

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Katedra betonových a zděných konstrukcí



## BALALÁŘSKÁ PRÁCE

Variantní návrh železobetonového schodiště

Zpracoval: Jaroslav Hrbek

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Iva Broukalová, Ph. D.

Květen 2022



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně při odborném doзору vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivy Broukalové, Ph.D. a veškeré použité podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 16.5.2022

Jaroslav Hrbek: .....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivě Broukalové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky, vstřícnost a trpělivost při konzultacích a vypracovávání bakalářské práce.

# **Anotace**

Bakalářská práce se zaměřuje na přímá železobetonová schodiště. Pojednává o jejich rozdělení dle jednotlivých výrazových rysů schodišť. Dále popisuje způsob návrhu jednotlivých částí schodiště, požadavky na jeho jednotlivé části a způsob podepření schodišťových konstrukcí.

Součástí bakalářské práce je variantní návrh schodiště v schodišťovém prostoru bytového domu podle předepsaných konstrukčních, bezpečnostních a statických požadavků. Pak i následné vyhodnocení a porovnání jednotlivých řešení konstrukčních variant schodiště.

## **Klíčová slova**

Železobeton, schodiště, podesta, schodnice, statický výpočet, únosnost, posouzení, vyztužení, porovnání.

## **Anotation**

The bachelor thesis focus on straight reinforced concrete stairs. It discusses of their division according to the individual expressive features of the stairs. It also describes the design of individual parts of the staircase, the requirements for individual parts and the method of supporting staircase structures.

Part of the bachelor's thesis is the variant design of a staircase in the stairwell of an apartment building according to the prescribed construction, safety and static requirements. Then the subsequent evaluation and comparison of individual solutions of staircase design variants

## **Keywords**

Reinforced concrete, stairway, landing, stairs, static calculation, tolerability, assessment, reinforcement, comparison.

# OBSAH

Úvod .....	8
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Definice</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Třídění schodišť</b> .....	<b>9</b>
2.1. Třídění podle umístění vzhledem k budově .....	9
2.2. Třídění podle funkce a provozního využití .....	9
2.3. Třídění podle počtu ramen .....	10
2.4. Třídění podle půdorysného tvaru ramen .....	10
<b>3. Zásady navrhování schodišť</b> .....	<b>11</b>
3.1. Obecné požadavky .....	11
3.2. Schodišťové rameno.....	11
3.3. Schodišťové podesty .....	13
3.4. Schodišťové stupně .....	14
<b>4. Konstrukce schodišť</b> .....	<b>15</b>
4.1. Schodiště podporované na jednom konci .....	15
4.1.1. Visutá schodiště .....	15
4.1.2. Vřetenová schodiště .....	16
4.2. Stupně podporované na obou koncích .....	16
4.2.1. Stupně podporované stěnou .....	16
4.2.2. Stupně podporované schodnicemi.....	17
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>18</b>
<b>5. Charakteristika objektu</b> .....	<b>18</b>
5.1. Funkce a tvar budovy.....	18
5.2. Konstrukční systém.....	18
5.3. Řešený schodišťový prostor.....	19
5.4. Použité materiály .....	20
<b>6. Konstrukční varianty schodiště</b> .....	<b>20</b>
6.1. Konstrukční řešení 1. varianty schodiště .....	21
6.2. Konstrukční řešení 2. varianty schodiště .....	21
6.3. Konstrukční řešení 3. varianty schodiště .....	22
6.4. Konstrukční řešení 4. varianty schodiště .....	22
6.5. Konstrukční řešení 5. varianty schodiště .....	23
6.6. Konstrukční řešení 6. varianty schodiště .....	23

6.7. Konstrukční řešení 7. varianty schodiště .....	24
<b>7. Vlastní práce.....</b>	<b>24</b>
<b>8. Zhodnocení variant.....</b>	<b>25</b>
<b>9. Závěr .....</b>	<b>27</b>
<b>10. Zdroje.....</b>	<b>29</b>
<b>11. Seznam obrázků.....</b>	<b>30</b>
<b>12. Seznam tabulek .....</b>	<b>31</b>
<b>13. Seznam grafů.....</b>	<b>31</b>
<b>14. Seznam příloh.....</b>	<b>31</b>

# Úvod

Cílem mé bakalářské práce je návrh různých variant schodišť v určeném schodišťovém prostoru a zhodnocení těchto variant. Návrh byl proveden podle platných norem.

V první části se zabývám konstrukčním návrhem variant s dodržáním délek a šířek schodišťových prvků. Tyto varianty jsem předem zhodnotil a vybral vhodné varianty z akustického a konstrukčního hlediska.

V druhé části se věnuji předběžnému návrhu tloušťek a tvaru vybraných variant a následnému statickému výpočtu. U statického výpočtu jsem podrobně navrhl vyztužení jednotlivých železobetonových prvků.

Ve třetí části jsem u vybraných variant zhotovil výkresy tvarů a výkresy vyztužení jednotlivých schodišťových prvků. Tyto varianty jsem zhodnotil a následně porovnal.



# TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Definice

Schodiště zajišťuje překonání rozdílů výškových úrovní v objektech. Základními prvky jsou nosníky (podestový trám, schodnice, nosný stupeň) a desky (ramena, podesty, mezipodesty). Základní požadavky pro rozměry a tvar schodišť jsou uvedeny v normě ČSN 73 4130 *Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky*.

## 2. Třídění schodišť

### 2.1 Třídění podle umístění vzhledem k budově

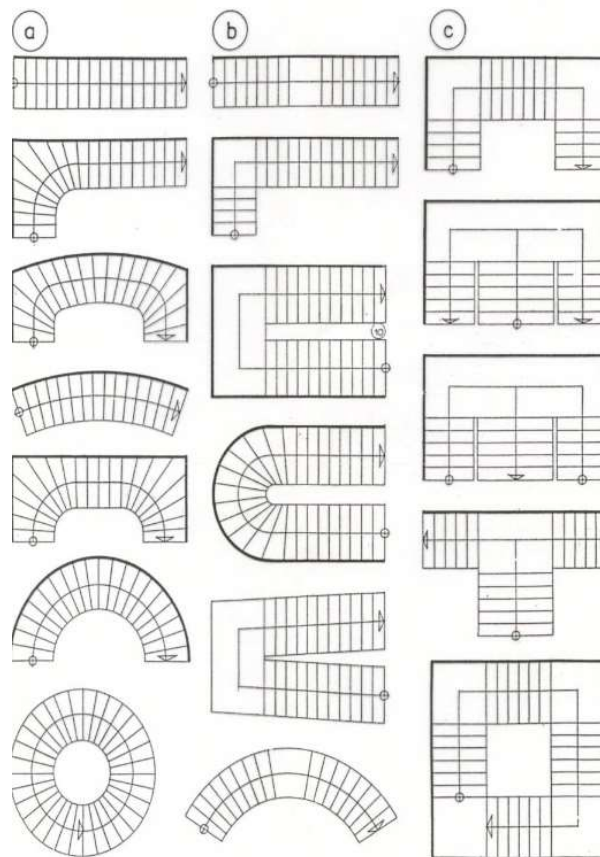
- **Vnitřní** umístění ve vnitřních prostorech objektu a chráněno vůči povětrnostním vlivům
- **Vnější** umístěno mimo vnitřní prostor objektu a není chráněno nebo částečně chráněno vůči povětrnostním vlivům

### 2.2 Třídění podle funkce a provozního využití

- **Hlavní** slouží k vertikálnímu přesunu mezi jednotlivými podlažími v objektu a umožňuje přístup pěších osob do různých výškových úrovní
- **Vedlejší** doplňkové schodiště, slouží též pro přesun mezi různými výškovými úrovněmi v objektu. Využívá se jako provozní, požární bezpečnostní nebo jiné schodiště.
- **Únikové** využívá se pro přesun osob v případě kritické situace a nebezpečí ohrožení osob. Schodiště vyhovuje požadavkům pro únikové cesty.
- **Pomocné** využívá se pro přesun osob v občasných případech a je omezen počtem osob, které se po schodišti mohou přesouvat.
- **Vyrovnávací** využívá se pro přesun osob v objektu pro překonání rozdílné výškové úrovně v rámci jednoho podlaží, neslouží k překonání celé výšky podlaží.
- **Předložené** využívá se k přesunu osob mimo objekt. Slouží k překonání výšky mezi vstupem do objektu a výškou přilehlého upraveného terénu.

## 2.3 Třídění podle počtu ramen

- **Jednoramenné** výškový rozdíl je spojitě překonán jedním ramenem
- **Dvouramenné** výškový rozdíl je překonán dvěma rameny přerušenými jednou podestou
- **Tříramenné** výškový rozdíl je překonán třemi rameny přerušenými dvěma podestami
- **Víceramenné** výškový rozdíl je překonán více rameny přerušenými podestami



Obrázek 1.: Druhy schodišť podle počtu ramen;  
a) jednoramenné; b) dvouramenné; c) tří a víceramenné <sup>[3]</sup>

## 2.4 Třídění podle půdorysného tvaru ramen

- **Přímé** rameno, jehož výstupní čára je v půdorysu přímka
- **Zakřivené** rameno, jehož výstupní čára je v půdorysu křivka, zvláštním případem je točité rameno
- **Smíšené** rameno, jehož výstupní čára je v části půdorysu ramene přímka a v části křivka

## 3. Zásady navrhování schodišť

### 3.1 Obecné požadavky

Sklon schodišťového ramene je úhel mezi výstupní čarou a vodorovnou rovinou. V bytových domech, v prostorách pro shromažďování osob a v únikových schodišť by měl být sklon schodiště v mezi od  $25^\circ < \alpha \leq 35^\circ$ . V případě využití schodiště pro bezbariérové užívání by neměl sklon schodišťových ramen přesáhnout  $28^\circ$ .

Každé schodiště by mělo být opatřeno protiskluzovou úpravou. V případě bezbariérového užívání musí mít schodiště protiskluzovou ochranu po celé ploše schodišťových stupňů a podest. Protiskluzová úprava nesmí vystupovat nad povrch o více než 3 mm a hrana musí začínat od přední hrany stupně či podesty od 20 mm do 40 mm.

Výstupní čára je pomyslná čára umístěna v ose schodiště. Začíná na hraně nástupního stupně každého ramene a končí na hraně výstupního stupně každého podlaží. U točitého schodiště se umísťuje na vnější stranu ramene a umísťuje se do 1/3 její šířky. Navržená šířka stupně se umísťuje na výstupní čáře schodišťového ramene.

### 3.2 Schodišťové rameno

Schodišťové rameno se skládá z minimálně tří schodišťových stupňů navazujících na sebe, které jsou vzájemně propojeny. Schodišťové rameno spojuje dvě různé výškové úrovně. Rozdělují se podle polohy v podlaží na ramena nástupní (první rameno v podlaží při výstupu), výstupní (poslední rameno v podlaží při výstupu) a mezilehlá (ostatní ramena v podlaží).

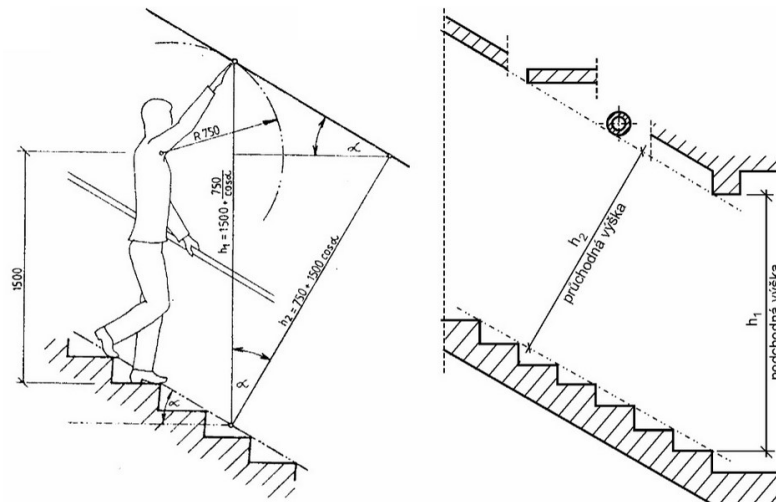
Délka schodišťového ramene je vodorovná vzdálenost a měří se od přední hrany nástupního stupně po konečnou hranu výstupního stupně. Výška ramene se měří jako svislá vzdálenost výškových úrovní od spodní hrany nástupního stupně po hranu horní výšky výstupního stupně.

**Podchodná výška** je svislá vzdálenost mezi hranou schodišťového stupně a konstrukcí nad touto hranou. Do této vzdáleností nesmí zasahovat jiné konstrukce. Nejmenší dovolená vzdálenost u pomocných schodišť, schodišť v rodinných domech a uvnitř dispozice bytu v bytových domech je 2100 mm. V ostatních případech se nejmenší podchodná výška určí pomocí sklonu schodišťového ramene.

$$h_1 = 1500 + \frac{750}{\cos \alpha} \quad [mm]$$

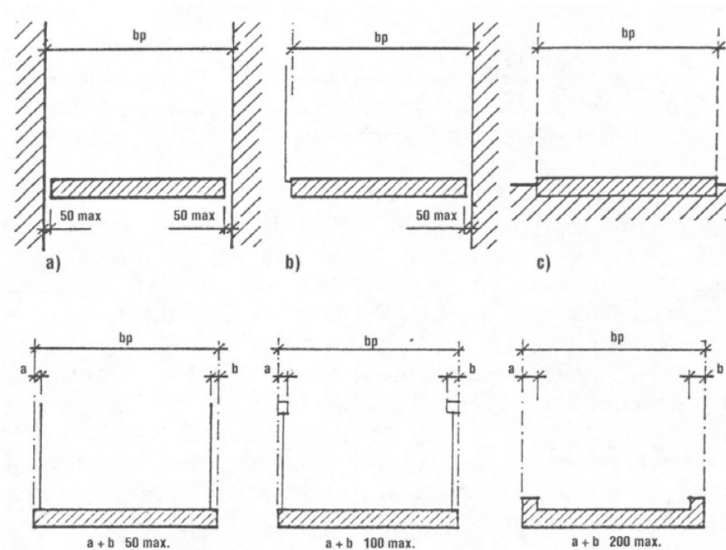
**Průchodná výška** je vzdálenost mezi hranou schodišťového stupně a konstrukcí nad touto hranou měřena kolmo ke hraně schodišťového stupně. Tato výška slouží pro případ předpokládané manipulace a přesun rozměrných předmětů nebo zařízení (např. nábytek). Do této vzdálenosti nesmí zasahovat jiné konstrukce.

$$h_2 = 1500 + 750 * \cos \alpha \quad [mm]$$



Obrázek 2.: Podchodná výška a průchodná výška schodiště [17]

**Průchodná šířka** je šířka schodišťového ramene, měří se jako vodorovná vzdálenost mezi ohraničujícími konstrukcemi (např. stěna, pilíř, zábradlí). Průchodná šířka schodišťového ramene by měla být násobkem 550 mm, tato šířka značí prostor pro průchod jednoho dospělého člověka. Do této šířky u bytových domů může zasahovat z jedné nebo obou stran zábradlí nejvýše 50 mm, madlo nejvýše 100 mm nebo schodnice nejvýše 200 mm. Nejmenší dovolená průchodná šířka u hlavního schodiště nesmí být menší než 900 mm.



Obrázek 3.: Průchodná šířka schodišťového ramene [5]

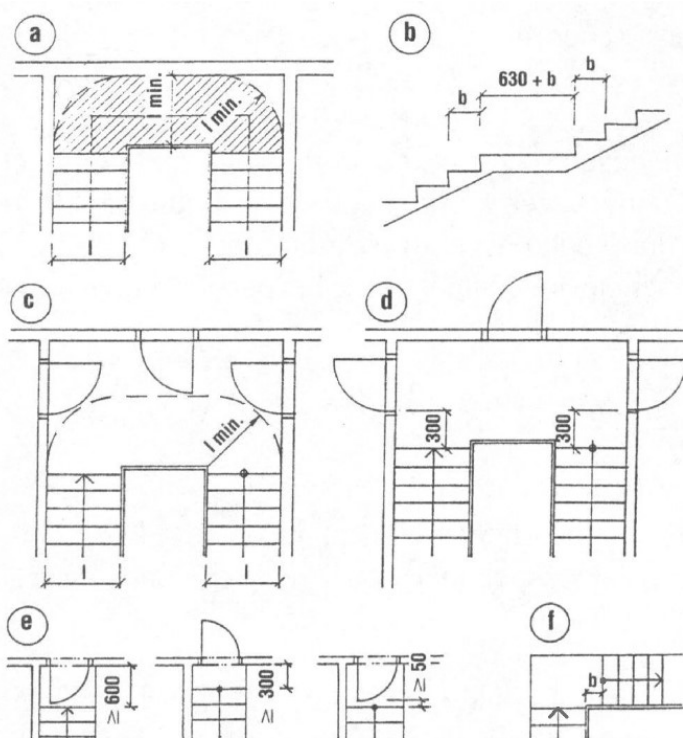
### 3.3 Schodišťové podesty

Podesta je plocha, která slouží pro spojení schodišťových ramen. Nejčastěji se nachází ve výškové úrovni podlahy jednotlivých podlaží. V případě, kde se podesta nachází mimo výškovou úroveň jednotlivých podlaží, nazýváme ji mezipodestou.

Průchodná šířka jednotlivých podest musí být nejméně tak široká, jako průchodná šířka přilehlých schodišťových ramen. V této šířce se nesmí nacházet žádná zařízení ani další konstrukce. Podesty se doporučuje navrhovat nejméně o 100 až 200 mm širší, než je šířka přilehlých schodišťových ramen.

Vložená podesta mezi dvěma schodišťovými rameny u přímého schodiště musí mít délku v násobku 630 mm zvětšenou o šířku přilehlého stupně. U zakřivených schodišť musí být tato délka dodržena na výstupní čáře.

V prostoru podest se v bezprostřední blízkosti nesmí nacházet žádné dveře. V případě umístění dveří, je nutné dodržet náležitý odstup od podesty. Tento odstup musí být v minimální vzdálenosti průchodné šířky přilehlých schodišťových ramen od dveřního křídla v jakékoliv pozici. Dveře otevírané mimo podestový prostor mají mít vzdálenost vnitřní hrany zárubně od hrany změny výškové úrovně minimálně 350 mm.



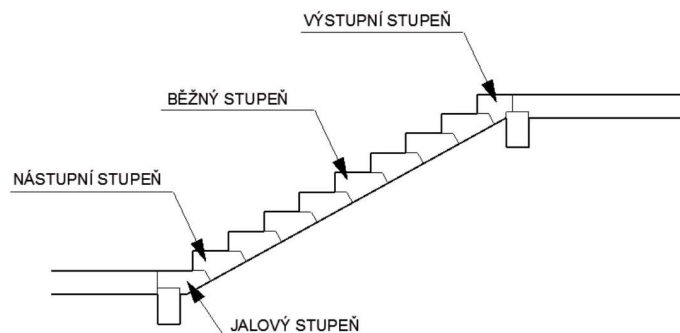
Obrázek 2.: Podesty; a) stanovení průchodné šířky mezipodesty; b) určení délky mezipodesty; c-e) odstup schodišťového ramene od dveří; f) řešení rohové podesty [5]

### 3.4 Schodišťové stupně

Schodišťový stupeň je prvek schodišťového ramene. Jeho rozměry jsou dány v souladu s předpokládaným provozem objektu, s komfortem i s bezpečností chůze na schodišti. U schodišťových ploch rozlišujeme dvě různé plochy – stupnici (nášlapná plocha na horní vodorovné ploše schodišťového stupně) a podstupnici (přední svislá nebo šikmá plocha schodišťového stupně).

Schodišťové stupně rozlišujeme podle polohy ve schodišťovém rameni na stupeň:

- **Jalový stupeň** stupeň umístěn v rovině dolní podesty, jímž se nepřekonává žádný výškový rozdíl
- **Nástupní stupeň** první, nejnižší stupeň schodišťového ramene, jehož stupnice je ve vyšší úrovni než úroveň přilehlé podesty
- **Výstupní stupeň** poslední, nevyšší stupeň schodišťového ramene, jehož stupnice je součástí navazující podesty a jeho výšková úroveň je shodná s výškovou úrovní této podesty
- **Běžný stupeň** stupeň umístěný ve schodišťovém rameni mezi stupněm nástupním a výstupním



Obrázek 3.: Druhy stupňů ve schodišťovém rameni <sup>[16]</sup>

Největší dovolené výšky schodišťových stupňů u bytových domů je 180 mm. Nejmenší dovolená šířka schodišťového stupně je 210 mm a nejmenší šířka stupnice je 250 mm. Poměr výšky a šířky schodišťového stupně vyplývá ze závislosti na průměrném lidském kroku, což je vodorovně 630 mm a svisle 310 mm, tudíž vycházíme ze vztahu mezi výškou  $h$  a šířkou  $b$  schodišťového stupně je dána vztahem

$$2h + b = 630 \text{ mm}$$

s možností tolerovaného snížení celkového rozměru o 30 mm (tedy na 600 mm). Při snížení této vzdálenosti ale musí být dodržen nejvýše přípustný sklon schodišťového ramene.

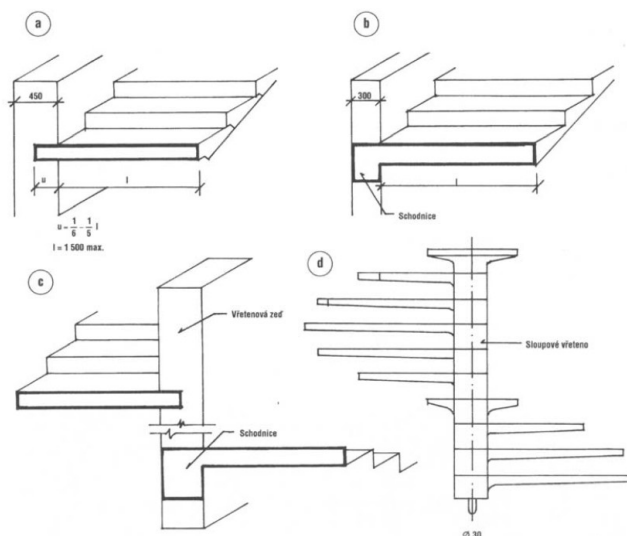
Další podmínkou návrhu schodišťových stupňů je jejich počet. V jednom schodišťovém rameni smí být nejvýše 16 výšek schodišťových stupňů. Při překročení počtu těchto výšek v jednom schodišťovém rameni musí být toto rameno rozděleno pomocí podest na dvě nebo více schodišťových ramen.

## 4. Konstrukce schodišť

Konstrukce schodišť je nejvíce ovlivněna jejich tvarem, použitým materiálem a volbou způsobu uložení.

### 4.1 Schodiště podporované na jednom konci

Tyto schodiště jsou na jednom konci vetknutá do nosné konstrukce. Rozdělujeme je na schodiště visutá a vřetenová



Obrázek 4.: Přehled konstrukcí schodišť podepřených na jednom konci [5]

#### 4.1.1 Visutá schodiště

Visuté konstrukce jsou jako konzoly. Nejčastěji bývají vetknuty do nosné zděné stěny nebo jsou kotveny v monolitické stěně. Také se pro jejich podepření používá v monolitických skeletech šikmý monolitický nosník, též nazýván schodnicí.

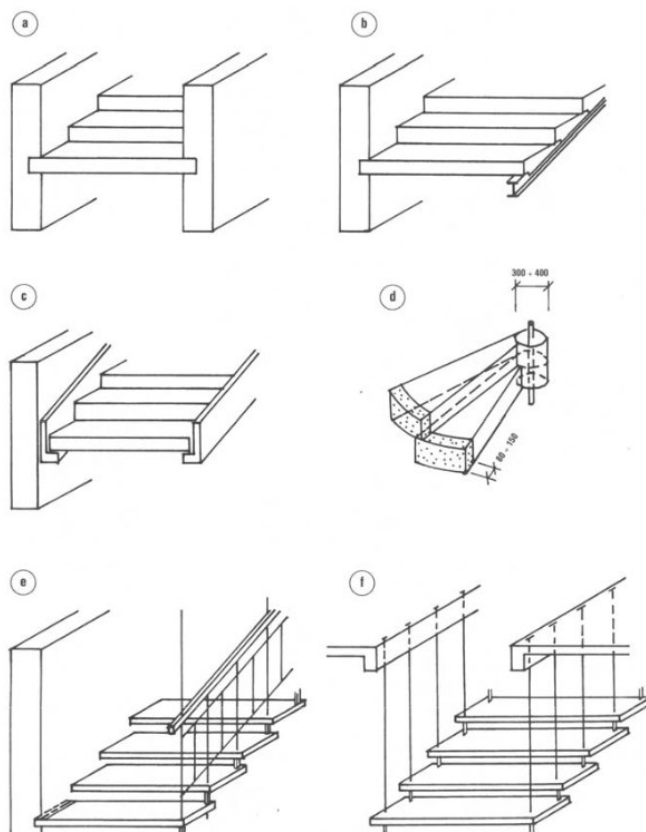
U visutých schodišť musí být posouzena nosnost zdiva v uložení stupňů, musí být prověřena bezpečností proti překocení a stupně se musí zabezpečit proti posunutí ve směru. Z těchto důvodů musí být dodržena dostatečná délka uložení do zdi.

## 4.1.2 Vřetenová schodiště

Jednotlivé stupně vřetenového schodiště jsou kotvená do vřetene. Vřeteno zaujímá prostor zrcadla schodiště. Vřetenem může být stěna nebo sloup.

## 4.2 Stupně podporované na obou koncích

Stupně na obou koncích mohou být podporovány stěnou, nosníkem, schodnicí nebo zavěšením.

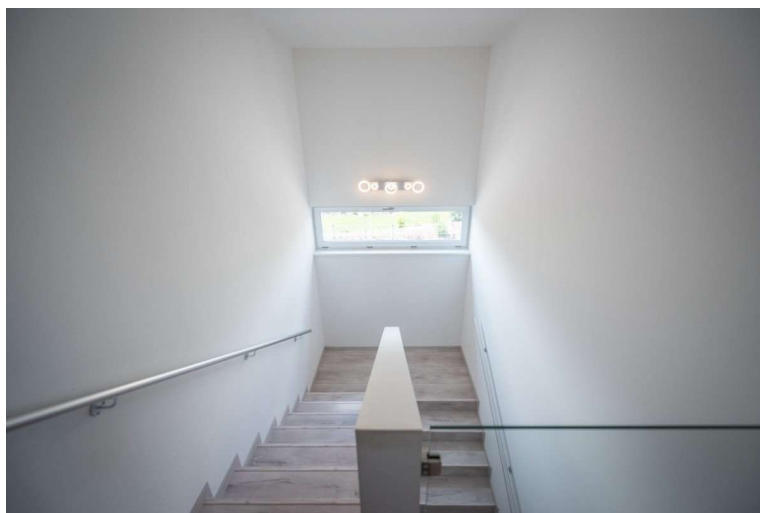


Obrázek 5.: Schodišťová ramena podepřená po obou koncích: a) stěnami; b) stěnou a schodnicí; c) schodnicemi; d) stěnou a sloupovým vřetenem (točité); e) zavěšením; f) zavěšením <sup>[5]</sup>

### 4.2.1 Stupně podporované stěnou

Tento způsob podepření se nejčastěji používá pro vsup do podzemních podlaží. Tento způsob se spíše využíval u schodišť vřetenových. Dvouramenná schodiště s vřetenovou zdí se vyznačují tím, že jeden konec schodišťového stupně se ukládá do nosné stěny a druhá strana se ukládá do vřetenové zdi. Vřetenová zeď zaujímala místo zrcadla.





Obrázek 6.: Dvouramenné schodiště podepřené na jednom konci nosnou stěnou a na druhém vřetenovou zdí <sup>[15]</sup>

### **4.2.2 Stupně podporované schodnicemi**

Schodnice je široký nosník. Schodnice se nejčastěji podpírá podestovým nosníkem. Výhodou této varianty je bezpečnost použití při jakékoliv šířce ramen. Výhodou podpírání schodišťových stupňů schodnice je možnost rozdílného použití materiálu pro schodnice a jednotlivé stupně. Další výhodou je možnost zazdění schodnice do nosné stěny.

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 5. Charakteristika objektu

### 5.1 Funkce a tvar budovy

Jedná se o polyfunkční dům umístěný v Praze 22 - Uhřetěves se čtyřmi nadzemními podlaží. V prvním nadzemním podlaží se nachází jeden byt, restaurace a komerční prostory. V každém dalším nadzemním podlaží jsou bytové jednotky. Vertikální komunikace mezi jednotlivými podlažími je zajištěna výtahem a přímým dvouramenným schodištěm. Konstrukční výška prvního podlaží je 3,8 m a v dalších podlažích je konstrukční výška 3 m. Půdorys objektu je obdélníkového tvaru a celkový půdorysný rozměr je 36,975 x 18,250 m.

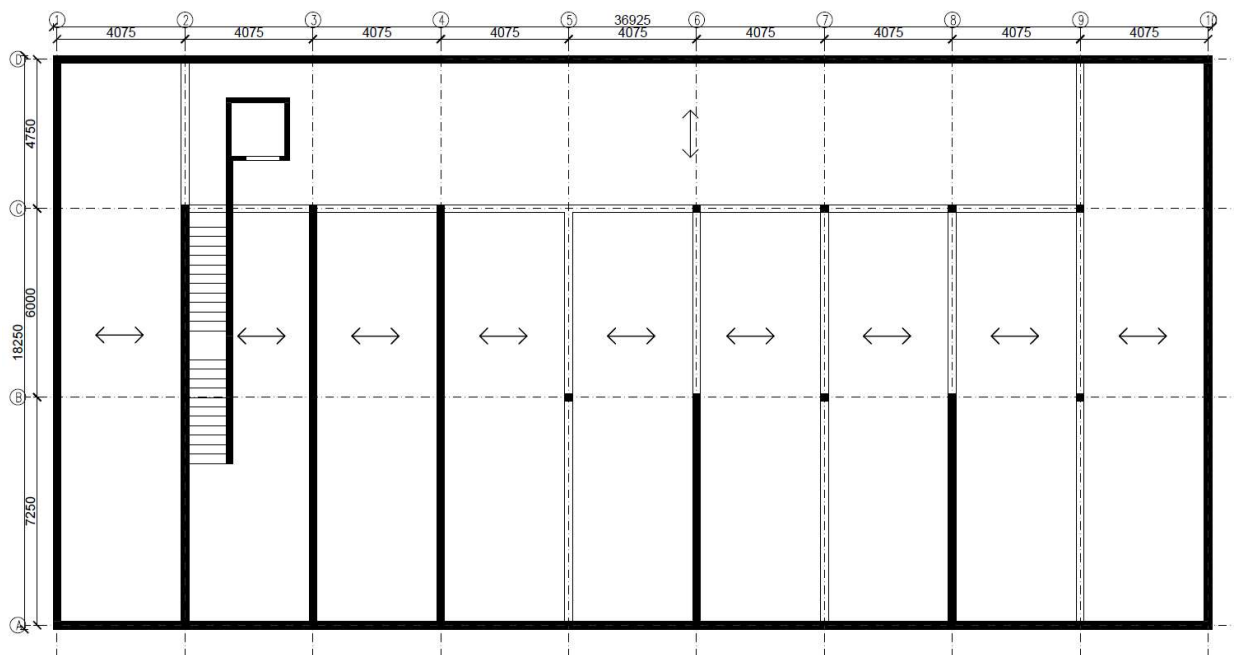
### 5.2 Konstrukční systém

Typické podlaží objektu má stěnový systém z betonu C30/37 vyztužený betonářskou výztuží B500B a jednotlivé stěny jsou tloušťky 250 mm. Ve všech nadzemních podlaží je navržen železobetonový strop též z betonu C30/37 a vyztužený betonářskou výztuží B500B. Jednosměrně pnuté desky jsou uloženy na nosné stěny. Tloušťka stropní desky je 160 mm, v prostoru schodiště je stropní deska u vybraných variant jednosměrně pnutá tloušťky 180 mm, u varianty se schodnicí je pak tloušťka stropní desky 140 mm. Výtahová šachta je z betonu C30/37.

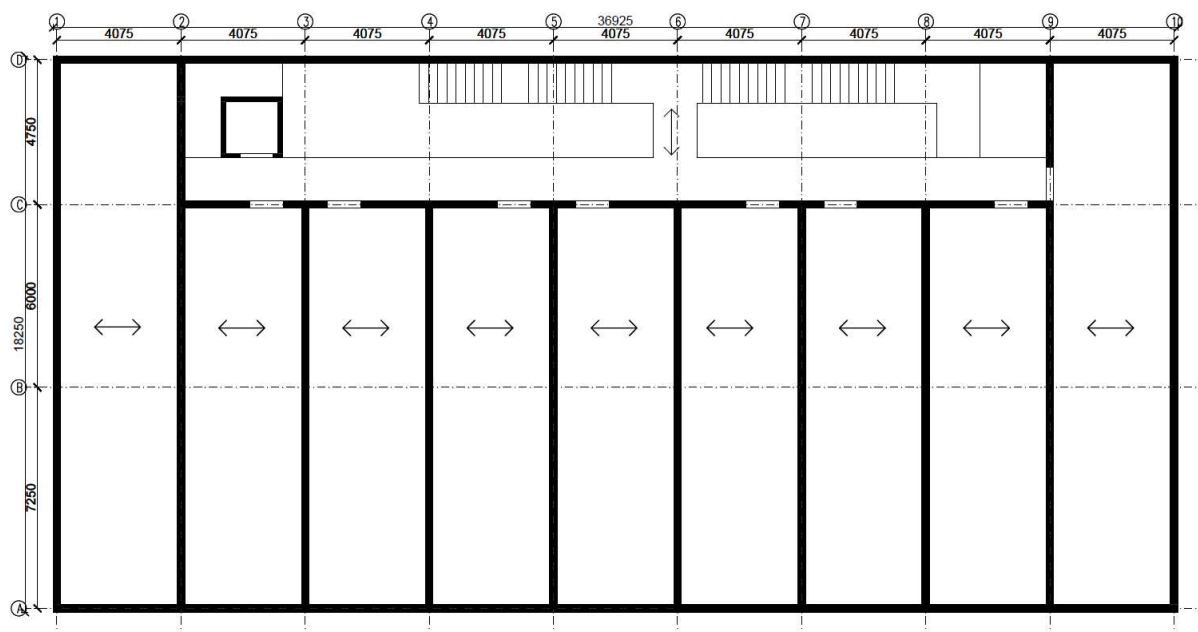
První nadzemní podlaží je kombinovaný systém. V prostorech restaurace jsou navrženy sloupy o rozměrech 300x250 mm.

Výplňové zdivo je z cihel Porotherm 115 mm.

Schodiště je železobetonové. Akustické mosty jsou řešeny prvky pro schodiště od firmy Schöck.



Obrázek 7.: Konstrukční systém 1. nadzemního podlaží

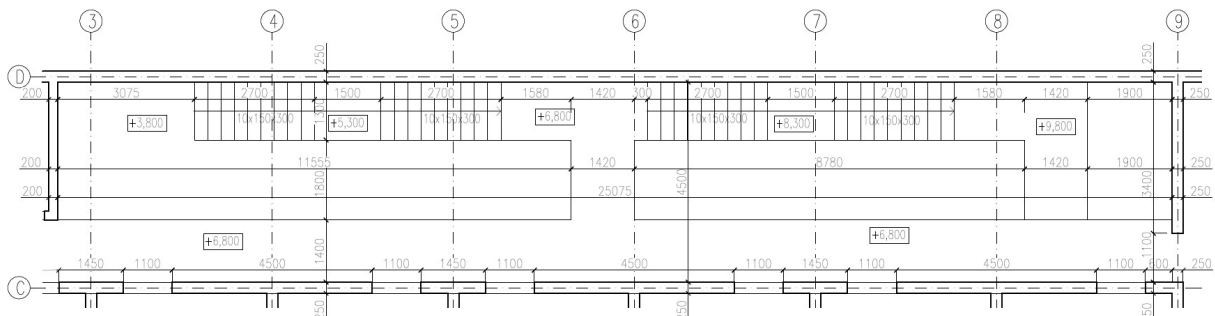


Obrázek 8.: Konstrukční schéma typického podlaží

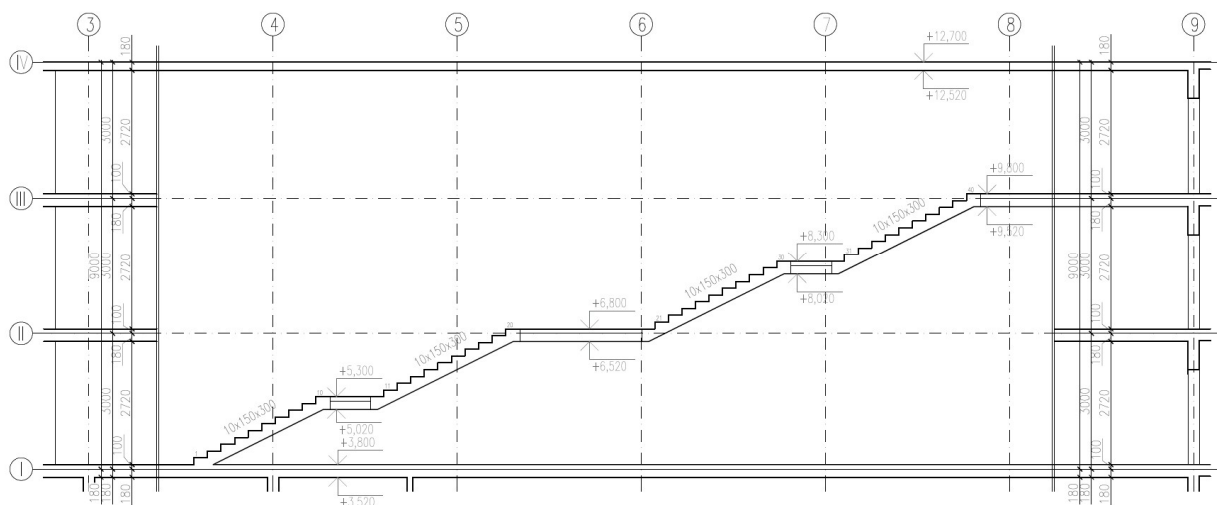
### 5.3 Řešený schodišťový prostor

V projekční části bakalářské práce se zabývám variantním návrhem železobetonového schodiště. Schodišťový prostor je umístěn nad prostory restaurace 1. nadzemního podlaží. Tento prostor je o půdorysných rozměrech 25 x 4,5 m. Celková výška schodišťového prostoru je 9 m a vede z 2. nadzemního podlaží do 4. nadzemního podlaží. Samotné schodiště je umístěné na obvodové nosné stěně a má šířku 1300 mm. Jednotlivé schodové stupně jsou výšky 150 mm a šířky 300 mm. Mezipodesta je šířky 900 mm a podesta je šířky 1280 mm. Chodba pro přístup do jednotlivých bytů je umístěna

na vnitřní nosné stěně a je řešena jako konzola se zábradlím z jedné strany. Z chodby je vidět atrium schodišťového prostoru. Šířka chodby je 1420 mm. Schodiště s chodbou je propojeno lávkou o šířce 1420 mm. Celý prostor pro schodiště je volný.



Obrázek 9.: Půdorysné schéma schodišťového prostoru



Obrázek 10.: Schéma řezu schodišťového prostoru

## 5.4 Použité materiály

### Betonové konstrukce:

Základové konstrukce C25/30 - XC2 + XYPEX

Nosné konstrukce C30/37 - XC3

Stropní konstrukce C30/37 - XC1

Vnitřní vertikální konstrukce C30/37 - XC1

### Měkká výztuž:

Ve všech konstrukcích B500B

## 6. Konstrukční varianty schodiště

Pro zadaný schodišťový prostor jsem navrhl celkem 7 konstrukčních variant schodišťů. Jako vhodné varianty pro zvolený schodišťový prostor jsem vybral pouze první 3 varianty. Důvody nevhodnosti zbylých variant jsou uvedeny u jednotlivých rozborů.

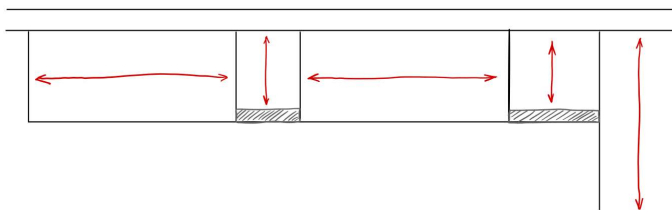
Pro vybrané varianty jsem zhotovil předběžné návrhy a statický výpočet. Dále jsem pro tyto varianty zhotovil výkresy tvarů a výkresy výztuží. Nakonec jsem tyto varianty zhodnotil z hlediska ceny, vzhledu a pracnosti provedení.

## 6.1 Konstrukční řešení 1. varianty schodiště

V této variantě jsem uvažoval o podepření mezipodesty a podesty železobetonovou stěnou tloušťky 200 mm. Schodišťová ramena jsou tloušťky 170 mm a mezipodesty a podesty jsou 180 mm, z důvodu stejné tloušťky se stropní deskou.

Akustika je řešena pomocí akustických prvků od firmy Shöck. Schodišťová ramena jsou od mezipodest a podest odděleny akustickými prvky též firmy Shöck Tronsole Typ T a spára mezi obvodovou stěnou a schodišťovým ramenem je vyplněna akustickou izolací Shöck Tronsole Typ L. Akustika podest a mezipodest je řešena skladbou podlahy s kročejovou izolací.

Statický výpočet, výkresy tvaru a výkresy výztuže jsou uvedeny v příloze 1.



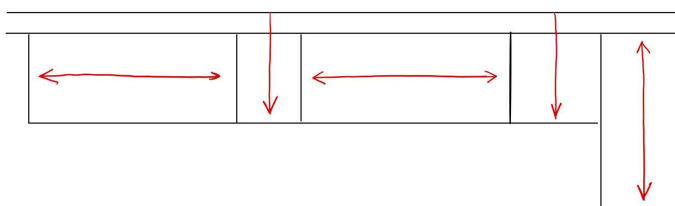
Obrázek 11.: Schéma 1. varianty schodiště

## 6.2 Konstrukční řešení 2. varianty schodiště

V tomto případě jsem uvažoval, že jsou mezipodesty a podesty tvořeny jako konzoly o tloušťce 180 mm. Schodišťová ramena jsou tloušťky 170 mm.

Akustika je řešena pomocí akustických prvků od firmy Shöck. Schodišťová ramena jsou od mezipodest a podest odděleny akustickými prvky Shöck Tronsole Typ T a spára mezi obvodovou stěnou a schodišťovým ramenem je vyplněna Akustickou izolací Shöck Tronsole Typ L. Akustika podest a mezipodest je řešena skladbou podlahy s kročejovou izolací.

Statický výpočet, výkresy tvaru a výkresy výztuže jsou uvedeny v příloze 2.



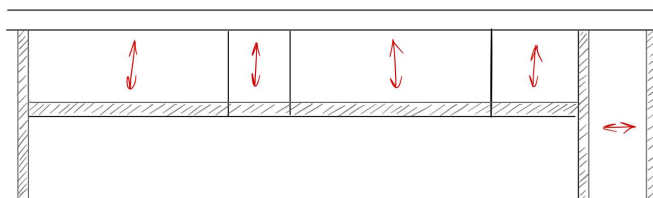
Obrázek 12.: Schéma 2. varianty schodiště

### 6.3 Konstrukční řešení 3. varianty schodiště

V této variantě je jako nosná část schodiště využita schodnice, která je podepřena na podestových trámech. Podestový trám je uložen do železobetonové stěny tloušťky 250 mm. V místě mezi podestovými trámy je jednosměrně pnutá deska tloušťky 140 mm. Akustické řešení desky je vyřešeno skladbou podlahy s kročejovou izolací.

Jednotlivé schodišťové stupně, mezipodesty a podesty jsou prefabrikovanými dílci o tloušťce 70 mm. Jednotlivé dílce jsou podepřeny pomocí úhelníku na obvodovou stěnu a na schodnici jsou lepeny pomocí pružného tmelu. Manipulace s dílci na stavbě je zajištěna pomocí zvedacího vakuového zařízení Wolf 4000 od firmy Catch Shift.

Statický výpočet, výkresy tvaru a výkresy výztuže jsou uvedeny v příloze 3.



Obrázek 13.: Schéma 3. varianty schodiště



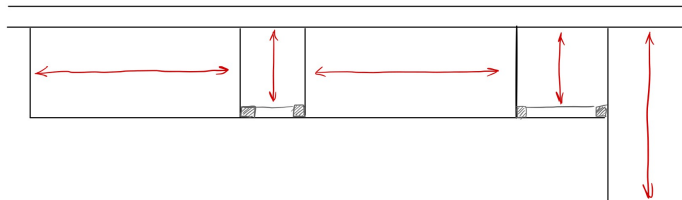
Obrázek 14.: Vakuový zvedací přístroj Wolf 4000 <sup>[14]</sup>

### 6.4 Konstrukční řešení 4. varianty schodiště

Tato varianta je podobná 1. variantě, akorát pro podepření podesty a mezipodesty jsou použity sloupky s průvlaky. V této variantě je nutno řešit štíhlost sloupů z důvodu vysoké výšky jednotlivých sloupů. Velikost sloupů je 200x200 mm. Jedním z problémů je nutnost řešení podepření sloupů v 1. nadzemním podlaží. Jedním řešením je protažení sloupů až do základů, ale toto řešení je nevhodné kvůli vzdálenosti mezi sloupky a obvodovou stěnou a vzdálenosti mezi jednotlivými sloupky. A protože se v 1. nadzemním podlaží nacházejí prostory restaurace je nutná průchodná vzdálenost minimálně 1200 mm. V tomto případě ji nelze dodržet, protože prostor mezi sloupky je šířky 500 a 820 mm, a vzdálenost sloupů od obvodové stěny je 1100 mm. V druhém případě by sloupky

byly uloženy na stropní desce nad 1. nadzemním podlaží, z toho důvodu by se musela ověřit únosnost na protlačení.

Tuto variantu jsem zavrhl z důvodu komplikovaného zhotovení bednění jednotlivých sloupů a malé vzdálenosti mezi sloupy.

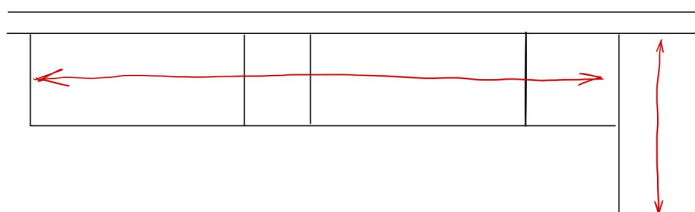


Obrázek 15.: Schéma 4. varianty schodiště

## 6.5 Konstrukční řešení 5. varianty schodiště

V této variantě jsem uvažoval schodiště jako 4x lomenou desku vetknutou do podestových desek. Délka jednoho schodiště je 8780 mm. Výhodou tohoto konstrukčního řešení je minimalizace pracovních spár a snadnější betonáž.

Tuto variantu jsem však zavrhl z důvodu velké tloušťky schodišťové desky.

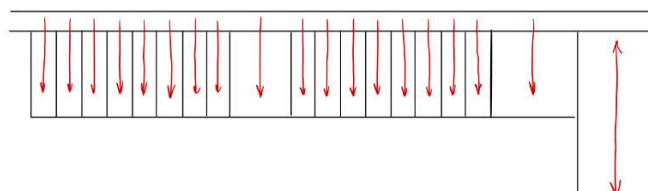


Obrázek 16.: Schéma 5. varianty schodiště

## 6.6 Konstrukční řešení 6. varianty schodiště

U této varianty jsem navrhl dílčí schodišťové stupně, mezipodestu a podestu jako jednotlivé konzoly. Tloušťky jednotlivých konzol jsou 130 mm, čímž mezi schodišťovými stupni vznikne 20 mm mezera a vznikne vizuálně estetické schodiště.

Problémem této varianty je komplikované řešení kročejového hluku. Z tohoto důvodu jsem tuto variantu též zavrhl. Dalším důvodem je komplikovaná realizace jednotlivých konzol. Tato varianta je spíše vhodná do rodinného domu.



Obrázek 17.: Schéma 6. varianty schodiště

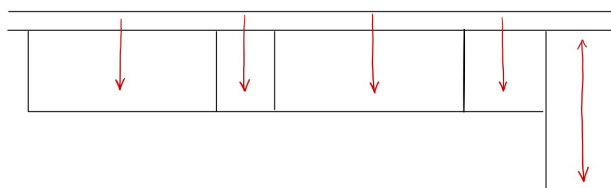


Obrázek 18.: Příklad řešení konzolového schodiště [8]

## 6.7 Konstrukční řešení 7. varianty schodiště

V této variantě jsem uvažoval jednotlivá schodišťová ramena, mezipodesty a podesty budou vykonzolované z nosné stěny. Tloušťky jednotlivých desek jsou 140 mm. Tato varianta je vhodnější než předchozí varianta kvůli snadnější tvorbě bednění.

Nevýhodou této varianty je komplikované řešení kročejového hluku. Dalším problémem je komplikované řešení vylamovacích lišt. Z těchto důvodů jsem tuto variantu zavrhl.



Obrázek 19.: Schéma 7. varianty schodiště

## 7. Vlastní práce

Ve vlastní práci jsem pokračoval předběžným výpočtem prvních tří konstrukčních variant. U jednotlivých variant jsem navrhl rozměry prvků a směry pnutí jednotlivých prvků. Dále jsem pokračoval jejich podrobným návrhem a návrhem výztuží. Na základě vypočteného vyztužení jsem zhotovil pro jednotlivé varianty výkresy tvarů a výkresy výztuží.

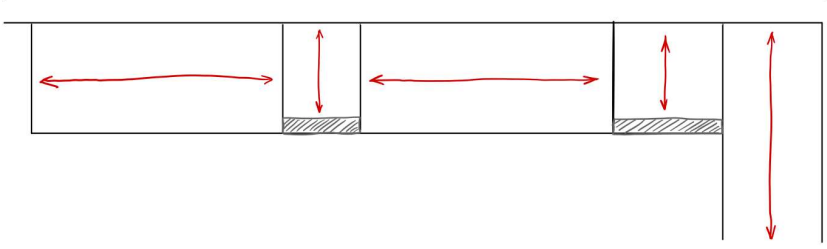
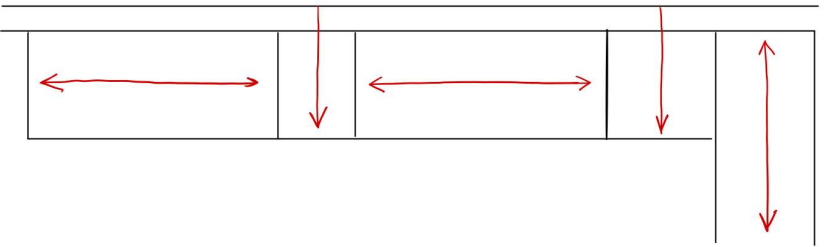
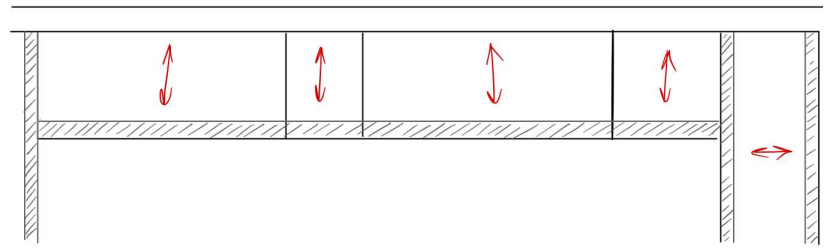


Tyto výpočty a zhotovené varianty jsou zpracovány a uvedeny v přílohách, kde jsou seřazeny podle postupu práce.

## 8. Zhodnocení variant

Jako vhodné varianty pro zvolený schodišťový prostor jsem vybral pouze první 3. varianty. Důvody nevhodnosti zbylých variant jsou uvedeny u jednotlivých variant.

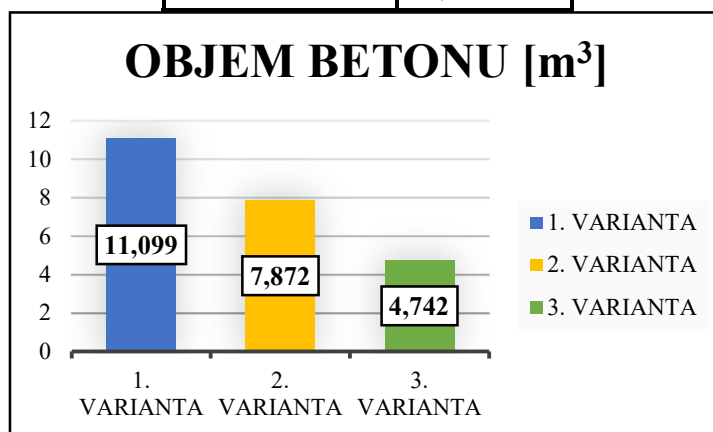
Tabulka 1.: Rekapitulace konstrukčních řešení jednotlivých variant

<p>1.VARIANTA</p>	 <p>Podepření podest a mezipodest železobetonovými stěnami</p>
<p>2. VARIANTA</p>	 <p>Podesty a mezipodesty vykonzolovány z nosné obvodové stěny</p>
<p>3. VARIANTA</p>	 <p>Podepření jednotlivých schodišťových prvků pomocí schodnice a podestových trámů</p>

Jedním faktorem hodnocení výběru byla celková cena stavebního materiálu schodišť.

Tabulka 2.: Objemy betonu

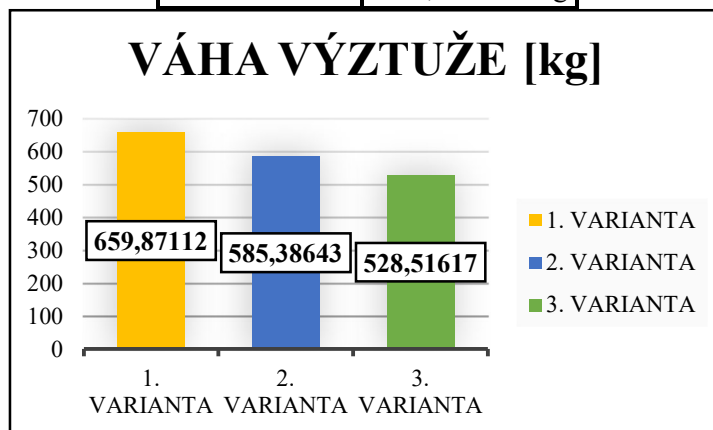
OBJEM BETONU	
1. VARIANTA	11,099 m <sup>3</sup>
2. VARIANTA	7,872 m <sup>3</sup>
3. VARIANTA	4,742 m <sup>3</sup>



Graf 1.: Objemy betonu

Tabulka 3.: Váhy výztuže

VÁHA VÝZTUŽE	
1. VARIANTA	659,87112 kg
2. VARIANTA	585,38643 kg
3. VARIANTA	528,51617 kg



Graf 2.: Váhy výztuže

Z grafů je patrné, že nejmenší spotřeba stavebního materiálu je ve 3. variantě (schodnicové schodiště) a největší spotřeba materiálu je v 1. variantě (mezipodesty a podesty podepřené stěnou). Z hlediska ceny stavebního materiálu je nejvhodnější zvolit 3. variantu konstrukčního řešení schodiště. 2. varianta se pohybuje cenově zhruba mezi předchozími variantami.

Dalším faktorem hodnocení výběru je pracnost realizace schodišť. V 1. variantě je třeba uvážit, kromě práce na samotném schodišti, také dodatečné bednění, armování a následnou betonáž podpírajících železobetonových stěn. Ve 2. variantě oproti 1. variantě nepotřebujeme uvažovat dodatečné práce na podpírajících a zvláštních konstrukcích. Ve 3. variantě je třeba zhotovit schodnici a podestové trámy s deskou přímo na stavbě. Další nedílnou součástí je vytvoření prefabrikovaných dílců v prefě a následný přesun dílců na stavbu. Na stavbě je třeba brát v potaz manipulaci s dílci. Manipulace s dílci na stavbě je zaopatřena pomocí vakuového zvedáku. Tento zvedák je třeba zakoupit nebo si jej pronajmout.

Posledním faktorem hodnocení je vzhled samostatného schodiště. 1. varianta je vizuálně klasické schodiště s podpírajícími stěnami, které nám můžou narušit volný vzhled schodišťového prostoru. 2. varianta nám svojí tloušťkou desek nijak vizuálně nenarušuje vzhled a ani nám nezasahují žádné nosné konstrukce do schodišťového prostoru. V obou variantách je třeba počítat s povrchovou úpravou samotného schodiště. 3. varianta je výhodná v libovolné volitelnosti tvaru jednotlivých schodišťových stupňů. Další výhodou jsou prefabrikované dílce, které mají výhodu dobré kvality povrchu a možnosti jejich povrchové úpravy již v prefě. Dále při mé zvolené variantě schodišťových stupňů nám vzniká více vzdušný prostor.

## 9. Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval variantním návrhem přímého dvouramenného schodiště. Cílem bylo zachovat rozměry schodišť a schodišťového prostoru. Dále jsem se snažil nenarušit vizuální vzhled a vzdušnost schodišťového prostoru.

Pro zadaný prostor jsem navrhl celkem 7 konstrukčních variant, při čemž 4 konstrukční varianty byly pro návrh nevyhovující z důvodů buď problematkové realizace nebo problému s akustickým řešením.

První 3 konstrukční varianty jsem vyhodnotil jako vyhovující řešení schodiště. Tyto varianty jsem podrobně konstrukčně navrhl a zhotovil pro ně výkresy tvarů či skladeb a výkresy výztuží. Při statických výpočtech jsem se nejprve zabýval předběžným návrhem rozměrů prvků. Dále jsem vypočítal návrhové momenty jednotlivých prvků. Pro výpočet návrhového momentu u schodnice jsem použil program SCIA Engineer. Dále jsem na dané momenty vypočítal potřebné plochy výztuže a navrhl vyztužení prvků. Vzhledem k malému zatížení a rozměrům většiny prvků byla výztuž navržena dle

konstrukčních zásad. Pro vybrané varianty jsem zhotovil schématické výkresy, výkresy tvarů a skladeb včetně výkresů výztuží.

V poslední části bakalářské práce jsem varianty porovnal z cenového hlediska stavebního materiálu, složitosti provedení a vizuálního vzhledu. Z hlediska ceny mi nejvýhodněji vyšla 3. varianta schodiště, což pro většinu investorů může být rozhodujícím faktorem.

Jako nejvhodnější variantu pro schodišťový prostor bych volil variantu číslo 2. Z cenového hlediska sice nevyšla nejvýhodněji, ale z hlediska pracnosti provedení a vizuálního vnímání celého prostoru mi připadá nejvhodnější.

## 10. Zdroje

- [1] ČSN 734130. Schodiště a šikmé rampy. Praha: Český normalizační institut, Březen 2010.
- [2] Stavební komunita [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/schodiste>
- [3] LORENCOVÁ, J. SSSTAVJI 2. ročník pozemní stavitelství: Schodiště [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: [http://195.113.227.100/ssstavji/Lorencova/2014-2015/2.rocnik%20\\_pozemni%20stavitelstvi/SCHODISTE.pdf](http://195.113.227.100/ssstavji/Lorencova/2014-2015/2.rocnik%20_pozemni%20stavitelstvi/SCHODISTE.pdf)
- [4] Witzany, J. - Jiránek, M. - Zlesák, J. - Zigler, R., Konstrukce pozemních staveb 20, 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. 324 s. ISBN 80-01-03422-4.
- [5] MACEKOVÁ, Věra a Lubomír ŠMOLDAS. Pozemní stavitelství II (S) - schodiště a monolitické stěnové systémy: Modul 1 [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <http://media1.7x.cz/files/media1:50fef0819d8d6.pdf.upl/M01-Schodi%C5%A1t%C4%9B+a+monilitick%C3%A9+st%C4%9Bnov%C3%A9+syst%C3%A9my.pdf>
- [6] LANÍKOVÁ, I. Prvky betonových konstrukcí BL01 - 8 přednáška: Schodiště [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/BL01/BL01\\_prednaska\\_8.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/BL01/BL01_prednaska_8.pdf)
- [7] Grand design Stairs: Amazing Stairs Solutions at the Highest Level ... [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.granddesignstairs.com/floating-stairs/#floating-staircase-concealed>
- [8] PETERSON, Jim. The Concrete Network: The incredible floating stairs [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.concretenetwork.com/stairsandsteps/floating-concrete-stairs.html>
- [9] FOGLAR, M. Syllabus přednášek pro předmět 133RBZS: Schodiště [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: [http://people.fsv.cvut.cz/~foglamar/Download/RBZS/RBZS-schodiste+ost\\_syllabus.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/~foglamar/Download/RBZS/RBZS-schodiste+ost_syllabus.pdf)
- [10] TIPKA, Martin. 8. cvičení - ŽB schodiště [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: [https://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka\\_soubory/BK01/pomucky\\_BK01\\_soubory/08\\_navod.pdf](https://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/BK01/pomucky_BK01_soubory/08_navod.pdf)

- [11] VAŠKOVÁ, J. a H. HANZALOVÁ. Syllabus k přednášce předmětu BK01: Schodiště [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18927715-Syllabus-k-prednasce-predmetu-bk1-schodiste-ing-hana-hanzlova-csc-ing-jitka-vaskova-csc.html>
- [12] Schoeck Tronsole: Bezpečná ochrana proti kročejovému zvuku má modré obrysy [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.schoeck.com/cs/tronsole>
- [13] Pozemní stavitelství: Schodiště V - Konstrukční varianty schodišť [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/9543615-Pozemni-stavitelstvi-ii.html>
- [14] Catch Shift: Vakuový zvedák Wolf 4000 [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://catchshift.com/cz/csproduct/wolf4000/>
- [15] DOBRÉ PODLAHY: Dvouramenné schodiště s mezipodestou s vřetenovou zdí [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/schodiste-strucny-souhrn-toho-nejdulezitejsiho/48799>
- [16] SVOBODA, Váslav. SPSPB: NÁVRH SCHODIŠTĚ – zásady návrhu parametrů schodiště [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: [https://www.spspb.cz/wp-content/uploads/2021/01/VY\\_32\\_INOVACE2\\_SV\\_POS\\_03.pdf](https://www.spspb.cz/wp-content/uploads/2021/01/VY_32_INOVACE2_SV_POS_03.pdf)
- [17] VYGOSH.cz: Ergonomie [online]. [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <http://vygosh.cz/ergonomie.html>

## 11. Seznam obrázků

Obrázek 1.: Druhy schodišť podle počtu ramen; a) jednoramenné; b) dvouramenné; c) tři a víceramenné .....	10
Obrázek 2.: Podesty; a) stanovení průchodné šířky mezipodesty; b) určení délky mezipodesty; .....	13
Obrázek 3.: Druhy stupňů ve schodišťovém rameni .....	14
Obrázek 4.: Přehled konstrukcí schodišť podepřených na jednom konci.....	15
Obrázek 5.: Schodišťová ramena podepřená po obou koncích: a) stěnami; b) stěnou a schodnicí; .....	16
Obrázek 6.: Dvouramenné schodiště podepřené na jednom konci nosnou stěnou.....	17
Obrázek 7.: Konstrukční systém 1. nadzemního podlaží.....	19
Obrázek 8.: Konstrukční schéma typického podlaží .....	19
Obrázek 9.: Půdorysné schéma schodišťového prostoru .....	20
Obrázek 10.: Schéma řezu schodišťového prostoru .....	20
Obrázek 11.: Schéma 1. varianty schodiště .....	21
Obrázek 12.: Schéma 2. varianty schodiště .....	21
Obrázek 13.: Schéma 3. varianty schodiště .....	22
Obrázek 14.: Vakuový zvedací přístroj Wolf 4000 .....	22
Obrázek 15.: Schéma 4. varianty schodiště .....	23
Obrázek 16.: Schéma 5. varianty schodiště .....	23

Obrázek 17.: Schéma 6. varianty schodiště .....	23
Obrázek 18.: Příklad řešení konzolového schodiště .....	24
Obrázek 19.: Schéma 7. varianty schodiště .....	24

## **12. Seznam tabulek**

Tabulka 1.: Rekapitulace konstrukčních řešení jednotlivých variant .....	25
Tabulka 2.: Objemy betonu .....	26
Tabulka 3.: Váhy výztuže .....	26

## **13. Seznam grafů**

Graf 1.: Objemy betonu .....	26
Graf 2.: Váhy výztuže .....	26

## **14. Seznam příloh**

Příloha 1.: Tabulka přehledu výztuží 1. varianta	
Příloha 2.: Tabulka přehledu výztuží 2. varianta	
Příloha 3.: Tabulka přehledu výztuží 3. varianta	
Příloha 4.: Statický výpočet + výkresová dokumentace 1. varianta	
Příloha 5.: Statický výpočet + výkresová dokumentace 2. varianta	
Příloha 6.: Statický výpočet + výkresová dokumentace 3. varianta	

## 1. Varianta - výztuž schodiště

	počet		průměr	délka	celkový počet	celková délka	objem	váha
			mm <sup>3</sup>	m		m	mm <sup>3</sup>	kg
1	9	x	ø8	3,2	36	115,2	5760000	45,1584
2	9	x	ø8	4,835	36	174,06	8703000	68,23152
3	9	x	ø8	1,03	36	37,08	1854000	14,53536
4	23	x	ø8	2,98	46	137,08	6854000	53,73536
5	23	x	ø8	2,98	46	137,08	6854000	53,73536
6	7	x	ø8	1,83	14	25,62	1281000	10,04304
7	7	x	ø8	1,83	14	25,62	1281000	10,04304
8	21	x	ø8	1,61	84	135,24	6762000	53,01408
9	7	x	ø12	2,125	7	14,875	1680875	13,17806
10	7	x	ø12	2,3	7	16,1	1819300	14,263312
11	21	x	ø8	1,61	84	135,24	6762000	53,01408
12	7	x	ø12	3,25	7	22,75	2570750	20,15468
13	7	x	ø12	4,66	7	32,62	3686060	28,8987104
14	6	x	ø8	4,66	6	27,96	1398000	10,96032
15	6	x	ø8	3,25	6	19,5	975000	7,644
16	6	x	ø8	2,125	6	12,75	637500	4,998
17	6	x	ø8	2,3	6	13,8	690000	5,4096
18	5	x	ø8	2,63	10	26,3	1315000	10,3096
19	5	x	ø8	1,43	10	14,3	715000	5,6056
20	3	x	ø8	1,43	6	8,58	429000	3,36336
21	3	x	ø8	2,63	6	15,78	789000	6,18576
22	5	x	ø8	1,43	10	14,3	715000	5,6056
23	5	x	ø8	2,63	10	26,3	1315000	10,3096
24	9	x	ø8	2,125	9	19,125	956250	7,497
25	9	x	ø8	2,3	9	20,7	1035000	8,1144
26	9	x	ø8	3,25	9	29,25	1462500	11,466
27	9	x	ø8	4,66	9	41,94	2097000	16,44048
28	16	x	ø8	4,5	16	72	3600000	28,224
29	24	x	ø8	6	24	144	7200000	56,448
30	27	x	ø8	2,2	27	59,4	2970000	23,2848
				celkem	603	1574,55	84167235	659,871122



## 2. Varianta - výztuž schodiště

	počet		průměr	délka	celkový počet	celková délka	objem	váha
			mm <sup>3</sup>	m		m	mm <sup>3</sup>	kg
1	9	x	ø8	3,2	36	115,2	5760000	45,216
2	9	x	ø8	4,835	36	174,06	8703000	68,31855
3	9	x	ø8	1,003	36	36,108	1805400	14,17239
4	23	x	ø8	2,98	46	137,08	6854000	53,8039
5	23	x	ø8	2,98	46	137,08	6854000	53,8039
6	7	x	ø8	1,83	14	25,62	1281000	10,05585
7	7	x	ø8	1,83	14	25,62	1281000	10,05585
8	21	x	ø8	1,61	84	135,24	6762000	53,0817
9	7	x	ø12	2,125	7	14,875	1680875	13,1948688
10	7	x	ø12	2,3	7	16,1	1819300	14,281505
11	21	x	ø8	1,61	84	135,24	6762000	53,0817
12	7	x	ø12	3,25	7	22,75	2570750	20,1803875
13	7	x	ø12	4,66	7	32,62	3686060	28,935571
14	6	x	ø8	4,66	6	27,96	1398000	10,9743
15	6	x	ø8	3,25	6	19,5	975000	7,65375
16	6	x	ø8	2,125	6	12,75	637500	5,004375
17	6	x	ø8	2,3	6	13,8	690000	5,4165
18	9	x	ø8	2,63	18	47,34	2367000	18,58095
19	9	x	ø8	1,7	18	30,6	1530000	12,0105
20	5	x	ø8	1,7	10	17	850000	6,6725
21	5	x	ø8	2,63	10	26,3	1315000	10,32275
22	5	x	ø8	1,7	10	17	850000	6,6725
23	5	x	ø8	2,63	10	26,3	1315000	10,32275
24	9	x	ø8	2,125	9	19,125	956250	7,5065625
25	9	x	ø8	2,3	9	20,7	1035000	8,12475
26	9	x	ø8	3,25	9	29,25	1462500	11,480625
27	9	x	ø8	4,66	9	41,94	2097000	16,46145
				celkem	560	1357,158	73297635	575,386435

### 3. Varianta - výztuž schodiště

	počet		průměr	délka	celkový počet	celková délka	objem mm <sup>3</sup>	váha
			mm <sup>3</sup>	m		m	mm <sup>3</sup>	kg
1	2	x	ø16	3	4	12	2412000	18,9342
2	2	x	ø16	4,65	4	18,6	3738600	29,34801
3	2	x	ø16	6,2	4	24,8	4984800	39,13068
4	2	x	ø16	6	4	24	4824000	37,8684
5	2	x	ø16	7,3	4	29,2	5869200	46,07322
6	2	x	ø16	3,35	4	13,4	2693400	21,14319
7	36	x	ø6	0,75	72	54	1512000	11,8692
8	14	x	ø6	0,85	28	23,8	666400	5,23124
9	2	x	ø16	4,75	10	47,5	9547500	74,947875
10	2	x	ø16	2,15	10	21,5	4321500	33,923775
11	2	x	ø16	3	10	30	6030000	47,3355
12	2	x	ø16	1,55	10	15,5	3115500	24,456675
13	29	x	ø6	1	145	145	4060000	31,871
14	18	x	ø6	1,37	36	49,32	1380960	10,840536
15	18	x	ø6	1,7	36	61,2	1713600	13,45176
16	8	x	ø6	1	16	16	448000	3,5168
17	3	x	ø6	1,25	132	165	4620000	36,267
18	7	x	ø6	0,25	308	77	2156000	16,9246
19	8	x	ø6	1,25	16	20	560000	4,396
20	7	x	ø6	0,92	14	12,88	360640	2,831024
21	21	x	ø6	1,37	42	57,54	1611120	12,647292
22	7	x	ø6	1,79	14	25,06	701680	5,508188
				celkem	614	835,98	67326900	528,516165