



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Návrh bytového domu se zaměřením na stavební fyziku

Design of a residential building with a focus on building physics

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

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

Michaela Košková

Praha 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Košková Jméno: Michaela Osobní číslo: 458 725

Zadávací 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 a residential building with a focus on building physics

Pokyny pro vypracování:

Na základě dispozičního řešení návrh konstrukčního řešení objektu. Předběžné statické posouzení nosných prvků. Návrh zateplení objektu včetně tepelně technického posouzení obalových konstrukcí s ohledem na jednorozměrné šíření tepla. Návrh a posouzení dělicích konstrukcí (mezi byty, mezi bytem a schodištěm, mezi bytem a komerčním prostorem a podobně) z hlediska jejich zvukové izolace. Hodnocení bytů z hlediska proslunění. Posouzení vybraných obytných místností a komerčních prostorů z hlediska denního osvětlení. Návrh případných konstrukčních a dispozičních úprav pro splnění legislativních požadavků.

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.

VYCHYTIL, J., KAŇKA, J. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 2016.

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

Datum zadání bakalářské práce: 18. 2. 2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26. 5. 2019

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 v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V dne

.....
podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a ochotu při zpracování bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině a partnerovi za podporu po celou dobu mého studia.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem bytového domu se zaměřením na stavební fyziku. Hlavním cílem práce je návrh stavebních konstrukcí tak, aby splňovaly doporučené požadavky dle norem. Jsou posuzovány faktory, které nejvíce ovlivňují kvalitu bydlení v bytech a energetickou náročnost objektu – tepelná technika, akustika, proslunění a denní osvětlení. Také je proveden návrh konstrukčního systému objektu a předběžné statické posouzení nosných prvků. V části tepelná technika je hodnoceno šíření vlhkosti a součinitel prostupu tepla obalových konstrukcí. V další části je posuzována akustika z hlediska vzduchové a kročejové neprůzvučnosti dělicích konstrukcí. Proslunění a denní osvětlení je počítáno v kritických bytech a místnostech. Výsledné hodnoty jsou porovnány s normovými požadavky a v nevyhovujících případech jsou navrženy takové stavební úpravy, aby byly výsledky vyhovující.

Klíčová slova

Bytový dům, tepelná technika, součinitel prostupu tepla, akustika, vzduchová neprůzvučnost, kročejový hluk, proslunění, denní osvětlení

Annotation

This bachelor thesis deals with the design of a residential building with a focus on building physics. The main goal of the thesis is to design building structures to meet the recommended standards. The factors that the most influence the quality of living in the flats and the energy intensity of the building are assessed – thermal protection, acoustics, insulation and daylighting. Also, the design of the structural system of the object and the preliminary static assessment of the supporting elements are executed. In the part of thermal protection, the moisture spread and heat transfer coefficient of the packaging structures are evaluated. In the next part the acoustics is assessed in terms of airborne and impact sound of the dividing structures. Insulation and daylighting are calculated in critical flats and rooms. The resulting values are compared with the standard requirements and in the case of unsatisfactory cases, such structure modifications are designed to make the results satisfactory.

Keywords

Residential building, thermal protection, heat transfer coefficient, acoustics, airborne sound insulation, impact sound, insulation, daylight

Obsah

Úvod.....	9
1. Základní údaje o stavbě	10
1.1. Popis objektu.....	10
1.2. Urbanistické a architektonické řešení	10
1.3. Dispoziční řešení.....	11
2. Technické a konstrukční řešení	12
2.1. Příprava území – zemní práce.....	12
2.2. Geologické poměry – základy.....	12
2.3. Svislé nosné konstrukce.....	12
2.4. Vodorovné nosné konstrukce.....	12
2.5. Nenosné svislé konstrukce.....	13
2.6. Schodiště	13
2.7. Střecha.....	13
2.8. Balkóny, terasa.....	14
2.9. Podlahy	14
2.10. Stropy.....	15
2.11. Fasády	15
2.12. Výplně otvorů	15
2.13. Barevné řešení exteriéru.....	16
3. Tepelná technika.....	17
3.1. Základní pojmy	17
3.1.1. Tepelný odpor konstrukce.....	17
3.1.2. Součinitel prostupu tepla.....	17
3.1.3. Teplotní faktor vnitřního povrchu.....	18
3.1.4. Faktor difuzního odporu.....	18
3.1.5. Ekvivalentní difuzní tloušťka.....	18
3.1.6. Difuzní odpor konstrukce.....	19
3.2. Normové požadavky	19
3.2.1. Součinitel prostupu tepla.....	19
3.2.2. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	20
3.2.3. Kondenzace vodní páry.....	20
3.3. Vyhodnocení stavebních konstrukcí	21
3.3.1. Podlaha na terénu – S03.....	21
3.3.2. Podlaha nad exteriérem – S04.....	22
3.3.3. Podlaha nad nevytápěným prostorem – S07	23
3.3.4. Terasa – S13.....	24
3.3.5. Střecha – S15	25
3.3.6. Fasáda s omítkou – F1	26

3.3.7.	Provětrávaná fasáda ŽB – F2	27
3.3.8.	Provětrávaná fasáda zdivo – F3	28
4.	Akustika.....	30
4.1.	Zvuk.....	30
4.2.	Základní pojmy	30
4.2.1.	Vzduchová neprůzvučnost	30
4.2.2.	Kročejevý zvuk.....	30
4.3.	Normové požadavky	31
4.4.	Vyhodnocení stavebních konstrukcí	31
4.4.1.	Mezibytová železobetonová stěna.....	32
4.4.2.	Mezibytová zděná stěna.....	32
4.4.3.	Stropní konstrukce – L'_{nw}	33
4.4.4.	Stropní konstrukce – R'_w	34
5.	Světelná technika.....	35
5.1.	Základní pojmy	35
5.1.1.	Osvětlenost.....	35
5.1.2.	Proslunění	35
5.1.3.	Denní osvětlení	35
5.2.	Normové požadavky	36
5.2.1.	Proslunění	36
5.2.2.	Denní osvětlení	37
5.3.	Vyhodnocení světelné techniky	38
5.3.1.	Posouzení proslunění	39
5.3.2.	Posouzení denního osvětlení obytných místností	42
5.3.3.	Posouzení denního osvětlení komerčních prostorů.....	45
5.3.4.	Návrh a posouzení nevyhovujících obytných místností.....	46
5.3.5.	Návrh a posouzení nevyhovujících komerčních prostorů.....	48
	Závěr.....	50
	Seznam použitých zdrojů	51

Úvod

Byt je místo, kde mnozí z nás stráví většinu svého života. Proto je důležité, abychom se na takovém místě cítili dobře. Tělesnou a psychickou pohodu v obytných prostorech ovlivňuje spousta faktorů, jako například teplota, relativní vlhkost vzduchu, intenzita osvětlení, hluk a další. Všechna uvedená kritéria by měla splňovat určité hodnoty, kdy při jejich nedodržení dochází ke snížení komfortu v obytném prostoru, který má vliv na lidskou psychiku i zdraví.

V dnešní době je také kladen velký důraz na energetickou náročnost budov tak, aby energie spotřebovaná na vytápění, osvětlení a větrání objektu byla co nejnižší. Toto kritérium nejvíce ovlivňuje součinitel prostupu tepla obvodových konstrukcí a způsob, jakým je objekt větrán.

Bytové domy se v dnešní době hodně staví a o byty je velký zájem. Stavební fyzika velkou mírou ovlivňuje kvalitu bydlení. Proto jsem si jako téma své bakalářské práce vybrala právě návrh bytového domu se zaměřením na stavební fyziku.

1. Základní údaje o stavbě

1.1. Popis objektu

Jedná se o novostavbu bytového domu s komerčními prostory. Objekt se nachází v Prostějově v ulici Žeranovská. Dispozice budovy byly převzaty z webové stránky archiweb.cz [1].

Objekt je 5-ti podlažní bez podzemních podlaží. V 1. NP se nachází sklepní kóje, technické zázemí objektu a komerční prostory. Ve vnitrobloku se nachází 16 parkovacích stání. Ve vyšších podlažích jsou pouze bytové jednotky. Celkem se v objektu nachází 14 bytových jednotek, jejich počet v každém patře je uveden v následující tabulce.

Tab. 1: Počet bytů v podlaží

Podlaží	Počet bytů
1.NP	0
2.NP	4
3.NP	4
4.NP	3
5.NP	3

1.2. Urbanistické a architektonické řešení

Stavba je architektonicky řešena tak, aby nenarušila ráz okolní zástavby. Bytový dům je umístěn poblíž centra města Prostějov. V blízkosti objektu se nachází veškerá občanská vybavenost, jako je např. mateřská škola, potraviny, pošta, autobusová zastávka a další.

Hlavní vstup do bytového domu je orientován na jih směrem do ulice Žeranovská, tímto směrem jsou orientována i vjezdová vrata do vnitrobloku. Objekt je napojen na stávající komunikaci.

První 3 podlaží jsou do tvaru L, následující podlaží ustupují a mají tvar obdélníku. Takto vzniklý prostor je využíván jako terasa patřící k jednomu z bytů.

Plocha pozemku:	798 m ²
Zastavěná plocha:	488 m ²
Obestavěný prostor:	7323 m ³

1.3. Dispoziční řešení

V 1.NP na jižní straně objektu je hlavní vchod vedený z ulice Žeranovská. Druhý vchod do společné chodby, ve které se nachází dvouramenné schodiště a výtah, je umístěn z vnitrobloku. Výlohy a vchody do komerčních prostor jsou orientovány do ulice Žeranovská směrem na jih. V objektu se nachází pouze 2 takové prostory. Každý z nich má obchodní plochu, sklad, umývárnu a WC. V 1. NP se také nachází technické zázemí objektu, 16 sklepních kójí a společná kolárna. Ve vnitrobloku jsou umístěna parkovací stání.

V 2.NP se nachází 4 bytové jednotky. 3 byty jsou o velikosti 2+KK a 1 byt má velikost 3+KK. V tomto podlaží jsou 3 zavěšené balkóny. 3. NP má dispoziční řešení jako 2.NP, avšak nachází se zde pouze 2 vetknuté balkóny. 4. NP je uskočené a jsou zde 3 bytové jednotky o velikosti 2+KK. K jednomu z bytů patří rozlehlá terasa, zbylé byty mají balkón. 5. NP má stejný tvar jako podlaží pod ním a má stejný počet bytových jednotek o velikosti 2+KK. Byty však mají odlišné dispoziční řešení a jsou zde pouze 2 vetknuté balkóny.

Vertikální komunikace v objektu je zajištěna dvouramenným schodištěm a výtahem. Okna bytů jsou orientována do vnitrobloku nebo směrem do ulice Žeranovská. Vnitroblok je od veřejného prostranství oddělen neprůhledným plotem.

2. Technické a konstrukční řešení

2.1. Příprava území – zemní práce

Postup zemních prací bude prováděn v uvedeném pořadí. Ornice bude sejmuta v tloušťce 150 mm. Poté geodet vytyčí stavební jámu a na dně jámy vyznačí základy. Pouze určitá část vytěžené půdy bude odvezena na skládku, zbytek bude ponechán pro konečné terénní úpravy.

Stavební jáma bude mělká a v okolí stavby je dostatek volného prostoru, proto bude zajištěna svahováním.

2.2. Geologické poměry – základy

Objekt je založen na základových pasech a patkách z monolitického betonu. Rozměry pasů a patek se mění v závislosti na poloze zatížení (viz Příloha A). Hloubka základové spáry je u všech pasů a patek stejná. Výtahová šachta je založena na základové desce a hloubka základové spáry je dle typu výtahu. Základy jsou provedeny z betonu C20/25–XC2–Cl 0,2–D_{max}16–S3.

Mezi patkami je umístěn podkladní beton tl. 150 mm s výztužnou kari sítí. Pod podkladním betonem se nachází méně únosná vrstva zeminy, která je zhutněna.

2.3. Svislé nosné konstrukce

Konstrukční systém je stěnový. V prvních dvou podlažích jsou nosné stěny ze železobetonu tl. 200 mm, ve vyšších podlažích jsou zděné stěny tl. 300 mm, méně zatížené stěny jsou tl. 250 mm. V 1.NP se ve vnitrobloku nachází železobetonové sloupy 200 x 300 mm. Výtahová šachta je po celé výšce železobetonová. Na nosné svislé konstrukce je použit železobeton C30/37–XC3–Cl 0,2–D_{max}20–S3.

Rozměry nosných prvků jsou ověřeny předběžným výpočtem, viz příloha A.

2.4. Vodorovné nosné konstrukce

Stropní jednosměrně pnutá deska je v celém objektu tvořena z monolitického železobetonu C30/37–XC3–Cl 0,2–D_{max}20–S3. Tloušťka stropní konstrukce je ve všech podlažích stejná a to 220 mm. V některých místech jsou z této desky

vykonzolovány balkóny. V objektu se také vyskytují nosné železobetonové průvlaky o výšce maximálně 500 mm.

Rozměry prvků jsou ověřeny předběžným statickým výpočtem, viz příloha A.

2.5. Nenosné svislé konstrukce

Nenosné svislé konstrukce tvoří příčky z Porothermu 11,5. Instalační šachty jsou obezděny stejným zdivem jako bytové příčky. Na šachty pro svod dešťové vody je použito zdivo Porotherm 19 AKU, z důvodu vyšších nároků na ochranu před hlukem. Předstěny v koupelnách jsou tvořeny ze sádrokartonu.

2.6. Schodiště

Schodiště je dvouramenné s prostě uloženými schodišťovými rameny na podesty. Podesty jsou ukládány na stěny prostým kloubovým uložením pomocí prvku Schöck tronsole typ Z. Na ozub mezi schodišťové rameno a podestu je vložen Schöck tronsole typ F, z důvodu omezení šíření kročejového hluku. Ze stejného důvodu je umístěn Schöck tronsole typ L mezi schodišťové rameno a stěnu. Veškeré tyto prvky zabraňují šíření kročejového hluku ze schodiště směrem do bytových prostorů. Více informací o prvcích v [2].

Šířka schodišťového ramene je 1200 mm. Mezipodesty, schodišťová ramena jsou prefabrikovaná a podesty jsou monolitické. Schodiště je opatřeno ochranným zábradlím výšky 1,1 m. Nášlapná vrstva schodiště je tvořena keramickou dlažbou tl. 10 mm. Výpočet tloušťky mezipodesty a ramen je uveden v předběžném statickém výpočtu viz příloha A.

2.7. Střecha

Střešní konstrukce je řešena jako jednoplášťová nepochozí střecha s klasickým pořadím vrstev. Nosnou konstrukci tvoří železobetonová deska tl. 220 mm. Odtok dešťové vody je řešen dvěma střešními vpustěmi. Střecha je spádovaná vrstvou keramzitbetonu ve sklonu alespoň 2 %. Na této vrstvě je umístěna parozábrana tvořená modifikovaným asfaltovým pásem s hliníkovou vložkou. Další vrstvou je tepelná izolace EPS v konstantní tloušťce 300 mm, na kterou jsou umístěny 2 modifikované

asfaltové hydroizolační pásy. Vstup na střechu je umožněn výlezem umístěným v prostoru schodiště. Atika je vysoká 340 mm a oplechování má sklon 5 %.

2.8. Balkóny, terasa

V 2. NP jsou rozlehlé balkóny, které jsou zavěšené na ocelových táhlech. Tato táhla jsou kotvena do příhradového zábradlí a železobetonové stěny. V nosné železobetonové konstrukci balkónu je upevněn ocelový nosník tvaru U ke kterému je přivařeno příhradové zábradlí. Propojení konstrukce balkónu se stropní deskou je zajištěno pomocí ISO nosníků typu Isokorb R. Odvodnění balkónu je zajištěno pomocí okapních žlabů. Příhradové nosné zábradlí má skleněnou výplň a je vysoké 1000 mm.

Balkóny v ostatních patrech jsou menší, a proto mohou být vykonzolovány ze stropní desky. Pro přerušení tepelného mostu je zde navržen ISO nosník typu Isokorb XT. Tyto balkóny jsou opatřeny okapničkou. Balkóny jsou opatřeny nerezovým zábradlím se svislou výplní o maximální výšce 1100 mm.

Nášlapná vrstva balkónů je tvořena keramickou mrazuvzdornou dlažbou tl. 30 mm, která se v místech křížení spár položí na podložky z malty pro lepení dlaždic vymezené pomocí fixačních kroužků Schlüter Troba-Stelz. Nosná konstrukce a spádová vrstva z keramzitbetonu, která tvoří spád 2 %, je chráněna proti pronikající vodě hydroizolační vrstvou, na které je položena drenážní vrstva Schlüter Troba-Plus.

Terasa v 3. NP vznikla uskočením vyšších podlaží. Patří pouze k jednomu bytu. Na terasy jsou umístěny okapní žlaby pro svod dešťové vody. Terasa je stejně jako balkóny spádována ve sklonu 2 %. Zábradlí na terase je nerezové a má svislou výplň. Výška zábradlí je 1000 mm.

Skladba podlahy na terase se od balkónové skladby liší pouze přidáním tepelné izolace tl. 200 mm a parozábrany mezi vrstvou spádovaného keramzitbetonu a hydroizolační asfaltové pásy.

Některé vrstvy skladeb byli převzaty od firmy Schlüter [3].

2.9. Podlahy

Většina podlah má tloušťku 100 mm. Výjimkou je podlaha umístěná na podkladním betonu v 1. NP, která má místo kročejové izolace vloženou tepelnou izolaci EPS tl. 150 mm a dva hydroizolační modifikované asfaltové pásy. Podlahy jsou tvořeny nášlapnou vrstvou, cementovým potěrem tl. 45 mm a minerální kročejovou

izolací, která je od cementového potěru oddělena separační PE folií. Výjimkou jsou prostory koupelen, kde je navržena hydroizolační stěrka tl. 5 mm a tloušťka cementového potěru je pouze 40 mm. Nášlapná vrstva podlahy se liší podle účelu využití prostoru. V koupelnách, chodbách a společných prostorech je tvořena keramickou dlažbou. V obytných místnostech je navržena laminátová nášlapná vrstva, pod kterou je umístěna separační podložka.

2.10. Stropy

V bytových a komerčních prostorech jsou k nosné stropní konstrukci upevněny sádkartonové podhledy. Ve vzduchové mezeře mezi nosnou stropní konstrukcí a sádkartonovým podhledem jsou umístěny rozvody vzduchotechniky. Ve společných prostorách je na stropní konstrukci pouze sádrová omítka, nejsou zde umístěny sádkartonové podhledy. 1. NP je převážně tvořeno nevytápěnými prostory, proto je zde na stropní konstrukci umístěna tepelná izolace tl. 50 mm, která je omítnuta stěrkovou hmotou s perlíčkou a štuková omítka. Na stropní konstrukci, umístěné mezi exteriérem a vytápěným prostorem, je navržena tepelná izolace z minerální vlny tl. 200 mm, která je zakryta stěrkovou hmotou s perlíčkou a vnější omítkou.

2.11. Fasády

Fasáda v 1. NP je tvořena silikonovým nátěrem. U terénu je navržena mozaiková omítka určená pro soklové části objektů. Ve vyšších podlažích je provětrávaná fasáda z cembritových desek. Tloušťka tepelné izolace se liší podle typu nosné konstrukce. Na železobetonové stěně má tepelná izolace EPS tl. 200 mm a na zděné stěně má tl. 150 mm. V místě soklu je navržena tepelná izolace XPS tl. 200 mm.

2.12. Výplně otvorů

Okna jsou plastová s dvojsklem a bílým rámem. Splňují požadavky na konstrukci, hygienu, akustiku, tepelně technické vlastnosti a požární odolnost. Směrem do vnitrobloku jsou bytová okna francouzská. Okna, která nevedou na balkón jsou opatřena zábradlím maximální výšky 1100 mm. Směrem do ulice Žeranovská jsou umístěna okna s parapetem ve výšce 900 mm.

Vchodové dveře do objektu, komerčních prostor, sklepních kójí a bytů jsou bezpečnostní. Vjezdová vrata jsou sekční. Vstupní dveře do budovy a komerčních prostorů jsou plně prosklené. Ve výjimečných případech jsou v bytech navrženy dveře posuvné. Do obývacích pokojů jsou dveře částečně prosklené, na WC a do koupelny mají ventilační mřížku a všechny ostatní jsou plné. V bytech jsou dveře s obložkovou zárubní, ostatní dveře mají zárubeň ocelovou lisovanou.

2.13. Barevné řešení exteriéru

Exteriérová omítka a cembonitové desky jsou laděny do šedé barvy. Omítka v části soklu je mozaiková šedobílé barvy. Rámy okenních otvorů mají bílou barvu a vjezdová vrata jsou také bílá. Barevný vzhled objektu je řešen tak, aby nenarušil ráz okolní zástavby.

3. Tepelná technika

3.1. Základní pojmy

3.1.1. Tepelný odpor konstrukce

Vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti materiálu nebo stavební konstrukce. Pro jednovrstvou konstrukci za předpokladu homogenity vrstvy a její kolmosti ke směru tepelného toku platí vztah:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (m^2 K/W) \quad (1)$$

kde d (m) je tloušťka konstrukce a λ (W/mK) je součinitel tepelné vodivosti.

Za stejných předpokladů pro vícevrstvé konstrukce platí vztah:

$$R = \sum_{j=1}^{j=n} R_j \quad (m^2 K/W) \quad (2)$$

kde j značí danou vrstvu v konstrukci.

Tepelný odpor nehomogenní vrstvy se určí pomocí ekvivalentního součinitele tepelné vodivosti. Tento součinitel je vypočítán jako vážený průměr součinitelů vodivosti jednotlivých materiálů.

$$\lambda_{ev} = \frac{\lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \dots + \lambda_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (W/mK) \quad (3)$$

kde A_j (m^2) je plocha materiálů.

3.1.2. Součinitel prostupu tepla

Na povrchu stavební konstrukce dochází k výměně tepla mezi konstrukcí a okolním prostředím. K této výměně tepla dochází jak na vnitřním, tak i na vnějším povrchu konstrukce, takže rozlišujeme součinitel přestupu tepla na vnitřním h_{si} (W/m²K) a vnějším h_{se} (W/m²K) povrchu.

Odpor při přestupu tepla je převrácená hodnota součinitele přestupu tepla.

$$R_{si} = \frac{1}{h_{si}} \quad (m^2 K/W) \quad (4)$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_{se}} \quad (m^2 K/W) \quad (5)$$

Pro standartní okrajové podmínky byly hodnoty součinitelů přestupu tepla i odporů při přestupu tepla tabelovány.

Celkový odpor při přestupu tepla konstrukcí se vypočítá ze vztahu:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (m^2 K/W) \quad (6)$$

Součinitel prostupu tepla popisuje výměnu tepla mezi dvěma stavebně oddělenými prostředími. Pro součinitel prostupu tepla platí vztah:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (W/m^2 K) \quad (7)$$

3.1.3. Teplotní faktor vnitřního povrchu

Poklesem vnitřní povrchové teploty konstrukce pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu dochází ke kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu této konstrukce. Teplotní faktor vnitřního povrchu jednoznačně určuje vlastnosti konstrukce bez ohledu na teploty okolních prostředí.

Výpočet nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce za předpokladu jednorozměrného šíření tepla vychází ze vztahu pro výpočet teploty v libovolném místě konstrukce.

$$f_{Rsi} = 1 - U_x R_{si} \quad (-) \quad (8)$$

3.1.4. Faktor difuzního odporu

K difuzi vodní páry v konstrukcích dochází za předpokladu, že konstrukce odděluje dvě prostředí s rozdílnými částečnými tlaky vodní páry. K zjištění kondenzace vodní páry v konstrukci se používají okrajové podmínky s největším rozdílem parciálních tlaků vodní páry ve vnitřním a vnějším prostředí, což odpovídá největšímu teplotnímu rozdílu. Výpočet se tedy vždy provádí pro okrajové podmínky zimního období [4].

Faktor difuzního odporu udává kolikrát je daný materiál méně propustný pro vodní páru než vzduch. Pro vzájemný vztah mezi faktorem difuzního odporu μ a součinitelem difuze vodní páry δ_p (s) platí:

$$\mu = \frac{1}{\delta_p N} \quad (-) \quad (9)$$

Teplotně difuzní funkce N nabývá pro běžné výpočty hodnoty $5,315 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$.

3.1.5. Ekvivalentní difuzní tloušťka

Vyjadřuje, jaká by musela být tloušťka vzduchové vrstvy, aby měla stejný difuzní odpor jako vrstva daného materiálu. Ekvivalentní difuzní tloušťku lze určit ze vztahu:

$$s_d = \mu \cdot d \quad (m) \quad (10)$$

3.1.6. Difuzní odpor konstrukce

Stejně jako u prostupu tepla existuje tepelný odpor konstrukce, tak i zde se užívá pojem difuzní odpor konstrukce. Pro jeho vyčíslení platí tyto vztahy:

$$Z_p = \frac{d}{\delta_p} = \mu \cdot d \cdot N = s_d N \quad (m/s) \quad (11)$$

Pro difuzní odpor vícevrstvé konstrukce pak platí vztah:

$$Z_p = \sum_{j=1}^{j=n} Z_{pj} \quad (m/s) \quad (12)$$

Celkový odpor při prostupu vodní páry se vypočítá ze vztahu:

$$Z_{pT} = Z_{pi} + Z_p + Z_{pe} \quad (m/s) \quad (13)$$

kde Z_{pi} (m/s) je odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce a Z_{pe} (m/s) je odpor při přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce.

3.2. Normové požadavky

Hlavními kritérii pro stanovení normových hodnot je energetická náročnost budov a požadavek na vyloučení stavebně fyzikálních poruch, především zamezení vzniku kondenzace vodní páry v konstrukcích a na vnitřním povrchu konstrukce.

Normové požadavky z hlediska tepelné techniky stavebních konstrukcí jsou uvedeny v ČSN 73 0540-2 [5].

3.2.1. Součinitel prostupu tepla

Podle ČSN 73 0540-2 [5] musí stavební konstrukce ve vytápěných nebo klimatizovaných budovách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60$ % mít takovou hodnotu součinitele prostupu tepla, aby platilo:

$$U < U_N \quad (14)$$

Hodnoty základního tepelného odporu U_N jsou v normě stanoveny ve třech úrovních:

- požadovaná hodnota – $U_{N,20}$
- doporučená hodnota – $U_{rec,20}$
- doporučená hodnota pro pasivní domy – $U_{pas,20}$

Požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla je třeba chápat jako maximálně přípustnou hodnotu. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla je optimální

pro snížení požadavků na energie. Hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní domy se používá pro dosažení energeticky pasivního standardu budovy.

3.2.2. Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Z důvodu zamezení rizika vzniku plísní na vnitřním povrchu neprůsvitných stavebních konstrukcí je kritická vnitřní povrchová vlhkost stanovena hodnotou 80 %. Pro stavební konstrukce v prostorách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60 \%$ je požadováno, aby v každém místě vnitřního povrchu konstrukce platil tento vztah:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

Hodnota nejnižšího teplotního faktoru konstrukce je stanovena ze vztahu:

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} \quad (-) \quad (16)$$

Pro stanovení kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ lze použít tabulky nebo výpočetní postup uvedený v ČSN 73 0540-2 [5].

3.2.3. Kondenzace vodní páry

V případě že v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry musí být současně splněny tři uvedené podmínky:

- kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce
- roční bilance kondenzace a vypařování musí být aktivní
- roční množství zkondenzované vodní páry nesmí překročit normové limity

Aktivní bilance kondenzace vodní páry znamená, že veškerá vlhkost, zkondenzovaná v průběhu roku se během téhož období vypaří.

$$M_{c,a} \leq M_{ev,a} \quad (17)$$

kde $M_{c,a}$ ($\text{kg}/\text{m}^2\text{a}$) je množství zkondenzované vodní páry za rok a $M_{ev,a}$ ($\text{kg}/\text{m}^2\text{a}$) je množství vypařitelné vodní páry za rok.

Roční množství zkondenzované vodní páry pro jednoplášťové střechy, konstrukce se zabudovanými dřevěnými prvky, s vnějším tepelně izolačním systémem nebo obkladem nebo pro konstrukce s vnější vrstvou difuzně málo propustnou nesmí překročit menší z hodnot:

$$M_{c,a,max} = 0,1 \text{ kg}/\text{m}^2 \text{ a}$$

nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$ (pro materiály s vyšší objemovou hmotností se používá hodnoty 6 % plošné hmotnosti).

Roční množství zkondenzované vodní páry pro ostatní stavební konstrukce nesmí překročit menší z hodnot:

$$M_{c,a,max} = 0,5 \text{ kg/m}^2\text{a}$$

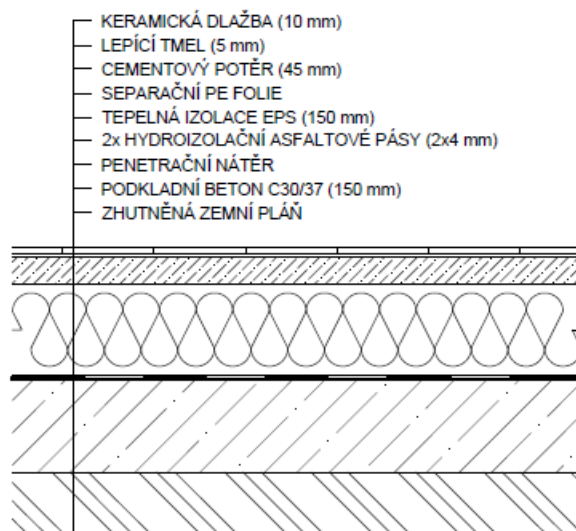
nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m^3 (pro materiály s vyšší objemovou hmotností se používá hodnoty 10 % plošné hmotnosti).

3.3. Vyhodnocení stavebních konstrukcí

Posudky konstrukcí jsou provedeny v programu Teplo 2017 [6]. Zde je uveden pouze souhrn vstupních dat, výsledky a jejich vyhodnocení podle kritérií ČSN 73 0540-2 [5]. Komplexní výstupy z programu jsou uvedeny v příloze B.

3.3.1. Podlaha na terénu – S03

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.1. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci podlahy vytápěného prostoru přilehlé k zemině [5].



Obr. 1: Skladba podlahy na terénu

- Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
 ▪ Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
 ▪ Vypočtená hodnota: $U = 0,216 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,216 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,265$

▪ Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,947$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

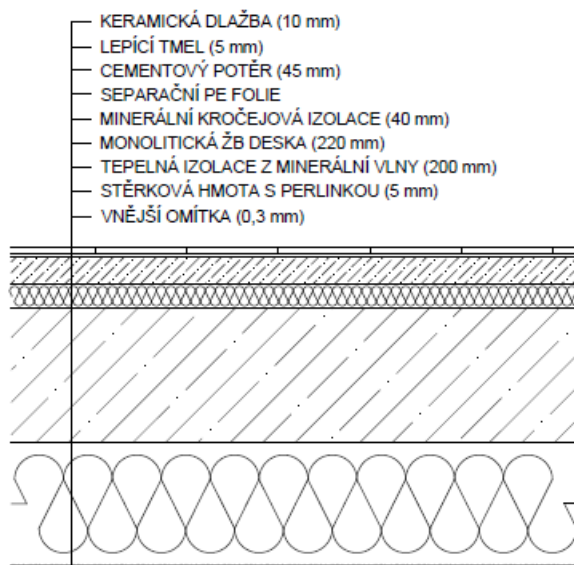
$$0,947 \geq 0,265$$

Šíření vlhkosti: Dle platného normy se riziko kondenzace u podlah na terénu nevyhodnocuje.

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.2. Podlaha nad exteriérem – S04

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.2. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci stropu s podlahou nad venkovním prostorem [5].



Obr. 2: Skladba podlahy nad exteriérem

Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Vypočtená hodnota: $U = 0,154 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,154 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,747$

▪ Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,962$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

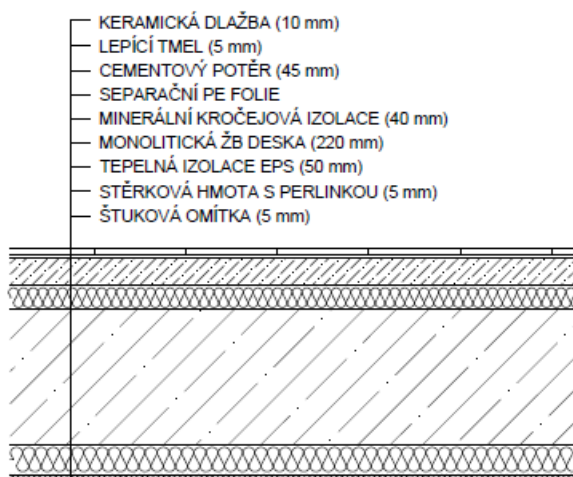
$$0,962 \geq 0,747$$

Šíření vlhkosti: V konstrukci nedochází ke kondenzaci.

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.3. Podlaha nad nevytápěným prostorem – S07

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.3. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci stropu z vytápěného k nevytápěnému prostoru [5].



Obr. 3: Skladba podlahy nad nevytápěným prostorem

Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Vypočtená hodnota: $U = 0,363 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,363 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,422$

▪ Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,912$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

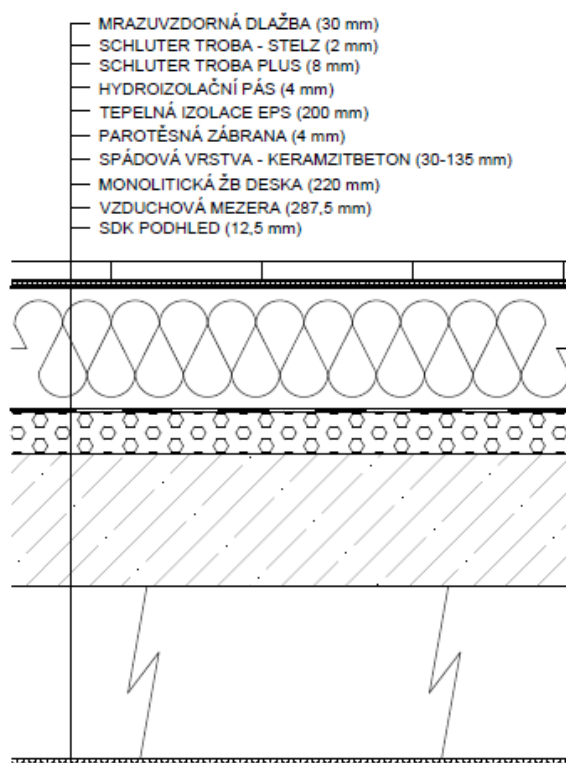
$$0,912 \geq 0,422$$

Šíření vlhkosti: V konstrukci nedochází ke kondenzaci.

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.4. Terasa – S13

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.4. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci ploché střechy [5].



Obr. 4: Skladba terasy

Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Vypočtená hodnota: $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,16 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,747$

▪ Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,961$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

$$0,961 \geq 0,747$$

Šíření vlhkosti: V konstrukci dochází ke vzniku kondenzátu, avšak kondenzace neohrožuje funkci konstrukce

- Limit pro maximální množství kondenzátu: $M_{c,a,max} = 0,100 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Roční množství zkondenzované vodní páry: $M_{c,a} = 0,0005 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Roční množství odpařitelné vodní páry: $M_{ev,a} = 0,0027 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

$$M_{c,a} < M_{ev,a} \quad (17)$$

$$0,0005 \text{ kg/m}^2\text{rok} < 0,0027 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

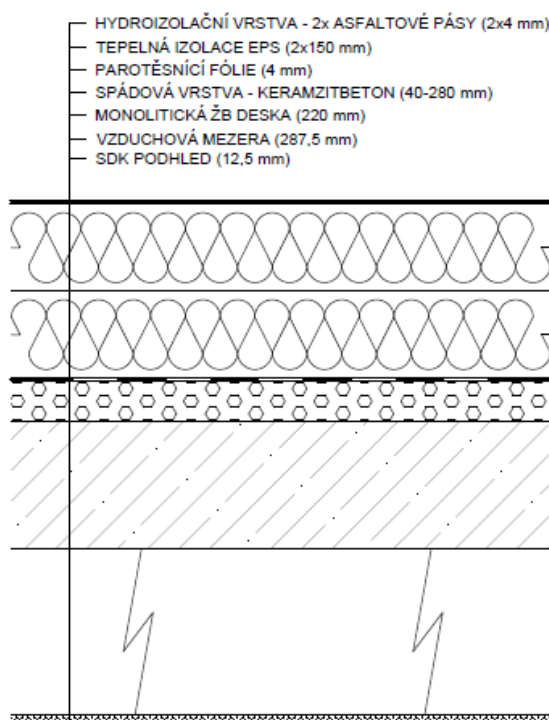
$$M_{c,a} < M_{c,a,max} \quad (18)$$

$$0,0005 \text{ kg/m}^2\text{rok} < 0,100 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.5. Střecha – S15

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.5. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci ploché střechy [5].



Obr. 5: Skladba střechy

Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Vypočtená hodnota: $U = 0,112 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,112 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,747$

▪ Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,972$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

$$0,972 \geq 0,747$$

Šíření vlhkosti: V konstrukci dochází ke kondenzaci, avšak kondenzace neohrožuje funkci konstrukce

▪ Limit pro maximální množství kondenzátu: $M_{c,a,max} = 0,100 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

▪ Roční množství zkondenzované vodní páry: $M_{c,a} = 0,0002 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

▪ Roční množství odpařitelné vodní páry: $M_{ev,a} = 0,0058 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

$$M_{c,a} < M_{ev,a} \quad (17)$$

$$0,0002 \text{ kg/m}^2\text{rok} < 0,0058 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

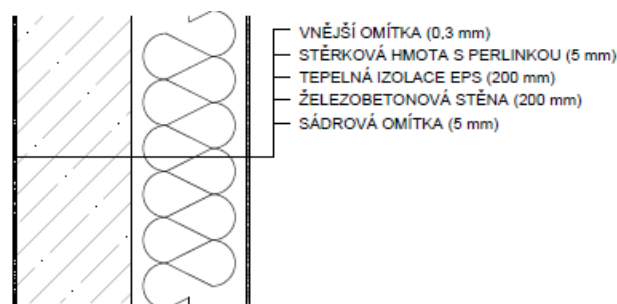
$$M_{c,a} < M_{c,a,max} \quad (18)$$

$$0,0002 \text{ kg/m}^2\text{rok} < 0,100 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.6. Fasáda s omítkou – F1

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.6. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci stěna vnější (těžká) [5].



Obr. 6: Skladba železobetonové stěny s omítkou

- Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Vypočtená hodnota: $U = 0,191 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,191 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,747$
- Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,953$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

$$0,953 \geq 0,747$$

Šíření vlhkosti: V konstrukci nedochází ke kondenzaci.

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.7. Provětrávaná fasáda ŽB – F2

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.7. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci stěna vnější (těžká) [5].



Obr. 7: Skladba železobetonové stěny s provětrávanou fasádou

- Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Vypočtená hodnota: $U = 0,189 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,189 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,747$

▪ Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,954$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

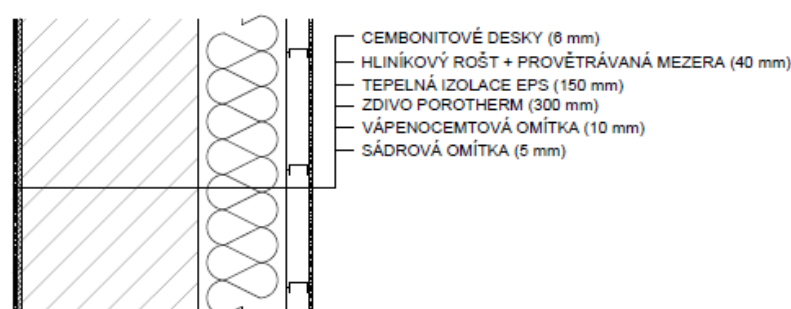
$$0,954 \geq 0,747$$

Šíření vlhkosti: V konstrukci nedochází ke kondenzaci.

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

3.3.8. Provětrávaná fasáda zdivo – F3

Výstupy s výpočty z programu Teplo 2017 [6] jsou uvedeny v příloze B.8. Hodnoty $U_{N,20}$ a $U_{rec,20}$ byly převzaty z ČSN 73 0540-2 pro konstrukci stěna vnější (těžká) [5].



Obr. 8: Skladba zděné stěny s provětrávanou fasádou

Součinitel prostupu tepla: ▪ Požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

▪ Vypočtená hodnota: $U = 0,205 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U \leq U_{rec,20} \quad (14)$$

$$0,205 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Teplotní faktor: ▪ Požadovaná hodnota: $f_{Rsi,N} = 0,747$

▪ Vypočtená hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,950$

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (15)$$

$$0,950 \geq 0,747$$

Šíření vlhkosti: V konstrukci dochází ke kondenzaci, avšak kondenzace neohrožuje funkci konstrukce

- Limit pro maximální množství kondenzátu: $M_{c,a,max} = 0,100 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Roční množství zkondenzované vodní páry: $M_{c,a} = 0,0014 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Roční množství odpařitelné vodní páry: $M_{ev,a} = 1,5144 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

$$M_{c,a} < M_{ev,a} \quad (17)$$

$$0,0014 \text{ kg/m}^2\text{rok} < 1,5144 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

$$M_{c,a} < M_{c,a,max} \quad (18)$$

$$0,0014 \text{ kg/m}^2\text{rok} < 0,100 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

Navržená konstrukce splňuje tepelně technické požadavky.

4. Akustika

4.1. Zvuk

Zvuk je mechanické vlnění pružného prostředí, které člověk vnímá sluchem. Zvukem je nazýváno podélné vlnění v plynech nebo kapalinách, jedná-li se o vlnění v pevných látkách, hovoříme o chvění.

Akustický výkon dopadající zvukové vlny je konstrukcí částečně pohlcen, částečně odražen a částečně vyzářen do sousedního prostoru. Rozdělení složek akustického výkonu je závislé na mechanických vlastnostech stavební konstrukce.

4.2. Základní pojmy

4.2.1. Vzduchová neprůzvučnost

Vzduchová neprůzvučnost je vlastnost stavební konstrukce, která umožňuje snížit akustický výkon zvuku šířeného vzduchem skrz konstrukci. Vzduchovou neprůzvučnost lze vyjádřit vztahem:

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau} \quad (dB) \quad (19)$$

kde τ (-) je činitel průzvučnosti.

Zvukově izolační vlastnosti konstrukcí zabudovaných ve stavebních objektech jsou horší, než vlastnosti stejných konstrukcí měřené v laboratorních podmínkách. Proto se zavedl pojem stavební neprůzvučnost, která je vyjádřena uvedeným vztahem:

$$R' = R - k_1 \quad (dB) \quad (20)$$

kde k_1 (dB) je korekce mezi laboratorní a stavební neprůzvučností, která je u konstrukcí tvořených zdivem či betonem obvykle rovna hodnotě 2 až 3 dB.

Hodnota stavební i laboratorní neprůzvučnosti je závislá na kmitočtu. Hodnoty neprůzvučnosti se proto uvádějí v kmitočtových pásmech od 100 do 3150 Hz – celkem 16 pásmech. Z důvodu zjednodušení hodnocení stavební neprůzvučnosti byla zavedena tzv. vážená stavební neprůzvučnost R'_w . Jedná se o jednočíselnou hodnotu určenou na základě porovnání 16-ti hodnot kmitočtových pásmech se směrovou křivkou [7].

4.2.2. Kročejový zvuk

Kročejový zvuk vzniká ve stavebních konstrukcích vlivem mechanických rázů. Jedním z typických příkladů je lidská chůze. Kročejový zvuk se šíří chvěním stavební

konstrukce. Lze ho omezit použitím měkké nášlapné vrstvy či vložením zvukově izolační vrstvy do konstrukce, tím zamezíme přenosu chvění.

Podlahy z hlediska kročejového zvuku lze hodnotit pomocí akustického měření či pomocí podrobného výpočtu. Kročejový zvuk nepůsobí pouze v místě pod posuzovanou podlahou, ale může se šířit budovou diagonálně či horizontálně.

Kročejový zvuk se vyjadřuje váženou stavební normovanou hladinou akustického tlaku kročejového zvuku L'_{nw} . Tato hodnota je získána z vážené laboratorní normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku L_{nw} (dB) zvětšené o korekci k_2 , viz uvedený vztah:

$$L'_{nw} = L_{nw} + k_2 \quad (dB) \quad (21)$$

kde k_2 (dB) je korekce mezi laboratorní a stavební normovanou hladinou akustického tlaku kročejového zvuku.

4.3. Normové požadavky

Technické požadavky uvedené v normách, které mohou negativně ovlivnit lidské zdraví, vycházejí z hygienických předpisů. Požadavky na akustické vlastnosti stavebních konstrukcí jsou stanoveny v ČSN 73 0532 [8].

Požadavky na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mezi místnostmi v budovách jsou stanoveny na základě charakteru oddělovaných místností a směru přenosu zvuku.

Vážená stavební neprůzvučnost nesmí být nižší než požadované hodnoty uvedené v normě.

$$R'_w \geq R'_{w,pož} \quad (22)$$

Vážená stavební normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku nesmí být vyšší než požadované hodnoty uvedené v normě.

$$L'_{nw} \leq L'_{nw,pož} \quad (23)$$

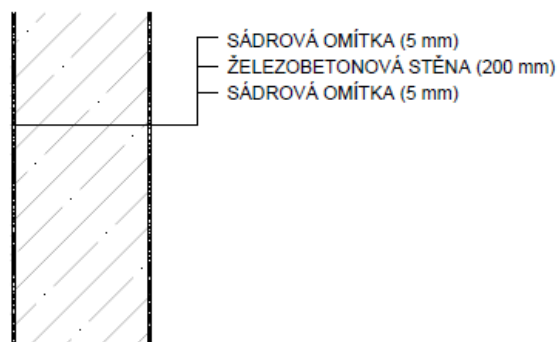
4.4. Vyhodnocení stavebních konstrukcí

Posudky konstrukcí jsou provedeny v programu Neprůzvučnost 2010 [9]. Řešeny jsou takové skladby, na které jsou kladeny vysoké nároky z hlediska vzduchové a kročejové neprůzvučnosti. Zde jsou uvedeny pouze skladby konstrukcí, výsledky a

jejich vyhodnocení podle kritérií ČSN 73 0532 [8]. Komplexní výstupy z programu jsou uvedeny v příloze C.

4.4.1. Mezibytová železobetonová stěna

Výstup s výpočtem z programu Neprůzvučnost 2010 [9] je uveden v příloze C.1.



Obr. 9: Skladba mezibytové železobetonové stěny

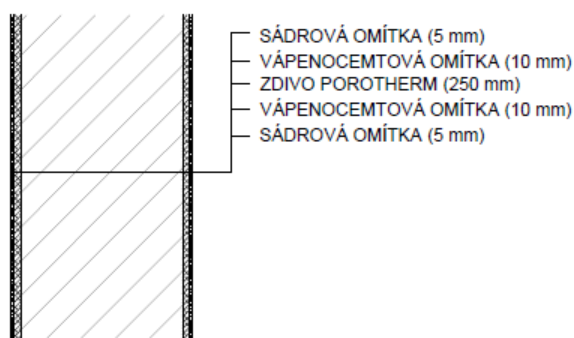
Vypočtená hodnota vážené stavební neprůzvučnosti konstrukce je $R'_w = 54$ dB. Hodnota $R'_{w,pož}$ byla převzata z ČSN 73 0532 [8]. Pro obytné místnosti druhých bytů se $R'_{w,pož} = 53$ dB. Korekce k_1 byla uvažována 2 dB.

$$R'_w \geq R'_{w,pož} \quad (22)$$

$$54 \text{ dB} \geq 53 \text{ dB}$$

Navržená konstrukce splňuje akustické požadavky.

4.4.2. Mezibytová zděná stěna



Obr. 10: Skladba mezibytové zděné stěny

Hodnota vážené laboratorní neprůzvučnosti konstrukce uvedená výrobcem je $R_w = 57$ dB [10]. Po odečtení korekce 4 dB získáme váženou stavební neprůzvučnost $R'_w = 53$ dB. Hodnota $R'_{w,pož}$ byla převzata z ČSN 73 0532 [8]. Pro obytné místnosti druhých bytů se $R'_{w,pož} = 53$ dB.

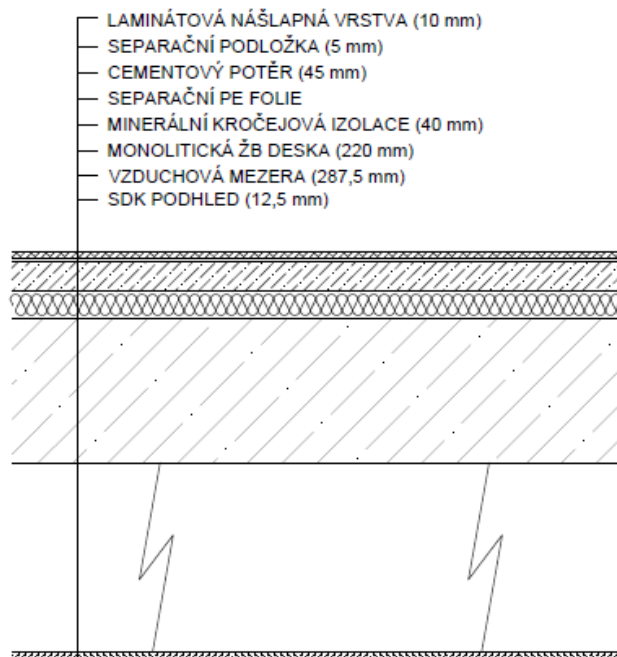
$$R'_w \geq R'_{w,pož} \quad (22)$$

$$53 \text{ dB} \geq 53 \text{ dB}$$

Navržená konstrukce splňuje akustické požadavky.

4.4.3. Stropní konstrukce – L'_{nw}

Výstup s výpočtem z programu Neprůzvučnost 2010 [9] je uveden v příloze C.2.



Obr. 11: Skladba podlahy v obytných místnostech

Pro zjednodušení výpočtu nebyl uvažován sádkartonový podhled, což je u výpočtu L'_{nw} na straně bezpečí.

Vypočtená hodnota vážené stavební normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku je $L'_{nw} = 51 \text{ dB}$. Hodnoty $L'_{nw,pož}$ byly převzaty z ČSN 73 0532 [8]. Pro obytné místnosti druhých bytů se $L'_{nw,pož} = 55 \text{ dB}$. Pro provozovny s hlukem $L_{A,max} \leq 85 \text{ dB}$, s provozem nejvýše do 22:00 h se $L'_{nw,pož} = 53 \text{ dB}$. K posouzení vážené stavební normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku byla použita přísnější z uvedených požadovaných hodnot. Korekce k_2 byla uvažována 2 dB.

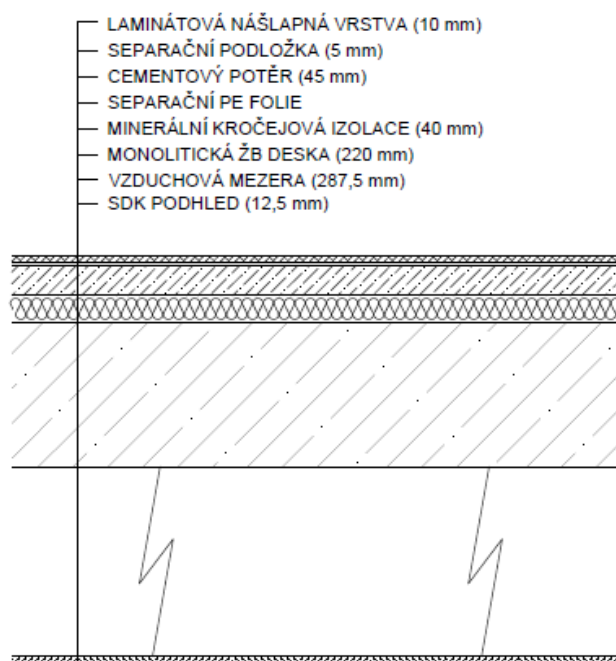
$$L'_{nw} \leq L'_{nw,pož} \quad (23)$$

$$51 \text{ dB} \leq 53 \text{ dB}$$

Navržená konstrukce splňuje akustický požadavek.

4.4.4. Stropní konstrukce – R'_w

Výstup s výpočtem z programu Neprůzvučnost 2010 [9] je uveden v příloze C.3.



Obr. 12: Skladba podlahy v obytných místnostech

Vypočtená hodnota vážené stavební neprůzvučnosti konstrukce s podhledem je $R'_w = 64$ dB. Hodnoty $R'_{w,pož}$ byly převzaty z ČSN 73 0532 [8]. Pro obytné místnosti druhých bytů se $R'_{w,pož} = 53$ dB. Pro provozovny s hlukem $L_{A,max} \leq 85$ dB, s provozem nejvýše do 22:00 h se $R'_{w,pož} = 57$ dB. K posouzení vážené stavební neprůzvučnosti konstrukce byla použita přísnější z uvedených požadovaných hodnot. Korekce k_1 byla uvažována 2 dB.

$$R'_w \geq R'_{w,pož} \quad (22)$$

$$64 \text{ dB} \geq 57 \text{ dB}$$

Navržená konstrukce splňuje akustický požadavek.

5. Světelná technika

5.1. Základní pojmy

5.1.1. Osvětlenost

Osvětlenost vyjadřuje intenzitu osvětlení v daném místě světla dopadajícího na danou plochu. Hodnotu této veličiny lze vypočítat ze vztahu:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (lx) \quad (24)$$

Další důležitou veličinou je horizontální exteriérová osvětlenost. Zdrojem světla je zde celá obloha a jedná se o osvětlenost nestíněné vodorovné roviny. Horizontální osvětlenost zjednodušeně lze vyjádřit vztahem:

$$E_H = \pi L_m \quad (25)$$

5.1.2. Proslunění

Proslunění je přímé sluneční záření v interiéru. Ovlivňuje zdraví jedince a má pozitivním dopad na jeho psychickou pohodu.

Pro zjednodušení posuzování dopadu slunečních paprsků v urbanistické situaci, byly zavedeny grafické pomůcky. Tyto pomůcky jsou plošnými znázorněními zdánlivých drah slunce na základě konkrétního způsobu jejího průmětu do roviny. Nejpoužívanější je diagram zastínění, pravoúhlý sluneční diagram a diagram stereografický [11].

Faktorem ovlivňujícím proslunění bytů je urbanistické a architektonické řešení objektu. Proto je důležité správně navrhnout orientaci budovy a jejích vnitřních prostor ke světovým stranám, proporce objektu a vzájemné odstupové vzdálenosti objektů.

5.1.3. Denní osvětlení

Zraková pohoda je jedním z hlavních požadavků na vnitřní prostředí. Denní osvětlení je jedním ze základních faktorů, které zrakovou pohodu ovlivňují. Cílem návrhu denního osvětlení je zajistit do místnosti přístup přirozeného denního světla a vytvořit tak vhodné světlené podmínky pro zrakové činnosti.

Hlavní veličinou vyjadřující osvětlenost interiéru denním světlem je činitel denní osvětlenosti. Jeho hodnotu lze určit měřením nebo výpočtem početním či grafickým. Nejčastější metodou grafického výpočtu je metoda Daniljukova, další metoda

grafického výpočtu je metoda využívající Waldramův diagram. Hodnotu činitele denní osvětlenosti lze vyjádřit tímto vztahem:

$$D = \frac{E}{E_H} 100 \quad (\%) \quad (26)$$

Posuzovaná obytná místnost může být osvětlena kombinací přímého a odraženého denního světla. Hodnotu činitele denní osvětlenosti proto lze vypočítat vztahem:

$$D = D_s + D_e + D_i \quad (\%) \quad (27)$$

kde D_s (%) je oblohová složka, D_e (%) je vnější odražená složka a D_i (%) je vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti.

Vnitřní prostory budov slouží k různým činnostem a podle toho mají také rozdílné nároky na denní osvětlení. Podle zrakové obtížnosti se činnosti dělí do 7 tříd podle poměrné pozorovací vzdálenosti.

Hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení se vypočítá jako podíl nejnižší a nejvyšší hodnoty činitele denní osvětlenosti. Lze ji vyjádřit vztahem:

$$U_d = \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad (28)$$

Každý výpočet musí uvažovat s vlastnostmi zdroje světla, vnějšími podmínkami, vlastnostmi osvětlovacích otvorů a vlastnostmi vnitřního prostoru.

5.2. Normové požadavky

5.2.1. Proslunění

Požadavky na proslunění jsou stanoveny normou ČSN 73 4301 [12]. Byt je prosluněn je-li součet podlahových ploch jeho prosluněných obytných místností roven nejméně jedné třetině součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností. Do součtu podlahových ploch z jedné strany prosluněných obytných místností ani do součtu podlahových ploch všech obytných místností bytu se pro tento účel nezapočítávají části podlahových ploch obytných místností, které leží za hranicí hloubky místnosti rovné 2,3 násobku její světle výšky. Obytná místnost se považuje za prosluněnou, pokud jsou splněny následující podmínky:

- Půdorysný úhel slunečních paprsků s hlavní přímkou roviny okenního otvoru musí být nejméně 25°, hlavní přímka roviny je přímka, která je průsečnicí této roviny s vodorovnou rovinou.

- Přímé sluneční záření musí po stanovenou dobu vnikat do místnosti okenním otvorem nebo otvory, krytými průhledným a barvy nezkreslujícím materiálem, jejichž celková plocha vypočtená ze skladebných rozměrů je rovna nejméně jedné desetíně podlahové plochy místnosti; nejmenší skladebný rozměr osvětlovacího otvoru musí být alespoň 900 mm.

- Sluneční záření musí po stanovenou dobu dopadat na kritický bod v rovině vnitřního zasklení ve výšce 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1200 mm nad úrovní podlahy posuzované místnosti.

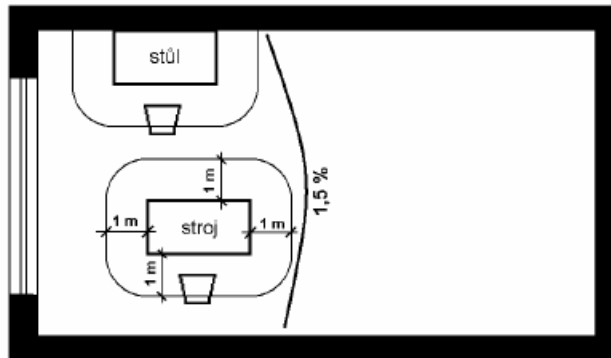
- Výška slunce nad horizontem musí být nejméně 5°.

- Při zanedbání oblačnosti musí být dne 1. března doba proslunění nejméně 90 minut.

5.2.2. Denní osvětlení

Při návrhu a posouzení denního osvětlení se vychází ze stavu rovnoměrně zatažené oblohy s gradací jasu podle ČSN 73 0580-1 [13] za kritické úrovně venkovní srovnávací osvětlenosti 5 000 lx.

Základní požadavky na denní osvětlení budov jsou stanoveny normou ČSN 73 0580-1 [13]. Vyhovující denní osvětlení musí mít vnitřní prostory určené pro trvalý pobyt lidí během dne. Rozložení denního světla se ve vnitřním prostoru zajišťuje pomocí hodnot činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech, rozmístěných v pravidelné síti na vodorovné srovnávací rovině. Výška srovnávací roviny má být 0,85 m nad podlahou. Krajiní řady kontrolních bodů se umísťují 1 m od vnitřních povrchů stěn. Počet mezilehlých kontrolních bodů se volí tak, aby dával dostatečnou představu o průběhu denního osvětlení ve vnitřním prostoru, vzájemná vzdálenost kontrolních bodů se volí zpravidla od 1 m do 6 m. Denní osvětlení vnitřních prostorů budov a jejich funkčně vymezených částí se navrhuje podle zrakových činností. Jde-li o trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti D_{\min} rovna nejméně 1,5 %. Jsou-li určité zrakové činnosti vymezeny jen na část vnitřního prostoru, může se odstupňovat denní osvětlení funkčně vymezených částí vnitřního prostoru podle příslušných zrakových činností. Velikost funkčně vymezeného prostoru musí umožnit rozmístění všech pracovišť příslušné zrakové třídy včetně prostoru až do vzdálenosti 1 m od hranice pracovní plochy (viz obr. 1).



Obr. 13: Příklad funkčně vymezeného vnitřního prostoru a umístění pracovišť; převzato z ČSN 73 0580-1 [13]

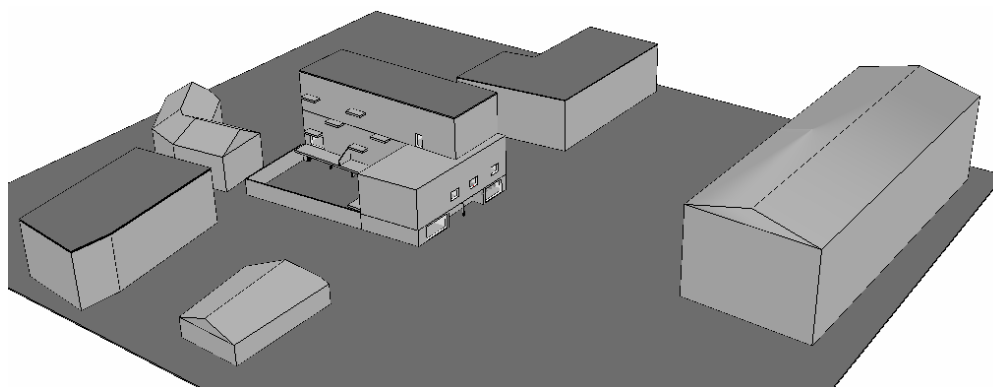
Hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení ve vnitřních prostorech, ve kterých se požaduje splnění minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti, nemá být menší než 0,2.

Požadavky na denní osvětlení obytných budov jsou stanoveny normou ČSN 73 0580-2 [14]. V nově navrhovaných bytových domech musí mít vždy vyhovující denní osvětlení obytné místnosti. Prostor pro vaření v bytě není považován za místo trvalého pobytu a nemusí tedy splňovat požadavky na úroveň denního osvětlení v obytných místnostech. V obytných místnostech musí být ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místnosti, ale nejdále 3 m od okna, vzdálených 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn (ve výšce 0,85 m nad podlahou), hodnota činitele denní osvětlenosti nejméně 0,7 % a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z obou těchto bodů nejméně 0,9 %. Jsou-li okna ve dvou stýkajících se stěnách, postačí je-li tento požadavek splněn alespoň u jedné z obou dvojic kontrolních bodů.

5.3. Vyhodnocení světelné techniky

Pro posouzení proslunění a denního osvětlení byla situace modelována ve 3D výpočtovém programu BuildingDesign a použity příslušné výpočtové moduly zohledňují všechny parametry požadované dle norem. Pro výpočet proslunění byl použit modul SunLis 5.0.120 [15] a pro výpočet denního osvětlení modul WDLS 5.0.174 [16]. 3D výpočtový model je uvedený na obr. 14.

Situace a výšky stínících objektů jsou uvedeny v příloze D.12. Rozměry okolních objektů byly převzaty z katastrální mapy ČÚZK [17] a výšky z 3D pohledu na webových stránkách mapy.cz [18].



Obr. 14: 3D model situace

5.3.1. Posouzení proslunění

Pro posouzení proslunění byly v předmětném objektu vybrány kritické byty. Kritický byt je byt v nejnižším podlaží, byt s nevhodnou orientací ke světovým stranám, byt stíněný okolním nebo posuzovaným objektem. V kritických bytech byly umístěny kontrolní body. Poloha kontrolních bodů je stanovena dle ČSN 73 4301 [12].

Pro posouzení byla použita východní zeměpisná délka $17,1^\circ$ a severní zeměpisná délka $50,0^\circ$. Poloha severu byla pootočena o meridiánovou konvergenci $5,8^\circ$ ve směru hodinových ručiček. Meridiánová konvergence C byla vypočtena podle ČSN 73 0581 [19] ze vztahu:

$$C = \frac{24^\circ 50' - \lambda}{1,34} = \frac{24^\circ 50' - 17^\circ 6'}{1,34} = 5^\circ 48' = 5,8^\circ \quad (29)$$

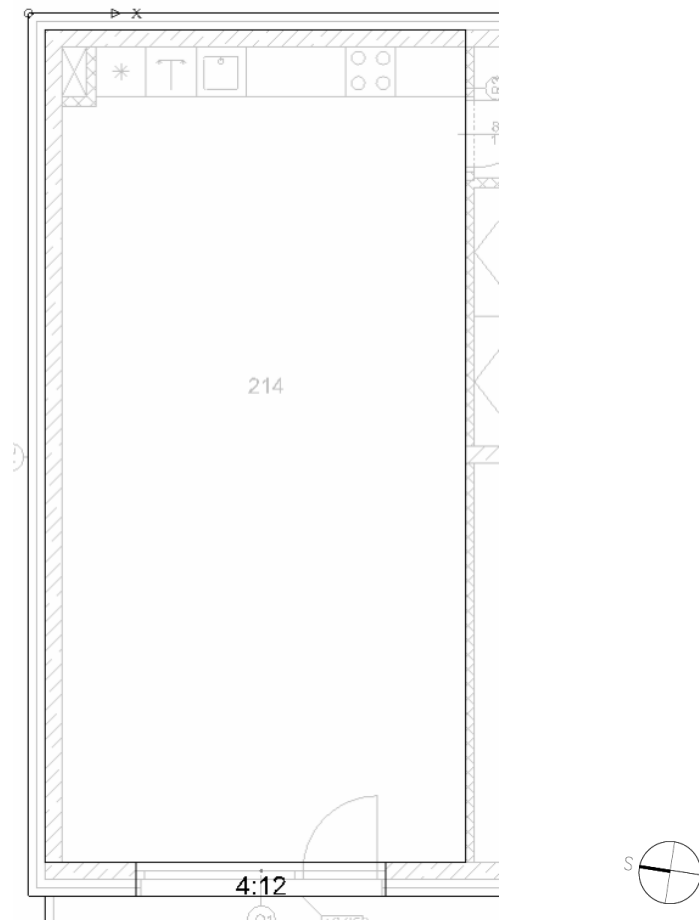
kde λ ($^\circ$) je zeměpisné délka dané lokality.

V tab. 2 je uvedeno hodnocení proslunění. Výstupy z programu jsou zobrazeny na obr. 15 až 19. Na obrázcích jsou znázorněny sluneční paprsky dne 1. března a u bodu je uvedena doba proslunění ve formátu H:MM.

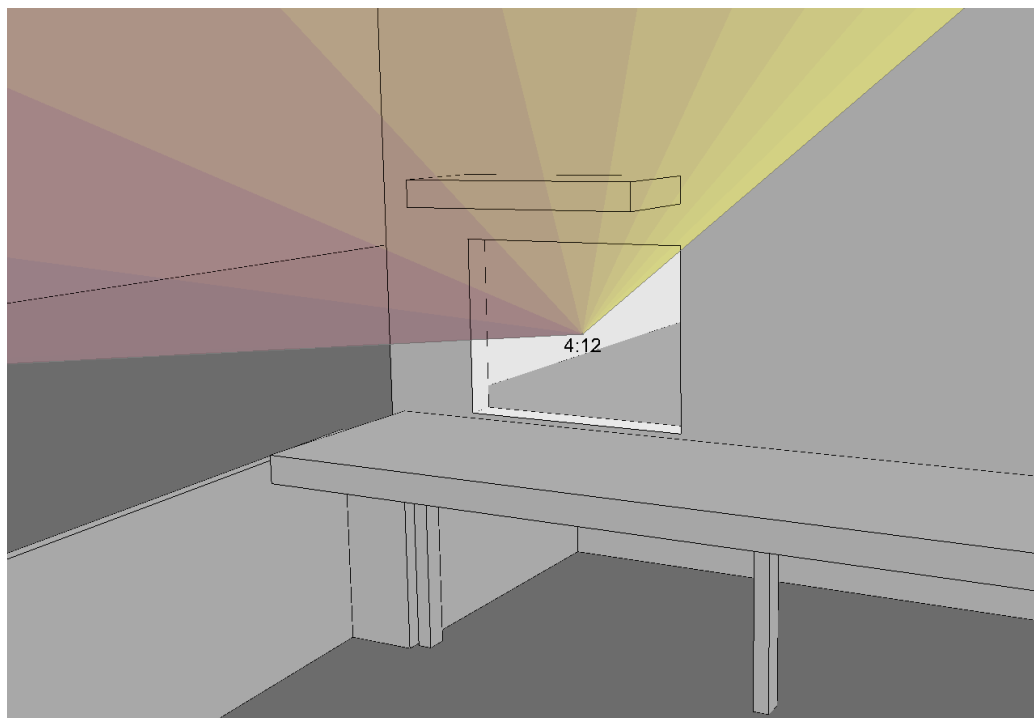
Tab. 2: Hodnocení kritických bytů z hlediska proslunění

Byt	Místnost	Plocha místnosti (m ²)	Plocha obyt. míst. (m ²)	Plocha okna (m ²)	Doba oslunění ¹⁾ (H:MM)	Hodnocení	Obr.
č. 21	214	29,0	52,1	6,9	4:12	Vyhovuje	15, 16
č. 23	234	28,7	60,4	3,0	7:22	Vyhovuje	17, 18

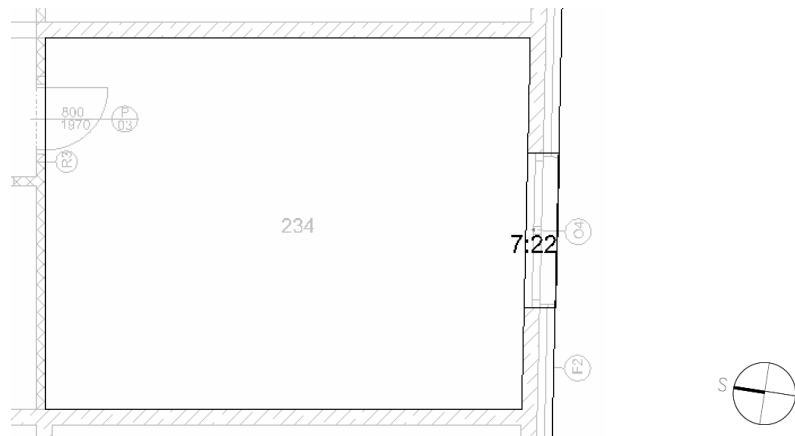
¹⁾ Požaduje se nejméně 1:30 hod 1. března nebo bilance 60:00 hod v období od 10. února do 21. března včetně.



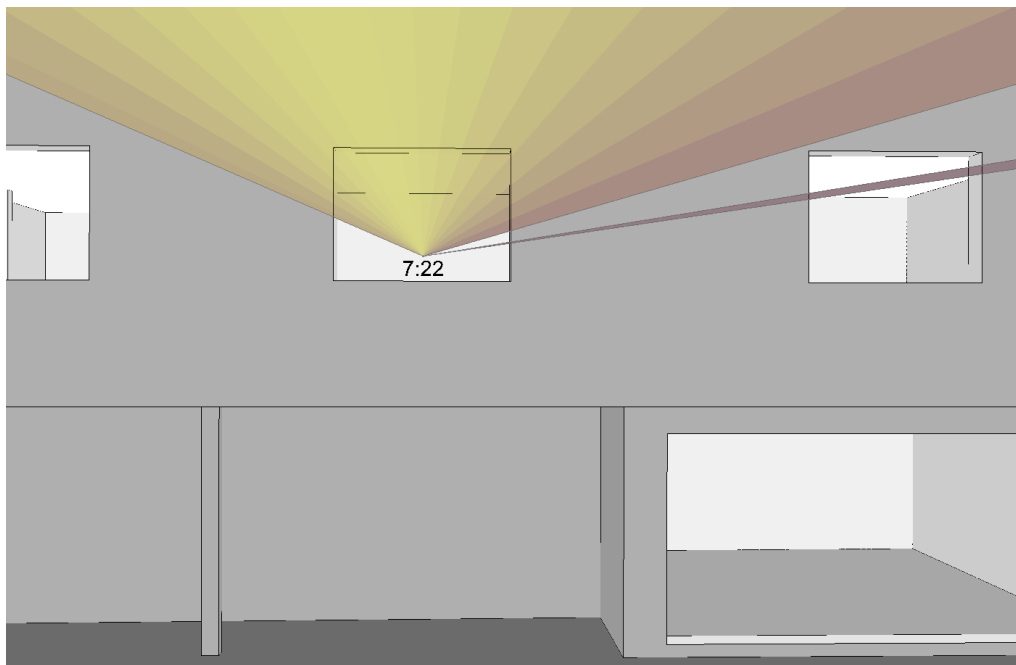
Obr. 15: Půdorys místnosti 214 s vyznačenou polohou kontrolního bodu a výslednou dobou proslunění



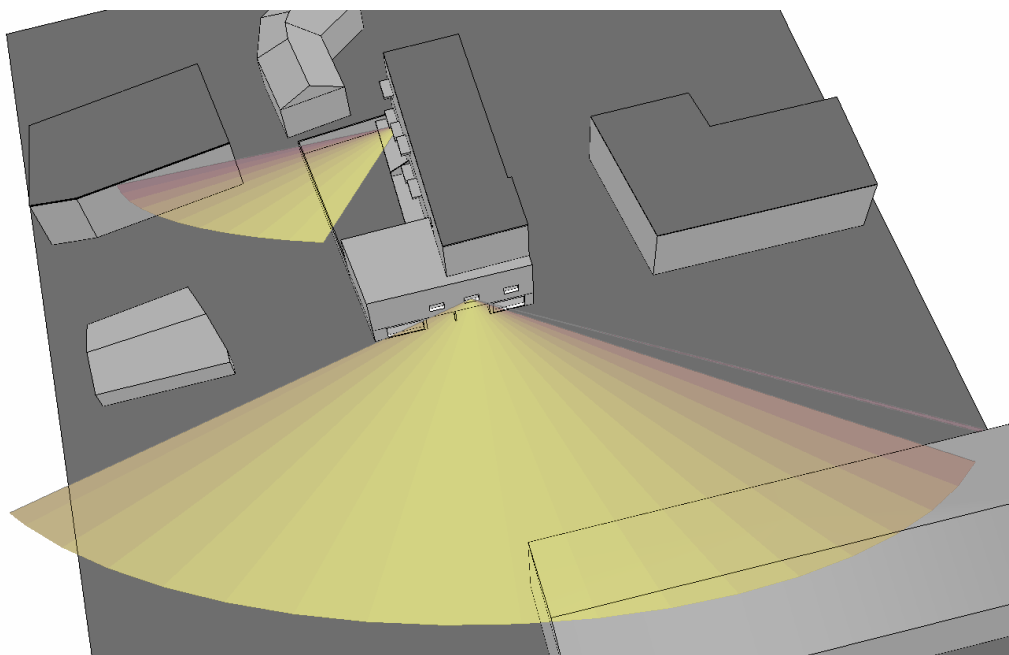
Obr. 16: Sluneční paprsky v kontrolním bodě okna do místnosti 214



Obr. 17: Půdorys místnosti 234 s vyznačenou polohou kontrolního bodu a výslednou dobou proslunění



Obr. 18: Sluneční paprsky v kontrolním bodě okna do místnosti 234



Obr. 19: Sluneční paprsky v kontrolních bodech hodnocených místností kritických bytů

Hodnocení: Kritické byty jsou dostatečně prosluněny a splňují požadavky ČSN 73 4301 [12]. Ostatní byty mají lepší polohu a požadavky také splňují, tudíž jsou všechny byty posuzovaného objektu považovány za prosluněné.

5.3.2. Posouzení denního osvětlení obytných místností

Denní osvětlení bylo posouzeno ve vybraných kritických obytných místnostech. Kritická místnost je místnost umístěná v nejnižším podlaží, hluboká místnost, místnost s předsazeným balkónem ve vyšším podlaží, místnost s malými osvětlovacími otvory či místnost stíněná okolními objekty.

Pro exteriér byly při výpočtu použity činitelé uvedené v tab. 3, pro vnitřní plochy činitelé uvedené v tab. 4 a pro osvětlovací otvory činitelé uvedené v tab. 5.

Tab. 3: Činitele odrazu světla v exteriéru

Povrch	Činitel odrazu
Nezasněžený terén v zimním období	0,10
Průčelí okolních budov	0,30
Šikmé střechy	0,30
Ploché střechy	0,10

Tab. 4: Činitele odrazu světla vnitřních povrchů místností

Povrch	Činitel odrazu
Stěna	0,50
Strop	0,70
Podlaha	0,30

Tab. 5: Činitele související s osvětlovacími otvory obytných místností

Byt	Místnost	Okno	Plocha okna A_c (m ²)	Plocha zasklení A_s (m ²)	τ_s ¹⁾	τ_{ze} ²⁾	τ_{zi} ³⁾	τ_k ⁴⁾
č. 21	214	O1 – 3000 x 2300 mm	6,90	5,26	0,78	0,90	0,95	0,76
č. 23	233	O4 – 2000 x 1500 mm	3,00	2,00	0,78	0,90	0,95	0,67
č. 24	242a	O4 – 2000 x 1500 mm	3,00	2,00	0,78	0,90	0,95	0,67
č. 43	432	O6 – 1400 x 2300 mm	3,22	2,33	0,78	0,90	0,95	0,72

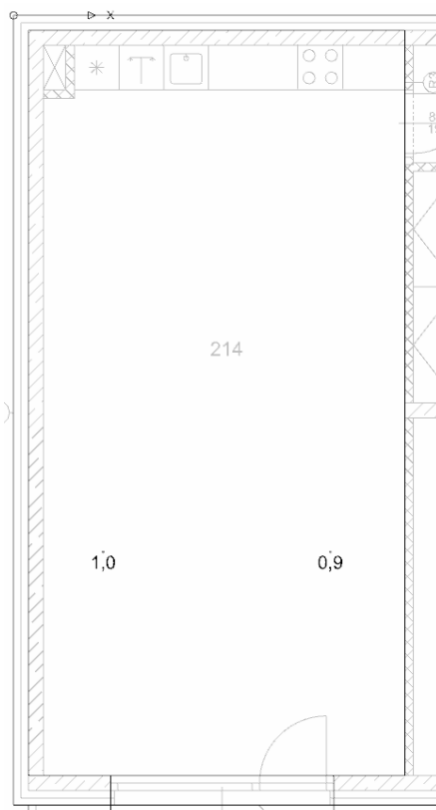
1) Činitel prostupu světla použitých materiálů propouštějících světlo (dvojsklo [20])
 2) Činitel znečištění na vnější straně osvětlovacího otvoru (střední znečištění)
 3) Činitel znečištění na vnitřní straně osvětlovacího otvoru (malé znečištění)
 4) Činitel ztrát světla částmi okna, které nepropouští světlo (A_s/A_c)

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v tab. 6. Výstupy z programu jsou uvedeny na obr. 20 až 23.

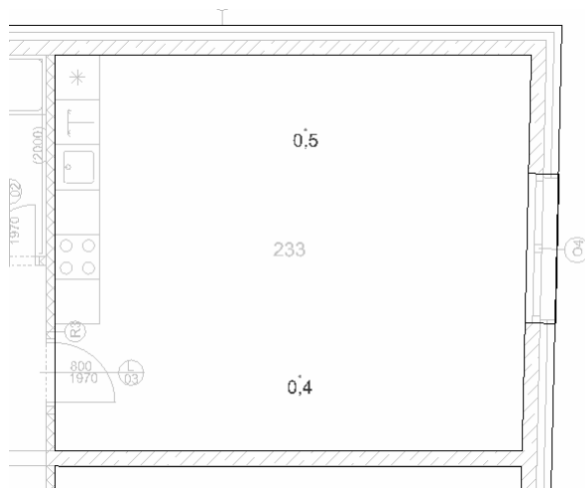
Tab. 6: Hodnocení kritických obytných místností z hlediska denního osvětlení

Byt	Místnost	Činitel denní osvětlenosti ¹⁾ bod 1 / bod 2 / průměr	Hodnocení	Obr.
č. 21	214	1,0 / 0,9 / 1,0	Vyhovuje	20
č. 23	233	0,4 / 0,5 / 0,5	Nevyhovuje	21
č. 24	242a	0,5 / 0,6 / 0,6	Nevyhovuje	22
č. 43	432	1,0 / 1,0 / 1,0	Vyhovuje	23

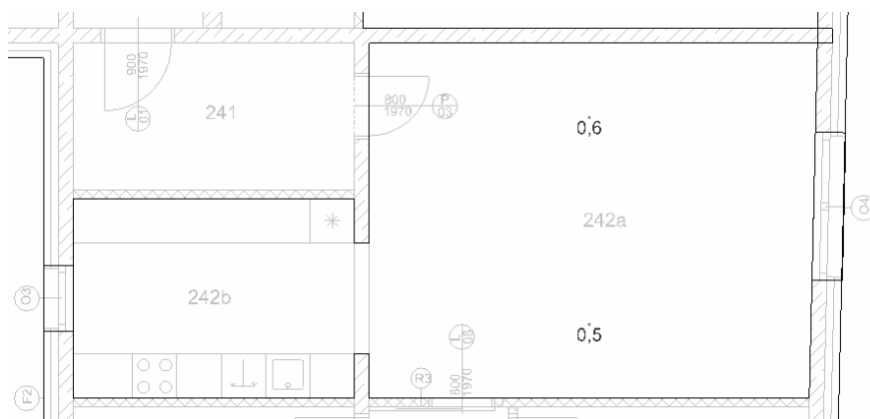
1) Alespoň v jedné dvojici bodů musí být minimální hodnota $\geq 0,7$ % a průměrná hodnota z příslušné dvojice bodů musí být $\geq 0,9$ %.



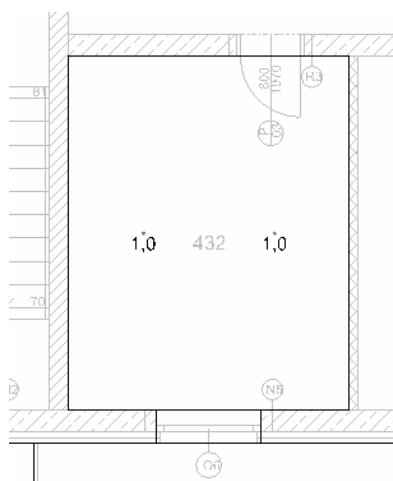
Obr. 20: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v místnosti 214



Obr. 21: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v místnosti 233



Obr. 22: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v místnosti 242a



Obr. 23: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v místnosti 432

Hodnocení: Posuzované kritické místnosti č. 214 a 432 splňují požadavky dle ČSN 73 0580-2 [14]. Místnosti č. 233 a 242a nejsou z hlediska požadavků na denní osvětlení vyhovující. Návrh takových stavebních úprav, aby byly všechny obytné místnosti bytového domu vyhovující, je uveden v kapitole 5.3.4.

5.3.3. Posouzení denního osvětlení komerčních prostorů

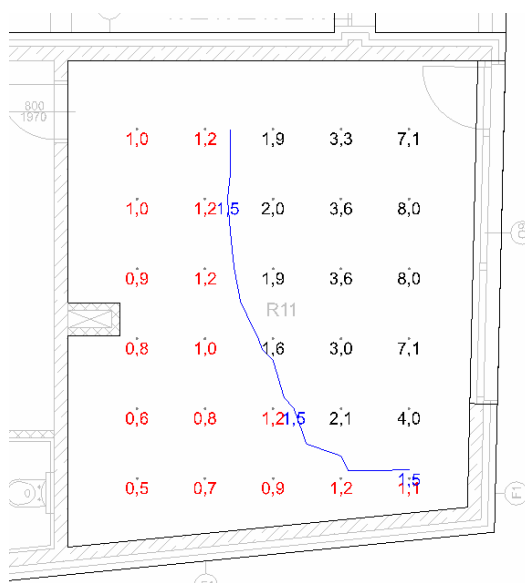
Denní osvětlení bylo posouzeno ve všech obytných místnostech. Podrobné dispoziční řešení jednotlivých místností není známo, a proto je denní osvětlení spočítáno v celých plochách místností. Pro exteriér byly při výpočtu použity činitele uvedené v tab. 3, pro vnitřní plochy činitele uvedené v tab. 4 a pro osvětlovací otvory činitele uvedené v tab. 7.

Tab. 7: Činitele související s osvětlovacími otvory komerčních prostorů

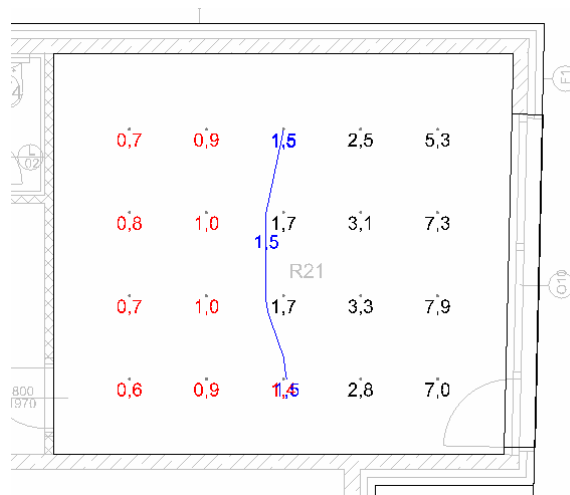
Místnost	Okno	Plocha okna A_c (m ²)	Plocha zasklení A_s (m ²)	τ_s ¹⁾	τ_{ze} ²⁾	τ_{zi} ³⁾	τ_k ⁴⁾
R11	O9 – 5000 x 2400 mm	12,00	10,36	0,78	0,90	0,95	0,86
R21	O10 – 4400 x 2400 mm	10,56	9,22	0,78	0,90	0,95	0,87

1) Činitel prostupu světla použitých materiálů propouštějících světlo (dvojsklo [20])
2) Činitel znečištění na vnější straně osvětlovacího otvoru (střední znečištění)
3) Činitel znečištění na vnitřní straně osvětlovacího otvoru (malé znečištění)
4) Činitel ztrát světla částmi okna, které nepropouští světlo (A_s/A_c)

Výstupy z programu jsou uvedeny na obr. 24 až 25. Do půdorysů posuzovaných místností jsou zakresleny sítě kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti. Rozteče kontrolních bodů jsou přibližně 1 m. Černě jsou vyznačeny body s činitelem denní osvětlenosti větším než 1,5 % a modře body s činitelem denní osvětlenosti 1,5 %. Hraniční izofota 1,5 % je rovněž vyznačena modře. Izofota je křivka spojující místa se stejnou hodnotou činitele denní osvětlenosti. Modrá izofota a černé a modré body vymezují zónu s vyhovujícím denním osvětlením. Červené body jsou s činitelem denní osvětlenosti menším než 1,5 %. Tyto body vymezují zónu s nevyhovujícím denním osvětlením.



Obr. 24: Síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti v komerčním prostoru R11



Obr. 25: Síť kontrolních bodů s hodnotami činitele denní osvětlenosti v komerčním prostoru R21

Hodnocení: Komerční prostory nesplňují hodnotu činitele denní osvětlenosti v celé ploše místnosti, proto zde bude určena část místnosti s funkčně vymezeným prostorem, která požadavky na denní osvětlení splňuje. Funkčně vymezený prostor je plocha místnosti mezi oknem a izofotou s hodnotou činitele denní osvětlenosti 1,5 %. Avšak ani v tomto prostoru není splněna hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení, která má být 0,2 a v komerčních prostorech je dle vztahu (28) rovna 0,19. Návrh stavebních úprav tak, aby komerční prostory splňovaly požadavky na denní osvětlení, je uveden v kapitole 5.3.5.

5.3.4. Návrh a posouzení nevyhovujících obytných místností

Místnosti 233 a 242a nesplňují požadavky na denní osvětlení, proto byla v těchto místnostech navržena okna o stejných rozměrech jako okna směřující do vnitrobloku (3000x2300 mm). Z architektonických důvodů byla všechna okna v 2.NP a 3.NP směrem na jih taktéž změněna, aby byla stejná jako v místnostech 233 a 242a. V nově navrženém bytovém domě byly na denní osvětlení posouzeny kritické místnosti volené z místností, u kterých byli provedeny změny oken. U místností, u kterých nebyly provedeny změny oken, bude činitel denní osvětlenosti nabývat stále stejných hodnot. Poloha kontrolních bodů na proslunění se nezmění, tudíž bude doba proslunění bytů stále stejná. Proto již nejsou tyto místnosti a byty posuzovány z hlediska denního osvětlení a proslunění.

Na denní osvětlení nově navrženého objektu byly posuzovány místnosti 233 a 242a. Pro exteriér byly při výpočtu použity činitelé uvedené v tab. 3, pro vnitřní plochy činitelé uvedené v tab. 4 a pro osvětlovací otvory činitelé uvedené v tab. 8.

Tab. 8: Činitele související s osvětlovacími otvory nově navržených místností 233 a 242a

Byt	Místnost	Okno	Plocha okna A_c (m ²)	Plocha zasklení A_s (m ²)	τ_s ¹⁾	τ_{ze} ²⁾	τ_{zi} ³⁾	τ_k ⁴⁾
č. 23	233	O5 – 3000 x 2300 mm	6,90	5,26	0,78	0,90	0,95	0,76
č. 24	242a	O5 – 3000 x 2300 mm	6,90	5,26	0,78	0,90	0,95	0,76

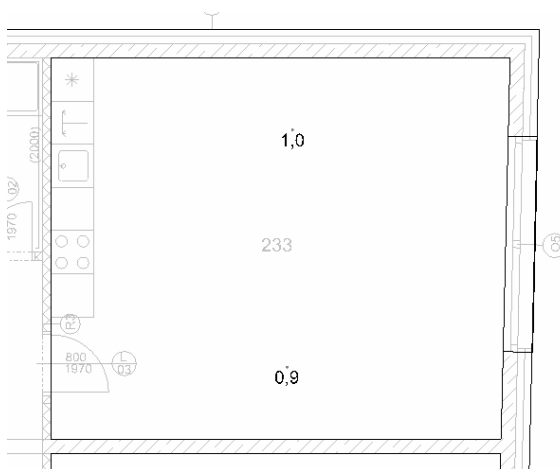
¹⁾ Činitel prostupu světla použitých materiálů propouštějících světlo (dvojsklo [20])
²⁾ Činitel znečištění na vnější straně osvětlovacího otvoru (střední znečištění)
³⁾ Činitel znečištění na vnitřní straně osvětlovacího otvoru (malé znečištění)
⁴⁾ Činitel ztrát světla částmi okna, které nepropouští světlo (A_s/A_c)

Hodnoty činitele denní osvětlenosti před a po provedených úpravách jsou uvedeny v tab. 9. Výstupy z programu pro nově navržený stav jsou uvedeny na obr. 26 až 27.

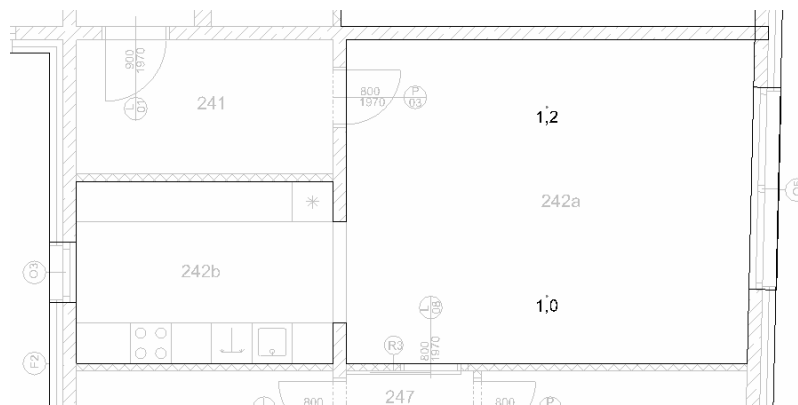
Tab. 9: Hodnocení obytných místností 233 a 242a z hlediska denního osvětlení

Byt	Místnost	Činitel denní osvětlenosti ¹⁾ bod 1 / bod 2 / průměr		Hodnocení po úpravách	Obr.
		Před úpravami	Po úpravách		
č. 23	233	0,4 / 0,5 / 0,5	0,9 / 1,0 / 1,0	Vyhovuje	26
č. 24	242a	0,5 / 0,6 / 0,6	1,0 / 1,2 / 1,1	Vyhovuje	27

¹⁾ Alespoň v jedné dvojici bodů musí být minimální hodnota $\geq 0,7$ % a průměrná hodnota z příslušné dvojice bodů musí být $\geq 0,9$ %.



Obr. 26: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v nově navržené místnosti 233



Obř. 27: Hodnoty řinitele denní osvětlenosti v nově navržené místnosti 242a

Hodnocení: Po navržených úpravách jsou všechny byty objektu prosluněny a všechny obytné místnosti bytů splňují požadavky na denní osvětlení.

5.3.5. Návrh a posouzení nevyhovujících komerčních prostorů

Z důvodu nevyhovujících hodnot rovnoměrnosti denního osvětlení byla v komerčních prostorech změněna dispozice oken. Velká okna byla rozdělena na dvě menší, umístěná tak, aby byl funkčně vymezený prostor rovnoměrněji osvětlen a splňoval požadavky na denní osvětlení.

Oba komerční prostory byly po provedených úpravách znovu posouzeny z hlediska denního osvětlení. Pro exteriér byly při výpočtu použity řinitelé uvedené v tab. 3, pro vnitřní plochy řinitelé uvedené v tab. 4 a pro osvětlovací otvory řinitelé uvedené v tab. 10.

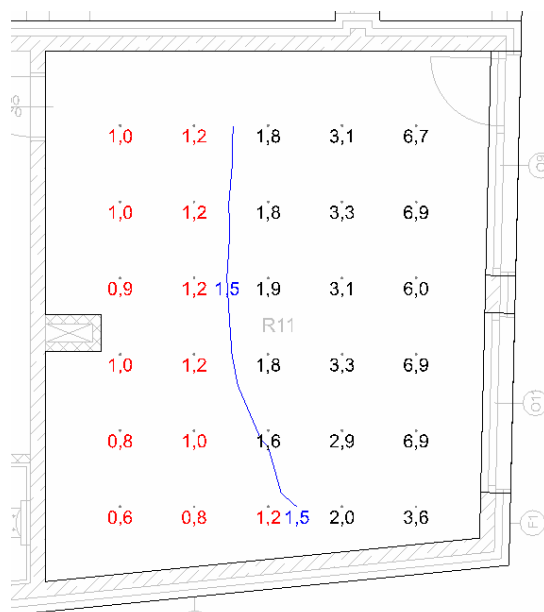
Tab. 10: Činitelé související s osvětlovacími otvory nově navržených komerčních prostorů

Místnost	Okno	Plocha okna A_c (m ²)	Plocha zasklení A_s (m ²)	τ_s ¹⁾	τ_{ze} ²⁾	τ_{zi} ³⁾	τ_k ⁴⁾
R11	O9 – 3000 x 2400 mm	7,20	6,00	0,78	0,90	0,95	0,83
	O11 – 2400 x 2400 mm	5,76	5,06	0,78	0,90	0,95	0,88
R21	O10 – 2400 x 2400 mm	5,76	4,62	0,78	0,90	0,95	0,80
	O11 – 2400 x 2400 mm	5,76	5,06	0,78	0,90	0,95	0,88

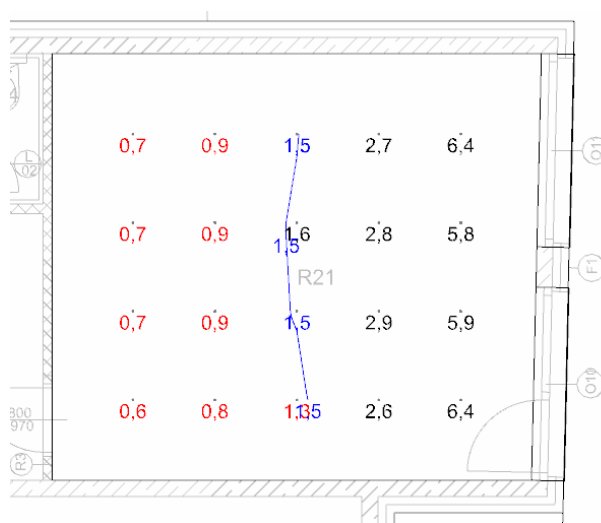
1) Činitel prostupu světla použitých materiálů propouštějících světlo (dvojsklo [20])
2) Činitel znečištění na vnější straně osvětlovacího otvoru (střední znečištění)
3) Činitel znečištění na vnitřní straně osvětlovacího otvoru (malé znečištění)
4) Činitel ztrát světla částmi okna, které nepropouští světlo (A_s/A_c)

Výstupy z programu pro nově navržený stav jsou uvedeny na obr. 28 až 29. Rozteče kontrolních bodů v komerčních prostorech jsou přibližně 1 m. Červeně jsou vyznačeny body s nevyhovující hodnotou řinitele denní osvětlenosti, černě pak body

vyhovující. Modrou barvou je vyznačena izofota s hraniční hodnotou činitele denní osvětlenosti 1,5 %.



Obr. 28: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v nově navržené místnosti R11



Obr. 29: Hodnoty činitele denní osvětlenosti v nově navržené místnosti R21

Hodnocení: Po navržených úpravách komerční prostory stále nesplňují hodnotu činitele denní osvětlenosti v celé ploše místnosti. Proto zde bude vymezen funkčně vymezený prostor splňující požadavky na denní osvětlení. Hodnota rovnoměrnosti denního osvětlení ve funkčně vymezeném prostoru místnosti R11 je dle vztahu (28) rovna 0,22 a v místnosti R21 je rovna 0,23. Obě hodnoty splňují požadavky ČSN 73 0580-1 [13]. Pracoviště v komerčním prostoru musí být umístěno ve funkčně vymezeném prostoru ve vzdálenosti 1,0 m od izofoty s hodnotou činitele denní osvětlenosti 1,5 % viz obr. 13.

Závěr

V bakalářské práci byl proveden návrh bytového domu z hlediska konstrukčního systému a zhodnocení stavebně fyzikálních vlastností navržených konstrukcí. Byly vypracovány výkresy objektu a posouzení nosných konstrukcí bylo provedeno v předběžném statickém výpočtu.

V další části byla posuzována tepelná technika budovy. U posuzovaných konstrukcí byl vyhodnocen součinitel prostupu tepla, teplotní faktor a šíření vlhkosti. Všechny navržené konstrukce požadavky dle normy ČSN 73 0540-2 [5] splňují.

Poté byly konstrukce objektu hodnoceny z hlediska akustického. U stěn byla posuzována vážená stavební neprůzvučnost konstrukce, u stropů byla posuzována vážená stavební normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku, ale také vážená stavební neprůzvučnost. Všechny navržené konstrukce splňují požadavky na zvukovou izolaci.

V poslední části bylo hodnoceno proslunění bytů a denní osvětlení obytných místností a komerčních prostorů. Prosluněny byly všechny byty, ale denní osvětlení nebylo splněno ve dvou posuzovaných místnostech. Proto byly provedeny stavební úpravy (zvětšení oken) tak, aby všechny obytné místnosti objektu vyhověly. V komerčním prostoru byl určen funkčně vymezený prostor splňující požadavky na denní osvětlení. Všechny prostory bytového domu jsou nakonec navrženy tak, aby vyhověly požadavkům dle norem ČSN 73 4301 [12], ČSN 73 0580-1 [13] a ČSN 73 0580-2 [14].

Seznam použitých zdrojů

- [1] *archiweb.cz* [online]. Archiweb s.r.o., [2019-20-05]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/bytovy-dum-prostejov-03>
- [2] *schoeck-wittek.cz* [online]. Schöck-Wittek s.r.o., [2019-20-05]. Dostupné z: <https://www.schoeck-wittek.cz/cs/tronsole>
- [3] *Schlueter.cz* [online]. Schlüter-Systems KG, [2019-20-05]. Dostupné z: https://www.schlueter.cz/media/550923_Balkon_1-8_CZ.pdf
- [4] BOŠOVÁ, Daniela., KULHÁNEK, František., *Stavební fyzika II: Stavební tepelná technika*. 6. přepracované vydání. Praha: ČVUT, 2014. 192 stran. ISBN 978-80-01-05645-5.
- [5] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: ÚNMZ, říjen 2011.
- [6] K-CAD spol. s. r. o., *Stavební fyzika*, Svoboda software, *Teplo 2017 [software]*.
- [7] KAŇKA, Jan., NOVÁČEK, Jiří. *Stavební fyzika III: Akustika pozemních staveb*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2015. 129 stran. ISBN 978-80-01-05674-5
- [8] ČSN 73 0532: *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky*. Praha: ÚNMZ, únor 2010.
- [9] K-CAD spol. s. r. o., *Stavební fyzika*, Svoboda software, *Neprůzvučnost 2010 [software]*.
- [10] *wienerberger.cz* [online]. Wienerberger AG, [2019-20-05]. Dostupné z: <https://wienerberger.cz/cihly-porotherm>
- [11] VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. *Stavební světelná technika: Přednášky*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2015. 175 stran. ISBN 978-80-01-06060-5.
- [12] ČSN 73 4301: *Obytné budovy*. Praha: ČNI, červen 2004.
- [13] ČSN 73 0580 – 1: *Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky*. Praha: ČNI, červen 2007.
- [14] ČSN 73 0580 – 2: *Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov*. Praha: ČNI, červen 2007.
- [15] Astra MS Software, BuildingDesign, *SunLis 5.0.120 [software]*. Info. dostupné z: <http://www.astrasw.cz/cs/sunlis-5>

- [16] Astra MS Software, BuildingDesign, *WDLS 5.0.174 [software]*. Info. dostupné z: <http://www.astrasw.cz/cs/node/3>
- [17] *ČÚZK Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Český úřad zeměměřičský a katastrální, [2019-20-05]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz>
- [18] *Mapy.cz* [online]. Mapy.cz, [2019-20-05]. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [19] ČSN 73 0581: *Oslunění budov a venkovních prostor – Metoda stanovení hodnot*. Praha: ČNI, září 2009.
- [20] *okna.eu* [online]. OKNA.EU s.r.o., [2019-20-05]. Dostupné z: <https://www.okna.eu/vlastnosti-zaskleni>
- [21] *Předběžný statický výpočet vzor* [online]. ČVUT + RPTM 2015, [2019-20-05], Dostupné z: http://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/pdf/predbezny_SV_celek.pdf
- [22] ČSN 73 4130: *Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky*. Praha: ÚNMZ, březen 2010.
- [23] Fine spol. s r.o., Geotechnický software, *GEO5 – Patky [software]*. Info. dostupné z: <https://www.fine.cz/geotechnicky-software/patky/>