

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Leden, 2019

Jakub Mazanec



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí**

**Konstrukční řešení prvků betonových schodišť a
ramp v budovách**

**Structural design of concrete staircases and
ramps' elements in buildings**

Bakalářská práce

Autor:	Jakub Mazanec
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Akademický rok:	2018/2019

Praha 2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Mazanec</u>	Jméno: <u>Jakub</u>	Osobní číslo: <u>410144</u>
Zadávací katedra: <u>K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>SI-J</u>		
Studijní obor: <u>C - Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Konstrukční řešení prvků betonových schodišť a ramp v budovách</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Structural design of concrete staircases and ramps' elements in buildings</u>	
Pokyny pro vypracování: 1. Požadavky na schodiště a rampy v budovách 2. Konstrukční varianty u zadaného objektu (schéma, výkres tvaru, předběžný výpočet) 3. Podrobnější řešení vybrané varianty (podrobný výpočet, výkresová dokumentace)	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>9.10.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>13.1.2019</u> <small>Údaj uveďte 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“.

<u>9.10.2018</u>	Podpis studenta(ky)
Datum převzetí zadání	

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití 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

.....

podpis autora
Jakub Mazanec

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat paní doc. Ing. Jitce Vaškové, CSc. za cenné a praktické rady a veškeré vědomosti z oboru betonových konstrukcí, které mi byla schopna předat za celou dobu mého studia na Fakultě stavební a díky nimž jsem byl schopen zpracovat i tuto bakalářskou práci, také bych jí chtěl velmi poděkovat za obrovskou trpělivost a ochotu, které projevovala vůči mně i ostatním studentům a jsem jí za tuto podporu velice vděčný. V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat své rodině, která mě během studií podporovala.

Anotace

Bakalářská práce rozděluje schodiště a rampy do jednotlivých kategorií a zabývá se požadavky, především z hlediska geometrie a bezpečnosti, na konstrukce schodišť a ramp v budovách obecně, dále možnostmi geometrických a konstrukčních řešení betonových schodišť se zaměřením na schodiště s deskovými nosnými konstrukcemi a následnou aplikací těchto řešení v zadaném objektu.

Klíčová slova

schodiště, rampy, geometrie, konstrukční řešení, železobeton, monolit, prefabrikát, vyztužení, betonové prvky

Annotation

Bachelor thesis divides staircases and ramps into individual categories and deals with requirements for structures of staircases and ramps in buildings in general, especially in terms of geometry and safety, furthermore it deals with geometric and structural design options of concrete staircases, focusing on staircases with slab supporting structures and following application of those design options in the specified object.

Keywords

staircases, ramps, geometry, structural design, reinforced concrete, monolith, prefabricate, reinforcement, concrete elements

OBSAH

ÚVOD.....	9
1. POŽADAVKY NA SCHODIŠTĚ A RAMPY V BUDOVÁCH	10
1.1 Druhy schodišť dle základních kritérií.....	10
1.1.1 Dle umístění vzhledem k budově	10
1.1.2 Dle materiálu konstrukce.....	10
1.1.3 Dle funkce a významu v rámci budovy	11
1.1.4 Dle tvaru výstupní čáry.....	11
1.1.5 Dle smyslu výstupu	11
1.1.6 Dle počtu schodišťových ramen.....	12
1.1.7 Dle sklonu schodišťových ramen	12
1.1.8 Dle statického působení konstrukce schodiště	13
1.1.9 Dle způsobu podpory stupňů	13
1.2 Druhy ramp dle základních kritérií.....	14
1.2.1 Druhy šikmých ramp pro pěší.....	14
1.2.2 Druhy šikmých ramp pojízdných	14
1.3 Požadavky na geometrii a bezpečnost schodišť	16
1.3.1 Požadavky na geometrii schodišť.....	17
1.3.2 Požadavky na bezpečnost schodišť.....	22
1.4 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp.....	24
1.4.1 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp pro pěší	24
1.4.2 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp pojízdných.....	26
1.5 Řešení geometrie betonových schodišť – detaily návaznosti ramen a podest .	28
1.6 Konstrukční varianty betonových schodišť s ohledem na akustické oddělení...	31
1.7 Konstrukce schodišť z hlediska požární bezpečnosti	35
2. KONSTRUKČNÍ VARIANTY SCHODIŠŤ ZADANÉHO OBJEKTU	36
2.1 Popis zadaného objektu	36
2.2 Materiálové charakteristiky betonových schodišť v objektu	37
2.3 Výpočet krytí u betonových schodišť v objektu	38
2.4 Zatížení na schodiště v objektu.....	39
2.4.1 Zatížení na schodiště – BYTOVÁ část.....	39
2.4.2 Zatížení na schodiště – KOMERČNÍ část	40
2.5 Konstrukční varianty a předběžné výpočty schodiště č. 1 – BYTOVÁ ČÁST	41

2.5.1	Návrh geometrie schodiště č. 1	41
2.5.2	Schéma schodiště č. 1	42
2.5.3	Konstrukční varianta č. 1 – MONOLIT 1 (ramena i podesty monolitické, akustická oddělení ramen od podest, podesty s kročejovou izolací)	43
2.5.4	Konstrukční varianta č. 2 – MONOLIT 2 (ramena i podesty monolitické, akustická oddělení podest od stěn, podesty bez kročejové izolace).....	46
2.5.5	Konstrukční varianta č. 3 – PREFA (ramena i podesty prefabrikované, akustická oddělení podest od stěn + ramen od podest přes ozub, podesty bez kročejové izolace)	50
2.5.6	Konstrukční varianta č. 4 – PREFA + MONOLIT (ramena prefabrikovaná, podesty monolitické; akustická oddělení ramen od podest přes ozub, podesty s kročejovou izolací).....	53
2.6	Konstrukční varianty a předběžné výpočty schodiště č. 2 – KOMERČNÍ ČÁST	56
2.6.1	Návrh geometrie schodiště č. 2.....	56
2.6.2	Konstrukční varianta č. 1 – MONOLIT 1 (schodiště dvouramenné přímé monolitické)	59
2.6.3	Konstrukční varianta č. 2 – PREFA (schodiště dvouramenné přímé prefabrikované).....	62
2.6.4	Konstrukční varianta č. 3 – MONOLIT (schodiště dvouramenné pravotočivé monolitické)	65
3.	PODROBNĚJŠÍ VÝPOČTY VYBRANÝCH VARIANT	67
	ZDROJE	68
	SEZNAM NOREM A PODKLADŮ POUŽITÝCH PŘI VÝPOČTU	69
	SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	73
	SEZNAM PŘÍLOH.....	74

ÚVOD

Cílem mé bakalářské práce je ukázat možnosti návrhu betonových schodišť v budovách, zejména s přihlédnutím k deskovým nosným konstrukcím a určit hlavní podmínky pro jejich konstruování s přihlédnutím k platným normám a obecně závazným předpisům.

V první části práce popisuji možné varianty schodišť v budovách a dále se zabývám všemi zásadními požadavky na schodiště, zejména co se týká bezpečnosti a geometrie, s tím spojené návaznosti schodišťových ramen na podesty, požární bezpečnosti schodišť, požadavky a možnými konstrukčními variantami betonových schodišť z hlediska akustiky.

V druhé části potom řeším dva různé schodišťové prostory zadaného objektu – polyfunkčního domu, jeden v bytové a druhý v komerční (obchodní plochy) části. Navrhuji různé varianty schodišťových konstrukcí z hlediska konstrukčního i technologického a posuzuji je. Součástí této části jsou vypracovaná konstrukční schémata v podrobnosti výkresů tvaru a předběžné statické posouzení všech řešených variant.

Třetí částí je potom podrobnější statický výpočet vybraných schodišťových variant – posouzení na Mezní stav únosnosti a návrhy a výkresy výztuže.

1. POŽADAVKY NA SCHODIŠTĚ A RAMPY V BUDOVÁCH

1.1 Druhy schodišť dle základních kritérií

Na úvod je dobré rozdělit si schodiště i rampy (viz. také kapitola 1.2 Druhy ramp dle základních kritérií) jako celek do jednotlivých hlavních kategorií pro ilustraci toho, jaké možnosti máme a jaké varianty schodišť v budovách při projektování můžeme použít.

Norma ČSN 73 4130 - Schodiště a šikmé rampy - Základní požadavky [1] nám udává základní rozdělení schodišť jako dle umístění vzhledem k budově, dle použití (funkce) a sklonu, počtu a půdorysného tvaru ramen schodiště, existuje však více možností rozdělení, dle kterých je možné schodiště lépe definovat. V rámci některých rozdělení jsou v této kapitole určité druhy schodišť označeny tučně z toho důvodu, že jasně vymezují zaměření mé práce.

Dle [1] je schodiště definováno jako „*stupňovitá stavební konstrukce, určená k překonávání rozdílu výškových úrovní chůzí, skládající se ze schodišťových ramen a podest*“.

1.1.1 Dle umístění vzhledem k budově

- **vnitřní** – uvnitř budovy, hlavním kritériem je ochrana proti povětrnostním vlivům, dešti, sněhu atd.
- **vnější (předložené)** – vně budovy v její bezprostřední blízkosti, nechráněné, popř. nedostatečně chráněné proti pov. vlivům (např. vstup do budovy)
- **terénní** – zcela mimo budovu, sloužící k překonávání výškových rozdílů v terénu
[1], [2]

1.1.2 Dle materiálu konstrukce

- dřevěná
- ocelová
- skleněná
- kamenná
- zděná
- **betonová – monolitická**
 - prefabrikovaná (resp. montovaná z prefab. dílců)
 - kombinovaná (prefa + monolit)
- kombinace materiálů

Těmito variantami se především myslí rozdělení z hlediska materiálu nosných konstrukcí, samozřejmě lze materiály kombinovat jak v rámci nosných konstrukcí, tak i libovolně v rámci jednotlivých částí schodiště – částí nosných, nesených a bezpečnostních (zábradlí). Nás z hlediska naší práce zajímají schodišťové konstrukce betonové, jejich technologie (prefa, monolitická) a možné kombinace. Dále je můžeme kombinovat s bezpečnostními prvky (zábradlí atd.) z různých materiálů nebo popřípadě s nosnými ocelovými úhelníky, destičkami, trny atd.

1.1.3 Dle funkce a významu v rámci budovy

- **hlavní** – slouží jako hlavní vertikální pěší spojení jednotlivých podlaží v budově (objektu), pravidlem bývá jeho návaznost na vstupní a přístupové komunikace a bývá součástí chráněných únikových cest
- **vedlejší (pomocná)** – zpravidla doplňuje hlavní schodiště, usnadňuje pohyb v budově a popřípadě i evakuaci při ohrožení, dle [1] pomocná slouží k občasnému použití pro malý počet osob
- **vyrovnávací** – spojuje pouze různé výškové úrovně v rámci jednoho podlaží
- **požární (úniková)** – navrhuje se především pro použití jako úniková cesta, někdy bývá umístěno na vnější straně objektu a slouží k evakuaci osob
- **schodiště v bezbariérově užívaných stavbách** – slouží pro vertikální přesun osob se sníženou schopností pohybu a orientace [1], [2]

1.1.4 Dle tvaru výstupní čáry

- **přímá (přímočará)**
- **zakřivená (křivočará)** – většinou kruhová
- **smíšená (smíšenočará)** [1], [2], [3]

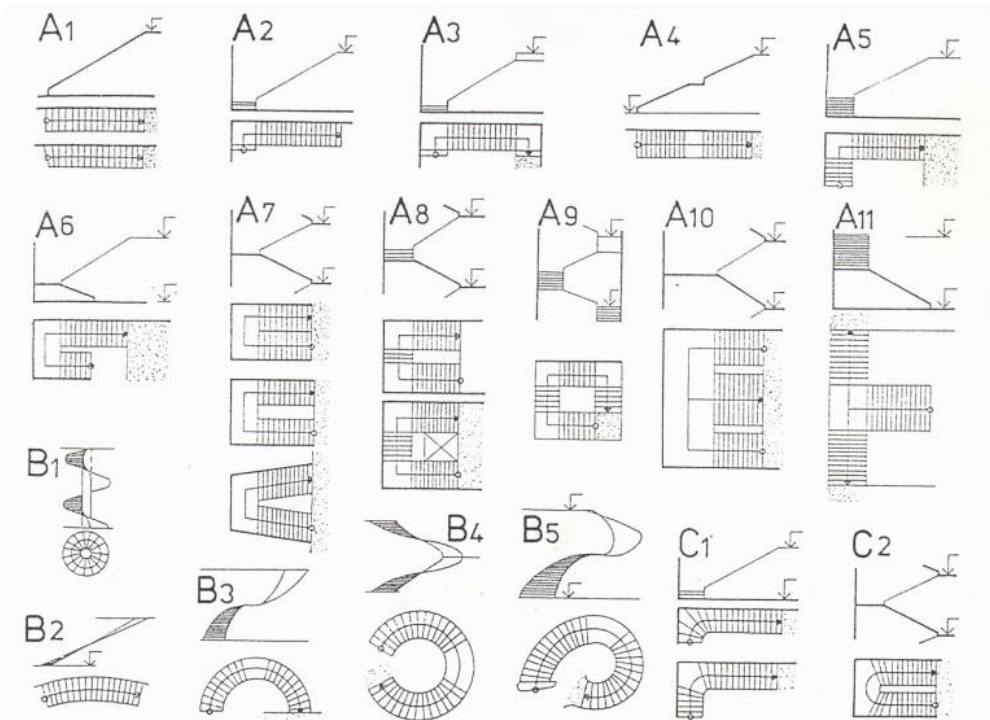
Také lze definovat jako rozdělení dle půdorysného tvaru schodiště, i když výstupní čára samozřejmě šikmo stoupá po délce ramen schodiště, z půdorysu můžeme definovat její průběh (viz. Obrázek 1).

1.1.5 Dle smyslu výstupu

- **přímá**
- **levotočivá**
- **pravotočivá** [3], [4]

1.1.6 Dle počtu schodišťových ramen

- jednoramenná
- dvouramenná
- tříramenná
- čtyřramenná a víceramenná (sdružená)
[1], [2], [3], [5]



Obrázek 1: Ukázky možných druhů schodišť (řezy a půdorysy) – vlastní komentář; A1-A3 přímá jednoramenná; A4-A7 přímá dvouramenná; A8 přímé tříramenné; A9 přímé čtyřramenné; A10-A11 přímé sdružené; B1 točité vřetenovitě; B2 jednoramenné kruhové (křivočaré); B3 dvouramenné půlkruhové; B4 dvouramenné kruhové; B5 obecný tvar; C1-C2 dvouram. smíšenočará [5]

Speciálním typem zde jsou schodiště sdružená, což jsou schodiště, která mají většinou dvě (může být i 3 a více) nástupní nebo výstupní ramena, popř. obojí.

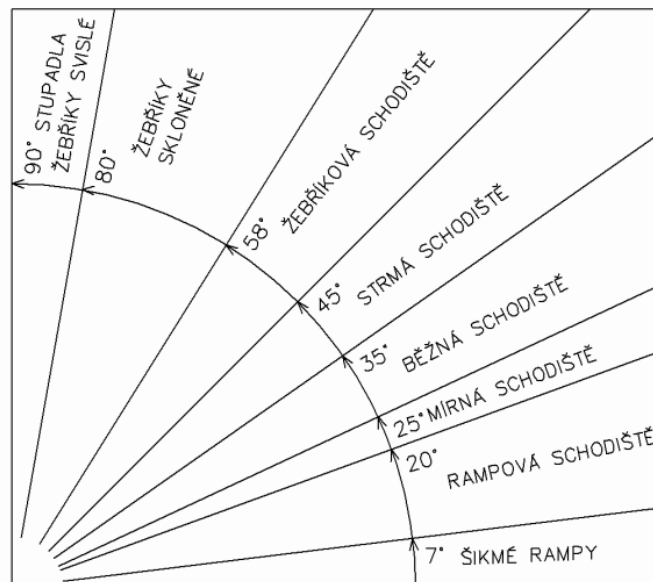
Tyto typy schodišť se myslí těmi víceramennými, v praxi více než čtyřramenná „nesdružená“ schodiště nebývají, i čtyřramenná jsou spíše výjimkou, není většinou nutné navrhovat ve schodišti tak velký počet ramen a mezipodest k vertikálnímu spojení dvou sousedních pater, navrhují se tedy spíše jedno- až tříramenná v různých variacích (viz. další dělení schodišť v kapitole 1.1).

1.1.7 Dle sklonu schodišťových ramen

- rampová – sklon od 7° do 20°; (výška stupňů 85 až 130mm)
- mírná – sklon od 20° do 25°; (výška stupňů 130 až 150mm)
- běžná – sklon od 25° do 35°; (výška stupňů 150 až 180mm)

- strmá – sklon od 35° do 45°; (výška stupňů 180 až 210mm)
- žebříková – sklon od 45° do 58°; (výška stupňů 210 až 240mm)
[1], [2]

Do 7° (12,3%) sklonu se jedná o rampy, které jsou předmětem našeho zájmu v dalších kapitolách, nad 58° se jedná o žebříky, které v této práci neřešíme. Původní znění normy ČSN 73 4130, dnes již neplatné, také udávala rozmezí výšek stupňů pro jednotlivé typy schodišť, aby si schodiště pro daná rozmezí zachovala optimální vlastnosti dané stavební zkušeností, proto je zde pro informaci v závorkách uvádím, ta nejsou však již součástí platné verze normy. Sklon schodiště při návrhu volíme dle jeho určené funkce a typu budovy, ve které jej navrhujeme (viz. kapitola 1.3). Většina schodišť je běžných (se sklonem 25° – 35°), dle [1] navíc bezbariérové budovy mají mít sklon ramen do 28°.



Obrázek 2: Druhy schodišť dle sklonu schodišťových ramen [1]

1.1.8 Dle statického působení konstrukce schodiště

- jednotlivé nosné stupně – samostatné
– průběžně spolupůsobící
- desková
- schodnicová
- vřetenová
- lomenicová
- zavěšená
- kombinace
[2], [4], [5]

1.1.9 Dle způsobu podpory stupňů

- s plně podporovanými stupni

- s oboustranně podporovanými stupni
- s jednostranně podporovanými stupni (visuté)
- se zavěšenými stupni

[3]

Některými konstrukčně-statickými variantami schodišť (se zaměřením na desková betonová schodiště) se podrobněji zabývám v kapitole 2 - Konstrukční varianty zadaného objektu.

1.2 Druhy ramp dle základních kritérií

Základním kritériem pro rozdělení ramp je to, zda se jedná o rampu pro pěší nebo pro vozidla (pojízdnou), požadavky na rampy pro pěší jsou řešeny v rámci již zmíněné normy ČSN 73 4130 [1], požadavky na rampy pro vozidla v rámci normy ČSN 73 6058 - Jednotlivé, řadové a hromadné garáže [6].

Dle [1] je šikmá rampa definována jako „*stavební konstrukce tvořená skloněnou rovinnou popř. zakřivenou plochou, určená k překonávání rozdílu výškových úrovní chůzí nebo pojezdem, skládající se z ramen rampy a z podest*“.

1.2.1 Druhy šikmých ramp pro pěší

Šikmé rampy pro pěší se často používají např. v divadlech, koncertních sálech, nemocnicích, kinech a obecně v zařízeních pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace (vozičkáři, kočárky atd.).

Samozřejmě je lze dělit dle [1] stejně jako schodiště zejména podle umístění vzhledem k budově (vnější, vnitřní; konstrukce, překonávající výškový rozdíl v terénu mimo budovu se nepovažují za šikmou rampu), funkce (hlavní, vedlejší, únikové, pomocné, vyrovnávací, předložené, šikmé rampy v bezbariérově užívaných stavbách), počtu ramen (jedno- až víceramenné) a půdorysného tvaru (přímé, zakřivené, smíšené).

Dále se mohou dělit popř. ještě dle podélných sklonů ramen (viz. kapitola 1.4.1 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp pro pěší).

V neposlední řadě jsou samozřejmě možnostmi rozdělení dle materiálů, technologií provedení a statického působení (např. deskové, schodnicové nebo plně podepřené upraveným terénem či další konstrukcí). U ramp bývá beton nejvíce preferovaným materiálem pro provedení konstrukce, minimálně té nosné.

1.2.2 Druhy šikmých ramp pojízdných

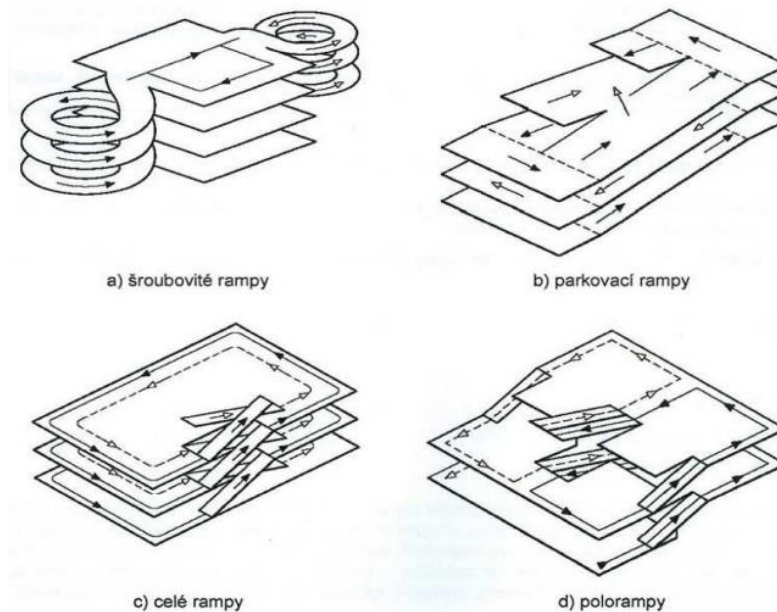
Šikmé rampy pojízdné se v rámci budov navrhují především k vertikálnímu spojení řadových a hromadných garáží v budovách s vnější příjezdovou komunikací či poté ke spojení jednotlivých garážových pater

v budově, proto jsou také řešeny především v rámci normy ČSN 73 6058 [6], zabývající se pravidly pro garáže, jak již bylo zmíněno.

Garáže jsou navrhovány v podzemních a přízemních patrech budov (obytných, komerčních, kancelářských, garáže pro vozidla hromadné dopravy, policejní, požární, sanitní [7]), či jsou přímo navrhovány garážové domy sloužící zcela k účelu parkování. Podrobněji se hlavními požadavky na geometrii pojízdných ramp zabývá v kapitole 1.4.2 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp pojízdných).

Hlavní rozdělení pojízdných ramp je tedy:

- dle umístění vzhledem k budově
 - vnější
 - vnitřní[6], [7]
- dle půdorysného tvaru (tvaru výstupní čáry)
 - přímé
 - zakřivené (**kruhové**, eliptické, zakřivené atd.)[6], [7]
- dle překonávané výšky
 - celé – slouží k překonávání celé výšky podlaží nebo i vícero podlaží najednou bez přerušení
 - polorampy – slouží k překonávání poloviny výšky podlaží bez přerušení
 - vyrovnávací – spojují podlaží s okolním terénem nebo s jinou výškovou úrovní v rámci daného podlaží
 - šroubovité – slouží k překonávání garážových domů po celé jejich výšce, většinou i s vjezdy nebo výjezdy z jednotlivých pater, jsou tedy většinou umístěné vně budovy v přímé návaznosti na ni
 - parkovací – slouží zároveň i k parkování vozidel na parkovacích stáních[6], [7]
(pro ilustraci řešení těchto druhů ramp viz. Obrázek 3)
- dle počtu jízdnic pruhů
 - jednopruhové
 - dvoupruhové[6], [7]
- dle směrů jízdy na ramenech umístěných nad sebou
 - jednoduché
 - dvojité[6], [7]



Obrázek 3: Druhy pojízdných ramp z hlediska překonávané výšky [7]

1.3 Požadavky na geometrii a bezpečnost schodišť

Hlavní požadavky na geometrii (rozměry) a bezpečnost (zábradlí, vlastnosti povrchů jednotlivých prvků schodiště) jsou především řešeny v rámci norem ČSN 73 4130 - Schodiště a šikmé rampy - Základní požadavky [1] a ČSN 74 3305 – Ochranná zábradlí [8]. Je samozřejmostí, že architektonické fantazii se meze nekladou, ale je třeba vždy dodržet určitá základní pravidla pro to, aby schodiště plnilo svou funkci co nejlépe a nejdéle a norma ČSN 73 4130 [1] nám pro začátek navrhování jakéhokoliv schodiště dává určitý základní rámec, kterého je třeba se držet a dále je na projektantovi jaké schodiště si navrhne, tedy spíše na investorovi, jaké schodiště požaduje. Pravdou je, že norma není obecně závazným předpisem, ale pro správné navrhování schodišť a ramp je třeba se jejího rámce držet, investor také v naprosté většině případů požaduje normu dodržet. V případech, kdy pro to existují racionální důvody a všechny v projektu zainteresované strany se shodnou, je možné zvolit odlišné řešení, pro správné projektování je však třeba se normou (obecně všemi normami) řídit, navíc existují i další, zákonné předpisy (vyhlášky a zákony), kterých již je nutno se držet, ale pokud dodržíme normativní předpisy, jsme zcela jistě na „straně bezpečnosti“, pokud je nedodržíme, je potom možné, že naše stavba nebude zkolaudována. Abych tuto úvahu shrnul, požadavky na funkci schodišť vyplývají z obecně závazných předpisů (stavební zákon, vyhlášky, zákony, nařízení vlády), českých nebo evropských technických norem a projektové dokumentace (požadavky architekta, projektanta, investora nebo přímo stavebníka).

Jde nám zde tedy o rozměrové požadavky na jednotlivé prvky schodiště – schodišťové stupně, ramena, podesty a schodiště jako celek (podchodné a průchodné výšky) a o požadavky na bezpečnost schodišť – zábradlí a potřebné vlastnosti povrchu jednotlivých prvků schodiště.

Dle ustanovení §8 vyhlášky č. 268/2009 [9] jsou základními požadavky na stavbu, tedy i na schodiště a rampy, při „*respektování hospodárnosti a při běžné údržbě a působení běžně předvídatelných vlivů po dobu předpokládané existence*“ tyto:

- mechanická odolnost a stabilita
- požární bezpečnost
- ochrana zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí
- ochrana proti hluku
- bezpečnost při užívání
- úspora energie a ochrana tepla

Pro stručné zhodnocení, mechanickou odolnost a stabilitu v mé práci u schodiště zajišťuji statickým výpočtem ve finální kapitole 3 (popř. jejích podkapitolách), požadavky z hlediska požární bezpečnosti částečně popisují v kapitole 1.7 Konstrukce schodišť z hlediska požární bezpečnosti. Ochrana zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí není součástí mé práce. Problematikou ochrany proti hluku – tedy především možnostmi akustického oddělování schodišť se zabývám v kapitole 1.6 Konstrukční varianty schodišť s ohledem na akustické oddělení a bezpečností při užívání řeším v rámci kapitol 1.3 Požadavky na geometrii a bezpečnost schodišť a 1.4 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp (rozměry, uspořádání, zábradlí, protiskluzové vlastnosti povrchů).

Úspora energie a ochrana tepla také není náplní mé práce, lze jen dodat, že dle ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky [10] je požadována minimální hodnota součinitele prostupu tepla (obálky budovy – zde tedy schodišťových stěn) $U_n = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ a minimální teplota schodiště je požadována 10°C , na toto je tedy také třeba brát zřetel při navrhování schodišťových stěn.

Jako další můžeme ještě zmínit požadavky na osvětlení a větrání schodišťových prostorů. [2]

1.3.1 Požadavky na geometrii schodišť

Na začátku návrhu každého schodiště je třeba vyřešit jeho základní geometrii, podle **předem určených (známých)** rozměrů schodišťového prostoru, schodištěm překonávané konstrukční výšky, rozměrů stropních desek pater (eventuálně průvlaků, trámů atd.) si **zvolit** jeho půdorysný tvar a dle norem (zejména [1] a [8]) **určit** rozměry jeho stupňů – šířku (či další rozměry, pokud nejsou stupně rovné), jeho sklon a následně spolu s požárními normami **určit** šířky ramen, podest a podchodné a průchodné výšky. Až poté je možné přejít ke konstrukčně statickému (a popřípadě s ním spojenému akustickému) řešení. V dalších částech této kapitoly se pokusíme jednotlivé prvky schodiště vymezit a definovat pro následující úspěšný návrh vlastních schodišť.

- **schodišťové stupně**

Základním požadavkem pro stupně je, že všechny v jednom rameni musí mít stejnou výšku (h) a na výstupní čáře stejnou šířku (b). Výška je definována jako „svislá vzdálenost horního povrchu stupnic 2 po sobě následujících stupňů“ [1]. Tedy nejde o to, jakou má stupeň sám o sobě tloušťku, měříme vzdálenost stupnic. Šířka je „vodorovná vzdálenost předních hran dvou po sobě následujících stupňů“ [1].

Kosé a zvláštní stupně mají ve svém nejužším místě min. 130mm šířku. Počet stupňů ve schodišťovém rameni je min. 3 (jinak se nepovažuje za rameno) a max. 16 (18 pro pomocná schodiště). [1]

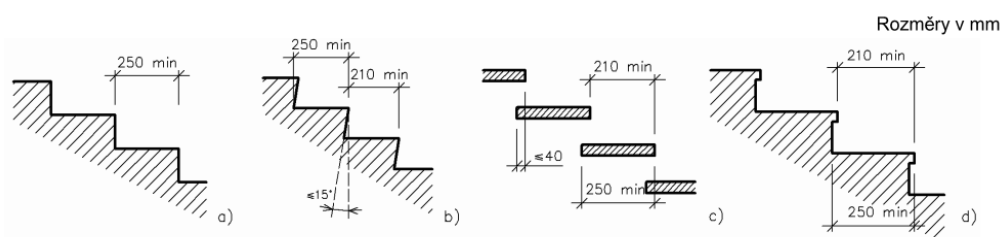
Poměr mezi výškou a šířkou stupně se určuje z tzv. Lehmanova vzorce, který vychází z průměrné délky lidského kroku:

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

jedná se o jeden z nejdůležitějších vzorců pro určování geometrie schodišť a pravou stranu lze v odůvodněných případech korigovat v rozmezí 600-650mm. [1], [2]

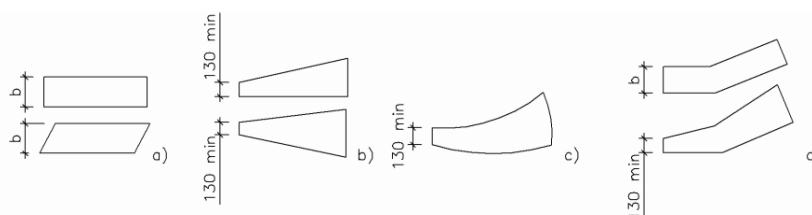
Při návrhu začínáme stanovením výšky stupně a z daného vzorce získáme následně i šířku. Optimální výšku stupně bereme v rozmezí 150-180 mm, přičemž záleží na typu naší budovy – např. pro bytové domy je optimální výška max. 180 mm, rodinné domy max. 200mm, pro občanské budovy (veřejnost – školy, obchody, restaurace, divadla atd.) max. 160 mm [1], [3].

Nejmenší šířka stupně je 210 mm a nejmenší šířka stupnice 250 mm (obojí myšleno v místě průběhu výstupní čáry). [1]

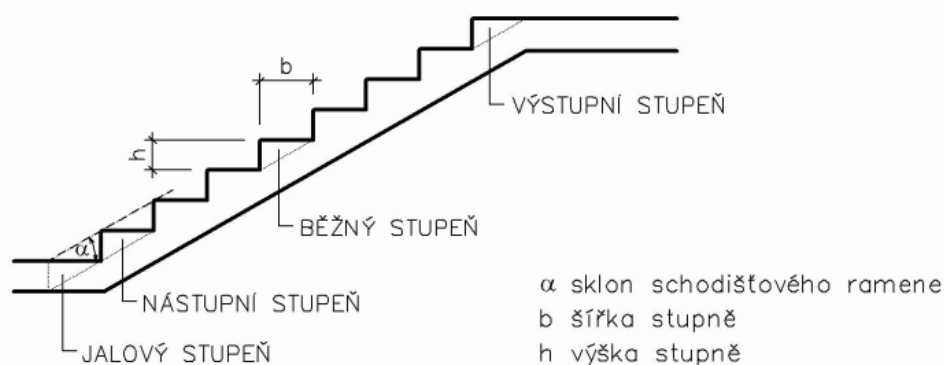


Obrázek 4: Minimální šířky stupňů a stupnic [1]

Dále můžeme stupně dle základních kritérií rozřadit a pojmenovat dle umístění ve schodišťovém rameni (běžný, nástupní, výstupní a jalový, který je součástí podesty) a dle půdorysného tvaru stupňů (přímý, kosý, zakřivený, zvláštní). [1] (viz. Obrázek 5 a Obrázek 6)



Obrázek 5: Druhy stupňů dle půdorysného tvaru – přímý, kosý, zakřivený, zvláštní [1]



Obrázek 6: Druhy stupňů ve schodišťovém rameni [1]

- **schodišťová ramena**

U schodišťových ramen je potřeba si definovat výstupní čáru, jeho délku a výšku a především průchodnou šířku ramene, což je nejdůležitější rozměr a mnohdy vychází z požárních předpisů daného objektu. Nakonec je třeba ověřit podchodnou a průchodnou výšku.

Výstupní čára je dle [1] definována jako „*myšlená čára spojující souvisle přední hrany nástupního a výstupního stupně každého schodišťového ramene v teoretické ose výstupu*“.

Ve stavebních výkresech se kreslí v půdorysech pouze v rámci ramen schodiště, a to pokud vede na podestu, ze které dále vede jakýkoliv možný východ (např. dveře na podestě). Pokud procházíme přes mezipodestu, ze které není jiný východ, než pokračováním chůzí po dalším rameni, kreslí se výstupní čára i přes mezipodestu.

U přímých ramen se kreslí půdorysně v ose (polovině) ramen, ramena musí být mimochodem vždy přímá u bezbariérových staveb, se zakřivením totiž klesá bezpečnost schodiště. U zakřivených a smíšenočarých ramen se kreslí v 1/3 šířky ramene od vnějšího (delšího) okraje ramene. Od průchodné šířky 1800 mm se však kreslí také v ose ramene jako u ramen přímých. [1], [2]

Délka ramene je půdorysná vzdálenost mezi začátkem a koncem ramene na výstupní čáře (u přímých je úsečka, u zakřivených délka křivky), výška ramene je výšková úroveň, kterou rameno překonává. [1]

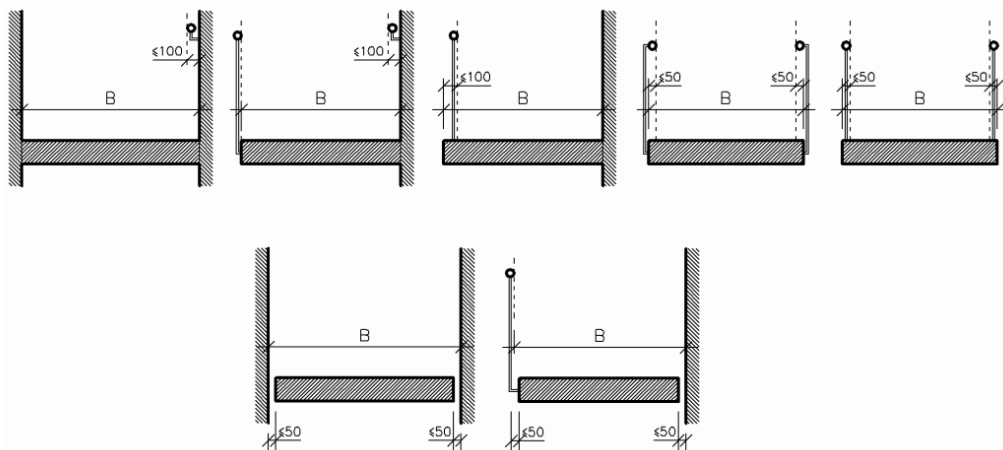
Průchodná šířka ramene je důležitým rozměrem pro splnění požárních norem. Navrhuje se dle účelu a provozu daného objektu (řešeno také v kapitole 1.7 Konstrukce schodišť z hlediska požární bezpečnosti).

Průchodná šířka bývá násobkem 550 mm (což je jeden únikový pruh pro 1 člověka) dle [11].

Dále platí, že nejmenší průchodné šířky jsou 900 mm u rodinných domů, 750 mm u pomocných schodišť, u bytových domů 1100 mm, u

bezbariérových staveb 1500 mm, ale také musí vyhovovat požárním normám [1] (viz. zmíněná kapitola 1.7).

Konstrukce zábradlí může do průchodné šířky zasáhnout max. 100mm, abychom nemuseli danou šířku redukovat (viz. Obrázek 7).



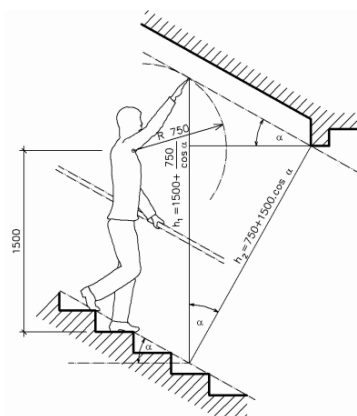
Obrázek 7: Schéma umístění konstrukce zábradlí a madel na hranici snížení průchodné šířky podesty či ramene [1]

Při konstrukci schodištvých ramen je také nutné dodržet minimální **podchodnou** a **průchodnou výšku**.

Minimální **průchodná výška** musí být větší než $H_{2,min} = 750 + 1\,500 \times \cos \alpha$ (kde α je sklon ramene) a zároveň větší než 1950 mm [1].

Minimální **podchodná výška** musí být větší než $H_{1,min} = 1500 + 750 / \cos \alpha$ (kde α je sklon ramene) a zároveň větší než 2100 mm [1].

Z čeho vychází tyto výšky je patrné z Obrázku 8, nejlepším řešením pro kontrolu, zda tyto podmínky v našem objektu vyhoví je nakreslit si jednoduché schéma řešeného schodiště v řezu v našem objektu a ze známých konstrukčních výšek a tlouštěk vodorovných nosných konstrukcí tuto podmínku ověřit. Je třeba mít na paměti i možné průhyby konstrukce, pokud by posuzovaná schodištvá konstrukce měla hodnoty těchto výšek na úrovni minimálních.

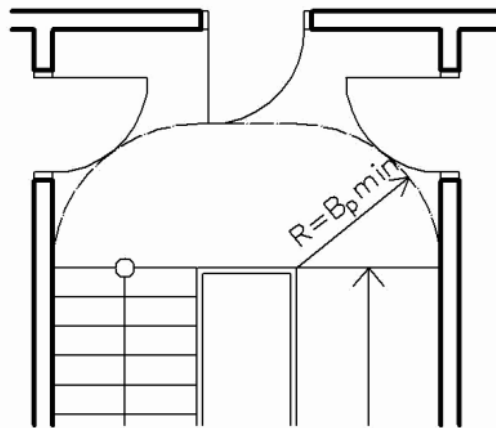


Obrázek 8: Minimální průchodná a podchodná výška [1]

- **schodištvé podesty**

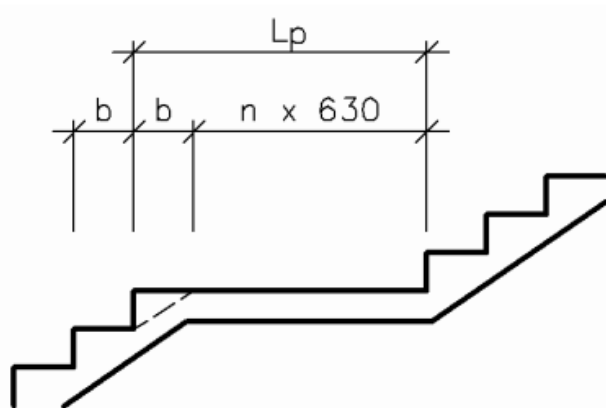
Průchodné šířky podest musí být minimálně rovny průchodným šířkám ramen, přitom nesmí tato minimální šířka být zúžena otevíranými dveřmi nebo jakoukoliv konstrukcí a zařízením (viz. Obrázek 9). [1]

Doporučuje se průchodná šířka alespoň o 100 až 200 mm větší než průchodná šířka ramen. [1]



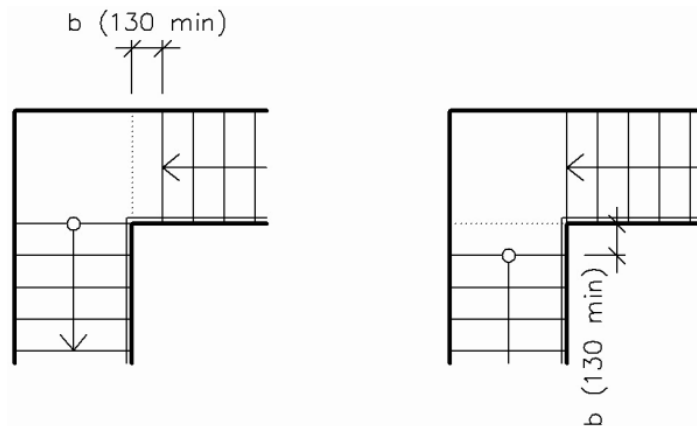
Obrázek 9: Minimální průchodná šířka podesty [1]

Pokud námi navrhované rameno při překonávání výškového rozdílu vyžaduje více než 16 stupňů, je nutné rameno rozdělit vloženou mezipodestou, ta musí mít délku alespoň 630 mm (nebo dále ideálně v násobcích 630 mm) + šířka výstupního stupně na tuto podestu (viz. Obrázek 10). [1]



Obrázek 10: Minimální rozměry vložené mezipodesty [1]

U dvou-, tří- a víceramenných schodišť se nesmí hrany nástupního a výstupního stupně dvou různých ramen protínat v jednom bodě, půdorysná vzdálenost těchto hran má být rovna buďto šířce stupně b nebo minimálně 130 mm (viz. Obrázek 11). [1]



Obrázek 11: Půdorysně zalomené schodiště, odstupy jednotlivých hran nástupního a výstupního stupně [1]

1.3.2 Požadavky na bezpečnost schodišť

- **požadavky na protiskluzové úpravy ramen a podest**

Jednotlivé materiály a výrobky použité na finální povrch podest a ramen musí být odzkoušeny podle zkušebních metod dle norem pro tyto výrobky a musí splňovat potřebné materiálové charakteristiky, toto musí být doloženo při návrhu i provádění. [1]

Pochozí plocha schodišťových stupňů musí mít součinitel smykového tření minimálně 0,5; okraje stupňů do vzdálenosti 40 mm od hrany musí mít součinitel smykového tření minimálně 0,6 (řeší se protiskluzovou úpravou okrajů stupňů). Povrch stupnic musí být vodorovný. [1] Přísnější požadavek u okrajů stupnic se řeší povrchovou protiskluzovou úpravou. Je také dle [1] možné určité zkosení při hranách stupňů do poloměru 10mm, či výsek části hrany stupně.

U povrchu podest vnitřních schodišť také nejsou povoleny žádné sklony, příčné ani podélné. U těchto podest je nutný součinitel smykového tření minimálně 0,5 a stejně jako u stupňů je nutný při předním okraji podest do vzdálenosti 40 mm od okraje součinitel smykového tření minimálně 0,6 [1].

- **požadavky na ochranná zábradlí**

Dle normy ČSN 74 3305 [8] je nutné zřídit zábradlí všude tam, kde se nachází volný prostor o šířce b a hloubce d , které přesahují mezní hodnoty dané touto normou. Pro typy budov, které jsou předmětem našeho zájmu v této práci (polyfunkční dům – bytová a komerční část) to jsou pochůzná plochy:

- s volným přístupem dospělých osob (hloubka 500 mm; šířka 150 mm)

- v provozech pro děti (hloubka 300 mm; šířka 100 mm)
[8]

Nejmenší dovolené výšky zábradlí (svislá vzdálenost) jsou:

- 900 mm („hloubka volného prostoru $d \leq 3\text{ m}$ “)
- 1000 mm („ve všech případech kromě ostatních tří“)
- 1100 mm („hloubka volného prostoru $d > 12\text{ m}$; nebo pochůzná plocha se ve vzdálenosti do 1 m od volného okraje svažuje k tomuto okraji sklonem větším než 10 % nebo stupňovitě (nezávisle na hloubce volného prostoru kromě $d > 30\text{ m}$); nebo ve volném prostoru je ohrožení zdraví látkami škodlivými zdraví (např. žíravými) nebo s teplotou nad 50 °C “)
- 1200 mm („hloubka volného prostoru $d > 30\text{ m}$ “)
[8]

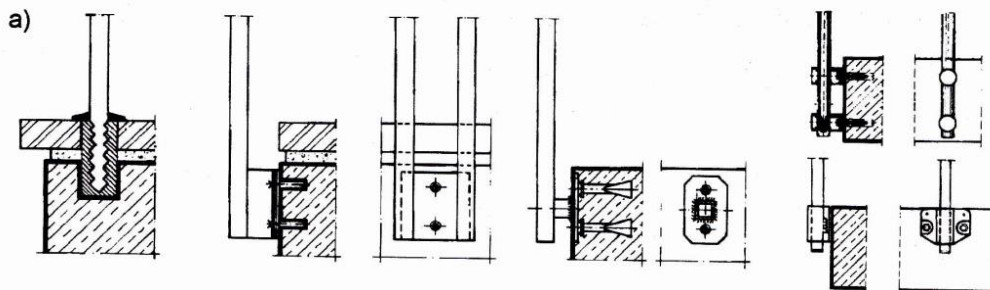
Ideální je navrhovat zábradlí schodiště o výšce alespoň 1100 mm a v případě hloubky volného prostoru nad 30m o výšce 1200 mm.

Ve výplni zábradlí nesmí být mezery větší než 120 mm (v mateřských školách 80 mm), přičemž v provozech pro děti je výplň zábradlí buď desková nebo svisle (max. šikmo do 45°) členěná, aby neumožňovala tzv. „žebříkový efekt“, kdy dítě dokáže po zábradlí vystoupat jako po žebříku. [2], [8]

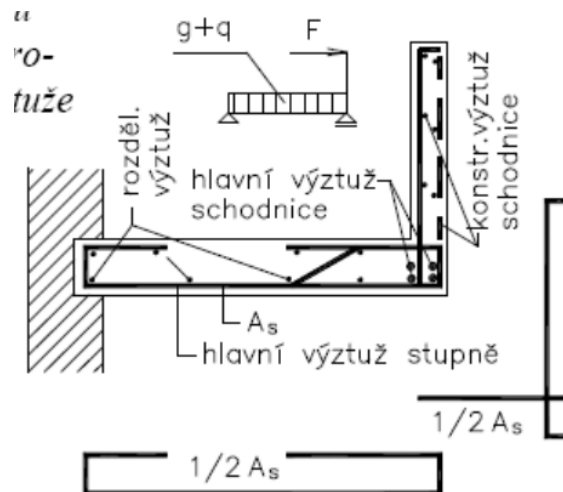
Navrhování zábradlí není tolik předmětem této práce, je však vždy součástí schodišťových konstrukcí včetně betonových, i když bývají většinou z jiných materiálů (ocel, sklo) ukotvené k betonové nosné konstrukci. (možnosti kotvení viz. Obrázek 12).

Je ale zároveň možné vytvořit zábradlí z betonových prvků, například pokud máme desku ramene (či nosné stupně) nesenou schodnicemi po obou stranách či po jedné straně a schodnice tvoří zároveň i konstrukci zábradlí.

Dle [2]: „Zábradlí obecně musí být navrženo tak, aby bez větších deformací přeneslo svislou sílu o velikosti 1 kN/m a vodorovnou sílu o velikosti $0,8\text{ kN/m}$ u veřejných budov, $0,4\text{ kN/m}$ u obytných budov, působící v úrovni madla.“ Pak schodnice navrhujeme a posléze i vyztužujeme i na tyto síly jako zábradlí (pro ilustraci viz. Obrázek 13).



Obrázek 12: Možnosti kotvení zábradlí do betonové konstrukce, kotví se většinou z boku na čela stupňů (desky) nebo shora i popř. skrze povrchovou úpravu [2]



Obrázek 13: Nosná deska (stupeň) oboustranně podporovaná; vpravo schodnice sloužící zároveň jako zábradlí i se schématickým vyztužením[12]

1.4 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp

Opět je nutné rozdělit si rampy na rampy pro pěší a rampy pojízdné, zejména pro přehlednost, neboť každý z těchto druhů ramp je řešen jinými normami, jak již bylo poznamenáno, a navíc pro geometrii každého z těchto dvou druhů platí různé specifické požadavky.

1.4.1 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp pro pěší

Sklony ramp se neuvádějí tak často ve stupních jako u schodišť, ale buďto v procentech nebo v poměru výšky ramene rampy k jeho délce. Předně je třeba si rampy ještě jednou rozdělit, a to dle maximálních dovolených podélných sklonů na výstupní čáře (jak již bylo avizováno v kapitole 1.2.1), ty jsou:

- 1:12 (8,33%)
- 1:8 (12,5%) – pokud je délka ramene menší než 3000 mm (pozn.: jde vždy o půdorysnou délku)
- 1:16 (6,25%) – vždy, když se jedná o bezbariérovou stavbu [1]

Dále ještě pokud rampou překonáváme v prostorech určených ke shromažďování osob v rámci únikové cesty (toto pravidlo se týká např. komerční části mého zadaného objektu) výšku menší než 400mm, je max. dovolený podélný sklon 1:12 (8,33%). Sklony ramen se nesmí v rámci jednoho ramene i více ramen, která překonávají jednu výšku samozřejmě průběžně měnit. [1]

Co se týká příčného sklonu ramen, ten je u bezbariérových staveb vyžadován s maximální hodnotou 1% (1:100). [1]

Průchodná šířka může být u ramen šikmých ramp (hlavních, vedlejších a únikových) minimálně $B_{p,min} = 1500 \text{ mm}$, u ostatních

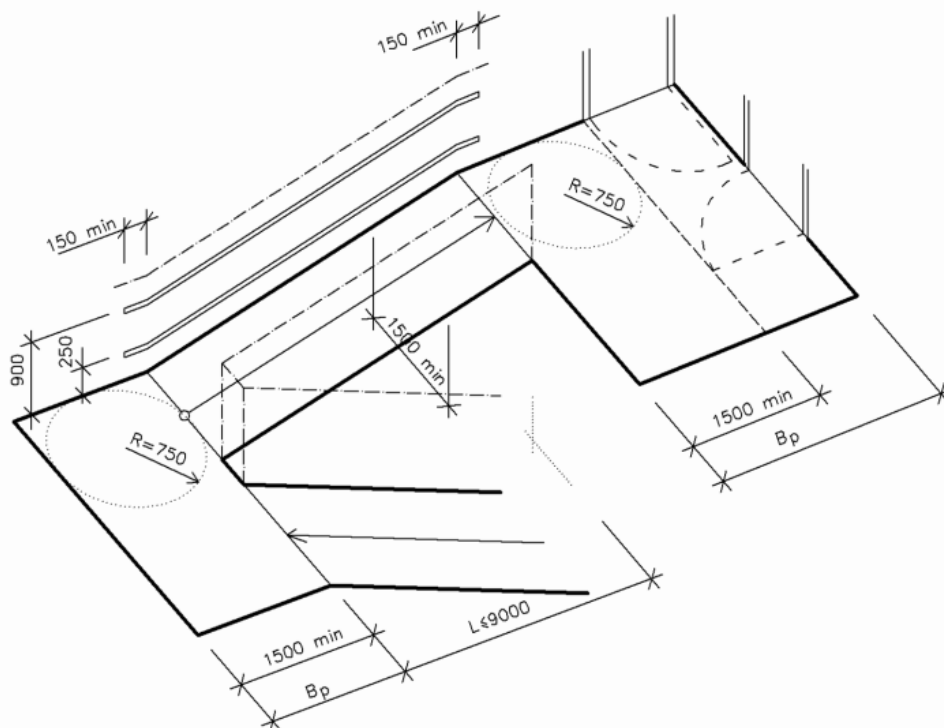
(pomocné, vyrovnávací, předložené) je požadavek mírnější $B_{p,min} = 900$ mm, pokud jsou rampy bezbariérové, pak musí být ramena přímá a opět $B_{p,min} = 1500$ mm, tato hodnota je vyžadována z důvodu, aby se vedle sebe vešly osoba na vozíku (s kočárkem) s jinou osobou. [1]

Maximální dovolená délka ramene je 9000mm, pak jej je již třeba přerušit vloženou mezipodestou délky $B_{p,min} = 1500$ mm, popř. i obecně podesty musí mít průchodnou šířku $B_{p,min} = 1500$ mm a předměty na nich i dveře nesmí do těchto šířek zasahovat. [1] Toto je tedy u šířek částí ramp rozhodující rozměr a je třeba jej mít na paměti. [1]

Zábradlí šikmých ramp jsou navrhována dle ČSN 74 3305 [8] (a musí být zároveň splněny zvláštní zákonně závazné předpisy) stejně jako schodišťová a také se návrh schodišťových a rampových zábradlí nijak výrazně neliší, až na drobné výjimky, které vypisují v následujícím odstavci.

Šikmé rampy (ramena a vložené podesty, pokud jsou v rampě) se musí opatřit po obou stranách madla ve výšce 900 mm. Na začátku a na konci ramene by tato madla měla vodorovně přesahovat rovinu styku podesty a ramene o 150 mm, a to alespoň na vnější straně ramene. U bezbariérových budov musí být dále rampa opatřena spodní podélnou vodící tyčí ve výšce 100 – 250 mm nebo boční podélnou zarážkou ve výšce alespoň 100 mm. Pro rampu, která překonává výšku max. 250mm není nutné instalovat zábradlí, avšak již zmíněné zarážky jsou stále nutné. [1]

Velmi dobře jsou požadavky na ramena, podesty a bezpečnostní prvky ramp pro pěší ilustrovány na Obrázku 14.



Obrázek 14: Rozměrové a bezpečnostní požadavky na rampy pro pěší ilustrované na dvouramenné šikmé rampě [1]

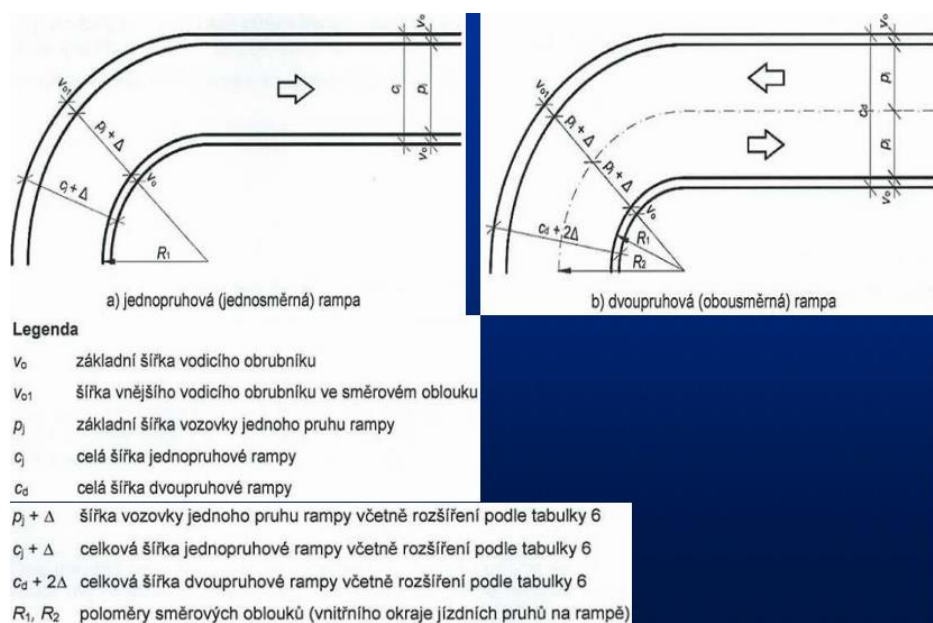
Pro sklony povrchu podest (nejsou povoleny v žádném směru) a protiskluzové úpravy ramen a podest šikmých ramp platí stejné požadavky jako pro schodiště (viz. kapitola 1.3). Výjimkou je povrch ramen ramp, který je na rozdíl od povrchu ramen schodišť šikmý, požadavky jsou tedy zpřísněny dle sklonu daného ramene, součinitel smykového tření povrchu tak musí být minimálně roven $0,5 + \operatorname{tg}\alpha$, kde α je samozřejmě úhel podélného sklonu ramene. [1]

1.4.2 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp pojízdných

Základním faktorem, který ovlivňuje geometrii pojízdných ramp, je pro jakou skupinu vozidel je navrhujeme, zda pro skupinu 1 (osobní, lehká užitková vozidla) nebo skupinu 2 (samotná nákladní vozidla, soupravy tahače s návěsem, autobusy) a 3 (traktory, samopojízdné pracovní stroje). [6]

Rampy se navrhují především pro vozidla skupiny 1, garáže pro pouze pro tuto skupinu vozidel se mohou umisťovat v obytných částech a být součástí obytných útvarů. Garáže pro skupiny 2 a 3 se musí umisťovat mimo obytné části měst (kromě vozidel hromadné dopravy, policejní, požární, sanitní a v odůvodněných případech zásobování a obsluhy). [6], [7]. Nás tedy z hlediska našeho objektu – polyfunkčního domu s částmi bytovou, komerční a garážemi (popis zadaného objektu viz. kapitola 2.1) zajímají pouze rampy pro vozidla skupiny 1.

Před samotným statickým návrhem je stejně jako u schodišť a ramp pro pěší nutné navrhnout optimální geometrii ramp. Je třeba navrhnout minimální šířky ramp v závislosti na poloměrech směrových oblouků, tyto rozměry jsou ilustrovány na Obrázku 15 a vzájemné vztahy poloměrů směrových oblouků a minimálních šířek ramp jsou ukázány v tabulce na Obrázku 16.



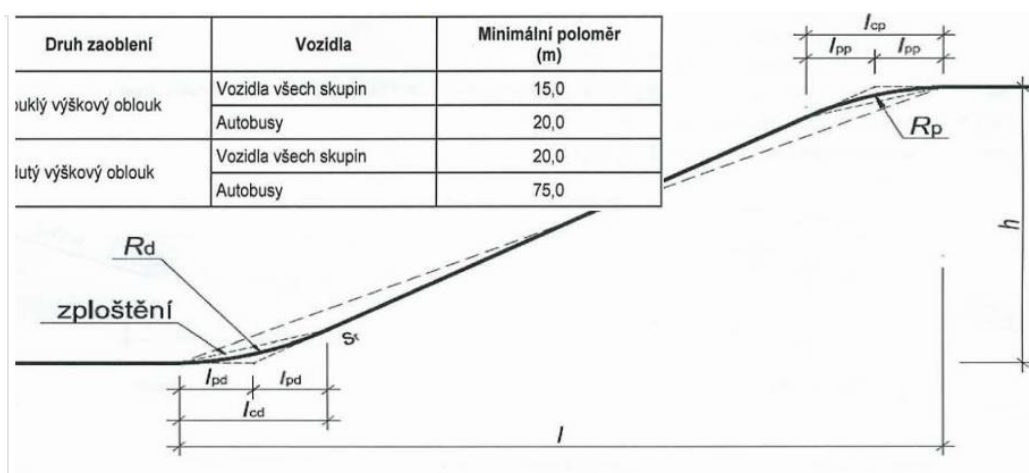
Obrázek 15: Schéma směrových oblouků a na nich závislých šířek jednotlivých ramp a obrubníků [6], [7].

- Pro vozidla skupiny 1 je minimální poloměr směrového oblouku 5m, doporučený alespoň 6m pro optimální průjezd automobilu
- šířka obrubníků je navrhována 0,25m v přímé a ve směrových obloucích 0,5m, pokud je jejich poloměr menší než 20m
- u obousměrných ramp je dobré pro rozdělení navrhnout střední obrubník též 0,5m pro poloměr oblouku menší než 20m
- obrubníky se navrhují výšky 8-10 cm
- celková nejmenší šířka přímé dvoupruhové rampy pro vozidla skupiny 1 je 5,5m, v obloucích podle tabulky na Obrázku 16 [7]

Návrhový prvek podle obrázku 12	Poloměr směrového oblouku R_1, R_2 (m)											
	přímá	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5
$p_j + \Delta$	2,50	2,75	2,85	2,95	3,05	3,15	3,25	3,30	3,35	3,45	3,55	3,65
$c_j + \Delta$	3,00	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,05	4,10	4,20	4,30	4,40

Obrázek 16: Tabulka doplňující Obrázek 15, závislost šířek pruhů a celkových šířek ramp na poloměrech směrových oblouků [6], [7].

Dále je potřeba kromě půdorysných rozměrů řešit i geometrii ramp výškově - přechody mezi rampami s různými podélnými sklony musí být takové, aby automobil se svou vlastní geometrií těmito přechody bez sebemenší újmy dokázal projet. Geometricky se tento problém řeší tzv. zploštěním (vzniká vydutý výškový oblouk) nebo zaoblením (vzniká vypuklý výškový oblouk) těchto přechodů [6]. Tato problematika je početně složitější, pro názornost je ukázána na Obrázku 17 i s hodnotami minimálních poloměrů pro oba typy oblouků.



Obrázek 17: Řešení přechodů mezi různými podélnými sklony [6].

Pojízdné rampy mají dle druhu a umístění maximální dovolené podélné sklony, což je názorně popsáno v tabulce na Obrázku 18.

Druh rampy		Maximální podélný sklon (%)
Vnitřní rampy	Celé a šroubovitě rampy	15
	Vyrovnávací rampy a polorampy	17 ^{*)}
	Parkovací rampy	6
Vnější rampy	Vyrovnávací rampy	17 ^{*)}
	Celé, šroubovitě a polorampy	10 ^{*)}

^{*)} Pokud je na rampách navrženo zařízení, které zabrání namrzání vozovky (popř. pokud jsou rampy i zastřešené), lze navrhnout stejný maximální podélný sklon jakou u vnitřních celých a šroubovitých ramp.

^{**)} Pokud vyrovnávací rampy překonávají více než polovinu podlaží, platí pro ně stejné maximální podélné sklony jako pro celé a šroubovitě rampy.

Obrázek 18: Maximální podélné sklony dle druhu pojezdnych ramp [6].

Co se týká příčných sklonů pojezdnych ramp, ty musí mít minimální hodnotu 3% [7].

1.5 Řešení geometrie betonových schodišť – detaily návaznosti ramen a podest

Před samotným statickým výpočtem je potřeba si jakoukoliv konstrukci betonového schodiště přesně definovat geometricky. Pro jednotlivé prvky schodiště rozměrové a další požadavky jsou již uvedené v 1.3 Požadavky na geometrii a bezpečnost schodišť. Geometrie schodiště vychází ze zadaného schodišťového prostoru a jeho ohraničujících konstrukcí.

Nejčastějším typem betonových schodišť jsou schodiště desková, která mohou být řešena s nebo bez podestových nosníků a jsou celkem dobře esteticky působícími konstrukcemi i staticky účinnými.

Důležitým bodem v postupu návrhu deskového x-ramenného schodiště je vyřešení **detailu** návaznosti (napojení) desek ramene na desku podestovou, neboli vyřešit místo přechodu ze šikmé desky na desku vodorovnou. Toto můžeme provést ještě předtím, než si rozhodneme, jakou technologií budeme schodiště provádět (prefa, monolit, kombinace).

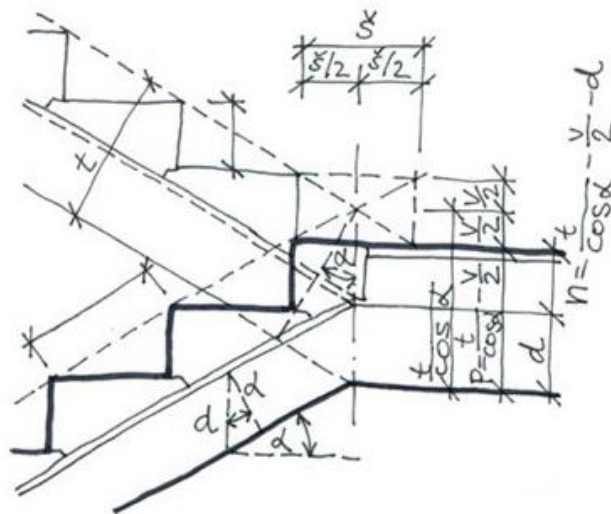
Je ale třeba rozhodnout předem, zda budou např. stupně betonované společně s deskou (což bude u betonových konstrukcí dnes nejčastější) nebo stupně z jiných materiálů umístované na konstrukci až po betonáži (prefa, kámen, žula), mezi nimi a deskou musí být ještě pro stupně podkladní vrstva (cca 20-40mm). Obecně je třeba vědět, jaká bude **finální úprava stupňů** (např.: žádná, guma, teraco, potěr, dřevěné desky, latex, kamenné desky atd.) a jaká bude její celková tloušťka.

Následující detaily řešíme pro dvouramenná schodiště, která jsou jednak nejčastěji v bytových domech používána a hlavně musíme nějak koordinovat a řešit vzájemnou polohu výstupního a nástupního ramene.

Detaily napojení desek podest a ramen lze řešit buďto početně (vzájemně posouváme stupně obou ramen po výstupních čarách a výpočty pak vycházejí z podobnosti trojúhelníků) nebo graficky.

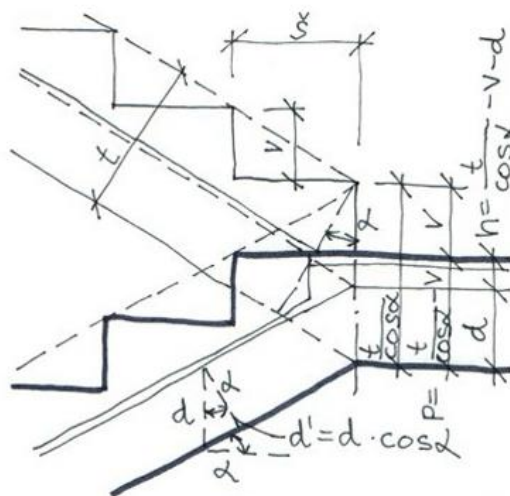
Tedy pokud chceme mít obě průřeznice schodišťových ramen a podesty v jedné rovině, jsou hlavní **početní** dvě řešení tato:

- průřeznice jsou od hrany stupňů posunuté o polovinu šířky stupně ($\frac{\text{š}}{2}$) a hrany nástupního a výstupního stupně jsou v jedné přímce [13], jak je patrné z Obrázku 19:



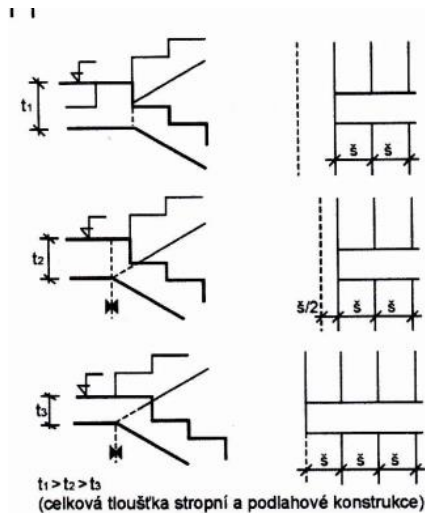
Obrázek 19: Konstrukce detailu 1 – hrany nástupního a výstupního stupně v jedné přímce; z rozměru t (tloušťka ramene i se stupni a jejich úpravou) je odvozen celkový rozměr podesty [13]

- pro návrh minimální tloušťky podlahy na podestě posuneme hrany stupňů o celou šířku stupně [13], viz. Obrázek 20:



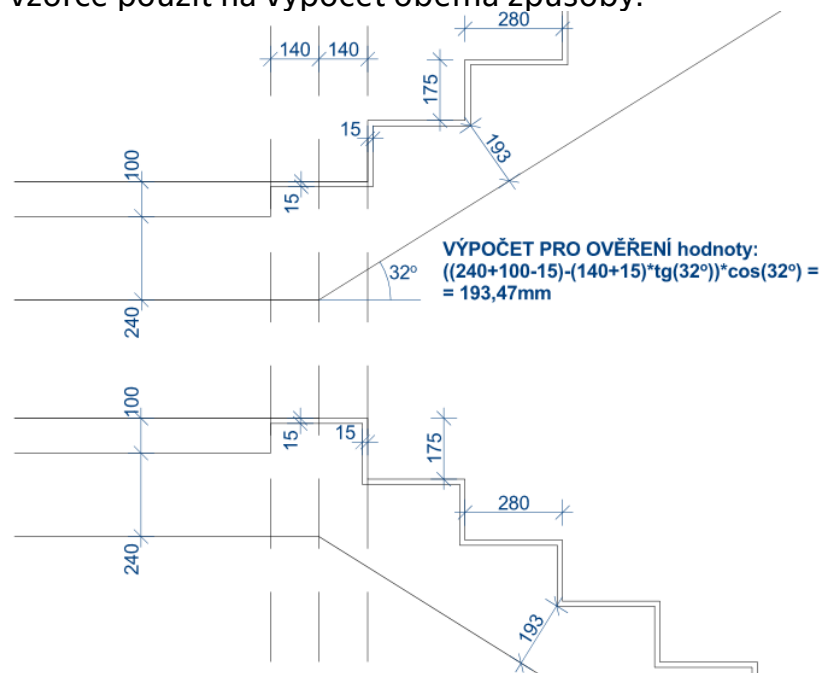
Obrázek 20: Konstrukce detailu 2 – hrany nástupního a výstupního stupně posunutě o šířku stupně; z rozměru t (tloušťka ramene i se stupni a jejich úpravou) je odvozen celkový rozměr podesty, menší tloušťka podesty než v předchozím případě [13]

- podmínkou u této varianty je, že stupně posouváme po výstupní čáře ve směru sestupného ramene, ve směru výstupního bychom naopak tloušťku podesty zvětšovaly, viz. Obrázek 21, kde je porovnání tloušťek desek u těchto tří variant



Obrázek 21: Porovnání tloušťek podestové konstrukce dle posunů hran stupňů na výstupní čáře; t_1 - posun hrany o šířku stupně ve směru výstupního ramene; t_2 - posun hrany o $s/2$; t_3 - posun hrany o šířku stupně ve směru sestupního ramene [2]

Druhou možností, pokud se nám nechce detaily počítat, je tedy řešení **grafické**, kde je dobré si vynést detail v měřítku 1:1 (nebo 1:2, nebo v jakémkoliv měřítku v nějakém počítačovém kreslicím programu). Určíme si povrchovou úpravu stupňů a dále vynášíme detail - viz. Obrázek 22. Jde o to, zda si vynášíme šikmou desku a zjišťujeme tloušťku podesty s podlahou na ní, nebo si naopak vyneseme podestu s podlahou a zjišťujeme tloušťku šikmé desky. To samé platí i pro početní variantu, můžeme vzorce použít na výpočet oběma způsoby.



Obrázek 22: Vynesení detailů návaznosti podesty a ramene; průsečík desek ve vzdálenosti $s/2$ od hran stupňů, hrany stupňů ve stejné přímce; vlastní tvorba

V mém ilustrativním případě na Obrázku 22 měly obě podesty podlahu s kročejovou izolací celkové tl. 100mm a předem byl známý sklon desky ramene a rozměry stupňů, tloušťka podestové ŽB desky a plovoucí podlahy na ní a samozřejmě způsob a tloušťka úpravy stupňů. Jak je patrné, výstupní a jalový stupeň v betonové konstrukci mají zvláštní rozměry (na rozdíl od ostatních běžných), které se také odvíjí od tloušťky podlah podest a tloušťky úprav stupňů. Jalový stupeň má výšku danou rozdílem tloušťky podlahy na podestě a tloušťky úpravy stupňů, šířku má o tloušťku úpravy stupňů větší než stupně běžné. Výstupní stupeň má stejnou výšku, ale šířku zmenšenou o tloušťku úpravy stupňů v porovnání s běžnými stupni. Tyto rozdíly se vytvořením předpokládaných podlah na podestě a úprav stupňů vyrovnají, respektive jalový stupeň zmizí. Tloušťku šikmé ŽB desky poté z detailu odečteme, resp. se zde dá i pro ověření vypočítat dle vzorce připsaného k detailu na Obrázku 22, který jsem si z dané geometrie odvodil.

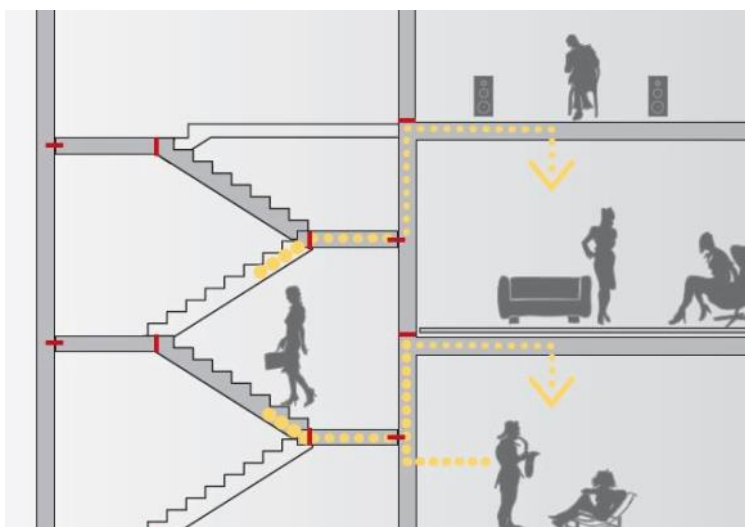
1.6 Konstrukční varianty betonových schodišť s ohledem na akustické oddělení

Požadavky na odhlučnění schodišťových konstrukcí vychází z normy ČSN 73 0532 [14], která stanovuje požadavky na minimální hodnoty **vzduchové a kročejové neprůzvučnosti** pro chráněné místnosti bytových domů, rodinných domů, hotelů, nemocnic, škol a administrativních a správních budov.

V bytových domech a ostatních zmíněných tedy musíme všechny obytné místnosti před hlukem, který se šíří ze schodiště vzduchem (vzduchová neprůzvučnost) nebo konstrukcemi (kročejová neprůzvučnost) chránit. Schodiště můžeme izolovat i všude tam, kde je to přání investora nebo pokud to má význam z hlediska zlepšení akustické pohody. Požadavky na zajištění akustické pohody se neustále stupňují.

- Hodnota indexu **vzduchové neprůzvučnosti** proti hluku ze schodiště (mluvící lidi, štěkající pes, technické zařízení, jakýkoliv hluk přenášejí se vzduchem) je pro ohraničující stěny schodiště dle normy [14] min. 52dB, tomuto požadavku vyhovuje např. stěna z betonu s plošnou hmotností nejméně 350 kg/m² [2], což je alespoň cca 140mm tlustá stěna; ŽB stěny ohraničující schodiště v bytové části našeho domu jsou tloušťky 250mm, tudíž bez problému vyhoví. Pokud by stěny nevyhovely, dá se nechat vzduchovou neprůzvučnost zlepšit provedením zvukoizolačních obkladů stěn (např. minerální vlákna). [2]
- **Kročejová neprůzvučnost** je co se týká konstrukcí schodišť důležitější, je třeba ji na schodišťových konstrukcích zajistit, aby se jakékoliv

zvuky (vibrace) z chůze lidí nebo předmětů padajících na schodiště nepřenesly z konstrukce schodiště dále do chráněných (obytných atd.) místností



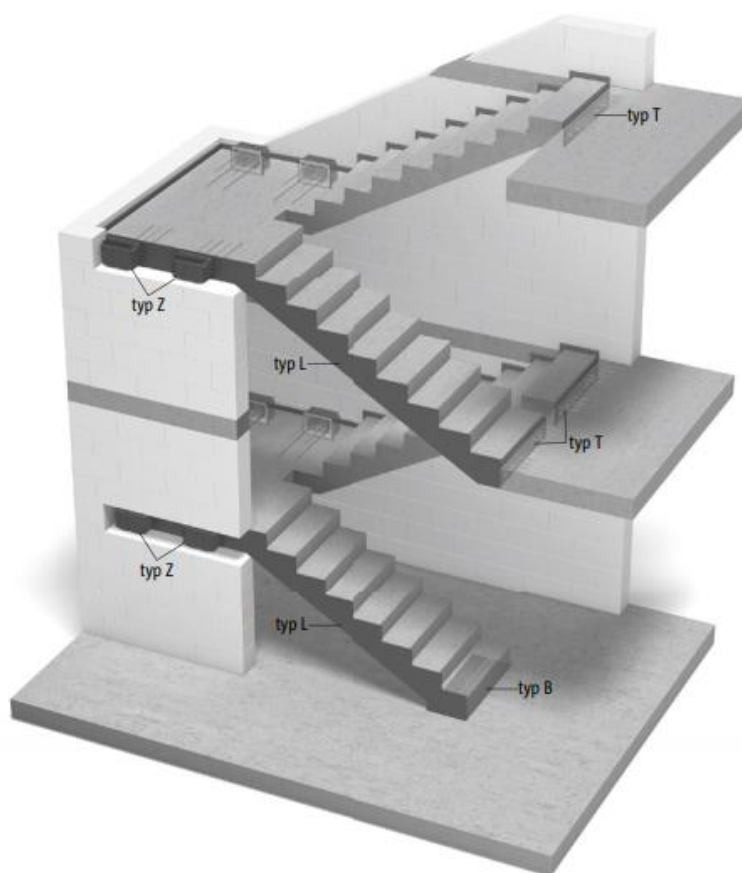
Obrázek 23: Schéma vzniku a šíření vibrací skrze konstrukci; prospekty firmy Max Frank; [online]. In: [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: https://docplayer.cz/docs-images/44/17830526/images/page_5.jpg

Pro zajištění toho, aby se vibrace ze schodišťové konstrukce nešířily do dalších konstrukcí v objektu, je třeba schodiště (ramena i podesty) izolovat od ohraničujících stěn, popř. dalších konstrukcí, na které je napojeno. Toho dosáhneme použitím prvků pro akustickou izolaci, které kročejový hluk omezují. Popřípadě tyto prvky můžeme vhodně zkombinovat s plovoucími podlahami na podestách s dostatečnou vrstvou kročejové izolace (např. cca 40mm tloušťka – desky z minerální vaty nebo elastifikovaného polystyrenu), potom se podesty oddělovat pomocí speciálních prvků nemusí, ale ramena ano.

V České republice působí na trhu čtyři hlavní výrobci prvků pro akustickou izolaci schodiště, všichni pocházející z Německa, jsou to:

- Schöck Wittek s.r.o.
- HALFEN s.r.o.
- Max Frank
- Jordahl and Pfeifer

Tyto firmy vyrábějí v různých variantách velmi podobné výrobky pro přerušení akustických mostů schodišť, jedná se především o akustické boxy – lokální spoje oddělující podesty od okolních stěn, výrobky pro oddělení ramen od podest (na přímé styky i ozuby), spárové desky na vyplnění spár mezi ramena a podestami po obvodě schodišťového prostoru a podložky pro spodní rameno pro oddělení od základové desky (viz Obrázek 24) a to pro ramena a podesty monolitické i prefabrikované. Hodnoty snížení kročejového hluku jsou výrobci udány.



Obrázek 24: Schéma akustického oddělení schodiště pomocí výrobků firmy Schöck Wittek s.r.o.; typ Z – oddělení mezipodesty a stěny pomocí boxů, typ L – spárové desky po obvodě; typ T – oddělení ramene od podesty; typ B – oddělení ramene od základové desky [15]

Akusticky oddělující prvky plní zároveň funkci nosnou, je proto třeba při výpočtu ověřit i jejich únosnost (udávanou výrobcem), s každou různou kombinací těchto prvků se může měnit statické schéma i geometrie schodiště (viz. schémata – Kapitola 2).

Hlavními možnými kombinacemi použití prvků pro akustickou izolaci tedy jsou:

- oddělit ramena od podest (přes speciální akustické prvky nebo přes ozuby) + na podestách je kročejová izolace a ty jsou pevně spojeny s okolními konstrukcemi (pro monolitické i prefabrikované prvky)
- oddělit ramena pevně spojená s mezipodestou od podesty, kde potom spojená ramena s mezipodestou jako celek jsou oddělena pomocí aku. boxů od stěn, na podestě je kročejová izolace, na mezipodestě být nemusí (pro monolitickou variantu, nemá cenu v prefě vyrábět prvek pevně spojené mezipodesty s oběma rameny - problém s výrobou, převozem, usazením) – tato varianta má smysl spíše v případech, že podesta pokračuje dále do objektu

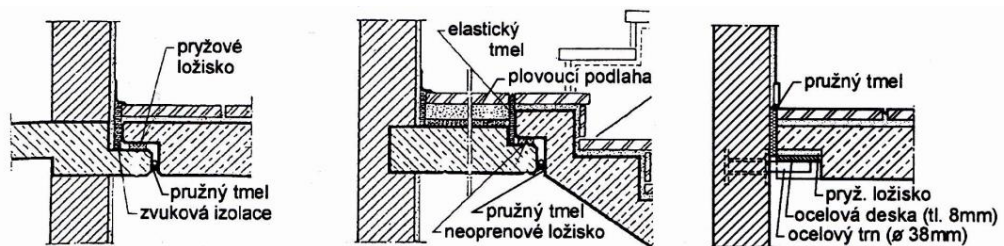
- oddělit pevně spojená ramena s podestami jako celek od okolních konstrukcí pomocí aku. boxů, na podestách a mezipodestách nemusí být kročejová izolace (monolitická varianta)
- oddělit ramena od podest a podesty poté od stěn přes boxy (zejm. od zděných stěn nebo v prefabrikovaném systému) nebo přes další prvky uvedené dále (toto je varianta, pokud použijeme prefa ramena i podesty)

Toto jsou tedy základní možnosti pro vyřešení akustické izolace schodiště od okolních stěn, všechny tyto varianty dále ještě kombinujeme s izolací spár po celém obvodu schodiště spárovými izolačními deskami. Při rekonstrukcích schodišť je možné vkládat akusticky izolační desky přímo do povrchové úpravy stupňů schodišťových ramen.

Samozřejmě v prefabrikovaných stěnových systémech existují i další prvky schodišť jako rameno spojené s polovinou podesty jako celek atd. [2], pak záleží na konkrétním případě v našem objektu, ale principiálně se při akustické izolaci řídíme stejnými postupy – chceme schodiště akusticky oddělit jako celek od okolních konstrukcí.

Dalšími možnostmi akustického oddělení jsou zejména pro prefabrikované podesty např. usazení přes pryžové ložisko na ocelové desky nesené ocelovými trny zabetonovanými ve stěnách, či přes pryžové ložisko na ocelové úhelníky nebo přes pryžové ložisko umístěné na ozubech vykonzolovaných z betonové stěny či věnce (uložení na konzoly se hojně využívá i v celoprefabrikovaných systémech)(viz. Obrázek 25). [2]

I v monolitickém systému stěn můžeme uložit prefabrikované podesty pomocí akustických boxů, musela by se však vést pracovní spára betonáže v úrovni mezipodest (betonáž po polovinách pater), tohoto způsobu uložení se zde spíše využije při uložení podest na zdivo. [16]



Obrázek 25: Alternativní možnosti akustického oddělení; vlevo přes pryžové ložisko na ozubu, vpravo přes pryžové ložisko na trnech s deskami; uprostřed klasicky oddělení ramene přes ozub a tlumící podložku, vibrace na podestě jsou tlumené plovoucí podlahou, podesta může pak být v tomto případě pevně spojena s okolní konstrukcí (stěnami), plovoucí podlaha musí být oddělena i po obvodě dilatačními pásy [2]

Pokud můžeme podesty (mezipodesty) kotvit bez použití prvků pro akustickou izolaci, je možné pro jejich spojení se stěnami použít např. vylamovací lišt (průběžně po celém obvodu podest nebo jenom po částech obvodu) nebo šroubovaných prvků [16], respektive přímo provázat jejich výztuž s výztuží okolních ŽB stěn (popř. dalších konstrukcí – průvlaků, desek, věnců atd.), záleží na postupu betonáže.

1.7 Konstrukce schodišť z hlediska požární bezpečnosti

Z hlediska požární bezpečnosti nás u schodišť především zajímá, jaké klade požadavky na rozměry schodišťových částí – ramen a podest, ty bývají v naprosté většině součástí únikových cest v budovách. Ty se dále dělí na chráněné (CHÚC) a nechráněné (NÚC) a dle toho jsou kladeny požadavky na počet únikových pruhů v nich.

Jeden únikový pruh má šířku 550mm a tato hodnota se násobí vypočítaným požadovaným počtem únikových pruhů na dané únikové cestě. V naprosté většině je třeba mít v objektu alespoň jedno schodiště jako chráněnou únikovou cestu. Nechráněné jsou pouze do požární výšky budovy 9m nebo pro max. 12 bytů a mají mezní délku (od nejbližších dveří k CHÚC nebo mimo objekt) max. 35m. [11]

Jak již bylo zmíněno v dřívějších kapitolách, pro obytné budovy postačí šířka schodiště (jako únikové cesty) – tedy ramen a podest 1100 mm. Pro přesnější určení je nutné vypočítat na schodišti požadovaný počet únikových pruhů, ten závisí především na tom, jaký počet unikajících osob na schodišti dle předpokladů ve výpočtu uvažujeme, na tom zda se jedná o chráněnou či nechráněnou únikovou cestu či na podmínkách evakuace (podmínky v dané budově). Vypočítaný počet únikových pruhů se zaokrouhluje nahoru na poloviny a touto hodnotou se násobí šířka 1 únikového pruhu 550mm. Takto získáme potřebnou minimální šířku pro ramena a podesty našeho schodiště. [11]

Dále platí, že všechny konstrukce schodiště na chráněné únikové cestě včetně povrchových úprav atd. musí být z nehořlavých materiálů. [11]

2. KONSTRUKČNÍ VARIANTY SCHODIŠŤ ZADANÉHO OBJEKTU

2.1 Popis zadaného objektu

Jedná se o polyfunkční dům, umístěný v Praze 5 – Stodůlkách – Britská Čtvrť VIII, o 8 nadzemních a 1 podzemním podlaží, půdorysných obdélníkových rozměrech **22,8x39,6m** a výšce **29,2m**, který jsem staticky řešil v rámci předmětu 133PO2C – Projekt 2 s vedoucí paní doc. Ing. Jitkou Vaškovou, CSc., původně čistě bytový dům jsem rozdělil na dvě části – bytovou a komerční (obchody 1. až 5. NP, kanceláře 6. až 8. NP) – oddělené od 2.NP výše (typická podlaží) nosnou dvojitou zvukově izolační stěnou. V 1.NP jsou v bytové části garáže na úrovni terénu a v komerční vstupní prostory s maloobchodem. V 1.PP jsou podzemní garáže s příjezdem přes vnější kruhovou rampu. Ve všech patrech je hlavní nosnou vodorovnou konstrukcí ŽB monolitická deska tl. 250mm z betonu pevnostní třídy C30/37, v bytové části je nesena zděnými a monolitickými ŽB stěnami a v komerční části je skeletový monolitický systém s lokálně podepřenými deskami, v garážích v 1.PP a 1.NP jsou desky pnuté mezi ŽB průvlaky. Obvodové stěny objektu jsou ŽB monolitické tl. 250mm, pouze z jihu objektu je obálkou budovy lehký obvodový prosklený plášť typu Reynaers CW montovaný na okraje nosných ŽB desek.

Venkovní kruhová rampa překonává konstrukční výšku jednoho podlaží (tedy 3550 mm) a je rozměrově půdorysně řešena dle požadavků zmiňovaných v kapitole 1.4.2 Požadavky na geometrii a bezpečnost ramp pojízdných, viz. **Příloha č. 1 (Situace objektu)**.

Dále již rampu neřešíme a zaměřujeme se na schodiště.

V **bytové části** se nachází schodišťový prostor o půdorysných rozměrech **6750x2500mm**, který vede přes všechna patra objektu a je zcela uzavřen obvodovou ŽB monolitickou stěnou, s přístupem dveřmi z patrových chodeb, sloužící též jako chráněná úniková cesta (**Schodiště č. 1**).

V komerční části se nachází schodiště vedoucí skrze patra této části od 1.NP do 8. NP vedle evakuačních výtahů. Je nutno poznamenat ke stavební části, že toto schodiště bude muset být nejspíše ještě zcela odděleno od okolních prostor konstrukcí, která vyhoví požárním předpisům, aby tvořilo CHÚC (chráněnou únikovou cestu) z komerční části. Toto schodiště však v rámci bakalářské práce neřešíme (**Schodiště č. 3**).

Dále je v komerční části prostor, ve kterém chceme zbudovat schodiště spojující v rámci obchodních ploch dvě patra (**Schodiště č. 2**), označený stejně jako předchozí dvě schodiště v **Přílohách č. 2a, 2b (Půdorys typického podlaží (2.NP) a Půdorys vstupního podlaží (1.NP) s vyznačením jednotlivých schodišťových prostorů v objektu)**.

2.2 Materiálové charakteristiky betonových schodišť v objektu

Ve statických výpočtech všech betonových konstrukcí (desky, stěny, sloupy) v typických podlažích naší budovy bylo uvažováno použití betonu třídy C 30/37, tedy u všech uvažovaných schodišťových konstrukcí budeme počítat s touto třídou betonu, materiálové charakteristiky pro všechny výpočty jsou následující (beton dle ČSN EN 206-1 [17]; bet. ocel dle ČSN EN 1992-1-1 [21]):

Beton: **C 30/37** (pevnostní třída betonu)

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

$$f_{ck,cube} = 37 \text{ MPa} \quad f_{cm} = 38 \text{ MPa}$$

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

$$f_{ctk;0,05} = 2 \text{ MPa} \quad f_{ctk;0,95} = 3,8 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa} \quad \epsilon_{cu} = 3,5 \text{ ‰}$$

další specifikace betonu:

- stupeň vlivu prostředí **XC1** – **suché** nebo stále mokré – beton uvnitř s nízkou (30% - 60%) vlhkostí vzduchu (min. pevnostní třída pro tento stupeň vlivu prostředí dle [17] je C 16/20 (pro životnost 50 let) nebo C 20/25 (bez rozlišení životnosti) → VYHOVUJE; dále je třeba dbát při výrobě na normové požadavky na vlastnosti a složení betonu dle [17] z toho vyplývající – max. vodní součinitel, min. množství cementu, stupeň provzdušnění a další)
- nejvyšší povolený obsah chloridů v betonu uvažujeme kategorie **Cl 0,2** (pro beton s nepředpjatou ocelovou výztuží nebo jinými kovovými vložkami lze zvýšit až na kategorii Cl 0,4 → VYHOVUJE)
- maximální velikost zrna (horní mez frakce) kameniva v betonu volíme **D_{max} = 16 mm** (měla by být menší než ¼ nejmenšího rozměru konstrukce, menší o 5 mm než nejmenší vzdálenost mezi pruty výztuže a menší než 1,3 násobek krycí vrstvy výztuže [17] → na což je třeba brát dále zřetel, ale uvažujeme, že tato max. velikost vyhoví)
- konzistenci betonu pro monolitické prvky budeme požadovat třídy **S4** (pro dobrou zpracovatelnost směsi na stavbě a řádné probetonování konstrukce), tato třída konzistence bude ověřena zkouškou sednutí kužele dle ČSN EN 12350-2 [18] a to na stavbě i místě výroby betonu

Celková specifikace betonu použitého na počítané schodišťové konstrukce může tedy být:

C 30/37 – XC1 – CI 0,2 – D_{max} 16mm – S4

Ocel: **B500B** (betonářská výztuž)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

2.3 Výpočet krytí u betonových schodišť v objektu

- beton (viz. kapitola 2.2): C 30/37 – XC1 – CI 0,2 – D_{max} 16mm – S4

- předpokládaný max. profil výztuže: $\emptyset_s = 10\text{mm}$

- návrhová životnost: 50 let – budovy a další běžné stavby → doporučená třída konstrukce S4 dle ČSN EN 1992-1-1 [21]

- výpočet:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev};$$

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

$$\text{kde: } c_{min,b} = \emptyset_s = 10\text{mm}$$

$c_{min,dur} = 10\text{mm}$; pro stupeň vlivu prostředí XC1 a třídu konstrukce S3 (resp. S2) - třída konstrukce S4 dle [21] snížena kritériem pevnostní třídy (C 30/37) na S3; resp. dále na S2 kritériem deskové konstrukce, což však již minimální krycí vrstvu nezmenší

$\Delta c_{dur,\gamma} = \Delta c_{dur,st} = \Delta c_{dur,add} = 0$; zohlednění další ochrany výztuže, doporučená hodnota

$$c_{min} = \max\{10; 10; 10\} = 10\text{mm}$$

$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$; pro monolitické prvky konstrukce

= 5mm; pro prefabrikované prvky konstrukce (zajištění kvality měření krycí vrstvy ve výrobě, řádná kontrola ukládání výztuže)

• **betonové monolitické prvky:**

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20\text{mm}$$

• **betonové prefabrikované prvky:**

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 5 = 15\text{mm}$$

2.4 Zatížení na schodiště v objektu

Zde je soupis všech plošných zatížení (ostatní stálá a užitná) na schodiště v obou částech objektu (bytová, komerční), se kterými předem počítáme. Z nich poté u jednotlivých posuzovaných variant schodišť zjišťujeme zatížení liniová a bodová na ramena, podesty a jednotlivé spojovací prvky částí schodišť. Nejsou zde uvedena zatížení od vlastní tíhy betonových konstrukcí desek schodišť, ta vycházejí vždy z geometrického a konstrukčního řešení a jsou tedy u každé varianty jiná.

2.4.1 Zatížení na schodiště – BYTOVÁ část

- **zatížení podest od uvažovaných plovoucích podlah**

(skladba podlah:

dlažba keramická tl. 9mm
lepidlo na ker. dlažbu QUARTZ FX C2TE tl. 6mm
penetrace
beton vyztužený KARI sítí (eventuálně ANHYDRIT) tl. 45mm
separační PE folie tl. 0,2mm
elastifikovaný polystyren (EPS FLOOR) tl. 40mm
(celková tloušťka Σ 100mm)

→ zatížení:

$$(g-g_0)_{p,k} = (9 \cdot 2200 + 6 \cdot 1500 + 45 \cdot 2400 + 40 \cdot 30) \cdot 10^{-5}$$
$$(g-g_0)_{p,k} = 1,38 \text{ kN/m}^2$$
$$(g-g_0)_{p,d} = 1,35 \cdot (g-g_0)_{p,k} = 1,863 \text{ kN/m}^2$$

- **zatížení ramen od uvažovaných povrchových úprav stupňů**

(skladba podlah:

dlažba keramická (schodovka) tl. 9mm
lepidlo na ker. dlažbu QUARTZ FX C2TE tl. 6mm
(celková tloušťka Σ 15mm)

→ zatížení:

$$g_{1,r,k} = (9 \cdot 2200 + 6 \cdot 1500) \cdot 10^{-5}$$
$$g_{1,r,k} = 0,288 \text{ kN/m}^2$$
$$g_{1,r,d} = 1,35 \cdot 0,288 = 0,389 \text{ kN/m}^2$$

- **zatížení ramen od ŽB stupňů**

(stupně výšky 177,5mm (viz. geometrie schodiště č. 1) → náhradní vrstva betonu $177,5/2 = 88,75\text{mm} \rightarrow 88,75 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 2,219 \text{ kN/m}^2$)

→ zatížení:

$$g_{2,r,k} = 2,219 \text{ kN/m}^2$$
$$g_{2,r,d} = 1,35 \cdot 2,219 = 2,995 \text{ kN/m}^2$$

→ celkové zatížení ramen od ŽB stupňů a jejich povrchových úprav:

$$(g-g_o)_{r,k} = g_{1,k} + g_{2,k} = 0,288 + 2,219 = 2,507 \text{ kN/m}^2$$

$$(g-g_o)_{r,d} = g_{1,d} + g_{2,d} = 0,389 + 2,995 = 3,384 \text{ kN/m}^2$$

- užitné zatížení – kategorie A, bytové domy (dle ČSN EN 1991-1-1 [20])

→ zatížení: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$
 $q_d = 1,5 * 3 = 4,5 \text{ kN/m}^2$

2.4.2 Zatížení na schodiště – KOMERČNÍ část

- OSTATNÍ STÁLÁ zatížení od povrchových úprav stupňů ramen a podlah podest zde neuvažujeme – počítáme pouze s úpravou napenetrovaného povrchu schodišť betonovou stěrkou (imitující pohledový beton) – max. tl. 2mm

- zatížení ramen od ŽB stupňů
(stupně výšky 161,36mm (viz. geometrie schodiště č. 2) → náhradní vrstva betonu $161,36/2 = 80,682\text{mm}$ → $80,682 * 10^{-3} * 25 = 2,017 \text{ kN/m}^2$)

→ zatížení: $g_{2,r,k} = 2,017 \text{ kN/m}^2$
 $g_{2,r,d} = 1,35 * 2,017 = 2,723 \text{ kN/m}^2$

$$(g-g_o)_{r,d} = g_{2,r,d} = 2,723 \text{ kN/m}^2$$

- užitné zatížení – kategorie D2, komerční prostory - obchodní domy (dle ČSN EN 1991-1-1 [20])

→ zatížení: $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$
 $q_d = 1,5 * 5 = 7,5 \text{ kN/m}^2$

2.5 Konstrukční varianty a předběžné výpočty schodiště č. 1 – BYTOVÁ ČÁST

2.5.1 Návrh geometrie schodiště č. 1

- schodišťový prostor

- konstrukční výška podlaží $h_k = 3550$ mm
(vychází z potřeb komerční části – $3000+200+250+100 \rightarrow$ světlá výška + podhled + ŽB deska + podlaha)
- rozměry pole 2500×6750 mm
- tloušťka stropní desky $h_d = 250$ mm
(není pro nás rozhodující ve schodišti odděleném od zbytku objektu)
- skladba podlahy uvažována $h_p = 100$ mm
- skladba podlahy stupňů uvažována $h_s = 15$ mm

- návrh rozměrů schodiště

- výšku stupňů chceme do 180mm (bytová část domu)
- $3550/180 = 19,72 \rightarrow 20$ stupňů (2 ramena po 10 stupních)
- výška stupně $h = 3550/20 = 177,5$ mm
- šířka stupně $b = 630 - 2h = 275$ mm

NÁVRH: Dvouramenné schodiště deskové se stupni 177,5/275 mm, 10 stupňů v 1 rameni

- šířku ramene volíme 1100 mm
- šířku zrcátka volíme 300 mm
- šířky podesty a mezipodesty volíme (vychází) 2000 mm
- šířka schodiště je $2 \cdot 1100 + 300 = 2500$ mm
- sklon schodiště je $\alpha = \arctan(177,5/275) = 32,84^\circ$

- kontrola tloušťky desek (dle empirie)

- Podesty jsou jednosměrně pnuté desky na rozpon 2500mm \rightarrow minimální tloušťka $2500/25 = 100$ mm
- Rameno je jednosměrně pnutá deska na rozpon (maximální ze zvolených variant akustického oddělení) $2750 + 275 = 3025$ mm \rightarrow minimální tloušťka $3025/25 = 121$ mm

- tloušťku podesty volíme **dle zvoleného typu akustického oddělení prvků schodiště a jejich technologického provedení** (minimální tloušťka desky dle prospektu Schöck Wittek [15] podesty pro umístění aku. boxů nebo prvků na přerušení aku. mostů mezi ramenem a podestou pro monolit i prefa je větší nebo rovna 160 mm; pro prvky přerušující

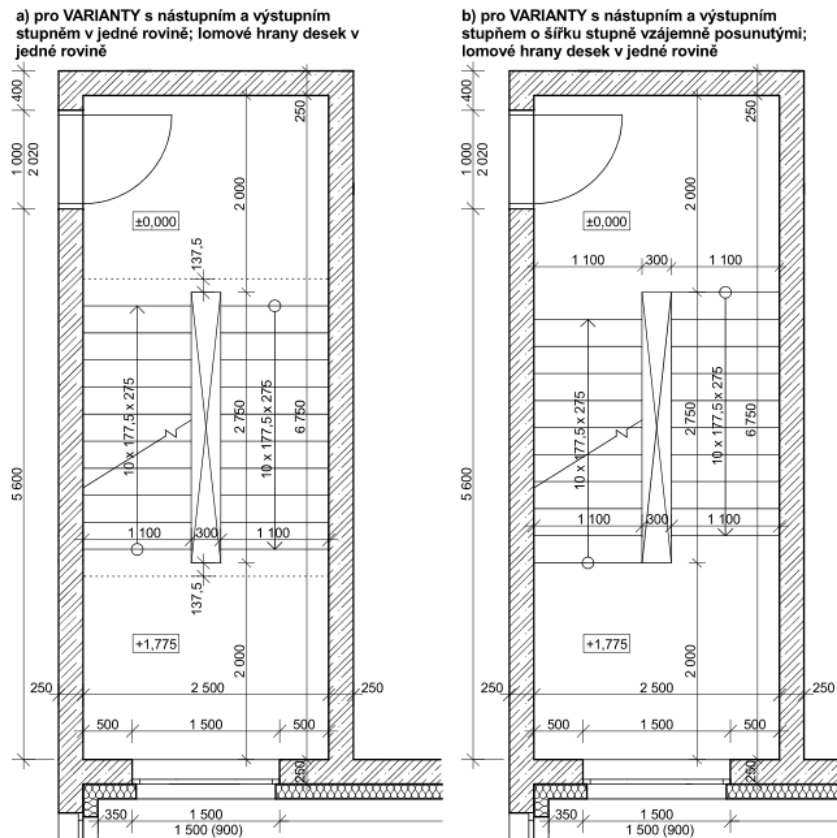
akustické mosty na ozubech (pro zachování dostatečné tloušťky ozubů) mezi (prefa) ramenem a podestou je to 200 mm nebo 180 mm, pokud je ozub ramene nadvýšen nad úroveň podesty alespoň o 30mm – tedy pokud počítáme s podlahou na podestě alespoň o této tloušťce) → tloušťky desek ramen jsou tedy počítány dále dle zvolených variant schodišť a tlouštěk desek podest a vychází z detailů napojení ramen a podest

- ověření podchodné a průchodné výšky schodiště

Ověříme pro nejnepříznivější variantu a budeme vědět, že výšky vyhoví pro všechny varianty. Tou je varianta, kdy máme podestu složenou ze ŽB desky tl. 180 mm a podlahy tl. 100 mm.

- Podchodná výška schodiště musí být vyšší než větší z hodnot $1500 + 750 / \cos \alpha = 1500 + 750 / \cos(32,84^\circ) = 2392,66 \text{ mm}$ a 2100 mm
Podchodná výška našeho schodiště je $h_1 = h_k - h_p - h_d - h_{\text{stupně}} = 3550 - 100 - 180 - 177,5 = 3092,5 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$
- Průchodná výška schodiště musí být vyšší než větší z hodnot $750 + 1500 \cdot \cos \alpha = 750 + 1500 \cdot \cos(32,84^\circ) = 2010,28 \text{ mm}$ a 1950 mm
Průchodná výška našeho schodiště je $h_2 = h_1 \cdot \cos \alpha = 3092,5 \cdot \cos(32,84^\circ) = 2598,28 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

2.5.2 Schéma schodiště č. 1



Obrázek 26: Schémata schodiště č. 1 před volbou konstrukčně-statických variant; obvodové stěny schodiště ŽB monolit; VLEVO schéma pro varianty podest s kročejovou izolací; VPRAVO schéma pro varianty podest bez kročejové izolace; vlastní tvorba

2.5.3 Konstrukční varianta č. 1 – MONOLIT 1 (ramena i podesty monolitické, akustická oddělení ramen od podest, podesty s kročejovou izolací)

V této variantě zajišťujeme akustickou izolaci konstrukce schodiště (přerušení akustických mostů) tím, že oddělíme ramena od podest prvky Schöck Tronsole typ T (celková specifikace T-V4-H160-L1100 → viz. návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků), společně s nimi ramena oddělujeme od stěn a od podest v místě přesahu ramene a podesty o polovinu šířky stupně spárovými deskami Schöck Tronsole typ L-420 tloušťky 15mm (vše je patrné na následujících schématech konstrukce).

Podesty v úrovni pater jsou poté přímo spojeny s ŽB stěnami provázáním výztuže a mezipodesty jsou se stěnami přímo spojeny po stranách na délku 1862,5mm vylamovacími lištami Max Frank STABOX typ STA 12B 8 20 se smykovou výztuží dle systému výrobce (viz. návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků). K akustické izolaci podest a mezipodest slouží na nich umístěná plovoucí podlaha tl. 100mm (musí být oddilatována i po svém obvodu dilatačními páskami, a to i v místě styku podlahy a povrchové úpravy stupňů) s vloženou kročejovou izolací – elastifikovaný polystyren tl. 40mm (kompletní skladba viz. kapitola 2.4.1 Zatížení na schodiště – BYTOVÁ část). Povrchová úprava stupňů je zvolena tl. 15mm – viz. též kapitola 2.4.1.

Minimální tloušťka desky podesty je pro použití prvku Schöck Tronsole typ T – $h_{d,p} = 160\text{mm}$, volíme tedy tuto tloušťku a tloušťka desky ramene vychází z detailu napojení ramene a podesty. V této variantě je na podestách podlaha dostatečné tloušťky, je tedy možné zvolit geometrickou variantu s posunutím hran nástupních a výstupních stupňů o polovinu šířky stupně od hrany lomu desek (viz. také na následujících schématech). Z detailu vychází tl. desky ramene $h_{d,r} = 123\text{mm} > 3025/25 = 121\text{mm} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$.

- návrhová zatížení podest a ramen (plošná a liniová)

$$f_{p,d} = (g-g_0)_{p,d} + \gamma_G \cdot (25 \cdot h_{d,p}) + q_d = 1,863 + 1,35 \cdot (25 \cdot 0,16) + 4,5$$

$$f_{p,d} = 11,763 \text{ kN/m}^2$$

(potřebná liniová zatížení podesty řešíme dle stat. schémat)

$$f_{r,d} = (g-g_0)_{r,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 3,384 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,123}{\cos(32,84^\circ)} \right) + 4,5$$

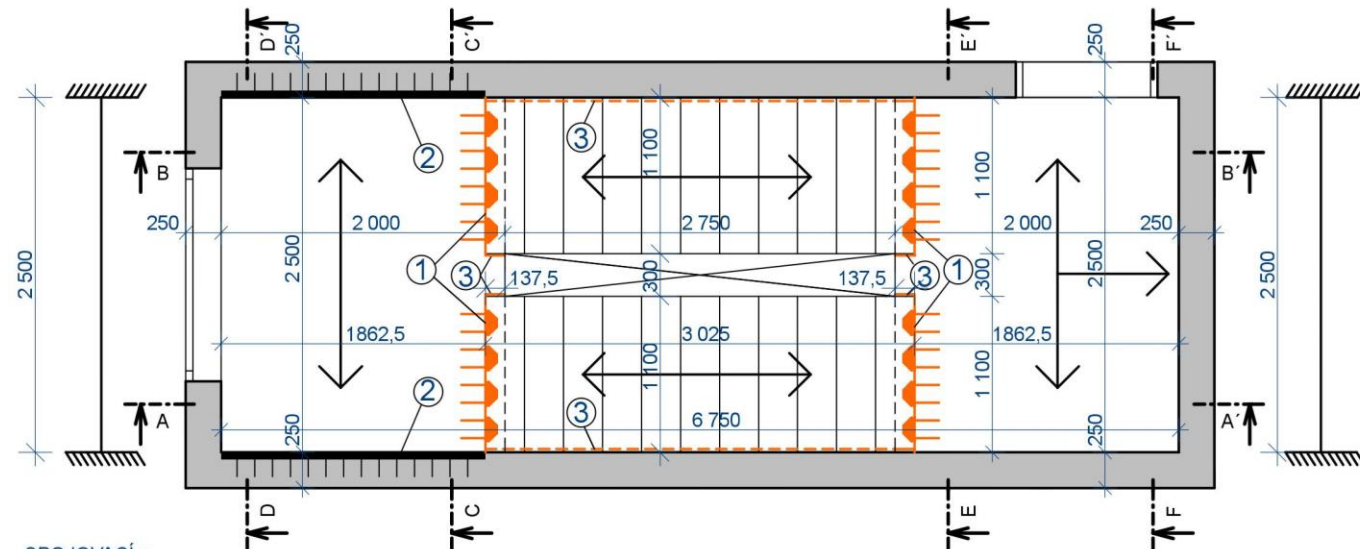
$$f_{r,d} = 12,825 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d}' = f_{r,d} \cdot \cos(32,84) = 12,825 \cdot \cos(32,84) = 10,776 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,lin} = 1,1 \cdot f_{r,d} = 1,1 \cdot 12,825 = 14,108 \text{ kN/m}$$

$$f_{r,d,lin}' = 1,1 \cdot f_{r,d}' = 1,1 \cdot 10,776 = 11,854 \text{ kN/m}$$

VARIANTA č. 1 - Konstrukční schéma - půdorys [1:50]



SPOJOVACÍ a AKUSTICKÉ PRVKY:

- ① prvek pro akustické oddělení ramen a podest SCHÖCK Tronsole typ T-V4-H160-L1100 (viz. stat. výpočet)
- ② vylamovací lišty Max Frank STABOX typ STA 12B 8 20, dl. 1862,5mm (viz. stat. výpočet)
- ③ spárové desky SCHÖCK Tronsole - typ L-420 (h=420mm; t=15mm)

LEGENDA: ŽELEZOBETON (v řezu)

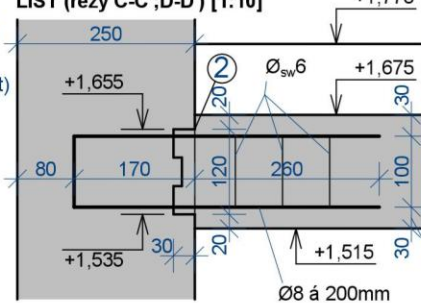
\longleftrightarrow SMĚRY PNUTÍ ŽB DESEK

PRVKY PRO AKUSTICKOU IZOLACI

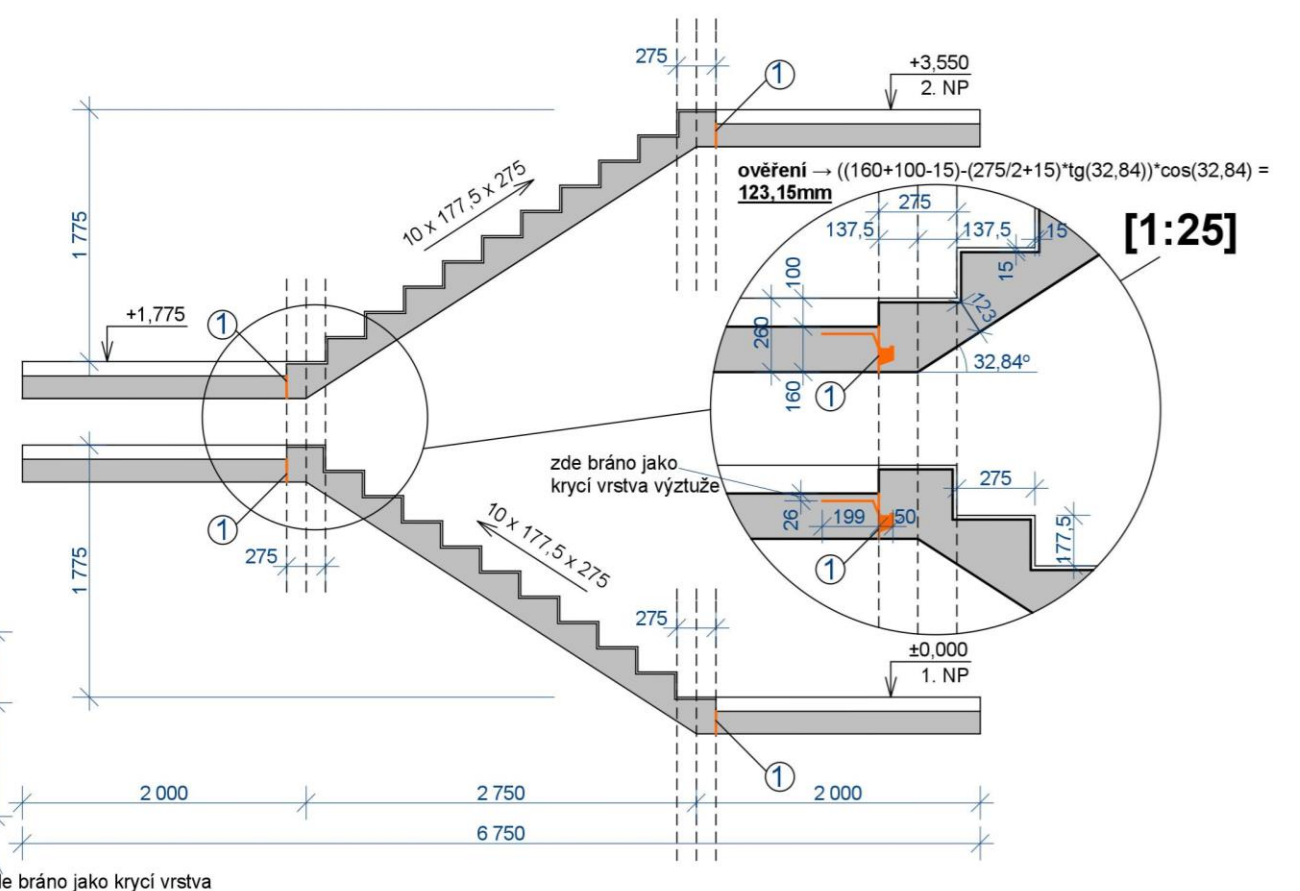
VYZNAČENÍ LOMOVÉ HRANY DESKY RAMENE (zespodu)

(POZN.: tato LEGENDA platí i pro všechna následující schémata schodiškových prostorů)

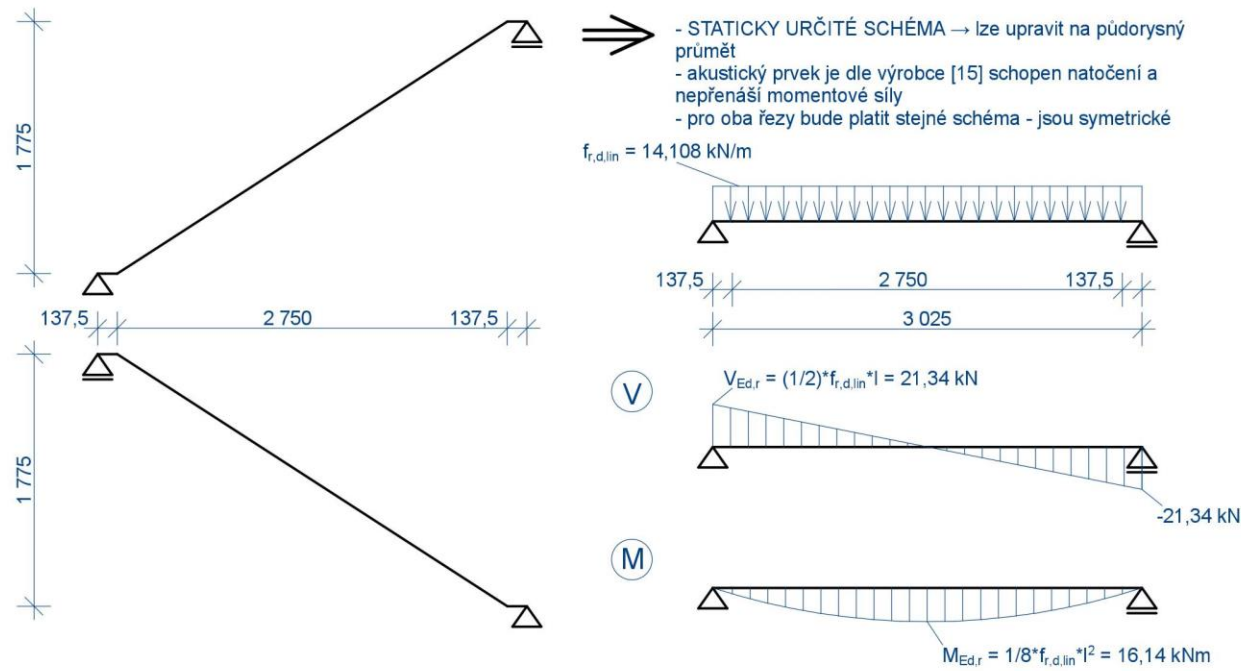
VÝŠKOVÉ OSAZENÍ VYLAMOVACÍCH LIŠT (řezu C-C';D-D') [1:10]



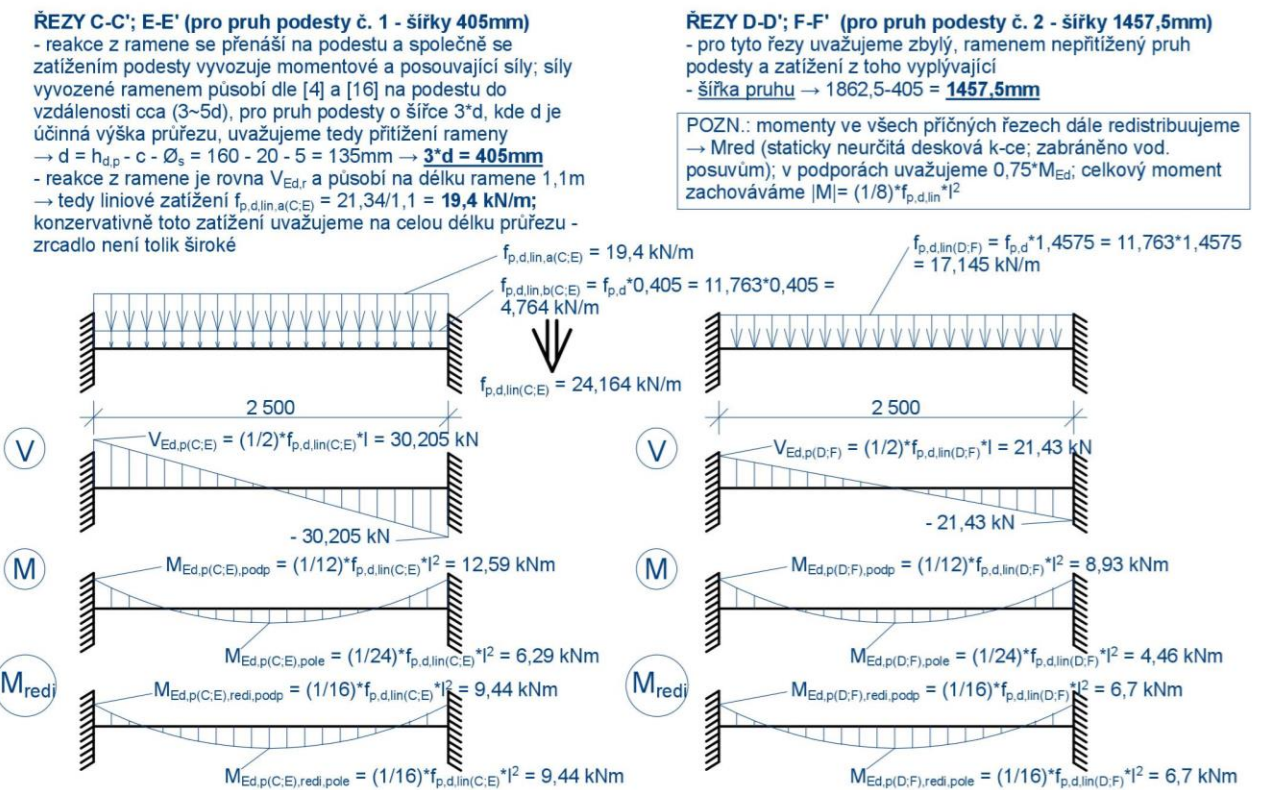
Konstrukční schéma - podélné řezy A-A'; B-B'; [1:50]



Statické schéma + zatížení - podélné řezy A-A'; B-B'



Statické schéma + zatížení - příčné řezy C-C' až F-F'



Obrázek 27: Konstrukční a statická schémata

VARIANTA č. 1, Schodiště č. 1; vlastní tvorba

- návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků

- ke spojení ramen a podest a zároveň k jejich akustickému oddělení jsme použili prvek **Schöck Tronsole typ T** [15], který k tomuto účelu slouží, systém jsme zvolili jako monolitický, další možností by bylo tímto prvkem napojovat na monolitickou nebo poloprefabrikovanou podestu i rameno prefabrikované, minimální tloušťka ŽB desek podest pro napojení je 160mm (značení prvku **H160**), tuto minimální jsme tedy zvolili a z ní se následně odvíjely i tloušťky desek ramen; šířka ramen je 1100mm (značení prvku **L1100**); tloušťka prvku je 14mm

maximální smyková síla působící na prvek dle předešlých výpočtů je $V_{Ed,r} = 21,34 \text{ kN}$; volíme proto prvek typu **T-V4**, u kterého výrobce [15] udává smykovou únosnost ve svislém směru $V_{Rd,z} = 28,6 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,z} = 28,6 \text{ kN} > V_{Ed,r} = 21,34 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$

celková specifikace prvků použitých ke spojení desek ramen a podest je tedy **Schöck Tronsole typ T-V4-H160-L1100**; podrobnější geometrické specifikace viz. [15]

- pro přímé napojení mezipodest na ŽB stěny bylo použito vylamovacích lišt Max Frank STABOX typ **STA 12B 8 20 se smykovou výztuží** (která je součástí prvku, prováděná dle systému výrobce; tabulkové hodnoty únosnosti jsou uváděny při započítání i této výztuže) \rightarrow tato specifikace znamená typ STABOX S, **12B** – tvar B (smyčka) + šířka pouzdra 120mm, třmeny $\varnothing_s = 8\text{mm}$ s roztečí **200mm**; (+ standardní výška třmenů $h = 170\text{mm}$ (délka, kterou zasahují do stěny) a délka přesahu třmenů (od okraje stěny do desky) $l_0 = 260\text{mm}$ (pro $\varnothing 8$) \rightarrow všechny tyto, popř. i další podrobnější geometrické specifikace pro zvolený prvek viz. [22]

pro zvolený typ vylamovací výztuže výrobce [22] (při užití betonu třídy C 30/37 a pro účinnou výšku průřezu 120mm) udává smykovou únosnost $V_{Rd} = 87,4 \text{ kN/m}$ (zvolili jsme nejmenší možnou únosnost pro třmeny se smykovou výztuží, při braní v úvahu maximální možné geometrie našeho prvku při zabudování v desce by žádný prvek bez přidané smykové výztuže dle výrobce nevyhověl); největší působící smyková síla na prvek je v našem případě $V_{Ed,p(C;E)} = 30,205 \text{ kN}$ v pruhu 1 (řezy C,E) šířky **405mm** \rightarrow tedy na tuto délku vyl. lišt působí $V_{Ed,p(C;E),lin} = 30,205/0,405 = 74,58 \text{ kN/m} \rightarrow V_{Rd} = 87,4 \text{ kN/m} > V_{Ed,p(C;E),lin} = 74,58 \text{ kN/m} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$

- ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ železobetonových desek a výpis potřebné a minimální plochy ohybové výztuže

Tabulka 1: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 1; vlastní tvorba

[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[mm]
f_{cd}	f_{ctm}	f_{yk}	f_{yd}	c	\varnothing
20	2,9	500	434,78	20	10

(C30/37; B500B) (přepoklad max. průměru výztuže $\varnothing = 10\text{mm}$)

	[mm]	[mm]	[mm]	[kNm]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		
	b	h_d	d	M_{Ed}	μ	ξ	$A_{s,rqd}$	$A_{s,min,1}$	$A_{s,2,min,2}$	$A_{s,min,3}$		
(ramena - řezy A-A'; B-B')	D.r-pole, spodní výztuž	1100	123	98	16,14	0,076	0,099	391,94	162,56	140,14	156,95	vyhoví
(podesty - řezy C-C'; E-E')	D.p(C,E) - pruh č.1 - pole, spodní výztuž	405	160	135	9,44	0,064	0,083	166,19	82,45	71,08	75,17	vyhoví
	D.p(C,E) - pruh č.1 - podpory, horní výztuž	405	160	135	9,44	0,064	0,083	166,19	82,45	71,08	75,17	vyhoví
(podesty - řezy D-D'; F-F')	D.p(D,F) - pruh č.2 - pole, spodní výztuž	1457,5	160	135	6,70	0,013	0,017	120,20	296,72	255,79	270,51	vyhoví
	D.p(D,F) - pruh č.2 - podpory, horní výztuž	1457,5	160	135	6,70	0,013	0,017	120,20	296,72	255,79	270,51	vyhoví

(z TAB.)

POZN.: hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$

POZN.: hodnoty ξ získány z hodnot μ lineární interpolací z tabulkových hodnot. [online]. In: [cit. 2019-01-09].

Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~bilypet1/vyuka/BK01/DCV1_soucinitele.xls

POZN.: desky nebo jejich jednotlivé pruhy zde posuzujeme na jejich celou šířku, nikoliv na m'

POZN.: pro snadnou orientaci viz. předešlá konstrukční a statická schémata s vyznačenými řezy

2.5.4 Konstrukční varianta č. 2 – MONOLIT 2 (ramena i podesty monolitické, akustická oddělení podest od stěn, podesty bez kročejové izolace)

V této variantě zajišťujeme akustickou izolaci konstrukce schodiště (přerušeni akustických mostů) tím, že oddělíme podesty od okolních ŽB stěn prvky Schöck Tronsole typ Z (akustické boxy - celková specifikace Z-V+V-T → viz. návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků), podesty a ramena jsou spolu pevně spojeny jako celek provázáním výztuže. Společně s nimi podesty i ramena oddělujeme od stěn po celém obvodě spárovými deskami Schöck Tronsole typ L tloušťky 15mm (po obvodě podest typ L-250, po obvodě ramen typ L-420 – zde je třeba větší výška pro izolaci), vše viz. opět následující schémata..

Akustické boxy mají vnější rozměry (b x h x t) 336x228x150 mm [15]. Jsou umístěny vždy po 4ks v úrovni každé podesty i mezipodesty a zasahují do ŽB stěn celou svojí tloušťkou 150mm. Půdorysně jsou uspořádány tak, že 2ks jsou vždy umístěny vnějším lícem 150mm od hrany lomu desek (aby se např. výztuž armokošů v nich příliš nekryla s ohybovou výztuží desek) a 2ks jsou u vnějších okrajů podest vnějším lícem 15mm od stěny (kvůli spárovým deskám). Konstrukce schodiště je oddělena od okolí jako celek, na podestách tedy není třeba kročejová izolace, povrchová úprava podest i stupňů je stejná tl. 15mm.

Minimální tloušťka desky podesty je pro použití prvku Schöck Tronsole typ Z – $h_{d,p} = 160\text{mm}$, volíme tedy tuto tloušťku a tloušťka desky ramene vychází z detailu napojení ramene a podesty. V této variantě posuneme hrany výstupních stupňů ramen od lomových hran o šířku stupně, abychom z takové tloušťky podesty získali dostatečnou tloušťku desky ramene, hrany nástupních stupňů jsou v rovině lomu desek. Z detailu vychází tl. desky ramene $h_{d,r} = 127\text{mm} > 2750/25 = 110\text{mm} \rightarrow$ VYHOVÍ).

- návrhová zatížení podest a ramen (plošná a liniová)

$$f_{p,d} = g_{1,d} + \gamma_G \cdot (25 \cdot h_{d,p}) + q_d = 0,389 + 1,35 \cdot (25 \cdot 0,16) + 4,5$$

$$f_{p,d} = 10,289 \text{ kN/m}^2$$

(potřebná liniová zatížení podesty řešíme dle stat. schémat)

$$f_{r,d} = (g - g_0)_{r,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 3,384 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,127}{\cos(32,84^\circ)} \right) + 4,5$$

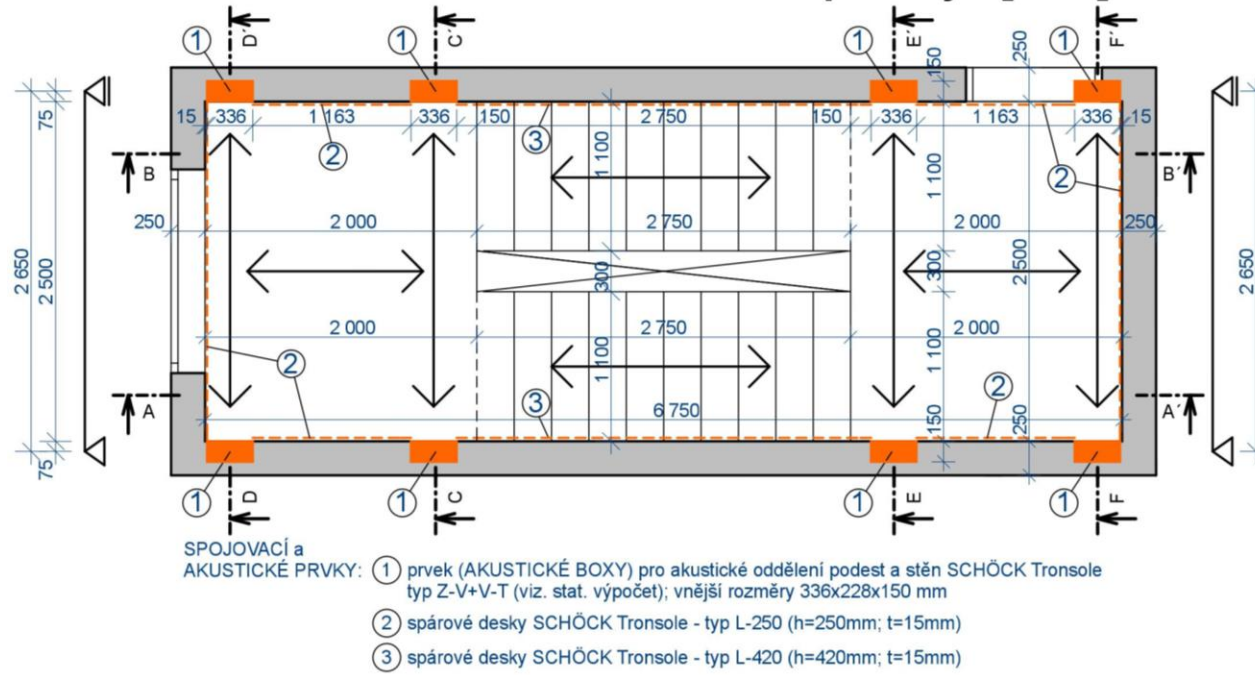
$$f_{r,d} = 12,986 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d}' = f_{r,d} \cdot \cos(32,84) = 12,825 \cdot \cos(32,84) = 10,91 \text{ kN/m}^2$$

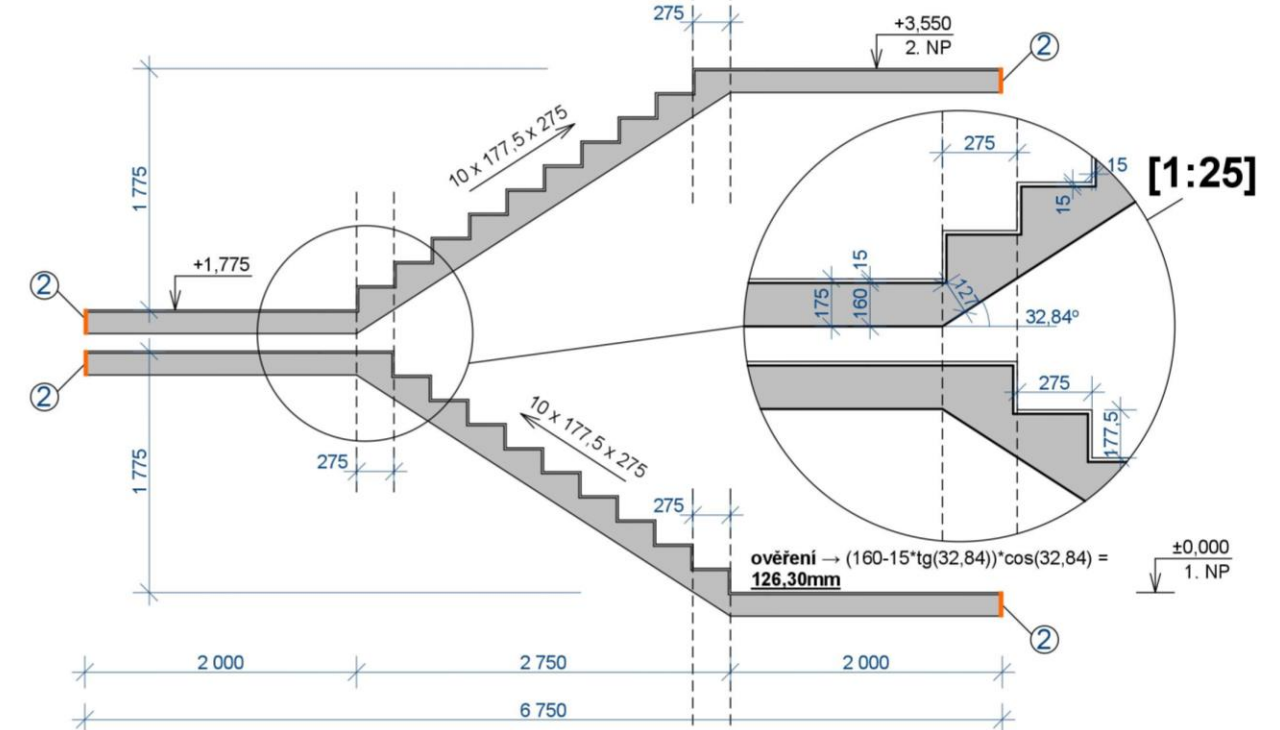
$$f_{r,d,lin} = 1,1 \cdot f_{r,d} = 1,1 \cdot 12,825 = 14,285 \text{ kN/m}$$

$$f_{r,d,lin}' = 1,1 \cdot f_{r,d}' = 1,1 \cdot 10,776 = 12 \text{ kN/m}$$

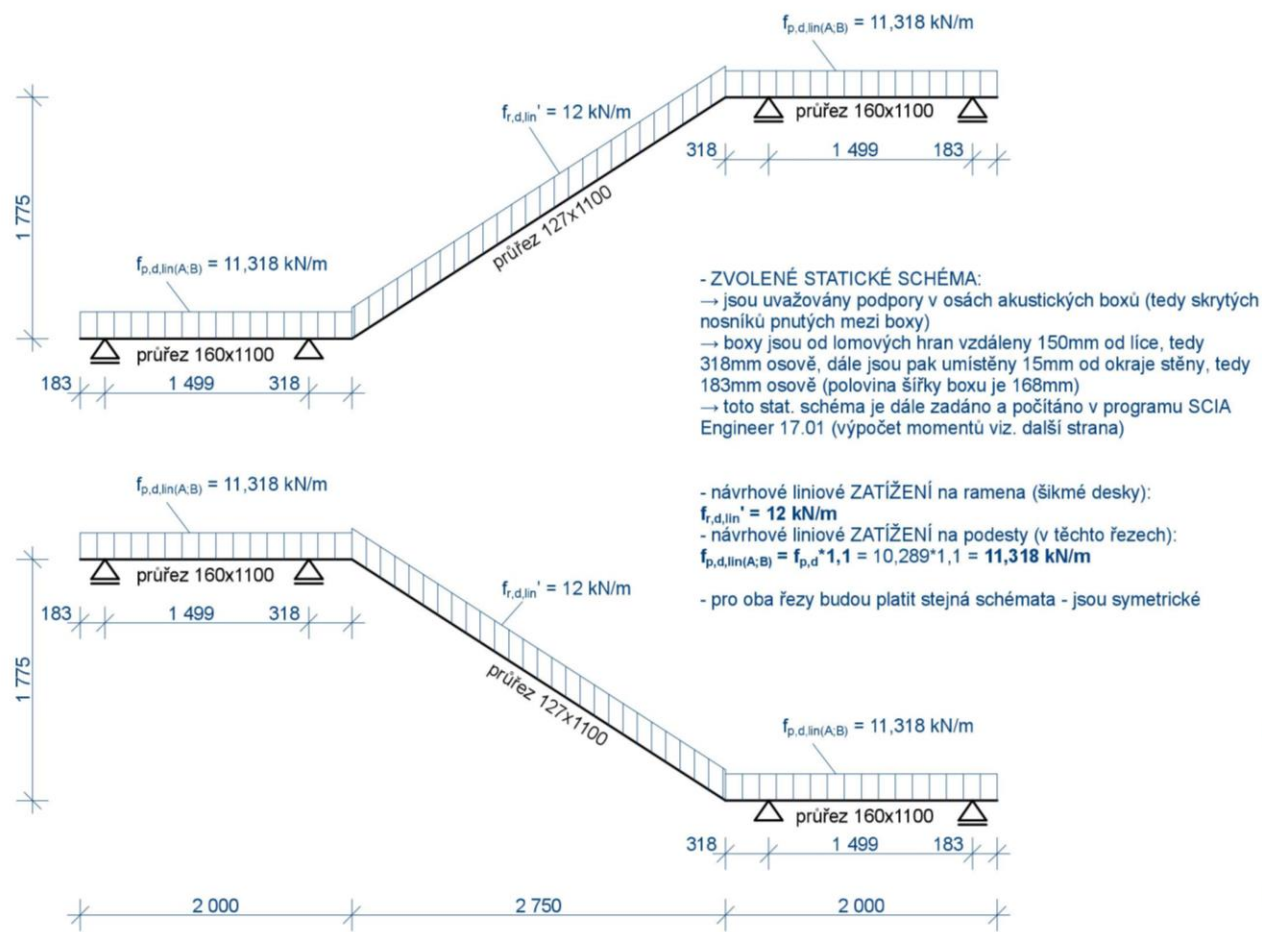
VARIANTA č. 2 - Konstrukční schéma - půdorys [1:50]



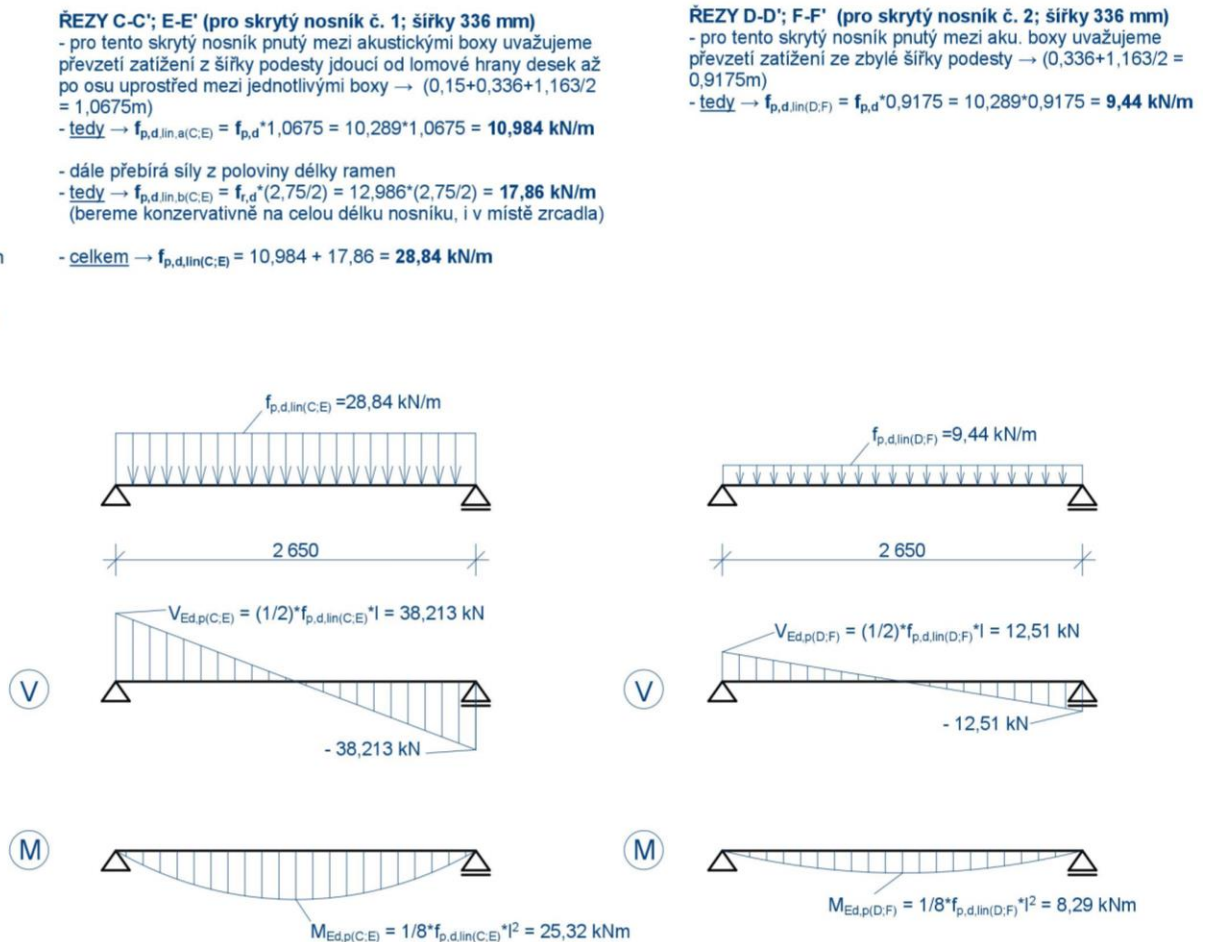
Konstrukční schéma - podélné řezy A-A'; B-B'; [1:50]



Statické schéma + zatížení - podélné řezy A-A'; B-B'



Statické schéma + zatížení - příčné řezy C-C' až F-F'

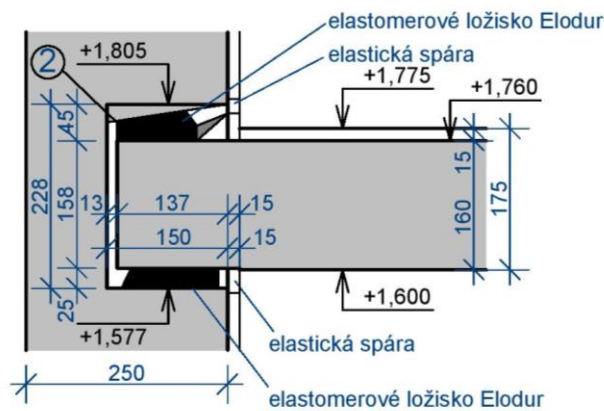


Obrázek 28: Konstrukční a statická schémata

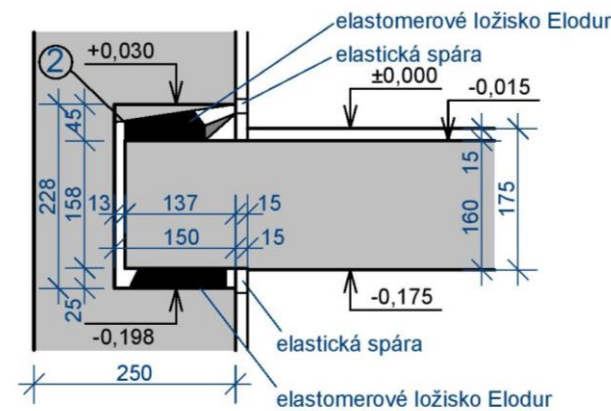
VARIANTA č. 2, Schodiště č. 1; vlastní tvorba

- výšková osazení akustických boxů pro variantu 2

VÝŠKOVÉ OSAZENÍ AKUSTICKÝCH BOXŮ
(řezy C-C';D-D') - mezipodesty [1:10]



VÝŠKOVÉ OSAZENÍ AKUSTICKÝCH BOXŮ
(řezy E-E';F-F') - podesty [1:10]



Obrázek 29: Osazení akustických boxů, VARIANTA 2, schodiště č. 1; vlastní tvorba

- návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků

- ke spojení stěn a podest a zároveň k jejich akustickému oddělení jsme použili akustické boxy **Schöck Tronsole typ Z-V+V-T** (V+V → přenášející posouvající síly v obou směrech; T → s typovým armokošem od výrobce) [15], který k tomuto účelu slouží, systém jsme zvolili jako monolitický, ve kterém jsou podesty s rameny pevně spojeny provázáním výztuže; maximální smyková síla, kterou boxy zatěžujeme je $V_{Ed,p(C;E)} = 38,213 \text{ kN}$ (viz. schémata); výrobce udává únosnost 1 boxu ve svislém směru $V_{Rd,z} = 75 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,z} = 75 \text{ kN} > V_{Ed,p(C;E)} = 38,213 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$

- ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ železobetonových desek a výpis potřebné a minimální plochy ohybové výztuže (výpočet návrhových momentů na statickém schématu řezu A-A';B-B' zde uvedených v tabulce je dodatečně na následující straně)

Tabulka 2: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 2; vlastní tvorba

[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[mm]
f_{cd}	f_{ctm}	f_{yk}	f_{yd}	c	\emptyset
20	2,9	500	434,78	20	10

(C30/37; B500B) (přepoklad max. průměru výztuže $\emptyset = 10\text{mm}$)

	[mm]	[mm]	[mm]	[kNm]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	
	b	h_d	d	M_{Ed}	μ	ξ	$A_{s,rqd}$	$A_{s,min,1}$	$A_{s,min,2}$	$A_{s,min,3}$	
(ramena - řezy A-A'; B-B'): D.r(A,B)pole, spodní výztuž	1100	127	102	7,03	0,031	0,039	161,03	169,20	145,86	162,05	vyhoví
(ramena - řezy A-A'; B-B'): D.r(A,B)okraj, horní výztuž	1100	127	102	6,47	0,028	0,035	144,51	169,20	145,86	162,05	vyhoví
(podesty - řezy A-A'; B-B'): D.p(A,B) horní výztuž	1100	160	135	13,29	0,033	0,108	590,20	223,94	193,05	204,16	vyhoví
(podesty - řezy C-C'; E-E'): D.p(C,E) - skryt. nosník 1 - pole, spodní výztuž	336	160	135	25,32	0,207	0,293	489,09	68,40	58,97	62,36	vyhoví
(podesty - řezy D-D'; F-F'): D.p(D,F) - skryt. nosník 2 - pole, spodní výztuž	336	160	135	8,29	0,068	0,089	148,56	68,40	58,97	62,36	vyhoví

(z TAB.)

POZN.: hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$

POZN.: u skrytých nosníků hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < 0,4$

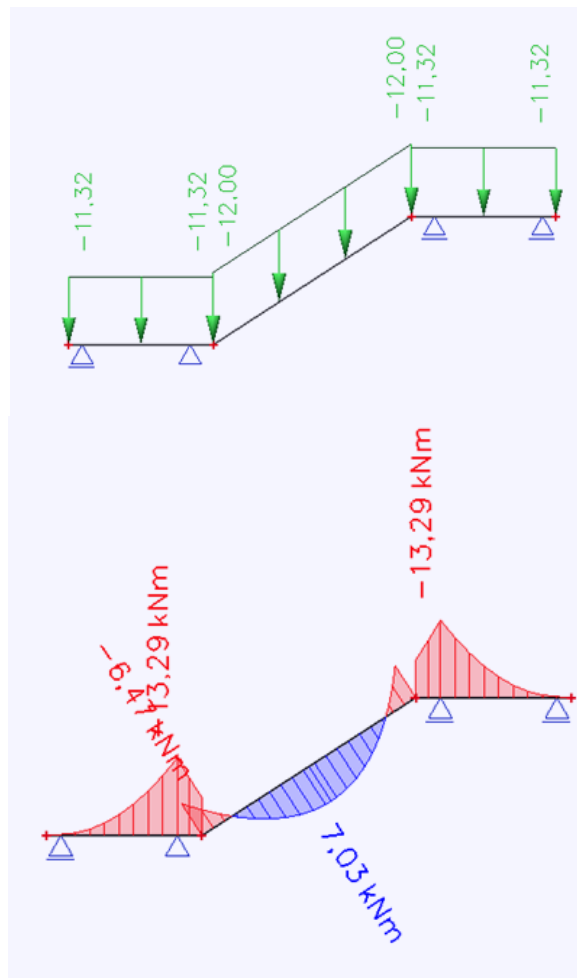
POZN.: hodnoty ξ získány z hodnot μ lineární interpolací z tabulkových hodnot. [online]. In: [cit. 2019-01-09].

Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~bilypet1/vyuka/BK01/DCV1_soucinitele.xls

POZN.: desky nebo jejich jednotlivé pruhy zde posuzujeme na jejich celou šířku, nikoliv na m'

POZN.: pro snadnou orientaci viz. konstrukční a statická schémata s vyznačenými řezy

- výpočet návrhových momentů působících v řezech A-A'; B-B' (statické schéma a zatížení viz. předešlá schémata)



Obrázek 30: Statické schéma, zatížení a průběh momentů v řezech A-A'; B-B' dle programu SCIA Engineer 17.01; vlastní tvorba

- tedy:

$$M_{Ed,p(A;B)} = 13,29 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,r(A;B),pole} = 7,03 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,r(A;B),okraj} = 6,47 \text{ kNm}$$

2.5.5 Konstrukční varianta č. 3 – PREFA (ramena i podesty prefabrikované, akustická oddělení podest od stěn + ramen od podest přes ozub, podesty bez kročejové izolace)

V této variantě zajišťujeme akustickou izolaci konstrukce schodiště (přerušeni akustických mostů) tím, že oddělíme prefa ramena a podesty přes ozub s vloženým ložiskem Schöck Tronsole typ F (viz. schémata a stat. výpočty). Podesty jsou od ŽB stěn odděleny opět přes aku. boxy Schöck Tronsole typu Z-V+V-T. Společně s tím podesty i ramena oddělujeme od stěn po celém obvodě spárovými deskami Schöck Tronsole typ L tloušťky 15mm (po obvodě podest typ L-250, po obvodě ramen typ L-420), vše viz. následující schémata.

Akustické boxy mají vnější rozměry (b x h x t) 336x228x150 mm [15]. Jsou umístěny vždy po 4ks v úrovni každé podesty i mezipodesty a zasahují do ŽB stěn celou svojí tloušťkou 150mm. Půdorysně jsou uspořádány tak, že 2ks jsou vždy umístěny vnějším lícem 150mm od hrany lomu desek (tedy lícem u konce ozubů) a 2ks jsou u vnějších okrajů podest vnějším lícem 15mm od stěny (kvůli spárovým deskám). Konstrukce schodiště je oddělena od okolí jako celek, na podestách tedy není třeba kročejová izolace, povrchová úprava podest i stupňů se ve výpočtech neuvažuje (předpokládáme pov. úpravu bet. stěrkou tl. 2mm).

Minimální tloušťka desky podesty je pro oddělení podest a ramen ozubem bez převýšení ozubu s prvkem Schöck Tronsole typ F [15] – $h_{d,p} = 200\text{mm}$, volíme tedy tuto tloušťku a tloušťka desky ramene vychází z detailu napojení ramene a podesty. V této variantě posuneme hrany výstupních stupňů ramen od lomových hran o šířku stupně, abychom z této tloušťky podesty získali dostatečnou tloušťku desky ramene, hrany nástupních stupňů jsou v rovině lomu desek. Z detailu vychází tl. desky ramene $h_{d,r} = 168\text{mm} > 2750/25 = 110\text{mm} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$.

- návrhová zatížení podest a ramen (plošná a liniová)

$$f_{p,d} = \gamma_G \cdot (25 \cdot h_{d,p}) + q_d = 1,35 \cdot (25 \cdot 0,2) + 4,5$$

$$f_{p,d} = 11,25 \text{ kN/m}^2$$

(potřebná liniová zatížení podesty řešíme dle stat. schémat)

$$f_{r,d} = g_{2,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 2,995 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,168}{\cos(32,84^\circ)} \right) + 4,5$$

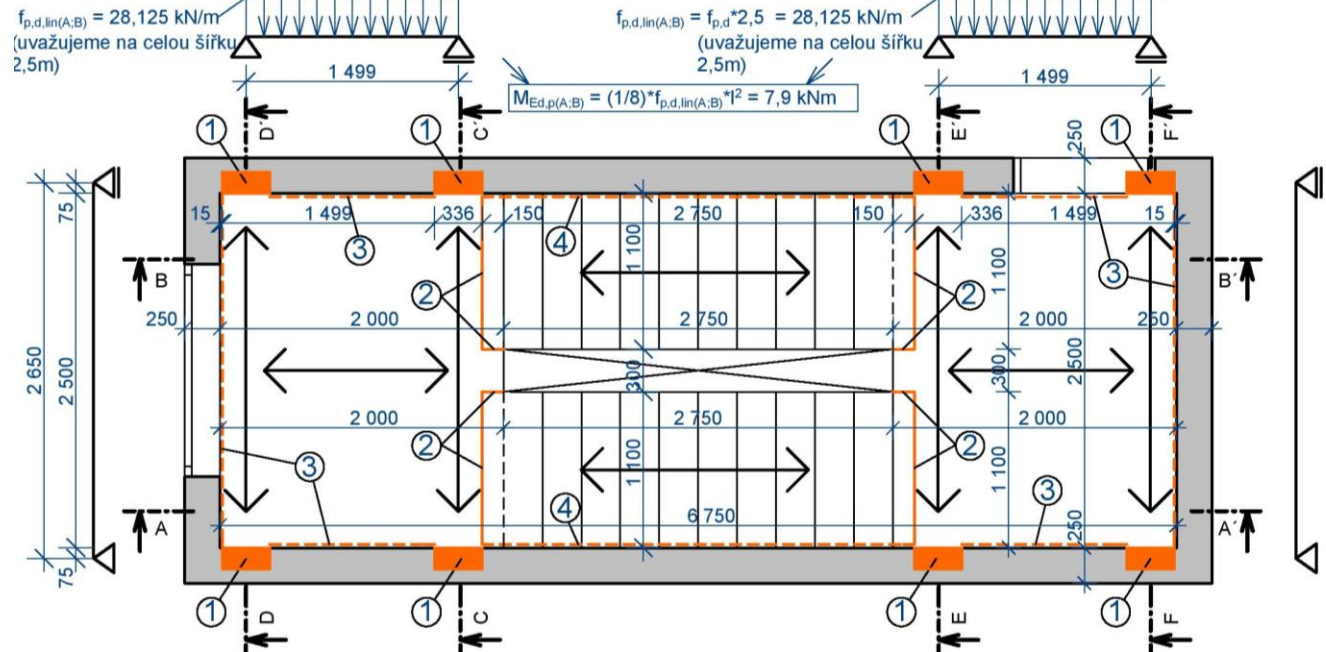
$$f_{r,d} = 14,24 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d}' = f_{r,d} \cdot \cos(32,84) = 14,24 \cdot \cos(32,84) = 11,97 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,lin} = 1,1 \cdot f_{r,d} = 1,1 \cdot 14,24 = 15,664 \text{ kN/m}$$

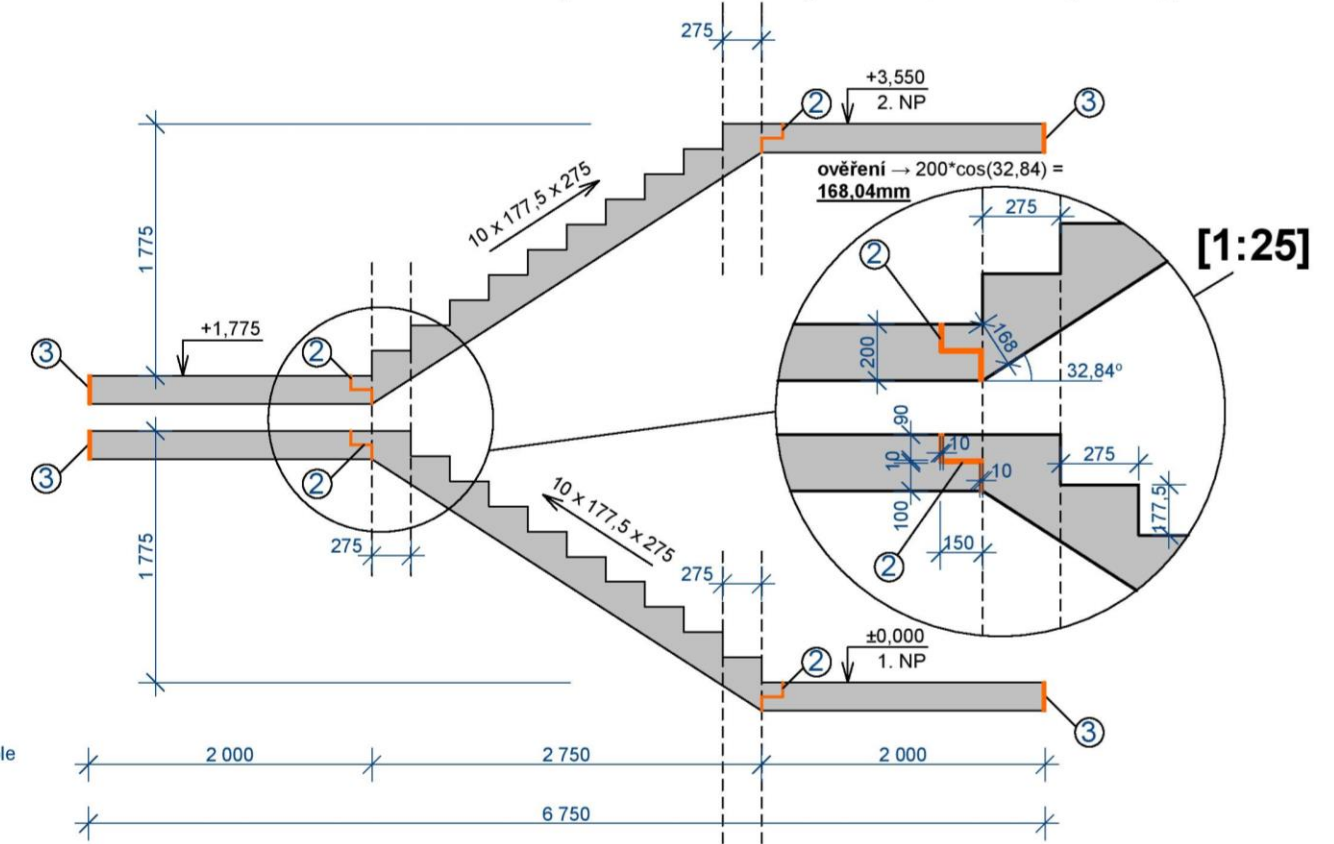
$$f_{r,d,lin}' = 1,1 \cdot f_{r,d}' = 1,1 \cdot 11,97 = 13,164 \text{ kN/m}$$

VARIANTA č. 3 - Konstrukční schéma - půdorys [1:50]

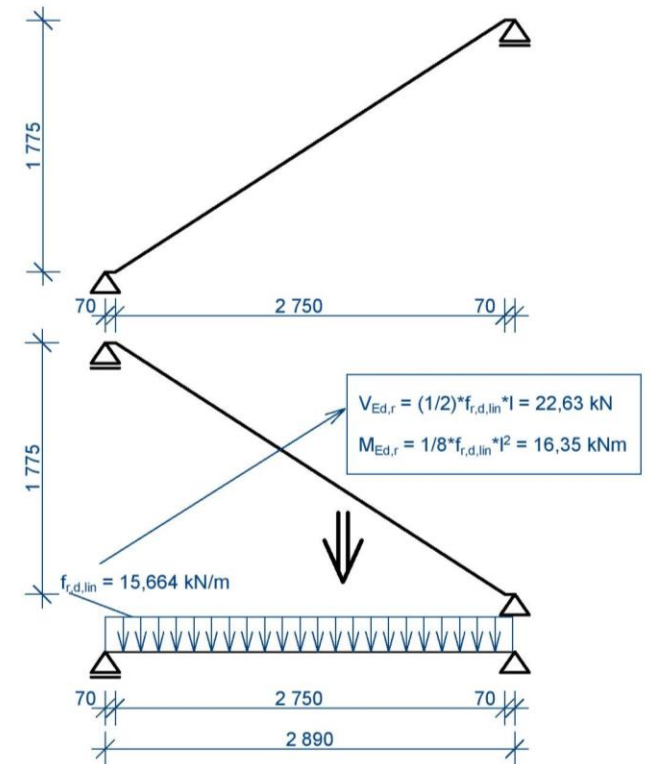


- SPOJOVACÍ a AKUSTICKÉ PRVKY:
- prvek (AKUSTICKÉ BOXY) pro akustické oddělení podest a stěn SCHÖCK Tronsole typ Z-V+V-T (viz. stat. výpočet)
 - prvek pro akustické oddělení ramen a podest přes ozub (horní 140x90; spodní 140x100) SCHÖCK Tronsole typ F-V1-L1100 (viz. stat. výpočet)
 - spárové desky SCHÖCK Tronsole - typ L-250 (h=250mm; t=15mm)
 - spárové desky SCHÖCK Tronsole - typ L-420 (h=420mm; t=15mm)

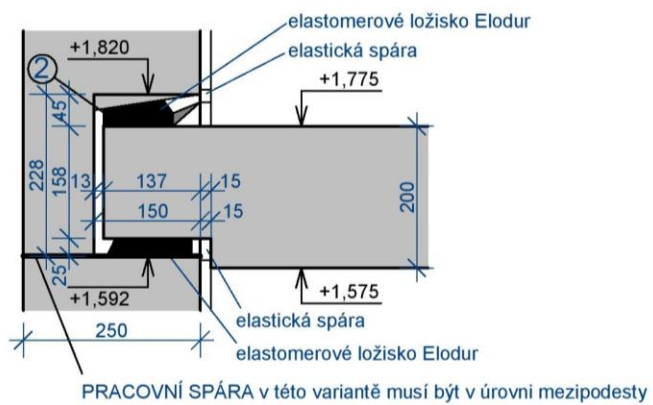
Konstrukční schéma - podélné řezy A-A'; B-B' [1:50]



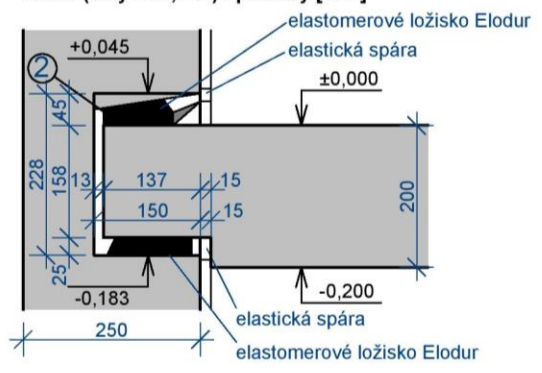
Statické schéma + zatížení - podélné řezy A-A'; B-B'



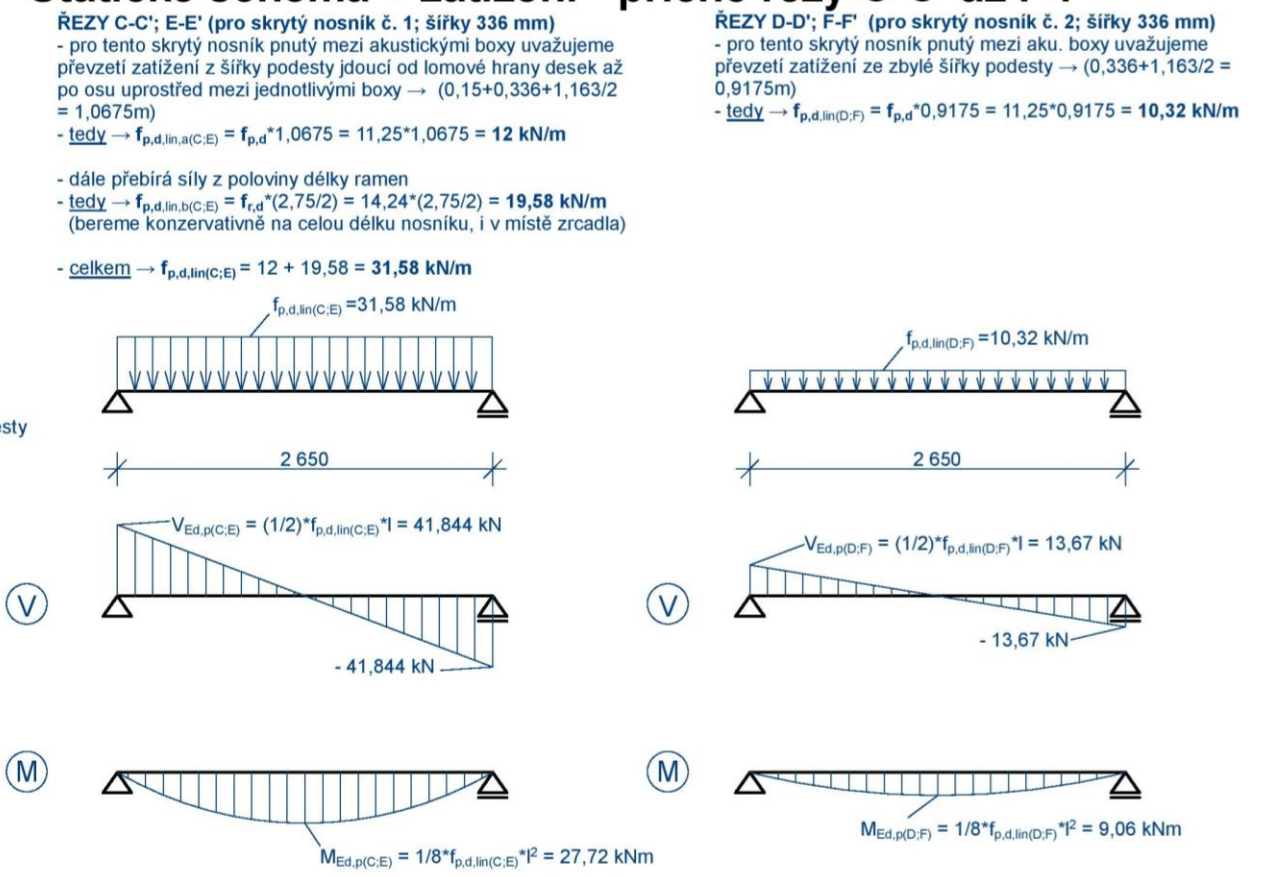
VÝŠKOVÉ OSAZENÍ AKUSTICKÝCH BOXŮ (řezy C-C'; D-D') - mezipodesty [1:10]



VÝŠKOVÉ OSAZENÍ AKUSTICKÝCH BOXŮ (řezy E-E'; F-F') - podesty [1:10]



Statické schéma + zatížení - příčné řezy C-C' až F-F'



Obrázek 31: Konstrukční a statická schémata VARIANTA č. 3, Schodiště č. 1; vlastní tvorba

- návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků

- ke spojení stěn a podest a zároveň k jejich akustickému oddělení jsme použili akustické boxy **Schöck Tronsole typ Z-V+V-T** (V+V → přenášejí posouvající síly v obou směrech; T → s typovým armokošem od výrobce) [15], který k tomuto účelu slouží, systém jsme zvolili jako prefabrikovaný, ve kterém jsou podesty dále od ramen odděleny přes ozuby (v celé šířce ramen, viz. schémata); maximální smyková síla, kterou boxy zatěžujeme je $V_{Ed,p(C;E)} = 41,844 \text{ kN}$ (viz. schémata); výrobce udává únosnost 1 boxu ve svislém směru $V_{Rd,z} = 75 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,z} = 75 \text{ kN} > V_{Ed,p(C;E)} = 41,844 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$

POZN.: nevýhodou této varianty je v monolitickém stěnovém systému to, že pracovní spára betonáže musí vést i v úrovni mezpodest (tedy betonujeme po půl patrech), na kterou prefa podesty i s osazenými boxy z prefy přímo osadíme a pokračujeme v betonáži, toto je vhodnější varianta pro zděné okolní stěny; jako alternativu bychom mohli zvolit osazení na prvky, které budou více „přiznané“ – např. přes pryžová ložiska na ocelové úhelníky nebo na ocelové trny s přivařenými oc. destičkami, či na konzolky, které bychom betonovali společně se stěnami (můžeme vyplést výztuž ze stěny nebo např. firma Max Frank ve svém prospektu [22] nabízí speciální vylamovací lišty se třmeny pro malé konzoly, kde je udána i únosnost v kN/m) – variantou by bylo osadit prefa podesty na tyto liniové podpory (konzolky) přes pryžová ložiska

- prefa podesty a ramena jsou odděleny ozuby přes ložiska **Schöck Tronsole typ F-V1-L1100** (i na boku v místě přesahu ozubu ramene do podesty šířky 150mm), rozhodující v únosnosti je pro nás v tomto případě únosnost samotného ložiska – únosnosti ložiska jsou udávány výrobcem tabulkovými hodnotami [15] pro ozuby s délkou (130-160) mm a mění se dle rozměrů horních a spodních ozubů ve styku a dle stupně požární odolnosti (pro nás RO – jsme na chráněné únikové cestě) → pro náš případ (třída pož. odolnosti RO; délka ozubu 140mm; pev. třída betonu $\geq C 30/37$; typ ložiska F-V1; napojení bez převýšení schod. ramene výšky 200mm ≥ 200 mm; ozub ramene výšky 90mm ≥ 90 mm; ozub podesty výšky 100mm ≥ 100 mm) je udávána únosnost ložiska $V_{Rd,z} = 28,2 \text{ kN/m} \rightarrow$ návrhová smyková síla od ramene je $V_{Ed,r} = 22,63 \text{ kN} \rightarrow V_{Ed,r,lin} = 22,63/1,1 = 20,57 \text{ kN/m} \rightarrow V_{Rd,z} = 28,2 \text{ kN/m} > V_{Ed,r,lin} = 20,57 \text{ kN/m} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$

- ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ železobetonových desek a výpis potřebné a minimální plochy ohybové výztuže

Tabulka 3: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 3; vlastní tvorba

	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[mm]											
	f_{cd}	f_{ctm}	f_{yk}	f_{yd}	c	\emptyset											
	20	2,9	500	434,78	15	10											
	(C30/37; B500B)						(přepoklad max. průměru výztuže $\emptyset = 10$ mm)										
							[mm]	[mm]	[mm]	[kNm]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	
							b	h_d	d	M_{Ed}	μ	ξ	$A_{s,rqd}$	$A_{s,min,1}$	$A_{s,2,min,2}$	$A_{s,min,3}$	
(ramena - řezy A-A'; B-B')	D.r(A,B)pole, spodní výztuž						1100	168	148	16,35	0,034	0,043	258,81	245,50	211,64	214,37	vyhoví
(podesty - řezy A-A'; B-B')	D.p(A,B)pole, spodní výztuž						2500	200	180	7,90	0,005	0,007	107,64	678,60	585,00	580,00	vyhoví
(podesty - řezy C-C'; E-E')	D.p(C,E) - skryt. nosník 1 - pole, spodní výztuž						336	200	180	27,72	0,127	0,171	379,48	91,20	78,62	77,95	vyhoví
(podesty - řezy D-D'; F-F')	D.p(D,F) - skryt. nosník 2 - pole, spodní výztuž						336	200	180	9,06	0,042	0,054	119,30	91,20	78,62	77,95	vyhoví
													(z TAB.)				

POZN.: hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$

POZN.: u skrytých nosníků hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < 0,4$

POZN.: hodnoty ξ získány z hodnot μ lineární interpolací z tabulkových hodnot. [online]. In: [cit. 2019-01-09].

Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~bilypet1/vyuka/BK01/DCV1_soucinitele.xls

POZN.: desky nebo jejich jednotlivé pruhy zde posuzujeme na jejich celou šířku, nikoliv na m'

POZN.: pro snadnou orientaci viz. konstrukční a statická schémata s vyznačenými řezy

2.5.6 Konstrukční varianta č. 4 – PREFA + MONOLIT (ramena prefabrikovaná, podesty monolitické; akustická oddělení ramen od podest přes ozub, podesty s kročejovou izolací)

V této variantě zajišťujeme akustickou izolaci konstrukce schodiště (přerušení akustických mostů) tím, že oddělíme prefa ramena od monolitických podest přes ozub ramene (zde ozub ramene pokládáme přímo na monolitické podesty plného průřezu – viz. schémata dále) prvky Schöck Tronsole typ F (celková specifikace F-V1-L1100 → viz. návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků), společně s nimi ramena oddělujeme od stěn spárovými deskami Schöck Tronsole typ L-420 tloušťky 15mm (vše je patrné na následujících schématech konstrukce).

Podesty v úrovni pater jsou poté přímo spojeny s ŽB stěnami provázáním výztuže a mezipodesty jsou se stěnami přímo spojeny po stranách na délku 1862,5mm vylamovacími lištami Max Frank STABOX typ STA 15B 8 20 bez přidané smykové výztuže. K akustické izolaci podest a mezipodest slouží na nich umístěná plovoucí podlaha tl. 100mm (musí být oddilatována i po svém obvodu dilatačními páskami, a to i v místě styku podlahy a stupňů) s vloženou kročejovou izolací – elastifikovaný polystyren tl. 40mm (kompletní skladba viz. kapitola 2.4.1 Zatížení na schodiště – BYTOVÁ část). Povrchová úprava stupňů (obecně ramen) se neuvažuje (finální betonová stěrka tl. 2mm) – viz. též kapitola 2.4.1.

Minimální tloušťka desky podesty je pro oddělení podest a ramen ozuby s převýšením ozubu ramen s prvkem Schöck Tronsole typ F [15] – $h_{d,p} = 180\text{mm}$, volíme tedy tuto tloušťku a tloušťka desky ramene vychází z detailu napojení ramene a podesty. V této variantě je na podestách podlaha dostatečné tloušťky, je tedy možné zvolit geometrickou variantu s posunutím hran nástupních a výstupních stupňů o polovinu šířky stupně od hrany lomu desek (viz. také na následujících schématech). Z detailu vychází tl. desky ramene $h_{d,r} = 161\text{mm} > 3025/25 = 121\text{mm} \rightarrow \text{VYHOVÍ}$.

- návrhová zatížení podest a ramen (plošná a liniová)

$$f_{p,d} = (g-g_0)_{p,d} + \gamma_G \cdot (25 \cdot h_{d,p}) + q_d = 1,863 + 1,35 \cdot (25 \cdot 0,18) + 4,5$$

$$f_{p,d} = 12,438 \text{ kN/m}^2$$

(potřebná liniová zatížení podesty řešíme dle stat. schémat)

$$f_{r,d} = g_{2,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 2,995 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,161}{\cos(32,84^\circ)} \right) + 4,5$$

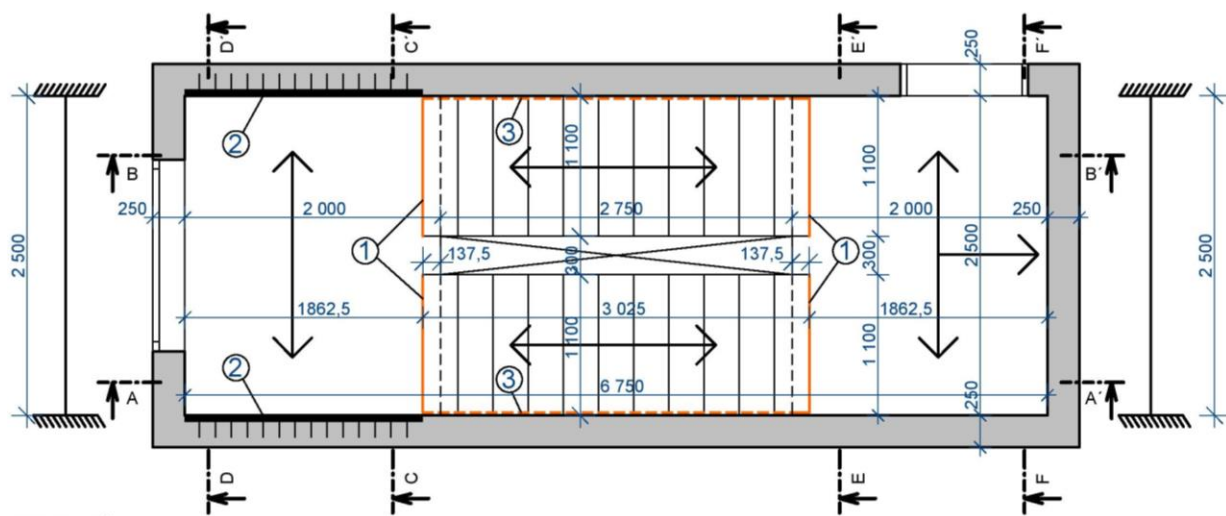
$$f_{r,d} = 13,96 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d}' = f_{r,d} \cdot \cos(32,84) = 12,825 \cdot \cos(32,84) = 11,73 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,lin} = 1,1 \cdot f_{r,d} = 1,1 \cdot 12,825 = 15,36 \text{ kN/m}$$

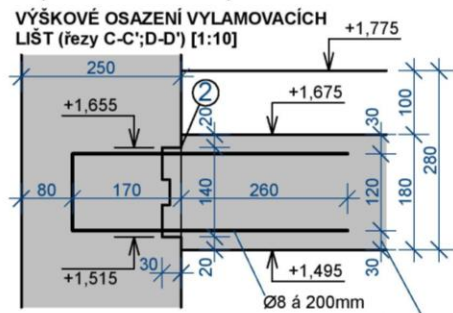
$$f_{r,d,lin}' = 1,1 \cdot f_{r,d}' = 1,1 \cdot 10,776 = 12,90 \text{ kN/m}$$

VARIANTA č. 4 - Konstrukční schéma - půdorys [1:50]

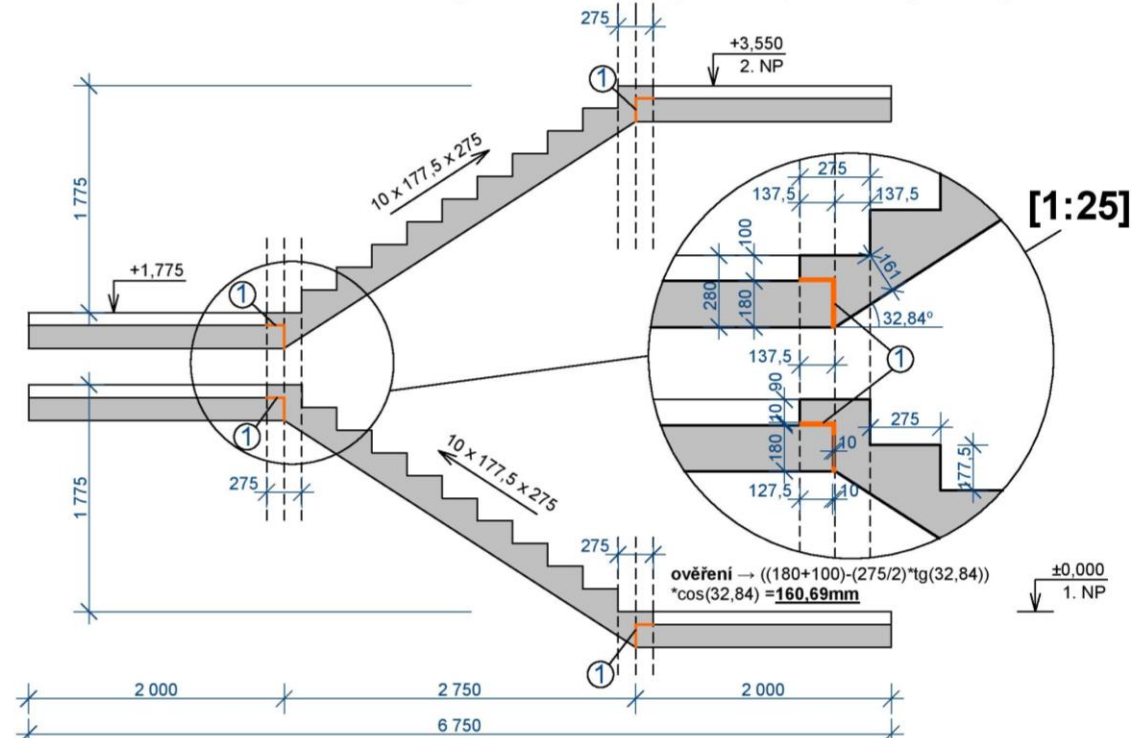


SPOJOVACÍ a AKUSTICKÉ PRVKY:

- ① prvek pro akustické oddělení ramen a podest přes ozub (horní 137,5x90; 127,5x180) SCHÖCK Tronsole typ F-V1-L1100 (viz. stat. výpočet)
- ② vylamovací lišty Max Frank STABOX typ STA 15B 8 20, dl. 1862,5mm (viz. stat. výpočet)
- ③ spárové desky SCHÖCK Tronsole - typ L-420 (h=420mm; t=15mm)



Konstrukční schéma - podélné řezy A-A'; B-B' [1:50]



Statické schéma + zatížení - příčné řezy C-C' až F-F'

ŘEZY C-C'; E-E' (pro pruh podesty č. 1 - šířky 465mm)

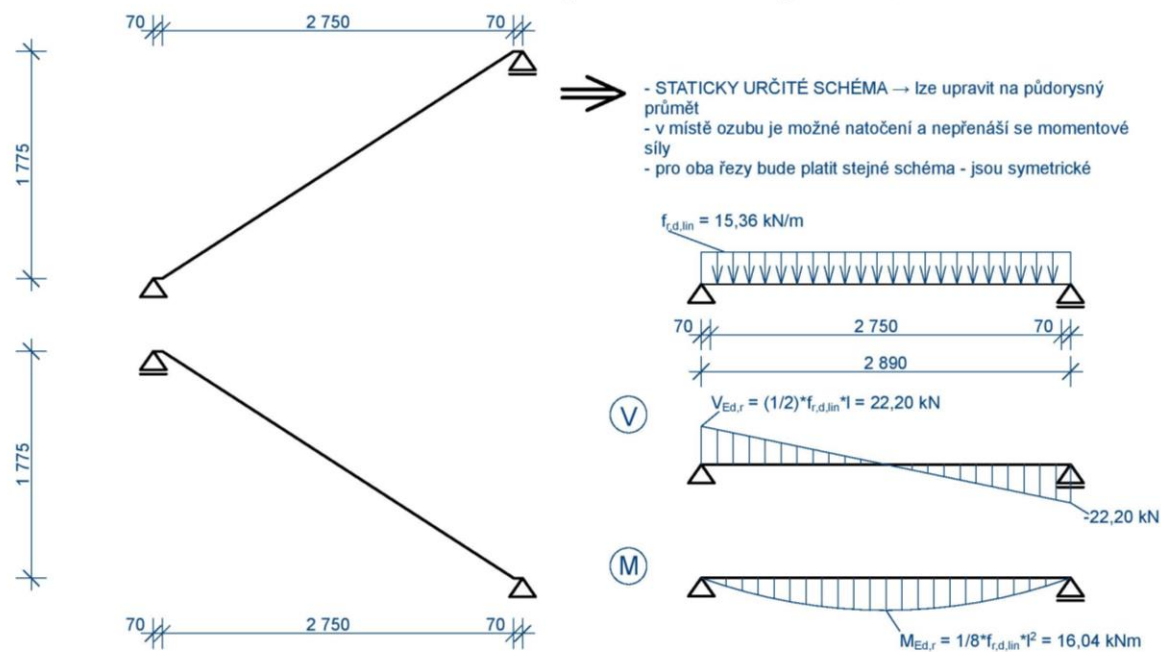
→ $d = h_{d,p} - c - \phi_s = 180 - 20 - 5 = 155\text{mm} \rightarrow 3*d = 465\text{mm}$
 - reakce z ramene je rovna $V_{Ed,R}$ a působí na délku ramene 1,1m
 → tedy liniové zatížení $f_{p,d,lin,a(C,E)} = 22,20/1,1 = 20,18\text{ kN/m}$;
 konzervativně toto zatížení uvažujeme na celou délku průřezu - zrcadlo není tolik široké

ŘEZY D-D'; F-F' (pro pruh podesty č. 2 - šířky 1397,5mm)

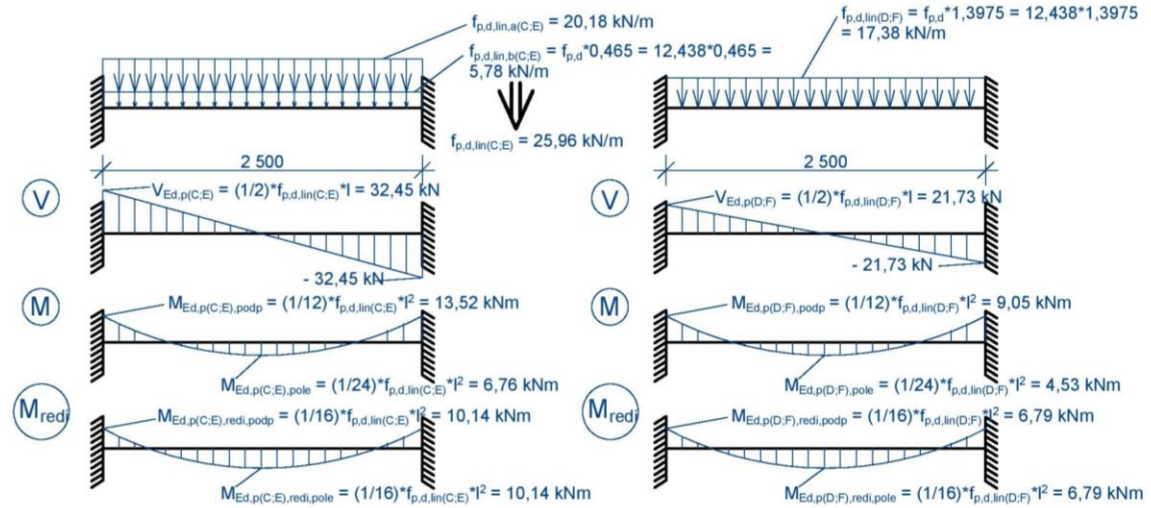
- pro tyto řezy uvažujeme zbylý, ramenem nepřítižený pruh podesty a zatížení z toho vyplývající
 - šířka pruhu → $1862,5 - 465 = 1397,5\text{mm}$

POZN.: momenty ve všech příčných řezech dále redistribuujeme
 → M_{red} (staticky neurčitá desková k-ce; zabráněno vod. posuvům); v podporách uvažujeme $0,75*M_{Ed}$; celkový moment zachovááme $|M| = (1/8)*f_{p,d,lin}*l^2$

Statické schéma + zatížení - podélné řezy A-A'; B-B'



- STATICKY URČITÉ SCHÉMA → lze upravit na půdorysný průmět
- v místě ozubu je možné natočení a nepřenáší se momentové síly
- pro oba řezy bude platit stejné schéma - jsou symetrické



Obrázek 32: Konstrukční a statická schémata

VARIANTA č. 4, Schodiště č. 1; vlastní tvorba

- návrh a posouzení únosnosti spojovacích a akustických prvků

- monolitické podesty a prefa ramena jsou odděleny ozuby na ramenech přes ložiska **Schöck Tronsole typ F-V1-L1100**, rozhodující v únosnosti je pro nás v tomto případě únosnost samotného ložiska – únosnosti ložiska jsou udávány výrobcem tabulkovými hodnotami [15] pro ozuby s délkou (130-160) mm a mění se dle rozměrů horních a spodních ozubů ve styku a dle stupně požární odolnosti (pro nás R0 – jsme na chráněné únikové cestě) → pro náš případ (třída pož. odolnosti R0; délka ozubu 137,5mm (bereme tabulkově konzervativně pro 130mm); pev. třída betonu $\geq C 30/37$; typ ložiska F-V1; napojení s převýšením schod. ramene výšky 280mm ≥ 210 mm; ozub ramene výšky 90mm ≥ 110 mm (POZN.: zde uvažujeme o 20mm menší výšce ozubu, než je podmínkou, ale tabulkové hodnoty bereme co nejkonzervativněji, ty jsou již samy o sobě dostatečně konzervativní a výška ozubu podesty (tedy celé podesty) a celková výška napojení také značně přesahují podmínky pro tab. hodnoty → zde můžeme uvažovat, že jsme zcela na straně bezpečnosti; popř. by bylo na dohodě s výrobcem); ozub podesty výšky 180mm ≥ 90 mm) je udávána únosnost ložiska $V_{Rd,z} = 39,8 \text{ kN/m}$ → návrhová smyková síla od ramene je $V_{Ed,r} = 22,20 \text{ kN}$ → $V_{Ed,r,lin} = 22,20/1,1 = 20,18 \text{ kN/m}$ → $V_{Rd,z} = 39,8 \text{ kN/m} > V_{Ed,r,lin} = 20,18 \text{ kN/m}$ → VYHOVÍ

- pro přímé napojení mezipodest na ŽB stěny bylo použito vylamovacích lišt Max Frank STABOX typ **STA 15B 8 20 bez smykové výztuže** → tato specifikace znamená typ STABOX S, **12B** – tvar B (smyčka) + šířka pouzdra 140mm, třmeny $\varnothing_s = 8 \text{ mm}$ s roztečí **200mm**; (+ standardní výška třmenů $h = 170 \text{ mm}$ (délka, kterou zasahují do stěny) a délka přesahu třmenů (od okraje stěny do desky) $l_0 = 260 \text{ mm}$ (pro $\varnothing 8$) → všechny tyto, popř. i další podrobnější geometrické specifikace pro zvolený prvek viz. [22]

pro zvolený typ vylamovací výztuže výrobce [22] (při užití betonu třídy C 30/37 a pro účinnou výšku průřezu 150mm) udává smykovou únosnost $V_{Rd} = 78,7 \text{ kN/m}$; největší působící smyková síla na prvek je v našem případě $V_{Ed,p(C;E)} = 32,45 \text{ kN}$ v pruhu 1 (řezy C,E) šířky **465mm** → tedy na tuto délku vyl. lišt působí $V_{Ed,p(C;E),lin} = 32,45/0,465 = 69,78 \text{ kN/m}$ → $V_{Rd} = 78,7 \text{ kN/m} > V_{Ed,p(C;E),lin} = 69,78 \text{ kN/m}$ → VYHOVÍ

- ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ železobetonových desek a výpis potřebné a minimální plochy ohybové výztuže

Tabulka 4: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 4; vlastní tvorba

[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[mm]	[mm]
fcd	fctm	fyk	fyd	Cmon	Cprefa	\varnothing
20	2,9	500	434,78	20	15	10

(C30/37; B500B) (přepoklad max. průměru výztuže $\varnothing = 10 \text{ mm}$)

	[mm]	[mm]	[mm]	[kNm]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]		
	b	hd	d	M _{Ed}	μ	ξ	A _{s,rqd}	A _{s,min,1}	A _{s,2,min,2}	A _{s,min,3}		
(ramena - řezy A-A'; B-B'):	D.r-pole, spodní výztuž	1100	161	141	16,04	0,037	0,047	268,83	233,89	201,63	205,44	vyhoví
(podesty - řezy C-C'; E-E'):	D.p(C,E) - pruh č.1 - pole, spodní výztuž	465	180	155	10,14	0,045	0,058	152,51	108,69	93,70	97,09	vyhoví
	D.p(C,E) - pruh č.1 - podpory, horní výztuž	465	180	155	10,14	0,045	0,058	152,51	108,69	93,70	97,09	vyhoví
(podesty - řezy D-D'; F-F'):	D.p(D,F) - pruh č.2 - pole, spodní výztuž	1397,5	180	155	6,79	0,010	0,013	103,63	326,65	281,60	291,80	vyhoví
	D.p(D,F) - pruh č.2 - podpory, horní výztuž	1397,5	180	155	6,79	0,010	0,013	103,63	326,65	281,60	291,80	vyhoví

(z TAB.)

POZN.: hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$

POZN.: hodnoty ξ získány z hodnot μ lineární interpolací z tabulkových hodnot. [online]. In: [cit. 2019-01-09].

Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~bilypet1/vyuka/BK01/DCV1_soucinitele.xls

POZN.: desky nebo jejich jednotlivé pruhy zde posuzujeme na jejich celou šířku, nikoliv na m'

POZN.: pro snadnou orientaci viz. předešlá konstrukční a statická schémata s vyznačenými řezy

2.6 Konstrukční varianty a předběžné výpočty schodiště č. 2 – KOMERČNÍ ČÁST

2.6.1 Návrh geometrie schodiště č. 2

- schodišťový prostor

- konstrukční výška podlaží $h_k = 3550$ mm (vychází z potřeb komerční části – $3000+200+250+100 \rightarrow$ světlá výška + podhled + ŽB deska + podlaha)
- rozměry pole 5850×5775 mm
- tloušťka stropní desky $h_d = 250$ mm (i tl. vložených mezipodest takto uvažujeme)
- skladba podlahy uvažována $h_p = 100$ mm (pouze u stropních desek; mezipodesty jsou uvažovány bez podlahy – finální úprava stěrkou tl. 2mm)
- skladba podlahy stupňů neuvažována (uvažuje se pouze finální betonová stěrka imitující pohledový beton tl. 2mm \rightarrow zanedbáváme)

- návrh rozměrů schodiště

- výšku stupňů chceme cca okolo 160mm (komerční část objektu; obecně chceme sklon do 28° – tedy pro bezbariérové stavby)
- $3550/160 = 22,18 \rightarrow 22$ stupňů (2 ramena celkem o 22 stupních s vloženou mezipodestou po max. 18 stupních (vedlejší schodiště))
- výška stupně $h = 3550/22 = 161,36$ mm
- šířka stupně $b = 630 - 2h = 307,28$ mm $\rightarrow b = 310$ mm

NÁVRH 1: Dvouramenné schodiště deskové přímé se stupni 161,36/310 mm, 22 stupňů (s vloženou mezipodestou po 17 stupních – tedy 17+5 stupňů)

NÁVRH 2: Dvouramenné schodiště deskové pravotočivé se stupni 161,36/310 mm, 11 stupňů v 1 rameni

(POZN.: návrhy vycházejí a jsou patrné na schématech jednotlivých variant)

- šířky ramen volíme 1650 mm
- šířky mezipodest vychází z dané geometrie a jsou min. 1650 mm
- šířka schodiště je je též min. 1650mm (viz. schémata dále)
- sklon schodiště je $\alpha = \arctan(161,36/310) = 27,5^\circ$

- kontrola tloušťky desek (dle empirie) – varianty 1 a 2 (dvouramenná s. přímá)

- tyto varianty jsou řešeny přímým schodištěm, které částečně vychází mimo zadané pole, a v místě přesahu pole je podepřeno nadvýšenou částí průvlastku z 1.NP (patro pod schod. prostorem – ten prochází pouze z 2.NP do 3.NP), v místě průvlastku se nachází vložená mezipodesta délky 950mm (640+310); delší rameno napojené na stropní desku 2.NP vychází z tloušťky ŽB stropní desky 250mm a dále je geometrie napojení řešena posunem hrany výstupního stupně od lomové hrany o polovinu šířky stupně (tak aby vyhověla tloušťka, ale nepředimenzovali jsme ji, geometrie napojení desek funguje stejně jako v bytové části, vše je opět patrné ze schémat), do tohoto ramene se půdorysně vejde 17 stupňů, následuje vložená mezipodesta tl. 250 mm a druhé rameno o 5 stupních, kde ponecháme stejnou tl. desky jako u první části ramene
- Delší rameno v zadaném poli je jednosměrně pnutá deska na rozpon 5600 mm → minimální tloušťka $5600/25 = 224\text{mm}$ → tl. desky ramene vychází z geometrie napojení desek 239 mm a tl. vložené mezipodesty je 250 mm → VYHOVÍ
- Kratší rameno mimo zadané pole je jednosměrně pnutá deska na rozpon 1985 mm → minimální tloušťka $1985/25 = 79,4\text{mm}$ → tl. desky ramene ponecháme 239 mm a tl. vložené mezipodesty je 250 mm → VYHOVÍ

- kontrola tloušťky desek (dle empirie) – varianta 3 (dvouramenné s. pravotočivé)

- tato varianta je řešena přímým schodištěm pravotočivým, které se do zadaného pole již půdorysně celé vměstná, tloušťka desky výstupního ramene vychází opět ze stropní desky 2.NP a geometrie napojení desek je řešena stejně jako u variant 1 a 2 (tedy vychází tl. 239 mm), toto rameno má 11 stupňů a půdorysná vzdálenost hrany jeho nástupního stupně vychází 290mm od lomové hrany ramene nástupního (tedy vyhoví normě [1], tato vzdálenost má být alespoň 130mm; dále pokračuje vloženou mezipodestou tl. 250mm která je na okraji uložena na nadvýšenou část průvlastku z 1.NP; z boční strany na mezipodestu navazuje nástupní rameno, hrana jeho výstupního stupně je od lomové hrany desek vzdálena o polovinu šířky stupně, tl. jeho desky tedy z geometrie napojení vychází 150 mm (vše je opět dobře patrné ze schémat variant)

- Výstupní rameno s mezipodestou je jednosměrně pnutá deska na rozpon 5600 mm → minimální tloušťka $5600/25 = 224\text{mm}$ → tl. desky ramene vychází z geometrie napojení desek 239 mm a tl. vložené mezipodesty je 250 mm → VYHOVÍ

- Nástupní rameno je jednosměrně pnutá deska na rozpon 3410 mm → minimální tloušťka $3410/25 = 136,4\text{mm}$ → tl. desky ramene vychází z geometrie napojení desek 150 mm → **VYHOVÍ**

- ověření podchodné a průchodné výšky schodiště

Podchodné výšky jsou u řešených schodišť v komerční části patrné ze schémat, u obou jsou v nejkritičtějším průřezu schodiště 2393 mm, u schodišť variant 1 a 2 je to v místě vložených mezipodest, u varianty 3 končí stropní deska nad polovinou šířky stupně nástupního ramene, který je od spodního líce vzdálen touto vzdáleností (v těchto místech nemůžeme též přidávat pod stropní desku podhled). Vše je patrné ze schémat jednotlivých variant.

- Podchodná výška schodišť musí být vyšší než větší z hodnot $1500+750/\cos\alpha = 1500+750/\cos(27,5^\circ) = 2345,53\text{ mm}$ a **2100 mm**
Podchodná výška našich schodišť v nejkritičtějším místě je $h_1 = 2393\text{ mm}$ → **VYHOVUJE**
- Průchodná výška schodišť musí být vyšší než větší z hodnot $750+1500*\cos\alpha = 750+1500*\cos(27,5^\circ) = 2080,52\text{ mm}$ a **1950 mm**
Průchodná výška našeho schodiště v nejkritičtějším místě je $h_2 = h_1*\cos\alpha = 2393*\cos(27,5^\circ) = 2122,62\text{ mm}$ → **VYHOVUJE**

2.6.2 Konstrukční varianta č. 1 – MONOLIT 1 (schodiště dvouramenné přímé monolitické)

V této variantě spojujeme 2.NP a 3. NP obchodních ploch přímým dvouramenným monolitickým schodištěm, které je v podporách pevně spojené s okolními konstrukcemi a to i v místě nástupního stupně nástupního ramene, neboť zde reakce působí směrem dolů (schodiště je zde nadzvedáváno), jak je patrné z následujících výpočtů a je třeba ji zachytit. Vše ostatní je patrné z předchozích popisů a z následujících konstrukčních a statických schémat. Tato varianta není akusticky oddělována, v obchodních plochách pro to nejsou požadavky, pokud by se nejednalo o požadavek investora.

- návrhová zatížení podest a ramen (plošná a liniová)

$$f_{p,d} = \gamma_G \cdot (25 \cdot h_{d,p}) + q_d = 1,35 \cdot (25 \cdot 0,25) + 7,5$$

$$f_{p,d} = 15,938 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{p,d,lin} = f_{p,d} \cdot 1,65 = 26,30 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d} = g_{2,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 2,723 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,239}{\cos(27,5^\circ)} \right) + 7,5$$

$$f_{r,d} = 19,32 \text{ kN/m}^2$$

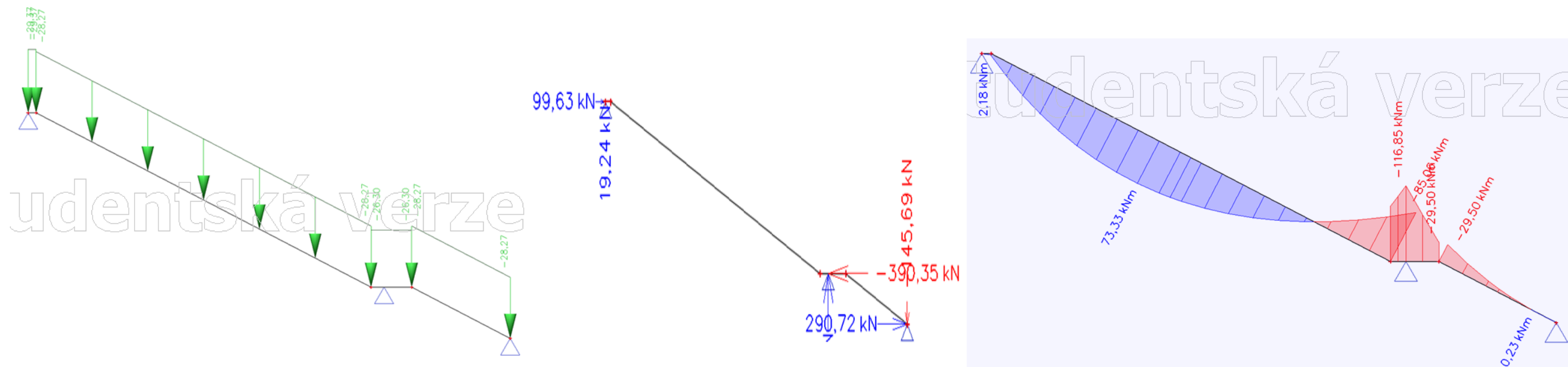
$$f_{r,d}' = f_{r,d} \cdot \cos(27,5) = 12,825 \cdot \cos(32,84) = 17,13 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,lin} = 1,65 \cdot f_{r,d} = 1,65 \cdot 19,32 = 31,88 \text{ kN/m}$$

$$f_{r,d,lin}' = 1,65 \cdot f_{r,d}' = 1,65 \cdot 17,13 = 28,27 \text{ kN/m}$$

- výpočet návrhových reakcí v podporách a momentových vnitřních sil v programu SCIA Engineer 17.01; řez A-A', statické schéma

(POZN.: platí pro všechny varianty v bytové i komerční části; v praxi by bylo nutné posoudit a vyztužit průřezy samozřejmě i na vnitřní tahové normálové síly, předpokládáme však, že naše návrhy na momentové síly jsou dostatečně konzervativní a výztuž pak postačí i na převzetí normálových sil; normálové tahové síly v našich předpokladech tedy nerozhodují)



Obrázek 34: Schodiště č.2, Varianta č. 1; statické schéma, reakce a průběh návrhových momentových sil z programu SCIA Engineer 17.01; vlastní tvorba

- ověření poměrné výšky tlačené oblasti ξ železobetonových desek a výpis potřebné a minimální plochy ohybové výztuže

Tabulka 5: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 2, VARIANTA č. 1; vlastní tvorba

[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[mm]
f_{cd}	f_{ctm}	f_{yk}	f_{yd}	c_{mon}	\emptyset
20	2,9	500	434,78	20	10

(C30/37; B500B) (přepoklad max. průměru výztuže $\emptyset = 10\text{mm}$)

		[mm]	[mm]	[mm]	[kNm]	[-]	[-]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	
		b	h _d	d	M _{Ed}	μ	ξ	A _{s,rqd}	A _{s,min,1}	A _{s,min,2}	A _{s,min,3}	
(rameno 1 - větší rozpon):	D.r1-pole, spodní výztuž	1650	239	214	73,33	0,049	0,063	818,63	532,47	459,03	457,45	vyhoví
	D.r1-pravý okraj, horní výztuž	1650	239	214	85,06	0,056	0,072	932,97	532,47	459,03	457,45	vyhoví
(rameno 2 - menší rozpon):	D.r2-levý okraj, horní výztuž	1650	239	214	29,50	0,020	0,025	324,85	532,47	459,03	457,45	vyhoví
(mezipodesta):	D.p- horní výztuž	1650	250	225	116,85	0,070	0,091	1243,24	559,85	482,63	478,50	vyhoví

(z TAB.)

POZN.: hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$

POZN.: hodnoty ξ získány z hodnot μ lineární interpolací z tabulkových hodnot. [online]. In: [cit. 2019-01-09].

Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~bilypet1/vyuka/BK01/DCV1_soucinitele.xls

POZN.: desky nebo jejich jednotlivé pruhy zde posuzujeme na jejich celou šířku, nikoliv na m'

POZN.: pro snadnou orientaci viz. předešlá konstrukční a statická schémata s vyznačenými řezy

2.6.3 Konstrukční varianta č. 2 – PREFA (schodiště dvouramenné přímé prefabrikované)

V této variantě spojujeme 2.NP a 3. NP obchodních ploch přímým dvouramenným schodištěm, geometricky stejným jako ve variantě 1, pouze složeným ze dvou prefabrikovaných dílců. Vše ostatní je patrné z předchozích popisů a z následujících konstrukčních a statických schémat. V této variantě se zároveň pokoušíme schodiště akusticky oddělit, počítáme s předpokladem, že se jedná o přání investora nebo jsou pro to racionální technické důvody. Použito bylo akustických prvků od firmy Jordahl and Pfeifer typu Z/L a ZB/L (viz. schémata), které obsahují akusticky tlumící liniová ložiska, jež mají ze všech výrobků od dříve zmiňovaných výrobců na trhu největší únosnost (85 kN/m') a vyhoví tak na únosnost pro řešenou variantu schodiště (výrobky od Schöck Wittek s.r.o by zde nevyhověli).

- návrhová zatížení podest a ramen (plošná a liniová)

$$f_{p,d} = \gamma_G \cdot (25 \cdot h_{d,p}) + q_d = 1,35 \cdot (25 \cdot 0,25) + 7,5$$

$$f_{p,d} = 15,938 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{p,d,lin} = f_{p,d} \cdot 1,65 = 26,30 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d} = g_{2,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 2,723 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,239}{\cos(27,5^\circ)} \right) + 7,5$$

$$f_{r,d} = 19,32 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d}' = f_{r,d} \cdot \cos(27,5) = 12,825 \cdot \cos(32,84) = 17,13 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,lin} = 1,65 \cdot f_{r,d} = 1,65 \cdot 19,32 = 31,88 \text{ kN/m}$$

$$f_{r,d,lin}' = 1,65 \cdot f_{r,d}' = 1,65 \cdot 17,13 = 28,27 \text{ kN/m}$$

- **výpočet návrhových reakcí v podporách a momentových vnitřních sil v programu SCIA Engineer 17.01; řez A-A', levá část (větší rozpon), statické schéma**
V programu SCIA Engineer vychází moment v poli levého nosníku $M_{Ed} = 116 \text{ kNm}$, a reakce v pravé podpoře $R = 120 \text{ kN}$.

2.6.4 Konstrukční varianta č. 3 – MONOLIT (schodiště dvouramenné pravotočivé monolitické)

V této variantě spojujeme 2.NP a 3. NP obchodních ploch přímým dvouramenným pravotočivým monolitickým schodištěm. Vše ostatní je patrné z předchozích popisů a z následujících konstrukčních a statických schémat. V této variantě schodiště akusticky neoddělujeme.

- návrhová zatížení podest a ramen (plošná a liniová)

$$f_{p,d} = \gamma_G \cdot (25 \cdot h_{d,p}) + q_d = 1,35 \cdot (25 \cdot 0,25) + 7,5$$

$$f_{p,d} = 15,938 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{p,d,lin} = f_{p,d} \cdot 1,65 = 26,30 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,2} = g_{2,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r,2}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 2,723 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,239}{\cos(27,5^\circ)} \right) + 7,5$$

$$f_{r,d,2} = 19,32 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,2}' = f_{r,d,2} \cdot \cos(27,5) = 12,825 \cdot \cos(32,84) = 17,13 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,2,lin} = 1,65 \cdot f_{r,d,2} = 1,65 \cdot 19,32 = 31,88 \text{ kN/m}$$

$$f_{r,d,2,lin}' = 1,65 \cdot f_{r,d,2}' = 1,65 \cdot 17,13 = 28,27 \text{ kN/m}$$

$$f_{r,d,1} = g_{2,d} + \gamma_G \cdot \left(25 \cdot \frac{h_{d,r,1}}{\cos(32,84^\circ)} \right) + q_d = 2,723 + 1,35 \cdot \left(25 \cdot \frac{0,150}{\cos(27,5^\circ)} \right) + 7,5$$

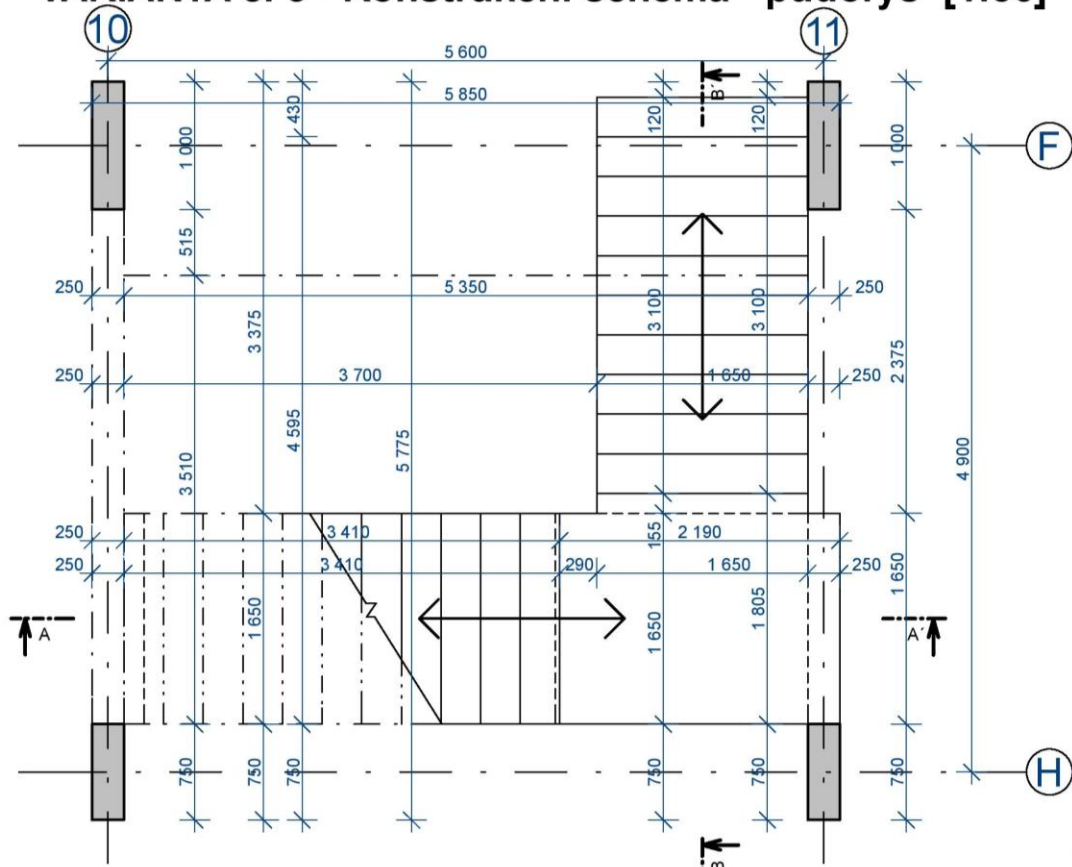
$$f_{r,d,1} = 15,93 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{r,d,1}' = f_{r,d,1} \cdot \cos(27,5) = 12,825 \cdot \cos(32,84) = 14,13 \text{ kN/m}^2$$

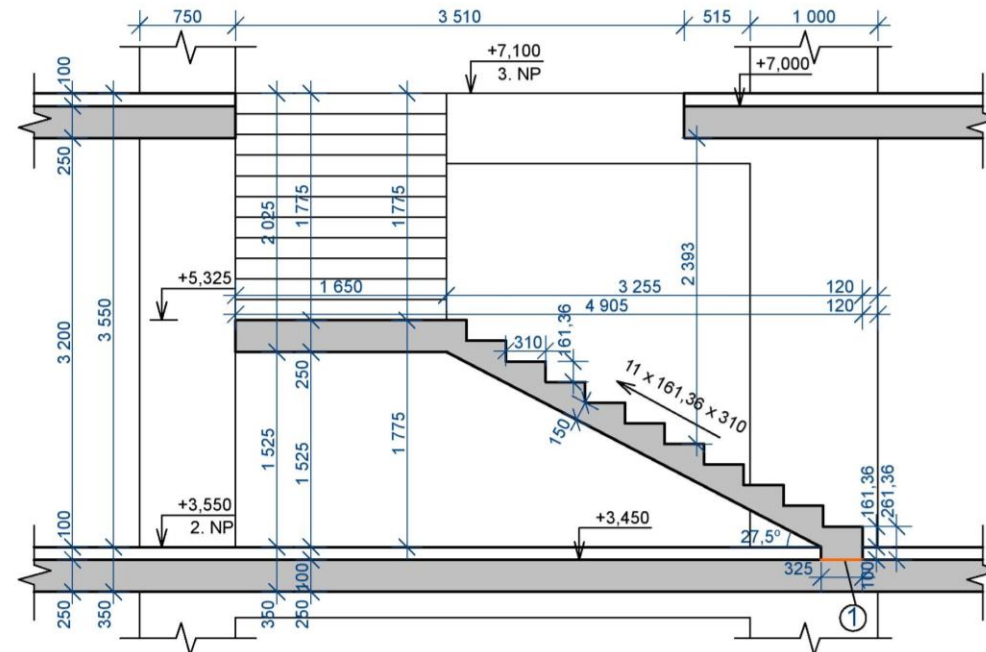
$$f_{r,d,1,lin} = 1,65 \cdot f_{r,d,1} = 1,65 \cdot 19,32 = 26,29 \text{ kN/m}$$

$$f_{r,d,1,lin}' = 1,65 \cdot f_{r,d,1}' = 1,65 \cdot 17,13 = 23,32 \text{ kN/m}$$

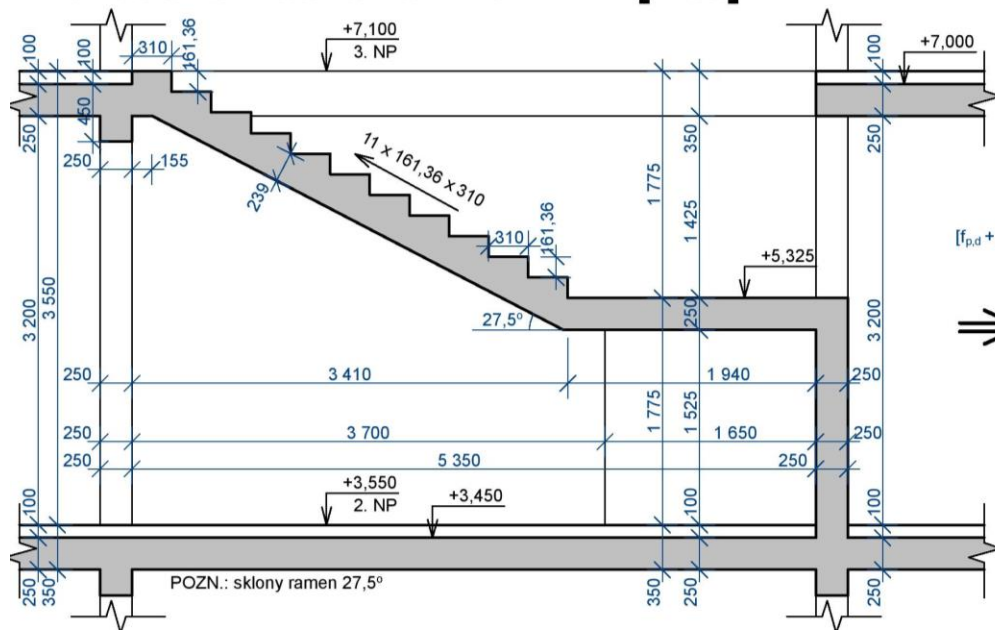
VARIANTA č. 3 - Konstrukční schéma - půdorys [1:50]



Konstrukční schéma - Řez B-B' [1:50]



Konstrukční schéma - Řez A-A' [1:50]

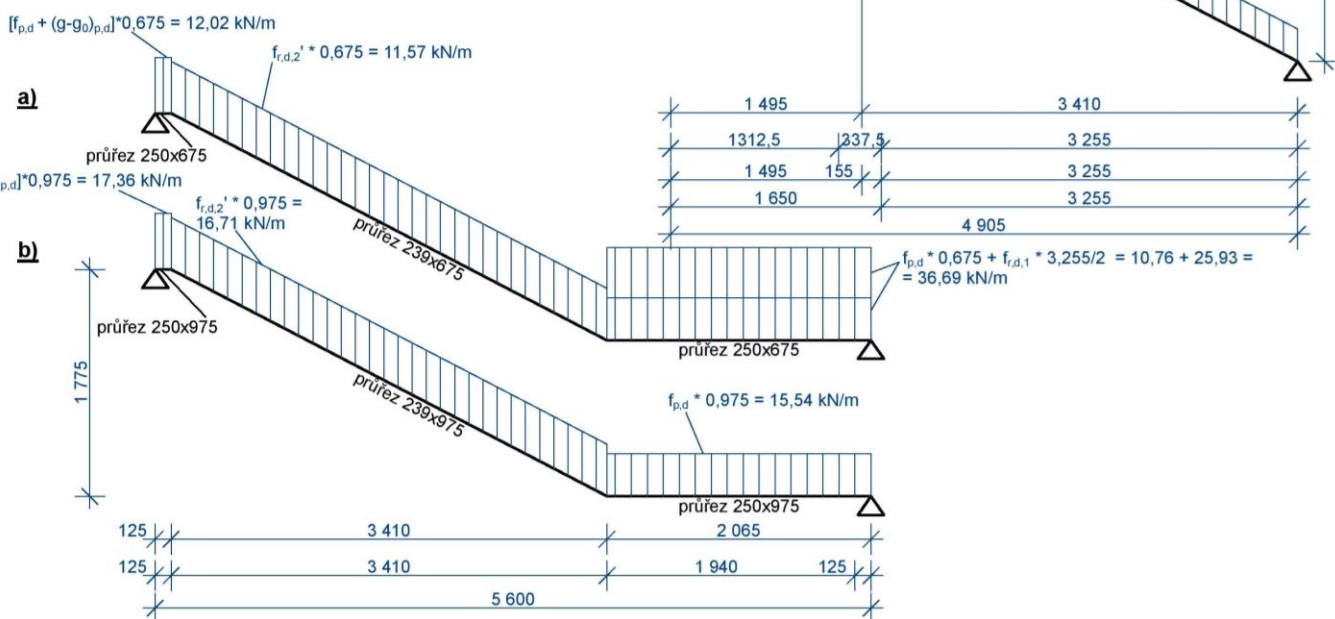


1) prvek pro akustické oddělení ramene od základové desky (zde desky) SCHÖCK Tronsole typ B-V1-L1650-B350

Statická schémata + zatížení

- ZVOLENÉ STATICKÉ SCHÉMA - řez A-A' (části a,b); řez B-B':
 → tato stat. schémata jsou dále zadána a počítána v programu SCIA Engineer 17.01 (výpočet posouvajících sil a momentů viz. další strana)

($d = h_{d,podesta} - c - \varnothing_s = 250 - 20 - 5 = 235\text{mm}$)
Řez A-A' - a) pruh přitížený ramenem 1 ($3 \cdot d = 3 \cdot 235 = 675\text{mm}$)
b) pruh nepřitížený ($1650 - 675 = 975\text{mm}$)



Obrázek 36: Konstrukční a statická schémata VARIANTA č. 3, Schodiště č. 2; vlastní tvorba

3. PODROBNĚJŠÍ VÝPOČTY VYBRANÝCH VARIANT

ZDROJE

- [1] ČSN 73 4130 – *Schodiště a šikmé rampy - Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [2] 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.
- [3] LORENCOVÁ, J. *SSSTAVJI 2. ročník pozemní stavitelství: Schodiště* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: http://195.113.227.100/ssstavji/Lorencova/2014-2015/2.rocnik%20_pozemni%20stavitelstvi/SCHODISTE.pdf
- [4] FOGLAR, M. *Sylabus přednášek pro předmět 133RBZS: Schodiště + ostatní* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~foglamar/Download/RBZS/RBZS-schodiste+ost_sylabus.pdf
- [5] PAVLÍK, M. *POZEMNÍ STAVITELSVÍ II: SCHODIŠTĚ* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: 15123.fa.cvut.cz/?download=___/predmet.ps2/prednaska__schodiste1.pdf
- [6] ČSN 73 6058 – *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [7] ŘEZÁČ, M. *Dopravní stavitelství: Přednáška 6: Jednotlivé, řadové a hromadné garáže* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/rezac/download/dsn/PG6-RG__a__HG.pdf
- [8] ČSN 74 3305 – *Ochranná zábradlí*. Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [9] Vyhláška 268/2009 Sb. v platném znění; *Vyhláška o technických požadavcích na stavby*.
- [10] ČSN 73 0540-2 – *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [11] POKORNÝ, M. *Požární bezpečnost staveb, sylabus pro praktickou výuku*. Praha: ČVUT v Praze, 2014. 124 s. ISBN 978-80-01-05456-7.

[12] ŠIMŮNEK, P. *Prvky z prostého a slabě vyztuženého betonu* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/bzk/simunek.p/al01/obrazova__priloha__k__p_rasty__beton__prvky__betonovych__konstrukci.pdf

[13] VŠB: *Pozemní stavitelství II. – cvičení: Schodiště a rampy* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps2/schodiste.html>

[14] ČSN 73 0532 – *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2010.

[15] *Technické informace Schoeck Tronsole* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: https://www.schoeck-wittek.cz/view/3739/Technicke__informace__Schoeck__Tronsole__%5B3739%5D.pdf

[16] VAŠKOVÁ, J. – HANZLOVÁ, H., *Sylabus k přednášce předmětu BK1 SCHODIŠTĚ* [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18927715-Sylabus-k-prednasce-predmetu-bk1-schodiste-ing-hana-hanzlova-csc-ing-jitka-vaskova-csc.html>

SEZNAM NOREM A PODKLADŮ POUŽITÝCH PŘI VÝPOČTU

[17] ČSN EN 206+A1 – *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Český normalizační institut, 2018.

[18] ČSN EN 12350-2 – *Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutí*. Praha: Český normalizační institut, 2009.

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

[20] 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.

[21] ČSN EN 1992-1-1 – Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[22] MAX FRANK Stabox & Coupler – Brožura – CZ - 2015 - Napojení výztuže přesahem a šroubové napojení výztuže [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z:
<http://www.psrbrno.cz/cs/content/sendFile/name/c6ff82fbfae4ac8aaa15ab098e4e1987>

[23] Jordahl and Pfeifer – SOUND INSULATION – For sound absorption in reinforced concrete stairs and landings [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z:
https://jpcz.cz/fileadmin/jordahlbau/microsite_cz/downloads/24cs.pdf

[24] ŠIMŮNEK, P. Kotvení výztuže a stykování přesahem [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z:
https://www.fce.vutbr.cz/bzk/simunek.p/prvky/08_cv3_kotveni_stykovany_vykryti_podelnou_vyztuzi.pdf

[25] PROCHÁZKA, J., ŠTĚPÁNEK, P., KRÁTKÝ, J., KOHOUTKOVÁ, A., VAŠKOVÁ, J., Navrhování betonových konstrukcí 1 – Prvky z prostého a železového betonu. ISBN 978-80- 903807-5-2. Praha: ČBS Servis, s. r. o., 2009.

[26] PROCHÁZKA, J., KOHOUTKOVÁ, A., VAŠKOVÁ, J., Příklady navrhování betonových konstrukcí 1. ISBN 978-8001-03675-4. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2009.

- dále jsme při výpočtech použili již citovaný prospekt od firmy Schöck Wittek s.r.o [15]

SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

[27] Microsoft Office Word 2013

[28] Microsoft Office Excel 2013

[29] PDF Architect 4

[30] Graphisoft ARCHICAD 18

[31] Nemetschek SCIA Engineer 17.01 – studentská licence

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Ukázky možných druhů schodišť (řezy a půdorysy) – vlastní komentář; A1-A3 přímá jednoramenná; A4-A7 přímá dvouramenná; A8 přímé tříramenné; A9 přímé čtyřramenné; A10-A11 přímé sdružené; B1 točité vřetenovité; B2 jednoramenné kruhové (křivočaré); B3 dvouramenné půlkruhové; B4 dvouramenné kruhové; B5 obecný tvar; C1-C2 dvouram. smíšenochará [5].....	12
Obrázek 2: Druhy schodišť dle sklonu schodišťových ramen [1]	13
Obrázek 3: Druhy pojízdných ramp z hlediska překonávané výšky [7]	16
Obrázek 4: Minimální šířky stupňů a stupnic [1]	18
Obrázek 5: Druhy stupňů dle půdorysného tvaru – přímý, kosý, zakřivený, zvláštní [1]	18
Obrázek 6: Druhy stupňů ve schodišťovém rameni [1].....	19
Obrázek 7: Schéma umístění konstrukce zábradlí a madel na hranici snížení průchodné šířky podesty či ramene [1]	20
Obrázek 8: Minimální průchodná a podchodná výška [1]	20
Obrázek 9: Minimální průchodná šířka podesty [1].....	21
Obrázek 10: Minimální rozměry vložené mezipodesty [1].....	21
Obrázek 11: Půdorysně zalomené schodiště, odstupy jednotlivých hran nástupního a výstupního stupně [1]	22
Obrázek 12: Možnosti kotvení zábradlí do betonové konstrukce, kotví se většinou z boku na čela stupňů (desky) nebo shora i popř. skrze povrchovou úpravu [2]	23
Obrázek 13: Nosná deska (stupeň) oboustranně podporovaná; vpravo schodnice sloužící zároveň jako zábradlí i se schématickým vyztužením [12]	24
Obrázek 14: Rozměrové a bezpečnostní požadavky na rampy pro pěší ilustrované na dvouramenné šikmé rampě [1]	25
Obrázek 15: Schéma směrových oblouků a na nich závislých šířek jednotlivých ramp a obrubníků [6], [7].	26
Obrázek 16: Tabulka doplňující Obrázek 15, závislost šířek pruhů a celkových šířek ramp na poloměrech směrových oblouků [6], [7].	27
Obrázek 17: Řešení přechodů mezi různými podélnými sklony [6].....	27
Obrázek 18: Maximální podélné sklony dle druhu pojízdných ramp [6]..	28
Obrázek 19: Konstrukce detailu 1 – hrany nástupního a výstupního stupně v jedné přímce; z rozměru t (tloušťka ramene i se stupni a jejich úpravou) je odvozen celkový rozměr podesty [13].....	29
Obrázek 20: Konstrukce detailu 2 – hrany nástupního a výstupního stupně posunuté o šířku stupně; z rozměru t (tloušťka ramene i se stupni a jejich úpravou) je odvozen celkový rozměr podesty, menší tloušťka podesty než v předchozím případě [13].....	29
Obrázek 21: Porovnání tlouštěk podestové konstrukce dle posunů hran stupňů na výstupní čáře; t1- posun hrany o šířku stupně ve směru výstupního ramene; t2 – posun hrany o $\frac{\delta}{2}$; t3- posun hrany o šířku stupně ve směru sestupního ramene [2].....	30

Obrázek 22: Vynesení detailů návaznosti podest a ramen; průsečík desek ve vzdálenosti $\frac{1}{2}$ od hran stupňů, hrany stupňů ve stejné přímce; vlastní tvorba	30
Obrázek 23: Schéma vzniku a šíření vibrací skrze konstrukci; prospekty firmy Max Frank; [online]. In: [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: https://docplayer.cz/docs-images/44/17830526/images/page_5.jpg	32
Obrázek 24: Schéma akustického oddělení schodiště pomocí výrobků firmy Schöck Wittek s.r.o.; typ Z – oddělení mezipodesty a stěny pomocí boxů, typ L – spárové desky po obvodě; typ T – oddělení ramene od podesty; typ B – oddělení ramene od základové desky [15].....	33
Obrázek 25: Alternativní možnosti akustického oddělení; vlevo přes pryžové ložisko na ozubu, vpravo přes pryžové ložisko na trnech s deskami; uprostřed klasicky oddělení ramene přes ozub a tlumící podložku, vibrace na podestě jsou tlumené plovoucí podlahou, podesta může pak být v tomto případě pevně spojena s okolní konstrukcí (stěnami), plovoucí podlaha musí být oddělena i po obvodě dilatačními pásy [2].....	34
Obrázek 26: Schémata schodiště č. 1 před volbou konstrukčně-statických variant; obvodové stěny schodiště ŽB monolit; VLEVO schéma pro varianty podest s kročejovou izolací; VPRAVO schéma pro varianty podest bez kročejové izolace; vlastní tvorba	42
Obrázek 27: Konstrukční a statická schémata	44
Obrázek 28: Konstrukční a statická schémata	47
Obrázek 29: Osazení akustických boxů, VARIANTA 2, schodiště č. 1; vlastní tvorba	48
Obrázek 30: Statické schéma, zatížení a průběh momentů v řezech A-A'; B-B' dle programu SCIA Engineer 17.01; vlastní tvorba.....	49
Obrázek 31: Konstrukční a statická schémata	51
Obrázek 32: Konstrukční a statická schémata	54
Obrázek 33: Konstrukční a statická schémata	60
Obrázek 34: Schodiště č.2, Varianta č. 1; statické schéma, reakce a průběh návrhových momentových sil z programu SCIA Engineer 17.01; vlastní tvorba	61
Obrázek 35: Konstrukční a statická schémata	63
Obrázek 36: Konstrukční a statická schémata	66

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 1; vlastní tvorba.....	45
Tabulka 2: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 2; vlastní tvorba.....	48
Tabulka 3: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 3; vlastní tvorba.....	52
Tabulka 4: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 1, VARIANTA č. 4; vlastní tvorba.....	55
Tabulka 5: Ověření poměrné výšky tlačené oblasti ŽB desek schodiště a výpis potřebné a minimální plochy výztuže; Schodiště č. 2, VARIANTA č. 1; vlastní tvorba.....	61

SEZNAM PŘÍLOH

STAVEBNÍ VÝKRESY

- **Příloha č. 1** – Situace objektu [1:200] [A2]
- **Příloha č. 2a** – Půdorys typického podlaží (2.NP)
s vyznačením jednotlivých schodišťových prostorů
v objektu [1:80] [A2]
- **Příloha č. 2b** – Půdorys vstupního (přízemního) podlaží
(1.NP) s vyznačením jednotlivých schodišťových prostorů
v objektu [1:80] [A2]

VÝKRESY VÝZTUŽE

- **Příloha č. 3** – výkres výztuže – schodiště č. 1, konstrukční
varianta č. 2 (monolit) [1:25] [A3]
- **Příloha č. 4** – výkres výztuže – schodiště č. 1, konstrukční
varianta č. 4 (prefa+monolit) [1:25] [A3]
- **Příloha č. 5** – výkres výztuže – schodiště č. 2, konstrukční
varianta č. 2 (přímé, prefa)
- **Příloha č. 6** – výkres výztuže – schodiště č. 2, konstrukční
varianta č. 3 (přímé pravotočivé, monolit)