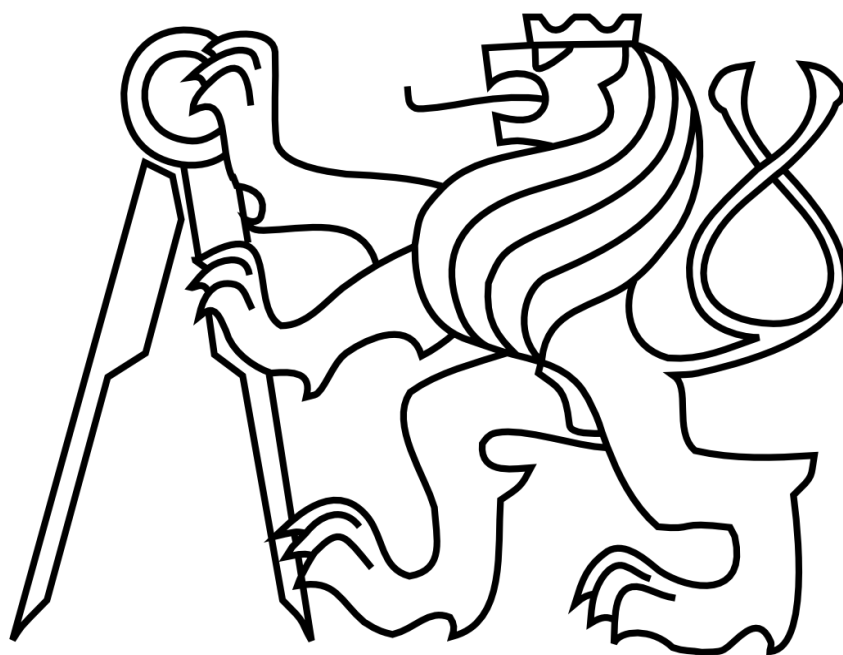


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

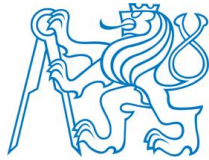
FAKULTA STAVEBNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Bc. Lukáš Michalů



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Návrh vědeckotechnického centra se zaměřením na stavební fyziku

Design of research a technical centre with focus on building physics

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

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

Bc. Lukáš Michalů

Praha 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Michalů Jméno: Lukáš Osobní číslo: 396678
Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb (K124)
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh vědeckotechnického centra se zaměřením na stavební fyziku
Název diplomové práce anglicky: Design of research a technical centre with focus on building physics

Pokyny pro vypracování:


Vybrané části projektové dokumentace pro stavební povolení. Předběžný statický návrh nosných konstrukcí. Tepelně technické posouzení obalových konstrukcí (součinitel prostupu tepla, šíření vodní páry, teplotní faktor). Předběžné stanovení potřeby tepla na vytápění. Posouzení rizikových místností z hlediska přehřívání a návrh případných opatření. Návrh a posouzení dělicích konstrukcí z hlediska jejich zvukové izolace. Posouzení a zajištění vyhovující doby dozvuku v zasedací místnosti. Posouzení místností s trvalým pobytem osob z hlediska denního osvětlení.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, ÚNMZ Praha, únor 2010
ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012
ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007
ČSN 73 0580-4 Denní osvětlení budov – Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov. ČNI Praha, 1994.
ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky, ÚNMZ Praha, březen 2010
ČSN 73 6058 Jednotlivé, řadové a hromadné garáže, ÚNMZ Praha, září 2011
ČSN EN ISO 13 792 Tepelné chování budov - Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení - Zjednodušené metody, ÚNMZ Praha, říjen 2012

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

Datum zadání diplomové práce: 4. 10. 2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8. 1. 2017


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

4. 10. 2016

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Lukáš Michalů

Název diplomové práce: Návrh vědeckotechnického centra se zaměřením na stavební fyziku

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 90 %

Formulace úkolů: Vybrané části projektové dokumentace pro stavební povolení. Tepelně technické posouzení obalových konstrukcí (součinitel prostupu tepla, šíření vodní páry, teplotní faktor). Posouzení rizikových místností z hlediska přehřívání. Ověření zvukově izolačních parametrů dělicích konstrukcí. Posouzení a zajištění vyhovující doby dozvuku v zasedací místnosti. Hodnocení denního osvětlení v místnostech s trvalým pobytem osob.

Podpis vedoucího DP:  Datum: 4.10.2016

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Betonové a zděné konstrukce podíl: 5 %

Konzultant (jméno, katedra): FRANTOVÁ K133

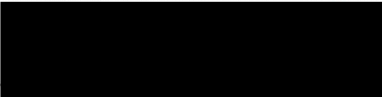
Formulace úkolů: Předběžný statický návrh nosných konstrukcí.

Podpis konzultanta:  Datum: 11.11.2016

3. Část: Technická zařízení budov podíl: 5 %

Konzultant (jméno, katedra): FROLIK K125

Formulace úkolů: Předběžné stanovení potřeby tepla na vytápění.

Podpis konzultanta:  Datum: 8.11.2016

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Čestné prohlášení

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

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

V dne

.....

podpis

Poděkování

Hlavní své poděkování bych chtěl směřovat na svého hlavního vedoucího z katedry konstrukcí pozemních staveb pana Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D. Moc mu chci poděkovat hlavně za velikou ochotu a trpělivost při konzultacích své diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat za spolupráci konzultantům z katedry betonových a zděných konstrukcí a z katedry technických zařízení budov. Jmenovitě to jsou paní Ing. Michaela Frantová, Ph.D. a pan Ing. Stanislav Frolík, Ph.D. Nakonec bych chtěl poděkovat celé své rodině za podporu při svém studiu na vysoké škole.

Anotace

Hlavním cílem diplomové práce je vypracování projektu vědeckotechnického centra se zaměřením na stavební fyziku. Pro tento projekt jsem vypracoval předběžný statický návrh nosných konstrukcí. Zabýval jsem se stanovením potřeby tepla na vytápění a tepelně technickým posouzením obalových konstrukcí. Posoudil jsem rizikové místnosti z hlediska přehřívání a navrhl jsem jejich opatření. Vypočítal jsem činitel denní osvětlenosti v místnostech s trvalým pobytem osob. Vyhodnotil jsem dělicí konstrukce z hlediska jejich zvukové izolace. Zajistil jsem vyhovující dobu dozvuku v zasedací místnosti.

Klíčová slova

Potřeba tepla na vytápění, tepelně technické posouzení, přehřívání místností, denní osvětlení, stínění, stavební akustika, vzduchová neprůzvučnost, kročejový hluk, prostorová akustika

Annotation

The aim of this thesis is design of research a technical centre with focus on building physics. For this project I drew up a preliminary static design of load-bearing structures. I was involved in determining the demand for heating and thermal technical assessment of packaging structures. I assess risk in terms of overheating the room, and I proposed measure. I calculated daylight factor in rooms with permanent residence. I evaluated a separatory structure in terms of soundproofing. I secured satisfactory reverberation time in the meeting room.

Keywords

The need heat for heating, thermally technical assessment, overheating rooms, daylighting, shielding, building acoustics, sound insulation, impact noise, room acoustics

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD	9
1 POPIS OBJEKTU	11
1.1 Architektonické, dispoziční a funkční řešení	11
1.2 Kapacity, užitkové plochy, obestavěný prostor, zastavěné plochy	12
1.3 Technické a konstrukční řešení	12
1.3.1 Svislé konstrukce	12
1.3.2 Vodorovné konstrukce	13
1.3.3 Schodiště	13
1.3.4 Výtahová šachta	13
1.3.5 Příčky	13
1.3.6 Instalační šachty, instalační předstěny, instalační podhledy	14
1.3.7 Střecha	14
2 PŘEDBĚŽNÍ STATICKÉ POSOUZENÍ	15
2.1 Přehled zatížení	15
2.2 Posouzení nosných prvků	18
2.2.1 Stropní deska	18
2.2.2 ŽB sloup v 1. PP	20
3 TEPELNÁ TECHNIKA	22
3.1 Potřeba tepla na vytápění	25
3.1.1 Požadavky dle ČSN 73 0540 – 2 [1]	25
3.1.2 Výpočet	25
3.1.3 Vyhodnocení	26
3.1.4 Závěr	29
3.2 Tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí	29
3.2.1 Požadavky	29
3.2.2 Výpočet	29
3.2.3 Skladby obalových konstrukcí	30
3.2.4 Vyhodnocení	33
3.2.5 Závěr	34
3.3 Přehřívání místností	34

3.3.1	Požadavky	36
3.3.2	Výpočet.....	36
3.3.3	Vyhodnocení	36
3.3.4	Závěr	38
4	DENNÍ OSVĚTLENÍ.....	39
4.1	Požadavky.....	39
4.2	Výpočet.....	40
4.3	Vyhodnocení.....	41
4.4	Závěr	44
5	AKUSTIKA.....	45
5.1	Vzduchová neprůzvučnost.....	46
5.1.1	Požadavky	47
5.1.2	Výpočet.....	47
5.1.3	Vyhodnocení	47
5.1.4	Závěr	48
5.2	Kročejevý hluk	48
5.2.1	Požadavky	49
5.2.2	Výpočet.....	49
5.2.3	Vyhodnocení	49
5.2.4	Závěr	50
5.3	Prostorová akustika	50
5.3.1	Požadavky	51
5.3.2	Výpočet.....	51
5.3.3	Vyhodnocení	51
5.3.4	Závěr	53
	ZÁVĚR	54
	Seznam obrázků, tabulek a grafů:	56
	Literatura:	58
	Přílohy	

ÚVOD

Diplomovou prací jsem se rozhodl zaměřit na zužitkování svých dosud nabraných zkušeností zejména na magisterském studiu Budovy a prostředí a přenesení do komplexně řešeného projektu. Proto jako téma své diplomové práce jsem si vybral návrh vědeckotechnického centra se zaměřením na stavební fyziku.

Návrh studie vědeckotechnického centra jsem převzal z projektu TITC [14], což je vědeckotechnický park a podnikatelský inkubátor umístěný v Brně. Tento projekt je primárně určený pro technologicky orientované společnosti s inovativním potenciálem, vědecko-výzkumné organizace, klastry nebo start-up projekty. Převzatou studii jsem si musel upravit z důvodu rozdílného umístění budovy. Projekt vědeckotechnického centra jsem umístil do Buštěhradu vedle Univerzitního Centra Energeticky Efektivních Budov (UCEEB). Toto umístění jsem vybral z důvodu možného lepšího propojení soukromého a akademického prostředí při řešení různých problémů z různých technických odvětví. Studenti z ČVUT se budou moci snáze zapojit do skutečných projektů a tím získávat nové zkušenosti z praxe.

Tento projekt jsem si vybral z důvodu, že objekt vědeckotechnického centra se skládá z lehkých laboratoří, těžkých laboratoří, pracoven a zasedacích místností. Proto v tomto objektu bude velmi důležité zajištění dostatečného denního osvětlení. Nadále se budu zabývat měrnou potřebou tepla na vytápění. Budu řešit přehřívání místností s jižní světovou orientací. Budu počítat vzduchovou neprůzvučnost a kročejový hluk mezi prostorami kanceláří. Dále se budu zabývat prostorovou akustikou vybraných místností a předběžným statickým posouzením nosných konstrukcí.

Jedním z okrajových témat, které budu řešit v projektu vědeckotechnického centra je předběžné statické posouzení nosných prvků objektu. Budu se zabývat zejména posouzením nejvíce zatížených svislých nosných prvků a vodorovných nosných prvků.

Budu se snažit, aby byla měrná bilance potřeba tepla co nejnižší. Zejména budu klást veliký důraz na zateplení, vyloučení tepelných mostů a co nejlepší vzduchotěsnost obálky objektu. Budu zjišťovat jaká opatření budou zapotřebí, aby se objekt dostal na pasivní standart a této hranici se budu co nejvíce snažit přiblížit. Tato snaha vyplývá z minimalizování potřeby tepla na vytápění a tím snížení vypouštění

emisí skleníkových plynů do ovzduší. Dalším důvodem je, že po roce 2020 bude povinné ze zákona stavět objekty s energetickou spotřebou blízkou nule.

Dále budu zkoumat možné přehřívání místností s jižní orientací v letních měsících. Řešení přehřívání místností v kancelářských objektech je stejně důležité jako potřeba tepla na vytápění, možná i důležitější. V takových objektech bývají velká prosklená okna, která nám můžou způsobovat přehřívání jednotlivých místností v letních měsících. Proto se budu zabývat externím stíněním oken, které nám odstíní nepotřebné tepelné zisky ze slunečního záření v letních měsících. Budu zkoumat různé druhy a hledat takové stínění, při kterém přehřívání místností klesne co nejvíce, a zároveň budu hlídat činitel denní osvětlenosti v místnostech, aby byl vyhovující.

Dalším tématem, které budu řešit v diplomové práci je stavební akustika. Budu se zabývat pouze vybranými částmi a to vzduchovou neprůzvučností mezi jednotlivými prostory a kročejovým hlukem stropní konstrukce. Obě tyto hodnoty musí být vyhovující v celém objektu vědeckotechnického centra. Dále se budu zabývat návrhem prostorové akustiky v uzavřených prostorech. Akustiku těchto prostor budu řešit výpočtem doby dozvuku, aby byla vyhovující pro daný účel místnosti. Budu se hlavně zabývat většími prostory, ve kterých se budou shromažďovat lidé, jedná se hlavně o zasedací místnosti.

Jako cíl své diplomové práce jsem si zvolil komplexně vyřešit návrh vědeckotechnického centra. Zejména jsem se rozhodl projekt vyřešit po stránce předběžného statického návrhu svislých a vodorovných nosných prvků, měrné potřebě tepla na vytápění objektu, tepelně technické stránce obalových konstrukcí, návrhem externích stínících prvků z důvodu přehřívání místností s jižní orientací, denním osvětlením místností, vzduchovou neprůzvučností dělicích konstrukcí, kročejovým hlukem a návrhem prostorové akustiky shromažďovacích místností.

1 POPIS OBJEKTU

1.1 *Architektonické, dispoziční a funkční řešení*

Objekt vědeckotechnického centra bude umístěn kousek od Kladna v Buštěhradu v ulici Třinecká. Tato stavba je koncipována jako moderní vědecké pracoviště pro různé obory a poskytuje jim maximálně možné technické a administrativní zázemí.

Stavba vědeckotechnického centra se skládá z prostorů různého typu - klasické kanceláře, zasedací místnosti, různé druhy laboratoří včetně laboratoře čisté a těžké, skladové prostory, garáže a technické zázemí.

Celý objekt v půdorysu připomíná číslo „7“ o rozměrech nejdelších stran 90,105 x 47,535 m. Nejdelší strany nejsou na sebe kolmé, ale svírají úhel 106°. Stavba vědeckotechnického centra bude umístěna skoro v rovinatém terénu. Orientace objektu ke světovým stranám je dána polohou pozemku a celkovým dispozičním uspořádáním celého vědeckotechnického parku. Kratší strana objektu, ve které je umístěn hlavní vstup do objektu z ulice Třinecká směřuje skoro přesně na jižní světovou stranu. Celý objekt je zpřístupněn pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace.

Budova má tři nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží. První podzemní podlaží je celé pod terénem a nacházejí se v něm prostory technického zázemí objektu, sociální zázemí a garážová stání. V úrovni prvního podzemního podlaží je také umístěn vjezd do garáží z ulice Třinecká. Objekt je v prvním nadzemním patře rozdělen do dvou neprůchozích celků. Mezi těmito celky je možný průjezd automobily na venkovní parkoviště umístěné za objektem v úrovni prvního nadzemního podlaží. Každý z celků má vlastní vstup do objektu, schodiště a výtahy. V prvním celku se nachází hlavní vstup do budovy, recepce, zasedací místnosti, lehké laboratoře, pracovny, jídelna a sociální zázemí. Druhý celek se skládá z těžkých laboratoří, jedné serverovny, skladů a sociálního zázemí. Druhé a třetí nadzemní podlaží je skoro totožné a každé podlaží je tvořeno jedním velkým celkem. Jsou v nich umístěny různé druhy laboratoří, pracoven, zasedacích místností a sociálních zázemí. Poslední nadzemní podlaží tvoří střešní konstrukce a technické zázemí budovy.

Objekt vědeckotechnického centra má zelenou střechu. Zelená střecha s akumulací souvrstvím zadržuje velké množství vody a po většinu roku se nemusí

zalévat. Zelená střecha má mnohem nižší teplotu než normální střechy, proto pomáhají snížit efekt městského tepelného ostrova.



Obrázek 1: Pohled na vědeckotechnické centrum [15]

1.2 Kapacity, užité plochy, obestavěný prostor, zastavěné plochy

V rámci objektu vědeckotechnického parku bude vybudováno celkem 6940,3 m² plochy. Tato celková výměra v sobě obsahuje 1806,0 m² pronajímatelných administrativních ploch, 1685,0 m² pronajímatelných laboratorních ploch a plochu 201,5 m² zasedacích a prezentačních místností.

Parkovacích míst přímo v objektu je 58. Pro normální uživatele je vyčleněno 54 parkovacích míst a 4 jsou pro zdravotně tělesně postižené. Další parkovací místa jsou umístěny na pozemku za objektem. Před hlavním vstupem do objektu vědeckotechnického parku jsou další parkovací místa a dále mohou automobily parkovat v ulici Třinecká.

Výška objektu vědeckotechnického centra je 15,80 m. Konstrukční výška každého podlaží je 3,79 m. Světlá výška místností je 3,0 m.

1.3 Technické a konstrukční řešení

1.3.1 Svislé konstrukce

Všechny svislé nosné konstrukce bude tvořit železobetonový monolitický skelet. Po obvodě objektu bude tvořen železobetonovými monolitickými stěnami tloušťky 200 mm. Uvnitř dispozice jsou umístěné sloupy o rozměru 400 x 400 mm

z důvodu možné změny dispozice v průběhu životnosti. Dále svislou nosnou konstrukci tvoří stěny železobetonového monolitického jádra výtahů a schodiště tloušťky 200 mm. Železobetonové jádro splňuje i funkci ztužení objektu. Suterénní stěny jsou tvořeny bílou vanou o tloušťce 300 mm.

1.3.2 Vodorovné konstrukce

Veškeré vodorovné konstrukce jsou tvořené monolitickou železobetonovou deskou o tloušťce 280 mm. Tloušťka konstrukce byla předběžně navržena v kapitole 2.2.1 *Stropní deska*. Železobetonová stropní deska je lokálně podepřená. Maximální rozpon konstrukce je 7,5 m.

1.3.3 Schodiště

V objektu se nacházejí dvě vnitřní schodiště. Jedno je levotočivé a druhé je pravotočivé a obě jsou prefabrikované, dvouramenné a přímé. Schodišťová ramena hlavního schodiště jsou desková šířky 1250 mm a tloušťky 150 mm. Mezipodesta je široká 1250 mm a má tloušťku 120 mm. Hlavní podesta je široká 2450 mm a má tloušťku 120 mm. V každém rameni schodiště je 12 schodišťových stupňů. Výška každého schodišťového stupně je 157,9 mm a šířka 300 mm. Povrchová úprava schodiště je keramická dlažba. Schodišťové zábradlí je umístěno po obou stranách na stěně ve výšce 1000 mm nad podlahou. Detaily uložení schodiště budou upraveny tak, aby bylo zabráněno šíření hluku ze schodišťového prostoru do okolních místností.

1.3.4 Výtahová šachta

K vertikální dopravě v objektu slouží čtyři osobní výtahy. Do každého výtahu se vejde 16 osob. Výtah je bez strojovny a umožňuje přepravu imobilních osob. Kabina má vnitřní rozměry 1600 x 2500 x 2200 mm.

1.3.5 Příčky

Všechny příčky v objektu jsou nenosné a tvoří je lehké sádrokartonové příčky. Každá příčka je tvořena kovovým roštem, sádrokartonovými deskami a mezera mezi nimi je vyplněna minerální vatou. Tloušťka celé konstrukce je 100 mm.

1.3.6 Instalační šachty, instalační předstěny, instalační podhledy

Instalační šachty jsou rovnoměrně rozmístěny po objektu. V objektu jsou dohromady tři instalační šachty a každá z nich sousedí se sociálním zázemím. Veškeré rozvody v objektu jsou vedeny instalačními šachtami.

V sociálních zázemích jsou umístěny instalační předstěny pro vedení vody a odpadů. Šířka instalační předstěny je 100 mm.

Instalační podhledy jsou umístěny ve všech prostorách objektu vědeckotechnického centra. V instalačních podhledech jsou vedeny rozvody vzduchotechniky a elektroinstalace.

1.3.7 Střecha

Nad třetím nadzemním podlažím je umístěna zelená nevětraná plochá střecha. Skladba střešní konstrukce je umístěna v kapitole 3.2.3 *Składby obalových konstrukcí* v tabulce číslo 12. Střešní plášť má minimální sklon 2 %. Vstup na střechu je umožněný přímo z hlavního schodiště nebo výtahu, které končí až v úrovni střechy.

2 PŘEDBĚŽNÍ STATICKÉ POSOUZENÍ

V kapitole předběžné statické posouzení se budu zabývat předběžným návrhem hlavních nosných vodorovných a svislých prvků konstrukce objektu a stanovením předběžných dimenzí. Pro posouzení nosných prvků objektu jsem použil empirických vzorců.

2.1 Přehled zatížení

Do přehledu zatížení jsem pouze umístil ta zatížení, se kterými jsem nadále počítal při posouzení nosných prvků. Veškeré zatížení bylo počítáno podle normy ČSN EN 1991-1-1 [6].

Tabulka 1: Skladba podlahy P8 v kanceláři

zatížení			charakteristické [kN/m ²]	γ_F [-]	návrhové [kN/m ²]
stálé					
konstrukce podlahy	tl. [m]	[kN/m ³]			
keramická dlažba	0,0080	20,0	0,160	1,35	0,216
lepící tmel	0,0020	15,0	0,030	1,35	0,041
anhydrit	0,0750	24,0	1,800	1,35	2,430
parozábrana Arbiton	0,0002	9,0	0,002	1,35	0,002
Isovert T-N	0,0400	0,3	0,012	1,35	0,016
celkem			$g_k = 2,004$		$g_d = 2,705$

Tabulka 2: Sádrokartonová příčka

Zatížení			charakteristické [kN/m ²]	γ_F [-]	návrhové [kN/m ²]
stálé					
konstrukce	tl. [m]	kN/m ³			
konstrukce bez izolace	-	-	0,360	1,35	0,486
Isovert AKU	0,06	0,4	0,024	1,35	0,032
hmotnost celé konstrukce			$g_k = 0,384$		$g_d = 0,518$

Tabulka 3: Stropní deska - typické podlaží

zatížení			charakteristické [kN/m ²]	γ_F [-]	návrhové [kN/m ²]
Stálé					
Skladba	tl. [m]	kN/m ³			
podlaha P8	-	-	2,004	1,35	2,705
vlastní tíha stropní desky	0,280	24	6,720	1,35	9,072
omítka	0,005	20	0,100	1,35	0,135
celkem stálé			$g_k = 8,824$		$g_d = 11,912$
nahodilé - užité					
kategorie B (stropy)	-	-	$q_k = 2,500$	1,5	$q_d = 3,750$
celkem			$(g+q)_k = 11,324$		$(g+q)_d = 15,662$

Tabulka 4: Stropní deska nad garáží

zatížení			charakteristické [kN/m ²]	γ_F [-]	návrhové [kN/m ²]
Stálé					
Skladba	tl. [m]	kN/m ³			
podlaha P8	-	-	2,004	1,35	2,705
vlastní tíha stropní desky	0,280	24,00	6,720	1,35	9,072
Isover NF 333 V	0,150	0,88	0,132	1,35	0,178
omítka	0,005	20,00	0,100	1,35	0,135
celkem stálé			$g_k = 8,956$		$g_d = 12,090$
nahodilé - užité					
kategorie B (stropy)	-	-	$q_k = 2,500$	1,5	$q_d = 3,750$
celkem			$(g+q)_k = 11,456$		$(g+q)_d = 15,840$

Tabulka 5: Skladba střechy P2

zatížení		charakteristické [kN/m ²]	γ_F [-]	návrhové [kN/m ²]	
stálé					
konstrukce střechy	tl. [m]	[kN/m ³]			
Urbanscape - rostliny	0,040	-	0,230	1,35	0,311
Urbanscape Green Roll	0,040	1,00	0,040	1,35	0,054
Urbanscape - drenáž	0,025	-	0,013	1,35	0,018
Urbanscape - ochranná folie	0,001	9,00	0,009	1,35	0,012
Evalon V - hydroizolace	0,002	13,00	0,013	1,35	0,018
Isover S	0,400	1,75	0,700	1,35	0,945
Isover SD	0,180	1,80	0,324	1,35	0,437
Isover Difunorm - parozábrana	0,001	11,00	0,011	1,35	0,015
celkem			$g_k = 1,340$		$g_d = 1,809$

Tabulka 6: Střešní deska

zatížení		charakteristické [kN/m ²]	γ_F [-]	návrhové [kN/m ²]	
Stálé					
Skladba	tl. [m]	kN/m ³			
skladba střechy P2	-	-	1,340	1,35	1,809
vlastní tíha stropní desky	0,280	24	6,720	1,35	9,072
omítka	0,005	20	0,100	1,35	0,135
celkem stálé			$g_k = 8,160$		$g_d = 11,016$
nahodilé (uvažuje se větší ze zatížení - sněhem nebo užité) q_k					
užité (kategorie H)	-	-	$q_k = 0,750$	1,5	$q_d = 1,125$
sníh	-	-	$q_k = 0,700$		
celkem			$(g+q)_k = 8,910$		$(g+q)_d = 12,141$

2.2 Posouzení nosných prvků

2.2.1 Stropní deska

Stropní desku navrhnu jako lokálně podepřenou. Návrh provedu podle empirického vzorce a ohybové štíhlosti. Posoudím desku na protlačení ve dvou kontrolovaných obvodech u_0 a u_1 . Budu ověřovat, jestli je konstrukce vhodně navržena a zda je schopná přenést požadovaný účinek zatížení. První podmínka v kontrolovaném obvodu u_0 je normová, ověřuje únosnost v tlačené diagonále. Druhá podmínka v kontrolovaném obvodě u_1 je v současné době pouze doporučena. Vychází z výsledků experimentů a ověřuje, zda je v konstrukci možnost zajistit požadované kotvení výztuže na protlačení.

prostředí	XC1		
životnost	80 let		
beton	C30/37	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$
ocel	B500 B	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$
rozpon	7,2 x 7,5 m		
krycí výztuž	$c \geq c_{nom}$		

$c_d = c_{min} + \Delta c_{dev}$

$c_{min} = \max(\phi, c_{min,dur}, 10) = \max(10, 10, 10) = 10 \text{ mm}$

$c_d = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$

2.2.1.1 Návrh desky

empirický návrh $hd \geq \frac{1}{33} \cdot L_{n,max} = \frac{1}{33} \cdot 7500 = 227,3 \text{ mm}$

ohybová štíhlost $\lambda = \frac{L_d}{d} \leq \lambda_d = K_{c1} \cdot K_{c2} \cdot K_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$

$$K_{c1} = 1$$

$$K_{c2} = \frac{7000}{7500} = 0,933$$

$$K_{c3} = 1,3 \text{ (odhad součinitele napětí tahové výztuže)}$$

$$\lambda_{d,tab} = 24 \text{ (lokálně podepřená deska } \rho < 0,5 \%, \text{ C 30/37)}$$

$$\lambda_d = 1 \cdot 0,933 \cdot 1,3 \cdot 24 = 29,12$$

$$d = \frac{L_d}{\lambda} = \frac{7500}{29,12} = 257,6 \text{ mm}$$

$$h_d = d + 0,5 \cdot \phi_{s,d} + c_d = 257,6 + 0,5 \cdot 12 + 20 = 277,6 \text{ mm}$$

návrh tloušťky $h_d = 280 \text{ mm}$

2.2.1.2 Posouzení desky na protlačení

První podmínka $v_{Ed,0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} < v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$

zatěžovací plocha $A_{zat} = 7,2 \cdot 7,5 - 0,4 \cdot 0,4 = 53,84 \text{ m}^2$

posouvající síla $V_{Ed} = 53,84 \cdot [1,35 \cdot (0,28 \cdot 25 + 2,004) + 1,5 \cdot 2,5] = 856,35 \text{ kN}$

kontrolovaný obvod 0 $u_0 = 2 \cdot (c_1 + c_2) = 2 \cdot (400 + 400) = 1600 \text{ mm}$

účinek zatížení $v_{Ed,0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 856,35 \cdot 1000}{1600 \cdot 257,6} = 2,39 \text{ MPa}$

únosnost diagonály $v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot (1 - \frac{f_{ck}}{250}) \cdot f_{cd} =$
 $= 0,4 \cdot 0,6 \cdot (1 - \frac{30}{250}) \cdot 20 = 4,224 \text{ MPa}$

posouzení $v_{Ed,0} = 2,39 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,224 \text{ MPa}$ vyhovuje

Druhá podmínka $v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} < \alpha_{max} \cdot v_{Rd,c} = \alpha_{max} \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})}$

kontrolovaný obvod 1 $u_1 = 4a + 2\pi \cdot 2d = 4 \cdot 400 + 2\pi \cdot 2 \cdot 257,6 = 4837 \text{ mm}$

účinek zatížení $v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,15 \cdot 856,35 \cdot 1000}{4837 \cdot 257,6} = 0,79 \text{ MPa}$

kotvení výztuže $\alpha_{max} \cdot v_{Rd,c} = \alpha_{max} \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})}$
 $= 1,8 \cdot 0,12 \cdot (1 + \sqrt{\frac{200}{d}}) \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,005 \cdot 30)}$
 $= 1,8 \cdot 0,12 \cdot (1 + \sqrt{\frac{200}{257,6}}) \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,005 \cdot 30)} = 1,0 \text{ MPa}$

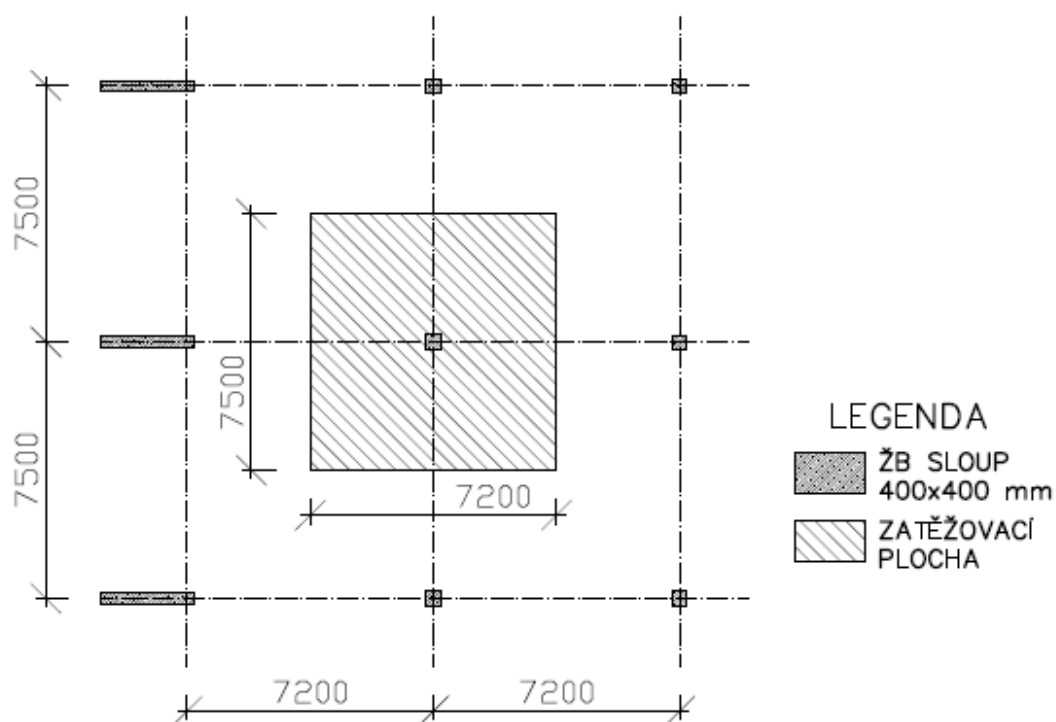
posouzení $v_{Ed,1} = 0,79 \text{ MPa} < \alpha_{max} \cdot v_{Rd,c} = 1,0 \text{ MPa}$ vyhovuje

2.2.1.3 Vyhodnocení

Navrhl jsem stropní desku jako lokálně podepřenou. Železobetonová stropní deska má výšku 280 mm. Protože stropní deska vyhoví na ohybovou štíhlost, tak se nemusí počítat průhyb. V okolí sloupů jsem navrhl smykové trny. Stropní desku jsem posoudil na protlačení ve dvou kontrolních obvodech a v obou vyhoví.

2.2.2 ŽB sloup v 1. PP

Železobetonový sloup posoudím v nejnižším patře, tedy v 1. PP, kde je nejvíce zatížený. V celém objektu jsou stejné modulové sítě sloupů o rozměrech 7,2 a 7,5 m. Vypočítám skutečné zatížení železobetonového sloupu a porovnám ho s jeho maximální možnou únosností.



Obrázek 2: Zatěžovací šířka na ŽB sloup

2.2.2.1 Návrh sloupu

zatěžovací plocha

$$A_{\text{zat}} = 7,2 \cdot 7,5 = 54 \text{ m}^2$$

rozměry sloupu

$$0,4 \times 0,4 \text{ m}$$

plocha sloupu

$$A_c = 0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ m}^2$$

beton: C30/37

$$f_{\text{ck}} = 30 \text{ MPa}$$

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

ocel: B500 B

$$f_{\text{yk}} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{yd}} = \frac{f_{\text{yk}}}{1,15} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

napětí ve výztuži:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{\text{cu}} = 0,002$$

$$\sigma_s = 400 \text{ MPa}$$

stupně vyztužení:

$$\rho = 0,025 \text{ (odhad)}$$

únosnost:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + \rho \cdot \sigma_s \cdot A_c$$

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 400 \cdot 20 + 0,025 \cdot 400 \cdot 400 \cdot 400 = 4160 \text{ kN}$$

Tabulka 7: Zatížení sloupu

	počet	(g+q) _d [kN/m ²]	zatěžovací plocha [m ²]	N _{Ed} [kN]
Plochá střecha	1	12,141	54,0	655,614
Stropní deska - typické podlaží	2	15,662	54,0	1691,510
Stropní deska - nad garáží	1	15,840	54,0	855,378
vlastní tíha sloupu	15,16	-	-	81,864
Celkem				N_{Ed} = 3284,366

posouzení:

$$N_{Ed} = 3284,366 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 4160 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

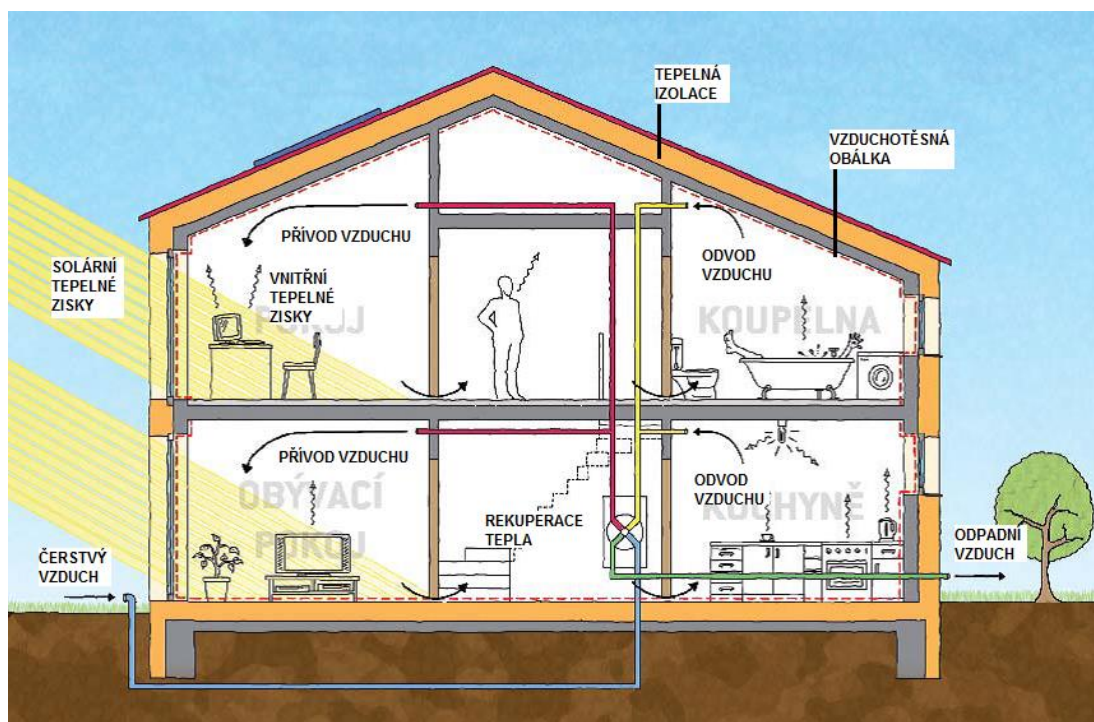
2.2.2.2 Vyhodnocení únosnosti sloupu

Posoudil jsem sloup v nejnižším podlaží. Sloup je zatížený plochou střechou, dvakrát typickým podlažím, stropem na garáží a vlastní tíhou sloupů ve všech podlažích. Celkové zatížení sloupu je $N_{Ed} = 3284,366 \text{ kN}$. Sloup o rozměrech 0,4 x 0,4 m je schopný přenést zatížení $N_{Rd} = 4160 \text{ kN}$. Sloup je schopný přenést větší zatížení, než kterým je zatížen, proto vyhovuje.

3 TEPELNÁ TECHNIKA

Tepelná technika staveb se dostává čím dál více do popředí zájmu při navrhování objektu. To je dáno zpřísnujícími se normami, které se snaží snížit emise při provozu budovy. Toto snižování emisí má za následek, že se čím dál více staví různé šetrné objekty k životnímu prostředí. Jedním z přístupů jak vytvořit energeticky šetrný dům nejen z pohledu ekonomické stránky, ale hlavně z pohledu minimalizace vypouštění emisí, je stavět pasivní domy.

Název pasivní dům vychází z myšlenky co největšího využití pasivních tepelných zisků v budově. Pasivní zisky rozdělujeme na vnější a vnitřní. Mezi vnější patří zisky ze slunečního záření procházející okny a vnitřní zisky jsou vyzařovány lidmi a spotřebiči. Díky použití kvalitní tepelné izolaci obálky budovy nám tyto zisky zůstávají uvnitř budovy a po většinu roku nám zajistí příjemnou teplotu v místnostech. Pro přívod kvalitního čerstvého vzduchu se používá nucené větrání se zpětným získáváním tepla.



Obrázek 3: *Koncept pasivního domu [16]*

Stavbě pasivních domů, jak je známe dnes, předcházela výstavba s koncepcí solárních domů. Takové domy byli projektovány s velkým zásobníkem tepla, kde se uchovávalo teplo ze slunečních paprsků. Menší důraz se kladl na kvalitní zateplení obálky budovy. Tyto domy vznikly jako experiment v USA v roce 1939. Dalším velkým

impulsem pro výstavbu méně energicky náročných staveb byla ropná krize v roce 1973. Standard pasivního domu vznikl v diskuzi mezi profesorem Bo Adamsonem ze Švédska a Wolfgangem Feistem z Německa v roce 1988. První skutečná realizace čtyř řadových domů pro soukromé účely byla vytvořena v roce 1990 v německém městě Darmstadt. Po ověření funkčnosti konceptu pasivního domu byla v roce 1996 založena nadace Passivhaus-Institut pro propagaci a kontrolu standardu pro pasivní domy. Od doby prvních prototypů byly postaveny již tisíce pasivních domů, převážně v německy mluvících zemích a Skandinávii. V České republice byl první pasivní dům postaven v roce 2004. Evropská unie svou směrnicí o energetické náročnosti budov (EPBD 2) stanovila, že od roku 2020 je povinnost stavět objekty s energetickou spotřebou blízkou nule. Tého konceptu budou odpovídat hlavně pasivní domy.

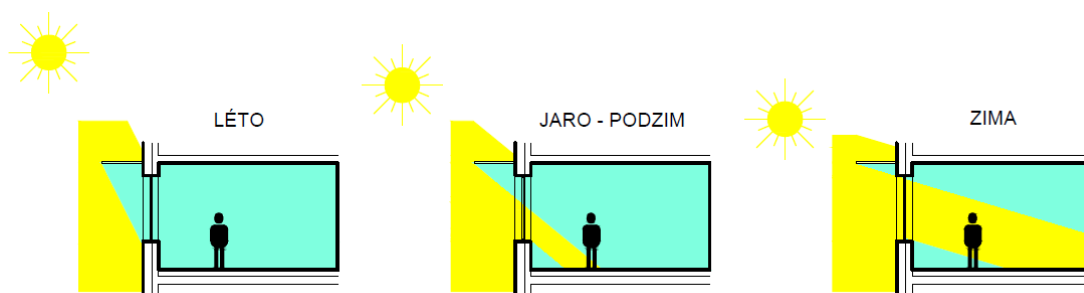
Pro návrh pasivního domu nebo jeho certifikaci je nutné splnit určité podmínky. Tyto požadavky jsou vhodné pro mírné klimatické pásy a jsou uznávané v České republice. První podmínkou je, že roční potřeba tepla na vytápění objektu bude menší než 15 kWh/m^2 obytné plochy ($E_A < 15 \text{ kWh / m}^2 \text{ a}$). Další podmínkou je, aby roční potřeba primární energie spojená s provozem budovy včetně všech spotřebičů nebyla vyšší než 120 kWh/m^2 obytné plochy stavby. Primární energie vyjadřuje množství energie spotřebované při přeměně určitého zdroje a započítávají se i ztráty při distribuci. Tato spotřeba nám dává komplexnější pohled podle zvoleného zdroje energie. Jednou z dalších podmínek je neprůvzdušnost ochlazované obálky budovy. Ta se zkouší při sníženém nebo zvýšeném tlaku vzduchu v budově o 50 Pa než je tlak v okolní atmosféře. Aby neprůvzdušnost obálky budovy byla vyhovující, může dojít k maximální infiltraci 60% objemu vzduchu celé budovy za 1 hodinu ($n_{50} < 0,6 / \text{hod}$).

Dále se doporučuje zvolit vhodný tvar objektu, aby poměr ochlazovaných povrchů stavby a obestavěného prostoru vycházel přibližně $0,5 - 0,8$. Vhodně umístit stavbu na pozemku vůči jihu. Snažit se využívat místních zdrojů v podobě třeba solární a větrné energie. Klást důraz na pasivní opatření, jako je důkladná tepelná izolace objektu a exteriérové stínění oken. Používat pouze šetrná a úsporná zařízení v objektu.

Při tepelné ochraně staveb se největší důraz klade na pasivní opatření. Nejméně technicky náročná řešení jsou na neprůsvitných konstrukcích obálky budovy, kde se nejsnáze dosahuje nejnižších součinitelů prostupu tepla. Důležitá je také celistvost tepelného odporu v celé obálce budovy. Snažíme se o zamezení tepelných mostů. Neméně důležitou vlastností stavebních konstrukcí je tepelná stabilita v zimních a letních měsících.

Sice přístup není úplně stejný, ale ke stabilitě v obou obdobích přispívá akumulace vnitřní hmoty. Přínosem jsou zděné stěny nebo těžké podlahy.

Další důležitou oblastí v tepelné ochraně je průsvitná obálka budovy. Je nezbytná pro každodenní používání objektu, ale mívá horší součinitel prostupu tepla než neprůsvitná část obálky budovy. Velmi důležitý je nejen samotný součinitel prostupu tepla oken a dveří, ale také jejich upevnění. Pro minimalizaci tepelného mostu se rám okna nebo dveří předsadí před nosnou konstrukci objektu do tepelné izolace. Zároveň se po oknech vyžadují pasivní solární zisky v přechodném a zimním období. Naopak v letním období je důležité bránit přehřívání objektu. Nejvýhodnější je použití pasivních opatření v podobě markýz, slunolamů nebo třeba sezónní vegetace. Pasivní opatření zabrání vniknutí solárních zisků do objektu v letních měsících bez spotřeby elektrické energie, na rozdíl od aktivních opatření. Naopak v zimních měsících kdy slunce nevystoupá tak vysoko nad obzor, nám sluneční záření proniká do místnosti a pomáhá ji vyhřívat.



Obrázek 4: Dopadající sluneční paprsky během roku

Neprůvzdušnost obálky budovy je důležitá vlastnost pro snížení tepelných ztrát objektu a zajištění správné funkčnosti nuceného větrání. Nucené větrání se používá v pasivních domech z důvodu, aby bylo využito zpětné získávání tepla při potřebné výměně vnitřního vzduchu za čerstvý. Proto je velmi důležité navrhnout správně všechny detaily napojení obalových konstrukcí. Vodní pára a vzduch se může šířit skrz konstrukci pláště pouze difuzí nikoli konvekcí. Z tohoto důvodu by se měli navrhovat difuzně otevřené skladby, aby byla možná difuze vodní páry z interiéru do exteriéru. Neprůvzdušnost obálky budovy se ověřuje experimentálně Blower Door testem. Zkouška se provádí v době, kdy jsou všechny vzduchotěsné vrstvy přístupné k možným opravám. Při tomto testu se z objektu odčerpává vzduch, aby tlak vzduchu v budově byl o 50 Pa menší než v okolní atmosféře v exteriéru. Při tomto poklesu tlaku může maximálně dojít k infiltraci 60 % objemu vzduchu celého objektu za 1 hodinu.

Častým problémem bývá nedostatečné větrání obytných prostor. Uživatelé málo a špatně větrají zejména v zimním období. Při větrání se do místnosti můžou dostávat nečistoty, hluk a vzniká průvan. Při přirozeném větrání dochází k tepelným ztrátám objektu. U pasivních domů se o výměnu vzduchu stará systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla. Rekuperace tepla minimalizuje tepelné ztráty při větrání, přivádí čerstvý vzduch bez průvanu, snižuje prašnost a hlučnost.

3.1 Potřeba tepla na vytápění

Podkapitolu 3.1 *Potřebu tepla na vytápění* jsem zařadil do své diplomové práce z důvodu, abych byl schopný určit potřebné součinitele prostupu tepla obalových konstrukcí při snaze se dostat k hranici pasivního domu v objektu vědeckotechnického centra.

3.1.1 Požadavky dle ČSN 73 0540 – 2 [1]

- měrná roční potřeba tepla na vytápění je menší než 15 kWh na m² obytné plochy stavby za rok ($E_A < 15 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ a}$)
- celková potřeba primární energie spojená s provozem stavby včetně všech spotřebičů je nižší než 120 kWh na m² obytné plochy stavby za rok ($PE_A < 120 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ a}$)
- neprůvzdušnost obálky je maximálně 60% objemu vzduchu celé budovy za hodinu ($n_{50} < 0,6 / \text{hod}$)

3.1.2 Výpočet

Při výpočtu jsem se zabýval pouze požadavkem měrné potřeby tepla na vytápění. Protože požadavek celkové potřeby primární energie se dá špatně vypočítat z důvodu nemožnosti odhadnutí používaných přístrojů a spotřebičů v pronajímaných laboratořích a kancelářích. Neprůvzdušnost obálky budovy se pouze dá změřit na již postaveném objektu.

K výpočtu bilance potřeby tepla na vytápění jsem si vytvořil vlastní výpočetní model v programu Excel. Celý výpočet potřeby tepla na vytápění jsem zařadil do příloh. Podklady pro výpočet bilance jsem převzal ze studijního materiálu „Potřeba tepla na vytápění“ [17] vytvořeného Ing. Kamilem Staňkem, Ph.D. Ve výpočtu bilance jsou zahrnuty tepelné ztráty objektu a od nich jsou odečteny tepelné zisky vynásobené faktorem využitelnosti tepelných zisků při vytápění ($Q_{nd} = Q_l - Q_g \cdot \eta_g$). Celkové tepelné ztráty

vytápěné zóny objektu jsou tepelné ztráty prostupem a větráním. Ztráty prostupem se vypočítají z plochy obálky budovy, která je v kontaktu s exteriérem, nevytápěným prostorem a zeminou. Výpočet ztrát větráním je složen z potřeby výměny čerstvého vzduchu za využití rekuperace a infiltrační netěsnostmi obálky budovy. Využitelné tepelné zisky vytápěné zóny se vypočítají jako součet vnitřních a solárních tepelných zisků. Vnitřní tepelné zisky jsem vypočítal tak, že jsem si objekt rozdělil na zóny se stejným využitím. Objekt vědeckotechnického centra jsem rozdělil na 9 zón. Rozdělení zón je vidět na výkrese A01 až A05 a podrobný popis je umístěn v přílohách I.3 *Parametry zóny 1 až I.11 Parametry zóny 9*. Ke každé zóně jsem přiřadil příslušnou plochu, ze které jsem vypočítal obsazenost. Jednotlivé plochy jsem vynásobil měrnými tepelnými zisky od lidí a jejich časovou přítomností. To samé jsem udělal u vybavení. Po sečtení těchto dvou hodnot jsem dostal celkové tepelné zisky dané zóny. Hodnotu vnitřních tepelných zisků jsem vypočítal sečtením všech zón. Solární tepelné zisky jsem vypočítal jako součet příspěvků jednotlivých oken pro každou světovou orientaci. Jednotlivé příspěvky se spočítají z účinné solární sběrné plochy okna vynásobené měsíční dávkou ozáření pro danou orientaci okna. Hodnoty průměrné teploty a měsíční dávky ozáření pro jednotlivé orientace jsem převzal z výukového podkladu pro studium „klíma_v1_spj1“ [18]. Veškeré klimatické hodnoty jsem zvolil vzhledem k umístění stavby v Buštěhradu kousek od Kladna.

3.1.3 Vyhodnocení

Vyhodnocení jsem provedl na základě měrné potřeby tepla na vytápění. Pro dosažení požadované potřeby tedy 15 kWh / m² za rok je nutné, aby jednotlivé součinitele prostupu tepla obalových konstrukcí, násobnost výměny vzduchu a rekuperace měli hodnoty v příložené *Tabulce 8*. Do tabulky jsem zařadil také hodnoty pro referenční budovu. Referenční budova je úplně totožná budova jako navrhovaná budova, jen její součinitele prostupu tepla obalovými konstrukcemi mají požadované hodnoty podle normy ČSN 73 0540 – 2 [1]. V *Tabulce 9* jsem spočítal pro obě budovy měrnou roční potřebu tepla na vytápění $E_A [kWh/m^2 \cdot a]$, celkovou roční potřebu tepla na vytápění $E [kWh]$, celkové roční využitelné tepelné zisky $Q_g [kWh]$, celkovou roční tepelnou ztrátu $Q_l [kWh]$ a průměrný součinitel prostupu tepla obalovými konstrukcemi $U_{em} [W/m^2 \cdot K]$. Kompletní výpočet tepelné bilance referenční budovy a navrhované budovy jsem umístil do příloh I.1 *Bilance potřeby tepla – referenční budova* a I.2 *Bilance potřeby tepla – navrhovaná budova*.

Tabulka 8: Parametry budov

veličina	jednotky	referenční budova	navrhovaná budova
$U_{\text{obvodový plášť}}$	[W/m ² K]	0,300	0,120
$U_{\text{střechy}}$	[W/m ² K]	0,240	0,080
$U_{\text{strop nad garáží}}$	[W/m ² K]	0,600	0,190
$U_{\text{strop nad exteriérem}}$	[W/m ² K]	0,240	0,130
$U_{\text{podlaha na terénu}}$	[W/m ² K]	0,450	0,160
$U_{\text{zed' k terénu}}$	[W/m ² K]	0,450	0,200
$U_{\text{zed' u garáže}}$	[W/m ² K]	0,600	0,300
U_{okna}	[W/m ² K]	1,500	0,720
$U_{\text{dveře}}$	[W/m ² K]	1,500	0,750
$U_{\text{hlavní vchod}}$	[W/m ² K]	1,700	1,300
n_{50}	[1/h]	0,8	0,6
rekuperace	[-]	0,8	0,8
potřeba tepla	[kWh/m ²]	52,08	15,63

Tabulka 9: Tepelná bilance

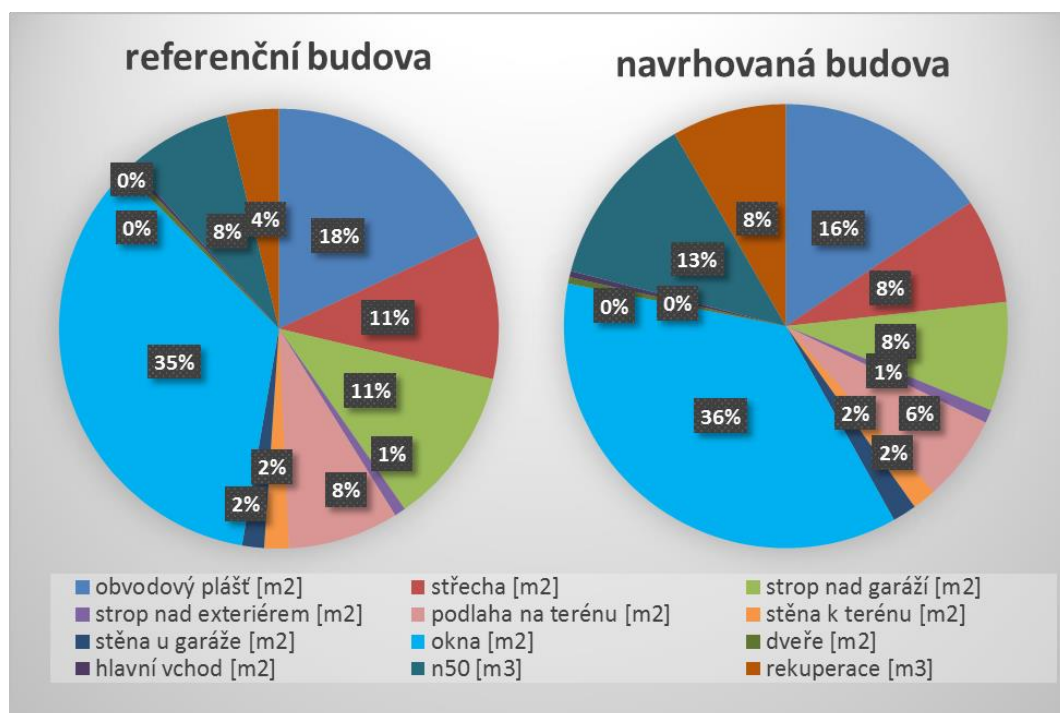
veličina	značky	jednotky	referenční budova	navrhovaná budova
celkové roční tepelné ztráty budovy	Q_i	[kWh]	539002,8	250767,1
celkové roční využitelné tepelné zisky	Q_g	[kWh]	177516,8	142300,8
celková roční potřeba tepla na vytápění	E	[kWh]	361486,0	108466,3
měrná roční potřeba tepla na vytápění	E_A	[kWh/m ² *a]	52,08	15,63
průměrný součinitel prostupu tepla	U_{em}	[W/m ² *K]	0,45	0,19

V *Tabulce 10* jsem vypočítal ztrátu měrných tepelných toků přes konstrukci objektu, při infiltraci a při výměně vzduchu v objektu. Počítal jsem referenční a navrhovanou budovu. Dále jsem porovnal ztrátu měrných tepelných toků v každé budově mezi jednotlivými konstrukcemi a ztrátou při větrání. U obou budov jako nejhorší vyšla ztráta okny. Druhá největší ztráta je přes obvodový plášť a třetí je u každé budovy už jiná. Rekuperace má mnohem menší vliv u referenční budovy než u navrhované pasivní budovy. Proto jsou tak důležité rekuperace se zpětným získáváním tepla u pasivních domů. To samé platí pro přirozenou infiltraci netěsnostmi. U navrhovaného objektu při předpokládaném

správném navržení a provedení je ztráta netěsnostmi v obálce konstrukce třetí největší a hodně se blíží ztrátě přes obvodový plášť. Proto špatně navržené a provedené detaily napojení vzduchotěsné vrstvy mají veliký vliv na celkovou ztrátu objektu u pasivních domů.

Tabulka 10: Měrné tepelné toky

veličina	jednotky	hodnota	Měrné tepelné toky			
			referenční budova		navrhovaná budova	
			[W/K]	%	[W/K]	%
obvodový plášť	[m ²]	3058,22	917,466	18	366,987	16
střecha	[m ²]	2241,36	537,926	11	179,309	8
strop nad garáží	[m ²]	1421,80	588,625	12	186,398	8
strop nad exteriérem	[m ²]	215,84	41,959	1	22,728	1
podlaha na terénu	[m ²]	1329,65	412,855	8	146,793	6
stěna k terénu	[m ²]	294,55	91,456	2	40,647	2
stěna u garáže	[m ²]	207,31	82,096	2	41,048	2
okna	[m ²]	1180,60	1770,893	35	850,028	36
dveře	[m ²]	14,62	21,930	0	10,965	0
hlavní vchod	[m ²]	8,05	13,685	0	10,465	0
n ₅₀	[m ³]	20820,97	396,431	8	297,323	13
rekuperace	[m ³]	2883,43	196,074	4	196,074	8
celkem	[W/K]		5071,397	100	2348,765	100



Obrázek 5: Měrné tepelné toky

3.1.4 Závěr

Při srovnání referenční budovy a navrhované budovy je navrhovaná budova cca 3,33 krát úspornější než referenční budova s požadovanými hodnotami součinitele prostupu tepla obalových konstrukcí. Prosklené části budovy mají obrovský vliv na tepelnou ztrátu objektu. Další velký vliv na tepelnou ztrátu objektu mají infiltrace netěsnostmi obalových konstrukcí a použití rekuperace při řízené výměně vzduchu v objektu. Proto je nejen velmi důležité dostatečné zateplení obálky budovy, ale i vhodně zvolené detaily jednotlivých konstrukcí se zamezením infiltraci netěsnostmi a použití nuceného větrání s rekuperací se zpětným získáváním tepla.

3.2 *Tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí*

Vzhledem k poloze České republiky a našim klimatickým podmínkám je velmi důležité navrhnout správně obalové konstrukce v objektu. Je velmi důležité se zabývat nejen součiniteli prostupu tepla jednotlivých skladeb, ale i difuzí vodní páry a bilancí zkondenzované a vypařené vodní páry za rok. Tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí posuzujeme u celé ochlazované obálky budovy. Za ochlazovanou část obálky budovy považujeme tu, která je ve styku s exteriérem a zeminou.

3.2.1 Požadavky

Požadavky a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla na tepelně-technické vlastnosti obalových konstrukcí jsou určeny v normě ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky [1]. Potřebné hodnoty součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí jsem určil v kapitole 3.1 *Potřeba tepla na vytápění*, aby navrhovaný objekt vědeckotechnického centra se dostal na hranici pasivního domu. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí jsou určeny v normě. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce. Roční množství kondenzátu musí být menší než roční kapacita odparu. Roční množství kondenzátu musí být nižší než 0,1 kg/m² rok, nebo maximálně 3-6% plošné hmotnosti materiálu. Použije se nižší z hodnot.

3.2.2 Výpočet

Výpočtová hodnota součinitele prostupu tepla U [W/m²K] udává, kolik tepla unikne konstrukci o ploše jednoho metru čtverečního plochy konstrukce při rozdílu teplot o jeden Kelvin. Při výpočtu se stanoví tepelné odpory všech vrstev konstrukce a sečtou se

s tepelnými odpory při přestupu. Součinitel prostupu tepla se vypočítá z převrácené hodnoty tepelného odporu. Výpočet difuze vodní páry byl proveden pro předpokládané 1D šíření vodní páry skladbou konstrukce. Celý výpočet jsem provedl v programu Teplo 2015 [11]. Okrajové podmínky teplot a vlhkostí jsem zvolil vzhledem k umístění a účelu stavby. Kompletní výpočet tepelně-technických vlastností všech obalových konstrukcí ochlazované části budovy jsem umístil do příloh *II.1 Skladba P1 – obvodový plášť* až *II.7 Skladba P7 – stěna u garáže*.

3.2.3 Skladby obalových konstrukcí

Do skladeb jsem zařadil pouze ty skladby, u kterých jsem počítal součinitel prostupu tepla obalových konstrukcí a difuzi vodní páry. Všechny tyto skladby jsou potřebné pro výpočet bilance potřeby tepla na vytápění, protože tvoří ochlazovanou část obálky budovy.

Tabulka 11: Skladba P1 - obvodová stěna

č.	název	funkce	materiál	tl.	λ	U	obrázek skladby
				mm	W/mK	W/m ² K	
1	Baumit NanoporTop	omítka	silikátová omítka	5	0,700	0,115	
2	Baumit	výztužná vrstva	disperzní stěrka	3	0,700		
3	Isover TF Profi	tepelná izolace	vláknitá izolace	200	0,036		
4	Baumit StarContact	lepidlo	lepidlo	3	0,800		
5	Isover TF Profi	tepelná izolace	vláknitá izolace	100	0,036		
6	Baumit StarContact	lepidlo	lepidlo	3	0,800		
7	ŽB stěna	nosná	železobeton	200	1,580		
8	Baumit	omítková stěrka	cement + přísady	5	0,470		

Tabulka 12: Skladba P2 - střecha

č.	název	funkce	materiál	tl.	λ	U	obrázek skladby
				mm	W/mK	W/m ² K	
1	Urbanscape	rozchodníkový koberec	rostliny	40	-	0,082	
2	Urbanscape Green Roll	retence vody	kamenné minerální plsti	40	-		
3	Urbanscape	retenční drenáž	folie	25	-		
4	Urbanscape	ochranná folie	folie	1	-		
5	Evalon V	hydroizolace	folie	2	0,160		
6	Agrotex	separační vrstva	geotilie	300 g/m ²	-		
7	Isover S	tepelná izolace	vláknitá izolace	400	0,036		
8	Isover SD	spádové desky	vláknitá izolace	30 – 180	0,040		
9	Isover Difunorm	parozábrana	folie	1	0,350		
10	ŽB strop	nosná	železobeton	280	1,580		
11	Baumit	omítková stěrka	cement + přísady	5	0,470		

Tabulka 13: Skladba P3 - strop nad garáží

č.	název	funkce	materiál	tl.	λ	U	obrázek skladby
				mm	W/mK	W/m ² K	
1	podlaha P8	pochozí	viz podlaha P8	125	-	0,190	
2	ŽB strop	nosná	železobeton	280	1,580		
3	Baumit StarContact	lepidlo	lepidlo	3	0,800		
4	Isover NF 333 V	tepelná izolace	vláknitá izolace	150	0,041		
5	Baumit	omítková stěrka	cement + přísady	2	0,700		

Tabulka 14: Skladba P4 - strop nad exteriérem

č.	název	funkce	materiál	tl.	λ	U	obrázek skladby
				mm	W/mK	W/m ² K	
1	podlaha P8	pochozí	viz podlaha P8	125	-	0,132	
2	ŽB strop	nosná	železobeton	280	1,580		
3	Baumit StarContact	lepidlo	lepidlo	3	0,800		
4	Isover TF Profi	tepelná izolace	vláknitá izolace	220	0,036		
5	Baumit	výztužná vrstva	disperzní stěrka	3	0,700		
6	Baumit NanoporTop	omítka	silikátová omítka	5	0,700		

Tabulka 15: Skladba P5 - podlaha na terénu

č.	název	funkce	materiál	tl.	λ	U	obrázek skladby
				mm	W/mK	W/m ² K	
1	podlaha P8	pochozí	viz podlaha P8	125	-	0,165	
2	bílá vana	nosná	železobeton	500	1,580		
3	podkladní beton	ochranná	beton	100	1,430		
4	A-Glass	tepelná izolace	pěnové sklo	200	0,044		

Tabulka 16: Skladba P6 - stěna k terénu

č.	název	funkce	materiál	tl.	λ	U	obrázek skladby
				mm	W/mK	W/m ² K	
1	Nopová fólie	ochranná vrstva	polyetylen	10	-	0,204	
2	Baumit	výztužná vrstva	disperzní stěrka	3	0,700		
3	Synthos XPS Prime S 30 L	tepelná izolace	extrudovaný polystyren	160	0,035		
4	Baumit StarContact	lepidlo	lepidlo	3	0,800		
5	bílá vana	nosná	železobeton	300	1,580		
6	Baumit	omítková stěrka	cement + přísady	5	0,470		

Tabulka 17: Skladba P7 - stěna u garáže

č.	název	funkce	materiál	tl.	λ	U	obrázek skladby
				mm	W/mK	W/m ² K	
1	Baumit NanoporTop	omítka	silikátová omítka	5	0,700	0,299	
2	Baumit	výztužná vrstva	disperzní stěrka	3	0,700		
3	Isover NF 333 V	tepelná izolace	vláknitá izolace	120	0,041		
4	Baumit StarContact	lepidlo	lepidlo	3	0,800		
5	ŽB stěna	nosná	železobeton	200	1,580		
6	Baumit	omítková stěrka	cement + přísady	5	0,470		

Tabulka 18: Skladba P8 - podlaha v kanceláři

č.	název	funkce	materiál	tl.	obrázek skladby
				mm	
1	dlažba Urbanic	podlahová krytina	keramika	8	
2	Keraflex	lepící tmel	cementové lepidlo	2	
3	Topnem	roznášecí vrstva	anhydrit	75	
4	Arbiton	parozábrana	lepidlo	0,2	
5	Isover T-N	pružná vrstva	čedičová vlna	40	

3.2.4 Vyhodnocení

Všechny vypočítané součinitelé prostupu tepla konstrukce obálky budovy vyhovují na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy $U_{pas,20}$ udané v normě. V žádné z navrhovaných konstrukcí nedochází ke kondenzaci vodní páry na konci modelového roku. Veškerá vodní pára zkondenzovaná v konstrukci se během roku vypaří. Skladby všech konstrukcí s popisem jsou umístěné v kapitole 3.2.3 *Skladby obalových konstrukcí*.

Tabulka 19: Součinitel prostupu tepla obalových konstrukcí

značka	konstrukce	tloušťka [mm]	vypočítané U [W/m ² K]		doporučené U _{pas,20} [W/m ² K]	vyhodnocení
P1	obvodový plášť	500	0,115	<	0,18 – 0,12	vyhovuje
P2	střecha	400-800	0,082	<	0,18 – 0,12	vyhovuje
P3	strop nad garáží	525	0,190	<	0,30 – 0,20	vyhovuje
P4	strop nad exteriérem	595	0,132	<	0,15 – 0,10	vyhovuje
P5	podlaha na terénu	925	0,165	<	0,22 – 0,15	vyhovuje
P6	stěna k terénu	460	0,204	<	0,22 – 0,15	vyhovuje
P7	stěna u garáže	320	0,299	<	0,30 – 0,20	vyhovuje

3.2.5 Závěr

Při použití vypočtených hodnot součinitelů prostupu tepla obalových konstrukcí z *Tabulky 19* se bilance změní jen nepatrně a to na 15,56 kWh/m². Došlo k nepatrnému zlepšení bilance a to díky lepšímu součiniteli prostupu tepla obvodovým plášťem. Takto navržené skladby obálky objektu jsou vhodné pro dosažení pasivního standartu vědeckotechnického centra.

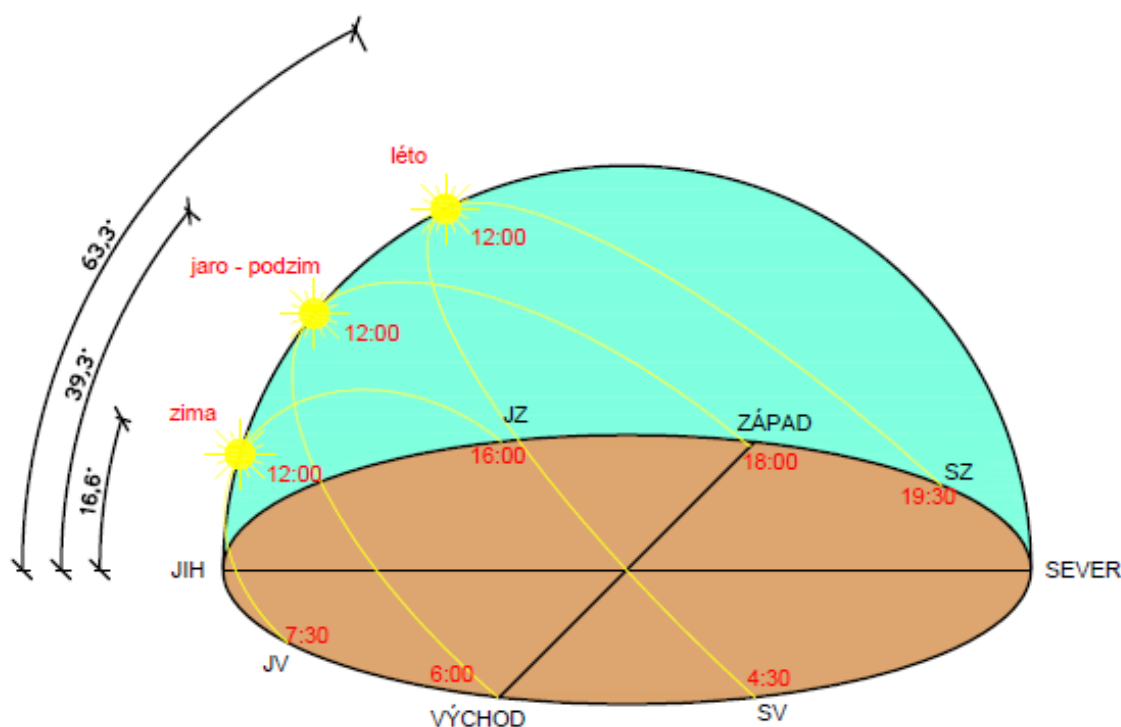
3.3 Přehřívání místností

Jedním z největších problémů u kancelářských budov je přehřívání v letních měsících z důvodu nadměrných tepelných zisků od slunečního záření, zejména u místností orientovaných na jižní světovou stranu s nadměrným zasklením fasády. Tento problém se většinou řeší nevhodným způsobem a to zejména navržením klimatizační jednotky pro chlazení prostor. Tento způsob řešení je drahý a nevhodný z důvodu, že řeší pouze odebrání samotných nadměrných tepelných zisků z místnosti, ale nikoliv zabránění vniknutí slunečních zisků do místnosti.

Z důvodu úspory energie se v pasivních domech projektují velká okna orientovaná na jižní světovou stranu. Velkými okny se v zimním a přechodném ročním období do místností dostávají sluneční paprsky a vyhřívají objekt. To, co považujeme

v zimním a přechodném období za výhodu, tak v letním období považujeme za velikou nevýhodu. V letním období nám sluneční paprsky přehřívají místnosti, které nám ovlivňují tepelnou pohodu. Přehřívání se dá předejít vhodným navržením externího stínění. Externí stínění je mnohem účinnější než vnitřní stínění. Protože při průchodu slunečních paprsků zasklením se krátkovlnné sluneční záření přemění na dlouhovlnné záření, které není schopné projít zasklením opět ven a zahřívá místnost. Z tohoto důvodu vnitřní žaluzie nebo jiné vnitřní stínění není moc účinné a neřeší problém přehřívání místností. Jediným řešením je zabránit vniknutí slunečních paprsků skrz zasklení. To se dá několika způsoby, třeba použitím venkovních žaluzií, markýz nebo různých slunolamů.

Při použití venkovních žaluzií se odstíní sluneční paprsky, když je to potřeba. Ale při zatažení žaluzií se zhoršují světelné podmínky v místnosti a musí se použít umělé osvětlení, které spotřebovává zbytečně další energii. Proto toto řešení není úplně vhodné podle mého názoru. Mnohem vhodnějším řešením jsou navržené slunolamy nebo markýzy, které brání slunečním paprskům v letních měsících, kdy je slunce vysoko na obzoru. Naopak v zimním a přechodném období, kdy je slunce níže nad obzorem, tak mohou sluneční paprsky pronikat do místností a vyhřívát je.



Obrázek 6: Pohyb slunce na obloze podle ročního období

3.3.1 Požadavky

Jediným požadavkem je, aby se místnosti nepřehřívaly. Nejvíce se přehřívají místnosti s jižní orientací. Při výpočtu se budu zabývat dvěma kritérii. První kritérium je doba, po kterou teplota v místnosti přesáhne 26,5 °C. Druhé pomocné kritérium je maximální dosažená teplota v místnosti.

3.3.2 Výpočet

Výpočet přehřívání místností jsem provedl v programu Dial+ [10]. Tento program umí vypočítat průběh teplot v místnosti během roku na základě zadaných venkovních teplot a orientace místnosti ke světovým stranám. V programu se dá dále nastavit různé stínění oken.

V programu jsem vymodeloval potřebné místnosti. V každé z nich jsem zadal potřebné rozměry místnosti, oken a konstrukcí. Každé z konstrukcí jsem přiřadil požadované parametry a součinitelé prostupu tepla obalových konstrukcí. Vytvořil jsem stínící okolní objekty. Po zadání všech potřebných parametrů jsem spustil výpočet roční bilance tepla v místnosti. Tento výpočet jsem několikrát zopakoval, jen s tím rozdílem, že jsem pouze měnil různé druhy stínících překážek.

3.3.3 Vyhodnocení

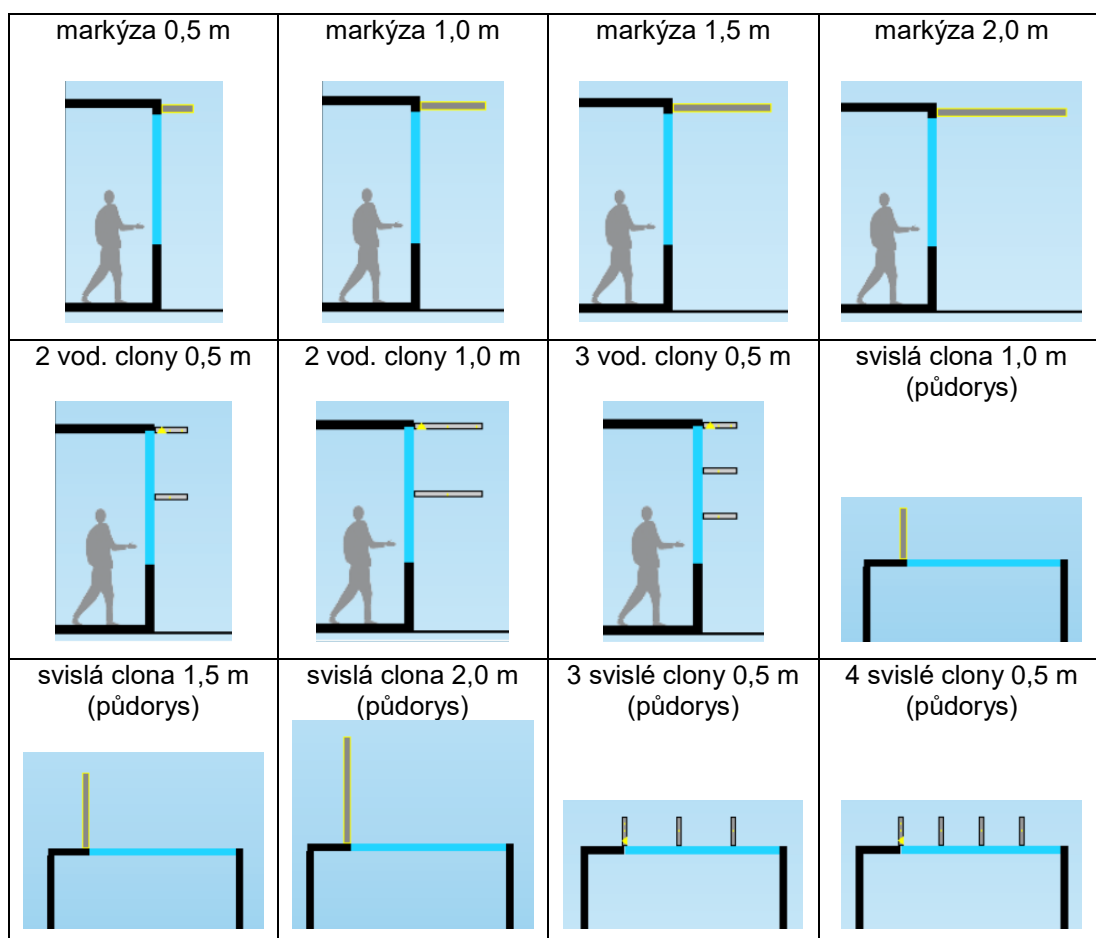
Výpočet bilance bez stínění jsem si určil jako nejhorší stav, kdy se vůbec neřeší přehřívání místností. Jako nejlepší stav jsem určil bilanci při stínění žaluziemi, které se automaticky stahují podle slunečního záření a venkovní teploty. Ale jak už jsem psal tak toto řešení není úplně vhodné. Protože při zatažení žaluzií je v místnosti nedostatečné denní osvětlení a musí se přisvítit umělým osvětlením, které spotřebovává energii. Proto bilanci, když stíním žaluziemi, jsem se snažil přiblížit různými stínícími prvky, u kterých jsem se také zabýval činitelem denní osvětlenosti v místnosti. Při výpočtu denního osvětlení jsem řešil maximální délku pracovní oblasti od okna. Čím více budu stínit, tak tím lépe vyjde bilance na přehřívání, ale na druhou stranu se bude zmenšovat pracovní oblast u okna.

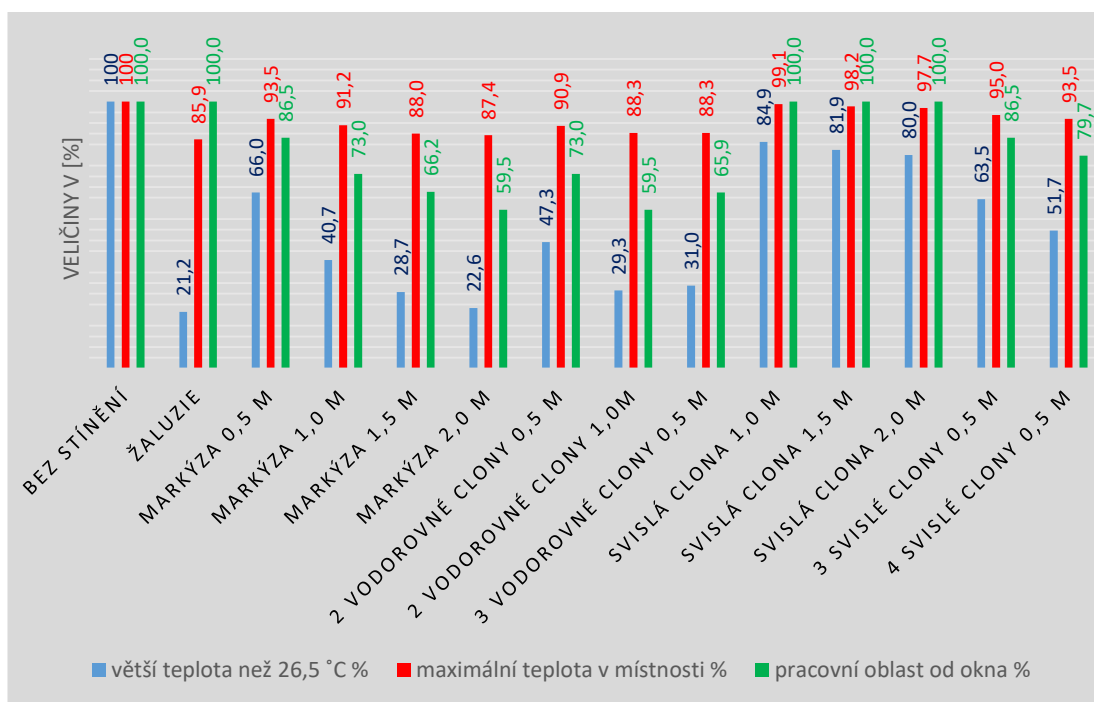
Pro výpočet bilance přehřívání místností jsem si vybral kancelář s číslem 333 na jihozápadní straně objektu, která je navíc osazena velkým oknem, které v létě přehřívá místnost. Okno má rozměry 2,85 x 2,0 m. Tato kancelář se opakuje v celém objektu se stejnými rozměry a orientací. Její půdorysné rozměry jsou 3,5 x 4,9 m, proto bude velmi důležité řešit při stínění i činitel denní osvětlenosti v místnosti.

Tabulka 20: Regulace slunečních paprsků v kanceláři 333

stínění	větší teplota než 26,5 °C		maximální teplota v místnosti		pracovní oblast od okna	
	hodin	%	°C	%	m	%
bez stínění	509	100	34,1	100	3,70	100
žaluzie	108	21,2	29,3	85,9	3,70	100,0
markýza 0,5 m	336	66,0	31,9	93,5	3,20	86,5
markýza 1,0 m	207	40,7	31,1	91,2	2,70	73,0
markýza 1,5 m	146	28,7	30,0	88,0	2,45	66,2
markýza 2,0 m	115	22,6	29,8	87,4	2,20	59,5
2 vodorovné clony 0,5 m	241	47,3	31,0	90,9	2,70	73,0
2 vodorovné clony 1,0m	149	29,3	30,1	88,3	2,20	59,5
3 vodorovné clony 0,5 m	158	31,0	30,1	88,3	2,44	65,9
svislá clona 1,0 m	432	84,9	33,8	99,1	3,70	100,0
svislá clona 1,5 m	417	81,9	33,5	98,2	3,70	100,0
svislá clona 2,0 m	407	80,0	33,3	97,7	3,70	100,0
3 svislé clony 0,5 m	323	63,5	32,4	95,0	3,20	86,5
4 svislé clony 0,5 m	263	51,7	31,9	93,5	2,95	79,7

Tabulka 21: Schémata slunečních clon





Obrázek 7: Graf regulace slunečních paprsků v kanceláři 333

3.3.4 Závěr

Jak jsem předpokládal, tak nejlépe vyšla bilance přehřívání s automaticky zatahovatelnými žaluziemi. Druhá nejlepší bilance vyšla s dvoumetrovou markýzou, ale pracovní prostor u okna se zkrátil z 3,7 na 2,2 metru. Jako třetí nejlepší hodnota vyšla s 1,5 metrovou markýzou. Této bilanci se hodně přiblížila bilance přehřívání se stíněním dvěma vodorovnými metrovými clonami, jen je rozdíl v pracovní oblasti 0,25 metru v neprospěch dvou stínících clon. Při použití jedné svislé clony se bilance přehřívání moc nezlepší, ale nezmenšuje se pracovní prostor u okna. Při stínění čtyřmi svislými clonami klesne bilance přehřívání skoro o polovinu a pracovní prostor se zkrátí pouze o 1,05 metru.

Jako vhodný stínící prvek jsem nakonec vybral markýzu 1,5 metru dlouhou. Protože dvoumetrová markýza zkrátí pracovní oblast na 2,2 metru, což je o 0,25 metru méně než u 1,5 metrové markýzy. V bilanci přehřívání je rozdíl 31 hodin. Při srovnání 1,0 metrové a 1,5 metrové markýzy, tak rozdíl v pracovní oblasti je také 0,25 metru a rozdíl v bilanci přehřívání je 61 hodin. To je docela velký pokles na úkor malého zkrácení pracovní oblasti u okna.

4 DENNÍ OSVĚTLENÍ

Přirozené denní světlo je nenahraditelné pro lidský organizmus. Člověk se vyvíjel při denním osvětlení milióny let a je na něj dokonale přizpůsoben. Denní světlo má veliký vliv na fyziologii a psychiku člověka. Výhody při působení denního osvětlení jsou stimulační účinek dynamiky denního světla, barevné podání, regulace denních rytmů a psychologický význam kontaktu s venkovním prostředím. Optimálním využitím denního osvětlení se omezuje potřeba a doba používání umělého osvětlení. Denní osvětlení využívá přímé sluneční paprsky, proto kromě nesporného významu na zdraví člověka má i velký vliv na hospodaření a ekologii. Zdrojem denního světla je slunce, které vyzařuje záření v širokém rozsahu vlnových délek. Na zemský povrch pronikne jen část záření. Viditelné světlo je jen úzkou částí optického spektra záření. Oko vnímá tuto vlnovou oblast jako spektrum barev od fialové, modré, zelené, žluté, oranžové až k červené.

Správně navrhnout denní osvětlení v obytných místnostech je velmi důležité, protože většinu svého času trávíme uvnitř budov. Cílem návrhu denního osvětlení je zajištění vhodných světelných podmínek pro zrakovou práci v interiéru. Důležité je umožnit do místnosti přístup slunečního světla, které je rozptýleno v atmosféře. Návrh denního osvětlení není jen závislý na velikosti oken, ale i rozměrech místnosti, odstupu mezi budovami a na výškové úrovni okolní zástavby. Hodnocení činitele denní osvětlenosti není závislé na světových stranách.

V nově navrhovaných objektech musí mít vnitřní prostory určené pro trvalý pobyt lidí během dne vždy vyhovující denní osvětlení. Trvalý pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části je ten, který trvá v průběhu jednoho dne za denního světla déle než 4 hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně.

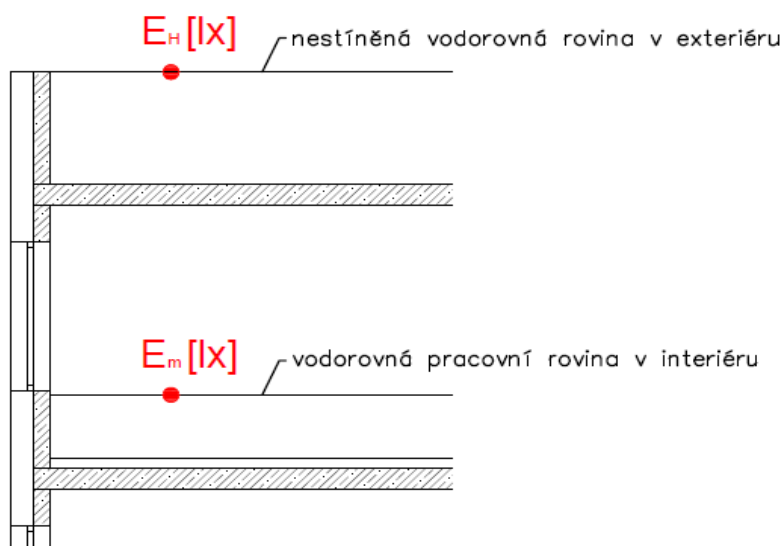
4.1 Požadavky

Požadavky na denní osvětlení jsou udány v normě ČSN 73 0580 – 1 [2]. Norma udává, že činitel denní osvětlenosti v místnosti má mít minimální hodnotu 1,5 % na pracovní rovině při třídě zrakové činnosti IV. Charakteristika zrakové činnosti je středně přesná. Příklady zrakových činností jsou středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní, běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, obsluha strojů a příprava jídel. U běžných kanceláří se může vymežit pracovní prostor v místnosti s minimální hodnotou činitele

denní osvětlenosti 1,5 %. V ostatních částech místnosti může být kancelářské zařízení, ale nesmí tam být umístěné pracovní místo pro trvalý pobyt lidí.

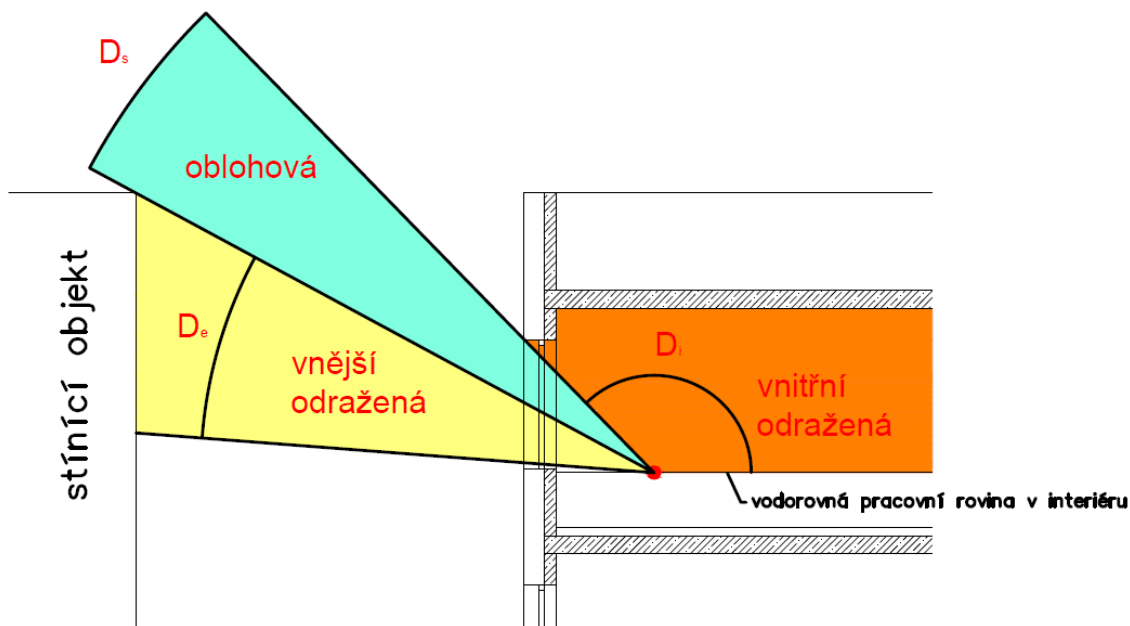
4.2 Výpočet

Pro vyhodnocení denního osvětlení v budovách se používá výpočet činitele denní osvětlenosti D [%]. Činitel denní osvětlenosti se vypočítá jako poměr osvětlenosti E_m [lx] v interiéru na pracovní rovině a současné osvětlenosti E_H [lx] na horizontální nestíněné rovině v exteriéru. Obě osvětlenosti se měří v ten samý čas a výpočtem se zjistí činitel denní osvětlenosti na pracovní rovině. Měření by mělo probíhat v zimním období při zatažené obloze a horizontální osvětlenost na nestíněné rovině by měla mít 5000 luxů. Takové podmínky nastávají jen párkrát do roka, proto se spíš činitel denní osvětlenosti vypočítává různými metodami.



Obrázek 8: Body pro měření činitele denního osvětlení

Při použití výpočetního modelu se činitel denní osvětlenosti D vypočítá jako součet oblohové složky D_s , vnější odražené složky D_e a vnitřní odražené složky D_i . Výpočet jednotlivých složek se může provést graficky, početně nebo softwarem na počítači. Pro výpočet se používá standardizovaný model zatažené oblohy v zimě, který působí jako plošný zdroj světla se stanoveným rozložením jasů. V takovém modelu je jas třikrát větší v zenitu než u horizontu při tmavém terénu v nadmořských výškách pod 600 m n.m. Model není závislý na poloze slunce, proto všechny místnosti s trvalým pobytém musí splňovat požadavky dané normou bez ohledu na orientaci zasklení ke světovým stranám. Činitel denní osvětlenosti se určuje na pracovní rovině, která je dána pracovní činností. Nejčastěji pracovní rovina bývá ve výšce desky stolu, která je 850 mm nad podlahou místnosti.

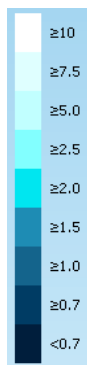


Obrázek 9: Složky činitele denní osvětlenosti

Výpočet činitele denní osvětlenosti jsem provedl v programu Dial+ [10]. Použil jsem stejné vymodelované místnosti vytvořené pro výpočet přehřívání. Jediné co bylo potřebné zadat pro výpočet činitele denní osvětlenosti, byl činitel odrazu světla povrchů v místnosti. Uvažoval jsem činitel odrazu světla pro stropy 0,7, pro stěny v hodnotě 0,5 a pro podlahy v hodnotě 0,3.


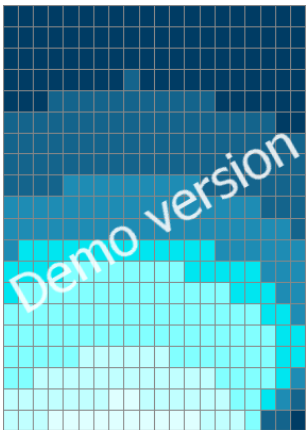
4.3 Výhodnocení

Výpočet činitele denní osvětlenosti jsem vypočítal pouze u kanceláří, ve kterých je uvažovaný trvalý pobyt lidí s třídou zrakové činnosti IV. V budově jsou i jiné prostory s jiným zařazením dle zrakové činnosti. Tyto prostory nejsou určeny pro trvalý pobyt lidí, a proto jsem v nich nepočítal činitel denní osvětlenosti. Ve všech kancelářích jsem nejprve vypočítal činitel denní osvětlenosti bez stínění. Pak jsem výpočet zopakoval, jen s tím rozdílem, že okennímu otvoru stínila 1,5 metru dlouhá markýza.

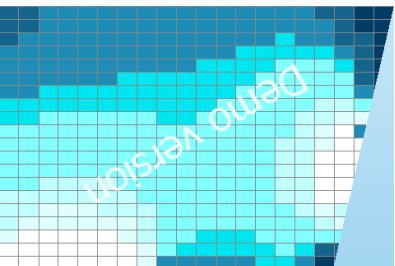
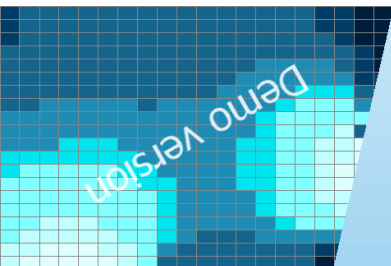


Obrázek 10: Legenda pro vyhodnocení činitele denní osvětlenosti

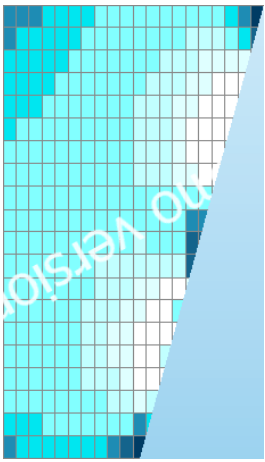
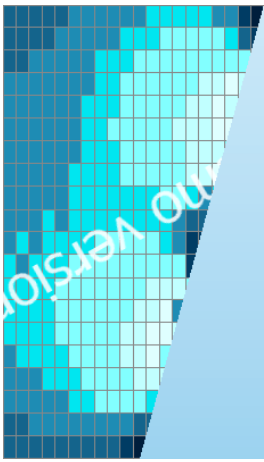
Tabulka 22: Denní osvětlení v kanceláři číslo 333 (výstup z programu Dial+ [10])

bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	3,7	2,45	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	1,25		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	509	146	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
	363		

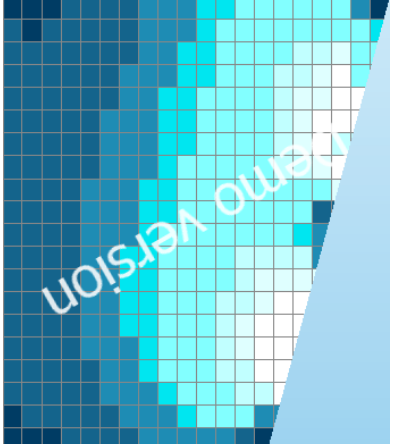
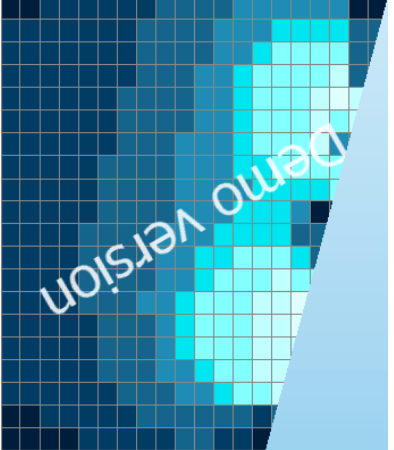
Tabulka 23: Denní osvětlení v kanceláři číslo 331 (výstup z programu Dial+ [10])

bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	celá místnost	3,1	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	1,8		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	402	93	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
	309		



Tabulka 24: Denní osvětlení v kanceláři číslo 324 (výstup z programu Dial+ [10])

bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	celá místnost	3,8	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	0,4		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	542	115	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
	427		

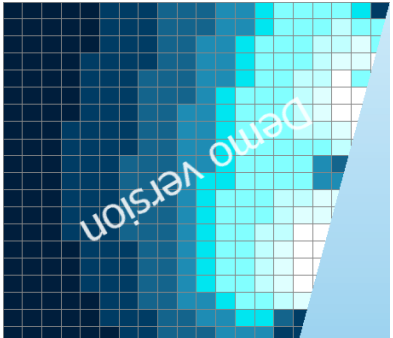

Tabulka 25: Denní osvětlení v kanceláři číslo 323 (výstup z programu Dial+ [10])

bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	4,2	2,8	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	1,4		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	297	66	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
	231		

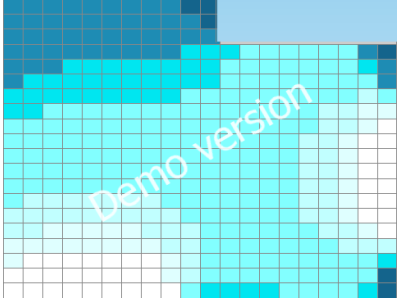
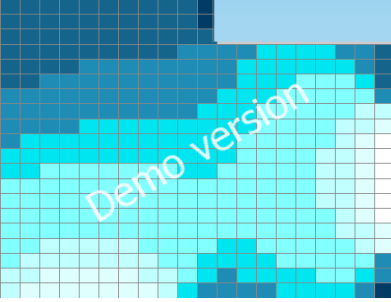
Tabulka 26: Denní osvětlení v kanceláři číslo 322 (výstup z programu Dial+ [10])

bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	4,2	2,9	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	1,3		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	169	44	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
	125		

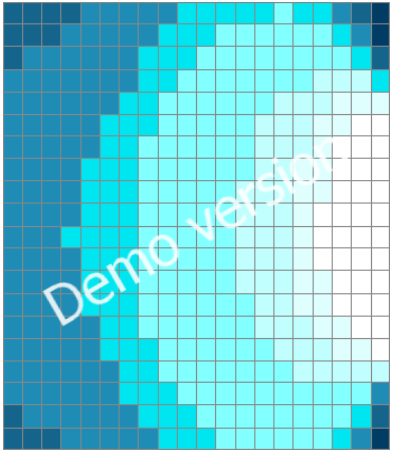
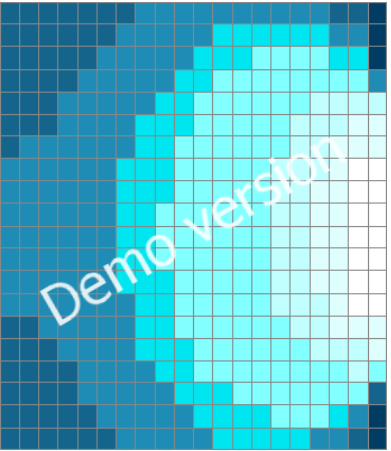
Tabulka 27: Denní osvětlení v kanceláři číslo 321 (výstup z programu Dial+ [10])

bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	4,15	3,1	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	1,05		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	124	32	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
	92		

Tabulka 28: Denní osvětlení v kanceláři číslo 134 (výstup z programu Dial+ [10])

bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	celá místnost	3,7	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	1,1		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	519	186	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
333			

Tabulka 29: Denní osvětlení v kanceláři číslo 122 (výstup z programu Dial+ [10])

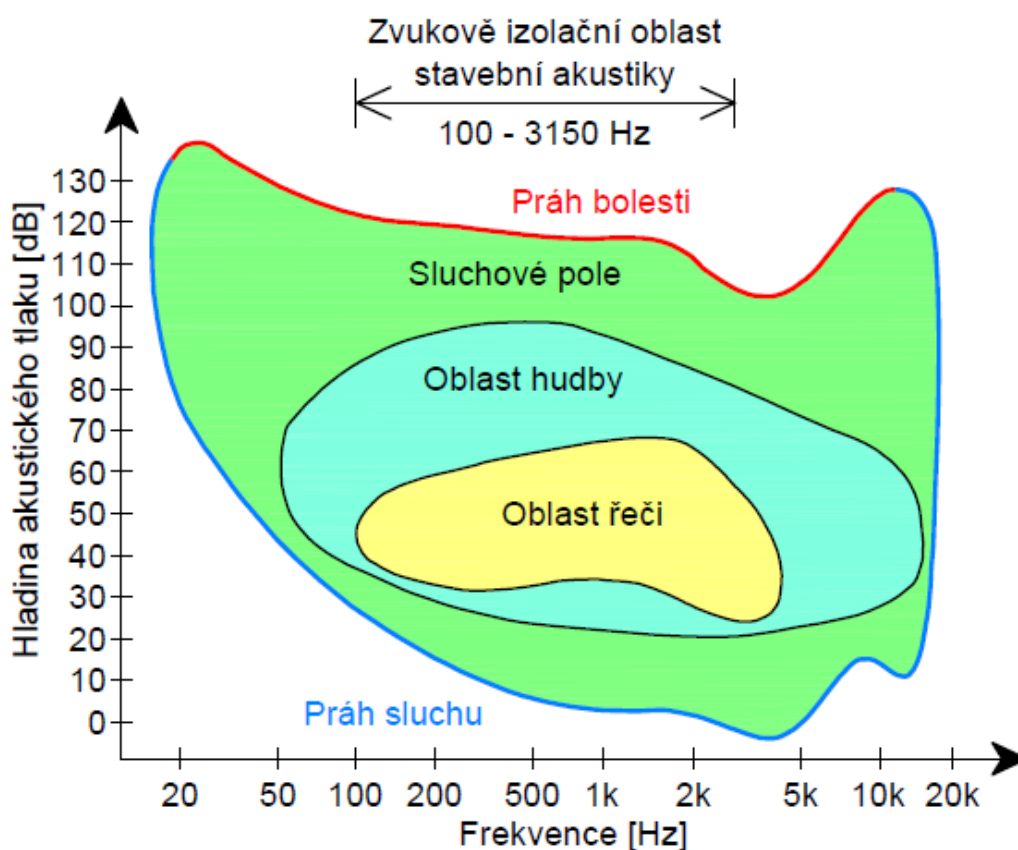
bez stínění		se stíněním 1,5 m markýzou	
	pracovní oblast [m]		
	celá místnost	3,3	
	rozdíl v pracovní oblasti [m]		
	0,8		
	větší teplota než 26,5 °C [hod.]		
	444	207	
	rozdíl v bilanci [hod.]		
237			

4.4 Závěr

Provedl jsem výpočet činitele denní osvětlenosti ve všech kancelářích, ve kterých bude trvalý pobyt lidí. Vymezil jsem pracovní prostor s činitelem denní osvětlenosti 1,5 %. Dále jsem vypočítal bilanci přehřívání. U obou výpočtů jsem vždy porovnal dva stavy. První stav je bez stínění a druhý se stíněním. Z důvodu přehřívání objektu jsem v místnostech s jižní orientací navrhl 1,5 metrovou markýzu, proto ve všech posuzovaných místnostech platí hodnoty se stíněním.

5 AKUSTIKA

Akustika je fyzikální obor, který se zabývá studiem zvuku. Zvukem rozumíme uspořádaný kmitavý pohyb částic v prostředí, v kterém se zvuk šíří. Zvuk se šíří kmitáním molekul v jakýmkoliv materiálu. Proto zvuk slyšíme ve vzduchu, ve vodě nebo pomocí pevných látek. Neslyšíme zvuk ve vakuu, kde žádné molekuly nejsou a nemá tedy co kmitat a šířit zvuk. Zvuk můžeme také popsat jako mechanické podélné vlnění. Lidé pouze slyší jen vymezenou oblast zvuku, která je dána pásmem kmitočtů zhruba od 16 Hz do 20 000 Hz. Citlivost sluchu je subjektivní a ovlivňuje ji zdravotní stav a věk člověka. Slyšitelnost se zhoršuje s věkem a to především s vnímáním vysokých kmitočtů. Špatná akustika v budovách je jednou z příčin, proč se lidé v uzavřených prostorech necítí dobře. Nadměrný hluk má negativní vliv na kvalitu života, nervovou soustavu a podporuje vznik stresu. Akustika má velkou řadu oborů a jedním z nich je stavební akustika.



Obrázek 11: *Rozsah lidského sluchu*

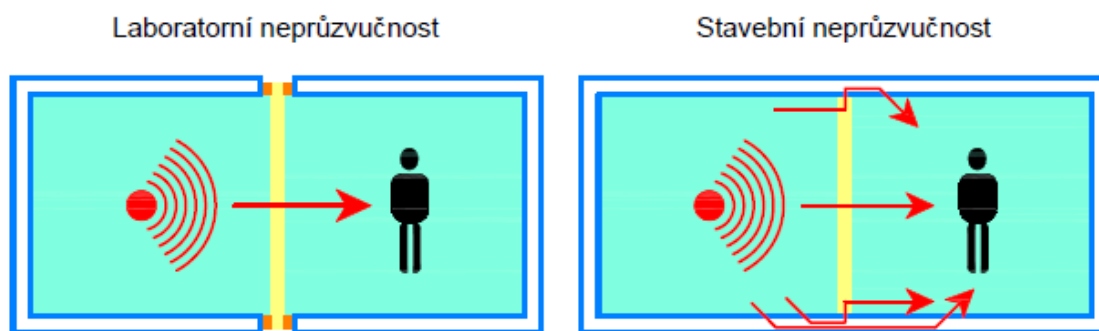
Akustika staveb se zabývá zejména ochranou před nadměrným hlukem a vibracemi. Zajišťuje optimální akustické vlastnosti prostor s ohledem na jejich užívání. Stavební akustika se zabývá jen určitou oblastí kmitočtů. Většinou to bývá v rozsahu mezi

100 Hz a 3150 Hz. Nejčastějším zdrojem hluku uvnitř budovy bývá činnost člověka a činnost technického zařízení budovy. Hluk v objektu se šíří vzduchem nebo konstrukcemi. V případě hluku šířeného vzduchem jde především o mluvenou řeč a hudbu. Při posuzování vzduchové neprůzvučnosti se zabýváme konstrukcemi z hlediska vlastností zvukové izolace. Hluk šířený konstrukcí vzniká mechanickým impulzem na samotnou konstrukci. Nejčastěji hluk vzniká chůzí, činností člověka, pádem předmětů a přenosem vibrací při provozu strojních zařízení. V takovém případě hovoříme o kročejovém hluku. Zdrojem hluku v okolí budovy bývá nejčastěji automobilová doprava a výroba. Jejich účinek se posuzuje ve venkovních a vnitřních chráněných prostorech stavby. Ochrana venkovního prostoru spočívá v zajištění dostatečné vzdálenosti stavby od zdroje hluku, regulace provozu a konstrukčním řešením jako jsou protihlukové stěny. Ochrana vnitřního prostoru stavby před nadměrným hlukem z venkovního prostředí spočívá v zajištění dostatečné neprůzvučnosti obvodového pláště objektu. Zajištění optimálních akustických vlastností vnitřního prostoru se zabývá prostorová akustika. Většinou se řeší dosažení optimální doby dozvuku. V kancelářích a větších sálech doba dozvuku ovlivňuje srozumitelnost řeči.

5.1 Vzduchová neprůzvučnost

Nejčastější řešení vzduchové neprůzvučnosti je postavení hmotné konstrukce zvuku do cesty. S plošnou hmotností u jednotlivých stavebních prvků roste vzduchová neprůzvučnost. Plošná hmotnost udává hmotnost materiálu v poměru k ploše. U dvojitých a složitějších stavebních prvků závisí na jejich vhodně konstrukční a materiálové skladbě. U lehkých dvojitých konstrukcí, které jsou od sebe odděleny vzduchovou mezerou vyplněnou materiálem eliminující stojaté vlnění je využito principu kombinace ohybově tuhé a poddajné konstrukce. Taková konstrukce splní stejnou vzduchovou neprůzvučnost jako masivní konstrukce, ale při mnohem menší hmotnosti. Vzduchová neprůzvučnost se dělí na laboratorní vzduchovou neprůzvučnost a stavební vzduchovou neprůzvučnost.

Laboratorní vzduchovou neprůzvučnost udávají výrobci stavebních materiálů. Zjišťuje se v laboratorních podmínkách, kde se vyloučí prostupy zvukové energie vedlejšími cestami. Stavební vzduchová neprůzvučnost odpovídá skutečným podmínkám na stavbě. Šíření zvuku na stavbě je ovlivněno přenosem vedlejšími cestami. Velice záleží na vlastnostech okolních stavebních dílů, volbě napojení jednotlivých detailů a způsobů zabudování konstrukce stěny do stavby.



Obrázek 12: Vzduchová neprůzvučnost

5.1.1 Požadavky

Požadavky na zvukovou izolaci v budovách jsou uvedeny v normě ČSN 73 0532 Akustika – ochrana proti hluku v budovách a posouzení akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky [4]. Norma udává, že kanceláře, pracovny s běžnou administrativní činností, chodby a pomocné prostory mají mít váženou stavební neprůzvučnost stropních konstrukcí 47 dB a stěn 37 dB.

5.1.2 Výpočet

Podle ČSN 73 0532 [4] lze ve fázi návrhu budovy použít změřené nebo vypočtené laboratorní hodnoty vážené neprůzvučnosti R_w a provést jejich přibližný přepočtení na váženou stavební neprůzvučnost R'_{w} . Přepočtení se provede podle vzorce $R'_{w} = R_w - k_1$, kde k_1 a k_2 je korekce závislá na vedlejších cestách šíření zvuku. Pro těžké železobetonové stropní konstrukce je $k_1 = 2$ až 4 dB a pro lehké dělicí konstrukce je $k_2 = 4$ až 8 dB.

5.1.3 Vyhodnocení

Vyhodnocení jsem provedl na základě porovnání stavební vzduchové neprůzvučnosti R'_{w} a požadovaných hodnot vzduchové neprůzvučnosti $R'_{w,pož}$. Stavební vzduchová neprůzvučnost musí být vždy větší nebo rovna než požadovaná $R'_{w} \geq R'_{w,pož}$. Hodnotu laboratorní vzduchové neprůzvučnosti železobetonové stropní desky jsem vypočítal v programu NEPrůzvučnost 2010 [12]. Vyhodnocení z programu NEPrůzvučnost 2010 [12] jsem zařadil do přílohu jako III.3 Vyhodnocení vzduchové neprůzvučnosti – strop mezi kanceláři. Hodnotu laboratorní vážené neprůzvučnosti sádkartonové příčky jsem převzal z podkladů od výrobce. Korekci k_1 jsem zvolil 3 dB a korekci k_2 jsem zvolil 6 dB.

Tabulka 30: Posouzení vzduchové neprůzvučnosti

místo	konstrukce	tloušťka	R_w	korekce	R'_w	požadavek $R'_{w,pož}$	závěr
		mm	dB	dB	dB		
strop mezi kanceláři	železobetonová stropní deska	280	62*	3	59	≥ 47	vyhovuje
stěna mezi kanceláři	sádkartonová příčka	100	51**	6	45	≥ 37	vyhovuje

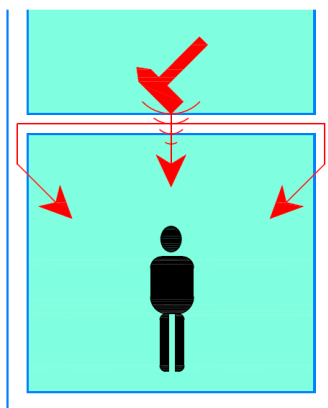
(pozn.: * vypočtená hodnota v programu NEPrůzvučnost 2010 [12], ** hodnota převzatá z podkladů výrobce)

5.1.4 Závěr

Všechny konstrukce vyhoví podle předběžného návrhu na vzduchovou neprůzvučnost podle normy ČSN 73 0532 [4]. Závazné jsou však pouze naměřené hodnoty na stavbě.

5.2 Kročejový hluk

Kročejová neprůzvučnost je definována jako vlastnost stropní konstrukce vzdorovat přenášení hluku vznikajícího mechanickými rázy na konstrukci. Stropní konstrukce by měla chránit místnosti proti hluku způsobeného chůzí, pádem těles, provozem strojů a technického zařízení budovy. Mechanické impulsy uvádějí konstrukci stropu do chvění a výsledkem je vyzařovaný kročejový hluk do chráněného prostoru. Proto jsou na stropní konstrukce kladeny i požadavky na kročejovou neprůzvučnost. Řešení spočívá ve správném zvolení typu podlahy. Nejčastěji se podlaha navrhuje jako plovoucí se speciální vrstvou, která tlumí kročejový hluk. Kročejová neprůzvučnost se vyjadřuje normovanou hladinou akustického tlaku kročejového zvuku v decibelech. Podle platné české legislativy jsou požadavky na kročejový hluk závazné.



Obrázek 13: Kročejový hluk

5.2.1 Požadavky

Požadavky na nejnižší přípustné hodnoty vážené normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku jsou udány v normě ČSN 73 0532 [4]. Hodnota pro stropní konstrukce vážené stavební normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku platná pro kanceláře, pracovny s běžnou administrativní činností, chodby, a pomocné prostory je 63 dB.

5.2.2 Výpočet

Při výpočtu podle ČSN 73 0532 [4] lze ve fázi návrhu budovy použít změřené nebo vypočtené laboratorní hodnoty normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku stropní konstrukce $L_{n,w}$ a provést jejich přibližný přepočítání na váženou stavební normovanou hladinu akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$. Přepočítání se provede podle vzorce $L'_{n,w} = L_{n,w} + k_3$, kde k_3 je korekce závislá na vedlejších cestách šíření zvuku v rozsahu 0 až 2 dB.

5.2.3 Vyhodnocení

Porovnal jsem hodnotu vážené stavební normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku $L'_{n,w}$ s hodnotou požadovanou $L'_{n,w,pož}$. Kročejová neprůzvučnost mezi místnostmi je dostačující, pokud platí, že vážené stavební normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku je menší nebo rovna než požadovaná hodnota z normy $L'_{n,w} \leq L'_{n,w,pož}$. Výpočet laboratorní hodnoty akustického tlaku kročejového zvuku železobetonové stropní desky jsem vypočítal v programu NEPrůzvučnost 2010 [12] a vyhodnocení z programu jsem zařadil do příloh jako *III.4 Vyhodnocení kročejového hluku*. Korekci k_3 jsem zvolil 2 dB.

Tabulka 31: Posouzení kročejového hluku

místo	konstrukce	tloušťka	$L_{n,w}$	korekce	$L'_{n,w}$		požadavek	závěr
		mm	dB	dB	dB		$L'_{n,w,pož}$	
strop mezi kanceláři	železobetonová stropní deska + konstrukce podlahy	280 + 125	22*	2	24	≤	63	vyhovuje

(pozn.: * vypočtená hodnota v programu NEPrůzvučnost 2010 [12])

5.2.4 Závěr

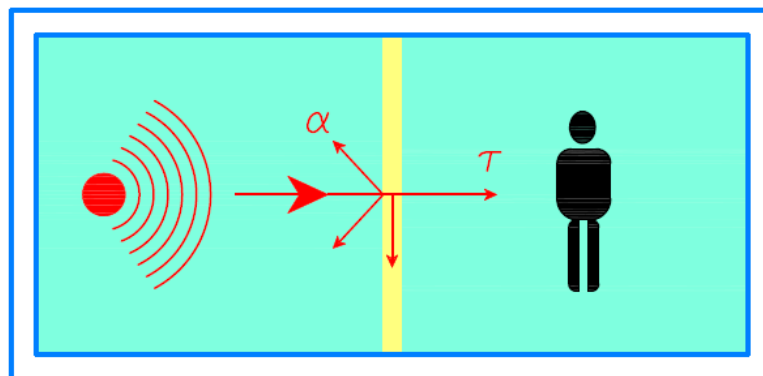
Železobetonová stropní konstrukce s podlahou vyhoví podle předběžného návrhu na kročejový hluk podle normy ČSN 73 0532 [4]. Závazné hodnoty kročejového zvuku jsou pouze naměřené na skutečné stavbě.

5.3 *Prostorová akustika*

Ve velkých otevřených prostorech se zvuk často rozléhá, odráží od stěn a tříští. Vzniká tak velmi nekomfortní prostředí, v němž se lidé musí překřikovat a tím hluk narůstá. Nadměrnou hlučností trpí často společenské prostory, restaurace, open space kanceláře a call centra. Akustika prostor je jedním z oborů akustiky a zabývá se šířením zvuku v uzavřeném prostoru. Cílem je zajištění srozumitelné řeči nebo kvalitního poslechu hudby v uzavřeném prostoru.

Subjektivně vnímáme vlastnosti zvuku v uzavřeném prostoru, jako jsou dozvuk, hlasitost, jasnost, zřetelnost, srozumitelnost, prostorovost, barva zvuku a celkový akustický dojem. Objektivní parametry prostorové akustiky vycházejí z uvedených subjektivních hledisek a základním parametrem je doba dozvuku. Doba dozvuku pro zvuk daného kmitočtu nebo kmitočtového pásma v uzavřeném prostoru je doba, která je zapotřebí, aby hladina akustického tlaku poklesla o 60 dB po vypnutí zdroje zvuku. Hodnota doby dozvuku je závislá na objemu místnosti, materiálovém řešení, mění se s vybavením a počtem lidí. Akustickými úpravami prostor lze dobu dozvuku snížit na optimální úroveň pro daný účel využití prostor. Při úpravách prostor se používají akusticky pohltivé materiály a obklady.

Akustická pohltivost materiálu je schopnost materiálu pohlcovat část dopadající akustické energie. Zbytek akustické energie je odražen zpět. Činitel pohltivosti se značí řeckým písmenem alfa, je frekvenčně závislá a nabývá hodnot od 0 do 1. Nula znamená, že materiál není schopen pohltit žádné akustické vlnění a všechna energie je odražena zpět do místnosti. Naopak jednička znamená, že 100 % dopadající akustické energie bude pohlceno. Ve výjimečných případech může akustická pohltivost být větší než jedna a to je dáno metodikou měření. Takové materiály jsou často porézní nebo mají výrazné prostorové tvarování. Princip pohlcování akustické energie v materiálu je založen na přeměně dopadající energie na jiný druh energie. Nejčastější přeměna energie je na tepelnou energii.



Obrázek 14: Akustická pohltivost materiálu

5.3.1 Požadavky

Požadavky na prostory jsou uvedeny v normě ČSN 73 0527 [5]. Prostory poslucháren a podobných místností s objemem do 250 m^3 mají mít optimální dobu dozvuku $T_O = 0,7$ sekundy. Z optimální doby dozvuku se vypočítává horní hranice $T_{limit, horní}$ a dolní hranice $T_{limit, dolní}$ pro různá oktávová pásma podle účelu zatřídění místnosti. Doba dozvuku se stanovuje pro oktávová pásma se středními kmitočty 125 Hz až 4000 Hz v obsazeném stavu prostor.

5.3.2 Výpočet

Pro vyhodnocení doby dozvuku jsem si vytvořil vlastní výpočetní model v programu Excel. Pro výpočet doby dozvuku jsem použil Eyringův vztah, který označuji jako $T_E [s]$. Všechny vztahy a vzorce pro výpočet podle Eyringova vztahu jsou umístěny v přílohách. Výpočetní model je omezený na prostory se souměrnými rozměry. Žádný z rozměrů místnosti nesmí být více jak pětinasobkem kteréhokoliv jiného rozměru. V prostorách musí být rovnoměrně rozložena pohltivost materiálů. Nesmí být v místnosti příliš mnoho objektů, to se ale nevztahuje na lidi. Poměrný objem objektů má být menší než 0,2.

5.3.3 Vyhodnocení

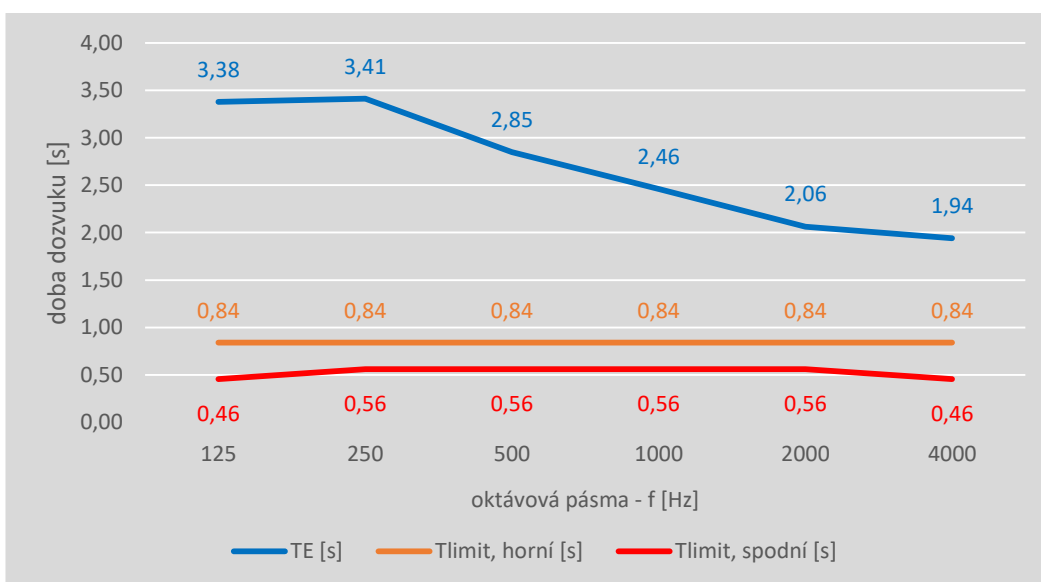
Výpočet jsem provedl pro zasedací místnost s číslem 268. Vyhodnocení jsem provedl na základě vypočtené doby dozvuku podle Eyringova vztahu. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se musí vejít mezi stanovené limity pro všechna oktávová pásma se středními kmitočty 125 Hz až 4000 Hz. Nejprve jsem vypočítal dobu dozvuku v zasedací místnosti bez akustických opatření. Podruhé jsem výpočet zopakoval s navrženými

akustickými opatřeními. Oba celé výpočty doby dozvuku v zasedací místnosti číslo 268 jsou zařazeny v přílohách.

Při výpočtu bez akustických opatření jsem uvažoval, že prostor je tvořen železobetonovým stropem s omítkou, podlahu tvoří PVC na tvrdém anhydridovém podkladě, stěny jsou omítnuté sádrovou omítkou, okna jsou tvořena trojskly a v zasedací místnosti je 10 osob. Celý výpočet doby dozvuku je zařazen v přílohách jako *III.5.1 Doba dozvuku bez akustických úprav*.

Tabulka 32: Doba dozvuku bez akustických úprav

doba dozvuku	oktávová pásma - f [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
T_E [s]	3,38	3,41	2,85	2,46	2,06	1,94
$T_{\text{limit, horní}}$ [s]	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
$T_{\text{limit, spodní}}$ [s]	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46



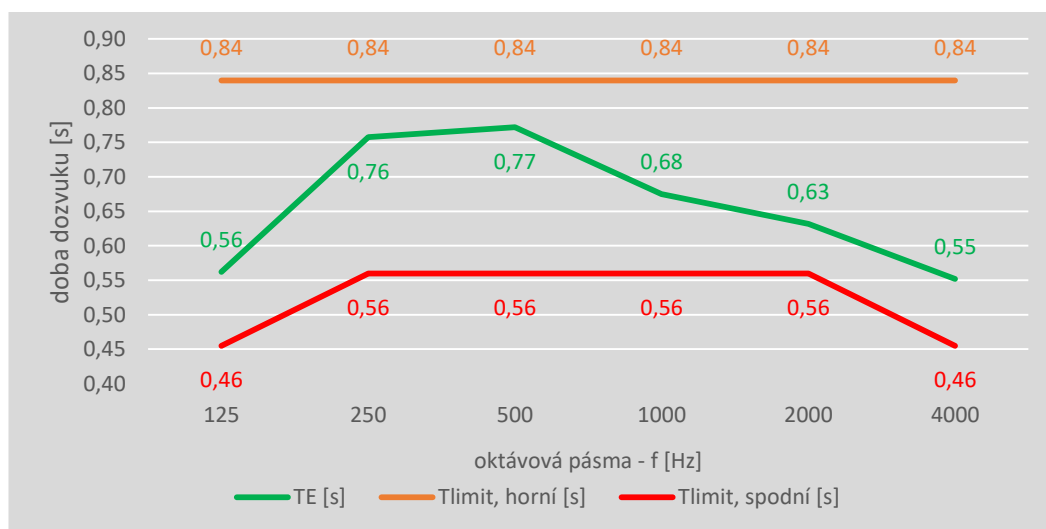
Obrázek 15: Graf doby dozvuku bez akustických úprav

Protože výpočet doby dozvuku v posuzované místnosti bez akustických opatření nevyšel, tak jsem navrhl různé druhy úprav. Jako první úpravu jsem zvolil výměnu nášlapné vrstvy podlahové krytiny. Vyměnil jsem PVC za koberec. Dále jsem přidal akustický podhled v celé ploše stropní konstrukce. Vybral jsem akustický podhled Master Rigid E od firmy Ecophon. Protože ani tyto dvě úpravy nebyly dostačující, tak jsem přidal stěnový zvukový absorbér Akusto Wall C od firmy Ecophone. Aby doba dozvuku v prostoru zasedací místnosti byla vyhovující, musí se stěnový zvukový absorbér

nainstalovat rovnoměrně na stěny v celkové ploše 25 m². Neměnil jsem plochu ani typ zasklení, na zbývající ploše stěny zůstane sádrová omítka a ponechal jsem i obsazenost zasedací místnosti s číslem 268. Při použití všech úprav bude doba dozvuku v místnosti vyhovující. Celý výpočet doby dozvuku je zařazen do příloh jako *III.5.2 Doba dozvuku s akustickými úpravami*.

Tabulka 33: Doby dozvuku s akustickými úpravami

doba dozvuku	oktávová pásma - f [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
T_E [s]	0,56	0,76	0,77	0,68	0,63	0,55
$T_{limit, horní}$ [s]	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
$T_{limit, spodní}$ [s]	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46



Obrázek 16: Graf doby dozvuku s akustickými úpravami

5.3.4 Závěr

Vyhodnocoval jsem zasedací místnost s číslem 268. Totožná zasedací místnost je i o patro výše s číslem 366, proto totožné akustické úpravy bych navrhl i tam. Prostory zasedací místnosti bez akustických úprav nemají možnost vyhovět na požadovanou dobu dozvuku, z tohoto důvodu jsem navrhl akustické úpravy, aby doba dozvuku byla vyhovující. V objektu jsou i další zasedací místnosti, ve kterých by se museli navrhnout akustické úpravy podle stejného výpočtu. Při navrhování akustických úprav je velmi důležité sledovat jednotlivé koeficienty zvukové pohltivosti v celém spektru oktávových pásem. Dále je velmi podstatné navrhnout akustické úpravy tak, aby se navzájem doplňovaly a usměrnily dobu dozvuku do předem určených mezí.

ZÁVĚR

Zpracování diplomové práce doplnilo moje vědomosti nabyté na vysoké škole. Především jsem rozšířil své poznatky v problematice přehřívání místností a prostorové akustice.

V dnešní době se čím dále víc hledí na vnitřní prostředí objektů, ve kterých lidé pracují. Proto jsem se ve své diplomové práci zabýval některými problémy dnešních budov. Řešil jsem potřebu tepla na vytápění v objektu a potřebné součinitele prostupů tepla obalových konstrukcí. Dále jsem řešil přehřívání místností. Při potřebném stínění místností jsem se také zabýval denním osvětlením. Nakonec jsem řešil potřebné akustické parametry konstrukcí a prostorovou akustiku zasedací místnosti.

Objekt vědeckotechnického centra jsem navrhl jako otevřenou dispozici, aby v průběhu životnosti mohlo dojít ke změně velikosti a účelu jednotlivých prostor. Proto je objekt navržen jako skeletový nosný systém se sloupy uvnitř budovy a bezprůvlakovými stropy.

Budovu vědeckotechnického centra jsem se snažil navrhnout jako pasivní budovu. Bilanci potřeby tepla na vytápění jsem dostal k hranici pasivního standardu, která je dána hodnotou 15 kWh/m^2 . Abych se dostal k hranici pasivního standardu, tak jsem musel zateplit kompletně ochlazovanou část obálky budovy. Přes průsvitnou obálku konstrukce utíká více než třetina všech ztrát v objektu. Další podstatné ztráty jsou při infiltraci a při větrání objektu. Infiltrace netěsnostmi je třetí největší ztráta v objektu, proto by se měl klást velký důraz na správné navržení všech detailů a provedení na stavbě.

Navrhl jsem externí stínění kanceláří na jihozápadní světové straně budovy. Při navržení 1,5 metrové markýzy se snížilo přehřívání místnosti z 509 hodin na 146 hodin, kdy teplota v místnosti přesáhne $26,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Takto navržené stínění zkrátí pracovní oblast u okna na 2,45 metrů. Navržené 1,5 metrové markýzy jsem použil i u ostatních kanceláří orientovaných na jihozápadní a jižní světovou stranu, ve kterých se také značně snížilo přehřívání místností.

Ve všech místnostech s předpokládaným trvalým pobytem osob jsem vypočítal denní osvětlení. Výpočet jsem provedl se stíněním 1,5 metrovou markýzou a ve všech místnostech jsem vytyčil maximální možnou pracovní oblast od okna. Pracovní oblast, kde bude probíhat práce se zrakovou činností a trvalý pobyt lidí, musí mít minimálně 1,5 % činitele denní osvětlenosti.

Dále jsem se zabýval stavební akustikou. Posoudil jsem na vzduchovou neprůzvučnost lehkou příčku a železobetonovou stropní konstrukci. Obě konstrukce vyhověly požadavkům na vzduchovou neprůzvučnost při zatřídění místností podle účelu. Dále jsem posoudil stropní konstrukci s plovoucí podlahou na kročejový hluk a ta požadavkům také vyhověla. Nakonec jsem navrhoval zasedací místnost z pohledu prostorové akustiky. Zabýval jsem se návrhem akustický opatření, aby doba dozvuku byla vyhovující pro účely místnosti. Navrhl jsem výměnu nášlapné vrstvy podlahy. Vyměnil jsem PVC za koberec. Dále jsem navrhl akustický podhled v celé ploše stropu a akustický absorbér na zeď. Akustický absorbér se rovnoměrně rozmístí po ploše stěn v celkové ploše 25 m². Jen při použití všech těchto navržených úprav bude doba dozvuku v zasedací místnosti vyhovující.

Seznam obrázků, tabulek a grafů:

Obrázek 1: Pohled na vědeckotechnické centrum [15]	12
Obrázek 2: Zatěžovací šířka na ŽB sloup	20
Obrázek 3: Koncept pasivního domu [16]	22
Obrázek 4: Dopadající sluneční paprsky během roku	24
Obrázek 5: Měrné tepelné toky	28
Obrázek 6: Pohyb slunce na obloze podle ročního období	35
Obrázek 7: Graf regulace slunečních paprsků v kanceláři 333	38
Obrázek 8: Body pro měření činitele denního osvětlení	40
Obrázek 9: Složky činitele denní osvětlenosti	41
Obrázek 10: Legenda pro vyhodnocení činitele denní osvětlenosti	41
Obrázek 11: Rozsah lidského sluchu	45
Obrázek 12: Vzduchová neprůzvučnost	47
Obrázek 13: Kročejový hluk	48
Obrázek 14: Akustická pohltivost materiálu	51
Obrázek 15: Graf doby dozvuku bez akustických úprav	52
Obrázek 16: Graf doby dozvuku s akustickými úpravami	53
Tabulka 1: Skladba podlahy P8 v kanceláři	15
Tabulka 2: Sádrokartonová příčka	15
Tabulka 3: Stropní deska - typické podlaží	16
Tabulka 4: Stropní deska nad garáží	16
Tabulka 5: Skladba střechy P2	17
Tabulka 6: Střešní deska	17
Tabulka 7: Zatížení sloupu	21
Tabulka 8: Parametry budov	27
Tabulka 9: Tepelná bilance	27
Tabulka 10: Měrné tepelné toky	28
Tabulka 11: Skladba P1 - obvodová stěna	30
Tabulka 12: Skladba P2 - střecha	31
Tabulka 13: Skladba P3 - strop nad garáží	31
Tabulka 14: Skladba P4 - strop nad exteriérem	32

Tabulka 15: Skladba P5 - podlaha na terénu	32
Tabulka 16: Skladba P6 - stěna k terénu.....	32
Tabulka 17: Skladba P7 - stěna u garáže	33
Tabulka 18: Skladba P8 - podlaha v kanceláři	33
Tabulka 19: Součinitel prostupu tepla obalových konstrukcí.....	34
Tabulka 20: Regulace slunečních paprsků v kanceláři 333	37
Tabulka 21: Schémata slunečních clon.....	37
Tabulka 22: Denní osvětlení v kanceláři číslo 333 (výstup z programu Dial+ [10])	42
Tabulka 23: Denní osvětlení v kanceláři číslo 331 (výstup z programu Dial+ [10])	42
Tabulka 24: Denní osvětlení v kanceláři číslo 324 (výstup z programu Dial+ [10])	42
Tabulka 25: Denní osvětlení v kanceláři číslo 323 (výstup z programu Dial+ [10])	43
Tabulka 26: Denní osvětlení v kanceláři číslo 322 (výstup z programu Dial+ [10])	43
Tabulka 27: Denní osvětlení v kanceláři číslo 321 (výstup z programu Dial+ [10])	43
Tabulka 28: Denní osvětlení v kanceláři číslo 134 (výstup z programu Dial+ [10])	44
Tabulka 29: Denní osvětlení v kanceláři číslo 122 (výstup z programu Dial+ [10])	44
Tabulka 30: Posouzení vzduchové neprůzvučnosti	48
Tabulka 31: Posouzení kročejového hluku.....	49
Tabulka 32: Doba dozvuku bez akustických úprav	52
Tabulka 33: Doby dozvuku s akustickými úpravami	53

Literatura:

- [1] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012
- [2] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky*, ČNI Praha, červen 2007
- [3] ČSN 73 0580-4 *Denní osvětlení budov – Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov*. ČNI Praha, 1994.
- [4] ČSN 73 0532 *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky*, 2. vydání ÚNMZ Praha, říjen 2014
- [5] ČSN 73 0527 *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely*. ČNI Praha, březen 2005
- [6] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, ČNI Praha, březen 2004.
- [7] ČSN 73 4130 *Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky*, ÚNMZ Praha, březen 2010
- [8] ČSN 73 6058 *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže*, ÚNMZ Praha, září 2011
- [9] ČSN EN ISO 13 792 *Tepelné chování budov - Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení - Zjednodušené metody*, ÚNMZ Praha, říjen 2012
- [10] DIAL+. *Dial+ v2.3.04*. [software]. 2012. Dostupné na: Stavební fakultě ČVUT v budově A, v místnosti A534
- [11] SVOBODA SOFTWARE. *Teplo 2015*. [software]. 2015. Dostupné na: Stavební fakultě ČVUT v budově A, v místnosti A534
- [12] SVOBODA SOFTWARE. *Neprůzvučnost 2010*. [software]. 2010. Dostupné na: Stavební fakultě ČVUT v budově A, v místnosti A534
- [13] AUTODESK. *AutoCAD 2014*. [software]. 2014. Dostupné na: http://www.autodeskclub.cz/student?utm_source=seznam&utm_medium=cpc&utm_campaign=ptd
- [14] PŮDORYSY. *TITC - vtp* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.titc-vtp.cz/puvodni-web/pudorysy/dispozice-1pp/index.html>

- [15] GALERIE. *TITC - vtp* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.titc-vtp.cz/puvodni-web/pudorysy/dispozice-1pp/index.html>
- [16] STÁHNĚTE SI: INFORMAČNÍ LISTY CENTRA PASIVNÍHO DOMU. *Centrum pasivního domu* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [17] Specializovaný projekt 1 - soubory ke stažení: spj_potrebatepla_01.pdf. *Katedra konstrukcí pozemních staveb* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://kps.fsv.cvut.cz/?Tok=50d7eefb167867571002598467279598&Sign=e77a72fb447227d333b03efab8216f6f>
- [18] Specializovaný projekt 1 - soubory ke stažení: klima_v1_spj1.xls. *Katedra konstrukcí pozemních staveb* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://kps.fsv.cvut.cz/?Tok=50d7eefb167867571002598467279598&Sign=e77a72fb447227d333b03efab8216f6f>
- [19] PASIVNÍ DŮM. *Wikipedie* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pasivn%C3%AD_d%C5%AFm
- [20] DENNÍ OSVĚTLENÍ OBYTNÝCH MÍSTNOSTÍ. 4 - *construction* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.4-construction.com/cz/clanek/denni-osvetleni-obytnych-mistnosti/>
- [21] AKUSTIKA STAVEB. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/10766-vypocet-vzduchove-a-krojejove-nepruzvucnosti-mezi-mistnostmi-v-obytnych-budovach>
- [22] ÚPRAVA AKUSTIKY. *BMN zvuková izolace* [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://www.zvukova-izolace.cz/uprava-akustiky/>

PŘÍLOHY

Obsah příloh:

I.	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	3
I.1	Bilance potřeby tepla - referenční budova	3
I.2	Bilance potřeby tepla - navrhovaná budova.....	5
I.3	Parametry zóny 1	7
I.4	Parametry zóny 2	7
I.5	Parametry zóny 3	8
I.6	Parametry zóny 4	8
I.7	Parametry zóny 5	9
I.8	Parametry zóny 6	9
I.9	Parametry zóny 7	10
I.10	Parametry zóny 8	10
I.11	Parametry zóny 9	11
II.	TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	12
II.1	Skladba P1 - obvodový plášť	12
II.2	Skladba P2 - střecha.....	13
II.3	Skladba P3 - strop nad garáží.....	14
II.4	Skladba P4 - strop nad exteriérem	15
II.5	Skladba P5 - podlaha na terénu.....	16
II.6	Skladba P6 - stěna k terénu	17
II.7	Skladba P7 - stěna u garáže	18
III.	AKUSTIKA	19
III.1	Výpočet vzduchové neprůzvučnosti - strop mezi kanceláři.....	19
III.2	Výpočet kročejového hluku	20
III.3	Vyhodnocení vzduchové neprůzvučnosti - strop mezi kanceláři.....	21
III.4	Vyhodnocení kročejového hluku	21
III.5	Prostorová akustika	22
III.5.1	Doba dozvuku bez akustických úprav	22
III.5.2	Doby dozvuku s akustickými úpravami	23

I. POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

I.1 Bilance potřeby tepla - referenční budova

Celková roční potřeba tepla na vytápění		E	361486,03	[kWh]										
Měrná roční potřeba tepla na vytápění		E _A	52,08	[kWh/m ²]										
Potřeba tepla ny vytápění														
Q _{nd} =Q _i -η _e *Q _g		[kWh]												
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Q _i	[kWh]	83641,13	71253,53	63821,05	45268,25	27944,41	16719,07	10419,51	12813,96	25419,15	43831,94	62204,09	75666,69	
η _e	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,76	0,47	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	
Q _g	[kWh]	7455,61	9912,97	15082,32	19307,64	22947,36	21789,91	21962,41	21994,41	16298,45	17182,74	15729,11	14596,14	
Q _{nd}	[kWh]	76185,52	61340,56	48738,73	25962,26	5596,31	264,58	2,46	20,09	9180,14	26649,85	46474,98	61070,54	
Tepelné ztráty														
Q _i =Q _r +Q _v		[kWh]												
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Q _r	[kWh]	73907,40	62961,40	56393,88	40000,16	24692,38	14773,39	9206,94	11322,74	22461,00	38731,00	54965,09	66860,98	
Q _v	[kWh]	9733,74	8292,13	7427,17	5268,09	3252,03	1945,68	1212,57	1491,23	2958,15	5100,94	7239,00	8805,71	
Q _i	[kWh]	83641,13	71253,53	63821,05	45268,25	27944,41	16719,07	10419,51	12813,96	25419,15	43831,94	62204,09	75666,69	
Tepelná ztráta prostupem														
Q _r =H _r (θ _{i,set} -θ _e)*t		[kWh]												
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
H _r	[kW/K]	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	4,49884	
θ _{i,set}	[°C]	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	
θ _e	[°C]	-2,1	-0,9	3,1	7,6	12,6	15,4	17,2	16,6	13,0	8,4	3,0	0,0	
t	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
Q _r	[kWh]	73907,40	62961,40	56393,88	40000,16	24692,38	14773,39	9206,94	11322,74	22461,00	38731,00	54965,09	66860,98	
Měrný tepelný tok prostupem														
H _r =ΣA _i *b _i *U _i +A*ΔU _{tb}		[W/K]												
		obvodový plášť	střecha	strop nad garáží	strop nad exteriérem	podlaha na terénu	zeď k terénu	zeď u garáže	okna	dveře	hlavní vchod			
A _i	[m ²]	3058,221	2241,360	1421,800	215,840	1329,646	294,545	207,313	1180,595	14,620	8,050			
b _i	[-]	1	1	0,69	0,81	0,69	0,69	0,66	1	1	1			
U _i	[W/m ² *K]	0,300	0,240	0,600	0,240	0,450	0,450	0,600	1,500	1,500	1,700			
A	[m ²]	9971,990												
ΔU _{tb}	[W/m ² *K]	0,002												
H _r	[W/K]	4498,84												
Tepelné ztráty větráním														
Q _v =H _v *(θ _{i,set} -θ _e)*t		[kWh]												
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
H _v	[kW/K]	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	0,59250	
θ _{i,set}	[°C]	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	
θ _e	[°C]	-2,1	-0,9	3,1	7,6	12,6	15,4	17,2	16,6	13,0	8,4	3,0	0,0	
t	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
Q _v	[kWh]	9733,74	8292,13	7427,17	5268,09	3252,03	1945,68	1212,57	1491,23	2958,15	5100,94	7239,00	8805,71	
Měrný tepelný tok větráním														
H _v =ρ _a *c _a *V _a		[W/K]												
ρ _a	[kg/m ³]	1,2												
c _a	[J/kg*K]	1000												
V _a	[m ³ /h]	1742,66												
H _v	[W/K]	592,50												
objemová tepelná kapacita vzduchu je ρ _a *c _a =1,2*1000=1 [J/m ³ *K] což je po převedení 0,34 [Wh/m ³ *K]														
Mechanické větrání se zpětným získáváním tepla (rekuperace)														
V _a =V _{a,d} *(1-η _{zzt})+V _x		[m ³ /h]												
V _{a,d}	[m ³ /h]	2883,43		V _{a,d} =η _{os} *25*occup [m ³ /h]										
η _{zzt}	[-]	0,8												
V _x	[m ³ /h]	1165,97												
V _a	[m ³ /h]	1742,66												
Přídavný tok vzduchu netěsnostmi														
V _x =V _{a,t} *n _{so} *e		[m ³ /h]												
V _{a,t}	[m ³]	20821,0		V _{a,t} [m ³] objem vzduchu ve vytápěné zóně										
n _{so}	[1/h]	0,8												
e	[-]	0,07												
V _x	[m ³ /h]	1165,97												

Využitelné tepelné zisky													
$Q_g = Q_{nt} + Q_{sol}$ [kWh]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q_{nt} [kWh]		3527,20	3046,22	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20
Q_{sol} [kWh]		3928,41	6866,76	11555,13	15940,77	19420,16	18423,04	18435,21	18467,22	12931,58	13655,54	12362,24	11068,94
Q_g [kWh]		7455,61	9912,97	15082,32	19307,64	22947,36	21789,91	21962,41	21994,41	16298,45	17182,74	15729,11	14596,14
Vnitřní tepelné zisky													
$Q_{nt} = Q_{nt,1} * t$ [kWh]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_{nt,1}$ [kW]		14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58
t [h]		242	209	242	231	242	231	242	242	231	242	231	242
Q_{nt} [kWh]		3527,20	3046,22	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20
Průměrné výkony vnitřních tepelných zisků													
$Q_{nt,1}$ [kW]													
$Q_{nt,1}$ [kW]		14,58											
Solární tepelné zisky													
$Q_{sol} = \sum H_j * \sum A_{s,n,j}$ [kWh]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$H_j - \text{jih}$ [kWh/m ²]		28,72	47,59	70,14	83,63	84,65	74,80	77,24	90,92	76,85	81,05	81,10	81,15
$H_j - \text{sever}$ [kWh/m ²]		8,29	13,70	25,61	40,70	57,59	56,31	56,52	49,06	29,15	30,49	24,08	17,67
$H_j - \text{západ}$ [kWh/m ²]		19,95	35,18	57,78	74,02	90,55	80,81	84,27	90,68	62,68	68,04	63,45	58,86
$H_j - \text{východ}$ [kWh/m ²]		9,10	16,72	32,45	53,37	69,47	71,92	68,18	59,43	38,51	39,17	31,73	24,29
Q_{sol} [kWh]		3928,41	6866,76	11555,13	15940,77	19420,16	18423,04	18435,21	18467,22	12931,58	13655,54	12362,24	11068,94
Účinná solární sběrná plocha													
$A_s = A_w * g * F_w * F_f * F_c * F_s$ [m ²]													
Okna		jih	sever	západ	východ		Dveře	jih	sever	západ	východ		
A_w [m ²]		173,481	63,294	434,600	509,220		A_w [m ²]	7,740	6,880	0,000	0,000		
g [-]		0,5	0,5	0,5	0,5		g [-]	0,5	0,5	0,5	0,5		
F_w [-]		0,9	0,9	0,9	0,9		F_w [-]	0,9	0,9	0,9	0,9		
F_f [-]		0,75	0,75	0,75	0,75		F_f [-]	0,8	0,8	0,8	0,8		
F_c [-]		0,8	1	0,8	0,8		F_c [-]	0,8	1	0,8	0,8		
F_s [-]		0,8	0,8	0,8	0,8		F_s [-]	0,8	0,8	0,8	0,8		
A_s [m ²]		35,39018	16,1399	88,6584	103,88088		A_s [m ²]	1,684224	1,87136	0	0		
Faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění													
$\eta_g = \frac{1 - \gamma^n}{1 - \gamma^{n+1}}$ [-]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
γ [-]		0,089	0,139	0,236	0,427	0,821	1,303	2,108	1,716	0,641	0,392	0,253	0,193
a [-]		10,340	10,340	10,340	10,340	10,340	10,340	10,340	10,340	10,340	10,340	10,340	10,340
η_g [-]		1	1	1	0,9999145	0,97389	0,755143	0,474313	0,581687	0,996353	0,999962	0,999999	1
Poměr tepelných toků													
$\gamma = \frac{Q_g}{Q_i}$ [-]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q_g [kWh]		7455,61	9912,97	15082,32	19307,64	22947,36	21789,91	21962,41	21994,41	16298,45	17182,74	15729,11	14596,14
Q_i [kWh]		83641,13	71253,53	63821,05	45268,25	27944,41	16719,07	10419,51	12813,96	25419,15	43831,94	62204,09	75666,69
γ [-]		0,089	0,139	0,236	0,427	0,821	1,303	2,108	1,716	0,641	0,392	0,253	0,193
Parametr													
$a = 1 + \frac{\tau}{15}$ [-]													
τ [h]		140,103											
a [-]		10,340											
Časová konstanta													
$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_T + HV}$ [h]													
C_m [J/K]		2567919445											
H_T [W/K]		4498,836											
H_V [W/K]		592,505											
τ [h]		140,103											

I.2 Bilance potřeby tepla - navrhovaná budova

Celková roční potřeba tepla na vytápění		E	108466,29 [kWh]										
Měrná roční potřeba tepla na vytápění		E _A	15,63 [kWh/m ²]										
Potřeba tepla ny vytápění													
Q _{nd} =Q _t -η _g *Q _g		[kWh]											
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q _t	[kWh]	38913,42	33150,18	29692,27	21060,72	13000,93	7778,42	4847,60	5961,60	11826,07	20392,49	28939,99	35203,37
η _g	[-]	1,00	1,00	1,00	0,98	0,57	0,36	0,22	0,27	0,73	1,00	1,00	1,00
Q _g	[kWh]	7455,61	9912,97	15082,32	19307,64	22947,36	21789,91	21962,41	21994,41	16298,45	17182,74	15729,11	14596,14
Q _{nd}	[kWh]	31457,81	23237,21	14609,96	2054,74	0,04	0,00	0,00	0,00	3,76	3284,65	13210,90	20607,23
Tepelné ztráty													
Q _t =Q _t +Q _v		[kWh]											
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q _t	[kWh]	30807,84	26245,07	23507,44	16673,82	10292,86	6158,19	3837,85	4719,81	9362,73	16144,78	22911,86	27870,58
Q _v	[kWh]	8105,58	6905,11	6184,84	4386,90	2708,07	1620,23	1009,74	1241,79	2463,35	4247,71	6028,14	7332,79
Q _t	[kWh]	38913,42	33150,18	29692,27	21060,72	13000,93	7778,42	4847,60	5961,60	11826,07	20392,49	28939,99	35203,37
Tepelná ztráta prostupem													
Q _t =H _t (θ _{i,set} -θ _e)*t		[kWh]											
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H _t	[kW/K]	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531	1,87531
θ _{i,set}	[°C]	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
θ _e	[°C]	-2,1	-0,9	3,1	7,6	12,6	15,4	17,2	16,6	13,0	8,4	3,0	0,0
t	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
Q _t	[kWh]	30807,84	26245,07	23507,44	16673,82	10292,86	6158,19	3837,85	4719,81	9362,73	16144,78	22911,86	27870,58
Měrný tepelný tok prostupem													
H _t =ΣA _i *b _i *U _i +A*ΔU _{tb}		[W/K]											
		obvodový plášť	střecha	strop nad garáží	strop nad exteriérem	podlaha na terénu	zeď k terénu	zeď u garáže	okna	dveře	hlavní vchod		
A _i	[m ²]	3058,221	2241,360	1421,800	215,840	1329,646	294,545	207,313	1180,595	14,620	8,050		
b _i	[-]	1	1	0,69	0,81	0,69	0,69	0,66	1	1	1		
U _i	[W/m ² *K]	0,120	0,080	0,190	0,130	0,160	0,200	0,300	0,720	0,750	1,300		
A	[m ²]	9971,990											
ΔU _{tb}	[W/m ² *K]	0,002											
H _t	[W/K]	1875,31											
Tepelné ztráty větráním													
Q _v =H _v *(θ _{i,set} -θ _e)*t		[kWh]											
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H _v	[kW/K]	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340	0,49340
θ _{i,set}	[°C]	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
θ _e	[°C]	-2,1	-0,9	3,1	7,6	12,6	15,4	17,2	16,6	13,0	8,4	3,0	0,0
t	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
Q _v	[kWh]	8105,58	6905,11	6184,84	4386,90	2708,07	1620,23	1009,74	1241,79	2463,35	4247,71	6028,14	7332,79
Měrný tepelný tok větráním													
H _v =ρ _a *c _a *V _a		[W/K]											
ρ _a	[kg/m ³]	1,2	objemová tepelná kapacita vzduchu je ρ _a *c _a =1,2*1000=1 [J/m ³ *K]										
c _a	[J/kg*K]	1000	což je po převedení 0,34 [Wh/m ³ *K]										
V _a	[m ³ /h]	1451,17											
H _v	[W/K]	493,40											
Mechanické větrání se zpětným získáváním tepla (rekuperace)													
V _a =V _{a,d} *(1-η _{zzt})+V _x		[m ³ /h]											
V _{a,d}	[m ³ /h]	2883,43	V _{a,d} =n _{os} *25*ocouup [m ³ /h]										
η _{zzt}	[-]	0,8											
V _x	[m ³ /h]	874,48											
V _a	[m ³ /h]	1451,17											
Přídavný tok vzduchu netěsnostmi													
V _x =V _{a,t} *n ₅₀ *e		[m ³ /h]											
V _{a,t}	[m ³]	20821,0	V _{a,t} [m ³] objem vzduchu ve vytápěné zóně										
n ₅₀	[1/h]	0,6											
e	[-]	0,07											
V _x	[m ³ /h]	874,48											

Využitelné tepelné zisky													
$Q_g = Q_{nt} + Q_{sol}$ [kWh]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q_{nt}	[kWh]	3527,20	3046,22	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20
Q_{sol}	[kWh]	3928,41	6866,76	11555,13	15940,77	19420,16	18423,04	18435,21	18467,22	12931,58	13655,54	12362,24	11068,94
Q_g	[kWh]	7455,61	9912,97	15082,32	19307,64	22947,36	21789,91	21962,41	21994,41	16298,45	17182,74	15729,11	14596,14
Vnitřní tepelné zisky													
$Q_{nt} = Q_{nt,1} * t$ [kWh]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_{nt,1}$	[kW]	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58	14,58
t	[h]	242	209	242	231	242	231	242	242	231	242	231	242
Q_{nt}	[kWh]	3527,20	3046,22	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20	3527,20	3366,87	3527,20	3366,87	3527,20
Průměrné výkony vnitřních tepelných zisků													
$Q_{nt,1}$ [kW]													
$Q_{nt,1}$	[kW]	14,58											
Solární tepelné zisky													
$Q_{sol} = \sum H_j * \sum A_{s,n,j}$ [kWh]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$H_j - jih$	[kWh/m ²]	28,72	47,59	70,14	83,63	84,65	74,80	77,24	90,92	76,85	81,05	81,10	81,15
$H_j - sever$	[kWh/m ²]	8,29	13,70	25,61	40,70	57,59	56,31	56,52	49,06	29,15	30,49	24,08	17,67
$H_j - západ$	[kWh/m ²]	19,95	35,18	57,78	74,02	90,55	80,81	84,27	90,68	62,68	68,04	63,45	58,86
$H_j - východ$	[kWh/m ²]	9,10	16,72	32,45	53,37	69,47	71,92	68,18	59,43	38,51	39,17	31,73	24,29
Q_{sol}	[kWh]	3928,41	6866,76	11555,13	15940,77	19420,16	18423,04	18435,21	18467,22	12931,58	13655,54	12362,24	11068,94
Účinná solární sběrná plocha													
$A_s = A_w * g * F_w * F_r * F_c * F_s$ [m ²]													
Okna		jih	sever	západ	východ	Dveře		jih	sever	západ	východ		
A_w	[m ²]	173,481	63,294	434,600	509,220	A_w	[m ²]	7,740	6,880	0,000	0,000		
g	[-]	0,5	0,5	0,5	0,5	g	[-]	0,5	0,5	0,5	0,5		
F_w	[-]	0,9	0,9	0,9	0,9	F_w	[-]	0,9	0,9	0,9	0,9		
F_r	[-]	0,75	0,75	0,75	0,75	F_r	[-]	0,8	0,8	0,8	0,8		
F_c	[-]	0,8	1	0,8	0,8	F_c	[-]	0,8	1	0,8	0,8		
F_s	[-]	0,8	0,8	0,8	0,8	F_s	[-]	0,8	0,8	0,8	0,8		
A_s	[m ²]	35,39018	16,1399	88,6584	103,88088	A_s	[m ²]	1,684224	1,87136	0	0		
Faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění													
$\eta_g = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$ [-]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
γ	[-]	0,192	0,299	0,508	0,917	1,765	2,801	4,531	3,689	1,378	0,843	0,544	0,415
a	[-]	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076	21,076
η_g	[-]	1	1	1	0,9843759	0,56655	0,356974	0,220723	0,271051	0,725364	0,99564	0,999999	1
Poměr tepelných toků													
$\gamma = \frac{Q_g}{Q_t}$ [-]													
Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q_g	[kWh]	7455,61	9912,97	15082,32	19307,64	22947,36	21789,91	21962,41	21994,41	16298,45	17182,74	15729,11	14596,14
Q_t	[kWh]	38913,42	33150,18	29692,27	21060,72	13000,93	7778,42	4847,60	5961,60	11826,07	20392,49	28939,99	35203,37
γ	[-]	0,192	0,299	0,508	0,917	1,765	2,801	4,531	3,689	1,378	0,843	0,544	0,415
Parametr													
$a = 1 + \frac{\tau}{15}$ [-]													
τ	[h]	301,139											
a	[-]	21,076											
Časová konstanta													
$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_T + H_V}$ [h]													
C_m	[J/K]	2567919445											
H_T	[W/K]	1875,312											
H_V	[W/K]	493,397											
τ	[h]	301,139											

I.3 Parametry zóny 1

zóna 1 kanceláře

plocha 1PP	0,000	m ²
plocha 1NP	372,969	m ²
plocha 2NP	716,513	m ²
plocha 3NP	716,513	m ²
plocha 4NP	0,000	m ²
plocha celkem	1805,994	m ²
obsazenost	129	osob
měrné tepelné zisky	3,75	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	20	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	14	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	25	m ³ /h.os
měrné tepelné zisky od lidí	5	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0,25	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	10	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,25	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	3225,0	35474,9	759162,6
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	2,3	24,8	531,4
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	4,5	49,7	1062,8
měrné tepelné zisky celkem	kWh	6,8	74,5	1594,2

I.4 Parametry zóny 2

zóna 2 zázemí, toalety

plocha 1PP	29,465	m ²
plocha 1NP	71,380	m ²
plocha 2NP	119,835	m ²
plocha 3NP	119,835	m ²
plocha 4NP	0,000	m ²
plocha celkem	340,515	m ²
obsazenost	85	osob
měrné tepelné zisky	0,4	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	20	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	4	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	50	m ³ /h.plochy
měrné tepelné zisky od lidí	0	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	2	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,2	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	17025,8	187283,3	4007861,6
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	0,0	0,0	0,0
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	0,1	1,5	30,0
měrné tepelné zisky celkem	kWh	0,1	1,5	30,0

I.5 Parametry zóny 3

zóna 3 zasedací místnosti

plocha 1PP	0,000	m ²
plocha 1NP	97,855	m ²
plocha 2NP	51,840	m ²
plocha 3NP	51,840	m ²
plocha 4NP	0,000	m ²
plocha celkem	201,535	m ²
obsazenost	40	osob
měrné tepelné zisky	3	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	20	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	5	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	25	m ³ /h.os
měrné tepelné zisky od lidí	18	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0,15	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	2	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,15	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	1007,7	11084,4	237206,2
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	0,5	6,0	128,1
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	0,1	0,7	13,3
měrné tepelné zisky celkem	kWh	0,6	6,7	141,4

I.6 Parametry zóny 4

zóna 4 laboratoře lehké

plocha 1PP	0,000	m ²
plocha 1NP	208,980	m ²
plocha 2NP	642,618	m ²
plocha 3NP	644,118	m ²
plocha 4NP	0,000	m ²
plocha celkem	1495,71	m ²
obsazenost	83	osob
měrné tepelné zisky	3,4	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	20	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	18	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	25	m ³ /h.os
měrné tepelné zisky od lidí	5	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0,2	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	8	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,3	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	2077,4	22851,2	489016,2
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	1,5	16,5	352,1
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	3,6	39,5	789,7
měrné tepelné zisky celkem	kWh	5,1	55,9	1141,8

I.7 Parametry zóny 5

zóna 5 laboratoře těžké

plocha 1PP	0,000	m ²
plocha 1NP	189,295	m ²
plocha 2NP	0,000	m ²
plocha 3NP	0,000	m ²
plocha 4NP	0,000	m ²
plocha celkem	189,295	m ²
obsazenost	9	osob
měrné tepelné zisky	2,4	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	18	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	20	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	25	m ³ /h.os
měrné tepelné zisky od lidí	4	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0,2	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	8	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,2	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	236,6	2602,8	55700,1
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	0,2	1,7	35,6
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	0,3	3,3	66,6
měrné tepelné zisky celkem	kWh	0,5	5,0	102,3

I.8 Parametry zóny 6

zóna 6 komunikace

plocha 1PP	178,945	m ²
plocha 1NP	490,010	m ²
plocha 2NP	433,506	m ²
plocha 3NP	433,506	m ²
plocha 4NP	71,340	m ²
plocha celkem	1607,307	m ²
obsazenost	1607	osob
měrné tepelné zisky	0,3	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	20	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	1	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	3	m ³ /h.plo
měrné tepelné zisky od lidí	0	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	2	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,15	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	4821,9	53041,1	1135080,0
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	0,0	0,0	0,0
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	0,5	5,3	106,1
měrné tepelné zisky celkem	kWh	0,5	5,3	106,1

I.9 Parametry zóny 7

zóna 7 **gastro**

plocha 1PP	0,000	m ²
plocha 1NP	74,925	m ²
plocha 2NP	0,000	m ²
plocha 3NP	0,000	m ²
plocha 4NP	0,000	m ²
plocha celkem	74,925	m ²
obsazenost	37	osob
měrné tepelné zisky	0,8	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	20	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	2	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	10	m ³ /h.os
měrné tepelné zisky od lidí	2	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0,2	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	2	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,2	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	374,6	4120,9	88186,7
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	0,0	0,3	7,1
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	0,0	0,3	6,6
měrné tepelné zisky celkem	kWh	0,1	0,7	13,6

I.10 Parametry zóny 8

zóna 8 **technické zázemí, sklady**

plocha 1PP	250,026	m ²
plocha 1NP	297,610	m ²
plocha 2NP	101,105	m ²
plocha 3NP	101,105	m ²
plocha 4NP	475,190	m ²
plocha celkem	1225,03	m ²
obsazenost	0	osob
měrné tepelné zisky	0,8	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	20	°C
provozní doba užívání	11	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	0	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	4	m ³ /h.plo
měrné tepelné zisky od lidí	0	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	4	W/m ²
časový podíl doby provozu	0,2	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	4900,1	53901,6	1153493,8
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	0,0	0,0	0,0
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	1,0	10,8	215,6
měrné tepelné zisky celkem	kWh	1,0	10,8	215,6

I.11 Parametry zóny 9

zóna 9 **parkování**

plocha 1PP	1421,800	m ²
plocha 1NP	0,000	m ²
plocha 2NP	0,000	m ²
plocha 3NP	0,000	m ²
plocha 4NP	0,000	m ²
plocha celkem	1421,800	m ²
obsazenost	0	osob
měrné tepelné zisky	0	W/m ²

vnitřní teplota pro vytápění	5	°C
provozní doba užívání	24	hod/den
počet provozních dní	257	den/rok
obsazenost	0	m ² /os
průtok čerstvého vzduchu	16,7	m ³ /h.plochy
měrné tepelné zisky od lidí	0	W/m ²
časový podíl přítomnosti osob	0	[-]
měrné tepelné zisky z vybavení	0	W/m ²
časový podíl doby provozu	0	[-]

	jednotka	hodinu	den	měsíc
výměna vzduchu	m ³	23744,1	569857,4	12194949,2
měrné tepelné zisky od lidí	kWh	0,0	0,0	0,0
měrné tepelné zisky z vybavení	kWh	0,0	0,0	0,0
měrné tepelné zisky celkem	kWh	0,0	0,0	0,0

II. TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

II.1 Skladba P1 - obvodový plášť

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: obvodový plášť

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -14,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -14,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Baumit omítková stěrka	0,010	0,470	25,0
2	Železobeton 2	0,200	1,580	29,0
3	Baumit StarContact	0,003	0,800	50,0
4	Isover TF Profi	0,300	0,036	1,0
5	Baumit disperzní stěrka	0,003	0,700	108,0
6	Baumit NanoporTop omítka	0,005	0,700	35,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,751$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,972$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ (požadované hodnoty)
 $U_{pas,20} = 0,18 \text{ až } 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ (doporučené hodnoty pro pasivní budovy)
Vypočtená hodnota: $U = 0,115 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{pas,20}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 0,162 kg/m².rok
(materiál: Baumit disperzní stěrka).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,100 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0270 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 3,7062 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II.2 Skladba P2 - střecha

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: střecha

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -14,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -14,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Baumit omítková stěrka	0,005	0,470	25,0
2	Železobeton 2	0,280	1,580	29,0
3	Isover Difunorm	0,0002	0,350	250000,0
4	Isover SD	0,030	0,040	1,0
5	Isover S	0,400	0,036	1,0
6	Evalon V	0,001	0,160	20000,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,751$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,980$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,24$ W/m²K (požadované hodnoty)
 $U_{pas,20} = 0,15$ až $0,10$ W/m²K (doporučené hodnoty pro pasivní budovy)
Vypočtená hodnota: $U = 0,082$ W/m²K

$U < U_{pas,20}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí:

zóna č. 1: 0,029 kg/m².rok (materiál: Evalon V).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,029 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.
 V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.
Kond.zóna č. 1: Max. množství akumul. vlhkosti $M_{c,a} = 0,0231$ kg/m²
Na konci modelového roku je zóna suchá.

$M_{a,vysl} = 0$ kg/m² ... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II.3 Skladba P3 - strop nad garáží

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: strop nad garáží

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : 5,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Beton hutný 1	0,075	1,230	17,0
2	Alfobit Al S 25 J	0,0025	0,210	144800,0
3	Isover T-N	0,040	0,040	1,0
4	Železobeton 2	0,280	1,580	29,0
5	Baumit minerální lepidlo DKS	0,003	0,500	15,0
6	Isover NF 333 V	0,150	0,041	1,0
7	weber.min - minerální omítka	0,002	0,470	15,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,435$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,953$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ (požadované hodnoty)
 $U_{pas,20} = 0,30 \text{ až } 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (doporučené hodnoty pro pasivní budovy)
Vypočtená hodnota: $U = 0,190 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{pas,20}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

II.4 Skladba P4 - strop nad exteriérem

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: strop nad exteriérem

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -14,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -14,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Beton hutný 1	0,075	1,230	17,0
2	Alfobit Al S 25 J	0,0025	0,210	144800,0
3	Isover T-N	0,040	0,040	1,0
4	Železobeton 2	0,280	1,580	29,0
5	Baumit StarContact	0,003	0,800	50,0
6	Isover TF Profi	0,220	0,036	1,0
7	Baumit NanoporTop omítka	0,005	0,700	35,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,751$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,967$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ (požadované hodnoty)
 $U_{pas,20} = 0,15 \text{ až } 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (doporučené hodnoty pro pasivní budovy)
Vypočtená hodnota: $U = 0,132 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{pas,20}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

II.5 Skladba P5 - podlaha na terénu

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: podlaha na terénu

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : 8,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Beton hutný 1	0,075	1,230	17,0
2	Alfobit Al S 25 J	0,0025	0,210	144800,0
3	Isover T-N	0,040	0,040	1,0
4	Železobeton 2	0,300	1,580	29,0
5	Železobeton 1	0,100	1,430	23,0
6	Pěnové sklo 1 (po roce 2003)	0,200	0,044	40000,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,305$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,959$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ (požadované hodnoty)
 $U_{pas,20} = 0,22 \text{ až } 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (doporučené hodnoty pro pasivní budovy)
Vypočtená hodnota: $U = 0,165 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{pas,20}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krovů v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu M_c , a musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNÝ.

II.6 Skladba P6 - stěna k terénu

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: zeď k terénu

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : 8,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Baumit omítková stěrka	0,005	0,470	25,0
2	Železobeton 2	0,300	1,580	29,0
3	Baumit StarContact	0,003	0,800	50,0
4	Synthos XPS Prime 30 (I-L-N)	0,160	0,035	100,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f, R_{si}, N = f, R_{si}, cr =$ 0,305
Vypočtená průměrná hodnota: $f, R_{si}, m =$ 0,950

Kritický teplotní faktor f, R_{si}, cr byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota fR_{si}, m (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U, N =$ 0,45 W/m²K (požadované hodnoty)
 $U_{pas,20} =$ 0,22 až 0,15 W/m²K (doporučené hodnoty pro pasivní budovy)
Vypočtená hodnota: $U =$ 0,204 W/m²K

$U < U_{pas,20}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky: 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

II.7 Skladba P7 - stěna u garáže

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Název konstrukce: zeď u garáže

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : 5,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21,0 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Baumit omítková stěrka	0,005	0,470	25,0
2	Železobeton 2	0,200	1,580	29,0
3	Baumit StarContact	0,003	0,800	50,0
4	Isover NF 333	0,120	0,041	1,0
5	Baumit disperzní stěrka	0,003	0,700	108,0
6	Baumit NanoporTop omítka	0,005	0,700	35,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,435$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,928$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{N} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ (požadované hodnoty)
 $U_{pas,20} = 0,30 \text{ až } 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (doporučené hodnoty pro pasivní budovy)
Vypočtená hodnota: $U = 0,299 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{pas,20}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krovů v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu M_c , a musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNÝ.

III. AKUSTIKA

III.1 Výpočet vzduchové neprůzvučnosti - strop mezi kancelářemi

TEORETICKÝ VÝPOČET VZDUCHOVÉ A KROČEJOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

dle J.Čechura: Stavební fyzika 10, ČVUT 1997
a ČSN EN ISO 717-1 a ČSN EN ISO 717-2 (1998)

NEPrůzvučnost 2010

Název úlohy : STROP RW
Zpracovatel : Michalů

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT:

Základní parametry úlohy:

Typ konstrukce : dvojitá
Typ výpočtu : vážená neprůzvučnost (index vzduch. neprůzvučnosti)
Korekce k : 0,0 dB

Zadané vrstvy konstrukce (od chráněné místnosti):

číslo	Název	D[m]	Ro[kg/m ³]	c[m/s]	eta[-]	Ed[MPa]/alfa[-]
1	Beton hutný 3	0,0750	2500,0	3286	0,080	-----
2	Vzduchová vrst	0,0400	1,1	340	-----	-----
3	Železobeton 2	0,2800	2400,0	3228	0,080	-----

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ:

Kmitočet f[Hz]	Dílčí neprůzvučnosti			Neprůzv. R[dB]	Ref. křivka Rref[dB]	Rozdíl deltaR[dB]
	1.kce[dB]	2.kce[dB]	DR(sep.)[dB]			
100	36,1	38,0	0,5	43,6	43	-----
125	36,1	41,3	0,5	45,6	46	0,4
160	36,1	44,6	0,5	47,9	49	1,1
200	36,1	47,1	0,5	49,8	52	2,2
250	36,1	49,1	0,5	51,4	55	3,6
315	36,1	51,1	0,5	53,1	58	4,9
400	39,4	53,1	0,5	55,3	61	5,7
500	42,7	55,1	0,5	57,5	62	4,5
630	46,1	57,1	0,5	59,8	63	3,2
800	48,0	59,1	0,5	61,8	64	2,2
1000	50,0	61,1	0,5	63,8	65	1,2
1250	52,0	63,1	0,5	65,8	66	0,2
1600	54,0	65,1	0,5	67,8	66	-----
2000	56,0	67,1	0,5	69,8	66	-----
2500	58,0	69,1	0,5	71,8	66	-----
3150	60,0	71,1	0,5	73,8	66	-----
Součet:						29,3

Vážená neprůzvučnost (laboratorní) R_w : 62 dB
Faktor přizpůsobení spektru C : -2 dB
Faktor přizpůsobení spektru C, tr : -5 dB

Zápis dle ČSN EN ISO 717-1: R_w (C;Ctr) = 62 (-2;-5) dB

STOP, NEPrůzvučnost 2010

III.2 Výpočet kročejového hluku

TEORETICKÝ VÝPOČET VZDUCHOVÉ A KROČEJOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

dle J. Čechura: Stavební fyzika 10, ČVUT 1997
a ČSN EN ISO 717-1 a ČSN EN ISO 717-2 (1998)

NEPrůzvučnost 2010

Název úlohy : Strop
Zpracovatel : Michalů

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT:

Základní parametry úlohy:

Typ konstrukce : strop s plovoucí podlahou
Typ výpočtu : vážená norm. hladina kroč. zvuku (index kročej. hluku)
Korekce k : 2,0 dB

Zadané vrstvy konstrukce (od chráněné místnosti):

číslo	Název	D[m]	Ro[kg/m ³]	c[m/s]	eta[-]	Ed[MPa]/alfa[-]
1	Železobeton 2	0,2800	2400,0	3228	0,080	-----
2	Isovert T-N	0,0400	70,0	-----	0,170	0,209
3	Beton hutný 3	0,0750	2500,0	3286	0,080	-----

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ:

Kmitočet f[Hz]	Kroč.útlum podlahou DL[dB]	Norm. hladina kročej. zvuku:			Ref.křivka Ln,r[dB]	Rozdíl dL[dB]
		stropu Ln2[dB]	r.desky Ln1[dB]	VÝSLEDNÁ Ln[dB]		
100	20,2	60,0	66,1	36,3	24	12,3
125	24,3	59,7	68,1	32,6	24	8,6
160	28,2	59,3	70,0	29,0	24	5,0
200	31,9	59,9	72,1	26,1	24	2,1
250	35,2	60,9	74,1	23,9	24	-----
315	38,2	61,9	76,9	22,3	24	-----
400	40,3	62,9	76,6	20,9	23	-----
500	41,4	63,9	76,3	20,6	22	-----
630	42,2	64,9	75,9	20,6	21	-----
800	47,1	65,9	77,0	16,7	20	-----
1000	52,6	66,9	78,0	12,2	19	-----
1250	56,2	67,9	79,0	9,5	16	-----
1600	61,9	68,9	80,0	4,9	13	-----
2000	67,9	69,9	81,0	-0,1	10	-----
2500	75,2	70,9	82,0	-6,5	7	-----
3150	83,8	71,9	83,0	-14,1	4	-----
Součet:						27,9

Pro frekvenci 100 Hz je nepříznivá odchylka větší než 8 dB.
Pro frekvenci 125 Hz je nepříznivá odchylka větší než 8 dB.

Vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku L_{nw} : 22 dB
Faktor přizpůsobení spektru C_I : 2 dB

Předpokládaná (stavební) vážená norm. hladina kroč. zvuku L' _{nw} : 24 dB

STOP, NEPrůzvučnost 2010

III.3 Vyhodnocení vzduchové neprůzvučnosti - strop mezi kanceláři VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730532 (2010)

Název konstrukce: STROP RW
Typ konstrukce: vnitřní příčka či strop (vzduchová neprůzvučnost)
Skladba konstrukce: uvedena v protokolu o výpočtu programu NEPrůzvučnost

Min. požadavek na váženou stavební neprůzvučnost

(pro zvolené podmínky) $R' w = 47 \text{ dB}$

Výsledek výpočtu $R' w = 62 \text{ dB}$

Hodnota předpokládané vážené stavební neprůzvučnosti je větší než požadovaná hodnota.

Konstrukce předběžně splní požadavky ČSN 730532 (rozhoduje však výsledek měření).

NEPrůzvučnost 2010, (c) 2010 Svoboda Software

III.4 Vyhodnocení kročejového hluku VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730532 (2010)

Název konstrukce: Strop
Typ konstrukce: strop s podlahou (kročejová neprůzvučnost)
Skladba konstrukce: uvedena v protokolu o výpočtu programu NEPrůzvučnost

Max. požadavek na (stavební) váženou norm. hladinu kročej. zvuku

(pro zvolené podmínky) $L' nw = 63 \text{ dB}$

Výsledek výpočtu $L' nw = 24 \text{ dB}$

Hodnota předpokládané (stavební) vážené normalizované hladiny kročejového zvuku je menší než požadovaná hodnota.

Konstrukce předběžně splní požadavky ČSN 730532 (rozhoduje však výsledek měření).

NEPrůzvučnost 2010, (c) 2010 Svoboda Software

III.5 Prostorová akustika

III.5.1 Doba dozvuku bez akustických úprav

Plochy	[m ²]
S ₁ - stěna	63,2
S ₂ - zasklení	23,2
S ₃ - strop	51,84
S ₄ - podlaha	51,84
S - Celkem	190,08

Objem	[m ³]
V	155,52

Osoby	
	10,0

Povrch	α _i [-]	f [Hz]					
Plocha	A _i =S ₁ .α _i [m ²]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
S ₁ - stěna	α ₁ [-]	0,013	0,015	0,02	0,028	0,04	0,05
	A ₁ [m ²]	0,822	0,948	1,264	1,770	2,528	3,160
S ₂ - zasklení	α ₂ [-]	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
	A ₂ [m ²]	3,480	1,160	0,696	0,696	0,464	0,464
S ₃ - strop	α ₃ [-]	0,01	0,012	0,015	0,019	0,023	0,035
	A ₃ [m ²]	0,518	0,622	0,778	0,985	1,192	1,814
S ₄ - podlaha	α ₄ [-]	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05
	A ₄ [m ²]	1,037	1,555	1,555	2,074	3,110	2,592
Osoby	A _{5,1 osob} [m ²]	0,15	0,3	0,44	0,45	0,46	0,46
	A ₅ [m ²]	1,5	3	4,4	4,5	4,6	4,6
Celkem	A [m ²]	7,357	7,285	8,693	10,024	11,895	12,630
	α _m [-]	0,039	0,038	0,046	0,053	0,063	0,066
	α _E [-]	0,039	0,039	0,047	0,054	0,065	0,069
T _E [s]		3,379	3,412	2,849	2,462	2,064	1,940
T _o [s]		0,70					
T _{limit, horní} [s]		0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
T _{limit, spodní} [s]		0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46
Posouzení		nevyhovuje					

Doba dozvuku podle Eyringa $T_E = 0,163 * \frac{V}{A}$ [s]

Objem uzavřeného prostoru V [m³]

Celková ekvivalentní plocha $A = \alpha_E * \Sigma S_i$ [m²]

Činitel pohltivosti podle Eyringa $\alpha_E = - \ln*(1 - \alpha_m)$ [-]

$$\alpha_m = \frac{\Sigma S_i * \alpha_i}{\Sigma S_i} \quad [-]$$

Optimální doba dozvuku T_o [s]

III.5.2 Doby dozvuku s akustickými úpravami

Plochy	[m ²]
S ₁ - omítka	38,2
S ₂ - obklady	25
S ₃ - zasklení	23,2
S ₄ - strop	0
S ₅ - podhled	51,84
S ₆ - podlaha	51,84
S - Celkem	190,08

Objem	[m ³]
V	155,52

Osoby	10,0

Povrch	α_i [-]	f [Hz]					
Plocha	$A_i = S_i \cdot \alpha_i$ [m ²]	125	250	500	1 000	2 000	4 000
S ₁ - omítka	α_1 [-]	0,013	0,015	0,02	0,028	0,04	0,05
	A ₁ [m ²]	0,497	0,573	0,764	1,070	1,528	1,910
S ₂ - obklady	α_2 [-]	0,35	0,25	0,35	0,2	0,25	0,15
	A ₂ [m ²]	8,75	6,25	8,75	5	6,25	3,75
S ₃ - zasklení	α_3 [-]	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
	A ₃ [m ²]	3,480	1,160	0,696	0,696	0,464	0,464
S ₄ - strop	α_4 [-]	0,01	0,012	0,015	0,019	0,023	0,035
	A ₄ [m ²]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S ₅ - podhled	α_5 [-]	0,45	0,3	0,2	0,35	0,2	0,2
	A ₅ [m ²]	23,328	15,552	10,368	18,144	10,368	10,368
S ₆ - podlaha	α_6 [-]	0,05	0,08	0,1	0,09	0,25	0,38
	A ₆ [m ²]	2,592	4,147	5,184	4,666	12,960	19,699
Osoby	A _{7,1 osob} [m ²]	0,15	0,3	0,44	0,45	0,46	0,46
	A ₇ [m ²]	1,5	3	4,4	4,5	4,6	4,6
Celkem	A [m ²]	40,147	30,682	30,162	34,075	36,170	40,791
	α_m [-]	0,211	0,161	0,159	0,179	0,190	0,215
	α_E [-]	0,237	0,176	0,173	0,198	0,211	0,242
T _S [s]		0,631	0,826	0,840	0,744	0,701	0,621
T _E [s]		0,562	0,758	0,772	0,675	0,632	0,552
T _O [s]		0,70					
T _{limit, horní} [s]		0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
T _{limit, spodní} [s]		0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46
Posouzení		vyhovuje					