



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ANALÝZA TECHNICKÝCH POŽADAVKŮ NA STAVBY SE ZAMĚŘENÍM NA STAVEBNÍ FYZIKU

ANALYSIS OF TECHNICAL REQUIREMENTS FOR BUILDINGS WITH FOCUS ON BUILDING
PHYSICS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. LENKA GÁBROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. KAREL ČUPR, CSc.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního inženýrství
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Ing. Lenka Gábrová

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Realitní inženýrství (3917T003)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza technických požadavků na stavby se zaměřením na stavební fyziku

v anglickém jazyce:

Analysis of Technical Requirements for Buildings with Focus on Building Physics

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je definovat pojmy z oblasti stavební fyziky a stanovit požadavky legislativy a ČSN vztahujících se k dané problematice.

Navrhnout modelový objekt bytového domu, na kterém bude ukázáno, jak se mění výsledky posudků stavební fyziky v závislosti na počátečních (návrhových) podmínkách, jako je např. návrh skladby konstrukce, teplota a vlhkost interiéru a exteriéru a vliv okolí.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je vytvoření pomůcky, pro lepší orientaci ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. při řešení problematiky problematiky zděných a monolitických staveb pro bydlení z hlediska stavební fyziky.

Seznam odborné literatury:

vyhl. č. 268/2009 Sb.

vyhl. č. 501/2006 Sb.

zák. č. 183/2006 Sb.

vyhl. č. 272/2011 Sb.

ČSN, ČSN EN

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Čupr, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 1.11.2011

L.S.

prof. Ing. Albert Bradáč, DrSc.
Ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Práce „Analýza technických požadavků na stavby se zaměřením na stavební fyziku“ se věnuje řešení zděných a monolitických staveb pro bydlení z hlediska požadavků stavební fyziky uvedených především ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. a v příslušných českých technických normách.

Abstract

The Thesis "Analysis of Technical Requirements for Buildings with focus on Building Physics" deals with the solution of masonry and monolithic residential buildings in terms of building physic requirements primarily listed in Decree No. 268/2009 Coll and in Czech technical standards.

Klíčová slova

technické požadavky na stavby, stavební fyzika, denní osvětlení, proslunění, akustika, tepelná ochrana budov

Keywords

technical requirements for buildings, building physic, day lighting, insolation, acoustics, thermal protection of buildings

Bibliografická citace

GÁBROVÁ, L. *Analýza technických požadavků na stavby se zaměřením na stavební fyziku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2012, 218 s. a 104 s. příloh. Vedoucí práce Ing. Karel Čupr, CSs.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2012

.....

podpis diplomanta

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat panu Ing. Karlu Čuprovi, CSc. za cenné připomínky a rady při konzultacích v rámci zpracování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	14
2	TECHNICKÉ POŽADAVKY NA STAVBY, STAVEBNÍ FYZIKA STAVBY PRO BYDLENÍ.....	15
2.1	Technické požadavky na stavby.....	15
2.2	Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby [1].....	16
2.2.1	Členění vyhlášky[1].....	16
2.2.2	Vztah vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] k normám.....	17
2.2.3	Vztah vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] ke stavební fyzice.....	19
2.3	Stavby pro bydlení.....	20
3	TEPELNÁ OCHRANA BUDOV	22
3.1	Legislativa.....	22
3.2	Pojmy použité ve vyhlášce [1], normové hodnoty	24
3.2.1	Součinitel prostupu tepla, tepelné mosty a tepelné vazby.....	25
3.2.2	Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	38
3.2.3	Kondenzace vodních par a bilance vlhkosti v ročním průběhu.....	40
3.2.4	Průvzdušnost konstrukce a spár mezi konstrukcemi.....	42
3.2.5	Tepelná stabilita v zimním a letním období.....	43
3.2.6	Dotyková teplota podlahy.....	45
3.3	Aplikace	47
3.3.1	Návrh bytového domu	47
3.3.2	Součinitel prostupu tepla, skladby konstrukcí.....	51
3.3.3	Průměrný součinitel prostupu tepla.....	70
3.3.4	Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce, lineární činitel prostupu tepla, tepelné mosty	76
3.3.5	Kondenzace vodní páry v konstrukci	88
3.3.6	Pokles dotykové teploty podlahy, skladba konstrukce podlahy.....	98

3.3.7	<i>Tepelná stabilita místnosti</i>	106
3.3.8	<i>Závěrečné zhodnocení</i>	115
4	AKUSTIKA (OCHRANA PROTI HLUKU)	116
4.1	Základní informace o zvuku	116
4.2	Požadavky Legislativy a norem	124
4.2.1	<i>Požadavky vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1]</i>	124
4.3	Pojmy používané ve vyhlášce [1], hygienické limity a normové hodnoty	126
4.3.1	<i>Chráněný vnitřní prostor, chráněný venkovní prostor staveb, chráněný venkovní prostor</i>	126
4.3.2	<i>Neprůzvučnost konstrukcí</i>	130
4.4	Aplikace	136
4.4.1	<i>Srovnání neprůzvučnosti stěn</i>	139
4.4.2	<i>Akustické požadavky na stropy</i>	144
4.4.3	<i>Neprůzvučnost obvodového pláště</i>	148
4.4.4	<i>Závěrečné zhodnocení</i>	151
5	DENNÍ OSVĚTLENÍ A PROSLUNĚNÍ BUDOV	152
5.1	Denní osvětlení.....	153
5.1.1	<i>Požadavky vyhlášky č. 268/2009 Sb.</i>	153
5.1.2	<i>Pojmy použité ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., normové hodnoty</i>	155
5.1.3	<i>Činitel denní osvětlenosti</i>	155
5.1.4	<i>Aplikace</i>	162
5.2	Proslunění	183
5.2.1	<i>Základní informace pro určení polohy Slunce na obloze a stanovení doby proslunění</i>	183
5.2.2	<i>Požadavky legislativy a norem na proslunění obytných místností</i>	186
5.2.3	<i>Aplikace</i>	189
6	ZÁVĚR.....	197
7	SEZNAM PŘÍLOH	198

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	198
8.1.1 Tepelná ochrana budov.....	199
8.1.2 Akustika.....	200
8.1.3 Denní osvětlení.....	201
8.1.4 Proslunění.....	202
8.2 Seznam tabulek.....	204
8.3 Seznam obrázků.....	209
9 POUŽITÉ POČÍTAČOVÉ PROGRAMY.....	212
10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	213

1 ÚVOD

Stavební fyzika představuje zajímavou a poměrně obsáhlou problematiku: tepelné ochrany budov, akustiky, denního osvětlení a proslunění. Přestože si to mnozí neuvědomují, splnění požadavků stavební fyziky u obytných budov přispívá k vyšší kvalitě bydlení. Nedodržení požadavků tepelné ochrany budov může vést k výskytu plísní v místnostech. Při nesplnění požadavků z oblasti akustiky dochází k nadměrnému obtěžování hlukem. Správný návrh denního osvětlení v místnosti vede k vytvoření dobrých zrakových podmínek v interiéru. Splněním požadavků na proslunění se zajišťuje, aby do určité části bytu po danou část dne vstupovalo přímé sluneční záření.

Požadavky na stavby z hlediska stavební fyziky patří mezi technické požadavky na stavby stanovené vyhláškou č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby [1]. Většina stavebně fyzikálních požadavků na stavby je ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [1] uvedena formou odkazů na normové hodnoty. Určitým problémem při práci s vyhláškou č. 268/2009 Sb. [1] může být, že vyhláška používá řadu technických termínů, ale neobsahuje již jejich vysvětlení. Definice pojmů používaných vyhláškou jsou často uvedeny opět v českých technických normách. Samotná definice ovšem nemusí být vždy dostatečně jasná a srozumitelná.

K lepší orientaci ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [1] a především v jejích požadavcích ale nestačí jen vědět, v jaké technické normě kritérium požadované vyhláškou č. 268/2009 Sb. [1] hledat, ale je také dobré umět si pod daným požadavkem představit, co znamená.

Cílem práce je proto vypracování pomůcky pro lepší orientaci v požadavcích vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1], které se vztahují k problematice stavební fyziky při řešení zděných a monolitických staveb pro bydlení. V práci jsou uvedeny nejen normové hodnoty, na které se vyhláška [1] odvolává, ale současně jsou zde i vysvětleny pojmy stavební fyziky, které jsou vyhláškou [1] používány, a vše je doplněno o příklady, které by měly lépe ilustrovat problematiku řešení zděných a monolitických staveb pro bydlení z hlediska požadavků stavební fyziky.

2 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA STAVBY, STAVEBNÍ FYZIKA STAVBY PRO BYDLENÍ

2.1 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA STAVBY

Technické požadavky na stavby patří dle § 2 odst. 2 písm. e) zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) [2], mezi obecné požadavky na výstavbu. Dále jsou v § 2 odst. 2 písm. e) stavebního zákona [2] mezi obecné požadavky na výstavbu zahrnuty:

- obecné požadavky na využívání území;
- obecné technické požadavky zabezpečující užívání staveb osobami pokročilého věku, těhotnými ženami, osobami doprovázející dítě v kočárku, dítě do tří let, popřípadě osobami s mentálním postižením nebo osobami s omezenou schopností pohybu a orientace stanovené prováděcím právním předpisem.

Technické požadavky na stavby v působnosti obecných stavebních úřadů jsou v souladu s ustanovením § 194 písm. a) stavebního zákona [2] stanoveny Ministerstvem místního rozvoje České republiky vyhláškou č. 268/2009 Sb. [1]. Na území hlavního města Prahy stanovuje obecné požadavky na stavby v souladu se zněním § 194 písm. e) vyhláška č. 26/1999 Sb. hlavního města Prahy, o obecných technických požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze [3].

Povinnost dodržovat technické požadavky na stavby vyplývá ze znění ustanovení § 169 odst. 1 stavebního zákona [2]: „*Právnícké osoby, fyzické osoby a příslušné orgány veřejné správy jsou povinny při územně plánovací a projektové činnosti, při povolování, provádění, užívání a odstraňování staveb respektovat záměry územního plánování a obecné požadavky na výstavbu stanovené prováděcími právními předpisy.*“

V § 169 odstavcích 2 až 6 stavebního zákona [2] jsou dále upravena pravidla pro udělování výjimek z obecných technických požadavků na výstavbu. Pro udělení výjimky musí být splněny tyto podmínky:

- povolení výjimky z daného ustanovení musí příslušný právní předpis výslovně umožňovat (zákon [2] § 169 odst. 2);
- povolením výjimky nesmí dojít k ohrožení bezpečnosti, ochrany zdraví a života osob a sousedních pozemků nebo staveb (zákon [2] § 169 odst. 2);

- rozhodnutí o povolení výjimky nebo odchylného řešení podle odst. 2 až 5 § 169 stavebního zákona [2] lze vydat jen v dohodě nebo se souhlasem dotčeného orgánu, který hájí zájmy chráněné podle zvláštních právních předpisů, kterých se odchylné řešení týká (zákon [2] § 169 odst. 6).

V případě vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] jsou ustanovení, ze kterých je možné udělit výjimku, uvedeny v § 54.

O udělení výjimky z technických požadavků na stavby rozhoduje v souladu se zněním § 169 odst. 4 stavebního zákona [2] stavební úřad, který je příslušný rozhodnout ve věci. Řízení o výjimce se vede podle § 169 odst. 5 stavebního zákona [2] na žádost buď samostatně, nebo může být spojeno s územním, stavebním nebo jiným řízením podle stavebního zákona, ale nemusí být ukončeno společným správním aktem.

2.2 VYHLÁŠKA Č. 268/2009 SB., O TECHNICKÝCH POŽADAVCÍCH NA STAVBY [1]

2.2.1 Členění vyhlášky[1]

Vyhláška č. 268/2009 Sb. [1] se člení do sedmi částí:

- Část první: Úvodní ustanovení;
- Část druhá: Technické požadavky na stavby;
- Část třetí: Požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb;
- Část čtvrtá: Požadavky na stavební konstrukce staveb;
- Část pátá: Požadavky na technická zařízení staveb;
- Část šestá: Zvláštní požadavky na vybrané druhy staveb;
- Část sedmá: Společná a závěrečná ustanovení.

V části první je vymezen předmět úpravy a základní pojmy: budova, stavba se shromažďovacím prostorem, ubytovací jednotka, stavba pro výrobu a skladování, stavba pro zemědělství, byt, místnost, obytná místnost, pobytová místnost, normová hodnota.

Druhá část vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1]: Technické požadavky na stavby stanovuje požadavky na žumpy; rozptylové plochy a zařízení pro dopravu v klidu; připojení staveb na síť technického vybavení; oplocení pozemku.

Ve třetí části: Požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb jsou nejprve v § 8 odst. 1 vyjmenovány základní požadavky (mechanická odolnost a stabilita; požární bezpečnost;

ochrana zdraví, osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí; ochrana proti hluku; bezpečnost při užívání; úspora energie a tepelná ochrana). Dále jsou v této části vyhlášky [1] v § 9 až § 17 upraveny požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu; všeobecné požadavky pro ochranu zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí; denní a umělé osvětlení, větrání a vytápění; proslunění; bezpečnost při provádění a užívání staveb; úsporu energie a tepelnou ochranu; odstranění staveb.

Požadavky na stavební konstrukce obsažené v části čtvrté vyhlášky [1] zahrnují požadavky na zakládání staveb; stěny a příčky; stropy; podlahy; povrchy stěn a stropů; schodiště a šikmé rampy; komíny a kouřovody; střechy; výplně otvorů; zábradlí; výtahy; výtahové a větrací šachty; shozy pro odpad; předsazené části stavby a lodžie.

V páté části: Požadavky na technická zařízení staveb uvádí vyhláška [1] požadavky na vodovodní přípojky a vnitřní vodovody; kanalizační přípojky a vnitřní kanalizace; připojení staveb k distribučním sítím, vnitřní silnoproudé rozvody a vnitřní rozvody sítí elektronických komunikací; plynovodní přípojky a odběrná plynová zařízení; ochranu před bleskem; vzduchotechnická zařízení; vytápění.

Zvláštní požadavky pro vybrané druhy staveb uvedené v části šesté vyhlášky [1] se týkají: bytových domů; rodinných domů a staveb pro rodinnou rekreaci; staveb se shromažďovacím prostorem; staveb pro obchod; staveb ubytovacích zařízení; staveb pro výrobu a skladování; garáží; servisů a opraven motorových vozidel, čerpacích stanic pohonných hmot; staveb škol, předškolních, školských a tělovýchovných zařízení; staveb pro hospodářská zvířata; doprovodných staveb pro hospodářská zvířata; staveb pro sklizňovou úpravu a skladování produktů rostlinné výroby; staveb pro skladování minerálních hnojiv a přípravků na ochranu rostlin.

V poslední sedmé části vyhlášky [1]: Společná a závěrečná ustanovení jsou vyjmenována ustanovení vyhlášky, ze kterých je možné udělit výjimku, dále jsou zde uvedena ustanovení přechodná a zrušovací a účinnost vyhlášky.

2.2.2 Vztah vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] k normám

Definice české technické normy je obsažena v § 4 odst. 1 až 3 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů [4]:

„(1) Norma je dokument vytvořený podle tohoto zákona a označený písemným označením ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (dále jen „Věstníku Úřadu“).

(2) *Název česká technická norma a písemné označení ČSN nesmějí být použity k označení jiných dokumentů.*

(3) *Norma poskytuje pro obecné a opakované používání pravidla, směrnice nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků zaměřené na dosažení optimálního stupně uspořádání ve vymezených souvislostech.*“

Dle ustanovení § 4 odst. 1 zákona [4] tedy není česká technická norma obecně závazná. Problematikou závaznosti českých technických norem se zabýval Ústavní soud ČR v nálezu č. 241/2009 Sb. [5], kde mimo jiné uvádí:

„51. ...Technické normy jsou považovány za kvalifikovaná doporučení (nikoliv příkazy) a jejich používání je nezávazné, jen dobrovolné.

*52. Existuje však celá řada případů, kdy je dodržení požadavků konkrétních českých technických norem vyžadováno zákonem nebo vyhláškou. Povinnost postupovat při určité činnosti v souladu s českými technickými normami může vzniknout především na základě ustanovení právního předpisu, které stanoví, že ve vztazích upravených tímto právním předpisem je nutno dodržovat české technické normy. V těchto případech již lze o určité závaznosti těchto norem hovořit. **Technické normy tedy nejsou obecně závaznými, v určitých případech se však stanou obecně závaznými, pokud na ně konkrétní právní předpis výslovně odkáže.***

*53. Odkazy na technickou normu v právních předpisech mohou mít z hlediska jejich síly formu odkazu výlučného (povinného) nebo (indikativního). Výlučný odkaz určuje shodu s technickou normou, na kterou odkazuje, jako jediný způsob splnění příslušného ustanovení daného právního předpisu. **Technická norma tak doplňuje nekompletní právní požadavek, a stává se tak vlastně součástí právního předpisu.** Tím vzniká povinnost řídit se ustanoveními příslušné normy pro ty subjekty, kterých se daný právní předpis týká. I když ani v tomto případě většinou nejde o obecnou závaznost, je možno říci, že ve vztahu k plnění požadavků příslušného předpisu se odkazovaná norma nebo její část stává závaznou. V případě indikativního odkazu je shoda s normou jedním z možných způsobů splnění požadavků právního předpisu. Obecný požadavek právního předpisu však může být splněn jiným způsobem...*

*60. Existence technických norem a odkaz na ně v právních předpisech jsou nezbytné pro to, aby právní předpisy České republiky nebyly neúčelně zatěžovány množstvím detailních právních požadavků. **Právní předpis nemůže jít do podrobností (způsobů výpočtů různých***

hodnot apod.) uvedených na mnoha stránkách norem. Právní předpis stanoví pouze základní podmínky s tím, že na příslušné české technické normy odkazuje, čímž informuje osoby způsobilé k navrhování staveb a řešení technických podmínek požární ochrany staveb (autorizovaný inženýr a autorizovaný technik), kde naleznou podrobné řešení dané problematiky.“

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že přestože české technické normy nejsou obecně závazné, může požadavek na jejich dodržení vzniknout, pokud tak stanoví právní předpis. Ustanovení českých technických norem se mohou stát závaznými také na základě smluvního ujednání ([6] str. 26).

Ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [1] se pojmem **normová hodnota** podle § 3 písm. k) rozumí: *„konkrétní technický požadavek, zejména limitní hodnota, návrhová metoda, národně stanovené parametry, technické vlastnosti stavebních konstrukcí a technických zařízení, obsažený v příslušné české technické normě, jehož dodržení se považuje za splnění požadavků konkrétního ustanovení vyhlášky.“*

Tím, že vyhláška č. 268/2009 Sb. odkazuje ve svých požadavcích na normové hodnoty příslušných českých technických norem, **činí tyto normové hodnoty pro splnění požadavků daných vyhláškou závaznými.** [7]

V § 55 odst. 2 vyhláška [1] připouští **odchyly od norem**: *„Odchyly od norem jsou přípustné, pokud se prokáže, že navržené řešení odpovídá nejméně základním požadavkům na stavby uvedeným v § 8.“*

2.2.3 Vztah vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] ke stavební fyzice

Stavební fyzika zahrnuje problematiku světlo-technických, tepelně-technických a akustických požadavků na stavby.

Ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [1] není přímo část, která by se jmenovala „Požadavky stavební fyziky“, ale požadavky na stavby z pohledu stavební fyziky jsou ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [1] uvedeny v části třetí, která se věnuje požadavkům na bezpečnost a vlastnosti staveb, a dále v části čtvrté, ve které jsou obsaženy požadavky na stavební konstrukce. Určitou ucelenější částí vyhlášky č. 268/2009 Sb., která se věnuje stavební fyzice, je část od § 11 po § 14, následovaná dále § 16. V § 11 až § 14 vyhlášky [1] jsou obsaženy požadavky z oblasti denního osvětlení, proslunění a ochrany proti hluku. V § 16 potom vyhláška [1] uvádí požadavky na úsporu energie a tepelné ochrany. Ve 4. části vyhlášky [1] už je nutné požadavky na stavby z pohledu stavební fyziky spíše hledat, protože jsou napsány

u jednotlivých typů konstrukcí. Přehled ustanovení vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1], která se týká požadavků z oblasti stavební fyziky, je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Ustanovení vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1], která se týká požadavků na stavby z oblasti stavební fyziky

tepelná technika	§ 16 odst. 1 až 3
	§ 19 odst. 1 písm. a) až g)
	§ 20 odst. 1
	§ 21 odst. 1
	§ 25 odst. 4 písm. a) až g)
	§ 26 odst. 2
	§ 31 odst. 4
	§ 37 odst. 5
denní osvětlení	§ 11 odst. 1, 2, 4
	§ 12 odst. 2, 4, 5
proslunění	§ 13 odst. 1 až 3
akustika (ochrana proti hluku)	§ 14 odst. 1 až 5
	§ 17 odst. odst. 2
	§ 19 odst. 2
	§ 20 odst. 2
	§ 21 odst. 1
	§ 23 odst. 6
	§ 25 odst. 3
	§ 26 odst. 3
§ 26 odst. 7	

Požadavky na stavby z hlediska stavební fyziky se liší dle hodnoceného druhu stavby. Jiná kritéria denního osvětlení jsou stanovena pro školky a jiná pro obytné budovy. Rovněž z hlediska ochrany proti hluku v budovách jsou například jiné požadavky pro hotely a jiné pro nemocnice. Z hlediska tepelně technického jsou například stanoveny jiné limitní hodnoty pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 20 °C a pro budovy s převažující návrhovou teplotou vnitřního vzduchu 25 °C. V následujících částech práce bude problematika požadavků na stavby z hlediska stavební fyziky přiblížena na požadavcích, které jsou kladeny na stavby pro bydlení.

2.3 STAVBY PRO BYDLENÍ

Stavby pro bydlení jsou definovány v § 2 vyhlášky č. 501/2006 Sb. [8]:

„stavbou pro bydlení se rozumí:

- *bytový dům, ve kterém více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé bydlení a je k tomuto účelu určena,*
- *rodinný dům, ve kterém více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé rodinné bydlení a je k tomuto účelu určena; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, nejvýše dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkrovní.“*

Podle § 3 vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] se bytem rozumí: „*soubor místností, popřípadě jedna obytná místnost, který svým stavebně technickým uspořádáním a vybavením splňuje požadavky na trvalé bydlení a je k tomuto účelu užívání určen*“.

Místnost je v § 3 písm. h) vyhlášky [1] definována jako: „*prostorově uzavřená část stavebního díla vymezená podlahou, stropem nebo konstrukcí krovu a pevnými stěnami.*“

Obytnou místnost definuje vyhláška [1] v § 3 písm. i) jako: „*část bytu, která splňuje požadavky předepsané touto vyhláškou, je určena k trvalému bydlení a má nejmenší podlahovou plochu 8 m². Kuchyň, která má podlahovou plochu nejméně 12 m² a má zajištěno přímé denní osvětlení, přímé větrání a vytápění s možností regulace tepla, je obytnou místností. Pokud tvoří byt jedna obytná místnost, musí mít podlahovou plochu nejméně 16 m², u místností se šikmými stropy se do plochy obytné místnosti nezapočítává plocha se světlou výškou menší než 1,2 m.*“

ČSN 73 4301: Obytné budovy [9] v čl. 5.2.2.1 stanovuje dále tyto požadavky na obytné místnosti: dostatečné přímé denní osvětlení, přímé větrání, dostatečné vytápění s možností regulace tepla.

Na rodinné a bytové domy se kromě požadavků, které jsou kladeny na všechny stavby, vztahuje také celá řada dalších požadavků, které pro jiné typy staveb neplatí. Požadavky na stavby pro bydlení jsou obsaženy například ve vyhláškách č. 268/2009 Sb. [1], č. 501/2006 Sb. [8] a dále mimo jiné v ČSN 73 4301 [9].

Z hlediska stavební fyziky se na stavby pro bydlení vztahují požadavky na:

- tepelnou ochranu budov;
- ochranu proti hluku;
- denní osvětlení a proslunění.

3 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV

„Dodržení tepelně technických požadavků zajišťuje zejména prevenci tepelně technických vad a poruch budov, tepelnou pohodu uživatelů, ochranu zdraví a zdravých životních podmínek a požadovaný stav vnitřního prostředí pro užívání a technologické procesy a základ nízké energetické náročnosti budov.“ (ČSN [10] čl. 4.1)

Tepelně technické požadavky zohledňují:

- šíření tepla, vlhkosti a vzduchu konstrukcemi, místnostmi a budovami;
- energetickou náročnost budov. (ČSN [10] čl. 4.3)

3.1 LEGISLATIVA

Úspora energie a tepelná ochrana patří k základním požadavkům na stavby, které jsou stanoveny § 8 vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1]. Související legislativou je v tomto případě zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií [11], a vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov [12].

K tepelně technickým požadavkům na stavby se vztahují také § 10 odst. 1 písm. h) a § 10 odst. 1 písm. i) vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1], které se týkají výskytu vlhkosti ve stavebních konstrukcích nebo na povrchu stavebních konstrukcí uvnitř staveb a nedostatečných tepelně izolačních vlastností. Dále je úspora energie a ochrana tepla obecně popsána v § 16 vyhlášky [1].

§ 16

(1) Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, umělé osvětlení, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší. Energetickou náročnost je třeba ovlivňovat tvarem budovy, jejím dispozičním řešením, orientací a velikostí výplní otvorů, použitými materiály a výrobky a systémy technického zařízení budov. Při návrhu stavby se musí respektovat klimatické podmínky lokality.

*(2) Budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby byly dlouhodobě po dobu jejich užívání zaručeny **požadavky na jejich tepelnou ochranu splňující***

a) tepelnou pohodu uživatelů,

b) požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov,

c) tepelně vlhkostní podmínky technologií podle různých účelů budov,

d) nízkou energetickou náročnost budov.

(3) *Požadavky na tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov jsou dány normovými hodnotami.*

Tepelně technické požadavky jsou uvedeny také v části čtvrté vyhlášky [1] v rámci požadavků na jednotlivé druhy stavebních konstrukcí:

§ 19 odst. 1 vyhlášky [1]: „***Vnější stěny a vnitřní stěny oddělující prostory s rozdílným režimem vytápění a stěnové konstrukce přilehlé k terénu musí spolu s jejich povrchy splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodní páry a vzduchu konstrukcemi dané normovými hodnotami***

a) nejnižších vnitřních povrchových teplot konstrukce, zejména v místech tepelných mostů v konstrukci a tepelných vazeb mezi konstrukcemi,

b) součinitele prostupu tepla, včetně tepelných mostů v konstrukci,

c) lineárních a bodových činitelů prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi,

d) kondenzace vodních par a bilance vlhkosti v ročním průběhu,

e) průvzdušnosti konstrukce a spár mezi konstrukcemi,

f) tepelné stability konstrukce v zimním a letním období ve vazbě na místnost nebo budovu,

g) prostupu tepla obvodovým pláštěm budovy ve vazbě na další konstrukce budovy.“

§ 20 odst. 1 vyhlášky [1]: „***Vnější i vnitřní stropní konstrukce musí spolu s podlahami a povrchy splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodní páry a vzduchu konstrukcemi v ustáleném i neustáleném teplotním stavu, které vychází z normových hodnot.***“

§ 21 odst. 1 vyhlášky [1]: „***Podlahové konstrukce musí splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti v ustáleném a neustáleném teplotním stavu včetně poklesu dotykové teploty podlah, a dále požadavky stavební akustiky na kročejovou a vzduchovou neprůzvučnost dané normovými hodnotami. Souvrství celé stropní konstrukce se posuzuje komplexně.***“

§ 25 odst. 4 vyhlášky [1]: „***Střešní konstrukce musí splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodní páry a prostupu vzduchu konstrukcemi dané normovými hodnotami***

- a) nejnižších vnitřních povrchových teplot konstrukce, zejména v místech tepelných mostů v konstrukci a tepelných vazeb mezi konstrukcemi,
- b) součinitele prostupu tepla, včetně tepelných mostů v konstrukci,
- c) lineárních a bodových činitelů prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi,
- d) kondenzace vodních par a bilance vlhkosti v ročním průběhu,
- e) průvzdušnosti konstrukce a spár mezi konstrukcemi,
- f) tepelné stability konstrukce v zimním a letním období ve vazbě na místnost nebo budovu,
- g) prostupu tepla obvodovým pláštěm budovy ve vazbě na další konstrukce budovy.

§ 26 odst. 2 vyhlášky [1]: „**Výplně otvorů** musí splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti v ustáleném teplotním stavu v souladu s normovými hodnotami.“

§ 31 odst. 4 vyhlášky [1]: „Lineární a bodový činitel prostupu tepla vlivem představených částí staveb a lodžie musí být v souladu s potřebným nízkým prostupem tepla obvodovým pláštěm budovy daným normovými hodnotami.“

U budov s klimatizací jsou v části páté vyhlášky [1] uvedeny požadavky z hlediska tepelné ochrany v §37 odst. 5: „U **budov s klimatizačním systémem** se musí doložit jejich dostatečná tepelná stabilita v letním období a využití jiných ekonomicky vhodných technických možností chlazení budovy. Tepelná stabilita klimatizovaných místností je dána normovými hodnotami.“

Normové hodnoty nutné (až na výjimky) pro splnění výše uvedených požadavků vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] jsou pro stavby s výjimkou stájových objektů uvedeny v ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [10]. Definice pojmů uvedených v této normě, návrhové hodnoty veličin a výpočtové metody jsou uvedeny v:

- ČSN 73 0540-1: Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie [13];
- ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin [14];
- ČSN 73 0540-4: Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody [15].

3.2 POJMY POUŽITÉ VE VYHLÁŠCE [1], NORMOVÉ HODNOTY

Z hlediska požadavků uvedených ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., jsou z pohledu stavební tepelné techniky hodnotícími kritérii:

- nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

- součinitel prostupu tepla;
- lineární a bodový činitel prostupu tepla;
- šíření vlhkosti konstrukcí;
- průvzdušnost;
- tepelná stabilita místnosti;
- dotyková teplota.

Tepelně technické parametry stavebních konstrukcí se hodnotí za předpokladu ustáleného nebo neustáleného teplotního stavu. U **ustáleného teplotního stavu** se předpokládá, že se teplota v jednotlivých místech konstrukce v čase nemění ([16], str. 7). Naopak **neustálený teplotní stav** znamená, že uvažované parametry jsou časově proměnné (ČSN [13] čl. 4.2.5). Ustálený teplotní stav tak představuje určité zjednodušení skutečných podmínek a za jeho předpokladu se stanovuje: nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce, součinitel prostupu tepla a tepelný odpor konstrukce, průměrný součinitel prostupu tepla budovy, lineární a bodový činitel prostupu tepla, výskyt a oblasti kondenzace vodní páry. Za předpokladu neustáleného teplotního stavu se určuje: tepelná stabilita místnosti, dotyková teplota.

3.2.1 Součinitel prostupu tepla, tepelné mosty a tepelné vazby

Pro splnění tepelně technických požadavků na stavební konstrukce je podstatná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí U [$W/(m^2 \cdot K)$].

Součinitel prostupu tepla se hodnotí podle čl. 5.2 ČSN [10] současně dvěma způsoby:

- **součinitelem prostupu tepla U** pro jednotlivé konstrukce;
- **průměrným součinitelem prostupu tepla U_{em} pro budovu.**

Až na výjimky musí být oba požadavky splněny současně.

Význam součinitele prostupu tepla U pro jednotlivé konstrukce

Součinitelem prostupu tepla U se vyjadřují tepelně izolační schopnosti stavebních materiálů nebo stavebních konstrukcí. Čím je hodnota součinitele prostupu tepla nižší, tím jsou tepelně izolační vlastnosti konstrukce lepší. ([17] str. 34]

Součinitel prostupu tepla U se určuje za podmínky ustáleného teplotního stavu při zimních návrhových podmínkách (ČSN [15] čl. 6.2).

Hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce závisí na materiálové skladbě konstrukce, prostředí, které konstrukce odděluje, a směru prostupu tepelného toku (úniku tepla) konstrukcí.

Podstatnou vlastností materiálů stavebních konstrukcí je z hlediska prostupu tepla konstrukcí a stanovení součinitele prostupu tepla U hodnota součinitele tepelné vodivosti λ . Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)] charakterizuje schopnost stejnorodého materiálu vést teplo (ČSN [13] čl. 4.3.12). Součinitel tepelné vodivosti λ vyjadřuje, jaké množství tepla ve wattech projde vrstvou materiálu tloušťky 1 m při rozdílu povrchových teplot materiálu 1 K.

Na základě znalosti parametrů stavební konstrukce lze určit tepelný odpor R stavební konstrukce. Tepelný odpor R [m²·K/W] charakterizuje tepelně izolační vlastnosti materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky (ČSN [13] čl. 4.3.21). Odpor konstrukce R se v případě, že je známá tloušťka j -té vrstvy konstrukce d_j [m] a návrhový součinitel tepelné vodivosti λ_j [W/(m·K)] materiálu j -té vrstvy konstrukce, určí při jednorozměrném šíření tepla ze vztahu (ČSN[15] čl. B.1.4):

$$R = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}] \quad (1)$$

- n – počet vrstev stavební konstrukce.

Jednorozměrné šíření tepla se uvažuje u homogenních konstrukcí. U nehomogenních konstrukcí v příčném i rovnoběžném směru vzhledem k tepelnému toku dochází k dvojrozměrnému šíření tepla. Nehomogenními konstrukcemi jsou např. krokve v šikmé střeše nebo skeletové konstrukce s výplňovým zdivem. ([16] str. 23)

U konstrukcí, kde nelze uvažovat jednorozměrné šíření tepla, se tepelný odpor konstrukce R určí z celé plochy nebo opakujícího se charakteristického výseku podle postupu uvedeného v příloze B.2 ČSN 73 0540-4 [15].

Součinitel prostupu tepla U v sobě na rozdíl od tepelného odporu R zahrnuje také vliv přestupů tepla na vnější a vnitřní straně konstrukce a není proto pouze vlastností konstrukce ([18] str. 56). Na hodnotu součinitele prostupu tepla U stavebních konstrukcí má vliv:

- odpor mezní vzduchové vrstvy přilehlé ke stavební konstrukci při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} [m²·K/W];
- tepelný odpor konstrukce R [m²·K/W];

- odpor mezní vzduchové vrstvy přilehlé ke stavební konstrukci při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} [$m^2 \cdot K/W$];

Hodnota součinitele prostupu tepla U je dána vztahem uvedeným v čl. 6.1 ČSN [15]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2)$$

- R_T je tepelný odpor konstrukce při přestupu tepla, [$m^2 \cdot K/W$].

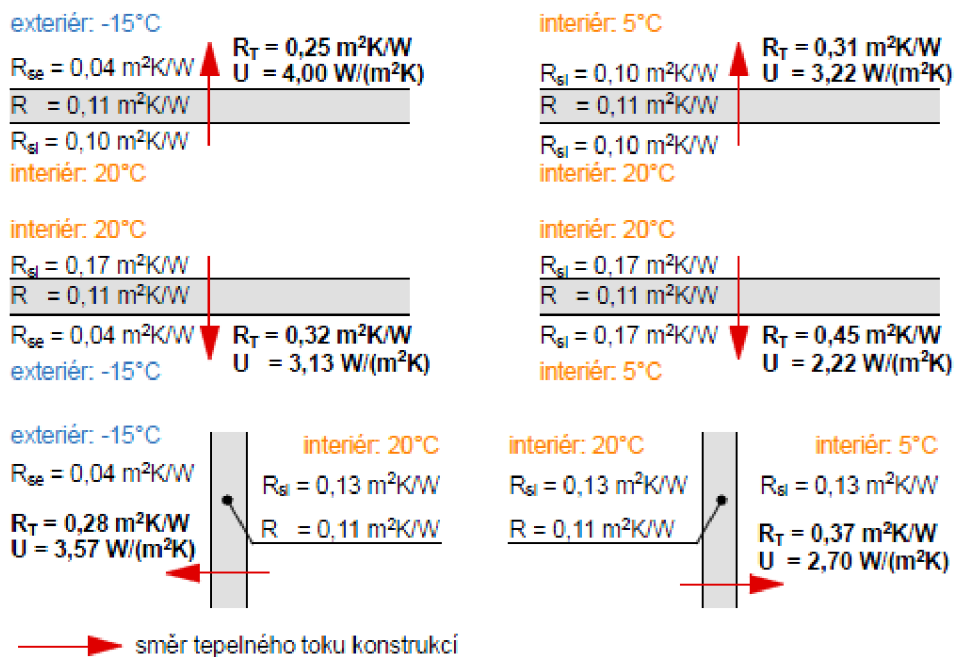
Návrhové hodnoty odporu mezní vzduchové vrstvy přilehlé ke stavební konstrukci při přestupu tepla na vnější straně R_{si} a na vnitřní straně R_{se} jsou stanoveny v příloze J ČSN 73 0540-3 [14]. Pro výpočet šíření tepla tato norma mimo jiné uvádí návrhové hodnoty:

- $R_{se} = 0,04 m^2 \cdot K/W$ pro vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru při nadmořské výšce do 1000 m n. m. v zimě;
- $R_{se} = 0,03 m^2 \cdot K/W$ pro vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru při nadmořské výšce nad 1000 m n. m. v zimě;
- $R_{si} = 0,13 m^2 \cdot K/W$
 - vnitřní svislý povrch stavební konstrukce (např. stěna);
 - vnitřní svislý povrch výplně otvoru nebo vnitřní povrch výplně otvoru se sklonem od 90° do 60° od vodorovné roviny;
- $R_{si} = 0,10 m^2 \cdot K/W$
 - vnitřní vodorovný povrch stavební konstrukce při tepelném toku zdola nahoru (např. střecha);
 - vnitřní vodorovný povrch výplně otvoru při tepelném toku zdola nahoru;
 - vnitřní povrch výplně otvoru se sklonem od 0° do 60° od vodorovné roviny;
- $R_{si} = 0,17 m^2 \cdot K/W$
 - vnitřní vodorovný povrch stavební konstrukce při tepelném toku shora dolů (např. strop nad nevytápěným prostorem);
 - vnitřní vodorovný povrch výplně otvoru při tepelném toku shora dolů.

Na obrázku č. 1 jsou uvedeny tepelné odpory konstrukce při přestupu tepla R_T a součinitel prostupu tepla konstrukcí U pro železobetonovou konstrukci o tloušťce $d = 0,20$ m a součiniteli tepelné vodivosti $\lambda = 1,74 W/(m \cdot K)$. Tepelný odpor uvažované železobetonové konstrukce R se tedy bude rovnat:

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,20}{1,74} = 0,11 m^2 \cdot K/W$$

V závislosti na tom, zda je povrch konstrukce vodorovný nebo svislý, zda konstrukce odděluje exteriér a interiér nebo vnitřní prostory a směru tepelného toku, dochází v uvažovaném příkladu k poměrně výrazné změně odporu konstrukce při přestupu tepla R_T a současně tedy také ke změně součinitele prostupu tepla konstrukcí U . Nejvyšší hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí $U = 4,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ je u vodorovné konstrukce, která odděluje exteriér a interiér při směru tepelného toku zdola nahoru. Naopak nejnižší hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí $U = 2,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ je u vodorovné konstrukce, která odděluje vytápěný a nevytápěný interiér při směru tepelného toku shora dolů. Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou součinitele prostupu tepla konstrukcí U tak v tomto případě představuje $1,78 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tento rozdíl je přitom v uvažovaném příkladě způsoben pouze odlišným uvažováním návrhových hodnot odporu mezní vzduchové vrstvy přilehlé ke stavební konstrukci při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si} a na vnější straně R_{se} . Je však také nutné poznamenat, že v uvažovaném příkladě byla uvažována konstrukce o malém tepelném odporu R velikostně srovnatelném s hodnotami R_{si} a R_{se} . Hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} a na vnitřní straně konstrukce R_{si} by měly menší vliv na výslednou hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukcí U v případě, že by posuzovaná konstrukce měla větší tepelný odpor R .



Obrázek č. 1: Srovnání tepelného odporu konstrukce v závislosti na směru tepelného toku a prostředí, které konstrukce odděluje

Význam průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} zahrnuje celkový prostup tepla na systémové hranici budovy nebo její vytápěné zóny a používá se k hodnocení stavebně energetických vlastností budovy (ČSN [15] příloha H). Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} je definován vztahem uvedeným v ČSN 73 0540-1 [13] čl. 4.3.34:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (3)$$

- H_T – měrná ztráta prostupem tepla stanovená pro budovu nebo její vytápěnou zónu [W/K];
- A – celková plocha všech ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy nebo její vytápěné zóny na systémové hranici [m²].

Systemová hranice budovy nebo teplotní zóny je tvořena vnějšími povrchy konstrukcí, které oddělují hodnocený vytápěný prostor od venkovního prostředí nebo od sousedních vytápěných zón nebo od nevytápěných prostorů. (ČSN [13] čl. 4.8.15)

Měrná tepelná ztráta prostupem H_T představuje množství tepla, které je odvedeno přestupem z vytápěného prostředí s konstantní teplotou do venkovního prostředí při ustáleném teplotním stavu a rozdílu teplot prostředí 1 K. (ČSN [13] čl. 4.8.20)

Tepelné mosty a tepelné vazby

Tepelný odpor konstrukce R a součinitel prostupu tepla U se stanovuje včetně vlivu tepelných mostů v nich obsažených (ČSN [15] příloha B). **Tepelným mostem** se podle definice uvedené v čl. 4.2.17 ČSN [13] rozumí: „*část dané stavební konstrukce, kde se její tepelný odpor místně významně mění:*

- a) úplným nebo částečným průnikem stavební konstrukce nebo vrstvy materiálu s odlišnou tepelnou vodivostí (konstrukce je tepelně nestejnorodá), nebo stavební konstrukce obsahuje alespoň jednu nestejnorodou vrstvu;*
- b) změnou tloušťek vrstev stavební konstrukce;*
- c) rozdílem mezi vnitřními a vnějšími plochami stavební konstrukce, např. výztužnými žebry.“*

V konstrukci s tepelným mostem dojde v porovnání se stejnou konstrukcí bez tepelného mostu ke zvýšení hustoty tepelného toku a ke snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce. (ČSN [13] poznámka 1 k čl. 4.2.17)

Tepelný most ve smyslu ČSN 73 0540 částí 1 až 4 ovlivňuje výpočetem nebo měřením stanovené tepelné vlastnosti stavebních konstrukcí, proto se vliv tepelného mostu zohledňuje

při výpočtu tepelného odporu konstrukce R a součinitele prostupu tepla U (ČSN [13] čl. 4.2.17). Požadavek na zohlednění tepelných mostů při stanovení součinitele prostupu tepla U a tepelného odporu konstrukce R zajišťuje soulad výpočtových a měřicích hodnot se skutečnými vlastnostmi a chováním konstrukce (ČSN [15] příloha B).

Vzájemný styk dvou nebo více druhů stavebních konstrukcí (např. styk příčky a obvodové konstrukce) ovšem není v rámci norem ČSN 73 0540 části 1 až 4 chápán jako tepelný most, ale jako **tepelná vazba** (ČSN [13] poznámka 2 k čl. 4.2.17).

Tepelná vazba je podle definice uvedené v čl. 4.2.20 ČSN 73 0540-1 [13]: „*rozhraní mezi dvěma a více konstrukcemi, kde tepelný tok v konstrukcích je významně změněn jejich vzájemným působením (tepelně nestejnorodá oblast). Je to zvláštní případ tepelného mostu, odlišný od ostatních svou nepřiraditelností k jediné konstrukci a svým působením až v rámci celého obvodového pláště budovy vnímaného jako systém obvodových konstrukcí se vzájemnými systémovými tepelnými vazbami*“.

Při stanovení tepelného odporu konstrukce R nebo součinitele prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí se vliv tepelných vazeb nezahrnuje. Ve výpočtu měrné ztráty prostupem tepla H_T a průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} vliv tepelných vazeb zahrnut je. (ČSN [13] poznámka 2 k čl. 4.2.20)

Tepelné mosty a tepelné vazby mohou být lineární nebo bodové. Lineární tepelné mosty (vazby) mají shodné řezy v jednom směru (ČSN [13] čl. 4.2.18). Bodové tepelné mosty (vazby) nemají shodné řezy v libovolném směru (ČSN [13] čl. 4.2.19).

Normové požadavky na součinitel prostupu tepla U pro jednotlivé konstrukce

Na základě ustanovení čl. 5.2.1 ČSN 73 0540-2 [10] musí mít konstrukce vytápěných budov v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60$ % součinitel prostupu tepla U menší nebo roven požadované hodnotě součinitele prostupu tepla U_N :

$$U \leq U_N \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (4)$$

Všechny obytné budovy se podle čl. 5.2.1 písm. a) ČSN 73 0540-2 [10] považují za budovy s převážující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} od 18 °C do 22 °C včetně, proto se požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N stanoví podle tabulky¹ č. 2, ve které jsou hodnoty součinitele prostupu tepla U rozděleny na **požadované hodnoty** $U_{N,20}$, **doporučené hodnoty** $U_{rec,20}$ a **doporučené hodnoty pro pasivní budovy** $U_{pas,20}$. Hodnoty doporučené pro pasivní budovy jsou uvedeny intervalem.

Použití hodnot součinitele prostupu tepla je upraveno v článku 5.2 ČSN [10]:

- **požadované hodnoty** se použijí při hodnocení podle zvláštního právního předpisu, jakým je **vyhláška č. 268/2009 Sb.** [1];
- **doporučené hodnoty** se doporučuje užít tam, kde tomu nebrání technické, ekonomické nebo legislativní překážky;
- **doporučené hodnoty pro pasivní domy** se použijí pro předběžný návrh konstrukcí pasivní budovy.

V případě doporučených hodnot pro pasivní budovy se podle čl. 5.2.7 ČSN 73 0540-2 [10] doporučuje použít **zvláště nízké hodnoty** v uvedeném intervalu **pro menší budovy** (např. rodinné domy), **větší hodnoty** v uvedeném intervalu se mohou většinou použít při návrhu **větších a kompaktnějších budov**.

¹ U budov s považující návrhovou vnitřní teplotou jinou než θ_{im} od 18 °C do 22 °C včetně se stanovuje požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N podle čl. 5.2.1 písm. b) ze vztahu: $U_N = U_{N,20} \cdot e_I$, kde e_I je součinitel typu budovy: $e_I = 16/(\theta_{im} - 4)$.

Tabulka č. 2: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu od 18 °C do 22 °C včetně (ČSN [10] tabulka 3, doplněny vysvětlivky)

popis konstrukce	součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	požadované hodnoty	doporučené hodnoty	doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
střecha šikmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,50
strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45	
stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80	
výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50 ²⁾	1,20	0,80 až 0,60
šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40 ⁷⁾	1,10	0,90
dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90
výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,50	2,30	1,70
výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,50	2,30	1,70
šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,60	1,70	1,40

popis konstrukce		součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
		požadované hodnoty	doporučené hodnoty	doporučené hodnoty pro pasivní budovy
		U _{N,20}	U _{rec,20}	U _{pas,20}
lehký obvodový plášť, hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru: $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² A _w je plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu LOP, v m ²	$f_w \leq 0,50$	$0,30 + 1,40 \cdot f_w$	0,20 + f _w	0,15 + 0,85 · f _w
	$f_w > 0,50$	$0,70 + 0,60 \cdot f_w$		
kovový rám výplně otvoru		-	1,80	1,00
nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾		-	1,30	0,90 – 0,70
rám lehkého obvodového pláště		-	1,80	1,20
Poznámky:				
<ol style="list-style-type: none"> 1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31. 12. 2012 připouští hodnota 0,38 W/(m²·K). 2) Nejpozději do 31. 12. 2012 se připouští hodnota 1,70 W/(m²·K). 3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje ochrana na uvedené úrovni. 4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru. 5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy. 6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370. 7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m²·K). 				
Vysvětlivky:				
<ul style="list-style-type: none"> • Jako lehké konstrukce se podle čl. 3.7 ČSN [10] označují: „konstrukce s nízkou tepelnou setrvačností, které mají plošnou hmotnost vrstev (od vnitřního líce k rozhodující tepelněizolační vrstvě včetně) nižší než 100 kg/m²“. • Sousední byty se podle čl. 5.2.3 ČSN [10] považují: <ul style="list-style-type: none"> • za prostory s rozdílem teplot do 5 °C, pokud se jedná o sousední vytápěné byty; • za nevytápěné prostory, pokud nejsou užívány; • za prostory temperované podle tabulky č. 2, pokud se jedná o občasné vytápěné byty. 				

V případě konstrukcí vytápěných budov s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i > 60\%$ se stanoví požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N podle čl. 5.2.10 ČSN 73 0540-2 [10]. V takovém případě se určí hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,\omega}$, která závisí na návrhové teplotě vnitřního vzduchu, návrhové teplotě venkovního vzduchu v zimním období, teplotě rosného bodu a odporu při přestupu tepla. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N je potom rovna menší z hodnot $U_{N,\omega}$ nebo hodnotě součinitele prostupu tepla určeného podle čl. 5.2.1 ČSN 73 0540-2 [10].

Vliv tepelných mostů v konstrukci lze na základě ustanovení čl. 5.2.4 ČSN [10] zanedbat, pokud je jejich souhrnné působení menší nebo rovno 5 % hodnoty součinitele prostupu tepla.

Ve výjimečných případech jako například

- nedostatek prostoru pro umístění dostatečné tloušťky tepelně izolačního souvrství při energetické obnově budov;
- osazení uměleckého díla nebo zvláštního konstrukčního prvku

může nastat situace, kdy není prokazatelně možné dosáhnout odpovídající požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. V takovém případě musí být zvoleno nejlepší možné technické řešení nejméně tak, aby prokazatelně nedocházelo k vadám a poruchám při užívání. (ČSN [10] čl. 5.2.6)

Průměrný součinitel prostupu tepla - požadavky

Na základě požadavku čl. 5.3.1 ČSN [10] musí být průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [$W/(m^2 \cdot K)$] budovy nebo vytápěné zóny menší než požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (5)$$

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanovuje výpočtem pro každý posuzovaný případ pomocí metody referenční budovy, avšak nejvýše je hodnota $U_{em,N}$ rovna příslušné hodnotě uvedené v tabulce č. 3.

Referenční budovou se myslí:

- virtuální budova stejných rozměrů, stejného prostorového uspořádání, stejného účelu a shodného umístění jako budova hodnocená;

- na všech plochách obálky referenční budovy jsou použity konstrukce se součiniteli prostupu tepla právě odpovídajícími příslušné normové požadované hodnotě. (ČSN [10] čl. 5.3.3)

Poněkud odlišně se stanovuje referenční budova u budov, u kterých je součet průsvitných ploch větší než 50 % plochy teplosměnné části obvodových stěn budovy (neprůsvitných i průsvitných, přilehlých k venkovnímu prostředí). Referenční budova bude v takovém případě uvažována s následujícími parametry:

- 50 % plochy teplosměnné části obvodových stěn budovy s požadovanou hodnotou součinitele prostupu tepla výplní otvorů;
- zbývající část s požadovanou hodnotou součinitele prostupu tepla neprůsvitné části obvodového pláště. (ČSN [10] čl. 5.3.3)

Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu $U_{em,N,20}$ referenční budovy se pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně² stanoví podle vztahu:

$$U_{em,N,20} = \frac{\sum(U_{Nj} \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum A_j} + 0,02 \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

- U_{Nj} – odpovídající normová hodnota součinitele prostupu tepla j -té teplosměnné konstrukce podle tabulky č. 2;
- A_j – plocha j -té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů;
- b_j – činitel teplotní redukce³ odpovídající j -té konstrukci; pro výplně otvorů se neuplatňuje zvýšení činitele b o 15 %. (čl. 5.3.4 ČSN 73 0540-2)

U obytných budov se požadovaná hodnota $U_{em,N}$ stanoví podle tabulky č. 3.

Všude tam, kde tomu nebrání technické nebo ekonomické překážky, se má podle čl. 5.3.2 ČSN [10] uplatnit doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,rec}$, která se stanoví podle vztahu:

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (7)$$

² U budov s považující návrhovou vnitřní teplotou jinou než θ_{im} od 18 °C do 22 °C včetně se stanovuje požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$ podle čl. 5.3.1 písm. b ČSN [12] ze vztahu:

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot e_1, \text{ kde } e_1 \text{ je součinitel typu budovy: } e_1 = 16/(\theta_{im} - 4).$$

³ Činitel teplotní redukce b_j je pro konstrukce na systémové hranici roven poměru rozdílu teplot mezi prostředími přilehlými ke konstrukci k poměru základního rozdílu teplot θ_{ie} venkovního a vnitřního prostředí. Základní teplotní rozdíl $\theta_{ie} = \theta_{im} - \theta_e$, kde θ_e je návrhová teplota venkovního prostředí. (ČSN [15] příloha H.2.2)

Tabulka č. 3: Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně (ČSN [10] tabulka 5, upraveno)

	požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ [W/(m ² ·K)]
nové obytné budovy	výsledek výpočtu podle rovnice (6), nejvýše však 0,5
ostatní budovy	výsledek výpočtu podle rovnice (6), nejvýše však hodnota: pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0,2$ $U_{em,N,20} = 1,05$ $A/V > 1,0$ $U_{em,N,20} = 0,45$ pro ostatní budovy A/V $U_{em,N,20} = 0,30 + 0,15 (A/V)$

Hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy $U_{em,pas}$ jsou uvedeny v tabulce A.1 ČSN [10].

Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy lze překročit nejvýše tak, aby prokazatelně nedocházelo k poruchám a vadám při užívání, a to v případech stavebních úprav, udržovacích prací, změn v užívání budov a jiných změnách dokončených budov, pokud není splnění požadavku na dodržení požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy technicky nebo ekonomicky proveditelné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely (čl. 5.3.5 ČSN [10]). U změn staveb se požadavek na dodržení požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla vztahuje pouze na nově vzniklé ucelené části budovy (např. nově vzniklé podlaží, dvorní vestavba), které je možné považovat za samostatné zóny budovy (čl. 5.3.5 ČSN [10]).

Bodové a lineární tepelné vazby - požadavky

Působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi se podle ČSN 73 0540-2 [10] hodnotí:

- u lineárních tepelných vazeb pomocí **lineárního činitele prostupu tepla** Ψ [W/(m·K)];
- u bodových tepelných vazeb pomocí **bodového činitele prostupu tepla** χ [W/K].

Lineární a bodový činitel prostupu tepla představují přídavný tepelný tok, který charakterizuje vliv tepelné vazby na tepelnou propustnost⁴. Lineární a bodový činitel prostupu tepla se stanoví výpočtem uvedeným v části B.7 ČSN [15].

Hodnota lineárního a bodového činitele prostupu tepla může vyjít kladná nebo záporná. Kladná hodnota znamená, že hodnocenou tepelnou vazbou dochází oproti běžné

⁴ Tepelná propustnost L je definována jako „tepelný tok vztahovaný k jednotkovému teplotnímu rozdílu mezi dvěma prostředními oddělenými vrstvou/konstrukcí. V případě kontaktu konstrukce se zemínou se do tepelné propustnosti zahrnuje i tepelný tok prostupující přilehlou zemínou“ (ČSN [13] čl. 4.3.11).

ploše konstrukce k tepelným ztrátám. Záporná hodnota naopak vyjadřuje, že detail konstrukce snižuje tepelné ztráty a zlepšuje tím celkovou energetickou bilanci ([19] str. 17).

Hodnota lineárního a bodového činitele prostupu tepla vazeb mezi konstrukcemi musí být v souladu s ustanovením čl. 5.4.1 ČSN 73 0540-2 [10] menší než jejich požadovaná hodnota:

$$\Psi \leq \Psi_N \quad (8)$$

$$\chi \leq \chi_N \quad (9)$$

Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi (ČSN [10] tabulka 6)

typ lineární tepelné vazby	lineární činitel prostupu tepla [W/(m·K)]		
	požadované hodnoty	doporučené hodnoty	doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	Ψ_N	Ψ_{rec}	Ψ_{pas}
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkon, markýzu či arkýř, vnitřní stěnu a strop (při vnitřní izolaci), aj.	0,20	0,10	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostění a v nadpraží	0,10	0,03	0,01
Střecha navazující na výplň otvoru, např. střešní okno, světlík, poklop výlezu	0,30	0,10	0,02
typ bodové tepelné vazby	bodový činitel prostupu tepla [W/K]		
	χ_N	χ_{rec}	χ_{pas}
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly, apod.) vnější stěnou, podhledem nebo střechou	0,40	0,10	0,02

Splnění požadované normové hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla se v souladu s ustanovením čl. 5.4.2 ČSN 73 0540-2 [10] nemusí hodnotit v případě, že je působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi menší než 5 % nejnižšího součinitele prostupu

tepla navazujících konstrukcí. Taková situace nastává obvykle v případech, kdy hlavní tepelně izolační vrstva⁵ ve stycích mezi konstrukcemi současně:

- navazuje souvisle;
- nemá výrazná zeslabení;
- neprochází jí vodivější prvky (ČSN [10] poznámka 2 k čl. 5.4.2)

3.2.2 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Kritérium nejnižší vnitřní povrchové teploty se používá pro hodnocení rizika růstu plísní a povrchové kondenzace (ČSN [15] příloha A). Splnění požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu je závazným kritériem u stavebních konstrukcí a doporučujícím kritériem u výplní otvorů (ČSN [10] změna Z1).

Nejnižší vnitřní povrchová teplota se stanovuje za předpokladu: ustáleného šíření tepla při zimních návrhových teplotách vnitřního a venkovního vzduchu a pro odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně R_{si} a R_{se} pro výpočet šíření vlhkosti a rizika růstu plísní (ČSN [15] čl. 5.2). Pro výpočet šíření vlhkosti a rizika růstu plísní se podle přílohy J ČSN 73 0540-3 [14] stanovuje:

- $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ pro vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru při nadmořské výšce do 1000 m n. m. v zimě;
- $R_{se} = 0,03 \text{ m}^2 \cdot \text{K} /\text{W}$ pro vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru při nadmořské výšce nad 1000 m n.m. v zimě;
- $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K} /\text{W}$ pro vnitřní povrch stavební konstrukce;
- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} /\text{W}$ pro vnitřní povrch výplně otvoru.

Vnitřní povrchová teplota konstrukce θ_{si} [°C] lze hodnotit také v poměrném tvaru pomocí **teplotního faktoru vnitřního povrchu konstrukce** f_{Rsi} :

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} \quad [-] \quad (10)$$

- θ_{ai} – teplota vnitřního vzduchu [°C];
- θ_e – teplota venkovního vzduchu [°C]. (ČSN [13] čl. 4.3.18)

Na základě požadavku stanového v čl. 5.1.1 ČSN 73 0540-2 [10] musí v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí $\varphi_i \leq 60 \%$ nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce a styků

⁵ „Hlavní tepelně izolační vrstva je vrstva s nejvyšším tepelným odporem ve stavební konstrukci.“ [poznámka 2 k čl. 5.4.2 ČSN 73 0540-2]

konstrukcí vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby byla splněna podmínka:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad [-] \quad (11)$$

- f_{Rsi} – teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce a styků konstrukcí [-]
- $f_{Rsi,N}$ – požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-], kdy platí:
 $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$
 - $f_{Rsi,cr}$ – kritický teplotní faktor vnitřního povrchu [-].

Splnění požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce podle vztahu (5) je prevencí rizika povrchové kondenzace u výplní otvorů a růstu plísní u stavebních konstrukcí (ČSN [10] poznámka k čl. 5.1.1)

Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ se stanovuje pro nejnižší povrchovou teplotu konstrukce (ČSN [13] čl. 4.3.19). Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$, při kterém by vnitřní vzduch s návrhovou relativní vlhkostí φ_i dosáhl u vnitřního povrchu kritické vnitřní povrchové vlhkosti $\varphi_{si,cr}$, se stanoví výpočtem podle čl. 5.1.4 ČSN 73 0540-2 [10]. Kritická vnitřní povrchová vlhkost $\varphi_{si,cr}$ se uvažuje:

- 100 % pro hodnocení rizika orosování u výplní otvorů a případně také lze u stavebních konstrukcí, na jejichž povrchu je prokazatelně a trvale vyloučen růst plísní (např. kovový či skleněný povrch mimo spojovacích či těsnících materiálů s organickými složkami);
- 80 % pro hodnocení rizika růstu plísní u ostatních konstrukcí (ČSN [10] čl. 5.1.4).

Pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50\%$ jsou hodnoty kritického teplotního faktoru vnitřního povrchu f_{Rsi} uvedeny v tabulce č. 5. V tabulce č. 6 jsou dále uvedeny teploty odpovídající kritickému teplotnímu faktoru $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50\%$.

V prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi > 60\%$ musí stavební konstrukce buď splňovat požadavek podle vztahu (5), nebo při splnění požadavků na součinitel prostupu tepla podle čl. 5.2 ČSN 73 0540-2 [10] musí mít zajištěno vyloučení rizika růstu plísní jiným způsobem než podle vztahu (5). Riziko vzniku povrchové kondenzace u stavebních konstrukcí musí být buď zcela vyloučeno, nebo musí být zajištěna bezchybná funkce konstrukce při povrchové kondenzaci a vyloučeno nepříznivé působení kondenzátu na navazující konstrukce (např. zajištěním odvodu kondenzátu). (ČSN [10] čl. 5.1.2).

Pomocí vnitřních povrchových teplot a jim odpovídajících teplotních faktorů f_{Rsi} se obvykle ověřují především kritické detaily, jako jsou například tepelné mosty v konstrukcích

a tepelné vazby mezi konstrukcemi (ČSN [10] čl. 5.1.5). Rozhodující význam má vždy nejnižší zjištěná vnitřní povrchová teplota kritického detailu (ČSN [13] čl. 5.3). Konstrukce s větranou vzduchovou mezerou se hodnotí podle čl. 5.1.6 ČSN [10].

Tabulka č. 5: Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50\%$ (ČSN [10] tabulka 1)

konstrukce	návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{si} [°C]	návrhová venkovní teplota θ_e [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ [-]								
stavební konstrukce	20,0	0,748	0,746	0,744	0,751	0,757	0,764	0,770	0,776	0,781
	20,3	0,750	0,747	0,745	0,752	0,759	0,765	0,771	0,777	0,782
	20,6	0,751	0,749	0,747	0,754	0,760	0,766	0,772	0,778	0,783
	20,9	0,753	0,751	0,748	0,755	0,762	0,768	0,773	0,779	0,784
	21,0	0,753	0,751	0,749	0,756	0,762	0,768	0,774	0,779	0,785
výplň otvoru	20,0	0,647	0,648	0,649	0,649	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
	20,3	0,649	0,650	0,651	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,651
	20,6	0,652	0,653	0,653	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,653
	20,9	0,654	0,655	0,655	0,656	0,656	0,656	0,656	0,655	0,655
	21,0	0,655	0,656	0,656	0,656	0,657	0,657	0,656	0,656	0,655

Tabulka č. 6: Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50\%$ (ČSN [10] tabulka 2)

konstrukce	návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{si} [°C]	návrhová venkovní teplota θ_e [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ [°C]								
stavební konstrukce	20,0	11,68	11,36	11,04	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02
	20,3	11,98	11,62	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
	20,6	12,23	11,92	11,59	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
	20,9	12,53	12,21	11,85	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86
	21,0	12,60	12,29	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96
výplň otvoru	20,0	8,35	8,03	7,72	7,36	7,05	6,70	6,35	6,00	5,65
	20,3	8,61	8,30	7,98	7,67	7,32	6,97	6,62	6,28	5,89
	20,6	8,91	8,59	8,25	7,94	7,59	7,24	6,90	6,55	6,16
	20,9	9,17	8,86	8,51	8,21	7,86	7,52	7,17	6,79	6,44
	21,0	9,27	8,96	8,62	8,27	7,97	7,62	7,24	6,90	6,51

3.2.3 Kondenzace vodních par a bilance vlhkosti v ročním průběhu

Kondenzace vodní páry v konstrukci se hodnotí z hlediska:

- stanovení výskytu kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce;
- stanovení roční bilance zkondenzovaného a vypařitelného množství vodní páry uvnitř konstrukce.

Stanovení výskytu kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce

„Stanovením výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci se hodnotí **riziko ohrožení požadované funkce konstrukce a jejích materiálů působením zkondenzované vlhkosti za nejméně příznivých zimních podmínek.**“ (ČSN [15] příloha D)

Ohrožením požadované funkce konstrukce je obvykle: změna statických vlastností konstrukce, degradace materiálu konstrukce, podstatné zkrácení životnosti konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce vedoucí k růstu plísní. (ČSN [10] poznámka k čl. 8.1)

Požadavky na množství vodní páry uvnitř stavební konstrukce M_c [kg/(m²·rok)] jsou stanoveny v čl. 6.1.1 a čl. 6.1.2 ČSN 73 0580-2 [10] následovně:

- ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce nesmí dojít u stavebních konstrukcí, u kterých by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c mohla ohrozit jejich požadovanou funkci; zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce M_c tedy musí splňovat podmínku uvedenou v čl. 6.1.1 ČSN 73 0540-2 [10]

$$M_c = 0 \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})] \quad (12)$$

- u ostatních konstrukcí je množství vodní páry uvnitř stavební konstrukce M_c omezeno podmínkou stanovenou v čl. 6.1.2 ČSN 73 0540-2 [10]:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})] \quad (13)$$

- $M_{c,N}$ – maximální požadované množství vodní páry uvnitř stavební konstrukce $M_{c,N}$ se stanoví podle tabulky č. 7.

Tabulka č. 7: Stanovení $M_{c,N}$ (sestaveno na základě požadavků uvedených v čl. 6.1.2 ČSN [10])

popis konstrukce		$M_{c,N}$ [kg/(m ² ·a)] je nižší z hodnot
<ul style="list-style-type: none">• jednoplášťová střecha• konstrukce se zabudovanými dřevěnými prvky• konstrukce s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem• popř. jiná obvodová konstrukce s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami	0,10	<ul style="list-style-type: none">• 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m³• 6 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost menší nebo rovna 100 kg/m³
<ul style="list-style-type: none">• ostatní stavební konstrukce	0,50	<ul style="list-style-type: none">• 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m³• 10 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost ≤ 100 kg/m³

Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry se ověřuje u konstrukcí, uvnitř kterých nastane kondenzace vodní páry (ČSN [15] poznámka k čl. D.4) a je u nich podle čl. 6.1.2 ČSN [10] připuštěno omezené roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce. V souladu s ustanovením čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10] musí být roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c [kg/m²·rok] nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce M_{ev} [kg/m²·rok]:

$$M_c < M_{ev} \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})] \quad (14)$$

Požadavky podle čl. 6.1.2 a 6.2 ČSN 73 0540-2 [10] se dle čl. 6.3 ČSN 73 0540-2 [10] prokazují bilančním výpočtem podle ČSN EN ISO 13788 [20] a je připuštěn také výpočet podle ČSN 73 0540-4 [15]. V případě, že je proveden výpočet podle ČSN EN ISO 13788 [20] i podle ČSN 73 0540-4 [15], srovnává se s požadavky uvedenými v čl. 6.1.2 a 6.2 ČSN 73 0540-2 [10] méně příznivý výsledek (ČSN [10], čl. 6.3). Při hodnocení kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce podle kapitoly č. 6 ČSN 73 0540-2 [10] se uvažuje vnitřní návrhová vlhkost vzduchu s bezpečnostní přírážkou 5 % (ČSN [10] poznámka č. 3 k čl. 6.1.1).

3.2.4 Průvzdušnost konstrukce a spár mezi konstrukcemi

Průvzdušnost je definována v čl. 4.5.3 ČSN 73 0540-1 [13] jako: „*naměřené množství vzduchu v m³, které projde za jednotku času stavební konstrukcí, stavebním dílcem, konstrukčním stykem nebo funkční spárou uzavřené nebo uzamčené výplně otvoru při daném rozdílu statických tlaků vzduchu působících na jeho vnitřní a vnější straně a při daném atmosférickém tlaku vzduchu p_a , teplotě vzduchu θ_a a relativní vlhkosti vzduchu φ_a .*“

Požadavky na průvzdušnost lze rozdělit na:

- průvzdušnost spár a netěsností;
- celkovou průvzdušnost obálkou budovy.

Požadavky na průvzdušnost spár a netěsností jsou uvedeny v čl. 7.1.1 a 7.1.2 ČSN 73 0540-2 [10]. Kromě funkčních spár výplní otvorů a funkčních spár lehkých obvodových plášťů se v obvodových konstrukcích nepřipouští netěsnosti a neutěsňené spáry.

V souladu s ustanovením čl. 7.1.4 ČSN 73 0540-2 [10] se celková průvzdušnost obálky budovy nebo její ucelené části ověřuje experimentálně pomocí celkové intenzity

výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa. V ČSN [10] v čl. 7.1.4 je doporučeno splnění podmínky:

$$n_{50} \leq n_{50,N}, \quad (15)$$

- $n_{50,n}$ – doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakové rozdílu 50 Pa v h^{-1} , která se stanoví podle tabulky č. 8.

Tabulka č. 8: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ (ČSN [10] tabulka 10)

větrání v budově	doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [h^{-1}]	
	úroveň I	úroveň II
přirozené nebo kombinované	4,5	3,0
nucené	1,5	1,2
nucené se zpětným získáním tepla	1,0	0,8
nucené se zpětným získáním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy)	0,6	0,4

V tabulce č. 8 jsou hodnoty $n_{50,N}$ rozděleny na úroveň I a II, přičemž se hodnoty na úrovni I doporučuje splnit vždy a hodnoty na úrovni II je doporučeno splnit přednostně (ČSN [10] čl. 7.1.4). V případě, že nejsou hodnoty n_{50} zjištěny měřením, použijí se jako projektový předpoklad pro určení energetické náročnosti budovy doporučené hodnoty na úrovni I podle tabulky č. 8 (ČSN [10] poznámka 1 k čl. 7.1.4). Celková neprůvzdušnost obálky budovy se stanovuje experimentálně, neboť závisí na skutečné kvalitě realizovaných vzduchotěsnících opatření na konkrétní stavbě.

ČSN [10] v čl. 7.1.5 dále doporučuje, aby průvzdušnost místností s nuceným větráním nebo klimatizací byla velmi malá a až na výjimky splňovala požadavek:

$$n \leq 0,05 h^{-1} \quad (16)$$

- n je výpočtem stanovená intenzita přirozené výměny vzduchu bez započtení funkce větracího nebo klimatizačního zařízení, [h^{-1}].

3.2.5 Tepelná stabilita v zimním a letním období

Tepelná stabilita se posuzuje pro zimní a letní období. Dodržení požadavků na tepelnou stabilitu místnosti:

- v **zimním období** „vede k návrhu kritické místnosti s dostatečnou schopností zachovat si přiměřenou vnitřní teplotu při nízkých venkovních teplotách i bez dodávky tepla“ ([18] str. 19);

- v **letním období** „vede k návrhu kritické místnosti s dostatečnou schopností zachovat si přiměřenou vnitřní teplotu při vysokých venkovních teplotách a oslunění bez energeticky náročné klimatizace, popř. ke snížení energetické náročnosti klimatizace“ ([18] str. 19).

Kritické místnosti pro posouzení tepelné stability místnosti v zimním a letním období nemusí být shodné. **Kritickou místností pro stanovení tepelné stability místnosti v zimním období** je místnost s nejvyšším průměrným součinitelem prostupu tepla konstrukcí místnosti, např. rohová místnost pod střechou (ČSN [10] poznámka 1 k čl. 8.1.1). **Kritickou místností pro posouzení tepelné stability místnosti v letním období** je místnost, která má největší plochu přímo osluněných výplní otvorů orientovaných na západ, jihozápad, jih, jihovýchod nebo východ v poměru k podlahové ploše místnosti (ČSN [10] poznámka 1 k čl. 8.2.1).

Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období

Posouzením **tepelné stability místnosti v zimním období** se zjišťuje, zda se po přerušení dodávky energie na vytápění po určitý čas sníží teplota v kritické místnosti v dovoleném rozmezí. Hodnotícím kritériem tepelné stability v zimním období je podle čl. 8.1.1 ČSN 73 0540-2 [10] **pokles výsledné teploty kritické místnosti (vnitřního prostoru) v zimním období** $\Delta\theta_{v,N}(t)$ ve °C **na konci doby chladnutí** t . Norma 73 0540-2 [10] požaduje, aby platilo:

$$\Delta\theta_{v,N}(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (17)$$

- $\Delta\theta_{v,N}(t)$ je požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty místnosti v zimním období [°C].

Hodnoty $\Delta\theta_{v,N}(t)$ požadované normou ČSN 73 0540-2 jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{v,N}(t)$ (ČSN [10] tabulka 11)

druh místnosti (prostoru)	pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{v,N}(t)$ [°C]
s pobytem lidí po přerušení vytápění	
• při vytápění radiátory	3
• při vytápění kamny a podlahovém vytápění	4
bez pobytu lidí po přerušení vytápění	
• při přerušení vytápění topnou přestávkou	
○ budova masivní	6
○ budova lehká	8
při předepsané nejnižší výsledné teplotě $\theta_{v,min}$	$\theta_i - \theta_{v,min}$
• při skladování potravin	$\theta_i - 8$
• při nebezpečí zamrznutí vody	$\theta_i - 1$
• nádrže s vodou (teplota vody)	$\theta_i - 1$

Tepelná stabilita místnosti v letním období

Tepelná stabilita místnosti v letním období se posuzuje podle čl. 8.2.1 ČSN 73 0540-2 [10] pomocí **nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období** $\theta_{ai,max}$ ve °C, která musí být v kritické místnosti (vnitřním prostoru) menší nebo rovna požadované hodnotě nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ ve °C:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (18)$$

U nevýrobních budov je v kritické místnosti (vnitřním prostoru) požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max,N}$ rovna 27,0 °C a platí:

$$\theta_{ai,max} \leq 27 \text{ °C} \quad (19)$$

U obytných budov norma ČSN 73 0540-2 [10] připouští překročení požadované hodnoty $\theta_{ai,max,N}$ nejvíce o 2 °C se souvislou dobou nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí (ČSN [10], tabulka 12).

Pro budovy, které jsou vybaveny strojním chlazením, je stanovena v čl. 8.2.3 ČSN 73 0540-2 [10] podmínka nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období

$$\theta_{ai,max} \leq 32 \text{ °C} \quad (20)$$

Stanovení tohoto požadavku u budov se strojním chlazením zajišťuje, aby budova byla alespoň částečně použitelná při havarijní situaci, kdy by chlazení budovy částečně nebo vůbec nefungovalo (ČSN [10] poznámka 1 k čl. 8.2.3). Nesplnění tohoto požadavku je normou [10] připuštěno jen výjimečně, pokud se prokáže, že jeho splnění není technicky možné nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provoz (ČSN [10] čl. 8.2.3).

3.2.6 Dotyková teplota podlahy

Při dotyku chladnějšího povrchu stavební konstrukce a mírně chráněného lidského těla je stavební konstrukcí odnímáno teplo, jehož množství se hodnotí pomocí **poklesu dotykové teploty** $\Delta\theta_{10}$ ve °C. Obvykle se pokles dotykové teploty posuzuje pro podlahy, ale tímto kritériem lze hodnotit také například vnější stěnu, ke které přiléhá lůžko. (ČSN 73 0540-4 čl. 7.1)

Podlahy lze rozdělit na teplé a studené. U teplých podlah dochází po počátečním poklesu teploty nohy v prvních okamžicích dotyku k postupnému vzestupu teploty nohy. Naopak u studených podlah pokračuje pokles teploty i v dalších minutách dotyku. ([21], str. 11)

ČSN 73 0540-2 [10] v čl. 5.5.1 uvádí čtyři kategorie podlah z hlediska požadovaného poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10,N}$ ve °C – viz tabulka č. 10.

Tabulka č. 10: Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10,N}$ (ČSN [10] tabulka 7)

kategorie podlahy	pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10,N}$ [°C]
I. velmi teplé	do 3,8 včetně
II. teplé	do 5,5 včetně
III. méně teplé	do 6,9 včetně
IV. studené	od 6,9

Zatřídění podlah do odpovídající kategorie se provádí podle čl. 5.5.2 ČSN 73 0540-2 [10] na základě splnění podmínky poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ ve °C:

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N} \quad (21)$$

Splnění tohoto požadavku se nemusí na základě ustanovení čl. 5.5.2 ČSN 73 0540-2 [10] ověřovat u podlah:

- s celoplošnou nášlapnou vrstvou z textilní podlahoviny a nebo
- s povrchovou teplotou trvale vyšší než 26°C.

Tyto podlahy se podle čl. 5.5.2 ČSN 73 0540-2 [10] zařazují do kategorie I podle tabulky č. 10.

Z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy jsou v ČSN 73 0540-2 [10] v tabulce 8 stanoveny požadované a doporučené kategorie podlah podle účelu budovy a místnosti (v této práci jsou v tabulce č. 11 uvedeny pouze hodnoty pro obytné budovy). V případě, že účel místnosti není v tabulce uveden, použijí se pro posouzení hodnoty pro obdobný účel místnosti. (čl. 5.5.3 ČSN [10])

Tabulka č. 11: Kategorie podlah – požadované a doporučené hodnoty (ČSN [10] tabulka 8, zkráceno pouze pro obytné budovy)

druh budovy	účel místnosti	kategorie podlahy	
		požadovaná	doporučená
obytná budova	dětský pokoj, ložnice	I.	
	obývací pokoj, pracovna, předsíň sousedící s pokoji, kuchyň	II.	I.
	koupelna, WC	III.	II.
	předsíň před vstupem do bytu	IV.	III.

3.3 APLIKACE

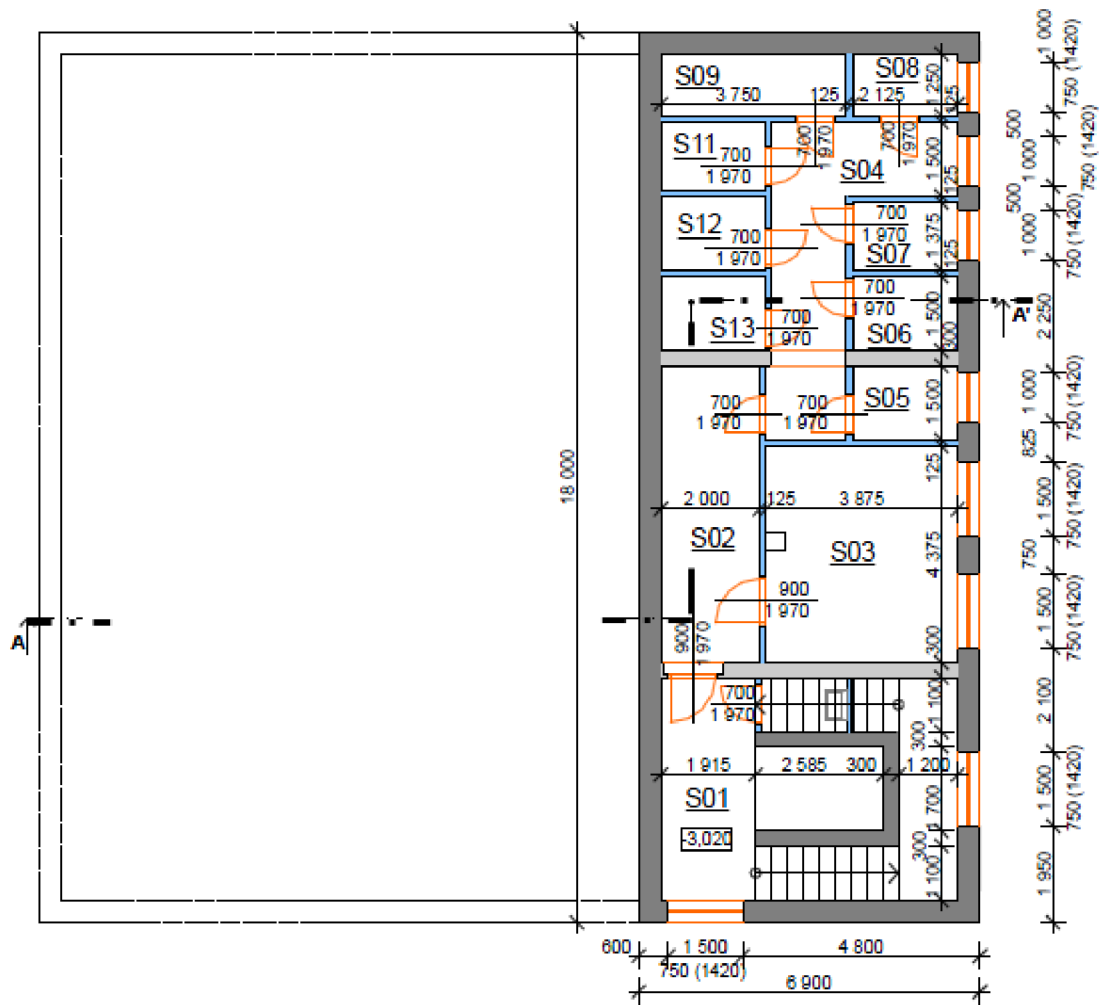
3.3.1 Návrh bytového domu

V následující části práce budou jednotlivé tepelně technické požadavky na stavby přiblíženy pomocí objektu bytového domu. Jedná se o stavbu obdélníkového půdorysu o rozměrech 19 m × 18 m a výšce 10,495 m (vzhledem k horní úrovni podlahy 1. nadzemního podlaží), přičemž rozměry jsou pouze přibližné a musely by se upravovat v závislosti na konkrétních návrhových podmínkách jednotlivých konstrukčních systémů. Stavba má 3 nadzemní podlaží a je částečně podsklepená. Stavba bude založená na základových pasech. Skladba svislých konstrukcí objektu, stropů a podlah bude uvažována variantně a je popsána v jednotlivých částech práce. Střecha je uvažována jako plochá jednoplášťová. Schodiště je monolitické přímé dvouramenné. V prostoru schodišťového zrcadla je navržen výtah KONE MONOSPACE R5.

Dispozice objektu je znázorněna na obrázcích č. 2, 3, 4, 5. V suterénu jsou situovány sklepy, technická a úklidová místnost. V 1. nadzemním podlaží jsou navrženy 2 byty. 2. a 3. nadzemní podlaží jsou dispozičně shodná a v každém z nich se nacházejí 3 byty.

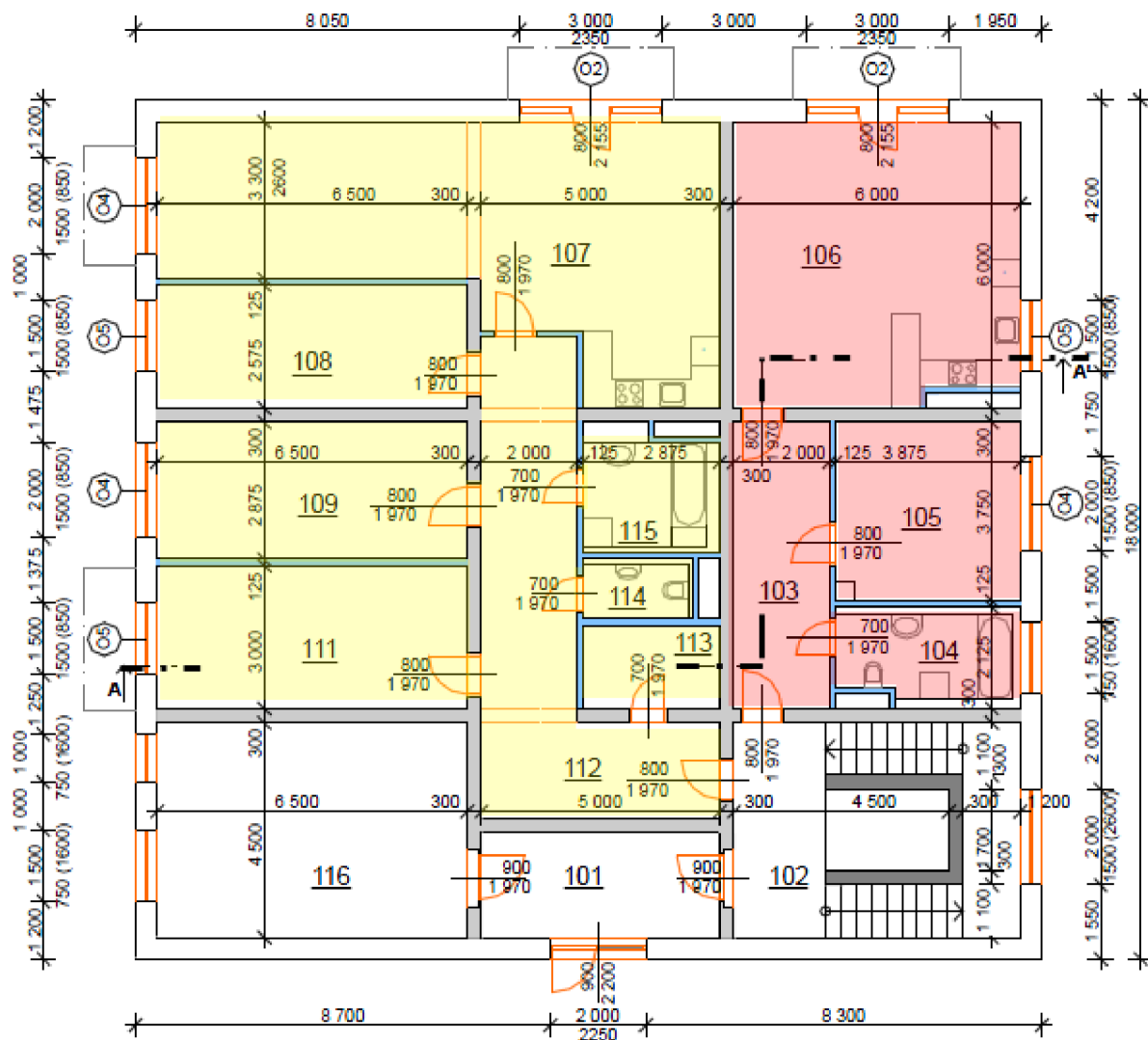
Orientace objektu bytového domu ke světovým stranám bude upravována podle potřeb jednotlivých dále uvedených příkladů.

Při návrhu objektu byly dodrženy požadavky vyhlášky č. 268/2009 Sb. na bytové domy a další ustanovení příslušné legislativy a technických norem.



Společné prostory – suterén			Sklepy		
S01	chodba, schodiště, výtah	37,60 m ²	S05	sklep	3,28 m ²
S02	chodba	12,00 m ²	S06	sklep	3,19 m ²
S03	technická místnost	16,95 m ²	S07	sklep	2,92 m ²
S04	chodba	13,82 m ²	S08	sklep	2,66 m ²
			S09	sklep	4,69 m ²
			S11	sklep	2,92 m ²
			S12	sklep	3,19 m ²
			S13	sklep	3,19 m ²

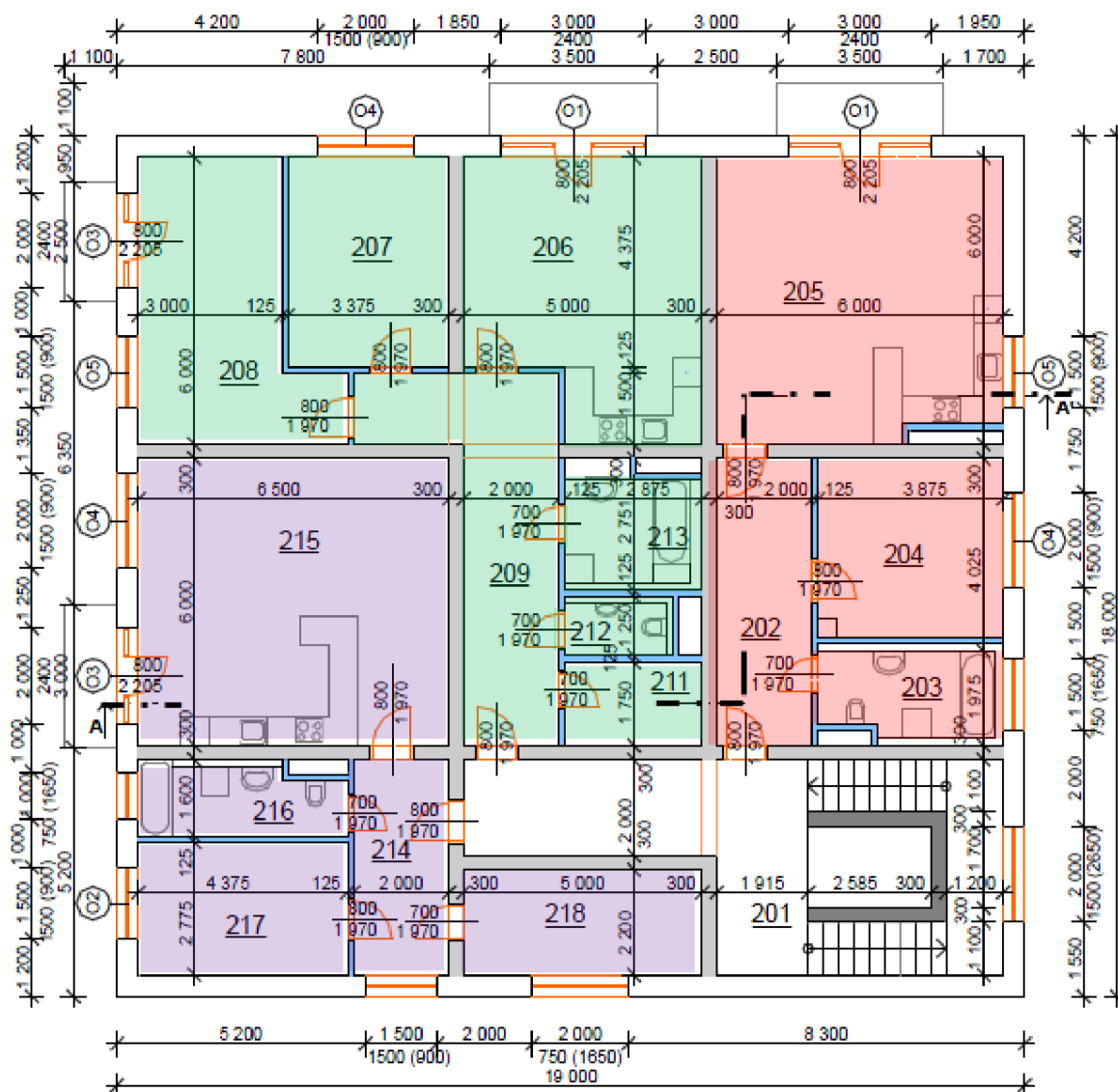
Obrázek č. 2: Schéma půdorysu suterénu



Společné prostory		
101	zádveř	11,00 m ²
102	chodba, schodiště, výtah	27,00 m ²
116	kočárkárna	29,25 m ²
Byt č. 1		
103	chodba	12,00 m ²
104	koupelna + WC	6,39 m ²
105	ložnice	14,38 m ²
106	obývací pokoj a kuchyňský kout	35,11 m ²

Byt č. 2		
107	obývací pokoj a kuchyňský kout	48,99 m ²
108	pokoj	17,14 m ²
109	pokoj	18,69 m ²
111	ložnice	19,50 m ²
112	chodba	26,20 m ²
113	šatna	5,03 m ²
114	WC	2,51 m ²
115	koupelna	6,15 m ²

Obrázek č. 3: Schéma půdorysu 1. nadzemního podlaží



**Společné prostory – 2. nadzemní podlaží
(Společné prostory – 3. nadzemní podlaží)**

201 (301)	chodba, schodiště, výtah	37,60 m ²
-----------	-----------------------------	----------------------

**Byt č. 3 – 2. nadzemní podlaží
(Byt č. 6 – 3. nadzemní podlaží)**

202 (302)	chodba	12,00 m ²
203 (303)	koupelna + WC	6,39 m ²
204 (304)	ložnice	14,38 m ²
205 (305)	obývací pokoj a kuchyňský kout	35,11 m ²

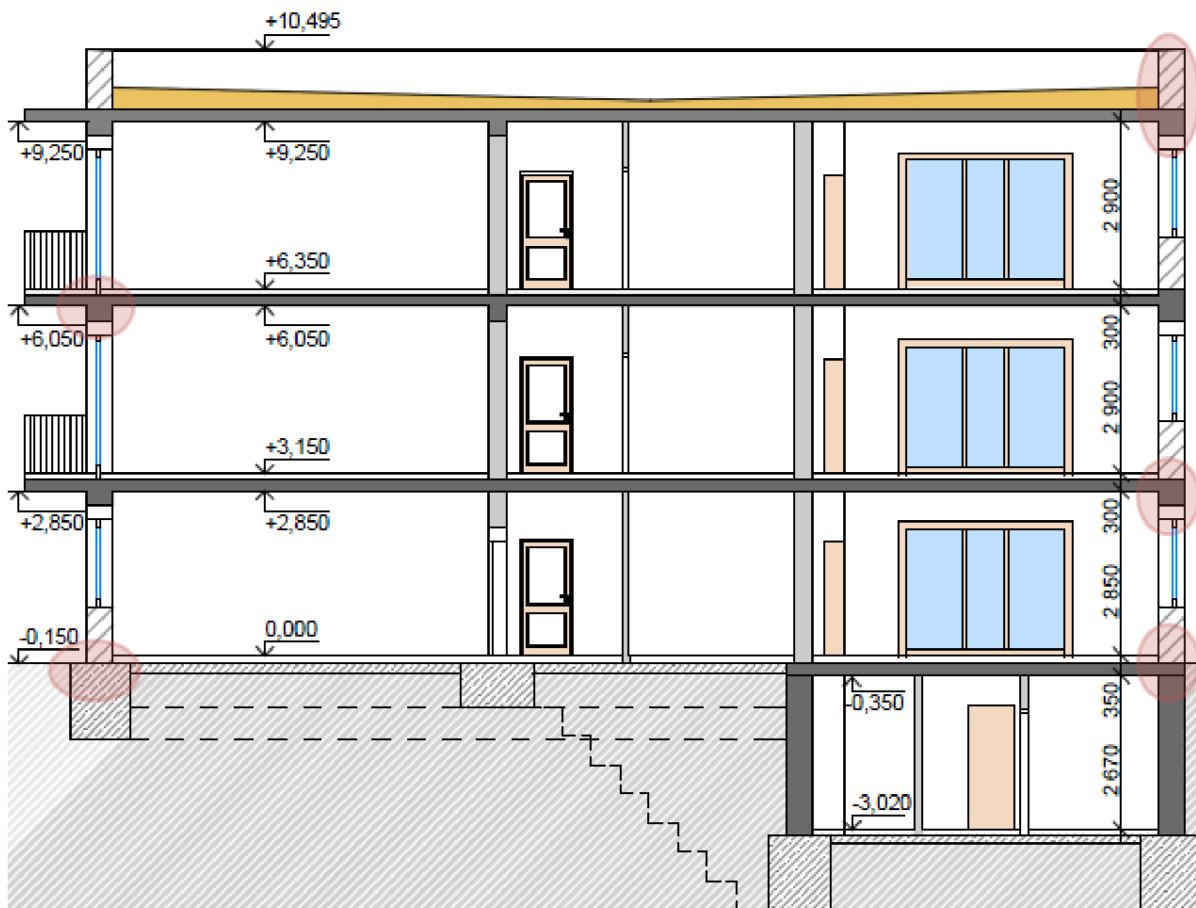
**Byt č. 4 – 2. nadzemní podlaží
(Byt č. 7 – 3. nadzemní podlaží)**

206 (306)	obývací pokoj a kuchyňský kout	26,55 m ²
207 (307)	pokoj	15,04 m ²
208 (308)	ložnice	20,06 m ²
209 (309)	chodba	19,05 m ²
211 (311)	šatna	5,03 m ²
212 (312)	WC	2,51 m ²
213 (313)	koupelna	6,15 m ²

**Byt č. 5 – 2. nadzemní podlaží
(Byt č. 8 – 3. nadzemní podlaží)**

214 (314)	chodba	9,28 m ²
215 (315)	obývací pokoj a kuchyňský kout	39,00 m ²
216 (316)	koupelna + WC	5,97 m ²
217 (317)	ložnice	12,14 m ²
218 (318)	šatna	11,00 m ²

Obrázek č. 4: Schéma půdorysu 2. a 3. nadzemního podlaží



Obrázek č. 5: Schematický řez A-A' bytovým domem

3.3.2 Součinitel prostupu tepla, skladby konstrukcí

Při návrhu konstrukcí z hlediska hodnoty jejich součinitele prostupu tepla U je nutné vědět, zda konstrukce odděluje venkovní a vnitřní prostředí, vnitřní prostředí o různých návrhových teplotách, vnitřní prostředí o shodných návrhových teplotách nebo zda je konstrukce přilehlá k zemině. Požadavky na hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulce č. 2.

V hodnoceném bytovém domě se uvažuje:

- suterén a místnosti č. 101 a 116 jsou nevytápěné;
- prostor chodby se schodištěm a místnosti č. 218 a 318 jsou temperované;
- převažující návrhová vnitřní teplota v bytech: 20,6 °C.

Na navržený objekt bytového domu se vztahují požadavky na součinitel prostupu tepla U pro: konstrukce oddělující venkovní a vnitřní prostředí (obvodové stěny), konstrukce oddělující vnitřní vytápěný a nevytápěný prostor (strop mezi suterénem a byty, strop mezi kočárkárnou a bytem, stěna mezi kočárkárnou a bytem), konstrukce oddělující vnitřní

vytápěný prostor a temperovaný prostor (stěny mezi byty a chodbou se schodištěm), konstrukce mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně (stropy a stěny mezi byty), podlaha přilehlá k zemině (podlaha u nepodsklepené části 1. nadzemního podlaží), plochá střecha, výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, výplň otvoru z vytápěného do temperovaného prostoru.

Návrhy skladeb konstrukcí budou hodnoceny v závislosti na dosažené hodnotě součinitele prostupu tepla U podle kritérií uvedených v ČSN 73 0540-2 [10] a která jsou shrnuta v tabulce č. 12. V tabulkách č. 15, č. 16, č. 17, č. 19, č. 21, č. 22 a č. 24 je použito barevné odlišení, které je blíže popsáno v tabulce č. 12.

Tabulka č. 12: Hodnocení součinitele prostupu tepla U

kritérium	slovní hodnocení
$U > U_{N,20}$	konstrukce nesplňuje požadavky ČSN 73 0540-2 [10] na hodnotu součinitele prostupu tepla
$U_{rec,20} < U \leq U_{N,20}$	konstrukce splňuje požadavky ČSN 73 0540-2 [10] na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$, ale není navržena na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ podle ČSN 73 0540-2 [10]
$U_{pas,20} < U \leq U_{rec,20}$	konstrukce splňuje požadavky ČSN 73 0540-2 [10] na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ i $U_{rec,20}$, ale není navržena na hodnotu součinitele prostupu tepla pro pasivní domy $U_{pas,20}$ podle ČSN 73 0540-2 [10]
$U \leq U_{pas,20}$	konstrukce splňuje požadavky ČSN 73 0540-2 [10] na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$, $U_{rec,20}$ i $U_{pas,20}$ (konstrukce pro pasivní domy) <ul style="list-style-type: none"> $U_{pas,20}$ – vyšší hodnota v intervalu uvedeném ČSN 73 0540-2 [10] $U_{pas,20}$ – nižší hodnota v intervalu uvedeném ČSN 73 0540-2 [10]

Obvodové stěny

Nosná část obvodových stěn bytového domu je uvažována v tloušťce 300 mm variantně z:

- keramických tvárnic typu Therm (např. Porotherm, Heluz, Keratherm) – ve výpočtu uvažováno s tvárnicemi Porotherm 30 P+D;
- vápenopískových tvárnic (např. Silka, KM Beta, Kalksandstein) – ve výpočtu uvažováno se Silka S 12-1800;
- pórobetonových tvárnic (např. Ytong, Profix, H+H) – ve výpočtu uvažováno s Ytong P6-650;
- tvárnic z lehčeného betonu (např. tvárnice Liapor) – ve výpočtu uvažováno s Liapor M 300/12/1200;
- monolitické z železobetonu.

Tabulka č. 13: Vybrané vlastnosti materiálů nosné části obvodových stěn

materiál	keramické tvárnice typu Therm	vápeno-pískové tvárnice	pórobetonové tvárnice	tvárnice z liaporbetonu	železobeton
specifikace	Porotherm 30 P+D	Silka S 12-1800	Ytong P6-650	Liapor M 300/12/1200	monolitický železobeton
technický podklad	[22] str. 106 - 107	[23] str. 37	[23] str. 7	[24] str. 28	-
tloušťka stěny bez zateplení omítek [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
objemová hmotnost [kg/m ³]	850	1800	650	1200	2500
plošná hmotnost m' [kg/m ²]	255	540	195	360	750
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,25	0,81	0,17	0,32	1,74

ČSN 73 0540-2 [10] stanovuje na hodnotu součinitele prostupu tepla U vnější stěny tyto požadavky:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro těžké stěny: $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro lehké stěny: $U_{rec,20} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,18 - 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U_{rec} se stanoví na základě plošné hmotnosti vrstev od vnitřního líce k rozhodující tepelně izolační vrstvě. Pro splnění tepelně technických požadavků je uvažováno zateplení kontaktním zateplovacím systémem (ETICS) obvodových stěn z vnější strany. Vzhledem k volbě zateplení stěn z vnější strany, bude pro určení plošné hmotnosti vrstev od vnitřního líce k rozhodující tepelně izolační vrstvě podstatná plošná hmotnost nosné části obvodové stěny. Nejmenší objemovou hmotnost z navržených materiálů obvodových stěn mají pórobetonové tvárnice, jejichž objemová hmotnost činí $650 \text{ kg}/\text{m}^3$ a plošná hmotnost tedy je: $650 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,3 \text{ m} = 195 \text{ kg}/\text{m}^2$. Lehké stěny se uvažují do plošné hmotnosti $100 \text{ kg}/\text{m}^2$, proto se budou navržené obvodové stěny uvažovat podle čl. 3.7 ČSN 73 0540-2 [10] jako těžké konstrukce a platí pro ně doporučená hodnota pro těžké stěny $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Jsou uvažovány dvě varianty kontaktního zateplení stěn podle tabulky č. 14. V první variantě je uvažováno s klasickým bílým fasádním polystyrenem EPS-F a ve druhé variantě se stále častěji používaným šedým grafitovým polystyrenem. Tyto dva tepelné izolanty se liší hodnotou součinitele tepelné vodivosti λ , která je u navržené skladby uvažována u polystyrenu EPS-F hodnotou $\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ a u grafitového polystyrenu hodnotou $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Účelem návrhu a následného porovnání těchto dvou skladeb je

zhodnocení, jaká tloušťka uvedených tepelných izolací je potřebná pro dosažení stejné hodnoty součinitele prostupu tepla.

V tabulkách č. 15 a č. 16 jsou uvedeny hodnoty součinitele prostupu tepla v závislosti na použitém materiálu obvodových stěn a zvolené tloušťce tepelného izolantu při zateplení stěn kontaktním zateplovacím systémem (ETICS) s tepelnou izolací z:

- fasádního polystyrenu EPS-F se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ – viz tabulka č. 15;
- grafitového (šedého) polystyrenu se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ – viz tabulka č. 16.

Při stanovení součinitele prostupu tepla v tabulkách č. 15 a č. 16 bylo uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok) $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnější straně $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$;
- skladby konstrukcí podle tabulky č. 14;
- korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů způsobených kotvením izolace $\Delta U = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Tabulka č. 14: Skladba obvodových stěn

varianta č. 1 – tepelná izolace: fasádní polystyren EPS-F			
č.	materiál	tloušťka [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]
1	omítka Baumit MPI 25	0,01	0,47
2	zdivo, železobeton	0,3	v závislosti na materiálu
3	lepící stěrka	0,004	0,8
4	tepelná izolace: fasádní polystyren EPS-F	závisí na požadované hodnotě součinitele prostupu tepla	
5	lepící stěrka + výztužná sklotextilní síťovina	0,004	0,8
6	silikonová omítka	0,003	0,7
varianta č. 2 – tepelná izolace: grafitový polystyren			
č.	materiál	tloušťka [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]
1	omítka Baumit MPI 25	0,01	0,47
2	zdivo, železobeton	0,3	v závislosti na materiálu
3	lepící stěrka	0,004	0,8
4	tepelná izolace: grafitový polystyren	závisí na požadované hodnotě součinitele prostupu tepla	
5	lepící stěrka + výztužná sklotextilní síťovina	0,004	0,8
6	silikonová omítka	0,003	0,7

Tabulka č. 15: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] obvodových stěn v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 W/(m \cdot K)$)

materiál	keramické tvárnice	vápenopískové tvárnice	pórobetonové tvárnice	tvárnice z liaporbetonu	železobeton	
tloušťka stěny ¹⁾ [m]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
λ [$W/(m \cdot K)$]	0,25	0,81	0,17	0,32	1,74	
tloušťka tepelné izolace d [m]	0,00 ²⁾	0,72	1,77	0,51	0,88	2,72
	0,01	0,62	1,22	0,47	0,73	1,60
	0,02	0,54	0,94	0,42	0,62	1,14
	0,03	0,48	0,76	0,39	0,54	0,89
	0,04	0,43	0,64	0,35	0,48	0,73
	0,05	0,39	0,56	0,33	0,43	0,62
	0,06	0,36	0,49	0,31	0,39	0,54
	0,07	0,33	0,44	0,29	0,36	0,48
	0,08	0,31	0,40	0,27	0,33	0,43
	0,09	0,29	0,37	0,25	0,31	0,39
	0,10	0,27	0,34	0,24	0,29	0,36
	0,11	0,26	0,31	0,23	0,27	0,33
	0,12	0,24	0,29	0,22	0,26	0,31
	0,13	0,23	0,28	0,21	0,24	0,29
	0,14	0,22	0,26	0,20	0,23	0,27
	0,15	0,21	0,25	0,19	0,22	0,26
	0,16	0,20	0,23	0,18	0,21	0,24
	0,17	0,19	0,22	0,18	0,20	0,23
	0,18	0,19	0,21	0,17	0,19	0,22
	0,19	0,18	0,20	0,17	0,19	0,21
	0,20	0,17	0,20	0,16	0,18	0,20
	0,21	0,17	0,19	0,16	0,17	0,19
	0,22	0,16	0,18	0,15	0,17	0,19
	0,23	0,16	0,17	0,15	0,16	0,18
	0,24	0,15	0,17	0,14	0,16	0,17
	0,25	0,15	0,16	0,14	0,15	0,17
	0,26	0,14	0,16	0,14	0,15	0,16
	0,27	0,14	0,15	0,13	0,14	0,16
	0,28	0,14	0,15	0,13	0,14	0,15
	0,29	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15
	0,30	0,13	0,14	0,12	0,13	0,14
	0,31	0,13	0,14	0,12	0,13	0,14
	0,32	0,12	0,13	0,12	0,13	0,14
	0,33	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13
	0,34	0,12	0,13	0,11	0,12	0,13
	0,35	0,12	0,12	0,11	0,12	0,13
0,36	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	

Poznámka:

Hodnoty součinitele prostupu tepla U pro těžké vnější stěny dle ČSN [10]:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,30 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,25 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,18 - 0,12 W/(m^2 \cdot K)$

Vysvětlivky:

- ¹⁾ tloušťka stěny bez omítek a zateplení;
- ²⁾ skladba je uvažována podle tabulky č. 14 varianty č. 1 bez vrstev č. 3 až 5

Tabulka č. 16: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] obvodových stěn v závislosti na tloušťce d [m] grafitového polystyrenu ($\lambda = 0,032 W/(m \cdot K)$)

materiál	keramické tvárnice	vápenopískové tvárnice	pórobetonové tvárnice	tvárnice z liaporbetonu	železobeton	
tloušťka stěny ¹⁾ [m]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
λ [$W/(m \cdot K)$]	0,25	0,81	0,17	0,32	1,74	
tloušťka tepelné izolace d [m]	0,00 ²⁾	0,72	1,77	0,51	0,88	2,72
	0,01	0,60	1,15	0,46	0,71	1,47
	0,02	0,51	0,85	0,41	0,59	1,02
	0,03	0,45	0,68	0,36	0,50	0,78
	0,04	0,40	0,57	0,33	0,44	0,63
	0,05	0,36	0,49	0,30	0,39	0,54
	0,06	0,32	0,43	0,28	0,35	0,46
	0,07	0,30	0,38	0,26	0,32	0,41
	0,08	0,28	0,35	0,24	0,29	0,37
	0,09	0,26	0,32	0,23	0,27	0,33
	0,10	0,24	0,29	0,22	0,25	0,31
	0,11	0,23	0,27	0,20	0,24	0,28
	0,12	0,21	0,25	0,19	0,22	0,26
	0,13	0,20	0,24	0,19	0,21	0,25
	0,14	0,19	0,22	0,18	0,20	0,23
	0,15	0,18	0,21	0,17	0,19	0,22
	0,16	0,18	0,20	0,16	0,18	0,21
	0,17	0,17	0,19	0,16	0,17	0,20
	0,18	0,16	0,18	0,15	0,17	0,19
	0,19	0,16	0,17	0,15	0,16	0,18
	0,20	0,15	0,17	0,14	0,16	0,17
	0,21	0,15	0,16	0,14	0,15	0,16
	0,22	0,14	0,15	0,13	0,14	0,16
	0,23	0,14	0,15	0,13	0,14	0,15
	0,24	0,13	0,14	0,13	0,14	0,15
	0,25	0,13	0,14	0,12	0,13	0,14
	0,26	0,12	0,13	0,12	0,13	0,14
	0,27	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13
	0,28	0,12	0,13	0,11	0,12	0,13
	0,29	0,12	0,12	0,11	0,12	0,13
	0,30	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12
	0,31	0,11	0,12	0,11	0,11	0,12
	0,32	0,11	0,11	0,10	0,11	0,12
	0,33	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11
	0,34	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11
	0,35	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11
0,36	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	

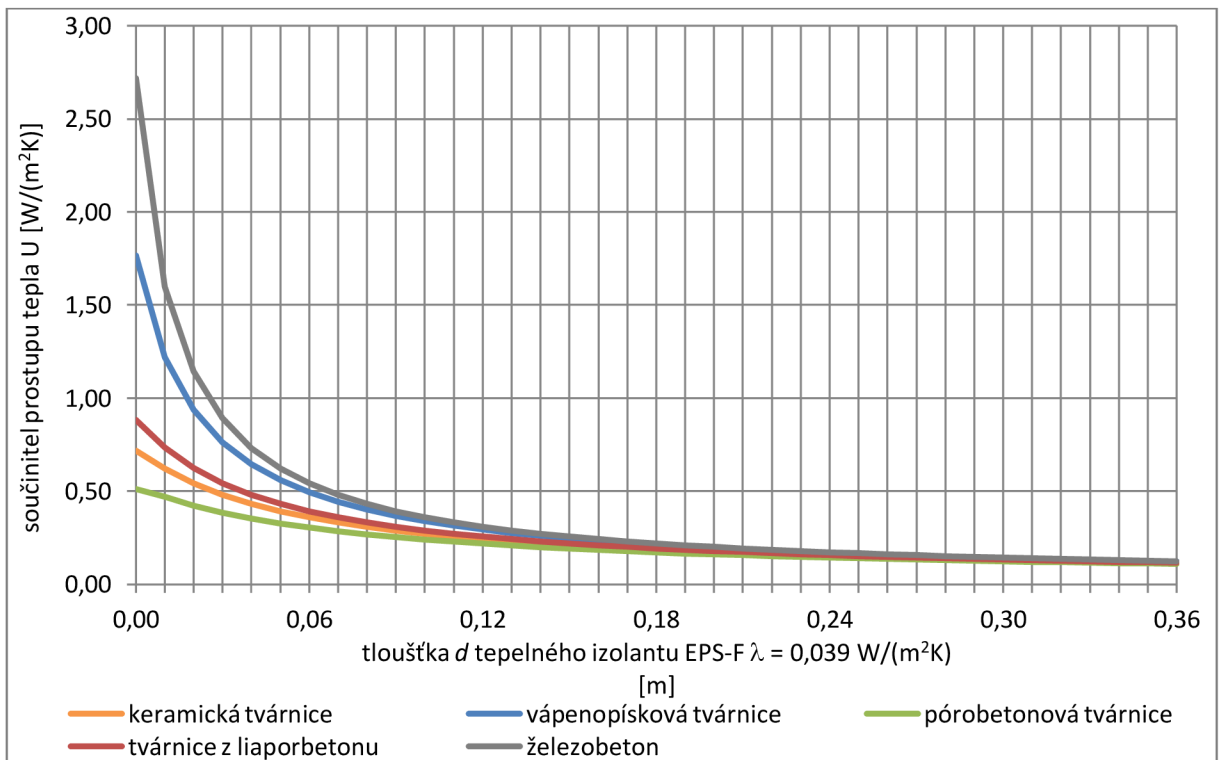
Poznámka:

Hodnoty součinitele prostupu tepla U pro těžké vnější stěny dle ČSN [10]:

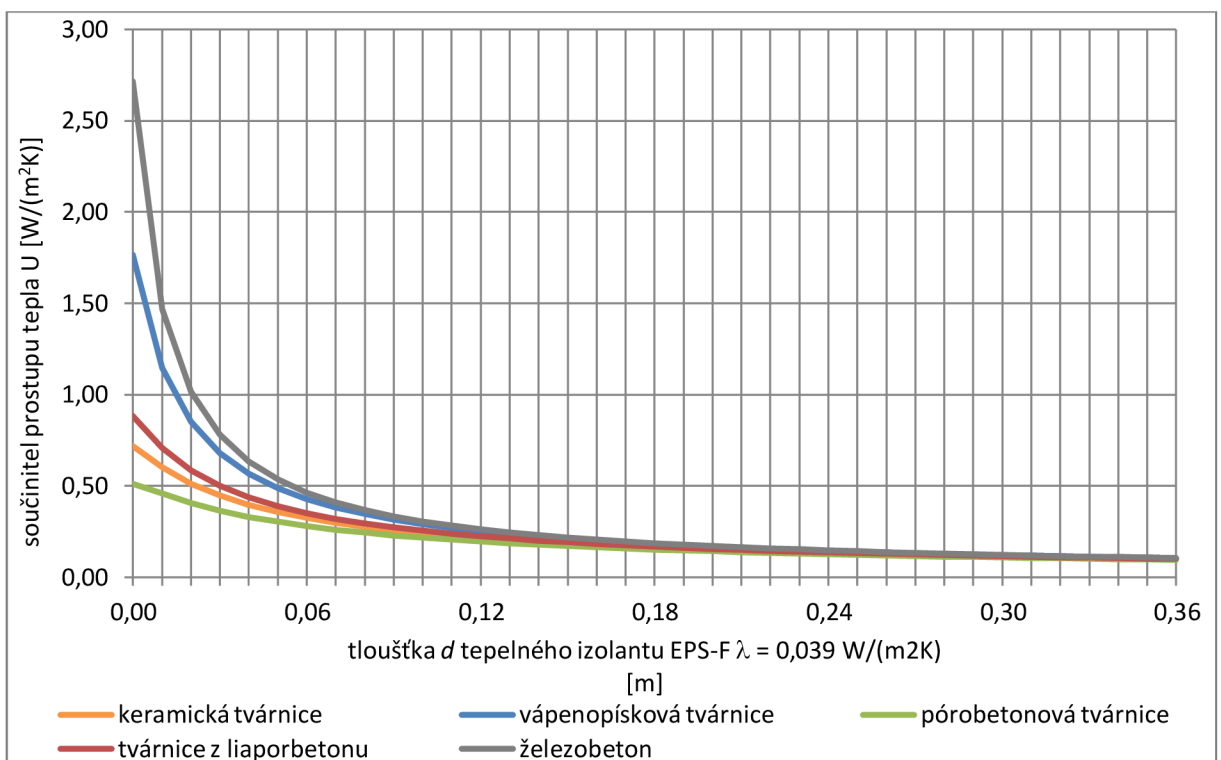
- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,30 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,25 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,18 - 0,12 W/(m^2 \cdot K)$

Vysvětlivky:

- ¹⁾ tloušťka stěny bez omítek a zateplení
- ²⁾ skladba je uvažována podle tabulky č. 14 varianty č. 2 bez vrstev č. 3 až 5



Obrázek č. 6: Hodnoty součinitele prostupu tepla U v závislosti na tloušťce tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)



Obrázek č. 7: Hodnoty součinitele prostupu tepla U v závislosti na tloušťce tepelné izolace z grafitového polystyrenu ($\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

Z vypočtených hodnot součinitele prostupu tepla U v tabulkách č. 15 a č. 16 vyplývá:

- nejvyšší (tzn. nejhorší) hodnotu součinitele prostupu tepla má při dané tloušťce tepelné izolace stěna z železobetonu a naopak nejnižší hodnotu součinitele prostupu tepla má při dané tloušťce tepelné izolace stěna z pórobetonových tvárnic. Tato skutečnost je dána hodnotou součinitele tepelné vodivosti λ , která je u železobetonu vysoká a naopak u pórobetonových tvárnic nízká.
- tloušťka grafitového polystyrenu při zateplení na požadovanou hodnotu $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vychází u posouzených konstrukcí o 20 mm menší než při použití fasádního polystyrenu EPS-F;
- tloušťka grafitového polystyrenu při zateplení na doporučenou hodnotu $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vychází u posouzených konstrukcí o 10 mm (pórobetonové tvárnice) až o 30 mm (vápenopískové tvárnice, železobeton) menší než při použití fasádního polystyrenu EPS-F;
- tloušťka grafitového polystyrenu při zateplení na hodnotu doporučenou pro pasivní konstrukce $U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ je pro posouzenou obvodovou zeď z pórobetonových tvárnic o 20 mm a u ostatních hodnocených konstrukcí o 40 mm menší než při použití fasádního polystyrenu EPS-F;
- tloušťka grafitového polystyrenu při zateplení na hodnotu $U_{pas,20} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vychází u posouzených konstrukcí o 50 mm až 60 mm menší než při použití fasádního polystyrenu EPS-F.

Vnitřní nosné stěny

Vnitřní nosné stěny jsou uvažovány v tloušťce 300 mm variantně ze stejného materiálu (tabulka č. 13), jako je zvolený materiál nosné části obvodové stěny. Pokud tyto stěny současně oddělují sousední byty, jsou na ně rovněž kladeny vyšší požadavky z hlediska akustiky (viz část akustika). V navrženém objektu vnitřní nosné stěny oddělují: prostory s rozdílem teplot do 5 °C, prostory vytápěné a nevytápěné, vytápěné a temperované, nevytápěné a temperované. Z uvedených vnitřních nosných stěn jsou ČSN 73 0540-2 [10] stanoveny nejprísnější nároky na stěny oddělující vnitřní vytápěný a nevytápěný prostor:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,30 - 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

ČSN 73 0540-2 [10] stanovuje na hodnotu součinitele prostupu tepla U vnitřní stěny, která odděluje vytápěný a temperovaný prostor, tyto požadavky:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,38 - 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Vnitřní stěna, která odděluje prostor s rozdílem teplot do 5 °C včetně, musí mít podle ČSN 73 0540-2 [10] součinitel prostupu tepla menší nebo roven požadované hodnotě $U_{N,20} = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, doporučená hodnota podle ČSN 73 0540-2 [10] je $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

V tabulce č. 17 jsou uvedeny hodnoty součinitele prostupu tepla U vnitřních nosných stěn v závislosti na tloušťce použité tepelné izolace. Při výpočtu součinitele prostupu tepla v tabulce č. 17 bylo uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vytápěné straně (vodorovný tepelný tok) $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na temperované straně $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- skladby konstrukcí podle tabulky č. 14 varianta č. 1, ale jako vrstva č. 6 je místo silikonové omítky uvažováno s omítkou Baumit MPI 25 v tloušťce 0,01 m;
- korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů způsobených kotvením izolace $\Delta U = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Jak je patrné z hodnot součinitele prostupu tepla U v tabulce č. 17:

- v případě stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem požadavku $U \leq U_{N,20} = 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vyhovuje z hodnocených konstrukcí bez použití tepelné izolace pouze zeď z pórobetonových tvárnic.
- u hodnocených stěn, které oddělují vytápěný a temperovaný prostor požadavku $U \leq U_{N,20} = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vyhovují bez použití zateplení pouze zdi z keramických a pórobetonových tvárnic.
- v případě posouzení konstrukcí vnitřních nosných stěn, které oddělují vnitřní prostory s rozdílem teplot do 5 °C, mají všechny hodnocené stěny i bez použití tepelné izolace hodnotu U nižší než požadovaných $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a tedy splňují požadavky ČSN [10] na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Tabulka č. 17: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro vnitřní stěny v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 W/(m \cdot K)$)

materiál		keramické tvárnice	vápenopískové tvárnice	pórobetonové tvárnice	tvárnice z liaporbetonu	železobeton
tloušťka stěny ¹⁾ [m]		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
λ [$W/(m \cdot K)$]		0,25	0,81	0,17	0,32	1,74
tloušťka tepelné izolace d [m]	0,00 ²⁾	0,67	1,49	0,48	0,81	2,11
	0,01	0,59	1,08	0,45	0,68	1,37
	0,02	0,51	0,86	0,41	0,59	1,02
	0,03	0,46	0,71	0,37	0,52	0,82
	0,04	0,41	0,61	0,34	0,46	0,68
	0,05	0,38	0,53	0,32	0,41	0,59
	0,06	0,35	0,47	0,30	0,38	0,51
	0,07	0,32	0,42	0,28	0,35	0,46
	0,08	0,30	0,39	0,26	0,32	0,41
	0,09	0,28	0,35	0,25	0,30	0,38
	0,10	0,27	0,33	0,24	0,28	0,35
	0,11	0,25	0,31	0,22	0,27	0,32
	0,12	0,24	0,29	0,21	0,25	0,30
	0,13	0,23	0,27	0,20	0,24	0,28
	0,14	0,22	0,25	0,20	0,23	0,27
	0,15	0,21	0,24	0,19	0,22	0,25
	0,16	0,20	0,23	0,18	0,21	0,24
	0,17	0,19	0,22	0,18	0,20	0,23
	0,18	0,18	0,21	0,17	0,19	0,22
	0,19	0,18	0,20	0,16	0,18	0,21
0,20	0,17	0,19	0,16	0,18	0,20	

Poznámka:
 Barevné vyznačení pro hodnoty součinitele prostupu tepla U pro stěny oddělující vnitřní vytápěný a nevytápěný prostor dle ČSN [10]:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,60 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,40 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,30 - 0,20 W/(m^2 \cdot K)$

Vysvětlivky:
¹⁾ tloušťka stěny bez omítek a zateplení;
²⁾ skladba je uvažována podle tabulky č. 14 varianty č. 1 bez vrstev č. 3 až 5, ve vrstvě číslo 6 je namísto silikonové omítky uvedené v tabulce č. 14 u varianty č. 1 uvažováno s omítkou Baumit MPI 25

Podlaha přilehlá zemině

V posuzovaném objektu je podlahou přilehlou k zemině:

- podlaha v nevytápěném suterénu;
- část podlahy v 1. nadzemním podlaží
 - vytápěný prostor (byty)
 - temperovaný prostor (chodba se schodištěm)
 - nevytápěný prostor (zádveří, kočárkárna).

Na podlahu přilehlou k zemině v nevytápěném prostoru nejsou ČSN 73 0540-2 [10] stanoveny požadavky na hodnotu součinitele prostupu tepla U . Pro podlahu z temperovaného prostoru přilehlou k zemině stanovuje ČSN 73 0540-2 [10] hodnoty:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,45 - 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Pro podlahu z vytápěného prostoru přilehlou k zemině uvádí ČSN 73 0540-2 [10] hodnoty:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,22 - 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Pro hodnocení součinitele prostupu tepla podlahou prostoru přilehlého k zemině v tabulce č. 19 bylo uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok shora dolů) $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na straně přilehlé k zemině $R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- skladba konstrukce podle tabulky č. 18.

Tabulka č. 18: Skladba konstrukce podlahy přilehlé k zemině

materiál	tloušťka [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]
keramická dlažba	0,010	1,05
lepidlo	0,007	0,90
betonová mazanina	0,053	1,36
PE fólie	0,0001	0,35
tepelná izolace XPS	závisí na požadované hodnotě součinitele prostupu tepla	0,36
asfaltový pás	0,004	0,21
asfaltový pás	0,004	0,21
podkladní beton	0,15	1,23

Z hodnot součinitele prostupu tepla v tabulce č. 19 vyplývá, že pro splnění požadované hodnoty $U_{N,20} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dle ČSN 73 0540-2 [10] pro podlahu vytápěného prostoru přilehlou k zemině je nutné, aby ve skladbě podlahy bylo alespoň 7 cm extrudovaného polystyrenu XPS se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. V případě, že by byla posuzována podlaha temperovaného prostoru přilehlého k zemině, bylo by dostačující pro splnění požadované hodnoty $U_{N,20} = 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dle ČSN 73 0540-2 [10], aby ve skladbě konstrukce podlahy byly 3 cm extrudovaného polystyrenu XPS se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Tabulka č. 19: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro podlahu přilehlou k zemině v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace XPS ($\lambda = 0,036 W/(m \cdot K)$)

tloušťka tepelné izolace d [m]	součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$]	tloušťka tepelné izolace d [m]	součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$]
0,00	2,59	0,12	0,27
0,01	1,51	0,13	0,25
0,02	1,06	0,14	0,23
0,03	0,82	0,15	0,22
0,04	0,67	0,16	0,21
0,05	0,56	0,17	0,20
0,06	0,49	0,18	0,19
0,07	0,43	0,19	0,18
0,08	0,38	0,20	0,17
0,09	0,35	0,21	0,16
0,10	0,32	0,22	0,15
0,11	0,29		

Poznámka:
Hodnoty součinitele prostupu tepla U pro stropy oddělující vnitřní vytápěný a nevytápěný prostor dle ČSN [10]:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,45 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,30 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,22 - 0,15 W/(m^2 \cdot K)$

Stropy

Stropní konstrukce jsou uvažovány opět variantně a to:

- strop z keramických vložek MIAKO a stropních nosníků POT, nabetonávka 60 mm beton C16/20 – celková tloušťka stropu 250 mm, $\lambda = 0,86 W/(m \cdot K)$;
- strop z pórobetonových stropních vložek P4-500, železobetonových nosníků a monolitické zálivky C20/25 – celková tloušťka stropu 250 mm, $\lambda = 0,47 W/(m \cdot K)$;
- strop ze stropních desek z liaporbetonu s plným průřezem v tloušťce 250 mm, $\lambda = 0,42 W/(m \cdot K)$;
- strop z předepjatých stropních panelů SPIROLL v tloušťce 160 mm, $\lambda = 0,94 W/(m \cdot K)$;
- železobetonový strop (křížem vyztužená železobetonová spojitá deska) v tloušťce 200 mm, $\lambda = 1,74 W/(m \cdot K)$.

V hodnoceném objektu se nachází jednak stropní konstrukce, které oddělují vytápěné a nevytápěné prostory (strop nad suterénem, kočárkárnou) a dále stropy, které oddělují prostory s rozdílem teplot do 5 °C. Při hodnocení tepelně technických vlastností stropních konstrukcí je zároveň nutné uvažovat se skladbou podlahy.

ČSN 73 0540-2 [10] stanovuje na hodnotu součinitele prostupu tepla U stropu mezi vytápěným a nevytápěným prostorem tyto požadavky:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,30 - 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Tabulka č. 20: Skladba stropní konstrukce nad nevytápěnými prostory včetně podlahy

strop nad kočárkárnou		
materiál	tloušťka [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]
keramická dlažba	0,01	1,01
lepidlo	0,007	0,900
betonová mazanina	0,053	1,36
PE fólie	0,0001	0,35
minerální vata	0,03	0,043
strop	dle zvolené varianty	
lepící stěrka	0,004	0,80
tepelná izolace z polystyrenu EPS	závisí na požadované hodnotě součinitele prostupu tepla	
lepící stěrka	0,004	0,80
omítka Baumit MPI 25	0,01	0,47
strop nad suterénem		
materiál	tloušťka [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]
keramická dlažba	0,01	1,01
lepidlo	0,007	0,900
betonová mazanina	0,053	1,36
PE fólie	0,0001	0,35
tepelná izolace z polystyrenu XPS	závisí na požadované hodnotě součinitele prostupu tepla	
strop	dle zvolené varianty	
omítka Baumit MPI 25	0,01	0,47

Při hodnocení součinitele prostupu tepla U stropem v tabulkách č. 21 a č. 22 bylo uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vytápěné straně (tepelný tok shora dolů) $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na nevytápěné straně $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- skladby konstrukcí
 - pro výpočty v tabulce č. 21 podle tabulky č. 20 – varianta strop nad kočárkárnou;
 - pro výpočty v tabulce č. 22 podle tabulky č. 20 – varianta strop nad suterénem;
- pro výpočty v tabulce č. 21 korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů způsobených kotvením izolace $\Delta U = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Tabulka č. 21: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro strop nad nevytápěným prostorem (zateplení pomocí kontaktního zateplení) v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 W/(m \cdot K)$)

materiál	nosníky POT + MIAKO	nosníky + pórobetonové stropní vložky	strop z liaporbetonu	Spiroll	železobeton
tloušťka stropu [m]	0,25	0,25	0,25	0,16	0,20
λ [$W/(m \cdot K)$]	0,86	0,47	0,42	0,94	1,74
tloušťka tepelné izolace d [m]	0,00	0,71	0,61	0,58	0,78
	0,01	0,62	0,54	0,53	0,66
	0,02	0,54	0,48	0,47	0,57
	0,03	0,48	0,43	0,42	0,50
	0,04	0,43	0,39	0,38	0,45
	0,05	0,39	0,36	0,35	0,41
	0,06	0,36	0,33	0,33	0,37
	0,07	0,33	0,31	0,30	0,34
	0,08	0,31	0,29	0,29	0,32
	0,09	0,29	0,27	0,27	0,30
	0,10	0,27	0,26	0,25	0,28
	0,11	0,26	0,24	0,24	0,26
	0,12	0,24	0,23	0,23	0,25
	0,13	0,23	0,22	0,22	0,24
	0,14	0,22	0,21	0,21	0,22
	0,15	0,21	0,20	0,20	0,21
	0,16	0,20	0,19	0,19	0,21
0,17	0,19	0,19	0,18	0,20	

Poznámka:
 Barevné odlišení pro hodnoty součinitele prostupu tepla U pro stropy oddělující vnitřní vytápěný a nevytápěný prostor dle ČSN [10]:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,60 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,40 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,30 - 0,20 W/(m^2 \cdot K)$

Na základě výsledků výpočtů v tabulce č. 21 lze konstatovat, že bez použití tepelné izolace vyhoví požadavkům ČSN 73 0540-2 [10] na součinitel prostupu tepla mezi vytápěným prostorem ve 2. nadzemním podlaží a nevytápěným prostorem (kočárkárnu) v 1. nadzemním podlaží pouze strop ze stropních panelů z liaporbetonu. U ostatních stropů by bylo pro dosažení požadované hodnoty $U_{N,20} = 0,60 W/(m^2 \cdot K)$ nutné zateplit strop z nevytápěné strany.

V případě stropu mezi nevytápěným suterénem a vytápěnou částí bytového domu je z hodnot součinitele prostupu tepla v tabulce č. 22 zřejmé, že pro dosažení požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,60 W/(m^2 \cdot K)$ je minimální tloušťka tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu XPS 3 cm v případě stropů z liaporbetonu a stropu s pórobetonovými stropními vložkami. Nejvíce by na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,6 W/(m^2 \cdot K)$ bylo nutné zateplit strop z železobetonu, a to 5 cm extrudovaného polystyrenu.

Kromě spočítaných variant v tabulkách č. 21 a č. 22 by bylo také možné zkombinovat použití tepelné izolace mezi stropní konstrukcí a roznášecí vrstvou podlahy spolu s kontaktním zateplením ze strany nevytápěného prostoru.

Tabulka č. 22: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro strop nad nevytápěným prostorem (tepelná izolace mezi stropem a roznášecí vrstvou podlahy z betonové mazaniny) v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace XPS ($\lambda = 0,036 W/(m \cdot K)$)

materiál	nosníky POT + MIAKO	nosníky + pórobetonové stropní vložky	strop z liaporbetonu	Spiroll	železobeton	
tloušťka stropu [m]	0,25	0,25	0,25	0,16	0,20	
λ [$W/(m \cdot K)$]	0,86	0,47	0,42	0,94	1,74	
tloušťka tepelné izolace d [m]	0,00	1,41	1,05	0,99	1,70	1,88
	0,01	1,01	0,81	0,77	1,15	1,23
	0,02	0,79	0,66	0,64	0,87	0,92
	0,03	0,65	0,56	0,54	0,70	0,73
	0,04	0,55	0,49	0,47	0,59	0,61
	0,05	0,48	0,43	0,42	0,51	0,52
	0,06	0,42	0,38	0,37	0,44	0,45
	0,07	0,38	0,35	0,34	0,39	0,40
	0,08	0,34	0,32	0,31	0,36	0,36
	0,09	0,31	0,29	0,28	0,32	0,33
	0,10	0,29	0,27	0,26	0,30	0,30
	0,11	0,27	0,25	0,25	0,27	0,28
	0,12	0,25	0,23	0,23	0,25	0,26
	0,13	0,23	0,22	0,22	0,24	0,24
	0,14	0,22	0,21	0,20	0,22	0,23
	0,15	0,21	0,20	0,19	0,21	0,21
0,16	0,19	0,19	0,18	0,20	0,20	
Poznámka:						
Barevné odlišení součinitele prostupu tepla U pro stropy oddělující vnitřní vytápěný a nevytápěný prostor dle ČSN [10]:						
<ul style="list-style-type: none"> požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,60 W/(m^2 \cdot K)$ doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,40 W/(m^2 \cdot K)$ 						
doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,30 - 0,20 W/(m^2 \cdot K)$						

Pro vnitřní strop, který odděluje prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně stanovuje ČSN 73 0540-2 [10] hodnotu požadovaného součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 2,2 W/(m^2 \cdot K)$ a doporučenou hodnotu $U_{rec,20} = 1,45 W/(m^2 \cdot K)$. Z hodnot součinitele prostupu tepla v tabulkách č. 21 a č. 22 pro navržené skladby stropních konstrukcí včetně podlahy vyplývá, že všechny navržené konstrukce splňují požadavky ČSN 73 0540-2 [10] na požadovanou hodnotu pro stropy mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně.

Obdobně jako u stěn jsou i na stropy kladeny rovněž požadavky z hlediska akustiky, které jsou uvedeny v další části práce.

Střecha

Navržený bytový dům je zastřešen plochou jednoplášťovou střechou. ČSN 73 0540-2 [10] jsou pro plochou střechu stanoveny následující hodnoty součinitele prostupu tepla U :

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,15 - 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Hodnoty součinitele prostupu tepla posouzené ploché jednoplášťové střechy v tabulce č. 24 jsou stanoveny za předpokladů:

- odpor při přestupu tepla na vytápěné straně (tepelný tok zdola nahoru) $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnější straně $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- skladby konstrukcí podle tabulky č. 23;
- korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů způsobených kotvením izolace $\Delta U = 0,012 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Tabulka č. 23: Skladba střešní konstrukce včetně stropu

materiál	tloušťka [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]
omítka Baumit MPI 25	0,01	0,47
strop	dle zvolené varianty	
penetrační nátěr	-	-
parozábrana: pás z SBS modifikovaného asfaltu s hliníkovou vložkou bodově natavená	0,004	0,21
tepelně izolační a spádová vrstva (přípevněná kotvením): EPS 100 S Stabil	závisí na požadované hodnotě součinitele prostupu tepla	0,037
hydroizolační pás z SBS modifikovaného asfaltu s nosnou vložkou ze skelné rohože	0,003	0,21
hydroizolační pás z SBS modifikovaného asfaltu s vložkou z polyesterové rohože + břidličný posyp	0,004	0,21

Tabulka č. 24: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro plochou jednoplášťovou střechu v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS 100 S Stabil ($\lambda = 0,037 W/(m \cdot K)$)

materiál	nosníky POT + MIAKO	nosníky + pórobetonové stropní vložky	strop z liaporbetonu	Spiroll	železobeton	
tloušťka stropu [m]	0,25	0,25	0,25	0,16	0,2	
λ [$W/(m \cdot K)$]	0,86	0,47	0,42	0,94	1,74	
tloušťka tepelné izolace d [m]	0,00	2,21	1,44	1,32	3,02	3,62
	0,01	1,30	1,00	0,94	1,54	1,68
	0,02	0,97	0,79	0,75	1,09	1,16
	0,03	0,77	0,65	0,63	0,85	0,89
	0,04	0,64	0,56	0,54	0,69	0,72
	0,05	0,55	0,49	0,47	0,59	0,61
	0,06	0,48	0,43	0,42	0,51	0,52
	0,07	0,43	0,39	0,38	0,45	0,46
	0,08	0,39	0,36	0,35	0,40	0,41
	0,09	0,35	0,33	0,32	0,37	0,37
	0,10	0,32	0,30	0,30	0,34	0,34
	0,11	0,30	0,28	0,28	0,31	0,31
	0,12	0,28	0,26	0,26	0,29	0,29
	0,13	0,26	0,25	0,24	0,27	0,27
	0,14	0,25	0,23	0,23	0,25	0,26
	0,15	0,23	0,22	0,22	0,24	0,24
	0,16	0,22	0,21	0,21	0,22	0,23
	0,17	0,21	0,20	0,20	0,21	0,22
	0,18	0,20	0,19	0,19	0,20	0,20
	0,19	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20
	0,20	0,18	0,17	0,17	0,18	0,19
	0,21	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18
	0,22	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17
	0,23	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16
	0,24	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16
	0,25	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15
	0,26	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15
	0,27	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	0,28	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14
	0,29	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	0,30	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13
	0,31	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
	0,32	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	0,33	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12
	0,34	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12
	0,35	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
	0,36	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
	0,37	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11
	0,38	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11
0,39	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	

Poznámka:

Hodnoty součinitele prostupu tepla U pro plochou střechu dle ČSN [10]:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 0,24 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 0,16 W/(m^2 \cdot K)$
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,15 - 0,10 W/(m^2 \cdot K)$

Z výsledků výpočtů součinitele prostupu tepla U pro navrženou skladbu ploché střechy v tabulce č. 24, je patrné, že pro dosažení hodnoty součinitele prostupu tepla alespoň v hodnotě $U_{N,20} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dle ČSN 73 0540-2 [10] je nutné, aby byla průměrná tloušťka tepelné izolace alespoň:

- 0,13 m u stropů ze stropních panelů z liaporbetonu;
- 0,14 m v případě stropů z železobetonových nosníků s pórobetonovými stropními vložkami;
- 0,15 m v případě stropů z nosníků POT a keramických stropních vložek MIAKO, železobetonového stropu a stropu z předpjatých stropních panelů Spiroll.

Pokud by měla být konstrukce posuzované střechy navržena na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{pas,20} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ČSN 73 0540-2 [10], musela by být průměrná tloušťka tepelné izolace minimálně:

- 0,37 m u stropů ze stropních panelů z liaporbetonu;
- 0,38 m v případě stropů z nosníků POT s keramickými stropními vložkami MIAKO a stropů z železobetonových nosníků a pórobetonových stropních vložek;
- 0,39 m u stropů z železobetonu a stropních panelů Spiroll.

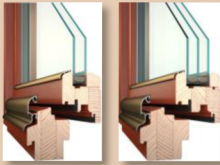
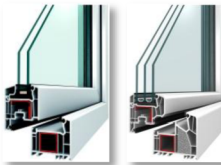

Okna

Hodnoty součinitele prostupu tepla U stanovené ČSN 73 0540-2 [10] pro okna ve vnějších stěnách, která oddělují vytápěný prostor a venkovní prostředí jsou:

- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 0,80 - 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

V současné době je u běžně vyráběných oken s tepelně izolačním dvojsklem hodnota součinitele prostupu tepla většinou rovna hodnotě $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. V případě tepelně izolačních trojskel se hodnoty součinitele prostupu tepla pohybují okolo hodnoty $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Parametry vybraných druhů oken jsou uvedeny v tabulce č. 25.

Tabulka č. 25: Vybrané parametry dřevěných, plastových a hliníkových oken (sestaveno podle údajů [25])

<p style="text-align: center;">Dřevěná okna</p> 	<p style="text-align: center;">Plastová okna</p> 
<p>jednokřídlé okno: Natura 68</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 68 mm • zasklení: dvojsklo (4-16-4) • $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 33 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,78 • solární faktor: 0,61 	<p>jednokřídlé okno: CLASSIC</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 70 mm • zasklení: dvojsklo (4-16-4) • $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 32 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,78 • solární faktor: 0,61
<p>jednokřídlé okno: Natura 68</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 68 mm • zasklení: dvojsklo (6-16-4) • $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 36 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,78 • solární faktor: 0,59 	<p>jednokřídlé okno: CLASSIC</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 70 mm • zasklení: dvojsklo (6-16-4) • $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 37 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,78 • solární faktor: 0,59
<p>jednokřídlé okno: Natura 78</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 78 mm • zasklení: trojsklo (4-12-4-12-4 Kr) • $U_w = 0,76 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 34 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,69 • solární faktor: 0,47 	<p>jednokřídlé okno: DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 76 mm • zasklení: dvojsklo (8-20-4) • $U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 38 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,77 • solární faktor: 0,57
<p>jednokřídlé okno: Natura 78</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 78 mm • zasklení: trojsklo (4-14-4-14-4 Arg) • $U_w = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 34 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,69 • solární faktor: 0,47 	<p>jednokřídlé okno: PREMIUM</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 90 mm • zasklení: trojsklo (4-16-4-16-4) • $U_w = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 34 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,69 • solární faktor: 0,47
<p style="text-align: center;">Hliníkové okno</p> 	<p>jednokřídlé okno: DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 76 mm • zasklení: VSG-SI662-18-VSG-SI442-ARG • $U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 43 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,71 • solární faktor: 0,45
<p>jednokřídlé okno: FUTURA STANDARD</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 72 mm • zasklení: dvojsklo (10-16-4) • $U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 39 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,76 • solární faktor: 0,56 	<p>jednokřídlé okno: PREMIUM</p> <ul style="list-style-type: none"> • stavební hloubka: 90 mm • zasklení: VSG-SI662-20-SI44.2(PTN)-ARG • $U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ • $R_w = 47 \text{ dB}$ • světelný činitel prostupu: 0,71 • solární faktor: 0,45
<p>Poznámka:</p> <ul style="list-style-type: none"> • čísla v závorce u dvojskel a trojskel např. (4-16-4) udávají: 4 – tloušťka 1. skla, 16 – šířka mezery mezi skly, 4 – tloušťka 2. skla; • obrázky a parametry oken použité v této tabulce byly převzaty z webových stránek www.vekra.cz společnosti Window Holding a.s. [25] 	

Dveře

ČSN 73 0540-2 [10] jsou stanoveny požadavky na dveře, které vedou z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, dále na dveře vedoucí z vytápěného prostoru do temperovaného prostoru a z temperovaného prostoru do venkovního prostředí. V navrženém objektu bytového domu se nachází dveře z vytápěného do temperovaného prostoru, na které jsou ČSN 73 0540-2 [10] stanoveny požadavky:

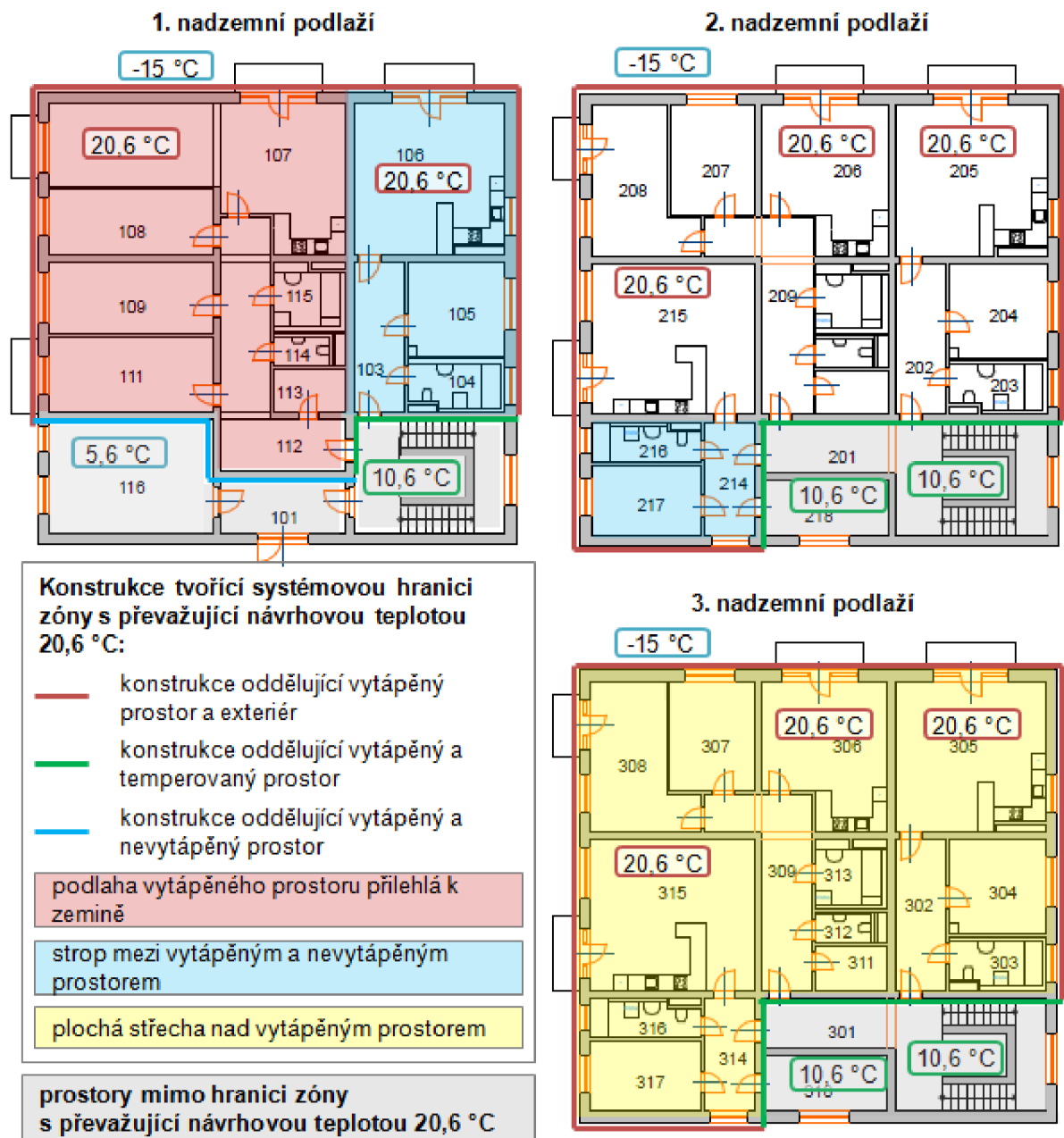
- požadovaná hodnota: $U_{N,20} = 3,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota: $U_{rec,20} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- doporučená hodnota pro pasivní budovy: $U_{pas,20} = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

3.3.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla se stanoví dle části 5.3 ČSN 73 0540-2. V tabulkách č. 26 až č. 28 je vypočítán průměrný součinitel prostupu tepla pro hodnocenou budovu bytového domu, kdy:

- 1) všechny konstrukce budou navrženy právě na ČSN 73 0540-2 požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{N,20}$ pro danou konstrukci (tabulka č. 26);
- 2) všechny konstrukce budou navrženy právě na ČSN 73 0540-2 doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{rec,20}$ pro danou konstrukci (tabulka č. 27);
- 3) všechny konstrukce budou navrženy právě na ČSN 73 0540-2 doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy na horní hranici intervalu (vyšší z hodnot) $U = U_{pas,20}$ pro danou konstrukci (tabulka č. 28).

Průměrný součinitel prostupu tepla byl pro hodnocený objekt bytového domu určen pro vytápěnou zónu s převažující návrhovou teplotou 20,6 °C (viz obrázek č. 8). Plochy jednotlivých konstrukcí potřebné pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla jsou uvedeny přímo v tabulkách č. 26 až č. 28.



Obrázek č. 8: Rozdělení bytového domu na zónu s prostory s převažující návrhovou teplotou 20,6 °C a prostory mimo tuto zónu

Tabulka č. 26: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro posuzovaný objekt s konstrukcemi navrženými na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ dle požadavků ČSN 73 0540-2 [10]

konstrukce	plocha [m ²]	referenční budova			hodnocená budova		
		požadovaný součinitel prostupu tepla U_N dle [10] [W/(m ² ·K)]	redukční činitel b [-]	měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]	redukční činitel b [-]	měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
celkem započitatelná plocha výplní otvorů	137,93	1,50	1	206,89	1,50	1	206,89
celkem obvodové stěny po odečtení výplní otvorů	348,87	0,30	1	104,66	0,30	1	104,66
střecha	280,90	0,24	1	67,42	0,24	1	67,42
podlaha na zemině	176,66	0,45	0,48	38,16	0,45	0,48	38,16
strop mezi vytápěným prostorem a suterénem	74,65	0,60	0,43	19,26	0,60	0,43	19,26
strop nad kočárkárnou mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	29,25	0,60	0,57	10,00	0,60	0,57	10,00
stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	41,04	0,60	0,57	14,04	0,60	0,57	14,04
dveře mezi vytápěným a temperovaným prostorem	17,78	3,50	0,28	17,42	3,50	0,28	17,42
stěny mezi vytápěným a temperovaným prostorem	97,52	0,75	0,28	20,48	0,75	0,28	20,48
celkem	1204,59			498,32			498,32
tepelné vazby				24,09			24,09
celková měrná ztráta prostupem tepla		$H_{T_{celkem}} + \text{tepelné vazby}$		522,41 W/K	$H_{T_{celkem}} + \text{tepelné vazby}$		522,41 W/K
průměrný součinitel prostupu tepla dle 5.3.4 a tabulky 5 v ČSN [10]		$U_{em,N,20} = \sum(U_{Nj} \cdot A_j \cdot b_j) / \sum A_j + 0,02$ nejvýše však 0,5		0,43 W/(m ² ·K)	$U_{em} = (H_{T_{celkem}} + \text{tepelné vazby}) / (\text{plocha}_{celkem})$		0,43 W/(m ² ·K)
doporučená hodnota $U_{em,rec}$		$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}$		0,3225 W/(m ² ·K)			
<p>požadavek dle čl. 5.3.1 ČSN 73 0540-2 [10]: $U_{em} \leq U_{em,N}$ 0,43 W/(m²·K) = 0,43 W/(m²·K) Hodnocená zóna vyhovuje požadavku čl. 5.3.1 ČSN 73 0540-2 [10] na průměrný součinitel prostupu tepla.</p>							
<p>Poznámky:</p> <ul style="list-style-type: none"> tepelné vazby byly stanoveny podle poznámky 3 k čl. H.2.3 ČSN 73 0540-4 [15]; redukční činitel b byl stanoven podle tabulky F.2 uvedené v ČSN 73 0540-3 [14] a podle čl. H.2.2 3 ČSN 73 0540-4 [15]. 							

Tabulka č. 27: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro posuzovaný objekt s konstrukcemi navrženými na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ dle požadavků ČSN 73 0540-2 [10]

konstrukce	plocha [m ²]	referenční budova			hodnocená budova - hodnoty pro pasiv		
		požadovaný součinitel prostupu tepla U_N dle [10] [W/(m ² ·K)]	redukční činitel b [-]	měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]	redukční činitel b [-]	měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
celkem započítatelná plocha výplní otvorů	137,93	1,50	1	206,89	1,20	1	165,51
celkem obvodové stěny po odečtení výplní otvorů	348,87	0,30	1	104,66	0,25	1	87,22
střecha	280,90	0,24	1	67,42	0,16	1	44,94
podlaha na zemině	176,66	0,45	0,48	38,16	0,30	0,48	25,44
strop mezi vytápěným prostorem a suterénem	74,65	0,60	0,43	19,26	0,40	0,43	12,84
strop nad kočárkárnou mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	29,25	0,60	0,57	10,00	0,40	0,57	6,67
stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	41,04	0,60	0,57	14,04	0,40	0,57	9,36
dveře mezi vytápěným a temperovaným prostorem	17,78	3,50	0,28	17,42	2,30	0,28	11,45
stěny mezi vytápěným a temperovaným prostorem	97,52	0,75	0,28	20,48	0,50	0,28	13,65
celkem	1204,59			498,32			377,08
tepelné vazby				24,09			24,09
celková měrná ztráta prostupem tepla	$H_{T_{celkem}} + \text{tepelné vazby}$			522,41 W/K	$H_{T_{celkem}} + \text{tepelné vazby}$		401,17 W/K
průměrný součinitel prostupu tepla dle 5.3.4 a tabulky 5 v ČSN [10]	$U_{em,N,20} = \frac{\sum(U_{Nj} \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum A_j} + 0,02$ nejvýše však 0,5			0,43 W/(m²·K)	$U_{em} = (H_{T_{celkem}} + \text{tepelné vazby}) / (\text{plocha}_{celkem})$		0,33 W/(m²·K)
doporučená hodnota $U_{em,rec}$	$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}$			0,3225 W/(m ² ·K)			
<p>požadavek dle čl. 5.3.1 ČSN 73 0540-2 [10]:</p> $U_{em} \leq U_{em,N}$ $0,33 \text{ W/(m}^2\text{·K)} < 0,43 \text{ W/(m}^2\text{·K)}$ <p>Hodnocená zóna vyhovuje požadavku čl. 5.3.1 ČSN 73 0540-2 [10] na průměrný součinitel prostupu tepla.</p>							
<p>Poznámky:</p> <ul style="list-style-type: none"> tepelné vazby byly stanoveny podle poznámky 3 k čl. H.2.3 ČSN 73 0540-4 [15]; redukční činitel b byl stanoven podle tabulky F.2 uvedené v ČSN 73 0540-3 [14] a podle čl. H.2.2 3 ČSN 73 0540-4 [15]. 							

Tabulka č. 28: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro posuzovaný objekt s konstrukcemi navrženými na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{pas,20}$ doporučené pro pasivní budovy dle požadavků ČSN 73 0540-2 [10]

konstrukce	plocha [m ²]	referenční budova			hodnocená budova		
		požadovaný součinitel prostupu tepla U_N dle [10] [W/(m ² ·K)]	redukční činitel b [-]	měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]	redukční činitel b [-]	měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]
celkem započitatelná plocha výplní otvorů	137,93	1,50	1	206,89	0,80	1	110,34
celkem obvodové stěny po odečtení výplní otvorů	348,87	0,30	1	104,66	0,18	1	62,80
střecha	280,90	0,24	1	67,42	0,15	1	42,14
podlaha na zemině	176,66	0,45	0,48	38,16	0,22	0,48	18,66
strop mezi vytápěným prostorem a suterénem	74,65	0,60	0,43	19,26	0,30	0,43	9,63
strop nad kočárkárnou mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	29,25	0,60	0,57	10,00	0,30	0,57	5,00
stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	41,04	0,60	0,57	14,04	0,30	0,57	7,02
dveře mezi vytápěným a temperovaným prostorem	17,78	3,50	0,28	17,42	1,70	0,28	8,46
stěny mezi vytápěným a temperovaným prostorem	97,52	0,75	0,28	20,48	0,38	0,28	10,38
celkem	1204,59			498,32			274,41
tepelné vazby				24,09			24,09
celková měrná ztráta prostupem tepla		$H_{Tcelkem} + \text{tepelné vazby}$		522,41 W/K	$H_{Tcelkem} + \text{tepelné vazby}$		298,51 W/K
průměrný součinitel prostupu tepla dle 5.3.4 a tabulky 5 v ČSN [10]	$U_{em,N,20} = \sum(U_{Nj} \cdot A_j \cdot b_j) / \sum A_j + 0,02$ nejvýše však 0,5			0,43 W/(m ² ·K)	$U_{em} = (H_{Tcelkem} + \text{tepelné vazby}) / (\text{plocha}_{celkem})$		
doporučená hodnota $U_{em,rec}$	$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}$			0,3225 W/(m ² ·K)			
<p>požadavek dle čl. 5.3.1 ČSN 73 0540-2 [10]:</p> $U_{em} \leq U_{em,N}$ $0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} < 0,43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ <p>Hodnocená zóna vyhovuje požadavku čl. 5.3.1 ČSN 73 0540-2 [10] na průměrný součinitel prostupu tepla.</p>							
<p>Poznámky:</p> <ul style="list-style-type: none"> tepelné vazby byly stanoveny podle poznámky 3 k čl. H.2.3 ČSN 73 0540-4 [15]; redukční činitel b byl stanoven podle tabulky F.2 uvedené v ČSN 73 0540-3 [14] a podle čl. H.2.2 3 ČSN 73 0540-4 [15]. 							

Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,20}$ je pro hodnocenou vytápěnou zónou roven hodnotě $0,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (viz výpočet v tabulkách č. 26 až č. 28). Ve všech posouzených variantách je průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} hodnocené vytápěné zóny menší než jeho požadovaná hodnota $U_{em,N}$. U všech posouzených variant je tedy splněna podmínka stanovená v čl. 5.3.1 ČSN 73 0540-2 [10]: $U_{em} \leq U_{em,N}$.

V případě (viz tabulka č. 26), že mají všechny konstrukce v hodnocené zóně součinitel prostupu tepla U právě roven požadované hodnotě U_N stanovené podle ČSN 73 0540-2 [10], bude průměrný součinitel prostupu tepla obálkou hodnocené zóny U_{em} právě roven požadované hodnotě: $U_{em} = U_{em,N} = 0,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hodnocená a referenční budova v tabulce č. 26 jsou tedy naprosto shodné.

U hodnocené vytápěné zóny (tabulka č. 27) tvořené výhradně konstrukcemi o součiniteli prostupu tepla U právě rovné doporučené hodnotě $U_{rec,20}$ podle ČSN 73 0540-2 [10], je průměrný součinitel prostupu tepla U roven hodnotě $0,33 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Pokud by byla obálka posouzené vytápěné zóny tvořena výhradně konstrukcemi se součinitelem prostupu tepla U právě rovným hodnotě $U_{pas,20}$ doporučené ČSN 73 0540-2 [10] pro pasivní budovy, byl by průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} roven $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,

Měrná ztráta prostupem tepla H_T u posouzených variant činí:

- $522,41 \text{ W/K}$ v případě vytápěné zóny, jejíž všechny konstrukce mají součinitel prostupu tepla právě roven hodnotě požadované $U_{N,20}$ dle ČSN 73 0540-2 [10];
- $401,17 \text{ W/K}$ v případě vytápěné zóny, jejíž všechny konstrukce mají součinitel prostupu tepla právě roven hodnotě doporučené $U_{rec,20}$ dle ČSN 73 0540-2 [10];
- $298,51 \text{ W/K}$ v případě vytápěné zóny, jejíž všechny konstrukce mají součinitel prostupu tepla právě roven hodnotě $U_{pas,20}$ doporučené pro pasivní budovy dle ČSN 73 0540-2 [10].

Návrhem všech konstrukcí u posouzené vytápěné zóny právě na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ dle ČSN 73 0540-2 [10] lze oproti variantě, kdy jsou všechny konstrukce navrženy právě na požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$, docílit snížení měrné ztráty prostupem tepla H_T zhruba o 100 W/K . Ve srovnání s posouzenou vytápěnou zónou, jejíž obálka je tvořena výhradně konstrukcemi navrženými na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ dle ČSN 73 0540-2 [10], lze dalšího snížení měrné tepelné ztráty o cca 100 W/K docílit návrhem všech konstrukcí tvořících obálku budovy právě na hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{pas,20}$, které ČSN 73 0540-2 [10] doporučuje pro pasivní budovy.

3.3.4 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce, lineární činitel prostupu tepla, tepelné mosty

Vliv venkovní návrhové teploty na hodnotu vnitřní povrchové teploty

Jedním z typických detailů, pro který se ověřuje splnění podmínky nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce, je roh stěn. V tabulce č. 30 jsou uvedeny vnitřní povrchové teploty θ_{si} [°C] v hodnoceném rohu stěn v závislosti na návrhové teplotě exteriéru. Výpočet vnitřních povrchových teplot byl proveden pro dvourozměrné stacionární pole teplot v programu Area 2009. Ve výpočtu bylo uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnější straně:
 - $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pro návrhovou teplotu venkovního vzduchu v zimním období $\theta_e = -13 \text{ °C}$ a $\theta_e = -15 \text{ °C}$;
 - $R_{se} = 0,03 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pro návrhovou teplotu venkovního vzduchu v zimním období $\theta_e = -20 \text{ °C}$;
- návrhová teplota vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ °C}$;
- návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru:
 - $\varphi_e = 84 \%$ pro návrhovou teplotu venkovního vzduchu v zimním období $\theta_e = -13 \text{ °C}$ a $\theta_e = -15 \text{ °C}$;
 - $\varphi_e = 85 \%$ pro návrhovou teplotu venkovního vzduchu v zimním období $\theta_e = -20 \text{ °C}$
- návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu: $\varphi_i = 50 \%$;
- skladby konstrukcí podle tabulky č. 14 varianty č. 1;
- obvodové konstrukce zateplené na požadovanou hodnotu $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ dle ČSN 73 0540-2 [10], tloušťky tepelné izolace EPS-F potřebné pro toto zateplení jsou uvedeny v tabulce č. 29.

Tabulka č. 29: Tloušťky tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) pro zateplení obvodových stěn na dané hodnoty součinitele prostupu tepla U

materiál nosné části obvodových stěn	tloušťka stěny d_0 [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	hodnota součinitele prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]			tloušťka tepelného izolantu [m]
			$U = U_{pas,20} = 0,180$ W/(m ² ·K)	$U = U_{rec,20} = 0,250$ W/(m ² ·K)	$U = U_{N,20} = 0,300$ W/(m ² ·K)	
keramické tvárnice	0,30	0,25	0,189	0,115	0,084	
vápenopískové tvárnice	0,30	0,81	0,221	0,147	0,117	
pórobetonové tvárnice	0,30	0,17	0,167	0,093	0,062	
tvárnice z liaporbetonu	0,30	0,32	0,199	0,125	0,095	
železobeton	0,30	1,74	0,229	0,155	0,125	

Poznámka:

- tloušťky tepelné izolace EPS-F jsou určeny pro konstrukce podle tabulky č. 14 varianty č. 1
- je uvažováno s korekcí na vliv systematických tepelných mostů způsobených kotvením tepelné izolace $\Delta U = 0,02 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- tloušťky tepelné izolace jsou zvoleny tak, aby hodnota součinitele prostupu tepla U hodnocené obvodové stěny byla právě rovna hodnotě $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ nebo $U_{pas,20} = 0,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ bez ohledu na to, zda se uvedené tloušťky tepelných izolací vyrábí.

Tabulka č. 30: Vliv návrhové teploty exteriéru na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce, hodnoceno pro roh stěn při teplotě interiéru $+20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ a zateplení obvodových stěn na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

materiál nosné části obvodových stěn	návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období θ_e								
	-13°C			-15°C			-20°C		
	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]	$f_{Rsi,cr}$ [-]	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]	$f_{Rsi,cr}$ [-]	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]	$f_{Rsi,cr}$ [-]
železobeton	16,44	0,876	0,751	16,20	0,876	0,747	15,56	0,876	0,778
vápenopísková tvárnice	15,89	0,860	0,751	15,61	0,860	0,747	14,90	0,860	0,778
tvárnice z liaporbetonu	15,37	0,844	0,751	15,06	0,844	0,747	14,27	0,844	0,778
keramická tvárnice typu Therm	15,29	0,842	0,751	14,97	0,842	0,747	14,18	0,842	0,778
pórobetonová tvárnice	15,30	0,842	0,751	14,99	0,842	0,747	14,19	0,842	0,778

Poznámky:

- hodnotící kritérium dle čl. 5.1.1 ČSN 73 0540-2 [10]: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$
- kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ pro příslušnou venkovní návrhovou teplotu θ_e a návrhovou teplotu vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ při návrhové relativní vlhkosti vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$ je stanoven dle tabulky č. 5
- v tomto hodnoceném příkladu všechny posouzené konstrukce splňují podmínku $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$, a proto vyhoví požadavku ČSN 73 0540-2 [10] na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce

ČSN 73 0540-2 [10] stanovuje pro hodnocení nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce v čl. 5.1.1 podmínku: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$. Z hodnot f_{Rsi} a $f_{Rsi,cr}$ uvedených v tabulce č. 30 vyplývá, že tato podmínka je splněna pro všechny hodnocené varianty.

Na základě porovnání vnitřních povrchových teplot θ_{si} [°C] v tabulce č. 30 lze konstatovat:

- snížením venkovní návrhové teploty θ_e z -13 °C na -15 °C došlo k poklesu vnitřní povrchové teploty θ_{si} v hodnoceném detailu o 0,24 °C (železobeton) až o 0,32 °C (keramická tvárnice);
- snížením venkovní návrhové teploty θ_e z -13 °C na -20 °C došlo k poklesu vnitřní povrchové teploty θ_{si} v hodnoceném detailu o 0,88 °C (železobeton) až o 1,11 °C (keramická a pórobetonová tvárnice).

Vliv hodnoty součinitele prostupu tepla na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce

Hodnocení vlivu hodnoty součinitele prostupu tepla na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce je opět provedeno v rohu obvodových stěn jako v předcházejícím posouzení. Výpočet, jehož výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 31, byl proveden v programu Area 2009 a bylo v něm uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnější straně: $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- venkovní návrhová teplota: $\theta_e = -15 \text{ °C}$;
- návrhová teplota vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ °C}$;
- návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru: $\varphi_e = 84 \text{ %}$;
- návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu: $\varphi_i = 50 \text{ %}$;
- skladby konstrukcí podle tabulky č. 14 varianty č. 1;
- obvodové konstrukce zateplené na hodnotu $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ tloušťkami tepelné izolace EPS-F podle hodnot uvedených v tabulce č. 29.

Dle ČSN 73 0540-2 [10] je pro venkovní návrhovou teplotu $\theta_e = -15 \text{ °C}$ a návrhovou teplotu vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ °C}$ při návrhové relativní vlhkosti vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \text{ %}$ (viz tabulka č. 5) kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ roven hodnotě 0,747, což odpovídá teplotě +11,59 °C. Podmínka $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$ stanovená v čl. 5.1.1 ČSN 73 0540-2 [10] je v hodnoceném příkladě (viz tabulka č. 31) splněna u všech konstrukcí pro hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. U obvodových konstrukcí, kde není uvažováno zateplení, je $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$ pouze u stěny z pórobetonových tvárnic. U ostatních hodnocených konstrukcí bez zateplení jsou hodnoty teplotního faktoru f_{Rsi} menší než hodnoty požadované.

Průběh teplot v posuzované železobetonové monolitické obvodové stěně a stěně z pórobetonových tvárnice je znázorněn na obrázku č. 9.

Tabulka č. 31: Vliv hodnoty součinitele prostupu tepla U na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce, hodnoceno pro venkovní návrhovou teplotu: $\theta_e = -15\text{ °C}$ a návrhovou teplotu vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6\text{ °C}$

materiál nosné části obvodových stěn	bez zateplení a omítek			$U = U_{N,20} = 0,30$ W/(m ² ·K)		$U = U_{rec,20} = 0,25$ W/(m ² ·K)		$U = U_{pas,20} = 0,18$ W/(m ² ·K)	
	U [W/(m ² ·K)]	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]	θ_{si} [°C]	f_{Rsi} [-]
železobeton	2,920	-3,22	0,331	16,20	0,876	16,88	0,896	17,88	0,924
vápenopískové tvárnice	1,851	1,76	0,471	15,61	0,860	16,36	0,881	17,47	0,912
tvárnice z liaporbetonu	0,903	8,11	0,649	15,06	0,844	15,84	0,866	17,01	0,899
keramické tvárnice typu Therm	0,730	9,62	0,692	14,97	0,842	15,76	0,864	16,94	0,897
pórobetonové tvárnice	0,517	11,75	0,751	14,99	0,842	15,74	0,863	16,88	0,896

Poznámky:

- hodnotící kritérium dle čl. 5.1.1 ČSN 73 0540-2 [10]: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$;
- kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ pro venkovní návrhovou teplotu $\theta_e = -15\text{ °C}$ a návrhovou teplotu vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6\text{ °C}$ při návrhové relativní vlhkosti vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50\%$ dle tabulky č. 5: $f_{Rsi,cr} = 0,747$;
- $f_{Rsi,cr} = 0,747$ odpovídá dle tabulky č. 6 teplota: $11,59\text{ °C}$;
- oranžově vyznačené hodnoty nesplňují podmínku $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,cr}$, a proto nevyhoví požadavku ČSN 73 0540-2 [10] na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce

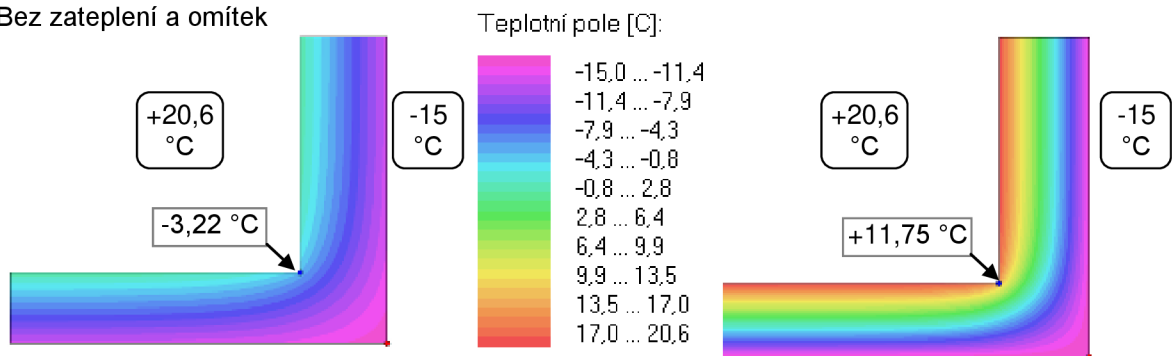
Porovnáním vnitřních povrchových teplot θ_{si} uvedených v tabulce č. 31 lze zjistit, že v hodnoceném příkladu:

- zateplením původně nezateplených konstrukcí na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ dle ČSN 73 0540-2 [10] dojde k výraznému zvýšení vnitřní povrchové teploty konstrukce, které je nejvýraznější u konstrukce z železobetonu, která má z posuzovaných konstrukcí jako nezateplená nejvyšší (nejhorší) hodnotu součinitele prostupu tepla;
- snížením součinitele prostupu tepla z požadované hodnoty $U_{N,20} = 0,30\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ na doporučenou $U_{rec,20} = 0,25\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ČSN 73 0540-2 [10] lze dosáhnout v posouzených konstrukčních variantách zvýšení povrchové teploty konstrukce cca o $0,7\text{ °C}$ až $0,8\text{ °C}$;
- snížením součinitele prostupu tepla z hodnoty $U_{rec,20} = 0,25\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ na hodnotu $U_{pas,20} = 0,18\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ lze dosáhnout u hodnocených konstrukcí dalšího zvýšení povrchové teploty konstrukce cca o $1,0\text{ °C}$ až $1,2\text{ °C}$.

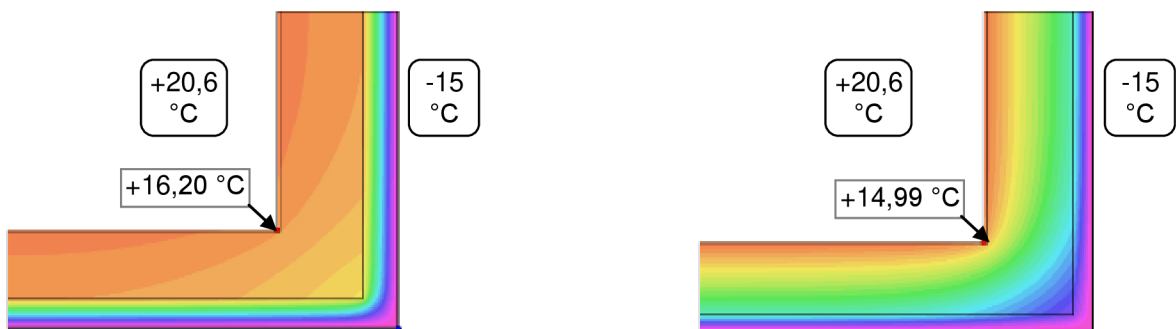
Železobetonová mobilitická stěna

Stěna z pórobetonových tvárníc

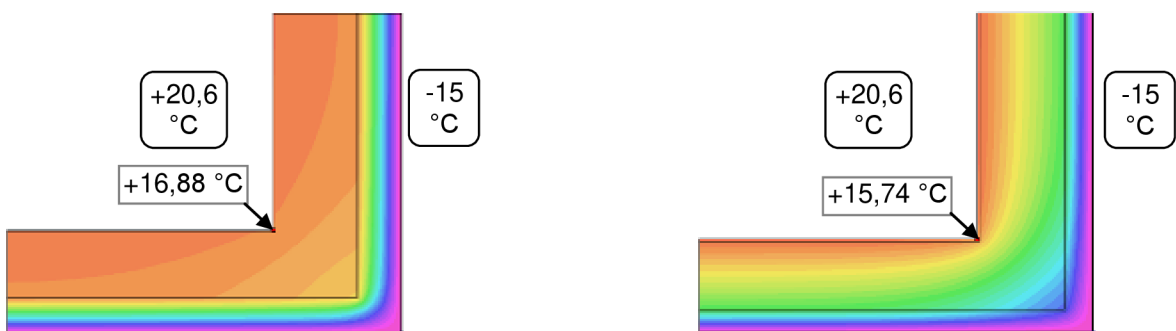
Bez zateplení a omítek



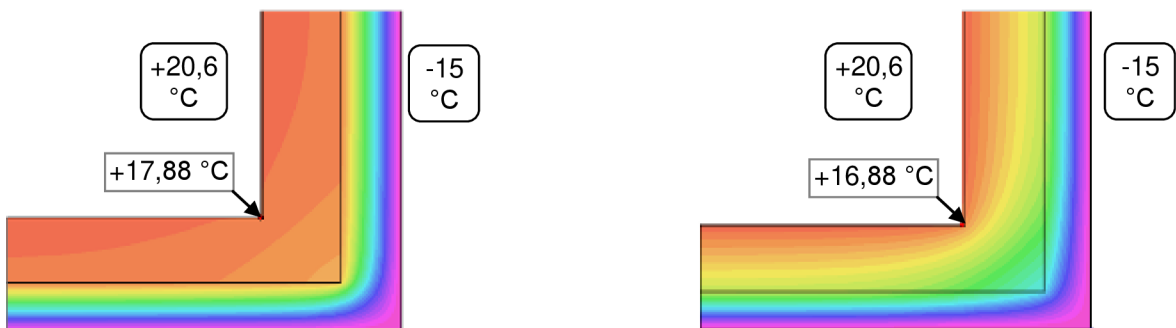
Zatepleno na hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukcí $U = U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Zatepleno na hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukcí $U = U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Zatepleno na hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukcí $U = U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Hodnoceno v programu Area 2009 pro venkovní návrhovou teplotu: $\theta_e = -15 \text{ °C}$ a návrhovou teplotu vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ °C}$.

Obrázek č. 9: Průběh teplot v rohu obvodových stěn z železobetonu a pórobetonu při tloušťce stěny 300 mm a zateplení na různé hodnoty součinitele prostupu tepla U

Lineární činitel prostupu tepla

Posouzení lineárního činitele prostupu tepla ψ bylo provedeno pro roh obvodových stěn v programu Area 2009. Shrnutí výsledků výpočtu je uvedeno v tabulce č. 32.

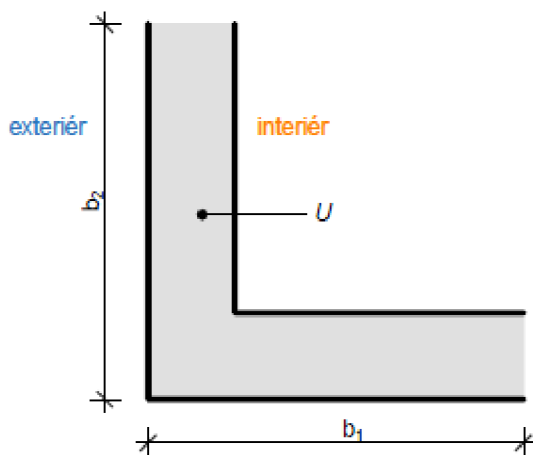
Pro posuzovaný roh dvou stěn byla vypočtena hodnota lineárního činitele prostupu tepla ψ na základě vzorce dle čl. B.7.1 ČSN [15]:

$$\psi = L^{2D} - \sum(U_j \cdot b_j) \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (22)$$

- L^{2D} – lineární tepelná propustnost určená pomocí výpočtu dvourozměrného teplotního pole geometrického modelu styku konstrukcí se sladovanou lineární tepelnou vazbou, $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$;
- U_j – součinitel prostupu tepla pro j -tou konstrukci geometrického modelu styku konstrukcí, $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$;
- b_j – rozměr j -té konstrukce geometrického modelu styku konstrukcí, měřený ve vnější soustavě rozměrů, [m].

Geometrie posuzovaného rohu stěny je znázorněna na obrázku č. 10. Vzhledem k tomu, že v hodnoceném detailu bylo uvažováno, že vnější rozměry $b_1 = b_2$; dále $b_1 + b_2 = b$, lze pro hodnocený detail vzorec (22) upravit:

$$\psi = L^{2D} - \sum(U_j \cdot b_j) = L^{2D} - U \cdot (b_1 + b_2) = L^{2D} - U \cdot b \quad (23)$$



U – součinitel prostupu tepla hodnocené obvodové konstrukce

Obrázek č. 10: Nákres hodnoceného rohu stěny

Hodnota lineární tepelné propustnosti L^{2D} $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ byla stanovena na základě výpočtu dvourozměrného stacionárního teplotního pole v programu Area 2009. Ve výpočtu bylo uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;

- odpor při přestupu tepla na vnější straně: $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- venkovní návrhová teplota: $\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$;
- návrhová teplota vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ }^\circ\text{C}$;
- skladby konstrukcí podle tabulky č. 14 varianty č. 1;
- obvodové konstrukce bez zateplení a zateplené na hodnotu $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, tloušťkami tepelné izolace EPS-F podle hodnot uvedených v tabulce č. 29.

Tabulka č. 32: Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi pro roh vnějších stěn

materiál nosné části obvodových stěn	bez zateplení a bez omítek				se zateplením na $U = U_{N,20} = 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		
	U [W/(m ² ·K)]	b [m]	L^{2D} [W/(m·K)]	ψ [W/(m·K)]	b [m]	L^{2D} [W/(m·K)]	ψ [W/(m·K)]
železobeton	2,920	2,600	6,154	-1,438	2,872	0,718	-0,144
vápenopísková tvárnice	1,851	2,600	3,931	-0,882	2,856	0,703	-0,154
tvárnice z liaporbetonu	0,903	2,600	1,935	-0,413	2,812	0,668	-0,176
keramická tvárnice	0,730	2,600	1,567	-0,331	2,790	0,660	-0,177
pórobetonová tvárnice	0,517	2,600	1,113	-0,231	2,746	0,639	-0,185

Poznámky:

- hodnotící kritérium dle čl. 5.4.1 ČSN 73 0540-2 [10]: $\psi \leq \psi_N$;
- pro vnější konstrukci navazující na další konstrukci je dle tabulky č. 4 $\psi_N = 0,2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;
- v tomto hodnoceném příkladu všechny posouzené detaily splňují podmínku $\psi \leq \psi_N$, a proto vyhoví požadavku ČSN 73 0540-2 [10] na požadovanou hodnotu lineárního činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi

Kritérium pro hodnocení lineárního činitele prostupu tepla ψ je stanoveno v čl. 5.4.1 ČSN 73 0540-2 [10]: $\psi \leq \psi_N$, kde pro vnější konstrukci navazující na další konstrukci je dle tabulky č. 4 $\psi_N = 0,2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Z hodnot lineárního činitele prostupu tepla ψ uvedených v tabulce č. 32 je patrné, že u všech hodnocených rohů obvodových stěn jsou hodnoty lineárního činitele prostupu tepla ψ záporné a ve všech posouzených případech je splněná podmínka: $\psi \leq \psi_N$. Záporná hodnota lineárního činitele prostupu tepla ψ znamená, že prostup tepla hodnoceným detailem je ve vzorci (23) již zahrnut v součinu $U \cdot b$. Při hodnocení energetické náročnosti budovy by proto v posouzených příkladech nedošlo tepelnou vazbou rohu stěn k navýšení energetické ztráty.

Možnosti řešení tepelného mostu u balkonu

Kritická místa z hlediska vzniku tepelných mostů a tepelných vazeb u posuzovaného bytového domu jsou: obvodová stěna u základu; ztužující věnec; roh obvodových stěn; obvodová stěna v místě napojení vnitřní stěny; atika; ostění, parapety a nadpraží oken (viz také obrázek č. 5). Uvedené detaily patří k typickým a způsob jejich řešení včetně posouzení lze často nalézt v technických podkladech výrobců nebo například na webové stránce www.tepelnymost.cz [26].

Poměrně častým kritickým místem z pohledu vzniku tepelného mostu je rovněž vyložení balkonové desky. Balkon se obvykle provádí pomocí vykonzolování stropní konstrukce před líc obvodové stěny budovy. Vzhledem k tomu, že materiál stropu často vede velmi dobře teplo, dochází prostřednictvím konstrukce balkonu k poměrně velkým tepelným ztrátám. Zároveň může být u konstrukcí v interiéru sousedících s balkonem nejnižší vnitřní povrchová teplota nižší než kritická, což může mít za následek růst plísní na stavebních konstrukcích nebo vznik povrchové kondenzace u výplní otvorů.

Tabulka č. 33: Skladba konstrukce balkonu

č.	materiál	tloušťka [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]
1	keramická dlažba	0,011	1,010
2	mrazuvzdorné lepidlo	0,007	0,900
2	drenáž	0,008	0,350
4	hydroizolace mPVC-P vyztužená skelným vláknem, vedená v geotextilii 300 g/m ²	0,002	0,150
5	betonová mazanina	0,500 ~ 0,720	1,360
6	tepelná izolace XPS ¹⁾	0,050	0,034
7	železobeton ²⁾	0,200 / 0,150 ²⁾	1,740
8	lepící stěrka ³⁾	0,004	0,800
9	fasádní polystyren EPS-F ^{3), 4)}	0,100	0,040
10	lepící stěrka + výtuzná sklotextilní síťovina ³⁾	0,004	0,800
11	silikonová omítka	0,003	0,700

Poznámky:

- ¹⁾ vrstva č. 6 je uvažována pouze u zateplení horní části balkonu a zateplení okolo balkonové desky;
- ²⁾ tloušťka balkonové desky je 150 mm pouze u příkladu zateplení horní části balkonu a při zateplení okolo balkonové desky;
- ³⁾ vrstvy č. 8 až č. 10 jsou uvažovány pouze v příkladech se zateplením spodní části balkonové desky a se zateplením okolo balkonové desky;
- ⁴⁾ v součiniteli délkové teplotní vodivosti λ je zohledněno kotvení pomocí talířových hmoždinek

Pomocí programu Area 2009 bylo provedeno posouzení 5 různých řešení balkonové desky z pohledu tepelné techniky. Ve výpočtech bylo uvažováno:

- venkovní návrhová teplota: $\theta_e = -15$ °C;

- návrhová teplota vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ }^\circ\text{C}$;
- návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru: 84 %;
- návrhová relativní vlhkost vzduchu v interiéru: 50 %;
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukcí $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně oken $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnější straně: $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- skladba konstrukce balkonu podle tabulky č. 33;
- stropní konstrukce a věnec jsou z železobetonu se součinitelem délkové tepelné vodivosti $\lambda = 1,74 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
- překlady: Porotherm 7 se součinitelem délkové tepelné vodivosti $\lambda_{eq} = 1,000 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ (parametry překladu viz [22] str. 146);
- isonosník Schöck Isokorb typ K80-CV35-V10 výška 200 mm se součinitelem délkové tepelné vodivosti $\lambda_{eqx} = 0,207 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, $\lambda_{eqy} = 0,223 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ (parametry isonosníku viz [27] str. 16);
- zateplení okolo balkonové desky:
 - 10 cm fasádního polystyrenu EPS-F se součinitelem tepelné vodivosti⁶ $\lambda = 0,040 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ze spodní části;
 - 5 cm fasádního polystyrenu EPS-F se součinitelem tepelné vodivosti⁷ $\lambda = 0,042 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ z boční části;
 - 5 cm extrudovaného polystyrenu se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,034 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ z horní části balkonu;
- zateplení obvodových zdí je uvažováno pomocí fasádního polystyrenu EPS-F tloušťky 160 mm se součinitelem délkové tepelné vodivosti $\lambda = 0,040 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ (uvažováno včetně vlivu kotvení pomocí talířových hmoždinek);
- okna jsou uvažována pouze velice přibližně pomocí typového dřevěného okna s plastovým rámečkem a součinitelem prostupu tepla sklem $U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ dle katalogu v programu Area 2009;
- osazení oken je uvažováno zároveň s vnější hranou obvodové zdi, tepelná izolace EPS-F je přetažena přes rám okna o 70 mm.

⁶ Při stanovení součinitele tepelné vodivosti λ u fasádního polystyrenu ze spodní části bylo uvažováno se zvýšením hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ vlivem kotvení tepelné izolace.

⁷ Při stanovení součinitele tepelné vodivosti λ u fasádního polystyrenu z boční části bylo uvažováno se zvýšením hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ vlivem kotvení zábradlí balkonu.

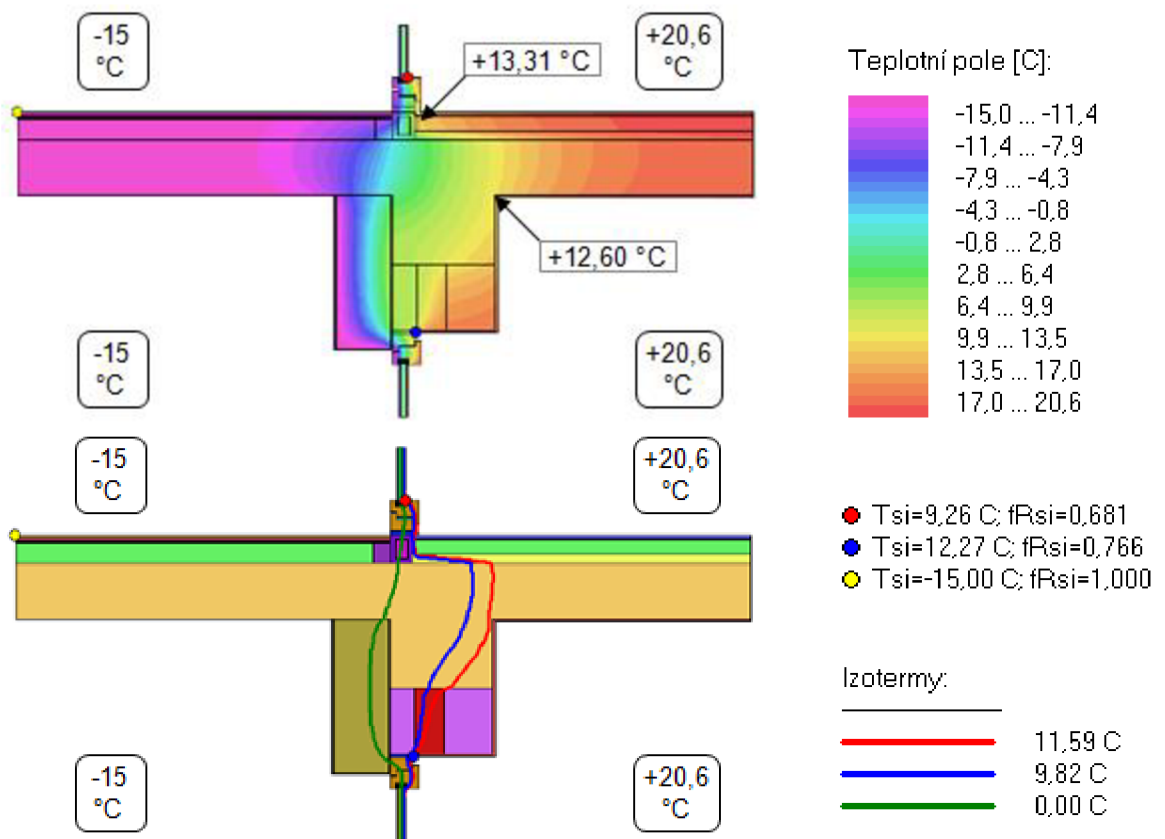
Na obrázcích č. 11, č. 12, č. 13, č. 14, č. 15 jsou znázorněny průběhy teplot v konstrukci pro různé způsoby tepelně technického řešení balkonu:

- balkon bez zateplení balkonové desky (viz obrázek č. 11)
- zateplení spodní části balkonu (viz obrázek č. 12);
- zateplení horní části balkonu (viz obrázek č. 13);
- zateplení kolem celé balkonové desky (viz obrázek č. 14);
- přerušení tepelného mostu pomocí isonosníku (viz obrázek č. 15).

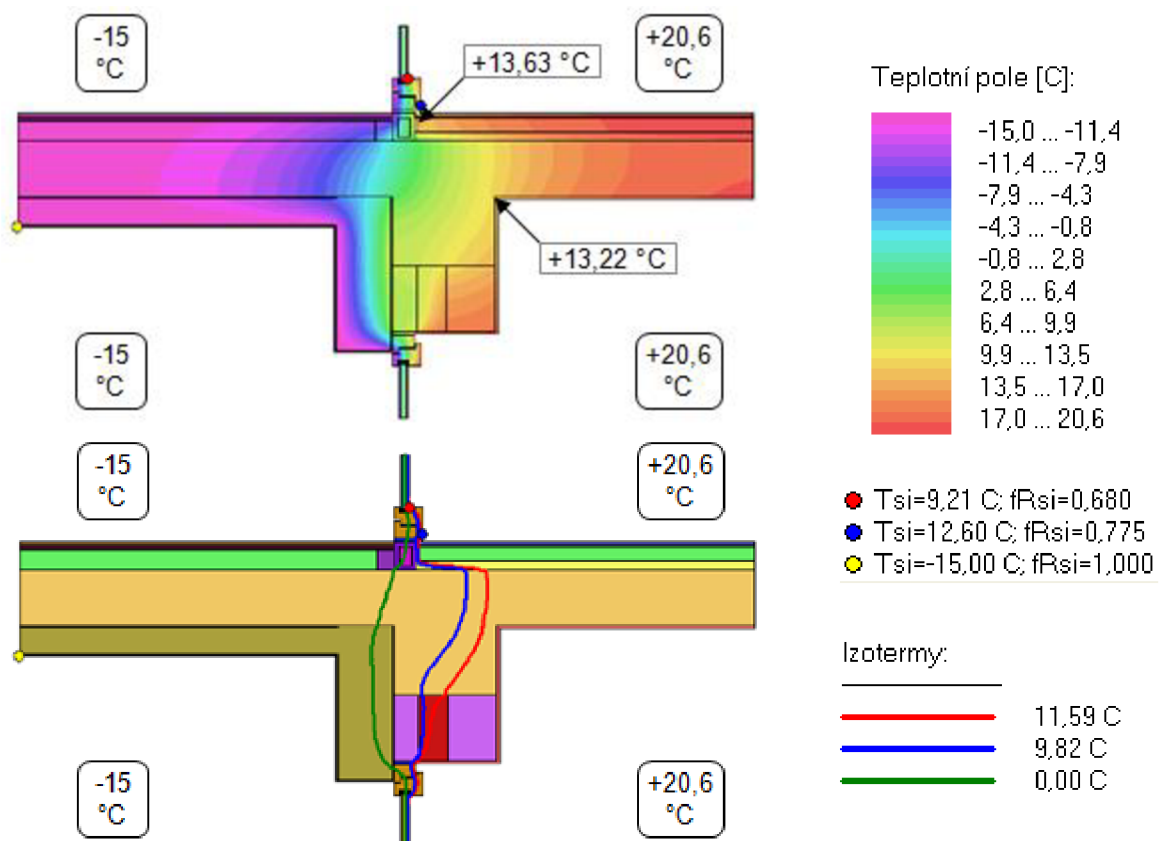
Teplota 11,59 °C (vyznačená v obrázcích č. 11 až 15 červenou izotermou) představuje kritickou teplotu pro venkovní návrhovou teplotu $\theta_e = -15$ °C a návrhovou teplotu vnitřního vzduchu $\theta_i = +20,6$ °C (viz tabulka č. 6). Teplota 9,82 °C (v obrázcích č. 11 až 15 vyznačená modrou izotermou) odpovídá při zvolených okrajových podmínkách teplotě rosného bodu.

Na základě posouzení (obrázky č. 11 až č. 15) pěti hodnocených variant řešení balkonu lze k příkladu shrnout:

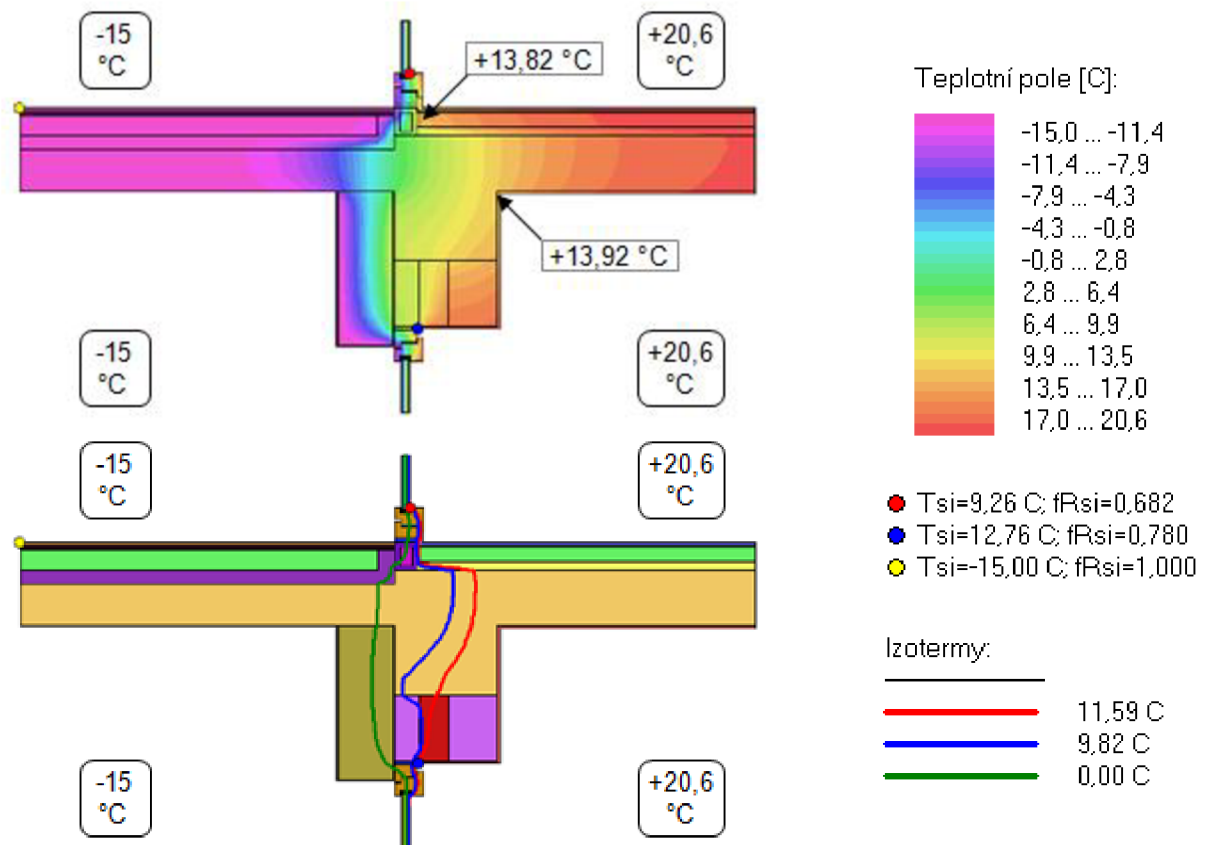
- ve všech pěti hodnocených variantách je teplota v rozích horní i dolní místnosti vyšší než kritická teplota 11,59 °C;
- povrchová teplota v rozích místnosti je vyšší u horní místnosti v případě balkonu bez zateplení a u zateplení balkonu z jeho spodní části, ve zbývajících posuzovaných příkladech je povrchová teplota vyšší v rohu dolní místnosti;
- nejnižší povrchové teploty jsou u balkonu bez zateplení;
- při zateplení balkonu z jeho horní části při použití 5 cm extrudovaného polystyrenu XPS se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,034$ W/(m·K) je dosaženo vyšších povrchových teplot v rozích místností než při zateplení spodní části balkonu 10 cm fasádního polystyrenu EPS-F se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,040$ W/(m·K) (viz obrázky č. 12 a č. 13);
- provedením zateplení okolo balkonové desky (viz obrázek č. 14) pomocí bylo dosaženo obdobných povrchových teplot v rozích místnosti jako při použití isonosníku typu Schöck Isokorb typ K80-CV35-V10 výška 200 mm se součinitelem délkové tepelné vodivosti $\lambda_{eqx} = 0,207$ W/(m·K), $\lambda_{eqy} = 0,223$ W/(m·K).



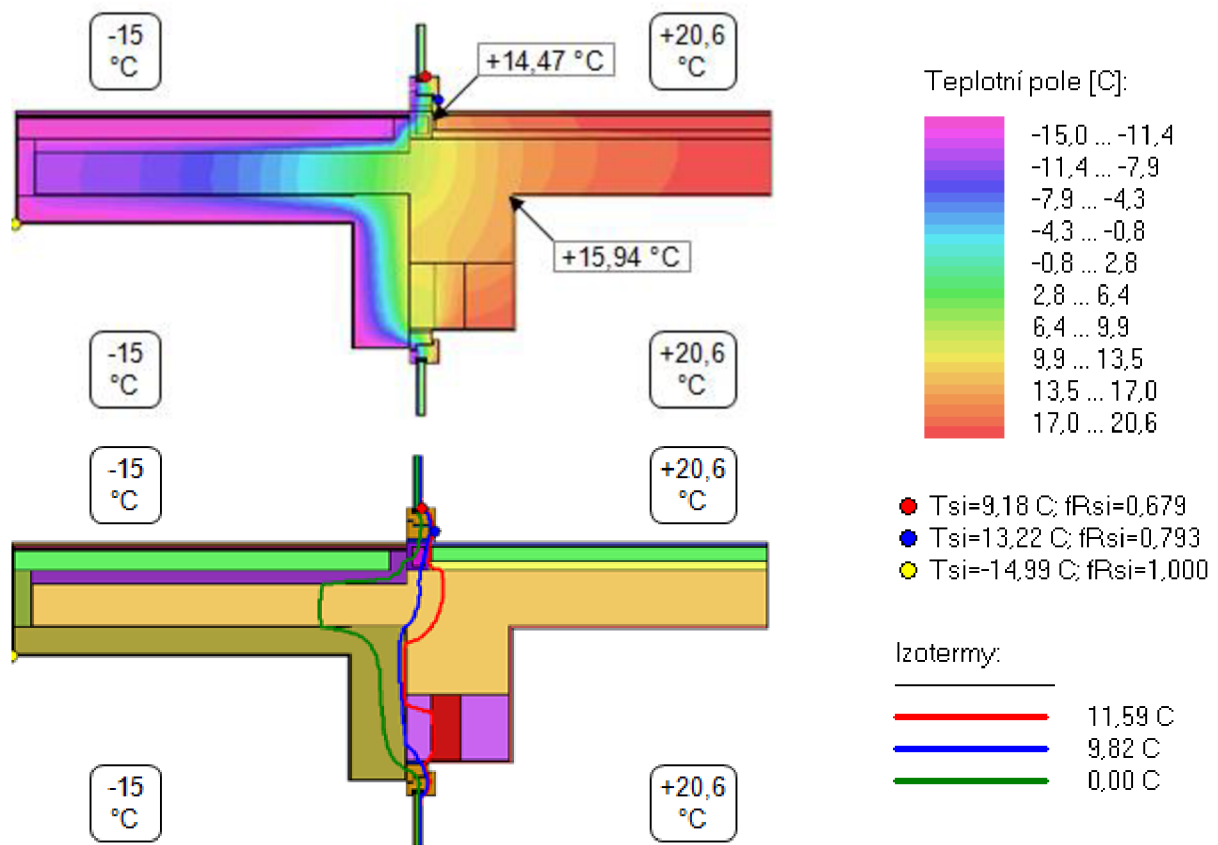
Obrázek č. 11: Průběh teplot u balkonu bez zateplení balkonové desky



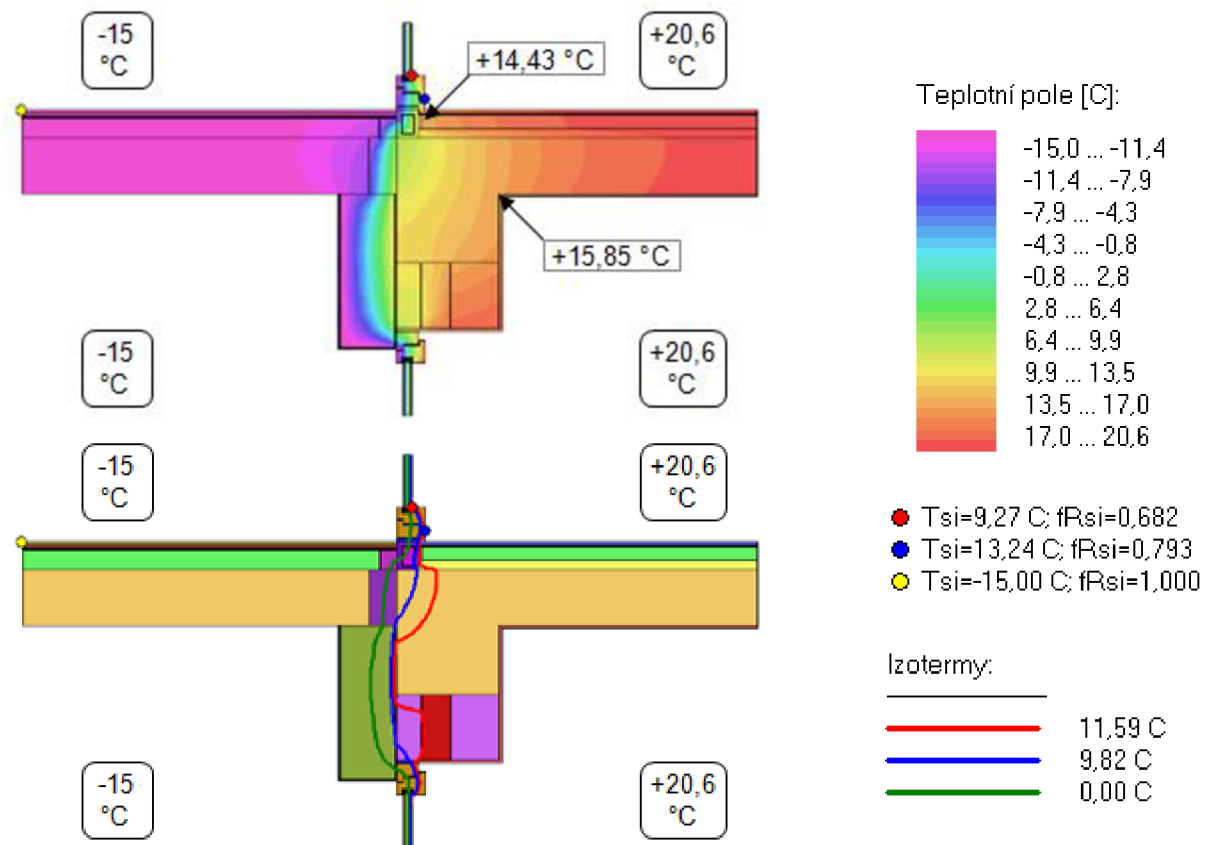
Obrázek č. 12: Průběh teplot při zateplení spodní části balkonu



Obrázek č. 13: Průběh teplot při zateplení horní části balkonu



Obrázek č. 14: Průběh teplot při zateplení kolem balkonové desky



Obrázek č. 15: Průběh teplot při použití isonosniku

3.3.5 Kondenzace vodní páry v konstrukci

Kondenzace vodní páry v konstrukci je ovlivněna řadou faktorů, jako jsou teplota a vlhkost prostředí, které konstrukce odděluje, nebo skladba konstrukce.

Norma ČSN 73 0540-2 [10] uvádí v čl. A.3.1.9: „Z hlediska prostupu vodních par a nebezpečí kondenzace vodní páry v konstrukci je zpravidla výhodné, pokud jsou vrstvy v konstrukci řazeny tak, že se velikost součinné tepelné vodivosti a faktoru difúzního odporu jednotlivých vrstev směrem od vnitřního povrchu (od interiéru) postupně snižuje.“

Faktor difúzního odporu μ [-] udává „relativní schopnost vrstvy materiálu propouštět vodní páru difúzí, je poměrem difúzního odporu materiálu a difúzního odporu vrstvy vzduchu o téže tloušťce, při smluvních podmínkách“ (ČSN [13] čl. 4.4.13).

Ke skladbě konstrukce obvodové stěny uvedené v tabulce č. 14 variantě č. 1 jsou v tabulce č. 34 uvedeny faktory difúzního odporu μ jednotlivých vrstev. Zároveň je v tabulce č. 34 navržena variantní skladba konstrukce, kdy namísto silikonové omítky (vrstva č. 6a v tabulce č. 34) je na horní vrstvu konstrukce použit keramický obklad (vrstvy č. 6b, 7b v tabulce č. 34).

Tabulka č. 34: Skladba a parametry obvodových konstrukcí pro posouzení kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

č.	materiál	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	faktor difúzního odporu μ [-]	$\lambda \cdot \mu$	
1	omítka Baumit MPI 25	0,01	0,470	25	11,75	
2	keramická tvárnice	0,3	0,250	8	2,00	
	pórobetonová tvárnice		0,170	7	1,19	
	liaporbetonová tvárnice		0,320	9	2,88	
	vápenopísková tvárnice		0,810	15	12,15	
	železobeton		1,740	32	55,68	
3	lepící stěrka	0,004	0,800	50	40,00	
4	tepelná izolace: fasádní polystyren EPS-F	v závislosti na požadované hodnotě součinitele prostupu tepla		0,039	40	1,56
5	lepící stěrka + výztužná sklotextilní síťovina	0,004	0,800	50	40,00	
6a	silikonová omítka	0,003	0,700	37	25,90	
6b	lepidlo	0,004	0,800	35	28,00	
7b	keramický obklad	0,01	1,010	150	151,50	
Poznámky: <ul style="list-style-type: none"> • varianta s exteriérovou povrchovou úpravou ze silikonové omítky bez keramického obkladu: vrstvy č. 1 až 6a • varianta s exteriérovou povrchovou úpravou z keramického obkladu: vrstvy č. 1 až 5 + 6b + 7b 						

Składby obvodových stěn uvedených v tabulce č. 34 byly posouzeny v programu Teplo 2009 na kondenzaci vodní páry v konstrukci pro modelové situace uvedené v tabulce č. 35. Jednotlivé situace se mezi sebou liší venkovní povrchovou úpravou (keramický obklad nebo silikonová omítka), venkovní návrhovou teplotou θ_e , návrhovou teplotou vnitřního vzduchu θ_i a návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu φ_i .

Tabulka č. 35: Popis situací pro posouzení kondenzace vodní páry v konstrukci

označení situace	keramický obklad	venkovní návrhová teplota θ_e [°C]	návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_i [°C]	návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru φ_e [%]	návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i s bezpečnostní přírůzkou 5% [%]
1	ne	-15	+20,6	84	55
2	ne	-15	+22,0	84	55
3	ne	-15	+20,6	84	60
4	ne	-13	+20,6	84	55
5	ano	-15	+20,6	84	55

Při posouzení konstrukcí na kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce bylo uvažováno:

- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – výpočet kondenzace: $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně – výpočet součinitele prostupu tepla: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- odpor při přestupu tepla na vnější straně: $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;
- venkovní návrhová teplota θ_e , návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_i , návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru φ_e , návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i podle tabulky č. 35;
- skladby konstrukcí podle tabulky č. 34
 - pro variantu s exteriérovou povrchovou úpravou ze silikonové omítky bez keramického obkladu: vrstvy č. 1 až 6a;
 - pro variantu s exteriérovou povrchovou úpravou z keramického obkladu: vrstvy č. 1 až 5 + 6b + 7a;
- obvodové konstrukce zateplené na hodnotu $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ tloušťkami tepelné izolace EPS-F podle hodnot uvedených v tabulce č. 29.

V hodnocených obvodových stěnách je připuštěna kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce, proto se hodnotí dle požadavků stanovených v čl. 6.1.2 a čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10]. Pro množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce $M_{c,a}$, musí být dle čl. 6.1.2 ČSN 73 0540-2 [10] splněno $M_{c,a} \leq M_{c,N}$. Hodnota $M_{c,N}$ se přitom stanoví na základě typu hodnocené konstrukce a objemové hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci (více v kapitole č. 3.2.3). Vzhledem k tomu, že:

- hodnocené obvodové stěny jsou zatepleny vnějším kontaktním zateplovacím systémem a
- výpočtem v programu Teplo 2009 bylo zjištěno, že pokud uvnitř konstrukce kondenzuje vodní pára, je materiálem s nejmenší objemovou hmotností v kondenzační zóně polystyren EPS-F s objemovou hmotností $17 \text{ kg}/\text{m}^3$,

je hodnota $M_{c,N}$ dle ČSN v čl. 6.1.2 stanovena jako menší z hodnot:

- $0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$;
- 6 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci, při objemové hmotnosti materiálu menší nebo rovné $100 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Zároveň musí být splněna podmínka stanovená čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10], podle které musí být množství zkondenzované páry v konstrukci $M_{c,a}$ [kg/(m²·rok)] menší než množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce $M_{ev,a}$ [kg/(m²·rok)].

Z vyhodnocení v tabulkách č. 36 až č. 40 je patrné, že

- u všech hodnocených konstrukcí s venkovní povrchovou úpravou ze silikonové omítky jsou v posouzených konstrukcích splněny podmínky stanovené čl. 6.1.2 a čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10];
- v případě konstrukcí s venkovní povrchovou úpravou z keramického obkladu není splněna podmínka 6.1.2 na maximální zkondenzované množství vodní páry v konstrukci
 - u obvodových stěn z keramických a pórobetonových tvárnice při zateplení na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{N,20} = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a $U = U_{rec,20} = 0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a
 - u liaporbetonových tvárnice při zateplení na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{N,20} = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Tabulka č. 36: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 1

materiál nosné části obvodových stěn		keramická tvárnice	pórobetonová tvárnice	liaporbetonová tvárnice	vápenopísková tvárnice	železobeton
$U_{N,20}$	$M_{c,a}$ [kg/(m ² ·rok)]	0,0146	0,0352	0,008	0,0017	nedochází ke kondenzaci
	$M_{ev,a}$ [kg/(m ² ·rok)]	2,6267	1,9407	2,9422	3,5902	
	$M_{c,N}$ [kg/(m ² ·rok)]	0,086	0,063	0,097	0,100	
$U_{rec,20}$	$M_{c,a}$ [kg/(m ² ·rok)]	0,0107	0,0226	0,0062	0,0015	nedochází ke kondenzaci
	$M_{ev,a}$ [kg/(m ² ·rok)]	2,1276	1,869	2,0345	2,6415	
	$M_{c,N}$ [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,095	0,100	0,100	
$U_{pas,20}$	$M_{c,a}$ [kg/(m ² ·rok)]	0,0066	0,0123	0,0044	0,0015	nedochází ke kondenzaci
	$M_{ev,a}$ [kg/(m ² ·rok)]	1,4855	1,3548	1,3893	1,6315	
	$M_{c,N}$ [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,100	0,100	0,100	

Poznámky:

- modelová situace č. 1: bez keramického obkladu, venkovní návrhová teplota $\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$; návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_i = 20,6 \text{ }^\circ\text{C}$; návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru $\varphi_e = 84 \text{ } \%$; návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i s bezpečnostní přírůžkou $\Delta \varphi = 5\%$: $\varphi_i + \Delta \varphi = 55 \text{ } \%$;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.1.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} \leq M_{c,N}$;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} < M_{ev,a}$;
- v tomto hodnoceném příkladu všechny posouzené detaily splňují podmínky $M_{c,a} \leq M_{c,N}$; $M_{c,a} < M_{ev,a}$, a proto vyhoví požadavkům ČSN 73 0540-2 [10] na kondenzaci vodní páry v konstrukci

Tabulka č. 37: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 2

materiál nosné části obvodových stěn		keramická tvárnice	pórobetonová tvárnice	liapor-betonová tvárnice	vápenopísková tvárnice	železobeton
U _{N,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0199	0,0451	0,0124	0,0029	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	2,563	1,9286	2,855	3,4345	
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,086	0,063	0,097	0,100	
U _{rec,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0150	0,029	0,0097	0,0025	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	2,0848	1,8178	2,2672	2,5895	
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,095	0,100	0,100	
U _{pas,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0095	0,0161	0,0066	0,0023	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	1,4572	1,3317	1,5364	1,6083	
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,100	0,100	0,100	

Poznámky:

- modelová situace č. 2: bez keramického obkladu, venkovní návrhová teplota $\theta_e = -15$ °C; návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_i = 22$ °C; návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru $\varphi_e = 84$ %; návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i s bezpečnostní přírůžkou $\Delta \varphi = 5$ %: $\varphi_i + \Delta \varphi = 55$ %;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.1.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} \leq M_{c,N}$;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} < M_{ev,a}$;
- v tomto hodnoceném příkladu všechny posouzené detaily splňují podmínky $M_{c,a} \leq M_{c,N}$; $M_{c,a} < M_{ev,a}$, a proto vyhoví požadavkům ČSN 73 0540-2 [10] na kondenzaci vodní páry v konstrukci

Tabulka č. 38: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 3

materiál nosné části obvodových stěn		keramická tvárnice	pórobetonová tvárnice	liapor-betonová tvárnice	vápenopísková tvárnice	železobeton
U _{N,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0218	0,0537	0,0140	0,0032	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	2,2653	1,9488	2,5007	3,1013	
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,086	0,063	0,097	0,100	
U _{rec,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0169	0,0333	0,0113	0,0029	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	1,8483	1,5380	2,0091	2,2931	
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,095	0,100	0,100	
U _{pas,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0110	0,0181	0,008	0,0026	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	1,2871	1,1785	1,3692	1,4368	
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,100	0,100	0,100	

Poznámky:

- modelová situace č. 3: bez keramického obkladu, venkovní návrhová teplota $\theta_e = -15$ °C; návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_i = 20,6$ °C; návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru $\varphi_e = 84$ %; návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i s bezpečnostní přírůžkou $\Delta \varphi = 5$ %: $\varphi_i + \Delta \varphi = 60$ %;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.1.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} \leq M_{c,N}$;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} < M_{ev,a}$;
- v tomto hodnoceném příkladu všechny posouzené detaily splňují podmínky $M_{c,a} \leq M_{c,N}$; $M_{c,a} < M_{ev,a}$, a proto vyhoví požadavkům ČSN 73 0540-2 [10] na kondenzaci vodní páry v konstrukci

Tabulka č. 39: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 4

materiál nosné části obvodových stěn		keramická tvárnice	pórobetonová tvárnice	liapor-betonová tvárnice	vápenopísková tvárnice	železobeton
U _{N,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0115	0,0307	0,0052	nedochází ke kondenzaci	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	2,6267	1,9407	2,9422		
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,086	0,063	0,097		
U _{rec,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0082	0,0195	0,0039	nedochází ke kondenzaci	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	2,1276	1,8690	2,1280		
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,095	0,100		
U _{pas,20}	M _{c,a} [kg/(m ² ·rok)]	0,0047	0,0102	0,0027	nedochází ke kondenzaci	nedochází ke kondenzaci
	M _{ev,a} [kg/(m ² ·rok)]	1,4855	1,3548	1,4548		
	M _{c,N} [kg/(m ² ·rok)]	0,100	0,100	0,100		

Poznámky:

- modelová situace č. 4: bez keramického obkladu, venkovní návrhová teplota $\theta_e = -13$ °C; návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_i = 20,6$ °C; návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru $\varphi_e = 84$ %; návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i s bezpečnostní přírážkou $\Delta \varphi = 5\%$: $\varphi_i + \Delta \varphi = 55$ %;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.1.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} \leq M_{c,N}$;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} < M_{ev,a}$;
- v tomto hodnoceném příkladu všechny posouzené detaily splňují podmínky $M_{c,a} \leq M_{c,N}$; $M_{c,a} < M_{ev,a}$, a proto vyhoví požadavkům ČSN 73 0540-2 [10] na kondenzaci vodní páry v konstrukci

Tabulka č. 40: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 5

materiál nosné části obvodových stěn		keramická tvárnice	pórobetonová tvárnice	liapor-betonová tvárnice	vápenopísková tvárnice	železobeton
U _{N,20}	M _{c,a} [kg/m ² /rok]	0,1397	0,2059	0,1128	0,0510	0,0209
	M _{ev,a} [kg/m ² /rok]	1,0774	1,1057	1,0639	1,0337	1,0322
	M _{c,N} [kg/m ² /rok]	0,086	0,063	0,097	0,100	0,100
U _{rec,20}	M _{c,a} [kg/m ² /rok]	0,1019	0,1445	0,0836	0,0423	0,0182
	M _{ev,a} [kg/m ² /rok]	1,0519	1,0706	1,043	1,0262	1,0261
	M _{c,N} [kg/m ² /rok]	0,100	0,095	0,100	0,0750	0,0790
U _{pas,20}	M _{c,a} [kg/m ² /rok]	0,0482	0,0682	0,043	0,0285	0,0123
	M _{ev,a} [kg/m ² /rok]	1,0173	1,0254	1,0172	1,0173	1,0175
	M _{c,N} [kg/m ² /rok]	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100

Poznámky:

- modelová situace č. 5: s keramickým obkladem, venkovní návrhová teplota $\theta_e = -15$ °C; návrhová teplota vnitřního vzduchu $\theta_i = 20,6$ °C; návrhová relativní vlhkost vzduchu v exteriéru $\varphi_e = 84$ %; návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i s bezpečnostní přírážkou $\Delta \varphi = 5\%$: $\varphi_i + \Delta \varphi = 55$ %;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.1.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} \leq M_{c,N}$;
- hodnotící kritérium dle čl. 6.2 ČSN 73 0540-2 [10]: $M_{c,a} < M_{ev,a}$;
- oranžově vyznačené hodnoty nesplňují podmínku $M_{c,a} \leq M_{c,N}$, a proto nevyhoví požadavku ČSN 73 0540-2 [10] na kondenzaci vodní páry v konstrukci

Na základě porovnání hodnot (viz tabulky č. 36 až č. 40) zkondenzované a vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukcí lze pro všechny modelové situace uvést:

- u posouzených skladeb bez keramického obkladu nedochází ve všech hodnocených příkladech ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce z železobetonu, který má vysoký faktor difúzního odporu μ ; v případě stěny s keramickým obkladem je kondenzace v železobetonové stěně ze všech hodnocených obvodových stěn nejmenší;
- nízká nebo nulová kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce je také v případě skladby stěny z vápenopískových tvárnic, které mají také poměrně vysokou hodnotu faktoru difúzního odporu μ ;
- nejvyšší kondenzace vodní páry je pro hodnocené konstrukce ve stěně z pórobetonu, který má z posouzených konstrukcí nejmenší difúzní odpor;
- v posouzených příkladech dochází v jednotlivých modelových situacích k nejvyšší kondenzaci vodní páry v konstrukcích zateplených na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, naopak nejnižší kondenzace vodní páry nastává v hodnocených konstrukcích zateplených na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$ je nejvyšší v posouzených konstrukcích zateplených na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a naopak nejnižší v hodnocených konstrukcích zateplených na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

V případě konstrukcí s exteriérovou povrchovou úpravou ze silikonové omítky (modelové situace č. 1 až č. 4, tabulky č. 36 až č. 39) je možné konstatovat:

- při stejné návrhové teplotě venkovního vzduchu $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ a při stejné návrhové vlhkosti vzduchu v interiéru 55 % dojde zvýšením návrhové teploty vzduchu interiéru z $20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ na $22 \text{ }^\circ\text{C}$ (modelová situace č. 1 a 2, tabulky č. 36 a č. 37) ke zvýšení kondenzace vodní páry v posuzovaných konstrukcích a zároveň se sníží množství vypařitelné vodní páry z konstrukce;
- při stejné návrhové teplotě venkovního vzduchu $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ a při stejné návrhové teplotě vzduchu v interiéru $20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ dojde při zvýšení návrhové vlhkosti vnitřního vzduchu z 55 % na 60 % (situace č. 1 a 3, tabulky č. 36 a č. 38) ke zvýšení kondenzace vodní páry v posouzených konstrukcích a ke snížení množství vypařitelné vodní páry z konstrukce;
- při stejné návrhové teplotě vzduchu v interiéru $20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ a při stejné návrhové relativní vlhkosti vzduchu v interiéru 55 % dojde při zvýšení návrhové teploty venkovního

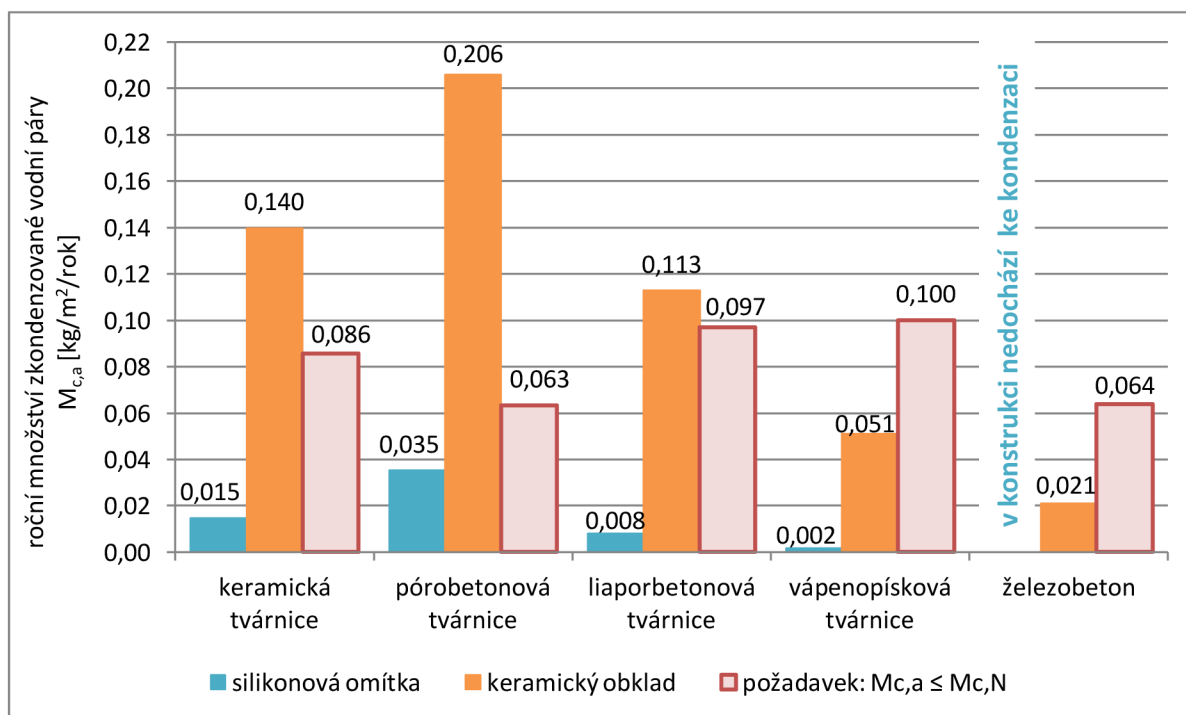
vzduchu z -15 % na -13 % (situace č. 1 a 4) ke snížení kondenzace vodní páry v posouzených konstrukcích, množství vypařitelné páry z konstrukce zůstane stejné nebo se mírně zvýší;

- z hodnocených příkladů je nejvyšší kondenzace vodní páry v modelové situaci č. 3 (tabulka č. 38), kdy je uvažována návrhová teplota 20,6 °C, návrhová relativní vlhkost vzduchu v interiéru 60 % a návrhová teplota venkovního vzduchu -15 °C;
- nejnižší kondenzace vodní páry nastane u posouzených konstrukcí v modelové situaci č. 4 (tabulka č. 39), kdy je uvažováno s návrhovou teplotou vzduchu v interiéru 20,6 °C, návrhovou relativní vlhkostí vzduchu v interiéru 55 % a návrhovou teplotou venkovního vzduchu -13 °C.

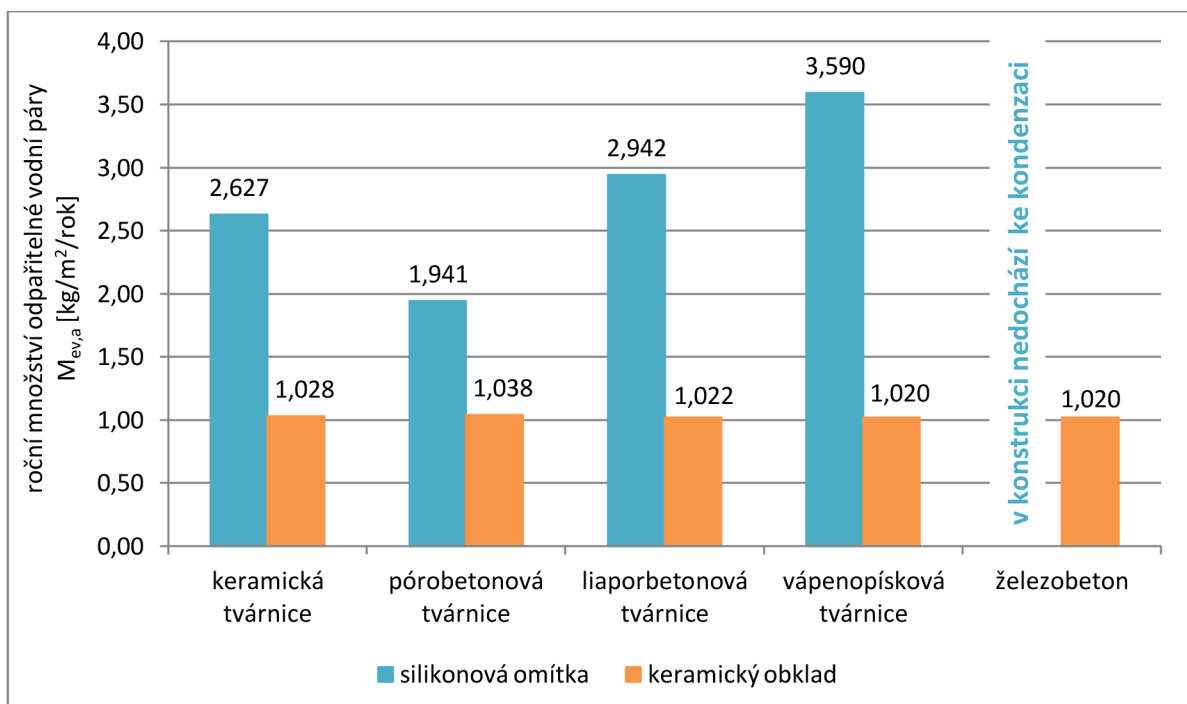
V případě konstrukcí s keramickým obkladem ze strany exteriéru (modelová situace č. 5, tabulka č. 40) je kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce podstatně vyšší než u konstrukcí bez keramického obkladu (modelové situace č. 1 až č. 4, tabulky č. 36 až č. 39). Keramický obklad v modelové situaci č. 5 představuje vrstvu s vysokým faktorem difúzního odporu, která je umístěna z vnější strany a jejíž faktor difúzního odporu je podstatně vyšší než faktor difúzního odporu ostatních vrstev v konstrukci. V důsledku toho dochází k uzavření vodní páry v konstrukci a její následné kondenzaci. Vzhledem k tomu, že faktor difúzního odporu keramického obkladu v modelové situaci č. 5 je podstatně vyšší než faktor difúzního odporu silikonové omítky uvažované v modelových situacích č. 1 až 4, může z konstrukce s keramickým obkladem vystoupit podstatně méně vodní páry než u konstrukce se silikonovou omítkou, proto dochází k vyšší kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce s venkovní povrchovou vrstvou z keramického obkladu.

Grafické srovnání kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce s exteriérovou povrchovou vrstvou ze silikonové omítky a z keramického obkladu pro hodnotu součinitele prostupu tepla obvodové stěny $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ je pro modelové situace č. 1 a č. 5 znázorněno v grafech na obrázcích č. 16 a č. 17. Pro modelovou situaci č. 5 je dále na obrázku č. 18 zobrazeno rozložení relativní vlhkosti v rohu obvodové stěny z keramických tvárnic typu Therm s vnějším keramickým obkladem zateplené na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. V grafu na obrázku č. 19 je pro tento roh obvodové stěny z tvárnic typu Therm s vnějším keramickým obkladem znázorněno akumulované množství zkondenzované vlhkosti na základě výpočtu v programu Area 2009. Z grafu č. 19 lze vyčíst, že kondenzát by se v konstrukci začal hromadit od měsíce listopadu a až do února by se množství akumulované vodní páry zvyšovalo. V měsících března a dubna

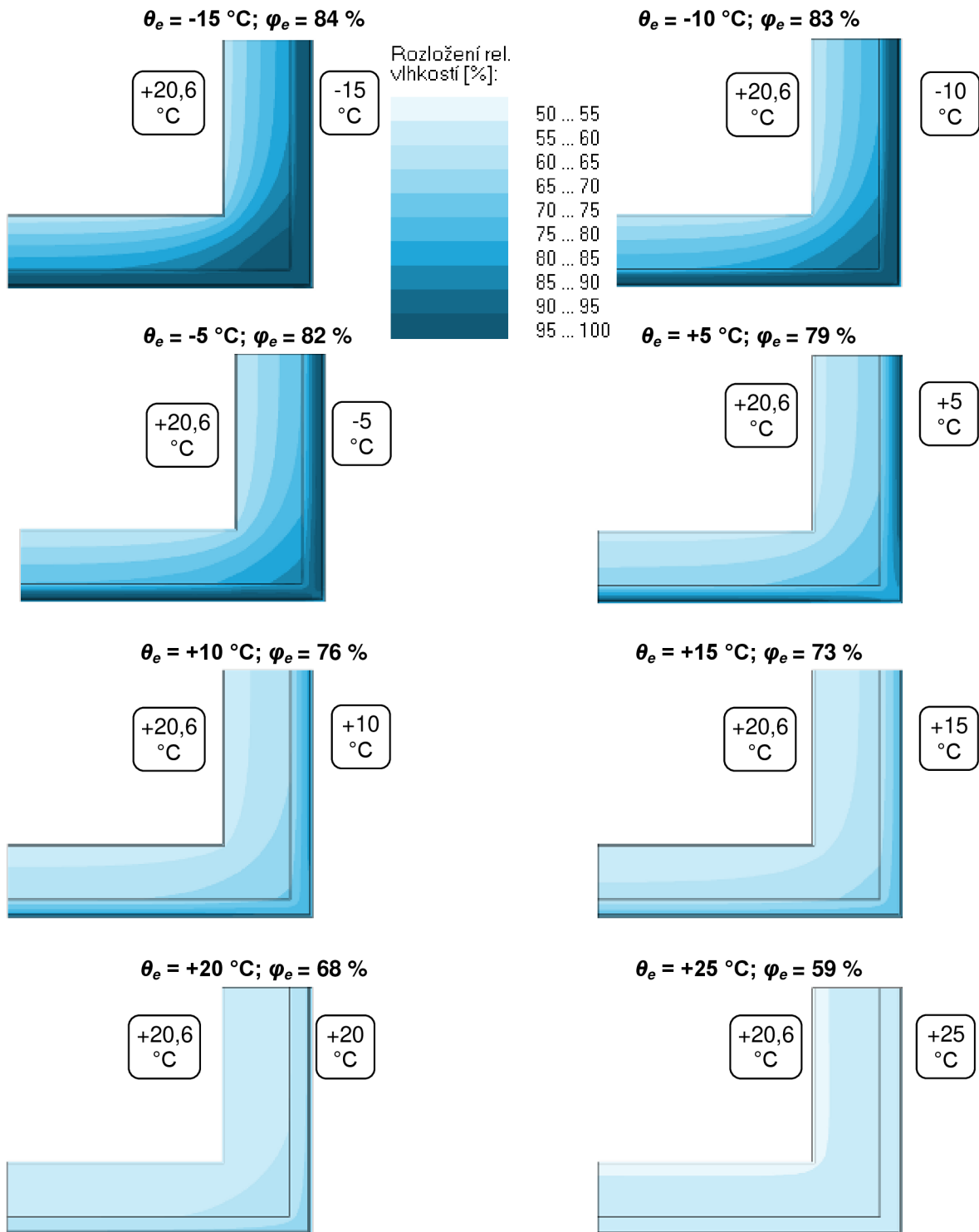
by se v důsledku většího odparu vodní páry postupně množství kondenzátu uvnitř konstrukce snižovalo. V květnu by již množství akumulované vodní páry v konstrukci bylo nulové.



Obrázek č. 16: Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ pro konstrukce podle tabulky č. 34 se zateplením na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pro variantu s exteriérovou povrchovou úpravou ze silikonové omítky a s keramickým obkladem

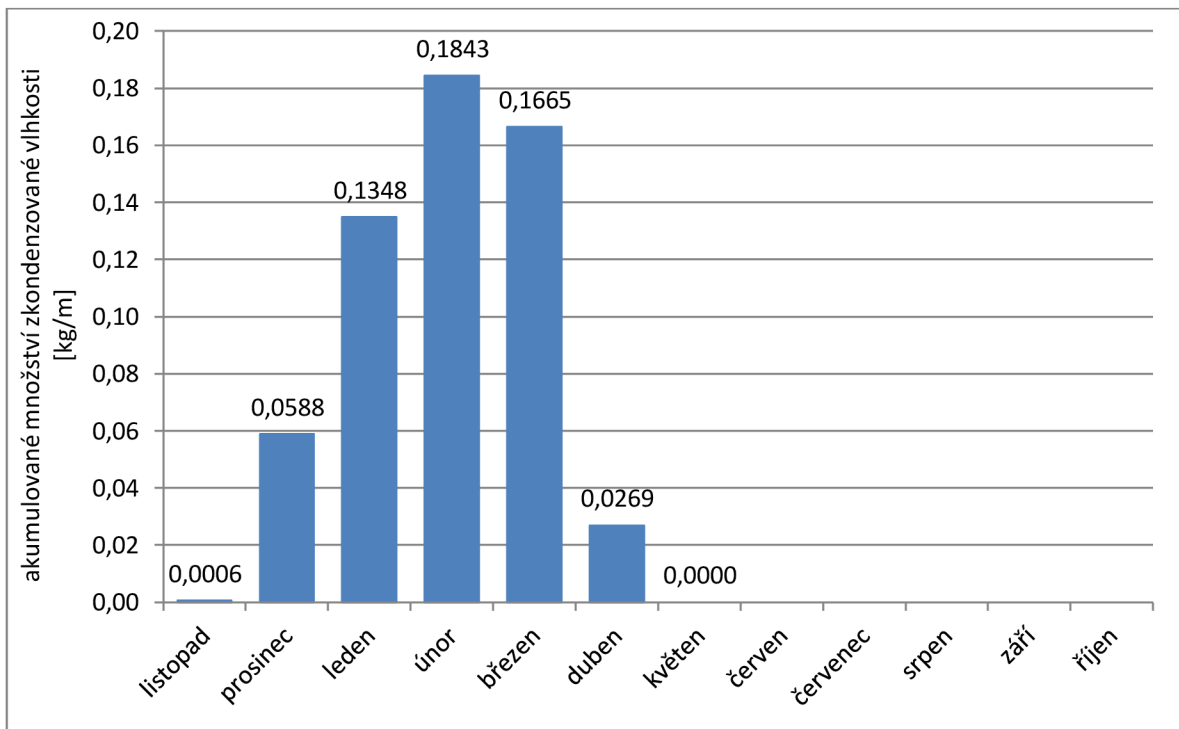


Obrázek č. 17: Roční množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$ pro konstrukce podle tabulky č. 34 se zateplením na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pro variantu s exteriérovou povrchovou úpravou ze silikonové omítky a s keramickým obkladem



- hodnoceno v programu Area 2009 pro návrhovou teplotu vnitřního vzduchu $\theta_i = 20,6\text{ °C}$ a návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu 55 % včetně bezpečnostní přírážky
- obvodová stěna z tvárnic typu Therm s kontaktním zateplovacím systémem a keramickým obkladem ze strany exteriéru (skladba podle tabulky č. 34 vrstvy č. 1 až 5 + 6b + 7b)

Obrázek č. 18: Příklad rozložení relativní vlhkosti v rohu obvodové stěny



Obrázek č. 19: Akumulované množství zkondenzované vlhkosti (na základě výpočtu v programu Area 2009 podle ČSN EN ISO 13788 [20])

3.3.6 Pokles dotykové teploty podlahy, skladba konstrukce podlahy

Výsledná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ závisí na tepelné jímavosti podlahy B [$\text{W}\cdot\text{s}^{0.5}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] a průměrné vnitřní povrchové teplotě podlahy θ_{sim} [$^{\circ}\text{C}$] (ČSN [15] čl. 7.2). Tepelná jímavost materiálu b [$\text{W}^2\cdot\text{s}/(\text{m}^4\cdot\text{K}^2)$] vyjadřuje schopnost materiálu o definované vlhkosti přijímat teplo a je dána vztahem uvedeným v ČSN [13] čl. 4.3.17:

$$b = \lambda \cdot c \cdot \rho \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (24)$$

- λ – součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]
- c – měrná tepelná kapacita [$\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$]
- ρ – objemová hmotnost [kg/m^3].

Pro tepelnou jímavost jednovrstvé podlahy platí (ČSN [13] čl. 4.3.17):

$$B = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (25)$$

Podrobně je výpočet tepelné jímavosti podlahy popsán v příloze C ČSN [15].

Má-li být tepelná jímavost co nejmenší, mělo by být použito velmi lehkého materiálu, který ovšem nemá jiné potřebné vlastnosti jako je odolnost proti nárazům nebo opotřebení. Z tohoto důvodu se podlahy navrhuji jako vícevrstvé konstrukce. ([21] str. 12)

Z výše uvedeného vyplývá, že výsledný pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ ovlivňuje především její skladba. Pro hodnocení poklesu dotykové teploty podlahy byla zvolena podlaha v prostoru s návrhovou teplotou vnitřního vzduchu 20,6 °C. Roznášecí vrstva podlahy je uvažována ve dvou variantách:

- betonová mazanina o tloušťce 53 mm (na obrázcích č. 20, č. 21 a č. 22 modře);
- OSB desky v tloušťce 2 × 15 mm (na obrázcích č. 20, č. 21 a č. 22 oranžově).

Jako nášlapná vrstva podlahy byla pro obě varianty nášlapných vrstev zvolena: keramická dlažba, marmoleum a dřevěná podlaha.

Skladby podlah jsou uvedeny v tabulkách č. 42 až č. 47. Podlahy jsou uvažovány nad prostorem

- vytápěným s návrhovou teplotou vnitřního vzduchu 20,6 °C;
- nevytápěným s návrhovou teplotou vnitřního vzduchu 5 °C
 - se zateplením 2 cm polystyrenu EPS ze strany nevytápěného prostoru na hodnotu součinitele prostupu tepla U , která se dle skladby podlahy pohybuje v rozmezí 0,59 W/(m²·K) a 0,52 W/(m²·K), tj. mezi hodnotou požadovanou ČSN 73 0540-2 [10] pro stropy nad nevytápěným prostorem $U_{N,20} = 0,60$ W/(m²·K) a hodnotou doporučenou $U_{rec,20} = 0,40$ W/(m²·K);
 - se zateplením 6 cm polystyrenu EPS ze strany nevytápěného prostoru na hodnotu součinitele prostupu tepla U , která se dle skladby podlahy pohybuje v rozmezí 0,38 W/(m²·K) až 0,35 W/(m²·K), tj. mezi hodnotou ČSN 73 0540-2 [10] doporučenou pro stropy nad nevytápěným prostorem $U_{rec,20} = 0,40$ W/(m²·K) a hodnotou doporučenou pro pasivní stavby $U_{pas,20} = 0,30$ W/(m²·K).

Tabulka č. 41: Varianty pro hodnocení dotykové teploty podlahy

varianta	roznášecí vrstva	nášlapná vrstva		
		keramická dlažba	marmoleum	dřevěná podlaha
č. 1	betonová mazanina	tabulka č. 42	tabulka č. 44	tabulka č. 46
č. 2	OSB desky	tabulka č. 43	tabulka č. 45	tabulka č. 47

Tabulka č. 42: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby a roznášecí vrstvou z betonové mazaniny

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	keramická dlažba	0,010	1,010	840	2000
2	lepidlo	0,007	0,900	900	1690
3	betonová mazanina	0,053	1,360	1020	2300
4	PE fólie	0,0001	0,0001	1470	900
5	minerální vata	0,030	0,043	840	100
6	železobetonový strop	0,200	1,74	1020	2500
7	lepící stěrka	0,004	0,800	920	1300
8	EPS	0,020 / 0,060	0,039	1270	17
9	lepící stěrka + výztužná síťovina	0,004	0,800	920	1300
10	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

Poznámky:

- podlaha s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny nad vytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 6 + 10
 - součinitel prostupu tepla: **0,86 W/(m²·K)**
- podlaha s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny nad nevytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 10
 - součinitel prostupu tepla pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,02 m: **0,59 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,06 m: **0,38 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)

Tabulka č. 43: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby a roznášecí vrstvou z OSB desek

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	keramická dlažba	0,010	1,010	840	2000
2	lepidlo	0,007	0,900	900	1690
3	OSB desky	0,030	1,360	1020	2300
4	minerální vata	0,030	0,043	840	100
5	železobetonový strop	0,200	1,74	1020	2500
6	lepící stěrka	0,004	0,800	920	1300
7	EPS	0,020 / 0,060	0,039	1270	17
8	lepící stěrka + výztužná síťovina	0,004	0,800	920	1300
9	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

Poznámky:

- podlaha s roznášecí vrstvou z OSB desek nad vytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 5 + 9
 - součinitel prostupu tepla: **0,74 W/(m²·K)**
- podlaha s roznášecí vrstvou z OSB desek nad nevytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 9
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,02 m: **0,53 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,06 m: **0,36 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)

Tabulka č. 44: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z marmolea a roznášecí vrstvou z betonové mazaniny

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	marmoleum	0,004	0,170	1400	1200
2	lepidlo	0,002	0,600	1010	1800
3	betonová mazanina	0,053	1,360	1020	2300
4	PE fólie	0,0001	0,0001	1470	900
5	minerální vata	0,030	0,043	840	100
6	železobetonový strop	0,200	1,74	1020	2500
7	lepící stěrka	0,004	0,800	920	1300
8	EPS	0,020 / 0,060	0,039	1270	17
9	lepící stěrka + výztužná síťovina	0,004	0,800	920	1300
10	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

Poznámky:

- podlaha s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny nad vytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 6 + 10
 - součinitel prostupu tepla: **0,85 W/(m²·K)**
- podlaha s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny nad nevytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 10
 - součinitel prostupu tepla pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,02 m: **0,59 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,06 m: **0,38 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)

Tabulka č. 45: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z marmolea a roznášecí vrstvou z OSB desek

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	marmoleum	0,004	0,170	1400	1200
2	lepidlo	0,002	0,600	1010	1800
3	OSB desky	0,030	1,360	1020	2300
4	minerální vata	0,030	0,043	840	100
5	železobetonový strop	0,200	1,74	1020	2500
6	lepící stěrka	0,004	0,800	920	1300
7	EPS	0,020 / 0,060	0,039	1270	17
8	lepící stěrka + výztužná síťovina	0,004	0,800	920	1300
9	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

Poznámky:

- podlaha s roznášecí vrstvou z OSB desek nad vytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 5 + 9
 - součinitel prostupu tepla: **0,73 W/(m²·K)**
- podlaha s roznášecí vrstvou z OSB desek nad nevytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 9
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,02 m: **0,53 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,06 m: **0,38 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)

Tabulka č. 46: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou ze dřeva a roznášecí vrstvou z betonové mazaniny

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	dřevěná podlaha	0,013	0,180	2510	400
2	lepidlo	0,002	0,350	1300	1200
3	betonová mazanina	0,053	1,360	1020	2300
4	PE fólie	0,0001	0,0001	1470	900
5	minerální vata	0,030	0,043	840	100
6	železobetonový strop	0,200	1,74	1020	2500
7	lepící stěrka	0,004	0,800	920	1300
8	EPS	0,020 / 0,060	0,039	1270	17
9	lepící stěrka + výztužná síťovina	0,004	0,800	920	1300
10	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

Poznámky:

- podlaha s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny nad vytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 6 + 10
 - součinitel prostupu tepla: **0,82 W/(m²·K)**
- podlaha s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny nad nevytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 10
 - součinitel prostupu tepla pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,02 m: **0,57 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,06 m: **0,37 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)

Tabulka č. 47: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou ze dřeva a roznášecí vrstvou z OSB desek

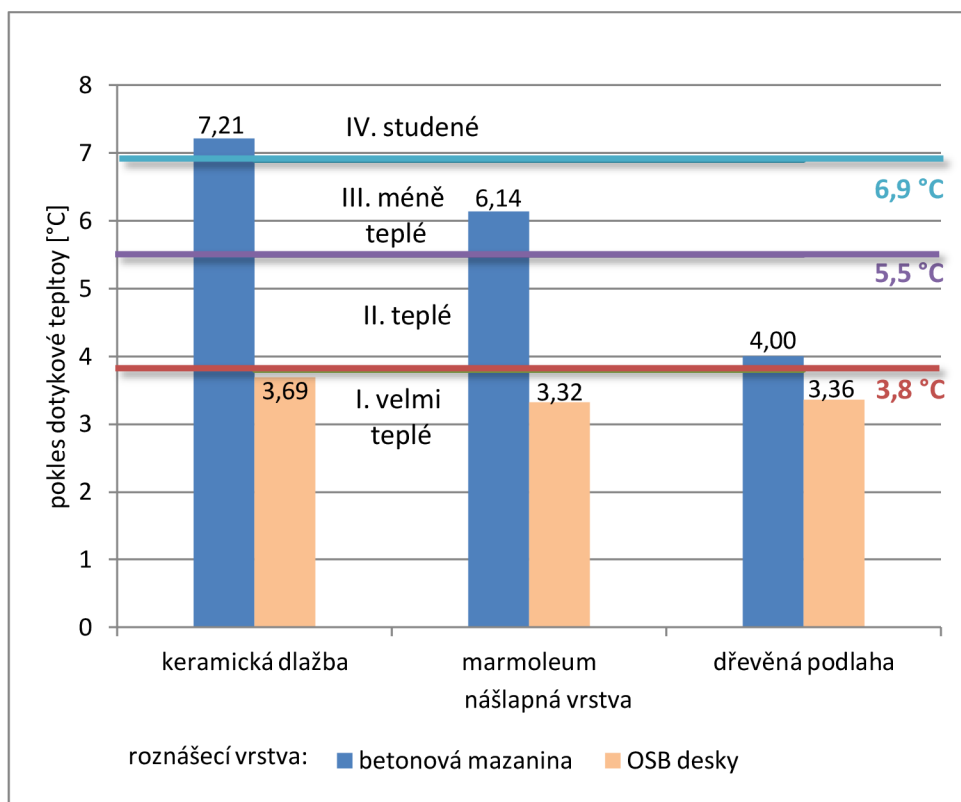
č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	dřevěná podlaha	0,013	0,180	2510	400
2	lepidlo	0,002	0,350	1300	1200
3	OSB desky	0,030	1,360	1020	2300
4	minerální vata	0,030	0,043	840	100
5	železobetonový strop	0,200	1,74	1020	2500
6	lepící stěrka	0,004	0,800	920	1300
7	EPS	0,020 / 0,060	0,039	1270	17
8	lepící stěrka + výztužná síťovina	0,004	0,800	920	1300
9	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

Poznámky:

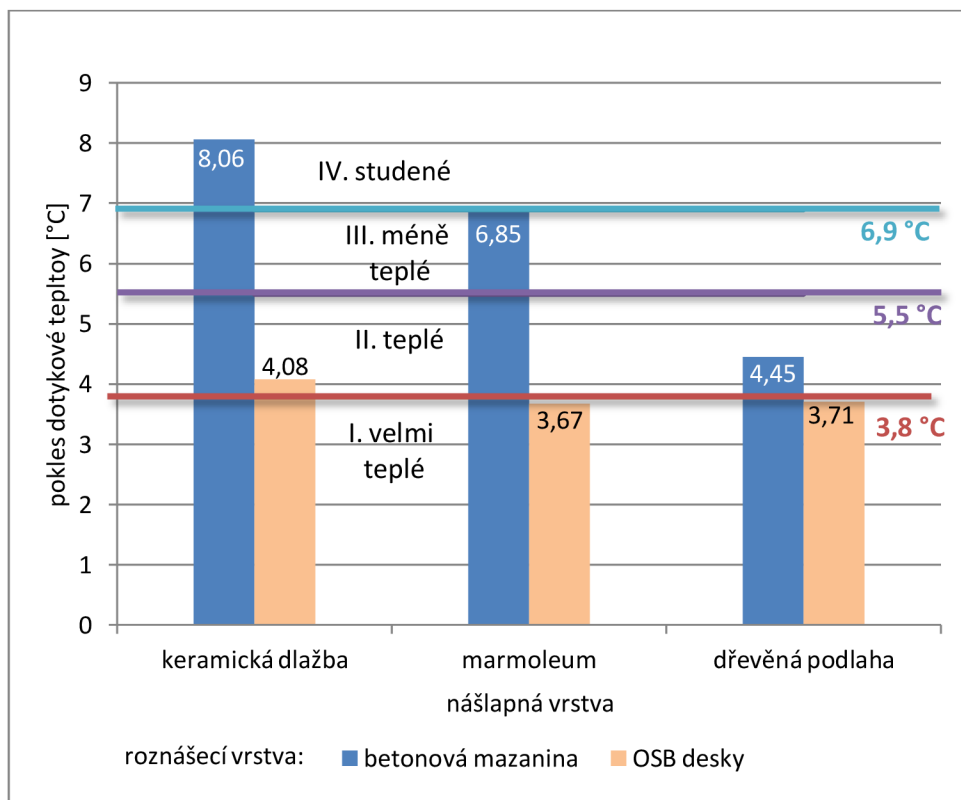
- podlaha s roznášecí vrstvou z OSB desek nad vytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 5 + 9
 - součinitel prostupu tepla: 0,67 W/(m²·K)
- podlaha s roznášecí vrstvou z OSB desek nad nevytápěným prostorem:
 - vrstvy č.: 1 až 9
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,02 m: **0,52 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)
 - součinitel prostupu tepla U pro tloušťku tepelné izolace EPS-F 0,06 m: **0,35 W/(m²·K)** včetně korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů 0,02 W/(m²·K)

Výpočet poklesu dotykové teploty byl proveden v programu Teplo 2009. V grafech na obrázcích č. 20, č. 22 a č. 21 jsou uvedeny výsledné hodnoty poklesu dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$:

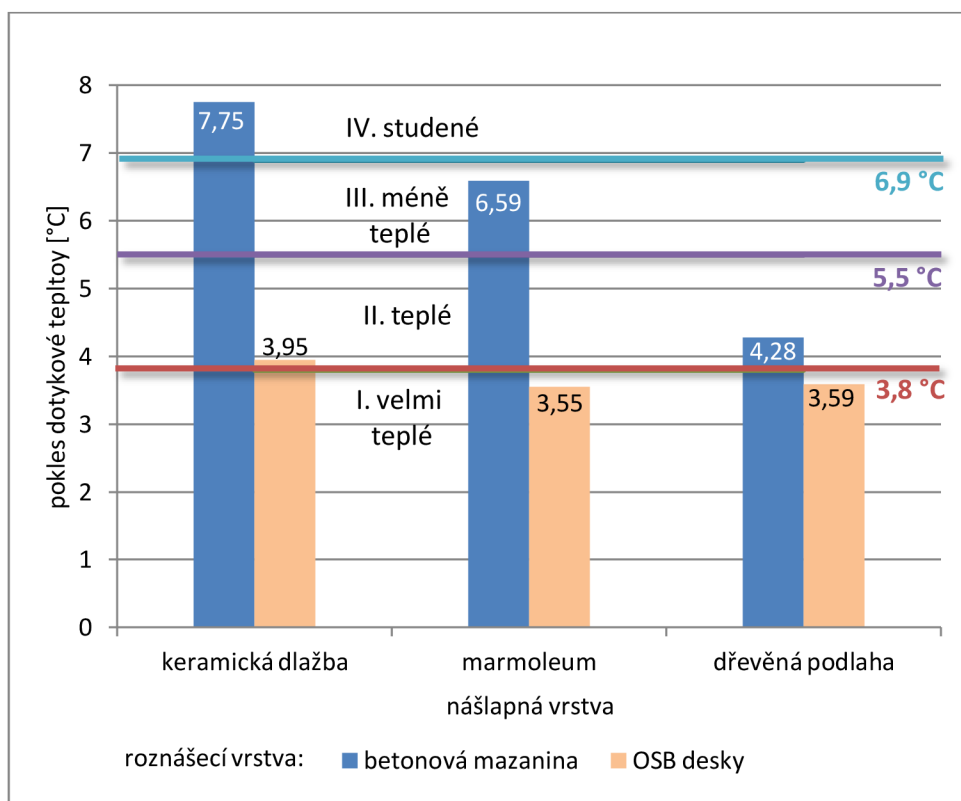
- obrázek č. 20 – podlaha v prostoru vytápěném na návrhovou teplotu vnitřního vzduchu 20,6 °C nad prostorem vytápěným na stejnou návrhovou teplotu vnitřního vzduchu;
- obrázek č. 21 – podlaha v prostoru vytápěném na návrhovou teplotu vnitřního vzduchu 20,6 °C nad nevytápěným prostorem s návrhovou teplotou vnitřního vzduchu 5 °C, strop je zateplen ze strany nevytápěného prostoru 2 cm tepelné izolace;
- obrázek č. 22 – podlaha v prostoru vytápěném na návrhovou teplotu vnitřního vzduchu 20,6 °C nad nevytápěným prostorem s návrhovou teplotou vnitřního vzduchu 5 °C, strop je zateplen ze strany nevytápěného prostoru 6 cm tepelné izolace.



Obrázek č. 20: Pokles dotykové teploty podlahy nad vytápěným prostorem



Obrázek č. 21: Pokles dotykové teploty podlahy nad nevytápěným prostorem zatepleným 2 cm tepelné izolace EPS-F



Obrázek č. 22: Pokles dotykové teploty podlahy nad nevytápěným prostorem zatepleným 6 cm tepelné izolace EPS-F

Na základě porovnání jednotlivých variant podlah mezi sebou lze pro hodnocený příklad konstatovat:

- **nejvyšší pokles dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$** je v případě podlahy s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny i z OSB desek pro nášlapnou vrstvu z keramické dlažby;
- **nejnižší pokles dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$** je:
 - v případě podlahy s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny pro nášlapnou vrstvu tvořenou podlahou ze dřeva;
 - v případě podlahy s roznášecí vrstvou z OSB desek pro nášlapnou vrstvu tvořenou marmoleem;
- v případě roznášecí vrstvy z OSB desek u podlahy nad vytápěným prostorem (obrázek č. 20) jsou všechny posuzované podlahy zařazeny na základě požadavků ČSN 73 0540-2 [10] do kategorie podlah I. – velmi teplé;
- **při použití roznášecí vrstvy z OSB desek lze oproti roznášecí vrstvě z betonové mazaniny dosáhnout poměrně výrazného snížení poklesu dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$** pro všechny tři uvažované nášlapné vrstvy nad vytápěným i nevytápěným prostorem:
 - nejvýraznější je snížení poklesu dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$ pro keramickou dlažbu, kde rozdíl pro vytápěný prostor činí v hodnocených příkladech 3,52 °C (obrázek č. 20) až 3,98 °C (obrázek č. 21) u podlahy nad nevytápěným prostorem zatepleným 2 cm tepelné izolace. Hodnocená podlaha s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby spadá ve všech hodnocených příkladech při použití roznášecí vrstvy z betonové mazaniny do IV. třídy – podlahy studené. V případě roznášecí vrstvy z OSB desek by byla nad vytápěným prostorem zařazena do I. kategorie – podlahy velmi teplé a nad nevytápěným prostorem do kategorie II. – podlahy teplé dle kritérií ČSN 73 0540-2 [10]. Jistým limitem ale v tomto případě je omezené použití podlah s roznášecí vrstvou z OSB desek, které by se neměly používat ve vlhkém prostředí jako je např. koupelna.
 - nejméně znatelné je snížení poklesu dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$ pro podlahu s nášlapnou vrstvou ze dřeva, kde rozdíl činí 0,64 °C až 0,74 °C. Přestože se tento rozdíl teplot poklesu dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$ nemusí jevit jako příliš výrazný, je podlaha s nášlapnou vrstvou ze dřeva s roznášecí vrstvou z OSB desek zařazena do I. třídy, zatímco podlaha se stejnou nášlapnou vrstvou ale s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny je zařazena do II. třídy dle ČSN 73 0540-2 [10].
- z porovnání poklesů dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ u hodnocených podlah nad nevytápěnými prostory zateplenými na různou hodnotu součinitele prostupu tepla

(obrázky č. 21 a č. 22) je patrné, že zvětšením zateplení z 2 cm (obrázek č. 21) na 6 cm (obrázek č. 22) dojde pouze k nepatrnému snížení poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$

- u roznášecí vrstvy z betonové mazaniny se při větším zateplení stropu nad nevytápěným prostorem sníží pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ o 0,17 °C (nášlapná vrstva ze dřeva) až o 0,31 °C (nášlapná vrstva z keramické dlažby);
- u roznášecí vrstvy z OSB desek se při větším zateplení stropu nad nevytápěným prostorem sníží pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ o 0,12 °C (nášlapná vrstva z marmolea a ze dřeva) až o 0,13 °C (nášlapná vrstva z keramické dlažby);
- z porovnání hodnot poklesu dotykové teploty $\Delta\theta_{10}$ mezi vytápěným a nevytápěným prostorem je také patrné, že u podlahy nad nevytápěným prostorem dojde k většímu poklesu dotykové teploty podlahy než u podlahy nad vytápěným prostorem.

Z provedeného srovnání vyplývá, že pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ lze poměrně značně ovlivnit volbou roznášecí a nášlapné vrstvy podlahy. V případě podlahy nad nevytápěným prostorem má zateplení stropu ze strany nevytápěného prostoru na pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ spíše zanedbatelný vliv.

3.3.7 Tepelná stabilita místnosti

Pokles výsledné teploty místnosti v zimním období

Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období se hodnotí podle čl. 8.1.1 ČSN 73 0540-2 [10] na konci doby otopné přestávky (doby chladnutí). Pro obytné budovy je stanoveno, že na konci doby chladnutí musí být maximální pokles výsledné teploty menší nebo roven 3 °C.

V hodnoceném objektu bytového domu byla na pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období hodnocena místnost č. 308. Jedná se o rohovou místnost pod střechou, která má velkou plochu oken vzhledem k ploše místnosti. Posouzení tepelné stability v zimním období bylo provedeno v programu Stabilita 2009.

Pro hodnocenou místnost č. 308 (nákres viz obrázek č. 24) bylo uvažováno:

- venkovní návrhová teplota v zimním období: -15 °C;
- návrhová teplota vnitřního vzduchu včetně přírážky: 20,6 °C;
- objem vzduchu v místnosti: 58,17 m³;
- násobnost výměny vzduchu v místnosti: 0,5 h⁻¹;

Pro posouzení tepelné stability v zimním období byla hodnocena doba, za kterou dojde ke snížení teploty v místnosti č. 308 o 3 °C u následujících 6 variant:

- a) všechny stěny včetně příček z keramických tvárnic typu Therm
- b) všechny stěny včetně příček z pórobetonových tvárnic;
- c) všechny stěny včetně příček z tvárnic z liaporbetonu;
- d) všechny stěny včetně příček z vápenopískových tvárnic;
- e) všechny stěny včetně příček z železobetonu;
- f) nosné stěny z železobetonu, příčky z keramických tvárnic typu Therm.

Skladba podlahy, střechy, okna a dveří jsou ve všech variantách shodné. Při posouzení tepelné stability bylo uvažováno s těmito skladbami konstrukcí, které ohraničují místnost:

- obvodové stěny:
 - plocha: 19,05 m²;
 - skladba dle tabulky č. 14 varianty č. 1;
 - konstrukce zatepleny na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ tloušťkami tepelné izolace dle tabulky č. 48;

Tabulka č. 48: Tloušťky tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$) pro hodnocení tepelné stability místnosti

materiál	keramické tvárnice	vápenopískové tvárnice	pórobetonové tvárnice	tvárnice z liaporbetonu	železobeton
tloušťka tepelné izolace EPS-F	0,160	0,190	0,140	0,170	0,200
Poznámky: <ul style="list-style-type: none"> • tloušťky tepelné izolace EPS-F jsou určeny pro konstrukce podle tabulky č. 14 varianty č. 1 • je uvažováno s korekcí na vliv systematických tepelných mostů způsobených kotvením tepelné izolace $\Delta U = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; • součinitel prostupu tepla konstrukcí U je při tloušťkách konstrukce uvedených v této tabulce roven hodnotě $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. 					

- okna:
 - plocha: 7,05 m²;
 - součinitel prostupu tepla: $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- střecha:
 - plochá jednoplášťová
 - plocha: 20,06 m²;
 - skladba dle tabulky č. 23;
 - tloušťka tepelné izolace EPS 100 S Stabil: 220 mm;

- podlaha a strop mezi místnostmi č. 208 a 308:
 - plocha 20,06 m²;
 - železobetonový strop;
 - skladbou dle tabulky č. 49;

Tabulka č. 49: Skladba podlahy v místnosti č. 308

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	dřevěná podlaha	0,013	0,180	2510	400
2	mirelon	0,003	0,038	800	30
3	betonová mazanina	0,053	1,360	1020	2300
4	PE fólie	0,0001	0,0001	1470	900
5	minerální vata	0,030	0,043	840	100
6	železobetonový strop	0,200	1,74	1020	2500
7	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

- nosná stěna mezi sousedními místnostmi:
 - plocha: 12,69 m²
 - skladba dle tabulky č. 50;

Tabulka č. 50: Skladba vnitřních nosných stěn – místnost č. 308

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000
2	a) keramické tvárnice typu Therm	0,300	0,025	960	870
	b) tvárnice z pórobetonu		0,170	1000	650
	c) tvárnice z liaporbetonu		0,320	880	1200
	d) vápenopískové tvárnice		0,810	960	1800
	e) železobeton		1,740	1020	2500
3	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

- příčka mezi sousedními místnostmi:
 - plocha: 17,04 m²;
 - skladba dle tabulky č. 51;

Tabulka č. 51: Skladba příček – místnost č. 308

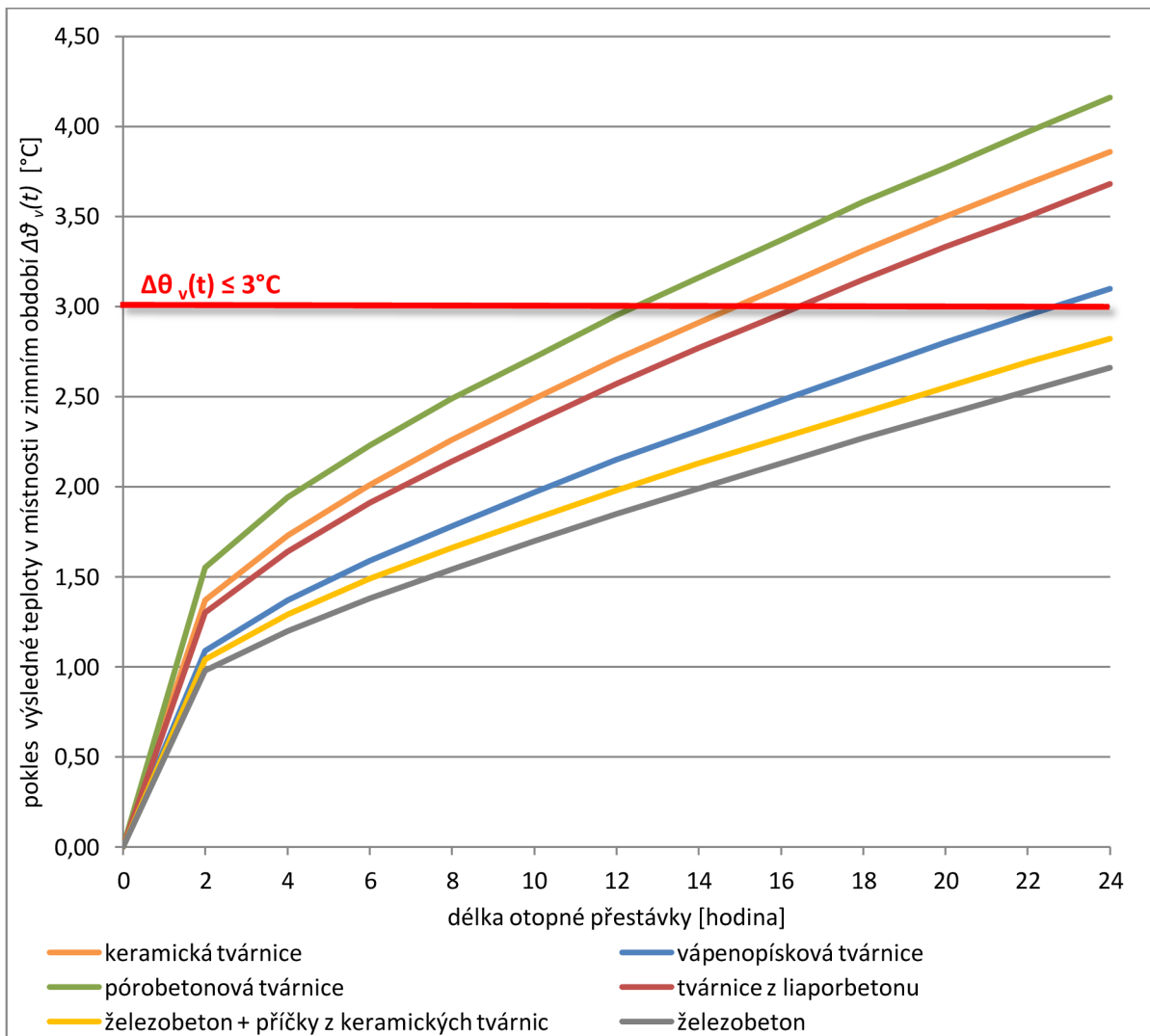
č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000
2	a) keramické tvárnice typu Therm	0,115	0,440	960	1000
	b) tvárnice z pórobetonu		0,120	1000	500
	c) tvárnice z liaporbetonu		0,350	880	1200
	d) vápenopískové tvárnice		0,810	960	1800
	e) železobeton		1,740	1020	2500
3	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

- příčka mezi místností a chodbou s návrhovou teplotou 15 °C:
 - plocha: 2,53 m²;
 - skladba dle tabulky č. 51;
- dveře do chodby s návrhovou teplotou 15 °C:
 - plocha 1,82 m²;
 - materiál: dřevo
 - tloušťka: 0,05 m;
 - součinitel tepelné vodivosti λ : 0,180 W/(m·K);
 - měrná tepelná kapacita: 2510 J/(kg·K);
 - objemová hmotnost: 400 kg/m³;

Z grafického porovnání poklesu teploty v místnosti č. 308 v zimním období po přerušení dodávky tepla na vytápění na obrázku č. 23 vyplývá:

- k nejrychlejšímu poklesu teploty místnosti při přerušení topení by v zimním období došlo v hodnocené místnosti při zhotovení jejích stěn z pórobetonu, kdy by ke snížení teploty v místnosti o 3 °C došlo mezi 12. a 13. hodinou otopné přestávky;
- pokud by stěny hodnocené místnosti byly zhotoveny z keramických tvárníc typu Therm, došlo by ke snížení teploty v místnosti o 3 °C přibližně po 15 hodinách od přerušení dodávky tepla;
- při zhotovení stěn místnosti č. 308 z liaporbetonu by ke snížení teploty o 3 °C došlo zhruba po 16 hodinách otopné přestávky;
- u varianty zhotovení stěn místnosti č. 308 z vápenopískových tvárníc vychází délka otopné přestávky, po kterou se teplota v místnosti nesníží o více jak 3 °C, v rozmezí 22 hodin až 23 hodin;
- v případě stěn z železobetonu (varianta č. 5 i 6) by ani po 24 hodinové otopné přestávce nedošlo ke snížení teploty v hodnocené místnosti o více než 3 °C;
- v případě kombinace železobetonových nosných stěn a příček z keramických tvárníc (varianta č. 6) by oproti stěnám pouze z železobetonu (varianta č. 5) docházelo k rychlejšímu chladnutí místnosti.

Z uvedeného srovnání délek otopné přestávky v hodnocené místnosti č. 308 je patrné, že k pomalejšímu poklesu teploty dochází, pokud jsou stěny zhotoveny z materiálu o vyšší objemové hmotnosti.



Obrázek č. 23: Pokles výsledné teploty místnosti č. 308 v zimním období v závislosti na délce otopné přestávky

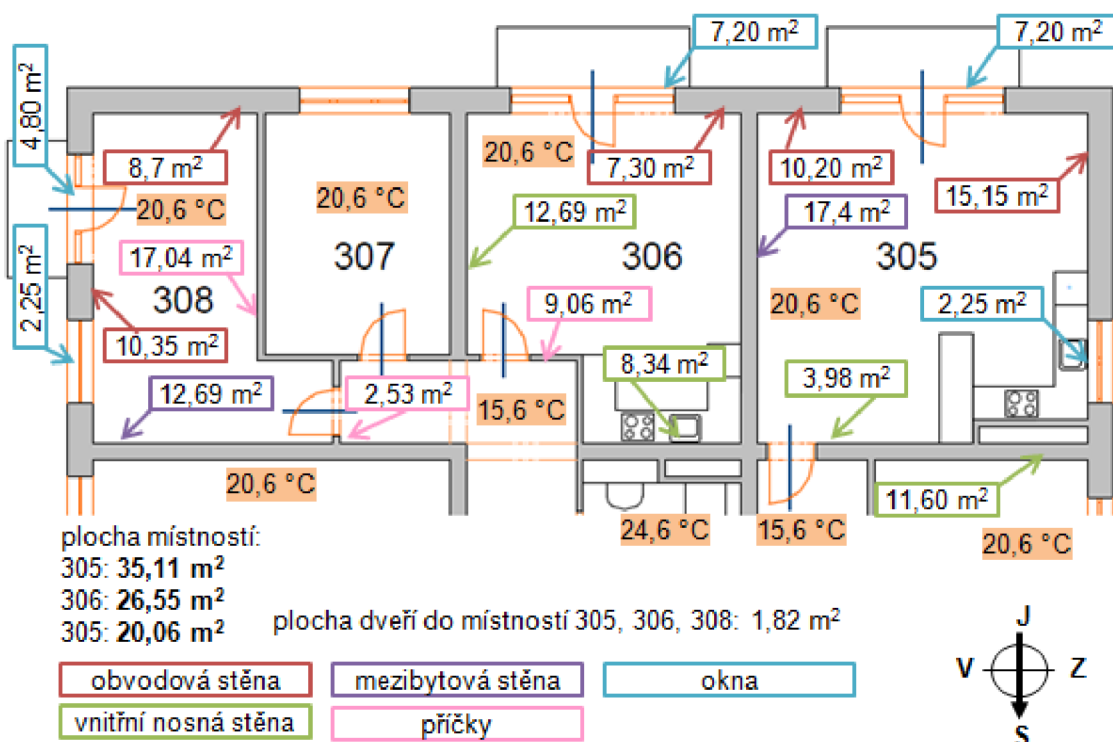
Tepelná stabilita místnosti v letním období

Hodnotícím kritériem pro tepelnou stabilitu místnosti v letním období je hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ [°C]. Pro obytné místnosti je ČSN 73 0540-2 [10] v čl. 8.2.1 požadováno, aby nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období byla menší nebo rovna teplotě 27 °C.

Jako kritické místnosti by v případě posuzovaného objektu (vzhledem k poměru plochy oken ku ploše místnosti) přicházely v úvahu místnosti č. 305, 306 a 308 (schéma viz obrázek č. 24):

- 305 – plocha oken místnosti v poměru k její podlahové ploše činí 26,92 %, okna jsou orientována na jih a západ;

- 306 – plocha okna v místnosti v poměru k její podlahové ploše představuje 27,12 %, okno je orientováno na jih;
- 308 – plocha oken v místnosti představuje v poměru k její podlahové ploše 35,14 %, okna jsou orientována na východ.



Obrázek č. 24: Schéma místností pro výpočet tepelné stability

Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v uvedených třech místnostech byla stanovena výpočtem v programu Simulace 2009. Při výpočtech bylo uvažováno:

- návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období v denním průběhu: podle tabulky H.8 v normě ČSN 73 0540-3 [14];
- intenzita slunečního záření v denním průběhu: podle tabulky H.8 v normě ČSN 73 0540-3 [14];
- výměna vzduchu v místnosti: 1,5 h⁻¹ po celý den;
- objem vzduchu:
 - místnost č. 305: 101,82 m³;
 - místnost č. 306: 80 m³;
 - místnost č. 308: 58,17 m³;
- násobnost výměny vzduchu v místnosti: 1,5 h⁻¹;
- okna posuzovaných místností nejsou stíněny ani předsazenými konstrukcemi;

- obvodové stěny:
 - plocha a orientace: dle obrázku č. 24;
 - skladba dle tabulky č. 14 varianty č. 1 pro keramické tvárnice typu Therm;
 - obvodové stěny zatepleny tepelnou izolací EPS-F v tloušťce 0,160 m
- okna:
 - plocha a orientace: dle obrázku č. 24;
 - součinitel prostupu tepla: 1,2 W/(m²·K)
 - korekční činitel rámu okna:
 - u oken s plochou 2,25 m²: 0,61;
 - u oken s plochou 4,8 m²: 0,65;
 - u oken s plochou 7,2 m²: 0,69;
 - celková propustnost slunečního záření g: 0,76
- střecha:
 - plocha: stejná jako plocha místnosti dle obrázku č. 24;
 - skladba dle tabulky č. 23;
 - tloušťka tepelné izolace EPS 100 S Stabil: 220 mm;
- podlaha a strop mezi místnostmi č. 208 a 308:
 - plocha: stejná jako plocha místnosti dle obrázku č. 24;
 - skladba dle tabulky č. 49;
- nosná stěna mezi sousedními místnostmi:
 - plocha dle obrázku č. 24;
 - skladba dle tabulky č. 50 pouze pro variantu z keramických tvárnice typu Therm;
- mezibytová stěna:
 - plocha dle obrázku č. 24;
 - skladba dle tabulky č. 52;

Tabulka č. 52: Skladba mezibytové stěny

č.	popis vrstvy	tloušťka vrstvy [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	měrná tepelná kapacita c [J/(kg·K)]	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]
1	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000
2	akustické keramické tvárnice typu Therm	0,300	0,35	960	980
3	omítka Baumit MPI 25	0,010	0,470	790	2000

- příčky mezi sousedními místnostmi:
 - plocha dle obrázku č. 24;
 - skladba dle tabulky č. 51 pouze pro variantu z keramických tvárníc typu Therm;
- dveře do chodby:
 - plocha 1,82 m²;
 - materiál: dřevo
 - tloušťka: 0,05 m;
 - součinitel tepelné vodivosti λ : 0,180 W/(m·K);
 - měrná tepelná kapacita: 2510 J/(kg·K);
 - objemová hmotnost: 400 kg/m³.

Na základě výpočtu v programu Simulace 2009 byly stanoveny hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ (místnosti uvažovány bez předsazených stínících konstrukcí nad okny):

- místnost č. 305: $\theta_{ai,max} = 40,41$ °C;
- místnost č. 306: $\theta_{ai,max} = 41,35$ °C;
- místnost č. 308: $\theta_{ai,max} = 39,15$ °C.

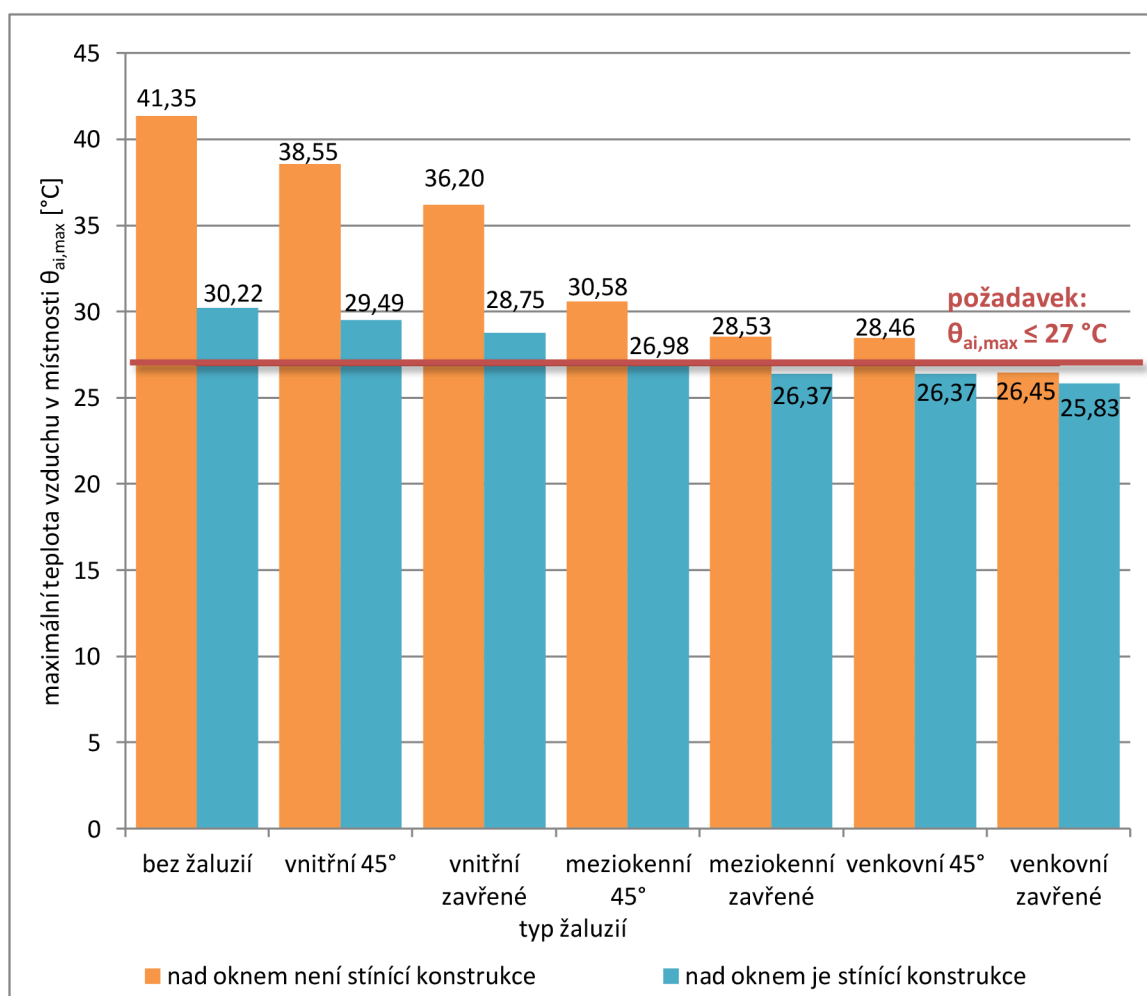
Vzhledem k tomu, že nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období je z hodnocených místností v místnosti č. 306, byla místnost č. 306 stanovena jako kritická. U všech 3 posouzených místností je nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ podstatně vyšší než normou požadované maximum 27 °C.

Na obrázku č. 25 jsou v grafu uvedeny nejvyšší teploty vzduchu v kritické místnosti č. 306 při použití různých stínících prvků oken. Ve všech hodnocených příkladech byla uvažována bílá neprůsvitná žaluzie. Žaluzie je uvažována buď otevřená pod úhlem 45°, nebo zavřená. Umístění žaluzie je zvoleno na vnitřní straně okna, mezi okny nebo na venkovní straně zasklení. Kromě žaluzií je také uvažováno se stínění přesahem střechy 1,1 m před fasádu.

Na základě porovnání různých možností stínění oken uvedených v grafu na obrázku č. 25 lze pro **okno, nad kterým není stínící konstrukce** konstatovat:

- zavřené **vnitřní žaluzie** v posuzované místnosti č. 306 sníží oproti stavu bez žaluzií teplotu v místnosti o 5,15 °C v případě, že se nad oknem nenachází stínící konstrukce;

- nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti č. 306 v letním období je při použití zavřených **meziokenních žaluzií** o cca 8 °C nižší než u zavřených vnitřních žaluzií;
- použitím zavřených venkovních **předokenních žaluzií** dojde oproti zavřeným meziokenním žaluziím v místnosti č. 306 ke snížení teploty z 28,53 °C na hodnotu 26,45 °C;
- pokud jsou žaluzie otevřené pod úhlem 45 °C, je oproti stejnému typu zavřených žaluzií teplota v hodnocené místnosti č. 306 o cca o 2 °C vyšší.



Obrázek č. 25: Srovnání vlivu žaluzií a předsazené konstrukce na nejvyšší denní teplotu vzduchu $\theta_{ai,max}$ v místnosti č. 306

Pokud je jižně orientované okno místnosti č. 306 stíněno vodorovnou konstrukcí s přesahem 1,1 m dojde

- ke snížení nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$ v letním období oproti stavu bez stínící konstrukce zhruba o 11 °C;
- použitím vnitřních zavřených žaluzií ke snížení teploty vzduchu v místnosti č. 306 oproti stavu bez žaluzií z 30,22 °C na teplotu 28,75 °C, tzn. o 1,47 °C;

- použitím meziokenních žaluzií otevřených pod úhlem 45° ke snížení teploty vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$ v letním období pod normou požadovaných 27 °C na teplotu 26,98 °C;
- použitím venkovních předokenních žaluzií v zavřené poloze ke snížení teploty vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$ v letním období až na hodnotu 25,83 °C.

V případě, že je okno místnosti č. 306 stíněno současně vodorovnou konstrukcí a žaluziemi, je při použití žaluzií v otevřené poloze pod úhlem 45° teplota v hodnocené místnosti oproti stejnému typu zavřených žaluzií maximálně 0,74 °C vyšší.

Z porovnání různých typů žaluzií v grafu na obrázku č. 25 vyplývá, že použití vnitřních žaluzií u hodnocené místnosti č. 306 má spíše nepatrný vliv na nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$ v letním období. Naopak výrazného snížení teploty v místnosti lze dosáhnout při použití venkovních žaluzií.

3.3.8 Závěrečné zhodnocení

- Tloušťka zateplení stavební konstrukce se volí v závislosti na hodnotě součinitele prostupu tepla, kterého se má u konstrukce dosáhnout.
- Pro zvýšení vnitřní povrchové teploty konstrukce je vhodné její zateplení z vnější strany.
- Pro omezení kondenzace vodní páry v konstrukci by měl faktor difúzního odporu jejích vrstev ve směru od interiéru k exteriéru klesat.
- Pokles dotykové teploty podlahy je možné poměrně výrazně ovlivnit volbou roznášecí a nášlapné vrstvy podlahy. Podlaha s roznášecí vrstvou z OSB desek vykazuje při volbě stejné nášlapné vrstvy podlahy nižší pokles dotykové teploty než podlaha s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny. Při stejné skladbě podlahy je u podlahy s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby vyšší pokles dotykové teploty než například u marmolea.
- Pomaleji klesá teplota při přerušení dodávky tepla v zimním období u konstrukcí, jejichž hmotnost je vyšší.
- Ke snížení nejvyšší teploty vzduchu v místnosti v letním období lze použít žaluzie, přičemž nejúčinnější jsou žaluzie venkovní a nejméně účinné žaluzie vnitřní.

4 AKUSTIKA (OCHRANA PROTI HLUKU)

„Zvuk je přirozenou součástí životního prostředí člověka. Je průvodním jevem přírodních dějů i lidských aktivit. Zvuky přinášejí člověku důležitý podíl informací o světě.“
([28] str. 7)

Zvuky se ovšem mohou stát i nežádoucími, pokud jsou příliš silné, příliš časté nebo se vyskytují v nevhodnou dobu, na nevhodném místě nebo v nevhodné situaci. V takových případech zvuky obtěžují, ruší při práci nebo dokonce škodí lidskému organismu a označují se jako hluk. ([28] str. 7)

V interiéru budov (viz obrázek č. 26) se setkáváme s hlukem:

- z exteriéru;
- přenášeným v interiéru budov vzduchem;
- přenášeným v interiéru budov konstrukcí;
- od technických zařízení.



Obrázek č. 26: Hluk v interiéru budov (internet [29])

Mezi nepříznivé a dostatečně prokázané účinky hluku na lidské zdraví patří: poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární systém, poruchy spánku nebo nepříznivé působení na osvojování řeči a čtení u dětí. (internet [30])

4.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O ZVUKU

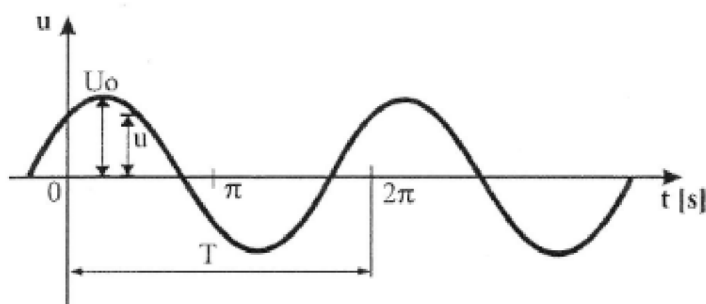
Z fyzikálního hlediska „zvuk představuje kmitavý pohyb molekul (vlnění) pružného prostředí šířící se mechanickým vlněním vnímaným sluchem člověka“ ([31] str. 9).

V pružném prostředí existují mezi částicemi vazby, jejichž prostřednictvím se kmitání jedné částice přenáší na další částici. Dochází tak k přenesení energie kmitavého pohybu mezi částicemi. ([32] str. 51)

Pokud je kmitání v závislosti na čase pravidelné, jedná se o harmonické kmitání, které lze znázornit sinusoidou (viz obr. č. 27). Zvuková vlna urazí za dobu T [s], která odpovídá době trvání jednoho kmitu, vzdálenost λ [m], která se nazývá vlnová délka. Počet kmitů za 1 s je vyjádřen frekvencí f [Hz]. Zvuk se šíří rychlostí c [m/s], která závisí na druhu prostředí, kterým se zvuk šíří a na jeho teplotě. Platí vztah:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{T} \quad [\text{Hz}] \quad (26)$$

([31] str. 9, 11)



Pozn.: u – okamžitá výchylka [m], U_0 – maximální výchylka [m], T – doba trvání jednoho kmitu [s]

Obrázek č. 27: Časový průběh harmonického kmitání ([36] obr. 1.1)

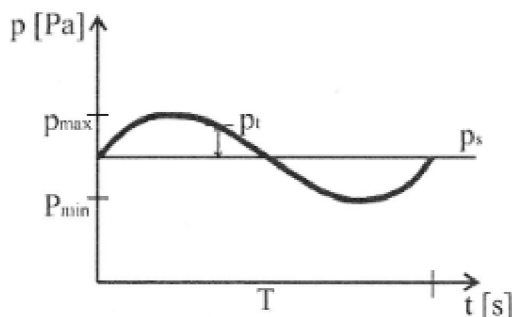
Množství akustické energie, kterou vyzáří zdroj zvuku do okolního prostoru za jednotku času, se nazývá **akustický výkon** W [W] ([33] str. 19). Akustický výkon W , který prochází jednotkovou plochu S [m²] kolmou na směr šíření zvukových vln, se označuje **intenzita zvuku** I [W/m²] ([34] str. 20).

Při kmitání částic homogenního pružného prostředí se v části tohoto prostředí zvýší hustota částic a v části se naopak jejich hustota sníží, tím dochází ke změně tlaku. Pokud tyto změny tlaku probíhají přibližně 16 krát až 20 000 krát za sekundu⁸, jsou vnímatelné lidským sluchem. Zvuk je potom možné definovat jako: „*všechny změny tlaku (ve vzduchu, vodě či jiném hmotném a pružném prostředí) vnímatelné lidským sluchem ve frekvenčním rozsahu 20 až 20 000 kmitů za sekundu*“ ([34] str. 15).

Ve vzduchu se tak tlak v určitém čase t skládá ze statického atmosférického tlaku p_s [Pa] a z **okamžitého akustického tlaku** p_t [Pa] ([31] str. 12). Akustický tlak p_t „*vyjadřuje*

⁸ „Slyšitelné kmitočty začínají u 16 – 20 Hz a končí mezi 16 – 20 tisíci Hz. Platí pro zdravý sluch mladého člověka. S přibývajícím věkem se rychle zhoršuje slyšitelnost v oblasti vysokých frekvencí.“ (lit. [33] str. 13)

rozdílu mezi barometrickou hodnotou tlaku vzduchu, měnící se zvolna v závislosti na atmosférických podmínkách, a okamžitou hodnotou tlaku při akustickém ději“ ([34] str. 18). Počet periodických změn akustického tlaku za sekundu se nazývá **kmitočet zvuku** f [Hz] ([35] str. 10).



Obrázek č. 28: Celkový tlak p , statický atmosférický tlak p_s , akustický tlak p_t ([31] str. 12)

Změny akustického tlaku je lidské ucho schopné vnímat jen v omezeném rozsahu. Dolní hranice je akustickým tlakem p_0 při prahu slyšení, což je $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Práh bolesti, při kterém člověk pociťuje bolest při slyšení, je stanoven hodnotou akustického tlaku řádově 60 Pa. ([34] str. 15)

Pro smyslové vnímání člověka platí Weber-Fechnerův fyziologický zákon, podle kterého je **smyslové vnímání člověka úměrné logaritmu podnětu** ([34] str. 21). Díky této vlastnosti člověk vnímá i velmi slabé zvukové signály s vysokou citlivostí a zároveň je chráněn před zvuky vysoké intenzity ([33] str. 9).

Akustické veličiny se proto uvádí v logaritmické míře, která se nazývá **hladina** a udává se v decibelech. Hodnota hladiny L [dB] je dána vztahem ([34] str. 22):

$$L = 10 \cdot \log \frac{x}{x_0} \quad [\text{dB}] \quad (27)$$

- x je hodnota určité veličiny;
- x_0 je referenční (dohodnutá, srovnávací) hodnota určité veličiny.

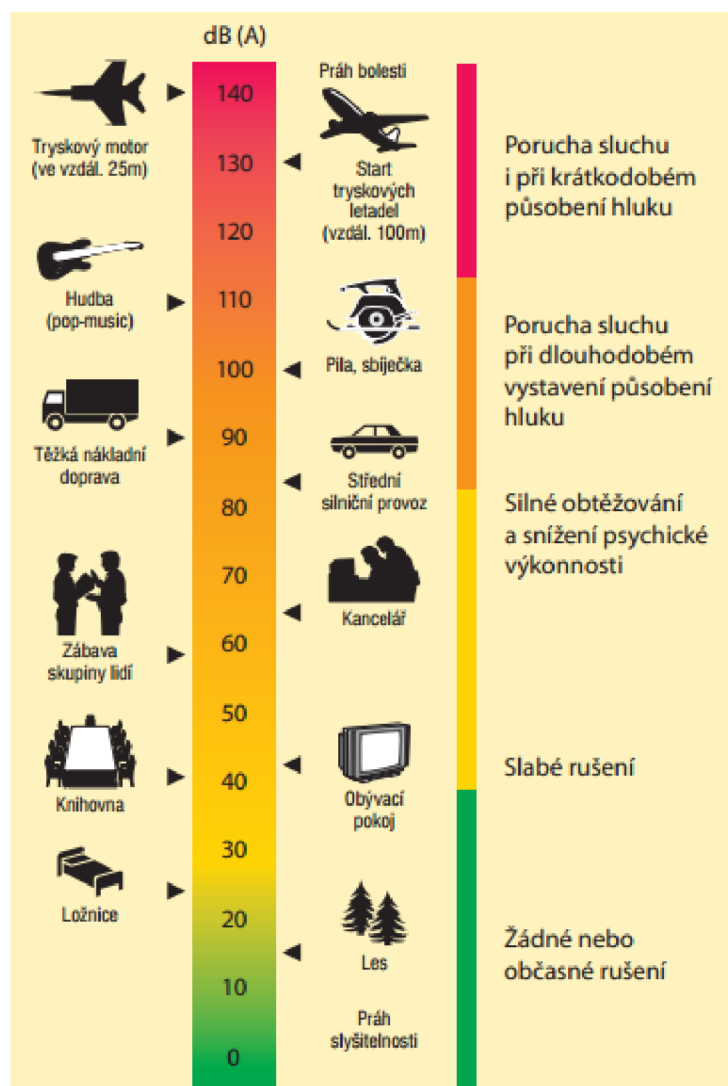
Jako referenční hodnoty jsou v akustice uvažovány prahové hodnoty slyšení akustické veličiny při kmitočtu $f = 1000$ Hz:

- $W_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ W
- $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ W/m²
- $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa. ([34] str. 21 – 22)

Prahu slyšení odpovídá hladina $L = 0$ dB a prahu bolesti přibližně hladina $L = 130$ dB. Další příklady hladin akustického tlaku a akustické intenzity jsou uvedeny v tabulce č. 53. Různé zdroje hluku včetně jejich vlivu na člověka jsou také na obrázku č. 29.

Tabulka č. 53: Příklady hladin akustického tlaku ([33] tab. 1 na str. 65)

akustický tlak p_t [Pa]	akustická intenzita I [W/m ²]	hladina akustického tlaku L_p [dB]	příklad prostředí, kde se vyskytuje
cca 60	cca 10	cca 130	práh bolesti
2	10 ⁻²	100	diskotéka
0,2	10 ⁻⁴	80	rušná ulice
0,02	10 ⁻⁶	60	kancelář
0,002	10 ⁻⁸	40	obývací pokoj
0,0002	10 ⁻¹⁰	20	ložnice v noci
0,00002	10 ⁻¹²	0	práh slyšení



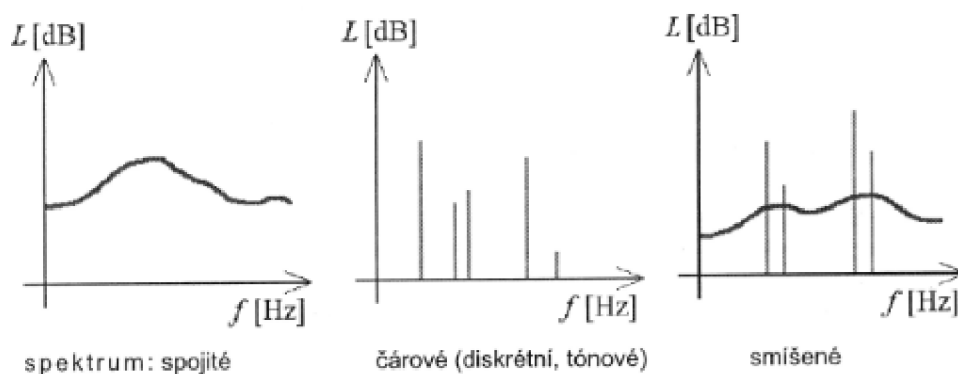
Obrázek č. 29: Příklady zdrojů hluku a jejich vlivu na člověka (internet[36] str. 12)

Zvuk obsahující pouze jeden kmitočet se nazývá **čistý tón** a jedná se např. o tón ladičky. Zvuky, se kterými se běžně setkáváme, jsou ovšem většinou složeny z řady dílčích signálů a vytváří **složené signály**. Složené signály lze popsat pomocí **kmitočtového spektra**, tj. souboru hodnot sledované akustické veličiny uváděného v závislosti na kmitočtu. ([34] str. 24)

Kmitočtové složení zvuku se sleduje v závazně určených kmitočtových pásmech o šíři jedné oktávy nebo jedné třetiny oktávy ([34] str. 25). Jako oktáva se označuje interval mezi dvěma kmitočty, kde druhý je dvojnásobek prvního ([33] str. 11). Pro každé kmitočtové pásmo je charakteristický jeho střední kmitočet f_m ([34] str. 25). V akustice se používají oktávová / třetinooktávová pásma o těchto středních kmitočtech f_m :

- oktávová pásma: 16 Hz, 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 16000 Hz;
- třetinooktávová pásma: 12,5 Hz; **16 Hz**; 20 Hz; 25 Hz; **31,5 Hz**; 40 Hz, 50 Hz, **63 Hz**; 80 Hz; 100 Hz; **125 Hz**; 160 Hz; 200 Hz; **250 Hz**; 315 Hz; 400 Hz; **500 Hz**; 630 Hz; 800 Hz; **1000 Hz**; 1250 Hz; 1600 Hz; **2000 Hz**; 2500 Hz; 3150 Hz; **4000 Hz**; 5000 Hz; 6300 Hz; **8000 Hz**; 10000 Hz; 12500 Hz; **16000 Hz**; 20000 Hz.

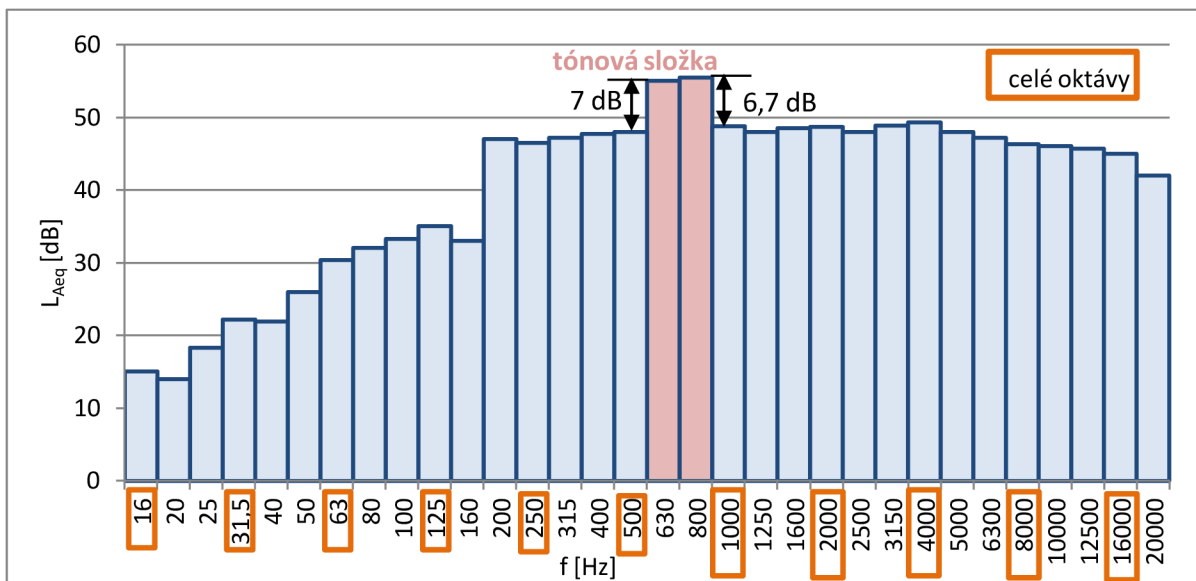
Kmitočtová spektra mohou být: spojitá, tónová (diskrétní, čárová) a smíšená (viz obr. č. 30). U **spojitého kmitočtového spektra** je sledovaná veličina v celém kmitočtovém rozsahu rozložena spojitě ([34] str. 24). Jednotlivé složky kmitočtového spektra se označují jako diskrétní, a proto se spektrum, které obsahuje pouze diskrétní složky, označuje jako **diskrétní** kmitočtové spektrum ([31] str. 26). Jako **smíšené spektrum** se nazývá kmitočtové spektrum, které má spojitý charakter a pouze některé z jeho složek vynikají natolik, že je lze označit jako složky diskrétní ([31] str. 26).



Obrázek č. 30: Diagramy kmitočtových spekter (lit. [38] obr. 2)

Na zvuky s tónovými složkami jsou hygienickými limity kladeny přísnější požadavky než na zvuky spojitě (více je uvedeno v kapitole 4.3.1 této práce a v nařízení vlády [37]). Zjednodušeně lze uvést, že nařízení vlády [37] považuje za hluk s tónovou složkou „*hluk*, v jehož kmitočtovém spektru je hladina akustického tlaku v třetinooktávovém pásmu, případně i ve dvou bezprostředně sousedících třetinooktávových pásmech, o více než 5 dB vyšší než

hladiny akustického tlaku v obou sousedních třetinooktávových pásmech“. Příklad hluku s tónovou složkou je uveden na obrázku č. 31.



Obrázek č. 31: Hluk s tónovou složkou

Lidský sluch vnímá zvuky o různém kmitočtu různě intenzivně. Citlivost vnímání zvuku o nízkých frekvencích, tj. od 16 Hz, je malá a postupně roste až do kmitočtu 4000 Hz a následně se citlivost vnímání opět snižuje. Citlivost ucha se tedy projevuje schopností slyšet a rozeznat frekvenci, tj. výšku tónu. ([34] str. 38)

Při hodnocení hluku se proto musí brát v úvahu subjektivní vnímání zvuku lidským uchem v závislosti na jeho frekvenci ([31] str. 36). Z toho důvodu bylo při měření hladin akustického tlaku zvukoměrem dle mezinárodních norem zavedeno používání tzv. **váhových filtrů** (A, B, C a D), které upravují citlivost zvukoměru tak, aby se více podobala citlivosti lidského sluchu ([34] str. 41).

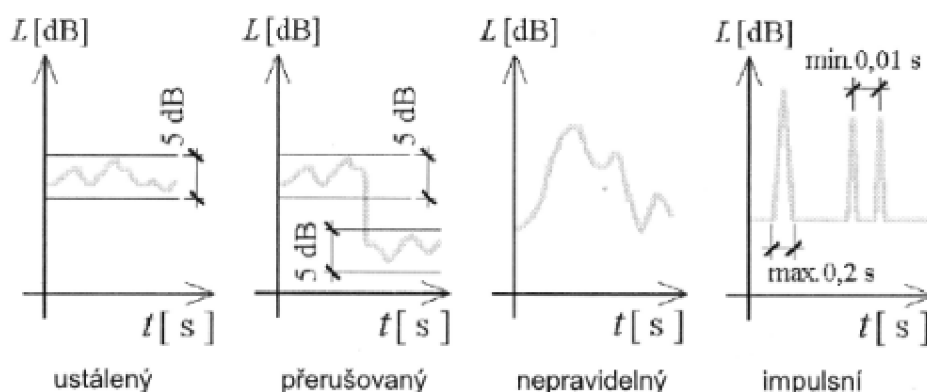
Nejčastěji používaným váhovým filtrem je váhový filtr A. Zvukoměr měří hladinu akustického tlaku L_{Ai} [dB] v jednotlivých kmitočtových pásmech nebo jejich třetinách. Ke každé změřené hodnotě přičte korekci váhového filtru K_{Ai} [dB] poté provede energetický součet upravených hodnot. Takto vzniklá veličina se označuje **hladina akustického tlaku A** L_A **frekvenčně vážená filtrem A** a slouží k jednočíselné kvalifikaci hlučnosti v oblasti komunální hygieny nebo na pracovišti. Hladinu akustického tlaku A L_A lze vypočítat ze známých hladin akustického tlaku v oktávových nebo třetinooktávových pásmech L_{Ai} [dB] podle vztahu:

$$L_A = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{Ai} + K_{Ai})} \quad [\text{dB}] \quad (28)$$

([34] str. 41)

Hladina akustického tlaku může v čase měnit svoji hodnotu, což je subjektivně vnímáno jako změna hlasitosti nebo „síly“ zvuku. Z tohoto pohledu lze rozlišovat zvuky:

- **ustálené**, jejichž kolísání v čase není větší než 5 dB;
- **proměnné**
 - **nepravidelné**, které v čase kolísají v rozsahu větším než 5 dB;
 - **přerušované**, u kterých se hladina mění skokem v rozsahu větším než 5 dB a v dílčích intervalech je ustálená;
- **impulzní** – jedná se o zvláštní druh proměnného zvuku, kdy dojde k rychlému vzestupu hladiny akustického tlaku a následnému **poklesu** v časovém intervalu do 0,2 s, kdy interval mezi jednotlivými impulzy je větší než 0,01 s. ([35] str. 13)



Obrázek č. 32: Zvuk v závislosti na čase (lit. [38] obr. 3)

Pokud zvuk v čase výrazněji kolísá, nelze jednočíselně charakterizovat hlukovou situaci hladinou akustického tlaku A, proto je zavedena **ekvivalentní hladina akustického tlaku A** $L_{Aeq,T}$ [dB] ([38] str. 27). Důvodem pro zavedení této veličiny je, že při působení zvuku na zdraví má rozhodující vliv celková suma akustické energie, které je jedinec dlouhodobě vystaven ([39] str. 18). Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ je „fiktivní ustálená hladina akustického tlaku A, která má stejný účinek na člověka během sledovaného časového úseku T, jako proměnlivá hladina akustického tlaku A za stejný čas“ ([34] str. 43). Ekvivalentní hladina akustického tlaku se vypočítá podle vzorce:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n T_i} \right) \sum_{i=1}^n (T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Ai}}) \quad [\text{dB}] \quad (29)$$

- L_{Ai} [dB] – hladina akustického tlaku A v *i-tém* časovém intervalu T_i [s] z celkového počtu intervalů *n*;

- T [s] – celkový časový interval, tj. doba, ke které se ekvivalentní hladina vztahuje ([34] str. 43).

Dále se při posouzení hluku používá také například **maximální hladina akustického tlaku A**. Hodnocení pomocí maximální hladiny akustického tlaku A se používá proto, že hodnocení pomocí ekvivalentní hladiny akustického tlaku A představuje dost zjednodušenou charakteristiku průběhu a trvání zvuku v čase ([33], str. 14).

4.2 POŽADAVKY LEGISLATIVY A NOREM

Ochranou proti hluku se spolu s vyhláškou č. 268/2009 Sb. [1] zabývá zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících předpisů [40], a nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [37]. Požadavky na zvukově izolační vlastnosti stavebních konstrukcí jsou uvedeny v ČSN 73 0532: Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky [41].

Dle § 30 odst. 2 zákona [40] se **hlukem** rozumí: „*zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis*“.

4.2.1 Požadavky vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1]

Ochrana proti hluku patří k základním požadavkům na stavby uvedeným v § 8 vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1]. Dále se ochrany před hlukem týká § 10 odst. 1 písm. h) vyhlášky [1]. Podrobněji se vyhláška [1] ochranou proti hluku zabývá v § 14:

§ 14

(1) Stavba musí zajišťovat, aby hluk a vibrace působící na osoby a zvířata byly na takové úrovni, která neohrožuje zdraví, zaručí noční klid a je vyhovující pro prostředí s pobytem osob nebo zvířat, a to i na sousedících pozemcích a stavbách.

(2) Při zajišťování ochrany staveb proti vnějšímu hluku, zejména od dopravy, se musí přednostně uplatňovat opatření urbanistická před opatřeními chránícími jednotlivé stavby tak, aby byly splněny podmínky pro ochranu hluku v chráněném venkovním prostoru, chráněném venkovním prostoru staveb a chráněném vnitřním prostoru staveb.

*(3) Požadovaná **vzduchová neprůzvučnost** obvodových plášťů budov, stěn, příček a stropů mezi místnostmi je dána normovými hodnotami. Požadovaná **kročejová neprůzvučnost** stropních konstrukcí s podlahami je dána normovými hodnotami.*

*(4) Všechna **zabudovaná technická zařízení působící hluk a vibrace** musí být v budovách s obytnými a pobytovými místnostmi umístěna a instalována tak, aby byl omezen přenos hluku a vibrací do stavební konstrukce a jejich šíření, zejména do chráněného vnitřního prostoru stavby.*

*(5) **Instalační potrubí** se musí vést a připevnit tak, aby nepřenášela do chráněných vnitřních prostorů stavby hluk způsobený při jejich používání ani zachycený hluk cizí.*

Dále je ve vyhlášce [1] zmínka o obtěžování hlukem také v § 17 odst. 2, který se týká **odstraňování staveb**: „*Okolí odstraňovaných staveb nesmí být touto činností a jejími důsledky nadměrně obtěžováno, zejména hlukem a prachem.*“

Podobně jako u tepelné techniky i u ochrany proti hluku jsou podstatné vlastnosti stavebních konstrukcí budov, a proto jsou další požadavky na stavby z hlediska akustiky obsaženy v části čtvrté vyhlášky [1] v rámci požadavků na jednotlivé stavební konstrukce:

§ 19 odst. 2 vyhlášky [1]: „**Stěna nebo příčka** je vyhovující z hlediska zvukové izolace, jestliže splňuje požadavky stavební akustiky na vzduchovou neprůzvučnost mezi místnostmi v budovách danou normovými hodnotami dle charakteru užívaných místností nebo navrhovaného způsobu užívaných místností.“

§ 20 odst. 2 vyhlášky [1]: „**Stropy spolu s podlahami a povrchy** jsou vyhovující z hlediska zvukové izolace, jestliže jejich vzduchová neprůzvučnost a kročejová neprůzvučnost splňují minimální požadavky dané normovými hodnotami.“

§ 21 odst. 1 vyhlášky [1]: „**Podlahové konstrukce** musí splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti v ustáleném a neustáleném teplotním stavu včetně poklesu dotykové teploty podlah, a dále požadavky stavební akustiky na kročejovou a vzduchovou neprůzvučnost dané normovými hodnotami. Souvrství celé stropní konstrukce se posuzuje komplexně.“

§ 23 odst. 6 vyhlášky [1]: „**Hluk přenášený ze schodišť a podest** do sousedních místností musí splňovat požadavky stavební akustiky dané normovými hodnotami.“

§ 25 odst. 3 vyhlášky [1]: „**Střešní plášť provozních střech a teras** musí splňovat požadavky stavební akustiky dané normovými hodnotami.“

§ 26 odst. 3 vyhlášky [1]: „**Výplně otvorů** musí splňovat požadavky na akustické vlastnosti v souladu s normovými hodnotami pro zajištění dostatečné ochrany před hlukem ve všech chráněných vnitřních prostorech stavby.“

§ 26 odst. 7 vyhlášky [1]: „**Při změnách dokončených staveb nebo výstavbě nových staveb v prolukách** musí být alespoň jedna obytná místnost orientována do venkovního prostoru, kde nejsou pro tuto místnost ve venkovním chráněném prostoru stavby překračovány hygienické limity hluku.“

4.3 POJMY POUŽÍVANÉ VE VYHLÁŠCE [1], HYGIENICKÉ LIMITY A NORMOVÉ HODNOTY

4.3.1 Chráněný vnitřní prostor, chráněný venkovní prostor staveb, chráněný venkovní prostor

Hygienické limity hluku pro **chráněný venkovní prostor, chráněný venkovní prostor staveb, chráněný vnitřní prostor staveb** jsou pro denní a noční dobu upraveny na základě ustanovení § 34 zákona o ochraně veřejného zdraví [40] v prováděcím právním předpisu, kterým je nařízení vlády č. 272/2011 Sb. [37]. Pro účely kontroly dodržení povinností v ochraně před hlukem a vibracemi je dle § 34 odst. 2 zákona [40] **noční dobou** doba mezi 22:00 a 6:00 hodinou.

Nařízení vlády [37] se nevztahuje na sousedský hluk, který je v § 2 písm. p) definován jako: „*hluk působený hlasovými projevy lidí a zvířat a činnostmi spojenými s běžným užíváním bytu, bytového domu, rodinného domu, stavby pro rodinnou rekreaci a pozemků k nim náležících*“.

Chráněné vnitřní prostory obytných staveb

Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí dle § 30 odst. 3 zákona o ochraně veřejného zdraví [40]: „*obytné a pobytové místnosti, s výjimkou místností ve stavbách pro individuální rekreaci a ve stavbách pro výrobu a skladování.*“

Podle § 11 odst. 1 nařízení vlády [37] se u chráněných vnitřních prostorů staveb vyjadřují hodnoty hluku **ekvivalentní hladinou akustického tlaku A** $L_{Aeq,T}$ a **maximální hladinou akustického tlaku A** L_{Amax} .

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ se dle nařízení vlády [37] § 11 odst. 1 stanovuje:

- v denní době pro 8 souvislých na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$);
- v noční době pro nejhlučnější jednu hodinu ($L_{Aeq,1h}$);
- u hluku z dopravy na pozemních komunikacích, s výjimkou účelových komunikací, a drahách a pro hluk z leteckého provozu pro celou denní dobu ($L_{Aeq,16h}$) a pro celou noční dobu ($L_{Aeq,8h}$) při charakteristickém leteckém dnu⁹.

⁹ Charakteristickým leteckým dnem se podle § 2 písm. m) rozumí: „*průměrné provozní podmínky na letišti odvozené pro posouzení dlouhodobého hluku.*“

Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A **pro hluk pronikající vzduchem zvenčí a pro hluk ze stavební činnosti** uvnitř objektu je dle § 11 odst. 2 nařízení vlády [37] roven **součtu základní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T} = 40$ dB a korekce**. Korekce pro obytné místnosti podle přílohy č. 2 nařízení vlády [37] jsou uvedeny v tabulce č. 54. K těmto korekcím se přičte další korekce podle odst. 2 a odst. 4 nařízení vlády [37], tyto korekce jsou uvedeny také v tabulce č. 54.

Pro **hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu** je hygienický limit maximální hladiny akustického tlaku A dle nařízení vlády [37] § 11 odst. 3 roven **součtu základní maximální hladiny akustického tlaku A $L_{A,max} = 40$ dB a korekce**. Korekce pro obytné místnosti podle přílohy č. 2 nařízení vlády [37] jsou uvedeny v tabulce č. 54. K těmto korekcím se přičte další korekce podle odst. 3 nařízení vlády [37], tyto korekce jsou uvedeny také v tabulce č. 54. Kromě hluku ze stavební činnosti se za hluk ze zdrojů uvnitř objektu považuje také hluk ze zdrojů mimo objekt, pokud do tohoto objektu proniká jiným způsobem než vzduchem, zejména konstrukcemi nebo podložími ([37] § 11 odst. 3).

Tabulka č. 54: Korekce pro stanovení hygienického limitu ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a maximální hladiny akustického tlaku A v chráněných vnitřních prostorech obytných místností

hygienický limit	hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A	hygienický limit maximální hladiny akustického tlaku A
denní doba – obytné místnosti (korekce podle nařízení vlády [37] přílohy č. 2)	0 dB	
noční doba – obytné místnosti (korekce podle nařízení vlády [37] přílohy č. 2)	-10 dB	
hluk s tónovými složkami ¹⁾ , s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích a drahách (korekce podle nařízení vlády [37] § 11 odst. 2, 3)	-5 dB	
hluk s výrazně informačním charakterem ¹⁾ (korekce podle nařízení vlády [37] § 11 odst. 2)	-5 dB	-
hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu v pracovních dnech v době od 7 do 21 hodin (nařízení vlády [37] § 11 odst. 4)	+15 dB	-
Poznámky:		
1) Hlukem s tónovými složkami je vždy hudba nebo zpěv (nařízení vlády [37] § 2 písm. a).		
2) Hlukem s výrazně informačním charakterem je řeč (nařízení vlády [37] § 2 písm. b).		

Chráněné venkovní prostory obytných staveb a chráněné venkovní prostory

Chráněný venkovní prostor staveb je definován v § 30 odst. 3 zákona [40] jako: „*prostor do 2 m okolo bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb.*“

Chráněným venkovním prostorem jsou dle ustanovení § 30 odst. 3 zákona [40]: „nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť.“ Pod slovem rekreace je přitom zahrnuto také užívání pozemku na základě vlastnického, nájemního nebo podnájemního práva souvisejícího s vlastnictvím bytového nebo rodinného domu, nájmem nebo podnájemem bytu v nich (zákon [40] § 30 odst. 3).

Hluk v chráněných venkovních prostorech staveb a chráněných venkovních prostorech se kromě vysokoenergetického impulsního hluku¹⁰ hodnotí podle § 12 odst. 1 nařízení vlády [37] pomocí **ekvivalentní hladiny akustického tlaku A** $L_{Aeq,T}$, která je stanovena:

- v denní době pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin $L_{Aeq,8h}$;
- v noční době pro nejhlučnější jednu hodinu $L_{Aeq,1h}$;
- u hluku z dopravy na pozemních komunikacích, s výjimkou účelových komunikací, a drahách a pro hluk z leteckého provozu pro celou denní dobu ($L_{eq,16h}$) a pro celou noční dobu ($L_{eq,8h}$).

Podle § 12 odst. 3 nařízení vlády [37] se hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A stanoví s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního zvuku **součtem základní hladiny akustického tlaku A** $L_{Aeq,T} = 50$ **dB a korekce**. Korekce podle přílohy č. 3 nařízení vlády [37] pro obytné místnosti jsou uvedeny v tabulce č. 55. K těmto korekcím se přičtou korekce podle § 12 odst. 3 nařízení vlády [37]:

- vysoce impulsní hluk¹¹: **-12 dB**;
- hluk s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích a drahách: **-5 dB**;
- hluk s výrazně informačním charakterem: **-5 dB**.

V případě hluku ze stavební činnosti se podle § 12 odst. 6 nařízení vlády [37] přičte ještě další korekce podle části B přílohy 3 nařízení vlády [37], která činí:

- v posuzované době od 6:00 do 7:00: **+10 dB**;
- v posuzované době od 7:00 do 21:00: **+15 dB**;

¹⁰ Vysoce energetickým impulsním hlukem se podle § 2 písm. c) nařízení vlády [42] rozumí: „*hluk tvořený zvukovými impulsy ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem jsou výbuchy v lomech a dolech, sonické třesky, demoliční a průmyslové procesy s pomocí výbušnin, střelba z těžkých zbraní, zkoušky výbušnin a další zdroje výbuchů, jejichž ekvivalentní hmotnost trinitrotoluenu překračuje 25 g a podobné zdroje*“

¹¹ Vysoce impulsním hlukem se dle § 2 písm. d) nařízení vlády [42] rozumí: „*hluk tvořený zvukovými impulsy ve venkovním prostoru, vznikající při střelbě z lehkých zbraní, explozí výbušnin s hmotností pod 25 g ekvivalentní hmotnosti trinitrotoluenu a při vzájemném nárazu tuhých těles*“

- v posuzované době od 21:00 do 22:00: **+10 dB**;
- v posuzované době od 22:00 do 6:00: **+5 dB**.

Tabulka č. 55: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru (nařízení vlády [37] příloha 3, část A, zkráceno pouze pro obytné budovy)

druh chráněného prostoru	korekce [dB]			
	1)	2)	3)	4)
chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	0	+5	+10	+20
<p>Korekce uvedené v tabulce se nesčítají. Pro noční dobu se pro chráněný venkovní prostor staveb přičítá další korekce -10 dB, s výjimkou hluku z dopravy na železničních drahách, kde se použije korekce -5 dB.</p> <p>Poznámky:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Použije se pro hluk z provozu stacionárních zdrojů, hluk z veřejné produkce hudby, dále pro hluk na účelových komunikacích a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce, zejména rozřaďování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů. 2) Použije se pro hluk z dopravy na silnicích III. třídy a místních komunikacích III. třídy a drahách. 3) Použije se pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na drahách v ochranném pásmu dráhy. 4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích s výjimkou účelových komunikací a drahách uvedených v bodu 2) a 3). Tato korekce zůstává zachována i po položení nového povrchu vozovky, prováděné údržbě a rekonstrukci železničních drah nebo rozšíření vozovky při zachování směrového nebo výškového vedení pozemní komunikace, nebo dráhy, při kterém nesmí dojít ke zhoršení stávající hlučnosti v chráněném venkovním prostoru staveb nebo v chráněném venkovním prostoru, a pro krátkodobé objízdné trasy. Tato korekce se dále použije i v chráněných venkovních prostorech staveb při umístění bytu v přístavbě nebo nástavbě stávajícího obytného nebo víceúčelového objektu nebo v případě výstavby ojedinělého obytného nebo víceúčelového objektu v rámci dostavby proluk, a výstavby ojedinělých obytných nebo víceúčelových objektů v rámci dostavby center obcí a jejich historických částí. Starou hlukovou zátěží je hluk v chráněném venkovním prostoru a chráněných venkovních prostorech staveb, který vznikl před 1. lednem 2001 a je působený dopravou na pozemních komunikacích a drahách. 				

Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A z leteckého provozu je v § 13 odst. 5 nařízení vlády [37] stanoven pro charakteristický letový den:

- pro celou denní dobu ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,16h} = 60 \text{ dB}$;
- pro celou noční dobu ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,8h} = 50 \text{ dB}$.

Vysokoenergetický impulsní hluk se vyjadřuje na základě ustanovení § 12 odst. 2 nařízení vlády [37] pomocí ekvivalentní hladiny akustického tlaku $C L_{Ceq,T}$ a současně i průměrnou hladinou expozice hluku $C L_{CE}$ jednotlivých impulsů. Stanovuje se:

- v denní době pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin $L_{Ceq,8h}$;
- v noční době pro nejhluchnější jednu hodinu $L_{Ceq,1h}$ (§ 12 odst. 2 nařízení vlády [37]).

Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku C vysokoenergetického impulsního hluku je stanoven v § 12 odst. 4 nařízení vlády [37] následovně:

- pro denní dobu: $L_{Ceq,8h} = 83$ dB;
- pro noční dobu: $L_{Ceq,1h} = 40$ dB.

4.3.2 Neprůzvučnost konstrukcí

Předpokladem pro splnění požadavků na ochranu před hlukem v budovách podle příslušných právních předpisů je uplatnění požadavků normy **ČSN 73 0532** [41] na **neprůzvučnost stavebních konstrukcí** mezi místnostmi v budovách a normových požadavků na neprůzvučnost obvodového pláště a jeho částí. (ČSN [41] čl. 3)

Neprůzvučnost je v ([34] str. 89) definována jako „*vlastnost konstrukce (stěny, stropu, překážky) propouštět zvuk v zeslabené míře do chráněného prostoru*“.

Rozeznává se neprůzvučnost vzduchová a kročejová. Neprůzvučnost stavebních konstrukcí proti zvuku, který se šíří vzduchem, se nazývá **vzduchová neprůzvučnost**. Nárazem předmětu na stavební konstrukci nebo šířením vibrací z ostatních konstrukcí, které jsou s posuzovanou konstrukcí spojeny, vzniká kročejový hluk. Neprůzvučnost stavebních konstrukcí proti kročejovému hluku se nazývá **kročejová neprůzvučnost**. ([31] str. 121)

Dodržení požadavků na neprůzvučnost podle normy ČSN 73 0532 [41] se prokazuje, pokud norma [41] nestanoví jinak, zkouškou a porovnáním jejího výsledku s požadavkem. Základem zkoušky je měření v třetinooktávových pásmech podle příslušných českých technických norem. Výsledky měření v třetinooktávových pásmech se vyhodnotí podle ČSN EN ISO 717-1 [42] pro určení vzduchové neprůzvučnosti a podle ČSN EN ISO 717-2 [43] pro určení kročejové neprůzvučnosti a stanoví se jednočíselné veličiny, které se porovnají s požadavky uvedenými v ČSN [41]. (ČSN [41] čl. 3)

Ve fázi návrhu stavby nebo v projektové přípravě stavby lze předpoklad splnění požadavků na neprůzvučnost konstrukcí prokazovat výpočtem podle ČSN EN 12354-1, ČSN EN ISO 12354-2 nebo jiným vhodným způsobem (ČSN [41] čl. 5). **Vzhledem k tomu,**

že skutečná hodnota neprůzvučnosti konstrukcí je závislá na skutečném stavebně technickém řešení, je nutné neprůzvučnost stavebních konstrukcí ověřit měřením provedeným na konkrétní realizované stavbě.

Posuzování vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi

Vážené hodnoty **vzduchové neprůzvučnosti** mezi místnostmi v budovách (změřené a určené podle příslušných norem) nesmí být **nižší** než požadavky stanovené v tabulce 1 ČSN [41], ze které jsou v této práci uvedeny pouze požadavky pro obytné budovy v tabulce č. 58. Požadavky platí ve směru přenosu zvuku. (ČSN[41] čl. 5.1)

Posouzení vzduchové neprůzvučnosti podle ČSN [41] se provádí pomocí veličin uvedených v tabulce č. 56.

Tabulka č. 56: Veličiny pro posouzení vzduchové neprůzvučnosti (sestaveno podle ČSN [41] čl. 5.1)

označení	název	použití
R'_w	vážená stavební neprůzvučnost	<ul style="list-style-type: none"> místnosti se společnou celou plochou stěny, příčky nebo stropu místnosti, které mají společnou jen část dělicí konstrukce, menší než je plocha příslušné, stěny, příčky nebo stropu při pohledu z vysílací místnosti nebo přijímací místnosti
R_w	vážená neprůzvučnost (laboratorní)	<ul style="list-style-type: none"> vnitřní dveře a jiné výplně otvorů
$D_{nT,w}$	vážený normalizovaný rozdíl hladin	<ul style="list-style-type: none"> místnosti, které nemají společnou dělicí konstrukci (tj. bezprostředně spolu nesousedící) ve speciálních odůvodněných případech, např. když dělicí plochu S nelze jednoznačně stanovit

Ve fázi návrhu a v projektové přípravě lze při posuzování provést přibližný přepočítaných nebo vypočítaných laboratorních hodnot neprůzvučnosti stavebních konstrukcí R_w na stavební váženou neprůzvučnost R'_w podle vztahu: c

$$R'_w = R_w - k_1 \quad [\text{dB}] \quad (30)$$

- k_1 je korekce závislá na vedlejších cestách šíření zvuku:

$k_1 = 2 \text{ dB}$ základní hodnota platná pro všechny dělicí konstrukce v masivních zděných nebo montovaných panelových stavbách z klasických materiálů (cihly, beton);

$k_1 = 2 \text{ až } 5 \text{ dB}$ doporučené hodnoty pro těžké dělicí konstrukce ve skeletových stavbách (např. vyzdívané konstrukce ve skeletu apod.);

$k_1 = 4$ až 8 dB doporučené hodnoty pro lehké dělicí konstrukce ve skeletových, ocelových nebo dřevěných stavbách (deskové dílce, sádkartonové konstrukce, dřevěné stropy apod.). (ČSN[41] čl. 5.1)

U složitějších konstrukcí nebo dispozic místností je normou ČSN[41] v čl. 5.1 doporučeno stanovit korekci individuálně.

Posuzování kročejové neprůzvučnosti mezi místnostmi

Vážené normované hladiny akustického tlaku **kročejového zvuku** (určené a změřené dle příslušných norem) **nesmí být** v chráněných místnostech **vyšší** než požadované hodnoty stanovené v tabulce 1 ČSN [41], ze které jsou v této práci uvedeny pouze požadavky pro obytné budovy v tabulce č. 58. Požadavky platí ve směru přenosu kročejového zvuku. (ČSN [41] čl. 5.1)

Posouzení kročejové neprůzvučnosti podle ČSN [41] se provádí pomocí veličin uvedených v tabulce č. 57.

Tabulka č. 57: Veličiny pro posouzení kročejové neprůzvučnosti (sestaveno podle ČSN [41] čl. 5.2)

označení	název	použití
$L'_{n,w}$	vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku	<ul style="list-style-type: none"> místnosti se společnou celou plochou stropu se zkoušenou podlahou, nebo kde je zkoušená podlaha součástí společné části stropu, která je menší než plocha stropu při pohledu z přijímací místnosti (vertikální přenos z horní do spodní chráněné místnosti)
$L'_{nT,w}$	vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku	<ul style="list-style-type: none"> místnosti, kde zkoušená podlaha nebo strop není součástí společného stropu (diagonální popř. horizontální přenos nebo přenos ze spodní místnosti do horní chráněné místnosti)

Ve fázi návrhu a v projektové přípravě lze při posuzování provést přibližný přepočet změřené nebo vypočítané laboratorní hodnoty normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku stropních konstrukcí s podlahami $L_{n,w}$ na váženou stavební normovanou hladinu akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$ podle vztahu:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + k_2 \quad [\text{dB}] \quad (31)$$

- k_2 je korekce závislá na vedlejších cestách šíření zvuku a pohybuje se v rozsahu 0 dB až 2 dB. (ČSN [41] čl. 5.2)

Obdobně jako u vzduchové neprůzvučnosti je i u kročejové neprůzvučnosti doporučeno ČSN [41] čl. 5.2 v případě složitějších konstrukcí nebo dispozic místností korekci stanovit individuálně.

Tabulka č. 58: Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách (ČSN [41]
tabulka 1, zkráceno pouze pro obytné místnosti, nejsou uvedeny poznámky)

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		R'_{w_s} $D_{nT,w}$ [dB]	L'_{n,w_s} $L'_{nT,w}$ [dB]	R'_w $D_{nT,w}$ [dB]	R_w [dB]
A. Bytové domy, rodinné domy – nejméně jedno obytná místnost bytu					
1	Všechny ostatní obytné místnosti téhož bytu	47	63	42	27
Bytové domy – obytné místnosti bytu					
2	Všechny místnosti druhých bytů, včetně příslušenství	53 52 ¹⁾	55 58 ¹⁾	53 52 ¹⁾	-
3	Společné prostory domu (schodiště, chodby, terasy, kočárkárny, sušárny, sklípky apod.)	52	55	52	32 ²⁾ 37 ³⁾
4	Průjezdy, podjezdy, garáže, průchody, podchody	57	48	57	-
5	Místnosti s technickým zařízením domu (výměňkové stanice, kotelny, strojovny, výtahů, strojovny VZT, prádelny apod.) s hlukem $L_{A,max} \leq 80$ dB 80 dB < $L_{A,max} \leq 85$ dB	57 ⁴⁾ 62 ⁵⁾	48 ⁴⁾ 48 ⁵⁾	57 ⁴⁾ 62 ⁵⁾	- -
6	Provozovny s hlukem $L_{A,max} \leq 85$ dB s provozem nejvýše do 22.00 h s provozem i po 22.00 h	57 62	53 48	57 62	- -
7	Provozovny s hlukem 85 dB < $L_{A,max} \leq 95$ dB s provozem i po 22.00 h	72 ⁵⁾	38 ⁵⁾	-	-
Vysvětlivky:					
1) Požadavek se vztahuje pouze na starou, zejména panelovou výstavbu, pokud neumožňuje dodatečná zvukově izolační opatření.					
2) Platí pro vstupní dveře z chodby do předsíně (vstupní haly) bytu, je-li chráněný prostor místnosti oddělen dalšími dveřmi.					
3) Platí pro vstupní dveře z chodby přímo do chráněné obytné místnosti bytu.					
4) Kromě splnění stanovených požadavků na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mohou být nutná další opatření, kdy je nutné stroje a zařízení uložit, zavěsit či upravit tak, aby nedocházelo k šíření a přenosu zvuku konstrukcí (vibracemi) a instalacemi (rozvody médií, šachtami aj.) a k překročení hygienických limitů hluku ve vnitřních chráněných prostorech. V prokázaných případech, kdy zařízení nebude zdrojem hluku a vibrací, lze požadavky snížit o 5 dB. V opodstatněných případech se doporučuje provést předběžné posouzení pomocí akustické studie.					
5) Kromě splnění stanovených požadavků na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mohou být nutná další opatření, kdy je nutné stroje a zařízení uložit, zavěsit či upravit tak, aby nedocházelo k šíření a přenosu zvuku konstrukcí (vibracemi) a instalacemi (rozvody médií, šachtami aj.) a k překročení hygienických limitů hluku ve vnitřních chráněných prostorech. Místnost s provozním hlukem s dominantním obsahem nízkých kmitočtů nebo s tónovými složkami (např. hlučné strojovny, diskotéky apod.) se zásadně nedoporučuje situovat do blízkosti bytových jednotek. Zejména přenos nízkých kmitočtů nelze v běžných obytných budovách účinně omezit. V odůvodněných případech je nezbytné posouzení pomocí akustické studie. Provozovny s hlukem $L_{A,max} > 95$ dB se nemají umisťovat do obytných budov.					

Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů a jejich částí

Na základě čl. 6.1 ČSN 73 0532 [41] vážené hodnoty **stavební vzduchové neprůzvučnosti obvodových plášťů budov** (změřené a určené dle příslušných norem) **nesmí být nižší** než požadavky uvedené v tabulce 2 ČSN [41], ze které jsou v této práci uvedeny v tabulce č. 59 pouze požadavky pro obytné místnosti bytů.

Tabulka č. 59: Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov (ČSN [41] tabulka 2, zkráceno pouze pro obytné místnosti)

Požadovaná zvuková izolace obvodového pláště v hodnotách R'_{w} nebo $D_{nT,w}$ [dB]							
druh chráněného vnitřního prostoru	ekvivalentní hladina akustického tlaku v denní době 6:00 hodin – 22:00 hodin ve vzdálenosti 2 m před fasádou $L_{Aeq,2m}$ [dB]						
	≤ 50	> 50 ≤ 55	> 55 ≤ 60	> 60 ≤ 65	> 65 ≤ 70	> 70 ≤ 75	> 75 ≤ 80
obytné místnosti bytů	30	30	30	33	38	43	48
druh chráněného vnitřního prostoru	ekvivalentní hladina akustického tlaku v noční době 22:00 hodin – 6:00 hodin ve vzdálenosti 2 m před fasádou $L_{Aeq,2m}$ [dB]						
	≤ 40	> 40 ≤ 45	> 45 ≤ 50	> 50 ≤ 55	> 55 ≤ 60	> 60 ≤ 65	> 65 ≤ 70
obytné místnosti bytů	30	30	30	33	38	43	48

Ve fázi návrhu nebo projektové přípravy stavby se výsledná neprůzvučnost obvodového pláště v chráněné místnosti $R'_{w,F}$ stanoví z laboratorních hodnot neprůzvučnosti dílčích prvků obvodového pláště výpočtem podle čl. 6.4 ČSN [41]:

$$R'_{w,F} = 10 \log S_F - 10 \log \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1R_{w,i}} - k_3 \quad [\text{dB}] \quad (32)$$

- S_i [m²] – dílčí plochy prvků obvodového pláště s neprůzvučností $R_{w,i}$;
- $R_{w,i}$ [dB] – vážená neprůzvučnost prvků obvodového pláště (plné části, okna, dveře apod.);
- $k_3 = 1$ dB – korekční faktor pro těžké obvodové stěny (beton, cihly)
- $k_3 = 2$ dB – korekční faktor pro lehké obvodové stěny (pórobeton, dřevostavby, montované stavby)

Musí být splněna podmínka: $R'_{w,F} \geq R'_w$. (ČSN [41] čl. 6.4)

Neprůzvučnost oken, dílců a částí obvodového pláště se vyjadřuje váženou neprůzvučností R_w , která se stanoví z laboratorních hodnot neprůzvučnosti R (změřené a určené podle příslušných norem). Požadavek na váženou neprůzvučnost oken R_w umístěných v obvodovém plášti se stanoví podle tabulky č. 60.

Uvažuje se:

- plocha oken: plocha okenního otvoru včetně rámu;
- celková plocha obvodové konstrukce v místnosti: plocha obvodového pláště včetně oken při pohledu z místnosti. (ČSN [41] čl. 6.2)

Tabulka č. 60: Stanovení požadavků na neprůzvučnost oken a dalších prvků obvodového pláště (ČSN [41] tabulka 3)

Podíl plochy oken S_o k celkové ploše obvodového pláště místnosti S_F [%]	Požadavek R_w^{*1} na okna určený z hodnot R'_w ($D_{nT,w}$) podle tabulky 2 ČSN 73 0532 [dB]
$S_o/S_F < 35$	$R'_w - 5$
$35 \leq S_o/S_F \leq 50$	$R'_w - 3$
$S_o/S_F > 50$	R'_w
*) Snížené požadavky na okna platí za předpokladu, že hodnota vážené neprůzvučnosti plné části obvodového pláště při pohledu z místnosti, je nejméně o 10 dB vyšší, než vážená neprůzvučnost okna. Požadavky platí i pro jiné prvky obvodového pláště (vnější dveře, světlíky, větrací prvky apod.)	

Vzduchová neprůzvučnost oken R_w lze kategorizovat dle tabulky č. 61.

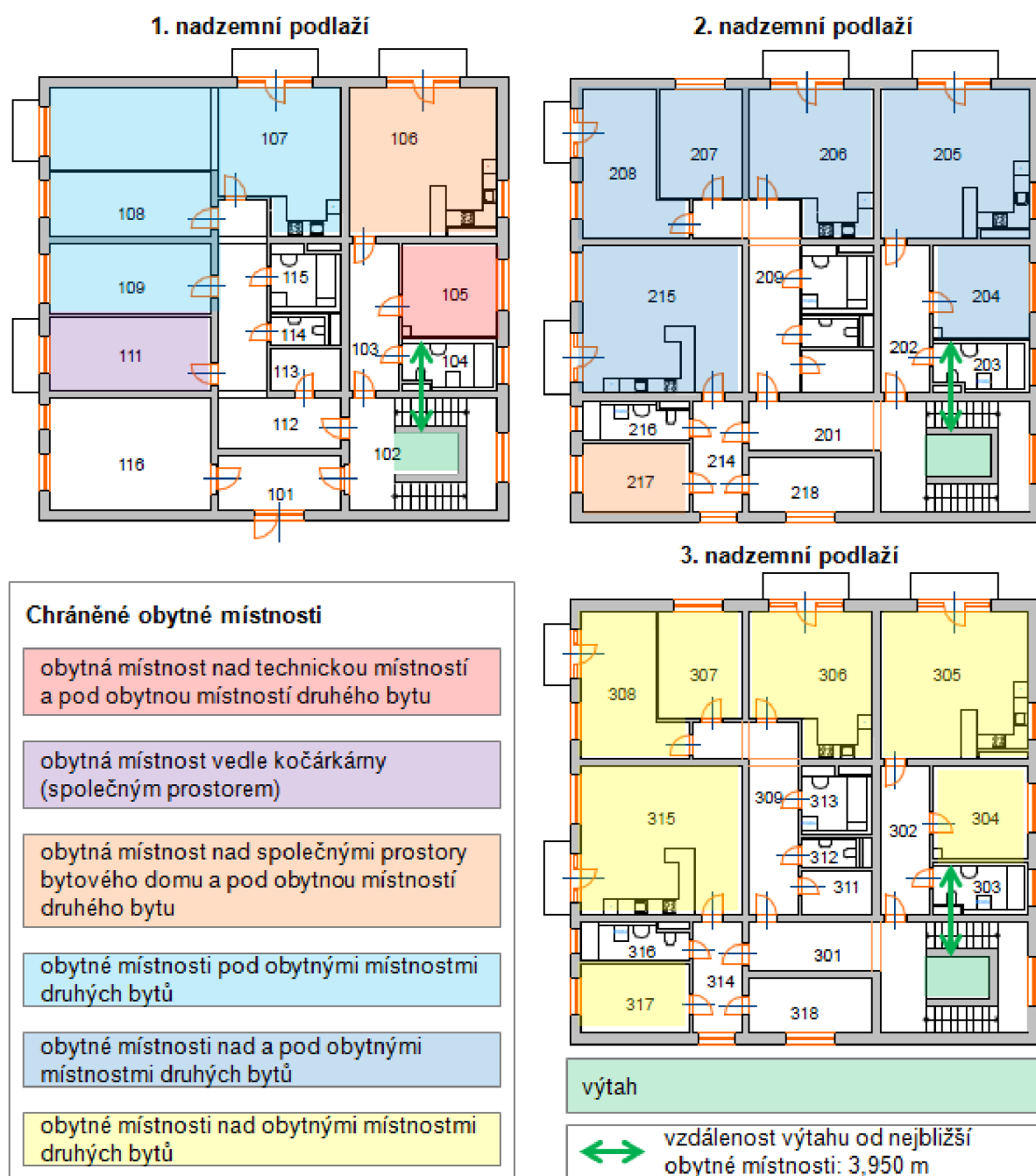
Tabulka č. 61: Třídy zvukové izolace oken (ČSN [41] tabulka 4)

třída zvukové izolace oken	R_w [dB]
0	≤ 24
1	25 až 29
2	30 až 34
3	35 až 39
4	40 až 44
5	45 až 49
6	≥ 50

4.4 APLIKACE

Chráněnými prostory z pohledu ochrany proti hluku jsou v posuzovaném bytovém domě obytné místnosti, které se nacházejí (viz obrázek č. 33):

- nad technickou místností s maximální předpokládanou hladinou akustického tlaku $A_{L_{max}}$ 80 dB;
- vedle nebo nad prostory, které tvoří společné prostory bytu;
- vedle, nad nebo pod místnostmi druhých bytů včetně jejich příslušenství.



Obrázek č. 33: Umístění obytných místností bytového domu z hlediska akustiky

Stěny a stropy oddělující místnosti bytů od místností druhých bytů včetně jejich příslušenství musí splňovat požadavek ČSN 73 0532 [41] na stavební váženou vzduchovou neprůzvučnost: $R'_w \geq 53 \text{ dB}$. Mezibytové stropní konstrukce musí navíc splňovat požadavek, aby jejich vážená stavební normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku byla maximálně rovna hodnotě 55 dB: $L'_{n,w} \leq 55 \text{ dB}$, $L'_{nT,w} \leq 55 \text{ dB}$. Pro dveře vedoucí ze vstupní chodby bytu do společných prostor domu stanovuje norma požadavek na váženou neprůzvučnost: $R_w \geq 32 \text{ dB}$. Pro nosné stěny a příčky, které oddělují obytné místnosti téhož bytu je normou ČSN 73 0532 [41] stanovena stavební vážená vzduchová neprůzvučnost větší nebo rovna hodnotě **42 dB**.

Společnými prostory domu, které sousedí s obytnými místnostmi, jsou prostory v suterénu a dále kočárkárna v 1. nadzemním podlaží. Tyto společné prostory jsou umístěny pod chráněnými obytnými místnostmi. Na přenos kročejového zvuku z chráněné horní místnosti do nechráněné dolní místnosti vertikálním přenosem přes společný strop není ČSN 73 0532 [41] stanovena limitní hodnota vážené normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$. Na přenos zvuku z dolní místnosti, kde jsou společné prostory domu, do horní chráněné místnosti se vztahuje limitní hodnota vážené normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{nT,w}$, která je ČSN 73 0532 [41] stanovena na 55 dB (viz tabulka č. 58). V případě vzduchové neprůzvučnosti je na stěnu mezi kočárkárnou a obytnou místností č. 111 a na stropy nad suterénem a kočárkárnou stanoven ČSN 73 0532 [41] požadavek (viz tabulka č. 58), aby stavební vážená neprůzvučnost R'_w byla alespoň 52 dB: **$R'_w \geq 52 \text{ dB}$** ;

Technická místnost je umístěna v suterénu domu a nachází se nad ní obytná místnost č. 105, tj. z pohledu ochrany před hlukem chráněný prostor. Vzhledem k umístění chráněného prostoru nad technickou místností bude k přenosu kročejového zvuku společnou stropní konstrukcí docházet ve směru z chráněného prostoru do prostoru nechráněného, na tento typ vertikálního přenosu kročejového zvuku z horní chráněné místnosti do dolní nechráněné místnosti nejsou normou ČSN 73 0532 [41] uvedeny požadavky na hodnotu vážené normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$. Na přenos zvuku z dolní místnosti s technickým zařízením do horní chráněné místnosti se vztahuje limitní hodnota vážené normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{nT,w}$, která je ČSN 73 0532 [41] stanovena na 48 dB (viz tabulka č. 58). Z důvodu omezení přenosu hluku z technické místnosti do chráněných obytných místností prostřednictvím konstrukcí bude provedeno pružné uložení kotle a pružné uložení a zavěšení potrubí. Z pohledu vzduchové

neprůzvučnosti stanovuje ČSN 73 0532 [41] pro stropy a stěny oddělující obytné místnosti a technickou místnost s hladinou akustického tlaku A $L_{Amax} \leq 80$ dB minimální hodnotu stavební vážené neprůzvučnosti R'_w alespoň **57 dB** (viz tabulka č. 58).

Dalším zdrojem hluku v hodnocené budově je výtah KONE MONOSPACE R5. Výrobce výtahu uvádí mimo jiné tyto údaje o hlučnosti ([44] str. 34):

- hluk v šachtě během jízdy 55 dB (A),
- průměrný hluk ve stanici (od dveří výtahu): 60 dB (A).
- maximální impulsní hluk v horní části výtahové šachty v blízkosti výtahového stroje: 70 dB (A).

Vzhledem k umístění výtahu v bytovém domě ve schodišťovém zrcadlu, kdy nejbližší obytná místnost (místnosti č. 105, 204, 304) se nachází 3,95 m od výtahu a mezi prostorem výtahu a obytné místnosti se nachází nosná akustická stěna a koupelna, lze předpokládat, že výtah by neměl způsobovat problémy s nadměrným hlukem v budově. Tento předpoklad by ovšem musel být prokázán měřením po realizaci stavby, protože přenosu hluku od výtahu dochází především prostřednictvím konstrukcí a je proto podstatná kvalita jejich zpracování včetně řešení detailů.

Příslušenství bytů jako jsou WC a koupelny není v posuzovaném bytovém domě umístěno vedle chráněných místností jiných bytů. Sanitární rozvody jsou vedeny v instalačních šachtách a sádkartonových předstěnách koupelen. Sanitární zařízení a potrubí jsou z důvodu omezení šíření hluku pružně uloženy. Odvodnění ploché střechy je vedeno nechráněnými prostory (šatny a koupelny) systémem odhlučněné vnitřní kanalizace z minerálně zesíleného polypropylenu s izolací z 50 mm minerální vaty. Hluk z digestoří umístěných v obývacích pokojích s kuchyňským koutem lze omezit v dané místnosti snížením rychlostního stupně odsávání výparů. Společné vzduchotechnické potrubí digestoří bude opatřeno přídatným tlumením, aby nedocházelo k šíření hluku z digestoří do jiných bytů.

Požadavky na neprůzvučnost obvodového pláště se odvíjí od předpokládané ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve vzdálenosti 2 m před fasádou a blíže budou pro řešený objekt uvedeny v kapitole 4.4.3 Neprůzvučnost obvodového pláště.

Akustické parametry stavebních konstrukcí jsou do značné míry ovlivněny kvalitou provedení stavby. Číselné hodnoty neprůzvučnosti uvedené v další kapitole je proto nutné chápat jako přibližné/orientační. Pro zjištění skutečných hodnot na konkrétní stavbě by se muselo provést **měření**.

4.4.1 Srovnání neprůzvučnosti stěn

Mezibytové stěny

V navrženém bytovém domě jsou všechny mezibytové stěny současně nosnými. Předpokládá se, že mezibytové stěny budou provedeny ze stejného materiálu jako nosná část stěn obvodových (viz kapitola 3.3.2 Součinitel prostupu tepla, skladby konstrukcí – část Obvodové stěny a tabulka č. 13). Stavební vážená vzduchová neprůzvučnost R'_{w} hodnocených mezibytových stěn o tloušťce 300 mm je porovnána v grafu na obrázku č. 34. Z materiálů, ze kterých byla navržena nosná část obvodových stěn, by bylo z hlediska akustiky jako mezibytové stěny bez dalších opatření možné použít: vápenopískové tvárnice Silka S12-1800, tvárnice z liaporbetonu Liapor M 300/12/1200 a železobetonovou stěnu tloušťky 300 mm. Naopak nevyhovující pro použití na mezibytovou stěnu by byly: keramické tvárnice Porotherm 30 P+D a pórobetonové tvárnice Ytong P6-650 tloušťky 300 mm.

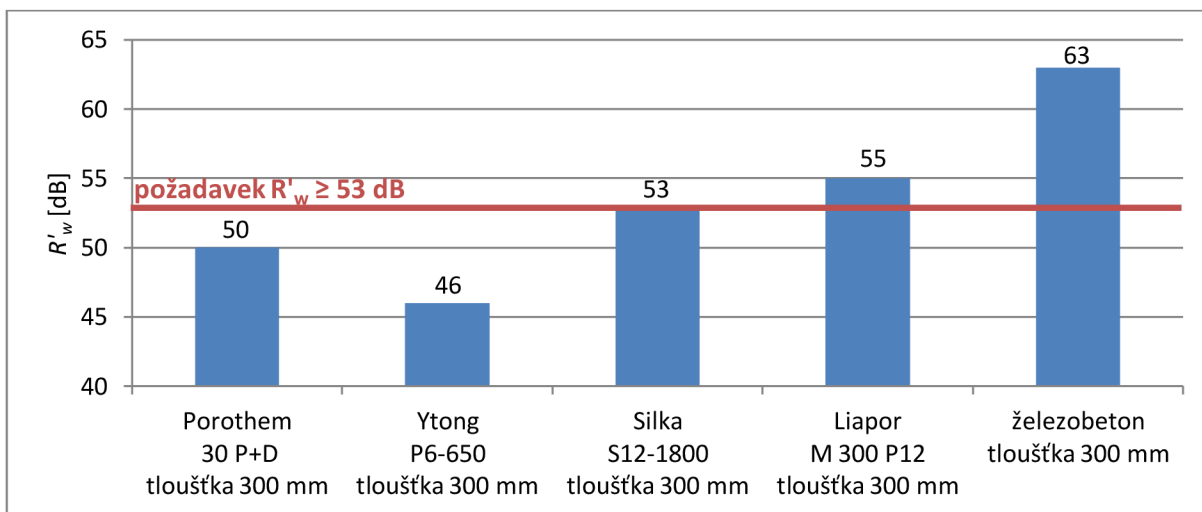
V grafu na obrázku č. 35 jsou vyneseny hodnoty součinitelů prostupu tepla hodnocených mezibytových stěn, přičemž je uvažováno, že uvedené stěny oddělují vytápěný a temperovaný prostor (takovým prostorem může být podle čl. 5.2.3 ČSN 73 0540-2 [10] také občasné vytápěný byt). Normou ČSN 73 0540-2 [10] je požadováno, aby hodnota součinitele prostupu tepla byla mezi vytápěným a temperovaným prostorem menší nebo rovna hodnotě $U_{N,20} = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Ze srovnání tepelně izolačních vlastností a vzduchové neprůzvučnosti porovnávaných konstrukcí v grafech na obrázcích č. 34 a č. 35 a v tabulkách č. 62 a č. 63 je patrné, že nejhorší zvukově izolační vlastnosti z porovnávaných pěti konstrukcí má stěna z pórobetonových tvárnic Ytong P6-650 tloušťky 300 mm, která má ovšem nejnižší hodnotu součinitele prostupu tepla U a tedy nejlepší tepelně izolační vlastnosti. Naopak nejlepší zvukově izolační vlastnosti má železobetonová stěna tloušťky 300 mm, která má naopak nejvyšší hodnotu součinitele prostupu tepla U , tzn. nejhorší tepelně izolační vlastnosti.

Tabulka č. 62: Vzduchová neprůzvučnost mezibytových stěn

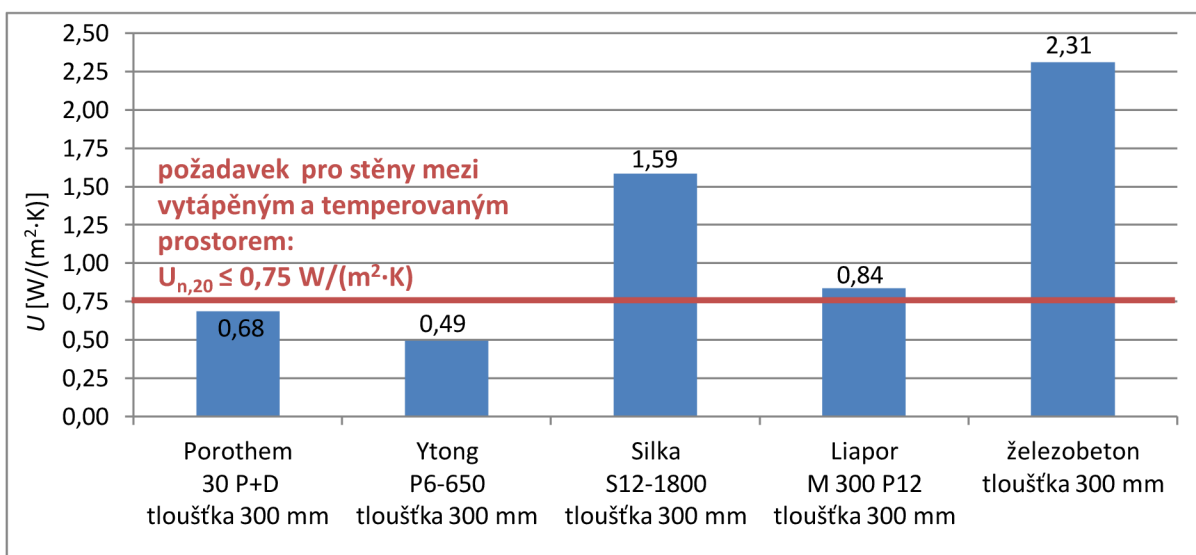
materiál	keramické tvárnice typu Therm	pórobetonové tvárnice	vápeno- pískové tvárnice	tvárnice z liapor- betonu	železobeton
tloušťka stěny bez omítek [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
objemová hmotnost [kg/m ³]	850	650	1800	1200	2500
plošná hmotnost m' [kg/m ²]	255	195	540	360	750
Vzduchová neprůzvučnost: požadavek pro stěny mezi dvěma různými byty dle ČSN 73 0532: $R'_w \geq 53$ dB					
R_w [dB]	52	48	55	57	65
k_f [dB]	2	2	2	2	2
R'_w [dB]	50	46	53	55	63
hodnocení: $R'_w \geq 53$ dB	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek	splňuje požadavek	splňuje požadavek	splňuje požadavek
Poznámky:					
<ul style="list-style-type: none"> • modře vyznačené hodnoty R_w jsou převzaty z technických podkladů výrobců <ul style="list-style-type: none"> ○ keramické tvárnice typu Therm (Porotherm 30 P+D dle [22] str. 101) ○ tvárnice z pórobetonu (Ytong P6-650 dle [23] str. 7) ○ vápenopískové tvárnice (Silka S12-1800 dle [23] str. 37) ○ tvárnice z liaporbetonu (Liapor M 300/12/1200 dle [24] str. 23) • zeleně R_w vyznačené hodnoty jsou vypočteny v programu Neprůzvučnost 2005 • od vážené laboratorní neprůzvučnosti R_w byla podle čl. 5.1 ČSN 73 0532 [41] odečtena korekce $k_f = 2$ dB, čímž byla získána předpokládaná hodnota stavební vážené vzduchové neprůzvučnosti R'_w 					

Tabulka č. 63: Tepelně technické vlastnosti mezibytových stěn

materiál	keramické tvárnice typu Therm	pórobetonové tvárnice	vápeno- pískové tvárnice	tvárnice z liapor- betonu	železobeton
tloušťka stěny bez omítek [m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
λ [W/(m·K)]	0,25	0,17	0,81	0,32	1,74
R_{se} [m ² ·K/W]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
R [m ² ·K/W]	1,20	1,76	0,37	0,94	0,17
R_{si} [m ² ·K/W]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
U [W/(m ² ·K)]	0,68	0,49	1,59	0,84	2,31
Poznámky:					
<ul style="list-style-type: none"> • $R = (\text{tloušťka stěny bez omítek}) / \lambda$ • $U = 1/(R_{se} + R_T + R_{si})$ 					



Obrázek č. 34: Srovnání stavební vážené vzduchové neprůzvučnosti R'_w mezi bytových stěn



Obrázek č. 35: Srovnání hodnot součinitele prostupu tepla U mezi bytových stěn

Stěny oddělující místnosti téhož bytu

Všechny hodnocené nosné stěny (viz tabulka č. 62) splňují požadavky ČSN 73 0532 [41] na stěny, které oddělují místnosti téhož bytu, protože jejich vážená vzduchová neprůzvučnost R'_w je vyšší než normou požadovaných 42 dB.

V tabulce č. 64 je porovnána vzduchová neprůzvučnost příček oddělujících místnosti téhož bytu. Příčky byly zvoleny od stejných výrobců jako nosné stěny a jejich tloušťka byla zvolena dle sortimentu výrobců. Jedinou příčkou, která v provedeném srovnání nesplnila požadavek na váženou vzduchovou neprůzvučnost $R'_w \geq 42$ dB, je příčka z pórobetonu.

Tabulka č. 64: Vzduchová neprůzvučnost příček mezi místnostmi téhož bytu

materiál	keramické tvárnice typu Therm	pórobetonové tvárnice	vápeno-pískové tvárnice	tvárnice z liaporbetonu	železobeton
tloušťka stěny bez omítek [m]	0,115	0,150	0,150	0,115	0,150
plošná hmotnost m' [kg/m ²]	100,05	75	300	92	375
objemová hmotnost [kg/m ³]	870	500	2000	800	2500
Vzduchová neprůzvučnost: požadavek pro stěny mezi místnostmi jednoho bytu dle ČSN 73 0532: $R'_w \geq 42$ dB					
R_w [dB]	44	41	48	45	53
k_1 [dB]	2	2	2	2	2
R'_w [dB]	42	39	46	43	51
hodnocení: $R'_w \geq 53$ dB	splňuje požadavek	nesplňuje požadavek	splňuje požadavek	splňuje požadavek	splňuje požadavek
Poznámky:					
<ul style="list-style-type: none"> • modře vyznačené hodnoty R_w jsou převzaty z technických podkladů výrobců <ul style="list-style-type: none"> ○ keramické tvárnice typu Therm (Porotherm 11,5 P+D dle [22] str. 126) ○ tvárnice z pórobetonu (Ytong P2-500 dle [23] str. 9) ○ vápenopískové tvárnice (Silka S20-2000 dle [23] str. 37) ○ tvárnice z liaporbetonu (Liapor M 115 P4 dle [24] str. 23) • zeleně R_w vyznačené hodnoty jsou vypočteny v programu Neprůzvučnost 2005 • od vážené laboratorní neprůzvučnosti R_w byla podle čl. 5.1 ČSN 73 0532 [41] odečtena korekce $k_1 = 2$ dB, čímž byla získána předpokládaná hodnota stavební vážené vzduchové neprůzvučnosti R'_w 					

Možnosti zlepšení vzduchové neprůzvučnosti stěn

Neprůzvučnost jednoduchých homogenních konstrukcí významně závisí na jejich plošné hmotnosti. Zdvojením hmotnosti prvku dojde ke zvýšení jeho vzduchové neprůzvučnosti o 6 dB. ([28] str. 44).

Z posouzených mezibytových stěn (viz tabulka č. 62) nevyhověly požadavkům normy stěny z keramických a pórobetonových tvárnic. V případě tvárnic Porotherm 30 P+D je možné v sortimentu výrobce nalézt akustické tvárnice 30 AKU P+D a 30 AKU SYM v tloušťce 300 mm, které vyhovují požadavkům ČSN 73 0532 [41] na vzduchovou

neprůzvučnost. Oproti tvárnici 30 P+D mají tyto tvárnice vyšší objemovou hmotnost a zároveň odlišné svislé děrování (viz obrázek č. 36). U tvárnice 30 AKU SYM je navíc dalšího zlepšení akustických vlastností dosaženo spojením tvárnice na pero a drážku s kapsou na maltu, kdy cementová malta v kapsách zlepšuje akustické vlastnosti ([22] str. 115).



Obrázek č. 36: Tvárnice Porotherm ([19] str. 108, 115, 116)

U tvárnice z pórobetonu by dle podkladů výrobce ([45] str.6) bylo možné dosáhnout normou ČSN 73 0532 [41] požadované stavební vážené vzduchové neprůzvučnosti mezibytových stěn alespoň 53 dB, pokud by před nosnou stěnu byla umístěna sádrokartonová předstěna tloušťky 12 mm vyplněná 50 mm minerální vaty. Dle podkladů výrobce ([45] str. 6) by takto vytvořená konstrukce s předstěnou před nosnou zdí z pórobetonových tvárnice P6-650 tloušťky 250 mm měla mít hodnotu vážené vzduchové neprůzvučnosti R'_w vyšší než 55 dB. Stěna, která by byla vyžděna pouze z tvárnice P6-650 tloušťky 250 mm by přitom měla hodnotu R_w rovnou 47 dB ([23] str. 7) a po zohlednění korekce 2 dB podle čl. 5.1 ČSN 73 0532 [41] by měla být hodnota $R'_w = 45$ dB.

Další možností zlepšení zvukově izolačních vlastností stěn je vytvoření tzv. dvojitých nebo vícenásobných stěn. Princip těchto konstrukcí spočívá ve vložení minerální vaty mezi dvě nebo více vzájemně nespojených vrstev (internet [46]). Například vložení 50 mm minerální izolace mezi dvě tvárnice Porotherm 25 AKU P+D (viz obrázek č. 37) lze dosáhnout laboratorní vážené vzduchové neprůzvučnosti R'_w o hodnotě 57 dB ([22] str. 41), více je uvedeno v podkladu výrobce [22] nebo na webových stránkách [46].

V hodnoceném bytovém domě jsou všechny mezibytové stěny současně nosné. Nicméně v případě nenosných příček by bylo možné navrhnout také tzv. lehké dvojitě příčky. Jedná se o stěny, které jsou tvořeny z opláštění (např. sádrokarton) a vyplněné akustickou

izolací (minerální vatou). Tyto příčky mají srovnatelné parametry vzduchové neprůzvučnosti jako podstatně těžší příčky z železobetonu nebo vápenopískových tvárnic.

Lehká dvojitá příčka na obrázku č. 37 má dle technického podkladu ([47] str. 18) hodnotu laboratorní vážené vzduchové neprůzvučnosti R'_w rovnu 42 dB a může tak být použita jako příčka mezi místnostmi téhož bytu.



Obrázek č. 37: Možnosti skladby akustických stěn ([22] str. 40, [47] str. 18)

4.4.2 Akustické požadavky na stropy

Neprůzvučnost stropů včetně podlah je ovlivněna jednak samotnou stropní deskou a jednak konstrukcí podlahy. Stropní konstrukce v posuzovaném bytovém domě jsou tvořeny kombinací stropní desky nebo stropního panelu s plovoucí podlahou. V akustice se jako plovoucí podlaha označuje podlaha, kde je nosná stropní konstrukce oddělená od roznášecí vrstvy kročejovou izolací (např. minerální vata nebo elastifikovaný polystyren). V případě, plovoucí podlahy podle tabulky č. 42, kdy je roznášecí vrstva tvořena betonovou mazaninou, se jedná o těžkou plovoucí podlahu. Pokud je roznášecí vrstva plovoucí podlahy například z OSB desek (např. skladba v tabulce tabulka č. 43) nebo cementotřískových desek, označuje se jako lehká plovoucí podlaha.

Při hodnocení kročejové neprůzvučnosti ovšem má výrazný vliv na její skutečně zjištěné hodnoty kvalita provedení konstrukcí. Roznášecí vrstva plovoucích podlah musí být úplně oddělena od ostatních konstrukcí měkkým materiálem ([39] str. 72). U těžkých plovoucích podlah je také nutné mezi kročejovou izolací a roznášecí vrstvou vložit separační vrstvu (PE fólie), aby došlo k zabránění zatečení vody z betonové mazaniny do kročejové izolace.

Neprůzvučnost stropů mezi obytnými místnostmi a místnostmi druhých bytů

V tabulce č. 65 jsou uvedeny hodnoty stavební vážené neprůzvučnosti R'_w samotné stropní konstrukce bez podlahy. Kromě železobetonového monolitického stropu posouzené stropní konstrukce bez podlahy nesplňují požadavky ČSN 73 0532 [41] na vzduchovou neprůzvučnost. V případě, že stropní deska nezajistí požadovanou vzduchovou neprůzvučnost, je nutné navrhnout těžkou plovoucí podlahu ([28] str. 81). Z hodnot stavební vážené neprůzvučnosti R'_w stropu včetně těžké plovoucí podlahy v tabulce č. 66 a z grafu na obrázku č. 38 je patrné, že všechny srovnávané varianty stropních konstrukcí s podlahou splňují požadavek $R'_w \geq 53$ dB pro mezibytové stropy.

Tabulka č. 65: Vzduchová a kročejová neprůzvučnost stropů bez podlah

materiál	strop s keramickými stropními vločkami MIAKO	liaporbeton panel	předpjatý stropní panel Spiroll	železobetonový monolitický
tloušťka stropu	0,25	0,25	0,16	0,2
plošná hmotnost m' [kg/m ²]	360	395	226	500
Vzduchová neprůzvučnost: požadavek pro strop mezi dvěma různými byty dle ČSN 73 0532: $R'_w \geq 53$ dB				
R_w [dB]	51	48	49	56
k [dB]	2	2	2	2
R'_w [dB]	49	46	47	54
hodnocení: $R'_w \geq 53$ dB	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek	splňuje požadavek
Kročejová neprůzvučnost: požadavek pro strop mezi dvěma různými byty dle ČSN 73 0532: $L'_{n,w} \leq 55$ dB				
$L_{n,w}$ [dB]	75	86	85	79
k [dB]	2	2	2	2
L'_{nw} [dB]	77	88	87	81
hodnocení: $L'_{n,w} \leq 55$ dB	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek
Poznámky:				
<ul style="list-style-type: none"> • modře vyznačené hodnoty R_w a $L_{n,w}$ jsou převzaty z technických podkladů výrobců: <ul style="list-style-type: none"> ○ strop s keramickými vločkami MIAKO: [22] str. 168, [48] str. 159 ○ strop z panelů z liaporbetonu: [49] str. 8 a 31 ○ strop z předpjatých stropních panelů Spiroll: [50] str. 8 • zeleně vyznačené hodnoty R_w a $L_{n,w}$ jsou vypočteny v programu Neprůzvučnost 2005 				

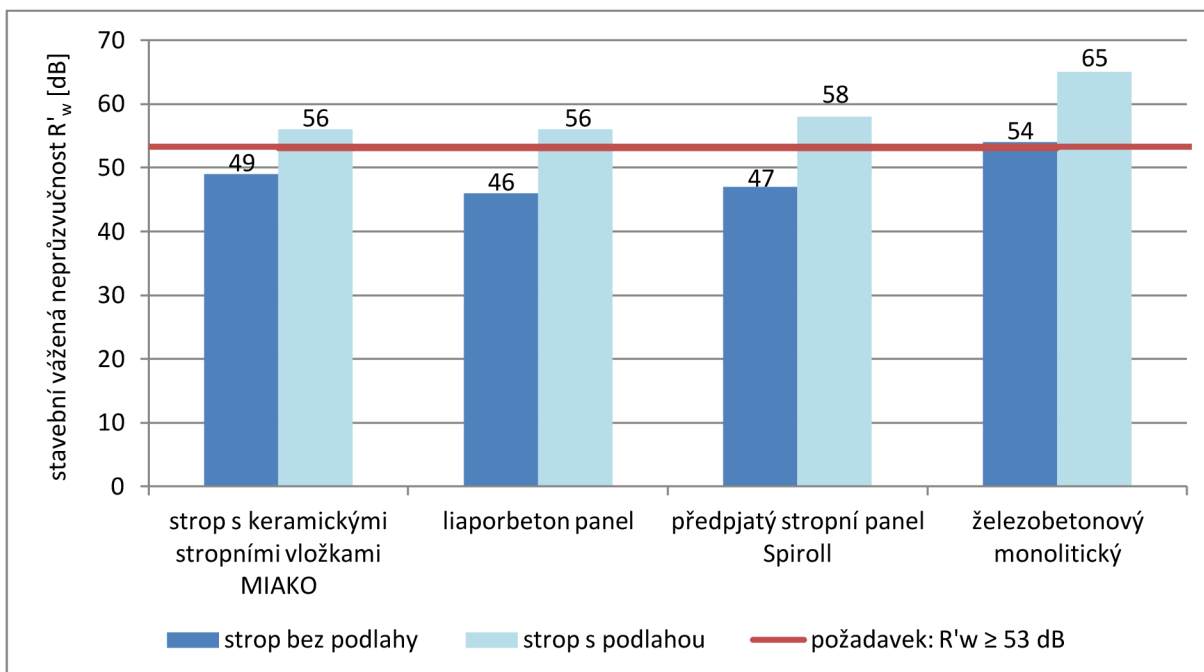
Tabulka č. 66: Vzduchová a kročejová neprůzvučnost stropů včetně podlahy

materiál	strop s keramickými stropními vločkami MIAKO	liaporbeton panel	předpjatý stropní panel Spiroll	železobetonový monolitický
tloušťka stropu	0,25	0,25	0,16	0,2
plošná hmotnost m' [kg/m ²]	360	395	226	500
Vzduchová neprůzvučnost: požadavek pro strop mezi dvěma různými byty dle ČSN 73 0532: $R'_w \geq 53$ dB				
R_w [dB]	58	-	60	67
k [dB]	2	-	2	2
R'_w [dB]	56	56	58	65
hodnocení: $R'_w \geq 53$ dB	splňuje požadavek	splňuje požadavek	splňuje požadavek	splňuje požadavek
Kročejová neprůzvučnost: požadavek pro strop mezi dvěma různými byty dle ČSN 73 0532: $L'_{n,w} \leq 55$ dB				
$L_{n,w}$ [dB]	-	55 ²⁾	57 ³⁾	47 ³⁾
k [dB]	-	2	2	2
$L'_{n,w}$ [dB]	56¹⁾	57	59	49
hodnocení: $L'_{n,w} \leq 55$ dB	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek	nesplňuje požadavek	splňuje požadavek
Poznámky:				
<ul style="list-style-type: none"> • modře vyznačené hodnoty R_w, R'_w, $L_{n,w}$ a $L'_{n,w}$ jsou převzaty z technických podkladů výrobců <ul style="list-style-type: none"> ○ strop s keramickými vločkami MIAKO: [22] str. 166, [48] str. 159 ○ strop z panelů z liaporbetonu: [49] str. 8 a 31 ○ ¹⁾ hodnocená stropní konstrukce s podlahou je výrobcem uváděna ve skladbě: <ul style="list-style-type: none"> ▪ keramická dlažba..... 8 -12 mm ▪ betonová mazanina minimálně 50 mm ▪ separační vrstva 1 mm ▪ kročejová izolace Rockwool Steprock ND 30 mm ▪ stropní vločky MIAKO + nosníky POT 250 mm ▪ omítka Porotherm Universal 10 mm ○ ²⁾ hodnocená stropní konstrukce s podlahou je výrobcem uváděna ve skladbě: <ul style="list-style-type: none"> ▪ keramická dlažba ▪ betonová mazanina 55 mm ▪ PE separační fólie ▪ tepelně izolační akustická deska z minerální vlny určená do těžkých plovoucích podlah (s dynamickou tuhostí $s' = 15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{-1}$)..... 30 mm ▪ stropní panel z lehkého betonu LC 25/28 250 mm • zeleně vyznačená hodnota $L_{n,w}$ je vypočteny v programu Neprůzvučnost 2005; • fialově vyznačené hodnoty R_w, $L_{n,w}$ jsou určeny na základě přibližného výpočtu podle ([28] str. 83, 87 až 90) • skladba podlahy ³⁾ je uvažována: <ul style="list-style-type: none"> ▪ keramická dlažba..... 10 mm ▪ lepidlo..... 6 mm ▪ betonová mazanina 53 mm ▪ PE fólie 0,1 mm ▪ kročejová izolace Rockwool Steprock ND 30 mm ▪ stropní konstrukce dle varianty: předpjatý panel Spiroll 160 mm nebo monolitická betonová deska 200 mm 				

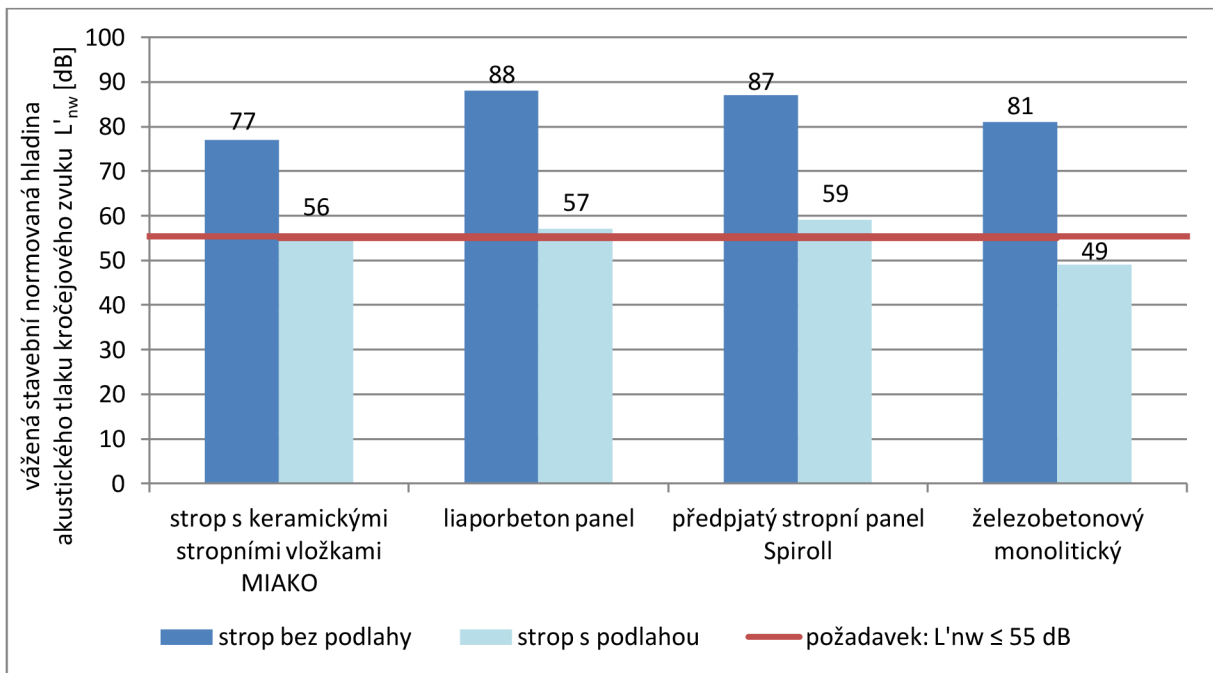
Kročejevá neprůzvučnost všech posuzovaných stropních konstrukcí bez podlahy oddělující obytné místnosti od místností jiných bytů výrazně nesplňuje požadavek normy ČSN 73 0532 [41] na maximální hodnotu $L'_{n,w}$ rovnou 55 dB, která je u hodnocených konstrukcí překročena o zhruba 20 dB až 30 dB (viz tabulka č. 65 a obrázek č. 39). Umístěním těžké plovoucí podlahy na hodnocené konstrukce (tabulka č. 66 a obrázek č. 39) dojde k výraznému zlepšení kročejevé neprůzvučnosti, ale i přesto je v případě hodnocené podlahy s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby splněna podmínka stanovená ČSN 73 0532 [41] pouze u stropní konstrukce z železobetonu.

V případě stropu z nosníků POT a keramických vložek MIAKO výrobce v technickém podkladu ([22] str. 160) uvádí, že při tloušťce tohoto stropu 250 mm, by v případě použití kročejevé izolace Rockwool STEPROCK ND v tloušťce 50 mm byla hodnota $L'_{n,w}$ rovna 54 dB. Požadavek ČSN 73 0532 [41] by tedy bylo možné u tohoto stropu splnit zvýšením tloušťky kročejevé izolace z původně uvažovaných 30 mm na 50 mm.

Dalším způsobem zlepšení hodnot kročejevé neprůzvučnosti je volba jiné nášlapné vrstvy podlahy, která je pružnější než u hodnocených konstrukcí uvažovaná keramická dlažba. Funkcí nášlapné vrstvy podlahy je z hlediska kročejevé neprůzvučnosti omezení vzniku kročejevého zvuku ([39] str. 72).



Obrázek č. 38: Vzduchová neprůzvučnost stropních konstrukcí



Obrázek č. 39: Kročejová neprůzvučnost stropních konstrukcí

4.4.3 Neprůzvučnost obvodového pláště

Požadavek na neprůzvučnost obvodového pláště dle ČSN 73 0532 [41] závisí na předpokládané hodnotě ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve vzdálenosti 2 m před fasádou obytné místnosti bytu (tj. dle § 30 odst. 3 zákona [40] v chráněném venkovním prostoru staveb) a stanoví se podle tabulky č. 59. U oken je možné požadavky na neprůzvučnost stanovené podle tabulky č. 59 snížit podle tabulky č. 60 až o 5 dB v závislosti na poměru plochy oken k celkové ploše obvodového pláště při pohledu z místnosti (viz tabulka č. 60).

Ve fázi návrhu objektu lze stanovit váženou stavební neprůzvučnost složené stěny obvodového pláště $R'_{w,F}$ podle vzorce uvedeného v čl. 6.4 ČSN 73 0532 [41] (v této práci se jedná o vzorec (32)). Z tohoto vzorce lze odvodit vztah pro stanovení laboratorní neprůzvučnosti oken $R_{w,O}$ [dB], pokud je známa laboratorní vzduchová neprůzvučnost obvodových stěn $R_{w,W}$ [dB]:

$$R'_{w,F} = 10 \log S_F - 10 \log (S_O \cdot 10^{-0,1R_{w,O}} + S_W \cdot 10^{-0,1R_{w,W}}) - k_3 \quad [\text{dB}] \quad (33)$$

$$R_{w,O} = -10 \log \frac{\frac{S_F}{10^{0,1 \cdot (R'_{w,F} + k_3)}} - S_W \cdot 10^{-0,1R_{w,W}}}{S_O} \quad [\text{dB}] \quad (34)$$

- S_F [m²] – celková plocha obvodového pláště při pohledu z místnosti;
- S_O [m²] – celková plocha oken;

- S_W [m²] – plocha obvodového pláště místnosti bez oken;
- k_3 – korekční faktor pro vedlejší cesty
 - $k_3 = 1$ dB pro stěny keramických tvárnic typu Therm, vápenopískových cihel, stěny z monolitického železobetonu;
 - $k_3 = 2$ dB pro stěny z pórobetonových tvárnic.

Místností, která má v navrženém bytovém domě největší plochu oken vůči celkové ploše obvodového pláště místnosti, je místnost č. 206. Obvodová stěna této místnosti má včetně okna plochu $S_F = 14,5$ m², plocha okna je $S_O = 7,2$ m² (tj. 49,7 % z plochy okenní stěny) a plocha obvodové stěny této místnosti bez oken činí $S_W = 7,3$ m².

Pro místnost č. 206 jsou v tabulce č. 67 uvedeny minimální hodnoty laboratorní neprůzvučnosti oken $R_{w,O}$ stanovené na základě vzorce (32) a z něho odvozeného vzorce (34) pro materiály, ze kterých byly v předcházejících částech práce uvažovány obvodové stěny. Neprůzvučnost stěn je uvažována bez kontaktního zateplovacího systému, protože vzduchová neprůzvučnost obvodových stěn je především dána materiálem jejich nosné části.

Až do hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku určené 2 m před fasádou (tj. v chráněném prostoru budovy) $L_{A,eq,2m} = 60$ dB v denní době a $L_{A,eq,2m} = 50$ dB v noční době lze u všech stěn kromě stěny z pórobetonových tvárnic dosáhnout v hodnocené místnosti č. 206 požadované hodnoty zvukové izolace obvodového pláště použitím okna o laboratorní neprůzvučnosti cca 28 dB. U obvodové stěny z pórobetonových tvárnic by laboratorní neprůzvučnost okna měla být 29,01 dB.

Kromě stěny z pórobetonových tvárnic by bylo možné u všech navržených stěn v hodnocené místnosti č. 206 dosáhnout normou ČSN 73 0532 [41] požadované hodnoty zvukové izolace obvodového pláště na nejvyšší úrovni 48 dB použitím oken ve třídě zvukové izolace 5 dle tabulky č. 61. Ve stěně z pórobetonových tvárnic by musela být použita okna 6. třídy zvukové izolace oken.

Vyšší požadavky na hodnotu laboratorní neprůzvučnosti okna v případě pórobetonových tvárnic jsou způsobeny jednak tím, že pórobetonová stěna má nejnižší hodnotou vzduchové neprůzvučnosti ze všech hodnocených stěn, ale současně také tím, že norma 73 0532 [41] v čl. 6.4 uvádí (na rozdíl od ostatních hodnocených stěn) pro stěnu z pórobetonu vyšší hodnotu korekčního faktoru pro šíření zvuku vedlejšími cestami.

Tabulka č. 67: Minimální hodnoty laboratorní neprůzvučnosti okna v místnosti č. 206 pro dosažení požadované hodnoty zvukové izolace obvodového pláště pro obytné místnosti

materiál nosné části obvodového pláště		ekvivalentní hladina akustického tlaku v době od 6:00 hodin do 22:00 hodin určená 2 m před fasádou $L_{A,eq,2m}$ [dB]						
popis	laboratorní hodnota neprůzvučnosti obvodových stěn R_{ww}	≤ 50	> 50	> 55	> 60	> 65	> 70	> 75
			≤ 55	≤ 60	≤ 65	≤ 70	≤ 75	≤ 80
		ekvivalentní hladina akustického tlaku v době od 22:00 hodin do 6:00 hodin určená 2 m před fasádou $L_{A,eq,2m}$ [dB]						
		≤ 40	> 40	> 45	> 50	> 55	> 60	> 65
			≤ 45	≤ 50	≤ 55	≤ 60	≤ 65	≤ 70
			požadovaná zvuková izolace obvodového pláště R'_{wF} [dB] pro obytné místnosti bytů dle tabulky 2 v ČSN [41]					
	[dB]	30	30	30	33	38	43	48
		laboratorní hodnota neprůzvučnosti okna $R_{w,O}$ [dB]						
keramická tvárnice (Porotherm 30 P+D)	52	27,98	27,98	27,98	30,99	36,07	41,32	47,22
pórobetonová tvárnice (Ytong P6-650)	48	29,01	29,01	29,01	32,07	37,32	43,22	53,90
liaporbetonová tvárnice (Liapor M 300/12/1200)	57	27,97	27,97	27,97	30,97	35,99	41,07	46,32
vápenopísková tvárnice (Silka S12-1800)	55	27,97	27,97	27,97	30,98	36,01	41,14	46,55
železobeton	65	27,96	27,96	27,96	30,96	35,97	40,98	46,01

Poznámky:

- v tabulce je použito značení podle vzorce (34)
- ve výpočtu bylo uvažováno dle čl. 6.4 ČSN 73 0532 [41] s korekcí na vedlejší cesty:
 - $k_3 = 1$ dB pro stěny keramických tvárníc typu Therm, vápenopískových cihel, stěny z monolitického železobetonu;
 - $k_3 = 2$ dB pro stěny z pórobetonových tvárníc
- třídy zvukové izolace oken podle tabulky č. 61:

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

V současné době standardně vyráběná okna s tepelně izolačním dvojsklem nebo trojsklem o tloušťce skel 4 mm mají hodnotu laboratorní neprůzvučnosti okolo 32 až 34 dB. Vyšších hodnot laboratorní neprůzvučnosti oken zhruba do 39 dB je možné dosáhnout větší tloušťkou skel. Použitím lepených skel VSG¹² je v příkladech v tabulce č. 25 dosaženo laboratorní neprůzvučnosti až 47 dB.

¹² VSG je lepené sklo, které se skládá ze dvou nebo více tabulí skla, spojených vysoce elastickou polyvinylbutyralovou fólií (internet [58]).

4.4.4 Závěrečné zhodnocení

- Vážená laboratorní neprůzvučnost R_w zjištěná v laboratoři je vyšší než vážená stavební neprůzvučnost stanovená měřením na stavbě R'_w . Pokud má konstrukce splňovat požadavky na vzduchovou neprůzvučnost, musí být laboratorní hodnota R_w vyšší než je hodnota R'_w požadovaná ČSN 73 0532[41].
- Zvýšit vzduchovou neprůzvučnost konstrukce lze:
 - zvětšením její plošné hmotnosti;
 - vytvořením násobných stěn;
 - realizací sádkartonové předstěny.
- Stropní konstrukce bez podlahy mohou vyhovovat na vzduchovou neprůzvučnost. Hodnota vážené normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$ stropu bez podlahy je ovšem podstatně vyšší, než je požadovaná maximální hodnota $L'_{n,w}$ stanovená ČSN 73 0532[41].
- Vložením kročejové izolace (např. minerální vaty) mezi nosnou část stropu a roznášecí vrstvu podlahy lze dosáhnout požadavků ČSN 73 0532[41] na hodnotu $L'_{n,w}$.
- Pro zamezení šíření zvuků konstrukcemi je nutné, aby byla roznášecí vrstva podlahy oddílována od ostatních konstrukcí například vložením pásku EPS. U těžkých plovoucích podlah musí být mezi kročejovou izolaci a roznášecí vrstvu vložena separační vrstva.
- Hodnotu vzduchové neprůzvučnosti obvodových plášťů většinou značně snižují výplně otvorů.
- Akustické parametry konstrukcí je nutné ověřit měřením v hodnocené budově.

5 DENNÍ OSVĚTLENÍ A PROSLUNĚNÍ BUDOV

Denní světlo je viditelné elektromagnetické záření (tj. záření o vlnové délce 380 nm až 780 nm), jehož primárním zdrojem je Slunce. Složkami denního světla jsou:

- přímé sluneční záření;
- rozptýlené záření (oblohové světlo). ([51] str. 8, str. 10)

Přímé sluneční záření se k zemskému povrchu dostává ve formě rovnoběžných paprsků. Objekt, který je touto složkou slunečního záření zasažen, vrhá vlastní ostré a ohraničené stíny. Přímé sluneční záření převažuje při minimální oblačnosti v letních měsících. ([52] str. 7)

„Oblohové záření vzniká především rozptylem přímého slunečního záření. Sluneční paprsky jsou při průchodu atmosférou jednak pohlcovány, jednak rozptylovány a na zemský povrch dopadají jako záření rozptýlené (difúzní). Toto záření nazýváme záření oblohové, protože zdánlivě přichází z oblohy a ne ze Slunce. Jako složka denního osvětlení buďto spolupůsobí s přímým slunečním světlem, nebo působí samostatně (při zatažené obloze a po západu Slunce).“ ([53] str. 4)

Při návrhu denního osvětlení má rozhodující vliv oblohové světlo, zatímco z hlediska požadavků na proslunění místností je rozhodujícím faktorem přímé sluneční světlo. ([53] str. 4)

5.1 DENNÍ OSVĚTLENÍ

Denní osvětlení má pro člověka nenahraditelný význam. Cílem při návrhu denního osvětlení je:

- vytvoření podmínek zdravé zrakové pohody a dobrého vidění pozorovaných předmětů;
- zabránění vzniku předčasné a nadměrné únavy;
- předcházení možnosti úrazu podmíněného zhoršeným viděním. (ČSN [54] čl. 4.1)

Zraková pohoda je „*subjektivní stav zrakového pohodlí vyvolaný světelným prostředím. Zrakovou pohodou se rozumí příjemný psychologický stav, potřebný pro určitou práci i odpočinek, splňující hygienické požadavky, který závisí především na intenzitě a jakosti osvětlení, na architektonických vlastnostech prostoru (barvy, tvary, poměry atd. v daném prostoru) a na stavu zraku*“ (ČSN [54] čl. 3.1.10).

Zraková pohoda se musí denním osvětlením zabezpečit:

- co nejhospodárnějším způsobem;
- s využitím možnosti úpravy podmínek zrakové obtížnosti (např. úpravou kontrastu jasu kritického detailu a jeho pozadí). (ČSN [54] čl. 4.1.4)

Denní osvětlení se musí co nejvíce využívat v prostorech s trvalým pobytem lidí¹³. U ostatních vnitřních prostorů se má denní osvětlení navrhovat tam, kde je to účelné a hospodárné. (ČSN [54] čl. 4.1.1)

5.1.1 Požadavky vyhlášky č. 268/2009 Sb.

Požadavek na dodržení denního osvětlení je uveden ve vyhlášce č. 501/2006 Sb. [1] v § 25 odst. 1, který se týká vzájemných odstupů staveb.

Požadavek na světelně technické vlastnosti je obsažen v § 10 odst. 1 písm. j) vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1]. Požadavky na denní osvětlení v budovách, obytných a pobytových místnostech jsou dále upraveny ve vyhlášce [1] v § 11, § 12:

§ 11 odst. 1 vyhlášky [1]: „*U nově navrhovaných budov musí návrh osvětlení v souladu s normovými hodnotami řešit denní, umělé i případné sdružené osvětlení, a posuzovat je společně s vytápěním, chlazením, větráním, ochranou proti hluku, prosluněním, včetně vlivu okolních budov a naopak vlivu navrhované stavby na stávající zástavbu.*“

¹³ Trvalým pobytem lidí ve smyslu ČSN 73 0580 se myslí pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části déle než 4 hodiny a opakující se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně. (ČSN [26] čl. 3.1.3)

§ 11 odst. 2 vyhlášky [1]: „Obytné místnosti musí mít zajištěno denní osvětlení v souladu s normovými hodnotami.“

§ 11 odst. 4 vyhlášky [1]: *V pobytových místnostech¹⁴ musí být navrženo denní, umělé a případně sdružené osvětlení v závislosti na jejich funkčním využití a na délce pobytu osob v souladu s normovými hodnotami.*

§12 odst. 2 vyhlášky [1]: „*Větrání a denní osvětlení příslušenství bytu je přípustné i ze světlíkových a větracích šachet, mají-li půdorys nejméně 5 m² a délku kratší strany nejméně 1500 mm. Jejich dno musí být přístupné, snadno čistitelné a musí mít odtok se zápachovým uzávěrem.*“

§12 odst. 4 vyhlášky [1]: „*Zastínění stávajících pobytových místností novými stavbami nebo jejich novými částmi se posuzuje podle činitele denní osvětlenosti roviny zasklení oken. Zastínění stávajících vnitřních prostorů se považuje za vyhovující, jsou-li dodrženy normové hodnoty. Zastínění nově navrhovaných pobytových místností se posuzuje podle činitele denní osvětlenosti na srovnávací rovině uvnitř těchto místností v souladu s normovými hodnotami. Zastínění stávajících i nových bytů se kromě výše uvedeného posuzuje podle oslunění v souladu s normovými hodnotami.*“

§ 12 odst. 5 vyhlášky [1]: „*Při doplňování stávající souvislé zástavby výstavbou v prolukách, popřípadě formou nástaveb a přístaveb, se posuzuje vliv na stínění okolních budov porovnáním se stavem při úplné souvislé zástavbě, zejména s výškovou úrovní zástavby a půdorysným rozsahem.*“

Na základě ustanovení § 54 vyhlášky č. 268/2009 Sb. lze za podmínek uvedených v § 169 stavebního zákona [2] udělit výjimku z ustanovení § 11 odst. 2 a § 12 odst. 2.

Konkrétní způsob posouzení denního osvětlení a požadované normové hodnoty jsou uvedeny v českých technických normách:

- ČSN 73 0580-1: Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky [54]
- ČSN 73 0580-2: Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov [55]
- ČSN 73 0580-3: Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol [56]
- ČSN 73 0580-4: Denní osvětlení budov – Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov [57].

¹⁴ Pobytovou místností se dle § 3 písm. j) vyhlášky [2] rozumí: „*místnost nebo prostor, které svou polohou, velikostí a stavebním uspořádáním splňují požadavky k tomu, aby se v nich zdržovaly osoby.*“

5.1.2 Pojmy použité ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., normové hodnoty

Denní osvětlení vnitřních prostorů budov se navrhuje a posuzuje podle hledisek uvedených v čl. 4.1.6 ČSN 73 0580-1:

- úroveň denního osvětlení;
- rovnoměrnost osvětlení;
- oslnění;
- rozložení světelného toku a převažující směr světla;
- výskyt dalších jevů ovlivňujících zrakovou pohodu (např. barva světla).

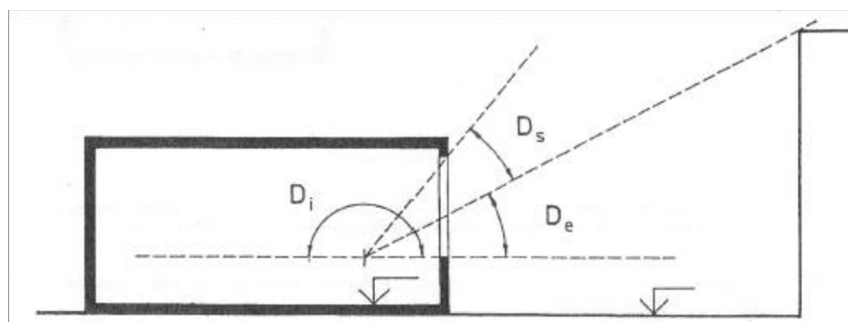
Vzhledem k zadání této práce budou dále upřesněny pouze požadavky na denní osvětlení obytných budov. Z pohledu posouzení denního osvětlení obytných místností podle požadavků ČSN 73 0580-2 [55] je podstatná úroveň denního osvětlení, která se hodnotí činitelem denní osvětlenosti (č. d. o.).

5.1.3 Činitel denní osvětlenosti

Úroveň denního osvětlení v interiéru se vzhledem k neustálé proměnlivosti světelných podmínek posuzuje poměrnou veličinou, kterou je **činitel denní osvětlenosti** vyjádřený v procentech. Činitel denní osvětlenosti D je v čl. 4.1.7 ČSN 73 0580-1 [54] definován jako podíl osvětlenosti v kontrolním bodě E [lx] a osvětlenosti venkovní vodorovné nezacloněné roviny E_h [lx]:

$$D = \frac{E}{E_h} \times 100 \quad [\%] \quad (35)$$

Činitel denní osvětlenosti D je součtem tří složek: oblohové složky D_s , vnější odražené složky D_e a vnitřní odražené složky D_i (obrázek č. 40). Pokud není obloha zastíněna venkovní překážkou, je vnější odražená složka na vodorovné srovnávací rovině nulová (ČSN [54] čl. A.13).



Obrázek č. 40: Schematické znázornění složek činitele denní osvětlenosti (ČSN [26], obrázek A.4)

Při posouzení úrovně denního osvětlení se vychází z předpokladu:

- **rovnoměrně zatažené oblohy a tmavého terénu** za venkovní situace charakteristické pro zimní období s malým množstvím světla (ČSN [54] čl. 4.1.9) nebo
- **rovnoměrně zatažené oblohy se zasněženým terénem** (v místech s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, zejména při nadmořské výšce umístění budovy nad 600 m) (ČSN [54] čl. 4.1.10).

V makroskopickém měřítku je u rovnoměrně zatažené oblohy vyloučen vliv přímého slunečního záření, protože na obloze nelze rozeznat polohu Slunce ([58] str. 53).

V ČSN 73 0580-1 [54] sice není stanovena konkrétní metoda pro výpočet činitele denní osvětlenosti, ale ČSN [54] předepisuje v čl. A.1, že metoda pro podrobný výpočet použitá pro návrh nebo posouzení denního osvětlení musí umožňovat zavést vliv: ztrát světla, rozložení jasů oblohy, stínění venkovními překážkami, odrazu světla od venkovních povrchů a mnohonásobného odrazu světla od povrchů vnitřního prostoru v závislosti na jeho schopnosti odrážet světlo.

Ztráty světla mají vliv na výslednou velikost hodnot oblohové a vnější odražené složky činitele denní osvětlenosti a jsou vyjádřeny bezrozměrnými činiteli prostupu světla nebo ztrát světla. Ztráty světla jsou způsobeny vlivem ([51] str. 43 – 47):

- prostupu sklem či jiným transparentním materiálem (činitel prostupu světla zasklením: $\tau_{s,\psi}$);
- znečištěním zasklení (činitel znečištění τ_z);
- stínění části konstrukce osvětlovacího otvoru nepropouštějící světlo (činitel ztrát světla stíněním částmi konstrukce osvětlovacího otvoru nepropouštějícími světlo τ_k);
- zařízení pro regulaci osvětlení (činitel ztrát světla vlivem zařízení pro regulaci τ_c);
- vnitřního technologického vybavení a zařízení (činitel prostupu světla stíněním zařízení vnitřního prostoru body τ_v);
- stíněním konstrukcí budovy (činitel prostupu světla vlivem stínění konstrukcí budov τ_b).

Souhrnně jsou ztráty světla zahrnuty do činitele prostupu světla τ_0 , který se počítá ([51] str. 43):

$$\tau_0 = \tau_{s,\psi}^n \cdot \tau_z \cdot \tau_k \cdot \tau_c \cdot \tau_b \cdot \tau_v \quad [-] \quad (36)$$

- n – počet skel.

Hodnota oblohové složky činitele denní osvětlenosti bez světelných ztrát \underline{D}_s [%] a hodnota vnější odražené složky činitele denní osvětlenosti bez světelných ztrát \underline{D}_e [%] se vynásobí souhrnným činitelem prostupu světla τ_0 a výsledné velikosti těchto složek budou ([51] str. 43):

- výsledná oblohová složka: $D_s = \underline{D}_s \cdot \tau_0$ [%] (37)

- výsledná vnější odražená složka: $D_e = \underline{D}_e \cdot \tau_0$ [%] (38)

Model jasu oblohy se uvažuje podle čl. A.2 a A.3 ČSN 73 0580-1 [54] v závislosti na předpokladech posouzení denního osvětlení podle čl. 4.1.9 a čl. 4.1.10 ČSN [54] (viz výše).

U stínění venkovními překážkami je podle čl. A.1 písm. f) ČSN 73 0580-1 [54] nutné respektovat tvar stínící překážky.

Činitel odrazu světla ρ [-] běžných čistých povrchů je uveden v tabulce A.4 ČSN 73 0580-1 [54] a pohybuje se od hodnoty 0,01 pro černý čistý rozptýlný povrch konstrukce po hodnotu 0,80 pro bílý čistý rozptýlný povrch konstrukce. Tyto hodnoty vyjadřují, že od bílého povrchu se odrazí až 80 % dopadajícího světla, zatímco černý povrch většinu dopadajícího světla pohltí a pouze 1 % se odrazí.

Činitel odrazu světla tmavého terénu podle čl. 4.1.9 ČSN 73 0580-1 [54] je 0,05 až 0,2 a činitel odrazu světla zasněženého terénu se podle ČSN 73 0580-1 [54] čl. 4.1.10 volí v mezích od 0,5 do 0,85.

Denní osvětlení v obytných místnostech

Vizuální spojení obytné místnosti s venkovním prostorem musí být zajištěno osvětlovacím otvorem, který je krytý v potřebném rozsahu průhledným a nezkrslujícím materiálem (ČSN [55] čl. 3.3.1). V čl. 3.3.2 ČSN 73 0580-2 [55] je pro okna v obytných místnostech doporučeno:

- spodní hrana okna má být ve výšce max. 0,9 m nad podlahou;
- horní hrana svislého okna má být min. 2,2 m nad podlahou;
- šířka okna nebo součet šířek oken v jedné stěně má být alespoň přes polovinu šířky okenní stěny; pokud jsou okna ve více stěnách, postačí splnění této podmínky u jedné stěny.

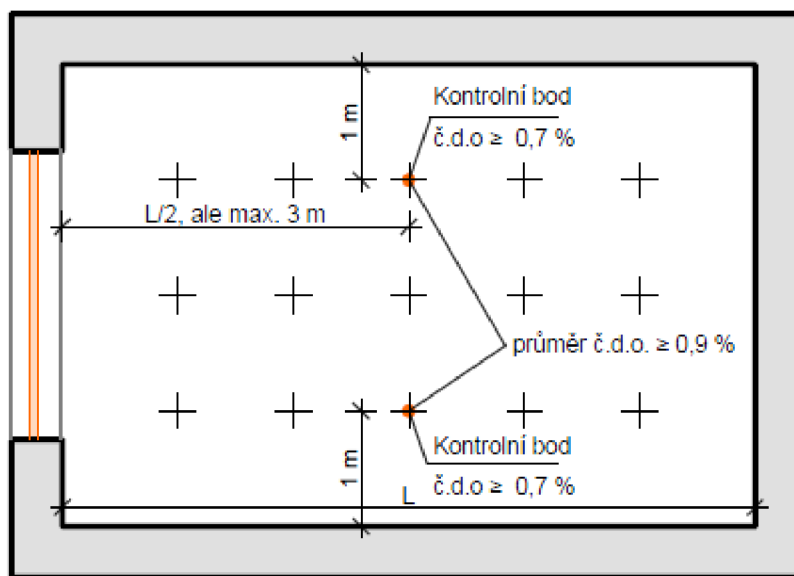
Úroveň denního osvětlení v obytných místnostech se posuzuje podle ČSN 73 0580-2 [55]. Prostor pro vaření v bytě se podle čl. 3.4.1 ČSN 73 0580-2 [55] nepovažuje za místo trvalého pobytu a nemusí mít denní osvětlení vyhovující pro tento účel.

V posuzovaných místnostech se podle čl. 4.1.11 ČSN 73 0580-1 [54] zvolí na vodorovné srovnávací rovině ve výšce 0,85 m nad podlahou pravidelná síť bodů, ve kterých se určí činitel denní osvětlenosti.

Úroveň denního osvětlení v obytných místnostech, které nemají denní osvětlení zajištěno horním denním osvětlením (tzn. například střešními okny), se hodnotí podle čl. 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [55] pomocí **dvojice kontrolních bodů** (viz obrázek č. 41, místnost č. 206 na obrázku č. 48; místnost č. 215 na obrázku č. 49), které jsou umístěny ve vzdálenosti 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn v polovině hloubky místnosti, ale maximálně ve vzdálenosti 3 m od stěny, ve které je okno. Podmínka na umístění kontrolních bodů v maximální hloubce 3 m od stěny se tedy uplatňuje u místností, jejichž hloubka je v posuzovaném směru větší než 6 m (např. místnost č. 215 na obrázku č. 49).

Obytná místnost se přitom podle čl. 3.2.2 ČSN [55] považuje za vyhovující, pokud zároveň (obrázek č. 41):

- činitel denní osvětlenosti v obou posuzovaných kontrolních bodech není nižší než 0,7 %;
- průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti získaná jako průměr hodnot dvojice kontrolních bodů je minimálně 0,9 %.



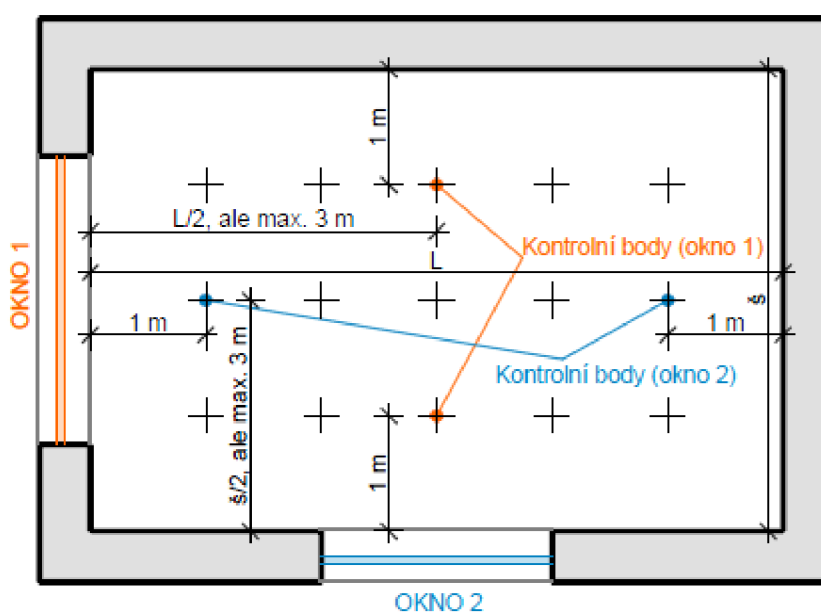
L – hloubka místnosti

Obrázek č. 41: Umístění kontrolních bodů při posouzení denního osvětlení v obytné místnosti

Z uvedeného vyplývá, že pokud je hodnota činitele denní osvětlenosti v obou kontrolních bodech rovna minimálně hodnotě 0,9 %, bude i průměr z obou hodnot roven nebo vyšší než normou požadovaných 0,9 %. V případě, že v jednom z kontrolních bodů vyjde hodnota činitele denní osvětlenosti rovna 0,7 %, je nutné, aby ve 2. kontrolním bodě

z posuzované dvojice vyšel činitel denní osvětlenosti roven minimálně hodnotě 1,1 %, aby průměr posuzované dvojice kontrolních bodů vyšel minimálně roven 0,9 %. Kdyby v jednom z kontrolních bodů byla hodnota činitele denní osvětlenosti nižší jak 0,7 %, potom by místnost nesplňovala požadavky ČSN 73 0580-2 [55] i v případě, že by průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti ze dvou kontrolních bodů byla rovna nebo vyšší než 0,9 %.

U místností, které jsou osvětlovány okny ve dvou stýkajících se stěnách, se podle čl. 3.2.2 ČSN [55] posuzují dvě dvojice kontrolních bodů (viz obrázek č. 42, místnost č. 205 na obrázku č. 48). Přitom stačí, aby byly požadavky na hodnoty činitele denní osvětlenosti splněny alespoň v jedné z posuzovaných dvojic kontrolních bodů.



L – hloubka místnosti; š – šířka místnosti

Obrázek č. 42: Umístění kontrolních bodů u místnosti, které jsou osvětlovány okny ve dvou stýkajících se stěnách

U místností, které mají denní osvětlení zajištěno jinak než pouze bočními osvětlovacími otvory, se vyhodnocení denního osvětlení provádí pomocí průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti D_m . Vyhodnocení pomocí průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti se v souladu s ustanovením čl. 4.3.2 ČSN [54] provede u místností:

- s horním denním osvětlením nebo
- s kombinovaným denním osvětlením, kde je podíl horního osvětlení na průměrné hodnotě činitele denní osvětlenosti D_m roven nejméně jedné polovině.

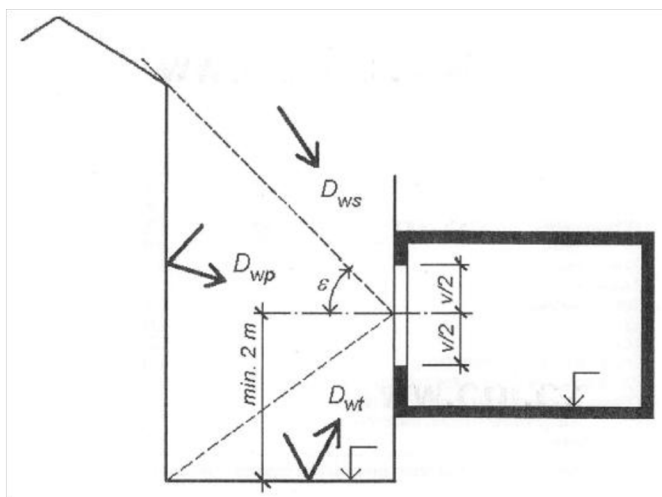
Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m se určuje jako aritmetický průměr hodnot v kontrolních bodech zvolené pravidelné sítě na vodorovné srovnávací rovině umístěné 0,85 m nad podlahou a to buď v celém rozsahu vnitřního prostoru, nebo v jeho

funkčně vymezené části (ČSN [54] čl. 4.1.11, čl. 4.3.2). Pro obytné místnosti je přitom čl. 3.2.1 ČSN [55] požadovaná průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti D_m nejméně 2 %.

Stínění stávající zástavby

Venkovní stínění stávajících obytných místností se podle čl. 3.5.1 ČSN 73 0580-2 [55] posuzuje podle přílohy B ČSN 73 0580-1 [54]. Pro posouzení stínění stávajících vnitřních prostorů novostavbami nebo novými částmi staveb se hodnotí přístup denního světla k průčelí objektu pomocí činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany D_w [%]. Tímto kritériem se nehodnotí úroveň denního osvětlení ve vnitřním prostoru ve vztahu k fyziologickým potřebám jeho uživatelů, ale míra zavinění případného nevyhovujícího stavu denního osvětlení venkovním stíněním. V případě, kdy ve vnitřním prostoru místnosti i po zastínění budou splněny požadavky na denní osvětlení uvnitř místnosti, se hodnocení stínění pomocí činitele denní osvětlenosti D_w v rovině prosklení nepoužije. Nově navržené vnitřní prostory se pomocí činitele denní osvětlenosti D_w roviny prosklení nehodnotí a musí u nich být splněny požadavky na denní osvětlení uvnitř místnosti. (ČSN [54], čl. B.1)

Hodnota činitele denní osvětlenosti D_w se skládá ze 3 složek (obrázek č. 43): oblohové D_{ws} , odražené od stínící překážky D_{wp} a odražené od terénu D_{wt} . (ČSN [54], čl. B.1)



Obrázek č. 43: Umístění kontrolního bodu, úhel stínění ϵ a složky činitele denní osvětlenosti D_w zasklení okna z vnější strany (ČSN [26], obrázek B.1)

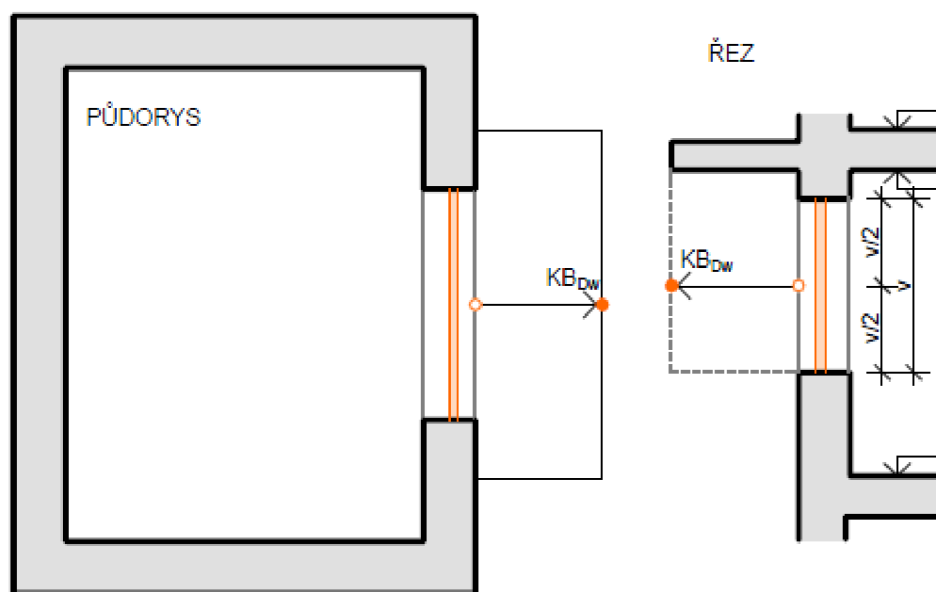
Při posouzení stínění stávající zástavby pomocí činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna se kontrolní bod podle čl. B.2 ČSN 73 0580-1 [54] umístí v polovině výšky okna, ale minimálně 2 m nad úrovní přilehlého terénu. Pokud je před posuzovaným oknem stávající konstrukce, která předstupuje před průčelí objektu (např. balkon), umístí se kontrolní bod v ose okna a v uvedené výšce na svislou rovinu vedenou lícem vyložení takové

konstrukce (obrázek č. 44), tímto umístěním kontrolního bodu při stanovení činitele D_w dojde k vyloučení vlivu stínění stávající konstrukcí.

Požadované nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna jsou uvedeny v tabulce č. 68.

Tabulka č. 68: Požadované nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna (ČSN [54] tabulka B.1, upraveno)

Kategorie	Typ posuzovaného prostoru, charakter lokality	Nejnižší D_w [%]
1	prostory s vysokými nároky na denní osvětlení (denní místnosti, zařízení pro předškolní výchovu, učebny škol apod.)	35
2	běžné prostory s trvalým pobytem lidí	32
3	prostory s trvalým pobytem lidí v souvislé řadové zástavbě v centrech měst	29
4	prostory s trvalým pobytem lidí v mimořádně stíněných podmínkách historických center měst	24



KB_{D_w} – kontrolní bod pro určení činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany;
 v – výška okna

Obrázek č. 44: Umístění kontrolního bodu (KB_{D_w}) při posouzení stínění stávajících vnitřních prostorů, pokud je před posuzovaným oknem stávající konstrukce

5.1.4 Aplikace

Na denní osvětlení místností má vliv řada faktorů, mezi které patří mimo jiné také:

- vlastní předsazené konstrukce budovy (např. balkony);
- okolní zástavba – její tvar, výška, vzdálenost od posuzovaného objektu, barva fasády;
- dispozice místnosti;
- parametry osvětlovacích otvorů

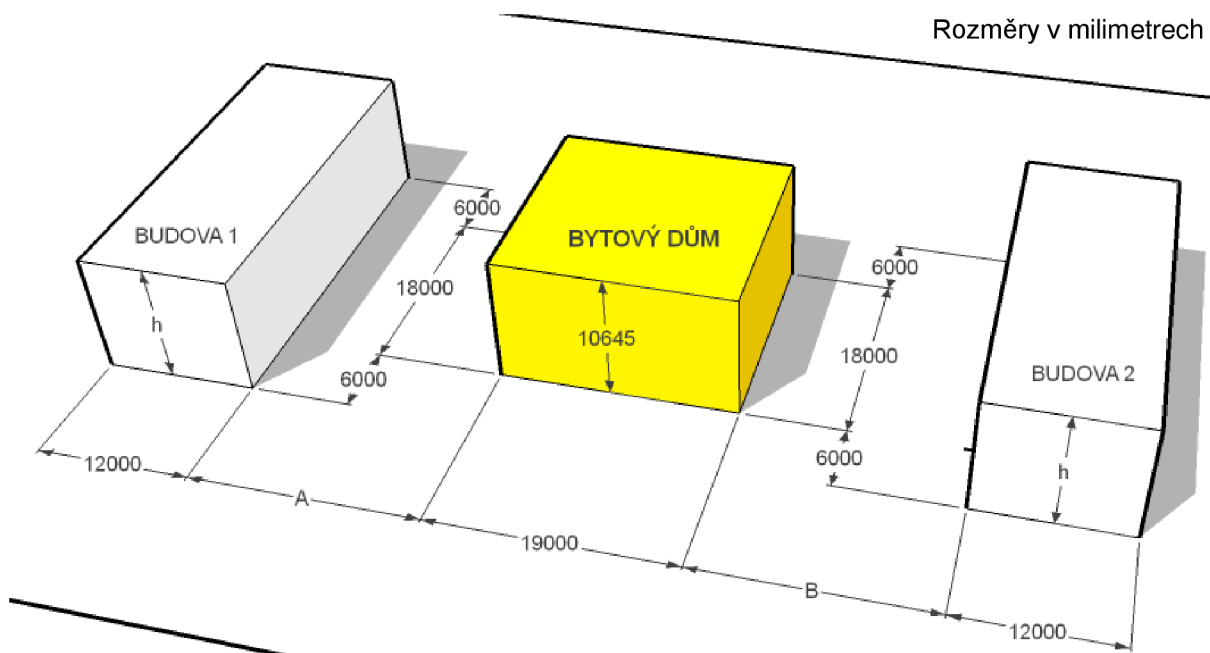
V následujících kapitolách bude bytový dům uvažován v sedmi modelových situacích, ve kterých se budou měnit parametry stínících překážek.

Popis modelových situací

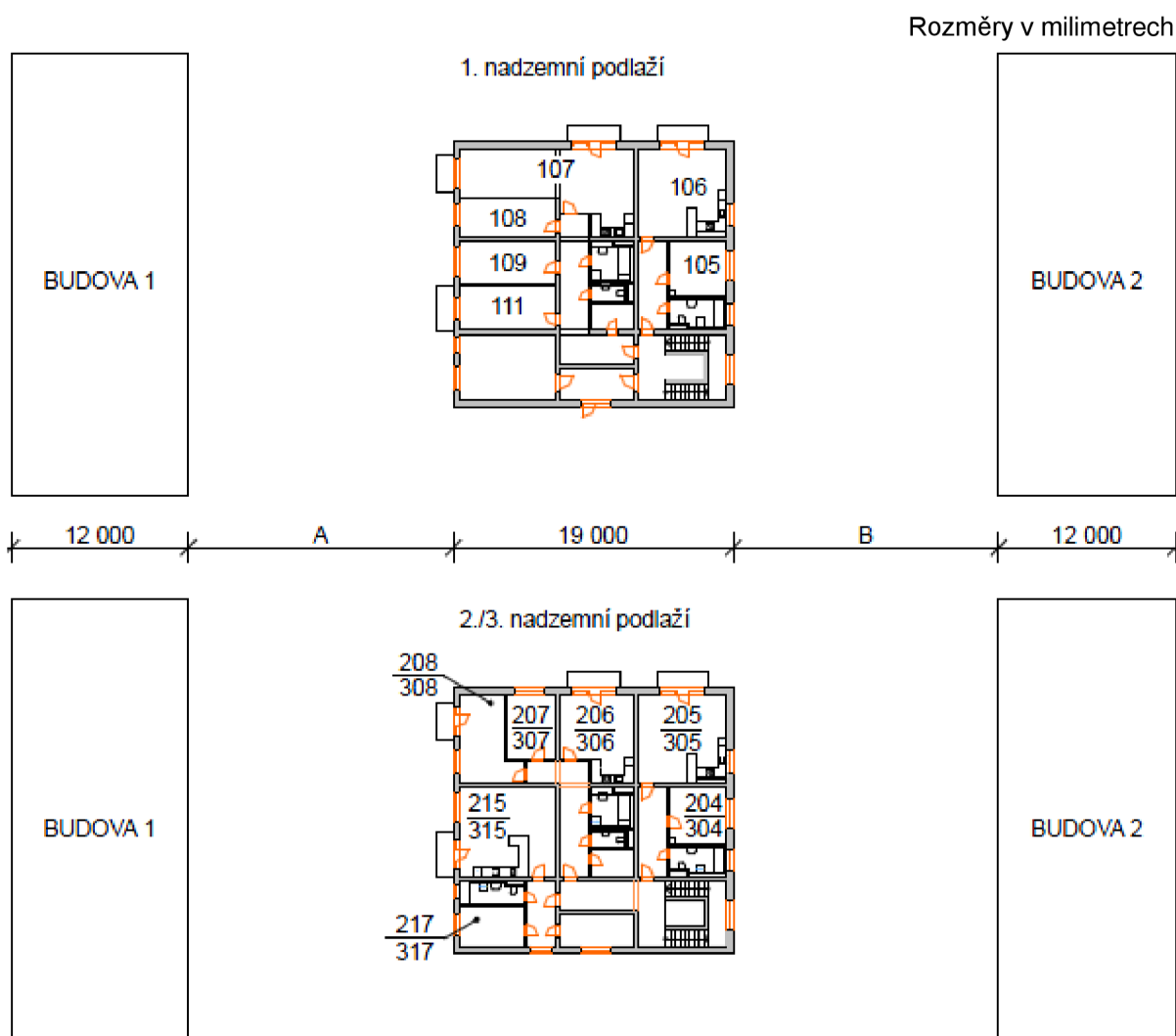
Modelové situace č. 1, 2, 3, 4 a 7 jsou zvoleny tak, aby bylo možné porovnat vliv stínících překážek na úroveň denního osvětlení v posuzovaných místnostech (viz obrázek č. 48). V 1. modelové situaci byl uvažován bytový dům bez předsazených konstrukcí a nebyly uvažovány ani okolní budovy. Ve 2. modelové situaci je navržený bytový dům stíněný pouze vlastními předsazenými konstrukcemi, které jsou vyloženy 1,1 m před fasádu. Ve 3. až 7. modelové situaci je bytový dům stíněn kromě vlastních předsazených konstrukcí také dvěma budovami podle situace na obrázcích č. 45 a č. 46. U sousedních budov v modelových situacích č. 3 až 7 je uvažováno s odlišnými odstupovými vzdálenostmi od posuzovaného objektu, různou výškou a barvou fasády. Rozdíly mezi jednotlivými modelovými situacemi jsou uvedeny v tabulce č. 69. Posuzovaný bytový dům, rozměry oken a jejich umístění je uvažováno podle obrázků č. 2, 3, 4, 5. Okna v posuzovaných obytných místnostech jsou navržena podle doporučení uvedeného v čl. 3.3.2 ČSN [55] (viz kapitola Denní osvětlení v obytných místnostech)

Tabulka č. 69: Modelové situace pro posouzení denního osvětlení

popis	modelová situace						
	1	2	3	4	5	6	7
stínění vlastními konstrukcemi	ne	ano	ano	ano	ano	ano	ano
stínění okolní zástavbou	ne	ne	ano	ano	ano	ano	ano
výška okolních budov (h)	-	-	10 m	10 m	10 m	10 m	13 m
odstupové vzdálenosti od budovy 1 (A)	-	-	18 m	18 m	24,5 m	24,5 m	18 m
od budovy 2 (B)	-	-	18 m	18 m	11,5 m	11,5 m	18 m
barva fasády okolních budov (činitel odrazu ρ)	-	-	bílá ($\rho = 0,6$)	tmavě červená ($\rho = 0,2$)	bílá ($\rho = 0,6$)	tmavě červená ($\rho = 0,2$)	bílá ($\rho = 0,6$)



Obrázek č. 45: Schematická situace



Obrázek č. 46: Umístění místností vůči překážkám

Při umístění okolní zástavby v modelových situacích č. 3 až č. 7 byl respektován požadavek § 25 odst. 4 vyhlášky č. 501/2006 Sb. [8], podle kterého má být **minimální odstupová vzdálenost staveb** v případě, že se v některé z protilehlých stěn nacházejí okna obytných místností, **rovna alespoň výšce vyšší z protilehlých stěn**. V posuzovaném případě je v modelových situacích č. 3 až 6 vyšším objektem navržený objekt bytového domu, jehož výška je uvažována 10,645 m vůči upravenému terénu, což je méně než navržená minimální odstupová vzdálenost mezi objekty 11,5 m. V modelové situaci č. 7 má větší výšku okolní zástavba vysoká 13 m a to je méně než navržená odstupová vzdálenost 18 m od posuzovaného bytového domu.

Umístění posuzovaných místností vůči předsazeným konstrukcím a okolním budovám je znázorněno na obrázku č. 46 a je také uvedeno v tabulce č. 70.

Tabulka č. 70: Umístění místností vůči překážkám v modelových situacích 3 až 7

1. nadzemní podlaží						
místnost	105	106	107	108	109	111
předsazené konstrukce nad oknem místnosti (modelové situace č. 2 až 7)	ne	ano	ano	ne	ne	ano
číslo stínící budovy (modelové situace č. 3 až 7)	2	2	1	1	1	1

2. / 3. nadzemní podlaží							
místnost	204 / 304	205 / 305	206 / 306	207 / 307	208 / 308	215 / 315	217 / 317
předsazené konstrukce nad oknem místnosti (modelové situace č. 2 až 7)	ne	ano	ano	ne	ano	ano	ne
číslo stínící budovy (modelové situace č. 3 až 7)	2	2	-	-	1	1	1

Vyhodnocení denního osvětlení v obytných místnostech v modelových situacích č. 1 až 7

Výpočet hodnot činitele denní osvětlenosti v jednotlivých hodnocených místnostech byl proveden v programu WDLS. Vyhodnocení jednotlivých modelových situací je uvedeno v příloze B: Denní osvětlení. Modelové situace jsou také porovnány v grafech na obrázcích č. 47 a č. 52.

Z grafického porovnání jednotlivých modelových situací v grafu na obrázku č. 47 vyplývá:

- v modelové situaci č. 2 dojde v porovnání s modelovou situací č. 1 ke snížení hodnot činitele denní osvětlenosti vlivem **předsazených konstrukcí budovy**;
- další úbytek hodnot činitele denní osvětlenosti je v modelové situaci č. 3 v porovnání s modelovou situací č. 2 způsoben **okolní zástavbou**;

- **zvýšení okolní zástavby o 3 m** v modelové situaci č. 7 oproti modelové situaci č. 3 způsobuje další snížení hodnot činitele denní osvětlenosti;
- **změna barvy fasády** okolní zástavby z bílé (modelová situace č. 3) na tmavě červenou (modelová situace č. 4) ovlivní úroveň denního osvětlení v interiéru posuzovaných obytných místností;

Srovnáním modelových situací č. 4 a č. 7 lze také porovnat, zda u posouzených obytných místností budou hodnoty činitele denní osvětlenosti vyšší v případě 13 m vysoké zástavby s bílou fasádou (modelová situace č. 7) nebo v případě 10 m vysoké zástavby s tmavě červenou fasádou (modelová situace č. 4) při stejných odstupových vzdálenostech.

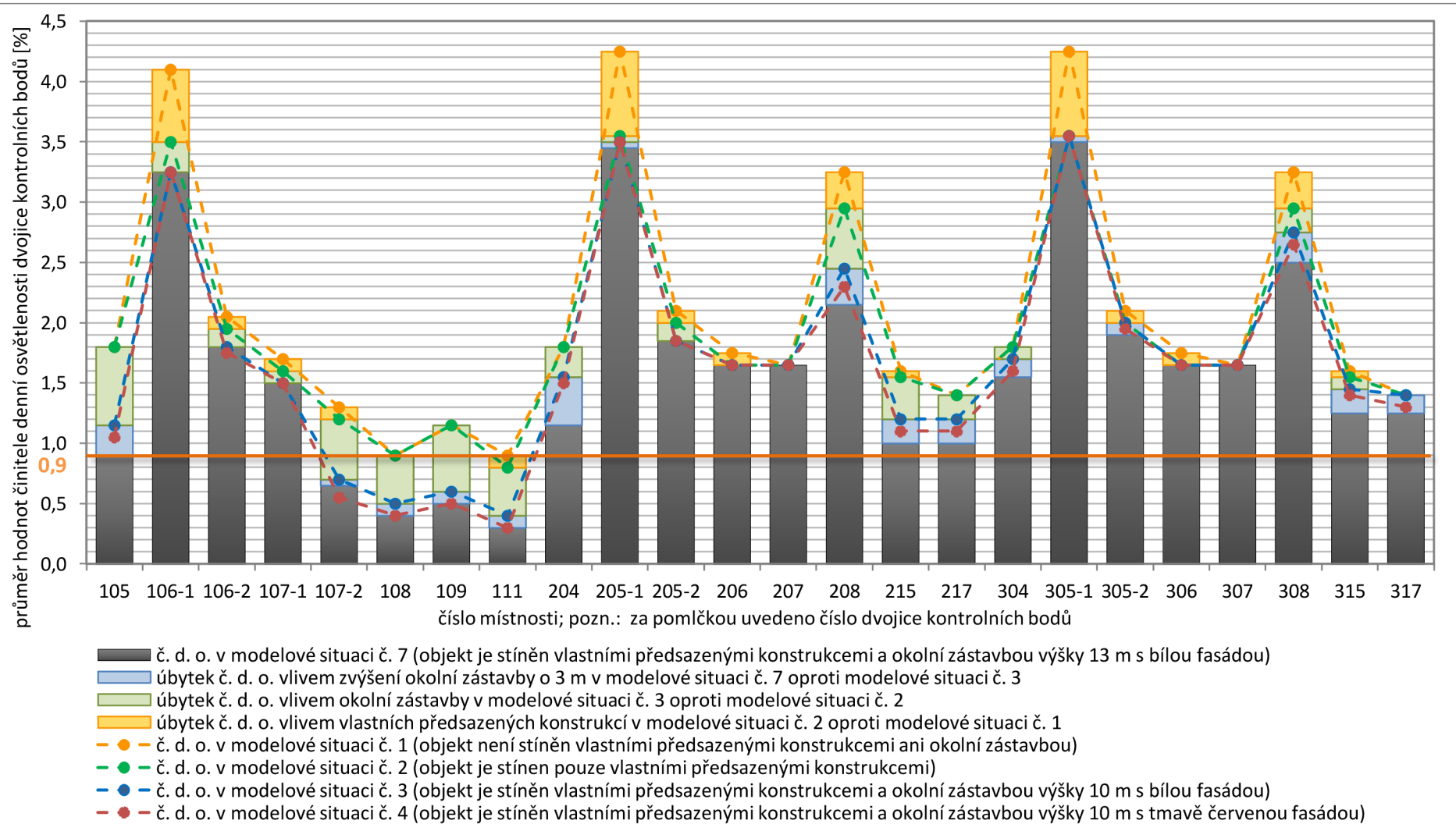
Porovnáním hodnot činitele denní osvětlenosti v modelové situaci č. 3 s modelovou situací č. 5 a modelové situace č. 4 s modelovou situací č. 6 (viz obrázek č. 52) lze usoudit, do jaké míry se změnila úroveň denního osvětlení v místnostech při změně odstupových vzdáleností od okolní zástavby.

Vliv vlastních předsazených konstrukcí budovy na denní osvětlení posouzených místností

U všech místností, nad jejichž okny byly uvažovány předsazené konstrukce, došlo ve 2. modelové situaci ke zhoršení hodnot činitele denní osvětlenosti oproti modelové situaci č. 1, kde nebyly uvažovány předsazené konstrukce (viz graf na obrázku č. 48, obrázek č. 49, příloha B.4).

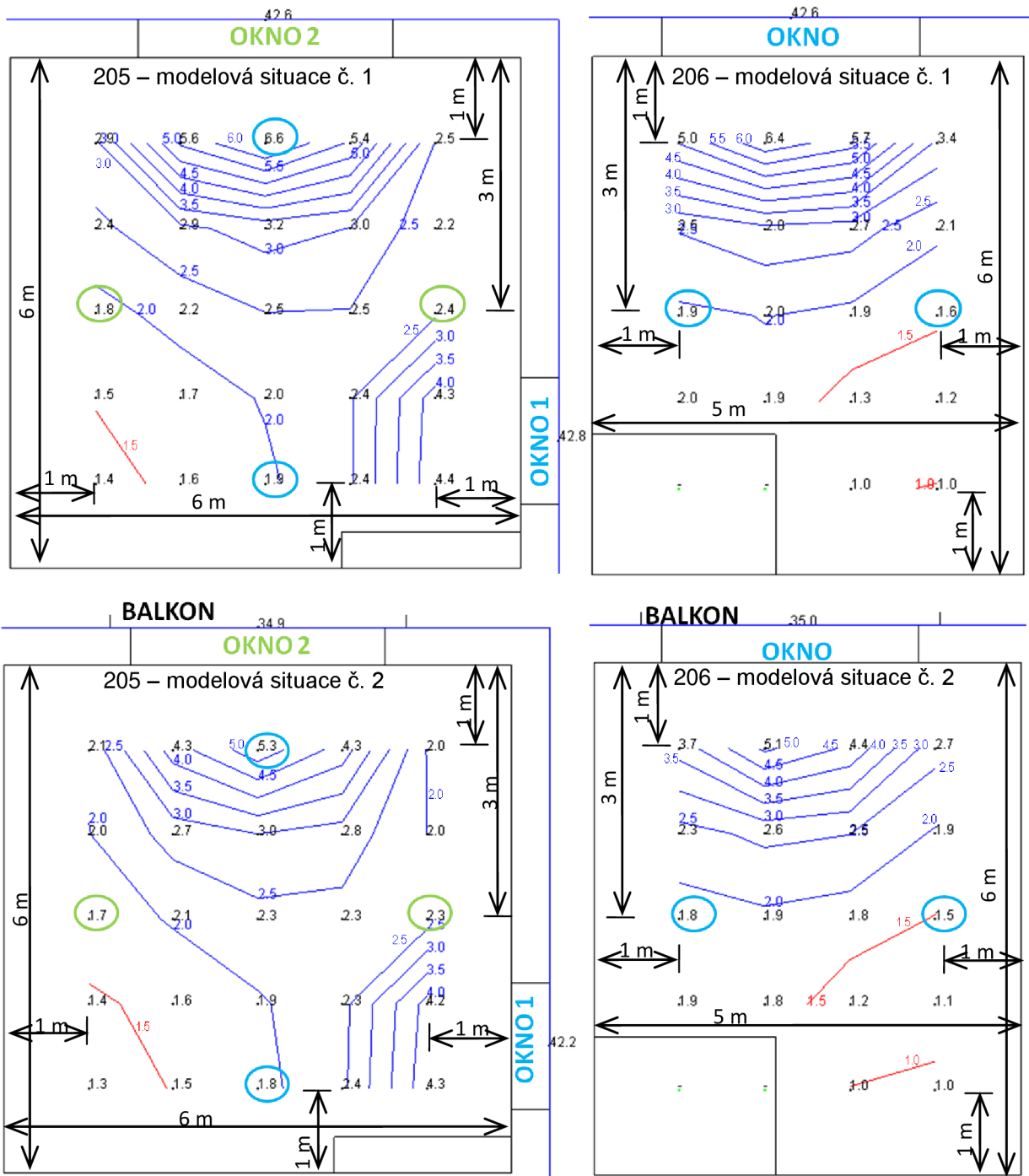
Při porovnání modelových situací č. 1 a 2 je snížení činitele denní osvětlenosti nejvýraznější v místech, která jsou umístěna blízko okna, jak je vidět také z průběhu izofot¹⁵ na obrázku č. 48. Například v místnosti č. 205 došlo v kontrolním bodě (na obrázku č. 48 vyznačen modře) umístěném 1 m od okna, nad kterým je balkon, ke snížení činitele denní osvětlenosti z hodnoty 6,6 % (1. modelová situace) na hodnotu 5,3 % (2. modelová situace), což představuje změnu o 1,3 procentního bodu. V kontrolních bodech v místnostech č. 205 a 206 umístěných 3 m od okna, nad kterým je balkon, došlo ke snížení činitele denní osvětlenosti o 0,1 procentního bodu, což představuje v porovnání s modelovou situací č. 1 procentuální změnu 4 % až 6 % (viz příloha B.4).

¹⁵ Izofota je čára, která spojuje místa se stejnou hodnotou činitele denní osvětlenosti na srovnávací rovině (ČSN [26] čl. 3.1.5).



Pozn.: Pro splnění požadavků ČSN [55] musí být průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti získaná jako průměr hodnot dvojice kontrolních bodů rovna minimálně **0,9 %**

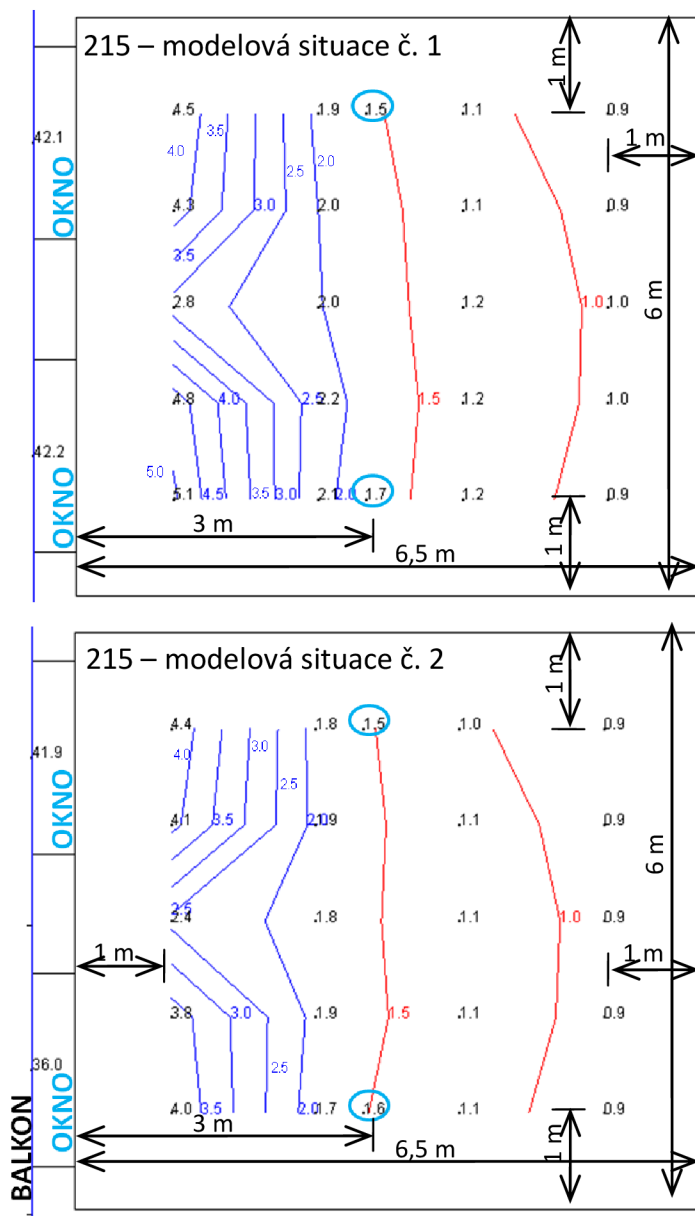
Obrázek č. 47: Činitel denní osvětlenosti v modelových situacích č. 1, 2, 3, 4 a 7



- číselník denní osvětlenosti [%] v 1. dvojici kontrolních bodů
- číselník denní osvětlenosti [%] ve 2. dvojici kontrolních bodů

Obrázek č. 48: Průběh izofot a umístění kontrolních bodů (vyznačeny elipsou) v místnostech č. 205 (osvětlovaná dvěma okny) a 206 (osvětlovaná jedním oknem)

Místnost č. 215 (obrázek č. 49) je osvětlována dvěma okny ve stejné stěně a nad jedním z oken je umístěn balkon. Snížení hodnot činitele denní osvětlenosti se v této místnosti projeví především v části místnosti za oknem stíněným balkonem, což je dobře vidět z průběhu izofot na obrázku č. 49.



Obrázek č. 49: Průběh izofot a umístění kontrolních bodů (vyznačeny modrou elipsou) v místnosti č. 215

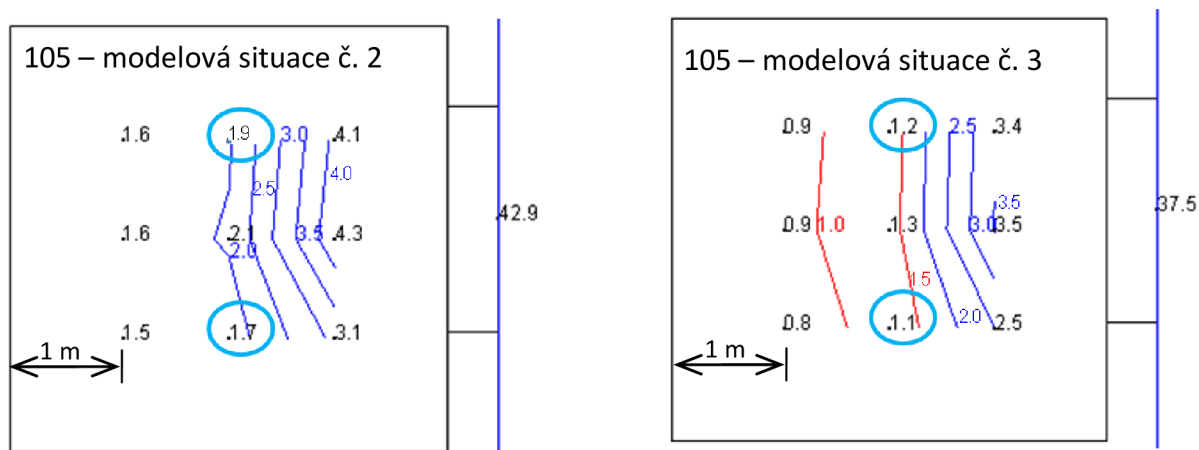
Zatímco v 1. modelové situaci všechny obytné místnosti splnily požadavky čl. 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [55] na denní osvětlení (viz příloha B.3), ve 2. modelové situaci došlo umístěním balkonu nad okno u místnosti č. 111 ke snížení hodnot činitele denní osvětlenosti v obou kontrolních bodech na hodnotu 0,8 % a úroveň denního osvětlení v místnosti tak

nesplnila požadavek ČSN 73 0580-2 [55], že průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti získaná jako průměr hodnot dvojice kontrolních bodů musí být minimálně 0,9 %.

Vliv okolní zástavby v modelových situacích č. 3, 4 a 7 na denní osvětlení posouzených místností

Odstupová vzdálenost okolních budov od posuzovaného bytového domu je v modelových situacích č. 3, 4 a 7 stejná (tj. 18 m) a mění se pouze barva a výška okolních budov (viz tabulka č. 69).

V modelových situacích č. 3 a 4 jsou kromě předsazených konstrukcí uvažovány jako stínící překážky také budovy výšky 10 m ve vzdálenosti 18 m od navrženého bytového domu. V modelové situaci č. 3 jsou budovy uvažovány v **bílé barvě** a v modelové situaci č. 4 je barva fasády okolní zástavby **tmavě červená**. V obytných místnostech, které mají okna směrem ke stínícím budovám, by v modelových situacích č. 3 a 4 v porovnání s modelovou situací č. 2 došlo ke snížení hodnot činitele denní osvětlenosti. U okolní zástavby s tmavě červenou barvou fasády dojde ve srovnání se stejnými stínícími budovami s bílou barvou fasády k výraznějšímu snížení hodnot činitele denní osvětlenosti v posuzovaných obytných místnostech bytového domu (viz obrázky č. 48, č. 53, přílohy B.5 a B.6). Zatímco procentuální změna činitele denní osvětlenosti při porovnání 2. a 3. modelové situace byla maximálně 50% v místnostech č. 109, 111, při porovnání 2. a 4. modelové situace byla tato změna až 63% v místnosti č. 111 (viz srovnání v příloze B.5).



Obrázek č. 50: Průběh izofot a umístění kontrolních bodů (vyznačeny modrou elipsou) v místnosti č. 105

Poměrně znatelné je snížení hodnot činitele denní osvětlenosti vlivem okolní stínící zástavby například v místnosti č. 105 v 1. nadzemním podlaží (obrázek č. 50, příloha B.5), kdy při porovnání 2. a 3. modelové situace došlo ve 3. modelové situaci ke snížení průměru

hodnot činitele denní osvětlenosti ze dvou kontrolních bodů z hodnoty 1,80 % na hodnotu 1,15 %, což představuje 36% změnu. Na obrázku č. 50 je také vidět, že stínící budova způsobila v uvažované modelové situaci poměrně výrazné snížení hodnot činitele denní osvětlenosti v celé ploše místnosti na vodorovné srovnávací rovině umístěné 85 cm nad podlahou.

Modelové situace č. 3 a č. 7 se vzájemně liší pouze **výškou** okolní zástavby, která je v modelové situaci č. 7 o 3 m vyšší než v modelové situaci č. 3. Vyšší okolní zástavba v modelové situaci č. 7 způsobila ve srovnání s modelovou situací č. 3 další snížení denního osvětlení v interiéru posuzovaných místností, jejichž okna jsou orientována pouze směrem k okolní zástavbě (obrázek č. 48, srovnání v příloze B.8).

Z obrázků č. 48 a č. 53 je zřejmé, že u dispozičně obdobných místností umístěných v jednotlivých podlažích nad sebou způsobilo zvýšení okolní zástavby o 3 m v modelové situaci č. 7 v porovnání se 3. modelovou situací snížení úrovně denního osvětlení u místností ve všech nadzemních podlažích. K největšímu snížení hodnoty činitele denní osvětlenosti vlivem zvýšení okolní zástavby došlo v místnosti č. 204, kde se průměr hodnot činitele denní osvětlenosti ze dvou kontrolních bodů snížil z hodnoty 1,55 % na hodnotu 1,15 %, to představuje změnu 26 %.

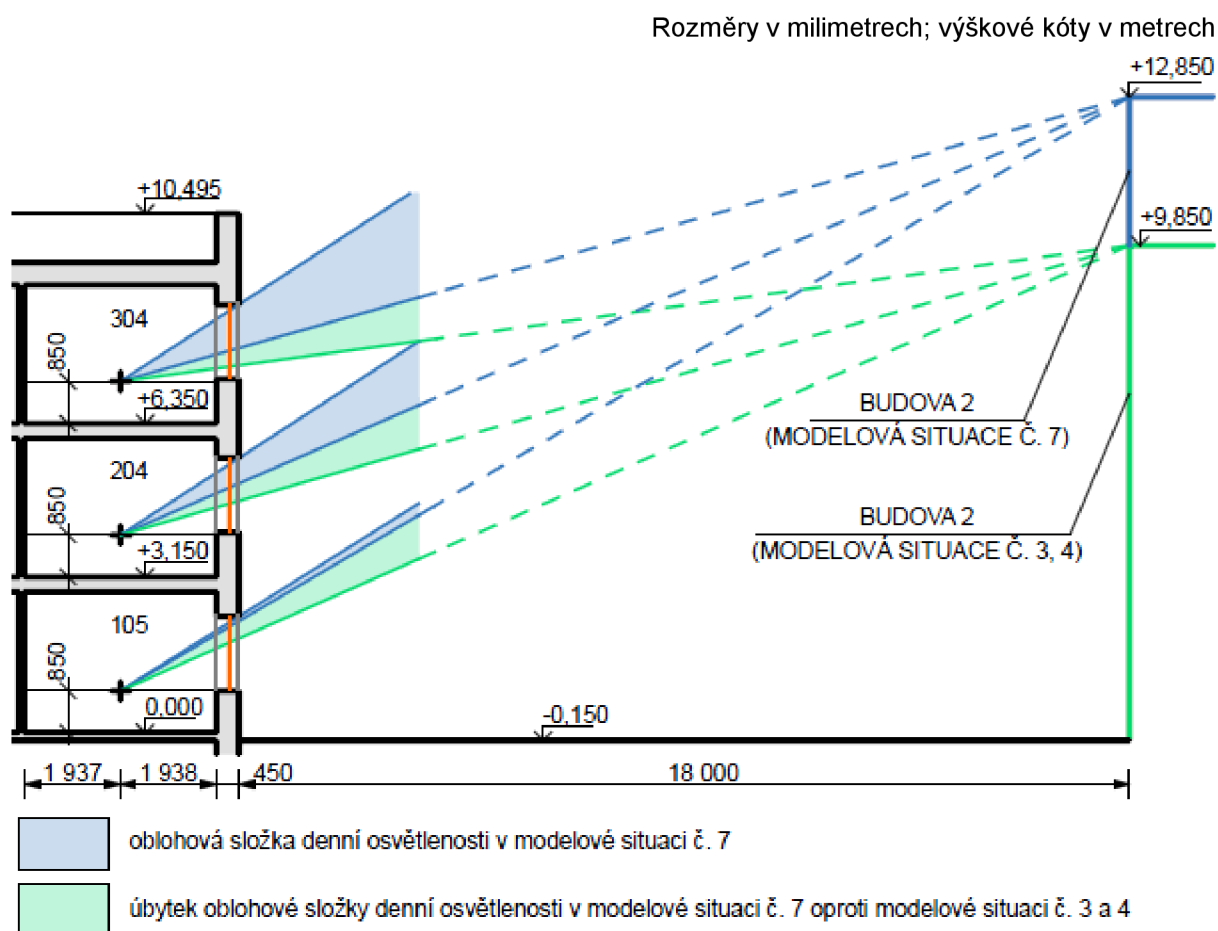
V modelových situacích č. 4 a č. 7 jsou uvažovány okolní budovy ve vzdálenosti 18 m od posuzovaného objektu. V modelové situaci č. 4 mají okolní budovy tmavě červenou barvu fasády a výška těchto budov je 10 m. V modelové situaci č. 7 mají okolní budovy bílou fasádu a jejich výška je 13 m. Na základě srovnání hodnot činitele denní osvětlenosti (obrázek č. 48, příloha B.8) v kontrolních bodech posuzovaných místností mezi modelovými situacemi č. 4 a 7 lze konstatovat:

- ve třech místnostech (místnosti č. 108, 109, 111) v 1. nadzemním podlaží, které mají okna orientována naproti okolní zástavbě, jsou v obou srovnávaných modelových situacích hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech shodné;
- ve dvou místnostech (místnosti č. 106 a 107) v 1. nadzemním podlaží, které jsou osvětlovány dvěma okny ve stýkajících se stěnách a mají jedno z oken orientováno do volné krajiny, je průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z obou kontrolních bodů v jedné z posuzovaných dvojic kontrolních bodů vyšší v 7. modelové situaci než ve 4. modelové situaci (ve druhé posuzované dvojici kontrolních bodů je průměrná

hodnota činitele denní osvětlenosti z obou kontrolních bodů v obou srovnávaných modelových situacích shodná);

- v místnosti č. 205 (dispozičně shodná s místností 106) je v jedné z dvojic kontrolních bodů průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti nižší v 7. modelové situaci než ve 4. modelové situaci (ve druhé dvojici kontrolních bodů je průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z obou kontrolních bodů v obou srovnávaných modelových situacích shodná);
- u ostatních místností, jejichž okna jsou naproti okolní zástavbě, je průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z obou kontrolních bodů nižší v 7. modelové situaci než ve 4. modelové situaci.

Z uvedeného porovnání 4. a 7. modelové situace vyplývá, že změna barvy fasády ze světlé na tmavou může mít na úroveň denního osvětlení v interiéru okolní zástavby podobný vliv, jako kdyby došlo ke zvýšení stínících budov o 3 m. Při změně barvy fasády ve 4. modelové situaci bylo snížení hodnot činitele denní osvětlenosti v porovnání se



Obrázek č. 51: Oblohová složka denní osvětlenosti v místnostech č. 105, 204 a 304 ve 3., 4. a 7. modelové situaci

3. modelovou situací vyvoláno především snížením jeho odražené složky. V případě vyšší okolní zástavby v 7. modelové situaci došlo v porovnání se 3. modelovou situací ke snížení hodnoty činitele denní osvětlenosti zejména změnou jeho oblohové složky. Například u místnosti č. 105 na obrázku č. 51 je vidět, že v 7. modelové situaci se v hloubce místnosti odpovídající umístění kontrolních bodů oblohová složka činitele denní osvětlenosti již na hodnotě činitele denní osvětlenosti příliš nepodílí.

V modelových situacích č. 3, 4 a 7 nevyhověly požadavkům čl. 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [55] místnosti č. 108, 109 a 111 (viz příloha B.3), protože hodnota činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech byla v těchto místnostech menší než normou ČSN 73 0580-2 [55] požadovaných 0,7 %.

Srovnání modelových situací č. 3 a 4 s modelovými situacemi č. 5 a 6

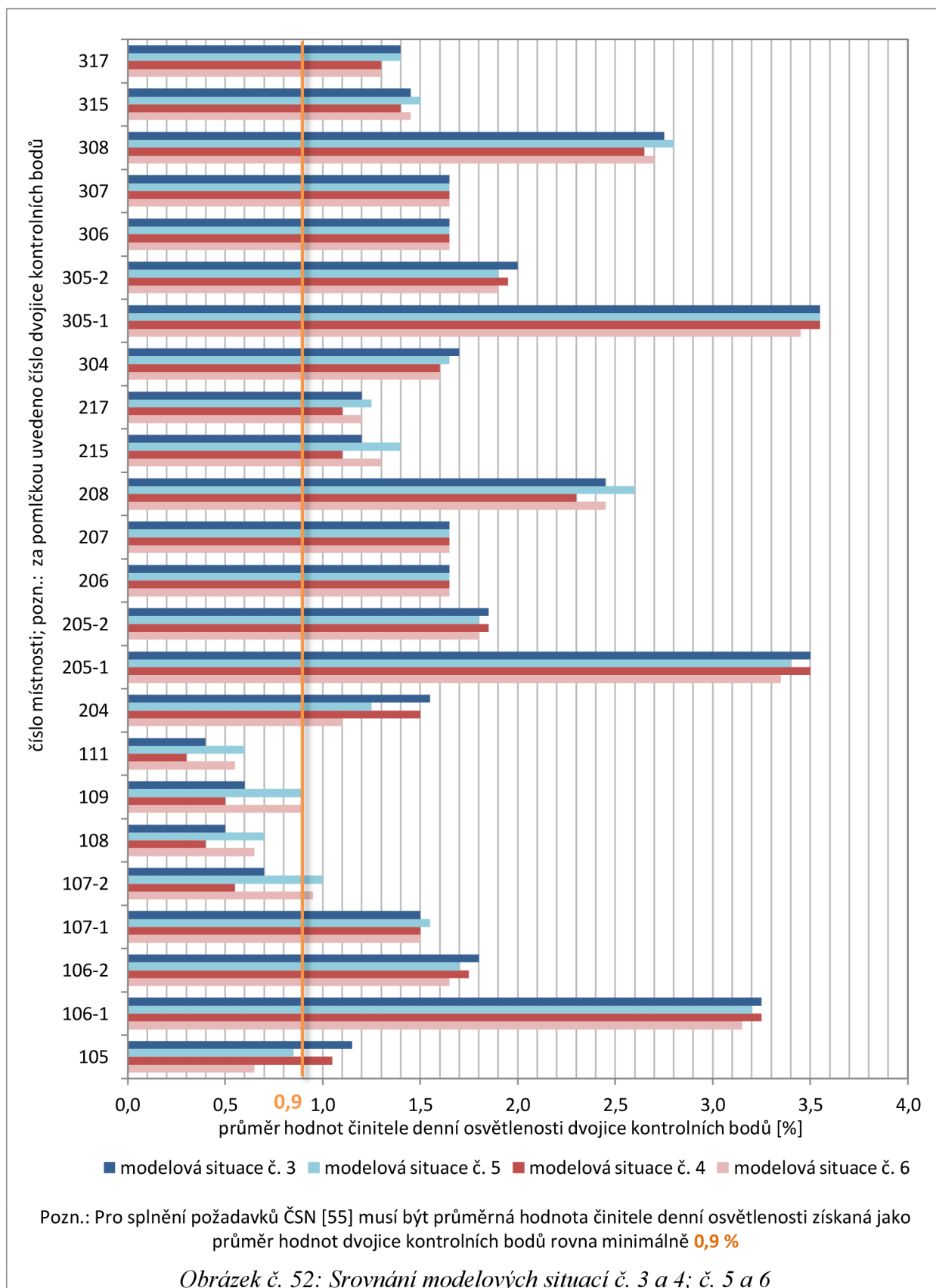
Výška a barva okolní zástavby v modelové situaci č. 5 je uvažována stejně jako v modelové situaci č. 3 a v modelové situaci č. 6 stejně jako v modelové situaci č. 4. Jediným rozdílem mezi modelovými situacemi č. 5 a 3 (respektive č. 6 a 4) je následující změna odstupových vzdáleností posuzovaného bytového domu od okolních budov:

- odstupová vzdálenost (označení *A* na obrázku č. 46) budovy č. 1 se o 6,5 m zvětšila z 18 m na 24,5 m
- odstupová vzdálenost (označení *B* na obrázku č. 46) budovy č. 2 se o 6,5 zmenšila z 18 m na 11,5 m.

Touto úpravou vzdáleností bylo v porovnání se 3. a 4. modelovou situací dosaženo vyšších hodnot činitele denní osvětlenosti u místností, jejichž okna jsou orientována naproti budově č. 1. Naopak u místností s okny naproti budově č. 2 došlo ke snížení hodnot činitele denní osvětlenosti (srovnání v příloze B.7). Grafické porovnání průměru hodnot činitele denní osvětlenosti mezi modelovými situacemi č. 3 a 5, č. 4 a 6 je v grafu na obrázku č. 52, ze kterého je rovněž patrné, že i pro modelové situace č. 5 a 6 jsou hodnoty činitele denní osvětlenosti nižší v případě stínící zástavby s červenou barvou fasády.

V případě místnosti č. 109 v 1. nadzemním podlaží došlo úpravou odstupových vzdáleností ke zlepšení činitele denní osvětlenosti z původně nevyhovujících hodnot v modelových situacích č. 3 a 4 na normou ČSN 73 0580-2 [55] požadované minimum 0,9 % průměru hodnot činitele denní osvětlenosti z dvojice kontrolních bodů v modelových situacích č. 5 a 6. U místností č. 108 a 111 sice došlo k poměrně výraznému zlepšení hodnot činitele denní osvětlenosti, ale ani po změně odstupových vzdáleností nebyly hodnoty činitele

denní osvětlenosti vyhovující ČSN 73 0580-2 [55]. Naopak u místnosti č. 105 se změnou odstupových vzdáleností v modelových situacích č. 5 a 6 snížily hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech pod minimální hodnoty požadované ČSN 73 0580-2 [55].



Shrnutí denního osvětlení v posouzených obytných místnostech v modelových situacích č. 1 až č. 7

Jako problematické se v provedených posouzeních denního osvětlení ukázaly především dlouhé a úzké místnosti č. 108, 109 a 111, ve kterých nebyly v několika modelových situacích (viz tabulka č. 71) splněny požadavky čl. 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [55] na hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech uvnitř místnosti.

Společnou charakteristikou místností č. 108, 109 a 111 v 1. nadzemním podlaží je:

- jedná se o místnosti hluboké 6,5 m a poměrně úzké (šířka 2,575 m až 3,00 m);
- okno je v těchto místnostech umístěno v kratší stěně;
- úroveň podlahy je 150 mm nad nejvyšší úroveň přilehlého upraveného terénu;
- kontrolní body pro posouzení úrovně denního osvětlení jsou umístěny podle umístěny ve vzdálenosti 3 m od okna dle ČSN 73 0580-2 [55].

V případě místnosti č. 111 byly při respektování doporučení čl. 3.3.2 ČSN [55] požadavky na denní osvětlení splněny pouze v 1. modelové situaci, kdy objekt nebyl stíněn ani vlastními předsazenými konstrukcemi, ani okolní zástavbou. Obdobná byla také situace u místnosti č. 109, kde bylo například navrženo okno šířky 2,0 m a vysoké 1,5 m (výška parapetu 0,85 m), šířka místnosti přitom je 2,875 m a šířka okna tak představovala 70 % šířky místnosti. Denní osvětlení v místnosti č. 109 bylo v případě umístění okolní zástavby vyhovující pouze pro modelové situace č. 5 a 6, kdy byly 10 m vysoké budovy vzdáleny 24,5 m od posuzované místnosti č. 109. V modelových situacích č. 5 a 6 přitom byla hodnota průměru činitele denní osvětlenosti z obou kontrolních bodů rovna pouze požadovanému minimu 0,9 % podle ČSN 73 0580-2 [55].

Nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech umístěných podle ČSN 73 0580-2 [55] budou v modelových situacích č. 2 až 7 u místnosti č. 111, která je na rozdíl od místností č. 108 a 109 kromě okolní zástavby stíněna také balkonem.

V modelových situacích č. 5 a 6 byly nízké hodnoty činitele denní osvětlenosti také v místnosti č. 105 (viz obrázky č. 48, č. 52).

V případě místnosti č. 105 v modelových situacích č. 5 a 6 jsou nízké hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech umístěných podle ČSN 73 0580-2 [55] způsobené především malou odstupovou vzdáleností 11,5 m protější budovy od posuzované místnosti.

Naopak poměrně vysoké hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou v místnostech č. 106, 205 a 305. Tyto místnosti jsou osvětlovány dvěma okny ve stýkajících se stěnách, proto se podle ČSN [55] hodnotí dvě dvojice kontrolních bodů (obrázek č. 48). Vysoká hodnota průměru hodnot činitele denní osvětlenosti v 1. dvojici kontrolních bodů (označení na obrázcích č. 48, č. 52: 106-1, 205-1, 305-1) je způsobena tím, že jeden z kontrolních bodů je umístěn ve vzdálenosti 1 m od okna (viz obrázek č. 48), kde jsou hodnoty činitele denní osvětlenosti výrazně vyšší než ve větší hloubce místnosti. Navíc toto okno směřuje do volné krajiny. Ve druhé dvojici kontrolních bodů (označení na obrázcích č. 48 a č. 52: 106-2, 205-2, 305-2) jsou kontrolní body umístěny ve vzdálenosti 3 m od obou oken (obrázek č. 48) a průměr hodnot činitele denní osvětlenosti dvojice kontrolních bodů vychází oproti první dvojici výrazně menší.

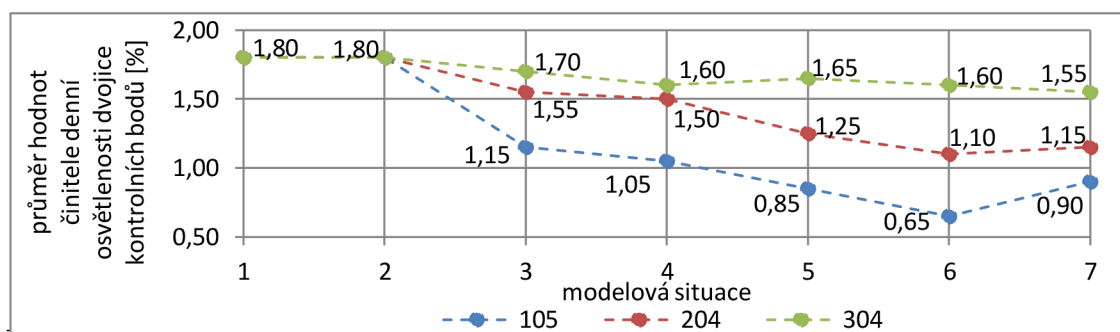
Stejně jako místnost č. 106 i místnost č. 107 je osvětlována okny ve dvou stýkajících se stěnách a jedno z oken je orientováno do volné krajiny. Ale vzhledem k dispozičnímu řešení (půdorys místnosti ve tvaru písmene L, hloubka místnosti v jednom z posuzovaných směrů 11,8 m) a umístění oken má tato místnost spíše charakter dvou spojených místností. Užší část místnosti, ve které je umístěna druhá dvojice kontrolních bodů (označení v grafech na obrázcích č. 48 a č. 52: 107-2), je rozměry a umístěním okna velmi podobná místnostem č. 108, 109 a 111. Obdobně jako u místností č. 108, 109 a 111 vychází i ve druhé dvojici kontrolních bodů v místnosti č. 107 poměrně nízké hodnoty činitele denní osvětlenosti.

Místnosti č. 207 a 307 jsou dispozičně shodné a jsou osvětlovány oknem, které je orientováno do volné krajiny a nad kterým se v žádné modelové situaci nenachází předsazené konstrukce. Hodnoty činitele denní osvětlenosti budou ve všech modelových situacích v interiéru místností č. 207 a 307 shodné, protože u těchto dvou místností nedochází ke snížení hodnot činitele denní osvětlenosti vlivem okolní zástavby ani vlivem umístění předsazených konstrukcí nad oknem.

Také okno u místností č. 206 a 306 směřuje do volné krajiny, ale nad oknem se nachází předsazená konstrukce, a proto bude snížení hodnot činitele denní osvětlenosti v modelových situacích č. 2 až 7 způsobeno pouze vlivem předsazených konstrukcí budovy. Hodnoty činitele denní osvětlenosti v interiéru místností č. 206 a 306 budou v modelových situacích č. 2 až 7 shodné.

Srovnání dispozičně obdobných místností umístěných v jednotlivých nadzemních podlažích nad sebou

Ze srovnání (grafy na obrázcích č. 48, č. 52, č. 53 a příloha B) hodnot činitele denní osvětlenosti v dispozičně obdobných místnostech umístěných v jednotlivých nadzemních podlažích nad sebou (místnosti č. 105 / 204 / 304; 106 / 205 / 305; 208 / 308; 215 / 315; 217 / 317) v modelových situacích č. 3 až 7, kdy je bytový dům stíněn okolní zástavbou, vyplývá, že nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou v 1. nadzemním podlaží a nejvyšší ve 3. nadzemním podlaží. Tato skutečnost je dána tím, že převýšení okolní zástavby je největší vůči vodorovné srovnávací rovině v 1. nadzemní podlaží a nejmenší vůči vodorovné srovnávací rovině ve 3. nadzemním podlaží. Úhel zastínění okolní zástavbou je tedy ve 3. nadzemním podlaží nejmenší a v 1. nadzemním podlaží největší. Naopak v případě, kdy obloha není zastíněna překážkou (modelová situace č. 1, případně i modelová situace č. 2, pokud stínění nezpůsobuje předsazená konstrukce budovy) jsou hodnoty činitele denní osvětlenosti v dispozičně shodných místnostech ve všech nadzemních podlažích shodné (viz obrázek č. 53).



Obrázek č. 53: Činitel denní osvětlenosti v dispozičně obdobných místnostech č. 105, 204 a 304 umístěných v jednotlivých podlažích nad sebou

Možné příklady způsobů řešení nevyhovujícího denního osvětlení

Vyhodnocení hodnot činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech je uvedeno v příloze B.3 této práce. V posouzených modelových situacích č. 1 až 7 byly požadavky na denní osvětlení v obytných místnostech dané ČSN 73 0580-2 [55] splněny:

- ve všech obytných místnostech v 1. nadzemním podlaží pouze v 1. modelové situaci;
- ve všech obytných místnostech ve 2. a 3. nadzemním podlaží ve všech modelových situacích.

Místnosti, které v modelových situacích č. 2 až 7 nesplnily požadavky ČSN 73 0580-2 [55] na vyhovující denní osvětlení, jsou uvedeny v tabulce č. 71.

Tabulka č. 71: Přehled místností, u kterých hodnoty činitele denní osvětlenosti nesplnily požadavky ČSN 73 0580-2 [55]

modelová situace č.	1	2	3	4	5	6	7
místnosti nevyhovující požadavkům ČSN [55]	-	111	108, 109, 111		105, 108, 111		108, 109, 111

V případě, že je denní osvětlení v některé z místností nevyhovující, lze navrhnout možné způsoby řešení takového stavu. U posouzených modelových situací by jako možné alternativy pro zlepšení denního osvětlení mohly být například:

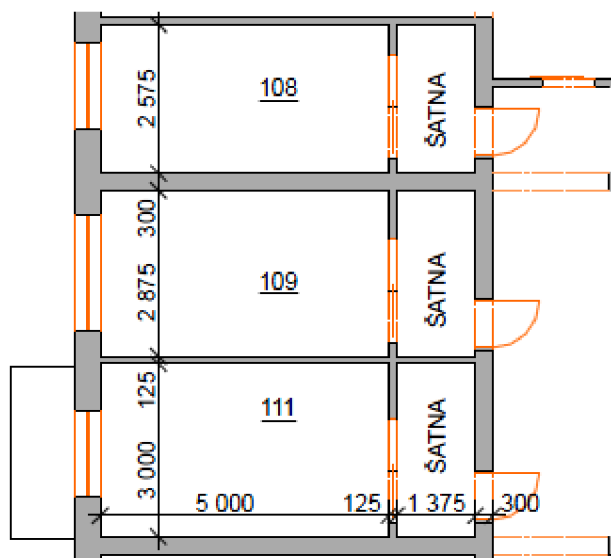
- změna velikosti oken a jejich prosklených ploch;
 - změna parametrů nebo úplné zrušení předsazených konstrukcí budovy;
 - změna dispozičního řešení objektu;
 - změna odstupových vzdáleností staveb (ve fázi umístění stavby na parcelu).
- *Tabulka č. 72: Návrh oken pro splnění minimálních požadavků podle ČSN 73 0580-2 [55]*

místnost	okno šířka [m] × výška [m] (parapet [m]) $\tau_k = \frac{\text{plocha osvětlovacího otvoru propouštějící světlo v m}^2}{\text{celková plocha osvětlovacího otvoru v m}^2} [-]$						
	původní okno	nově navržené okno					
	všechny modelové situace	modelová situace č. 2	modelová situace č. 3	modelová situace č. 4	modelová situace č. 5	modelová situace č. 6	modelová situace č. 7
105	2,00 × 1,50 (0,85) $\tau_k = 0,63$	-	-	-	2,00 × 1,50 (0,85) $\tau_k \geq 0,66$	2,50 × 1,50 (0,85) $\tau_k \geq 0,70$	-
108	1,50 × 1,50 (0,85) $\tau_k = 0,61$	-	2,50 × 1,75 (0,60) $\tau_k \geq 0,68$	2,50 × 2,00 (0,35) $\tau_k \geq 0,69$	2,00 × 1,50 (0,85) $\tau_k \geq 0,61$	2,00 × 1,50 (0,85) $\tau_k \geq 0,62$	2,575 × 2,25 (0,35) $\tau_k \geq 0,67$
109	2,00 × 1,50 (0,85) $\tau_k = 0,63$	-	2,50 × 1,75 (0,60) $\tau_k \geq 0,69$	2,50 × 2,00 (0,35) $\tau_k \geq 0,69$	-	-	2,875 × 1,75 (0,60) $\tau_k \geq 0,71$
111	1,50 × 1,50 (0,85) $\tau_k = 0,63$	1,50 × 1,50 (0,85) $\tau_k = 0,65$	2,75 × 1,50 (0,85) $\tau_k \geq 0,67$	2,75 × 2,00 (0,35) $\tau_k \geq 0,65$	2,00 × 1,50 (0,85) $\tau_k \geq 0,62$	2,00 × 1,50 (0,85) $\tau_k \geq 0,66$	3,00 × 1,75 (0,60) $\tau_k \geq 0,71$

V posuzovaných modelových situacích bylo nevyhovující denní osvětlení řešeno **změnou prosklené plochy okna** při zachování původních rozměrů (místnost č. 111 v modelové situaci č. 2, místnost č. 105 v modelové situaci č. 5) a dále **změnou velikosti oken** (místnosti č. 108, 109, 111 v modelových situacích č. 3 až 7; místnost č. 105 v modelové situaci č. 5). V tabulce č. 72 a v příloze B.10 jsou uvedeny rozměry navržených

oken pro splnění minimálních požadavků na úroveň denního osvětlení v obytné místnosti podle ČSN 73 0580-2 [55]. Jak je při porovnání rozměrů místností (příloha A) a rozměrů oken v tabulce č. 72 vidět, v případě místností č. 108, 109 a 111 vychází pro splnění požadavků ČSN 73 0580-2 [55] na denní osvětlení výška i šířka oken v modelových situacích č. 3, 4 a 7 poměrně dost velká, a proto by v těchto modelových situacích bylo vhodné pro zlepšení hodnoty činitele denní osvětlenosti zvolit kombinaci zvětšení plochy oken s některou z dalších variant.

Vzhledem k tomu, že denní osvětlení nevyhovělo požadavkům ČSN 73 0580-2 [55] především v místnostech č. 108, 109 a 111, jejichž hloubka je 6,5 m, přicházela by v případě modelových situací č. 3 až 7 v úvahu například **dispoziční změna**, která by mohla spočívat ve zkrácení těchto místností o 1,5 m. Ve vzniklém prostoru by se mohly vytvořit šatny, přes které by se vstupovalo do místností (obrázek č. 54). Takovouto změnou by se snížila hloubka místnosti na 5 m, čímž

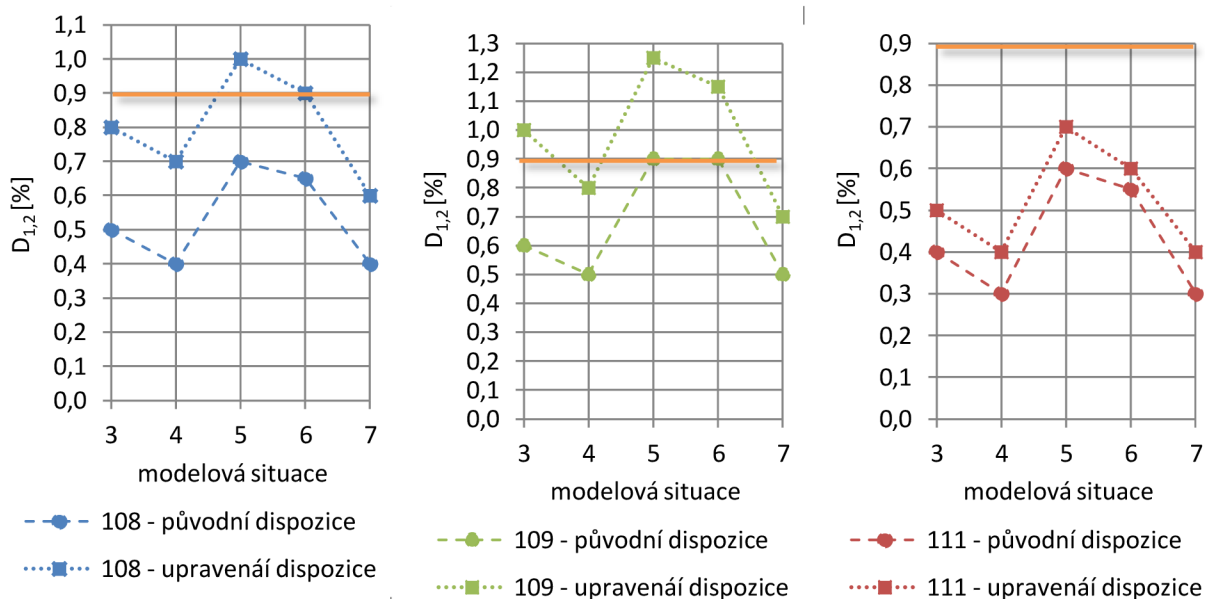


Obrázek č. 54: Možná změna dispozice pro modelové situace č. 3 až 7

by se kontrolní body umístěné podle čl. 3.2.2 ČSN [55] posunuly z původní vzdálenosti 3 m od okna do vzdálenosti 2,5 m od okna. V kontrolních bodech v menší vzdálenosti od okna budou hodnoty činitele denní osvětlenosti vyšší, avšak průměr hodnot činitele denní osvětlenosti z kontrolních bodů by byl stále nižší než ČSN [55] požadovaných 0,9 % v případě (grafy na obrázcích č. 55, 56, 57):

- místnosti č. 108 v modelových situacích č. 3, 4 a 7;
- místnosti č. 109 v modelových situacích č. 4 a 7;
- místnosti č. 111 v modelových situacích č. 3 až 7.

Změna dispozičního řešení by proto musela být v některých modelových situacích u některých z místností spojena současně s dalším opatřením, tj. například se současnou změnou plochy oken. Posouzení navržené změny dispozičního řešení na hodnoty činitele denní osvětlenosti je uvedeno v příloze B.11.



Poznámka:

- pro splnění požadavků ČSN [55] musí být průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti získaná jako průměr hodnot dvojice kontrolních bodů rovna minimálně **0,9 %**
- $D_{1,2}$ – průměr hodnot č. d. o. z dvojice kontrolních bodů

Obrázek č. 55: Vliv změny dispozice na hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti č. 108

Obrázek č. 56: Vliv změny dispozice na hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti č. 109

Obrázek č. 57: Vliv změny dispozice na hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti č. 111

Změna parametrů nebo úplné zrušení předsazené konstrukce by přicházela v úvahu v případě balkonu u místnosti č. 111 v modelových situacích č. 2 až 7. Vyhovujícího stavu denního osvětlení nebo alespoň jeho zlepšení by mohlo být dosaženo zmenšením vyložení balkonu nebo jeho zrušením. Tato možnost nebyla v posudcích řešena a je uvedena pouze jako možná alternativa.

Změna odstupových vzdáleností staveb by byla možná ve fázi umístění objektu na parcelu, pokud by to místní podmínky dovolily. Tato varianta byla pro modelové situace č. 3 a č. 4 řešena v modelových situacích č. 5 a č. 6. Odstupové vzdálenosti v modelových situacích č. 5 a č. 6 byly navrženy tak, aby alespoň v jedné z místností č. 108, 109 nebo 111 splňovaly hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech minimální požadavky ČSN 73 0580-2 [55] a zároveň byl dodržen výše zmíněný požadavek na dodržení odstupových vzdáleností staveb uvedený v § 25 odst. 4 vyhlášky č. 501/2006 Sb. [8]. Kromě změny odstupových vzdáleností by v případě modelových situací č. 5 a 6 pro dosažení úrovně denního osvětlení vyhovující požadavkům ČSN 73 0580-2 [55] musela být navržena v místnostech č. 105, 108 a 111 ještě další opatření – např. výše popsaná změna velikosti

oken (tabulka č. 72). Okna v místnostech č. 108 a 111 by pro splnění požadavků ČSN 73 0580-2 [55] bylo v modelových situacích č. 5 a 6 v porovnání s modelovými situacemi č. 3 a 4 možné navrhnout v menších rozměrech.

Posouzení bytového domu jako stavby ovlivněné okolní zástavbou

Pro posouzení bytového domu jako stavby ovlivněné okolní zástavbou budou použity modelové situace č. 1 až 7, které byly popsány v předcházejících kapitolách a ve kterých byla v předchozím textu posuzovaná stavba hodnocena jako novostavba. V případě, že by se nejednalo o novostavbu, ale o stavbu, která je ovlivněná okolní zástavbou, bylo by posouzení odlišné a jako hodnotící kritérium by se podle ČSN 73 0580-1 [54] a ČSN 73 0580-2 [55] použil činitel denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany. V tomto případě by se tedy hodnotil přístup denního světla k průčelí objektu. Podle tabulky B.1 v normě ČSN 73 0580-1 [54] (tabulka č. 68 v této práci) je pro běžné prostory s trvalým pobytem lidí požadovaná hodnota kritéria D_w alespoň 32 %.

Kromě modelové situace č. 6 by stínění okolní zástavbou bylo u všech obytných místností vyhovující (příloha B.12 této práce). V modelové situaci č. 6 je činitel denní osvětlenosti D_w roviny zasklení z vnější strany menší než požadovaných 32 % u místnosti č. 105 a u jednoho z oken v místnosti č. 106. Požadavky norem ČSN 73 0580-1 [54] a ČSN 73 0580-2 [55] ovšem nebyly v modelové situaci č. 6 splněny pouze u místnosti č. 105, kde nejsou ani uvnitř místnosti splněny podmínky na vyhovující denní osvětlení podle čl. 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [55]. V místnosti č. 106 hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech uvnitř místnosti splňují požadavky uvedené v čl. 3.2.2 normy ČSN 73 0580-2 [55], a proto se u místnosti jako hodnotící kritérium nepoužije činitel denní osvětlenosti D_w roviny zasklení z vnější strany.

Vzhledem k tomu, že modelová situace č. 6 je až na barvu fasády okolní zástavby zcela identická s modelovou situací č. 5, lze konstatovat, že splnění požadavků na minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti v rovině prosklení D_w podle ČSN 73 0580-1 [54] a ČSN 73 0580-2 [55] by bylo možné v modelové situaci č. 6 dosáhnout změnou barvy fasády okolní zástavby z tmavě červené s činitelem odrazu 0,2 například na bílou s činitelem odrazu 0,6 (modelová situace č. 5).

Závěrečné zhodnocení

- Ani při současném dodržení minimálních odstupových vzdáleností (podle § 25 odst. 4 vyhlášky [8]) a návrhu oken podle doporučení čl. 3.3.2 ČSN [55] nemusí být v interiéru hodnocené místnosti splněny požadavky podle čl. 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [55] na hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech uvnitř místnosti. Z tohoto pohledu mohou být problematické dlouhé úzké místnosti, které mají okno umístěno v kratší stěně místnosti.
- Na denní osvětlení může mít vliv nejen vzdálenost a výška stínících překážek, ale také jejich barva. Volba tmavé barvy stínících překážek může negativně ovlivnit světelně-technické podmínky v interiéru místností.
- Z posouzení bytového domu jako stavby ovlivněné okolní zástavbou pomocí činitele denní osvětlenosti D_w v rovině zasklení z vnější strany je také vidět, že toto kritérium posouzení nehodnotí vnitřní světelně technické podmínky v místnosti, ale je jím hodnocen pouze vliv nové výstavby na stínění stávající zástavby. Stínění stávající místnosti novostavbou tak může být vyhovující, přestože hodnoty činitele denní osvětlenosti uvnitř místnosti jsou nižší, než je požadavek čl. 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [55].
- Důležitým hlediskem při návrhu denního osvětlení je také například dispoziční a barevné řešení posuzovaných vnitřních prostorů, velikost a umístění oken nebo plocha prosklení. U barevného řešení vnitřních prostorů platí obdobně jako u vnějších stínících překážek, že je vhodné volit spíše světlejší barvy.
- Pro zvýšení hodnot činitele denní osvětlenosti u plánovaných staveb lze doporučit:
 - volit dostatečně velké plochy okenních otvorů a členění okna zvolit tak, aby byla co největší plocha prosklená;
 - optimalizovat délku vyložení předsazených konstrukcí tak, aby denní osvětlení v místnosti bylo dostatečné;
 - snažit se nenavrhovat dlouhé úzké místnosti (např. 6,5 m × 3 m), které mají okna umístěna v kratší stěně;
 - navrhovat stavby v dostatečných odstupových vzdálenostech.
- Možnosti zvýšení hodnot činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna (stavby ovlivněné okolní výstavbou):
 - volit barvu fasády novostavby ve světlých barvách;
 - novou stavbu navrhnout v dostatečné odstupové vzdálenosti od stávající zástavby

- změnit tvar a výšku nového objektu tak, aby se jeho vliv na okolní zástavbu snížil na přípustnou mez.

5.2 PROSLUNĚNÍ

Prosluněním se rozumí vnikání přímého slunečního záření do vnitřních prostor budovy. **Oslunění** je ozáření venkovních prostorů a ploch. Proslunění a oslunění přímým slunečním zářením se označuje společným výrazem **insolace**. ([51] str. 11)

„Insolaci po dostatečně dlouhou dobu v průběhu dne a roku zajišťujeme v obytné místnosti nebo rekreační ploše využití příznivého působení přímého slunečního záření na lidský organismus. Přístupnost místa přímému slunečnímu záření závisí na poloze Slunce, konfiguraci terénních útvarů a objektů (překážek zabraňujících šíření tohoto záření) v okolí posuzovaného bodu.“ ([53] str. 8)

Stanovení doby insolace se provádí za předpokladu jasné bezoblačné oblohy, kdy přístup slunečního záření k zemskému povrchu není omezován oblačností v atmosféře. (ČSN [59] čl. 3.2.2)

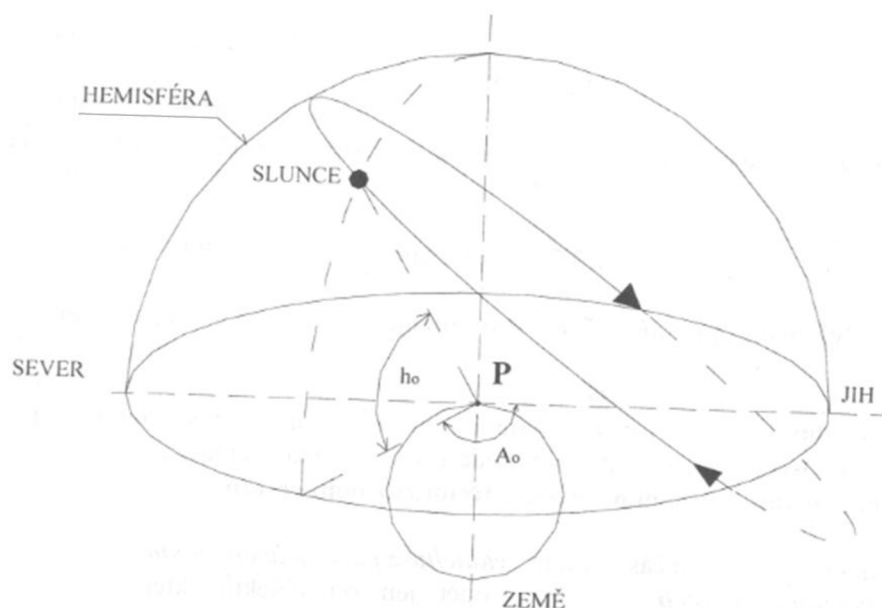
5.2.1 Základní informace pro určení polohy Slunce na obloze a stanovení doby proslunění

Poloha Slunce na obloze se určuje pomocí topocentrického modelu (ČSN [59] čl. 2.41). Při použití tohoto modelu se vychází z předpokladu, že pozorovatel na Zemi vnímá rotaci Země kolem její osy a oběh Země kolem Slunce jako zdánlivý pohyb slunečního kotouče na obloze okolo svého zdánlivě nehybného místa pozorování (ČSN [59] čl. 3.2.1). Jako střed v topocentrickém modelu se tak uvažuje místo pozorování na zemském povrchu a poloha Slunce se sleduje jako průmět na myšlené kulové ploše (hemisféře) se středem v místě pozorování ([60] str. 15).

Poloha středu slunečního kotouče je v každém okamžiku určena dvojicí souřadnic (obrázek č. 58):

- výškou Slunce nad horizontem h_0 (tj. úhel, který svírá rovina horizontu se směrem „pozorovatel (P) – Slunce“);
- azimutem A_0 (tj. úhel sevřený směrem „jih – sever“ a průmětem směru „pozorovatel (P) – Slunce“ od roviny horizontu). ([53] str. 6)

Výška Slunce nad horizontem a azimut Slunce se pro výpočet insolace stanoví pomocí vztahů uvedených v čl. 3.2.3 až 3.3.7 ČSN 73 0581 [59].



Obrázek č. 58: Zdánlivý pohyb Slunce po obloze a souřadnice jeho polohy ([25] obr. 2)

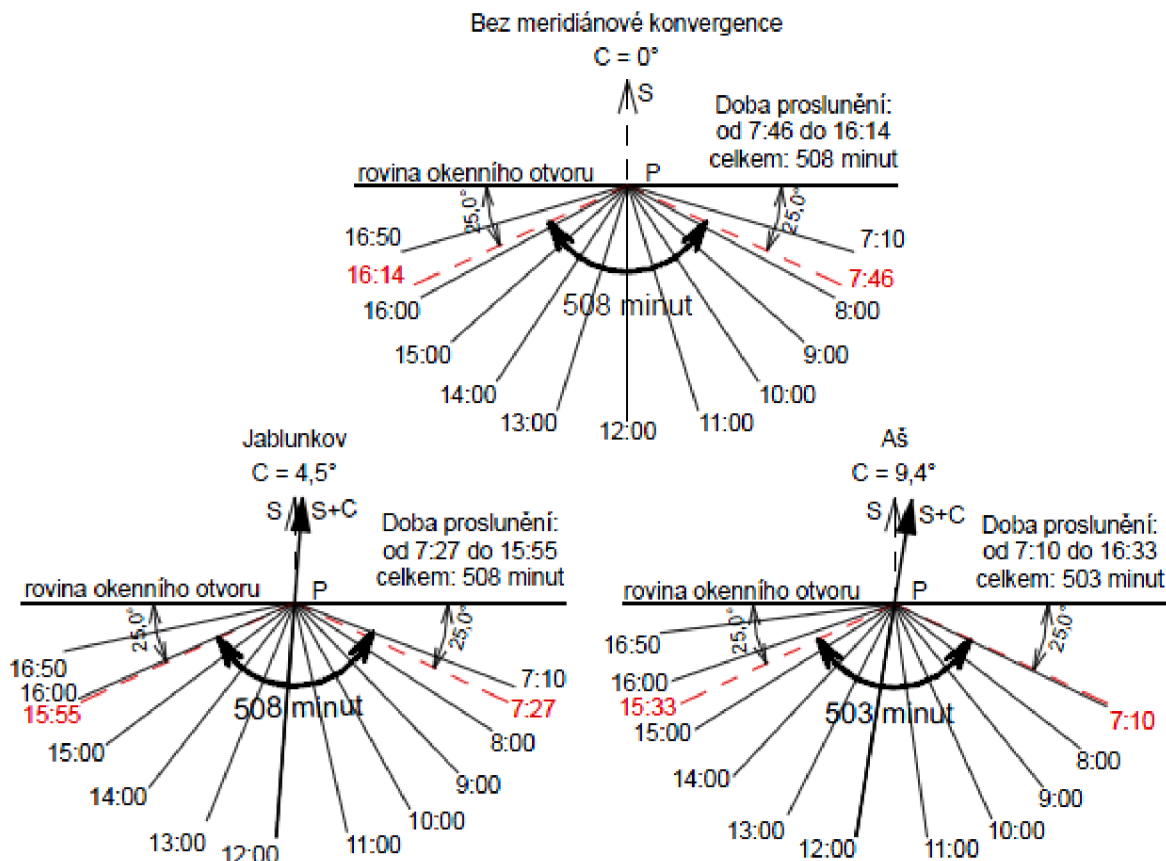
Pro určení doby insolace je nutné znát orientaci posuzovaných prostorů (případně ploch) ke světovým stranám. Při stanovení orientace na základě mapových podkladů zpracovaných v pravouhlé kartografické síti se přihlíží k meridiánové konvergenci C [°] (obrázek č. 60).

Meridiánovou konvergencí se rozumí celková odchylka svislých čar kartografické sítě od poledníků (od směru sever – jih) ([53] str. 9). Velikost meridiánové konvergence je pro účely zjištění insolace možné stanovit jedním ze způsobů uvedených v čl. 3.4.1 ČSN 73 0581 [59], přičemž se pro účel posouzení doby proslunění považuje za dostatečně přesné, pokud chyba při stanovení hodnoty meridiánové konvergence nepřekročí $\pm 0,5^\circ$. Severní směr se určí nanesením zjištěné nebo vypočtené meridiánové konvergence ve směru hodinových ručiček od svislých souřadnicových čar kartografické sítě mapového podkladu (ČSN [59] čl. 3.4.1).

V závislosti na zeměpisné délce λ vychází¹⁶ pro území České republiky meridiánová konvergence přibližně od $4,5^\circ$ v Jablunkově ($\lambda = 18,76^\circ$ v. d.) do $9,4^\circ$ v Aši ($\lambda = 12,19^\circ$ v. d.). To prakticky znamená, že doba proslunění v Aši se bude lišit od doby proslunění v Jablunkově (viz obrázek č. 59). Zatímco v Jablunkově by byl bod P na obrázku č. 59 za

¹⁶ Meridiánovou konvergencí pro účely výpočtu insolace je podle čl. 3.4.1 ČSN 73 0581 [31] možné stanovit podle vzorce: $C = (24^\circ 50' - \lambda) / 1,34$.

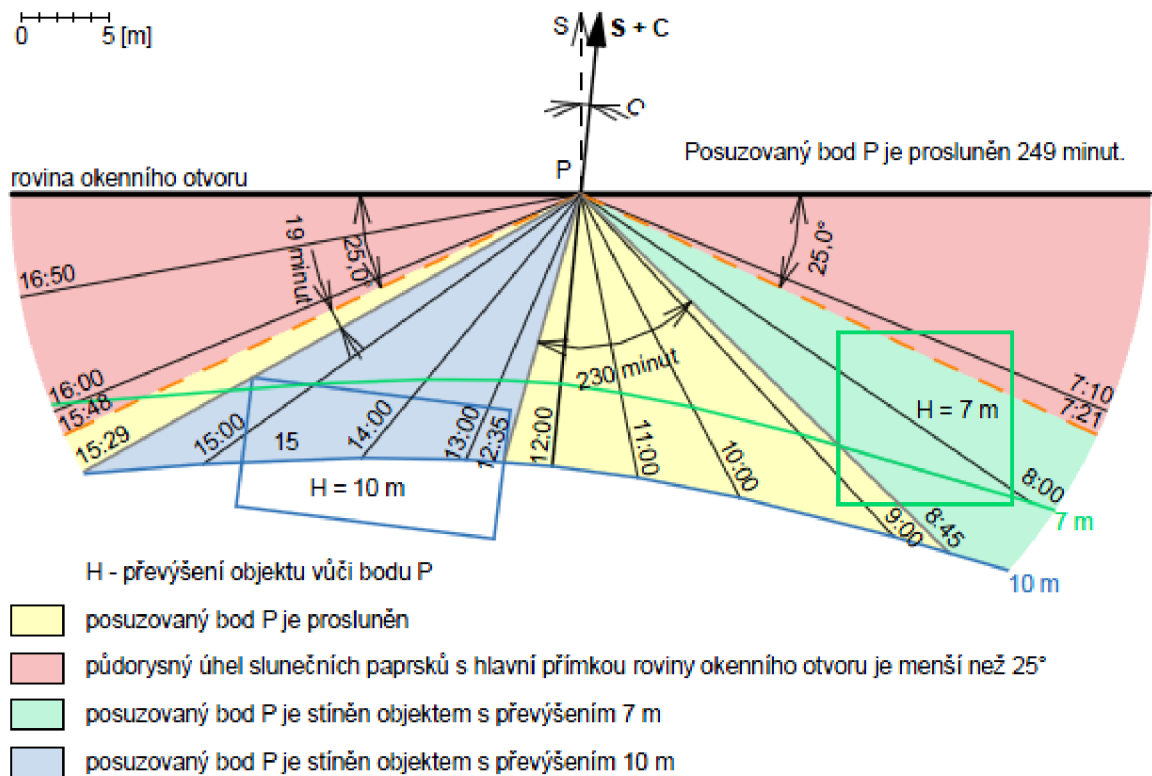
podmínek proslunění pro obytné místnosti (viz dále) dne 1. března prosluněn od 7:27 hodin do 15:55 hodin, v Aši by doba jeho proslunění byla od 7:10 hodin do 15:33 hodin. V případě, že by meridiánová konvergence nebyla zohledněna, byl by bod P na obrázku č. 59 prosluněn od 7:46 do 16:14 hodin.



Obrázek č. 59: Význam meridiánové konvergence při stanovení doby proslunění obytné místnosti za podmínek uvedených v čl. 4.3.2 ČSN [9] pro datum 1. března u jižně orientované fasády bez stínících překážek

Metody stanovení insolace jsou popsány v ČSN 73 0581: Oslunění budov a venkovních prostor – Metoda stanovení hodnot [59]. Často se používají grafické metody, mezi které patří diagram zastínění (obrázek č. 60), stereografický a pravoúhlý sluneční diagram.

Diagram zastínění je sestaven pro konkrétní datum a jsou v něm znázorněny půdorysné průměty slunečních paprsků, které dopadají během dne do posuzovaného bodu. Dále se do diagramu zastínění zakreslují křivky minimální vzdálenosti překážky určitého převýšení vůči posuzovanému bodu. Tyto křivky vyjadřují, v jaké minimální vzdálenosti od posuzovaného bodu by se musela překážka nacházet, aby posuzovaný bod nezastiňovala od přímého slunečního záření. ([53] str. 11)



Obrázek č. 60: Použití diagramu zastínění pro datum 1. března při stanovení doby proslunění obytné místnosti za podmínek uvedených v čl. 4.3.2 ČSN [9]

5.2.2 Požadavky legislativy a norem na proslunění obytných místností

Požadavky na proslunění včetně konkrétních hodnot jsou zčásti uvedeny ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [1] a zčásti v ČSN 73 4301 [9].

Požadavek na proslunění bytů je stanoven v § 13 vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1]:

§ 13

(1) **Prosluněny musí být všechny byty a ty pobytové místnosti, které to svým charakterem a způsobem využití vyžadují. Přitom musí být zajištěna zraková pohoda a ochrana před oslněním, zejména v pobytových místnostech určených pro zřakově náročné činnosti.**

(2) **Byt je prosluněn, je-li součet podlahových ploch jeho prosluněných obytných místností roven nejméně jedné třetině součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností. Při posuzování proslunění se vychází z normových hodnot.**

(3) **U samostatně stojících rodinných domů, dvojdomů a koncových řadových domů má být součet podlahových ploch prosluněných obytných místností roven nejméně jedné polovině součtu podlahových ploch všech obytných místností bytu.**

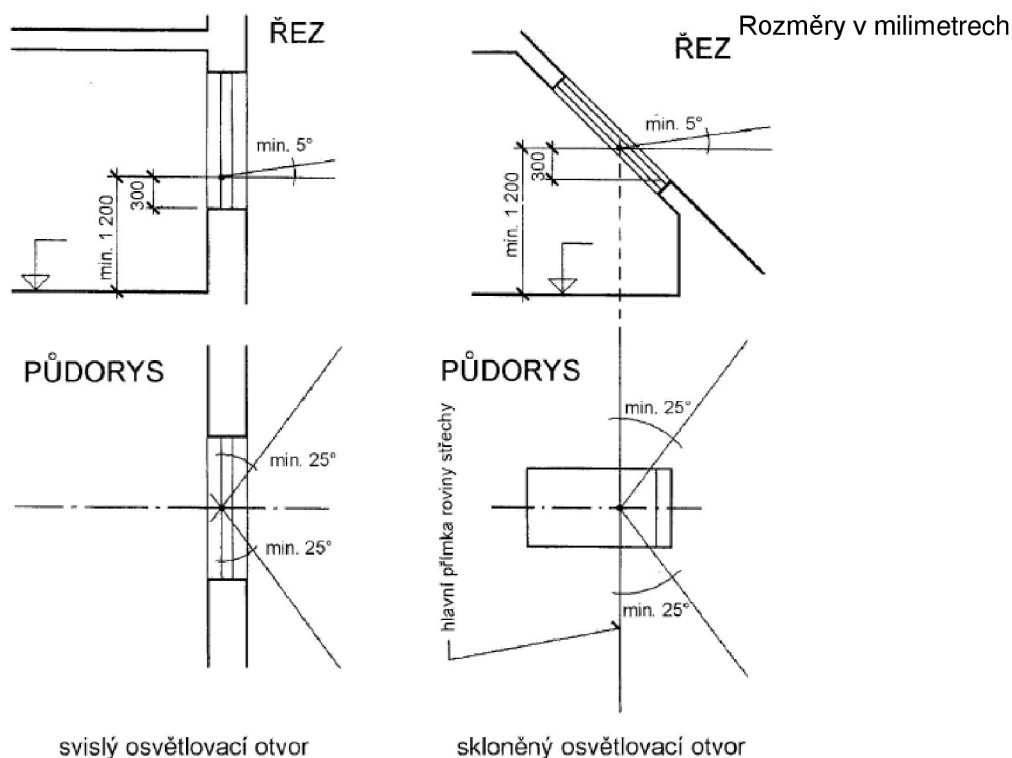
Za podmínek stanovených v § 169 stavebního zákona [2] je možné v odůvodněných případech na základě ustanovení § 54 vyhlášky [1] povolit výjimku z § 13 odst. 2 vyhlášky [1].

Pro účel posouzení proslunění bytu nebo rodinného domu se podle čl. 4.3.1 ČSN 73 4301 [9] do součtu podlahových ploch z jedné strany prosluněných obytných místností ani do součtu podlahových ploch všech obytných místností bytu nezapočítávají části podlahových ploch obytných místností, které leží za hranicí hloubky místnosti rovné 2,3 násobku její světlé výšky.

Obytná místnost se podle čl. 4.3.2 ČSN 73 4301 [9] považuje za prosluněnou, pokud jsou splněny tyto podmínky (obrázek č. 60, 61):

- a) *„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;*
- b) *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; šířka oken umístěných ve skloněné střešní rovině může být menší, nejméně však 700 mm;*
- c) *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 1 200 mm nad úrovní podlahy posuzované místnosti;*
- d) *výška slunce nad horizontem musí být nejméně 5°;*
- e) *při zanedbání oblačnosti musí být dne 1. března doba proslunění nejméně 90 minut. Doporučuje se dodržet dobu proslunění nejméně 90 minut také dne 21. června. Požadovanou dobu proslunění pro den 1. března lze nahradit bilancí, při které mimo přestupné roky je celková doba proslunění, ve dnech od 10. února do 21. března včetně, 3 600 minut (jedná se o 40 dní s průměrnou dobou proslunění 90 minut).“*

Výška slunce nad horizontem 5° uvedená v čl. 4.3.2 písm. d) ČSN 73 4301 [9] vyjadřuje východ nebo západ slunce. Pro datum 1. března je výška slunce nad horizontem větší nebo rovna 5° v době od 7:10 hodin do 16:50 hodin. (ČSN[59] čl. A.1)



Obrázek č. 61: Stanovení kontrolního bodu a úhlu neefektivního dopadu slunečního záření (ČSN [9] obrázek 2)

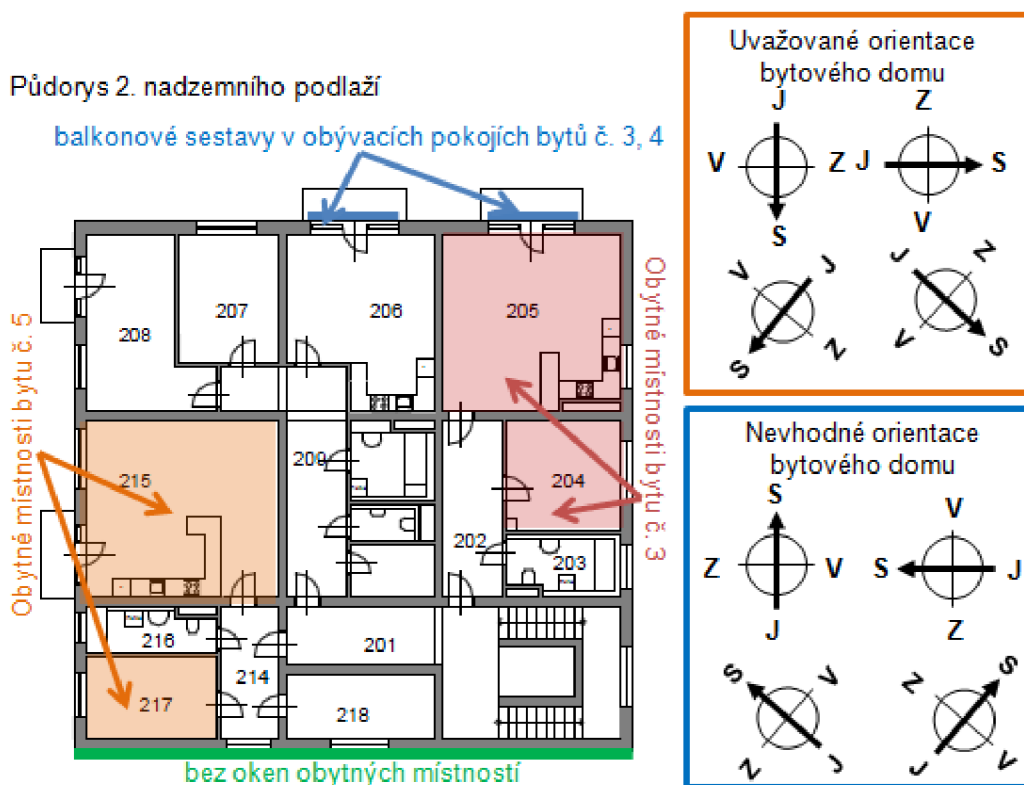
Hodnocení vlivu nové výstavby na proslunění stávajících obytných místností je upraveno v čl. 4.3.4 ČSN [9]: „Při umísťování objektů do území je nutno prověřit dodržení uvedených podmínek podle 4.3.1 a 4.3.2 u obytných místností stávajících budov. V obytných místnostech stávajících budov není nutno tyto podmínky dodržet, jedná-li se o doplnění stávající souvislé zástavby výstavbou v prolukách¹⁷, popř. formou nástaveb a přístaveb, jestliže doplněná budova zachovává půdorysný rozsah a výškovou úroveň zástavby sousedních budov, popř. jestliže je v souladu s podmínkami podle 4.3.3.“

V čl. 4.3.3 ČSN [9] se uvádí: „Při navrhování obytných budov se bere v úvahu stínění nejen dle současného stavu okolí, ale také možnost pozdějších změn v případě realizace výstavby podle podmínek územního rozhodnutí nebo podle regulačního plánu, popř. územního plánu, jsou-li pro dané území schváleny.“

¹⁷ „Prolukou se rozumí dočasně nezastavěný prostor ve stávající souvislé zástavbě, který je určen k zastavění. Pro nezastavěné nároží (např. při blokové zástavbě) lze použít termín rohová proluka.“ (ČSN [9] poznámka k čl. 4.3.4)

5.2.3 Aplikace

Předpokladem následujícího textu je hypotetická situace, že navržený bytový dům (obrázky č. 2, 3, 4, 5) je možné orientovat ke světovým stranám bez jakéhokoliv omezení. Při volbě orientace bytového domu ke světovým stranám bude podstatná orientace oken v dispozičně shodných bytech č. 5 a 8 umístěných nad sebou ve 2. a 3. nadzemním podlaží (obrázek č. 62), protože okna obytných místností těchto bytů jsou navržena pouze jedním směrem. Zcela nepřijatelné tak bude, aby okna bytů č. 5 a 8 směřovala na sever, kde by proslunění bytů č. 5 a 8 bylo nulové a požadavek na proslunění alespoň jedné třetiny součtu podlahových ploch všech obytných místností bytu (vyhláška [1] § 13; ČSN [9] čl. 4.3.1) by



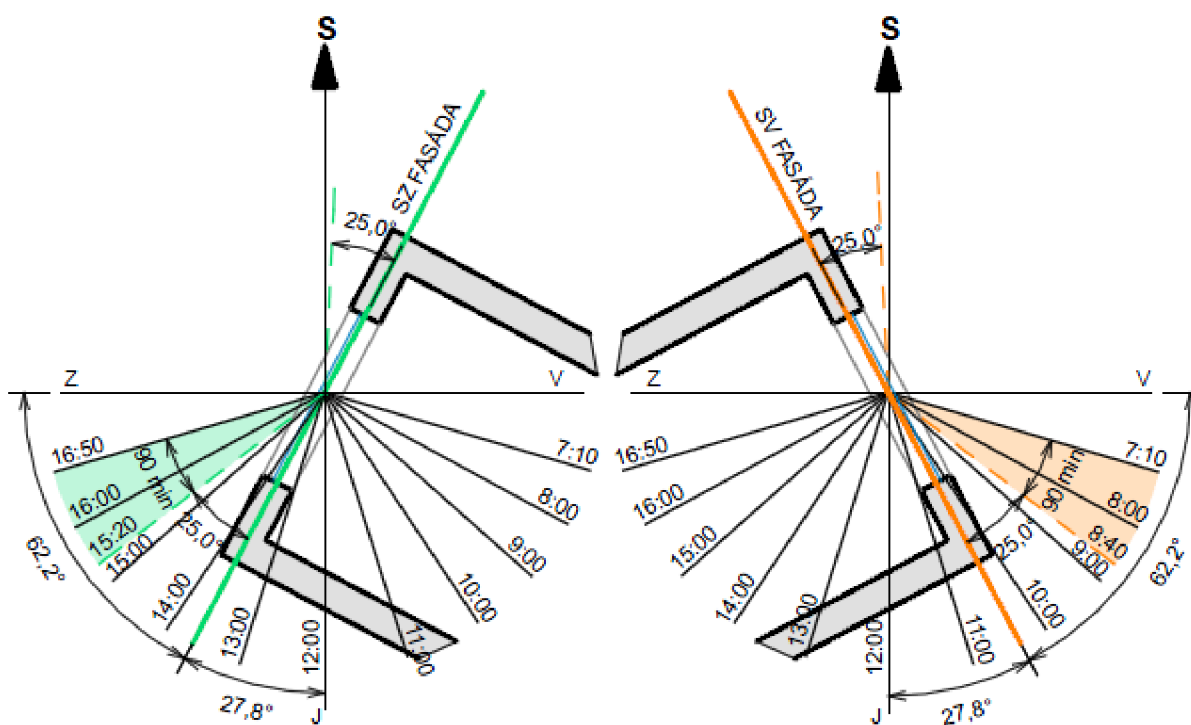
Obrázek č. 62: Možné orientace bytového domu ke světovým stranám

zde nemohl být splněn.

Zároveň by z hlediska proslunění nebylo vhodné orientovat na sever balkonové sestavy z obývacích pokojů zbývajících bytů (byty č. 1, 2, 3, 4, 6, 7). V případě dispozičně shodných bytů č. 1, 3 a 6 umístěných v jednotlivých nadzemních podlažích nad sebou (obrázek č. 62) by při severní orientaci balkonové sestavy v obývacím pokoji nebyly tyto byty prosluněny. Celková plocha obytných místností každého z těchto bytů je 49,49 m², přičemž plocha obývacího pokoje je 35,11 m² (tj. 70,9 % celkové obytné plochy bytu). Vzhledem

k tomu, že byt je prosluněn, je-li prosluněna alespoň jedna třetina součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností (vyhláška [1] § 13; ČSN [9] čl. 4.3.1), je nutné, aby obývací pokoj tohoto bytu byl prosluněn. Proslunění obývacího pokoje by ovšem bylo zajištěno pouze menším z oken, které by bylo sice orientováno na východ, ale jeho plocha (tj. $2,25 \text{ m}^2$) by byla menší než jedna desetina plochy místnosti, a proto by nebyla splněna podmínka proslunění uvedená v ČSN [9] čl. 4.3.2 písm. b). V případě, že by tedy balkonová sestava v obývacím pokoji byla orientována na sever, musela by se plocha menšího okna zvětšit a/nebo by ve východně orientované stěně muselo být navrženo další okno tak, aby celková plocha oken byla alespoň rovna jedné desetinné plochy obývacího pokoje.

Z hlediska orientace objektu ke světovým stranám nebude optimální zvolit ani jihovýchodní nebo jihozápadní orientaci části domu, ve které se nenachází okna obytných místností (obrázek č. 62). Při takovéto orientaci bytového domu ke světovým stranám by jedna ze tří fasád, ve které jsou umístěna okna obytných místností, směřovala na severozápad a druhá na severovýchod, což není vhodné. U severovýchodní nebo severozápadní orientace oken obytných místností je dodržení minimální doby proslunění 90 minut k datu 1. března podle požadavků čl. 4.3.2 písm. e) ČSN [9] podmíněno tím, aby půdorysný úhel směru jih-sever s hlavní přímkou roviny okenního otvoru byl maximálně $27,8^\circ$ v případě, že nedochází ke stínění překážkami (viz obrázek č. 63). Čím víc bude okno orientováno na sever, tím bude doba proslunění kratší.



Pozn.: Sever je uvažován včetně zahrnutí meridiánové konvergence.

Obrázek č. 63: Proslunění k datu 1. 3. pro severovýchodní (SV) a severozápadní (SZ) fasádu

V úvahu tak přichází orientace oken bytů č. 5 a 8 směrem na jih, jihovýchod, východ nebo severovýchod (obrázek č. 62).

Popis modelových situací

V příloze C je posouzeno proslunění obytných místností pro 8 situací, ve kterých jsou uvažovány okolní stínící budovy umístěné podle situace na obrázku č. 45. Výška stínících budov (označení *h* v obrázku č. 45) je 10 m nebo 13 m a budovy jsou umístěny ve vzdálenosti 18 m (označení *A, B* v obrázku č. 45) od posuzovaného bytového domu. Modelové situace pro posouzení proslunění tedy byly zvoleny stejně, jako byly uvažovány budovy při posouzení denního osvětlení v modelových situacích č. 3 a č. 7. Rozdíly mezi modelovými situacemi jsou shrnuty v tabulce č. 73.

Posuzovaný bytový dům je uvažován podle obrázků č. 2 až 5. Kritický bod je umístěn v rovině vnitřního zasklení ve výšce 1 200 mm nad úrovní podlahy posuzované místnosti.

Tabulka č. 73: Modelové situace pro posouzení proslunění bytů

modelová situace	1	2	3	4	5	6	7	8
orientace oken bytů č. 5 a 8	J		JV		V		SV	
výška stínících budov (<i>h</i>)	10 m	13 m	10 m	13 m	10 m	13 m	10 m	13 m

Vzhledem k tomu, že doba proslunění se odvíjí od přesné orientace objektu ke světovým stranám, je orientace uvedená v tabulce č. 73 pouze přibližná a přesná orientace bytového domu v jednotlivých modelových situacích je patrná z hodnocení objektu v příloze C. Orientace oken v modelových situacích č. 3, 4, 7 a 8 byla zvolena tak, aby doba proslunění obytných místností, jejichž okna jsou orientována pouze na severovýchod nebo severozápad, byla přesně 90 minut v případě, že dobu proslunění nebudou zkracovat stínící překážky (obrázek č. 63).

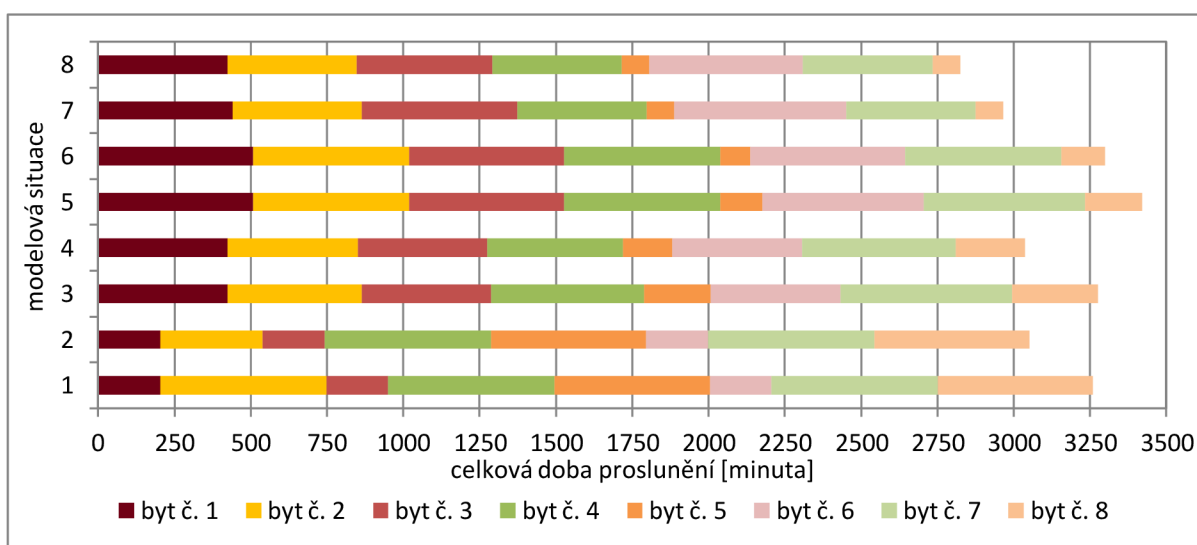
Srovnání jednotlivých modelových situací

Při zvolených orientacích bytového domu v modelových situacích č. 1 až 8 bude prosluněna vždy větší plocha obytných místností bytu než je jedna třetina součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností a tedy všechny byty ve všech modelových situacích budou splňovat požadavky vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] a ČSN 73 4301 [9] na proslunění bytů. Vyhodnocení jednotlivých modelových situací je provedeno v příloze C.

Srovnání celkové doby proslunění jednotlivých bytů je uvedeno v tabulce č. 74 a v grafu na obrázku č. 64.

Tabulka č. 74: Celková doba proslunění bytů v jednotlivých modelových situacích

byt	modelová situace							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	203	203	424	424	508	508	440	424
2	545	336	440	428	511	511	424	424
3	203	203	424	424	508	508	510	443
4	545	545	500	443	511	511	424	424
5	508	508	220	163	138	99	90	90
6	203	203	424	424	529	508	563	505
7	545	545	562	505	529	511	424	424
8	508	508	282	225	187	142	90	90
celkem	3260	3051	3276	3030	3421	3296	2965	2821



Obrázek č. 64: Celková doba proslunění bytů v jednotlivých modelových situacích

Jako nejméně vhodná se z pohledu proslunění bytů č. 5 a 8 jeví orientace oken těchto dvou bytů na **severovýchod** (modelové situace č. 7 a 8). Při takto zvolené orientaci oken by byl byt prosluněn pouze díky proslunění obývacího pokoje (místnost č. 215, 315), jehož plocha je větší než jedna třetina součtu podlahových ploch všech obytných místností bytu. Obývací pokoj by byl ovšem prosluněn pouze v délce 90 minut, což je minimum požadované normou 73 4301 [9]. Ložnice (místnost č. 217, 317) těchto bytů by neměla dostatečné proslunění, protože by doba jejího proslunění byla zkrácena okolní stínící zástavbou pod ČSN 73 4301 [9] požadovaných 90 minut. Na proslunění obývacího pokoje by okolní zástavba neměla vliv. Ve všech ostatních bytech by byly prosluněny všechny obytné místnosti.

Naopak nejdéle by byty č. 5 a 8 byly prosluněny v případě **jižní** orientace oken jejich obytných místností (modelové situace č. 1 a 2). Obývací pokoj i ložnice (místnosti č. 215, 217, 315, 317) těchto bytů by byly prosluněny 508 minut a okolní zástavba by nezpůsobovala

zkrácení doby proslunění těchto místností. Nicméně takto zvolená orientace bytového domu by způsobila, že ložnice (místnosti č. 105, 204 a 304) bytů č. 1, 3 a 6 by byly orientovány na sever a jejich proslunění by tak bylo nulové. Na proslunění bytů č. 1, 3 a 6 by tato skutečnost ovšem neměla vliv, protože byty by měly zajištěno proslunění v délce 203 minut u obývacího pokoje (místnosti č. 106, 205, 305), jehož plocha činí 70,9 % součtu ploch všech obytných místností bytu. Všechny ostatní obytné místnosti dalších bytů jsou v modelových situacích č. 1 a 2 prosluněny nejméně 203 minut.

V modelových situacích č. 3 a 4 jsou okna bytů č. 5 a 8 orientována na **jihovýchod** a doba proslunění obou obytných místností těchto bytů by byla:

- u bytu č. 5 ve 2. nadzemním podlaží:
 - 220 minut v případě okolní zástavby vysoké 10 m;
 - 163 minut v případě okolní zástavby vysoké 13 m;
- u bytu č. 8 ve 3. nadzemním podlaží:
 - 282 minut v případě okolní zástavby vysoké 10 m;
 - 225 minut v případě okolní zástavby vysoké 13 m.

Rovněž obytné místnosti všech ostatních bytů budou v modelových situacích č. 3 a 4 prosluněny. Nejkratší dobu proslunění v délce 90 minut by měly ložnice (místnosti č. 105, 204 a 304) v bytech č. 1, 3 a 6, jejichž okna by v těchto modelových situacích byla orientována na severozápad.

Při **východní** orientaci oken bytů č. 5 a 8 v modelových situacích č. 5 a 6 by proslunění těchto bytů bylo:

- u bytu č. 5 ve 2. nadzemním podlaží:
 - 138 minut v případě okolní zástavby vysoké 10 m;
 - 99 minut v případě okolní zástavby vysoké 13 m;
- u bytu č. 8 ve 3. nadzemním podlaží:
 - 187 minut v případě okolní zástavby vysoké 10 m;
 - 142 minut v případě okolní zástavby vysoké 13 m.

V modelových situacích č. 5 a 6 jsou všechny obytné místnosti prosluněny déle než 90 minut s výjimkou místnosti č. 111 v bytu č. 2 v modelové situaci č. 8. Proslunění bytu č. 2 ovšem zůstane vyhovující, protože prosluněna bude stále větší plocha obytných místností bytu, než je jedna třetina součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností.

V grafu na obrázku č. 64 je znázorněno, jak se v jednotlivých modelových situacích liší celková doba proslunění. V součtu **nejkratší doba proslunění všech bytů** by byla v modelových situacích č. 7 a 8, kdy jsou okna bytů č. 5 a 8 orientována na severovýchod. Naopak **nejdelší doba proslunění** všech bytů v bytovém domě by byla v modelové situaci č. 5 a 6, kdy jsou okna bytů č. 5 a 8 orientována na východ.

Vliv okolní zástavby na dobu proslunění

Z posouzení uvedených v příloze C je zřejmé, že okolní zástavba ve vzdálenosti 18 m a výšky 10 m (modelové situace č. 1, 3, 5 a 7) nebo 13 m (modelové situace č. 2, 4, 6 a 8) může způsobit v závislosti na orientaci objektu ke světovým stranám zkrácení doby proslunění.

Okolní zástavba nemá vliv na proslunění obytných místností se severozápadně orientovanými okny bytů č. 1, 3 a 6 v modelových situacích č. 3 a 4.

U severovýchodní orientace oken bytů č. 5 a 8 v modelových situacích č. 7 a 8 budou mít okolní budovy vliv pouze na proslunění místností č. 217 a 317 a doba jejich proslunění se oproti stavu, kdy by nebyly stíněny okolní zástavbou, zkrátí z 90 minut na:

- 64 minut (okolní zástavba bude stínit v době od 7:10 hodin do 7:36 hodin);
 - u místnosti č. 217 ve 2. nadzemním při výšce okolních budov 10 m i 13 m (modelová situace č. 7 i 8),
 - u místnosti č. 317 ve 3. nadzemním podlaží při výšce okolní zástavby 13 m (modelová situace č. 8);
- 84 minut (okolní zástavba bude stínit v době od 7:10 hodin do 7:16 hodin)
 - u místnosti č. 317 ve 3. nadzemním podlaží při výšce okolní zástavby 10 m (modelová situace č. 7).

Nejvíce se projeví stínění okolní zástavbou v případě 10 m vysokých okolních budov ve srovnání se stavem bez okolní zástavby v případě:

- jihozápadně orientovaných oken v modelové situaci č. 7, kdy okna místností č. 105 a 106 budou stíněna v době od 14:30 hodin do 16:50 hodin (tj. 140 minut) a zůstanou prosluněna v době od 11:50 hodin do 14:30 hodin (tj. 160 minut);
- jihovýchodně orientovaných oken v modelové situaci č. 3, kdy okna místností č. 107, 109 a 111 bude okolní zástavba zastiňovat v době od 7:10 hodin do 9:30 hodin (tj. 140 minut) a budou prosluněna v době od 9:30 hodin do 12:10 hodin;

U 13 m vysoké okolní zástavby bude stínění posouzených obytných místností nejméně v modelové situaci č. 2. Zatímco okolní budovy vysoké 10 m neměly na dobu proslunění bytového domu vliv (modelová situace č. 1), u 13 m vysoké okolní zástavby (modelová situace č. 2) došlo ke snížení doby proslunění u jižně orientovaných oken obytných místností bytu č. 2 v 1. nadzemním podlaží. Nejdéle bude okolní zástavba zastiňovat místnost č. 109, kterou bude protější objekt stínit v době od 9:33 hodin do 14:20 hodin (tj. 287 minut). Doba proslunění obytné místnosti č. 109 ovšem stále zůstane 3 hodiny 41 minut, což je výrazně více než minimum požadované ČSN 73 4301 [9]. Ve 2. a 3. nadzemním podlaží se vliv zvýšení okolní zástavby o 3 m u jižně orientovaných oken v modelové situaci č. 2 neprojeví a doba proslunění zůstane stejná jako u 10 m vysokých budov.

Z pohledu proslunění se tak jako podstatnější jeví snížení doby proslunění vlivem 13 m vysoké okolní zástavby u místnosti č. 111 (byt č. 2) v případě modelové situace č. 6. Okno v místnosti č. 111 je v této modelové situaci orientováno směrem na východ a tato místnost je prosluněna od 9:08 hodin do 10:32 hodin (tj. 84 minut). V případě 10 m vysoké okolní zástavby (modelová situace č. 5) byla místnost č. 111 prosluněna od 8:55 hodin do 10:32 hodin (tj. 97 minut). Oproti 10 m vysoké okolní zástavbě (modelová situace č. 5) se sice doba proslunění zkrátila jen o 13 minut, ale doba proslunění je kratší než minimálních 90 minut požadovaných ČSN 73 4301 [9]. Proslunění bytu č. 2 ovšem zůstane vyhovující, protože prosluněna bude stále větší plocha obytných místností bytu, než je jedna třetina součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností.

Vliv vlastních předsazených konstrukcí na dobu proslunění

V posouzených modelových situacích měly vlastní předsazené konstrukce budovy vliv na dobu proslunění pouze v případě modelových situací č. 3 a 4 v případě jihovýchodně orientovaných oken v místnostech č. 107, 208 a 308. Nedošlo ovšem ke zkrácení doby proslunění u okna, nad kterým je předsazená konstrukce, ale u okna sousedního. U ovlivněného okna došlo ve všech třech uvedených místnostech ke zkrácení doby proslunění o 17 minut.

Závěrečné zhodnocení

- Zatímco při posouzení denního osvětlení musí všechny obytné místnosti splňovat požadavky na vyhovující denní osvětlení (vyhláška [1] § 11 a § 12; ČSN [54]; ČSN [55]), při posouzení proslunění je u bytu dostačující, aby prosluněna byla alespoň jedna třetina součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností (vyhláška [1] § 13; ČSN [9] čl. 4.3.1).
- Při porovnání výsledků posouzení denního osvětlení a proslunění je patrné, že obytná místnost, která má proslunění vyhovující požadavkům ČSN 73 4301 [9], nemusí mít denní osvětlení vyhovující požadavkům ČSN 73 0580-2 [55] a naopak. Například místnost č. 111 měla kromě jedné modelové situace vždy nevyhovující denní osvětlení, naopak požadavky na proslunění byly v této obytné místnosti až na jednu modelovou situaci vždy splněny.
- Pro prodloužení doby proslunění lze doporučit:
 - vzhledem k tomu, že při návrhu **proslunění** je podstatná orientace objektu ke světovým stranám, je nutné při umístění objektu do území zvážit jeho dispoziční řešení a snažit se vyhnout umístění oken obytných místností na neprosluněnou stranu. Případně navrhnout na prosluněnou stranu alespoň jednu třetinu součtu podlahových ploch místností bytu;
 - novostavby umísťovat tak, aby jejich odstupové vzdálenosti od okolní zástavby byly dostatečné a to s ohledem nejen na délku proslunění novostavby, ale i možného vlivu novostavby na okolní zástavbu;
 - v případě, že novostavba způsobuje snížení proslunění u okolní zástavby pod požadavky ČSN 73 4301 [9] a nelze zvýšit odstupové vzdálenosti, přichází v úvahu změna tvarového a výškového řešení novostavby.

6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vytvoření pomůcky pro lepší orientaci ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. [1] při řešení problematiky zděných a monolitických staveb pro bydlení z hlediska stavební fyziky. Vzhledem k tomu, že stavební fyzika představuje značně širokou oblast skládající se z tepelné ochrany budov, akustiky, denního osvětlení a proslunění, rozhodla jsem se i tuto práci rozdělit do tří hlavních velkých celků: Tepelná ochrana budov, Akustika (ochrana proti hluku), Denní osvětlení a proslunění budov. V každé z těchto částí jsou vysvětleny základní pojmy a uvedeny požadavky legislativy a norem na dodržení limitních hodnot.

Pro lepší názornost, co si lze pod jednotlivými požadavky stavební fyziky představit, byla v průběhu zpracování práce sestavena řada porovnání, tabulek a grafů, které by měly problematiku stavební fyziky při řešení monolitických a zděných staveb pro bydlení přiblížit lépe a konkrétněji než samotné definice.

V části Tepelná technika a Akustika jsou porovnávány tepelně technické a zvukoizolační vlastnosti různých druhů konstrukcí. Pomocí grafických výstupů z programu Area je přiblíženo, k jakým změnám v teplotních polích konstrukce může docházet při volbě různého způsobu zateplení konstrukce. Poměrně velká část práce je také věnována problematice kondenzace a vypařování vodní páry v konstrukci v závislosti na návrhové teplotě a relativní vlhkosti vzduchu v interiéru a v exteriéru. Dále jsou v kapitole Tepelná technika uvedeny příklady týkající se poklesu dotykové teploty podlahy a tepelné stability místnosti v letním a zimním období.

Část Akustika se zabývá především vzduchovou a kročejovou neprůzvučností stavebních konstrukcí ve vztahu k požadavkům, které jsou obsaženy v normách a legislativě.

V kapitole denní osvětlení a proslunění staveb je pomocí příkladu přiblíženo, jaký vliv mohou mít různé stínící překážky na délku proslunění místností a na hodnotu činitele denní osvětlenosti v interiéru místností.

Práce jako celek představuje poměrně ucelený přehled požadavků stavební fyziky, které se vztahují na řešení problematiky zděných a monolitických staveb pro bydlení a na které se odvolává vyhláška č. 268/2009 Sb. ve svých ustanoveních. V tomto smyslu lze tedy zpracovanou práci chápat jako pomůcku pro lepší orientaci ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. při řešení problematiky zděných a monolitických staveb pro bydlení z hlediska stavební fyziky.

7 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Nákres balkonu

Příloha B: Denní osvětlení

Příloha C: Proslunění

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

aj.	a jiné
atd.	a tak dále
č.	číslo
č. d. o.	činitel denního osvětlení
čl.	článek
ČSN	česká technická norma
EPS	expandovaný polystyren
ETICS	vnější tepelně izolační kontaktní systém
J	jih
JV	jihovýchod
JZ	jihozápad
m <i>n.m.</i>	metrů nad mořem
mPVC-P	měkčený polyvinyl chlorid
např.	například
odst.	odstavec
P+D	pero a drážka
PE	polyetylen
písm.	písmeno
popř.	po případě
S	sever
Sb.	Sbírka zákonů České republiky
SV	severovýchod
SZ	severozápad
tj.	to je
tzn.	to znamená
tzv.	tak zvaný

V	východ
vyhl.	vyhláška
VZT	vzduchotechnika
XPS	extrudovaný polystyren
Z	západ
zák.	zákon

8.1.1 Tepelná ochrana budov

b	činitel teplotní redukce
b	tepelná jímavost materiálu
B	tepelná jímavost jednovrstvé podlahy
c	měrná tepelná kapacita
d	tloušťka
e_1	součinitel typu budovy
f_{Rsi}	teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce
$f_{Rsi,cr}$	kritický teplotní faktor vnitřního povrchu
$f_{Rsi,N}$	požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu
H_T	měrná ztráta prostupem tepla
L	tepelná propustnost
L^{2D}	lineární tepelná propustnost
m'	plošná hmotnost
M_c	roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce
$M_{c,N}$	maximální požadované množství vodní páry uvnitř stavební konstrukce
M_{ev}	roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce
n_{50}	celková intenzita výměny vzduchu
$n_{50,n}$	doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakové rozdílu 50 Pa
R	tepelný odpor
R_{se}	odpor mezní vzduchové vrstvy přilehlé ke stavební konstrukci při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si}	odpor mezní vzduchové vrstvy přilehlé ke stavební konstrukci při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
U	součinitel prostupu tepla
U_{em}	průměrný součinitel prostupu tepla

$U_{em,N}$	požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla
$U_{em,rec}$	doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu
U_N	požadovaná hodnota součinitele prostupu
$U_{pas,20}$	doporučené hodnoty součinitele prostupu pro pasivní budovy
$U_{rec,20}$	doporučené hodnoty součinitele prostupu
U_w	součinitel prostupu tepla okna
ΔU	korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů
$\Delta\theta_{v(t)}$	pokles výsledné teploty kritické místnosti (vnitřního prostoru) v zimním období na konci doby chladnutí
$\Delta\theta_{10}$	poklesu dotykové teploty
$\Delta\theta_{10,N}$	požadovaný pokles dotykové teploty podlahy
$\Delta\theta_{v,N(t)}$	požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty místnosti v zimním období
θ_{ai}	teplota vnitřního vzduchu
$\theta_{ai,max}$	nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období
$\theta_{ai,max,N}$	požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období
θ_e	teplota venkovního vzduchu
θ_{im}	návrhová vnitřní teplotou
θ_{si}	vnitřní povrchová teplota konstrukce
λ	součinitel tepelné vodivosti
μ	faktor difúzního odporu
ρ	objemová hmotnost
φ_i	návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu
χ	bodový činitel prostupu tepla
χ_N	požadovaná hodnota bodového činitele prostupu tepla
χ_{pas}	doporučená hodnota bodového činitele prostupu tepla pro pasivní budovy
χ_{rec}	doporučená hodnota bodového činitele prostupu tepla
Ψ	lineární činitel prostupu tepla
Ψ_N	požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla
Ψ_{pas}	doporučená hodnota lineárního činitele prostupu tepla pro pasivní budovy
Ψ_{rec}	doporučená hodnota lineárního činitele prostupu tepla

8.1.2 Akustika

c rychlost

$D_{nT,w}$	vážený normalizovaný rozdíl hladin
f	kmitočet
f_m	střední kmitočet
I	intenzita zvuku
I_0	prahová hodnota slyšení intenzity zvuku
k	korekce
K_A	korekce váhového filtru A
L	hladina
$L'_{n,w}$	vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku
$L'_{nT,w}$	vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku
L_A	hladina akustického tlaku frekvenčně vážená filtrem A
$L_{A,eq,2m}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku určená 2 m před fasádou
$L_{Aeq,T}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A
L_{Amax}	maximální hladinou akustického tlaku A
$L_{Ceq,T}$	ekvivalentní hladiny akustického tlaku C
m'	plošná hmotnost
p_0	akustický tlak při prahu slyšení
p_s	statický atmosférický tlak
p_t	okamžitý akustický tlak
R'_w	vážená stavební neprůzvučnost
$R'_{w,F}$	výsledná neprůzvučnost obvodového pláště v chráněné místnosti
R_w	vážená neprůzvučnost (laboratorní)
S	plocha
S_F	celková plocha obvodového pláště místnosti
S_o	plocha oken
S_W	plocha obvodového pláště místnosti bez oken
T	perioda, doba trvání jednoho kmitu
W	akustický výkon
W_0	prahová hodnota slyšení akustického výkonu
λ	vlnová délka

8.1.3 Denní osvětlení

A	odstupová vzdálenost budov
B	odstupová vzdálenost budov

D	činitel denní osvětlenosti
D_e	vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti
$\underline{D_e}$	vnější odražená složka činitele denní osvětlenosti bez světelných ztrát
D_i	vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti
D_m	průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti
D_s	oblohová složka činitele denní osvětlenosti
$\underline{D_s}$	oblohová složka činitele denní osvětlenosti bez světelných ztrát
D_w	činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany
D_{wp}	složka činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany odražená od stínící překážky
D_{ws}	oblohová složka činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany
D_{wt}	oblohová složka činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany odražená od terénu
E	osvětlenost v kontrolním bodě
E_h	osvětlenost venkovní vodorovné nezacloněné roviny
h	výška budov
ρ	činitel odrazu světla
τ_0	činitele prostupu světla
τ_b	činitel prostupu světla vlivem stínění konstrukcí budov
τ_c	činitel ztrát světla vlivem zařízení pro regulaci
τ_k	činitel ztrát světla stíněním částmi konstrukce osvětlovacího otvoru nepropouštějícími světlo
$\tau_{s,\psi}$	činitel prostupu světla zasklením
τ_v	činitel prostupu světla stíněním zařízení vnitřního prostoru body
τ_z	činitel znečištění

8.1.4 Proslunění

A	odstupová vzdálenost budov
A_0	azimut
B	odstupová vzdálenost budov
C	meridiánová konvergence
h	výška budov

h_0 výška Slunce nad horizontem
 λ zeměpisná délka

8.2 SEZNAM TABULEK

- Tabulka č. 1: Ustanovení vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1], která se týká požadavků na stavby z oblasti stavební fyziky 20
- Tabulka č. 2: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu od 18 °C do 22 °C včetně (ČSN [10] tabulka 3, doplněny vysvětlivky) 32
- Tabulka č. 3: Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně (ČSN [10] tabulka 5, upraveno) 36
- Tabulka č. 4: Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi (ČSN [10] tabulka 6) 37
- Tabulka č. 5: Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$ (ČSN [10] tabulka 1) 40
- Tabulka č. 6: Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$ pro návrhovou vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$ (ČSN [10] tabulka 2) 40
- Tabulka č. 7: Stanovení $M_{c,N}$ (sestaveno na základě požadavků uvedených v čl. 6.1.2 ČSN [10]) 41
- Tabulka č. 8: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ (ČSN [10] tabulka 10) 43
- Tabulka č. 9: Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období 44
- Tabulka č. 10: Kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10,N}$ (ČSN [10] tabulka 7) 46
- Tabulka č. 11: Kategorie podlah – požadované a doporučené hodnoty (ČSN [10] tabulka 8, zkráceno pouze pro obytné budovy) 46
- Tabulka č. 12: Hodnocení součinitele prostupu tepla U 52
- Tabulka č. 13: Vybrané vlastnosti materiálů nosné části obvodových stěn 53
- Tabulka č. 14: Skladba obvodových stěn 54

- Tabulka č. 15: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] obvodových stěn v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 W/(m \cdot K)$) 55
- Tabulka č. 16: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] obvodových stěn v závislosti na tloušťce d [m] grafitového polystyrenu ($\lambda = 0,032 W/(m \cdot K)$) 56
- Tabulka č. 17: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro vnitřní stěny v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 W/(m \cdot K)$) 60
- Tabulka č. 18: Skladba konstrukce podlahy přilehlé k zemině 61
- Tabulka č. 19: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro podlahu přilehlou k zemině v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace XPS ($\lambda = 0,036 W/(m \cdot K)$) 62
- Tabulka č. 20: Skladba stropní konstrukce nad nevytápěnými prostory včetně podlahy .. 63
- Tabulka č. 21: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro strop nad nevytápěným prostorem (zateplení pomocí kontaktního zateplení) v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 W/(m \cdot K)$)..... 64
- Tabulka č. 22: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro strop nad nevytápěným prostorem (tepelná izolace mezi stropem a roznášecí vrstvou podlahy z betonové mazaniny) v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace XPS ($\lambda = 0,036 W/(m \cdot K)$) 65
- Tabulka č. 23: Skladba střešní konstrukce včetně stropu..... 66
- Tabulka č. 24: Hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$] pro plochou jednoplášňovou střechu v závislosti na tloušťce d [m] tepelné izolace EPS 100 S Stabil ($\lambda = 0,037 W/(m \cdot K)$) 67
- Tabulka č. 25: Vybrané parametry dřevěných, plastových a hliníkových oken (sestaveno podle údajů [25])..... 69
- Tabulka č. 26: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro posuzovaný objekt s konstrukcemi navrženými na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ dle požadavků ČSN 73 0540-2 [10] 72
- Tabulka č. 27: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro posuzovaný objekt s konstrukcemi navrženými na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ dle požadavků ČSN 73 0540-2 [10] 73

- Tabulka č. 28: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro posuzovaný objekt s konstrukcemi navrženými na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{pas,20}$ doporučené pro pasivní budovy dle požadavků ČSN 73 0540-2 [10] 74
- Tabulka č. 29: Tloušťky tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) pro zateplení obvodových stěn na dané hodnoty součinitele prostupu tepla U 77
- Tabulka č. 30: Vliv návrhové teploty exteriéru na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce, hodnoceno pro roh stěn při teplotě interiéru $+20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ a zateplení obvodových stěn na hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 77
- Tabulka č. 31: Vliv hodnoty součinitele prostupu tepla U na hodnotu nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce, hodnoceno pro venkovní návrhovou teplotu: $\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ a návrhovou teplotu vnitřního vzduchu: $\theta_i = +20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ 79
- Tabulka č. 32: Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi pro roh vnějších stěn 82
- Tabulka č. 33: Skladba konstrukce balkonu 83
- Tabulka č. 34: Skladba a parametry obvodových konstrukcí pro posouzení kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce 89
- Tabulka č. 35: Popis situací pro posouzení kondenzace vodní páry v konstrukci 89
- Tabulka č. 36: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 1 91
- Tabulka č. 37: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 2 92
- Tabulka č. 38: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 3 92
- Tabulka č. 39: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 4 93
- Tabulka č. 40: Kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce v modelové situaci č. 5 93
- Tabulka č. 41: Varianty pro hodnocení dotykové teploty podlahy 99
- Tabulka č. 42: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby a roznášecí vrstvou z betonové mazaniny 100

- Tabulka č. 43: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z keramické dlažby a roznášecí vrstvou z OSB desek 100
- Tabulka č. 44: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z marmolea a roznášecí vrstvou z betonové mazaniny 101
- Tabulka č. 45: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou z marmolea a roznášecí vrstvou z OSB desek..... 101
- Tabulka č. 46: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou ze dřeva a roznášecí vrstvou z betonové mazaniny 102
- Tabulka č. 47: Skladba podlahy s nášlapnou vrstvou ze dřeva a roznášecí vrstvou z OSB desek..... 102
- Tabulka č. 48: Tloušťky tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 \text{ W//m}\cdot\text{K}$) pro hodnocení tepelné stability místnosti 107
- Tabulka č. 49: Skladba podlahy v místnosti č. 308 108
- Tabulka č. 50: Skladba vnitřních nosných stěn – místnost č. 308 108
- Tabulka č. 51: Skladba příček – místnost č. 308 108
- Tabulka č. 52: Skladba mezibytové stěny 112
- Tabulka č. 53: Příklady hladin akustického tlaku ([33] tab. 1 na str. 65) 119
- Tabulka č. 54: Korekce pro stanovení hygienického limitu ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a maximální hladiny akustického tlaku A v chráněných vnitřních prostorech obytných místností 127
- Tabulka č. 55: Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru (nařízení vlády [37] příloha 3, část A, zkráceno pouze pro obytné budovy) 129
- Tabulka č. 56: Veličiny pro posouzení vzduchové neprůzvučnosti (sestaveno podle ČSN [41] čl. 5.1)..... 131
- Tabulka č. 57: Veličiny pro posouzení kročejové neprůzvučnosti (sestaveno podle ČSN [41] čl. 5.2)..... 132
- Tabulka č. 58: Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách (ČSN [41] tabulka 1, zkráceno pouze pro obytné místnosti, nejsou uvedeny poznámky)..... 133

- Tabulka č. 59: Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov (ČSN [41] tabulka 2, zkráceno pouze pro obytné místnosti)..... 134
- Tabulka č. 60: Stanovení požadavků na neprůzvučnost oken a dalších prvků obvodového pláště (ČSN [41] tabulka 3) 135
- Tabulka č. 61: Třídy zvukové izolace oken (ČSN [41] tabulka 4) 135
- Tabulka č. 62: Vzduchová neprůzvučnost mezibytových stěn..... 140
- Tabulka č. 63: Tepelně technické vlastnosti mezibytových stěn..... 140
- Tabulka č. 64: Vzduchová neprůzvučnost příček mezi místnostmi téhož bytu 142
- Tabulka č. 65: Vzduchová a kročejová neprůzvučnost stropů bez podlah..... 145
- Tabulka č. 66: Vzduchová a kročejová neprůzvučnost stropů včetně podlahy 146
- Tabulka č. 67: Minimální hodnoty laboratorní neprůzvučnosti okna v místnosti č. 206 pro dosažení požadované hodnoty zvukové izolace obvodového pláště pro obytné místnosti 150
- Tabulka č. 68: Požadované nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna (ČSN [54] tabulka B.1, upraveno) 161
- Tabulka č. 69: Modelové situace pro posouzení denního osvětlení 162
- Tabulka č. 70: Umístění místností vůči překážkám v modelových situacích 3 až 7 164
- Tabulka č. 71: Přehled místností, u kterých hodnoty činitele denní osvětlenosti nesplnily požadavky ČSN 73 0580-2 [55] 177
- Tabulka č. 72: Návrh oken pro splnění minimálních požadavků podle ČSN 73 0580-2 [55]
177
- Tabulka č. 73: Modelové situace pro posouzení proslunění bytů..... 191
- Tabulka č. 74: Celková doba proslunění bytů v jednotlivých modelových situacích..... 192

8.3 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek č. 1: Srovnání tepelného odporu konstrukce v závislosti na směru tepelného toku a prostředí, které konstrukce oddělují 28
- Obrázek č. 2: Schéma půdorysu suterénu..... 48
- Obrázek č. 3: Schéma půdorysu 1. nadzemního podlaží..... 49
- Obrázek č. 4: Schéma půdorysu 2. a 3. nadzemního podlaží 50
- Obrázek č. 5: Schematický řez A-A' bytovým domem 51
- Obrázek č. 6: Hodnoty součinitele prostupu tepla U v závislosti na tloušťce tepelné izolace EPS-F ($\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)..... 57
- Obrázek č. 7: Hodnoty součinitele prostupu tepla U v závislosti na tloušťce tepelné izolace z grafitového polystyrenu ($\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) 57
- Obrázek č. 8: Rozdělení bytového domu na zónu s prostory s převažující návrhovou teplotou $20,6 \text{ }^\circ\text{C}$ a prostory mimo tuto zónu 71
- Obrázek č. 9: Průběh teplot v rohu obvodových stěn z železobetonu a pórobetonu při tloušťce stěny 300 mm a zateplení na různé hodnoty součinitele prostupu tepla U 80
- Obrázek č. 10: Nákres hodnoceného rohu stěny..... 81
- Obrázek č. 11: Průběh teplot u balkonu bez zateplení balkonové desky 86
- Obrázek č. 12: Průběh teplot při zateplení spodní části balkonu..... 86
- Obrázek č. 13: Průběh teplot při zateplení horní části balkonu 87
- Obrázek č. 14: Průběh teplot při zateplení kolem balkonové desky 87
- Obrázek č. 15: Průběh teplot při použití isonosníku 88
- Obrázek č. 16: Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ pro konstrukce podle tabulky č. 34 se zateplením na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pro variantu s exteriérovou povrchovou úpravou ze silikonové omítky a s keramickým obkladem 96
- Obrázek č. 17: Roční množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$ pro konstrukce podle tabulky č. 34 se zateplením na hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pro variantu s exteriérovou povrchovou úpravou ze silikonové omítky a s keramickým obkladem 96

• Obrázek č. 18: Příklad rozložení relativní vlhkosti v rohu obvodové stěny	97
• Obrázek č. 19: Akumulované množství zkondenzované vlhkosti (na základě výpočtu v programu Area 2009 podle ČSN EN ISO 13788 [20])	98
• Obrázek č. 20: Pokles dotykové teploty podlahy nad vytápěným prostorem	103
• Obrázek č. 21: Pokles dotykové teploty podlahy nad nevytápěným prostorem zatepleným 2 cm tepelné izolace EPS-F	104
• Obrázek č. 22: Pokles dotykové teploty podlahy nad nevytápěným prostorem zatepleným 6 cm tepelné izolace EPS-F	104
• Obrázek č. 23: Pokles výsledné teploty místnosti č. 308 v zimním období v závislosti na délce otopné přestávky	110
• Obrázek č. 24: Schéma místností pro výpočet tepelné stability	111
• Obrázek č. 25: Srovnání vlivu žaluzií a předsazené konstrukce na nejvyšší denní teplotu vzduchu $\theta_{ai,max}$ v místnosti č. 306	114
• Obrázek č. 26: Hluk v interiéru budov (internet [29])	116
• Obrázek č. 52: Časový průběh harmonického kmitání ([36] obr. 1.1).....	117
• Obrázek č. 28: Celkový tlak p , statický atmosférický tlak p_s , akustický tlak p_t ([31] str. 12)	118
• Obrázek č. 29: Příklady zdrojů hluku a jejich vlivu na člověka (internet[36] str. 12).....	119
• Obrázek č. 55: Diagramy kmitočtových spekter (lit. [38] obr. 2).....	120
• Obrázek č. 31: Hluk s tónovou složkou	121
• Obrázek č. 57: Zvuk v závislosti na čase (lit. [38] obr. 3)	122
• Obrázek č. 33: Umístění obytných místností bytového domu z hlediska akustiky	136
• Obrázek č. 34: Srovnání stavební vážené vzduchové neprůzvučnosti R'_w mezi bytových stěn	141
• Obrázek č. 35: Srovnání hodnot součinitele prostupu tepla U mezi bytových stěn	141
• Obrázek č. 61: Tvárnice Porotherm ([19] str. 108, 115, 116)	143
• Obrázek č. 37: Možnosti skladby akustických stěn ([22] str. 40, [47] str. 18).....	144
• <i>Obrázek č. 38: Vzduchová neprůzvučnost stropních konstrukcí</i>	<i>147</i>

- Obrázek č. 39: Kročejová neprůzvučnost stropních konstrukcí 148
- Obrázek č. 26: Schematické znázornění složek činitele denní osvětlenosti (ČSN [26], obrázek A.4) 155
- Obrázek č. 27: Umístění kontrolních bodů při posouzení denního osvětlení v obytné místnosti..... 158
- Obrázek č. 28: Umístění kontrolních bodů u místností, které jsou osvětlovány okny ve dvou stýkajících se stěnách..... 159
- Obrázek č. 29: Umístění kontrolního bodu, úhel stínění ε a složky činitele denní osvětlenosti D_w zasklení okna z vnější strany (ČSN [26], obrázek B.1)..... 160
- Obrázek č. 30: Umístění kontrolního bodu (KB_{Dw}) při posouzení stínění stávajících vnitřních prostorů, pokud je před posuzovaným oknem stávající konstrukce 161
- Obrázek č. 31: Schematická situace..... 163
- Obrázek č. 32: Umístění místností vůči překážkám 163
- Obrázek č. 47: Činitel denní osvětlenosti v modelových situacích č. 1, 2, 3, 4 a 7..... 166
- Obrázek č. 34: Průběh izofot a umístění kontrolních bodů (vyznačeny elipsou) v místnostech č. 205 (osvětlovaná dvěma okny) a 206 (osvětlovaná jedním oknem)..... 167
- Obrázek č. 35: Průběh izofot a umístění kontrolních bodů (vyznačeny modrou elipsou) v místnosti č. 215 168
- Obrázek č. 36: Průběh izofot a umístění kontrolních bodů (vyznačeny modrou elipsou) v místnosti č. 105 169
- Obrázek č. 37: Oblohová složka denní osvětlenosti v místnostech č. 105, 204 a 304 ve 3., 4. a 7. modelové situaci 171
- Obrázek č. 52: Srovnání modelových situací č. 3 a 4; č. 5 a 6 173
- Obrázek č. 53: Činitel denní osvětlenosti v dispozičně obdobných místnostech č. 105, 204 a 304 umístěných v jednotlivých podlažích nad sebou 176
- Obrázek č. 40: Možná změna dispozice pro modelové situace č. 3 až 7 178
- Obrázek č. 55: Vliv změny dispozice na hodnoty činitel denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti č. 108 179

- Obrázek č. 56: Vliv změny dispozice na hodnoty činitel denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti č. 109 179
- Obrázek č. 57: Vliv změny dispozice na hodnoty činitel denní osvětlenosti v kontrolních bodech v místnosti č. 111 179
- Obrázek č. 44: Zdánlivý pohyb Slunce po obloze a souřadnice jeho polohy ([25] obr. 2) 184
- Obrázek č. 45: Význam meridiánové konvergence při stanovení doby proslunění obytné místnosti za podmínek uvedených v čl. 4.3.2 ČSN [9] pro datum 1. března u jižně orientované fasády bez stínících překážek 185
- Obrázek č. 46: Použití diagramu zastínění pro datum 1. března při stanovení doby proslunění obytné místnosti za podmínek uvedených v čl. 4.3.2 ČSN [9] 186
- Obrázek č. 47: Stanovení kontrolního bodu a úhlu neefektivního dopadu slunečního záření (ČSN [9] obrázek 2)..... 188
- Obrázek č. 48: Možné orientace bytového domu ke světovým stranám 189
- Obrázek č. 49: Proslunění k datu 1. 3. pro severovýchodní (SV) a severozápadní (SZ) fasádu..... 190
- Obrázek č. 64: Celková doba proslunění bytů v jednotlivých modelových situacích 192

9 POUŽITÉ POČÍTAČOVÉ PROGRAMY

- ARCHICAD 13
- Microsoft Office Excel 2007
- Microsoft Office Word 2007
- Neprůzvučnost 2005
- Svoboda Software 2009 (Teplo, Area, Simulace, Stabilita)
- WDLS 4.1

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 268/2009 Sb. ze dne 12. srpna 2009 o technických požadavcích na stavby. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2009, částka 81, s. 3702 – 3719. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=69147&fulltext=&nr=268~2F2009&part=&name=&rpp=15>. ISSN 1211-1244. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 183/2006 Sb. ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 63, s. 2226 – 2289. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=62549&fulltext=&nr=183~2F2006&part=&name=&rpp=15>. ISSN 1211-1244. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [3] HLAVNÍ MĚSTO PRAHA. Vyhláška č. 26/1999 Sb. hl. m. Prahy o obecných technických požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze. In: *Sbírka právních předpisů hlavního města Prahy*. 1999, částka 12/1999. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 22/1997 Sb. ze dne 24. ledna 1997 o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, částka 6, s. 128 – 136. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=44944&fulltext=&nr=22~2F1997&part=&name=&rpp=15>. ISSN 1211-1244. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [5] ČESKÁ REPUBLIKA. Nález Ústavního soudu č. 241/2009 Sb. ze dne 26. května 2009. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2009, částka 72, s. 3420 – 3435. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=69047&fulltext=&nr=241~2F2009&part=&name=&rpp=15>. ISSN 1211-1244.
- [6] JAREŠ, Jaromír a Michal NOVÁK. *Uplatňování českých technických norem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2004. Dostupné z: http://www.unmz.cz/sborniky_th/sb3/uplatnovani_ctn.pdf
- [7] ÚNMZ vydává změnu Z1 ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (vydání oznámeno ve Věstníku č. 4/2012). ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. *ÚNMZ* [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/unmz-vydava-zmenu-z1-csn-73-0540-2-tepelna-ochrana-budov-%E2%80%93-část-2-pozadavky-vydani-oznameno-ve-vestniku-c-4-2012->

- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 501/2006 Sb. ze dne 10. listopadu 2006 o obecných požadavcích na využívání území. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 163, s. 6953 – 6960. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=63140&fulltext=&nr=501~2F2006&part=&name=&rpp=15>. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [9] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2004. Ve znění ČSN 73 4301 Změna Z1 z června 2005 a ČSN 73 4301 Změna Z2 ze září 2009.
- [10] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2011.
- [11] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 o hospodaření s energií. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 115, s. 5314 – 5319. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=406~2F2000&part=&name=&rpp=15>. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [12] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 148/2007 Sb. ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007, částka 53, s. 1855 – 1879. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=64901&fulltext=&nr=148~2F2007&part=&name=&rpp=15>. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [13] ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [14] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [15] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [16] ČUPROVÁ, Danuše. *Tepelná technika budov: Modul 02: Ustálený teplotní stav*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – Fakulta stavební, 2006, 71 s.
- [17] POČINKOVÁ, Marcela, Danuše ČUPROVÁ, Alena MUDRÁKOVÁ a Josef SMOLA. *Úsporný dům*. 1. vydání. Brno: ERA, 2004, 183 s. ISBN 80-865-1796-9.

- [18] ŠÁLA, Jiří, Lubomír KEIM, Zbyněk SVOBODA, Jan TYWONIAK a Jiří NOVÁK. *Tepelná ochrana budov: Komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 290 s. ISBN 978-80-87093-30-6.
- [19] DUDÁK, Marek. *Tepelná technika* [online]. Hrušovany u Brna: Xella CZ, 2010, 96 s. [cit. 12-05-05]. Dostupné z: <http://www.ytong.cz/cs/docs/ytong-tepelna-technika-prirucka.pdf>
- [20] ČSN EN ISO 137888. *Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [21] KLÍMOVÁ, Sylva. *Tepelná technika budov: Modul 03: Neustálený teplotní stav*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – Fakulta stavební, 2006, 45 s.
- [22] HORSKÝ, Antonín, Ivo PETRÁŠEK, Roman ŠULISTA. *Podklad pro navrhování*. 13. vydání. České Budějovice: Wienerberger cihlářský průmysl, 2011, 196 s.
- [23] XELLA CZ. *Produktový katalog*. Hrušovany u Brna: Xella CZ, 2011, 48 s.
- [24] LIAS VINTÍŘOV LSM. *Technická příručka: Termoakustický zdící systém Liapor: Podklady pro navrhování*. 3. vydání. Vintířov: Lias Vintířov LSM, 2011, 150 s.
- [25] WINDOW HOLDING A.S. *Vekra okna* [online]. Lázně Toušeň: Window Holding, [2012] [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.vekra.cz/>
- [26] Tepelný most. *Tepelný most* [online]. [2012]. Dostupné z: www.tepelnymost.cz
- [27] SCHÖCK-BAUTEILE. *Schöck Isokorb ®: Technické informace dle Eurokódu*. Opava: Schöck-Witteck, 2011, 228 s.
- [28] VAVERKA, Jiří, Jiří HAVRÁNEK, Václav KOZEL a Pavel SIEGL. *Akustika: Souhrn kritériálních požadavků a výpočtových metod v oboru stavební a prostorové akustiky*. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně – Fakulta architektury, 1996, 156 s. ISBN 80-214-0743-3.
- [29] Ochrana proti hluku – Isover. ISOVER. *Isover* [online]. Bratislava: Saint-Gobain, © 2006 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: http://www.isover.sk/?tepelne_zvukove_a_protipoziarne_izolacie=ochrana_proti_hluku&isover=52

- [30] VANDASOVÁ, Zdeňka. Zdravotní účinky hluku. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. SZÚ [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 5.12.2011 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku>
- [31] ŠŤASTNÍK, Stanislav a Jiří ZACH. *Stavební akustika a zvukoizolační materiály*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 209 s. ISBN 80-214-2117-7.
- [42] ČSN EN ISO 717-1. *Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Vzduchová neprůzvučnost*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [43] ČSN EN ISO 717-2. *Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2: Kročejová neprůzvučnost*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [32] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia: mechanické kmitání a vlnění*. 3. přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2001, 129 s. ISBN 80-719-6216-3.
- [33] KAŇKA, Jan. *Stavební akustika: Technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob: TP 1.8.3*. 1. vydání. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2011, 76 s. ISBN 978-80-87438-12-1.
- [34] DONAŤÁKOVÁ, Dagmar. *Stavební akustika a denní osvětlení: Modul 01: Stavební akustika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – Fakulta stavební, 2010, 142 s.
- [35] KAŇKA, Jan. *Akustika stavebních objektů*. 1. vydání. Brno: Era, 2009, 145 s. ISBN 978-80-7366-140-3.
- [36] SAINT-GOBAIN ISOVER CZ. *ISOVER pro technické izolace: Informace pro projektanty a realizační firmy* [online]. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ, 2011, 32 s. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/files/katalog-technickyh-izolaci-2011-06-598.pdf>
- [37] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. ze dne 24. srpna 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2011, částka 97, s. 3338 – 3351. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=74904&fulltext=&nr=272~2F2011&part=&name=&rpp=15>. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [38] NOVÝ, Richard a Miroslav KUČERA. *Snižování hluku a vibrací* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009, 62 s. Dostupné z: http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SHV/Novy_Kucera_Snizovani_hluku_a_vibraci.pdf

- [39] KAŇKA, Jan. *Stavební fyzika 1: Akustika budov*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-01-03664-8.
- [40] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 258/2000 Sb. ze dne 14. července 2000 o ochraně zdraví a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 74, s. 3622 – 3662. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49577&fulltext=&nr=258~2F2000&p art=&name=&rpp=15>. Ve znění k 22. 5. 2012.
- [41] ČSN 73 0532. *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2010.
- [44] KONE. *Katalog pro projektování: Osobní výtah KONE MONOSPACE® Standard, bez strojovny*. Praha: KONE, 2009, 36 s.
- [45] XELLA CZ. *Řešení pro bytové domy*. Hrušovany u Brna: Xella CZ, 2011, 8 s.
- [46] Akustické konstrukce příček. ROCKWOOL INTERNATIONALA/S. *Rockwool* [online]. Bohumín: Rockwool InternationalA/S [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://pruvodce.rockwool.cz/konstrukce/pricky/akusticke-konstrukce-prickek.aspx?page=2255>
- [47] SAINT-GOBAIN. *Izolace lehkých obvodových stěn, lehkých příček a předstěn*. Častolovice: Saint-Gobain, 2004, 24 s. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/files/izolace-lehkych-sten-198.pdf>
- [48] HORSKÝ, Antonín, Ivo PETRÁŠEK, Roman ŠULISTA. *Podklad pro navrhování*. 12. vydání. České Budějovice: Wienerberger cihlářský průmysl, 2010, 184 s.
- [49] LIAS VINTIŘOV LSM. *Technická příručka: Stropní systémy Liastrop: Podklady pro navrhování*. 1. vydání. Vintířov: Lias Vintířov LSM, 2010, 58 s.
- [50] PREFA BRNO. *Uživatelská příručka Sprioll*. Brno: Prefa Brno, 2011, 44 s.
- [61] VSG lepené sklo. STAVEBNÍ SKLO. *Stavební sklo* [online]. Praha: Stavební sklo, © 2004 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.stavebni-sklo.cz/vsg-lepene-sklo.php>
- [51] DONAŤÁKOVÁ, Dagmar. *Stavební akustika a denní osvětlení: Modul 02: Denní osvětlení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – Fakulta stavební, 2010, 56 s.
- [52] ČUPROVÁ, Danuše a Sylva KLÍMOVÁ. *Stínící technika*. 1. vydání. Brno: ERA, 2006, 126 s. ISBN 80-736-6046-6.

- [53] ČUPROVÁ, Danuše, Jitka MOHELNÍKOVÁ a Karel ČUPR. *Denní osvětlení budov: Návodý pro cvičení*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 61 s. ISBN 80-214-2142-8.
- [54] ČSN 73 0580-1. *Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007. Ve znění ČSN 73 0580-1 Změna Z1 z ledna 2011.
- [55] ČSN 73 0580-2. *Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [56] ČSN 73 0580-3. *Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol*. Praha: Český normalizační institut, 1994. Ve znění ČSN 73 0580-3 Změna Z1 z prosince 1996 a ČSN 73 0580-3 Změna Z2 z října 1999.
- [57] ČSN 73 0580-3. *Denní osvětlení budov – Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov*. Praha: Český normalizační institut, 1994. Ve znění ČSN 73 0580-4 Změna Z1 z prosince 1996 a ČSN 73 0580-4 Změna Z2 z října 1999.
- [58] RYBÁR, Peter, František ŠESTÁK, Marie JUKLOVÁ, Jozef HRAŠKA a Jiří VAVERKA. *Denní osvětlení a oshunění budov*. 1. vydání. Brno: ERA group, 2001, 271 s. ISBN 80-865-1733-0.
- [59] ČSN 73 0581. *Oshunění budov a venkovních prostor – Metoda stanovení hodnot*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2009.
- [60] WEIGLOVÁ, Jiřina, Danilea BEDLOVIČOVÁ a Jan KAŇKA. *Stavební fyzika 1: Denní osvětlení a oshunění budov*. 1. vydání. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2006, 130 s. ISBN 80-010-3392-9.