁ 0,98 kN/m²

Převodní úvážovací 1,50 kN/m²

$C_e = C_s = 1,0$

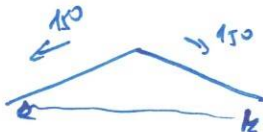
$\mu_f = 0,10 \rightarrow \Delta = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 0,784 \text{ kN/m}^2$

VÍTR ČSN EN 1991-1-4

II. VĚTROVÁ ODKLAD $v = 25 \text{ m/s}$

$q_w = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$

<div>Vypracoval : Ing. Vyhnaněk, Ph.D. Datum : XI.2022</div>	<div>Stavba : Sdružené zdravotnické zařízení Krnov Dětský pavilon obj. C - FVE na střeše Obsah : Statický výpočet - 22-928-82 Odborná pomoc</div>	<div>List.č.: 2</div>
--	---	--------------------------------



120 panelů
meznatě zatížení

II. KATEGORIE TERÉNU $b = 16,5m$

$\rightarrow q_e = 2,6$

tlak $\cdot 0,20 \rightarrow w = 0,20 \cdot 2,6 \cdot 0,35 = 0,20 kN/m^2$

sání - viz původní výpočet

Metoda Dur

v původní dokladu tlak nebyl uveden

FOTOVOLTAIKA

ODHAD - DOKLADOVÉ $0,25 kN/m^2$

CELKEM CHARAKTERISTICKÉ ČISTENÍ 1950

tlak $1,8 + 0,28 + 0,6 \cdot 0,2 + 0,25 = 2,95 kN/m^2$

návrhové

$1,35 \cdot 1,80 + 1,35 \cdot (1,25) = 4,16 kN/m^2$

původní zatížení návrhové

$1,2 \cdot 1,80 + 1,2 \cdot 1,25 = 3,96 kN/m^2$

$4,16 > 3,96$ - přetížení o 5%

Vypracoval : Ing. Vyhňálek, Ph.D.	Stavba : Sdružené zdravotnické zařízení Krnov Dětský pavilon obj. C - FVE na střeše	List.č.: 3
Datum : XI.2022	Obsah : Statický výpočet - 22-928-82 Odborná pomoc	

Росчет м. - дифференциал

$$m_2 = 11,0 \times 1,4 \cdot 1,05 = 16,2$$

пůvodní výpočet

$\approx 16,2 / 1400 = 1/890$ e vyhovuje $< 1/350$.

Росчет м. - и поперек - VAZM.K.

horní PAS 60/160 Dřevo C22

пůvodně $\delta_m = 1,45 \rightarrow \delta_m = 1,20$ mm

$M_{ed} = 1,05 \cdot 42,4 = 44,5$ kN TLAK

$M_{gd} = 1,05 \cdot 0,9 = 0,95$ kNm

$0,68 \cdot 1,05 \cdot 1,2 / 1,45 = 0,64 < 1,0$
vyhovuje

Dolní PAS 60/160

$M_{ed} = 1,05 \cdot 45,7 = 48$ kN

$M_{gd} = 1,05 \cdot 0,30 = 0,32$ kNm

$0,68 \cdot 1,05 \cdot 1,2 / 1,45 = 0,64 < 1,0$
vyhovuje

пůvodní výpočet
str. 12

	Vypracoval : Ing. Vyhnálek, Ph.D.	Stavba : Sdružené zdravotnícké zařízení Krnov Dětský pavilon obj. C - FVE na střeše	List č.:
	Datum : XI.2022	Obsah : Statický výpočet - 22-928-82 Odborná pomoc	4
M. 14	<div data-bbox="663 351 1290 437"> <u>DIAGONÁLA 60/220 TLAČENA</u> </div> <div data-bbox="648 475 1136 526"> $M_{ed} = 105 \cdot 44,2 = 4641 \text{ kJ}$ </div> <div data-bbox="616 548 1242 603"> $1,05 \cdot 0,84 \cdot 1,3/1,45 = 0,75 < 1,0$ </div> <div data-bbox="663 668 1105 736"> <u>DIAGONÁLA 60/60 TAŽENÁ</u> </div> <div data-bbox="669 783 1162 838"> $F_{st} = 1,05 \cdot 16,4 = 17,2 \text{ kN}$ </div> <div data-bbox="639 898 1253 951"> $1,05 \cdot 0,57 \cdot 1,3/1,45 = 0,54 < 1,0$ </div> <div data-bbox="903 973 1031 1017"> vyhoví! </div> <div data-bbox="557 1090 688 1136"> Str. 17 </div> <div data-bbox="742 1128 1347 1176"> ostatní DIAGONÁLY A PRISLICO VYHOVÍ! </div> <div data-bbox="589 1238 1219 1289"> VAZNÍK VYHOVUJE NA MSÚ A MSP. </div>		

	Vypracoval : Ing. Vyhnanek, Ph.D.	Stavba : Sdružené zdravotnické zařízení Krnov Dětský pavilon obj. C - FVE na střeše	List.č.:
	Datum : XI.2022	Obsah : Statický výpočet - 22-928-82 Odborná pomoc	5
Str. 32	<h2 style="text-align: center;"><u>HOŠŤAŤ OBEŠŤOVÁ KONSTRUKCE</u></h2>		
	- MEZESÍ SE STABILITA, TA HĚMÍ FVE OVLIVNĚNÍ		
	<h3 style="text-align: center;"><u>POSOUZENÍ DEFORMACE</u></h3>		
	1) VÁZNICE 2U 240 (MEZ. POL. D6 a D7 $m_2 = 81 \text{ mm} \cdot \frac{1}{1,05} \approx 77,17 \text{ mm} \approx 1/1281 \text{ mm} < 1/250 \text{ mm}$		
	2) VÁZNICE 2U 160 - ŠTÍTOVÉ $m_2 = 15 \text{ mm} \cdot 1,05 = 15,75 \text{ mm}$ $\approx 15,8 / 4000 = 1/254 \text{ mm}$		
	3) VŘEŠK SLAPK $m_2 = 4,0 \text{ mm}$ PŘÍPÍČNÍ FVE MÁ VODODOPADNÍ PRŮTOK HĚMÍ VLIV.		
	4) VÁZNICE 2U 240 $m_2 = 15 \text{ mm}$ PRŮTOK JE HĚOVLIVNĚN FVE		

	Vypracoval : Ing. Vyhnanek, Ph.D.	Stavba : Sdružené zdravotnické zařízení Krnov Dětský pavilon obj. C - FVE na střeše	List.č.:
	Datum : XI.2022	Obsah : Statický výpočet - 22-928-82 Odborná pomoc	6
St. 33	<p style="text-align: center;"><u>Posouzení únosnosti</u></p> <p><u>Sloup 24 160</u> § 235</p> <p>Převodní $\gamma_m = 1,15 \rightarrow$ nově $\gamma_m = 1,0$</p> <p>VZPĚR - ZÁSTAVBA STEVNÁ</p> <p>$N_{ed} = 1,05 \cdot 180,1 = 189,1 \text{ kN}$</p> <p>$M_{y,ed} = 1,05 \cdot 23,5 = 25,14 \text{ kNm}$</p> <p>$M_{z,ed} = 1,05 \cdot 3,1 = 3,21 \text{ kNm}$</p> <p>$1,05 \cdot 0,81 \cdot 1,0 / 1,15 = 0,74 < 1,0$</p> <p>Sloup vyhovuje</p> <p><u>VÁZNIK 25 160</u></p> <p>$N_{ed} = 1,05 \cdot 40,1 = 42,1 \text{ kN}$</p> <p>$M_{y,ed} = 1,05 \cdot 31,4 = 33 \text{ kNm}$</p> <p>$M_{z,ed} = 1,05 \cdot 1,7 = 1,81 \text{ kNm}$</p> <p>$1,05 \cdot 0,78 \cdot 1,0 / 1,15 = 0,71 < 1,0$</p> <p>Vázník</p>		

<div>Vypracoval : Ing. Vyhnaněk, Ph.D.</div>	<div>Stavba : Sdružené zdravotnické zařízení Krnov Dětský pavilon obj. C - FVE na střeše</div>	<div>List č.: 7</div>
<div>Datum : XI.2022</div>	<div>Obsah : Statický výpočet - 22-928-82 Odborná pomoc</div>	

Ab. 28

VAZNICE

24240

S235

$g_m = 1,15$

$\rightarrow H_{ovc}$

$g_n = 1,0$

$M_{ed} = 1,05 \cdot 85,9 = 90,2 \text{ kNm}$

$M_{ged} = 1,05 \cdot 55,2 = 58 \text{ kNm}$

$M_{zed} = 1,05 \cdot 4,0 = 4,2 \text{ kNm}$

$1,05 \cdot 0,69 \cdot 1,0 / 1,15 = 0,56 < 1,0$

VYHODNĚ.

OSTATNÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE VYHODNĚ

M. 41 - PŘÍPODNÍHO VÝPOČTU

BETONOVÉ KONSTRUKCE

PŘÍPŮČNÍ OD FVE SE PŘÍJEMNĚ POUŽÍ

PŘÍPŮČNÍ NA SLABKY (MĚ NA PŘÍVLAKY)

PŘÍPŮČNÍ JE

$AP_{ed} = (1,05 - 1,0) \cdot 180,2$

$= 9,0121$

PŘÍPODNÍ ZATÍŽENÍ

1579,121

\rightarrow PŘÍPŮČNÍ

$9 / 1579 = 0,57\%$

\rightarrow LZE ZAPOMENOUT.