

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

STATICKÝ VÝPOČET

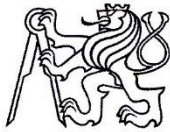
Centrum bydlení pro seniory Pardubice

Vypracoval:

Michal Vávra

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Hana Hanzlová, Csc.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>VÁVRA</u>	Jméno: <u>Michal</u>	Osobní číslo: <u>458797</u>
Zadávající katedra: <u>betonových a zděných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Návrh nosné konstrukce centra bydlení pro seniory v Pardubicích</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design of a structure of the housing center for seniors in Pardubice</u>	
Pokyny pro vypracování: Přeběžný návrh vodorovných a svislých nosných prvků celého objektu. Podrobný návrh vybraného prvku. Schématické výkresy tvaru desek jednotlivých podlaží. Výkres výztuže podrobně řešeného prvku. Stručná technická zpráva ke statické části návrhu konstrukce.	
Seznam doporučené literatury: běžné studijní materiály, příslušné normy, případně odborné články k řešené problematice	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Hana Hanzlová, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>19.2.2019</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>26.5.2019</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

19.2.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Statický návrh bytového domu v Praze“ vypracoval samostatně a veškeré informační zdroje jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů a literatury.

V Sázavce dne 26. 5. 2019

.....
Michal Vávra

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat paní Ing. Haně Hanzlové, Csc. , za její odborné vedení, užitečné rady, a ochotný přístup při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při celém studiu na vysoké škole.

Abstrakt

Náplní této bakalářské práce je statický návrh centra bydlení pro seniory dle platných norem ČSN EN a národní přílohy. První část je zaměřena na předběžný návrh nosných konstrukcí. Ve druhé části je řešena možnost kombinace konstrukčních systému s ohledem na průhyb. Ve třetí části byl proveden podrobný návrh výztuže sloupů a průvlaku.

Pro posouzení průhybů a výpočtu vnitřních sil na navrhovaných prvcích byl vytvořen 3D model v softwaru SCIA Engineer 18.1.

Klíčová slova

Beton, železobetonové konstrukce, obytná budova, předběžný návrh, sloupy, vyztužování

Abstract

Content of this bachelor thesis is a static design of housing centre for seniors in accordance with valid ČSN EN standards and national annexes. The first part focuses on the preliminary design of load-bearing structures. The second part solves the possibility of combination of construction systems with consideration of deflection. The third part focuses on detailed design of reinforcement of columns and beam.

A 3D model in SCIA Engineer 18.1 software is created to assess deflection and to calculate internal forces.

Keywords

Concrete, reinforced concrete, residential building, preliminary design, columns, reinforcement

Obsah

1	Úvod a zadání	1
1.1	Vizualizace a popis objektu	1
1.2	Půdorysy	2
1.3	Konstrukční schémata	4
2	Přehled zatížení.....	7
2.1	Stálé zatížení	7
2.1.1	Nosné konstrukce	7
2.1.2	Podlahy.....	7
2.1.3	Střešní plášť	8
2.1.4	Obvodový plášť	8
2.1.5	Příčky.....	8
2.1.6	Schodišťové stupně.....	9
2.2	Proměnné zatížení.....	9
2.2.1	Užitné zatížení	9
2.2.2	Zatížení sněhem.....	10
2.2.3	Zatížení větrem.....	10
3	Předběžný návrh a posouzení nosných prvků	11
3.1	Stropní deska.....	11
3.2	ŽB průvlaky.....	14
3.3	Svislé nosné konstrukce	19
3.3.1	Vnitřní ŽB sloupy.....	19
4	Výpočetní model	20
4.1	Užitná zatížení	21
4.2	Ověření modelu.....	25
4.3	Kontrola reakcí v podporách od zatížení větrem	26
5	Ověření možnosti kombinace konstrukčního systému – ŽB + zdivo	28
5.1	Ověření průhybu konzoly.....	30
5.1.1	Dvě podlaží betonová + tři podlaží zděná	31
5.1.2	Tři podlaží betonová + dvě podlaží zděná	33
5.2	Závěr	34
6	Podrobný návrh sloupů	35
6.1	Výpočet vzpěrné délky.....	35
6.2	Posouzení štíhlosti sloupu.....	37
6.3	Výpočet návrhových momentů	38
6.3.1	Sloup F6.....	38

6.3.2	Sloup F5.....	41
6.4	Posouzení sloupů.....	43
6.4.1	Sloup F6.....	43
6.4.2	Sloup F5.....	48
7	Návrh výztuže průvlaku	53
7.1	Vnitřní síly	54
7.2	Návrh ohybové výztuže.....	56
7.2.1	Schématický výkres rozdělení materiálu (výztuž na ohybové momenty).....	59
7.3	Návrh smykové výztuže	60
7.3.1	Schématický výkres rozdělení materiálu (smyková výztuž – vzdálenost třmínků).....	62
8	Závěr.....	63

1 Úvod a zadání

1.1 Vizualizace a popis objektu

Autor podkladů nedal souhlas s dalším zveřejňováním

- **Popis objektu**

Předmětem bakalářské je budova centra bydlení pro seniory. Půdorysně se jedná o dvakrát zalomený obdélník s plochou střechou a s pěti nadzemními podlažími. Celkové půdorysné rozměry objektu jsou cca 58,5 m × 17 m, nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 17,2 m nad úrovní okolního terénu. Konstrukční výška prvního podlaží je 3,9 m, dalších podlaží je 2,95 m. V 1. NP se nachází šatny, technické zázemí budovy, ordinace lékaře, jídelna a kuchyně. Ve zbývajících podlažích jsou jednotlivé ubytovací jednotky, místnosti pro terapie a společenské místnosti.

- **Konstrukční systém**

Jedná se o stěnový konstrukční systém v 1.NP v místě jídelny doplněný o sloupy. V původním projektu se jednalo o kombinovaný systém s dvěma železobetonovými podlažími a třemi zděnými podlažími. Pro potřeby statického výpočtu jsem celý objekt uvažoval jako monolitický železobetonový. Dále jsem ověřoval možnost kombinace železobetonu se zdivem, s ohledem na průhyb vykonzolované části.

1.2 Půdorysy

- 1.NP

Autor podkladů nedal souhlas s dalším zveřejňováním

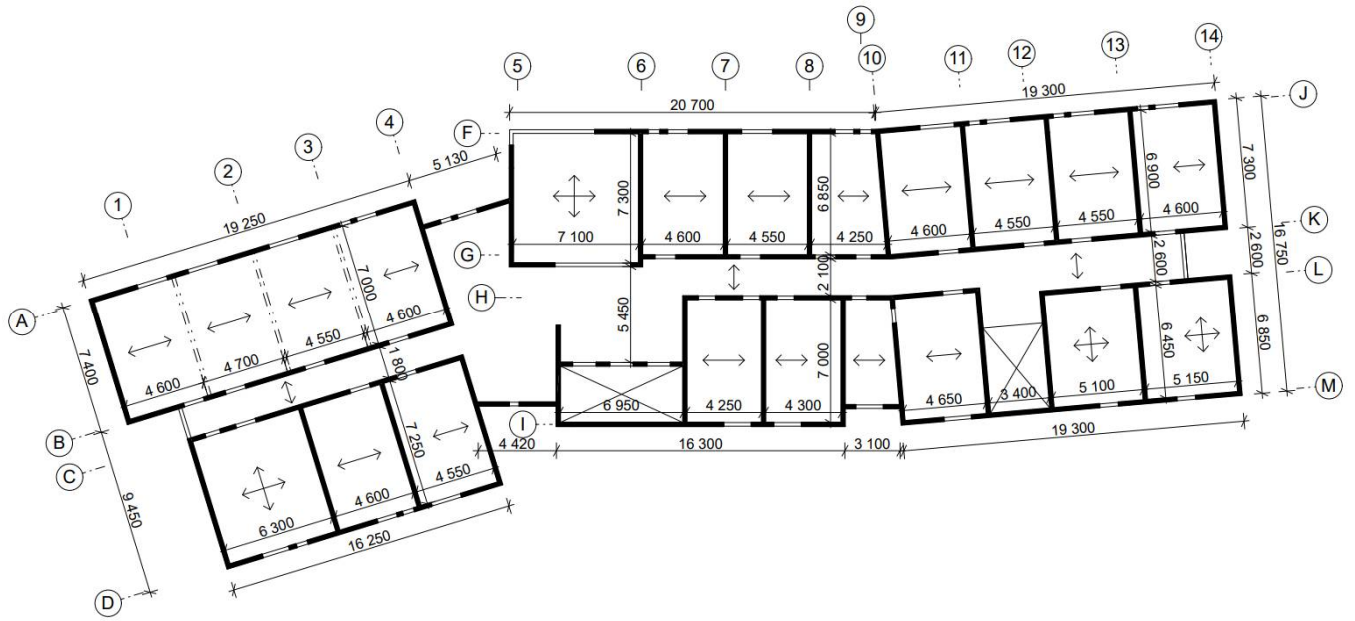
- 2.NP, 4.NP, 5.NP

Autor podkladů nedal souhlas s dalším zveřejňováním

- 3.NP

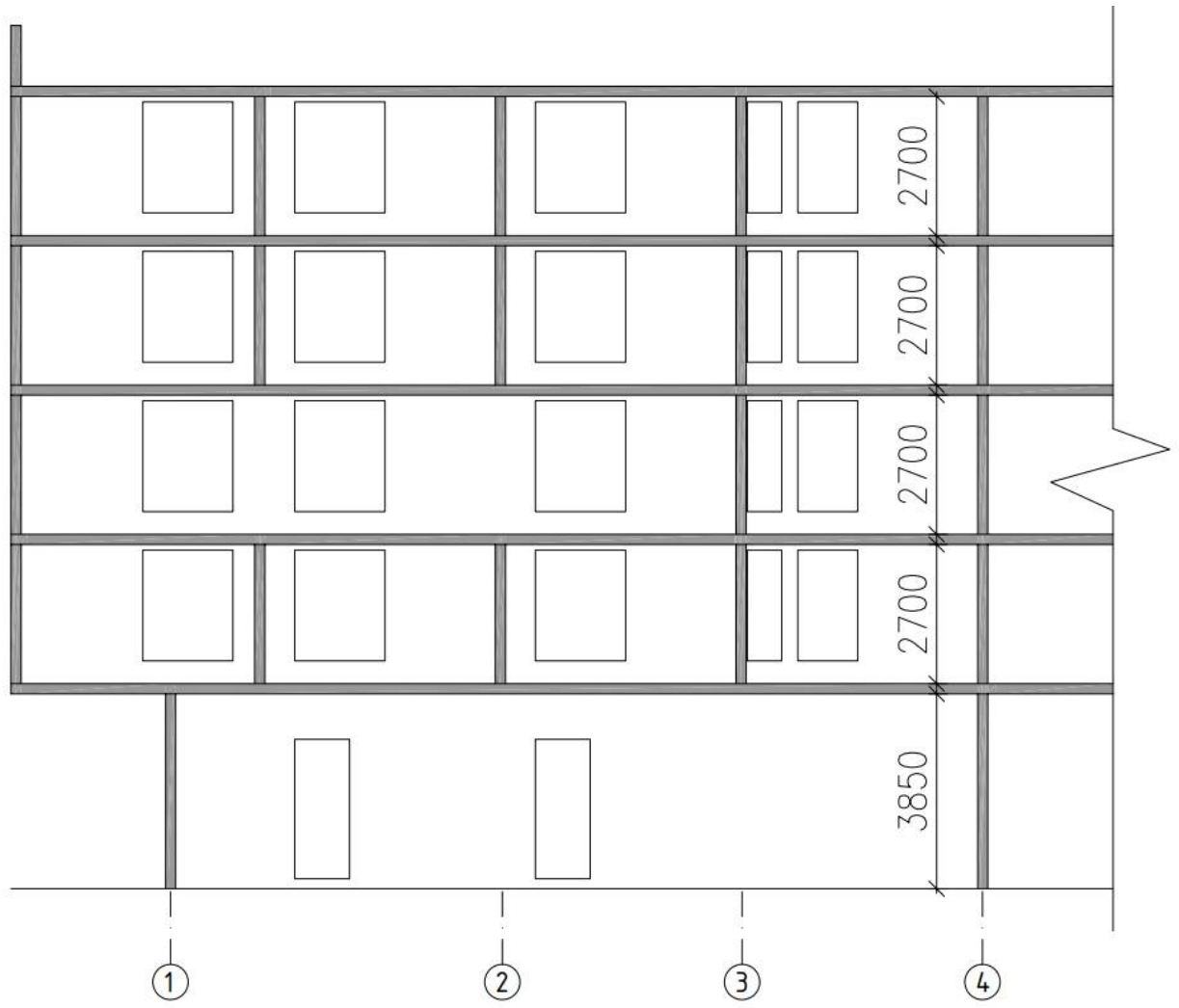
Autor podkladů nedal souhlas s dalším zveřejněním

3.NP



Řezy





2 Přehled zatížení

2.1 Stálé zatížení

2.1.1 Nosné konstrukce

- Vlastní tíha nosných prvků – viz předběžný návrh prvků, **kapitola 3**

2.1.2 Podlahy

- Podlaha A – Keramická dlažba – koupelny, SPA – 1.NP

	tloušťka [mm]	obj. tíha [kg/m³]	g_k [kN/m²]
Keramická dlažba	9	2800	0,252
Lepidlo	5	2400	0,12
Hydroizolační stěrka	5	1700	0,085
Cementový potěr	70	2300	1,61
Minerální izolace	60	100	0,06
SDK Podhled	-	-	0,25
			2,38

- Podlaha B – Keramická dlažba – koupelny, SPA – 2.NP-5.NP

	tloušťka [mm]	obj. tíha [kg/m³]	g_k [kN/m²]
Keramická dlažba	9	2800	0,252
Lepidlo	5	2400	0,12
Hydroizolační stěrka	5	1700	0,085
Cementový potěr	75	2300	1,61
Minerální izolace	60	100	0,06
			2,13

- Podlaha C – Linoleum – pokoje, společné místnosti, místnosti pro terapie – 1.NP

	tloušťka [mm]	obj. tíha [kg/m³]	g_k [kN/m²]
Linoleum	3	127	0,038
Vyrovnávací stěrka	5	1500	0,075
Cementový potěr	75	2300	1,725
Minerální izolace	60	100	0,06
SDK Podhled	-	-	0,25
			2,15

- Podlaha D – Linoleum – pokoje, společné místnosti, místnosti pro terapie – 2.NP – 5.NP

	tloušťka [mm]	obj. tíha [kg/m³]	g_k [kN/m²]
Linoleum	3	127	0,038
Vyrovnávací stěrka	5	1500	0,075
Cementový potěr	75	2300	1,725
Minerální izolace	60	100	0,06
			1,9

Souhrn zatížení podlahou:

- Podlaha v 1.NP leží na terénu ⇒ nemá vliv na výpočet
- Na únikovém schodišti je podlaha tvořena pouze epoxidovou stěrkou (0,03 kN/m²)
⇒ lze zanedbat
- Ve vnitřních prostorách 2.NP – 5.NP jsou navrženy podlahy tl. 150 mm s různými nášlapnými vrstvami

⇒ Uvažovaná jednotná vlastní tíha podlah 2.NP – 5.NP

$$g_k = 2,38 \text{ kN/m}^2$$

2.1.3 Střešní plášť

- Střecha plochá jednoplášťová

	tl. [mm]	obj. tíha [kg/m ³]	g _k [kN/m ²]
Natavitelný SBS asfaltový pás	5	1100	0,055
Kotvený SBS asfaltový pás	4	1100	0,044
Minerální vlna	120	80	0,096
Spádové klíny	60	80	0,048
Minerální vlna	120	80	0,096
SBS asfaltový pás s Al vložkou	4	1100	0,044
			0,38

2.1.4 Obvodový plášť

Nosnou vrstvu obvodového pláště tvoří ŽB stěny – zatížení viz předběžný návrh prvků, kapitola 3.3.1

Na objektu použit kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací (minerální vlna) tl. 160 mm

- Kontaktní zateplovací systém:

	tloušťka [mm]	obj. tíha [kg/m ³]	g _k [kN/m ²]
Pastovitá omítka	3	-	0,03
Lepící a stěrková hmota	5	-	0,06
Minerální izolace	160	100	0,16
Lepící a stěrková hmota	5	-	0,06
			0,31

2.1.5 Příčky

Prostory v 2.NP – 5.NP jsou odděleny zděnými příčkami HELUZ 11,5

- Plošná hmotnost stěny: 143 kg/m²
- Výška příček: 2,75 m
- Vlastní tíha stěny: $g_k = 143 \cdot 0,01 \cdot 2,75 = 3,93 \text{ kN/m}'$

Náhradní zatížení:

- 11,85 m příčky na 40 m² desky

$$g_k = (11,85 \cdot 3,93) \div 40 = 1,16 \text{ kN/m}^2$$

- Uvažuji náhradní zatížení

$$g_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

2.1.6 Schodišťové stupně

Schody 1.NP

- Konstrukční výška podlaží: 4 m
- Počet stupňů v podlaží: 15 + 9
- Šířka schodišťového stupně: 300 mm
- Výška schodišťového stupně: $\frac{4000}{24} = 166,7 \text{ mm}$

⇒ Náhradní spojité zatížení od schodišťových stupňů:

$$g_k = \frac{1}{2} \cdot 0,1667 \cdot 24 = 2 \text{ kN/m}^2$$

Schody 2.NP – 5.NP

- Konstrukční výška podlaží: 2,95 m
- Počet stupňů v podlaží: 2 × 10
- Šířka schodišťového stupně: 300 mm
- Výška schodišťového stupně: $\frac{2950}{20} = 147,5 \text{ mm}$

⇒ Náhradní spojité zatížení od schodišťových stupňů:

$$g_k = \frac{1}{2} \cdot 0,1475 \cdot 24 = 1,77 \text{ kN/m}^2$$

2.2 Proměnné zatížení

2.2.1 Užité zatížení

- 1.NP – Plochy kde může docházet ke shromažďování – kategorie C1

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

- 2.NP – 5.NP – obytné plochy – kategorie A
 - Stropní konstrukce: $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$
 - Schodiště: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

- Nepřístupná střecha s výjimkou běžné údržby a oprav – kategorie H

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

2.2.2 Zatížení sněhem

- Plochá střecha: $\alpha < 30^\circ \Rightarrow$ tvarový součinitel: $\mu_1 = 0,8$
- Součinitel expozice: $C_e = 1$
- Součinitel tepla: $C_t = 1$
- Pardubice – sněhová oblast I \Rightarrow charakteristické zatížení sněhem: $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Průměrné zatížení sněhem: $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

❖ **Hodnota proměnného zatížení sněhem bude uvažována jako součet hodnot**

- Užité zatížení střechy: $0,75 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení sněhem: $0,56 \text{ kN/m}^2$

\Rightarrow **Proměnné zatížení střechy:** $q_{stř,k} = 0,75 + 0,56 = 1,31 \text{ kN/m}^2$

2.2.3 Zatížení větrem

- Pardubice – větrná oblast II \Rightarrow základní rychlost větru: $v_b = 25 \text{ m/s}$

\Rightarrow základní tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

- Kategorie terénu III - plocha rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami a překážkami
- Výška atiky nad terénem: $h = 17,05 \text{ m} \leq b = 17,2 \text{ m} \Rightarrow z = h = 17,05 \text{ m}$

\Rightarrow Součinitel expozice: $c_e(z) = 2,1$

- Délka obvodové stěny: příčný směr: $d = 17,2 \text{ m} \Rightarrow h/d = 0,99$
 podélný směr: $d = 58,5 \text{ m} \Rightarrow h/d = 0,29$

- Součinitel vnějšího tlaku:

Oblast	D	E
Příčný směr	0,8	0,5
Podélný směr	0,71	0,31

\Rightarrow Součinitel vnějšího tlaku: $c_{pe} = 0,8 + 0,5 = 1,3$

\Rightarrow **Charakteristická hodnota zatížení větrem:**

$$w_k = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_{pe} = 0,39 \cdot 2,1 \cdot 1,3 = 1,06 \text{ kN/m}^2$$

3 Předběžný návrh a posouzení nosných prvků

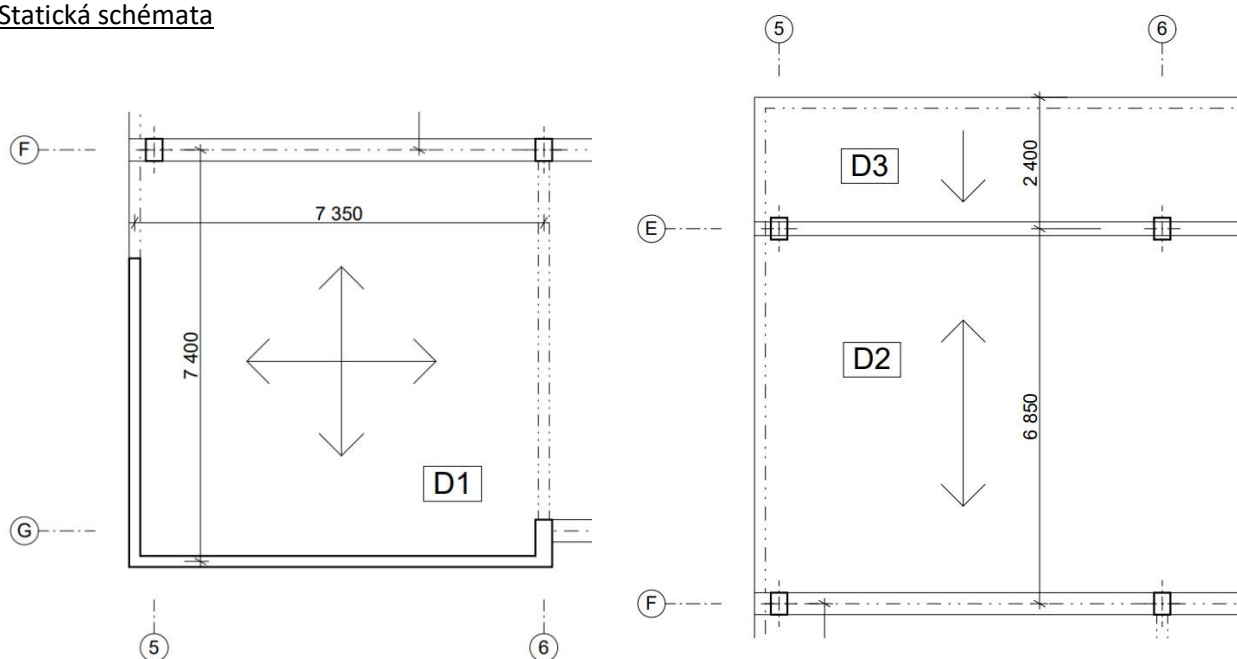
3.1 Stropní deska

Stropní desky budou provedeny v celém objektu jako monolitické, železobetonové o jednotné tloušťce ve všech podlažích.

- Beton C30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

Statická schémata



- Návrh na základě splnění ohybové štíhlosti desky

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} \rightarrow d = \frac{l}{\lambda_d}$$

$\kappa_{c1} = 1$ obdélníkový průřez

$\kappa_{c2} = 1$ rozpětí $l < 7 \text{ m}$ $\kappa_{c2} = \frac{7}{l}$ $l > 7 \text{ m}$

$\kappa_{c3} = 1,2$ odhad součinitele napětí tahové výztuže

- Předpokládaný stupeň vyztužení desek $\rho < 0,5\%$
- Předpokládaný profil výztuže: 10 mm
- Předpokládané krytí výztuže: 20 mm

Typ podepření	L (m)	$\lambda_{d,tab}$	λ_d	d (mm)	h_d (mm)
Po obvodě podepřená deska	7,4	26	29,64	250	275
Jednosměrně pnutá deska	6,85	30	36	190	215
Konzola	2,4	8	9,6	250	275

- Empirický návrh tloušťky desky
 - Po obvodě podepřená deska 7,4×7,35 m

$$h_d \geq \frac{1}{90} \cdot (l_{1x} + l_{1y}) + \Delta = \frac{1}{90} \cdot (7400 + 7350) + \Delta = 165 \text{ mm}$$

- Jednosměrně pnutá deska l=6,85 m

$$h_d \geq \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) \cdot l = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) \cdot 6,85 = 228 \div 274 \text{ mm}$$

⇒ Návrh :

$h_d = 250 \text{ mm}$

Ověření desek z hlediska únosnosti v ohybu

- Stropní deska D1 – po obvodě podepřená deska

Zatížení	f_k (kN/m ²)	γ_f	f_d (kN/m ²)
ŽB deska tl. 250 mm	6,25	1,35	8,43
Podlaha	2,38	1,35	3,21
Zděné příčky	1,2	1,35	1,62
Užitné zatížení	2	1,5	3
			(g+q) _d = 15,96

- Maximální návrhový moment – D1

$$m_{ed,1} = \frac{1}{12} \cdot \frac{(g + q)_d}{2} \cdot l^2 = \frac{1}{12} \cdot \frac{15,96}{2} \cdot 7,4^2 = 37 \text{ kNm/m}$$

$$l_x \sim l_y$$

- Stropní deska D2 – jednosměrně pnutá deska

Zatížení	f_k (kN/m ²)	γ_f	f_d (kN/m ²)
ŽB deska tl. 250 mm	6,25	1,35	8,43
Střešní plášť	0,38	1,35	0,51
Podhled	10,25	1,35	0,34
Užitné zatížení	0,75	1,5	1,125
			(g+q) _d = 10,4

- Maximální návrhový moment – D2

$$m_{ed,1} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot l^2 = \frac{1}{12} \cdot 10,4 \cdot 7,4^2 = 40,7 \text{ kNm/m}$$

- Stropní deska D3 – konzola

Zatížení	f_k (kN/m ²)	γ_f	f_d (kN/m ²)
----------	----------------------------	------------	----------------------------

ŽB deska tl. 250 mm	6,25	1,35	8,43
Střešní plášť	0,38	1,35	0,51
Podhled	10,25	1,35	0,34
Užitné zatížení	0,75	1,5	1,125
			(g+q) _d = 10,4

- Maximální návrhový moment – D3

$$m_{ed,1} = \frac{1}{2} \cdot (g + q)_d \cdot l^2 = \frac{1}{2} \cdot 10,4 \cdot 2,4^2 = 29,95 \text{ kNm/m}$$

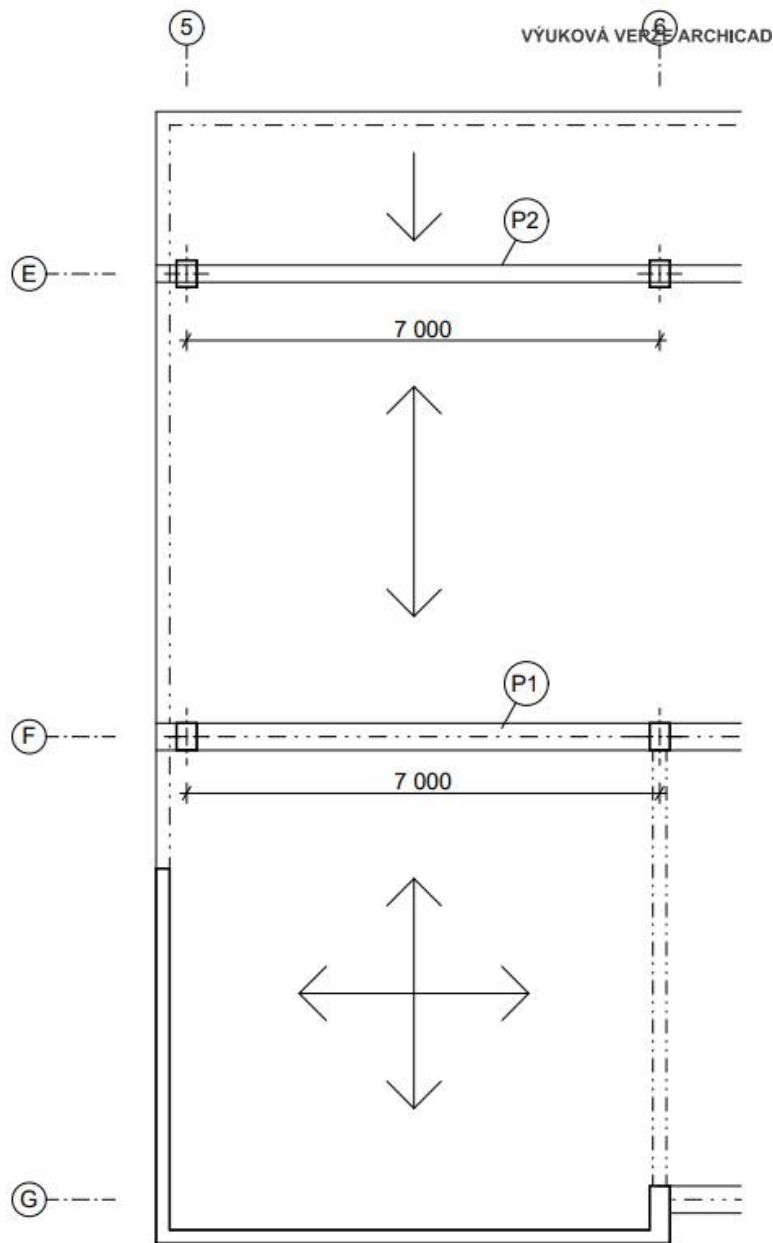
- Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ a stupně vyztužení ohybovou výztuží ρ

- Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$
- Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$
- Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d}$

	h_d (mm)	d (mm)	m_{Ed} (kNm)	μ (-)	ξ (-)	$a_{s,req}$ (mm ²)	ρ (%)
D1	250	225	37	0,037	0,046	381	0,17
D2	250	225	40,7	0,04	0,051	422	0,19
D3	250	225	29,95	0,03	0,038	315	0,14

- Hodnoty ξ vyhovují $\xi < \xi_{opt} = 0,1 \div 0,2$
- Předpoklad $\rho < 0,5\%$ splněn

3.2 ŽB průvlaky



- Empirický návrh rozměrů průvlaků

$$h_{p1} = h_{p2} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \cdot l = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \cdot 7000 = 583 \div 700 \text{ mm}$$

$$b_{p1} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\right) \cdot h_{p1} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\right) \cdot 700 = 233 \div 350 \text{ mm}$$

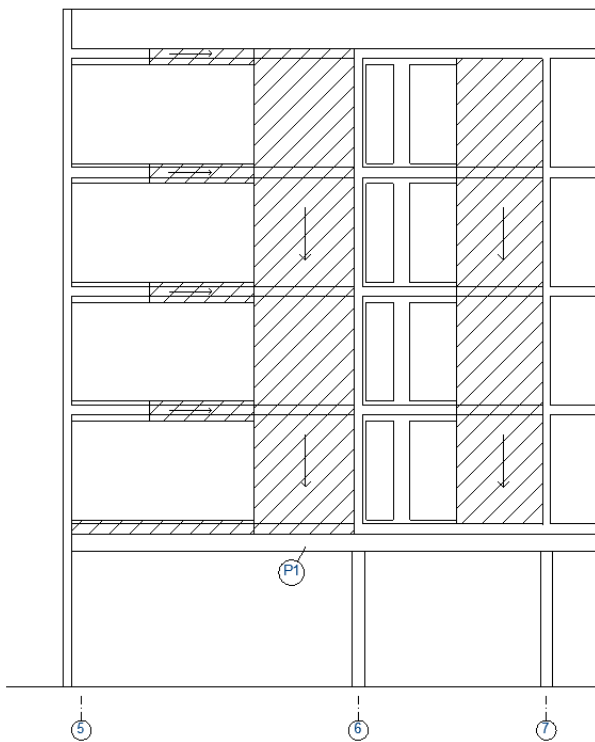
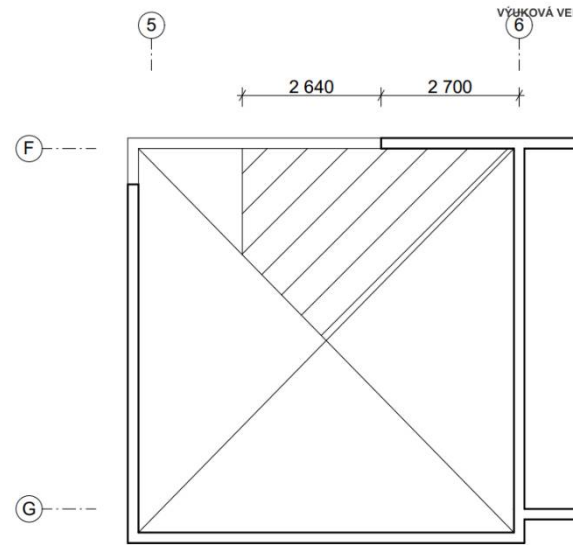
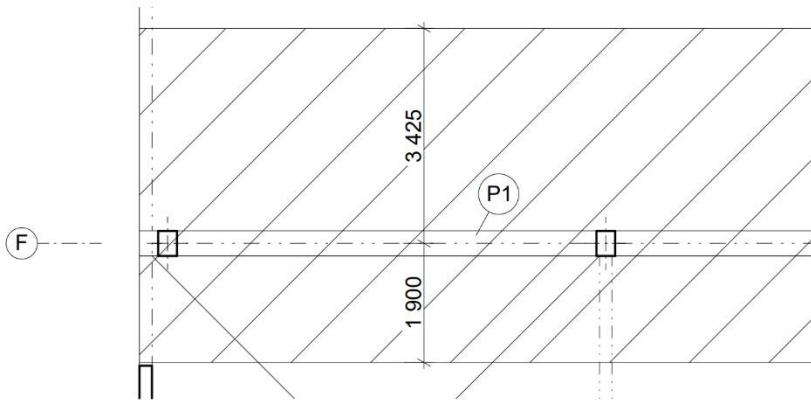
$$b_{p2} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\right) \cdot h_{p2} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\right) \cdot 550 = 183 \div 275 \text{ mm}$$

Návrh:

Průvlak P1:	$h_p = 700 \text{ mm}$	$b_p = 300 \text{ mm}$
Průvlak P2:	$h_p = 550 \text{ mm}$	$b_p = 250 \text{ mm}$

- Statické ověření průvlaků z hlediska ohybu

- Průvlak P1



- Vzhledem k velikosti a počtu otvorů ve stěně předpokládám že veškeré zatížení z vyšších podlaží bude přeneseno stěnami do průvlaku

Zatížení

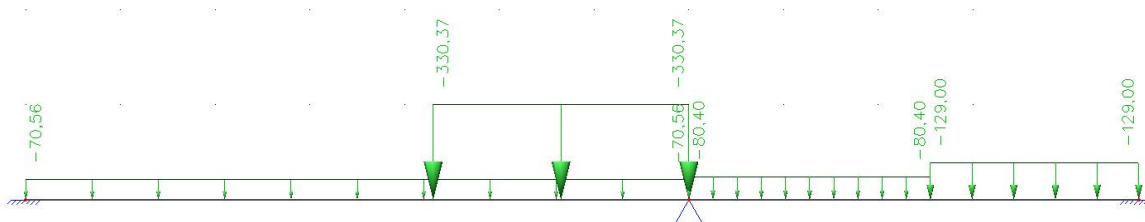
1.NP	f_k (kN/m)	γ_f	f_d (kN/m)
ŽB deska + ost. stálé z.š. 1,9 m + užitné			$1,9 \times 15,96 = 30,32$
ŽB deska + střecha z.š. 3,43 m + užitné			$3,43 \times 10,4 = 35,67$
Vlastní tíha trámu	$(0,7-0,25) \times 0,3 \times 25 = 3,375$	1,35	$3,375 \times 1,35 = 4,56$ $(g+q)_d = 70,56$

2.NP - 5.NP		f_k (kN/m)	γ_f	f_d (kN)
ŽB deska + ost. stálé	z.p. 11,55 m ²			3×11,55×15,96=553
+ užité	3 podlaží			
ŽB deska + střecha	z.š. 11,55 m ²			1×11,55×10,4=120
+ užité	1 podlaží			
ŽB stěny tl. 200 mm, v. 2750 mm		(4×2,75+1)×0,2×25=60	1,35	1,35×60×2,7=218,7
délka 2,7 m				
				$\Sigma f_d = 892$

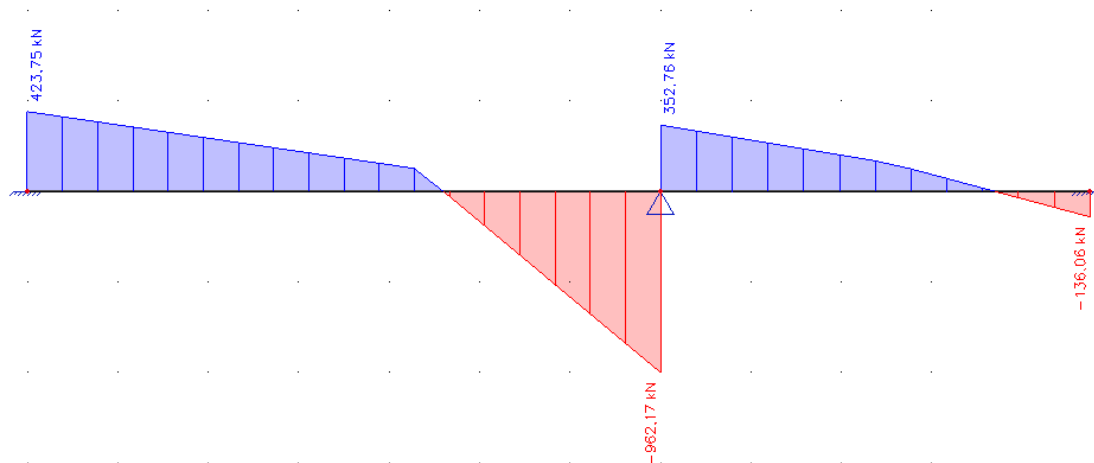
- Plošné zatížení převzato z předchozího výpočtu (strana 9)

$$\Rightarrow 892 \text{ kN na délku průvlaku } 2,7 \text{ m} \Rightarrow (g + q)_d = \frac{892}{2,7} = 330,37 \text{ kN/m}$$

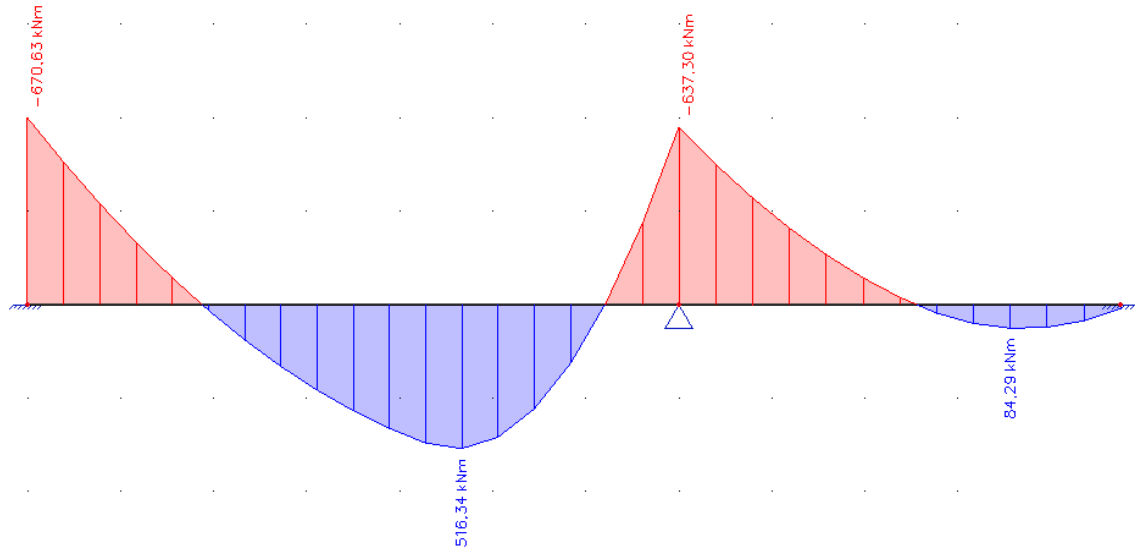
- Zatížení



- Posouvající síla



- Moment

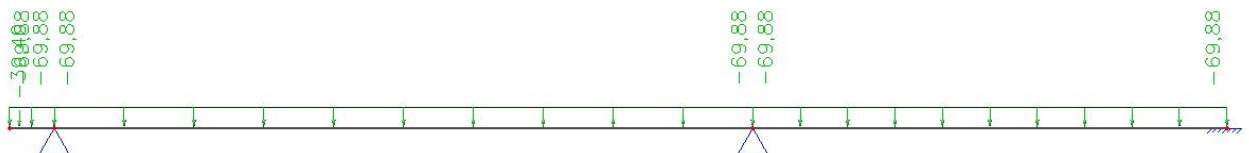


○ Průvlak P2

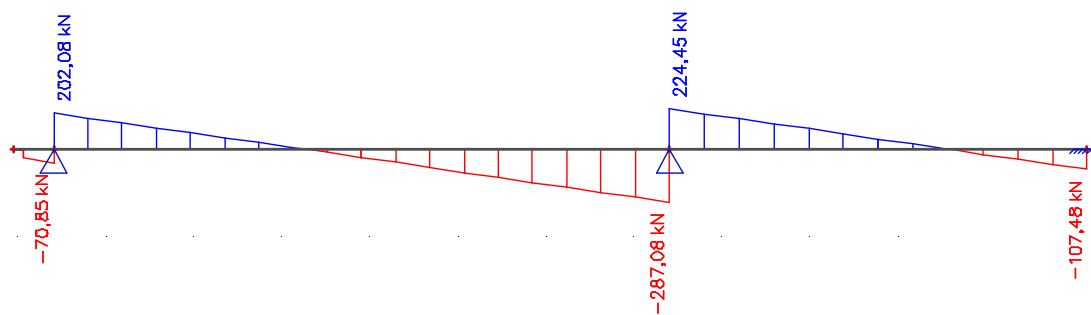
Zatížení	f_k (kN/m)	γ_f	f_d (kN/m)
ŽB deska + ost. stálé z.š. 5,83 m + užitné			$5,83 \times 10,4 = 60,6$
ŽB atika tl. 200 mm v. 1 m	$0,2 \times 1 \times 25 = 5$	1,35	$1,35 \times 5 = 6,75$
Vlastní tíha trámu	$(0,55 - 0,25) \times 0,25 \times 25 = 1,88$	1,35	$1,35 \times 1,88 = 2,53$
			$(g+q)_d = 69,88$

- Plošné zatížení převzato z předchozího výpočtu (strana 9)

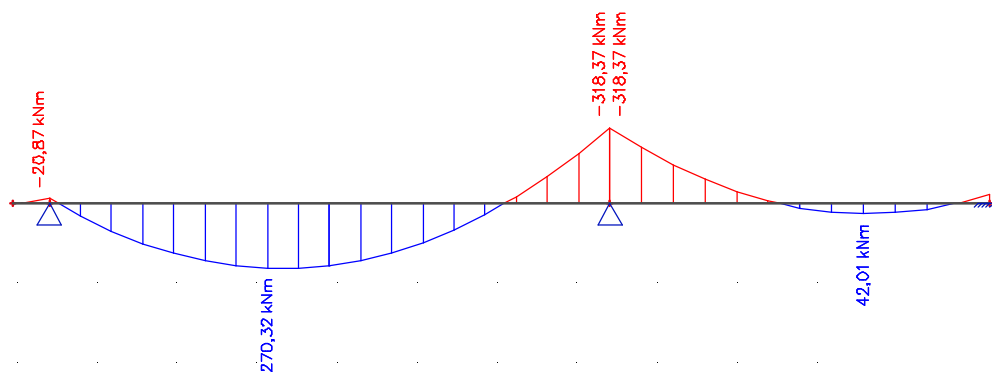
- Zatížení



- Posouvající síly



- Moment



- Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ a stupně vyztužení ohybovou výztuží ρ

- Poměrný ohybový moment:
$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$
- Potřebná plocha výztuže:
$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$
- Orientační stupeň vyztužení:
$$\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d}$$

	h_p (mm)	b_p (mm)	d (mm)	M_{Ed} (kNm)	μ (-)	ξ (-)	$A_{s,req}$ (mm ²)	ρ (%)
P1	700	400	659	670,6	0,193	0,272	2637	0,94
P2	550	250	509	318,37	0,246	0,361	1690	1,23

- Hodnoty ξ vyhovují $\xi < \xi_{max} = 0,45$
- Hodnoty ρ vyhovují $\rho \sim 1\%$

- Ověření průvlaku z hlediska smyku

- Únosnost tlačené diagonály: $V_{Rd,max} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \geq V_{Ed,max}$
- z odhadnuto jako $0,9 \times d$

	h_p (mm)	b_p (mm)	d (mm)	$V_{Ed,max}$ (kN)	z (mm)	$V_{Rd,max}$ (kN)
P1	700	400	659	962,2	593	1156
P2	550	250	509	287,1	458	558,1

3.3 Svislé nosné konstrukce

3.3.1 Vnitřní ŽB sloup

	f_d (kN/m ²)	γ_f	N_{Ed} (kN)
ŽB deska + ost. stálé + užitné	3 podlaží z.p. 15,65 m ² 15,96		$3 \times 15,65 \times 15,96 = 749,3$
ŽB deska + střecha + užitné	1 podlaží z.p. 15,65 m ² 10,4		$15,65 \times 10,4 = 162,8$
ŽB stěnový nosník tl. 200 mm, v. 11,6 m, délka 3,7 m	$N_{Ek} = 11,6 \times 0,2 \times 3,7 \times 25 = 214,6$	1,35	$1,35 \times 214,6 = 289,7$
Zatížení od průvlaku P1	viz. výpočet průvlaku		1315 $N_{Ed} = 2535$ kN

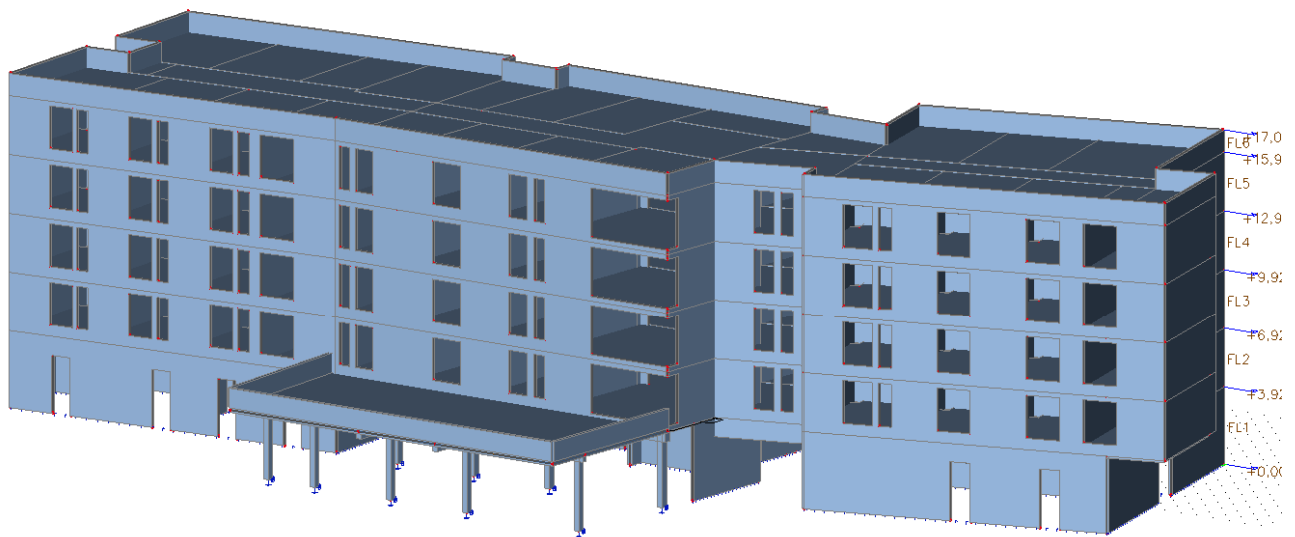
- Návrh rozměru sloupu
 - Stupeň vyztužení $\rho = 2 \%$
 - Napětí ve výztuži $\sigma_s = 400$ MPa

$$A_s = \frac{N_{Ed}}{0,8 \cdot f_{cd} + \rho \cdot \sigma_s} = \frac{2535}{0,8 \cdot 20 + 0,02 \cdot 400} = 0,106 \text{ m}^2$$

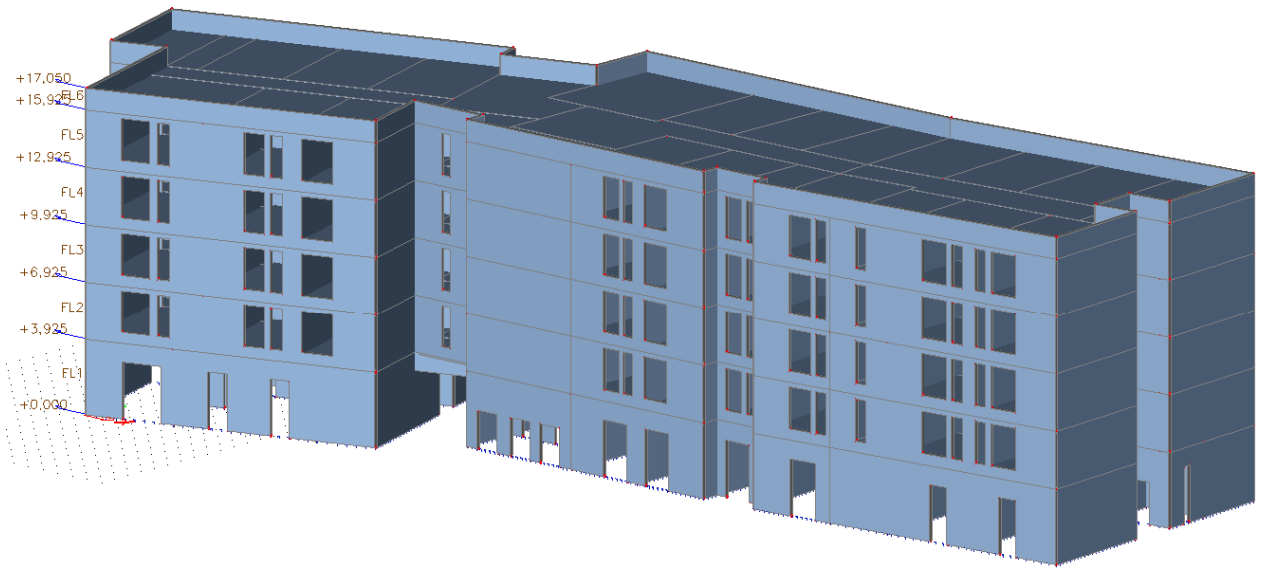
⇒ Návrh : **Sloup 300×400 mm $A_s = 0,12 \text{ m}^2$**

4 Výpočetní model

- Na základě předběžného návrhu byl v programu Scia Engineer 18.1 vytvořen výpočetní 3D model. Stěny byly v celém objektu navrženy tloušťky 200 mm, stropní desky včetně desky střechy tloušťky 250 mm. Všechny sloupy v 1.NP jsou obdélníkové rozměru 300×400 mm.
- Vzhledem k tomu že je budova založena na základové desce byla nadzemní část konstrukce uvažována samostatně jako vetknutá do základové desky. Jelikož se jedná o monolit byly spoje jednotlivých konstrukcí uvažovány jako vetknuté.
- Zatížení od vlastní tíhy konstrukce uvažuje program sám podle zadaných parametrů materiálu. Stálá zatížení jsou uvažována dle předběžného statického výpočtu, příčky jsou zadány jako rovnoměrné plošné zatížení. Na střeše je zadán součet zatížení od sněhu a užitečného zatížení. Užité zatížení v jednotlivých podlažích je zadáno jednak celoplošně a dále šachovnicově a v pruzích.
- 3D Model
 - Jihovýchodní pohled

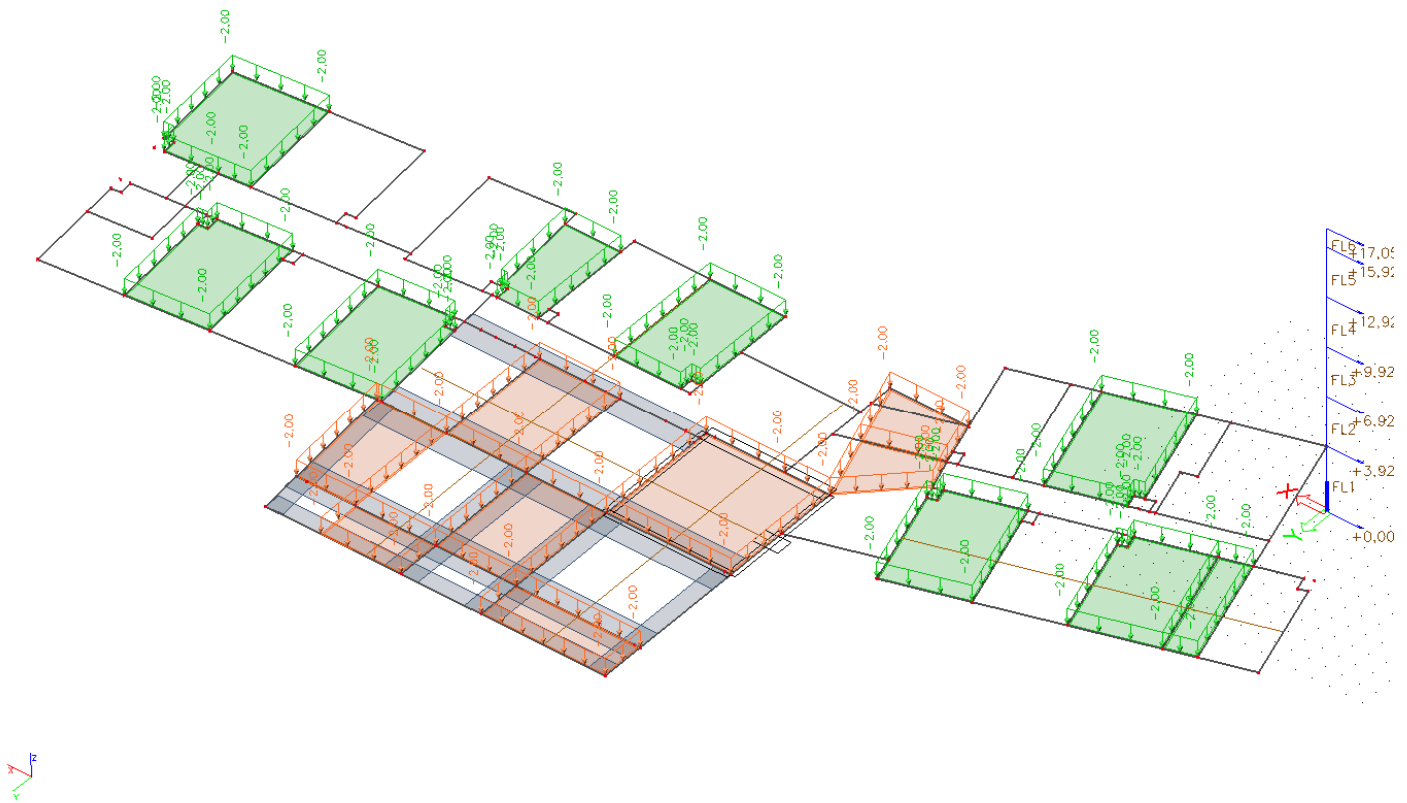


○ Severozápadní pohled

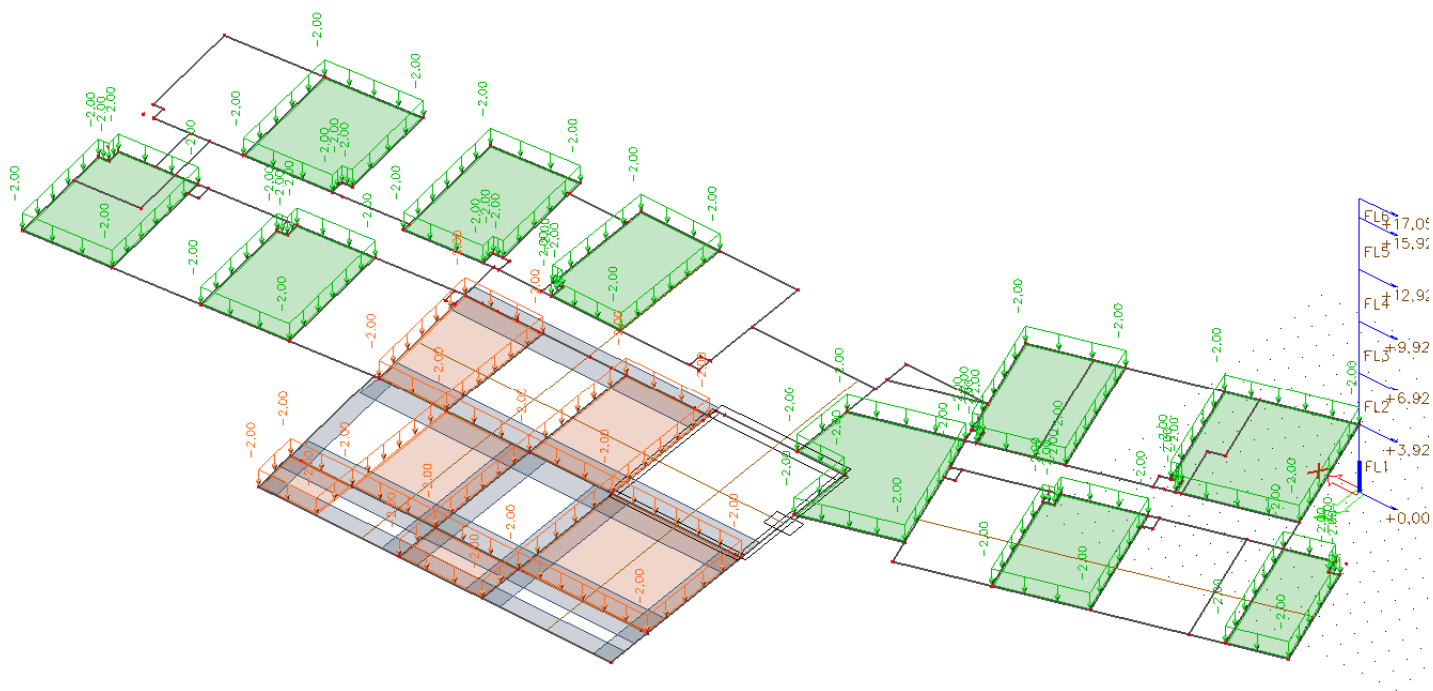


4.1 Užitná zatížení

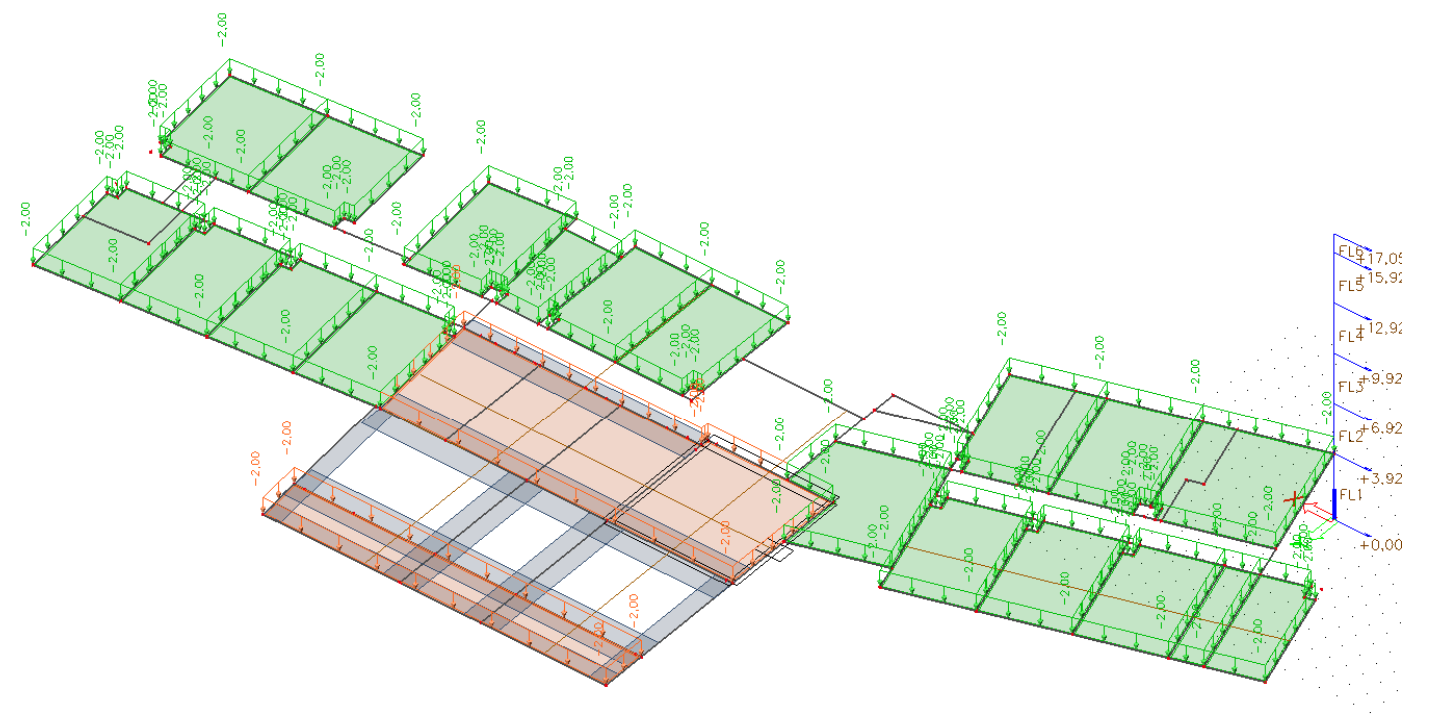
○ Šachovnicové 1



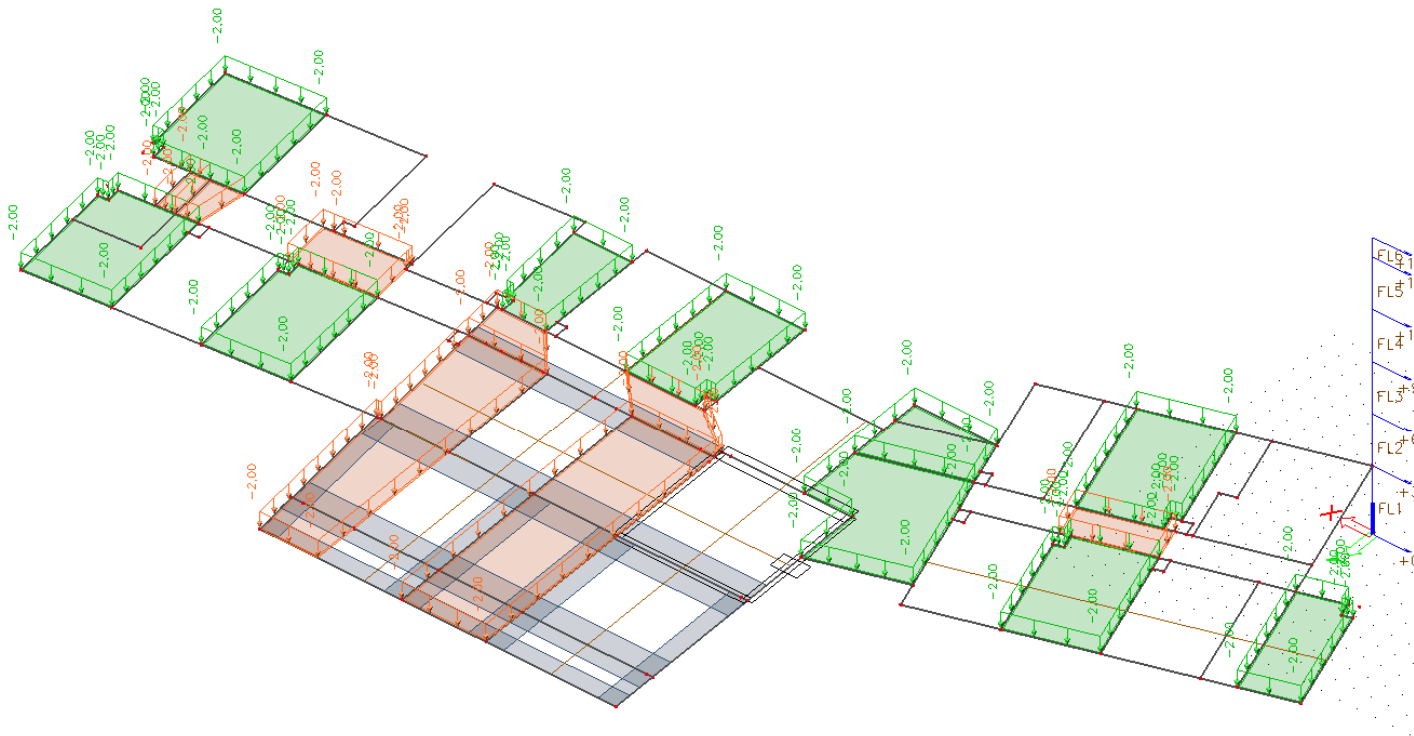
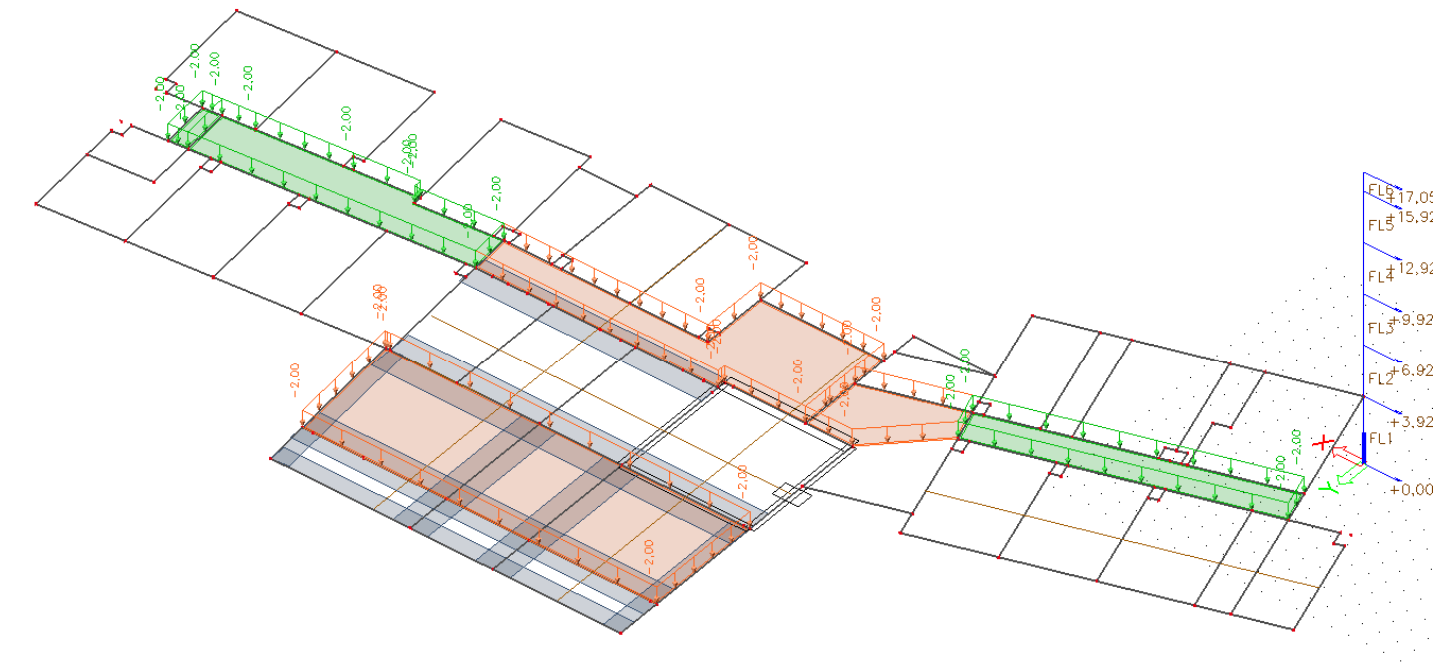
○ Šachovnicové 2



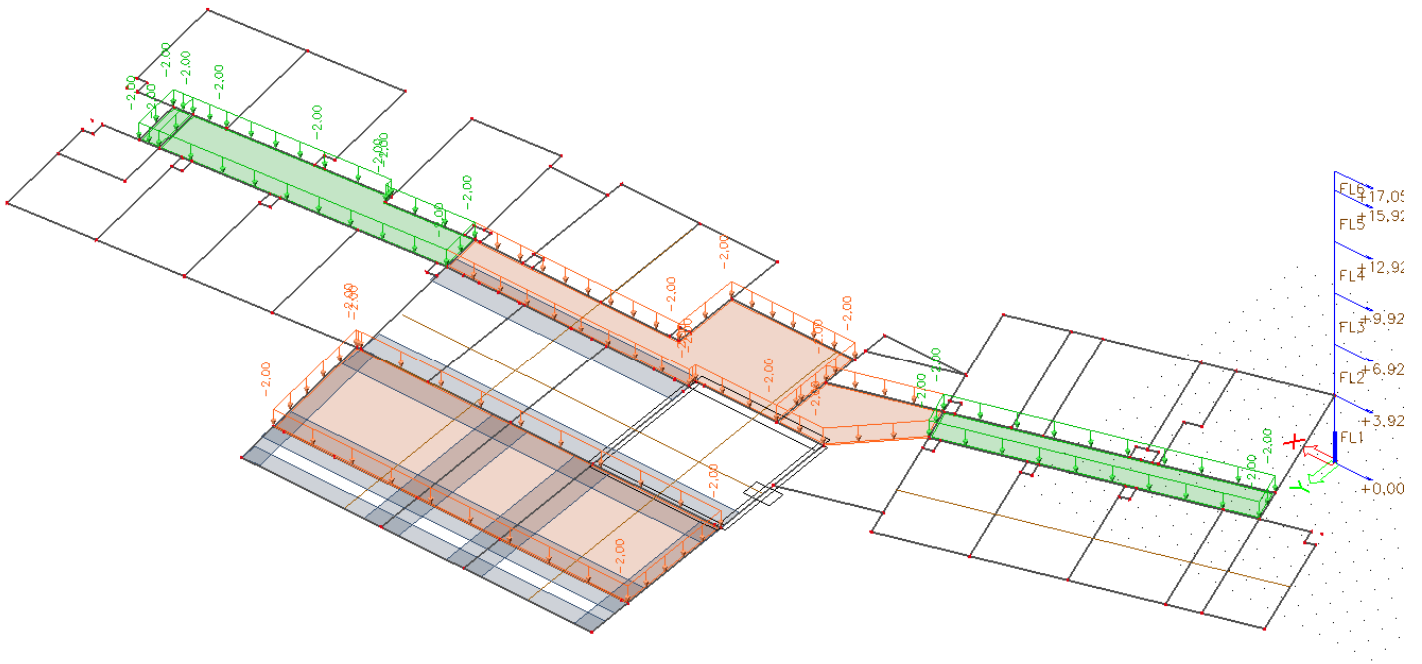
○ Pruhy 1



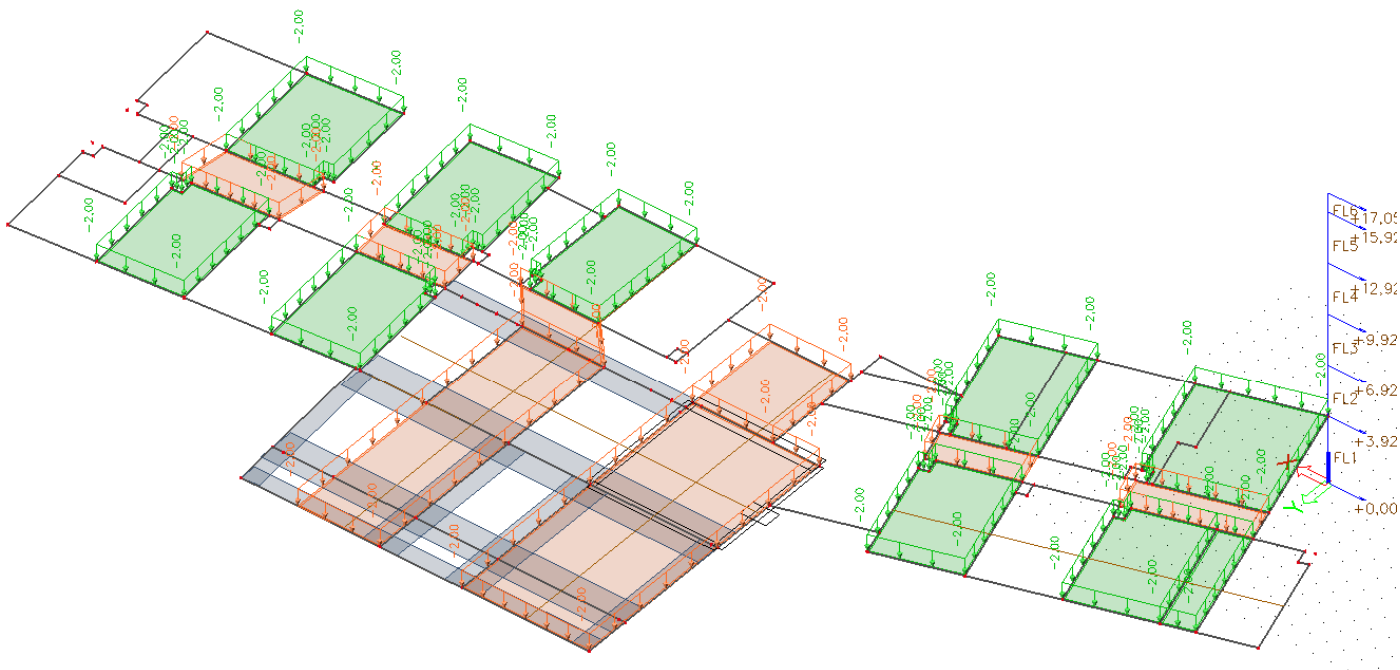
○ Pruhy 2



○ Pruhy 3



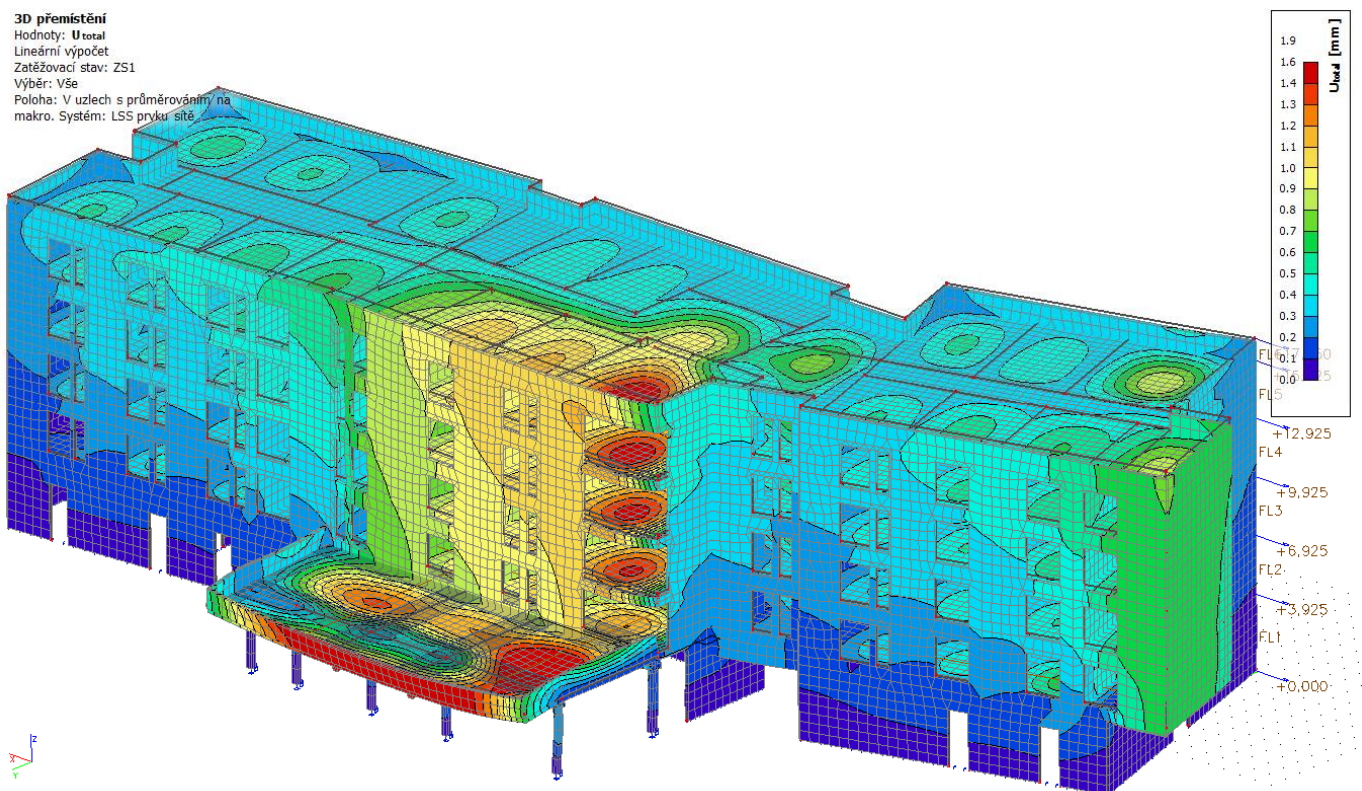
○ Pruhy 4



- Na obrázcích zatížení 1.NP, v ostatních podlažích je rozložení užitných zatížení vždy opačné než v podlaží předchozím
- Výpočet v programu Scia Engineer 18.1 je proveden pomocí metody konečných prvků. Rozměr konečných prvků byl pro výpočet nastaven na 0,5 m. Pro podrobnější výpočet vnitřních sil pro návrh sloupů a průvlaku byl rozměr konečného prvku nastaven na 0,25 m.

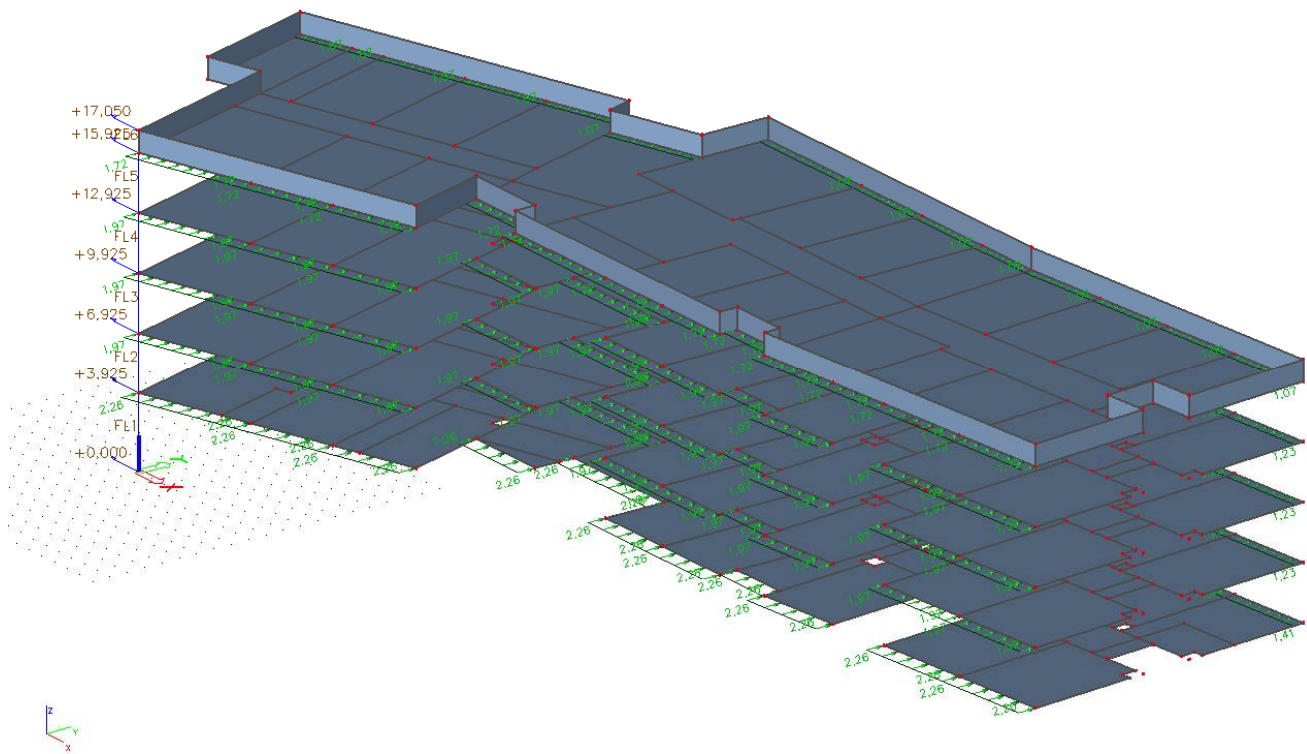
4.2 Ověření modelu

- Správnost vytvoření 3D modelu byla ověřena pomocí kontroly průhybu, zda odpovídá předpokladům. Pro ověření byla použita pouze vlastní tíha konstrukce.
- Charakter průhybu odpovídá předpokladům
- Dále bylo provedeno porovnání součtu svislého zatížení z ručního výpočtu a z modelu. A porovnání normálové síly na sloupu F6.

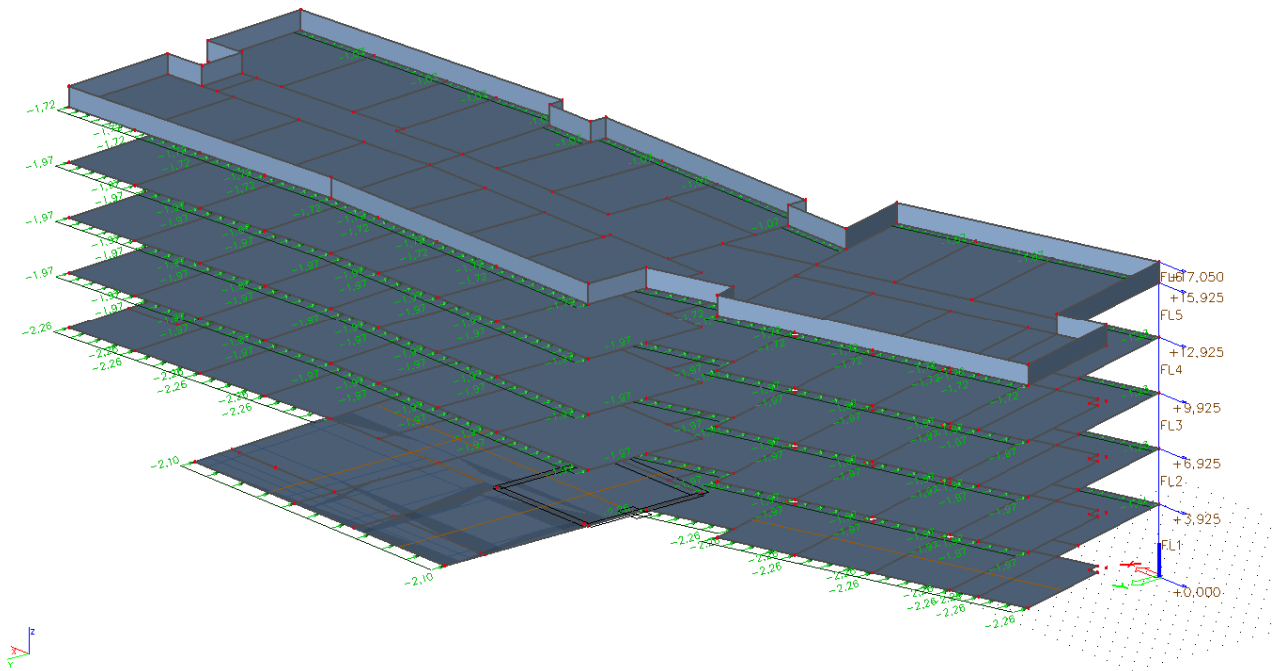


4.3 Kontrola reakcí v podporách od zatížení větrem

- Pro kontrolu reakcí bylo využito minimální svislé zatížení – pouze vlastní tíha konstrukce se součinitelem $\gamma_g = 0,9$ a zatížení od větru se součinitelem $\gamma_q = 1,5$
- Zatížení větrem bylo do modelu zavedeno zjednodušeně jako liniové působící na stropní konstrukci
- Zatížení
 - Vítr ze severní strany

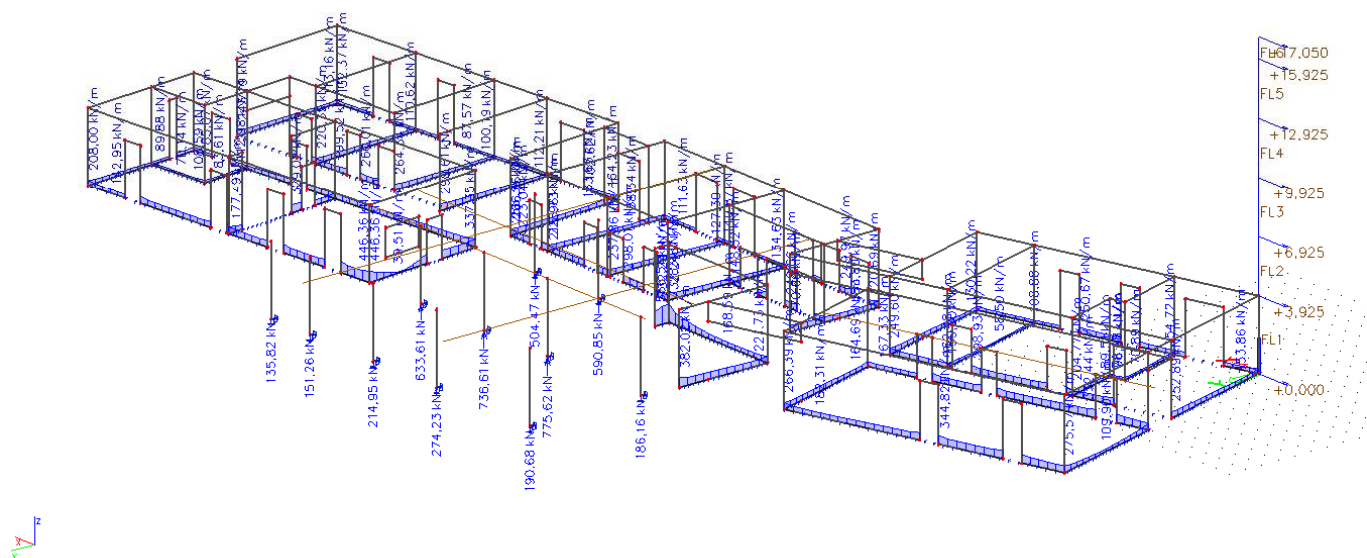


- Vítr z jižní strany



- Reakce v podporách

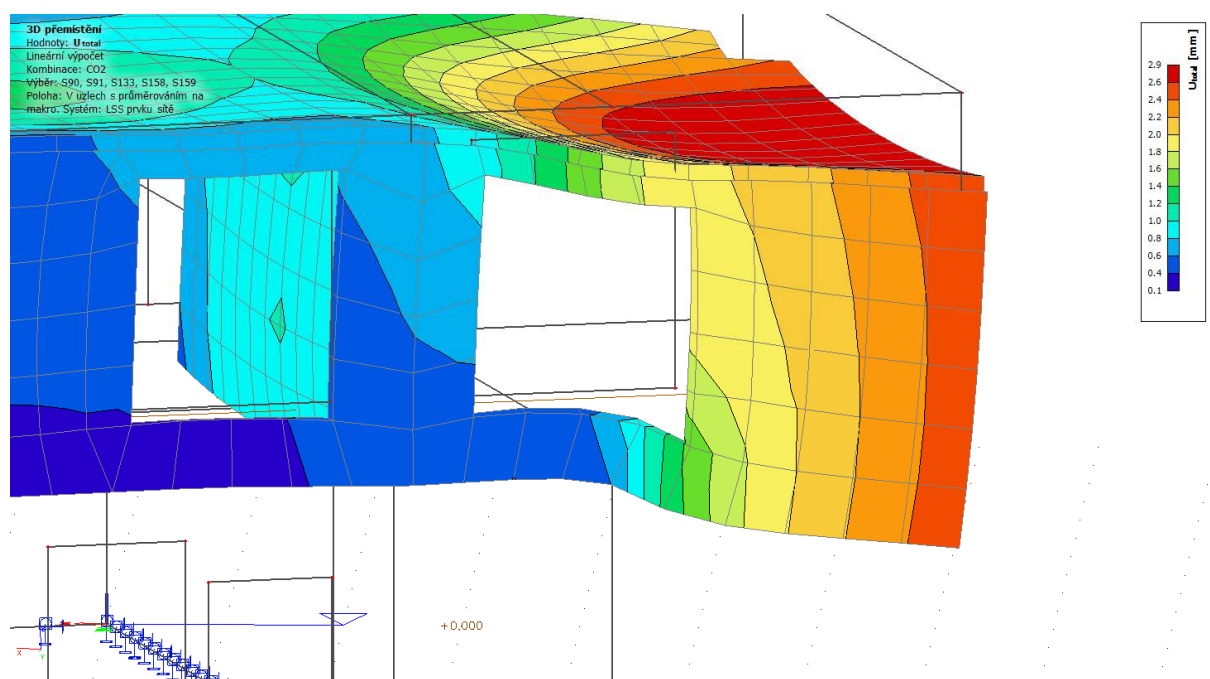
Reakce
 Hodnoty: Rz
 Lineární výpočet
 Kombinace: Vitr+vlastní tíha
 Systém: Globální
 Extrém: Dílec
 Výběr: Vše



- Ve všech podporách vznikají pouze tlakové síly.

5 Ověření možnosti kombinace konstrukčního systému – ŽB + zdivo

- Z kontroly deformace modelu je evidentní, že při kombinaci konstrukčních systémů může být problémem průhyb vykonzolované části konstrukce, zejména s ohledem na kompletační konstrukce - okna. Tomuto místu byla proto věnována pozornost.
- Pro využití této možnosti je snaha zvýšit tuhost vykonzolované části spojením dvou nebo i více desek, svislými monolitickými stěnami. Tato ztužená část bude vynášet zbytek konstrukce se svislými zděnými stěnami.

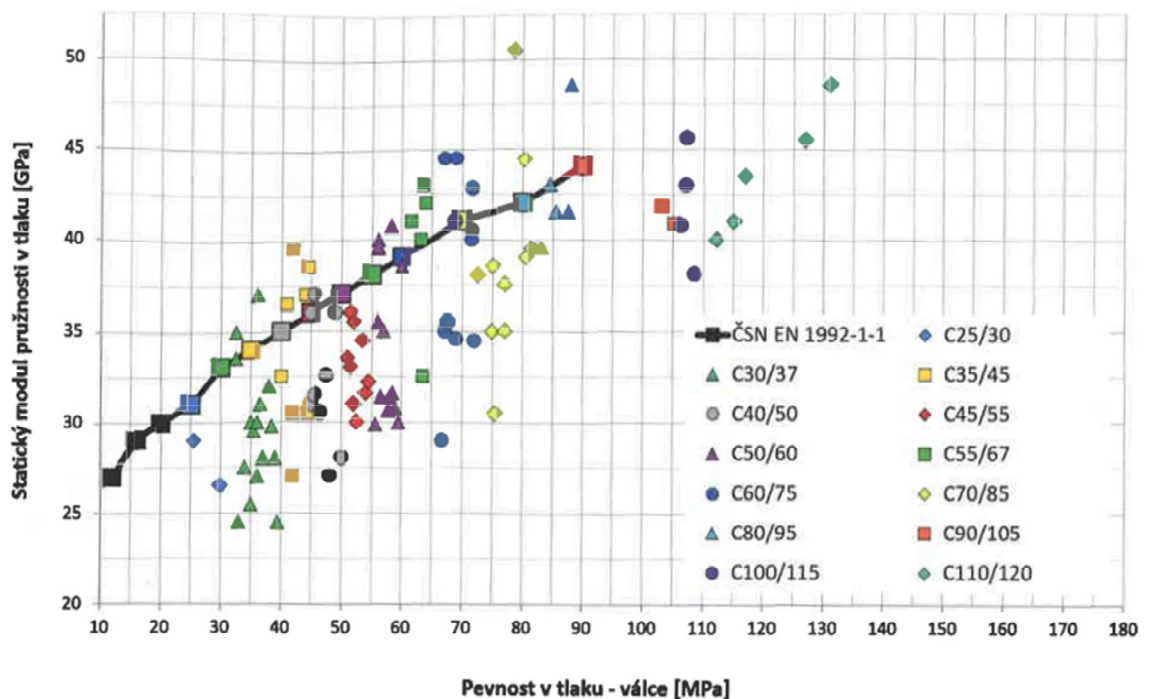


- Ilustrační fotografie, které sloužily jako inspirace pro vhodné řešení problému s průhybem vykonzolované části



5.1 Ověření průhybu konzoly

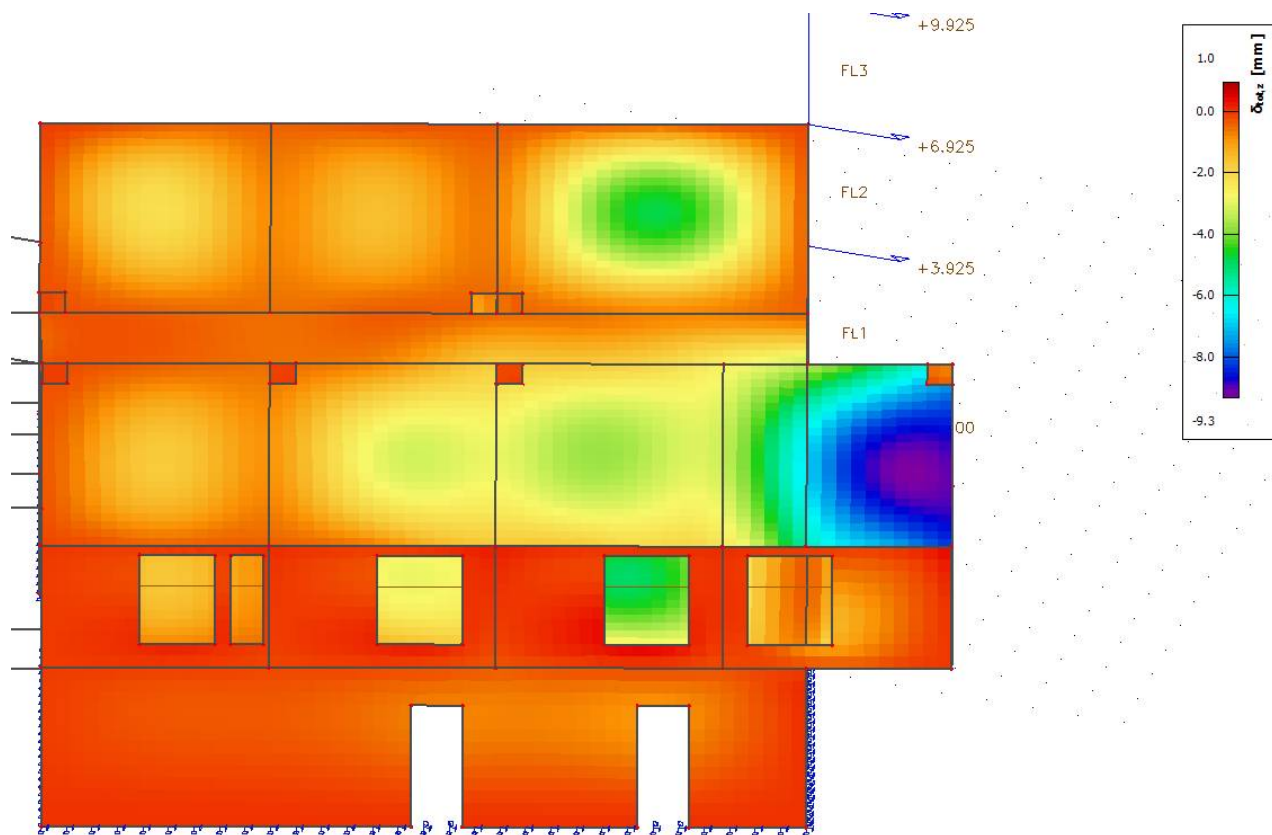
- Průhyby budou vypočítány z 3D modelu s použitím funkce Normově závislý průhyb, s využitím nutné výztuže.
- Při výpočtu průhybu byl model zatížen veškerým působícím zatížením. Průhyb byl kontrolován s charakteristickou kombinací zatížení
- Program počítá průhyb s vlivem trhlin a dotvarování betonu
- Ve výpočtu není zahrnut vliv smršťování betonu – odhadnuté navýšení průhybu: 20 %
- Protože normové hodnoty modulu pružnosti betonu jsou hodnoty střední a ne zaručené, jsem se z důvodu bezpečnosti rozhodl snížit modul pružnosti o 20 %
- Následující graf převzat z Technická pravidla ČBS 05 – Modul pružnosti betonu



Obr. 7 Statický modul pružnosti betonů různých pevnostních tříd stanovený na válcích 150 × 300 mm zakoncovaných sirtou maltou. Zkušební tělesa byla vyrobená a zkoušena v jedné laboratoři. [35]

- Limitní průhyb $w_{max} = \frac{l}{125} = \frac{3000}{125} = 24 \text{ mm}$
- Zatížení od vyšších zděných pater bylo vypočítáno pomocí úpravy modelu, kdy byla dvě spodní patra odstraněna a zbylá patra byla podepřena. Následně byla spodní podlaží zatížena liniovými silami odpovídajícími reakcím z horních podlaží.

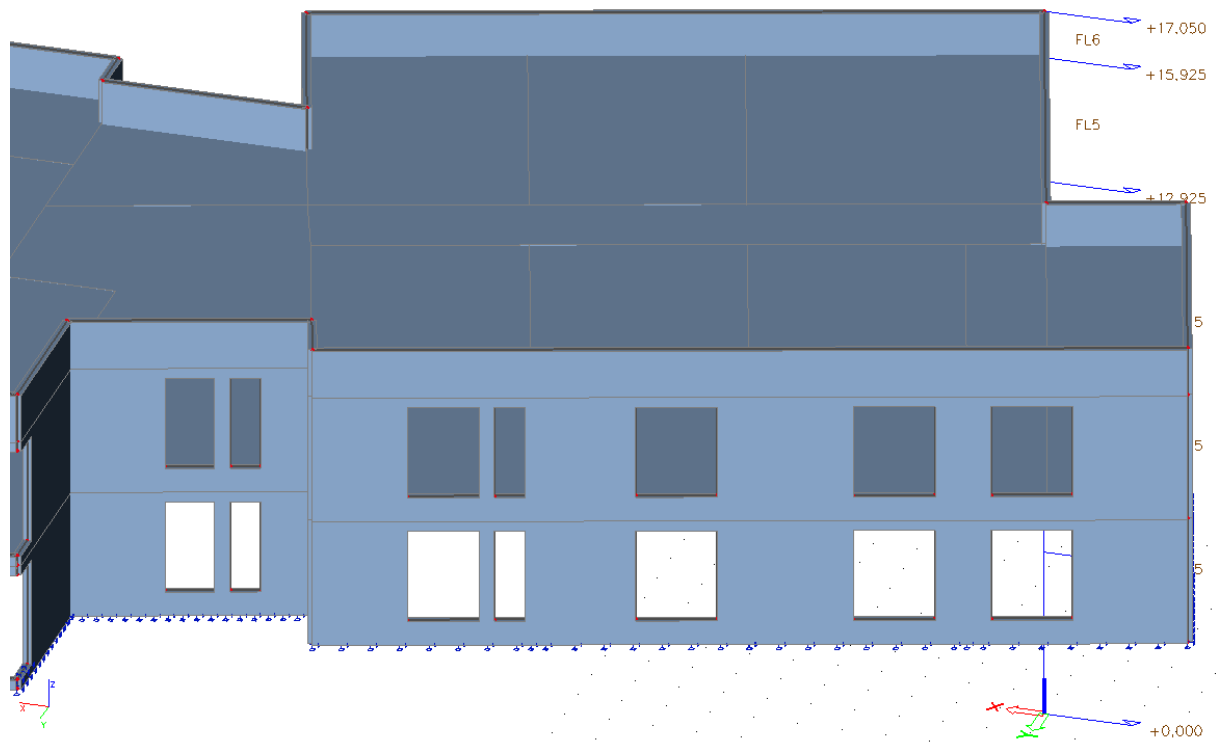
- Vypočítaný normový průhyb programem SCIA Engineer 18.1



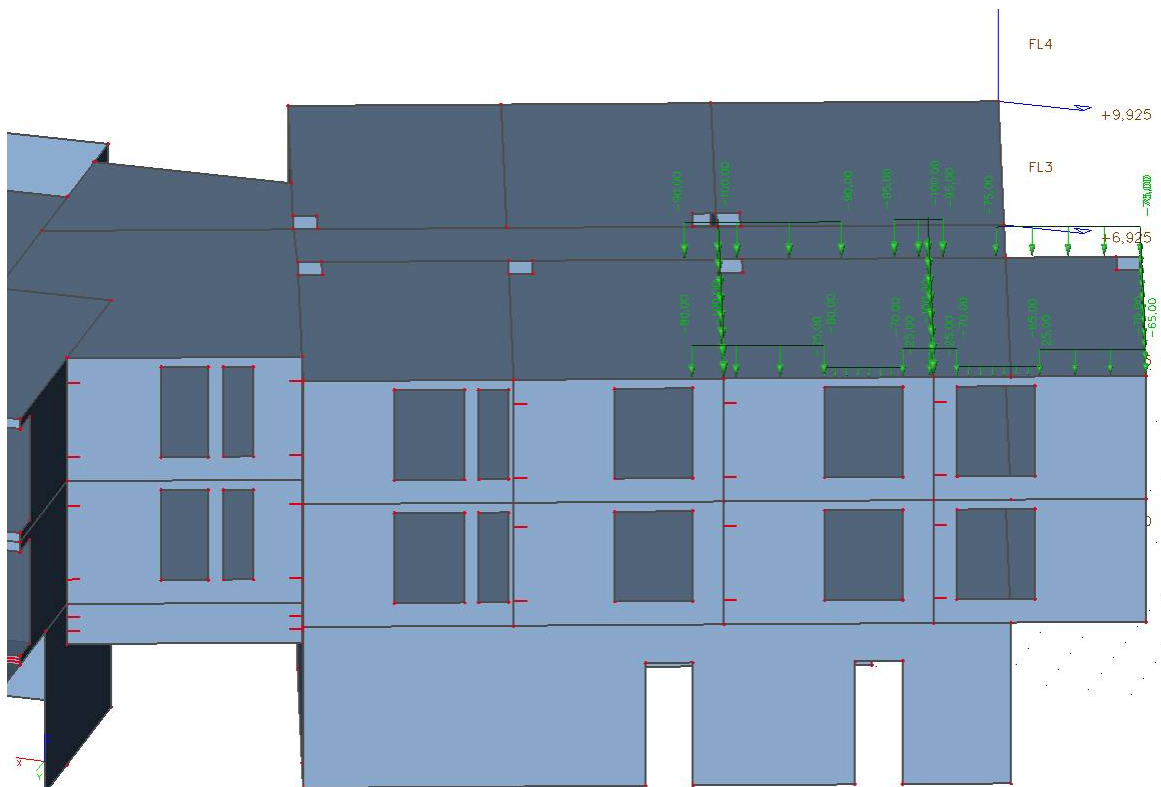
- Maximální průhyb = 9,3 mm
- Zvýšení o 20 % kvůli vlivu smršťování betonu =>
 - $w = 11,2 \text{ mm} < w_{\text{max}} = 24 \text{ mm}$

5.1.2 Tři podlaží betonová + dvě podlaží zděná

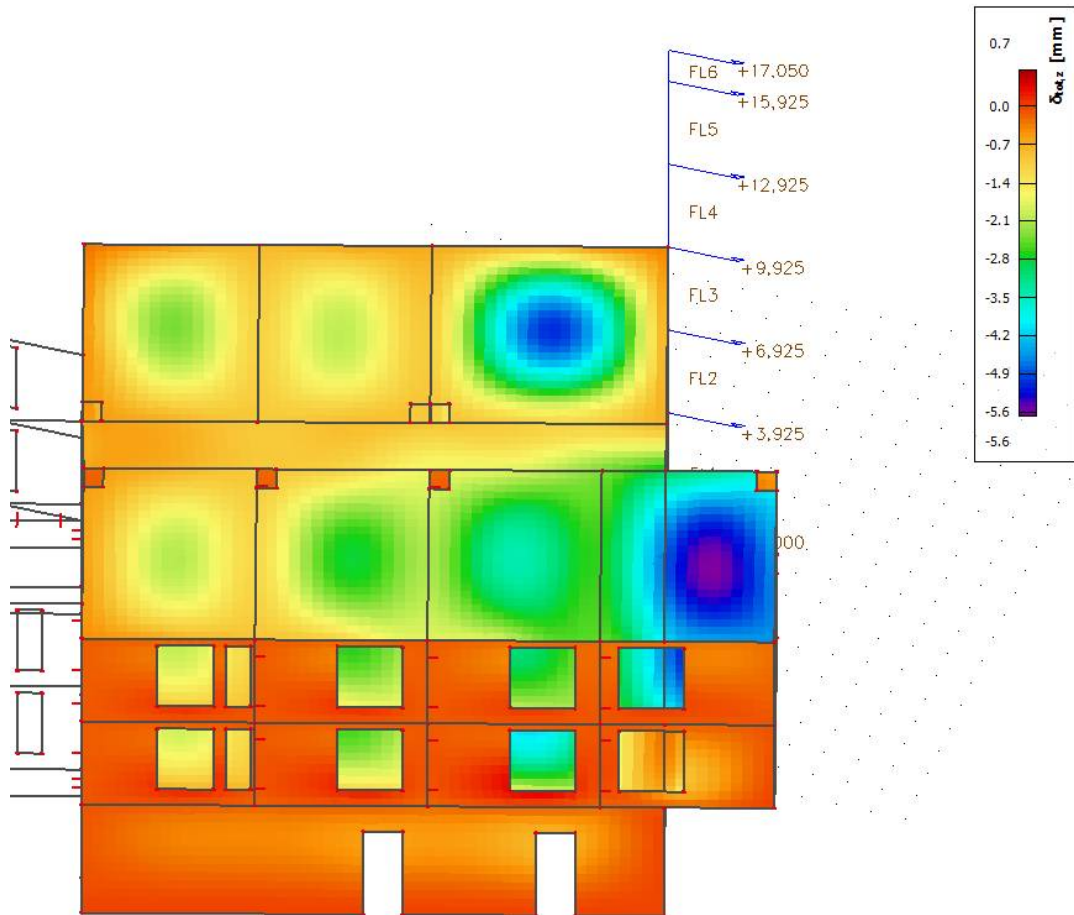
- Model pro výpočet zatížení



- Model pro výpočet průhybu



- Vypočítaný normový průhyb programem SCIA Engineer 18.1

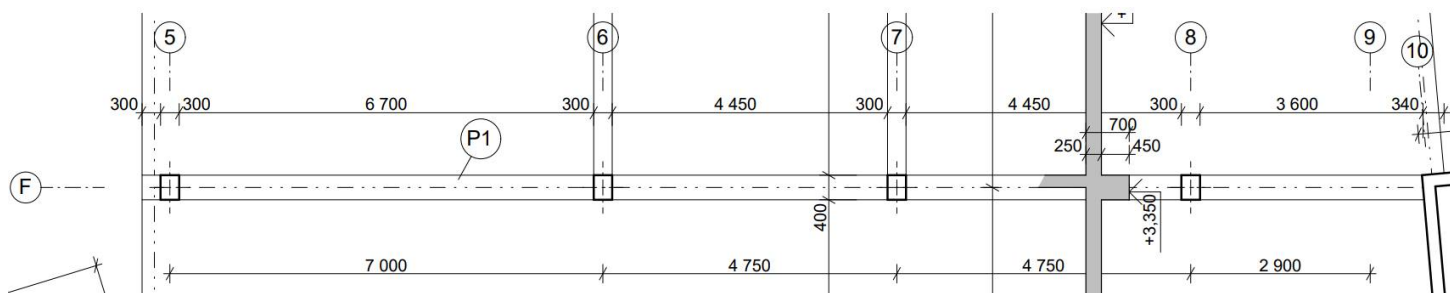


- Maximální průhyb = 5,6 mm
- Zvýšení o 20 % kvůli vlivu smršťování betonu
 - => $w = 6,7 \text{ mm} < w_{\text{max}} = 24 \text{ mm}$

5.2 Závěr

- Z vypočítaných hodnot lze usuzovat že by bylo možné konstrukci provést jako kombinovanou z železobetonu a zdiva.
- Jak je vidět ze získaných výsledků, už při použití dvou desek spojených monolitickými stěnami je maximální průhyb pod průhybem maximálním. Ale vzhledem k umístění a deformaci okenního otvoru by bylo nutné provést podrobný výpočet. Alternativně by bylo možné okenní otvor zmenšit, čímž by se deformace celé vykonzolované části i otvoru zmenšila. Při použití tří spojených desek se průhyb dále zmenšuje a snižuje se také deformace okenního otvoru.

6 Podrobný návrh sloupů



- V rámci bakalářské práce bude navržena výztuž pro sloupy F5-F8
- Vzhledem k podobnému zatížení sloupů F6-F8 bude pro tyto sloupy navržena stejná výztuž, která bude podrobně ověřena pro nejvíce zatížený sloup F6
- Sloup F5, který má jiné zatížení a rozložení vnitřních sil, bude navržen samostatně
- Pro výpočet vnitřních sil na posuzovaných sloupech byl ve 3D modelu snížen modul pružnosti stěn na 10 GPa

- **Materiál**

- Beton C30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

- Ocel B500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_y} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

- **Krycí vrstva**

- Třída prostředí XC1
- Předpokládaný profil výztuže 18 mm
- Třída konstrukce S3

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

$$= \max(18 \text{ mm}; 10 + 0 - 0 - 0 = 10 \text{ mm}; 10 \text{ mm}) = 18 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c - min + \Delta c_{dev} = 18 + 5 = 23 \text{ mm}$$

- Uvažují krycí vrstvu 25 mm

6.1 Výpočet vzpěrné délky

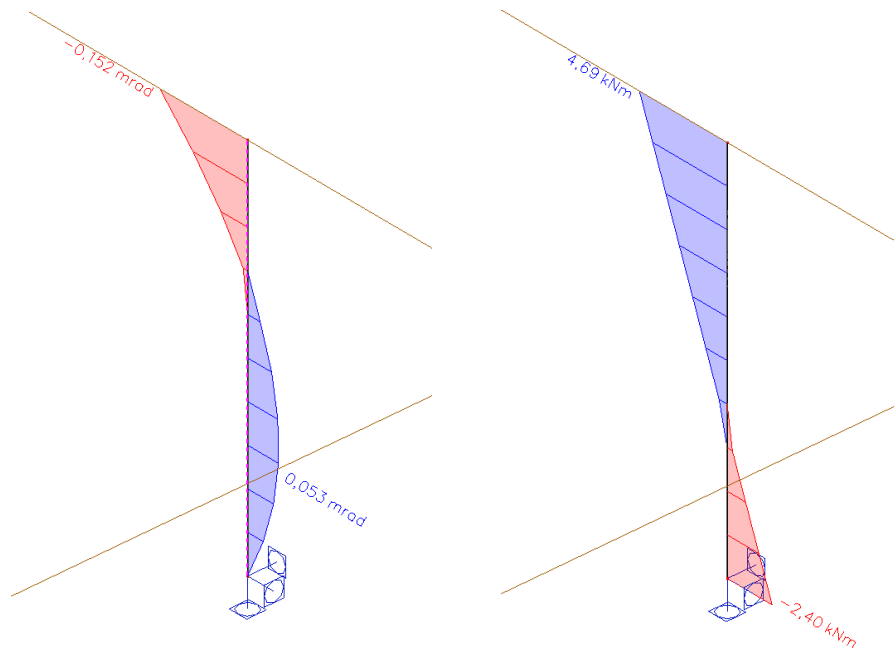
- Vzpěrná délka počítána na nejvíce zatíženém sloupu F6
- Byla počítána pro 1. kombinaci zatížení s celoplošným užitným zatížením
- Délka sloupu $l = 3,4 \text{ m}$
- V patě sloupu uvažují dokonalé vetknutí – $\Theta = 0$

- Modul pružnosti betonu $E = 32,8 \text{ GPa}$
- Rozměry sloupu $300 \times 400 \text{ mm}$
- Velikosti pootočení a momentů převzaty z 3D modelu
- Konstrukce ztužená (stěnový konstrukční systém) -> sloup s neposuvnými styčníky

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 0,3^3 \cdot 0,4 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,3 \cdot 0,4^3 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- **Vzpěrná délka ve směru y**



- pootočení $\Theta = 0,152 \text{ mrad}$
- moment $M = 4,69 \text{ kNm}$
- Poměrná ohebnost:

$$k_{2,y} = \frac{\Theta}{M} \cdot \frac{EI_z}{l} = \frac{0,152 \cdot 10^{-3}}{4,69} \cdot \frac{32,8 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3}}{3,4} = 0,282$$

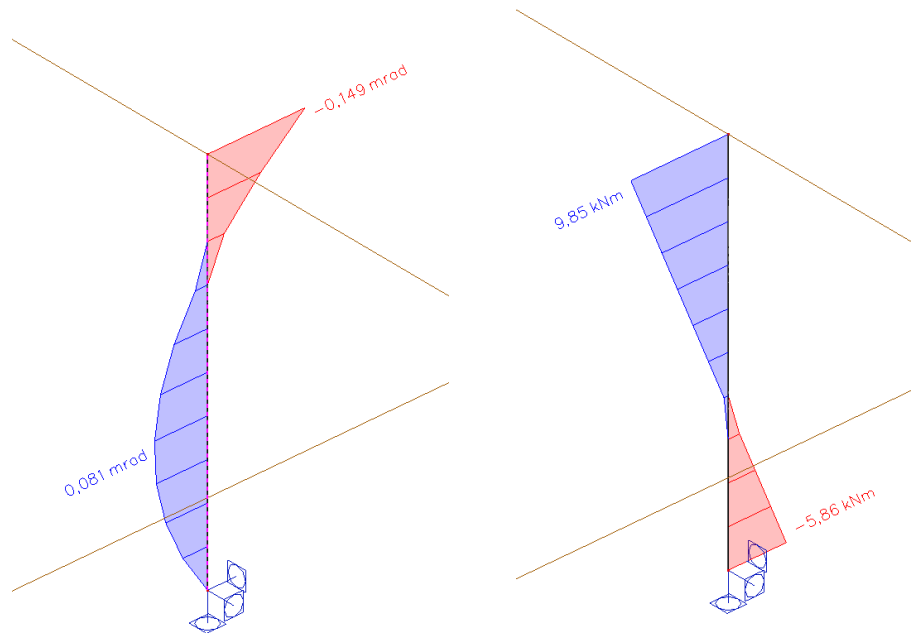
- Účinná délka

$$\beta_y = 0,5 \cdot \sqrt{1 + \frac{k_2}{0,45 + k_2}} = 0,5 \cdot \sqrt{1 + \frac{0,282}{0,45 + 0,282}} = 0,59$$

- bezpečně uvažují součinitel $\beta = 0,65$

$$l_{0,y} = \beta \cdot l = 0,65 \cdot 3,4 = 2,21 \text{ m}$$

○ **Vzpěrná délka ve směru z**



- pootočení $\Theta = 0,149$ mrad
- moment $M = 9,85$ kNm
- Poměrná ohebnost:

$$k_{2,z} = \frac{\theta}{M} \cdot \frac{EI_y}{l} = \frac{0,149 \cdot 10^{-3}}{9,85} \cdot \frac{32,8 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3}}{3,4} = 0,244$$

- Účinná délka

$$\beta_z = 0,5 \cdot \sqrt{1 + \frac{k_2}{0,45 + k_2}} = 0,5 \cdot \sqrt{1 + \frac{0,244}{0,45 + 2,44}} = 0,58$$

- bezpečně uvažují součinitel $\beta = 0,65$

$$l_{0,z} = \beta_z \cdot l = 0,65 \cdot 3,4 = 2,21 \text{ m}$$

6.2 Posouzení štíhlosti sloupu

- Limitní štíhlost:

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{1,019}} = 10,68 \leq 75$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2445,6}{0,4 \cdot 0,3 \cdot 20 \cdot 10^3} = 1,019$$

- součinitele A, B, C uvažovány zjednodušeně a bezpečně dle doporučení normy

- A = 0,7
 - B = 1,1
 - C = 0,7
- Štíhlost ve směru y

$$\lambda_y = \frac{l_0}{i_z} = \frac{2,21 \cdot 10^3}{86,6} = 25,5$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{0,9 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 0,4}} = 86,6 \text{ mm}$$

- Štíhlost ve směru z

$$\lambda_z = \frac{l_0}{i_y} = \frac{2,21 \cdot 10^3}{115} = 19,22$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 0,4}} = 115 \text{ mm}$$

- Posouzení

$$\lambda_y = 25,5 \not\leq \lambda_{lim} = 10,68$$

$$\lambda_z = 19,22 \not\leq \lambda_{lim} = 10,68$$

- Sloup bude uvažován jako štíhlý v obou posuzovaných směrech – při výpočtu je nutné uvažovat ohybový moment druhého řádu

6.3 Výpočet návrhových momentů

6.3.1 Sloup F6

- Stanovení deformací druhého řádu
 - Pro stanovení deformace druhého řádu bude použita metoda jmenovité křivosti
 - Stanovení křivosti K_r

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,228 - 1}{1,228 - 0,4} = 0,275 < 1$$

$$n = 1,019 > 1 \Rightarrow n = 1$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + \frac{A_{s,est} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 1 + \frac{1257 \cdot 10^{-6} \cdot 434,8 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 0,4 \cdot 20 \cdot 10^3} = 1,228$$

$$A_{s,est} = 1257 \text{ mm}^2$$

-předpokládaná výztuž 4 × Ø20

- Stanovení součinitele dotvarování φ_{ef}

$$\varphi_{ef} = \frac{\varphi(\infty, t_0) \cdot M_{0Eqp}}{M_{0Ed}}$$

Součinitel dotvarování $\varphi = 2$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 0,4}{2 \cdot (0,3 + 0,4)} = 0,171 \text{ m}$$

- prostředí RH50%, cement N, zatíženo po 28 dnech

M_{0Eqp} – ohybový moment 1. řádu pro kvazistálé zatížení – převzato z 3D modelu

$$M_{0Ed} = \max(0,6 \cdot M_{01} + 0,4 \cdot M_{02}; 0,4 \cdot M_{02})$$

$$M_{01} = \min(|M_{top}|; |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed}$$

$$M_{02} = \max(|M_{top}|; |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed}$$

$$e_i = \frac{l_0}{400} = \frac{2210}{400} = 5,525 \text{ mm} \quad - \text{geometrická imperfekce}$$

M_{top} – moment v hlavě sloupu

M_{bot} – moment v patě sloupu

- Křivost K_φ

$$K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{ef} \geq 1$$

$$\beta_y = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,35 + \frac{30}{200} - \frac{25,5}{150} = 0,33$$

$$\beta_z = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,35 + \frac{30}{200} - \frac{19,22}{150} = 0,37$$

- Excentricita e_2

$$e_2 = \frac{K_r \cdot K_\varphi \cdot f_{yd} \cdot l_0^2}{0,45 \cdot d \cdot E_s \cdot c}$$

$$d_y = h - c_{nom} - \phi_w - \frac{\phi}{2} = 400 - 25 - 8 - \frac{20}{2} = 357 \text{ mm}$$

$$d_z = b - c_{nom} - \phi_w - \frac{\phi}{2} = 300 - 25 - 8 - \frac{20}{2} = 257 \text{ mm}$$

$E_s = 200 \text{ GPa}$ - modul pružnosti výztuže

$$c = \pi^2 = 10$$

- Návrhový moment M_{Ed}

$$M_{Ed} = \max(M_{02}; M_{0Ed} + M_2; M_{01} + 0,5 \cdot M_2)$$

$$M_2 = N_{Ed} \cdot e_2$$

- Výpočet pro jednotlivé zatěžovací stavy je proveden v následujících tabulkách

Směr y

	$N_f = N_{Ed}$	$M_{y, top}$	$M_{y, bot}$	e_i	$M_{01,y}$	$M_{02,y}$	$M_{0,Ed}$	$M_{0,eqp}$	φ_{ef}	K_φ	e_2	M_2	M_{Ed}
KZS1	2445,6	13,6	-8,08	5,525	21,59	27,11	23,80	8,44	0,71	1,262	1,358	3,32	27,120
KZS2	2318,5	9,3	-5,81	5,525	18,62	22,11	20,02	7,58	0,76	1,280	1,377	3,19	23,208
KZS3	2277,27	7,2	-4,78	5,525	17,36	19,78	18,33	7,16	0,78	1,289	1,386	3,16	21,487
KZS4	2381,92	14,12	-8,26	5,525	21,42	27,28	23,76	8,54	0,72	1,266	1,362	3,24	27,280
KZS5	2244,35	2,84	-2,62	5,525	15,02	15,24	15,11	6,29	0,83	1,308	1,407	3,16	18,265
KZS6	2347,41	8,67	-5,53	5,525	18,50	21,64	19,76	7,45	0,75	1,279	1,376	3,23	22,985
KZS7	2274,28	8,2	-5,3	5,525	17,87	20,77	19,03	7,36	0,77	1,286	1,383	3,15	22,172
KZS8	1655,5	5,37	-3,5	5,525	12,65	14,52	13,39	8,36	1,25	1,462	1,572	2,60	15,997

Směr z

	N_f	$M_{z, top}$	$M_{z, bot}$	e_i	$M_{01,z}$	$M_{02,z}$	$M_{0,Ed}$	$M_{0,eqp}$	φ_{ef}	K_φ	e_2	M_2	M_{Ed}
KZS1	2445,6	6,43	-3,29	5,525	16,80	19,94	18,06	4,12	0,46	1,151	1,719	4,20	22,262
KZS2	2318,5	6,24	-3,21	5,525	16,02	19,05	17,23	4,08	0,47	1,156	1,727	4,01	21,237
KZS3	2277,27	5,86	-3	5,525	15,58	18,44	16,73	4,01	0,48	1,158	1,730	3,94	20,666
KZS4	2381,92	6,34	-3,25	5,525	16,41	19,50	17,65	4,1	0,46	1,153	1,723	4,10	21,750
KZS5	2244,35	5,81	-2,99	5,525	15,39	18,21	16,52	4	0,48	1,160	1,733	3,89	20,407
KZS6	2347,41	6,86	-3,51	5,525	16,48	19,83	17,82	4,21	0,47	1,156	1,727	4,05	21,873
KZS7	2274,28	5,27	-2,71	5,525	15,28	17,84	16,30	3,89	0,48	1,158	1,729	3,93	20,232
KZS8	1655,5	3,95	-2,01	5,525	11,16	13,10	11,93	4,89	0,82	1,270	1,898	3,14	15,075

6.3.2 Sloup F5

- Vnitřní síly pro sloup F5 jsou navrženy stejně jako v předchozím výpočtu
- Stanovení křivosti K_r

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,08 - 1}{1,08 - 0,4} = 0,118 < 1$$

$$n = 1,019 > 1 \Rightarrow n = 1$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + \frac{A_{s,est} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 1 + \frac{452 \cdot 10^{-6} \cdot 434,8 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 0,4 \cdot 20 \cdot 10^3} = 1,08$$

$$A_{s,est} = 452 \text{ mm}^2 \text{ -předpokládaná výztuž } 4 \times \text{Ø}12$$

- Ostatní hodnoty převzaty z předchozího výpočtu

Směr y

	$N_f = N_{Ed}$	$M_{y, top}$	$M_{y, bot}$	e_i	$M_{01,y}$	$M_{02,y}$	$M_{0,Ed}$	$M_{0,eqp}$	φ_{ef}	K_φ	e_2	M_2	M_{Ed}
KZS1	558,65	12,97	-7,72	5,525	10,81	16,06	12,91	8,26	1,28	1,474	0,680	0,38	16,057
KZS2	533,81	12,55	-7,41	5,525	10,36	15,50	12,42	8,17	1,32	1,487	0,686	0,37	15,499
KZS3	547,52	7,78	-5,01	5,525	8,04	10,81	9,14	7,22	1,58	1,584	0,731	0,40	10,805
KZS4	541,73	13,3	-7,83	5,525	10,82	16,29	13,01	8,32	1,28	1,473	0,680	0,37	16,293
KZS5	543,88	7,23	-4,73	5,525	7,73	10,23	8,73	7,11	1,63	1,602	0,739	0,40	10,235
KZS6	566,55	9,74	-6,01	5,525	9,14	12,87	10,63	7,61	1,43	1,530	0,706	0,40	12,870
KZS7	516,42	10,64	-6,46	5,525	9,31	13,49	10,99	7,79	1,42	1,525	0,704	0,36	13,493
KZS8	393,1	12,97	-7,72	5,525	9,89	15,14	11,99	8,79	1,47	1,542	0,712	0,28	15,142

Směr z

	N_f	$M_{z, top}$	$M_{z, bot}$	e_i	$M_{01,z}$	$M_{02,z}$	$M_{0,Ed}$	$M_{0,eqp}$	φ_{ef}	K_φ	e_2	M_2	M_{Ed}
KZS1	558,65	-28,61	13,59	5,525	16,68	31,70	22,68	19,12	1,69	1,556	0,998	0,56	31,697
KZS2	533,81	-27,7	13,13	5,525	16,08	30,65	21,91	18,93	1,73	1,570	1,007	0,54	30,649
KZS3	547,52	-27,39	13	5,525	16,03	30,42	21,78	18,87	1,73	1,572	1,008	0,55	30,415
KZS4	541,73	-28,27	13,42	5,525	16,41	31,26	22,35	19,05	1,70	1,562	1,002	0,54	31,263
KZS5	543,88	-27,06	12,84	5,525	15,84	30,06	21,53	18,81	1,75	1,577	1,011	0,55	30,065
KZS6	566,55	-29,28	13,89	5,525	17,02	32,41	23,18	19,25	1,66	1,548	0,992	0,56	32,410
KZS7	516,42	-26,05	12,37	5,525	15,22	28,90	20,70	18,6	1,80	1,593	1,021	0,53	28,903
KZS8	393,1	-28,6	13,59	5,525	15,76	30,77	21,77	19,6	1,80	1,594	1,022	0,40	30,772

6.4 Posouzení sloupů

- Sloupy budou posouzeny v obou směrech s použitím interakčního diagramu vytvořeného pomocí softwaru
- Následně budou sloupy posouzeny na dvousé namáhání
- Následující interakční diagramy jsou vytvořeny pro 1. kombinaci zatížení, posouzení pro ostatní kombinace zatěžovacích stavů a pro dvousé namáhání bude provedeno v tabulce

6.4.1 Sloup F6

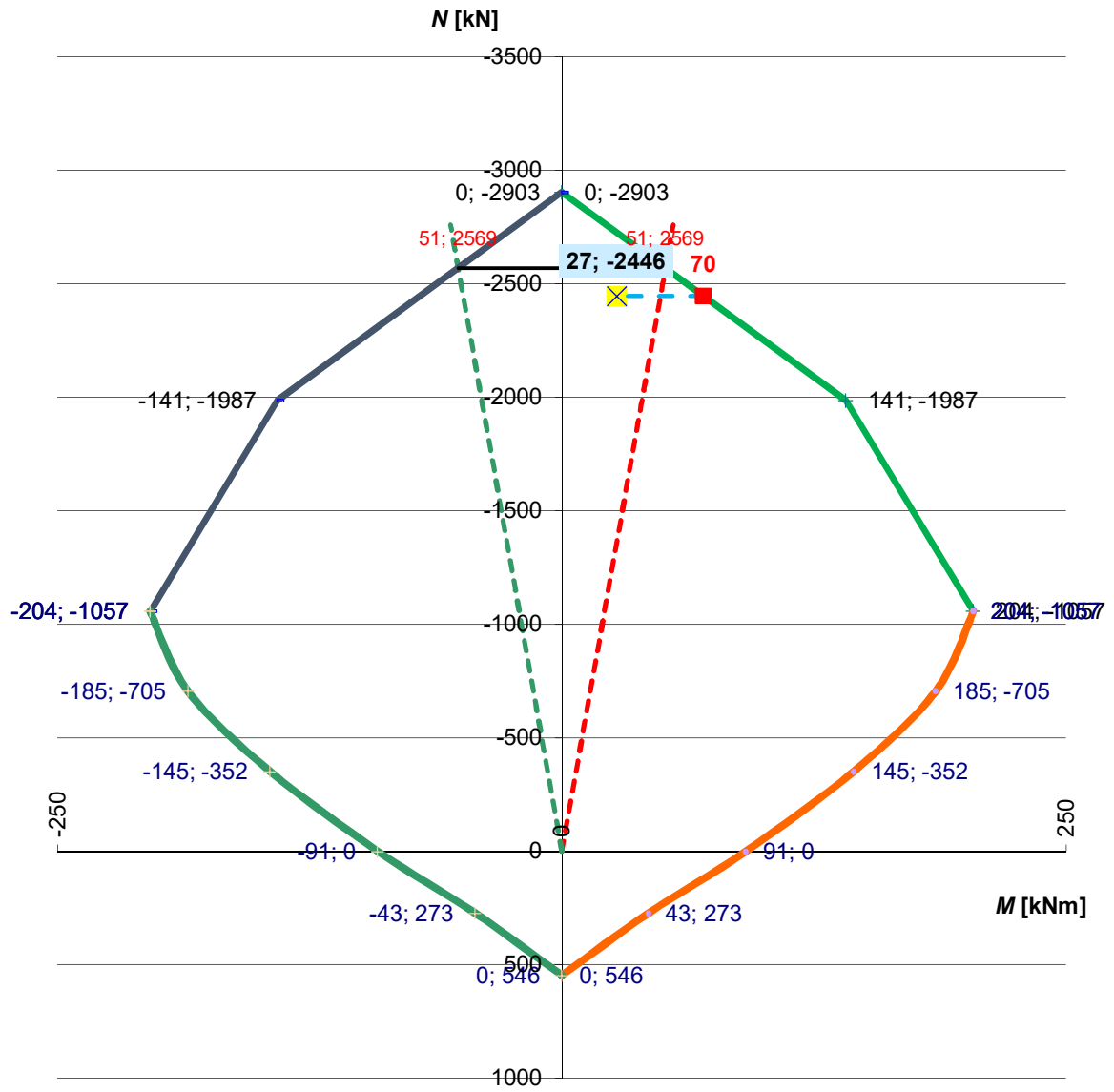
Směry

Rozměry průřezu					
	h =	0,40 m			
	b =	0,30 m			
Zatížení					
	M_{Ed} =	27,12 kNm			
	N_{Ed} (tlak < 0) =	-2445,6 kN			
Materiály:					
	Beton	C30/37			
	f_{ck} =	30 MPa			
	γ_c =	1,5			
	α_{cc} =	1,0			
	f_{cd} =	20,0 MPa			
	Ocel	B500 B			
	f_{yk} =	500 MPa			
	γ_s =	1,15			
	f_{yd} =	434,8 MPa			
	E_S =	200000 MPa			
Krytí hlavní nosné výztuže					
	c_1 =	25 mm			
	c_2 =	25 mm			
	c_3 =	25 mm			
Návrh výztužení		\emptyset_1	\emptyset_2		
	Profil	20	20	mm	V POŘÁDKU
	Plocha 1 prutu	314	314	mm ²	
	Počet prutů	2	2		V POŘÁDKU
	Plocha výztuže	628	628	mm ²	
	MIN plocha výztuže	120	120	mm ²	V POŘÁDKU
	MAX plocha výztuže	2400	2400	mm ²	V POŘÁDKU
	Výztuž sloupu celkem	1257		mm ²	
Konstrukční zásady pro jednu řadu profilů					
	Frakce kameniva	32		mm	
	Min. vzdálenost profilů	20		mm	
	Průměr svislého profilu	20	20	mm	
	Min. světla vzdálenost	32,0	32,0	mm	
	Skutečná světla vzdálenost	210,0	210,0	mm	V POŘÁDKU

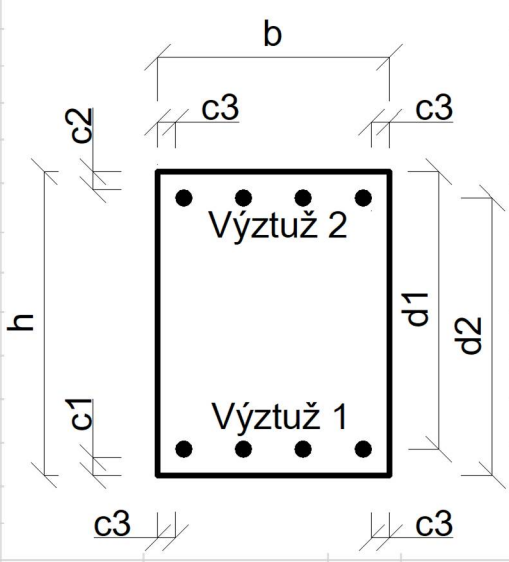
$M_{Ed} > 0$ - tažena Výztuž 1

$M_{Ed} < 0$ - tažena Výztuž 2

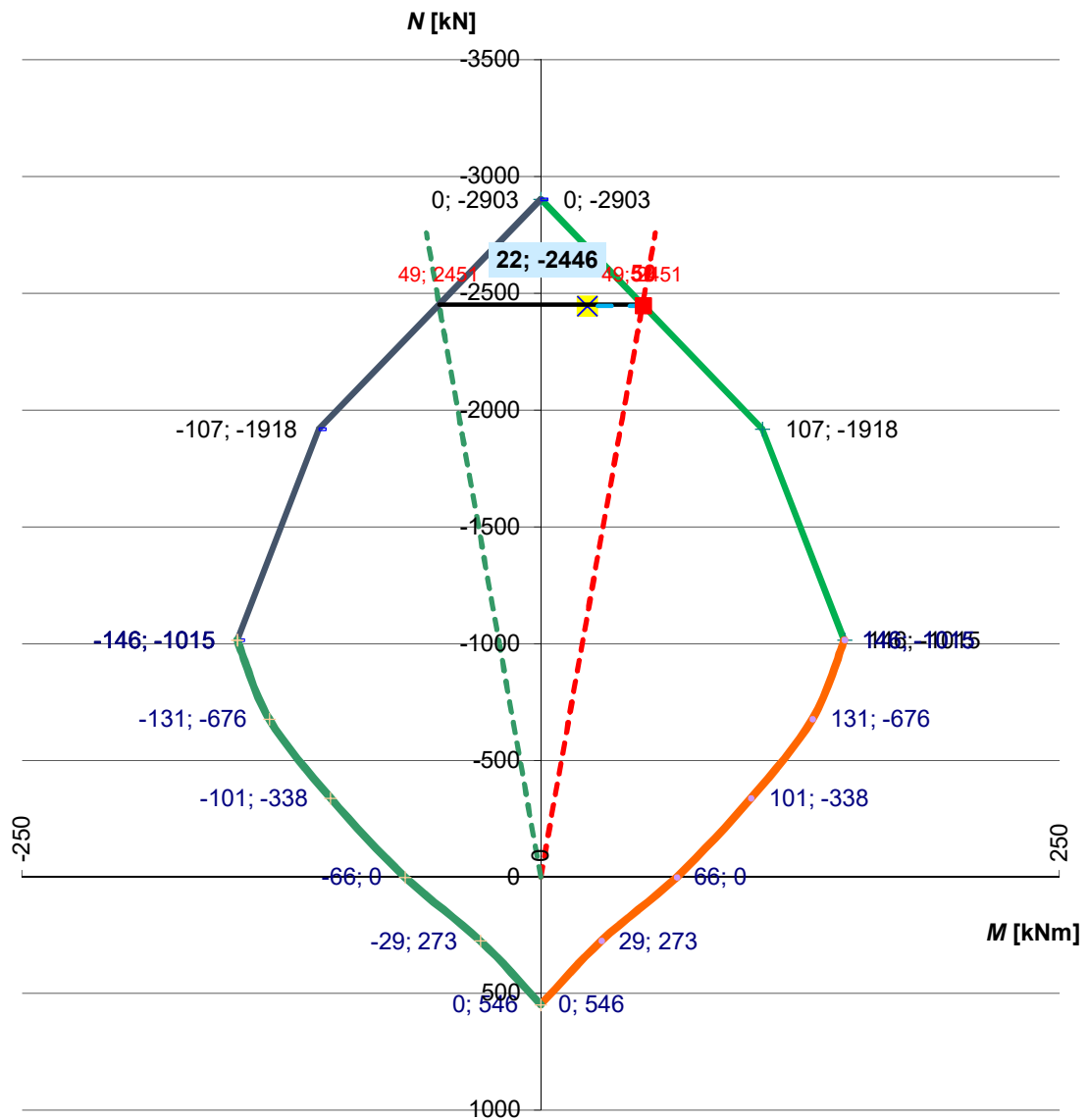
Interakční diagram



Směr z

Rozměry průřezu					
	h =	0,30	m		
	b =	0,40	m		
Zatížení					
	M_{Ed} =	22,262	kNm		
	N_{Ed} (tlak < 0) =	-2445,6	kN		
Materiály:					
Beton		C30/37			
	f_{ck} =	30	MPa		
	γ_c =	1,5			
	α_{cc} =	1,0			
	f_{cd} =	20,0	MPa		
Ocel		B500 B			
	f_{yk} =	500	MPa		
	γ_s =	1,15			
	f_{yd} =	434,8	MPa		
	E_s =	200000	MPa		
					
					$M_{Ed} > 0$ - tažena Výztuž 1 $M_{Ed} < 0$ - tažena Výztuž 2
Krytí hlavní nosné výztuže					
	c_1 =	25	mm		
	c_2 =	25	mm		
	c_3 =	25	mm		
Návrh vyztužení		\emptyset_1	\emptyset_2		
	Profil	20	20	mm	V POŘÁDKU
	Plocha 1 prutu	314	314	mm ²	
	Počet prutů	2	2		V POŘÁDKU
	Plocha výztuže	628	628	mm ²	
	MIN plocha výztuže	120	120	mm ²	V POŘÁDKU
	MAX plocha výztuže	2400	2400	mm ²	V POŘÁDKU
	Výztuž sloupu celkem	1257		mm ²	
Konstrukční zásady pro jednu řadu profilů					
	Frakce kameniva	32		mm	
	Min. vzdálenost profilů	20		mm	
	Průměr svislého profilu	20	20	mm	
	Min. světlá vzdálenost	32,0	32,0	mm	
	Skutečná světlá vzdálenost	310,0	310,0	mm	V POŘÁDKU

Interakční diagram



	N_{ed}	$M_{ed,y}$	$M_{ed,z}$	N_{Rd}	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,z}$	Podmínka spolehlivosti
KZS1	2445,6	27,120	22,262	2451	70,4	49,7	0,833
KZS2	2318,5	23,208	21,237	2451	89,9	63,4	0,593
KZS3	2277,27	21,487	20,666	2451	96,3	67,9	0,527
KZS4	2381,92	27,280	21,750	2451	80,3	56,5	0,725
KZS5	2244,35	18,265	20,407	2451	101,3	71,5	0,466
KZS6	2347,41	22,985	21,873	2451	85,5	60,3	0,632
KZS7	2274,28	22,172	20,232	2451	96,7	68,2	0,526
KZS8	1655,5	16,000	15,080	2451	163,4	118,3	0,225

- Podmínka spolehlivosti

$$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$$

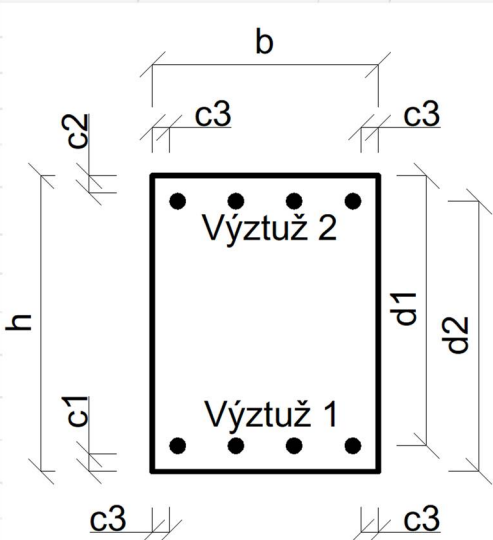
- bezpečně zvoleno $a = 1$

- Navržená výztuž $4 \times \text{Ø}20$ vyhovuje pro všechny kombinace zatěžovacích stavů

6.4.2 Sloup F5

Směr y

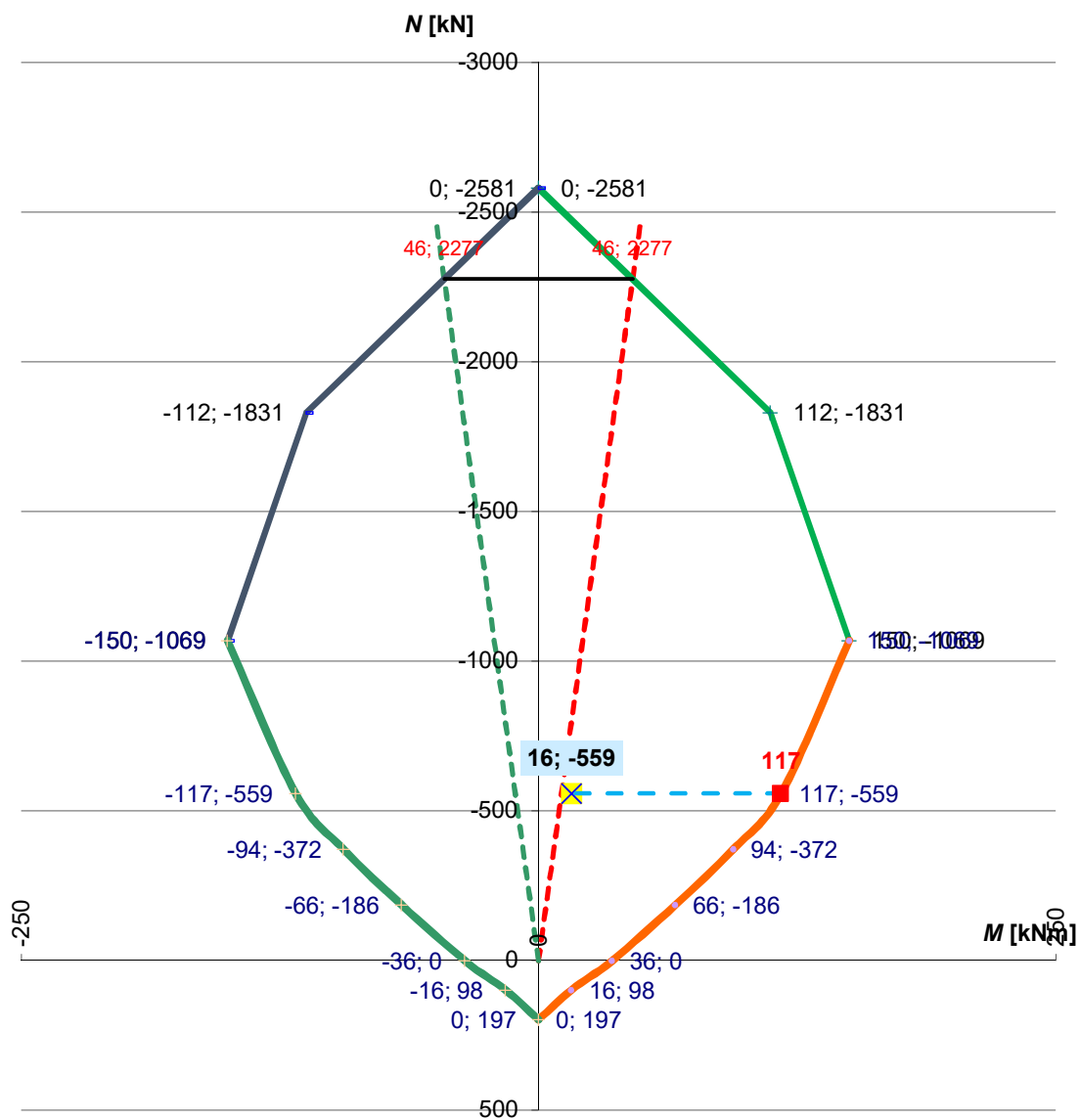
Rozměry průřezu					
	h =	0,40	m		
	b =	0,30	m		
Zatížení					
	M_{Ed} =	16,06	kNm		
	N_{Ed} (tlak < 0) =	-558,7	kN		
Materiály:					
Beton		C30/37			
	f_{ck} =	30	MPa		
	γ_c =	1,5			
	α_{cc} =	1,0			
	f_{cd} =	20,0	MPa		
Ocel		B500 B			
	f_{yk} =	500	MPa		
	γ_s =	1,15			
	f_{yd} =	434,8	MPa		
	E_s =	200000	MPa		
Krytí hlavní nosné výztuže					
	c_1 =	25	mm		
	c_2 =	25	mm		
	c_3 =	25	mm		
Návrh vyztužení		\varnothing_1	\varnothing_2		
	Profil	12	12	mm	V POŘÁDKU
	Plocha 1 prutu	113	113	mm ²	
	Počet prutů	2	2		V POŘÁDKU
	Plocha výztuže	226	226	mm ²	
	MIN plocha výztuže	120	120	mm ²	V POŘÁDKU
	MAX plocha výztuže	2400	2400	mm ²	V POŘÁDKU
	Výztuž sloupu celkem	452		mm ²	
Konstrukční zásady pro jednu řadu profilů					
	Frakce kameniva	32		mm	
	Min. vzdálenost profilů	20		mm	
	Průměr svislého profilu	12	12	mm	
	Min. světlá vzdálenost	32,0	32,0	mm	
	Skutečná světlá vzdálenost	226,0	226,0	mm	V POŘÁDKU



$M_{Ed} > 0$ - tažena Výztuž 1

$M_{Ed} < 0$ - tažena Výztuž 2

Interakční diagram



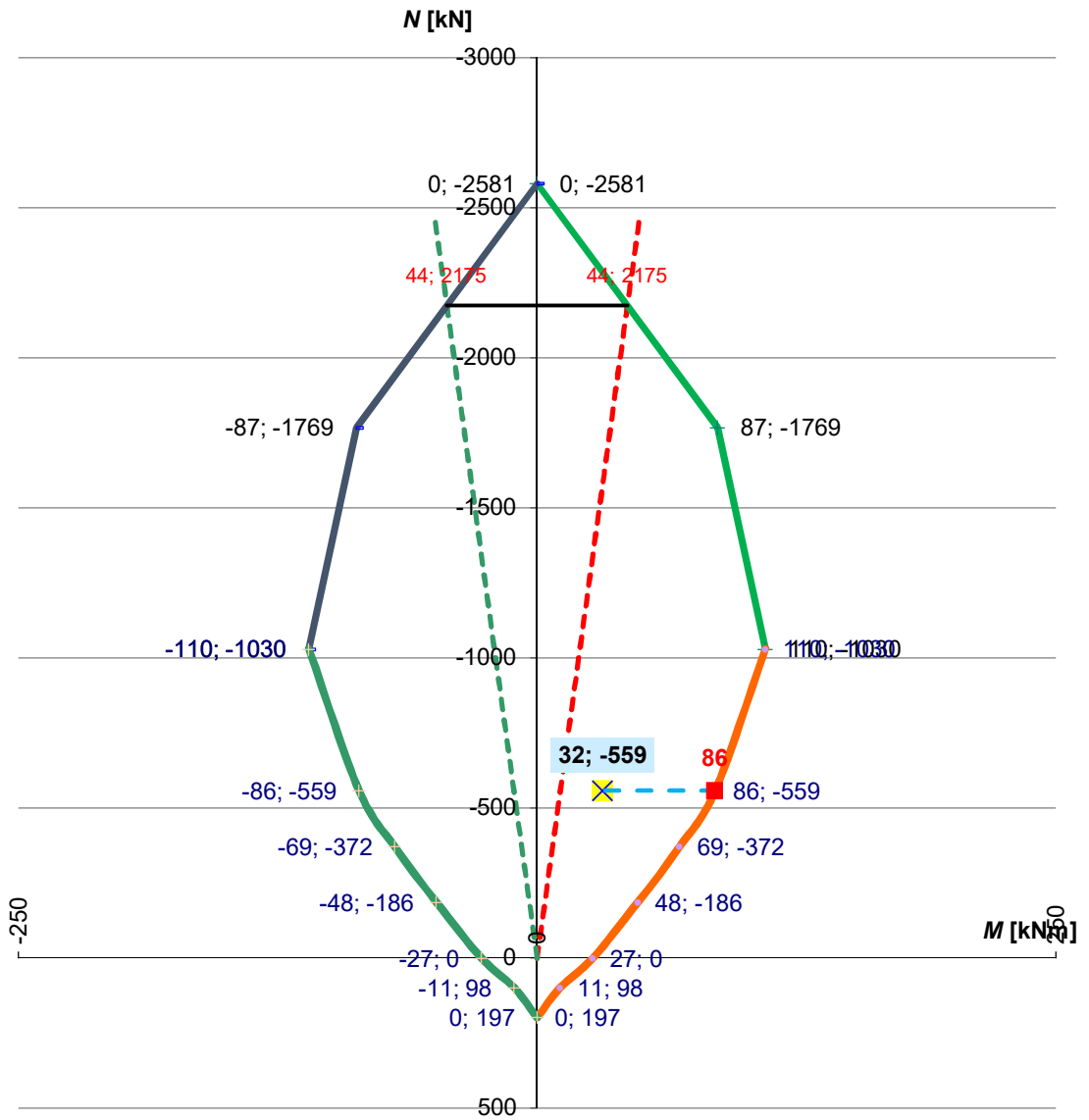
Směr z

Rozměry průřezu				
	h =	0,30 m		
	b =	0,40 m		
Zatížení				
	M_{Ed} =	31,7 kNm		
	N_{Ed} (tlak < 0) =	-558,7 kN		
Materiály:				
Beton		C30/37		
	f_{ck} =	30 MPa		
	γ_c =	1,5		
	α_{cc} =	1,0		
	f_{cd} =	20,0 MPa		
Ocel		B500 B		
	f_{yk} =	500 MPa		
	γ_s =	1,15		
	f_{yd} =	434,8 MPa		
	E_s =	200000 MPa		
Krytí hlavní nosné výztuže				
	c_1 =	25 mm		
	c_2 =	25 mm		
	c_3 =	25 mm		
Návrh vyztužení				
		\emptyset_1	\emptyset_2	
Profil	12	12	mm	V POŘÁDKU
Plocha 1 prutu	113	113	mm ²	
Počet prutů	2	2		V POŘÁDKU
Plocha výztuže	226	226	mm ²	
MIN plocha výztuže	120	120	mm ²	V POŘÁDKU
MAX plocha výztuže	2400	2400	mm ²	V POŘÁDKU
Výztuž sloupu celkem	452		mm ²	
Konstrukční zásady pro jednu řadu profilů				
Frakce kameniva	32		mm	
Min. vzdálenost profilů	20		mm	
Průměr svislého profilu	12	12	mm	
Min. světlá vzdálenost	32,0	32,0	mm	
Skutečná světlá vzdálenost	326,0	326,0	mm	V POŘÁDKU

$M_{Ed} > 0$ - tažena Výztuž 1

$M_{Ed} < 0$ - tažena Výztuž 2

Interakční diagram



	N_{ed}	$M_{ed,y}$	$M_{ed,z}$	N_{Rd}	$M_{Rd,y}$	$M_{Rd,z}$	Podmínka spolehlivosti
KZS1	558,65	16,057	31,697	2451	117,4	85,8	0,506
KZS2	533,81	15,499	30,649	2451	114,7	83,7	0,501
KZS3	547,52	10,805	30,415	2451	116,2	84,9	0,451
KZS4	541,73	16,293	31,263	2451	115,6	84,4	0,511
KZS5	543,88	10,235	30,065	2451	115,8	84,6	0,444
KZS6	566,55	12,870	32,410	2451	118,2	86,5	0,484
KZS7	516,42	13,493	28,903	2451	112,7	82,2	0,471
KZS8	393,1	15,142	30,772	2451	97,1	70,7	0,591

- Podmínka spolehlivosti

$$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^a + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^a \leq 1$$

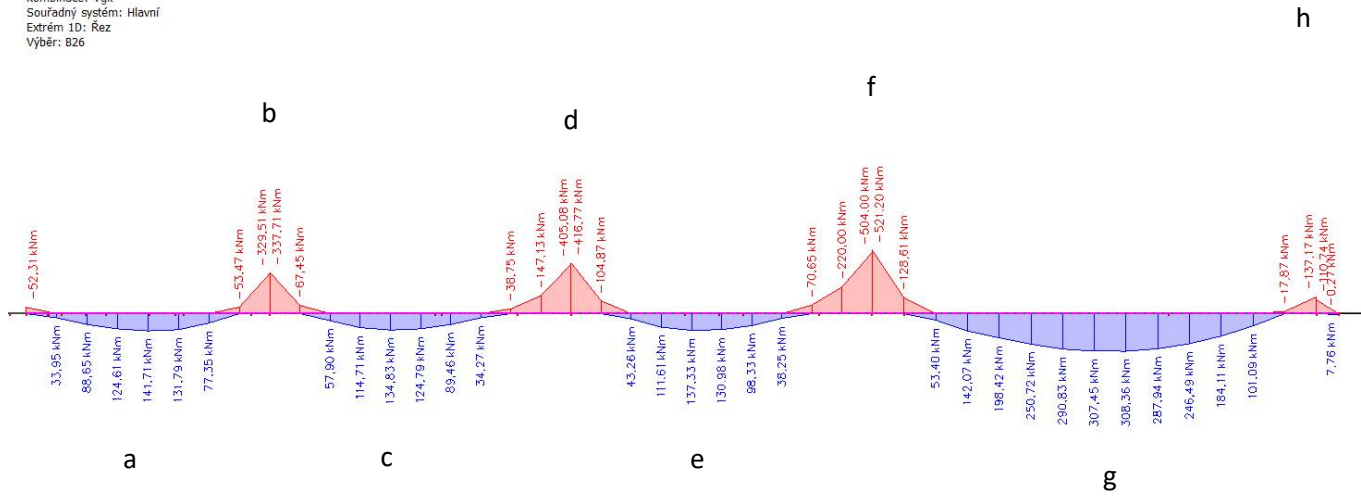
- bezpečně zvoleno $a = 1$

- Navržená výztuž $4 \times \emptyset 12$ vyhovuje pro všechny kombinace zatěžovacích stavů

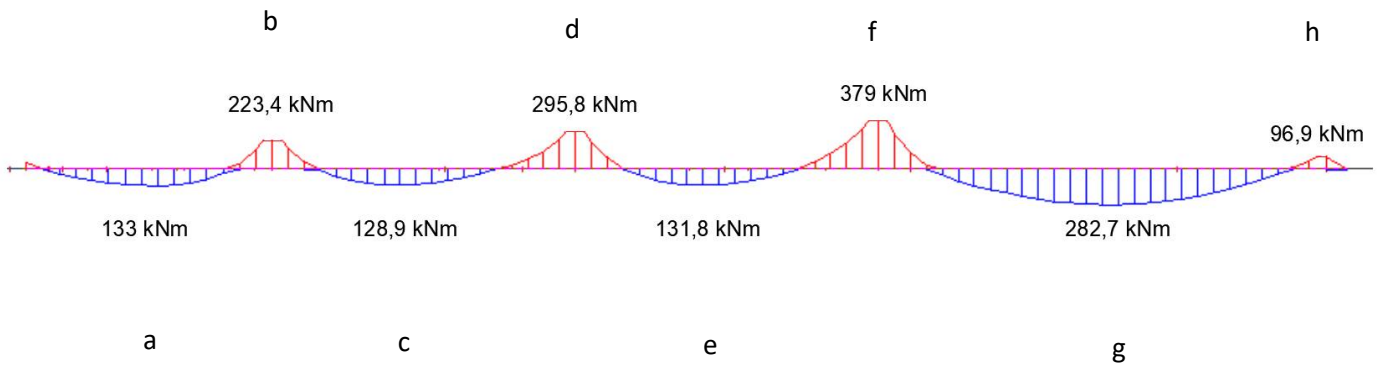
7.1 Vnitřní síly

○ Moment M_y

1D vnitřní síly
 Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: Vgk
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Řez
 Výběr: B26

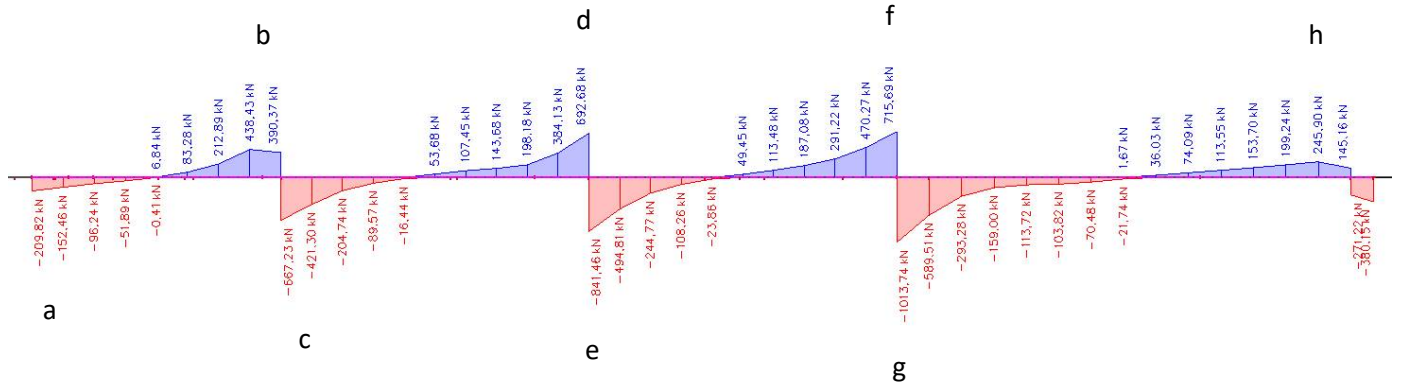


○ Moment M_y po redukcí nad podporami

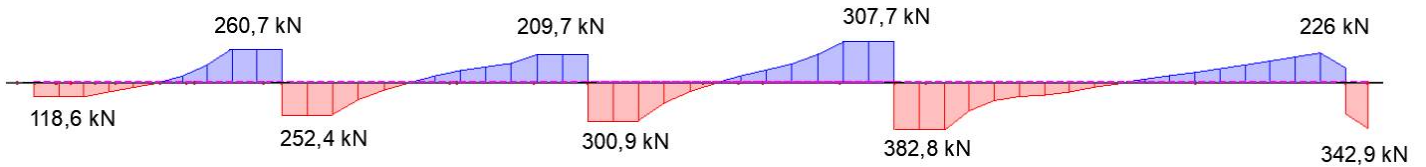


○ Posouvající síla V_z

1D vnitřní síly
Hodnoty: V_z
Lineární výpočet
Kombinace: Vgk
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Rez
Výběr: B25



○ Posouvající síla V_z – redukce ve vzdálenosti d od líce podpory



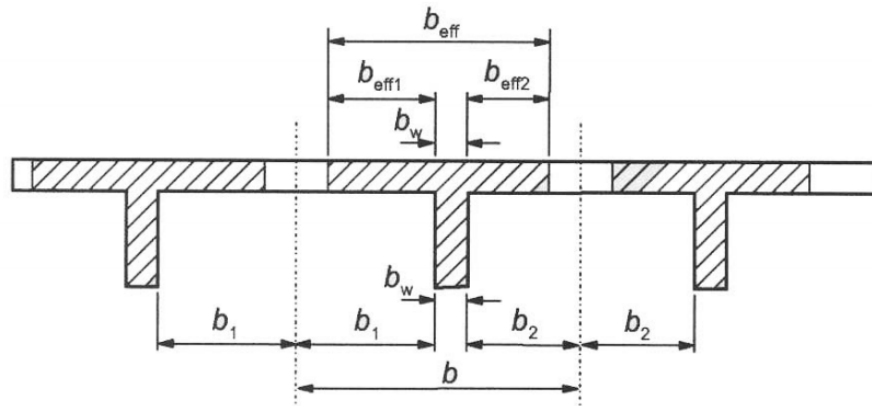
- V tabulkách jsou použity velikosti momentů po zredukování nad podporou
- Velikost posouvající síly pro návrh třmínků je použita ve vzdálenosti d od kraje podpory
- Velikost posouvající síly pro ověření únosnosti tlačené diagonály je použita maximální nadpodporová síla

• Předpoklady výpočtu:

- Rozměr průvlaku: 400 × 700 mm
- Krytí výztuže: 25 mm
- Třmínky $\varnothing 10$, dvojstrážné
- Šířka b nad podporami uvažována b_e , mezi podporami uvažována šířka b_{eff}

7.2 Návrh ohybové výztuže

- Ohybová výztuž bude navržena formou tabulky s použitím následujících vzorců
 - Efektivní šířka



$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

- Potřebná výztuž

$$a_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yk}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right)$$

- Minimální výztuž

$$a_{s,min 1} = 0,0013 \cdot b \cdot d$$

$$a_{s,min 2} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot d \cdot b}{f_{yk}}$$

- Maximální výztuž

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

- Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yk}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

- Poměrná výška tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d}$$

- Rameno vnitřních sil

$$z = d - 0,4x$$

- Moment únosnosti

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot z \cdot f_{yd}$$

- Maximální vzdálenost mezi pruty

$$s_{a,max} = \min(2h; 300 \text{ mm})$$

- Minimální vzdálenost mezi pruty

$$s_{a,min} = \max(1,2\phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

Návrh výztuže

Ohybová výztuž

		Návrh									posouzení						vzdálenosti mezi pruty				
		med	ϕ	d	as,rqd	Návrh	as	as,min,1	as.min.2	as,max	x	ksí	z	mrd			sa	sa,max	sc	sc,min	
pruh		kNm	mm	m	mm ²	počet	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	m		m	kNm	mrd>med	ksi<0,45	mm	mm	mm	mm	
1	a	133	16	0,657	466,9	3	603,2	396,3	341,6	11200	0,010	0,015	0,653	171,3	✓	0,78	✓	157	300	141	21
	b	223,4	16	0,657	809,1	5	1005,3	396,3	341,6	11200	0,068	0,104	0,630	275,2	✓	0,81	✓	79	300	63	21
	c	128,9	16	0,657	452,5	3	603,2	396,3	341,6	11200	0,009	0,014	0,653	171,3	✓	0,75	✓	157	300	141	21
	d	295,8	16	0,657	1084,1	6	1206,4	396,3	341,6	11200	0,082	0,125	0,624	327,4	✓	0,90	✓	105	300	89	21
	e	131,8	16	0,657	462,7	3	603,2	396,3	341,6	11200	0,009	0,014	0,653	171,3	✓	0,77	✓	157	300	141	21
	f	379	16	0,649	1428,6	8	1608,5	391,5	337,5	11200	0,109	0,168	0,605	423,3	✓	0,90	✓	105	300	89	21
	g	282,7	16	0,657	995,6	6	1206,4	396,3	341,6	11200	0,012	0,018	0,652	342,1	✓	0,83	✓	63	300	47	21
	h	94,2	12	0,659	333,4	3	339,3	397,5	342,7	11200	0,023	0,035	0,650	95,9	✓	0,98	✓	159	300	147	21

Průřez	
b	0,4 m
h	0,7 m

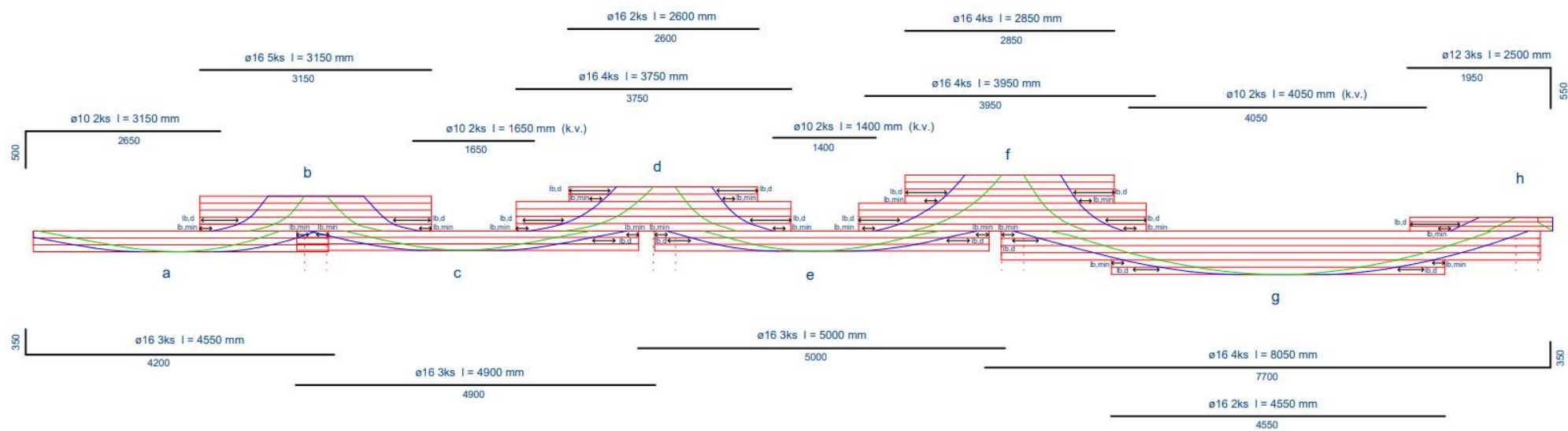
c,nom	0,025 m
fyk	500 Mpa
fck	30 Mpa
fyd	434,78 Mpa
fcd	20 Mpa
fctm	2,9 Mpa

Výpočet efektivní šířky žebra b_{eff}

	l_t	b_t	součinitel	b	b_1	l_0	$b_{eff,1}$	beff
	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
a	3750	400	0,85	6650	3125	3188	638	1675
c	4750	400	0,7	6650	3125	3325	665	1730
e	4750	400	0,7	6650	3125	3325	665	1730
g	7000	400	0,85	6650	3125	5950	1190	2780

- Navržená výztuž ve všech průřezech vyhovuje
- Poměrná výška tlačené oblasti $\xi < 0,45$
- Minimální a maximální vzdálenosti mezi pruty vyhovují

7.2.1 Schématický výkres rozdělení materiálu (výztuž na ohybové momenty)



7.3 Návrh smykové výztuže

- Smyková výztuž bude navržena formou tabulky s použitím následujících vzorců

- Únosnost tlačené diagonály

$$V_{Rd,max} = v \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

- Vzdálenost smykové výztuže

$$s_1 \leq \frac{A_{s,w} \cdot f_{yd}}{V_{Ed,1}} \cdot z \cdot \cot \theta$$

$$s \leq \min(0,75d; 400 \text{ mm})$$

- Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rd,1} = \frac{A_{s,w} \cdot f_{yd}}{s_1} \cdot z \cdot \cot \theta$$

- Kontrola stupně vyztužení

$$\rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,088 \%$$

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_1}$$

$$\rho_{sw,max} = \frac{0,5 \cdot v \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,5 \cdot 0,528 \cdot 20}{434,8} = 1,21 \%$$

Smyková výztuž

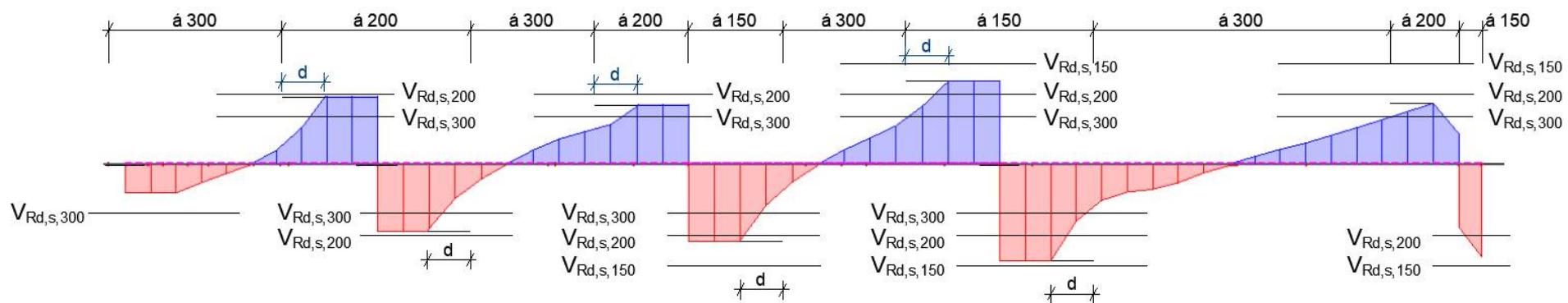
		Ved	z	Vrd,max	d	Ved1	∅	Asw	s1	min	min	návrh	Vrd1	V _{rd,max} >V _{Ed}	V _{Rd,1} >V _{Ed,1}		
		kN	m	kN	m	kN	mm	mm ²	m	m	m	m	kN				
1	a	190,8	0,653	1273,2	0,658	118,6	10	157,1	0,564	0,494	0,40	0,3	223,0	✓	0,15	✓	0,53
	b	400,22	0,630	1227,6	0,658	260,7	10	157,1	0,247	0,494	0,25	0,2	322,5	✓	0,33	✓	0,81
	c	609,1	0,653	1273,5	0,658	252,4	10	157,1	0,265	0,494	0,27	0,2	334,6	✓	0,48	✓	0,75
	d	632,4	0,624	1216,9	0,658	209,7	10	157,1	0,305	0,494	0,30	0,3	213,2	✓	0,52	✓	0,98
	e	768	0,653	1273,5	0,658	300,9	10	157,1	0,222	0,494	0,22	0,2	334,6	✓	0,60	✓	0,90
	f	655,6	0,605	1180,0	0,649	307,7	10	157,1	0,202	0,487	0,20	0,2	310,0	✓	0,56	✓	0,99
	g	930,7	0,652	1271,7	0,649	382,8	10	157,1	0,175	0,487	0,17	0,15	445,5	✓	0,73	✓	0,86
	h	218,8	0,650	1266,8	0,658	226	10	157,1	0,295	0,494	0,29	0,2	332,8	✓	0,17	✓	0,68
	i	344,8	0,650	1266,8	0,658	342,9	10	157,1	0,194	0,494	0,19	0,15	443,8	✓	0,27	✓	0,77

ρ,min		ρ,sw		ρ,max
0,088	<	0,131	<	1,214
0,088	<	0,196	<	1,214
0,088	<	0,196	<	1,214
0,088	<	0,131	<	1,214
0,088	<	0,196	<	1,214
0,088	<	0,196	<	1,214
0,088	<	0,262	<	1,214
0,088	<	0,196	<	1,214
0,088	<	0,262	<	1,214

v	0,528	
cot	1,5	

- Smyková výztuž nad podporami byla navržena na posouvající sílu ve vzdálenosti d od líce podpory
- V mezilehlých oblastech byla navržena výztuž ve vzdálenosti 300 mm

7.3.1 Schématický výkres rozdělení materiálu (smyková výztuž – vzdálenost třmínků)



8 Závěr

Konstrukce objektu jsou navrženy v souladu se souborem platných norem v České republice. Konstrukce byly navrženy co nejefektivněji v rámci možností a objektivního náhledu na vlastní zkušenosti s navrhováním studenta stavební fakulty. Proto byla většina konstrukcí navržena na straně bezpečné.

Použitá literatura

- [1] VÍTEK, Jan L., Jiří KOLÍSKO, Robert COUFAL, Petr HUŇKA a Michal ŠTEVULA. Technická pravidla ČBS 05: modul pružnosti betonu. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, 2016. ISBN 978-80-906097-5-4.
- [2] Hanzlová Hana, Šmejkal Jiří, Betonové a zděné konstrukce 1 – základy navrhování betonových konstrukcí. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2018. ISBN 978-80-01-06508.
- [3] ČSN EN 1990 (730002). Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [5] ČSN EN 1991-1-3 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: český normalizační institut, 2005.
- [6] ČSN EN 1992 1-1 (731201). Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. listopad 2006. Praha: český normalizační institut, 2005.
- [7] ČSN EN 1992 1-1 OPRAVA 1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [8] ČSN EN 1992 1-1 OPRAVA 2 (731201). 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.
- [9] ČSN EN 206 (732403): Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [10] ČSN EN 13670 (732400): Provádění betonových konstrukcí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [11] ČSN EN 10 080 - Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- [12] ČSN 42 0139 (420139) - Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná žebírková betonářská ocel. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

Seznam příloh

Průvodní zpráva k bakalářské práci

101 – Výkres tvaru 1.NP

102 – Výkres tvaru 2.NP

103 – Výkres tvaru 3.NP

104 – Výkres tvaru 4.NP

105 – Výkres tvaru 5.NP

201 – Výkres výztuže průvlaku P1 a sloupů F5-F8