



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

**Varianty konstrukčního řešení bytového
objektu s garážemi**

**Structural Systems Variants of
Residential House with Garages**

Bakalářská práce

Autor:	Assem Nukeyeva
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.

Praha 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Nukeyeva	Jméno: Assem	Osobní číslo: 410061
Zadávající katedra: K133 – konstrukce betonových a zděných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Varianty konstrukčního řešení bytového objektu s garážemi	
Název bakalářské práce anglicky: Structural Systems Variants of Residential House with Garages	
Pokyny pro vypracování: Návrh variant konstrukce zadaného objektu v souladu s navrženou dispozicí Konstrukční schémata variantních řešení s komentářem a vyhodnocením Podrobnější rozbor a řešení vybraných prvků konstrukce	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.	
Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017 <small>Údaj uvedte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
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“.

24. 02. 17	Podpis studenta(ky)
Datum převzetí zadání	

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Assem Nukeyeva

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat paní doc. Ing. Jitce Vaškové, CSc. za její odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce.

Anotace

V bakalářské práci jsou ukázány možné varianty konstrukčního řešení bytového domu. V závislosti na původním konstrukčním a dispozičním řešení bylo cílem ukázat alternativní možnosti provedení nosných prvků.

Práce je složena ze dvou částí: teoretické a praktické. V teoretické části jsou znázorněny a popsány varianty konstrukčních systémů obecně pro bytové objekty.

V praktické části byly řešeny tři varianty konstrukčního řešení zadané budovy a podrobnější řešení jedné z nich.

Klíčová slova

Bytový dům, nosný systém, sloupy, stěny, železobeton, ztužení.

Annotation

Bachelor thesis shows the possible ways of solving the structural systems of residential house. Depending on the original design and layout the aim was to show an alternative design possibilities of structural elements.

The work is composed of two parts: theoretical and practical. In the theoretical part are shown and described variants of structural systems generally for residential buildings.

In the practical part shows three variants of structural systems for the solved building.

Keywords

Residential house, structural system, columns, walls, reinforced concrete, bracing.

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ BUDOV	8
2.1 Základní informace	8
2.2 Třídění konstrukčních systémů	8
2.3 Interakce nosných a nenosných prvků	11
3. POPIS OBJEKTU	12
3.1 Základní informace	12
3.2 Konstrukční schéma řešeného objektu.....	13
4. VARIANTY KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU BYTOVÉHO DOMU	16
4.1 Varianta 1: ŽB sloupový monolitický konstrukční systém s průvlaky	16
4.1.1 Konstrukční schéma	17
4.1.2 Materiálové charakteristiky.....	19
4.1.3 Výpočet zatížení	19
4.1.4 Předběžný návrh nosných prvků.....	23
4.1.5 Shrnutí předběžného návrhu.....	37
4.2 Varianta 2: Stěnový konstrukční systém.....	37
4.2.1 Konstrukční schéma	38
4.2.2 Materiálové charakteristiky.....	40
4.2.3 Výpočet zatížení	40
4.2.4 Předběžný návrh nosných prvků.....	40
4.2.5 Shrnutí předběžného návrhu.....	45
4.3 Varianta 3: Kombinovaný konstrukční systém.....	45
4.3.1 Konstrukční schéma	46
4.3.2 Materiálové charakteristiky.....	48
4.3.3 Výpočet zatížení	48
4.3.4 Předběžný návrh nosných prvků.....	48
4.3.5 Shrnutí předběžného návrhu.....	51
4.4 Zhodnocení a výběr konstrukční varianty	51
4.5 Podrobnější řešení vybrané varianty	52
4.5.1 Skica tvaru	69
5. ZÁVĚR	70
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY	71
7. SEZNAM OBRÁZKŮ	72
8. SEZNAM TABULEK	73
9. SEZNAM PŘÍLOH	73

1. ÚVOD

Cílem bakalářské práce bylo ukázat různé typy konstrukčního řešení bytových domů s ohledem na normy a požadavky. Dalším cílem bylo vytvoření variant konstrukčního řešení nosného systému zadaného bytového domu s garážemi a podrobnější zpracování statického výpočtu a vytvoření skic tvaru pro vybranou variantu.

Podkladem pro bakalářskou práci byl reálný projekt ve stupni dokumentace pro provedení stavby (DPS), ve kterém byly řešeny dva stavební objekty, spojené v podzemním podlaží, v němž jsou umístěny garáže. Dílčími stavebními objekty jsou bytové domy, každý dům má jedno podzemní a čtyři nadzemních podlaží. Jelikož tyto bytové domy mají obdobnou dispozici, v bakalářské práci byl řešen pouze jeden stavební celek.

Podrobnější údaje o projektu nelze uvést z důvodu nesouhlasu zpracovatele projektu se zveřejněním těchto údajů.

2.KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ BUDOV

2.1 Základní informace

***Konstrukční systém** je celek složený z navzájem propojených konstrukčních prvků a subsystémů, které jsou vzhledem k vnějšímu působení okolí ve vzájemné interakci. ^[1]*

Jednotlivé prvky mají svoji funkci v celém systému a vzhledem k interakci s ostatními prvky ovlivňují i jejich funkci. Zmíněné ovlivnění (vzájemné spolupůsobení prvků) může mít jak pozitivní, tak i negativní charakter.

Příkladem pozitivního vlivu jednotlivých prvků může být příčka s dostatečnou tuhostí a únosností příznivě přispívající k naplňování funkcí nosného systému a zvyšující celkovou tuhost konstrukčního systému.

Příkladem negativního vlivu ze strany nosné konstrukce může být vnesení nadměrných deformací a následující poškození prvků nenosných. Nenosné konstrukce mohou naopak negativně ovlivnit svou tuhostí statické působení a napjatost nosného systému.^[1]

2.2 Třídění konstrukčních systémů

a) Dle typu svislých nosných prvků

- Stěnový konstrukční systém
- Sloupový konstrukční systém
- Kombinovaný konstrukční systém

b) Dle orientace svislých prvků vůči osám budovy

- Příčný konstrukční systém
- Podélný konstrukční systém
- Obousměrný konstrukční systém

c) Dle konstrukčního materiálu

- Železobetonový konstrukční systém
- Zděný konstrukční systém
- Kovový konstrukční systém

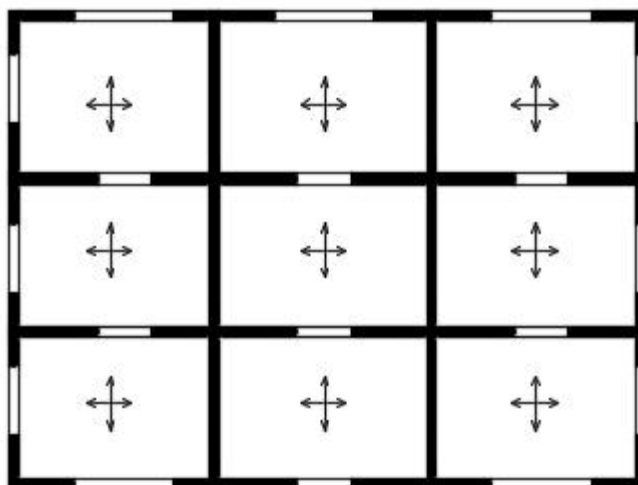
- Dřevěný konstrukční systém
- Systém tvořený kombinací těchto materiálů

d) Dle způsobu provádění

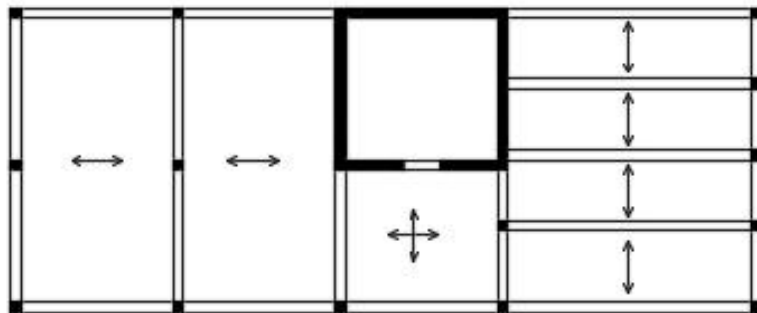
- Monolitický konstrukční systém
- Prefabrikovaný konstrukční systém
- Kombinovaný konstrukční systém (např. spřažené prefamonolitické konstrukce)

Volba konstrukčního systému (umístění a druh svislých nosných prvků) by měla vycházet z dispozice a funkce objektu a splňovat statické požadavky. Z uvedeného vyplývá, že systémy, výše uvedené (např. ad. b) je často vhodné kombinovat v jednotlivých částech objektu – viz např. obr. 2. ^[1]

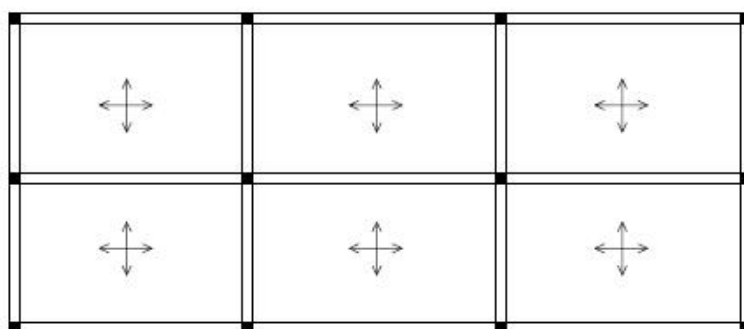
Příklady konstrukčních systému:



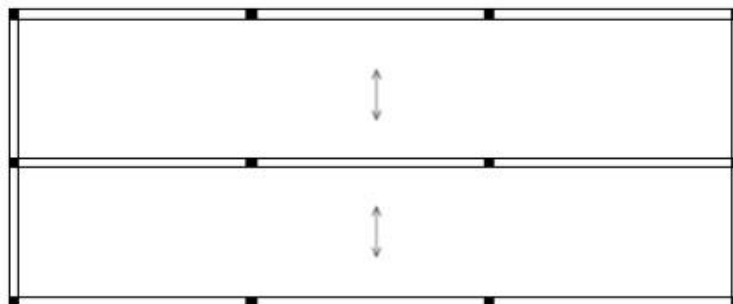
Obr.1 Obousměrný stěnový systém



Obr.2 Kombinovaný systém



Obr.3 Obousměrný sloupový systém



Obr.4 Podélný sloupový systém

2.3 Interakce nosných a nenosných prvků

Cílové chování správně navrženého konstrukčního systému představuje takové vzájemné chování v systému, které pod vlivem vnějších zatížení odpovídá vlastnostem těchto prvků.

Vlastnosti prvků jsou časově proměnné – mohou se měnit v průběhu působení vnějších vlivů.^[1]

Hlavním problémem ve spolupůsobení nosných a nenosných prvků může být skutečnost, že subsystémy kompletačních prvků nejsou většinou navrženy na statické zatížení a mají pouze samonosnou funkci. V tom případě je nutno prvky systému oddilátovat tak, aby nedošlo k nežádoucímu přenášení zatížení a následné deformaci, která může vyvolat poruchy.

V případě, že nenosné prvky nebudou správně oddilátovány od nosného systému, interakcí těchto prvků (např. tuhých příček) s nosnými prvky může být způsobeno přenášení sil (vzniklých v důsledku deformace nosného prvku) dilatačním stykem. Pokud primárně nenosný prvek bude schopný přenést zvětšené zatížení, dojde k přerozdělování sil a tím se prvek zapojí do nosného systému a zmenší se deformace ostatních prvků.

Ne vždy přerozdělování sil v systému má jen pozitivní vliv, může dojít i k tomu, že se zhorší celkové namáhání původně navrženého nosného systému a dojde k poruchám (např. trhliny v desce v oblasti nad tuhou příčkou).

3. POPIS OBJEKTU

3.1 Základní informace

Řešený objekt je součástí obytného souboru, ve kterém každá sekce má 1 podzemní a 4 nadzemních podlaží. Sekce jsou propojeny mezi sebou v úrovni 1PP tzv. krčkem.

Řešený bytový dům je půdorysně obdélníkového tvaru o rozměrech 47,490 x 20,67 m, přičemž každé další nadzemní podlaží se postupně půdorysně zmenšuje. V 1.- 4. nadzemních podlažích je umístěno celkem 38 bytových jednotek, v 1.PP jsou jenom garážová stání.

Centrální komunikační jádro s výtahem a dvouramenným schodištěm propojuje nadzemní a podzemní podlaží. Šachty výtahů jsou odděleny od sousedních nosných konstrukcí.

Původní konstrukční řešení:

Nosné konstrukce objektu jsou železobetonové monolitické, kombinované s cihelným nosným zdívkem.

V suterénní části objektu nosný systém je tvořen železobetonovým monolitickým bezprůvlakovým skeletem se ztužujícími jádry, doplněný příčnými nosnými stěnami. Po obvodě v 1.PP jsou umístěny železobetonové stěny.

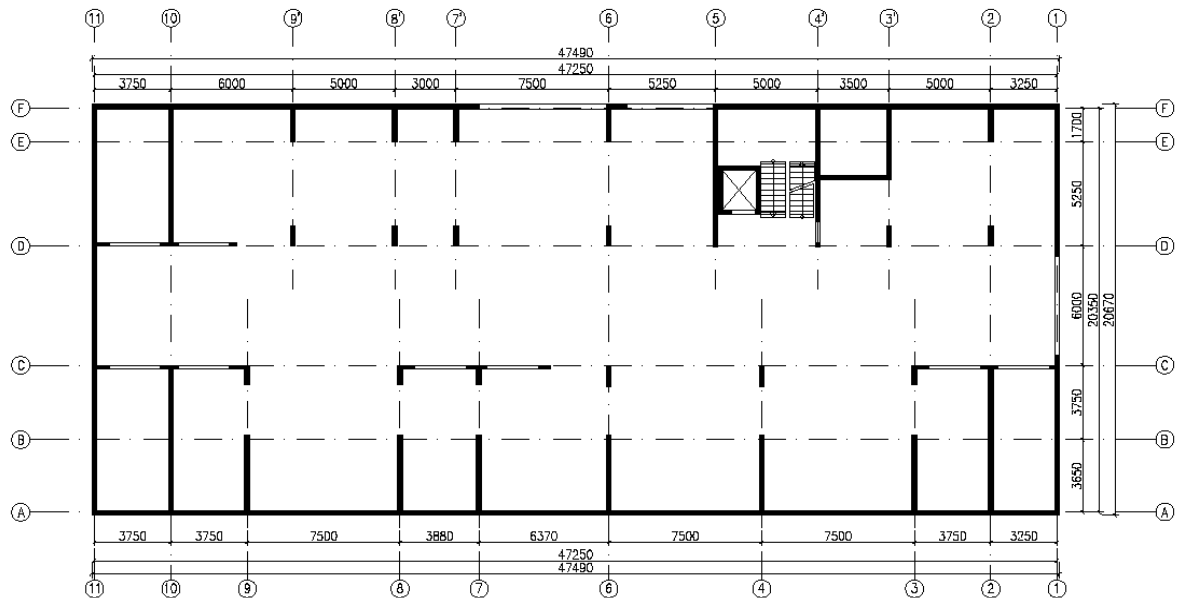
Konstrukční systém nadzemních částí je navržen jako železobetonový monolitický příčný stěnový kombinovaný s cihelnými nosnými stěnami.

Objekt je založen na základové desce podporované velkopřůměrovými pilotami. Stěny suterénu vytvářejí spolu se základovou deskou suterénní „bílou vanu“.

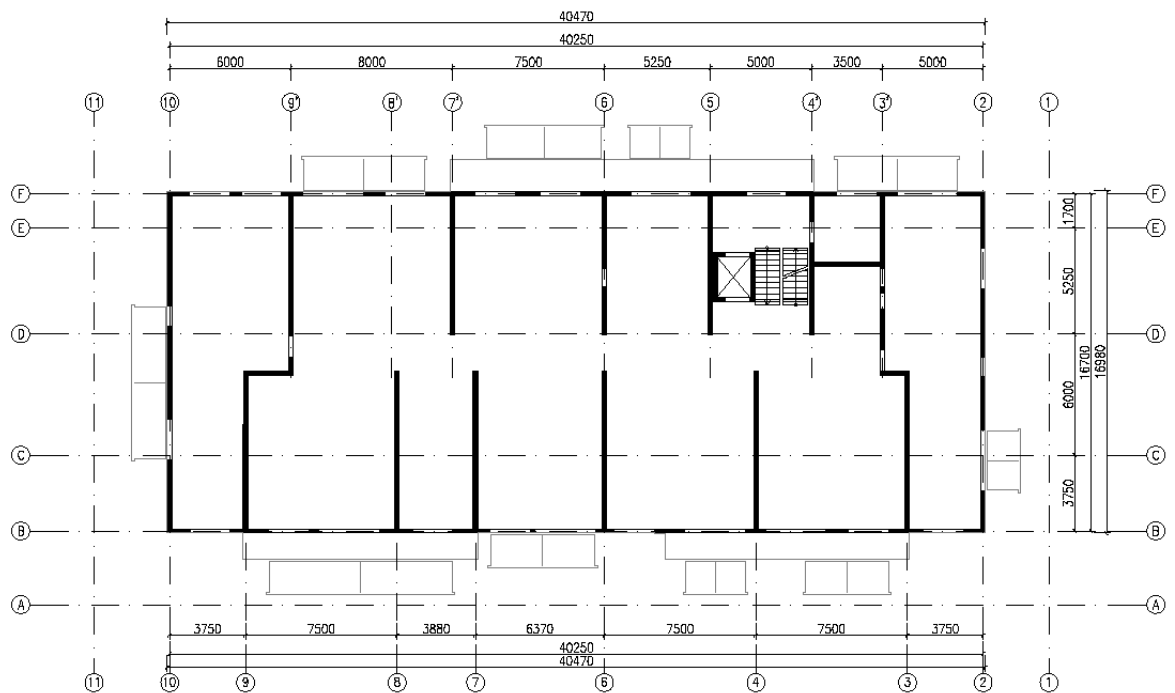
Železobetonové deskové schodišťově je dvouramenné, ramena jsou prefabrikovaná.

3.2 Konstrukční schéma řešeného objektu

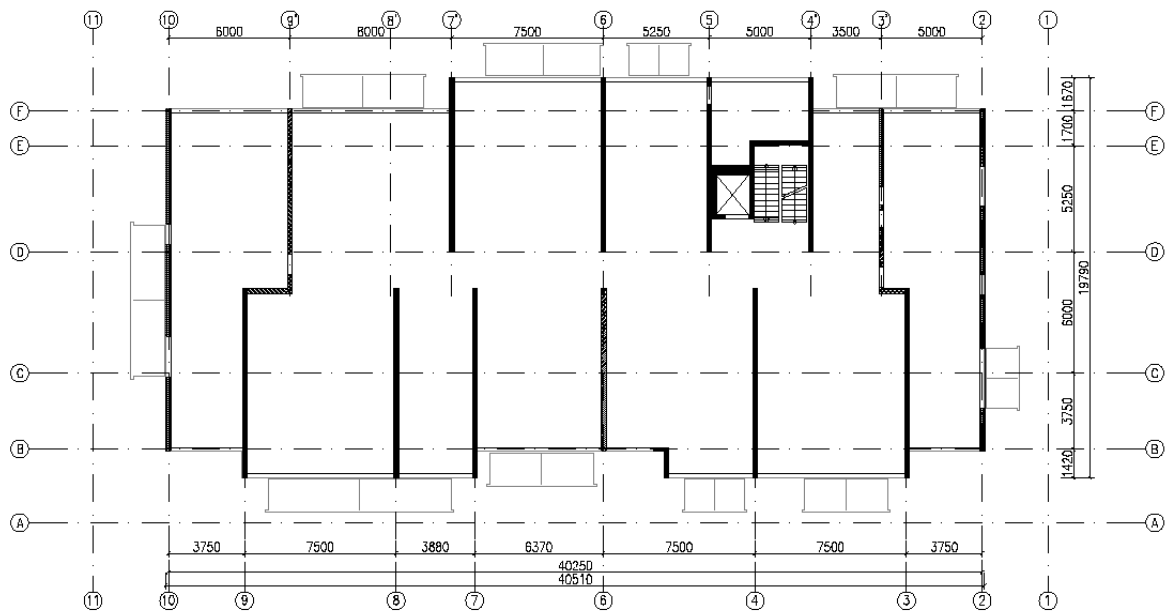
1.PP – konstrukční schéma
(+0,000)



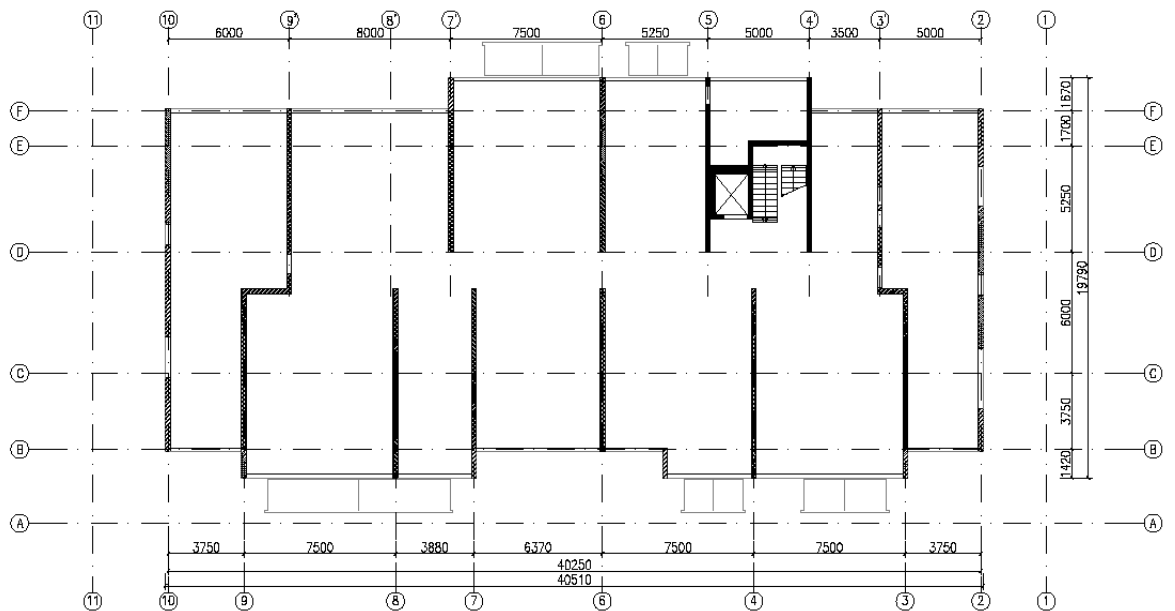
1.NP – konstrukční schéma
(+3,000)



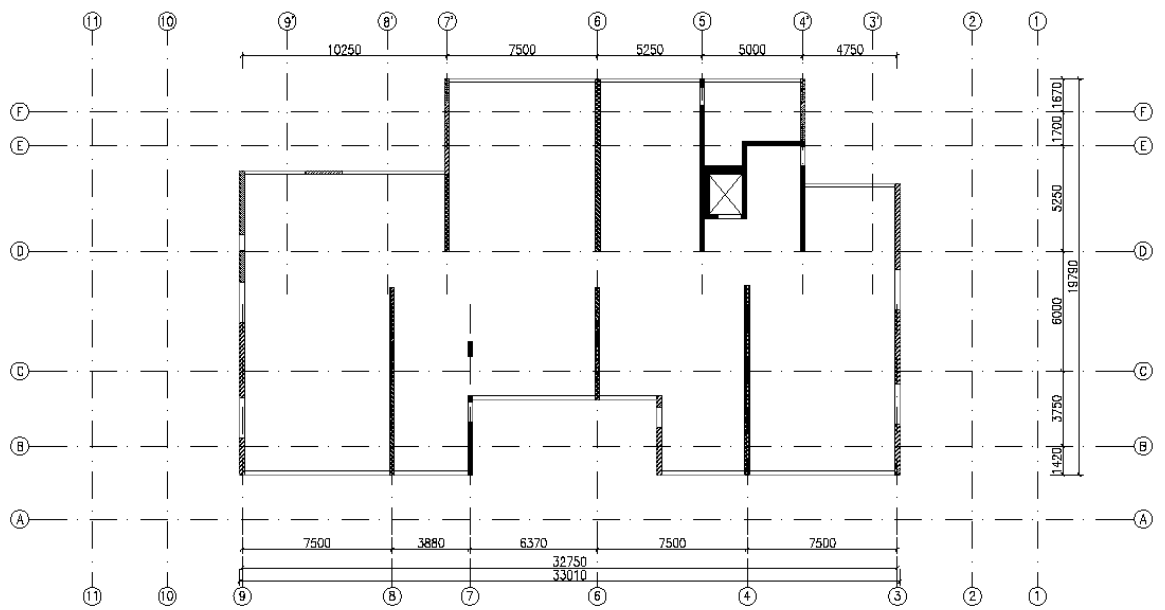
2.NP – konstrukční schéma
(+6,000)



3.NP – konstrukční schéma
(+9,000)



4.NP – konstrukční schéma
 (+12,000)



4. VARIANTY KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU BYTOVÉHO DOMU

4.1 Varianta 1: ŽB sloupový monolitický konstrukční systém s průvlaky

Jako první alternativní varianta byl zvolen sloupový železobetonový monolitický konstrukční systém. Základní nosný systém pro všechna podlaží je tvořen deskou, která je podepřena sloupy s průvlaky, po obvodě jsou umístěny obvodové zdi s odpovídajícími akustickými a tepelně-izolačními vlastnostmi.

Řešení tohoto konstrukčního systému bylo zvoleno kvůli uvolnění prostoru a umožnění změny bud' velikosti bytů nebo i účelu využití (např. jako komerční prostory aj.). Zvolení železobetonu jako základního materiálu umožňuje zvětšit vnitřní prostor budovy, jelikož železobeton je velice únosný na tlak a tím se snižují nároky na průřezovou plochu pro přenášení svislých zatížení. Rozdělení bytových prostorů zajišťují mezibytové příčky.

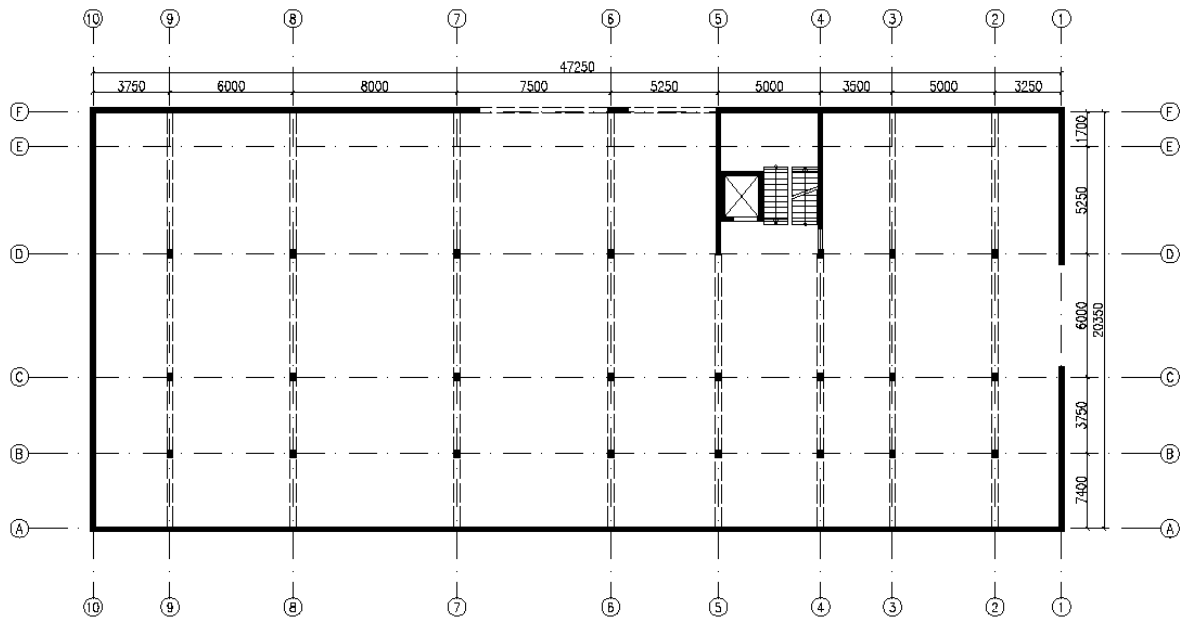
Sloupový systém se navrhuje zejména u budov s menším počtem podlaží. U vícepodlažních budov tento systém není příliš vhodný. Sloupy jsou dobře odolné vůči svislému zatížení, ale na budovy působí i zatížení vyvolávající ohybové momenty, kterým sloupy musí vzdorovat. Odpor sloupů vůči vodorovným zatížením lze zvýšit vhodným propojením a ztužujícími stěnami.

Ztužení řešeného objektu zajišťuje centrální komunikační jádro se schodištěm a výtahem.

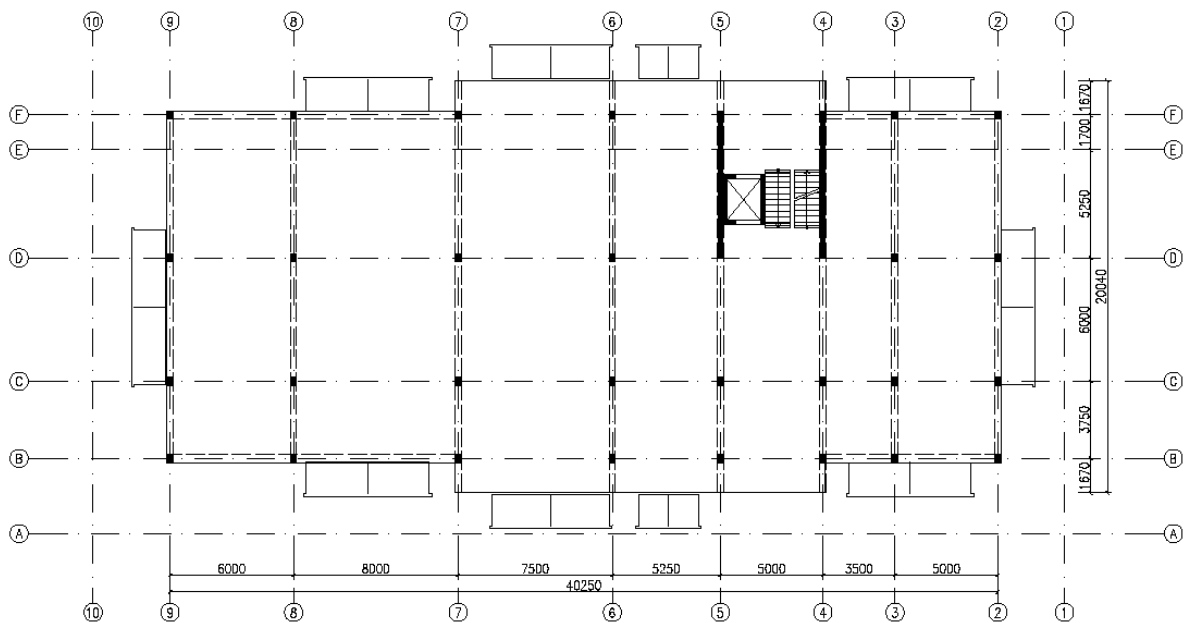
Z důvodu nesymetrického umístění nosných prvků v původním řešení projektu, byl sloupový konstrukční systém s průvlaky proveden stejně ve dvou traktech tak, aby bylo umožněno průběžné napojení průvlaků. Jako základní trakt byl zvolen ten, ve kterém je umístěno schodiště a výtah.

4.1.1 Konstrukční schéma

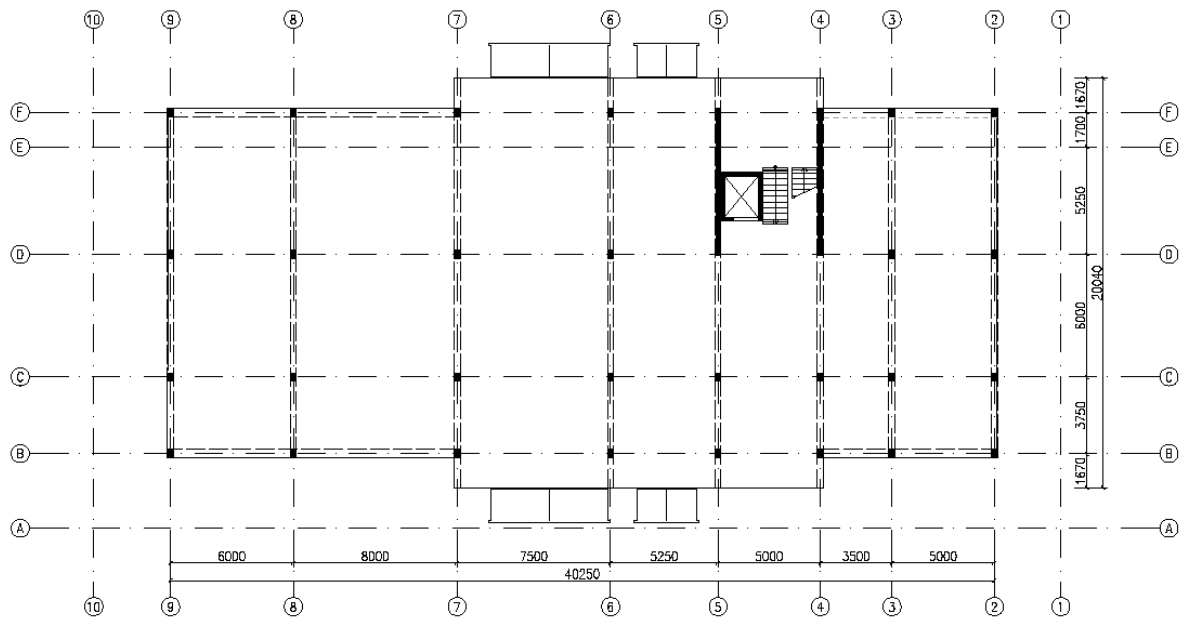
1.PP – konstrukční schéma
(+0,000)



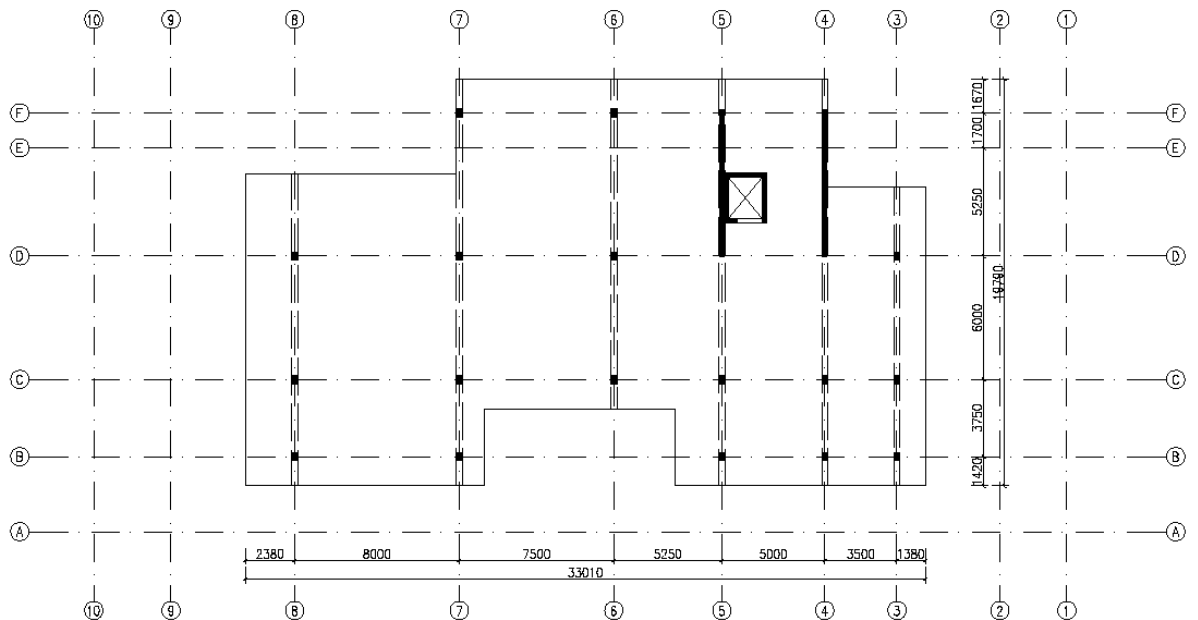
1.-2.NP – konstrukční schéma
(+3,000-+6,000)



3.NP – konstrukční schéma
(+9,000)



4.NP – konstrukční schéma
(+12,000)



4.1.2 Materiálové charakteristiky

- Beton: **C25/30** XC1 (CZ) - Cl 0,4 - Dmax 22 – S4

$$E_{cm} = 30,5 \text{ GPa} \quad f_{ck} = 25 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,667 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

- **C30/37** XC1 (CZ) - Cl 0,4 - Dmax 22 – S4

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa} \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

- Ocel: **B500B**

$$E_s = 210 \text{ GPa} \quad f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{500}{1,5} = 333,333 \text{ MPa}$$

- Zdivo: Mezibytové příčky jsou z tvarovek POROTHERM 25 AKU P+D

Nenosné příčky jsou z tvarovek POROTHERM 11,5 AKU

- Obvodový plášť: Po obvodě jsou nosné ŽB stěny tl. 200 mm (kombinovaný a stěnový konstrukční systém) a zděné stěny POROTHERM 30 P+D P10, které jsou opatřeny tepelně izolačním kompozitním systémem ETICS na bázi desek z fasádního polystyrénu, základní tl. 180 mm

4.1.3 Výpočet zatížení

- **Stálé zatížení:**

Vlastní tíha nosných prvků – viz předběžný návrh a posouzení nosných prvků

(kap. 4.1.4)

Ostatní stálé zatížení:

Střešní plášť	2 kN/m ²
Podlahy v 1.NP – 4.NP	2,0 kN/m ²
Příčky (dělicí)	1,4 kN/m ²
Příčky (mezibytové)	2,8 kN/m ²
Balkony (na ISO nosnících)	0,6 kN/m ²
Vlastní tíha tepelné izolace (lze zanedbat)	0,06 kN/m ²

· **Užitné zatížení (dle ČSN EN 1991-1-1)^[2]:**

Střechy nepochozí (kategorie H)	0,75 kN/m ²
Střechy pochozí (kategorie I)	2,00 kN/m ²
Obytné plochy (kategorie A)	2,00 kN/m ²
Parkovací plochy (kategorie F)	3,00 kN/m ²
Schodiště, chodby, balkóny (kategorie A)	3,00 kN/m ²
Technické prostory (kategorie C3)	5,00 kN/m ²
Zatížení zeminou	20,0 kN/m ³

· **Schodiště (dle původního návrhu)**

schody 1.PP:

konstrukční výška podlaží: 3,22 m

počet stupňů v podlaží: 19

výška schod. stupně: 175,5 mm

šířka schod. stupně: 280 mm

náhradní spojitě zatížení od schodišťových stupňů:

$$g_k = 1/2 * 0.1755 * 25 = 2,194 \text{ kN/m}^2$$

schody 1.NP – 4.NP:

konstrukční výška podlaží: 3,00 m

počet stupňů v podlaží: $2 \cdot 9 = 18$

výška schod. stupně: 167 mm

šířka schod. stupně: 280 mm

náhradní spojitě zatížení od schodišťových stupňů:

$$g_k = 1/2 \cdot 0.167 \cdot 25 = 2,087 \text{ kN/m}^2$$

· **Zatížení sněhem**

Podle klasifikace ČSN EN 1991-1-3 „Zatížení konstrukcí – zatížení sněhem“ řešený objekt spadá do I. sněhové oblasti, pro kterou platí hodnota ^[3]:

- $S_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$.
- Součinitel zatížení pro zatížení sněhem je $g_t = 1,5$.
- Plochá střecha $< 30^\circ \rightarrow$ tvarový součinitel $\mu_1 = 0,8$
- Součinitel expozice $C_e = 1$
- Součinitel tepla $C_t = 1$

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

Proměnné zatížení nepochozí střechy se počítá jako maximální hodnota z:

Zatížení sněhem: $0,56 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení: $0,75 \text{ kN/m}^2$

$$\rightarrow q_{stř,k} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

Proměnné zatížení pochozí střechy se počítá jako maximální hodnota z:

Zatížení sněhem: $0,56 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení: $2,0 \text{ kN/m}^2$

$$\rightarrow q_{stř,k} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

· Zatížení větrem

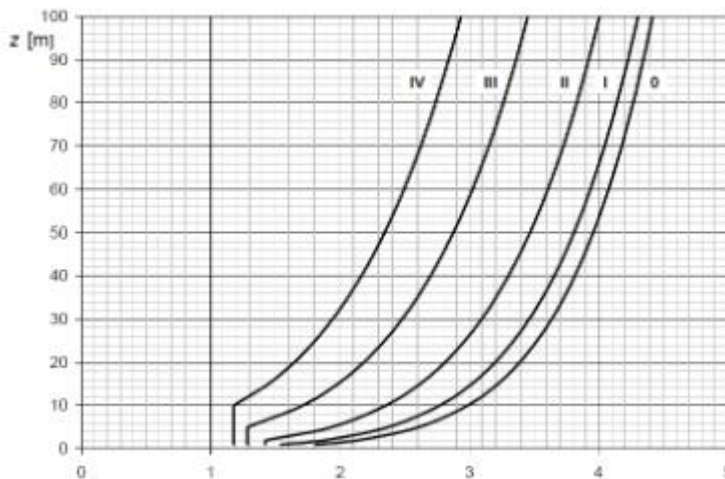
Podle klasifikace ČSN EN 1991-1-4 „Zatížení konstrukcí – zatížení větrem“ dům spadá do II. větrové oblasti, pro kterou platí ^[4]:

- rychlosti větru $v_{bo} = 25$ m/s.
- Součinitel zatížení pro zatížení větrem je $g_1 = 1,5$.

$$\rightarrow \text{Základní rychlost větru: } q_b = \frac{1}{2} \cdot p \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

Kategorie terénu III – plocha rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami a překážkami

- Výška atiky nad terénem $h = 12,47$ m < $b = 40,83$ m $\rightarrow z=h=12,47$ m
- Součinitel expozice $c_e(z) = 1,8$



Obr.5 Graf pro přibližné určení součinitele expozice ^[4]

Z hlediska účinku na ztužující konstrukce objektu (schodišťové jádro, obvodové stěny) hraje rozhodující roli tlak větru na návětrné straně objektu (oblast D) a současně sání větru na závětrné straně objektu (oblast E). Výsledný součinitel můžeme uvažovat jako součet těchto dvou hodnot.

- Délka obvodové stěny:

$$\text{příčný směr: } d = 20,67 \text{ m} \Rightarrow h / d = 12,47/20,67 = 0,6$$

$$\text{podélný směr: } d = 47,49 \text{ m} \Rightarrow h / d = 12,47/47,49 = 0,26$$

- Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe} = 0,6+0,26 = 0,86$

Charakteristická hodnota zatížení větrem:

$$w_k = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_{pe} = 0,39 \cdot 1,8 \cdot 0,86 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

4.1.4 Předběžný návrh nosných prvků

a) Návrh rozměrů stropní desky

Stropní desky budou provedeny v celém objektu jako monolitické, železobetonové.

Návrh tloušťky desky h_{d1} :

Stropní desky jsou jednosměrně pnuté mezi jednotlivými stěnami a průvlaky.

Návrh tloušťky desky je proveden dvěma způsoby – z empirie a z ohybové štíhlosti.

Návrh tloušťky desky pomocí **empirického vztahu**:

$$h_{d1} = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) \cdot L = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25}\right) \cdot 8000 = 267 \div 320 \text{ mm}$$

Návrh $h_{d1} = 300 \text{ mm}$

Stanovení tloušťky desky **s ohledem na ohybovou štíhlost** podle vztahu:

$$h_{d1} = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom}$$

Návrh staticky účinné výšky **d** pomocí podmínky vymezuující ohybové štíhlosti:

$$l = \frac{l}{d} \cdot l_d = k_{c1} \cdot k_{c2} \cdot k_{c3} \cdot l_{d,tab}$$

použijeme vztah

$$d^3 = \frac{l}{k_{c1} \cdot k_{c2} \cdot k_{c3} \cdot l_{d,tab}}$$

kde:

$k_{c1} = 1,0$ obdélníkový průřez

$k_{c2} = 7/l = 7/8 = 0,875$ rozpětí desky $L \geq 7,0 \text{ m}$

$k_{c3} = 1,3$ odhad součinitele napětí tahové výztuže

$l_{d,tab} = 30,8$ vnitřní pole spojitého nosníku, 0,5%, C30/37

$l_{d,tab} = 26$ krajní pole spojitého nosníku, 0,5%, C30/37

$$l_d = 0,875 \cdot 1,3 \cdot 26 = 29,575$$

$$d \geq \frac{L}{l_d} = \frac{8000}{29,575} = 270,5 \text{ mm}$$

$$\rightarrow d = 271 \text{ mm}$$

$$h_{d,\min} = d + C + \frac{O}{2}$$

$$h_{d,\min} = 271 + 25 + 10/2 \text{ mm} \rightarrow h_{d2} = 301 \text{ mm}$$

návrh $h_d = 300 \text{ mm}$

Zatížení stropní desky:

Stálé				
		gk[kN/m ²]	γd	gd[kN/m ²]
	vl.tíha(0,3*25)	7,5	1,35	10,125
	od podlahy	2	1,35	2,7
	od přiček	1,4	1,35	1,89
	Σ	10,9		14,715
Proměnné				
		qk[kN/m ²]	γd	qd[kN/m ²]
	Užitné	2	1,5	3
	Σ	12,9		17,715

max. návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \times (g + q)_d \times L^2 = \frac{1}{12} \times 17,715 \times 8^2 = 94,48 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}'$$

Ověření poměrné výšky tlačené oblasti a stupně vyztužení ohybovou výztuží:

- poměrný ohybový moment:

$$m = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{94,48}{1 \times 0,271^2 \times 20000} = 0,0643$$

- poměrná výška tlačené oblasti:

$$x = 0,084$$

- potřebná plocha výztuže :

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \times b \times d \times \alpha \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \times 1000 \times 271 \times 0,084 \times 20}{435} = 837,297 \text{ mm}^2$$

- orientační stupeň vyztužení:

$$r = \frac{a_{s,req}}{b \times d} = \frac{837,297}{1000 \times 271} = 0,0031 = 0,31\%$$

Hodnota vyhovuje:

$$x < x_{opt} = (0,1, 0,15)$$

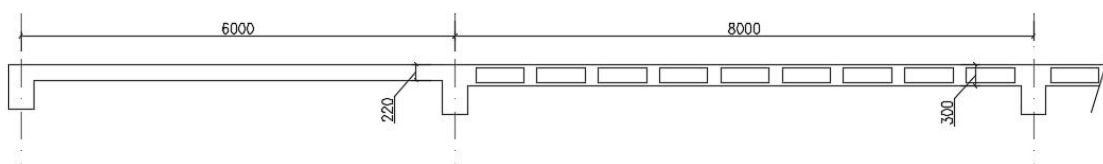
Předpoklad $r \leq 0,005$, použitý při výpočtu vymežující ohybové štíhlosti desek, je splněn.

Navržené rozměry desky vyhovují.

- a*)** Alternativní variantou pro stropní desku může být návrh **vylehčené desky** stejné tloušťky 300 mm v úsecích s rozpětím 8 a 7,5 m a zmenšení tloušťky v ostatních částech na 220 mm.

- Vlastní tíha plné desky tl. 300 mm je: $0,3 \cdot 25 = 7,5 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha plné desky tl. 220 mm je: $0,22 \cdot 25 = 5,5 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha vylehčené desky je: $5,6 \text{ kN/m}^2$, úspora hmotnosti přibližně 25% (hodnota je převzata z podkladů firmy ZETR, která již vylehčovací prvky nevyrábí, ale hodnoty lze užít pro návrh prvků, viz tab.1, obr.6-7).

Zmenšení vlastní tíhy stropní desky umožňuje snížit zatížení na průvlaky a sloupy a zmenšit rozměry těchto prvků.



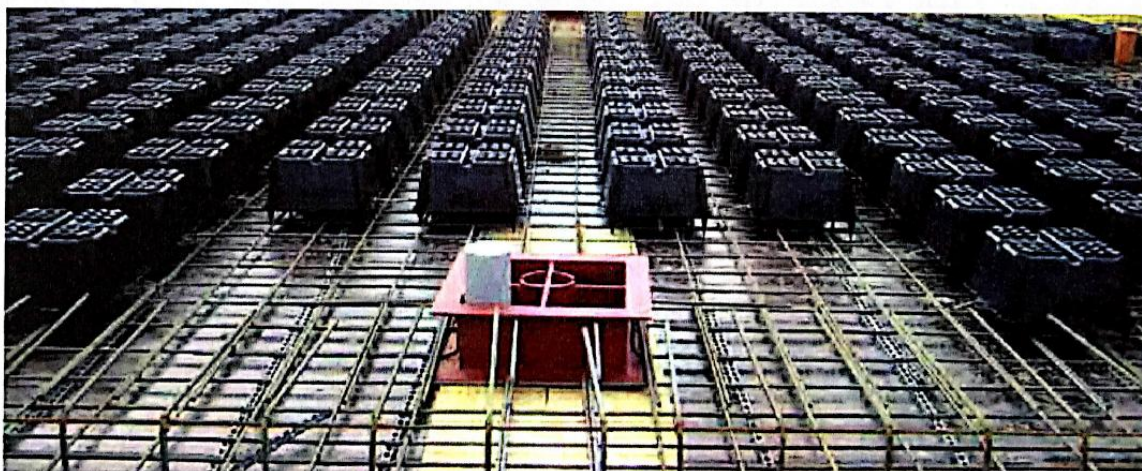
Obr.6 – Schéma alternativního řešení stropu

Orientační charakteristiky a porovnání s plnou deskou

Rozpon desky čtvercového půdorysu	Tloušťka desky navržené pro zatížení 500 kg/m ²	Výška spodní desky S1	Výška tvarovky U-Boot H	Výška horní desky S2	Moment setrvačnosti vylehčené desky*	Moment setrvačnosti plné desky	Odpovídající ztráta výšky	Hmotnost vylehčené desky	Hmotnost plné desky	Úspora hmotnosti
m	mm	mm	mm	mm	cm ⁴ /m	cm ⁴ /m	%	kg/m ²	kg/m ²	%
7	260	50	160	50	124802	146467	5,196	460,9	650,0	29,09
8	300	70	160	70	203335	225000	3,319	560,9	750,0	25,21
9	340	50	240	50	249430	327533	8,680	563,3	850,0	33,73
10	360	100	160	100	367135	388800	1,893	710,9	900,0	21,01
11	380	70	240	70	379163	457267	6,052	663,3	950,0	30,18
12	420	50	320	50	426164	617400	11,624	671,8	1050,0	36,02
12	440	100	240	100	631763	709867	3,811	813,3	1100,0	26,06
12	460	70	320	70	619897	811133	8,573	771,8	1150,0	32,89
13	500	50	400	50	660882	1041667	14,073	774,2	1250,0	38,06
14	520	100	320	100	980497	1171733	5,766	921,8	1300,0	29,09
14	540	70	400	70	931415	1312200	10,797	874,2	1350,0	35,24
15	580	50	480	50	959465	1625933	16,123	876,6	1450,0	39,54
15	600	100	400	100	1419215	1800000	7,617	1024,2	1500,0	31,72
16	620	70	480	70	1319599	1986067	12,740	976,6	1550,0	36,99
18	680	100	480	100	1953799	2620267	9,320	1126,6	1700,0	33,73

Moment setrvačnosti desky vwočítané s nosníky šířky 120 mm

Tab.1 Vylehčovací prvky firmy ZETR – porovnání s plnou deskou [5]



Obr.7 Vylehčovací prvky – příklad (výrobce ZETR) [5]

b) Návrh rozměrů průvlaků

Výpočet je proveden pro 1 nejvíce namáhaný stropní průvlak:

Průvlak P1: ŽB spojitý průvlak nad prostory 1NP, monoliticky spojen s ŽB sloupem a stěnou, rozpětí 6,95 m, z 2NP přitížen příčkou POROTHERM 25AKU P+D.

$$h_p = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{1}{12}, \frac{1}{10} \times L = \frac{16950}{12}, \frac{6950}{10} = (579, 695) \text{ mm}$$

návrh $h_p = 700 \text{ mm}$

$$b_p = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{2}{3}, \frac{2}{3} \times h_p = \frac{16950}{3}, \frac{2}{3} \times 700 = (233, 466) \text{ mm}$$

návrh $b_p = 350 \text{ mm}$

Zatížení průvlaku:

Stálé		gk[kN/m']	γd	gd[kN/m']
	vlastní tíha (0,7-0,3)*0,35 m	3,50	1,35	4,73
	stropní deska tl. 0,3 m	58,13	1,35	78,5
	od podlahy	15,5	1,35	20,9
	od příček (dělicí)	10,85	1,35	14,6475
	od příček (mezibytové)	8,4	1,35	11,34
	Σ	96,38		130,11
Proměnné		qk[kN/m']	γd	qd[kN/m']
	Užitné	15,5	1,5	23,25
	Σ	111,88		153,36

Ověření návrhu průřezu:

$$M_{Ed,max} = \frac{1}{10} f_p \times l_p^2 = \frac{1}{10} \times 153,36 \times 6,95^2 = 740,76 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,max} = \frac{3}{5} f_p \times l_p = \frac{3}{5} \times 153,36 \times 6,95 = 639,51 \text{ kN}$$

Ověření z hlediska ohybového namáhání:

$$m = \frac{M_{Ed}}{b_p \times d_p^2 \times f_{cd}} = \frac{740,76}{0,35 \times 0,655^2 \times 20000} = 0,246 \text{ @ } x = 0,36$$

$$d_p = 700 - 25 - \frac{20}{2} - 10 = 655 \text{ mm}$$

doporučeno: $x = 0,15 - 0,40$ vyhovuje

Ověření stupně vyztužení:

$$m = 0.246 \text{ @ } z = 0.86$$

$$r_{s,rqd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_c} = \frac{\frac{M_{Ed,max}}{z d_T f_{yd}}}{b_T d_T} \leq r_{s,max} = 0,04$$

$$r_{s,rqd} = \frac{740,76}{0.35 \times 0.655 \times 435000} = 0.013 \leq 0.04 \text{ vyhovuje}$$

Ověření tlakové diagonály:

$$V_{Rd,max} = n \times f_{cd} \times b_T \times z \times d_T \times \frac{\cot \alpha}{1 + \cot^2 \alpha} \leq V_{Ed,max}$$

$$n = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.528 \times 20000 \times 0.35 \times 0.86 \times 0.655 \times \frac{1.5}{1 + 1.5^2} = 960.90 > 639,51 [kN] \text{ vyhovuje}$$

Ověření průhybů:

$$l = \frac{l_T}{d_T} \leq l_d = k_{c1} \times k_{c2} \times k_{c3} \times l_{d,tab}$$

$$k_{c1} = 0,8$$

$$k_{c2} = 1 \text{ rozpětí desky } L \leq 7,0 \text{ m}$$

$$k_{c3} = 1,3 \text{ odhad součinitele napětí tahové výztuže}$$

$$l_{d,tab} = 23,94 \text{ krajní pole spojitého nosníku, } r_{s,rqd} = 0.012 \text{ (interpolaci), C30/37}$$

$$l = \frac{6950}{655} = 10,61 \leq l_d = 0,8 \times 1,3 \times 23,94 = 24,89 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

c) Návrh rozměrů sloupů

1.PP - návrh rozměrů středového sloupu obdélníkového průřezu 0,4x0,4 m.

Zatížení v patě sloupu 1.PP:

Stálé		gk[kN]	γd	gd[kN]
	sloup 0,4*0,4 m	12,88	1,35	17,39
	průvlaky	22,66	1,35	30,59
	stropní deska tl. 0,3 m	1881,75	1,35	2540,4
	od podlahy	401,44	1,35	541,9
	od příček (dělicí)	281,008	1,35	379,3608
	od příček (mezibytové)	54,39	1,35	73,4265
	střešní plášť	100,378	1,35	135,5103
	Σ	2754,51		3718,59
Proměnné		qk[kN]	γd	qd[kN]
	Užitné	401,44	1,5	602,16
	Σ	3155,95		4320,75

Normálová únosnost sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \times A_c \times f_{cd} + A_s \times \sigma_s = 0,8 \times A_c \times f_{cd} + A_c \times r \times \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 0,8 \times 0,4 \times 0,4 \times 20 + 0,4 \times 0,40 \times 0,03 \times 400 = 4480 \text{ kN} \quad N_{Ed, \max} = 4320,75 \text{ kN}$$

Vyhovuje

(Ve vyšších podlažích ev. 0,35x0,35 m)

d) ŽB stěny

Monolitické ŽB stěny tl. 200 mm jsou navrženy kolem schodiště, výtahu a po obvodě, jejich únosnost není nutno prokazovat.

e) Suterénní ŽB stěny

Podzemní část objektu je tvořena systémem monolitických železobetonových suterénních stěn, opatřených z vnější strany povlakovou hydroizolací. Zásyp podzemní části objektu je proveden nenamrzavou zeminou. Hladina podzemní vody se nachází relativně mělce pod povrchem terénu konkrétně v hloubkách 2,6 až 2,8 m pod terénem. Vzhledem k výškovému osazení bytových domů lze konstatovat, že hladina podzemní vody nebude ovlivňovat zakládání.

Objemová tíha zeminy:

$$g = 20 \text{ kN} / \text{m}^3$$

Úhel vnitřního tření:

$$j_d = 23^\circ$$

Beton: **C30/37** XC1 (CZ) - Cl 0,4 - Dmax 22 – S4

Návrh tloušťky stěny $t=200$ mm

- Zatížení vlastní tíhou suterénní stěny (na 1 m šířky):

$$g_{0,d} = g_G \times t > b > h > 25 = 1,35 \times 0,2 > 1 > h > 25 = 6,75h [\text{kN}]$$

- Zatížení zemním tlakem:

Užitné zatížení na terénu:

$$g_{0,k} = 5 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Součinitel zemního tlaku v klidu:

$$K_0 = 1 - \sin j = 1 - \sin(23^\circ) = 0,61$$

Návrhový zemní tlak v úrovni terénu:

$$s_{1,d} = K_i \times g_Q \times q_{o,k} = 0,61 \times 1,5 \times 5 = 4,57 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Návrhový zemní tlak v patě suterénní stěny:

$$s_{2,d} = K_i \times (g_Q \times q_{o,k} + g_G \times g_{zem,k} \times h_i) = 0,61 \times (1,5 \times 5 + 1,35 \times 20 \times 3,22) = 57,61 \text{ kN} / \text{m}^2$$

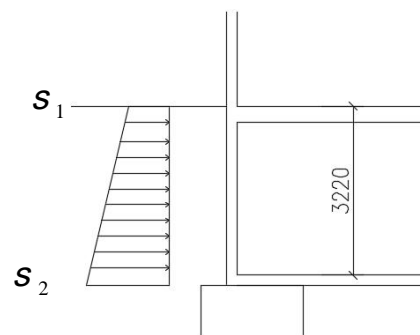
Zatěžovací délka stěny: $L=1$ m

Zatěžovací plocha stropní desky:

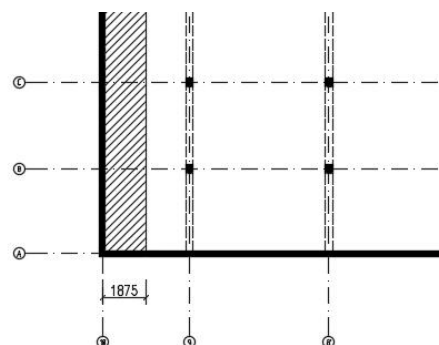
$$A = 1,875 \times 1 = 1,875 \text{ m}^2$$

$$s_{1,d} = 4,57 \times 1 = 4,57 \text{ kN} / \text{m}$$

$$s_{2,d} = 57,61 \times 1 = 57,61 \text{ kN} / \text{m}$$



Obr.8 Schéma působení
zatížení na stěnu



Obr.9 Zatěžovací plocha stěny

Zatížení v patě suterénní stěny:

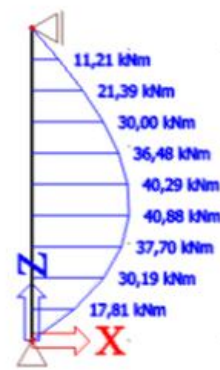
Stálé		gk[kN]	γd	gd[kN]
	stropní deska tl. 0,3 m	56,25	1,35	75,9
	ŽB stěna tl.0,2 m	16,1	1,35	21,7
	od podlahy	15	1,35	20,3
	od příček (dělicí)	10,5	1,35	14,175
	od příček (mezibytové)	21	1,35	28,35
	střešní plášť	3,75	1,35	5,0625
	Σ	122,60		165,51
Proměnné		qk[kN]	γd	qd[kN]
	Užitné	15	1,5	22,5
	Sníh	3,74	1,5	5,61
	Σ	137,60		188,01

N [kN]



Obr.10 Výsledné N

M_y [kNm]



Obr.11 Výsledné M_y

Ověření možnosti vyztužení:

$$n = \frac{N_{Ed}}{b \times \eta \times f_{cd}} = \frac{213,84 \times 10^3}{1000 \times 200 \times 20} = 0,053$$

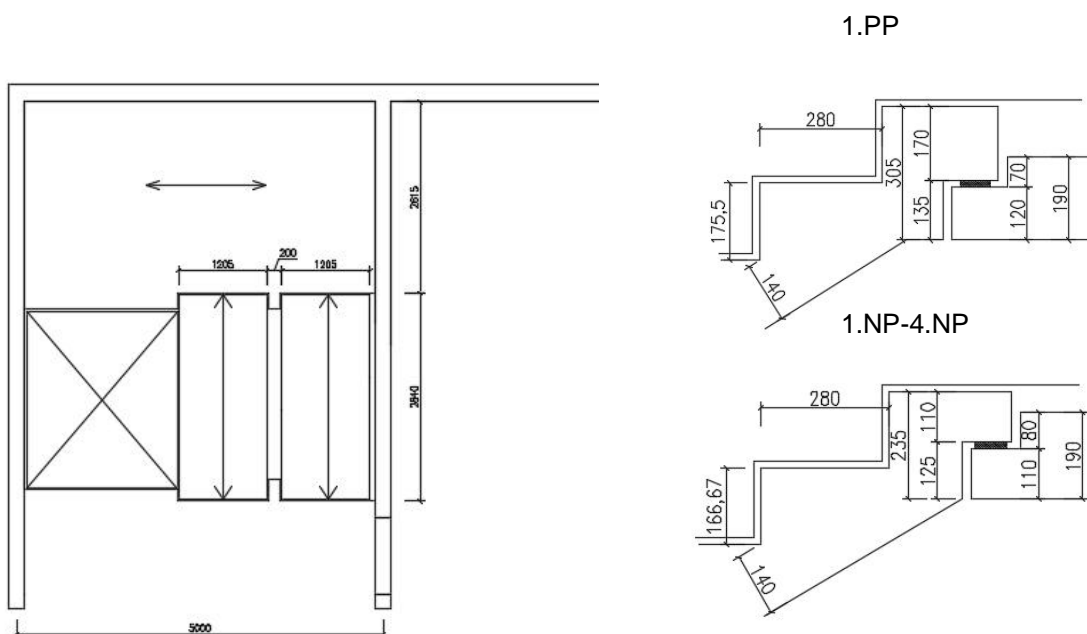
$$m = \frac{M_{Ed}}{b \times \eta^2 \times f_{cd}} = \frac{40,88 \times 10^6}{1000 \times 200^2 \times 20} = 0,051$$

$$w = 0 \text{ } \Rightarrow \text{ } A_{s,rqd} = 0$$

Vyhovuje

f) Schodiště

Schodišťová ramena jsou prefabrikovaná. Ramena jsou přímá, oddílatovaná od okolních svislých konstrukcí a uložena na ozuby monolitických podest prostřednictvím pryžových podložek. Všechna schodiště jsou dvouramenná, situovaná vedle výtahových šachet s monolitickou železobetonovou mezipodestou.



Obr.12 Schéma schodiště

Parametry schodiště:

	1.PP	1.NP-4.NP
Konstrukční výška podlaží:	3,22m	3m
Šířka mezipodesty	2,615m	2,615m
Šířka ramene	1,205m	1,205m
Délka mezipodesty (teoretické rozpětí)	5,0m	5,0m
Délka ramene (teoretické rozpětí)	2,8/2,52m	2,52m
Výška stupně	175,5mm	166,67mm
Šířka stupně	280mm	280mm
Úhel sklonu ramene	32°	30,8°
Počet stupňů v rameni	10/9	9

Návrh tloušťky mezipodesty a schodišťového ramene pomocí **empirického vztahu**:

$$h_{mezipod} = \frac{\alpha l}{\xi 30} \cdot \frac{1}{25} \times L_{mezipod} = \frac{\alpha l}{\xi 30} \cdot \frac{1}{25} \times 5000 = 166,67 \text{ , } 200 \text{ mm}$$

$$h_{ram,1} = \frac{\alpha l}{\xi 30} \cdot \frac{1}{25} \times L_{ram,1} = \frac{\alpha l}{\xi 30} \cdot \frac{1}{25} \times 2520 = 84 \text{ , } 100 \text{ mm}$$

$$h_{ram,2} = \frac{\alpha l}{\xi 30} \cdot \frac{1}{25} \times L_{ram,2} = \frac{\alpha l}{\xi 30} \cdot \frac{1}{25} \times 2800 = 93 \text{ , } 112 \text{ mm}$$

<p>Návrh: $h_{mezipod} = 190 \text{ mm}$</p> <p>$h_{ram} = 140 \text{ mm}$</p>

g) Předsazené konstrukce

V 1.-3.NP jsou umístěné balkónové desky o vyložení 1,740m, vykonzolované ze stropních desek.

Návrh tloušťky balkónové desky pomocí **empirického vztahu**:

$$h_{balk} = \frac{1}{10} \times L_k = \frac{1}{10} \times 1740 = 174 \text{ mm}$$

Návrh s ohledem na ohybovou štíhlost desky:

$$l = \frac{l}{d} \leq l_d = k_{c1} \times k_{c2} \times k_{c3} \times l_{d,tab}$$

použijeme vztah

$$d \geq \frac{l}{k_{c1} \times k_{c2} \times k_{c3} \times l_{d,tab}}$$

kde:

$k_{c1} = 1,0$ obdélníkový průřez

$k_{c2} = 1$ rozpětí desky $L \leq 7,0$ m

$k_{c3} = 1,3$ odhad součinitele napětí tahové výztuže

$l_{d,tab} = 8$ konzola, 0,5%, C30/37

$$d \geq \frac{L}{l_d} = \frac{1740}{1 \times 1,3 \times 8} = 167 \text{ mm}$$

$$h_{d,min} = d + C + \frac{0}{2}$$

$$h_{d,min} = 167 + 20 + 10/2 \text{ mm} \rightarrow h_{d2} = 192 \text{ mm}$$

návrh $h_d = 190 \text{ mm}$

Ověření navržené balkónové desky z hlediska únosnosti v ohybu:

Stálé		gk[kN]	γd	gd[kN]
	ŽB deska tl. 0,19m	4,75	1,35	6,4
	od podlahy	2	1,35	2,7
	Σ	6,75		9,11
Proměnné		qk[kN]	γd	qd[kN]
	Užitné (obytné plochy)	2	1,5	3
	Σ	8,75		12,11

Proměnné		qk[kN]	γd	qd[kN]
	Užitné (balkóny)	3	1,5	4,5

· Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \times (g + q)_d \times L_k^2 = \frac{1}{2} \times 12,11 \times 1,72^2 = 17,9 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \times q_d \times L_k^2 + Q_d \times L_k = \frac{1}{2} \times 9,11 \times 1,72^2 + 4,5 \times 1,72 = 21,21 \text{ kNm}$$

· Poměrný ohybový moment a poměrná výška tlačené oblasti:

$$m = \frac{M_{Ed}}{b_p \times d_p^2 \times f_{cd}} = \frac{17,9}{1000 \times (190 - 20 - \frac{10}{2})^2 \times 20000} = 0,033 \text{ @ } x = 0,045$$

· Potřebná plocha výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \times b \times d \times m \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \times 1000 \times 165 \times 0,045 \times 20}{435} = 273,1 \text{ mm}^2$$

- orientační stupeň vyztužení:

$$r = \frac{a_{s,req}}{b \times d} = \frac{273,1}{1000 \times 165} = 0.0016 = 0.16\%$$

Hodnota vyhovuje: $x < x_{opt} = (0.1, 0.15)$

Předpoklad $f \leq 0,005$, použitý při výpočtu vymežující ohybové štíhlosti desek, je splněn.

Vyhovuje

Návrh ISO nosníků:

Vzhledem k maximálnímu momentu a navržené tloušťce desky – HALFEN HIT-HP MVX 0404 vyhovuje (dle podkladů na stránce výrobce HALFEN, viz tab.2, obr.8).

$$M_{Ed} = 16,98kNm \text{ } \leq \text{ } 21,4kNm(\text{viz.tab2})$$

$$h_d = 180mm$$

Betonfestigkeit: C20/25 \geq C25/30



Momenten Tragfähigkeit m_{Rd}

Typ / Elementbreite	B – 1,00 m			HP MVX-0204		HP MVX-0404		HP MVX-0504		HP MVX-0604		HP MVX-0704	
	B – 0,50 m			HP MVX-0102		HP MVX-0202		–		HP MVX-0302		–	
	B – 0,25 m			–		HP MVX-0101		–		–		–	
Betondeckung [mm]	30	35	50										
Bemessungswerte m_{Rd} [kNm/m] für Plattendicke [mm]	160	160	180	9,3	9,5	16,9	17,4	20,0	20,8	22,7	23,9	24,7	26,5
	160	170	180	9,8	10,0	17,9	18,4	21,2	22,1	24,2	25,3	26,3	28,2
	160	170	190	10,3	10,5	18,9	19,4	22,5	23,3	25,6	26,8	28,0	29,9
	160	170	190	10,8	10,9	19,9	20,4	23,7	24,5	27,1	28,3	29,7	31,7
	160	180	190	11,3	11,4	20,8	21,4	24,9	25,7	28,6	29,8	31,4	33,4
	160	180	200	11,8	11,9	21,8	22,3	26,2	27,0	30,1	31,2	33,1	35,1
	160	180	200	12,3	12,4	22,8	23,3	27,4	28,2	31,5	32,7	34,8	36,8
	160	180	210	12,8	12,9	23,8	24,3	28,6	29,4	33,0	34,2	36,5	38,6
	160	180	200	13,3	13,4	24,8	25,3	29,8	30,7	34,5	35,7	38,2	40,3
	160	180	220	13,8	13,9	25,8	26,3	31,1	31,9	36,0	37,1	39,9	42,0
	160	180	210	14,3	14,4	26,7	27,3	32,3	33,1	37,4	38,6	41,6	43,7
	160	180	230	14,7	14,9	27,7	28,2	33,5	34,4	38,9	40,1	43,3	45,4
160	180	220	15,2	15,4	28,7	29,2	34,8	35,6	40,4	41,6	44,9	47,2	
160	180	240	15,7	15,9	29,7	30,2	36,0	36,8	41,9	43,0	46,6	48,9	

Tab.2 Návrh ISO-nosníku (poklady od výrobce HALFEN) [6]

h) Základové konstrukce

Konstrukčním řešením založení objektu je monolitický krabicový suterén, řešený jako prostorová deskostěnová konstrukce s vnitřními lokálními podporami – monolitickými sloupy a stěnami jader.

Při navrženém výškovém osazení objektů je jednotná niveleta „základové spáry“ podlahy 1.PP situovaná cca 1,0 až 1,5 metru nad současný povrch terénu (bez ornice). Pod zákl. spárou se vyskytují spraše a sprašové hlíny (GT3) o střední mocnosti 1,5 metru. Podzemní voda se v půdorysu předmětné společné podzemní sekce 1.PP nachází v hloubce cca 2,6-2,8 m pod povrchem terénu.

Je navrženo hlubinné založení na vrtaných pilotách vetknutých do prostředí kaolinitického pískovce (GT7). V místě dojezdu výtahu dochází ke posunu základové spáry.

Beton: **C30/37** XC1 (CZ) - Cl 0,4 - Dmax 22 – S4

Návrh rozměrů ŽB piloty^[7]:

Normálová síla v patě sloupu 1.PP:

$$N_{Ed,0} = 4320,75kN \text{ (viz 4.1.4 c)}$$

Minimální plocha piloty:

$$A_{\min} = \frac{N}{f_{cd}} = \frac{4320,75kN}{20MPa} = 0,216m^2 \quad \text{p} \quad D_{\min} = 0,53m$$

Jelikož průměry pilot se obvykle navrhují jako 600 mm, 900 mm, 1200 mm a 1500 mm, byl zvolen průměr piloty 600 mm.

i) Prostorová tuhost objektu

Nosný systém objektu je tvořen kombinací ŽB stěn a sloupů s průvlaky s železobetonovými stropními deskami. Celým objektem (všemi podlažími) prochází stěnové schodišťové jádro. Prostorová tuhost je v tomto případě dostatečná – není potřeba podrobnější ověření.

4.1.5 Shrnutí předběžného návrhu

- Je navržena monolitická železobetonová stropní deska tl. 300 mm, alternativně je možné provést vylehčené desky stejné tloušťky v úsecích s největším rozpětím (7,5 m a 8 m) a zmenšit tloušťku desky v ostatních úsecích na 220 mm.
- Navržené rozměry průvlaku: výška=700 mm, šířka = 350 mm.
- Navržené rozměry sloupu v 1.PP: 0,4 x 0,4 m, ve vyšších podlažích jsou uvažovány rozměry 0,35 x 035 m.
- Schodiště je dvouramenné, prefabrikovaná ramena jsou uloženy na monolitické podesty a mezipodesty. Navržená tloušťka ramene je 140 mm, tloušťka mezipodesty je 190 mm.
- V 1.-3.NP jsou navrženy balkónové desky na ISO-nosnících o vyložení 1,720 m, tl. 190 mm, vykonzolované ze stropních desek.
- Založení objektu je navrženo hlubinné na vrtaných pilotách.

4.2 Varianta 2: Stěnový konstrukční systém

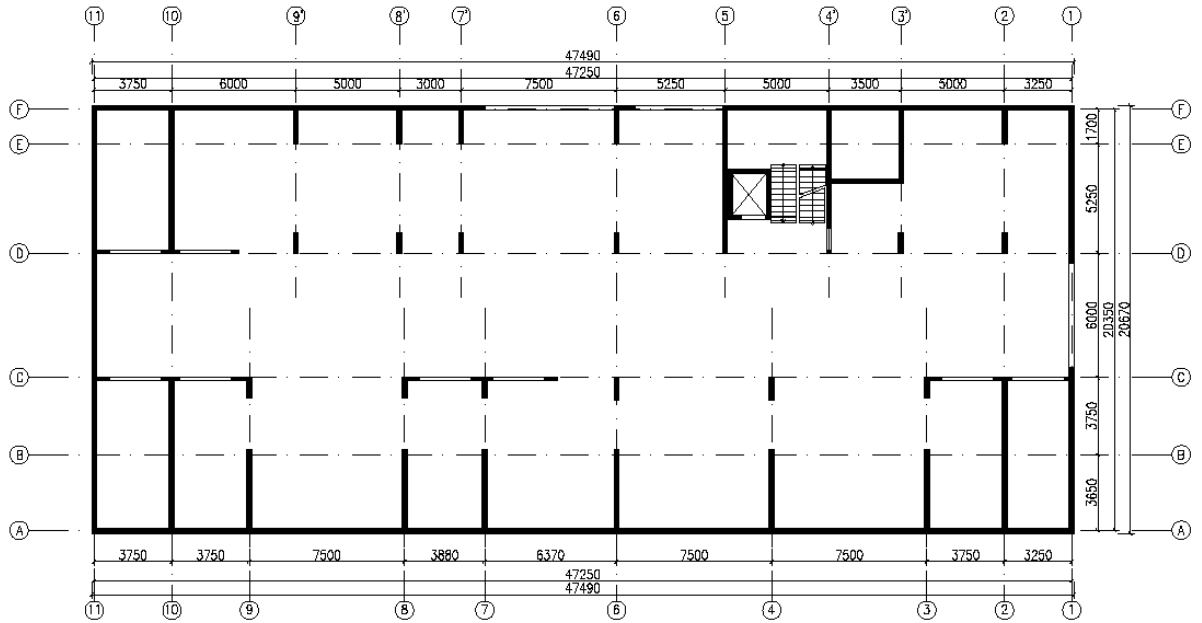
Jako druhá varianta byl zvolen příčný stěnový železobetonový systém ve všech podlažích, doplněný průvlaky, kromě 1.PP, kde je nosný systém je železobetonovým monolitickým skeletem se ztužujícími jádry, doplněný příčnými nosnými stěnami. Po obvodě v 1.PP jsou umístěny železobetonové stěny. Ztužení objektu zajišťuje centrální komunikační jádro se schodištěm a výtahem.

Navrhované konstrukční řešení je dispozičně shodné s původním řešením, které se ale liší od něj materiálově. Nosný systém tvoří svislé a vodorovné monolitické železobetonové prvky ve všech podlažích, na rozdíl od původního řešení budovy, kde byla použita kombinace stěn ze železobetonu a zdiva.

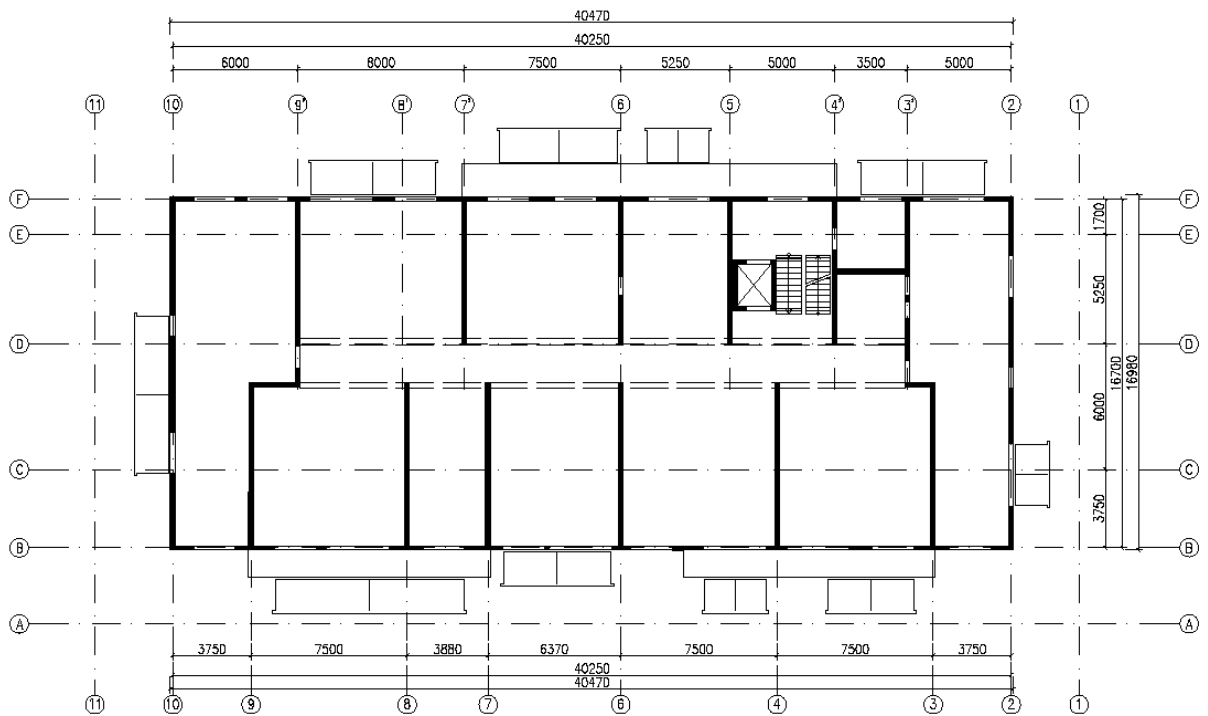
Výhodou této varianty je větší tuhost systému a odolnost vůči vodorovnému zatížení. Nevýhodou je zase omezení volného prostoru a těžkou změnu dispozice a účelu využití. Zvolení železobetonu jako jednotného materiálu v celé budově usnadňuje pak stavební řešení. Lze snížit potřebnou tloušťku svislých nosných prvků (oproti zděným) a navíc takový konstrukční systém vzhledem k velké plošné hmotnosti vykazuje dobré zvukoizolační vlastnosti a zajišťuje požární odolnost.

4.2.1 Konstrukční schéma

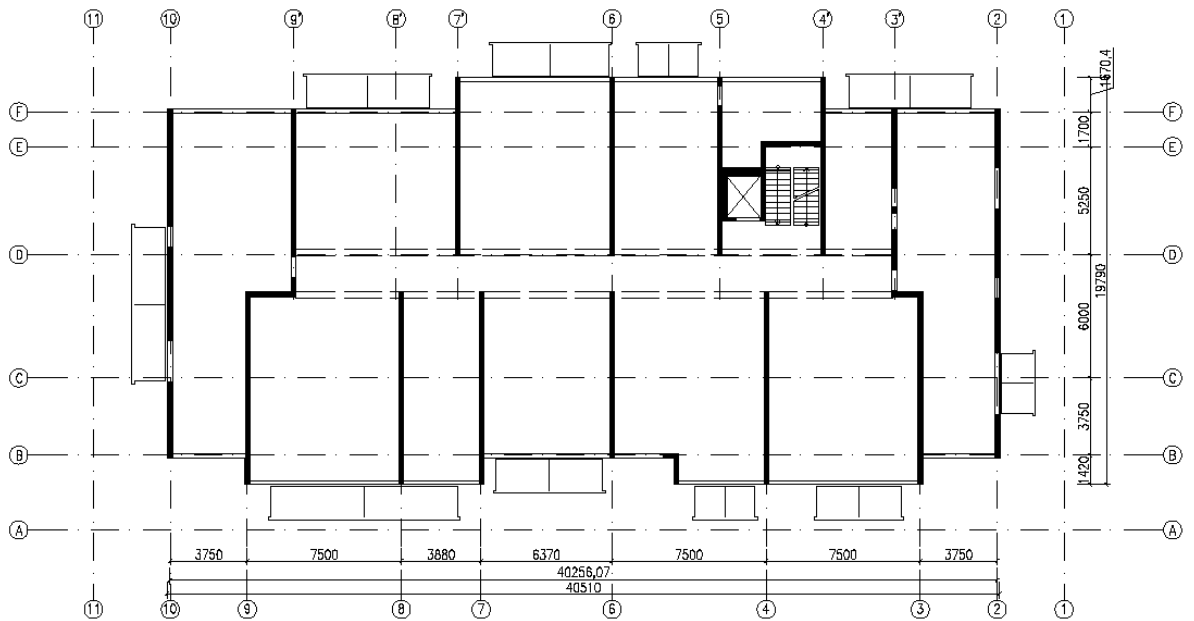
1.PP – konstrukční schéma
(+0,000)



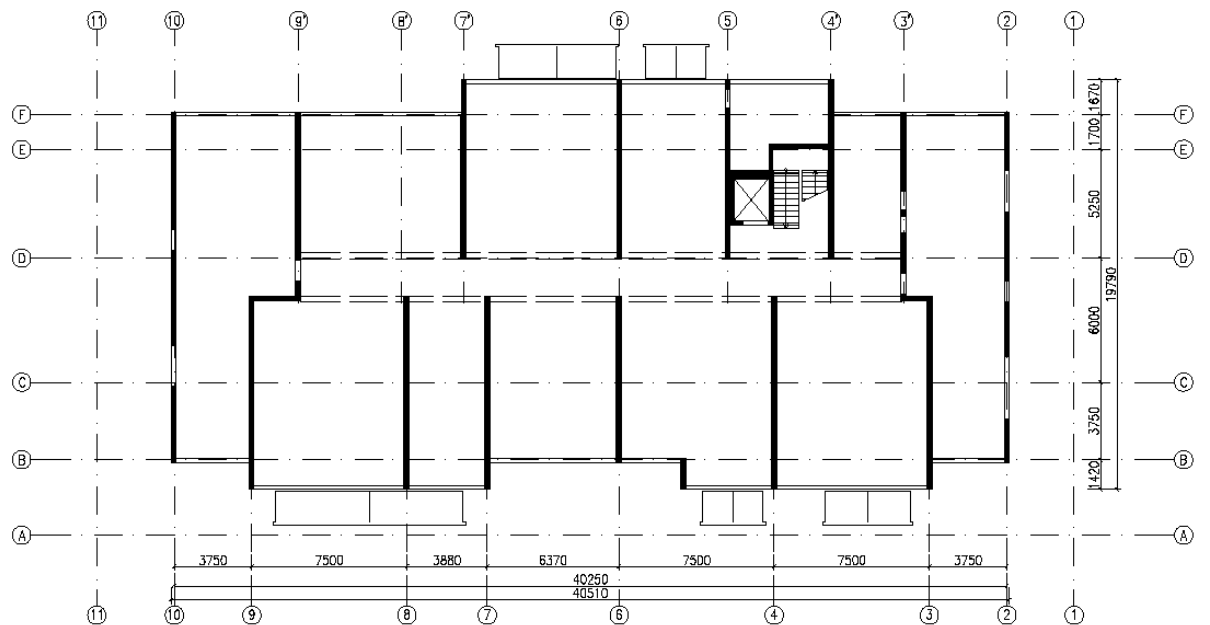
1.NP – konstrukční schéma
(+3,000)



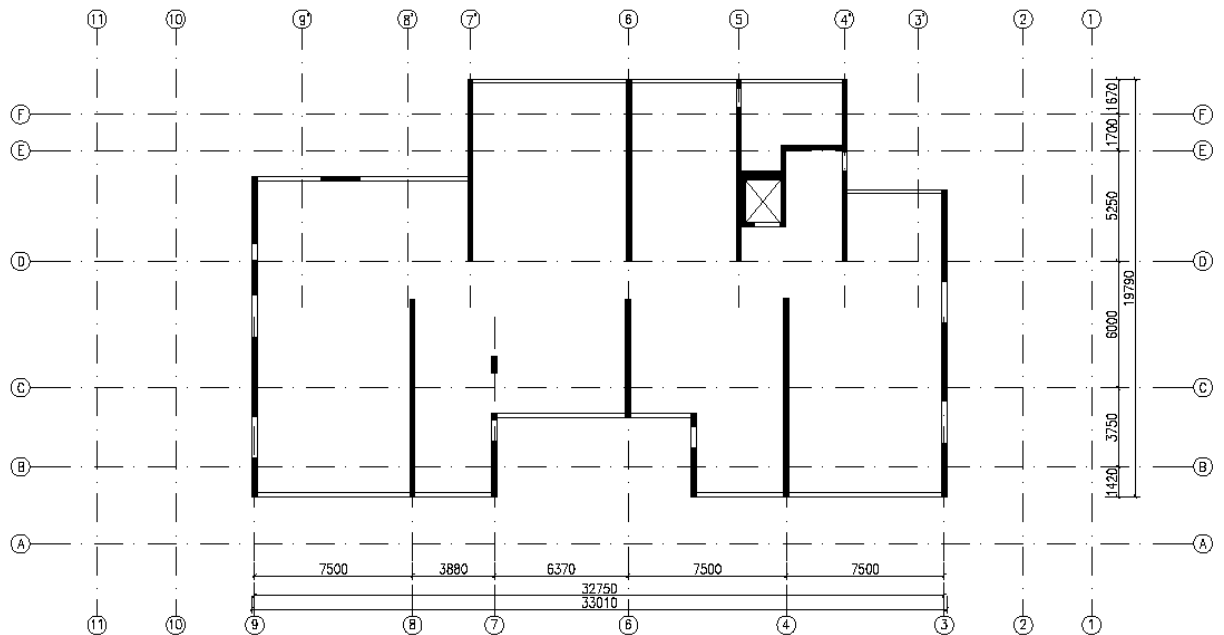
2.NP – konstrukční schéma
 (+6,000)



3.NP – konstrukční schéma
 (+9,000)



4.NP – konstrukční schéma
(+12,000)



4.2.2 Materiálové charakteristiky

Viz kap. 4.1.2

4.2.3 Výpočet zatížení

Viz kap. 4.1.3

4.2.4 Předběžný návrh nosných prvků

a) Návrh rozměrů stropní desky

Stropní desky budou provedeny v celém objektu jako monolitické, železobetonové.

Návrh tloušťky desky h_{d1} :

Stropní desky jsou obousměrně pnuté mezi jednotlivými stěnami a průvlaky.

Návrh tloušťky desky je proveden dvěma způsoby – z empirie a z ohybové štíhlosti.

Návrh tloušťky desky pomocí **empirického vztahu**:

$$h_{d1} = \frac{1}{75} \times (l_x + l_y) = \frac{1}{75} \times (7,5 + 9,35) = 0,225m$$

Návrh $h_{d1} = 230 \text{ mm}$

Stanovení tloušťky desky **s ohledem na ohybovou štíhlost** podle vztahu:

$$h_{d1} = d + \frac{\sigma}{2} + c_{nom}$$

Návrh staticky účinné výšky **d** pomocí podmínky vymezující ohybové štíhlosti:

$$l = \frac{l}{d} \cdot l_d = k_{c1} \cdot k_{c2} \cdot k_{c3} \cdot l_{d,tab}$$

použijeme vztah

$$d^3 = \frac{l}{k_{c1} \cdot k_{c2} \cdot k_{c3} \cdot l_{d,tab}}$$

kde:

$$k_{c1} = 1,0 \quad \dots \text{obdélníkový průřez}$$

$$k_{c2} = l / L = 7 / 7,5 = 0,933 \dots \text{rozpětí desky } L \geq 7,0 \text{ m}$$

$$k_{c3} = 1,2 \dots \text{odhad součinitele napětí tahové výztuže}$$

$$l_{d,tab} = 30,8 \dots \text{vnitřní pole spojitého nosníku, 0,5\%, C30/37}$$

$$l_d = 0,933 \cdot 1,2 \cdot 30,8 = 34,5$$

$$d^3 = \frac{L}{l_d} = \frac{7500}{34,5} = 217,5 \text{ mm}$$

$$\rightarrow d = 218 \text{ mm}$$

$$h_{d,min} = d + C + \frac{\sigma}{2}$$

$$h_{d,min} = 218 + 20 + 10/2 \text{ mm} \rightarrow h_{d2} = 243 \text{ mm}$$

návrh $h_d = 240 \text{ mm}$

Zatížení na stropní desku:

Stálé		gk[kN/m ²]	γd	gd[kN/m ²]
	vl.tíha(0,23*25)	5,75	1,35	7,7625
	od podlahy	2	1,35	2,7
	od příček	1,4	1,35	1,89
	Σ	9,15		12,3525
Proměnné		qk[kN/m ²]	γd	qd[kN/m ²]
	Užitné	2	1,5	3
	Σ	11,15		15,3525

Max. návrhový moment (pro výpočet byly využity tabulky s předpokladem plastického působení desek [6]):

$$m_0 = f \times l^2 = 15,3525 \times 7,5^2 = 863,578 \text{ kNm} / \text{m}'$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{9,35}{7,5} = 1,24 \Rightarrow b = 0,044$$

$$\text{Max } m_{Ed} = b \times m_0 = 0,044 \times 864,578 = 37,99 \text{ kNm} / \text{m}'$$

Ověření tloušťky desky:

- poměrný ohybový moment:

$$m = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{37,99}{1 \times 0,215^2 \times 20000} = 0,041$$

$$x = 0,053$$

- potřebná plocha výztuže :

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \times b \times d \times x \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \times 1000 \times 215 \times 0,053 \times 20}{435} = 419,12 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

- orientační stupeň vyztužení:

$$r = \frac{a_{s,req}}{b \times d} = \frac{419,12}{1000 \times 215} = 0,0019 = 0,19\%$$

Hodnota vyhovuje:

$$x < x_{opt} = (0,1 \text{ , } 0,15)$$

Předpoklad $f \leq 0,005$, použitý při výpočtu vymežující ohybové štíhlosti desek, je splněn.

Navržené rozměry desky vyhovují.

b) Návrh rozměrů průvlaků

Výpočet je proveden pro 1 nejvíce namáhaný stropní průvlak:

Průvlak P1: ŽB spojitý průvlak nad prostory 1.-3.NP, monoliticky spojen s ŽB stěny, rozpětí 8 m, z vyššího podlaží je přitížen příčkou POROTHERM 25AKU P+D.

$$h_p = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{1}{12}, \frac{1}{10} \times L = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{8000}{12}, \frac{8000}{10} = (666, 800) \text{ mm}$$

návrh $h_p = 700 \text{ mm}$

$$b_p = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{2}{3}, \frac{2}{3} \times h_p = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{2}{3}, \frac{2}{3} \times 750 = (233, 466) \text{ mm}$$

návrh $b_p = 300 \text{ mm}$

Zatížení průvlaku:

Stálé				
		gk[kN/m']	γ_d	gd[kN/m']
	vlastní tíha (0,7-0,24)*0,3 m	3,45	1,35	4,66
	stropní deska tl. 0,24 m	21,75	1,35	29,4
	od podlahy	7,25	1,35	9,8
	od příček (dělicí)	5,075	1,35	6,85125
	od příček (mezibytové)	8,4	1,35	11,34
	Σ	45,93		62,00
Proměnné				
		qk[kN/m']	γ_d	qd[kN/m']
	Užitné	7,25	1,5	10,875
	Σ	53,18		72,87

Ověření návrhu průřezu:

$$M_{Ed, \max} = \frac{1}{10} f_p \times l_p^2 = \frac{1}{10} \times 72,87 \times 8^2 = 466,368 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed, \max} = \frac{3}{5} f_p \times l_p = \frac{3}{5} \times 72,87 \times 8 = 349,776 \text{ kN}$$

Ověření z hlediska ohybového namáhání:

$$m = \frac{M_{Ed}}{b_p \times d_p^2 \times f_{cd}} = \frac{466,368}{0,3 \times 0,655^2 \times 20000} = 0,181 \text{ @ } x = 0,25$$

$$d_p = 700 - 25 - \frac{20}{2} - 10 = 655 \text{ mm}$$

doporučeno: $x = 0,15 - 0,40 \rightarrow$ vyhovuje

Ověření stupně vyztužení:

$$m = 0,181 \text{ @ } z = 0,9$$

$$r_{s,rqd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_c} = \frac{\frac{M_{Ed,max}}{z d_T f_{yd}}}{b_T d_T} \leq r_{s,max} = 0,04$$

$$r_{s,rqd} = \frac{466,368}{0,3 \times 0,655 \times 435000} = 0,0093 \leq 0,04 \text{ vyhovuje}$$

Ověření tlakové diagonály:

$$V_{Rd,max} = n \times f_{cd} \times b_T \times z \times d_T \times \frac{\cot \alpha}{1 + \cot^2 \alpha} \leq V_{Ed,max}$$

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

$$V_{Rd,max} = 0,528 \times 20000 \times 0,3 \times 0,9 \times 0,655 \times \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 861,94 > 385,34 \text{ [kN]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Ověření průhybů:

$$l = \frac{l_T}{d_T} \leq l_d = k_{c1} \times k_{c2} \times k_{c3} \times l_{d,tab}$$

$$k_{c1} = 0,8$$

$$k_{c2} = 7/l = 7/8 = 0,875 \text{ rozpětí desky } L \geq 7,0 \text{ m}$$

$$k_{c3} = 1,3 \text{ odhad součinitele napětí tahové výztuže}$$

$l_{d,tab} = 22 \dots$ krajní pole spojitého nosníku, $r_{s,rqd} = 0.010$ (interpolaci), C30/37

$$l = \frac{8000}{655} = 12,21 \text{ £ } l_d = 0,8 \times 0,875 \times 1,3 \times 22 = 20,02 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.2.5 Shrnutí předběžného návrhu

- Je navržena monolitická železobetonová stropní deska tl. 240 mm.
- Navržené rozměry průvlaku: výška=700 mm, šířka = 300 mm.
- Navržené rozměry sloupu v 1.PP: 0,4 x 0,4 m (stejně jako v 1.variantě viz 4.1.4).
- Schodiště je dvouramenné, prefabrikovaná ramena jsou uložena na monolitické podesty a mezipodesty. Navržená tloušťka ramene je 140 mm, tloušťka mezipodesty je 190 mm (stejně jako v 1.variantě viz 4.1.4).
- V 1.-3.NP jsou navrženy balkónové desky na ISO-nosnících o vyložení 1,720 m, tl. 190 mm, vykonzolované ze stropních desek (stejně jako v 1.variantě viz 4.1.4).
- Založení objektu je navrženo hlubinné na vrtaných pilotách (stejně jako v 1.variantě viz 4.1.4).

4.3 Varianta 3: Kombinovaný konstrukční systém

Další variantou je vertikálně kombinovaný konstrukční systém, který se používá u tzv. *integrováných domů* (tzn. budovy s odlišným způsobem využití jednotlivých podlaží).^[1]

Z důvodu nesymetrického umístění nosných prvků v původním řešení projektu, byl konstrukční systém proveden stejně ve dvou traktech tak, aby bylo umožněno průběžné napojení průvlaků. Jako základní trakt byl zvolen ten, ve kterém je umístěno schodiště a výtah.

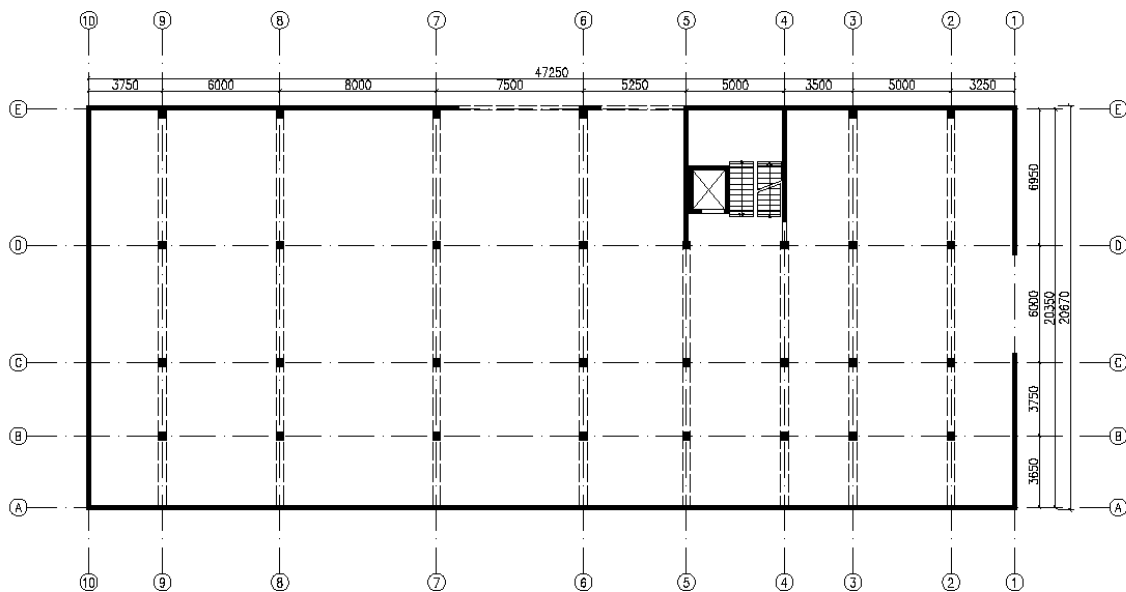
V 1.PP a 1.NP základními nosnými prvky jsou železobetonové sloupy podepírající stropní desku s průvlakem, které umožní uvolnění prostoru a případnou změnu účelu využití těchto dvou podlaží, např. jako kancelářské prostory, obchody atd. Ztužení objektu je zajištěno komunikačním jádrem.

V dalších nadzemních podlažích jsou umístěny byty, takže je kladen vysoký požadavek na akustickou izolaci. Vzhledem k tomu byl navržen stěnový konstrukční systém.

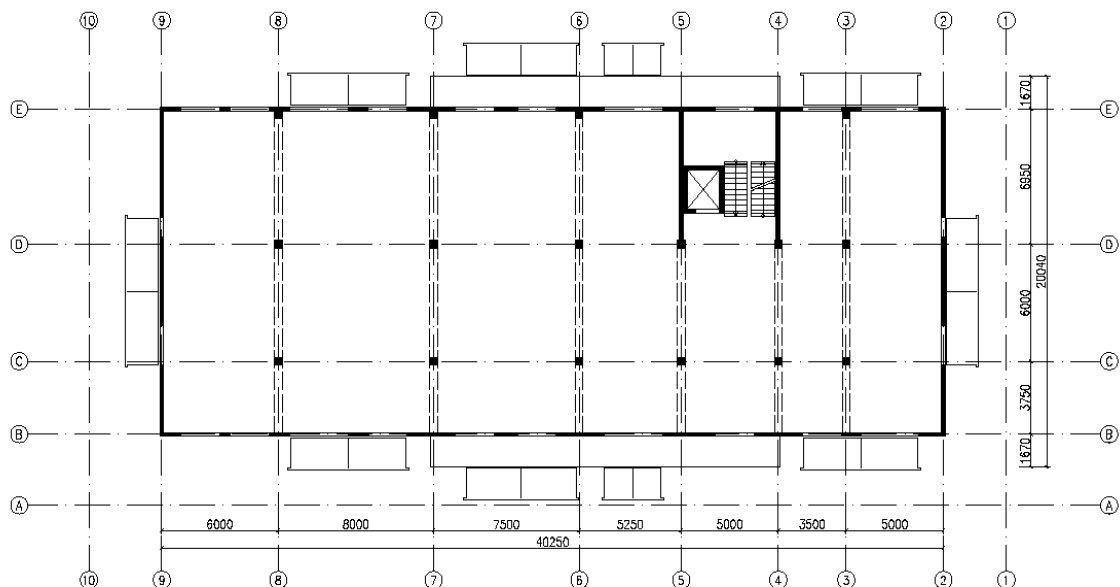
Hlavním problémem vertikálně kombinovaných konstrukčních systému je přenášení působících sil z vyšších pater do sloupů. Systém musí být odolný vůči teplotním změnám a nestejně deformaci podloží, jinak může dojít k trhlinám a následným poruchám.

4.3.1 Konstrukční schéma

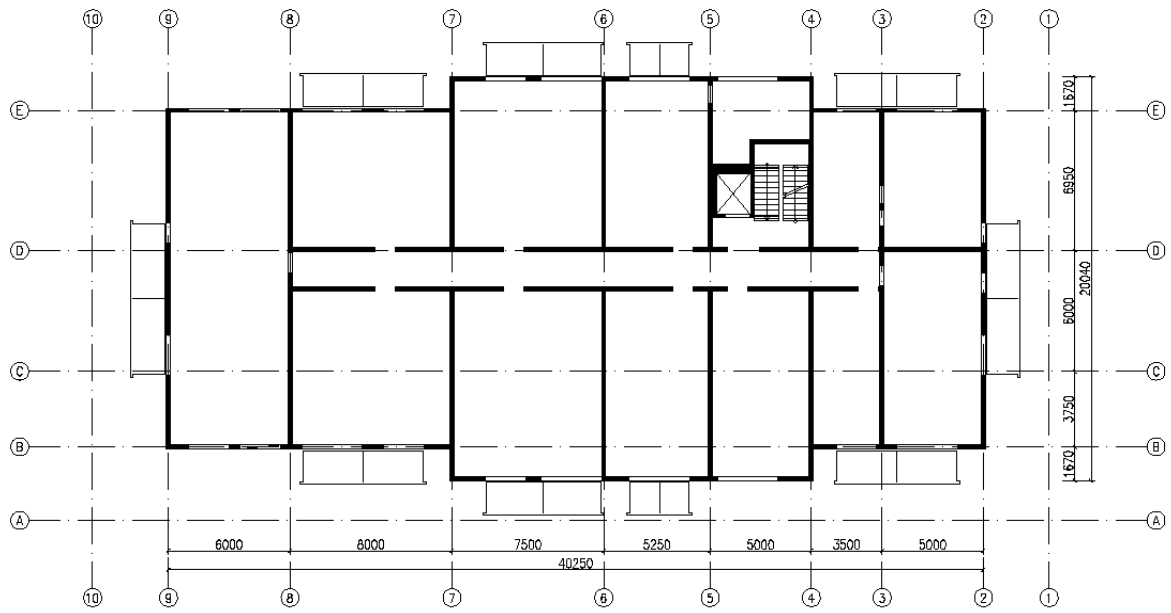
1.PP – konstrukční schéma
(+0,000)



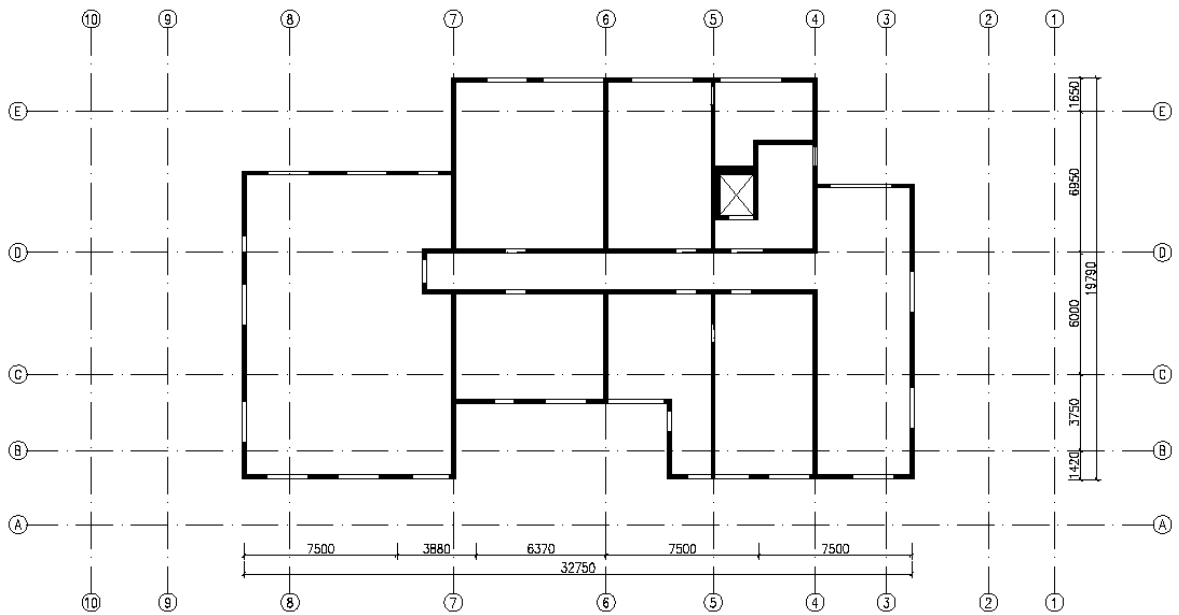
1.NP – konstrukční schéma
(+3,000)



2.-3.NP – konstrukční schéma
 (+6,000–+9,000)



4.NP – konstrukční schéma
 (+12,000)



4.3.2 Materiálové charakteristiky

Viz 4.1.2

4.3.3 Výpočet zatížení

Viz 4.1.3

4.3.4 Předběžný návrh nosných prvků

a) Návrh stropní desky

Stropní deska je navržena tl. 220 mm ve všech podlažích vyjma úseků s rozpětím 7,5 a 8 m, kde jsou navrženy vylehčené desky (viz 4.1.4 a*)

b) Návrh rozměrů průvlaků

Výpočet je proveden pro nejvíce namáhaný stropní průvlak v 1.PP: ŽB spojité průvlak je umístěn nad prostory 1PP, monoliticky spojen s ŽB sloupy, rozpětí 6,95 m.

$$h_p = \frac{\alpha l}{\xi} \cdot \frac{1}{10} \times L = \frac{\alpha \cdot 6950}{\xi \cdot 12} \cdot \frac{6950}{10} = (579, 695) \text{ mm}$$

návrh $h_p = 650 \text{ mm}$

$$b_p = \frac{\alpha l}{\xi} \cdot \frac{2}{3} \times h_p = \frac{\alpha \cdot 6950}{\xi \cdot 3} \cdot \frac{2}{3} \times 650 = (216, 433) \text{ mm}$$

návrh $b_p = 350 \text{ mm}$

Zatížení průvlaku:

Stálé		gk[kN/m ²]	γ_d	gd[kN/m ²]
	vlastní tíha (0,65-0,3)*0,35 m	3,06	1,35	4,13
	stropní deska tl. 0,3 m (vylehčená)	43,4	1,35	58,6
	podlaha	15,5	1,35	20,9
	ŽB nosná stěna, h=2,7 m	13,5	1,35	18,225
	Σ	75,46		101,87
Proměnné		qk[kN/m ²]	γ_d	qd[kN/m ²]
	Užitné	15,5	1,5	23,25
	Σ	90,96		125,12

Ověření návrhu průřezu:

$$M_{Ed,max} = \frac{1}{10} f_p \times l_p^2 = \frac{1}{10} \times 125,12 \times 6,95^2 = 604,36 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,max} = \frac{3}{5} f_p \times l_p = \frac{3}{5} \times 125,12 \times 6,95 = 521,75 \text{ kN}$$

Ověření z hlediska ohybového namáhání:

$$m = \frac{M_{Ed}}{b_p \times d_p^2 \times f_{cd}} = \frac{604,36}{0,35 \times 0,605^2 \times 20000} = 0,235 \text{ @ } x = 0,340$$

$$d_p = 650 - 25 - \frac{20}{2} - 10 = 605 \text{ mm}$$

doporučeno: $x = 0,15 - 0,40$ vyhovuje

Ověření stupně vyztužení:

$$m = 0,235 \text{ @ } z = 0,864$$

$$r_{s,rqd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_c} = \frac{M_{Ed,max}}{z d_T f_{yd}} \leq r_{s,max} = 0,04$$

$$r_{s,rqd} = \frac{604,36}{0,864 \times 0,605 \times 435000} = 0,0125 \leq 0,04 \text{ vyhovuje}$$

Ověření tlakové diagonály:

$$V_{Rd,max} = n \times f_{cd} \times b_T \times z \times d_T \times \frac{\cot \alpha}{1 + \cot^2 \alpha} \times V_{Ed,max}$$

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

$$V_{Rd,max} = 0,528 \times 20000 \times 0,35 \times 0,864 \times 0,605 \times \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 891,68 > 521,75 \text{ [kN]} \text{ vyhovuje}$$

Ověření průhybů:

$$l = \frac{l_T}{d_T} \leq l_d = k_{c1} \times k_{c2} \times k_{c3} \times l_{d,tab}$$

$$k_{c1} = 0,8$$

$k_{c2} = 1$ rozpětí desky $L \leq 7,0$ m

$k_{c3} = 1,3$ odhad součinitele napětí tahové výztuže

$l_{d,stab} = 23,94$ krajní pole spojitého nosníku, $r_{s,rqd} = 0.0125$ C30/37

$$l = \frac{6950}{605} = 11,48 \text{ £ } l_d = 0,8 \times 1 \times 1,3 \times 23,94 = 24,89 \rightarrow \underline{\text{Vyhovuje}}$$

c) Návrh rozměrů sloupů

1.PP-1.NP navrhují středový sloup průřezu 0,35x0,45 m.

Zatížení v patě sloupu 1.PP:

Stálé		gk[kN]	γd	gd[kN]
	sloup 0,35*0,45 m	12,68	1,35	17,12
	průvlaky	19,83	1,35	26,77
	stropní deska vylehčená tl. 0,3 m	1405,08	1,35	1896,85
	od podlahy	401,44	1,35	541,94
	od příček (dělicí)	244,16	1,35	329,616
	od příček (mezibytové)	54,39	1,35	73,4265
	ŽB stěny	11,655	1,35	15,73425
	střešní plášť	100,36	1,35	135,486
	Σ	2249,59		3036,94
Proměnné		qk[kN]	γd	qd[kN]
	Užitné	401,44	1,5	602,16
	Σ	2651,03		3639,10

Normálová únosnost sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \times A_c \times f_{cd} + A_s \times \sigma_s = 0,8 \times A_c \times f_{cd} + A_c \times r \times \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 0,8 \times 0,35 \times 0,45 \times 20 + 0,35 \times 0,45 \times 0,02 \times 400 = 3780 \text{ kN} \quad N_{Ed,max} = 3639,10 \text{ kN}$$

Vyhovuje

d) ŽB stěny

Monolitické ŽB stěny tl. 200 mm jsou navrženy jako nosné v 2.-4.NP, kolem schodiště, výtahu a po obvodě a jejich únosnost není nutno prokazovat.

4.3.5 Shrnutí předběžného návrhu

- Je navržena monolitická železobetonová stropní deska tl. 220 mm, v úsecích s největším rozpětím (7,5 m a 8 m) jsou navrženy vylehčené desky tloušťky 300 mm. (viz 4.1.4)
- Navržené rozměry průvlaku: výška = 650 mm, šířka = 350 mm.
- Navržené rozměry nejvíce namáhaných sloupů (průřezová plocha $A=50,18 \text{ m}^2$) v 1.PP-1.NP: 0,35 x 0,45 m, rozměry ostatních jsou považovány 0,35 x 0,35 m.
- Schodiště je dvouramenné, prefabrikovaná ramena jsou uložena na monolitické podesty a mezipodesty. Navržená tloušťka ramene je 140 mm, tloušťka mezipodesty je 190 mm (viz 4.1.4).
- V 1.-3.NP jsou navrženy balkónové desky na ISO-nosnících o vyložení 1,740 m, tl. 190 mm, vykonzolované ze stropních desek (viz 4.1.4).
- Založení objektu je navrženo hlubinné na vrtaných pilotách (viz 4.1.4).

4.4 Zhodnocení a výběr konstrukční varianty

V bakalářské práci byl proveden předběžný návrh prvků pro 3 varianty konstrukčního systému bytového domu: sloupový konstrukční systém s průvlaky, stěnový systém a kombinovaný systém. Pro podrobnější zpracování byla vybrána varianta 3, z důvodu, že splňuje požadavky návrhu dispozice vzhledem ke konstrukčnímu řešení.

Pozn.: Předběžný statický výpočet všech variant a podrobnější zpracování byly vytvořeny za využití zdrojů na stránkách katedry betonových a zděných konstrukcí fakulty stavební^[8] a podle základních norem^[9].

4.5 Podrobnější řešení vybrané varianty

a) Návrh výztuže ŽB monolitické desky tl. 220 mm, beton C30/37, krytí 25 mm, rozpětí 6 m. (viz 4.3.4).

Výpočet zatížení:

Stálé				
		gk[kN/m ²]	γ _d	gd[kN/m ²]
	vl.tíha(0,22*25)	5,5	1,35	7,425
	od podlahy	2	1,35	2,7
	od příček	1,4	1,35	1,89
	Σ	8,9		12,015
Proměnné				
		qk[kN/m ²]	γ _d	qd[kN/m ²]
	Užitné	2	1,5	3
	Σ	10,9		15,015

max. návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \times (g + q)_d \times L^2 = \frac{1}{12} \times 15,015 \times 6^2 = 45,045 \text{ kN} \times \text{m} / \text{m}'$$

Profil výztuže je zvolen 10 mm.

$$\rightarrow \text{plocha jednoho profilu: } a_{s1} = \rho \times (d/2)^2 = \rho \times (10/2)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$d = h - c - f/2 = 220 - 25 - 10/2 = 190 \text{ mm}$$

$$m = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{45,045}{1 \times 0,19^2 \times 20000} = 0,062$$

$$\rightarrow z = 0,965$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{z \times d \times f_{yd}} = \frac{45,045 \times 10^6}{0,965 \times 190 \times 435} = 564 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Návrh: 8x10mm/m' ($a_{s,prov} = 628 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

Konstrukční zásady:

- Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d; 0,0013 \times b \times d\right)$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 1000 \times 190; 0,0013 \times 1000 \times 190\right) = 247 \text{ mm}^2$$

$$628 \geq 247 \quad \text{splněno}$$

- Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04 \times b \times h = 0,04 \times 1000 \times 220 = 8800 \text{ mm}^2$$

$$628 \leq 8800 \quad \text{splněno}$$

- Maximální rozteč prutů:

$$s \leq \min(2h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

$$125 \leq 250 \quad \text{splněno}$$

- Minimální světlá vzdálenost prutů:

$$s_e \geq \max(20; 1,2f; D_{max} + 5 \text{ mm}) = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

$$125 - 10 = 115 \geq 27 \quad \text{splněno}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady

Posouzení návrhu:

$$F_c = F_s$$

$$0,8 \times x \times b \times f_{cd} = a_{s,prov} \times f_{yd}$$

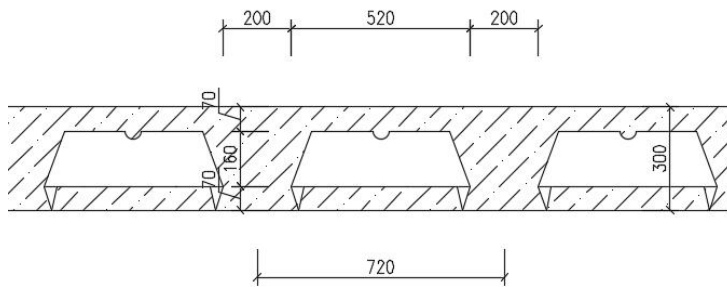
$$x = \frac{628 \times 435}{0,8 \times 1000 \times 20} = 17 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4x = 190 - 0,4 \times 17 = 183,2 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 628 \times 435 \times 183,2 = 50,05 \text{ kNm} / \text{m}^3 \quad m_{Ed} = 45,045 \text{ kNm} / \text{m}$$

Návrh vyhovuje

b) Návrh výztuže vylehčené desky tl. 300 mm, rozpětí 8 m.



Obr.13 Vylehčená deska

Zatížení na desku: $f=17,715 \text{ kN/m}^2$ (viz výpočet zatížení 4.1.4a)

Zatížení na tzv. „trámek“: $f_t=f \cdot 0,72=17,715 \cdot 0,72=12,75 \text{ kN/m}$

max. návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \times f_t \times L^2 = \frac{1}{12} \times 12,755 \times 8^2 = 68,027 \text{ kN} \times \text{m} / \text{m}'$$

Profil výztuže je zvolen 10 mm.

→plocha jednoho profilu: $a_{s1} = \rho \times (d/2)^2 = \rho \times (10/2)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$

$$d = h - c - f/2 - f = 300 - 25 - 10/2 - 10 = 260 \text{ mm}$$

$$m = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{68,027}{0,72 \times 0,26^2 \times 20000} = 0,07 \rightarrow z = 0,964$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{z \times d \times f_{yd}} = \frac{68,027 \times 10^6}{0,964 \times 260 \times 435} = 624 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Návrh: $8 \times 10 \text{ mm} / \text{m}'$ ($a_{s,prov} = 628 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

Konstrukční zásady:

- Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d; 0,0013 \times b \times d\right)$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 720 \times 260; 0,0013 \times 720 \times 260\right) = 282 \text{ mm}^2$$

$$628 \geq 282 \quad \text{splněno}$$

- Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04 \times b \times h = 0,04 \times 720 \times 300 = 8640 \text{ mm}^2$$

$$628 \leq 8640 \quad \text{splněno}$$

- Maximální rozteč prutů:

$$s \leq \min(2h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

$$90 \leq 250 \quad \text{splněno}$$

- Minimální světlá vzdálenost prutů:

$$s_e \geq \max(20; 1,2f; D_{\max} + 5 \text{ mm}) = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

$$65 \geq 27 \quad \text{splněno}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady

Posouzení návrhu:

$$F_c = F_s$$

$$0,8 \times x \times b \times f_{cd} = a_{s,prov} \times f_{yd}$$

$$x = \frac{628 \times 435}{0,8 \times 720 \times 20} = 23,7 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4x = 260 - 0,4 \times 23,7 = 250,5 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 628 \times 435 \times 250,5 = 68,43 \text{ kNm} / \text{m}^3 \quad m_{Ed} = 68,027 \text{ kNm} / \text{m}'$$

Návrh vyhovuje

Návrh třmínků:

$$V_{Ed} = 0,5 \times f_t \times A = 0,5 \times 2,75 \times 8 = 51 \text{ kN}$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = n \times f_{cd} \times b \times z \times \frac{\cot \alpha}{1 + \cot^2 \alpha} \times V_{Ed}, \quad b=200 \text{ mm (nejmenší šířka, viz obr.13)}$$

$$n = 0,6 \times \frac{f_{ctk}}{f_{ctd}} = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,528 \times 20 \times 200 \times 250 \times \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 243,69 \text{ kN} > 51 \text{ kN} \dots \text{vyhovuje}$$

Profil třmínků je zvolen 8 mm, uvažovány dvoustřížné třmínky ($n = 2$).

Průřezová plocha jednoho třmínku:

$$A_{sw} = \frac{npA_s^2}{4}$$

$$A_{sw} = \frac{2p \times 8^2}{4} = 100,5 \text{ mm}^2$$

Potřebná rozteč třmínků:

$$s_1 \leq \frac{A_{sw} f_{yd}}{V_{Ed,1}} \times \cot \alpha$$

$$s_1 \leq \frac{100,5 \times 435}{51} \times 250 \times 1,5 = 321,45 \text{ mm}$$

Zároveň musí platit:

$$s_1 \leq \min(0,75d_T; 400 \text{ mm})$$

$$s_1 \leq \min(0,75 \times 260; 400) = 195 \text{ mm}$$

Návrh $f = 8 \text{ mm}$ á 190 mm

(minimální rozteč, v méně namáhaných oblastech návrh dle konstrukčních zásad $s \geq 300 \text{ mm}$)

Posouzení třmíneků:

$$V_{Rd,1} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{s_1} z \cot \alpha V_{Ed,1}$$

$$V_{Rd,1} = \frac{100,5 \times 435}{190} \times 250 \times 1,5 = 150,14 \text{ }^3 \text{ } 51 \text{ kN}$$

Kontrola stupně vyztužení:

$$r_{sw} = \frac{A_{sw}}{b s_1}$$

$$r_{sw} = \frac{100,5}{200 \times 190} = 0,0026$$

Pro zajištění dostatečného přetvoření třmíneků na mezi únosnosti je nutné, aby stupeň vyztužení byl menší, než určitá mezní hodnota:

$$r_{sw} \leq r_{sw,max} = \frac{0,5 n f_{cd}}{f_{ywd}}$$

$$r_{sw} = 0,0026 \leq 0,012 \quad \text{splněno}$$

Z hlediska minimálního smykového vyztužení musí platit:

$$r_{sw} \geq r_{sw,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

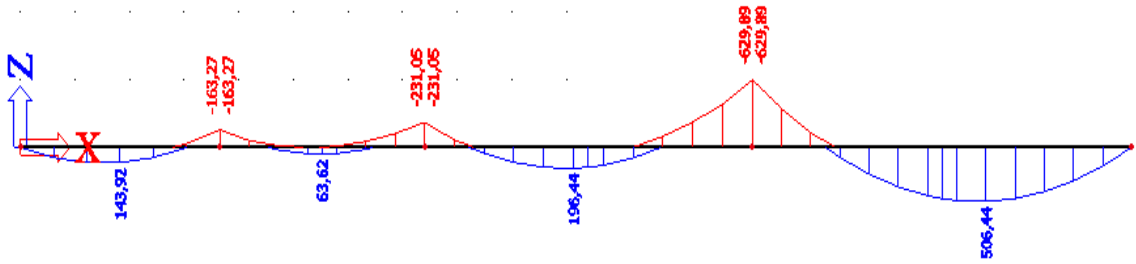
$$r_{sw} = 0,0026 \geq 0,001 \quad \text{splněno}$$

c) Návrh výztuže průvlaku v 1.PP o rozměrech 650x350 mm, rozpětí 6,95m.

Zatížení na průvlak: $f=125,12 \text{ kN/m}$ (viz 4.3.4 b)

max. návrhový moment:

- Nad podporou: $M_{Ed,max,podpora} = 629,89 \text{ kNm}$
- V poli: $M_{Ed,max,pole} = 506,44 \text{ kNm}$



Obr.14 Výsledné momenty na průvlaku

Profil výztuže je zvolen 20 mm.

→ plocha jednoho profilu: $a_{s1} = \rho \times (d/2)^2 = \rho \times (20/2)^2 = 314,16 \text{ mm}^2$

$$d = h - c - f/2 - f_t = 650 - 25 - 20/2 - 10 = 605 \text{ mm}$$

Návrh výztuže nad podporou:

$$m = \frac{m_{Ed, podpora}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{629,89}{0,35 \times 0,605^2 \times 20000} = 0,245 \rightarrow z = 0,858$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$a_{s, req} = \frac{m_{Ed, podpora}}{z \times d \times f_{yd}} = \frac{629,89 \times 10^6}{0,858 \times 605 \times 435} = 2789 \text{ mm}^2 / m$$

Návrh: 6x25mm/m' ($a_{s, prov} = 2945 \text{ mm}^2 / m$)

Návrh výztuže v poli:

$b_{ef} = 3010 \text{ mm}$

$$m = \frac{m_{Ed, pole}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{506,44}{3,01 \times 0,605^2 \times 20000} = 0,023 \rightarrow z = 0,988$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$a_{s, req} = \frac{m_{Ed, pole}}{z \times d \times f_{yd}} = \frac{506,44 \times 10^6}{0,988 \times 605 \times 435} = 1947 \text{ mm}^2 / m$$

Návrh: 6x22mm/m' ($a_{s, prov} = 2281 \text{ mm}^2 / m$)

Konstrukční zásady:

- Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d; 0,0013 \times b \times d\right)$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 350 \times 605; 0,0013 \times 350 \times 605\right) = 319,3 \text{ mm}^2$$

$$2945 \geq 319,3 \quad \text{splněno}$$

$$2281 \geq 319,3 \quad \text{splněno}$$

- Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04 \times b \times h = 0,04 \times 350 \times 650 = 9100 \text{ mm}^2$$

$$2945 \leq 9100 \quad \text{splněno}$$

$$2281 \leq 9100 \quad \text{splněno}$$

- Maximální rozteč prutů:

$$s \leq \min(2h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

$$57 \leq 250 \quad \text{splněno}$$

- Minimální světlá vzdálenost prutů:

$$s_e \geq \max(20; 1,2f; D_{\max} + 5 \text{ mm}) = 30 \text{ mm}$$

$$32 \geq 30 \quad \text{splněno}$$

$$35 \geq 30 \quad \text{splněno}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady

Posouzení návrhu nad podporou:

$$F_c = F_s$$

$$0,8 \times x \times b \times f_{cd} = a_{s,prov} \times f_{yd}$$

$$x = \frac{2945 \times 435}{0,8 \times 350 \times 20} = 228 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4x = 605 - 0,4 \times 228 = 514 \text{ mm}$$

$$m_{Rd,podpora} = a_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 2945 \times 435 \times 514 = 658,5 \text{ kNm} / \text{m}^3 \quad m_{Ed} = 629,89 \text{ kNm} / \text{m}'$$

Návrh vyhovuje

Posouzení návrhu v poli:

$$F_c = F_s$$

$$0,8 \times x \times b \times f_{cd} = a_{s,prov} \times f_{yd}$$

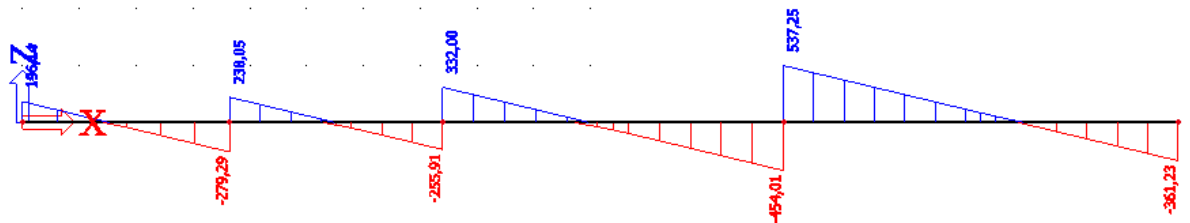
$$x = \frac{2281 \times 435}{0,8 \times 3010 \times 20} = 20,6 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4x = 605 - 0,4 \times 20,6 = 596,76 \text{ mm}$$

$$m_{Rd,podpora} = a_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 2281 \times 435 \times 596,76 = 592,1 \text{ kNm} / \text{m}^3 \quad m_{Ed} = 506,44 \text{ kNm} / \text{m}'$$

Návrh vyhovuje

Návrh třmínek:



Obr.15 Výsledné V_{Ed} na průvlaku

Únosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = n \times f_{cd} \times b \times z \times \frac{\cot \alpha}{1 + \cot^2 \alpha} \times V_{Ed}$$

$$n = 0,6 \frac{A_c}{A_s} - \frac{f_{ck}}{250} = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,528 \times 20 \times 350 \times 597 \times \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 1018,39 kN > 537,25 kN \dots \text{vyhovuje}$$

Profil třmínků je zvolen 8 mm, uvažovány dvoustřížné třmínky ($n = 2$).

Průřezová plocha jednoho třmínku:

$$A_{sw} = \frac{n p A_s^2}{4}$$

$$A_{sw} = \frac{2 p \times 8^2}{4} = 100,5 mm^2$$

Potřebná rozteč třmínků:

$$s_1 \leq \frac{A_{sw} f_{yd}}{V_{Ed,1}} z \cot \alpha$$

$$s_1 \leq \frac{100,5 \times 435}{490} \times 597 \times 1,5 = 79,81 mm$$

Zároveň musí platit:

$$s_1 \leq \min(0,75 d_T; 400 mm)$$

$$s_1 \leq \min(0,75 \times 605; 400) = 400 mm$$

Návrh $f = 8 mm$ á $80 mm$

(minimální rozteč, v méně namáhaných oblastech návrh dle konstrukčních zásad $s \geq 250 mm$)

Posouzení třmínků:

$$V_{Rd,1} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{s_1} z \cot \alpha \times V_{Ed,1}$$

$$V_{Rd,1} = \frac{100,5 \times 435}{80} \times 597 \times 1,5 = 490 > 490 kN$$

Kontrola stupně vyztužení:

$$r_{sw} = \frac{A_{sw}}{bs_1}$$

$$r_{sw} = \frac{100,5}{350 \times 80} = 0,0036$$

Pro zajištění dostatečného přetvoření třmíneků na mezi únosnosti je nutné, aby stupeň vyztužení byl menší, než určitá mezní hodnota:

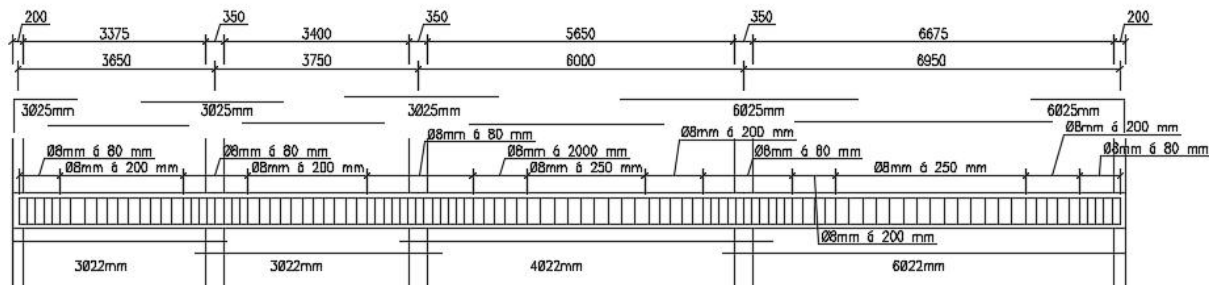
$$r_{sw} \leq r_{sw,max} = \frac{0,5n f_{cd}}{f_{ywd}}$$

$$r_{sw} = 0,0036 \leq 0,012 \quad \text{splněno}$$

Z hlediska minimálního smykového vyztužení musí platit:

$$r_{sw} \geq r_{sw,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$r_{sw} = 0,0036 \geq 0,001 \quad \text{splněno}$$



Obr.16 Schéma umístění hlavní výztuže průvlaku

d) Návrh výztuže sloupu v 1.PP o rozměrech 350x450 mm.

Odhad profilu hlavní výztuže $\varnothing s = 25$ mm, profil třmíneků $\varnothing tř = 10$ mm, krytí 25 mm.

Vzdálenost těžiště výztuže od hrany průřezu d_1 :

$$d_1 = c + A E_{tr} + \frac{A E_s}{2}$$

$$d_1 = 25 + 10 + 12,5 = 47,5 \text{ mm}$$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{47,5}{450} = 0,11$$

Poměrné využití betonového průřezu normálovou silou:

$$n = \frac{N_{Ed}}{bh f_{cd}}$$

$$n = \frac{3639,10}{0,35 \times 0,45 \times 20000} = 1,155$$

Poměrné využití betonového průřezu ohybovým momentem:

$$m = \frac{N_{Ed} e}{bh^2 f_{cd}}$$

$$m = \frac{3639,10 \times 0,05}{0,35 \times 0,45^2 \times 20000} = 0,128$$

Z nomogramu součinitel $w = 0,3$

Potřebná plocha výztuže ve sloupu je:

$$A_{s,req} = \frac{w b h f_{cd}}{f_{yd}} \rightarrow A_{s,req} = \frac{0,3 \times 0,35 \times 0,45 \times 20}{435} = 2172 \text{ mm}^2$$

Návrh $8f = 25 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 3927 \text{ mm}^2$)

Plocha navržené výztuže musí splnit konstrukční zásady:

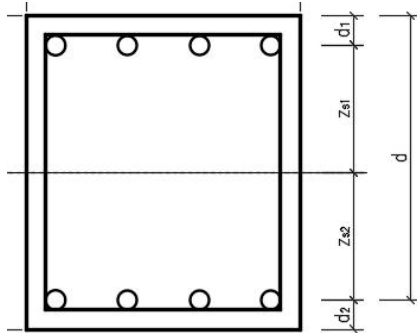
$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} = \max\left(0,1 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,002 A_c\right)$$

$$A_{s,prov} = 3927 \geq \max\left(0,1 \times \frac{3639,10}{435}; 0,002 \times 0,35 \times 0,45\right) = 836 \text{ mm}^2 \quad \text{splněno}$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{s,prov} = 3927 \leq 0,04 \times 0,35 \times 0,45 = 6300 \text{ mm}^2 \quad \text{splněno}$$

Posouzení návrhu



Obr.17 Průřez sloupu

Účinná výška průřezu:

$$d = h - c - f_{sew} - f_s / 2 = 450 - 25 - 10 - 25 / 2 = 402,5 \text{ mm}$$

Ramena vnitřních sil:

$$z_{s1} = z_{s2} = (h - 2c - 2f_{sew} - f_s) / 2 = (450 - 2 \times 25 - 2 \times 10 - 25) / 2 = 177,5 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_2 = h / 2 - z_{s1} = 450 / 2 - 177,5 = 47,5 \text{ mm}$$

• Bod 0 – dostředný tlak

$$N_{Rd,0} = b \times h \times f_{cd} + A_{s1} \times s_s + A_{s2} \times s_s = 350 \times 450 \times 20 + (1963,5 \times 400) \times 2 = 4720 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s2} \times z_{s2} - A_{s1} \times z_{s1}) \times s_s = 0$$

• Bod 1 – nulové přetvoření tažené výztuže

$$s_{s,1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,1} = 0,8b \times d \times f_{cd} + A_{s2} \times f_{yd} = 0,8 \times 350 \times 402,5 \times 20 + 1963,5 \times 435 = 3108 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = 0,8b \times d \times f_{cd} \times \frac{d}{2} - 0,4d \times A_{s2} \times z_{s2} \times f_{yd}$$

$$M_{Rd,1} = 0,8 \times 350 \times 402,5 \times 20 \times (225 - 161) + 1963,5 \times 177,5 \times 435 = 296 \text{ kNm}$$

- Bod 2 – napětí v tažené výztuže je na mezi kluzu

$$x_{bal,1} = \frac{700}{700 + 435} = 0,617$$

$$x_{bal,1} = x_{bal,1} \times d = 0,617 \times 402,5 = 248mm$$

Výpočet pro $s_{s,2}$:

$$\frac{e_{cd}}{x_{bal,1}} = \frac{e_{s,2}}{x_{bal,1} - d_2}$$

$$e_{s,2} = 0,0035 \times \left(1 - \frac{47,5}{248}\right) = 0,00283$$

$$e_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,0021$$

$$e_{s,2} > e_{yd} \text{ ® } s_{s,2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,2} = 0,8b \times x_{bal,1} \times f_{cd} + 0 = 0,8 \times 350 \times 248 \times 20 = 1388kN$$

$$M_{Rd,2} = 0,8b \times x_{bal,1} \times f_{cd} \times (h/2 - 0,4x_{bal,1}) + A_{s,2} \times f_{yd} \times z_{s,2} + A_{s,1} \times f_{yd} \times z_{s,1}$$

$$M_{Rd,2} = 0,8 \times 350 \times 248 \times 20 \times (225 - 0,4 \times 248) + 2 \times 1963,5 \times 177,5 \times 435 = 478kNm$$

- Bod 3 – prostý ohyb

Vyjádření x z rovnováhy sil:

$$F_c + F_{s2} = F_{s1} \text{ ® } 0,8bxf_{cd} + A_{s2}s_{s2} = A_{s1}f_{yd}$$

$$x = \frac{A_{s1}f_{yd} - A_{s2}s_{s2}}{0,8bf_{cd}}$$

Průběh přetvoření (podobnost trojúhelníků):

$$\frac{e_{cd}}{x} = \frac{e_{s2}}{x - d_2}$$

$$s_{s,2}^2 \times A_{s,2} - s_{s,2} \times (A_{s,1} \times f_{yd} + A_{s,2} \times e_{cd} \times E_s) + e_{cd} \times E_s (A_{s,1} \times f_{yd} - 0,8b \times f_{cd} \times d_2) = 0$$

$$s_{s,2} = 236Mpa$$

$$x = \frac{A_{s,1} \cdot f_{yd} - A_{s,2} \cdot s_{s,2}}{0,8b \cdot f_{cd}} = \frac{1963,5 \cdot 435 - 1963,5 \cdot 236}{0,8 \cdot 350 \cdot 20} = 70 \text{ mm}$$

$$N_{Rd,3} = 0$$

$$M_{Rd,3} = 0,8b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot (h/2 - 0,4x) + A_{s,2} \cdot s_{s,2} \cdot z_{s,2} + A_{s,1} \cdot f_{yd} \cdot z_{s,1}$$

$$M_{Rd,3} = 0,8 \cdot 350 \cdot 70 \cdot 20 \cdot (225 - 0,4 \cdot 70) + 1963,5 \cdot 236 \cdot 177,5 + 1963,5 \cdot 435 \cdot 177,5$$

$$M_{Rd,3} = 311 \text{ kNm}$$

• Bod 4 – nulové přetvoření tlačené výztuže

$$N_{Rd,4} = A_{s,1} \cdot f_{yd} = 1963,5 \cdot 435 = 854 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = A_{s,1} \cdot f_{yd} \cdot z_{s,1} = 1963,5 \cdot 435 \cdot 177,5 = 152 \text{ kNm}$$

• Bod 5 – prostý tah

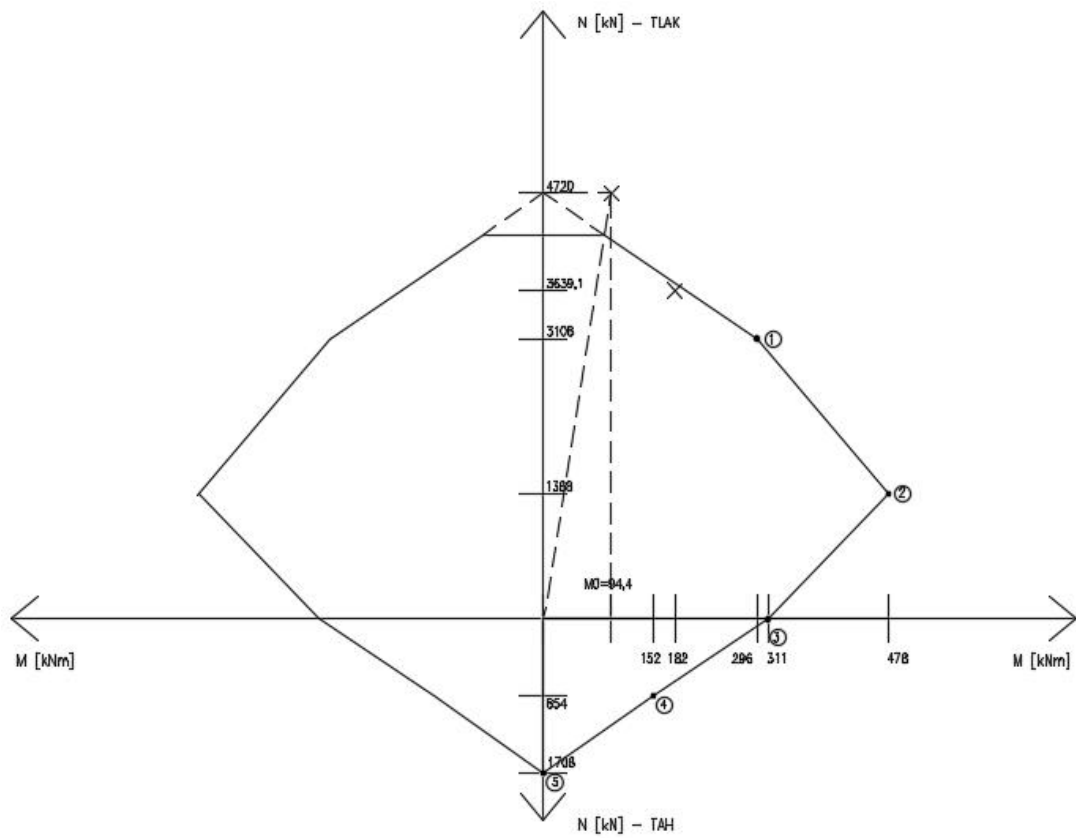
$$N_{Rd,5} = (A_{s,1} + A_{s,2}) \cdot f_{yd} = 2 \cdot 1963,5 \cdot 435 = 1708 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,5} = 0$$

Omezení tlakové únosnosti:

$$\text{Minimální výstřednost: } e_0 = \max(h/30; 20 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Minimální ohybový moment: } M_0 = N_{Rd,0} \cdot e_0 = 4720 \cdot 0,02 = 94,4 \text{ kNm}$$

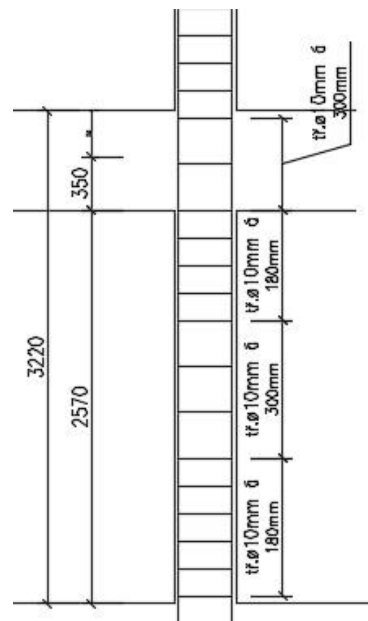
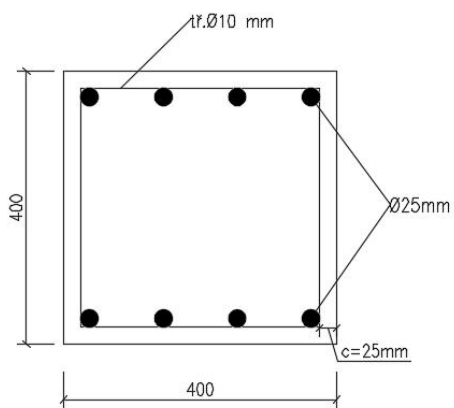


Obr.18 Interakční diagram

Návrh vyhovuje

Profil třmínků 10 mm,

vzdálenost $s_1=300$ mm, $s_2=180$ mm



Obr.19 Schéma výztuže sloupu

e) Návrh výztuže balkonové desky tl. 190 mm.

Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = 17,9 \text{ kNm} \text{ (viz 4.1.4 g)}$$

Profil výztuže je zvolen 10 mm.

plocha jednoho profilu:

$$a_{s1} = \rho \times (d/2)^2 = \rho \times (10/2)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$d = h - c - f/2 = 190 - 25 - 10/2 = 160 \text{ mm}$$

$$m = \frac{m_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{17,9}{1 \times 0,16^2 \times 20000} = 0,035$$

$$\rightarrow z = 0,983$$

Požadovaná plocha výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{z \times d \times f_{yd}} = \frac{17,9 \times 10^6}{0,983 \times 160 \times 435} = 261 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Návrh: 4x10mm/m' ($a_{s,prov} = 314 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

Konstrukční zásady:

- Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d; 0,0013 \times b \times d\right)$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max\left(0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 1000 \times 160; 0,0013 \times 1000 \times 160\right) = 242 \text{ mm}^2$$

$$314 \geq 242 \quad \text{splněno}$$

- Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04 \times b \times h = 0,04 \times 1000 \times 190 = 7600 \text{ mm}^2$$

$$314 \leq 7600 \quad \text{splněno}$$

- Maximální rozteč prutů:

$$s \leq \min(2h, 250\text{mm}) = 250\text{mm}$$

$$250 \leq 250 \quad \text{splněno}$$

- Minimální světlá vzdálenost prutů:

$$s_e \geq \max(20; 1,2f; D_{\max} + 5\text{mm}) = 22 + 5 = 27\text{mm}$$

$$250 - 10 = 240 \geq 27 \quad \text{splněno}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady

Posouzení návrhu:

$$F_c = F_s$$

$$0,8 \times x \times b \times f_{cd} = a_{s,prov} \times f_{yd}$$

$$x = \frac{314 \times 435}{0,8 \times 1000 \times 20} = 8,53\text{mm}$$

$$z = d - 0,4x = 160 - 0,4 \times 8,53 = 156,6\text{mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \times f_{yd} \times z = 314 \times 435 \times 156,6 = 21,3\text{kNm} / \text{m}^3 \quad m_{Ed} = 17,9\text{kNm} / \text{m}$$

Návrh vyhovuje

4.5.1 Skica tvaru

Viz přílohy 1,2,3,4.

5. ZÁVĚR

V bakalářské práci byly ukázány tři možné způsoby konstrukčního řešení zadaného bytového domu. Ke každé navržené variantě byl vypracován předběžný návrh prvku, pro podrobnější zpracování byla zvolena varianta 3 – kombinovaný konstrukční systém. V podrobnějším řešení byla navržena výztuž prvků a vypracovány skici tvaru všech podlaží.

Cílem práce bylo prokázat, že pro zadanou dispozici je možné provést konstrukční řešení bytového domu více způsoby, a to s ohledem na případnou změnu dispozice (rozšíření ploch) a popř. i změnu účelu využití budovy (u bytových domů se často první podlaží využívá pro komerční prostory).

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

[1] Hájek, P. a kolektiv. *Konstrukce pozemních staveb 10 – Nosné konstrukce I.* Praha: Nakladatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-02243-9.

[2] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.* Praha: Český normalizační institut, 2004.

[3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.* Praha: Český normalizační institut, 2005.

[4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.* Praha: Český normalizační institut, 2007.

[5] Technické listy firmy ZETR

[6] Technické listy firmy HALFEN. *HALFEN HIT ISO-ELEMENT.* [online]. [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/reinforcementsystems/HIT_16-1.pdf

[7] Drahorád M. *Návrh a ověření betonové opřené piloty zatížené v hlavě kombinací sil* [online]. 2006-2017. [cit. 17.04.2017]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~drahomic/Pomucky/Vzor/B03D-Pr2.pdf>

[8] Stránky katedry betonových a zděných konstrukcí. [online]. 2017. [cit. 17.04.2017]. Dostupné z: <http://concrete.fsv.cvut.cz/>

[9] ČSN EN 1990. Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí.* Praha: Český normalizační Institut, 2004.

Použité programy:

AutoCAD 2016

Microsoft Word 2016

SCIA Engineer 16.1

7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Obousměrný stěnový systém.....	9
Obr.2 Kombinovaný systém	10
Obr.3 Obousměrný sloupový systém.....	10
Obr.4 Podélný sloupový systém	10
Obr.5 Graf pro přibližné určení součinitele expozice.....	22
Obr.6 – Schéma alternativního řešení stropu	25
Obr.7 Vylehčovací prvky – příklad (výrobce ZETR)	26
Obr.10 Výsledné N.....	31
Obr.12 Schéma schodiště	32
Obr.13 Vylehčená deska	54
Obr.14 Výsledné momenty na průvlaku.....	58
Obr.15 Výsledné V_{Ed} na průvlaku	60
Obr.16 Schéma umístění hlavní výztuže průvlaku	62
Obr.17 Průřez sloupu	64
Obr.18 Interakční diagram.....	67
Obr.19 Schéma výztuže sloupu.....	67

8. SEZNAM TABULEK

Tab.1 Vylehčovací prvky firmy ZETR – porovnání s plnou deskou	26
Tab.2 Návrh ISO-nosníku (poklady od výrobce HALFEN)	35

9. SEZNAM PŘÍLOH

1. Příloha 1 – skica tvaru 1.PP (+0,000)
2. Příloha 2 – skica tvaru 1.NP (+3,000)
3. Příloha 3 – skica tvaru 2.NP (+6,000)
4. Příloha 4 – skica tvaru 4.NP (+12,000)