ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

NÁVRH BYTOVÉHO DOMU SE ZAMĚŘENÍM NA STAVEBNÍ FYZIKU

DESIGN OF RESIDENTIAL BUILDING WITH FOCUS ON BUILDING PHYSICS

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Praha 2020

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Fatyanova Jméno: Elizaveta Osobní číslo: 456880

Zadávající katedra: K124 (Katedra konstrukcí pozemních staveb)

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh bytového domu se zaměřením na stavební fyziku

Název bakalářské práce anglicky: Design of residential building with focus on building physics

Pokyny pro vypracování:
Na základě architektonické studie konstrukční návrh budovy s ohledem na zástavbu proluky a tedy nutné oddilatování od stávajících objektů. Předběžný statický návrh nosných konstrukcí. Tepelně technické posouzení obalových konstrukcí z hlediska jednorozměrného šíření tepla. Návrh dělicích konstrukcí s ohledem na zajištění jejich zvukové izolace. Popis opatření pro eliminaci šíření kročejového zvuku z prostoru schodiště. Posouzení proslunění bytů a hodnocení denního osvětlení v obytných místnostech a v kancelářském prostoru, který je umístěn v 1. NP. V případě nevyhovujících podmínek návrh vhodných stavebních úprav a ověření jejich účinnosti. Vybrané části projektové dokumentace pro stavební povolení.

Seznam doporučené literatury:
ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, ÚNMZ Praha, únor 2010.
ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012.
ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007.
ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov, ČNI Praha, červen 2007.
ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky, ÚNMZ Praha, březen 2010.
ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004.
ČSN 73 6058 Jednotlivé, řadové a hromadné garáže, ÚNMZ Praha, září 2011.
ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov. ČAS Praha, červen 2019.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 17. 2. 2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17. 5. 2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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".

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

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

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/200 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V …….. dne ……..…. ……

Podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je návrh bytového domu na základě existující architektonické studie. V rámci práce se provede konstrukční návrh objektu, předběžný statický návrh nosných prvků a posouzení vybraných kritických části objektu z hlediska tepelné techniky, světelné techniky a akustiky. Pro této účely byla vypracována výkresová dokumentace, uvedena v příloze, v rozsahu potřebném pro vybraná posouzení. Textová část práce bude zahrnovat obecnější popis objektu, vybrané kapitoly souhrnné technické zprávy navrženého bytového domu, popis výše popsaných stavebně-fyzikálních oboru a posouzení konstrukce na příslušné požadavky. Skladby obvodových konstrukcí budou posouzeny na tepelně technické požadavky a vnitřní dělicí konstrukce na požadavky akustické (konkrétně vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost). Kritické byty a vybrané prostory k pronájmu budou ohodnoceny z hlediska proslunění a úrovně denního osvětlení. Při nevyhovujících výsledcích bude popsáno možné opatření.

Klíčová slova

Bytový dům, denní osvětlení, proslunění, vzduchová neprůzvučnost, kročejový zvuk, tepelná ochrana budov.

Annotation

The object of this bachelor thesis is to design an apartment building based on an existing architectural study. As part of the work, will be performed the structural design of the building, preliminary static design of load-bearing elements and assessment of selected critical parts of the building in terms of heating technology, lighting and acoustics. For this purpose, will be prepared customers' drawing, listed in the annex, to the extent necessary for the selected assessments. The textual part of the work will include a general description of the building, selected chapters of the summary technical report of the proposed apartment building, a description of the above-described construction and physical fields and assessment of the structure to the relevant requirements. The compositions of the peripheral structures will be assessed for thermal technical requirements and the internal dividing structures for acoustic requirements (specifically airborne and impact sound insulation). Critical apartments and selected areas for rent will be assessed for insolation and daylight levels. In case of unsatisfactory results, will be escribed a possible measure.

Keywords

Apartment building, daylighting, insolation, soundproofing, impact sound, thermal protection of building.

Obsah

Úvod **10**

1. Popis objektu **11**

1.1. Lokalita 11

1.2. Architektonické řešení 12

1.3. Dispoziční řešení 13

2. Konstrukčně statické řešení **14**

2.1. Základy 14

2.2. Dilatace objektu 14

2.3. Izolace proti vodě, protiradonová izolace 15

2.3.1. Spodní stavba 15

2.3.2. Srážková voda 15

2.4. Schéma a popis nosných konstrukcí 16

2.4.1. Konstrukční schémata 16

2.4.2. Popis použitých materiálů 20

2.5. Přehled zatížení 20

2.5.1. Stálé zatížení 20

2.5.1.1. Nosné konstrukce 20

2.5.1.2. Podlahy 20

2.5.1.3. Střešní plášť 21

2.5.1.4. Obvodový plášť 21

2.5.1.5. Příčky 21

2.5.2. Proměnné zatížení 21

2.5.2.1. Užitné zatížení 21

2.5.2.2. Zatížení sněhem 22

2.5.2.3. Zatížení větrem 22

2.6. Předběžný statický návrh a posouzení nosných prvků 22

2.6.1. Návrh a ověření tloušťky stropní a střešní desky 22

2.6.2. Návrh a ověření trámů 25

2.6.3. Návrh a ověření svislých nosných konstrukcí 28

2.6.3.1. Stěny 28

2.6.3.2. Sloupy 28

2.7. Nenosné konstrukce 30
2.7.1. Svislé konstrukce 30
2.7.2. Vodorovné konstrukce 30
2.8. Schodiště 30
2.8.1. Popis konstrukce 30
2.8.2. Snížení přenosu hluku 31
2.9. Střecha 31
2.10. Obvodový plášť 32
2.11. Povrchové úpravy 32
2.12. Výplně otvorů 32
2.12.1. Okna 32
2.12.2. Dveře 33
2.13. Dlažby a obklady 33
2.13.1. Obklady 33
2.13.2. Dlažby 33
3. Stavební tepelná technika 34
3.1. Posuzované veličiny a požadavky 34
3.2. Okrajové podmínky 35
3.3. Posouzení vybraných konstrukcí 36
3.3.1. Obvodová stěna v nadzemních podlažích 36
3.3.2. Obvodová stěna v 1.PP nad úrovní terénu 37
3.3.3. Obvodová stěna v 1.PP pod úrovní terénu 38
3.3.4. Suterénní stěna v 2.PP a 3.PP 39
3.3.5. Střešní konstrukce – terasa 40
3.3.6. Střešní konstrukce nad schodišťovým prostorem 41
3.3.7. Stropní konstrukce 42
4. Stavební akustika 43
4.1. Posuzujeme veličiny a požadavky 43
4.1.1. Vzduchová neprůzvučnost 43
4.1.2. Kročejová neprůzvučnost 44
4.2. Posouzení vybraných konstrukcí 45
4.2.1. Mezibytová železobetonová stěna 45
4.2.2. Příčka uvnitř bytu 46

4.2.3. Stropní konstrukce typického podlaží 47
5. Stavební světelná technika 48
5.1. Posuzované veličiny a požadavky 48
5.1.1. Denní osvětlení 48
5.1.1.1. Teoretický úvod 48
5.1.1.2. Požadavky dle ČSN 73 0580-1 a ČSN 73 0580-2 50
5.1.1.3. Požadavky dle ČSN EN 17037 50
5.1.2. Proslunění 51
5.1.2.1. Teoretický úvod 51
5.1.2.2. Požadavky dle ČSN 73 4301 51
5.1.2.3. Požadavky dle ČSN EN 17037 52
5.2. Posouzení 52
5.2.1. Denní osvětlení 53
5.2.1.1. Posouzení bytu typu 1+KK 57
5.2.1.2. Posouzení bytu typu 2+KK 58
5.2.1.3. Návrh a posouzení stavebních úprav místnosti 1.08 59
5.2.1.4. Posouzení bytu typu 3+KK 62
5.2.1.5. Posouzení prostoru k pronájmu 64
5.2.1.6. Návrh stavebních úprav prostoru k pronájmu 65
5.2.2. Proslunění 66
5.2.2.1. Posouzení bytu typu 1+KK 66
5.2.2.2. Posouzení bytu typu 2+KK 67
5.2.2.3. Posouzení bytu typu 3+KK 69
6. Závěr 73
7. Zdroje 74
Přílohy

Úvod

Bytový či rodinný dům je základní jednotkou struktury současného lidského sídla. Celý náš život buď to sociální, kulturní nebo politický se vybudovává kolem i těch nejtriviálnějších čtyř stěn a střechy. Když stavby občanského vybavení nepochybně plní pro lidstvo významný úkol, bytová jednotka je pořád nejzásadnější složkou pro zajištění funkčního života člověka, jeho ochrany a rekreaci.

Základní funkce budovy zvládají už tisíciletí a s celosvětovým rozvojem v posledních dekádách jsme dokázali přeložit na obytné stavby další důležitý úkol – zabezpečení maximální pohody vnitřního prostředí. Z tohoto důvodu v této bakalářské práce jsem se rozhodla zabývat stavební akustikou, stavební tepelnou a světelnou technikou vybraného bytového domu, třemi pilíři pro vytváření komfortního pobytu, ve velké míře ovlivňujícího lidské pocity pohody a spokojenosti. Člověk ve svém životě průměrně stráví 90 % svého času v interiéru a většina z toho času přijde na prostředí domova, proto zaručení komfortních podmínek pro uživatele by mělo vyjít do popředí v navrhování budov.

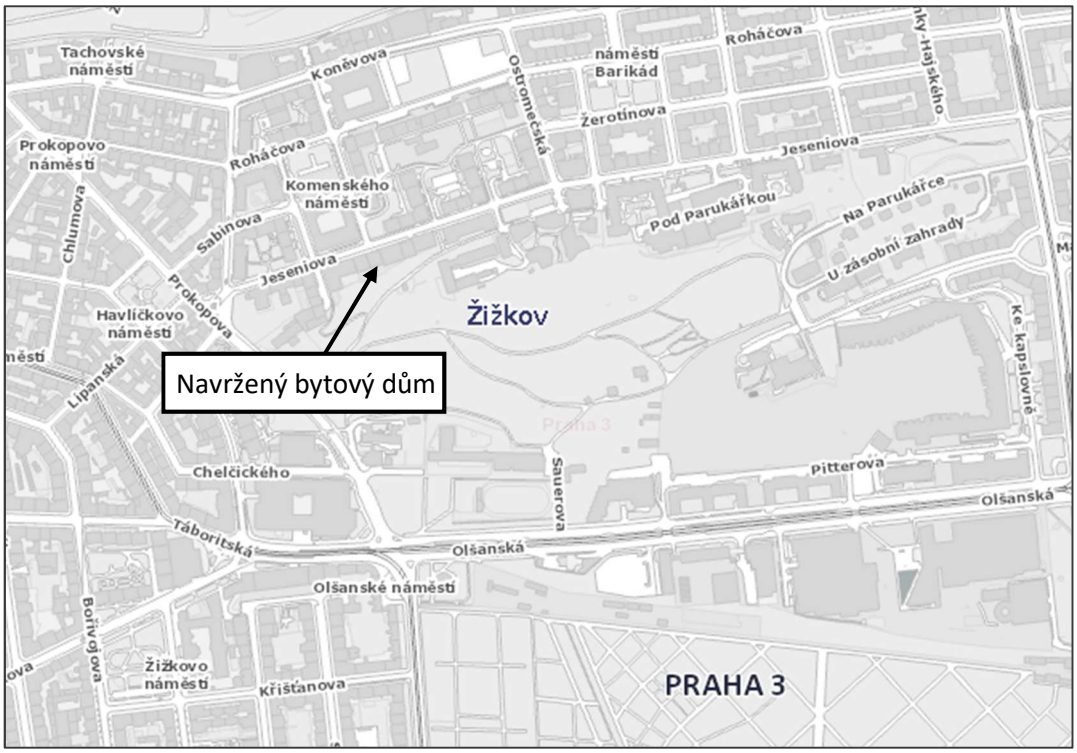
I když bytový dům někde na Žižkově nemůže soupeřit v kulturní významnosti s takovým gigantem architektury, jako je na příklad Pantheon pro celé lidstvo, stejně je pro každého jednotlivého obyvatele po dobu jeho užívání zásadně významnější.

1. Popis objektu

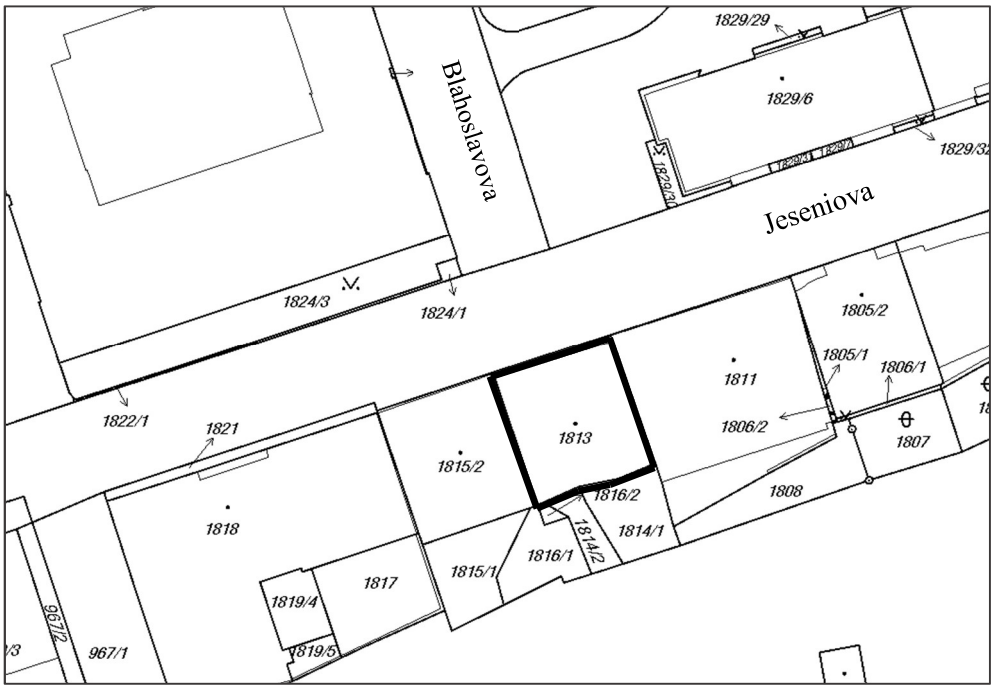
Návrh objektu je inspirován částečnou výkresovou dokumentací bytového domu Jeseniova v Praze z atelieru VYŠEHRAD ze stránky Archiweb [13]. Vytvořená pro účely bakalářské práce výkresová dokumentace se tím pádem může dispozičně lišit od původní studie.

1.1. Lokalita

Bytový dům se nachází v ulici Jeseniova 2853/22 v Praze 3. Objekt je umístěn v souvislé řádové zástavbě, v proluce parc.č. 1813 v k.ú. Žižkov. Ze severní strany od bytového domu se nachází bytové objekty v ulici Jeseniova a Blahoslavova, z jižní strany objektu se rozkládá park Vrch sv. Kříže.



Obr. 1: *Situace širších vztahů, výkres územního plánu, stav k 17.10.2019 [16]*



Obr. 2: *Výřez z katastru nemovitosti, ČÚZK, 2004-2020 [15]*

1.2. Architektonické řešení

Architektonicky se jedná o devítipodlažní objekt s třemi podzemními podlažími, šestí nadzemními podlažími a s plochou pochozí střechou. V 1. PP bytového domu budou rozmístěny prostory k pronájmu, skladovací a technické prostory. 2. PP a 3. PP tvoří podzemní parkoviště a sklepní kóje. V nadzemních podlažích jsou umístěny bytové jednotky. Každá bytová jednotka v 2. NP až 5. NP s orientací oken na jižní stranu disponuje balkonem. V 1. NP a v 6. NP mají bytové jednotky výstupy na vlastní terasy. Vstup do objektu, samostatný vstup do prostoru k pronájmu a vjezd do garáží, je umístěn v 1. PP, toto podlaží z ulice Jeseniova má výšku podlahy v rovině s chodníkem a ze strany dvoru je pod úrovní terénu.

Fasáda objektu je dvakrát zalomená. Toto řešení bylo zvoleno v první řadě kvůli nestejné úrovni fasád sousedních objektů, kvůli lepšímu proslunění bytů s okny orientovanými na severozápadní stranu a také kvůli rozmanitému a půvabnému vzhledu.

1.3. Dispoziční řešení

Dispozice 3. PP a 2. PP jsou stejné. Každé podlaží má parkovací plochu pro 8 osobních aut, sklepní koje pro 8 bytových jednotek, technickou místnost, schodišťový prostor s osobním výtahem a autovýtah.

V 1. PP jsou umístěny prostory k pronájmu pro obchody či služby s vlastním hygienickým zařízením. Tyto prostory mají samostatný vstup z ulice Jeseniova. Jeden z prostorů k pronájmu je umístěn v jižní části budovy pod úrovní terénu ve dvorku a má střešní okna vystupující nad terasu 1. NP. Také v 1. PP jsou navrženy technické místnosti bytového domu, schodišťový prostor s osobním výtahem a autovýtah s vjezdem z ulice Jeseniova.

V 1. NP až 5. NP jsou rozmístěné bytové jednotky, které mají v každém podlaží stejné dispoziční řešení, až na přítomnost balkonu či terasy. V jednom patře budou umístěny tři bytové jednotky. První bytová jednotka má jeden velký obývací pokoj s kuchyňským koutem a okny s orientací na severovýchodní fasádu o ploše 72 m^2. Druhá bytová jednotka má jednu ložnici a jeden obývací pokoj s kuchyňským koutem a s výstupem na balkon či terasu. Byt má okna orientované na jihovýchodní stranu a celkovou podlahovou plochou 83 m^2. Třetí bytová jednotka má okna vycházející na severní i na jižní fasádu. Má dvě ložnice s okny na severovýchodní fasádě, jedna ložnice disponuje vlastní koupelnou. Na jižní straně bytu je umístěn velký obývací pokoj s kuchyňským koutem a výstupem na terasu či balkón. Celková plocha bytu je 111 m^2.

V 6.NP je umístěno jedno velké luxusní apartmá o celkové ploše 193 m^2. Apartmá má na severní a jižní straně výstupy na osobní terasy. Apartmá má převážně volný půdorys s možnosti rozdělení vnitřních prostoru dle uvážení majitele.

Na střeše objektu je zelená terasa pro všechny obyvatele bytového domu. Výstup na střechu je umožněn ze schodišťového prostoru, vyčnívajícího uprostřed pochozí střechy.

2. Konstrukčně statické řešení

2.1. Základy

Budova je podle geologických map [17] pravděpodobně založena na skalním podloží z jílovité břidlice. Tato vrstva je velice únosná, vzhledem ke dvěma podzemním podlažím není potřeba řešit nezámrznou hloubku. Návrh základů není součásti této bakalářské práce, proto základová konstrukce byla jenom odhadnuta jako základová deska z železobetonu tloušťky 500 mm. Toto řešení bylo zvoleno kvůli zajištění rovnoměrného sedání celého bytového domu. Pod základovou deskou je navržena vrstva podkladního betonu o tloušťce 100 mm pro zamezení vtlačení výztuže do podloží a pro provedení hydroizolace pod základovou deskou. Nulová rovina je zvolena ve výšce 238,345 m n.m., při tom základová spára je ve výšce -9,490 m.

2.2. Dilatace objektu

Bytový dům je projektován v proluce mezi dvěma stávajícími bytovými domy. Kvůli možnému nerovnoměrnému sedání sousedních objektů a objemovým změnám konstrukcí vlivem teplotních účinků navrhovaný bytový dům bude od vedlejších objektů oddilatován. Pro zjednodušení předpokládám, že sousední objekty jsou též založeny na základových deskách se základovou spárou ve stejné hloubce jako u projektovaného domu. Tento předpoklad by se musel ověřit geologickým průzkumem a základová konstrukce by se případně vhodně opravila (na příklad použitím pilot). Dilatace bude provedena po celé ploše štítových stěn od základové spáry až po horní společnou hranici stěn. Sousední objekty máji různou výšku, proto délka dilatačního spoje ze západní a z východní strany, je to patrné z výkresu číslo 5. Dilatační spára bude provedena v šířce 15 mm, prostup bude vyplněn páskem z extrudovaného polystyrénu tloušťky 15 mm. V místě ukončení dilatační spáry bude prostup zakryt pružným tmelem a příslušným klempířským prvkem.

2.3. Izolace proti vodě, protiradonová izolace

2.3.1. Spodní stavba

Na podkladní beton tloušťky 100 mm se provede nátěr asfaltovou penetrační emulzí a na ni se po vyschnutí nataví ve dvou vrstvách hydroizolační asfaltové pásy s přeložením minimálně 120 mm. Poté se provede základová deska z železobetonu tloušťky 500 mm. Hydroizolační vrstva bude provedena jako spojitá vrstva, celistvě a voděodolně. Rovina vodorovné spáry izolace proti zemní vlhkosti a vodě bude provedena minimálně v úrovni 300 mm nad úrovní okolního upraveného terénu (natavením na obvodové konstrukce stavby směrem nad úroveň podlahy v 1.PP ze severní strany a v 1.NP z jižní strany) tak, aby nemohlo dojít k průniku vlhkosti a vody z okolí.

Dle posudku české geologické služby [18] je stavba umístěna na pozemku s převažujícím středním radonovým indexem. Zvolené hydroizolační asfaltové pásy Glastek 40 Special Mineral slouží zároveň jako ochrana proti radonu.

2.3.2. Srážková voda

Ochranu proti srážkové vodě, která působí na plochou střechu, zabezpečují hydroizolační asfaltové pásy natavené ve dvou vrstvách. Konkrétně bylo uvažováno s výrobkem Glastek 40 Special Mineral. Odvedení srážkové vody od je zajištěno 2 % spádem střešní skladby směrem ke žlabům umístěným na pochozí střeše objektu podle výkresu číslo 7 v příloze D. Odtékání vody z nepochozí části střechy nad schodišťovým prostorem je zajištěno sklonem střechy na jižní stranu ve spádu 2 % a pozinkovaným žlabem, odvádějícím srážkovou vodu. Ochrana obvodového pláště proti zatékání do oken a atik bude zajištěna pomoci klempířských prvků z hlinitých plechů.

2.4. Schéma a popis nosných konstrukcí

2.4.1. Konstrukční schémata

i. Konstrukční schéma 3.pp a 2.pp

Svislé nosné konstrukce

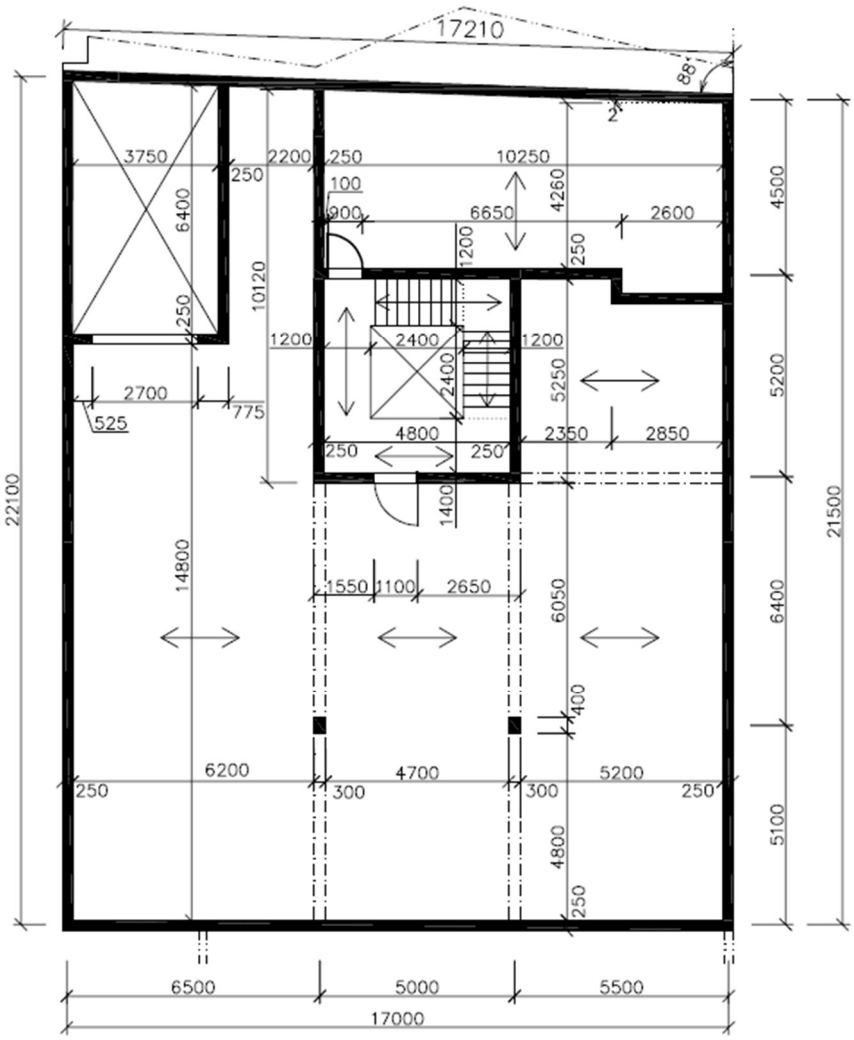
Vnitřní monolitické železobetonové sloupy z betonu C 45/55 300x400 mm.

Vnější a vnitřní nosné železobetonové stěny z betonu C 30/37 tl. 250 mm.

Vodorovné nosné konstrukce

Monolitické železobetonové průvlaky z betonu C 30/37 300x550 mm.

Strop z monolitických železobetonových desek jednosměrně pnutých
z betonu C 30/37 tl. 220 mm.



Obr. 3: *Konstrukční schéma 3. PP*

ii. Konstrukční schéma 1.pp

Svislé nosné konstrukce

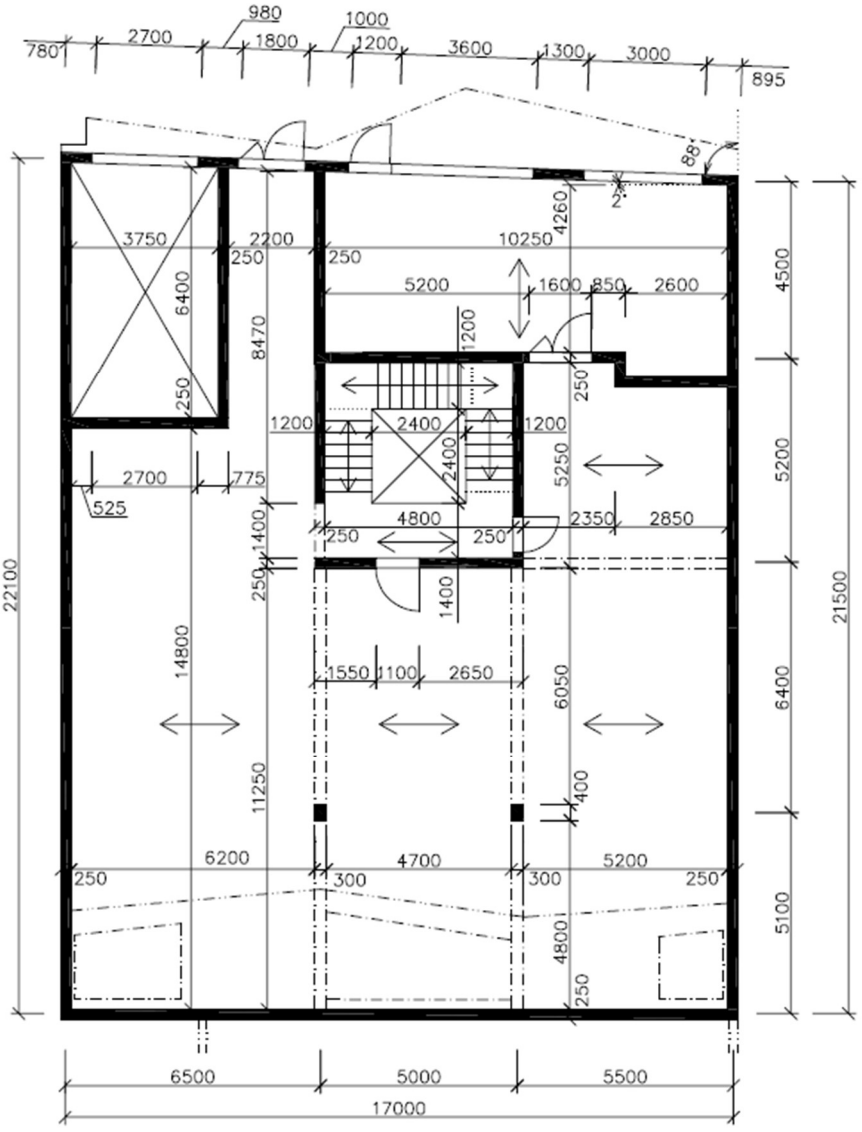
Vnitřní monolitické železobetonové sloupy z betonu C 40/50 300x400 mm.

Vnější a vnitřní nosné železobetonové stěny z betonu C 30/37 tl. 250 mm.

Vodorovné nosné konstrukce

Monolitické železobetonové průvlaky z betonu C 30/37 300x550 mm.

Strop z monolitických železobetonových desek jednosměrně pnutých z betonu C 30/37 tl. 220 mm.



Obr. 4: *Konstrukční schéma 1. PP*

iii. Konstrukční schéma 1.np až 5.np

Svislé nosné konstrukce

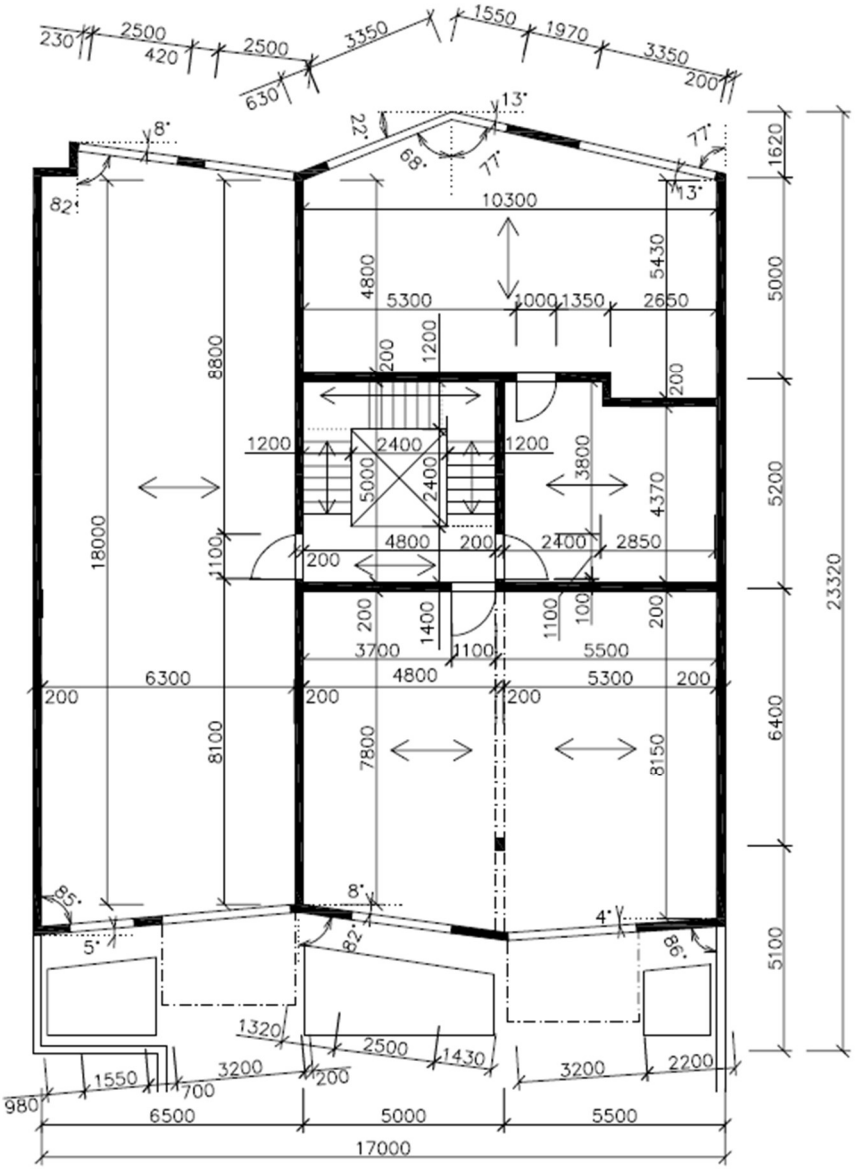
Vnitřní monolitické železobetonové sloupy z betonu C 30/37 200x300 mm.

Vnější a vnitřní nosné železobetonové stěny z betonu C 30/37 tl. 200 mm.

Vodorovné nosné konstrukce

Monolitické železobetonové průvlaky z betonu C 30/37 300x550 mm.

Strop z monolitických železobetonových desek jednosměrně pnutých z betonu C 30/37 tl. 220 mm.



Obr. 5: *Konstrukční schéma 1. NP*

iv. Konstrukční schéma 6.np

Svislé nosné konstrukce

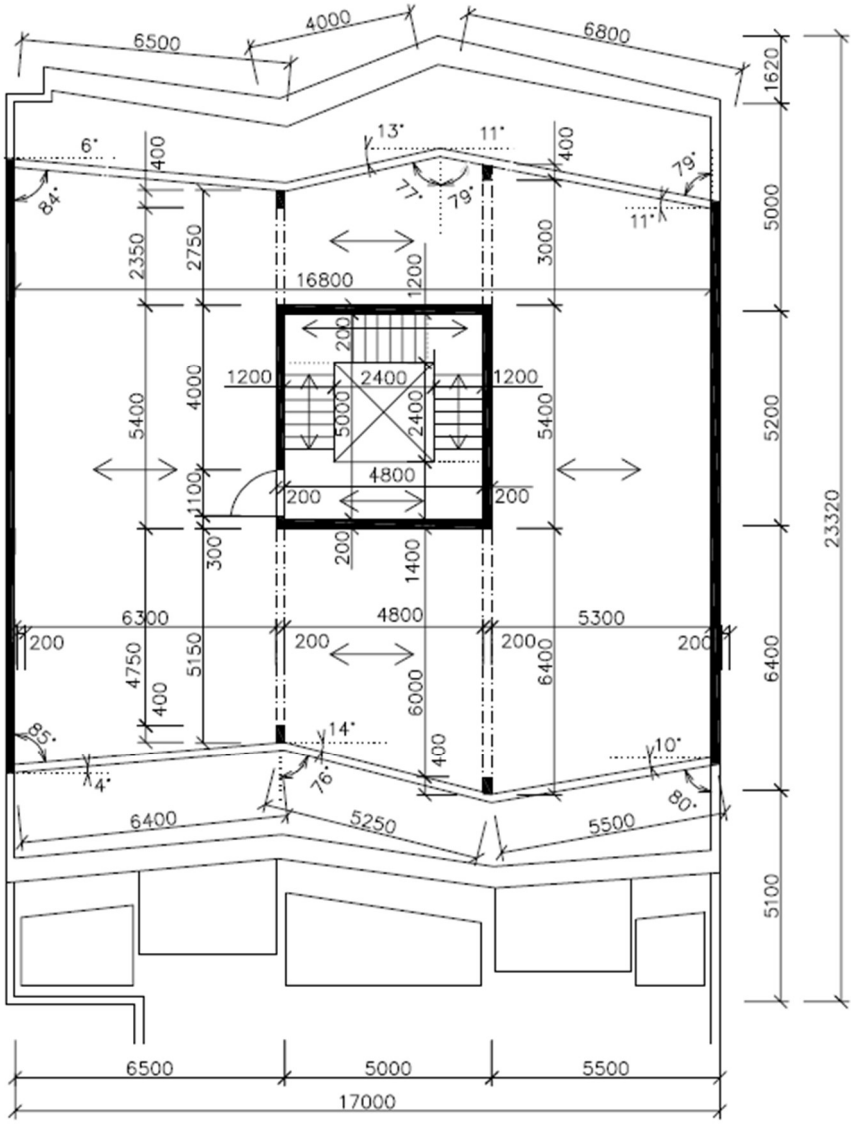
Vnitřní monolitické železobetonové sloupy z betonu C 30/37 200x400 mm.

Vnější a vnitřní nosné železobetonové stěny z betonu C 30/37 tl. 200 mm.

Vodorovné nosné konstrukce

Monolitické železobetonové průvlaky z betonu C 30/37 300x550 mm.

Strop z monolitických železobetonových desek jednosměrně pnutých z betonu C 30/37 tl. 220 mm.



Obr. 6: *Konstrukční schéma 6. NP*

2.4.2. Popis použitých materiálů

Beton: C 30/37 XC1 - Cl 0,2 – Dmax16 - S3,

C 45/55 XC1 - Cl 0,2 – Dmax16 - S3.

Ocel: B500B.

2.5. Přehled zatížení

2.5.1. Stálé zatížení

2.5.1.1. Nosné konstrukce

Vlastní tíha nosných prvků je uvedená v kapitole 3. Předběžný návrh a posouzení prvků.

2.5.1.2. Podlahy

Zatížení od nejtěžší skladby podlahy mimo parkovací plochu:

Tab. 1: *Zatížení od podlahy v typickém patře*

	tl. [mm]	**obj. tíha [kg/m³]**	**gk [kN/m²]**
Keramická dlažba	15	2800	0,42
Anhydritová mazanina	50	2200	1,10
Trubky PE-X GIACOMINI[1)]	-	-	-
EPS TK 5000	50	15	0,0075
ISOVER T-P	25	150	0,0375
CEKEM			**1,57**

[1)] Trubky jsou ovinuty mazaninou. Pro zjednodušení zanedbávám hmotnost PE trubky a naplňující ji vody a nahradím je hmotnosti mazaniny

Zatížení od skladby podlahy parkovací plochy:

Tab. 2: *Zatížení od podlahy na vnitřním parkovišti*

	tl. [mm]	**obj. tíha [kg/m³]**	**gk [kN/m²]**
Systém Sika Cardeck Static	2,5	7,75	0,0002
Lehčený beton ve spádu [1)]	80	1500	1,20
CEKEM			**1,21**

[1)] Uvažuje se průměrná tloušťka

2.5.1.3. Střešní plášť

Pro předběžný statický výpočet je uvažovaná nejtěžší skladba střešního pláště:

Tab. 3: *Zatížení od střešního pláště*

	tl. [mm]	obj. tíha [kg/m³]	gk [kN/m²]
Betonová dlažba	20	2300	0,46
Asfaltový pás	8	1135	0,091
Izolace STYRODUR 3000 CS	260	33	0,086
Lehčený beton ve spádu [1)]	100	1500	1,50
CEKEM			**2,14**
[1)] Uvažuje se průměrná tloušťka			

2.5.1.4. Obvodový plášť

Váha obvodového pláště je pro předběžný statický výpočet zanedbána.

2.5.1.5. Příčky

Pro předběžný statický výpočet je uvažovaná skladba nejtěžší příčky:

Tab. 4: *Zatížení od příčky*

	tl. [mm]	obj. tíha [kg/m³]	gk [kN/m²]
2x Keramický oklad	8	2800	0,224
2x SDK deska	12,5x2	800	0,20
Izolace ISOVER AKU	75	40	0,03
Profil R-UW 75	-	-	0,002
CEKEM			**0,456**

2.5.2. Proměnné zatížení

2.5.2.1. Užitné zatížení

Hodnoty jsou převzaté z normy ČSN 1991-1-1 [9].

Stropní konstrukce: qk=1,5 kN/m² (Kategorie A – obytná plocha).

Stropní konstrukce: qk=2,5 kN/m² (Kategorie F – parkovací plocha).

Střešní konstrukce: qk=1,5 kN/m² (Kategorie I – parkovací pochůzná střecha

2.5.2.2. Zatížení sněhem

Hodnoty je převzatá z mapy zatížení sněhem v České republice [19].

Sněhová oblast I: sk=0,56 kN/m².

2.5.2.3. Zatížení větrem

Zatížení objektu větrem je pro předběžný statický výpočet zanedbáno.

2.6. Předběžný statický návrh a posouzení nosných prvků

2.6.1. Návrh a ověření tloušťky stropní a střešní desky

Stropní desky jsou navržené jako monolitické, železobetonové, jednosměrně pnuté desky ve stejné tloušťce ve všech patrech.

Návrh tloušťky desky pomocí **empirického vztahu:**

$$h_{d1} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25} \right) \times l \tag{1}$$

Po dosažení hodnot do vztahu (1) dostaneme:

$$h_{d1} = \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{25} \right) \times 6500 = (216 - 260) \text{ [mm]}$$

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

$$h_{d2} = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom} \tag{2}$$

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

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \times \kappa_{c2} \times \kappa_{c3} \times \lambda_{d,tab} \tag{3}$$

kde: λ [-] je ohybová štíhlost posuzovaného prvku,

λ_d [-] je vymezující ohybová štíhlost,

l [m] je osové rozpětí prvku,

d [m] je výška staticky účinné části průřezu, profil výztuže,

κ_{c1} [-] je součinitel tvaru průřezu, uvažuji K_{c1} = 1,0,

κ_{c2} [-] je součinitel rozpětí, pro $l \leq 7$ m je K_{c2} = 1,0,

κ_{c3} [-] je součinitel napětí tahové výztuže, zjednodušeně uvažuji 1,25,

$\lambda_{d,tab}$ [-] je tabulková hodnota vymezující ohybové štíhlosti, stupeň vyztužení uvažuji 0,5%.

Po vyjádření proměnné d ze vztahu (3) a dosažení hodnot dostaneme:

$$d \geq \frac{l}{\kappa_{c1} \times \kappa_{c2} \times \kappa_{c3} \times \lambda_{d,tab}} \geq \frac{6500}{1{,}0 \times 1{,}0 \times 1{,}25 \times 26{,}7} \geq 195 \text{ [mm]}$$

c_{nom} [mm] nominální krycí vrstvu výztuže, uvažuji 20 mm

Ø [mm] velikost výztužného profilu, uvažuji 10 mm

Po dosažení hodnot do vztahu (2) dostaneme:

$$h_{d2} = 195 + \frac{10}{2} + 20 = 220 \text{ [mm]}$$

Návrh tloušťky stropní desky: 220 mm

Hodnoty zatížení stropní desky:

Tab. 5: *Zatížení stropní desky*

Typ	Zatížení	Objem. tíha [kN/m³]	Tloušťka [m]	Charakter. hodnota [kN/m²]	Součin. zatížení	Návrh. hodnota [kN/m²]
STÁLÉ	Vlastní tíha	25	0,22	5,50	1,35	7,43
	Skladba podlahy	-	-	1,75	1,35	2,37
	CELKEM			**g_k=7,25**		**g_d=9,80**
PROMĚNNÉ	Užitné na patře	-	-	**q_k=1,50**	1,5	**q_k=2,25**
CELKEM				**$(g+q)_k$=8,75**		**$(g+q)_d$=12,05**

Stanovení předpokládané maximální hodnoty momentu na stropní desce:

$$m_{Ed,max} = \left(\frac{1}{12}\right) \times f \times l^2 \qquad (4)$$

Po dosažení hodnot do vztahu (4) dostaneme:

$$m_{Ed,max} = \left(\frac{1}{12}\right) \times 12{,}05 \times 6{,}5^2 = 42{,}43 \text{ [kNm/m']}$$

Stanovení předpokládané hodnoty poměrného momentu na stropní desce:

$$\mu = \frac{m_{Ed,max}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \tag{5}$$

Po dosažení hodnot do vztahu (5) dostaneme:

$$\mu = \frac{42{,}43 \times 10^6}{1000 \times 195^2 \times 20} = 0{,}056 \overset{\text{dle tab.}}{\longrightarrow} \xi = 0{,}072 < 0{,}1 \text{ [–]} \qquad \textbf{Vyhovuje}$$

Hodnoty zatížení stropní desky v 3.PP:

Tab. 6: *Zatížení stropní desky v 3. PP*

Typ	Zatížení	Objem. tíha [kN/m³]	Tloušťka [m]	Charakter. hodnota [kN/m²]	Součin. zatížení	Návrh. hodnota [kN/m²]
STÁLÉ	Vlastní tíha	25	0,22	5,50	1,35	7,43
	Skladba podlahy	-	-	1,21	1,35	1,64
	CELKEM			**g_k=6,71**		**g_d=9,07**
PROMĚNNÉ	Užitné na patře	-	-	**q_k=2,50**	1,5	**q_k=3,75**
CELKEM				**$(g+q)_k$=9,21**		**$(g+q)_d$=12,82**

Stanovení předpokládané maximální hodnoty momentu na stropní desce podle vztahu (4):

$$m_{Ed,max} = \left(\frac{1}{12}\right) \times 12{,}82 \times 6{,}5^2 = 45{,}14 \text{ [kNm/m']}$$

Stanovení předpokládané hodnoty poměrného momentu na stropní desce podle vztahu (5):

$$\mu = \frac{45{,}14 \times 10^6}{1000 \times 195^2 \times 20} = 0{,}059 \overset{\text{dle tab.}}{\longrightarrow} \xi = 0{,}076 < 0{,}1 \text{ [–]} \qquad \textbf{Vyhovuje}$$

Hodnoty zatížení střešní desky:

Tab. 7: *Zatížení střešní desky*

Typ	Zatížení	Objem. tíha [kN/m³]	Tloušťka [m]	Charakter. hodnota [kN/m²]	Součin. zatížení	Návrh. hodnota [kN/m²]
STÁLÉ	Vlastní tíha	25	0,22	5,50	1,35	7,43
	Skladba střechy	-	-	2,14	1,35	2,89
	CELKEM			**g_k=7,78**		**g_d=10,32**
PROMĚNNÉ	Užitné na střeše [1)]	-	-	**q_k=1,50**	1,5	**q_k=2,25**
CELKEM				**$(g+q)_k$=9,28**		**$(g+q)_d$=12,57**

[1)] Hodnota proměnného zatížení střechy bude uvažovaná jako větší z hodnot:
- užitné zatížení střešní konstrukce; - zatížení sněhem.

Stanovení předpokládané maximální hodnoty momentu na stropní desce podle vztahu (4):

$$m_{Ed,max} = \left(\frac{1}{12}\right) \times 12{,}57 \times 6{,}5^2 = 44{,}26\ [\mathrm{kNm/m'}]$$

Stanovení předpokládané hodnoty poměrného momentu na stropní desce podle vztahu (5):

$$\mu = \frac{44{,}26 \times 10^6}{1000 \times 195^2 \times 20} = 0{,}058 \overset{\text{dle tab.}}{\longrightarrow} \xi = 0{,}075 < 0{,}1\ [-] \qquad \textbf{Vyhovuje}$$

2.6.2. Návrh a ověření trámů

Rozměry trámů stanovíme podle **empirických vztahů.**

Návrh výšky trámu:

$$h_T = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{10}\right) \times l_T \qquad (6)$$

Po dosažení hodnot do vztahu (6) dostaneme:

$$h_T = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{10}\right) \times 6400 = (\,534 - 640\,)\ [\mathrm{mm}] \qquad \text{Volím 550 mm}$$

Návrh šířky trámu:

$$h_T = \left(\frac{1}{3} - \frac{2}{3}\right) \times h_T \qquad (7)$$

Po dosažení hodnot do vztahu (7) dostaneme:

$$h_T = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{10}\right) \times 550 = (\,184 - 367\,)\ [\mathrm{mm}] \qquad \text{Volím 300 mm}$$

Kontrola podmínky:

$$h_T \geq 2{,}5 \times h_d \tag{8}$$

Po dosažení hodnot do vztahu (8) dostaneme:

$$550 \geq 2{,}5 \times 220 = 550 \text{ [mm]} \qquad \textbf{Vyhovuje}$$

Hodnoty zatížení trámu v 3.PP:

Tab. 8: *Zatížení trámu v 3. PP*

Typ	Zatížení	Plošná tíha [kN/m²]	Zatěž. šířka [m]	Charakter. hodnota [kN/m]	Součin. zatížení	Návrh. hodnota [kN/m]
STÁLÉ	Stropní deska	5,50	5,75	31,63	1,35	42,70
	Skladba podlahy	1,21	5,75	6,96	1,35	9,40
	Vlastní tíha	25×0,3×(0,55-0,22)	5,75	14,23	1,35	19,22
	Příčky	0,456	5,75	2,62	1,35	3,54
	CELKEM			**g_k=55,44**		**g_d=74,86**
PROMĚNNÉ	Užitné na patře	2,5	5,75	**q_k=14,38**	1,5	**q_k=21,56**
CELKEM				**$(g+q)_k$=69,82**		**$(g+q)_d$=96,42**

Stanovení předpokládané maximální hodnoty momentu na trámu:

$$M_{Ed,max} = \left(\frac{1}{12}\right) \times f_T \times l_T^2 \tag{9}$$

Po dosažení hodnot do vztahu (9) dostaneme:

$$M_{Ed,max} = \left(\frac{1}{12}\right) \times 96{,}42 \times 6{,}5^2 = 339{,}479 \text{ [kNm]}$$

Stanovení předpokládané maximální hodnoty posouvající síly na trámu:

$$V_{Ed,max} = \left(\frac{3}{5}\right) \times f_T \times l_T \tag{10}$$

Po dosažení hodnot do vztahu (10) dostaneme:

$$V_{Ed,max} = \left(\frac{3}{5}\right) \times 96{,}42 \times 6{,}5 = 376{,}038 \text{ [kN]}$$

Stanovení předpokládané hodnoty poměrného momentu na trámu:

$$\mu = \frac{M_{Ed,max}}{b_T \times d_T^2 \times f_{cd}} \tag{11}$$

Po dosažení hodnot do vztahu (11) dostaneme:

$$\mu = \frac{339{,}479 \times 10^6}{300 \times 525^2 \times 20} = 0{,}205 \overset{\text{dle tab.}}{\longrightarrow} 0{,}15 < \xi = 0{,}290 < 0{,}40 \text{ [}-\text{]}$$ **Vyhovuje**

Ověření stupně vyztužení trámu:

$$\rho_{s,rqd} = \frac{A_{s,rqd}}{A_c} = \frac{\frac{M_{Ed,max}}{\zeta \times d_T \times f_{yd}}}{b_T \times d_T} \leq \rho_{s,max} = 0{,}04 \tag{12}$$

Po dosažení hodnot do vztahu (12) dostaneme:

$$\rho_{s,rqd} = \frac{\frac{339{,}479 \times 10^6}{0{,}884 \times 525 \times 435}}{300 \times 550} = 0{,}010 \leq \rho_{s,max} = 0{,}04 \text{ [}-\text{]}$$ **Vyhovuje**

Ověření tlakové diagonály:

$$V_{Rd,max} = \nu \times f_{cd} \times b_T \times \zeta \times d_T \times \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta} \geq V_{Ed,max} \tag{13}$$

kde: ν [-] je součinitel vyjadřující vliv přídavných namáhání, $\nu = 0{,}6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$,

θ [-] je úhel sklonu smykových trhlin, $\cot\theta$ volím 1,3.

Po dosažení hodnot do vztahu (13) dostaneme:

$$V_{Rd,max} = 0{,}528 \times 20 \times 300 \times 0{,}884 \times 550 \times \frac{1{,}3}{1+1{,}3^2} = 744{,}375 \geq V_{Ed,max} = 378{,}038 \text{ [kN]}$$

Vyhovuje

Ověření průhybu trámu dosažením do vztahu (3):

$$\lambda = \frac{6375}{550} = 11{,}6 \leq \lambda_d = 0{,}8 \times 1 \times 1{,}25 \times 26{,}7 = 26{,}7 \text{ [}-\text{]}$$ **Vyhovuje**

2.6.3. Návrh a ověření svislých nosných konstrukcí

2.6.3.1. Stěny

Tloušťka stěn v rámci předběžného statického výpočtu byla odhadnuta na 200 mm v nadzemních podlažích. V podzemních podlažích hodnota byla zesílena na hodnotu 250 mm kvůli zemnímu tlaku a většímu zatížení.

2.6.3.2. Sloupy

Odhad průřezu sloupu: 300x400 mm v podzemních podlažích.

Odhad průřezu sloupu: 200x300 mm v nadzemních podlažích 1. NP až 5. NP.

Odhad průřezu sloupu: 200x400 mm v nadzemním podlaží 6. NP.

Návrh a ověření rozměrů sloupů:

$$N_{Rd} = 0{,}8 \times A_c \times f_{cd} + A_s \times \sigma_s \geq N_{Ed} \tag{14}$$

kde: N_{Rd} je únosnost sloupu v prostém tlaku,

A_c je průřezová plocha sloupu,

f_{cd} je návrhová pevnost betonu v tlaku,

A_s je průřezová plocha výztuže sloupu, $A_s = \rho_s A_c$, uvažujeme stupeň vyztužení 2 %,

σ_s je napětí ve výztuži, uvažuj 400 MPa,

N_{Ed} je normálová síla od zatížení.

Po vyjádření proměnné A_c ze vztahu (14) dostaneme:

$$A_c \geq \frac{N_{Ed}}{0{,}8 \times f_{cd} + \rho_s \times \sigma_s} \tag{15}$$

Ověření návrhu bude provedeno pro kritický sloup. Kritický sloup je nejvíce zatížený sloup, který se nachází v 3. PP

Hodnoty zatížení sloupu:

Tab. 8: *Zatížení sloupu v 3. PP*

Typ	Zatížení	Linové zatížení [kN/m]	Zatěž. délka [m]	Počet podlaží	Charakter. hodnota [kN]	Součin. zatížení	Návrh. hodnota [kN]
STÁLÉ	Vlastní tíha 3+2. PP	25×0,4×0,3	2,33	2	13,98	1,35	18,87
	Vlastní tíha 1. PP	25×0,4×0,3	3,07	1	9,21	1,35	15,19
	Vlastní tíha 6. PP	25×0,4×0,2	2,80	1	5,60	1,35	7,56
	Stěny v 1. NP až 6. NP	25×0,2×5,75	3,08	5	88,55	1,35	119,54
	Stropní deska + trám PP	55,44	5,75	3	956,34	1,35	1291,06
	Stropní deska 1. NP až 5. NP	6,71×5,75	4,8	5	925,98	1,35	1250,07
	Střešní deska + trám	7,78×5,75+ +25×0,2×0,28	2,30	1	106,11	1,35	143,25
	CELKEM				**g_k=2105,77**		**g_d=2845,50**
PROMĚNNÉ	Užitné na patře 2. PP	14,38	5,75	1	82,66	1,5	123,98
	Užitné na patře 1. PP	8,63	5,75	1	49,62	1,5	74,43
	Užitné na patře NP	8,63	4,80	6	248,40	1,5	372,60
	Užitné na střeše	8,63	2,30	1	19,84	1,5	29,76
	CELKEM				**q_k=400,52**		**q_d=600,77**
CELKEM					**$(g+q)_k$=2506,29**		**$(g+q)_d$=3446,27**

Po vyjádření proměnné A_c ze vztahu (15) a dosažení hodnot dostaneme:

$$A_c = 400 \times 300 = 120000 \geq \frac{3446{,}27 \times 10^3}{0{,}8 \times 30 + 0{,}02 \times 400} = 107700\ [\text{mm}^2] \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Při výpočtu nebylo započítáno zatížení od balkónů, atik a jižní stěny v 1. NP až 5. NP. Předpokládá se, že rezerva v rozměrech sloupu, zjištěna v předběžném statickém výpočtu je dostačující a přenesla by nezahrnuté do výpočtu zatížení. Vypočtené hodnoty jsou pouze orientační a pro realizaci je potřeba provést plné posouzení veškerých prvků.

2.7. Nenosné konstrukce

2.7.1. Svislé konstrukce

Nenosné svislé konstrukce jsou tvořené ze SDK příček, které jsou složené z akustických desek Rigips v bytových a pobytových prostorech, protipožárních desek Rigips v příčkách oddělujících technické místnosti a sádrokartonových impregnovaných desek Rigips v koupelnách a na záchodech. Výplní příček je izolace Isover AKU tl. 70, vložená do svislých nosných profilů R-CW Rigips. V koupelnách jsou provedené předstěny pro instalace, do kterých jsou také zabudované samonosné prvky Geberit pro instalaci sanitárních zařizovacích předmětů.

2.7.2. Vodorovné konstrukce

Ve všech bytových jednotkách je navržen podhled pro ukrytí rozvodů elektřiny a pro instalaci svítidel. Pohled bude proveden ze sádrokartonových desek tloušťky 12,5 mm s výškou svěšení 100 mm. V koupelnách a WC je výška svěšení podhledu 200 mm kvůli potřebě ukrytí vzduchotechnických rozvodů. Ze stejného důvodu v prostorech určených k pronájmu v 1.PP je výška svěšení podhledu 300 mm

2.8. Schodiště

2.8.1. Popis konstrukce

Uvnitř objektu je navrženo schodiště kolem výtahové konstrukce. Schodiště je monolitické, železobetonové a deskové, vedoucí z 3. PP až na střechu. V 3. PP a 2. PP je schodiště dvouramenné s šířkou ramen 1200 mm a délkou ramen 2160 mm. V ostatních podlažích schodiště je tříramenné s šířkou ramen 1200 mm, délkou nástupních a výstupních ramen 2100 mm, délkou prostředního ramene v 1.PP 2400 mm a v ostatních nadzemních podlažích 1800 mm.

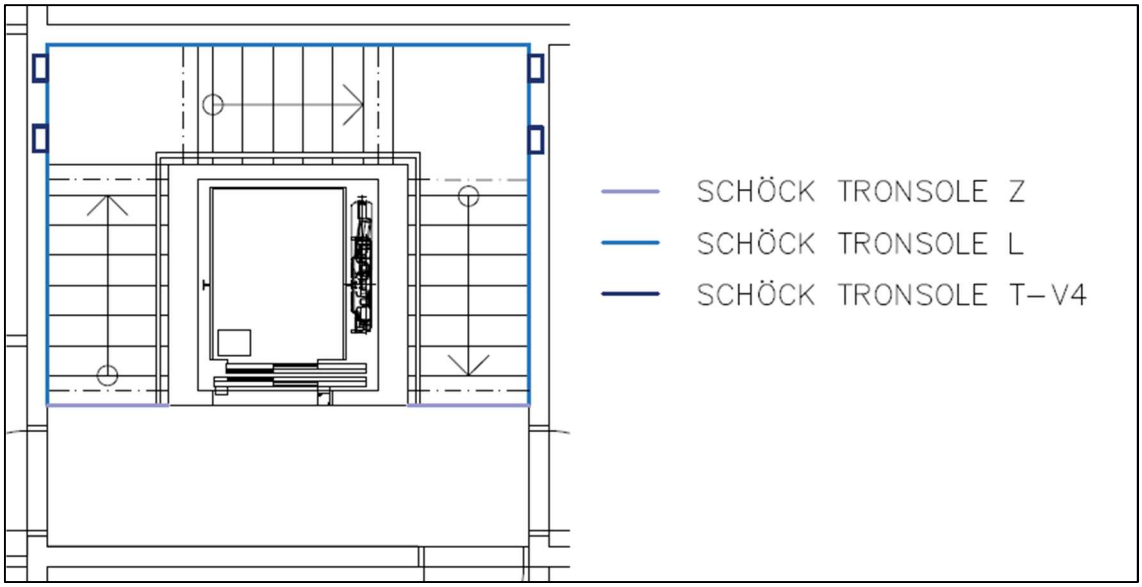
Tloušťky podest a mezipodest budou shodné s tloušťkou stropních desek (220 mm), tloušťka desky schodišťového ramene byla stanovena z detailu napojení na podestu na 190 mm u dvouramenného schodiště a 245 mm u tříramenného. Schodišťové stupně budou betonovány současně s deskou, v 3.PP a 2.PP bude jejich výška 180 mm a šířka 270 mm, v ostatních podlažích bude výška 165 mm a šířka 300 mm

U dvojramenného schodiště v 3.PP a 2.NP je nástupní rameno jednou zalomené a je uloženo na podestu a protější stěnu, výstupní rameno je uloženo na podestu

a mezipodestu. U tříramenného schodiště bude nástupní a výstupní rameno uloženo na podestu a mezipodestu. Prostřední rameno je dvakrát zalomené a je uloženo do přilehlých stěn.

2.8.2. Snížení přenosu hluku

Pro zamezení šíření hluku ze schodišťového prostoru budou použity prvky Schöck tronsole. Mezi rameny schodiště a vedlejšími stěnami se instalují spárové desky typu L. Pro zamezení přenosu hluku mezi ramenem a podestou se aplikují prvky typu Z, pro uložení ramene do základové desky a zajištění jejich spojení prvky typu B-V1. Mezipodesty jsou uloženy do vedlejších stěn pomoci krabiček typu Z. Schematické zobrazení umístění prvků pro zamezení šíření hluku ze schodišťového prostoru v typickém podlaží je představeno na následujícím obrázku. Výrobky jsou převzaté od výrobce Shöck [14].



Obr. 7: *Schématické zobrazení umístění prvků pro zamezení šíření hluku ze schodišťového prostoru v typickém podlaží*

2.9. Střecha

Střecha je plochá, jednoplášťová, pochozí v prostoru nad apartmánem v 6. NP a nepochozí nad schodišťovým prostorem. Na nosnou stropní konstrukci bude provedená spádová vrstva z lehčeného betonu podle příslušného sklonu. Na ní bude natavená parozábrana z SBS modifikovaného asfaltu. Tepelnou izolaci tvoří desky z extrudovaného polystyrenu na terasách a desky z čedičové vlny v nepochozí části

střechy. Na tepelně izolační desky, jako hydroizolační vrstva, budou natavené asfaltové pásy. U pochozích části střechy bude na plastové terče s regulovanou výškou uložena betonová dlažba. Přesná skladba střechy je představeny v kapitole 3. Stavební tepelná technika v podkapitolách 3.3.5 a 3.3.6.

2.10. Obvodový plášť

Je provedena klasická jednoplášťová fasáda. Tepelnou izolaci nad úrovní terénu zajišťují desky ze skleněné vlny Isover Multimax 30, které jsou přechycené k nosné železobetonové konstrukci pomoci kotev Ejot dle kotevního plánu. U suterénních stěn tvoří tepelnou izolaci desky z extrudovaného polystyrenu Styrodur 3000 CS nalepené na železobetonovou konstrukci. Přesné skladby jsou rozepsány v kapitole 3. Stavební tepelná technika v podkapitolách 3.3.1 až 3.3.4.

2.11. Povrchové úpravy

Jako vnitřní omítka bude použitá suchá omítková směs na sádrové bázi Baumit Finbello. Povrchy pak budou opatřeny vhodnou barvou světlého odstínu. V exteriéru se použije vodoodpudivá a odolná proti znečištění silikonová omítka Baumit SiliporTop a následně se natře barvou podle příslušného barevného řešení.

2.12. Výplně otvorů

2.12.1. Okna

Okna v bytech budou provedeny z dřevěných profilů 78 značky PSK [20] a zasklená izolačním dvojsklem o stavební hloubce 78 mm (hodnota součinitele prostupu tepla u okna U = 1,1 až 1,2 W/m2K). Okna budou vybavena funkcí mikroventilace. Okna v 1. PP budou mít hliníkové profily 86 stejné značky, zasklená izolačním dvojsklem o stavební hloubce 77 mm (minimální hodnota součinitele prostupu tepla u okna U = 0,91 W/m2K). V příloze C.3 jsou představeny vybrané technické listy oken. Přesné rozměry oken potřebných pro posouzení osvětlení a jejich technické parametry jsou uvedené v podkapitole 5.2.1.

2.12.2. Dveře

Vstupní dveře jsou hliníkové a částečně prosklené. Vstupní dveře do bytového domu budou řešeny jako dvoukřídlové otočné a vstupní dveře do komerčního prostoru jako jednokřídlové s otevíráním ve směru úniku osob. Balkonové a dveře budou provedené také z dřevěných profilů 78 značky PSK [20] a zasklená izolačním dvojsklem o stavební hloubce 78 mm (hodnota součinitele prostupu tepla u okna U = 1,1 až 1,2 W/m2K). Technický list balkonových dveří je představen v příloze C.3. Ostatní vnitřní dveře v interiéru budou celodřevěné, osazené do dřevěných zárubní.

2.13. Dlažby a obklady

2.13.1. Obklady

Vnitřní obklady stěn jsou vyznačeny ve výkresové části včetně výšky obložení a budou provedeny keramickými obkladačkami ve vhodném barevném provedení. Obklady budou provedeny převážně v místnostech s mokrým provozem (WC, koupelny) a v prostoru kuchyňské linky. Veškeré hrany budou opatřeny nerezovými lištami, spáry mezi obklady a zařizovacími předměty nebo dlažbou a zařizovacími předměty budou zasilikovány.

2.13.2. Dlažby

Podlahy koupelen, WC, technických místností, společných chodeb a schodišťových prostorů jsou dokončeny keramickou dlažbou. Použijí se běžné keramické nekluzné interiérové dlažby, které se osadí do vrstvy konstrukčního lepidla. Ve veškerých místnostech, které mají navrženou podlahu z keramické dlažby a zároveň nemají keramický obklad, bude proveden ve spodní části zdi keramický sokl na výšku 100 mm. Přesné druhý dlažeb jsou specifikované v příloze k bakalářské práci v seznamu skladeb.

3. Stavební tepelná technika

Táto část je věnovaná tepelné ochraně budovy. Konstrukce má zajistit tepelnou pohodu uživatelů a zabránit vzniků poruch, které by mohly nastat v důsledků chybného tepelně technického návrhu konstrukce.

3.1. Posuzované veličiny a požadavky

Bytový dům bude posouzen podle třech základních parametrů hodnocení tepelně vlhkostního prostředí budovy. První a základní tepelně technický požadavek je součinitel prostupu tepla konstrukce označený písmenem U s jednotkou W/m^{2}K a uvádí, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 za teplotního rozdílu povrchů konstrukci v 1 K. Tato veličina je inverzní k hodnotě celkového tepelného odporu konstrukci R_T [W/m^{2}K], a tím je závislá na tloušťkách vrstev d [m] a na jejich tepelné vodivosti λ [W/mK].

$$\mathrm{U} = \frac{1}{\mathrm{R_T}} = \frac{1}{\mathrm{R_{si}} + \mathrm{R_N} + \mathrm{R_{se}}} \tag{16}$$

Vypočteny součinitel prostupu tepla musí být menší než normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ uvedené v ČSN 73 0540-2 [4]. Pro maximální využití tepelných zisku bytový dům bude posouzen na požadavky $U_{N,20}$ pro pasivní budovy.

Další důležitá hodnota je teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce f_{Rsi}. Tato veličina je důležitá pro zamezení vzniku plísně. Dle ČSN 73 0540-2 [4] teplotní faktor navržené konstrukce musí být menší, než kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ v prostorech s relativní vlhkostí menší nebo rovnou 60 %.

Třetí parametr je maximální množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ v kg/m^2. Výskyt zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce může přivést k znehodnocení materiálů, narušení funkce skladby a tím i celkový tepelně vlhkostního stavu konstrukce. Podle ČSN 73 0540-2 [4] zkondenzovaná vodní pára je uvnitř konstrukce přípustná pokud malé množství neohrozí funkci konstrukce, množství kondenzované vodní páry je menší, než množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$ [kg/m^2] a zároveň menší než maximální normová hodnota pro množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce za rok $M_{c,a,N}$. $M_{c,a,N}$ = 0,10 kg/m^{2}a nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci pro jednoplášťové střechy, pro konstrukce s dřevěnými prvky, pro konstrukce

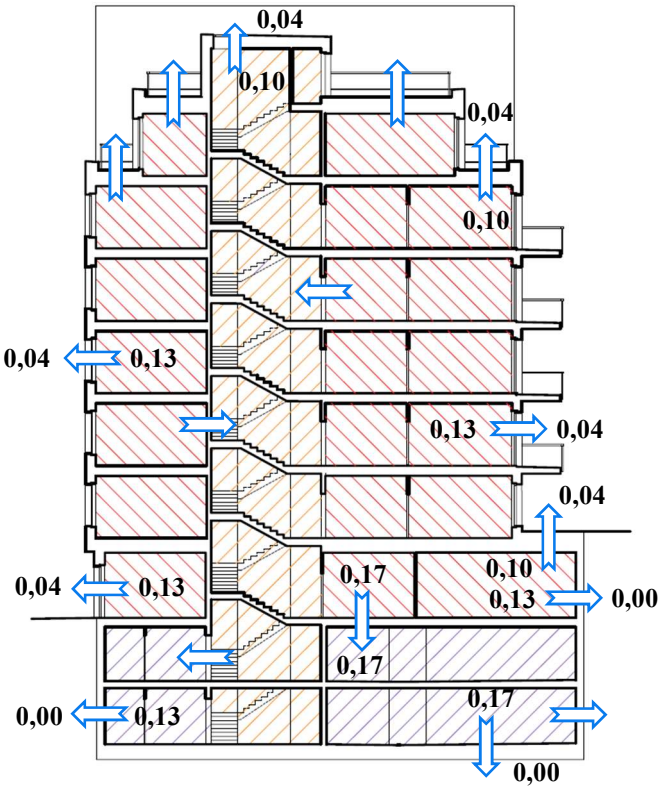
s kontaktním zateplením a pro další konstrukce s mál propustnými vnějšími vrstvami. $M_{c,a,N}$ = 0,50 kg/m^{2}a nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci pro ostatní stavební konstrukce.

3.2. Okrajové podmínky

Na následujícím obrázku je zobrazen schématický řez objektem s rozdělením na tři zóny:

- Červenou šrafou jsou znázorněny vytápěné místnosti s c vnitřní teplotou vyšší než 15 °C. Obývací a prodejní místnosti jsou navržené na teplotu 20 °C s relativní vlhkostí 60 %. Koupelny jsou vytápěny na teplotu 24 °C s relativní vlhkostí 90 %, Chodby a skladovací prostory jsou vytápěny na teplotu 15 °C s relativní vlhkostí 60 %.
- Oranžovou barvou jsou zvýrazněné schodišťové prostory vytápěné na teplotu 10 °C s relativní vlhkostí 60 %.
- Fialovou barvou jsou zvýrazněné podzemní prostory garáže, které jsou temperované na teplotu 5 °C s relativní vlhkostí 80 %.

Na obrázku jsou také zobrazeny hodnoty tepelného odporu na površích konstrukce při přestupu tepla R_{si} a R_{se} v m^{2}K/W.



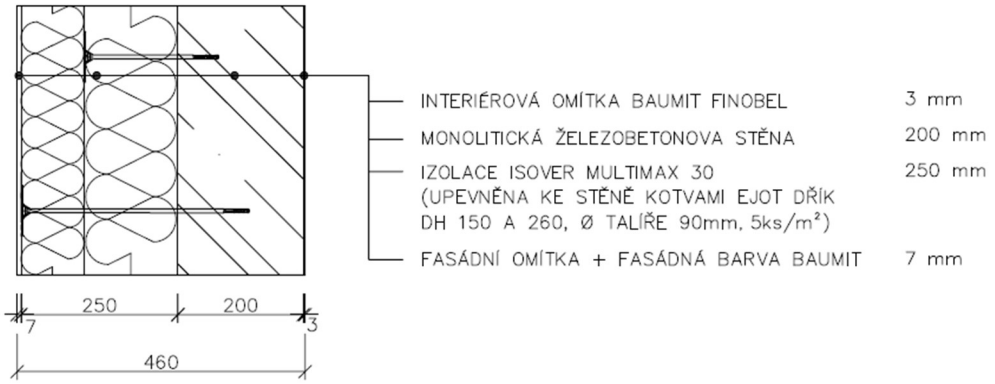
Obr. 8: *Schématický řez budovou s vyznačením směrů úniků tepla a použitých hodnot tepelného odporu v m^{2}K/W*

3.3. Posouzení vybraných konstrukcí

Pro účely této bakalářské práce byly posouzeny vybrané konstrukce z hlediska postupu tepla a šíření vlhkosti. Výpočty byly provedeny pomoci programu Teplo 2017 [21] a jsou uvedeny v příloze k bakalářské práce.

3.3.1. Obvodová stěna v nadzemních podlažích

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska prostupu tepla a vlhkosti mezi exteriérem a vytápěným prostorem. Celý výpočet je uveden v příloze A.1.



Obr. 9: *Skladba obvodové železobetonové stěny v nadzemních podlažích*

- **Součinitel prostupu tepla konstrukce:**

  U=0,153 W/m^{2}K – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $U_{pas,20}$= 0,18 až 0,12 W/m^{2}K – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,12 \leq 0,153 \leq 0,18 \text{ [W/m}^2\text{K]} \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

- **Teplotní faktor vnitřního povrchu:**

  f_{Rsi}=0,963 – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $f_{Rsi,N}$=0,748 – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,963 \geq 0,748 \text{ [-]} \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

- **Kondenzace vodní páry:**

  $M_{c,a}$=0,0330 kg/m^{2}rok – množství zkondenzované vodní páry za rok,

  $M_{ev,a}$=2,8394 kg/m^{2}rok – množství vypařitelné vodní páry za rok,

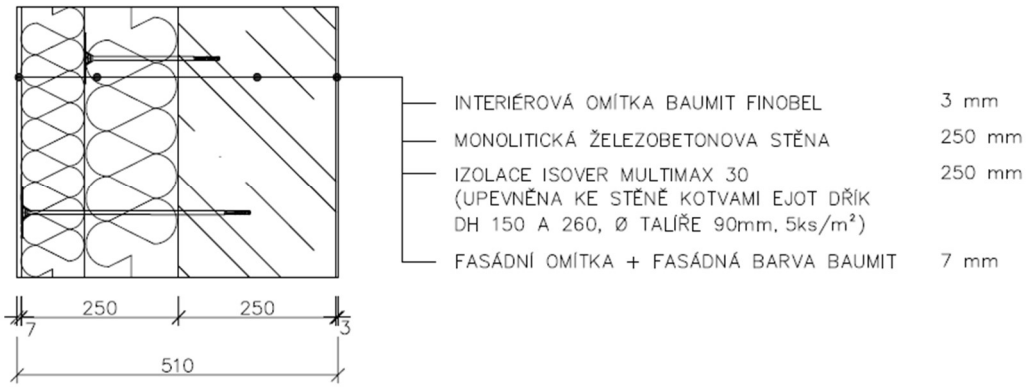
  $M_{c,a,N}$=0,10 kg/m^{2}rok – maximální přípustné množství zkondenzované vodní páry za rok dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,0330 < 2,8394;\ 0,0330 < 0,10 \text{ [kg/m}^2\text{rok]} \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.2. Obvodová stěna v 1.PP nad úrovní terénu

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska prostupu tepla a vlhkosti mezi exteriérem a vytápěným prostorem. Celý výpočet je uveden v příloze A.2.



Obr. 10: *Skladba obvodové železobetonové stěny v 1.PP nad úrovní terénu*

- **Součinitel prostupu tepla konstrukce:**

  U=0,152 W/m^{2}K – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $U_{pas,20}$= 0,18 až 0,12 [W/m^{2}K] – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $0,12 \leq 0,152 \leq 0,18$ [W/m^{2}K] – **Požadavek je splněn**

- **Teplotní faktor vnitřního povrchu:**

  f_{Rsi}=0,963 – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $f_{Rsi,N}$=0,748 – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $0,963 \geq 0,748$ [-] – **Požadavek je splněn**

- **Kondenzace vodní páry:**

  $M_{c,a}$=0,0179 kg/m^{2}rok - množství zkondenzované vodní páry za rok,

  $M_{ev,a}$=2,8388 kg/m^{2}rok - množství vypařitelné vodní páry za rok,

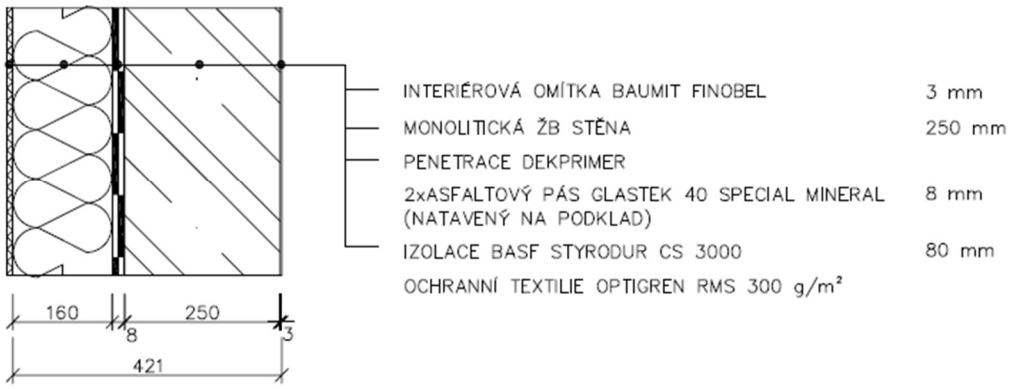
  $M_{c,a,N}$=0,10 kg/m^{2}rok – maximální přípustné množství zkondenzované vodní páry za rok dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $0,0179 < 2,8388$; $0,0179 < 0,10$ [kg/m^{2}rok] – **Požadavek je splněn**

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.3. Obvodová stěna v 1.PP pod úrovní terénu

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska prostupu tepla a vlhkosti mezi zeminou a vytápěným prostorem. Celý výpočet je uveden v příloze A.3.



Obr. 11: *Skladba obvodové železobetonové stěny v 1.PP pod úrovní terénu*

- **Součinitel prostupu tepla konstrukce:**

  U=0,194 W/m^{2}K – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $U_{pas,20}$= 0,22 až 0,15 W/m^{2}K – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $0,15 \leq 0,194 \leq 0,22$ [W/m^{2}K] – **Požadavek je splněn**

- **Teplotní faktor vnitřního povrchu:**

  f_{Rsi}=0,953 – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $f_{Rsi,N}$=0,260 – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $0,953 \geq 0,260$ [-] – **Požadavek je splněn**

- **Kondenzace vodní páry:**

  $M_{c,a}$=0,0001 kg/m^{2}rok – množství zkondenzované vodní páry za rok,

  $M_{ev,a}$=0,0028 kg/m^{2}rok – množství vypařitelné vodní páry za rok,

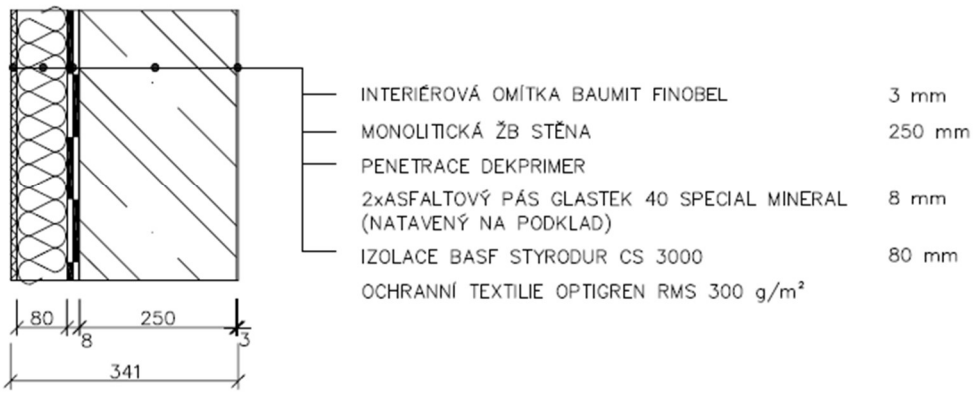
  $M_{c,a,N}$=0,10 kg/m^{2}rok – maximální přípustné množství zkondenzované vodní páry za rok dle ČSN 73 0540 [4].

  $0,0001 < 0,0028$; $0,0001 < 0,10$ [kg/m^{2}rok] – **Požadavek je splněn**

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.4. Suterénní stěna v 2.PP a 3.PP

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska prostupu tepla a vlhkosti mezi zeminou a vytápěným prostorem. Celý výpočet je uveden v příloze A.4.



Obr. 12: *Skladba suterénní železobetonové stěny v 2.PP a 3.PP*

- **Součinitel prostupu tepla konstrukce:**

  U=0,365 W/m^{2}K – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $U_{pas,20}$= 0,30 až 0,45 W/m^{2}K – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,30 \leq 0,0,365 \leq 0,45 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$ – **Požadavek je splněn**

- **Teplotní faktor vnitřního povrchu:**

  f_{Rsi}=0,913 [-] – vypočtená hodnota vybrané konstrukce.

  Teplota na venkovní straně konstrukce je vyšší nebo rovna teplotě vnitřního vzduchu. **Požadavek je splněn**

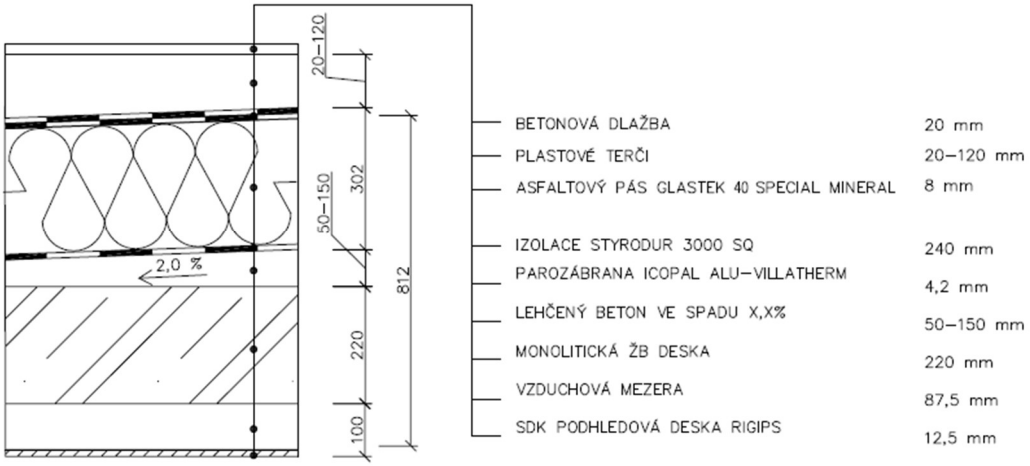
- **Kondenzace vodní páry:**

  V konstrukcí nedochází během modelovaného roku ke kondenzaci.

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.5. Střešní konstrukce – terasa

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska prostupu tepla a vlhkosti mezi exteriérem a vytápěným prostorem. Celý výpočet je uveden v příloze A.5.



Obr. 13: *Skladba pochozí střechy*

- **Součinitel prostupu tepla konstrukce:**

  U=0,134 W/m^{2}K – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $U_{pas,20}$= 0,10 až 0,15 W/m^{2}K – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,10 \leq 0,134 \leq 0,15 \text{ [W/m}^2\text{K]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

- **Teplotní faktor vnitřního povrchu:**

  f_{Rsi}=0,967 – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $f_{Rsi,N}$=0,748 – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,967 \geq 0,748 \text{ [-]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

- **Kondenzace vodní páry:**

  $M_{c,a}$=0,0002 kg/m^{2}rok – množství zkondenzované vodní páry za rok,

  $M_{ev,a}$=0,0082[kg/m^{2}rok – množství vypařitelné vodní páry za rok,

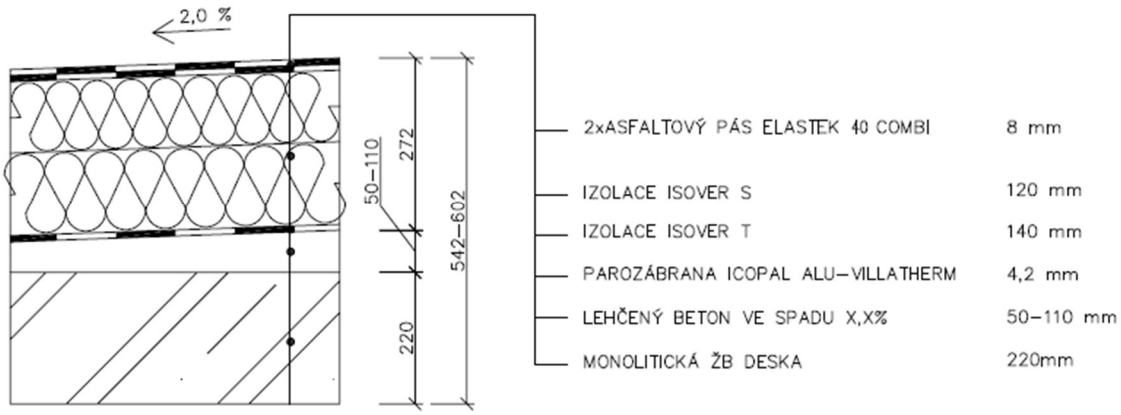
  $M_{c,a,N}$=0,10 kg/m^{2}rok – maximální přípustné množství zkondenzované vodní páry za rok dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,0002 < 0,0082;\ 0,0002 < 0,10 \text{ [kg/m}^2\text{rok]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.6. Střešní konstrukce nad schodišťovým prostorem

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska prostupu tepla a vlhkosti mezi exteriérem a vytápěným prostorem. Celý výpočet je uveden v příloze A.6.



Obr. 14: *Skladba nepochozí střechy*

- **Součinitel prostupu tepla konstrukce:**

  U=0,143 W/m^{2}K – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,
  $U_{pas,20}$= 0,10 až 0,15 W/m^{2}K – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,10 \leq 0,143 \leq 0,15 \text{ [W/m}^2\text{K]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

- **Teplotní faktor vnitřního povrchu:**

  f_{Rsi}=0,965 – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,
  $f_{Rsi,N}$=0,748 – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,965 \geq 0,748\text{[-]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

- **Kondenzace vodní páry:**

  $M_{c,a}$=0,0002 kg/m^{2}rok – množství zkondenzované vodní páry za rok,

  $M_{ev,a}$=0,0082 kg/m^{2}rok – množství vypařitelné vodní páry za rok,

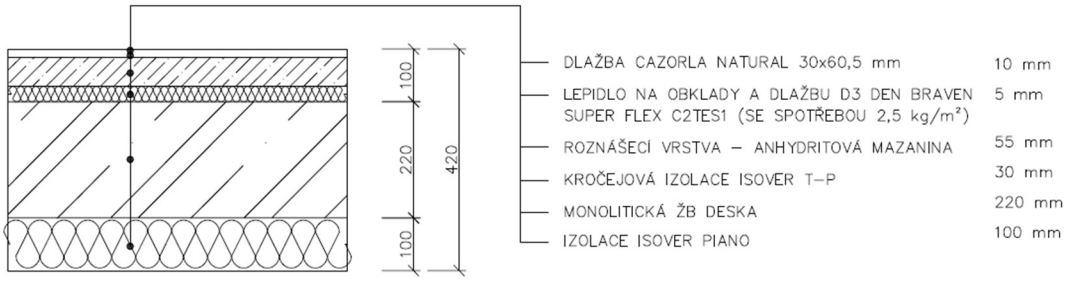
  $M_{c,a,N}$=0,10 kg/m^{2}rok – maximální přípustné množství zkondenzované vodní páry za rok dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $$0,0002 < 0,0082;\ 0,0002 < 0,10 \text{ [kg/m}^2\text{rok]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.7. Stropní konstrukce

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska prostupu tepla a vlhkosti mezi vytápěným a temperovaným prostorem. Celý výpočet je uveden v příloze A.7.



Obr. 15: *Skladba podlahy mezi vytápěným a temperovaným prostorem*

- **Součinitel prostupu tepla konstrukce:**

  U=0,262 W/m^{2}K – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $U_{pas,20}$= 0,25 až 0,38 W/m^{2}K – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $0,25 \leq 0,262 \leq 0,38$ [W/m^{2}K] – **Požadavek je splněn**

- **Teplotní faktor vnitřního povrchu:**

  f_{Rsi}=0,936 – vypočtená hodnota vybrané konstrukce,

  $f_{Rsi,N}$=0,748 – Doporučená hodnota pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [4].

  $0,936 \geq 0,748$ [-] – **Požadavek je splněn**

- **Kondenzace vodní páry:**

  V konstrukcí nedochází během modelovaného roku ke kondenzaci.

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

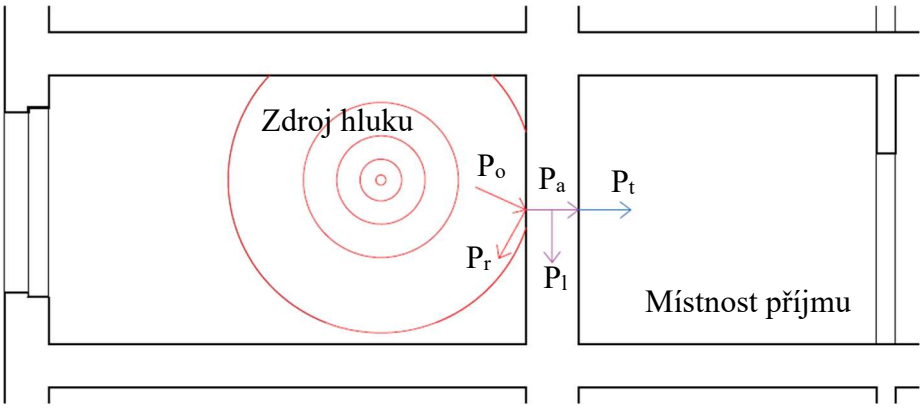
4. Stavební akustika

Tato část je věnována zvukové izolaci v budově. Pro pohodlné bydlení, odpočinek a rekreaci je velice důležité dodržení limitů hluku v pobytových a obytných prostorech. Rušivé účinky můžou v dlouhodobé expozici vést k poškozené sluchu a mít nepříznivý vliv na psychické zdraví člověka. Pro zajištění komfortních podmínek pro obyvatele budou v této kapitole vybrané konstrukce posouzeny z hlediska šíření hluku.

4.1. Posuzujeme veličiny a požadavky

4.1.1. Vzduchová neprůzvučnost

Pro zajištění komfortního bydlení vzduchová neprůzvučnost je velice důležitý pojem. Tato veličina popisuje schopnost svislé či vodorovné dělící konstrukce bránit přenosu hluku z okolních místností do vybraného prostoru. Přesněji řečeno je to poměr mezi hodnotou akustické intenzity I [W/m^2] dopadající na povrch dělící konstrukce a hodnotou akustické intenzity vyzářené do vedlejší místnosti. Akustická intenzita je veličina, představující výkon vyzářený do prostoru vztažený na jednotku plochy vlnoplochy, procházející konkrétním bodem. Na následujícím obrázku je zobrazeno rozložení akustického výkonu při dopadu hluku na dělící stěnu. Část původního akustického výkonu P_o [W] se odrazí zpátky do místnosti P_r [W], druhá část P_a [W] absorbována konstrukcí se rozdělí na hluk pohlcený dělící konstrukcí P_l [W] a hluk o akustickém výkonu P_t [W] vyzářený do místnosti příjmu.



Obr. 16: *Schéma šíření akustického výkonu dělící konstrukcí*

Z rozložení akustického výkonu lze definovat činitel prostupu (nebo ještě činitel průzvučnosti):

$$\tau = \frac{P_a}{P_o} \quad [-] \tag{17}$$

díky kterému lze definovat neprůzvučnost konstrukce následujícím vztahem:

$$R = 10 \times \log \frac{1}{\tau} \quad [\mathrm{dB}] \tag{18}$$

V této bakalářské práce pro posouzení vzduchové neprůzvučnosti konstrukce se bude počítat s váženou hodnotou neprůzvučnosti R_w [dB]. To je jednočíselná hodnota popisující vlastnost celé skladby hodnocené konstrukce a je stanovená vážením z průběhu neprůzvučnosti R [dB]. Neprůzvučnost se stanovuje v laboratorních podmínkách, kde zvuk je nasměrován přímo přes zkoumaný prvek. Po zabudování prvku do konstrukce objektu hluk bude mít tendenci se šířit nejenom přímo přes dělící konstrukcí, ale také bočními cestami kolem ní. Z tohoto důvodu je zavedena hodnota stavební neprůzvučnosti R', respektive hodnota stavební vážené neprůzvučnosti R'_w [dB], která je menší než laboratorní neprůzvučnost o příslušnou korekci k_1 [dB]:

$$R'_w = R_w - k_1 \quad [\mathrm{dB}], \tag{19}$$

kde k_1 je korekce na boční přenos hluku a nabývá hodnot v rozmezí 2 až 8 dB podle objemové hmotnosti dělicí konstrukce a konstrukčního řešení stavby dle ČSN 73 0532 [3].

4.1.2. Kročejová neprůzvučnost

Kročejový hluk lze zjednodušeně popsat jako chvění konstrukce, vzniklé v důsledku mechanického působení na podlahu. Dupot dětí, náraz padajících předmětů, dokonce i obyčejná chůze vyvolávají v podlahové konstrukce mechanické impulzy, které se šíří ve všech směrech a přivádí konstrukce do chvějícího stavu. Tento stav i vede k vyzáření hluku do vedlejších místností. Pro popis vzniklého kročejového hluku slouží hodnota L_n [dB], která je definovaná jako normovaná hladina akustického tlaku kročejového hluku. V této práce se bude počítat s váženou normovanou hladinou kročejového zvuku, která je jednočíselným vyjádřením akustické izolační vlastnosti konstrukce. Stejně jako u vzduchové neprůzvučnosti hodnota hladiny akustického tlaku kročejového vzduchu měřená v laboratoří se liší od stavební hodnoty dle vztahu:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} - k_2 \quad [\mathrm{dB}],$$

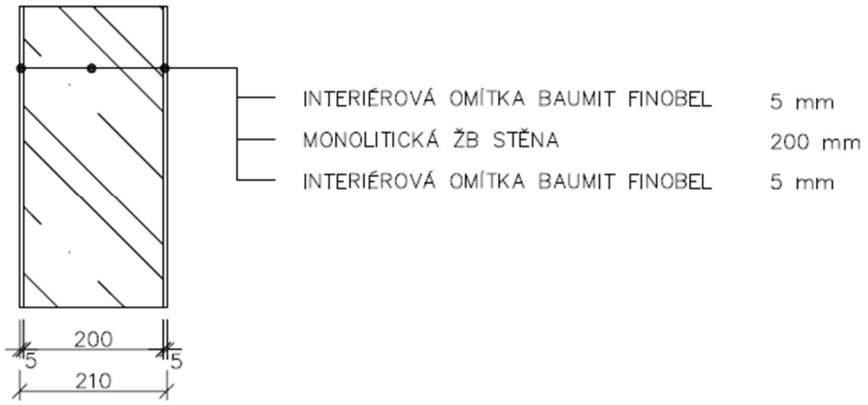
kde k_2 je korekce na boční přenos hluku a nabývá hodnot v rozmezí 0 až 2 dB podle ČSN 73 0532 [3].

4.2. Posouzení vybraných konstrukcí

Pro účely této bakalářské práce byly posouzeny vybrané kritické části dělící prostory konstrukcí z hlediska možného šíření hluku. Výpočty byly provedeny pomoci programu Neprůzvučnost 2010 [22] a jsou uvedeny v příloze k bakalářské práce.

4.2.1. Mezibytová železobetonová stěna

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska vzduchové neprůzvučnosti mezi bytovými jednotkami. Celý výpočet je uveden v příloze B.1. V tomto výpočtu vliv omítek byl zanedbán. Hodnota korekce byla zvolena $k_l = 2$.



Obr. 17: *Skladba mezibytové železobetonové stěny*

- **Vzduchová neprůzvučnost neprůzvučnost:**

  R_w=56 dB – vypočtená hodnota vážené neprůzvučnosti,

  R'_w =54 dB – předpokládaná hodnota stavební neprůzvučnosti,

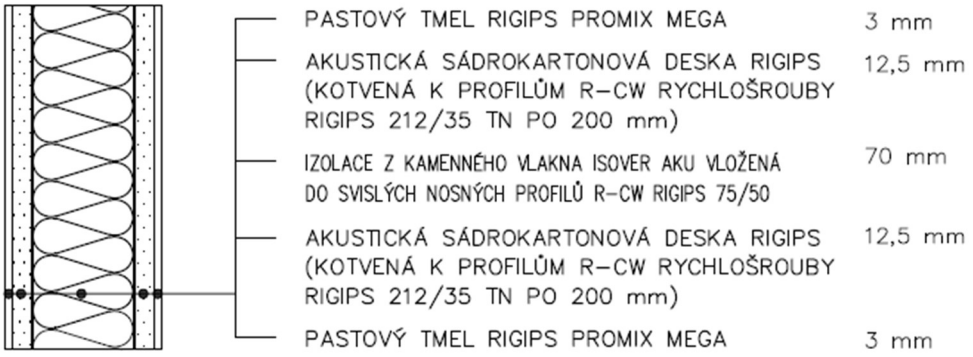
  $R'_{w,pož}$ =53 dB – požadována hodnota vážené stavební neprůzvučnosti dle ČSN 73 0532 [3].

  $54 \geq 53$ [dB] – **Požadavek je splněn**

Navržená konstrukce splňuje vybrané akustické požadavky.

4.2.2. Příčka uvnitř bytu

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska vzduchové neprůzvučnosti mezi obytnými prostory jedné bytové jednotky. Laboratorní hodnoty vzduchové neprůzvučnosti konstrukce byly převzaty od výrobce Isover [xx]. V tomto výpočtu vliv omítek byl zanedbán. Hodnota korekce byla zvolena maximálních $k_l = 8$.



Obr. 18: *Skladba bytové sádrokartonové příčky*

- **Vzduchová neprůzvučnost:**

  R_w=50 dB –hodnota uvedená výrobcem laboratorní neprůzvučnosti,

  R'_w =42 dB – předpokládaná hodnota stavební neprůzvučnosti,

  $R'_{w,pož}$ =42 dB – požadována hodnota vážené stavební neprůzvučnosti dle ČSN 73 0532 [3].

$$42 \geq 42 \text{ [dB]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

Navržená konstrukce splňuje vybrané akustické požadavky.

4.2.3. Stropní konstrukce typického podlaží

Vybraná konstrukce je hodnocena z hlediska vzduchové neprůzvučnosti mezi bytovými jednotkami. Celý výpočet je uveden v příloze B.2.1. a B.2.2. V tomto výpočtu vliv omítek byl zanedbán. Hodnota korekce byla zvolena maximálních $k_l = 2$.

Obr. 19: *Skladba podlahy mezi byty*

- **Vzduchová neprůzvučnost:**

  R_w=55 dB – vypočtená hodnota vážené neprůzvučnosti,
  R'_w = 53 dB – předpokládaná hodnota vážené stavební neprůzvučnosti,
  $R'_{w,pož}$ =53 dB – požadována hodnota vážené stavební neprůzvučnosti dle ČSN 73 0532 [3].

  $$53 \geq 53 \text{ [dB]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

Poznámka: výpočet neprůzvučnosti stropní konstrukce je vzhledem k možnostem programu omezený. Reálná hodnota vážené stavební neprůzvučnosti po započítání veškerých vrstev bude ještě vyšší a tím i příznivější.

- **Kročejová neprůzvučnost:**

  L_{nw}=49 dB – vypočtená hodnota hladiny kročejového zvuku,
  L'_{nw} = 51 dB – předpokládaná hodnota vážené stavební neprůzvučnosti,
  $L'_{nw,pož}$ = 55 dB – požadována hodnota vážené stavební neprůzvučnosti dle ČSN 73 0532 [3].

  $$51 \leq 55 \text{ [dB]} – \textbf{Požadavek je splněn}$$

Navržená konstrukce splňuje vybrané akustické požadavky.

5. Stavební světelná technika

Další základní část stavební fyziky je světelná technika. Sluneční světlo má přímý vliv na životní funkce člověka a na jeho fyzické a psychické zdraví. V poslední době lidstvo tráví drtivou většinu času v interiéru stavebních objektů, a proto je zapotřebí zajistit alespoň minimální přísun nenahraditelného slunečního světla do místností pobytu osob.

5.1. Posuzované veličiny a požadavky

5.1.1. Denní osvětlení

5.1.1.1. Teoretický úvod

Pro hodnocení množství slunečního světla v interiéru se denní používá činitel osvětlenosti *D* [%]. Je to hodnocení rozptýleného množství světla v atmosféře při rovnoměrně zatažené obloze. Činitel denní osvětlenosti vyjadřuje poměr osvětlenosti dané roviny v interiéru k současné osvětlenosti nezastíněné venkovní vodorovné roviny a je vyjádřen vztahem:

$$D = \frac{E}{E_h} \times 100 \ \ [\%], \tag{20}$$

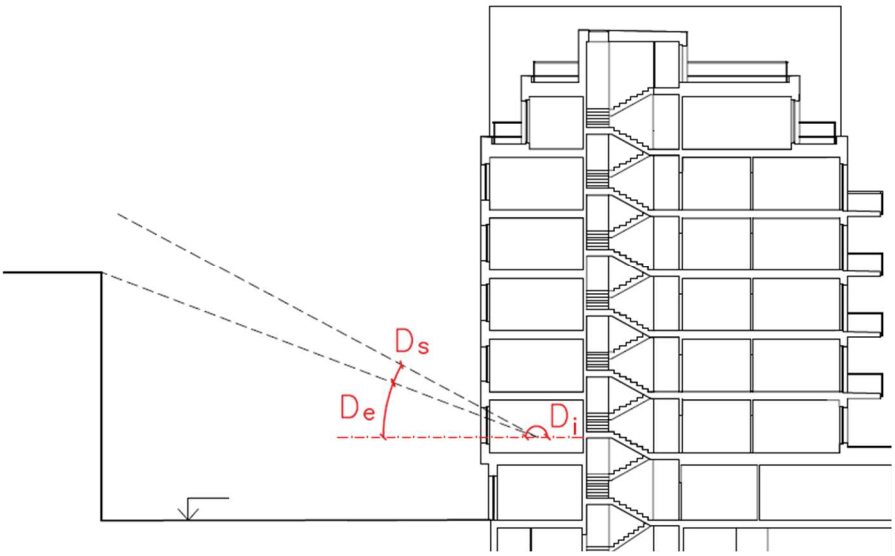
kde E [lx] je změřená osvětlenost ve vybraném bodě pracovní roviny v interiéru,
E_h [lx] je současná horizontální osvětlenost v exteriéru.

Osvětlení se měří ve vybraných bodech ve výšce srovnávající roviny, která je dána typickou výškou, ve které probíhá pracovní úkol. Pro obytné místnosti, kanceláře nebo obchody je to 850 mm podle výšky stolů, ale hodnota se může lišit dle účelů místnosti a individuálních požadavků.

Hodnotu činitele denní osvětlenosti lze stanovit měřením in situ, pomoci grafických, graficko-početních metod, anebo výpočtem. Pro výpočet činitele denního osvětlení lze tuto hodnotu rozložit na několik složek dle následujícího vztahu:

$$D = D_s + D_e + D_i \ [\%],$$

kde D_s [%] je oblohová složka činitele denní osvětlenosti,
D_e [%] je vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti,
D_i [%] je vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti.



Obr. 20: *Složky činitele denní osvětlenosti*

Oblohová složka nejvíce ovlivňuje výslednou hodnotu činitele denní osvětlenosti a je přímo závislá na množství světla, které projde osvětlovacím otvorem do místnosti, na rozložení jasů na obloze a na propustnosti světla osvětlovacím otvorem. Poslední složka se označuje jako souhrnný činitel propustnosti světla $\tau_{0,\psi}$ [-] a stanoví se podle vztahu [12]:

(21)

$$\tau_{0,\psi} = \tau_s \times \tau_k \times \tau_z \times \tau_\psi \times \tau_b \times \tau_c\ [-],$$

kde: τ_s [-] činitel prostupu světla sklem (stanovuje výrobce nebo ČSN 73 0580-1),

τ_k [-] činitel prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějícího světlo (stanovuje podle poměru plochy propouštějící světlo a celkové plochy),

τ_z [-] činitel znečištění (stanovuje dle ČSN 73 0580-1 v závislosti na sklonu otvoru a míře znečištění),

τ_ψ [-] činitel prostupu světla sklem ve směru úhlu ψ,

τ_b [-] činitel prostupu světla zohledňující vliv stínění konstrukcemi budovy (stanovuje dle ČSN 73 0580-1 v závislosti na druhu stínící konstrukce),

τ_c [-] činitel prostupu světla zohledňující vliv zařízení pro regulaci osvětlení (stanovuje dle ČSN 73 0580-1 [5]),

Tyto hodnoty jsou základní charakteristiky osvětlovacích otvorů, jejich přehled pro projektovaný bytový dům bude představen v podkapitole 5.2.1.

Vnitřní odrážená složka činitele denní osvětlenosti *Di* [%] je tvořená odraznosti světla od všech povrchu v interiéru. Tento komponent je hlavně významný v hloubce místnosti,

kde oblohová složka je minimální, či dokonce nulová. Vnější odrážená složka *De* [%] hlavně závisí na velikosti, poloze, tvaru stínicích překážek a ve velké míře na jasu stínicích překážek v exteriéru objektu.

V této práci pro výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti budu používat software pro výpočet osvětlení BuildingDesigne [23]. Ve zvoleném programu se rovnou vypočítává celkový činitel denního osvětlení bez rozdělení na jednotlivé složky po zadaní veškerých potřebných údajů uvedených v dalších kapitolách.

5.1.1.2. Požadavky dle ČSN 73 0580-1 a ČSN 73 0580-2

Dle českých norem se činitel denní osvětlenosti obytné místnosti stanoví jako průměr ze dvou hodnot výpočtových bodů, umístěných ve výšce srovnávací roviny v polovině hloubky místnosti, avšak maximálně 3 m od osvětlovacího otvoru, a zároveň ve vzdálenosti 1 m od bočních stěn. Podle platných požadavků v každém bodě hodnota činitele denní osvětlenosti v obytném prostoru nesmí klesnout pod 0,7 % a průměrná hodnota obou těchto bodů musí být nejméně 0,9 %. Při tom součet ploch osvětlovacích otvorů nesmí být menší než 1/10 podlahové plochy hodnocené místnosti. Splnění uvedeného požadavku postačuje aspoň u jednoho z osvětlovacích otvorů v místnosti.

V pobytových prostorech denní osvětlení se hodnotí jiným způsobem. Do vybraného prostoru se vloží síť výpočtových bodů ve výšce srovnávací roviny. Body musí být minimálně 1 m vzdálené od vnitřních povrchů bočních stěn a rozteče bodů se volí zpravidla v rozmezí 1 až 6 m. V prostorech, kde se vykonává trvalá práce musí být činitel denního osvětlení větší, než 1,5 % v celé ploše místnosti.

5.1.1.3. Požadavky dle ČSN EN 17037

Evropská norma na denní osvětlení stanovuje o něco odlišné hodnoty než české normy ČSN 73 0580-1 [5] a ČSN 73 0580-2 [6]. I přesto v občasných případech se denní osvětlení hodnotí už teď podle této normy, a proto v této práci porovnám výsledky z těchto dvou norem na příkladu obyčejného bytového domu.

Požadavky na denní osvětlení v obytných prostorech se neliší od českých norem. V pobytových prostorech je situace značně jiná. Do hodnocené místnosti se umísti síť bodů ve výšce srovnávací roviny. Vzdálenost bodů od bočních stěn je 0,5 m, rozteče sítě se volí v rozmezích 0,5 a 2 m. Prostor je vyhovující z hlediska denního osvětlení, jestli je na stanovené části roviny dosaženo cílové osvětlenosti. Pro zajištění minimální úrovně

denního světla v 50 % prostoru musí být dosaženo hodnot cílové osvětlenosti E_T 300 lx a v 95 % prostoru minimální cílové osvětlenosti E_{TM} 100 lx. Pro Českou republiku těmto veličinám odpovídají hodnoty činitele denní osvětlenosti 2,0 % pro překročení hladiny osvětlenosti v 300 lx a 0,7 % pro překročení hladiny osvětlenosti v 100 lx.

5.1.2. Proslunění

Dne 23.10.2018 rada hl. m. schválila novelizaci Pražských stavebních předpisů, podle kterých byl zrušen požadavek na prosluněný obytných místnosti [1]. Při tom zajištění minimální doby proslunění výrazně zpříjemňuje prostředí interiéru a je jistou výhodou pro většinu lidí při pořizování bytu. Z tohoto důvodu proslunění projektovaných bytových jednotek bude posouzené na požadavky pro ostatní města v České republice.

5.1.2.1. Teoretický úvod

Prosluněním se rozumí pronikaní slunečního světla do interiéru objektu. Zajištění proslunění příznivě působí na lidské zdraví a případně je snadno regulovatelné stínicími prostředky.

Proslunění se hodnotí jako doba, po kterou do místnosti dopadá přímé sluneční světlo 1. března a 21. června, případně to lze nahradit bilanci hodnot ve vybraném období. Podle toho je zřejmé, že doba proslunění přímo závisí na okolní zástavbě hodnoceného objektu a na orientaci oken ke světovým stranám. U orientace k světovým stranám je potřeba zohlednit nepřesnost zobrazování běžných map pomoci meridiánové konvergence C [°]. Přesněji meridiánová konvergence je definována jako odchylka mezi geografickou a kartografickou souřadnou sítí, závislá na zeměpisné šířce λ [°] polohy hodnoceného objektu.

$$C = \frac{24°50' - \lambda}{1{,}34} \ [°] \tag{22}$$

5.1.2.2. Požadavky dle ČSN 73 4301

Kontrolní bod pro hodnocení proslunění se umísťuje ve výšce 300 mm nad spodní hranou osvětlovacího otvoru a zároveň minimálně 1200 mm od úrovně podlahy místnosti. Kontrolní bod musí být umístěn v rovině vnitřního zasklení.

Obytná místnost je považovaná za prosluněnou, pokud jsou splněné následující požadavky:

i. Při zanedbání oblačnosti musí být dne 1. března a 21. června zajištěno proslunění minimálně po dobu 90 minut. Také je možné proslunění pro den 1. března nahradit bilanci dob proslunění v období mezi 10. únorem a 21. březnem.
ii. Výška slunce nad horizontem musí být nejméně 5°.
iii. Součet ploch osvětlovacích otvorů zajišťující proslunění nesmí být menší než 1/10 podlahové plochy hodnocené místnosti. Při tom nejmenší skladební rozměr osvětlovacích otvorů nesmí být menší než 900 mm a šířka oken ve skloněné střešní rovině nesmí být menší než 700 mm.
iv. Půdorysný úhel od roviny zasklení slunečních paprsků nesmí být menší než 25 °.

Celý byt je považován za prosluněný, pokud je součet podlahových ploch prosluněných obytných místností je roven nejméně jedné třetině součtu podlahových ploch všech obytných místností bytu. Do součtu podlahových ploch se pro tento účel nezapočítávají části podlahových ploch obytných místností, které leží za hranicí hloubky místnosti rovné 2,3 násobku její světlé výšky.

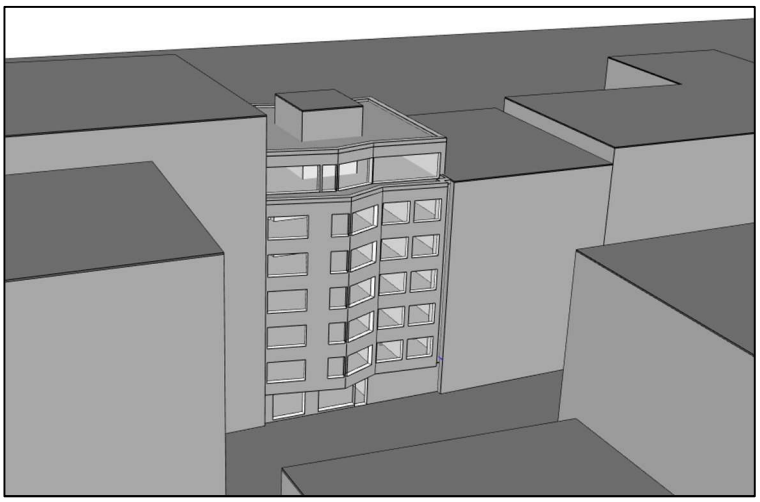
5.1.2.3. Požadavky dle ČSN EN 17037

Podle evropské normy proslunění v bytu musí být zajištěno minimálně v 1 obytné místnosti. Obytná místnost se považuje za prosluněnou, pokud do prostoru minimálně po dobu 90 minut dopadá přímé sluneční světlo v určený den mezi 1. únorem a 21. březnem.

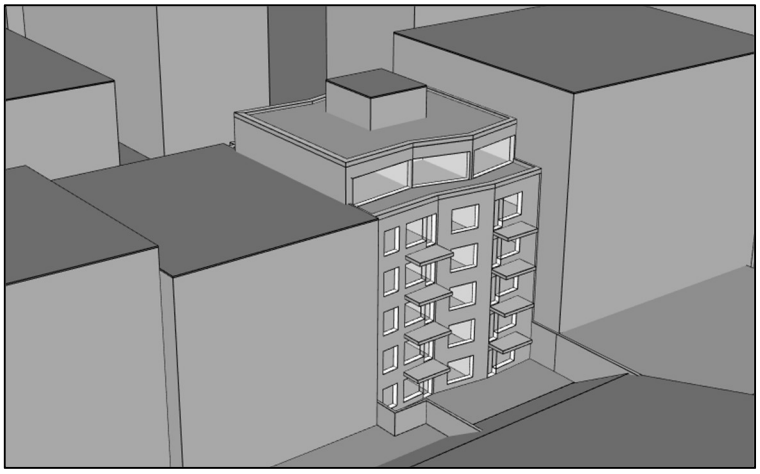
Kontrolní bod stejně jako podle ČSN 73 4301 [7] se umísťuje ve výšce 300 mm nad spodní hranou osvětlovacího otvoru a zároveň minimálně 1200 mm od úrovně podlahy místnosti. Kontrolní bod musí být umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru.

5.2. Posouzení

Posouzení bytového domu na vybrané světelně technické požadavky bylo provedeno pomoci výpočtového programu BuildingDesign [23]. Situace byla vymodelována ve 3D a představena na následujícím obrázku. Pro větší přehled byly výsledky výpočtů překresleny do půdorysů posouzených prostorů. Výstupy přímo z programu BuildingDesign [23] jsou uvedeny v příloze C.3.



Obr. 21: *3d model projektovaného domu, severní pohled, výstup z programu BuildingDesign [23]*



Obr. 22: *3d model projektovaného domu, jižní pohled, výstup z programu BuildingDesign [23]*

5.2.1. Denní osvětlení

Denní osvětlení bylo posouzeno v obytných a pobytových místnostech kritických z hlediska denního osvětlení v bytech. Kritické byty jsou byty nejvíce zastíněné okolní zástavbou, a proto se za takové budou považovat byty v 1. NP. Pobytová místnost v projektovaném bytovém domě je prostor k pronájmu nacházející v 1. PP. Požadavky na denní osvětlení u obytných místností se u norem ČSN 73 0580 [3], [4] a ČSN EN 17037 [8] neliší proto tyto prostory budou posouzeny pouze jednou. Pobytový prostor v 1. PP bude posouzen podle každé normy zvlášť.

Výpočtové body byly umístěny ve výšce 0,85 m nad podlahou ve vzdálenosti od okolních stěn podle příslušných požadavků, popsaných v podkapitolách 5.1.1.2 a 5.1.1.3.

Pro posouzení činitele denní osvětlenosti byly použité následující hodnoty činitelů odrazu světla v exteriéru převzaté z ČSN 73 0580-1 [5] tab. A.4:

0,1 – pro ploché střechy,

0,1 – pro nezasněžený terén v zimním období,

0,2 – pro dlažbu,

0,3 – pro průčelí okolních budov,

0,3 – pro šikmé střechy.

V interiéru byly zvolené typické činitele odrazu světla dle druhu povrchu a barevného řešení:

0,3 – pro podlahy,

0,5 – pro stěny,

0,7 – pro stropy.

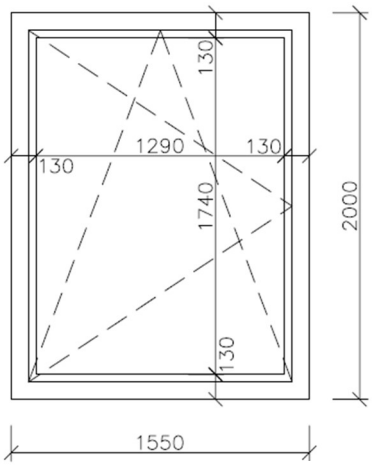
V následující tabulce jsou představeny činitele propustnosti světla stejné pro veškeré osvětlovací otvory.

Tab. 10: *Činitele propustnosti světla*

Činitel	τ_s [1)]	τ_z [2)]	τ_z [3)]	τ_b	τ_c
Hodnota	0,80	0,90	0,95	1,00	1,00

Popis jednotlivých veličin viz podkapitola 5.1.1.1
[1)] činitel prostupu světla sklem je převzat od výrobce oken a je uveden v příloze C.3.3
[2)] činitel znečištění na vnější stráně osvětlovacího otvoru (dle ČSN 730580-1 [5] Tab.A.2)
[3)] činitel znečištění na vnitřní stráně osvětlovacího otvoru.

Na následujících obrazcích jsou uvedeny osvětlovací otvory umístěné v posouzených místnostech a jejich činitele prostupu světla zohledňující vliv konstrukcí osvětlovacího otvoru nepropouštějícího světlo τ_k [-]. Pro jednodušší vymodelování, byly soustavy oken a dveří rozděleny a součinitele se vypočítaly zvlášť.



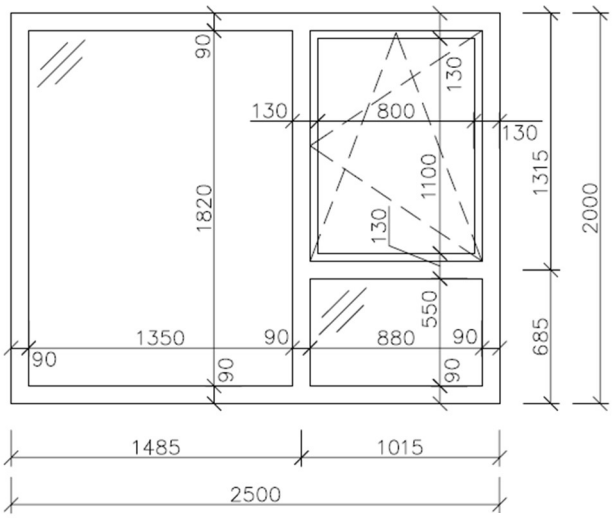
Obr. 23: *Schéma okna O1*

Okno O1 v 1. NP

Celková plocha otvoru:
So = 3,1 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 2,245 m^2.

Součinitel τ_k = 0,80.



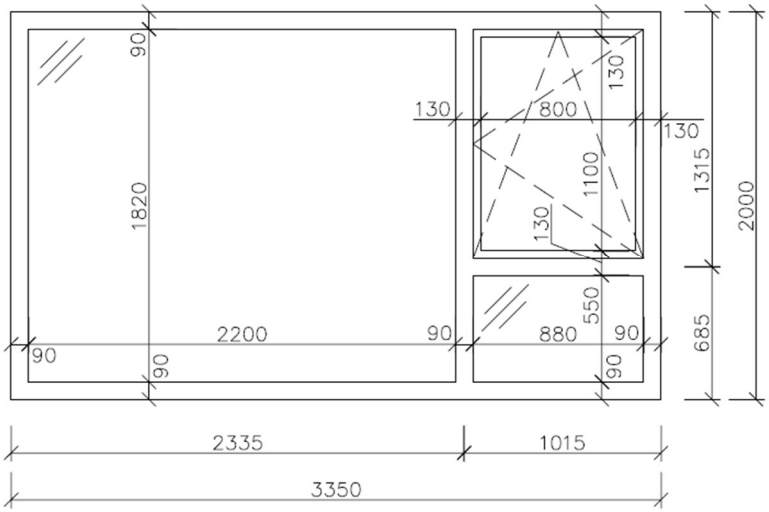
Okno O2 v 1. NP

Celková plocha otvoru:
So = 5,0 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 3,821 m^2.

Součinitel τ_k = 0,76.

Obr. 24: *Schéma okna O2*



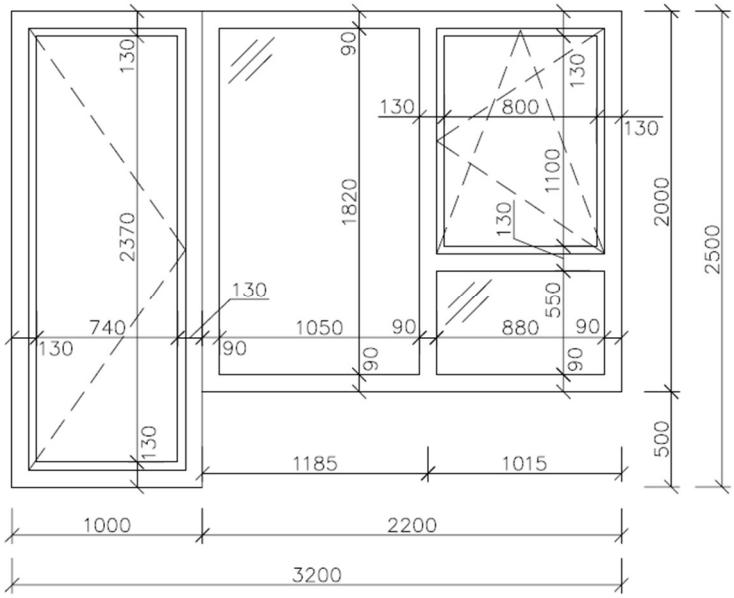
Okno O3 v 1.NP

Celková plocha otvoru:
So = 6,7 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 5,368 m^2.

Součinitel τ_k = 0,80.

Obr. 25: *Schéma okna O3*



Soustava D4 v 1. NP

Okno

Celková plocha otvoru:
So = 4,4 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 3,275 m^2.

Součinitel τ_k = 0,74.

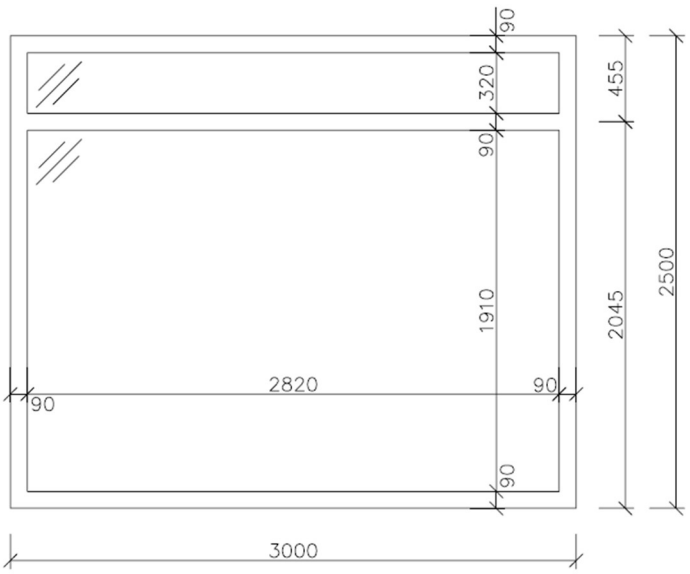
Dveře

Celková plocha otvoru:
So = 2,5 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 1,754 m^2.

Součinitel τ_k = 0,70.

Obr. 26: *Schéma soustavy oken a dveří D4*



Okno O4 v 1. PP

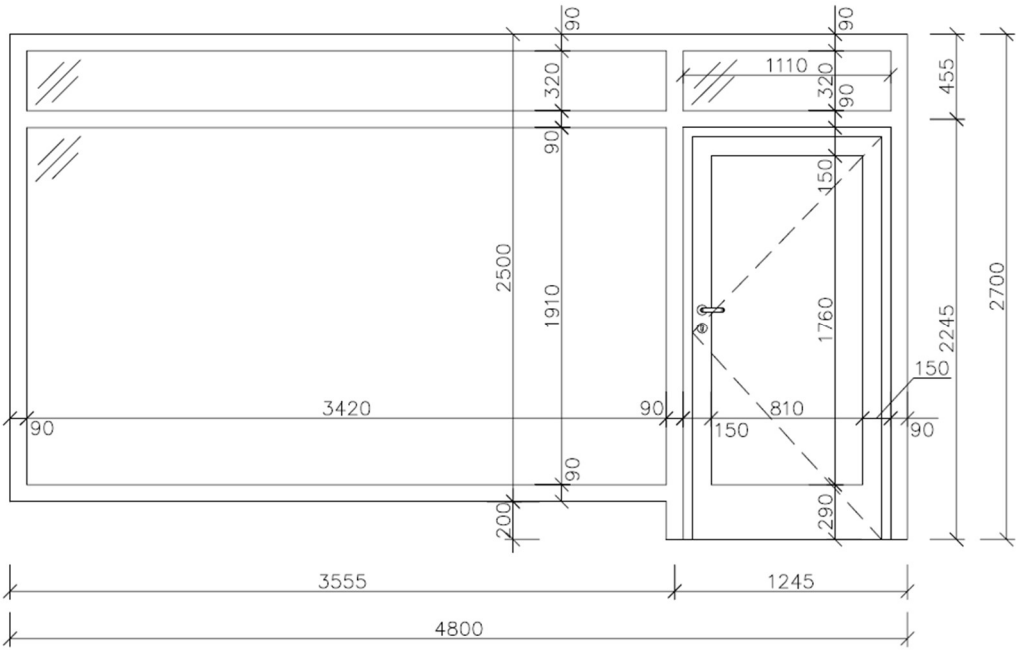
Celková plocha otvoru:
So = 7,5 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 6,289 m^2.

Součinitel τ_k = 0,83.

Obr. 27: *Schéma okna O4*

Soustava D3 v 1. PP



Obr. 28: *Schéma soustavy oken a dveří D3*

Okno

Celková plocha otvoru:
So = 8,888 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 7,627 m^2.

Součinitel τ_k = 0,85.

Dveře

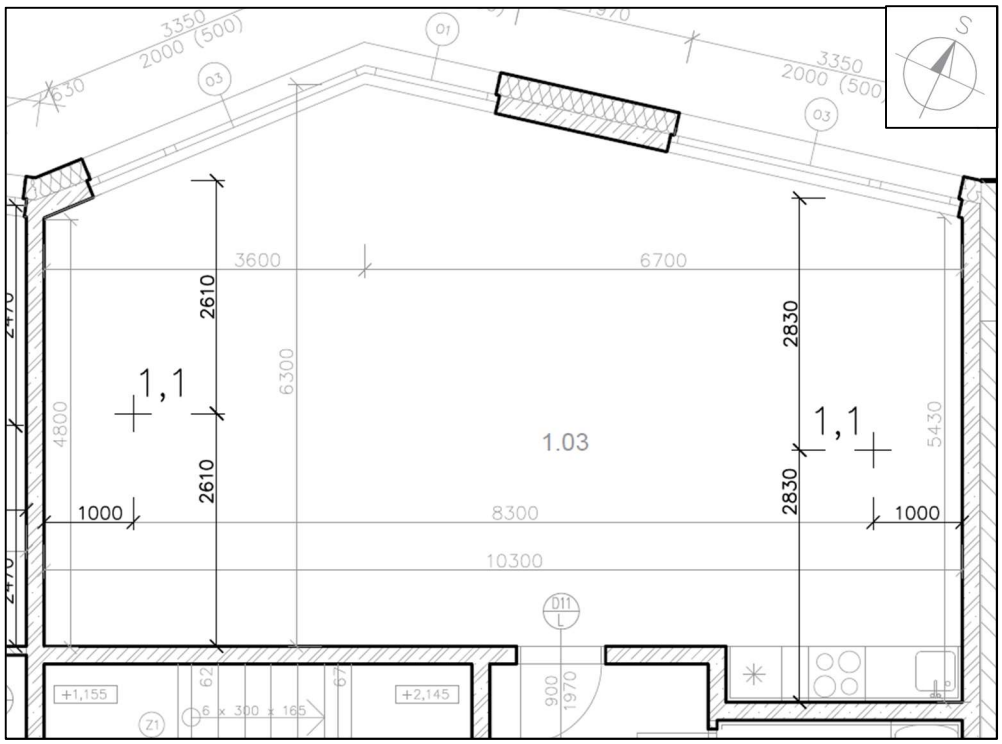
Celková plocha otvoru:
So = 3,362 m^2.

Plocha zasklení otvoru:
Sz = 1,781 m^2.

Součinitel τ_k = 0,53.

5.2.1.1. Posouzení bytu typu 1+KK

Byt 1+KK je umístěn v severní části projektovaného bytového domu. Má jednu velkou obytnou místnost 1.03 s třemi okenními otvory vycházejícími na severozápadní stranu. Osvětlení je zajištěno dvěma otvory typu O3 a jedním otvorem typu O1. Na následujícím obrázku jsou zobrazeny poloha a hodnoty vypočtených bodů činitele denního osvětlení.



Obr. 29: *Půdorys místnosti 1.03 s vyznačenou polohou kontrolních bodů a stanovené v nich hodnoty činitele denní osvětlenosti*

i. Posouzení místnosti 1.03

Souhrnná plocha osvětlovacích otvorů: $S_o = 16{,}5\ m^2$

Plocha podlahy hodnocené místnosti: $S_p = 59{,}4\ m^2$

Poměr plochy osvětlovacích otvoru ku podlahové ploše:

$$\frac{S_o}{S_p} = \frac{16{,}5}{59{,}4} = \frac{2{,}8}{10} \geq \frac{1}{10} \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

Hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_1 = 1{,}1 \geq 0{,}7\ [\%] \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

$$D_1 = 1{,}1 \geq 0{,}7\ [\%] \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

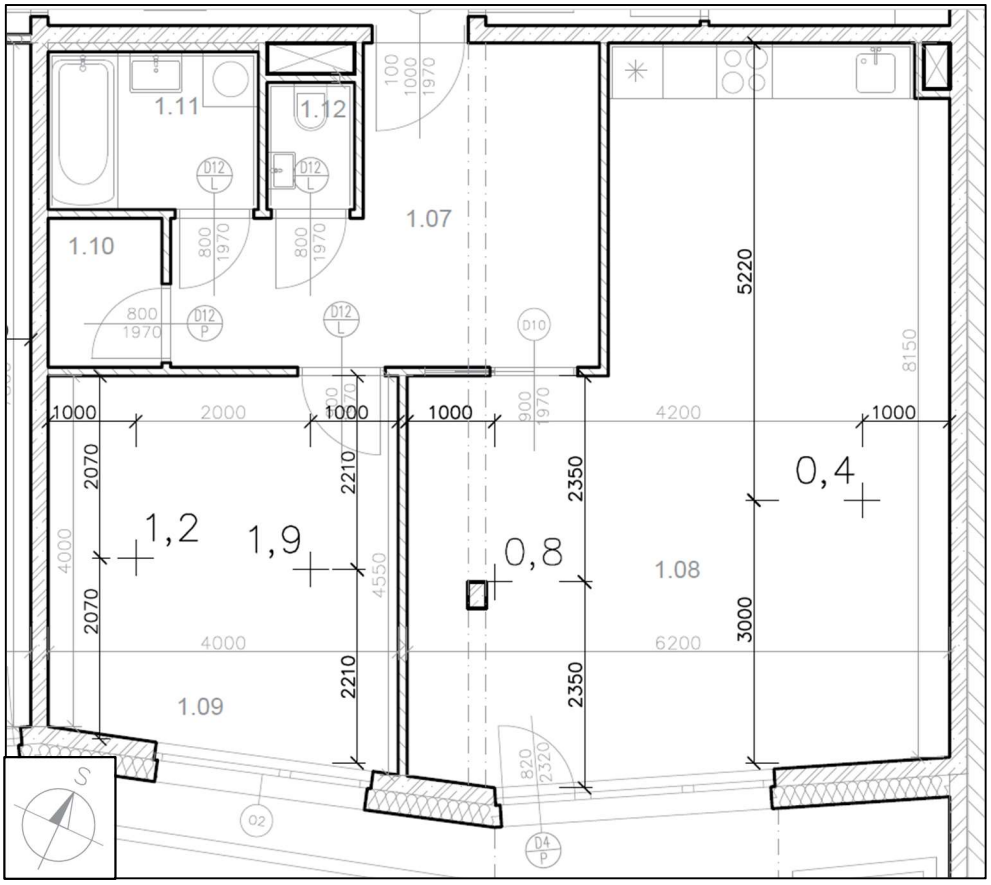
Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_{1,2} = 1{,}1 \geq 0{,}9\ [\%] \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

Obytná místnost splňuje požadavky na denní osvětlení.

5.2.1.2. Posouzení bytu typu 2+KK

Byt 2+KK je umístěn v jižní části projektovaného bytového domu. Má dvě obytné místnosti: obývací pokoj + KK 1.08 a ložnici 1.09. Osvětlení v místnosti 1.09 je zajištěno okenním otvorem typu O2. Osvětlení v místnosti 1.08 je zajištěno soustavou oken a dveří typu D4. Na následujícím obrázku jsou zobrazeny poloha a hodnoty vypočtených bodů činitele denního osvětlení.



Obr. 30: *Půdorys místností 1.08 a 1.09 s vyznačenou polohou kontrolních bodů a stanovené v nich hodnoty činitele denní osvětlenosti*

i. Posouzení místnosti 1.08

Souhrnná plocha osvětlovacích otvorů: $S_o = 6{,}9\ m^2$

Plocha podlahy hodnocené místnosti: $S_p = 42{,}7\ m^2$

Poměr plochy osvětlovacích otvoru ku podlahové ploše:

$$\frac{S_o}{S_p} = \frac{6{,}9}{42{,}7} = \frac{1{,}62}{10} \geq \frac{1}{10} - \textbf{Požadavek je splněn}$$

Hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_1 = 0{,}8 \geq 0{,}7\ [\%] - \textbf{Požadavek je splněn}$$

$$D_1 = 0{,}4 < 0{,}7\ [\%] - \textbf{Požadavek není splněn}$$

Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_{1,2} = 0{,}6 < 0{,}9\ [\%] - \textbf{Požadavek není splněn}$$

Místnost je nevyhovující požadavkům na denní osvětlení pro obytné místnosti.

i. Posouzení místnosti 1.09

Souhrnná plocha osvětlovacích otvorů: $S_o = 5{,}0\ m^2$

Plocha podlahy hodnocené místnosti: $S_p = 17{,}5\ m^2$

Poměr plochy osvětlovacích otvoru ku podlahové ploše:

$$\frac{S_o}{S_p} = \frac{5{,}0}{17{,}5} = \frac{2{,}86}{10} \geq \frac{1}{10} - \textbf{Požadavek je splněn}$$

Hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_1 = 1{,}2 \geq 0{,}7\ [\%] - \textbf{Požadavek je splněn}$$

$$D_1 = 1{,}9 \geq 0{,}7\ [\%] - \textbf{Požadavek je splněn}$$

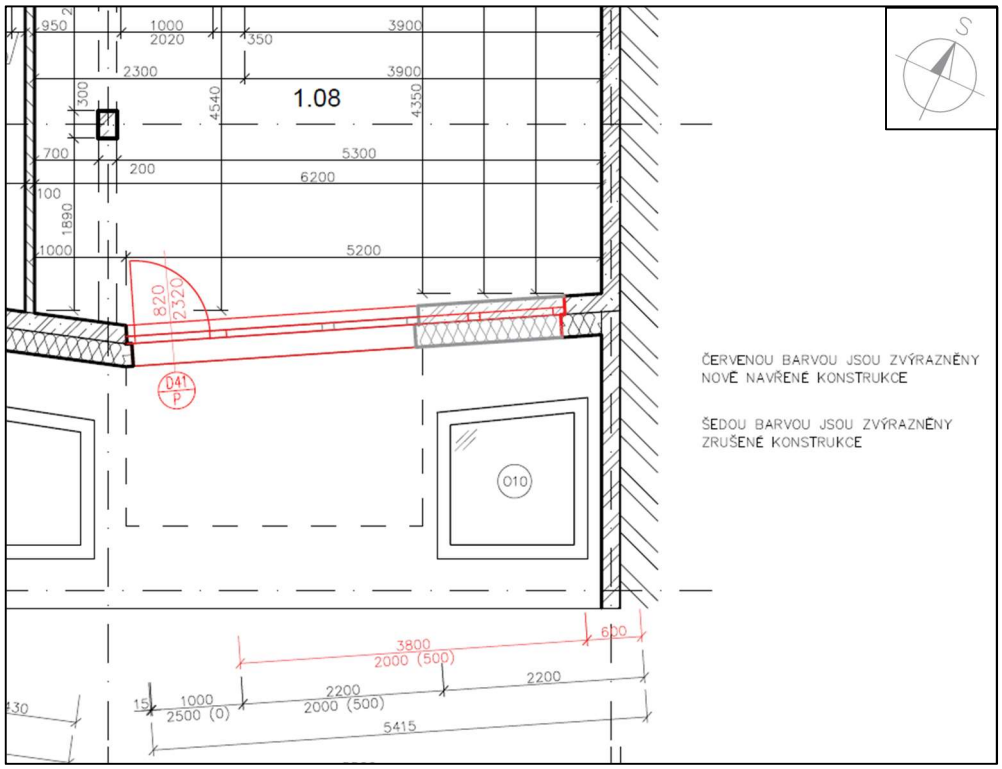
Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_{1,2} = 1{,}5 \geq 0{,}9\ [\%] - \textbf{Požadavek je splněn}$$

Obytná místnost splňuje požadavky na denní osvětlení.

5.2.1.3. Návrh a posouzení stavebních úprav místnosti 1.08

Obývací pokoj + KK 1.08 nevyhovuje na denní osvětlení, protože hodnota činitele denní osvětlenosti v jednom bodě he menší než požadovaných 0,7 % a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti je menší než 0,9 %. Jako nevhodnější stavební úprava bylo zvoleno rozšíření okna v soustavě D4 východním směrem. Přidání okna zleva od dveří jižním směrem by zajistilo větší míru osvětlení, ale nepřipadá v úvahu kvůli uložení průvlaku na tuto část stěny. Šířka okna v soustavě D4 bude zvětšena z hodnoty 2,2 m na hodnotu 3,8 m. Výsek půdorysu se zvolenou stavební úpravou schéma nového osvětlovacího otvoru jsou představeny na následujících obrázcích.



Obr. 31: *Stavební úpravy místnosti 1.08*

Soustava D41 v 1. NP

Okno

Celková plocha otvoru: So = 7,6 m^2.

Plocha zasklení otvoru: Sz = 6,187 m^2.

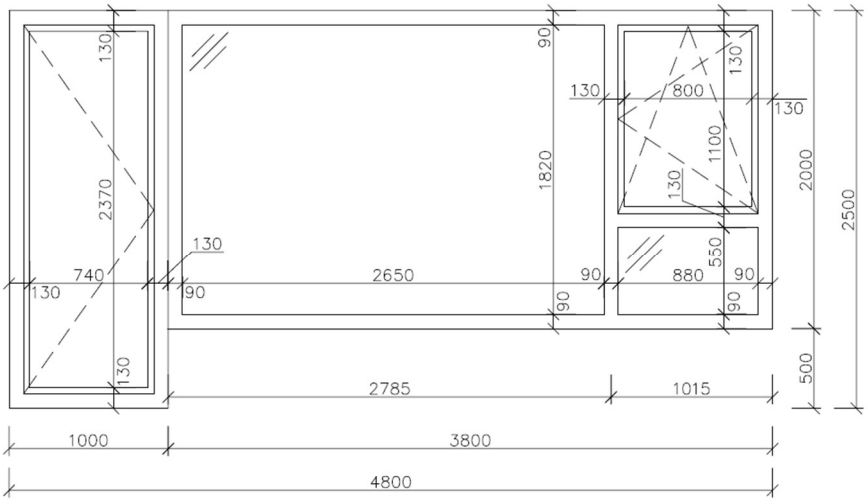
Součinitel τ_k = 0,814.

Dveře

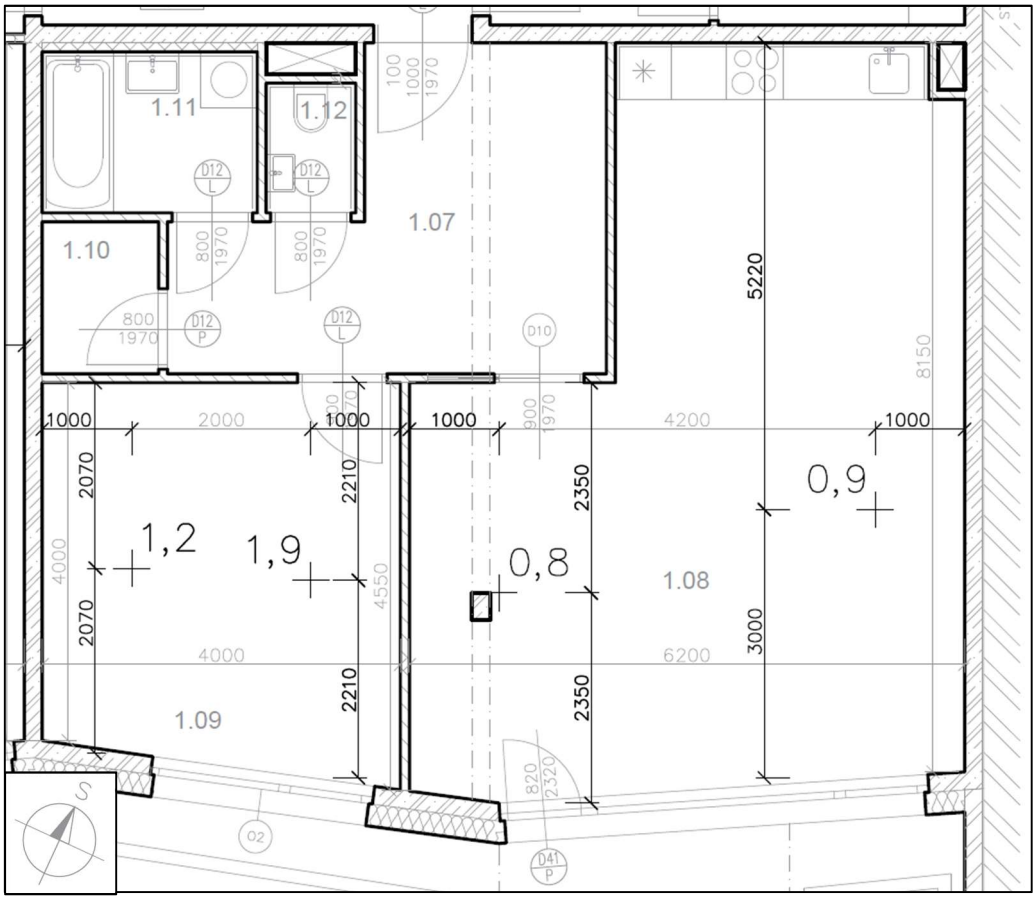
Celková plocha otvoru: So = 2,5 m^2.

Plocha zasklení otvoru: Sz = 1,754 m^2.

Součinitel τ_k = 0,70.



Obr. 32: *Schéma nově navržené soustavy oken a dveří D41*



Obr. 33: *Půdorys místností 1.08 a 1.09 s vyznačenou polohou kontrolních bodů a stanovené v nich hodnoty činitele denní osvětlenosti po provedení stavebních úprav*

i. Posouzení místnosti 1.08 po provedených úpravách

Souhrnná plocha osvětlovacích otvorů: $S_o = 7{,}6\ m^2$

Plocha podlahy hodnocené místnosti: $S_p = 42{,}7\ m^2$

Poměr plochy osvětlovacích otvoru ku podlahové ploše:

$$\frac{S_o}{S_p} = \frac{7{,}6}{42{,}7} = \frac{1{,}88}{10} \geq \frac{1}{10}$$ – **Požadavek je splněn**

Hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$D_1 = 0{,}8 \geq 0{,}7$ [%] – **Požadavek je splněn**

$D_1 = 0{,}9 \geq 0{,}7$ [%] – **Požadavek je splněn**

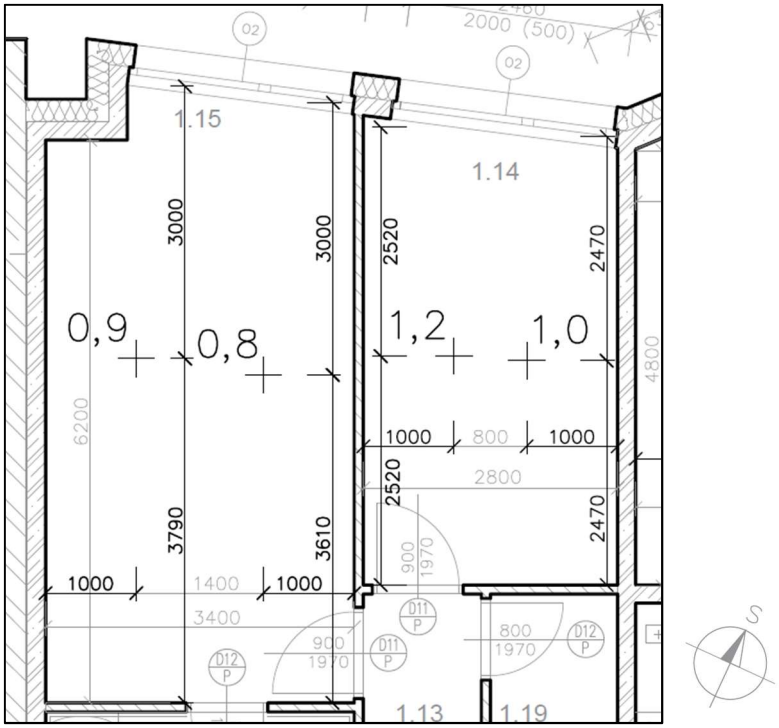
Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$D_{1,2} = 0{,}9 \geq 0{,}9$ [%] – **Požadavek je splněn**

Obytná místnost splňuje požadavky na denní osvětlení.

5.2.1.4. Posouzení bytu typu 3+KK

Byt 3+KK je umístěn v západní části objektu, po celé délce projektovaného bytového domu. Má tři obytné místnosti: ložnice 1.14 a 1.15 a obývací pokoj + KK 1.18. Osvětlení v místnostech 1.14 a 1.15 je zajištěno okenními otvory typu O2. Osvětlení v místnosti 1.08 je zajištěno okenním otvorem typu O1 a soustavou oken a dveří typu D4. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny poloha a hodnoty vypočtených bodů činitele denního osvětlení.



Obr. 34: *Půdorys místností 1.14 a 1.15 s vyznačenou polohou kontrolních bodů a stanovené v nich hodnoty činitele denní osvětlenosti*

i. Posouzení místnosti 1.14

Souhrnná plocha osvětlovacích otvorů: $S_o = 5{,}0\ m^2$

Plocha podlahy hodnocené místnosti: $S_p = 13{,}45\ m^2$

Poměr plochy osvětlovacích otvoru ku podlahové ploše:

$$\frac{S_o}{S_p} = \frac{5{,}0}{13{,}45} = \frac{3{,}72}{10} \geq \frac{1}{10} - \textbf{Požadavek je splněn}$$

Hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_I = 1{,}0 \geq 0{,}7\ [\%] - \textbf{Požadavek je splněn}$$

$$D_I = 1{,}2 \geq 0{,}7\ [\%] - \textbf{Požadavek je splněn}$$

Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_{1,2} = 1{,}1 \geq 0{,}9\ [\%]$$ – **Požadavek je splněn**

Obytná místnost splňuje požadavky na denní osvětlení.

ii. Posouzení místnosti 1.15

Souhrnná plocha osvětlovacích otvorů: $S_o = 5{,}0\ m^2$

Plocha podlahy hodnocené místnosti: $S_p = 22{,}20\ m^2$

Poměr plochy osvětlovacích otvoru ku podlahové ploše:

$$\frac{S_o}{S_p} = \frac{5{,}0}{22{,}20} = \frac{2{,}25}{10} \geq \frac{1}{10}$$ – **Požadavek je splněn**

Hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

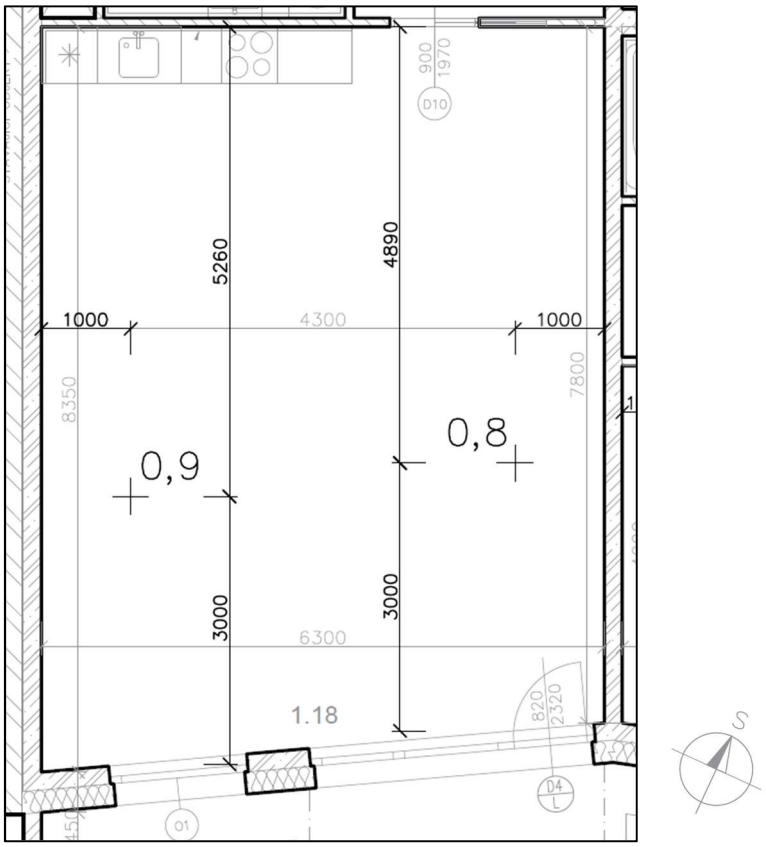
$$D_1 = 0{,}9 \geq 0{,}7\ [\%]$$ – **Požadavek je splněn**

$$D_1 = 0{,}8 \geq 0{,}7\ [\%]$$ – **Požadavek je splněn**

Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_{1,2} = 0{,}9 \geq 0{,}9\ [\%]$$ – **Požadavek je splněn**

Obytná místnost splňuje požadavky na denní osvětlení.



Obr. 35: *Půdorys místnosti 1.18 s vyznačenou polohou kontrolních bodů a stanovené v nich hodnoty činitele denní osvětlenosti*

iii. Posouzení místnosti 1.18

Souhrnná plocha osvětlovacích otvorů: $S_o = 10\ m^2$

Plocha podlahy hodnocené místnosti: $S_p = 50{,}07\ m^2$

Poměr plochy osvětlovacích otvoru ku podlahové ploše:

$$\frac{S_o}{S_p} = \frac{10}{50{,}07} = \frac{2{,}0}{10} \geq \frac{1}{10} \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

Hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

$$D_1 = 0{,}9 \geq 0{,}7\ [\%] \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

$$D_1 = 0{,}8 \geq 0{,}7\ [\%] \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech:

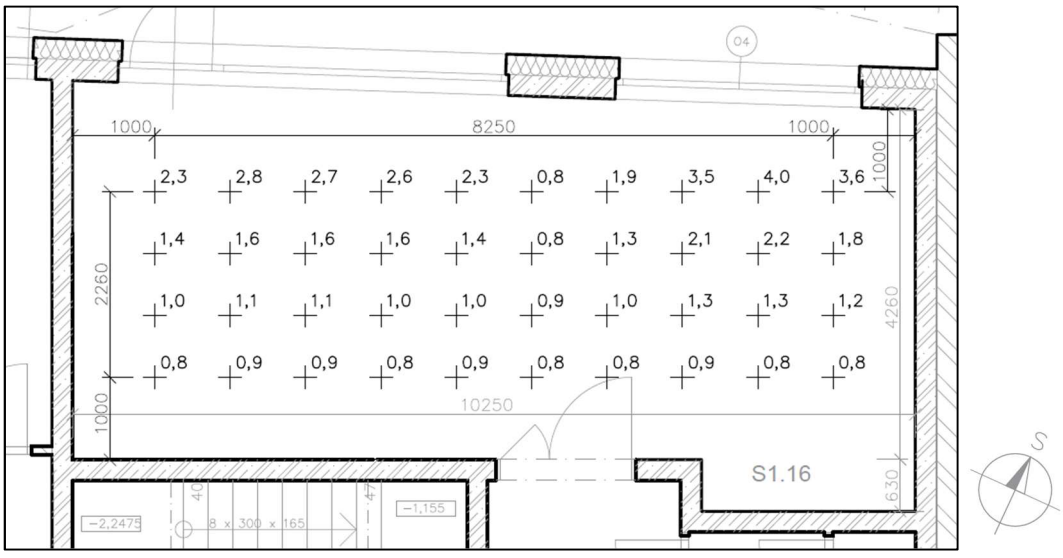
$$D_{1,2} = 0{,}9 \geq 0{,}9\ [\%] \text{ – } \textbf{Požadavek je splněn}$$

Obytná místnost splňuje požadavky na denní osvětlení.

5.2.1.5. Posouzení prostoru k pronájmu

Prostor k pronájmu S1.16 je umístěn v severní části objektu projektovaného bytového domu. Má jeden velký pobytový prostor S1.16. Osvětlení místnosti je zajištěno okenním otvorem typu O4 a soustavou oken a dveří typu D3. Denní osvětlení v tomto prostoru bude spočítáno dvěma způsoby: podle požadavků normy ČSN 73 0580-1 [5] a podle požadavků evropské normy ČSN EN 17037 [8]. Na následujících obrázcích je zobrazena poloha a hodnoty vypočtených bodů činitele denního osvětlení.

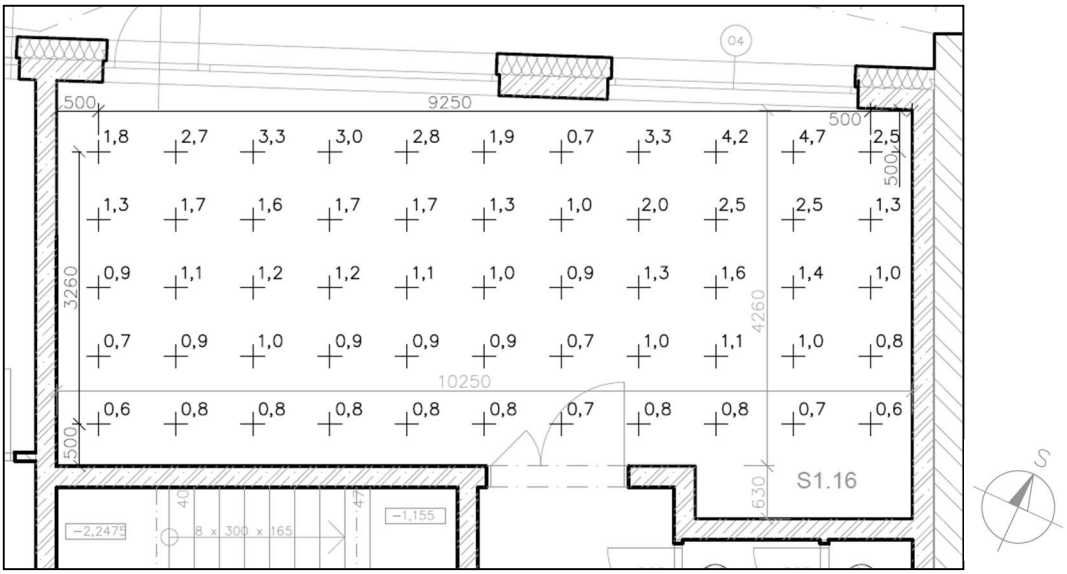
i. Posouzení místnosti S1.16 dle požadavků ČSN 73 0580-1



Obr. 36: *Půdorys místnosti S1.16 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN 0580-1 [5] a stanovené v nich hodnoty činitele denní osvětlenosti*

Místnost je nevyhovující požadavkům na denní osvětlení pro pobytové místnosti, protože se vyskytují výpočtové body s hodnotou činitele denní *D* osvětlenosti nižší, než 1,5 %.

ii. Posouzení místnosti S1.16 dle požadavků ČSN EN 17037



Obr. 37: *Půdorys místnosti S1.16 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [8] a stanovené v nich hodnoty činitele denní osvětlenosti*

Část prostoru se splněním minimální cílené osvětlenosti (D ≥ 0,7 %):

96 ≥ 95 [%] – **Požadavek je splněn**

Část prostoru se splněním cílené osvětlenosti (D ≥ 2,0 %):

18 < 50 [%] – **Požadavek není splněn**

Místnost je nevyhovující požadavkům na denní osvětlení pro pobytové místnosti.

5.2.1.6. Návrh stavebních úprav prostoru k pronájmu

Pobytová místnost je nevyhovující z hlediska denního osvětlení. Jak je vidět z předchozích obrázků procento nevyhovujících bodů je příliš početné a stavební úpravy v podobě rozšíření osvětlovacích otvorů při již současných velkých rozměrech nebo změna jejich polohy bude zřejmě nedostačující. Nejvhodnější úpravou pro splnění místností požadavků pro denní osvětlení pobytových prostorů je zajištění sdruženého osvětlení. Minimální činitel denní osvětlenosti v místnosti S1.16 je větší, než minimální dle normy ČSN 36 0020 [2] hodnota činitele denní osvětlenosti D_{min} 5 %, potřebná pro zachování ve vnitřním prostoru dostatečného podílu denní složky při sdruženém osvětlení. Z výše napsaného plyne, že hodnocený prostor by mohl vyhovět požadavkům na sdružené osvětlení, ovšem tento úsudek by se měl ověřit v odborném posudku.

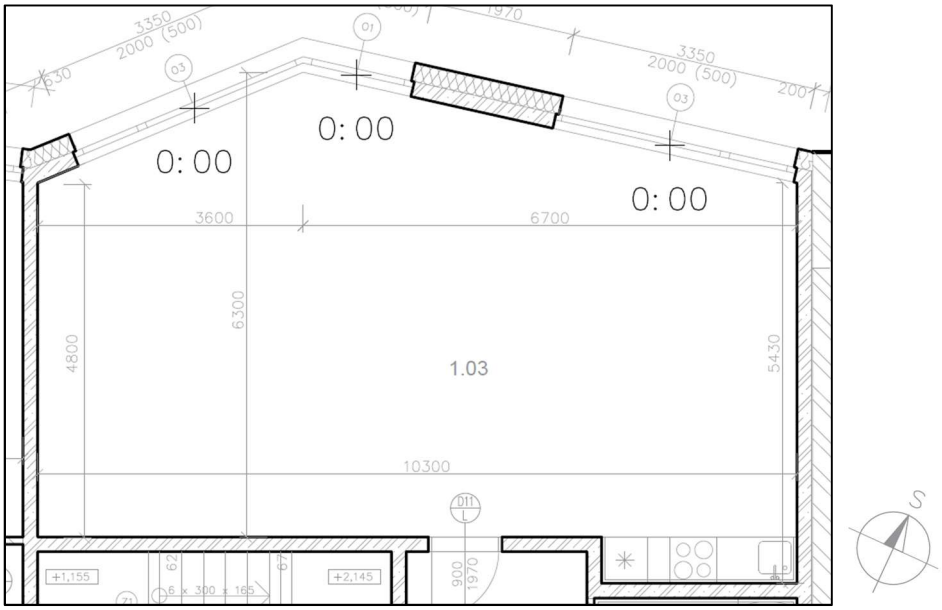
5.2.2. Proslunění

Proslunění bylo posouzeno v obytných místnostech kritických z hlediska denního osvětlení v bytech. Kritické byty jsou byty nejvíce zastíněné okolní zástavbou, a se proto za takové budou považovat byty v 1. NP.

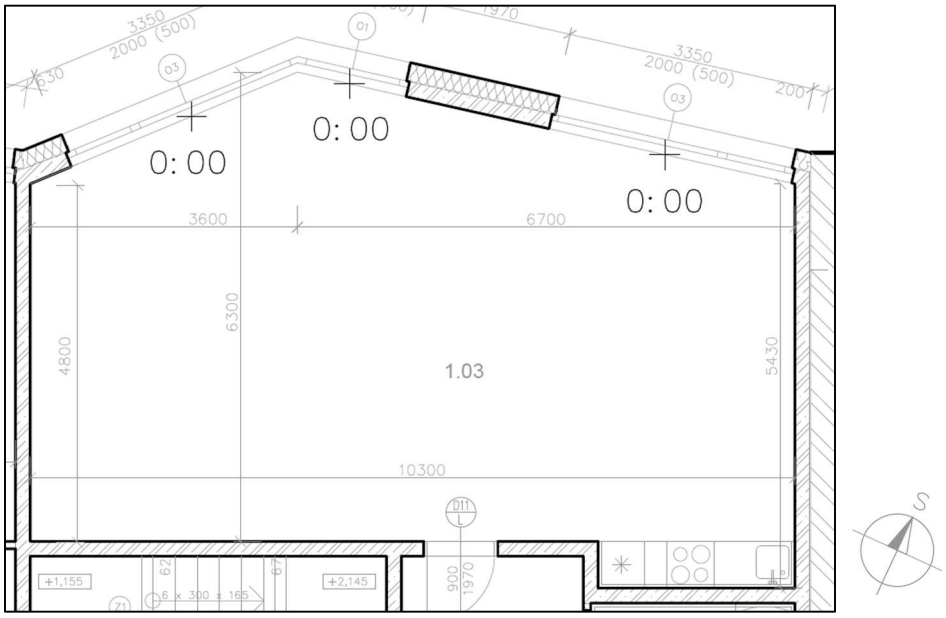
Každá místnost bude posouzena podle požadavků ČSN 73 4301 [7] a podle požadavků ČSN EN 17037 [8]. Výpočtové body byly umístěny v místech osvětlovacích otvorů ve výšce 1,2 m nad podlahou, podle příslušných požadavků popsaných v podkapitolách 5.1.1.2 nebo 5.1.1.3. Ověření požadavků na minimální součet ploch osvětlovacích otvorů proběhlo v podkapitole 5.2.1 při posouzení denního osvětlení. Ve stejné podkapitole jsou uvedeny rozměry veškerých osvětlovacích otvorů v hodnocených místnostech. Všechny otvory splňují požadavek na minimální skladební rozměr v 900 mm.

5.2.2.1. Posouzení bytu typu 1+KK

Byt 1+KK je umístěn v severní části projektovaného bytového domu. Má jednu velkou obytnou místnost 1.03 s třemi okenními otvory vycházejícími na severozápadní stranu. Osvětlení je zajištěno dvěma otvory typu O3 a jedním otvorem typu O1. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny polohy vypočtených bodů a doby proslunění v těchto bodech dle norem ČSN 73 4301 [7] a ČSN EN 17037 [8].



Obr. 38: *Půdorys místnosti 1.03 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN 73 4301 [7] a stanovené v nich doby proslunění*

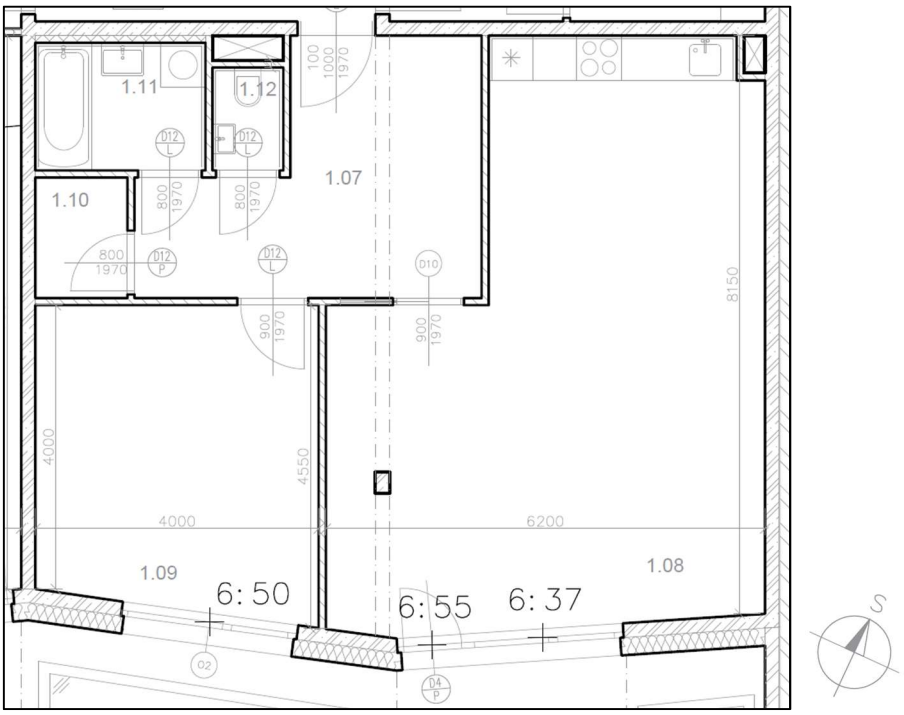


Obr. 33: *Půdorys místnosti 1.03 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [8] a stanovené v nich doby proslunění*

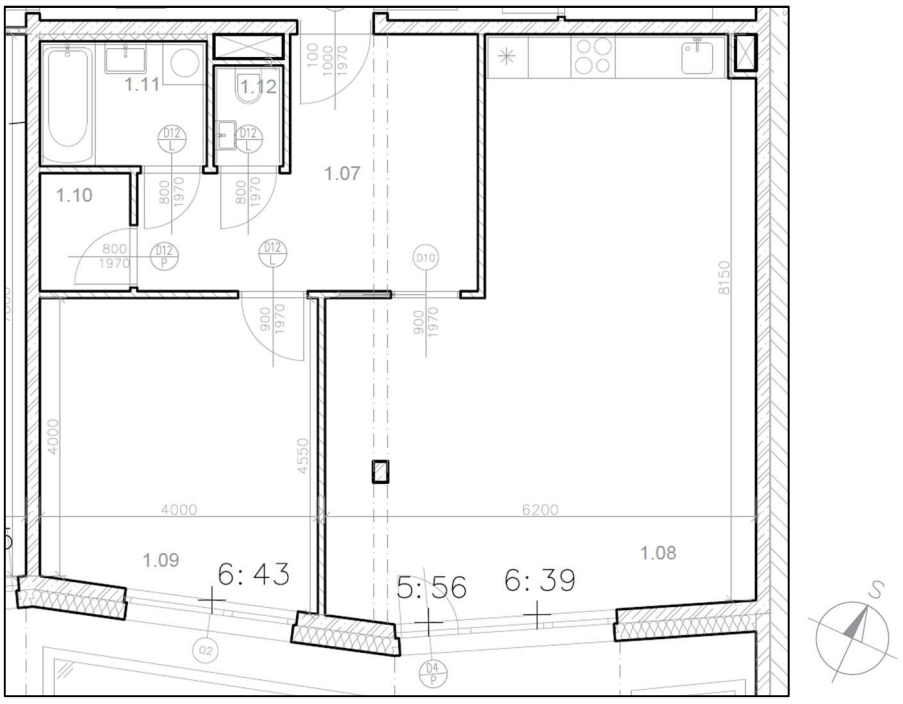
Z obrázků je zřejmé, že dne 1. března do žádného okna hodnoceného v obytné místnosti 1.03 nedopadá žádné přímé slunečné světlo, a to ani podle požadavku ČSN 73 4301 [7], ani podle požadavků ČSN EN 17037 [8]. Hodnocená místnost 1.03 a tím i celý byt typu 1+KK není prosluněný dle výše popsaných požadavků. Proslunění bytu není v Praze povinné.

5.2.2.2. Posouzení bytu typu 2+KK

Byt 2+KK je umístěn v jižní části projektovaného bytového domu. Má dvě obytné místnosti: obývací pokoj + KK 1.08 a ložnici 1.09. Osvětlení v místnosti 1.09 je zajištěno okenním otvorem typu O2. Osvětlení v místnosti 1.08 je zajištěno soustavou oken a dveří typu D4. V podkapitole 5.2.1.2 bylo zjištěno, že denní osvětlení v místnosti 1.08 je nevyhovující a v podkapitole 5.2.1.3 byly navržené stavební úpravy pro dosažení požadovaných hodnot činitele denní osvětlenosti. V této kapitole se ale posoudí místnost 1.08 bez stavebních úprav pro plné hodnocení původně navrženého stavu. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny polohy vypočtených bodů a doby proslunění v těchto bodech dle norem ČSN 73 4301 [7] a ČSN EN 17037 [8].



Obr. 40: *Půdorys místností 1.08 a 1.09 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN 73 4301 [7] a stanovené v nich doby proslunění*

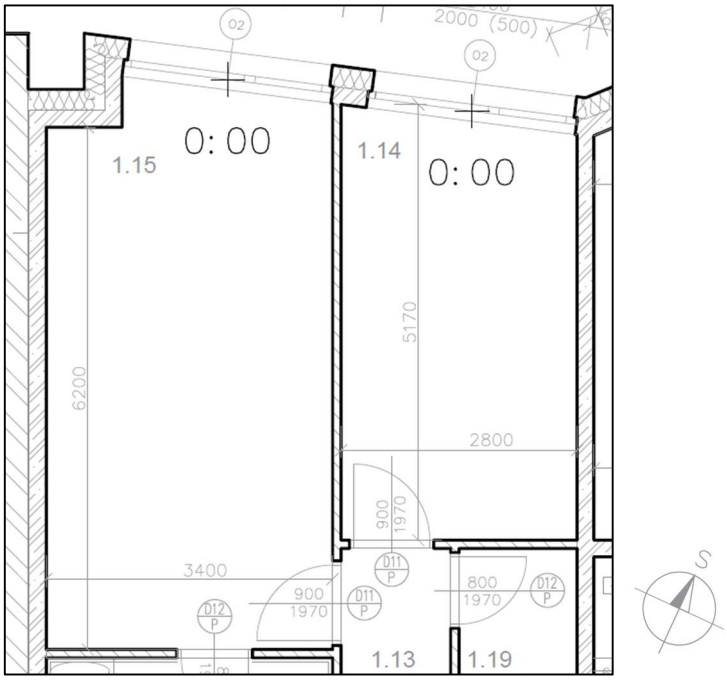


Obr. 41: *Půdorys místností 1.08 a 1.09 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [8] a stanovené v nich doby proslunění*

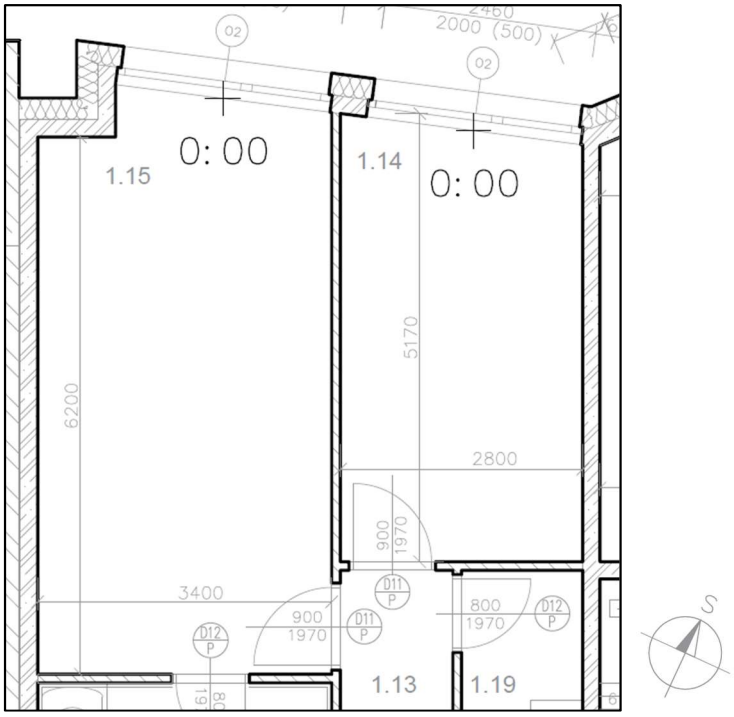
Z obrázků je zřejmé, že dne 1. března do všech oken hodnocených obytných místnosti 1.08 a 1.09 dopadá přímé slunečné světlo po dobu větší, než 90 minut, a to i podle požadavku ČSN 73 4301 [7] i podle požadavků ČSN EN 17037 [8]. Hodnocené obytné místnosti 1.08 a 1.09 a tím i celý být typu 2+KK je prosluněný dle výše popsaných požadavků. Jelikož původní dispozice místnosti 1.08 s velkou rezervou vyhověla na požadavky pro proslunění prostorů je zřejmé, že nově navržený stav v kapitole 5.2.1.3 s větším stavebním otvorem, než v původním návrhu také zajistí požadované hodnoty doby proslunění.

5.2.2.3. Posouzení bytu typu 3+KK

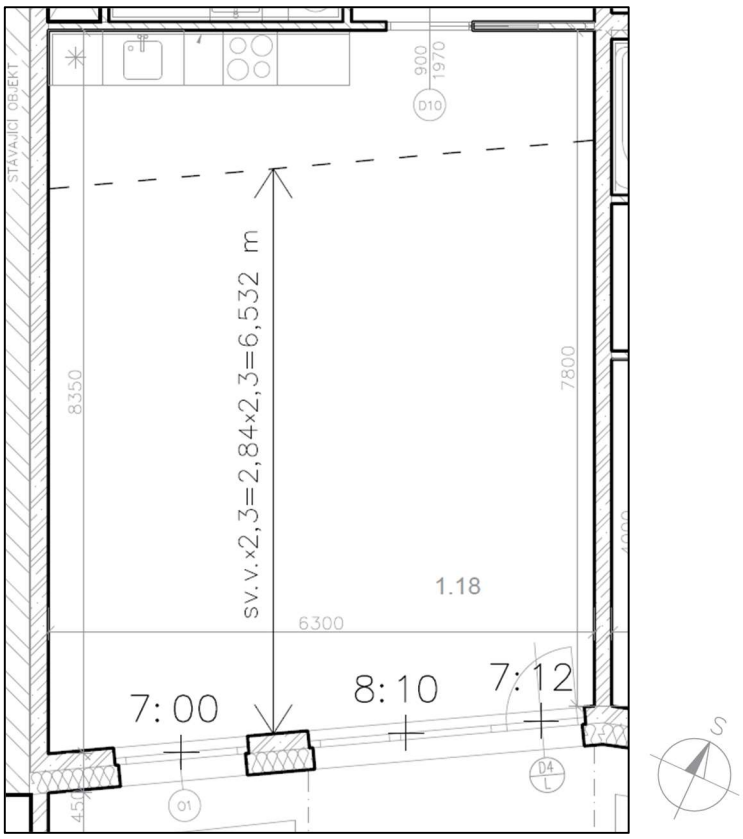
Byt 3+KK je umístěn v západní části objektu po celé délce projektovaného bytového domu. Má tři obytné místnosti: ložnice 1.14 a 1.15 a obývací pokoj + KK 1.18. Osvětlení v místnostech 1.14 a 1.15 je zajištěno okenními otvory typu O2. Osvětlení v místnosti 1.08 je zajištěno okenním otvorem typu O1 a soustavou oken a dveří typu D4. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny polohy vypočtených bodů a doby proslunění v těchto bodech dle norem ČSN 73 4301 [7] a ČSN EN 17037 [8].



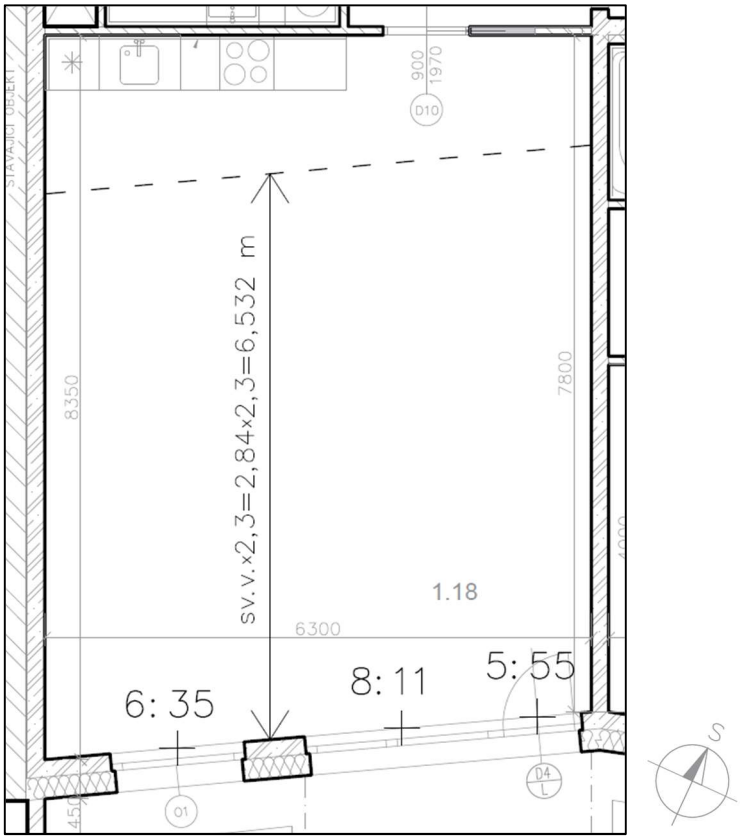
Obr. 42: *Půdorys místností 1.14 a 1.15 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN 73 4301 [7] a stanovené v nich doby proslunění*



Obr. 43: *Půdorys místností 1.14 a 1.15 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [8] a stanovené v nich doby proslunění*



Obr. 44: *Půdorys místnosti 1.18 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN 73 4301 [7] a stanovené v nich doby proslunění*



Obr. 45: *Půdorys místnosti 1.18 s vyznačenou polohou kontrolních bodů dle ČSN EN 17037 [8] a stanovené v nich doby proslunění*

Z obrázků je zřejmé, že dne 1. března do oken hodnocených obytných místností 1.14 a 1.15 nedopadá žádné přímé slunečné světlo při požadavku minimální doby proslunění 90 minut, a to ani podle požadavku ČSN 73 4301 [7] ani podle požadavků ČSN EN 17037 [8]. Hodnocené místnosti 1.14 a 1.15 nejsou prosluněné dle výše popsaných požadavků.

Do oken hodnocené místnosti 1.18 dne 1. března dopadá přímé slunečné světlo po dobu větší, než 90 minut, a to i podle požadavku ČSN 73 4301 [7] i podle požadavků ČSN EN 17037 [8]. Obytná místnost 1.18 je prosluněná dle výše popsaných požadavků.

Podle evropské normy proslunění v bytu musí být zajištěno minimálně v 1 obytné místnosti. Místnost 1.18 je prosluněná, a proto i celý hodnocený byt je prosluněný dle požadavků této normy.

Dle ČSN 73 4301 [7] celý byt je považován za prosluněný, pokud je součet podlahových ploch prosluněných obytných místností je roven nejméně jedné třetině součtu podlahových ploch obytných místností bytu. Součet podlahových ploch dle kapitoly 5.1.2.2 je:

podlahová plocha prosluněné místnosti $S_p = 41{,}114\ m^2$,

podlahová plocha obytných místnosti $S_c = 76{,}764\ m^2$.

$$\frac{S_p}{S_c} = \frac{41{,}114}{76{,}764} = \frac{1{,}6}{3} \geq \frac{1}{3}\ [-] - \textbf{Požadavek je splněn}$$

Z výpočtu vyplývá, že součet prosluněných ploch obytných místností je větší než jedna třetina součtu podlahových ploch obytných místností. Tím je celý hodnocený byt prosluněný dle požadavku normy ČSN 73 4301 [7].

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh bytového domu inspirovaný existující architektonickou studií. Jelikož byt má jako jednu ze základních funkcí zajištění nejkomfortnějších podmínek pro jeho uživatele návrh byl zaměřen na základní kapitoly stavební fyziky – a to tepelnou techniku, akustiku a osvětlení.

Celá práce se skládala ze dvou základnách části: vyhotovení výkresové dokumentace dle rozsahu potřebného pro následující posouzení objektu a vypracování textové části zahrnující popis projektovaného bytového domu po typu technické zprávy, teoretický úvod do problematiky stavební fyziky a posouzení konstrukce na příslušné požadavky.

Vybrané obvodové a dělící konstrukce byly navržené na tepelně fyzikální a akustické požadavky s rezervou pro zohlednění nejistoty předběžného návrhu a specifika výpočtových programů.

Zvláštní pozornost byla věnovaná osvětlení obytných a pobytových prostorů. Bytové jednotky byly posouzeny pouze v 1. NP, protože zajištění dostatečného proslunění a osvětlení v nejvíce zastíněných prostorech garantuje zaručení minimálně stejně vysoké úrovně osvětlení i ve vyšších podlažích vzhledem k současné okolní zástavbě. Ve vybraných místnostech bylo posouzeno denní osvětlení a proslunění dle požadavků českých a evropské norem. Pro nevyhovující prostory byly zvoleny možné stavební úpravy, zajištující splnění minimálních požadavků. Po provedených výpočtech a posouzení bylo zjištěno, že v tomto konkrétním objektu celkové zhodnocení prostorů dle obou norem bylo stejné. Konkrétní vypočtené hodnoty ve zvolených kritických bodech se lišily většinou mírně až zanedbatelně. Proto v finále lze říct, že hodnocení projektovaného bytového domu je téměř shodné dle požadavků ČSN 73 0580-1 [5], ČSN 73 0580-2 [6] a ČSN 17037 [7].

7. Zdroje

[1] Nařízení č. 14/2018 Sb. *kterým se mění nařízení hlavního města Prahy* č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy, *kterým se stanovují obecné požadavky na využívání území a technické požadavky na stavby v hlavním městě Praze (pražské stavební předpisy)*. Praha : IPR Praha, 2018.

[2] ČSN 36 0020-1: *Sdružené osvětlení, Část 1: Základní požadavky.* Praha : ÚNMZ, 2015, zohledněna změna Z1 z r. 2019.

[3] ČSN 73 0532: *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky.* Praha : ÚNMZ, 2010, zohledněna změna Z3 z r. 2017.

[4] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2011, zohledněna změna Z1 z r. 2012.

[5] ČSN 73 0580-1: *Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky.* Praha : ČNI, 2007, zohledněna změna Z1 z r. 2011.

[6] ČSN 73 0580-2: *Denní osvětlení budov. Část 2: Denní osvětlení obytných budov.* Praha : ČNI, 2007, zohledněna změna Z1 z r. 2014.

[7] ČSN 73 4301: *Obytné budovy.* Praha : ČNI, 2004, zohledněny změny Z1 z r. 2005, Z2 z r. 2009 a Z3 z r. 2012.

[8] ČSN EN 17037: *Denní osvětlení budov.* Praha : ÚNMZ, 2019.

[9] ČSN EN 1991-1-1: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.* Praha : ÚNMZ, 2004.

[10] KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 1: akustika budov*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03664-8.

[11] KAŇKA, Jan a Zbyněk SVOBODA. *Stavební fyzika 31*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02861-5.

[12] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika: cvičení*. České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05858-9.

[13] *Archiweb.cz* [online]. Archiweb s.r.o., [2020-22-05]. Dostupné z: https://www.archiweb.cz/b/bytovy-dum-jeseniova.

[14] *schoeck-wittek.cz* [online]. Schöck-Wittek s.r.o., [2020-22-05]. Dostupné z: https://www.schoeck-wittek.cz/cs/tronsole.

[15] *https://nahlizenidokn.cuzk.cz* [online]. CÚZK Nahlížení o katastru nemovitosti, [2019-20-05].
Dostupné z: http://sginahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=727415&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka.

[16] *https://app.iprpraha.cz* [online]. Výkresy územního plánu IPR Praha, [2020-22-05]. Dostupné z: https://app.iprpraha.cz/apl/app/vykresyUP/.

[17] *http://www.geologycke-mapy.cz* [online]. Česká geologická služba, geovědní mapy 1:50 000, [2020-20-05]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/geocr50/?center=-739600%2C-1043300%2C102067&level=8.

[18] *http://www.geologycke-mapy.cz* [online]. Česká geologická služba, orientační mapa radonového indexu podloží 1:50 000, [2020-22-05]. Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=radon&y=739600&x=1043300&s=1.

[19] *https://clima-maps.info* [online]. Mapy zatížení sněhem na zemi, [2020-22-05]. Dostupné z: https://clima-maps.info/snehovamapa.

[20] *https://www.pksokna.cz/* [online]. PKS okna a.s., [2020-22-05]. Dostupné z: https://www.pksokna.cz/produkty

[21] K-CAD spol. spol. s. r. o., Stavební fyzika, Svoboda software, *Teplo 2017,* [software].

[22] K-CAD spol. spol. s. r. o., Stavební fyzika, Svoboda software, *Neprůzvučnost 2010,* [software].

[23] Astra MS Software, *BuildingDesign,* modul SunLis 5.0.161, modul Wdls 5.0.216 a modul ČSN EN 17037 1.0.28, [software].