

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta Stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



**POROVNÁNÍ PŘÍSTUPŮ K NÁVRHU VÝZTUŽE
ŽELEZOBETONOVÉ STĚNY**

COMPARISON OF APPROACHES TO THE
REINFORCEMENT DESIGN FOR REINFORCED
CONCRETE WALL

Příloha C

Předběžný statický výpočet

Autor práce: Radim Čermák

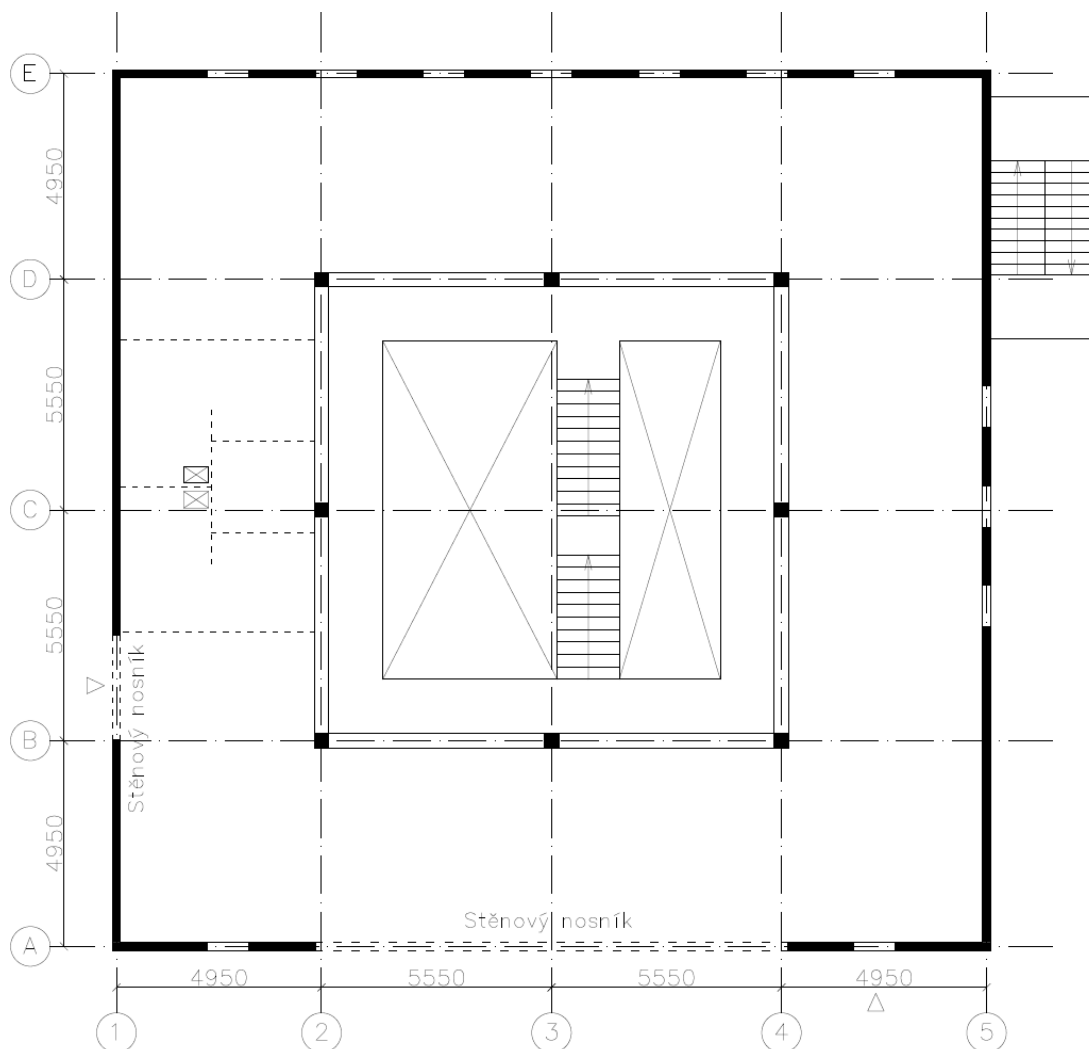
Vedoucí práce: Ing. Josef Novák, Ph.D

Praha 2023

Obsah

1	Konstrukční schémata	3
2	Použité materiály.....	5
2.1	Vlastnosti materiálů	5
3	Zatížení.....	6
3.1	Skladby podlah	6
3.2	Příčky.....	6
3.3	Užitné zatížení	7
3.4	Sníh.....	7
4	Návrh nosných prvků	8
4.1	Stropní Deska	8
4.1.1	Empirický odhad	8
4.1.2	Ohybová štíhlost.....	8
4.2	Průvlaky.....	10
4.2.1	Empirický odhad	10
4.3	Sloupy.....	11
4.4	Stěny	11
5	Posouzení nosných prvků.....	12
5.1	Stropní deska	12
5.2	Průvlaky.....	13
5.3	Sloupy.....	14
5.4	Stěny	16
6	Rekapitulace	17
6.1	Deska	17
6.2	Průvlaky.....	17
6.3	Sloupy.....	17

1 Konstrukční schémata



Konstrukční schéma 1.NP

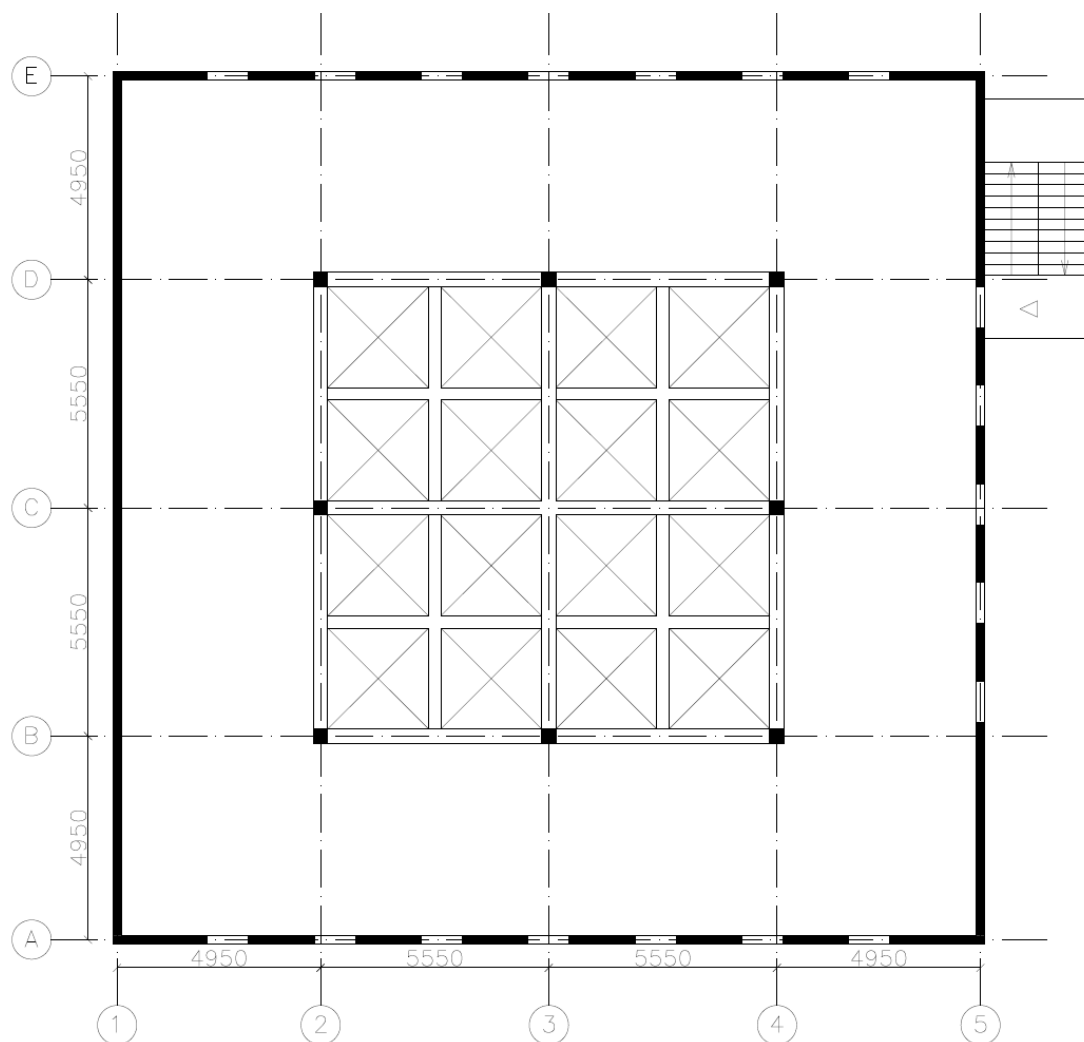
obvodové nosné stěny: železobeton C30/37

sloupy: železobeton C25/30

průvlaky: železobeton C25/30

stropní deska: železobeton C25/30

tenká čárkovaná čára znázorňuje polohu těžké nenosné přičky YTONG Statik 200 z horního podlaží.



Konstrukční schéma 2.NP

obvodové nosné stěny: železobeton C30/37

sloupy: železobeton C25/30

průvlaky: železobeton C25/30

stropní deska: železobeton C30/37

2 Použité materiály

Beton: obvodové stěny:	C 30/37 – XC3 – Cl 0,2 - D _{max} 16 – S3
sloupy:	C 25/30 – XC1 – Cl 0,2 - D _{max} 16 – S3
stropní deska 1. NP:	C 25/30 – XC1 – Cl 0,2 - D _{max} 16 – S3
stropní deska 2. NP:	C 30/37 – XC3 – Cl 0,2 - D _{max} 16 – S3

Ocel: B 500 B

2.1 Vlastnosti materiálů

Beton C 25/30 / Beton C 30/37

Vlastnost	Označení	C 25/30	C30/37
charakteristická pevnost v tlaku	f_{ck}	25	30
návrhová pevnost v tlaku	f_{cd}	16,7	20
střední hodnota pevnosti v tlaku	f_{cm}	33	38
střední hodnota pevnosti v tahu	f_{ctm}	2,6	2,9
dolní kvantil pevnosti v tahu	$f_{ctk 0,05}$	1,8	2
horní kvantil pevnosti v tahu	$f_{ctk 0,95}$	3,3	3,8

Ocel B 500 B

Vlastnost	Označení	Hodnota
charakteristická pevnost na mezi kluzu	f_{yk}	500
návrhová pevnost na mezi kluzu	f_{yd}	435

3 Zatížení

3.1 Skladby podlah

V době zpracování předběžného návrhu nejsou známy skutečné skladby podlah a skladba střešního pláště. Pro podlahy uvažuji zjednodušeně jednotnou tíhu 2 kN/m^2 pro celý objekt. Střešní plášť je uvažován jako klasický, jednoplášťový, nepochozí, přitížen vrstvou kačířku s celkovou tíhou skladby 3 kN/m^2

Skladby podlahy: $g_{k,1} = 2 \text{ kN/m}^2$

Střešní plášť: $g_{k,2} = 3 \text{ kN/m}^2$

3.2 Příčky

Dělicí konstrukce v objektu (1.NP, 2. NP) jsou dřevěno-skleněné příčky Miltwood tl. 100 mm

plošná tíha příčky: $0,45 \text{ kN/m}^2$

světlá výška místnosti: 3,78 m

vlastní tíha příčky: $f_{lin,MW} = 0,45 \times 3,78 = 1,70 \text{ kN/m}$

Liniové zatížení příček bude nahrazeno náhradním rovnoměrným plošným zatížením na $g_{př} = 0,8 \text{ kN/m}^2$ (přemístitelné příčky s vlastní tíhou $\leq 2 \text{ kN/m}$)

V oblastech na přísnější akustické požadavky jsou místnosti odděleny zděnými akustickými stěnami YTONG Statik 200

plošná tíha příčky: $1,2 \text{ kN/m}^2$

světlá výška místnosti: 3,78 m

vlastní tíha zdiva: $f_{lin,PTH} = 1,2 \times 3,78 = 4,46 \text{ kN/m}$

Liniové zatížení příčky bude rozpočteno do plošného zatížení dle jejich délky, umístění a zatěžovací plochy jako:

$g_{tpř} = \frac{f_{lin,PTH}}{A} * L_{PTH}$, kde L_{PTH} je změřená délka těžké příčky [m], zasahující do zatěžovací plochy A [m^2]

3.3 Užiténé zatížení

užitné zatížení pro administrativní budovu (kat. B)

$$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

užitné zatížení pro nepochozí střechu (kat. H)

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

3.4 Sníh

$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$ (Velký Osek, oblast I)

tvárový součinitel = 0,8 (plochá střecha)

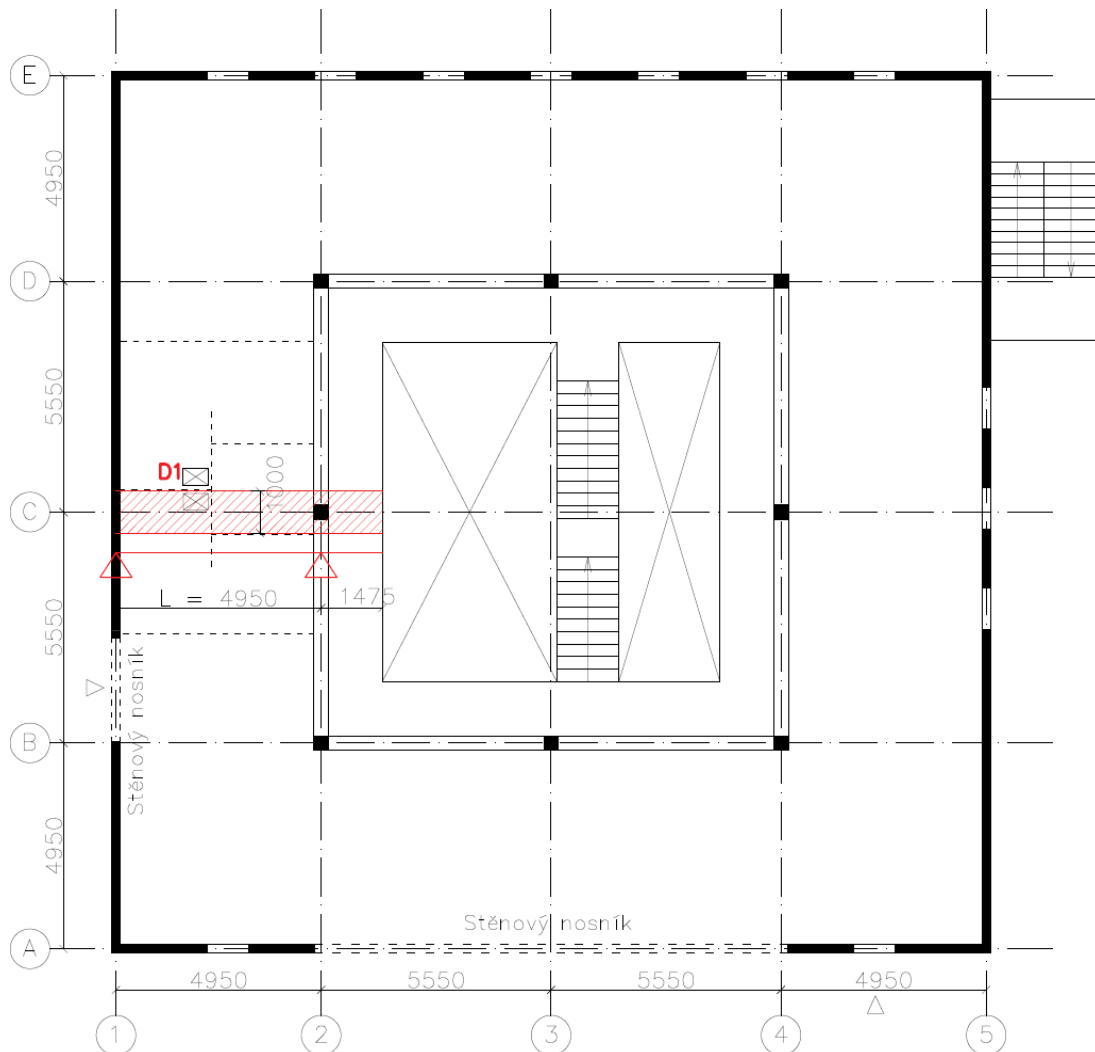
$$s = 0,7 \times 0,8 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

4 Návrh nosných prvků

4.1 Stropní Deska

Stropní desky v objektu jsou řešeny jako monolitické železobetonové. Předběžná tloušťka desky bude navržena dle empirických vztahů a ohybové štíhlosti.

Deska D1 - jednosměrně pnutá s převislým koncem



Zatěžovací plocha desky D1

4.1.1 Empirický odhad

rozpon desky: $L = 4950 \text{ mm}$

$$h_d = \left(\frac{L}{30} \div \frac{L}{25} \right) = \left(\frac{4950}{30} \div \frac{4950}{25} \right) = 165 \div 198 \text{ mm}$$

4.1.2 Ohybová štíhlost

$$d \geq \frac{L}{\lambda_d}$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} * \kappa_{c2} * \kappa_{c3} * \lambda_{d,tab}$$

součinitel tvaru průřezu: $\kappa_{c1} = 1$ (obdélníkový průřez)

součinitel rozpětí: $\kappa_{c2} = 1$ ($L < 7$ m)

součinitel napětí tahové výztuže $\kappa_{c3} = 1,25$ (odhad)

předpoklad stupně vyztužení: $\rho = 0,5$ %

tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti $\lambda_{d,tab} = 27,8$ (vnitřní pole spojitého nosníku pro C25/30 a $\rho = 0,5$ %)

předpokládaný profil výztuže: 10 mm

krytí výztuže : $c_{nom} = 20$ mm (C25/30, prostředí XC1, konstrukční třída S4 – 50 let životnosti, desková konstrukce)

Deska	L [m]	$\lambda_{d,tab}$	λ_d	d [mm]	h_d [mm]
D1	4,95	27,8	34,75	143	167

Návrh: Deska D1 (1.NP): $h_d = 180$ mm

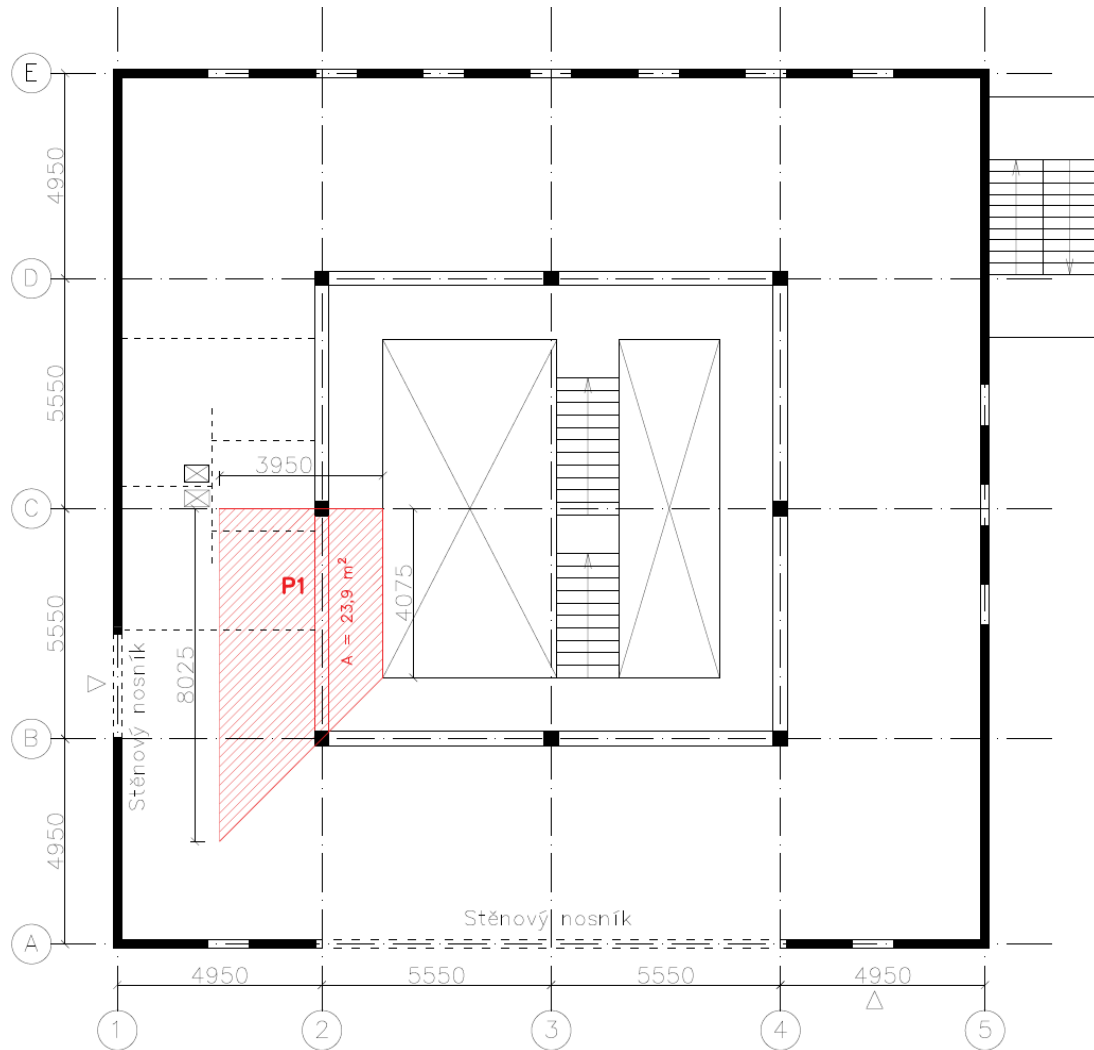
Tloušťka desky bude navržena jednotně pro celý objekt.

4.2 Průvlaky

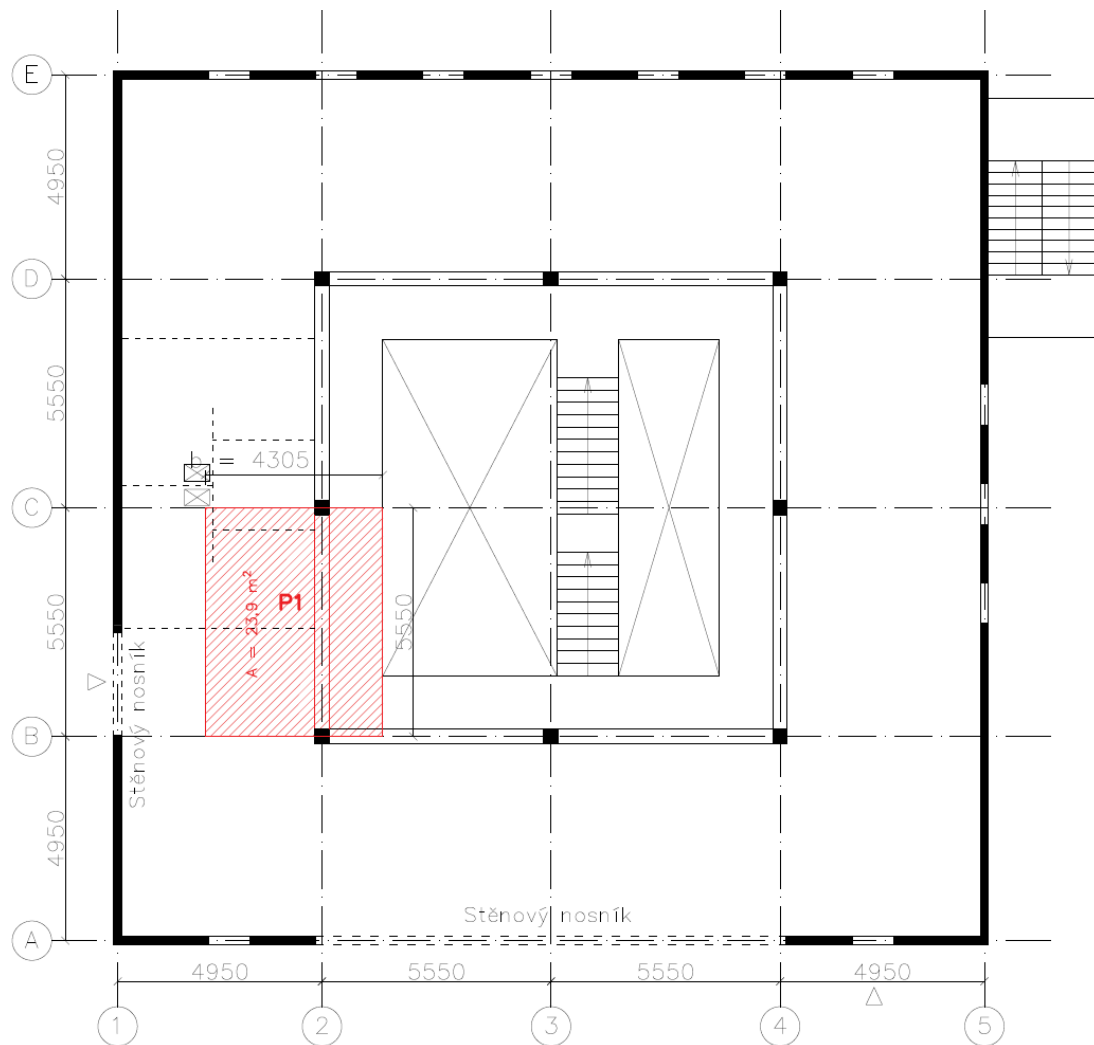
4.2.1 Empirický odhad

Průvlaky jsou železobetonové, monolitické

Průvlak P1 – krajní pole spojitého nosníku



Zatěžovací šířka průvlaku b je zjednodušeně idealizována do obdélníkového tvaru, aby zůstala zachována zatěžovací plocha průvlaku $A = 23,9 \text{ m}^2$ (následující schéma)



$$h_t = \left(\frac{L}{12} \div \frac{L}{10} \right) = \left(\frac{5550}{12} \div \frac{5550}{10} \right) = 463 \div 555 \text{ mm}$$

návrh $h_t = 480 \text{ mm}$ včetně tloušťky desky

$$b_t = \left(\frac{h_t}{3} \div \frac{3h_t}{2} \right) = \left(\frac{480}{3} \div \frac{2 \times 480}{3} \right) = 157 \div 313 \text{ mm}$$

návrh $b_t = 200 \text{ mm}$

4.3 Sloupy

Navrhují čtvercové železobetonové sloupy 200 x 200 mm, posouzení viz. kapitola 5.3

4.4 Stěny

Obvodové železobetonové nosné stěny jsou navrženy na tl. 200 mm

5 Posouzení nosných prvků

5.1 Stropní deska

Zatížení na desku D1:

STROP 1.NP	h [mm]	f _k [kN/m ²]	γ	f _d [kN/m ²]
ŽB deska	180	4,50	1,35	6,08
Podlaha		2,00	1,35	2,70
Přemístitelné příčky		0,80	1,35	1,08
Těžké příčky		4,01*	1,35	5,42
Užitné (B)		2,50	1,50	3,75
Σ		16,34		22,44

*pozn.: Liniová tíha těžkých příček je rozpočtena do zatěžovací plochy desky dle

$$\text{vzorce: } g_{tpř} = \frac{f_{lin,PTH}}{A} * L_{PTH} = \frac{4,46}{1*6,425} * 5,775 = 4,01 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{kD1} = 13,81 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{dD1} = 19,02 \text{ kN/m}^2$$

Rozpon desky: L = 4,95 m

Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} * g_{dD1} * L^2 = \frac{1}{12} * 19,02 * 4,95^2 = 38,84 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

ověření poměrné tlacené výšky a stupně vyztužení:

	h _a [mm]	d [mm]	m _{Ed} [kNm]	μ	ξ	A _{s,rqd} [mm ²]	ρ [%]
D1	180	155	38,84	0,097	0,127	604,5	0,39

ρ < 0,005 (předpoklad z ohybové štíhlosti splněn)

ξ se pohybuje v optimální hodnotě (0,1-0,15)

5.2 Průvlaky

Zatížení na průvlak P1:

		f_k [kN/m ²]	b [m]	$f_{lin,k}$ [kN/m]	γ	$f_{lin,d}$ [kN/m]
STÁLÉ	vlastní tíha průvlaku	25 * 0,3 * 0,2		1,50	1,35	2,03
	ŽB deska	4,50	4,305	19,37	1,35	26,15
	Podlaha	2,00	4,305	8,61	1,35	11,62
	Přemístitelné příčky	0,8	4,305	3,44	1,35	4,65
	Těžké příčky	0,95*	4,305	6,66	1,35	8,99
PROMĚNNÉ	Užitné (kat.B)	2,5	4,305	10,76	1,5	16,14
Σ				50,35		69,59

$$*g_{tpř} = \frac{f_{lin,PTH}}{A} * L_{PTH} = \frac{4,46}{23,9} * 5,08 = 0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{lin,k} = 47,77 \text{ kN/m}$$

$$f_{lin,d} = 66,11 \text{ kN/m}$$

ověření poměrné výšky tlačené oblasti a stupně vyztužení:

$$\text{Rozpon: } L_p = 5,55 \text{ m}$$

Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} * f_{lin,d} * L_p^2 = \frac{1}{12} * 66,11 * 5,55^2 = 169,69 \text{ kNm}$$

uvažovaný profil třmíneků: 8 mm

uvažovaný profil ohybové výztuže: 14 mm

	h_p [mm]	L_p [m]	m_{Ed} [kNm]	d [mm]	μ	ξ	$A_{s,rqd}$ [mm ²]	ρ [%]
P1	480	5,55	169,69	445	0,257	0,376	1027,2	1,15

$$\xi = 403 < \xi_{max} = 0,45$$

$\rho = 1,15\%$, vyhovuje optimálním hodnotám $\rho = 1\%$

ověření z hlediska smyku:

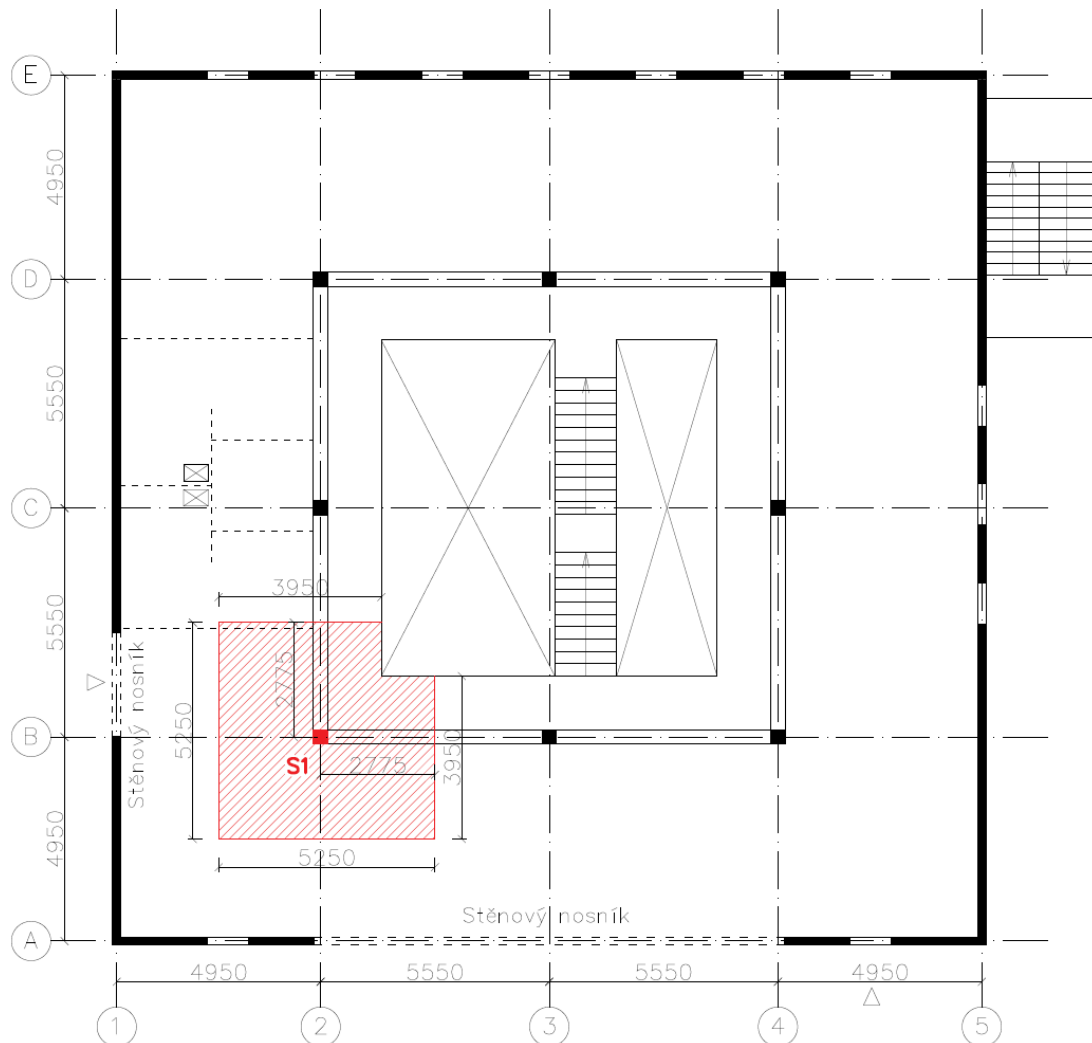
$$V_{Ed} = 0,6 * f_{lin,d} * L_p = 0,6 * 66,11 * 5,55 = 220,14 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) * f_{cd} * b_t * z * \left(\frac{\cotg \theta}{1 + \cotg \theta}\right)$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 * \left(1 - \frac{25}{250}\right) * 16,7 * 200 * 400,5 * \left(\frac{1,5}{1 + 1,5}\right) = 332,72 \text{ kN}$$

	h_p [mm]	L_p [m]	V_{Ed} [kN]	$z = 0,9d$ [mm]	$\cotg \theta$	$V_{Rd,max}$ [kN]
P1	480	5,55	220,14	400,50	1,5	332,72

5.3 Sloupy



Sloupy jsou zatíženy průvlaky o zatěžovací délce $l = 2,775 + 2,775 = 5,55$ m a sloupy z horního podlaží

Zatížení na sloup:

		f_k [kN/m ²]	b [m]	$f_{lin,k}$ [kN/m]	l [m]	F_k [kN]	γ	F_d [kN]
STÁLÉ	ŽB deska 2.NP	4,50	3,03	13,64	5,55	75,67	1,35	102,16
	Střešní plášť	3,00	3,03	9,09	5,55	50,45	1,35	68,11
	Průvlaky 2.NP			1,50	5,55	8,33	1,35	11,24
	Sloup 2.NP					3,42	1,35	4,62
	ŽB deska 1.NP	4,5	4,305	19,37	5,55	107,52	1,35	145,15
	Podlaha	2,00	4,305	8,61	5,55	47,79	1,35	64,51
	Přemístitelné příčky	0,80	4,305	3,44	5,55	19,11	1,35	25,80
	Těžké příčky	0,95	4,305	4,09	2,775*	11,34	1,35	15,30
	Průvlaky 1.NP			1,50	5,55	8,33	1,35	11,24
	Vlastní tíha sloupu					3,42	1,35	4,62
PROMĚNNÉ	Střecha užitné (kat. H) / sníh	0,75	3,03	2,27	5,55	12,61	1,50	18,92
	Užitné (kat. B)	2,50	4,305	10,76	5,55	59,73	1,50	89,60
Σ						407,71		561,26

*pozn.: Zatěžovací délka l u těžkých příček je uvažována jako $5,55 / 2 = 2,775$ m kvůli poloze těžkých příček, které zatěžují jen jeden z průvlaků. Viz. schéma zatěžovací plochy na P1 (4.2.1)

$$F_k = 407,71 \text{ kN}$$

$$F_d = 561,26 \text{ kN}$$

posouzení za předpokladu centrického tlaku:

normálová únosnost sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 * A_c * f_{cd} + A_c * \rho * \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 0,8 * 0,2 * 0,2 * 16,7 + 0,2 * 0,2 * 0,02 * 400 = 853,3 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 853,3 \text{ kN} > N_{Ed} = 561,26 \text{ kN}$$

Navržený rozměr sloupů vyhovuje s dostatečnou rezervou s uvážením šířlosti a ohybu. Excentricita zatížení byla zohledněna součinitelem výstřednosti 0,8

5.4 Stěny

ŽB stěny tl. 200 bez větších otvorů není třeba ověřovat. Stěnové nosníky na větší rozpětí budou podrobně navrženy a posouzeny pomocí výpočetních programů.

6 Rekapitulace

6.1 Deska

Návrh:

Tloušťka $h_d = 180$ mm pro 1. NP a 2. NP

6.2 Průvlaky

Návrh:

výška $h_t = 480$ mm včetně tloušťky desky

šířka $b_t = 200$ mm

6.3 Sloupy

Návrh:

čtvercový tvar o rozměrech $a = 200 * 200$ mm