

Stavebně-technický průzkum a statické ověření únosnosti střešní konstrukce ZŠ Kosmonautů 13 a 15 za účelem instalace FVE

Objednatel:

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Centrum energetických a environmentálních technologií (CEET)

Výzkumné energetické centrum (VEC)

17. listopadu 2172/15

708 00 Ostrava-Poruba

Zhotovitel:

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební

Experimentální a diagnostické stavební centrum

Ludvíka Podéště 1875/17

708 00 Ostrava-Poruba

Vypracovali:

Ing. Petr Mynarčík, Ph.D.

Ing- Lucie Mynarzová, Ph.D.

Experimentální a diagnostické stavební centrum

doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

Katedra konstrukcí

Autorizoval:

doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

Katedra konstrukcí

autorizovaný inženýr pro obor: Statika a dynamika staveb

číslo autorizace: ČKAIT 1104146



prof. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.
děkan Fakulty stavební

Identifikační údaje

Zadavatel prací:	Centrum energetických a environmentálních technologií (CEET) Výzkumné energetické centrum (VEC) 17. listopadu 2172/15 708 00 Ostrava-Poruba
Zastoupený:	doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek, Ředitel VEC
Oprávnění k podnikatelské činnosti:	IČ: 61989100 DIČ: CZ61989100
Zpracovatel:	Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava Experimentální a diagnostické stavební centrum L. Podéšť 1875 708 00 Ostrava-Poruba
Zastoupený:	prof. Ing. Jiřím Brožovským, Ph.D. děkanem Fakulty stavební
Oprávnění k podnikatelské činnosti:	IČ: 61989100 DIČ: CZ61989100
Bankovní spojení: Číslo účtu:	ČSOB a.s., Ostrava 127089559/0300
Zprávu zpracovali:	
Ing. Petr Mynarčík, Ph.D. Ing. Lucie Mynarzová, Ph.D. doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.	petr.mynarcik@vsb.cz lucie.mynarzova@vsb.cz vit.krivy@vsb.cz

Obsah

1. Úvod.....	4
2. Použité podklady, normy a předpisy	5
3. Popis kontrolovaného objektu	6
4. Ověření skladby střešního pláště.....	7
4.1 Zjištěné skutečné skladby střech ZŠ a MŠ Kosmonautů 2218/13	9
4.2 Zjištěné skutečné skladby střech ZŠ a MŠ Kosmonautů 2217/15	11
5. Statické ověření únosnosti střešní konstrukce	13
5.1 Posouzení střešní desky.....	13
5.2 Posouzení průvlastku	19
5.3 Posouzení sloupu.....	28
5.4 Závěr ke statickému výpočtu.....	29

1. Úvod

V této zprávě jsou shrnuty výsledky stavebně-technického průzkumu střešního pláště základní školy Kosmonautů 2217/15 a základní školy Kosmonautů 2218/13 v Ostravě-Zábřehu. Stavebně-technický průzkum byl realizován dle požadavků objednatele. Statický posudek je vyžádán s ohledem na plánované přetížení konstrukce instalací fotovoltaické elektrárny.

Zpráva byla zpracována na základě poskytnutých podkladů, vizuálních prohlídek a diagnostických prací provedených in situ.

V rámci stavebně-technického průzkumu a diagnostiky kontrolované konstrukce bylo provedeno:

- studium dostupné technické dokumentace,
- provedení sond do střešního pláště.
- vyhodnocení získaných informací a zpracování závěrečné zprávy.

Cílem diagnostických prací a stavebně-technického průzkumu bylo stanovit skutečnou skladbu střešního pláště pro upřesněné statické posouzení střešní konstrukce objektů za účelem instalace FVE.

Statické posouzení střešních konstrukcí je uvedeno v druhé části této zprávy.

Stavebně-technický průzkum a diagnostické práce provedli za VŠB-Technickou univerzitu Ostrava:

- Ing. Petr Mynarčík, Ph.D.
- Ing. Marek Johanides, Ph.D.
- Ing. Pavel Dobeš, Ph.D.
- Ing. Jiří Koktan

Statické ověření provedli za VŠB-Technickou univerzitu Ostrava:

- Ing. Lucie Mynarzová, Ph.D.
- doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

2. Použité podklady, normy a předpisy

Normy

- [1] ČSN EN 1990 ed. 2 (730002) *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [2] ČSN EN 1991 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí* (příslušné části této skupiny norem).
- [3] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (731201) *A Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1, Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [4] ČSN EN 206+A1 *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [5] ČSN ISO 13822 (730038) *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [6] ČSN 73 0038 *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [7] ČSN 73 6221 *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [8] ČSN EN 14630 *Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí: Zkušební metody – Stanovení hloubky zasažení karbonatů v zatvrdlém betonu pomocí fenolftaleinové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.

Odborná literatura, publikace

- [9] Witzany, J. *PDR – poruchy, degradace a rekonstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.
- [10] Rochla, M. *Stavební tabulky*, SNTL, Praha, 1987.

Technická dokumentace

- [11] části původní dokumentace vypracované Krajským projektovým ústavem „Stavoprojekt“ Ostrava v součinnosti s organizací Pozemní stavby, n.p. Ostrava.

3. Popis kontrolovaného objektu

Nosná konstrukce obou základních škol (tj. základní škola Kosmonautů 2217/15 a základní škola Kosmonautů 2218/13) je prakticky totožná. Nosná konstrukce obou hodnocených objektů byla realizována podle stejného projektu vypracovaného Krajským projektovým ústavem „Stavoprojekt“ Ostrava v součinnosti s organizací Pozemní stavby, n.p. Ostrava. Projektové práce byly realizovány na přelomu 50. a 60. let minulého století, oba objekty jsou tedy přibližně 60 let v provozu.

Nosná konstrukce obou objektů je navržena jako železobetonová monolitická. Každý objekt je tvořen celkem 4 dilatačními celky a má 4 nadzemní a jedno podzemní podlaží. Hlavní nosný systém tvoří příčné rámy s konstantní roztečí 4500 mm. Vodorovným nosným prvkem jsou železobetonové desky, které u všech dilatačních celků působí jako spojitě nosníky o 4 polích. Pro nosné prvky byl použit beton 170, hlavní nosná výztuž je navržena z oceli 10452 - C. K nosné konstrukci se dochovaly armovací a šalovací výkresy (plány ke střešní desce jsou na výkresech č. 207 a 216 vypracovaných Stavoprojektem Ostrava). Původní statický výpočet se nebyl nalezen (pouze pomocné výpočty, které nelze uplatnit pro posouzení vlivu přitížení od plánované instalace FVE).

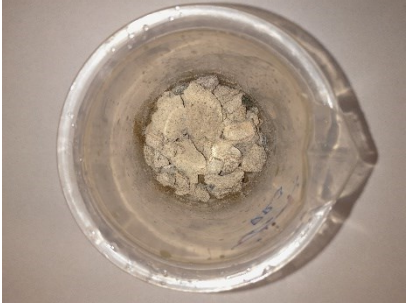


V letech 2010 a 2011 bylo projektováno zateplení budov základních škol, které spočívalo v doplnění tepelné izolace POLYDEK EPS 100 v tloušťce 200 mm a nové hydroizolace. Původní vrstvy střešního pláště zůstaly zachovány.

4. Ověření skladby střešního pláště

V této části technické zprávy jsou shrnuty výsledky průzkumu skladby střešního pláště na objektech obou základních škol. Průzkum byl zaměřen na stanovení skladby střešního pláště pro účely statického posouzení objektu. Celkem byly provedeny 3 sondy na každém školním objektu, schématické umístění sond je znázorněno na Obr.1 a Obr. 2.

Sondy byly provedeny pomocí úhlové brusky tak, aby co nejméně poškodily střešní plášť. Střešní sonda je čtvercového půdorysu o rozměrech 300 x 300 mm. Následně byly otvory ve střešním plášti patřičně zapraveny. Vzhledem k nutnosti upřesnění zatížení střešního pláště od reálné skladby střechy byly z konstrukce odebrány vzorky klíčových vrstev pro laboratorní stanovení objemové hmotnosti, přehled je uveden v Tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled objemových hmotností klíčových vrstev střešního pláště

Objemové hmotnosti klíčových vrstev střešního pláště		
Ilustrační foto vzorku	Název vrstvy	Zjištěná objemová hmotnost
	Cementobetonový potěr	2250 kg/m ³
	Škvárobeton	1700 kg/m ³
	Škvárový podsyp	850 kg/m ³

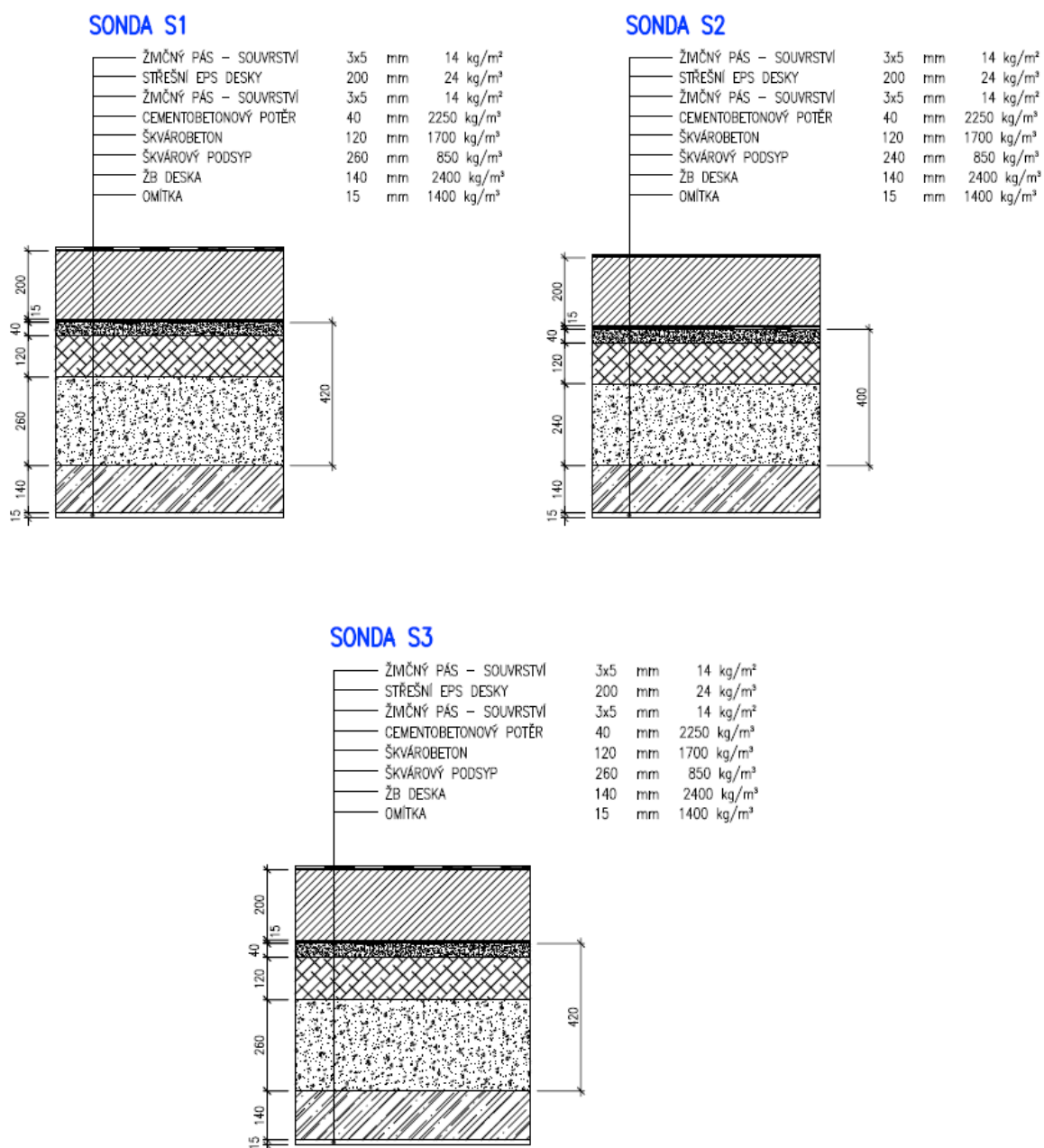


Obr.1 Schéma umístění sond do střešního pláště ZŠ a MŠ Kosmonautů 2218/13



Obr.2 Schéma umístění sond do střešního pláště ZŠ a MŠ Kosmonautů 2217/15

4.1 Zjištěné skutečné skladby střech ZŠ a MŠ Kosmonautů 2218/13



Obr.3 Zjištěné skladby střešního pláště sondy S1 až S3

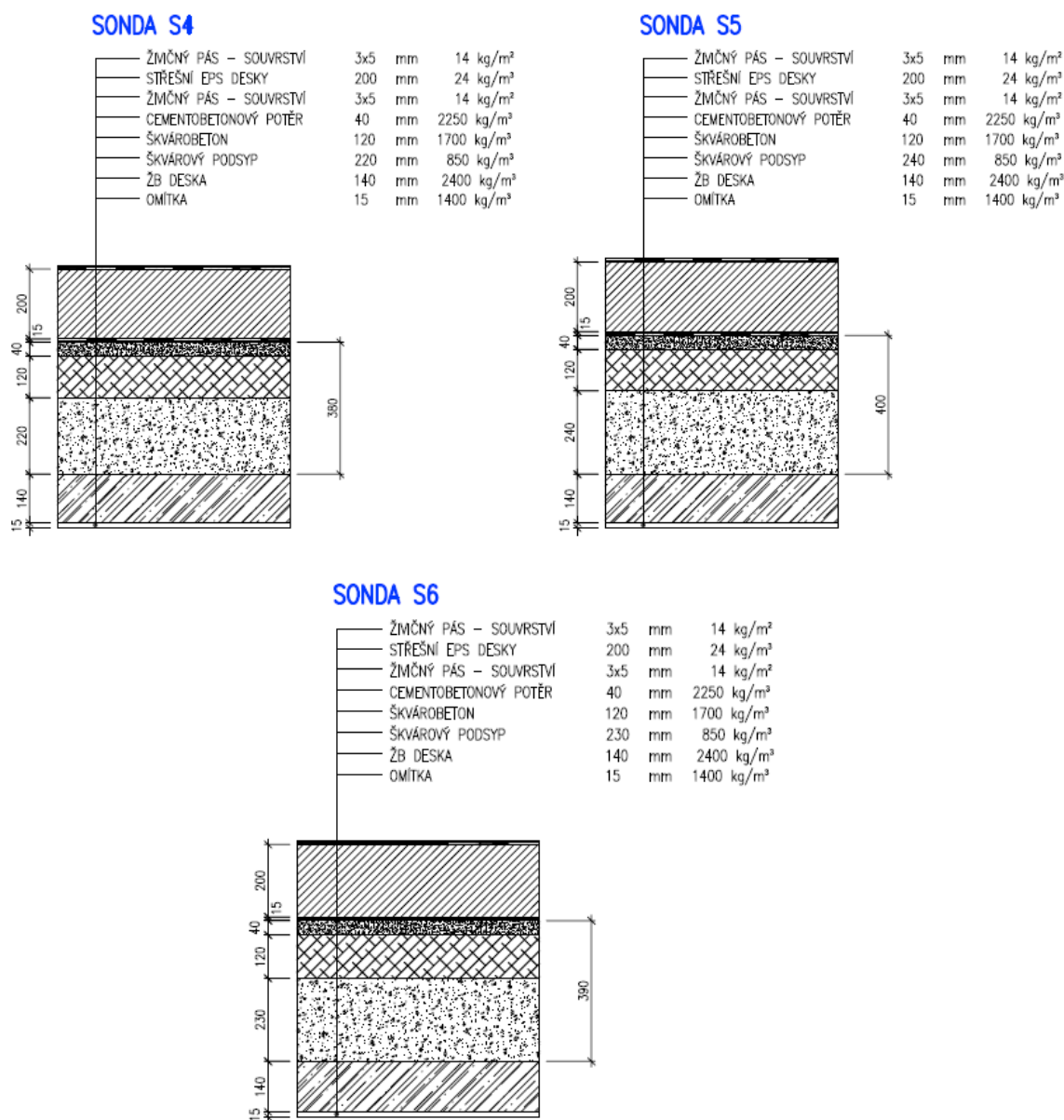


Obr.4 Realizovaná sonda do střešního pláště S1 – ilustrační pohled



Obr.5 Pohledy na kontrolovaný střešní plášť ZŠ a MŠ Kosmonautů 2218/13

4.2 Zjištěné skutečné skladby střech ZŠ a MŠ Kosmonautů 2217/15



Obr.6 Zjištěné skladby střešního pláště sondy S4 až S6



Obr.7 Realizovaná sonda do střešního pláště S5 – ilustrační pohled



Obr.8 Pohledy na kontrolovaný střešní plášť ZŠ a MŠ Kosmonautů 2217/15

5. Statické ověření únosnosti střešní konstrukce

Statické posouzení železobetonové střešní konstrukce (průvlaky, deska a sloupy) má ověřit, jestli je možné přitížit stávající konstrukci nově instalovanými fotovoltaickými panely. Posouzení je provedeno **pro variantu panelů, které jsou přímo kotveny do střešní konstrukce**, takže střecha není zatížena balastním zatížením. Posudek vychází z dochované části původní dokumentace a z provedené diagnostiky střešního pláště.

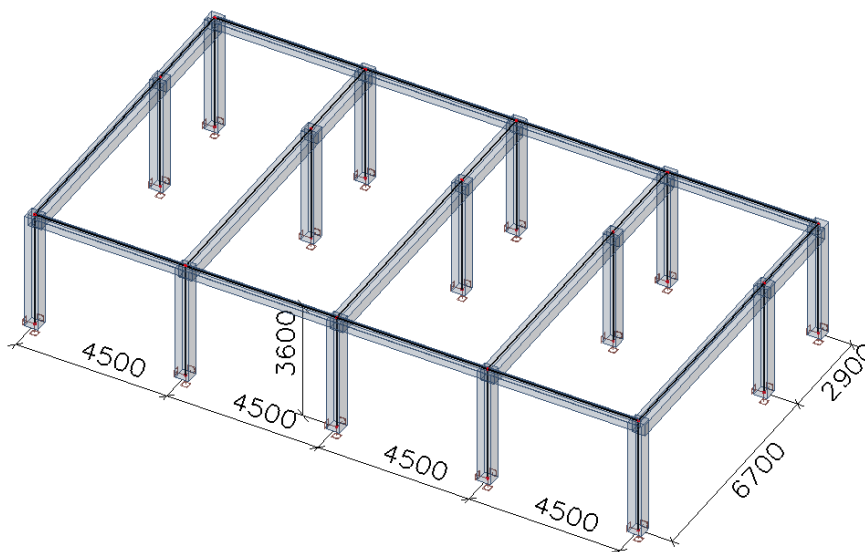
V případě, že na stávající konstrukci dojde ke změně zatížení (např. přitížením plánovanou instalací fotovoltaických panelů), doporučuje norma [6] přepočítat konstrukci podle současných platných norem (Eurokódů).

V dokumentaci je uveden beton B170 a hlavní výztuž jakosti 10452. Hodnoty zavedené do statické analýzy byly stanoveny na základě doporučení ČSN 73 0038 [6]. Beton B170 se uvažuje jako C10/13,5 dle tabulky 6.1 výše citované normy. Charakteristická hodnota meze kluzu oceli 10 452 se dle tabulky 6.2 uvažuje 270 MPa.

5.1 Posouzení střešní desky

Numerický model desky

Statická analýza byla provedena pro nejvyšší podlaží jednoho dilatačního celku – součástí 3D modelu je pět příčných rámců (sloupy a průvlaky), dva podélné obvodové průvlaky a ŽB střešní deska o čtyřech polích monoliticky spojená s průvlaky (žebry). Rozměry podélných i příčných průvlaků a desky byly odečteny z výkresové dokumentace.



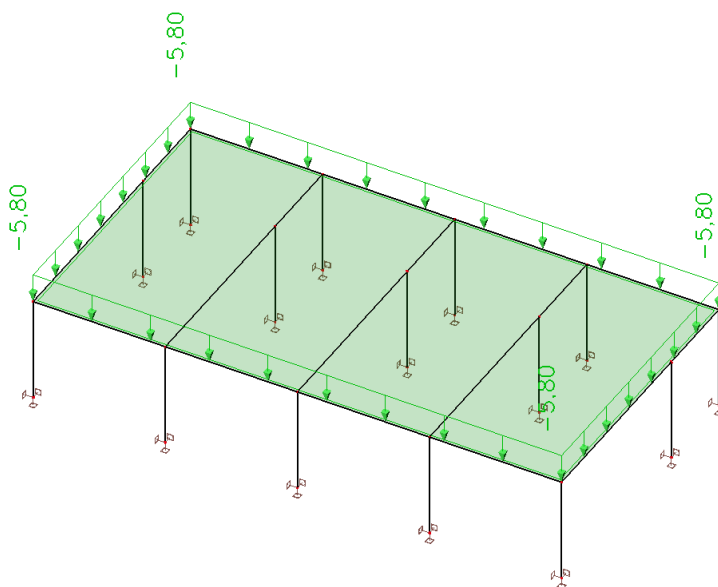
Zatížení a kombinace zatížení

Zatížení střechy

Střešní monolitická železobetonová deska jednoho dilatačního celku je jednosměrně působící, uložena na průvlacích, které jsou součástí příčných nosných rámců. Zatížení střechy je uvažováno stejné na celé ploše střechy, do výpočtu zatížení je zahrnuta maximální výška násypu podle provedených sond

(Kap. 4). Součinitele pro stálé zatížení jsou ve 3D modelu uvažovány jako 1,0, protože byla ověřena skutečná skladba střechy (tloušťky i objemové hmotnosti jednotlivých vrstev).

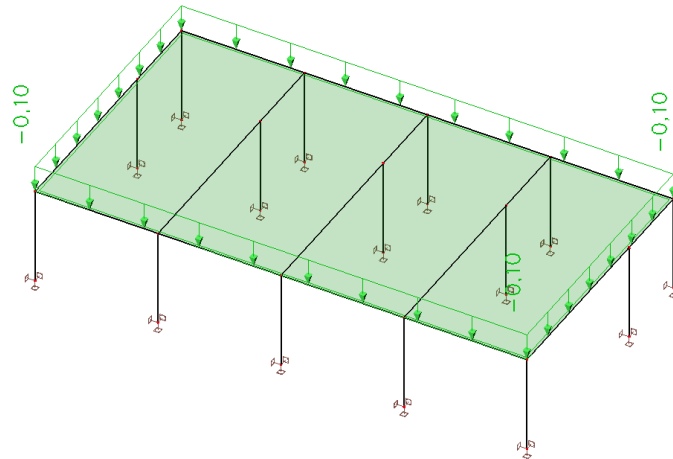
Zatížení stálé (skladba stropu bez vl. tíhy desky)				
	Tloušťka vrstvy (mm)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Plošná hmotnost (kg/m ²)	Zatížení char. hodn. (kN/m ²)
Živičný pás – souvrství			14,00	0,14
Střešní EPS desky	200	24	4,80	0,05
Živičný pás – souvrství			14,00	0,14
Cementový potěr	40	2500	100,00	1,00
Škvárobeton	120	1700	204,00	2,04
Škvárový podsyp	260	850	221,00	2,21
Omítka	15	1400	21,00	0,21
Celkem				5,79



Užitné zatížení pro střechy je menší než zatížení sněhem, proto nebude do výpočtu zahrnuto.

Přítížení fotovoltaickými panely

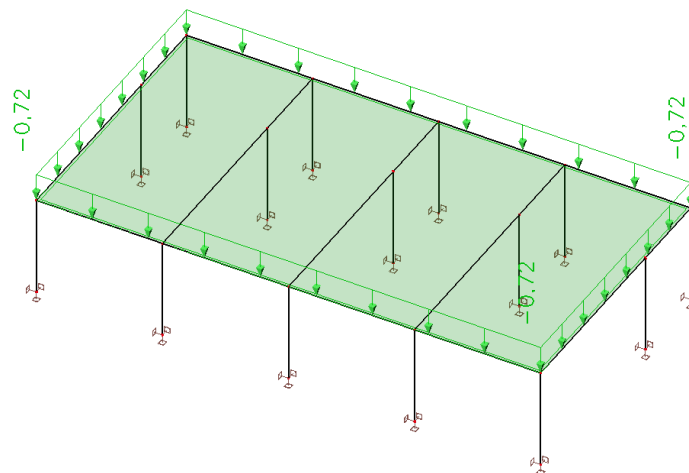
Na základě provedené analýzy se doporučuje použít pouze panely, které se přímo kotví do střešní konstrukce (například flexipanely) a nejsou již více přítíženy jako prevence proti sání větru. **Plošná hmotnost tohoto typu panelů je maximálně 10 kN/m².** Posudek je proveden pro tuto variantu.



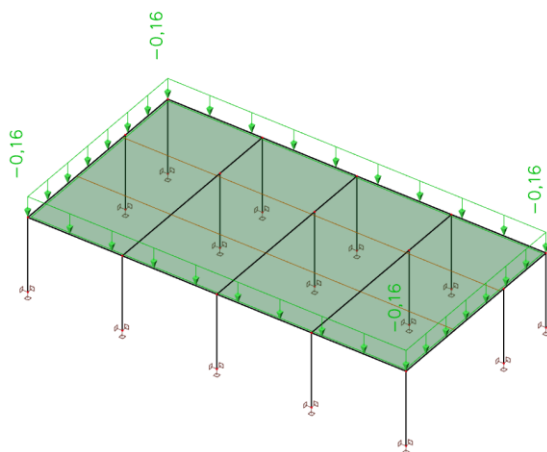
Klimatická zatížení

Ostrava spadá do II. sněhové oblasti s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem na zemi $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ pro tuto oblast. Toto zatížení lze zpřesnit podle skutečných souřadnic posuzovaného objektu (zdroj: <https://clima-maps.info/snehovamapa>) na $s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení sněhem na střeše			
Sněhová oblast II (Ostrava); upřesněno dle souřadnic objektu	s_k	0,9	kN/m^2
Součinitel expozice	C_e	1	
Tepelný součinitel	C_t	1	
Tvarový souč. pro ploché střechy	μ	0,8	
Char. zat. sněhem	s_k	0,72	kN/m^2



Ostrava je zařazena do II. větrné oblasti s výchozí hodnotou základní rychlosti větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$. Pro posouzení střechy byl na celé ploše řešeného dilatačního celku zjednodušeně uvažován stejný tlak větru o velikosti $w_{k,I} = 0,16 \text{ kN/m}^2$ (oblast I).



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	Skladba střechy	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	Fotovoltaika	Stálé Standard	SZ1			
ZS4	Sníh Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS5	Vítr Standard	Proměnné Statické	SZ3		Krátkodobé	Žádný

Skupiny zatížení

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

Kombinace zatížení

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-Sada B (auto)		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Skladba střechy	1,000
			ZS3 - Fotovoltaika	1,000
			ZS4 - Sníh	1,000
			ZS5 - Vítr	1,000
MSP-Char (auto)		EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Skladba střechy	1,000
			ZS3 - Fotovoltaika	1,000
			ZS4 - Sníh	1,000
			ZS5 - Vítr	1,000
MSP-Kvazi (auto)		EN-MSP kvazistálá	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Skladba střechy	1,000
			ZS3 - Fotovoltaika	1,000
			ZS4 - Sníh	1,000
			ZS5 - Vítr	1,000

EN-MSÚ ... lineární kombinace podle EN 1990, rovnice 6.10a a 6.10b (STR/GEO)

EN-MSP ... lineární kombinace podle EN 1990, rovnice 6.14 (charakteristická)

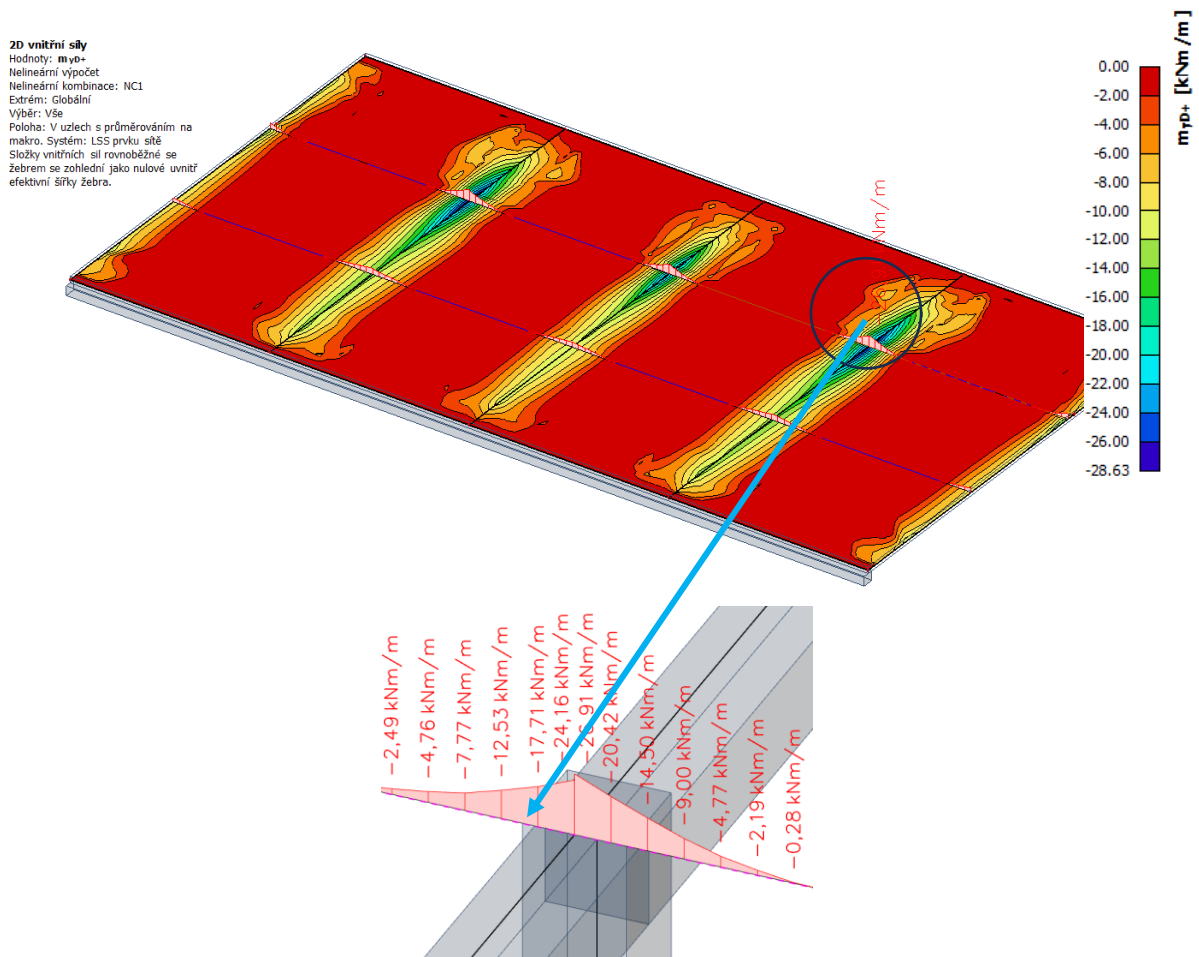
EN-MSP ... lineární kombinace podle EN 1990, rovnice 6.16 (kvazistálá)

Nelineární kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Skladba střechy	1,000
		ZS3 - Fotovoltaika	1,000
		ZS4 - Sníh	1,500
		ZS5 - Vítr	0,900
NC2	Použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Skladba střechy	1,000
		ZS3 - Fotovoltaika	1,000
		ZS4 - Sníh	1,000
		ZS5 - Vítr	1,000

Posouzení střešní desky

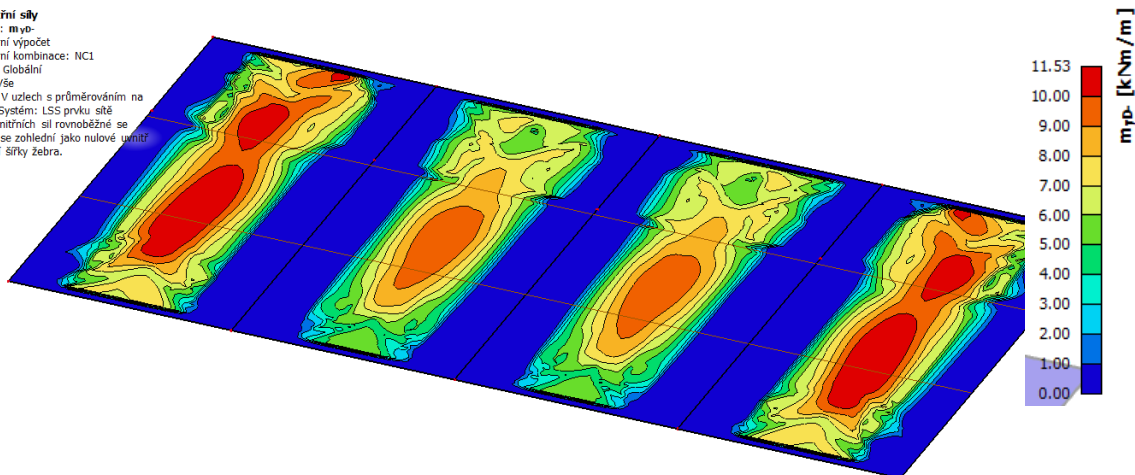
Návrhové vnitřní síly jsou vykresleny pro nejnepříznivější nelineární kombinaci NC1 s uvažováním spolupůsobící šířky desky b_{eff} určené podle Eurokódu 2 [3] a započítané k příčným průvlakům.



Návrhové momenty v nosném směru u horního povrchu desky

2D vnitřní síly

Hodnoty: m_{yb}
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC1
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Návrhové momenty v nosném směru u spodního povrchu desky

Parametry průřezu							
Beton C10/13,5	f_{ck}	10 MPa	Výztuž 10452				
	f_{cd}	6,67 MPa					
	f_{ctm}	1,4 MPa					
	E_{cm}	26 GPa					
	η	1	<td> <td>f_{yk}</td> <td>270 MPa</td> </td>	<td>f_{yk}</td> <td>270 MPa</td>	f_{yk}	270 MPa	
	λ	0,8	<td> <td>f_{yd}</td> <td>234,78 MPa</td> </td>	<td>f_{yd}</td> <td>234,78 MPa</td>	f_{yd}	234,78 MPa	
			<td> <td>Tloušťka desky</td> <td>h</td> <td>140 mm</td> </td>	<td>Tloušťka desky</td> <td>h</td> <td>140 mm</td>	Tloušťka desky	h	140 mm
			<td> <td>Šířka průřezu</td> <td>b</td> <td>1000 mm</td> </td>	<td>Šířka průřezu</td> <td>b</td> <td>1000 mm</td>	Šířka průřezu	b	1000 mm
			<td> <td>Krytí výztuže</td> <td>c_{nom}</td> <td>15 mm</td> </td>	<td>Krytí výztuže</td> <td>c_{nom}</td> <td>15 mm</td>	Krytí výztuže	c_{nom}	15 mm

Rozmístění dolní výztuže:

- Krajní pole 7 $\emptyset C10/bm$ ($s = 143$ mm)
- Vnitřní pole 7 $\emptyset C10/bm$

Rozmístění horní výztuže:

- Nad krajní podporou 3,5 $\emptyset C10/bm$ ($s = 286$ mm)
- Nad první vnitřní podporou 9 $\emptyset C10/bm$ ($s = 112$ mm)
- Nad druhou vnitřní podporou 7 $\emptyset C10/bm$

Posouzení výztuže

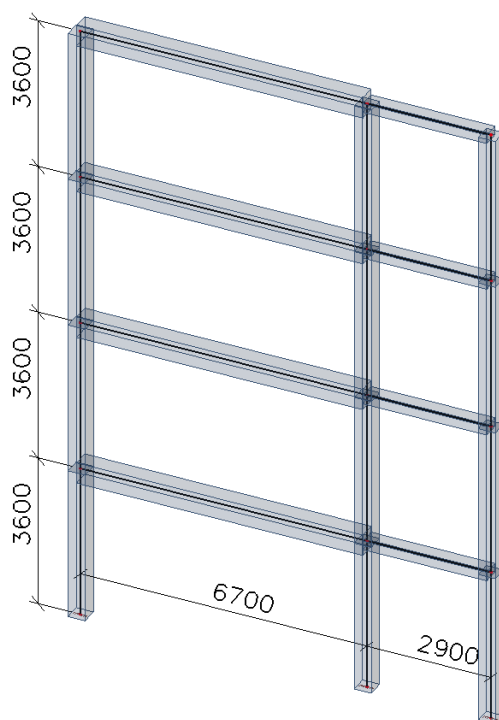
povrch	průměr prutu	rozteč prutů	plocha výztuže	účinná výška	mom. od zat.	mom. únosnosti	POSOUZENÍ
	ϕ (mm)	s (mm)	a_s (mm ² /m)	d (mm)	M_{Ed} (kNm/m)	M_{Rd} (kNm/m)	
spodní	10	143	549	120	11,53	14,23	vyhovuje
horní	10	112	701	Přibližně na líci podpory:	16,0	17,72	vyhovuje

povrch	x (m/m)	x/d	x_{bal}	$x/d \leq x_{bal}$	$a_{s,min}$ (mm ² /m)	$a_{s,min} \leq a_s$	$a_{s,max}$ (mm ² /m)	$a_s \leq a_{s,max}$
hor- spod- ní	0,0242	0,201	0,749	OK	161,8	OK	5600	OK
hor- ní	0,0309	0,257	0,749	OK	161,8	OK	5600	OK

Střešní železobetonová konstrukce desky vyhoví a přenesení působící zatížení.

5.2 Posouzení průvlaku

Pro posouzení průvlaků a sloupu byl zvolen 2D model krajního příčného rámu, který je na výkresové dokumentaci označen písmenem A. Průvlak střešní konstrukce má dvě pole. Průřez průvlaku v delším poli je 500 × 400 mm (h × b), průřez průvlaku v kratším poli je 210 × 400 mm (h × b). Skladba střešní konstrukce je stejná v obou částech a byla potvrzena diagnostikou střešního pláště (Kap. 4). Pro účely určení maximálních vnitřních sil na sloupech byla v modelu použita skladba stropů nad běžnými podlažími podle dochované výkresové dokumentace.



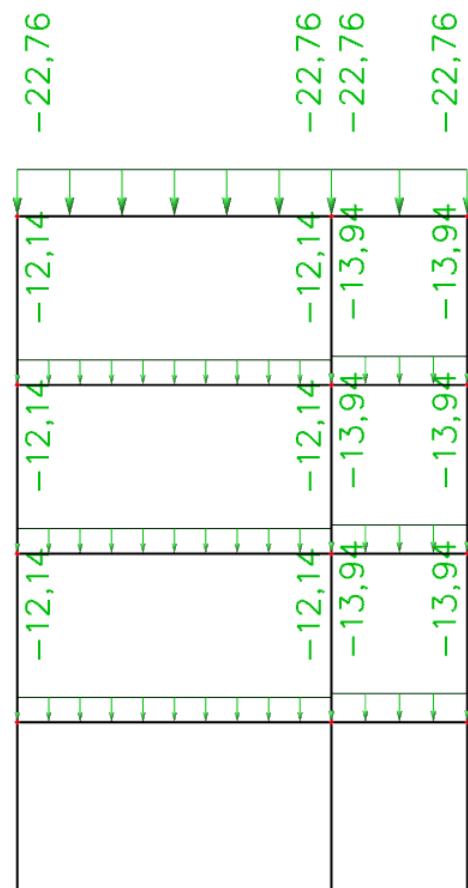
Zatížení a kombinace zatížení

Stálé a užité zatížení průvlaků

Zatížení průvlaku – střešní konstrukce			
(bez vl. tíhy průvlaku)	Plošné zat. (kN/m ²)	Rozn. šířka (m)	Char. zat. (kN/m)
Stálé			
Skladba střechy bez vl. tíhy desky	5,79	2,45	14,18
ŽB střešní deska tl. 140 mm	3,50	2,45	8,58
Celkem stálé zat.			22,76

Zatížení průvlaku – běžné podlaží (PVC)				
(bez vl. tíhy průvlaku)	Tloušťka vrstvy (mm)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Rozn. šířka (m)	Zatížení char. hodn. (kN/m)
Stálé zat.				
PVC	5	24	2,45	0,003
Cementový potěr	20	2500	2,45	1,23
Pěnobet. desky	40	900	2,45	0,88
Škvárový násyp	45	850	2,45	0,94
ŽB deska	140	2500	2,45	8,58
Omítka	15	1400	2,45	0,51
Celkem				12,14

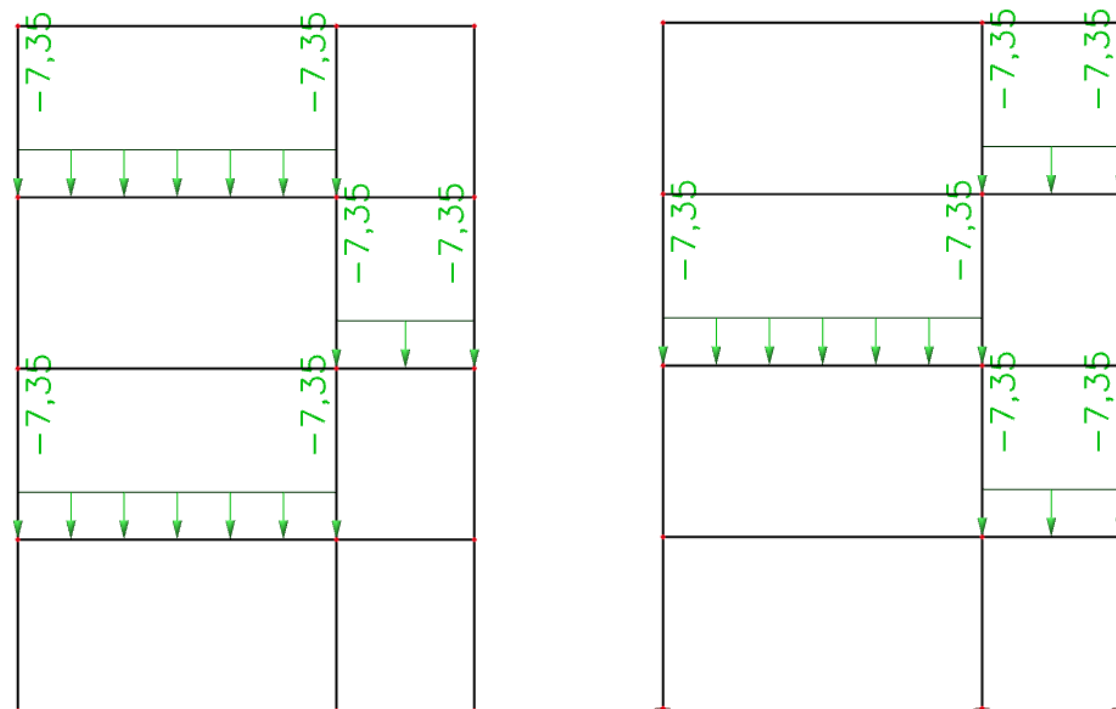
Zatížení průvlaku – běžné podlaží (dlažba)				
(bez vl. tíhy průvlaku)	Tloušťka vrstvy (mm)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Rozn. šířka (m)	Zatížení char. hodn. (kN/m)
Stálé zat.				
Dlažba teraco	25	2300	2,45	1,41
Malta	15	2100	2,45	0,77
Cementový potěr	30	2500	2,45	1,84
Škvárový násyp	40	850	2,45	0,83
ŽB deska	140	2500	2,45	8,58
Omítka	15	1400	2,45	0,51
Celkem				13,94



2. ZS: Skladba stropu bez vlastní tíhy prvků, stálé zatížení

Užitné zatížení pro školy je dáno v Národní příloze v normě ČSN EN 1991-1-1 [2] jako 3,0 kN/m².

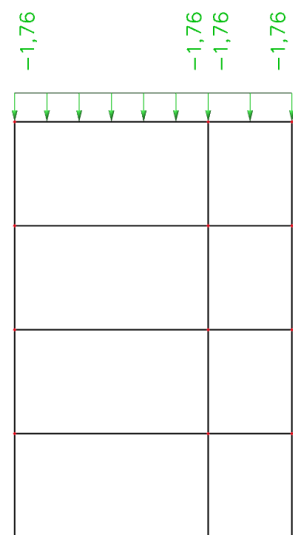
Užitné zatížení (běžné podlaží)			
	Plošné zat. (kN/m ²)	Rozn. šířka (m)	Char. zat. (kN/m)
Užitné zat. dle ČSN EN 1991-1-1	3,00	2,45	7,35
Celkem užitné zat.			7,35



3. a 4. ZS: Užité zátížení

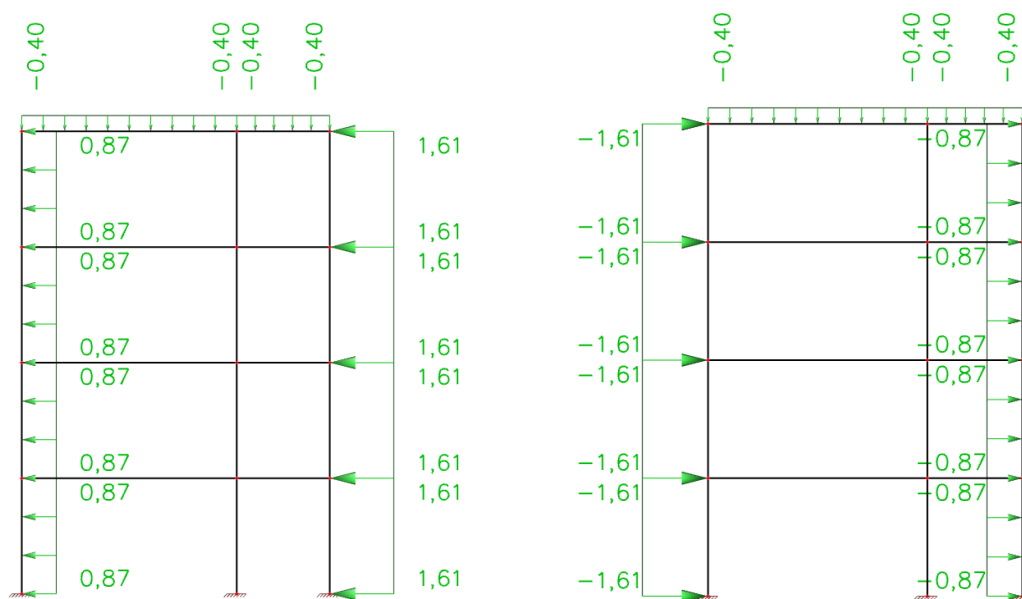
Zatížení sněhem pro roznášecí šířku krajního průvlaku:

Zatížení sněhem působící na průvlak			
Sněhová oblast II (Ostrava); upřesněno dle souřadnic objektu	s_k	0,9	kN/m ²
Součinitel expozice	C_e	1	
Tepelný součinitel	C_t	1	
Tvarový souč. pro ploché střechy	μ	0,8	
Char. zat. sněhem	s_k	0,72	kN/m²
Rozn. šířka		2,45	m
Celkem zat. sněhem		1,76	kN/m



5. ZS: Zatížení sněhem

Stejně jako u modelu desky byl na střeše uvažován tlak větru o velikosti $w_{k,I} = 0,16 \text{ kN/m}^2$, na stěnách pak tlak pro oblasti D $w_{k,D} = 0,66 \text{ kN/m}^2$ a E $w_{k,E} = -0,36 \text{ kN/m}^2$, vše přepočteno pro roznášecí šířku krajního trámu.



6. a 7. ZS: Zatížení větrem

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	Skladba podlahy	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	Užitné Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS4	Užitné 2 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS5	Sníh Standard	Proměnné Statické	SZ3		Krátkodobé	Žádný
ZS6	Vítr 1 Standard	Proměnné Statické	SZ4		Krátkodobé	Žádný
ZS7	Vítr 2 Standard	Proměnné Statické	SZ4		Krátkodobé	Žádný

Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
SZ1	Stálé		
SZ2	Proměnné	Standard	Kat C : shromáždění
SZ3	Proměnné	Standard	Sníh
SZ4	Proměnné	Výběrová	Vítr

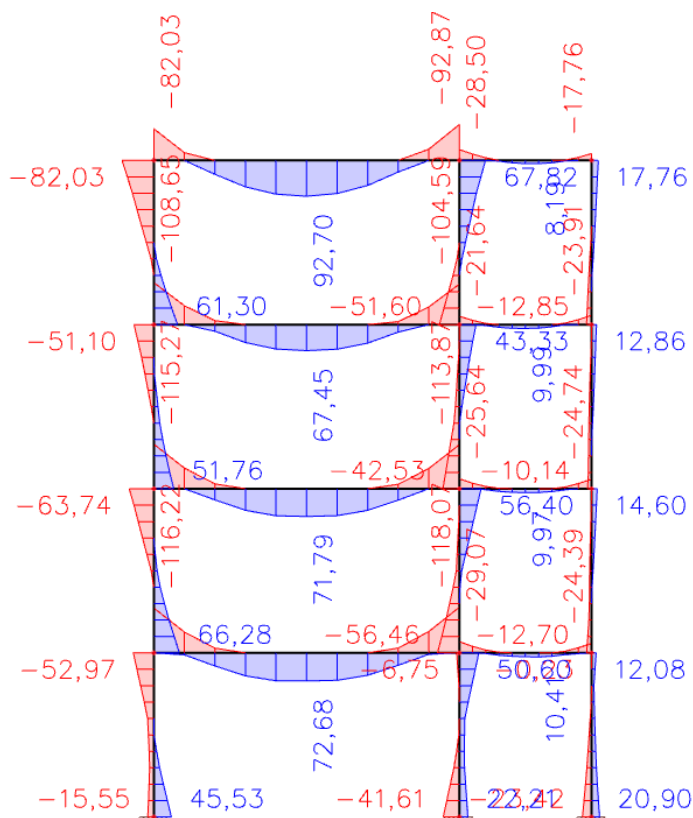
Kombinace zatížení

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-Sada B (auto)		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Skladba podlahy	1,000
			ZS3 - Užitné	1,000
			ZS4 - Užitné 2	1,000
			ZS5 - Sníh	1,000
			ZS6 - Vítr 1	1,000
			ZS7 - Vítr 2	1,000
MSP-Char (auto)		EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Skladba podlahy	1,000
			ZS3 - Užitné	1,000
			ZS4 - Užitné 2	1,000
			ZS5 - Sníh	1,000
			ZS6 - Vítr 1	1,000
			ZS7 - Vítr 2	1,000
MSP-Kvazi (auto)		EN-MSP kvazistálá	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Skladba podlahy	1,000
			ZS3 - Užitné	1,000
			ZS4 - Užitné 2	1,000
			ZS5 - Sníh	1,000
			ZS6 - Vítr 1	1,000
			ZS7 - Vítr 2	1,000

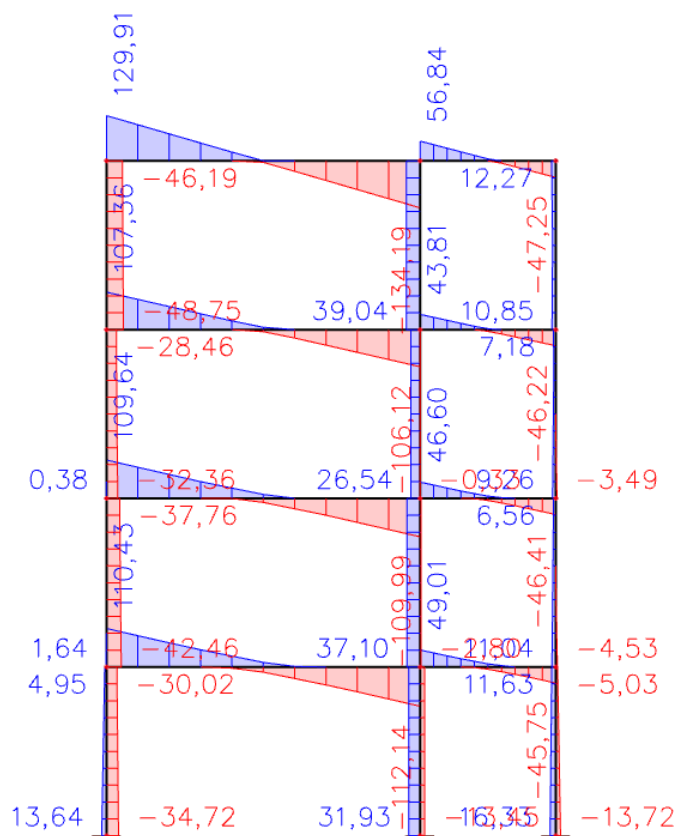
Posouzení průvlaku

- Délka 6,7 m
- Průřez 500 × 400 mm (h × b)
- Výztuž u spodního okraje 5Ø18
- Výztuž u horního okraje 5Ø18
- Třmínky Ø10/150

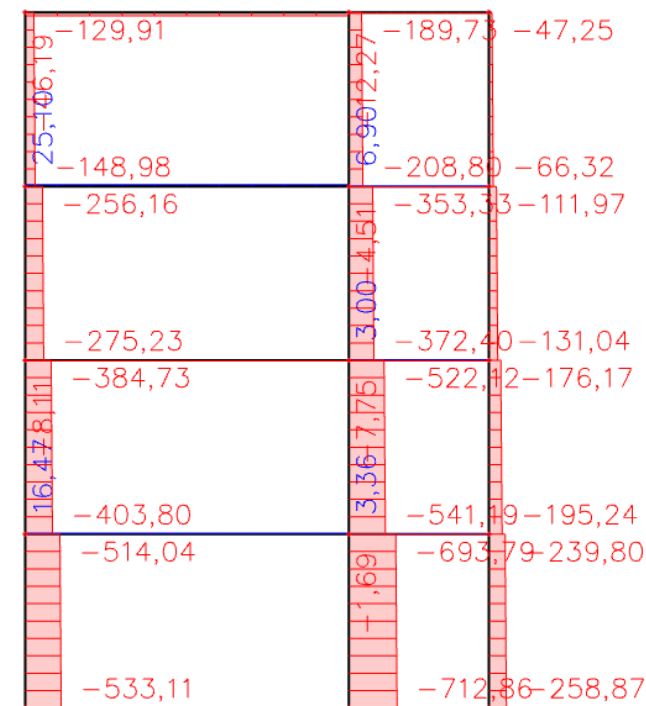
Posouzení je provedeno pro nejnepříznivější kombinaci zatížení.



Průběh ohybových momentů v kNm



Průběh posouvajících sil v kN



Průběhy normálových sil

Parametry průřezu							
Beton C10/13,5	f_{ck}	10	MPa	Výztuž 10 452 C	f_{yk}	270	MPa
	f_{cd}	6,67	MPa		f_{yd}	234,8	MPa
	f_{ctm}	1,4	MPa				
	E_{cm}	26	GPa				
	η	1		Tloušťka průřezu	h	500	mm
	λ	0,8		Šířka průřezu	b	400	mm
				Krytí výztuže	c_{nom}	15	mm

Posouzení tažené výztuže

průměr prutu ϕ (mm)	počet prutů n (mm)	plocha výztuže A_s (mm ²)	účinná výška d (mm)	mom. od zat. M_{Ed} (kNm/m)	mom. únosnosti M_{Rd} (kNm/m)	POSOUZENÍ $M_{Ed} \leq M_{Rd}$
18	5	1272	476	117,1	125,46	vyhovuje

x (m/m)	x/d	x_{bal}	$x/d \leq x_{bal}$	$A_{s,min}$ (mm ²)	$A_{s,min} \leq A_s$	$A_{s,max}$ (mm ²)	$A_s \leq A_{s,max}$
0,1400	0,294	0,749	OK	256,69	OK	8000	OK

Posouzení smykové výztuže

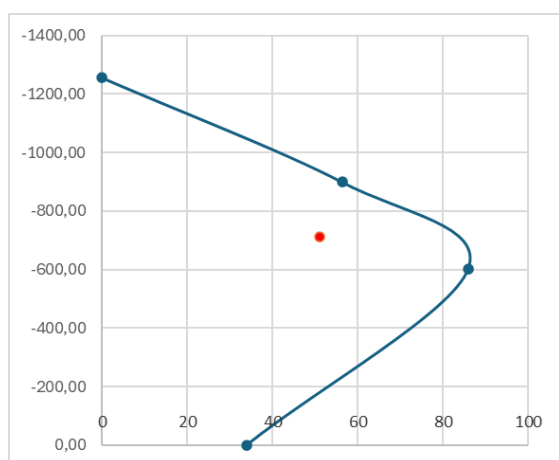
f_{yw}	charakteristická mez kluzu	270,00	MPa
f_{ywd}	návrhová mez kluzu	234,78	MPa
ϕ_w	průměr vložek	10,00	mm
n_w	počet stříhů	2,00	ks
A_{sw}	plocha výztuže třmínku	157,08	mm ²
s	vzdálenost třmínků	150,00	mm
v_1		0,576	-
α	sklon třmínků	90,00	deg
Tlačené diagonály			
Θ (22°- 45°)	uvažovaný sklon tlačených diagonál	30,00	deg
$\cotg \Theta$	kotangens úhlu Θ	1,732	-
Únosnost průřezu na smyk			
$V_{Rd,s}$	smyková únosnost výztuže	178,85	kN
$V_{Rd,max}$	maximální smyková únosnost průřezu	279,34	kN
V_{Ed}	smykové zatížení průřezu	134,19	kN
Posouzení			
	$V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$	vyhovuje	
	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$	vyhovuje	

Únosnost průřezu vyhovuje.

5.3 Posouzení sloupu

Vnitřní síly jsou uvedeny v předchozí části výpočtu. Byla posouzena nejnepříznivější kombinace zatížení s maximální normálovou silou u vnitřního sloupu v 1. NP.

	M	N
bod 0	0	-1256,04
bod 1	56,30	-899,09
bod 2	85,89	-602,55
bod 3	33,93	0
Vnitřní síly	M-Ed	N-Ed
1. ZS	51	-713



Únosnost průřezu vyhovuje.

5.4 Závěr ke statickému výpočtu

Statický posudek vychází z podkladů předaných objednatelem, výsledků stavebně technického průzkumu a dále ze zatěžovacích údajů platných pro navrhování v daném území. Nosné prvky konstrukce byly posouzeny podle platných evropských norem (tzv. Eurokódů).

Z provedené statické analýzy vyplývá, že posuzované střešní konstrukce obou hodnocených základních škol **jsou vhodné pro umístění fotovoltaické elektrárny**. Je však potřeba splnit všechny podmínky a doporučení uvedené v následující části kapitoly.

Podmínky instalace fotovoltaické elektrárny:

- Celková tíha fotovoltaické elektrárny se předpokládá v **maximální hodnotě 10 kg/m²**.
- **Fotovoltaické panely musí lícovat se střešní rovinou**. Instalace fotovoltaické elektrárny nesmí vést k tvorbě sněhových návějí či ke zvýšeným účinkům od zatížení větrem.
- Instalaci fotovoltaické elektrárny **nesmí dojít ke zvýšenému lokálnímu přitěžování střechy**. Pro konstrukci fotovoltaické elektrárny se doporučuje zvolit takový konstrukční systém, který bude rovnoměrně zatěžovat nosnou konstrukci střechy.
- S ohledem na výše uvedené podmínky se jako optimální jeví možnost **instalace lehkých fotovoltaických flexi panelů**. Instalace fotovoltaických elektráren, jejichž poloha na střeše je fixována přitěžujícím balastem, je pro posuzované střechy nepřijatelná.

Výše uvedené omezující podmínky vyplývají ze skutečnosti, že nosná železobetonová konstrukce hodnocených objektů je navržena zcela bez rezerv. Spolehlivost konstrukce bylo možno prokázat pouze za předpokladu, že se do statických modelů zavedly reálné tloušťky a objemové tíhy nenosných vrstev střešního pláště zjištěné z provedených sond. Možnost instalace lehké fotovoltaické elektrárny je rovněž podmíněna skutečností, že při prohlídce konstrukcí nebyly identifikovány žádné staticky významné poruchy.

Statický výpočet je zpracován pro stupeň „DSP – Dokumentace pro stavební povolení“ a nenahrazuje další stupně projektové dokumentace.

Všechny změny oproti tomuto dokumentu musí být konzultovány s autory tohoto dokumentu. Nosná konstrukce může být provozována pouze v souladu s projektem, zejména nesmí být upravována, přetěžována a musí být dodržován rozsah a intervaly pravidelných kontrolních prohlídek.

V rámci zpracování navazujícího stupně projektové dokumentace (DPS či realizační dokumentace k instalaci fotovoltaické elektrárny) je potřeba ověřit, zda jsou splněny všechny předpoklady tohoto statického výpočtu. Po instalaci fotovoltaické elektrárny se doporučuje provést kontrolní prohlídku, která ověří dodržení všech předpokladů tohoto statického posudku.