



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Linhart Jméno: Petr Osobní číslo: 395655
Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pezemních staveb - k124
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Stavebně energetická optimalizace obálky bytového domu

Název diplomové práce anglicky: Energy optimization of the building envelope of the apartment house

Pokyny pro vypracování:

Stavební energetická optimalizace ve vazbě na architektonické řešení objektu

Analýza vlivu tepelných vazeb a tepelných mostů

Konstrukční, materiálové a technologické řešení stavby


Koncepční řešení systémů TZB

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 12.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

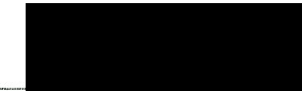

Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat 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“.

18.10.2016
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Petr Linhart

Název diplomové práce: Stavebně energetická optimalizace obálky bytového domu

Základní část: Stavební energetická analýza vlivu tepelných vazeb a architektonického řešení objektu podíl: 100 %

Formulace úkolů:

Analýza vlivu architektonického řešení objektu

Analýza vlivu tepelných vazeb a jejich optimalizace

Konstrukční, materiálové a technologické řešení stavby

Podpis vedoucího DP:

Datum: 18.10.2016

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

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

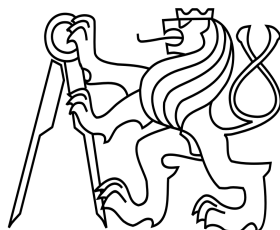
Datum:

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)

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí (konstrukce budov)

Diplomová práce

**STAVEBNĚ ENERGETICKÁ OPTIMALIZACE
OBÁLKY BYTOVÉHO DOMU**

ENERGY OPTIMIZATION OF THE BUILDING ENVELOPE OF THE
APATMENT HOUSE

Bc. Petr Linhart

vedoucí práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Stavebně energetická optimalizace obálky bytového domu“ vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Jana Růžičky, Ph.D. a informace jsem čerpal z uvedené literatury.

V Praze dne 8.1.2017

.....

Podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Janu Růžičkovi, Ph.D za odborné vedení mé diplomové práce, za pomoc při výběru tématu, vstřícnost při konzultacích a odborný dohled. Dále bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Novákovi, Ph.D., který mi při konzultacích poskytl cenné rady a připomínky. Mé poděkování též patří mým rodičům, kteří mi poskytli vhodné podmínky ke studiu a vždy mě plně podporovali.

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na zjištění vlivu tvaru obálky budovy a řešení jednotlivých detailů na měrnou potřebu tepla na vytápění. Cílem je porovnat a vyhodnotit vliv jednotlivých variant řešení budovy jak prostorových (vliv vykonzolovaných částí vystupujících z obálky budovy – arkýřů), tak vlivu řešení jednotlivých stavebních detailů a jejich tepelných vazeb. Velkou část práce tvoří katalog detailů s podrobným výpočtem lineárního činitele prostupu tepla. Posouzení detailů je v programu Area 2010. Dále je součástí práce řešen vliv architektury na letní přehřívání a dopad na řešení systémů větrání.

Klíčová slova

Bytový dům, tepelná vazba, lineární činitel prostupu tepla, prostup tepla, měrná potřeba tepla na vytápění, potřeba tepla na vytápění, letní přehřívání, optimalizace, obálka budovy

Annotation

The thesis is focused on identifying of impact of shape of building envelope and solutions of construction details on specific heat use for heating. The goal is compare and evaluate impact of each variant of building. Variants of the building are spatial (different cantilevered length of bay windows) and various solutions of construction details and their thermal connections. Much of the thesis is a catalog of details with a detailed calculation of linear thermal transmittance. Building detail assessment is designed in the program Area 2010. Further is solved the influence of architecture on summer overheating and impact on ventilation system.

Key words

Apartment house, thermal connection, linear thermal transmittance, heat transfer, specific heat use for heating, heat use for heating, summer overheating, optimization, building envelope

Obsah

1	ÚVOD	1
1.1	CÍLE PRÁCE	1
1.2	STRUKTURA PRÁCE.....	1
2	ÚVOD DO PROBLEMATIKY.....	3
2.1	LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA	3
2.1.1	<i>Požadavky</i>	<i>4</i>
2.1.2	<i>Postup výpočtu.....</i>	<i>5</i>
2.2	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U	8
2.3	PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA.....	9
2.3.1	<i>Výpočet U_{em}.....</i>	<i>10</i>
2.3.2	<i>Měrná ztráta prostupem tepla.....</i>	<i>10</i>
2.4	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ BUDOVY.....	11
3	POPIS MODELOVÉHO OBJEKTU	12
3.1	KONSTRUKČNÍ/MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ	12
3.2	SKLADBY KONSTRUKCÍ.....	14
3.2.1	<i>Skladby obvodových konstrukcí</i>	<i>14</i>
3.3	VARIANTY ARCHITEKTONICKÉHO ŘEŠENÍ STAVBY.....	17
3.3.1	<i>Varianta A - Referenční</i>	<i>17</i>
3.3.2	<i>Varianta B – Poloviční vykonzolování.....</i>	<i>17</i>
3.3.3	<i>Varianta C – Bez vykonzolovaných částí</i>	<i>17</i>
4	STAVEBNÍ ENERGETICKÁ ANALÝZA A OPTIMALIZACE	22
4.1	VÝPOČET TEPELNÝCH MOSTŮ A VAZEB.....	22
4.1.1	<i>Vstupní hodnoty pro výpočet tepelných mostů.....</i>	<i>22</i>
4.1.2	<i>Výsledné hodnoty – souhrn bez optimalizace</i>	<i>23</i>
4.2	ŘEŠENÉ DETAILS – BEZ OPTIMALIZACE	24
4.3	OPTIMALIZACE VYBRANÝCH DETAILS.....	56
4.3.1	<i>Souhrn – optimalizace.....</i>	<i>57</i>
4.4	ŘEŠENÉ DETAILS – OPTIMALIZACE.....	58
4.5	VÝPOČET PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA.....	80
4.6	VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ BUDOVY	81
4.6.1	<i>Tepelné ztráty</i>	<i>81</i>
4.6.2	<i>Využitelné tepelné zisky</i>	<i>81</i>
5	POROVNÁNÍ, VYHODNOCENÍ	83
5.1	POROVNÁNÍ RŮZNÝCH ZPŮSOBŮ VÝPOČTU.....	83
5.2	POROVNÁNÍ VLIVU TVARU BUDOVY	86
5.3	OPTIMALIZACE TEPELNÝCH VAZEB	88
6	VLIV ARCHITEKTONICKÉHO ŘEŠENÍ NA PŘEHŘÍVÁNÍ A DOPAD NA ŘEŠENÍ TZB	91
6.1	LETNÍ PŘEHŘÍVÁNÍ KRITICKÉ MÍSTNOSTI	91
6.2	KONCEPČNÍ NÁVRH VĚTRÁNÍ	94
	ZÁVĚR.....	97
	PŘÍLOHA 1 – ARCHITEKTONICKÁ STUDIE – STUDENTSKÁ PRÁCE FSV ČVUT 2014/15, DAVID PETR.....	98
	PŘÍLOHA 2 – POSTUP VÝPOČTU MĚRNÉ POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	99
	PŘÍLOHA 3 – STATICKÉ VÝPOČTY	102
	PŘÍLOHA 4 – CELKOVÁ TABULKA PLOCH KONSTRUKCÍ TVOŘÍCÍCH OBÁLKU BUDOVY	104
	PŘÍLOHA 5 – VÝPOČET DÍLČÍ HODNOTY MĚRNÉ TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA ΣH_T PRO PLOŠNÉ KONSTRUKCE OBÁLKY BUDOVY	105

PŘÍLOHA 6 – SOUHRNNÉ HODNOTY VÝPOČTU PŘIRÁŽEK NA TEPELNÉ VAZBY ΔU_{TB} – BEZ OPTIMALIZACE	107
PŘÍLOHA 7 – SOUHRNNÉ HODNOTY VÝPOČTU PŘIRÁŽEK NA TEPELNÉ VAZBY ΔU_{TB} PRO PD– OPTIMALIZACE	109
PŘÍLOHA 8 – SOUHRNNÉ HODNOTY VÝPOČTU PŘIRÁŽEK NA TEPELNÉ VAZBY – OPTIMALIZACE.....	110
SEZNAM OBRÁZKŮ	112
SEZNAM TABULEK	115
SEZNAM GRAFŮ	116
SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ	117
LITERATURA	118

Seznam použitých symbolů a zkratk

Latinské symboly

A	plocha	m^2
b	šířka	m
b	činitel teplotní redukce v otopném období	-
c	měrná tepelná kapacita	J/(kg.K)
c_m	účinná vnitřní tepelná kapacita zóny	J/K
e_{vA}	měrná roční potřeba tepla na vytápění	kWh/(m ² .a)
F_c	korekční činitel clonění	-
F_F	korekční činitel rámu	-
F_f	dílčí činitel stínění bočním žebrem	-
F_h	dílčí činitel stínění horizontem	-
F_o	dílčí činitel stínění markýzou	-
F_s	korekční činitel stínění	-
F_w	korekční činitel pro zvýšené ztráty odrazem	-
g	celková energetická propustnost slunečního záření	-
h	výška	m
H_T	měrná tepelná ztráta prostupem tepla	W/K
H_j	měsíční dávka ozáření na j-tou orientaci	kWh/m ²
l	délka	m
L	lineární tepelná propustnost	W/(m.K)
L^{2D}	(lineární) tepelná propustnost stanovená výpočtem dvourozměrného teplotního pole	W/(m.K)
L_g	tepelná propustnost zeminou	W/(m.K)
n	intenzita výměny vzduchu v místnosti	h^{-1}
Q_h	Roční potřeba tepla na vytápění	kWh/a
R	tepelný odpor vrstvy, konstrukce	(m ² .K)/W
R_{si}	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	(m ² .K)/W
R_{se}	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	(m ² .K)/W
t	čas	h
U	součinitel prostupu tepla	W/(m ² .K)
U_{em}	průměrný součinitel prostupu tepla	W/(m ² .K)
ΔU_{tb}	zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných vazeb	W/(m ² .K)
$U_{N,20}$	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	W/(m ² .K)
$U_{rec,20}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla	W/(m ² .K)
$U_{pas,20}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy	W/(m ² .K)
V	objem	m ³

Řecké symboly

λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m.K)
λ_D	deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti	W/(m.K)

λ_{ekv}	ekvivalentní hodnota součinitele tepelné vodivosti	W/(m·K)
ρ	objemová hmotnost	kg/m ³
Ψ	lineární činitel prostupu tepla	W/(m·K)
Ψ_e	lineární činitel prostupu tepla z exteriéru	W/(m·K)
$\Psi_N; \Psi_{rec}; \Psi_{pas}$	hodnota lineárního činitele prostupu tepla požadovaná, doporučená a doporučená pro pasivní domy	W/(m·K)
θ_e	návrhová teplota venkovního vzduchu	°C
θ_i	návrhová teplota vnitřního vzduchu	°C
Σ	suma, součet	

Zkratky

ETICS	Vnější tepelně izolační kompozitní systém (z angl. Eexternal Thermal Insulation Composite Systems)
EPS	expandovaný polystyren
HI	hydroizolace
NED	nízkoenergetický dům
NP	nadzemní podlaží
PD	pasivní dům
PP	podzemní podlaží
STD	standartní dům
TI	tepelná izolace
tl.	tloušťka
TZB	technické zařízení budov
XPS	extrudovaný polystyren
ŽB	železobeton
2D	2-dimension – dvourozměrný
3D	3-dimension – trojrozměrný

1 Úvod

1.1 Cíle práce

Architektonické řešení budov má vliv na energetickou bilanci. Jak z hlediska ochlazované plochy obálky, tak z hlediska složitosti, která má vliv na délku tepelných vazeb. Každá tepelná vazba je potencionální problém a z hlediska kvality obálky je nutno se těmito vazbami zabývat, jelikož se snižující se potřebou tepla vzniká větší podíl tepelných ztrát tepelnými vazbami.

Vzhledem ke zvyšujícím se nárokům na snížení energetických potřeb budov je na energetickou bilanci vlivem prostupu tepla obálkou budovy kladen velký důraz. Velký důraz je kladen u projektování pasivních, či nulových domů na kompaktnost budovy a tím minimalizaci ochlazované plochy obálky budovy a dále ideální řešení jednotlivých detailů tepelných vazeb a tepelných mostů.

Tato práce přináší analýzu vlivu hmotového řešení objektu architektem dané budovy a analýzu dopadu řešení jednotlivých detailů na celkovou potřebu tepla. Výsledkem práce je porovnání výsledných hodnot potřeby tepla pro různé varianty budovy řešené v této práci a zjištění, co má vliv významný, či naopak nevýznamný v případě konkrétního řešení objektu.

Dále je v práci řešeno letní přehřívání kritické místnosti v závislosti na architektonickém řešení tvaru obálky a jeho dopad na návrh systému větrání. Cílem této části je ukázat, že návrh budovy s cílem minimalizace potřeby tepla je komplexnější a nezáleží pouze na hodnotě součinitele prostupu tepla konstrukcí, ale i na dalších faktorech, jako je například stínění oken, či větrání.

1.2 Struktura práce

Práce vychází z architektonického řešení studentské práce Davida Petra (Příloha 1). Je převzat hrubý tvar objektu a hmotová myšlenka architekta. Následně se stanovily varianty objektu.

Objekt je rozdělen na tři prostorové varianty pro zjištění vlivu tvaru budovy na měrnou potřebu tepla: Jako podmínka pro tvorbu jednotlivých variant je zachování půdorysné plochy bytů.

- Budova referenční s arkýři
- budova s polovičními arkýři
- budova bez arkýřů.

Každá z prostorových variant je řešena ve třech úrovních zateplení dle normových hodnot součinitele prostupu tepla

- požadované hodnoty – standartní dům STD

- doporučené hodnoty – nízkoenergetický dům NED
- doporučené hodnoty pro pasivní dům PD

Vliv tepelných vazeb na potřebu tepla je proveden stanovením 6 způsobů optimalizace detailů a výpočtem nové hodnoty lineárního činitele prostupu tepla pro tepelné vazby, kterých se daná optimalizace týká (kapitola 4.3)

- Vysunutí oken do tepelné izolace
- Zateplení pozedního věnce
- Změna geometrie atiky
- Vložení horizontální tepelné izolace do zeminy u základové konstrukce
- Založení zdiva v úrovni soklu na pěnosklo
- Všechny předchozí varianty dohromady

Významnou část práce tvoří katalog detailů D1- D15 (kapitola 4.2) a katalog optimalizací detailů (kapitola 4.3). Katalogy se skládají z detailů obsahující tepelné vazby lokalizované na objektu. Součástí katalogu je výpočet lineárního činitele prostupu tepla z exteriéru Ψ_e tepelných vazeb pomocí modelování detailů v programu Area 2010, který slouží pro hodnocení 2D stavebních detailů z hlediska dvourozměrného vedení tepla.

Model pro výpočet měrné potřeby tepla je vytvořen v excelu. V modelu se mění pouze vstupní hodnoty měrné tepelné ztráty prostupem tepla H_T pro výpočet tepelných ztrát prostupem. Ostatní vstupní parametry zůstávají stejné (tepelné ztráty vetráním (uvažováno mechanické větrání s rekuperací), vnitřní tepelné zisky, solární tepelné zisky (účinná sběrná plocha oken), účinná vnitřní tepelná kapacita).

Pro přesné určení hodnot měrného tepelného toku prostupem H_T , se kterými je počítáno při výpočtu potřeby tepla, jsou určeny plochy konstrukcí všech řešených variant a jejich součinitel prostupu tepla a dále jsou stanoveny délky tepelných vazeb pro jednotlivé prostorové varianty.

V této práci je tedy počítáno s podrobnou hodnotou vlivu tepelných vazeb. Porovnání různých výpočtu přírážky na tepelné vazby a vliv na výslednou hodnotu měrné potřeby tepla je popsáno v kapitole 5.1.

Dále je vyhodnocení vlivu tvaru budovy na měrnou potřebu tepla všech třech prostorových variant ve třech úrovních zateplení (celkem 9 variant budovy). V další fázi jsou provedeny optimalizace vybraných detailů (6 optimalizací) a počítán jejich vliv na celkovou potřebu tepla. Tyto optimalizace jsou prováděny pouze u budovy na úrovni pasivního domu v prostorovém řešení referenční budovy a budovy bez arkýřů.

V kapitole 6 je řešen vliv architektury na letní přehřívání a dopad na řešení systému větrání. Na kritické místnosti pasivního domu je vymodelován v programu Simulace 2010 průběh teplot v interiéru v letním dni při různém zastínění oken (arkýřem, žaluziemi) a různém způsobu větrání i s využitím nočního předchlazení.

2 Úvod do problematiky

Tepelný most

Tepelný most je část stavební konstrukce, ve které se významně mění tepelný odpor vlivem průnikem stavební konstrukce nebo vlivu materiálu s jinou tepelnou vodivostí, nebo změnou tloušťek konstrukcí, nebo rozdílnou plochou vnitřní a vnější konstrukce. Zohledňuje se při výpočtu součinitele prostupu tepla U a výpočtu tepelného odporu konstrukce. Následkem tepelného mostu v konstrukci je zvýšení hustoty tepelného toku a snížení povrchové teploty na vnitřní straně konstrukce (1)

Tepelná vazba

Tepelná vazba je rozhraní mezi dvěma a více stavebními konstrukcemi kde je tepelný tok významně změněn jejich vzájemným působením. Je nepřiraditelný k jedné konstrukci a vliv má až v celkovém hodnocení obvodového pláště (systém různých obvodových konstrukcí propojených tepelnými vazbami). Zahrnuje se při výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} a měrného tepelného toku prostupem tepla H_T . (1)

2.1 Lineární činitel prostupu tepla

Hodnota lineárního činitele prostupu tepla Ψ [W/(m.K)] vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti 2D tepelných vazeb. Je to korekce tepelného toku přes plošné konstrukce v místě tepelné vazby. Vyjadřuje rozdíl mezi jednorozměrným započtením tepelných ztrát konstrukcemi a dvourozměrným modelem – zohlednění geometrie konstrukcí. Nelze hodnotit detaily pouhým vyčíslením Ψ a porovnáním s nulovou hodnotou. Lze porovnávat vyčíslení dvou detailů započtených do energetické bilance. (2)

Dle (1) lineární činitel prostupu tepla Ψ je vliv lineárního tepelné vazby na lineární tepelnou propustnost L^{2D} , je přídatným tepelným tokem charakterizujícím vliv lineárního tepelného mostu délky l na tepelnou vodivost – lineární tepelnou propustnost.

$$\Psi_j = L_j^{2D} - U_{id} \cdot b_j$$

Kde L_j^{2D} je lineární tepelná propustnost, ve W/(m.K), stanovená podle (3) pomocí výpočtu dvourozměrného teplotního pole. U_{id} součinitel prostupu tepla skladby konstrukce stanovený pro skladbu konstrukce mimo tepelné mosty v ideálním výseku hodnocené konstrukce postupem pro jednorozměrné šíření tepla podle 3.2 a b_j je šířka výseku geometrického modelu konstrukce.

Doporučuje se počítat s vnějšími rozměry hranice vytápěného prostoru (stejně jako při výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla). Tepelné ztráty tak budou vypočteny na straně bezpečné. Jelikož hodnota Ψ slouží jako oprava tepelného toku plošnými konstrukcemi, hodnoty b_j se tedy uvažují také pro vnější rozměry řešeného detailu.

Hodnoty mohou dosahovat kladných i záporných hodnot. Kladná hodnota znamená, že v daném detailu dochází k přídatné tepelné ztrátě. Záporná hodnota znamená, že tepelná

ztráta je již obsažena ve výpočtu tepelných ztrát přes plošné konstrukce. Například v koutu je ve výpočtu celkové tepelné ztráty započtena délka koutu dvakrát. Proto lineární činitel koutu většinou vychází jako záporná hodnota. (4)

lineární tepelná propustnost

Hodnota lineární tepelné propustnosti L^{2D} je stanovena v programu AREA 2010. Výpočet dvourozměrných polí teplot metodou konečných prvků v souladu s (3).

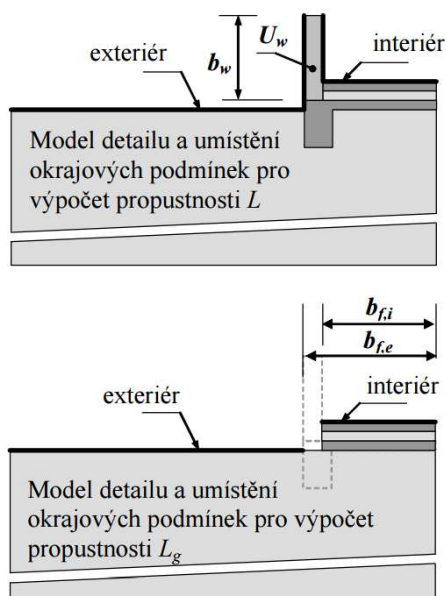
Výpočet Ψ detailu v kontaktu se zeminou

Vymezení výseku zeminy se volí pro výšku jako $2,5.b$, šířka směrem od objektu jako $2,5.b$ a šířka pod objektem jako $0,5.b$, kde b je šířka podlahy, nebo 8 m.

Výpočet lineárního činitele prostupu tepla se stanoví podle (3) dle vztahu

$$\Psi = L - U \cdot b - L_g \frac{b_{f,e}}{b_{f,i}} \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

Kde L je tepelná propustnost celým detailem (model se stěnou) ve $W/(m \cdot K)$, b je délka (výška) stěny, dle zvolené hranice vytápěného prostoru v m, L_g je tepelná propustnost podlahou stanovená modelem bez stěny a základu viz Obrázek 1 (spodní) v $W/(m \cdot K)$, $b_{f,e}/b_{f,i}$ je rozměr podlahy měřený z vnějších/vnitřních rozměrů viz Obrázek 1 (spodní) v m.



Obrázek 1 Modely základu stěny (5)

2.1.1 Požadavky

Každá tepelná vazba musí splňovat normou požadované hodnoty (6) dle Tabulka 1

$$\Psi \leq \Psi_N$$

Kde Ψ je vypočítaná hodnota a Ψ_N je normou požadovaná hodnota.

Tabulka 1 Požadované a doporučené hodnoty lineárního činitele prostupu tepla tepelných vazeb

	Požadované hodnoty ψ_N	Doporučené hodnoty ψ_{rec}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy ψ_{pas}
	[W/(m·K)]	[W/(m·K)]	[W/(m·K)]
Styk vnější stěny a další konstrukce s výjimkou výplně otvoru (např. styk se základem, stropem, jinou stěnou, střechou, balkonem apod.)	0,20	0,10	0,05
Styk vnější stěny a výplně otvoru (parapet, ostění, nadpraží)	0,10	0,03	0,01
Styk střechy a výplně otvoru (střešní okno, světlík apod.)	0,30	0,10	0,02

2.1.2 Postup výpočtu

Tvarové řešení detailu

Do programu AREA je zadáván dvojrozměrný model řešeného detailu vycházející z tvaru skutečného detailu. Zadávání tvarů je programem omezeno pouze na tvar pravouhlých obdélníků, a proto musí být některé prvky zjednodušeny.

Vymezení výseku detailu

Velikost (délka) vymodelovaných konstrukcí by měla odpovídat vzdálenosti, ve které již není deformace tepelného toku způsobena tvarem detailu (tzn. tepelný tok je kolmo na povrch, izotermy se srovnávají a jsou rovnoběžné s povrchem (Obrázek 3)). Dostačující délka při modelování detailů by měla být volena minimálně rovná dvojnásobku tloušťky konstrukce.

Podrobnost modelu

Modelované detaily jsou zjednodušeny zanedbáním některých tenkých vrstev (omítky, hydroizolace apod.), které mají zanedbatelný vliv na tepelné chování detailu. Dále jsou zanedbány drobné konstrukční prvky. Jednotlivé řešení jsou podrobněji popsány u každého detailu v kapitole 4.2

Určení hranice

Volba hranice vytápěného prostoru je zvolena na hranici vnějších rozměrů (vnější hranice mezi tepelnou izolací a vzduchem; spodní hrana ŽB desky a zeminy). Lineární činitel prostupu tepla, který slouží jako korekce měrné tepelné ztráty H_T přes plošné konstrukce v místě tepelné vazby, bude tedy počítán také pro vnější rozměry. Podrobný popis hranice obálky budovy v kapitole 2.3.

Okrajové podmínky

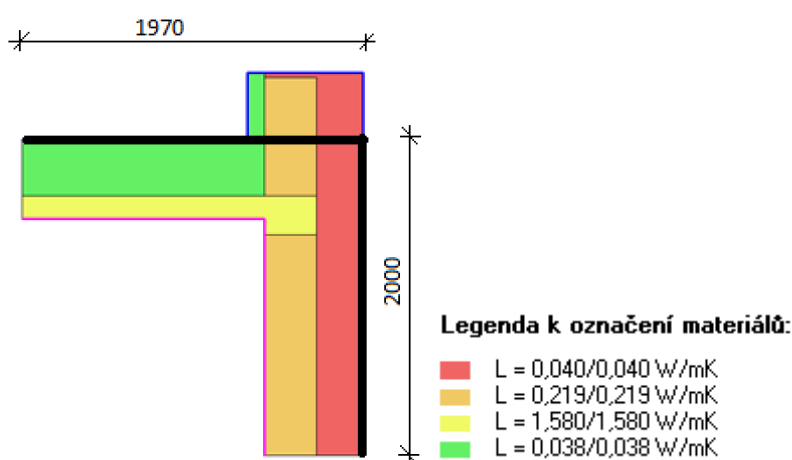
Odpory při přestupu tepla jsou zadávány do okrajových podmínek ve výpočetním programu AREA 2010 stejné jako při výpočtu součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle (7). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce Tabulka 14.

Dle (3) je výpočet tepelných toků nezávislý na teplotě a na hodnotu tepelného toku tedy zadaná teplota v okrajové podmínce nemá vliv.

Příklad 1 - atika

Na obrázku (Obrázek 2) je zobrazen řešený detail atiky vymodelovaný v programu Area. Černě je znázorněna hranice vytápěného prostoru, pro kterou je hodnota Ψ_e počítána.

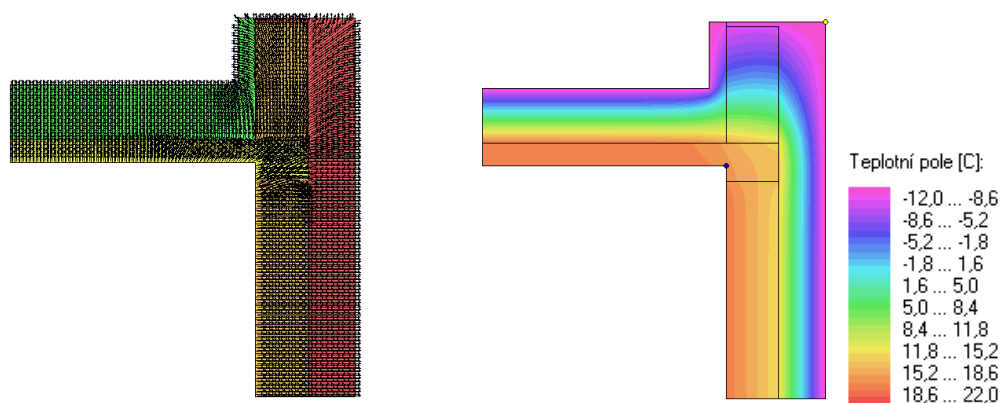
Odpory na přestupu jsou stanoveny $R_{se}=0,04(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$, $R_{si, \text{střecha}}=0,1(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$, $R_{si, \text{stěna}}=0,13(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$. Odpory na přestupu tepla musejí být stanoveny stejné jako při výpočtu součinitele prostupu tepla (hodnoty uvedeny v Tabulka 14). Lineární činitel není závislý na teplotě, teploty vnějšího a vnitřního prostředí se tedy mohou volit libovolně, v tomto případě jsou zvoleny $\theta_e=-12^\circ\text{C}$, $\theta_i=22^\circ\text{C}$. $U_{stěny}=0,121 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a $U_{střechy}=0,106 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.



Obrázek 2 model atiky v programu Area 2010

Z výpočtu v programu Area je stanovena hodnota tepelné propustnosti $L^{2D}=0,459 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Hodnota lineárního činitele prostupu tepla pro vnější rozměry bude stanovena jako $\Psi_e=0,459-0,106 \cdot 1,97 - 0,121 \cdot 2= \mathbf{0,0082 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})}$

Tepelná vazba tedy splňuje požadavek (Tabulka 1) $\Psi_N=0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ a také splňuje hodnotu doporučenou pro pasivní domy $\Psi_{pas}=0,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

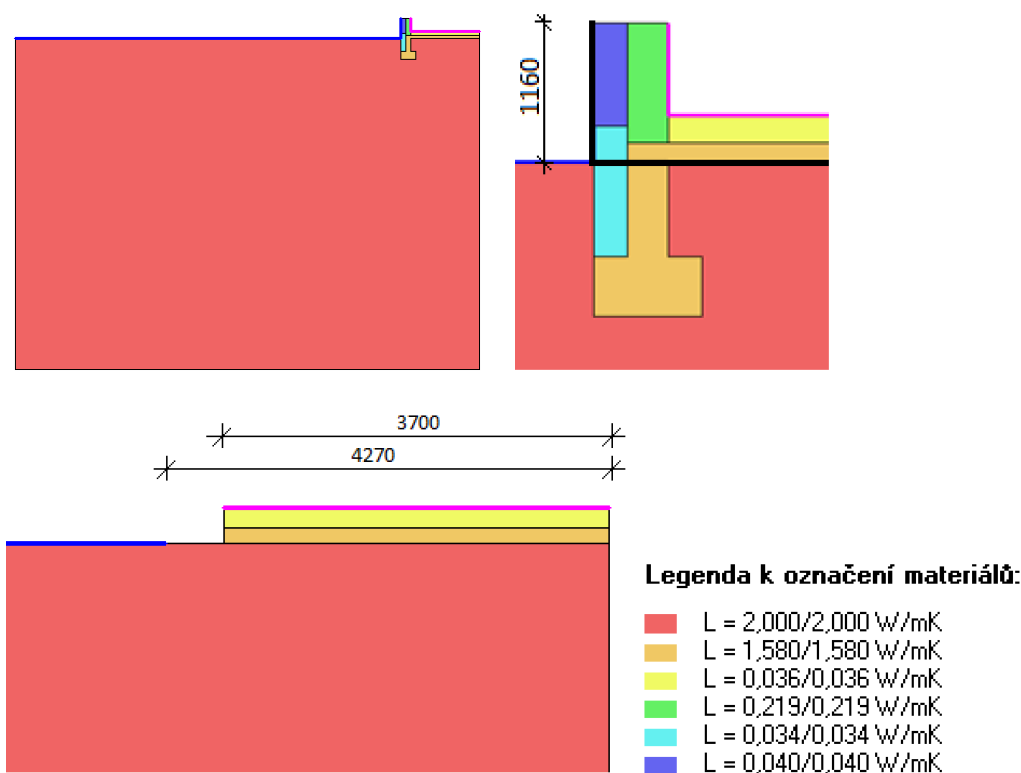


Obrázek 3 výstup programu Area 2010 - tepelné toky (vlevo) a pole teplot (vpravo)

Příklad 2 – sokl

Na obrázku Obrázek 4 je zobrazen řešený detail základu vymodelovaný v programu Area 2010 ve dvou variantách – první se stěnou pro výpočet propustnosti celého detailu L , druhý bez stěny pro výpočet propustnosti L_g . Černě je znázorněna hranice vytápěného prostoru, pro kterou je hodnota Ψ_e počítána.

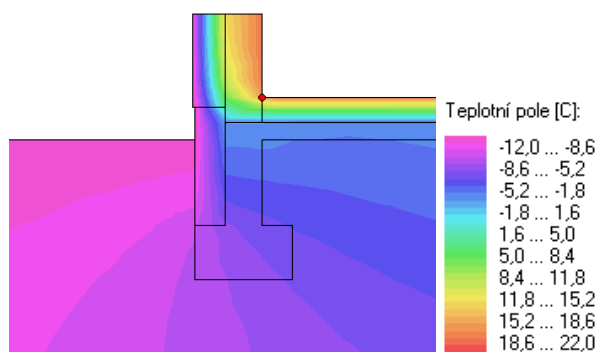
Odpory na přestupu jsou stanoveny $R_{se}=0,04(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$, $R_{si, \text{podlaha}}= 0,17 (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$, $R_{si, \text{stěna}}= 0,13 (\text{m}^2\text{K})/\text{W}$ (viz Tabulka 14), $\theta_e=-12^\circ\text{C}$, $\theta_i=22^\circ\text{C}$, $U_{stěny}= 0,121 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.



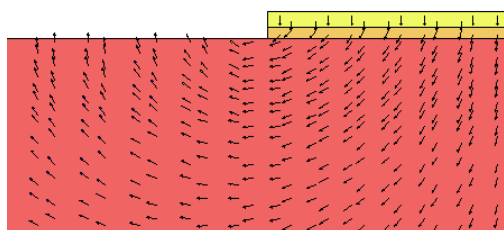
Obrázek 4 Model základu stěny zadaný v programu Area 2010 - celý model a výsek modelu se stěnou a bez stěny

Z výpočtu v programu Area je stanovena hodnota tepelné propustnosti $L^{2D}=0,61812 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ a hodnota propustnosti $L_g=0,44529 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Hodnota lineárního činitele prostupu tepla pro vnější rozměry bude stanovena jako $\Psi_e=0,61812-0,121 \cdot 1,16 - 0,44529 \cdot (4,27/3,7)= -0,0361 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Tepelná vazba tedy splňuje požadavek (Tabulka 1) $\Psi_N= 0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ a také splňuje hodnotu doporučenou pro pasivní domy $\Psi_{pas}= 0,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.



Obrázek 5 výstup programu Area 2010 – výšek pole teplot detailu se stěnou

Obrázek 6 výstup programu Area 2010 - tepelné toky výsekem detailu bez stěny pro výpočet hodnoty L_g

2.2 Součinitel prostupu tepla U

Součinitel prostupu tepla U [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] je jedna ze základních tepelně-izolačních veličin konstrukcí. Slouží pro hodnocení a porovnání tepelně izolačních vlastností jednotlivých konstrukcí. Čím nižší součinitel prostupu tepla, tím má konstrukce lepší tepelně izolační vlastnosti.

Dle (1) je součinitel prostupu tepla celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami.

Součinitel prostupu tepla se stanoví dle (8)

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

kde R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, v $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ (viz Tabulka 14), R_{se} je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, v $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, ve výpočtech počítáno s hodnotou $0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ dle (7) a R je tepelný odpor konstrukce, v $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$; stanovený dle (8).

Tabulka 2 Souhrn požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18°C až 22°C včetně podle (6)

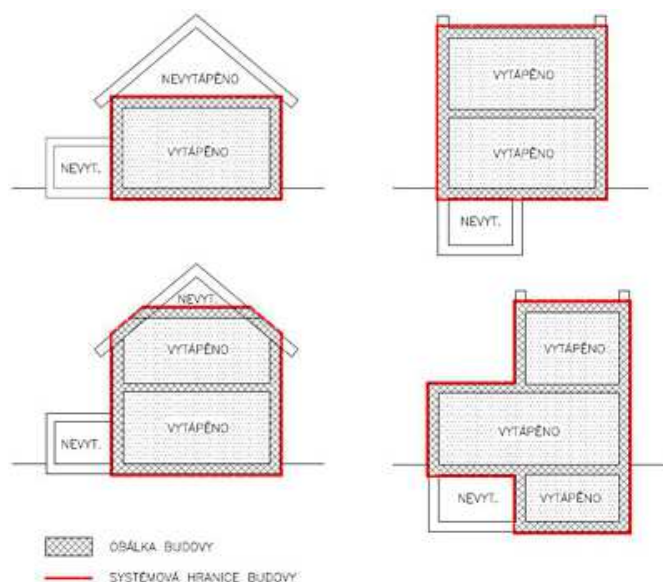
popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
stěna vnější	0,30	0,25	0,18-0,12
střecha plochá	0,24	0,16	0,15-0,10
Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22-0,15
výplň otvoru ve vnější stěna	1,50	1,20	0,80-0,60
strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15-0,10

2.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Dle (1) je průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} součinitel prostupu tepla obálky budovy nebo její definované vytápěné zóny, zahrnující vlivy všech ochlazovaných konstrukcí tvořících systémovou hranici budovy nebo její vytápěné zóny.

Obálka budovy

Obálku budovy tvoří všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici vytápěného prostoru dané budovy, nebo zóny. Daná vnějšími rozměry konstrukcí.



Obrázek 7 Schéma určení hranice obálky budovy (zdroj: [cit. 2016-15-11])

<http://www.zelenausporam.cz/sekce/560/2/slovnicek-pojmu/technicke-terminy/>

2.3.1 Výpočet U_{em}

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} se stanovuje dle (6) podle vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}$$

Kde A je plocha obálky budovy a H_T je měrná ztráta prostupem tepla.

2.3.2 Měrná ztráta prostupem tepla

Celkový tepelný tok konstrukcemi tvořícími obálku budovy na systémové hranici z vytápěného prostoru do vnějšího prostředí.

Vypočte se podle (8) jako

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + \Delta U_{tbk}$$

Kde $\sum A_i \cdot U_i \cdot b_i$ je vliv plošných konstrukcí, ΔU_{tb} je korekce součinitele prostupu tepla vlivem součtu všech tepelných vazeb v obálce budovy. A_i je plocha i -té konstrukce na systémové hranici vytápěného prostoru v m^2 b [-] je činitel teplotní redukce v otopném období

Z vzorce je jasné, že čím větší bude plocha konstrukcí (členitost obálky), tím větší bude měrná ztráta prostupem tepla a tedy i větší tepelné ztráty prostupem.

Přirážka na lineární tepelné vazby

Vliv lineárních tepelných vazeb ΔU_{tb} lze započítat do měrné ztráty prostupem tepla několika způsoby.

- Podrobným vyjádřením tepelných vazeb pomocí vztahu $\sum l_k \cdot \Psi_k$, kde l_k je délka k -té lineární tepelné vazby, v m a Ψ_k je lineární činitel prostupu tepla k -té lineární tepelné vazby stanovený dle 0, ve $W/(m \cdot K)$.
- Postup stejný jako předchozí varianta, ale dosazení pouze kladných hodnot - výpočet zůstane na straně bezpečí
- Nahrazení vypočtených hodnot vztahem $A \cdot \Delta U_{tb}$, kde A je plocha obálky budovy v m^2 a ΔU_{tb} je orientační přirážka zohledňující vliv všech tepelných vazeb na systémové hranici v závislosti na kvalitě řešení detailů.

Hodnoty ΔU_{tb} dle (8)

- o konstrukce téměř bez tepelných mostů (úspěšně optimalizované řešení)
 $E \Delta U_{tbk,j} \approx 0,02 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$
- o konstrukce s mírnými tepelnými mosty (typové či opakované řešení)
 $E \Delta U_{tbk,j} \approx 0,05 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$
- o konstrukce s běžnými tepelnými mosty (dříve standardní řešení)

$$E\Delta U_{\text{tbk},j} \approx 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- konstrukce s výraznými tepelnými mosty (zanedbané řešení)

$$E\Delta U_{\text{tbk},j} \approx 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \text{ a více}$$

- Nezapočítat lineární tepelné vazby

Různé metody mohou značně ovlivnit výsledné hodnoty energetické bilance. V této práci je uvažováno s podrobným výpočtem hodnoty započtení kladných i záporných lineárních tepelných vazeb, protože je zde počítáno s různým řešením tepelných vazeb, které v jiných variantách výpočtu není započteno vůbec, nebo nepřesně. Výsledná diskuze a porovnání jednotlivých způsobů uvažování je v kapitole 5.1.

2.4 Potřeba tepla na vytápění budovy

Pro porovnání kvality obálky budovy mezi jednotlivými řešenými variantami je použita hodnota potřeby tepla v kWh/(m².a). Je vytvořen jednotný model v Excelu pro výpočet měrné potřeby tepla pro jednotlivé varianty se stejnými okrajovými podmínkami (vnější a vnitřní návrhová teplota, tepelné ztráty větráním s výměnou vzduchu s nuceným větráním s rekuperací, využitelné tepelné zisky – solární, vnitřní tepelné zisky), aby výsledné hodnoty byly porovnatelné mezi sebou pouze z hlediska tvaru budovy a tepelně izolačních vlastností konstrukcí a tepelných vazeb. Popis okrajových podmínek v kapitole 4.6.

Potřeba tepla na vytápění Q_h [kWh/a] je množství energie, kterou potřebujeme dodat do budovy během otopného období, aby v ní byla požadovaná vnitřní teplota. Z této hodnoty se následně odvodí měrná potřeba tepla na vytápění e_{VA} [kWh/(m².a)] která je vztažena na 1 m² podlahové plochy vytápěné zóny.

Stanovení potřeby tepla na vytápění je stanoveno měsíční metodou dle (9) (8) (10) (postup uveden příloze 2)

3 Popis modelového objektu

Objekt, s kterým se v této práci pracuje, je převzat ze studie bytového domu vytvořeném jako studentská práce Davida Petra na Fakultě stavební ČVUT v roce 2014/15 .

Pro účely této diplomové práce je objekt zjednodušen a energetická bilance je počítána pouze pro nadzemní podlaží.

Jedná se tedy o bytový dům o 5 nadzemních podlažích. Přízemí slouží jako vstupní s recepcí. V objektu se nachází celkem 8 bytů – 2 mezonetové byty 4+kk, 4 byty 4+KK, 2+KK a v nejvyšším podlaží 3+KK s terasou.

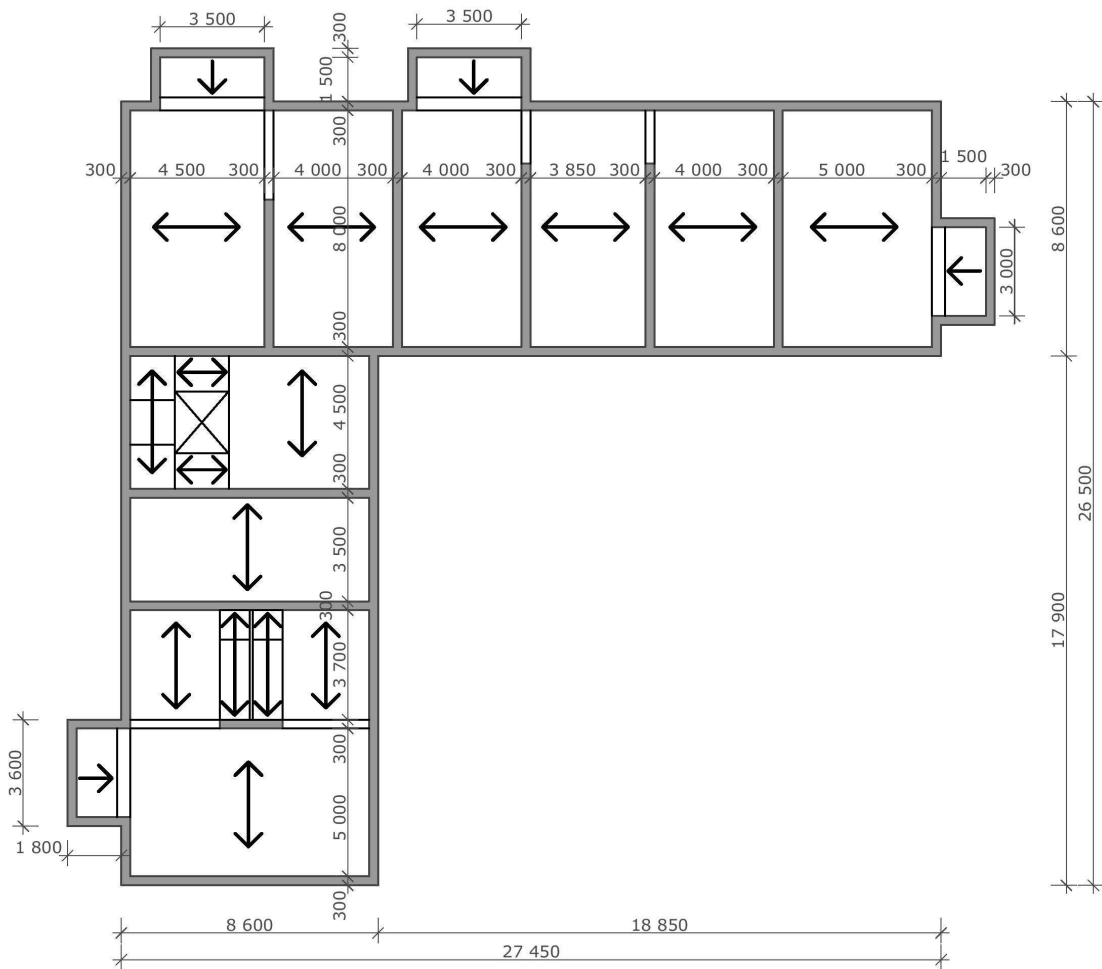
- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------------|
| - adresa: | ul. Rooseveltova, Praha 6 - Bubeneč |
| - charakter stavby: | Bytový dům, novostavba |
| - Obestavěný prostor V: | dle varianty v m ³ |
| - plocha obálky A: | dle varianty v m ² (Tabulka 12) |
| - Plocha bytových jednotek: | dle varianty v m ² (Tabulka 12) |
| - Plocha pozemku: | 2047 m ² |
| - Počet bytů: | 8 |

3.1 Konstrukční/materiálové řešení

Objekt je zděný z cihelných bloků zateplených kontaktním zateplovacím systémem ETICS s ŽB monolitickými stropy jednosměrně/obousměrně pnutými tvořící jeden dilatační celek.

Konstrukční schéma je vyznačeno na typickém podlaží referenční varianty (varianta s arkýři, Obrázek 8). Jednotlivé varianty tvaru budovy, které jsou řešené, jsou podrobně popsány v kapitole 3.3.

Statické výpočty viz příloha 3.



Obrázek 8 konstrukční schéma objektu referenční varianty, $M 1:200$

Vodorovné konstrukce

Návrh tloušťky konstrukcí je na základě předběžného návrhu pomocí empirických vztahů.

Strop je řešen jako železobetonová deska jednosměrně pnutá. Arkýře jsou řešeny vykonzolováním stropní desky.

$$h_{\text{desky}} = 150 \text{ mm}$$

$$h_{\text{průvlak}} = 250 \text{ mm}$$

$$h_{\text{konzola}} = 200 \text{ mm}$$

Svislé konstrukce

Nosné zdivo je tvořené keramickým zdivem Heluz 30, P15, M10 s kontaktním zateplovacím systémem ETICS.

Schody

Schody jsou řešeny jako prefabrikované železobetonové desky. Hlavní schodiště je řešeno jako trojramenné s dvakrát lomenou deskou kloubově uloženou do zdiva a dvěma rameny tvořenými šikmými deskami kloubově uloženými na podestu a mezipodesty dvakrát

lomené desky. Schodiště v mezonetových bytech je dvouramenné, tvořené z jednou lomených desek uložených kloubově do stěny.

Základový pas

Navržené rozměry železobetonového pasu jsou: šířka 0,8 m a výška 0,5 m.

3.2 Skladby konstrukcí

Konstrukce jsou navrženy ve třech variantách z nichž každá má jiné hodnoty součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2.K)$], které jsou požadovány (6) , viz Tabulka 2

Požadované hodnoty (STD)

Hodnoty součinitele prostoru tepla splňují hodnoty $U_{N,20}$

Tato varianta budovy je nejhůře zateplená. Oproti variantě PD je například tloušťka tepelné izolace stěny menší o 200mm.

Doporučené hodnoty (NED)

Hodnoty součinitele prostoru tepla splňují hodnoty $U_{rec,20}$

Doporučené hodnoty pro pasivní budovy (PD)

Hodnoty součinitele prostoru tepla splňují hodnoty $U_{pas,20}$

Jedná se o nejlépe zateplenou variantu budovy

3.2.1 Skladby obvodových konstrukcí

Skladby konstrukcí jsou převzaty z <https://www.dekpartner.cz/technicka-podpora/systemove-skladby> .

V tabulce níže (Tabulka 3) je uveden souhrn všech konstrukcí obálky budovy pro jednotlivé úrovně zateplení budovy. Tloušťka tepelných izolací je navržena taková, aby výsledná hodnota součinitele prostupu tepla odpovídala hodnotám dle Tabulka 2 (6)

Hodnoty součinitele prostupu tepla jsou počítány s hodnotami odporů na přestupu R_{si} a R_{se} dle Tabulka 14.

Tabulka 3 Přehled tepelně technických parametrů obvodových konstrukcí

	STD	NED	PD
U okna [$W/(m^2.K)$]	1,195	0,997	0,544
U stěna [$W/(m^2.K)$]	0,301	0,245	0,120
U střecha do 45° [$W/(m^2.K)$]	0,231	0,162	0,104
U strop s podl. nad venk. prostorem [$W/(m^2.K)$]	0,236	0,160	0,103
U podlaha k zemině [$W/(m^2.K)$]	0,444	0,297	0,149

Stěna S1

Jedná se o skladbu stěny DEKTHERM KLASIK s kontaktním zateplovacím systémem a tenkovrstvou omítkou z pastovité omítky pro obvyklé použití na bytové domy.

V Tabulka 4 je uvedena skladba stěny a v Tabulka 5 jsou uvedeny hodnoty tloušťky tepelné izolace a jejich příslušné hodnoty součinitele prostupu tepla.

Tabulka 4- skladba stěny

	VRSTVA (OD EXTERIÉRU)	TLOUŠŤKA [mm]	λ_D [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
1	tenkovrstvá pastovitá omítka	3	0,750	0,004
2	weber.pas podklad UNI	-	-	
3	DEKTHERM KLASIK + výztužná tkanina	5	0,7	0,007
4	EPS 70F	Dle Tabulka 5	0,040	
5	DEKTHERM KLASIK	10	0,7	0,014
6	keramické zdivo HELUZ 30 P15, M10	300	0,219	1,370
7	omítka vápenocementová	10	0,99	0,010

Tabulka 5 - tl. tepelné izolace pro tři varianty stěny a hodnota součinitele prostupu tepla U

	TL. TI [mm]	U [W/m ² ·K]
STD	70	0,301
NED	100	0,245
PD	270	0,120

Podlaha k zemině V1

Jedná se o těžkou plovoucí podlahu na terénu DEKFLOOR 03. Roznášecí betonová deska s hydroizolační vrstvou tvořenou modifikovaným asfaltovým pásem a tepelněizolační vrstvou z pěnového polystyrenu.

V Tabulka 6 je uvedena skladba stěny a v Tabulka 7 jsou uvedeny hodnoty tloušťky tepelné izolace a jejich příslušné hodnoty součinitele prostupu tepla.

Tabulka 6 – skladba podlahy k zemině

	VRSTVA (OD EXTERIÉRU)	TLOUŠŤKA [mm]	λ_D [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
1	ŽB DESKA	100	1,75	0,057
2	DEKPRIMER	-	-	
3	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4	0,210	0,019
4	OCHRANNÁ BETONOVÁ MAZANINA	60	1,75	0,034
5	DEKPERIMETER 200	Dle Tabulka 7	0,036	6,389
6	DEKSEPAR	0,2	0,35	0,001
7	Roznášecí betonová mazanina + kari síť 150/150/4	50	1,75	0,029

Tabulka 7- tl. tepelné izolace pro tři varianty podlahy a hodnota součinitele prostupu tepla U

	TL. TI [mm]	U [W/m ² ·K]
STD	70	0,444
NED	110	0,297
PD	230	0,149

Střecha V2

Jedná se o jednovrstevnou lepenou skladbu ploché střechy DEKROOF 03 s hlavní hydroizolační vrstvou ze souvrství asfaltových pásů a spádovou vrstvou vytvořenou z tepelné izolace. Obvyklé použití na bytové domy a administrativní budovy.

V Tabulka 8 je uvedena skladba stěny a v Tabulka 9 jsou uvedeny hodnoty tloušťky tepelné izolace a jejich příslušné hodnoty součinitele prostupu tepla.

Tabulka 8 skladba střechy

	VRSTVA (OD EXTERIÉRU)	TLOUŠŤKA [mm]	λ_D [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
1	ELASTEK 40 GRAPHITE	4,5	0,210	0,021
2	GLASTEK 30 STICKER ULTRA	3	0,21	0,014
3	EPS 100	Dle Tabulka 9	0,038	9,211
4	GLASTEK AL 40 MINERAL	4	0,21	0,019
5	železobetonová konstrukce	250	1,75	0,143
6	omítka vápenocementová	10	0,99	0,010

Tabulka 9- tl. tepelné izolace pro tři varianty střechy a hodnota součinitele prostupu tepla U

	TL. TI [mm]	U [W/m ² ·K]
STD	150	0,231
NED	220	0,162
PD	350	0,104

Strop nad venkovním prostorem V3

Jedná se o skladbu na spodní straně arkýře – podlaha. Skladba kontaktního zateplovacího systému je použita stejná jako u stěny DEKTHERM KLASIK.

V Tabulka 10 je uvedena skladba stěny a v Tabulka 11 jsou uvedeny hodnoty tloušťky tepelné izolace a jejich příslušné hodnoty součinitele prostupu tepla.

Tabulka 10 skladba stropu nad venkovním prostorem

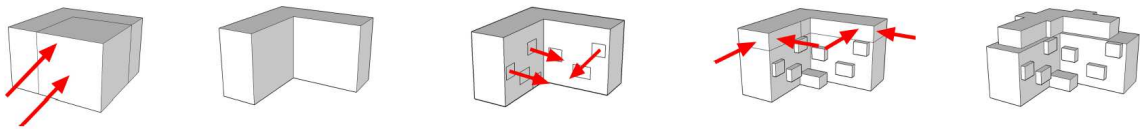
	VRSTVA	TLOUŠŤKA [mm]	λ_D [W/m·K]	R [m ² ·K/W]
1	tenkovrstvá pastovitá omítka	3	0,75	0,004
2	weber.pas podklad UNI	-	-	0,000
3	DEKTHERM KLASIK + výztužná tkanina	5	0,700	0,007
4	EPS 70F	Dle Tabulka 11	0,04	5,250
5	DEKTHERM KLASIK	10	0,7	0,014
6	železobetonová konstrukce	150	1,75	0,086
7	RIGIFLOOR 4000	30	0,044	
8	roznášecí betonová mazanina + kari síť 150/150/4	50	1,75	0,028

Tabulka 11- tl. tepelné izolace pro tři varianty stropu nad venkovním prostorem a hodnota součinitele prostupu tepla U

	TL. TI [mm]	U [W/m ² ·K]
STD	130	0,236
NED	210	0,160
PD	350	0,103

3.3 Varianty architektonického řešení stavby

Prostorové řešení budovy vychází z řešení architekta, který si „hraje“ s fasádou a nechává z ní vystupovat a naopak ustupovat různé části. Ve výsledku vzniká členitá fasáda s vystupujícími vykonzolovanými částmi – arkýři. Postup řešení architekta je znázorněno na obrázku níže (Obrázek 9).



Obrázek 9 koncept hmotového řešení architekta (zdroj: studentská práce Davida Petra (příloha 1))

Pro zjištění jak moc ovlivňuje architektonické prostorové řešení potřebu tepla na vytápění je objekt řešen ve 3 prostorových variantách, ve kterých se mění velikost (délka) vykonzolovaných částí – arkýřů, kterých se na objektu nachází celkem 13. V každé variantě je zachována stejná celková užitná půdorysná plocha bytů a následek tedy je, že se při zmenšení arkýřů na polovinu, respektive úplně zrušení arkýřů, musí posunout dvě stěny, aby byl splněn požadavek na zachování půdorysné plochy bytů. Vyznačené směry a velikosti posunů jsou znázorněny v půdorysných schématech níže (Obrázek 10, Obrázek 11 a Obrázek 12) a také v 3D schématech objektů s vyznačenými tepelnými vazbami (Obrázek 13, Obrázek 14 a Obrázek 15).

3.3.1 Varianta A - Referenční

Vnější rozměr arkýřů (od roviny fasády k čelu vykonzolované části) je 1,8m. (Obrázek 10)

3.3.2 Varianta B – Poloviční vykonzolování

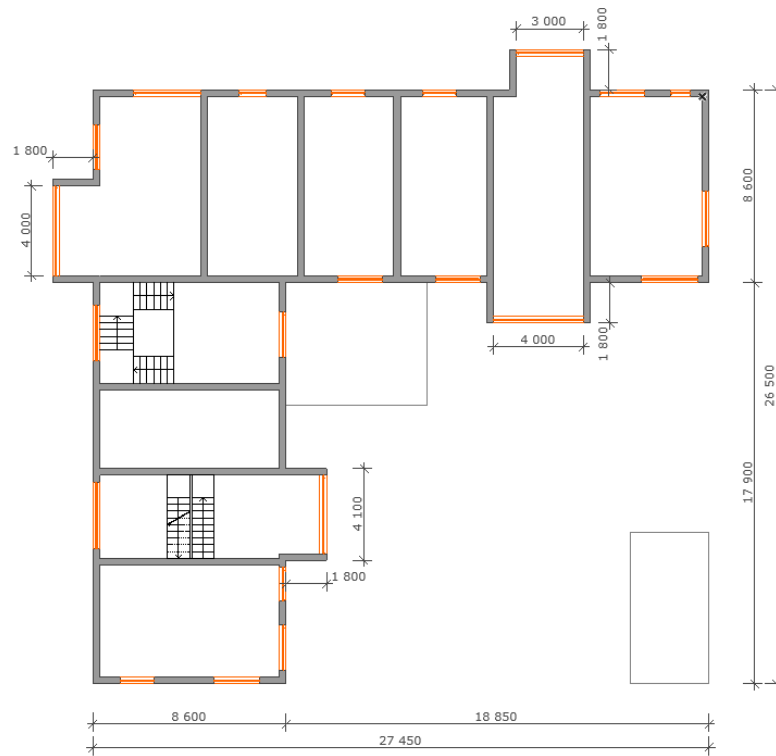
Vnější rozměr vykonzolování arkýřů je poloviční (0,9 m) oproti předchozí referenční variantě.

Severní stěna a východní stěna ve dvoře se posouvají o 240mm oproti variantě A.

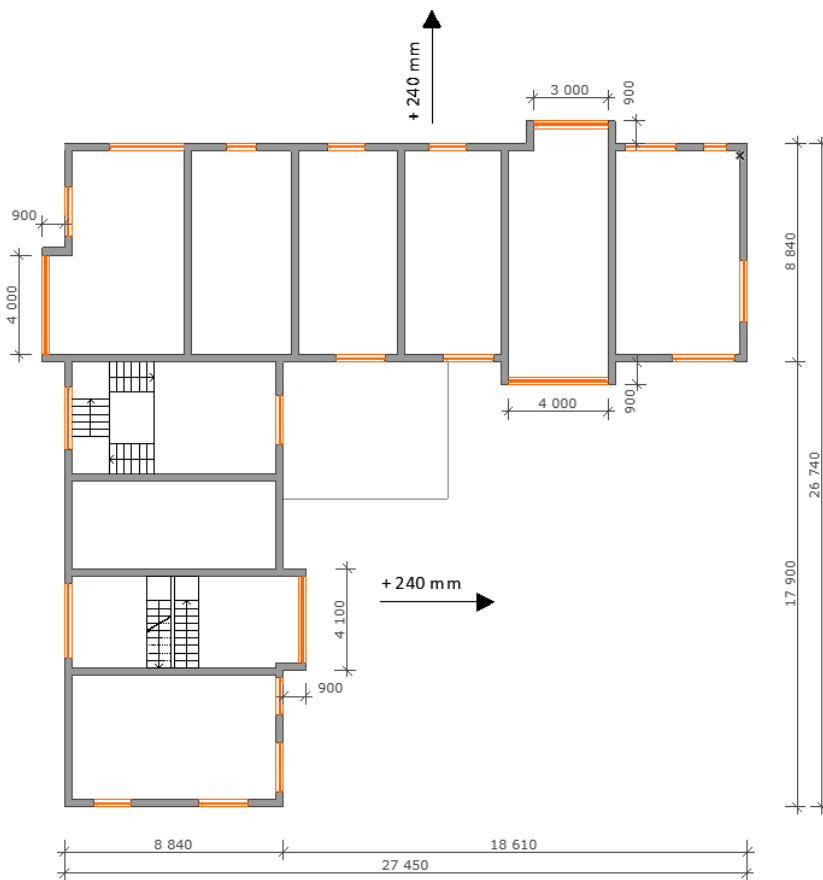
3.3.3 Varianta C – Bez vykonzolovaných částí

Vykonzolované části jsou zcela zrušeny a zarovnány s rovinou fasády.

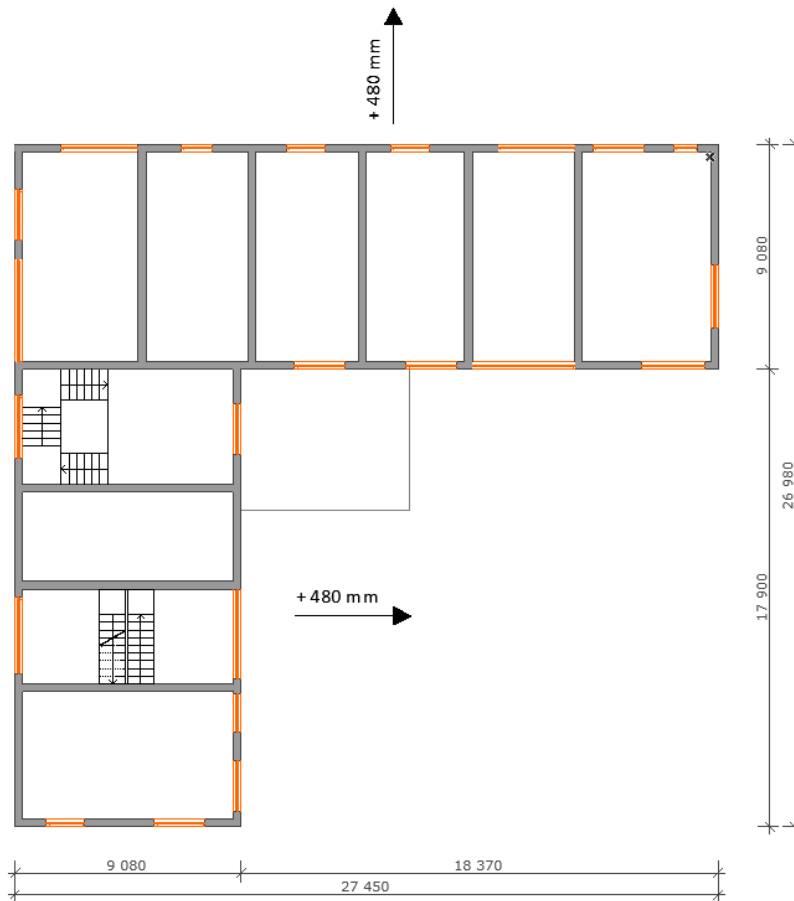
Severní stěna a východní stěna ve dvoře se posouvají o 480 mm oproti variantě A.



Obrázek 10 – půdorys typického podlaží referenční budovy



Obrázek 11 půdorys typického podlaží budovy s polovičním vykonzolováním arkýřů a posunutím stěn



Obrázek 12 půdorys typického podlaží budovy bez arkýřů a posunutím stěn

V tabulce níže (Tabulka 12) je souhrn ploch pro jednotlivé varianty budovy a v příloze 4 je celá tabulka s plochami jednotlivých konstrukcí. Celkem je řešeno 9 variant (3 prostorové varianty z nichž každá je řešena ve třech úrovních zateplení). Plochy konstrukcí tvořících obálku budovy jsou počítány pro každou variantu budovy zvlášť. V každé variantě se mění plocha obálky jak vlivem tvaru budovy, tak i vlivem tloušťky tepelné izolace. Obytná plocha je ve všech variantách zachována. Maximální rozdíl mezi jednotlivými variantami je $0,6 \text{ m}^2$, což je v celkové ploše zanedbatelná hodnota ($0,04\%$). Plocha oken zůstává ve všech variantách stejná. Hodnoty jsou vypočteny pomocí modelu budovy v excelu, kde se hodnota přepočítávala dle zadané tloušťky tepelné izolace a tvaru budovy.

Tabulka 12 Souhrn ploch jednotlivých prostorových variant

	referenční			poloviční			bez		
	PD	NED	STD	PD	NED	STD	PD	NED	STD
A celková	2885,2	2810,2	2791,5	2699,8	2637,9	2624,2	2514,5	2465,5	2456,9
A obytná	1636,1	1636,1	1636,1	1635,6	1635,6	1635,6	1635,0	1635,0	1635,0
A obytná s komunikacemi	1847,3	1847,3	1847,3	1852,2	1852,2	1852,2	1857,0	1857,0	1857,0

Délky tepelných vazeb a tepelných mostů

V tabulce níže (Tabulka 13) jsou délky tepelných vazeb pro jednotlivé varianty budovy, které slouží pro výpočet přírážky na lineární tepelné vazby. Jak je popsáno výše, objekt je

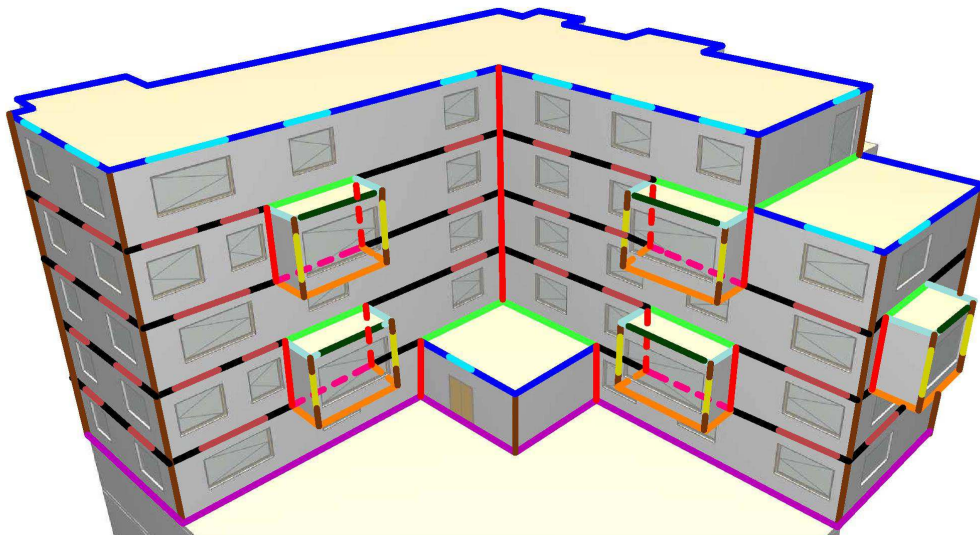
řešen v 9 variantách ve kterých se s tvarem a úrovní zateplení mění i délky tepelných vazeb, které jsou vypočteny pomocí modelu v excelu.

Tabulka 13 délky tepelných vazeb pro jednotlivé varianty objektu

ozn	popis	PD			NED			STD		
		ref	pol	bez	ref	pol	bez	ref	pol	bez
D1	okno překlad +věnec běžné	143,9	143,9	185,4	143,9	143,9	185,4	143,9	143,9	185,4
D2	parapet	225,1	225,1	225,1	225,1	225,1	225,1	225,1	225,1	225,1
D3	atika	102,1	97,8	93,4	100,4	96,1	91,7	100,1	95,8	91,4
D4	věnec	283,1	285,5	412,2	287,1	289,6	407,1	287,9	290,3	406,2
D5	střecha x stěna (světlík, atrium)	77,2	77,6	22,7	72,8	73,1	22,4	72,0	72,4	22,3
D6	atika+okno arkýř	41,5	41,5	0,0	41,5	41,5	0,0	41,5	41,5	0,0
D7	strop x stěna vnější spodní hrana arkýř	123,1	96,1	0,0	118,0	91,0	0,0	117,1	90,1	0,0
D8	strop x stěna vnitřní spodní hrana arkýř	69,1	69,1	0,0	64,0	64,0	0,0	63,1	63,1	0,0
D9	sokl	110,1	110,8	111,5	108,7	109,4	110,1	108,5	109,2	109,9
D10	okno ostění	252,0	252,0	312,8	252,0	252,0	312,8	252,0	252,0	312,8
D11	roh+okno vnější arkýř	60,8	60,8	0,0	60,8	60,8	0,0	60,8	60,8	0,0
D12	roh vnitřní	124,7	124,7	124,7	115,3	115,3	115,3	112,1	112,1	112,1
D13	roh stěna x stěna vnější	127,9	127,9	80,1	118,1	118,1	79,3	114,7	114,7	78,9
D14	strop x stěna arkýř	56,9	35,3	0,0	52,8	31,2	0,0	52,1	30,5	0,0
D15	okno překlad + atika	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7

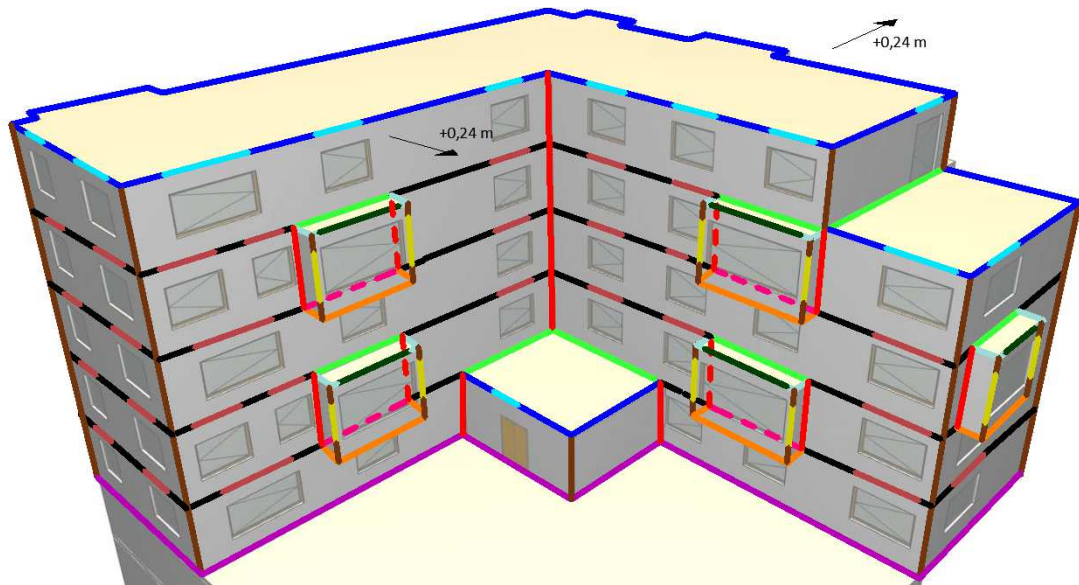
Na následujících obrázcích (Obrázek 13, Obrázek 14 a Obrázek 15) jsou barevně znázorněny lineární tepelné vazby na jednotlivých prostorových variantách budovy.

Pro přehlednost schémat nejsou znázorněny tepelné vazby D2 – parapet a D10 – okno ostění, které jsou jednoduše identifikovatelné i bez znázornění.



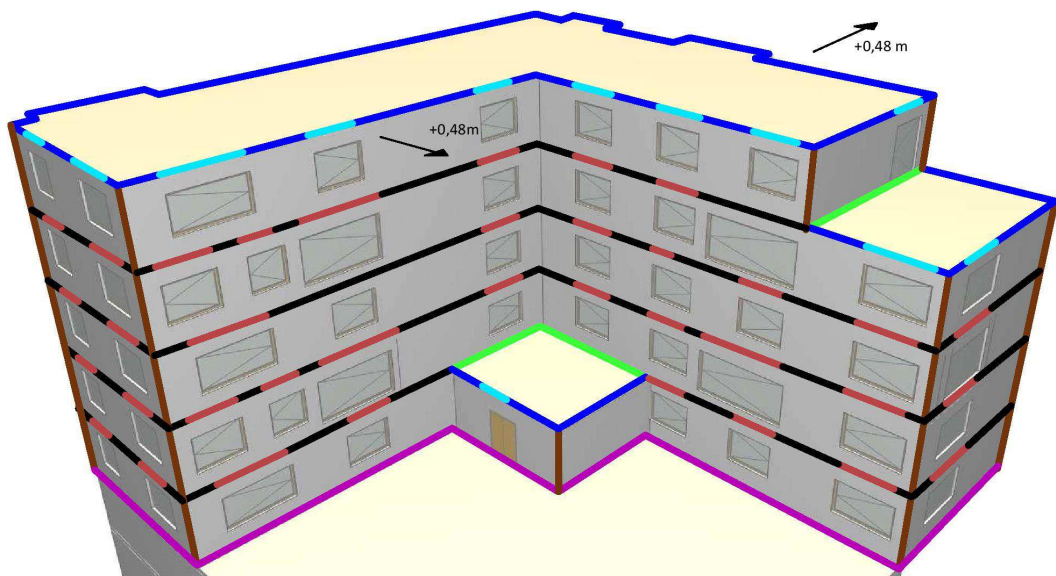
- D1 - Okno - překlad - není vyznačeno
- D3 - atika - napojení stěny a střechy
- D4 - Ztužující věnec - napojení stěny a stropní desky
- D5 - Napojení střechy (arkýř, terasa, atrium) ke stěně
- D6 - Atika - arkýř - v místě okna
- D7 - Spodní hrana arkýře - napojení obvodové stěny a podlahy
- D8 - Spodní hrana arkýře - napojení stěny a podlahy
- D9 - Sokl - napojení stěny a podlahy
- D11 - Roh zdíva arkýř - napojení okna
- D12 - Kout zdíva
- D13 - Roh zdíva
- D14 - Atika arkýř - napojení střechy a stěny
- D15 - atika v místě okna
- D2 - Okno - parapet - není vyznačeno
- D10 - Okno - ostění - není vyznačeno

Obrázek 13 Schéma objektu referenční varianty



- | | |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| D1 - Okno - překlad - není vyznačeno | D12 - Kout zdiva |
| D3 - atika - napojení stěny a střechy | D13 - Roh zdiva |
| D4 - Ztužující věnec - napojení stěny a stropní desky | D14 - Atika arkýř - napojení střechy a stěny |
| D5 - Napojení střechy (arkýř, terasa, atrium) ke stěně | D15 - atika v místě okna |
| D6 - Atika - arkýř - v místě okna | |
| D7 - Spodní hrana arkýře - napojení obvodové stěny a podlahy | D2 - Okno - parapet - není vyznačeno |
| D8 - Spodní hrana arkýře - napojení stěny a podlahy | D10 - Okno - ostění - není vyznačeno |
| D9 - Sokl - napojení stěny a podlahy | |
| D11 - Roh zdiva arkýř - napojení okna | |

Obrázek 14 Schéma objektu varianty s polovičními arkýři



- | | |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| D1 - Okno - překlad - není vyznačeno | D12 - Kout zdiva |
| D3 - atika - napojení stěny a střechy | D13 - Roh zdiva |
| D4 - Ztužující věnec - napojení stěny a stropní desky | |
| D9 - Sokl - napojení stěny a podlahy | D2 - Okno - parapet - není vyznačeno |
| D11 - Roh zdiva arkýř - napojení okna | D10 - Okno - ostění - není vyznačeno |

Obrázek 15 Schéma objektu varianty bez arkýřů

4 Stavební energetická analýza a optimalizace

4.1 Výpočet tepelných mostů a vazeb

Postup výpočtu uveden v kapitole 2.1.2

Řešené detaily jsou modelovány ve studentské verzi programu AREA 2010. Výstupem programu je hodnota lineární tepelné propustnosti L^{2D} [W/(m.K)] pro jednotlivé detaily D1-D15, ze kterých je dále dle postupu uvedeném v kapitole 2.1.2 vypočítána hodnota lineárního činitele prostupu tepla z vnější strany Ψ_e [W/(m.K)] (souhrn výsledných hodnot bez optimalizace viz kapitola 4.1.2 Tabulka 16 a souhrn výsledných hodnot s optimalizací viz kapitola 4.3.1 Tabulka 32). Tato hodnota dále slouží jako vstupní hodnota pro výpočet přírážky na lineární tepelné vazby ΔU_{tb} ve výpočtu měrné tepelné ztráty prostupem tepla H_T (viz kapitola 4.5 a příloha 6, 7).

4.1.1 Vstupní hodnoty pro výpočet tepelných mostů

Odpory při přestupu tepla jsou zadávány do okrajových podmínek ve výpočetním programu AREA 2010 stejně jako při výpočtu součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Hodnoty dle (7) jsou uvedeny v tabulce níže (Tabulka 14)

Tabulka 14 Tepelné odpory při přestupu tepla dle (7)

	hodnota přestupu tepla R_{si}/R_{se} [(m ² .K)/W]
vnější povrch	0,04
vnitřní povrch - tepelný tok horizontálně - neprůsvitná konstrukce	0,13
vnitřní povrch - tepelný tok horizontálně - okenní konstrukce	0,13
vnitřní povrch - tepelný tok svisle nahoru - neprůsvitná konstrukce	0,1
vnitřní povrch - tepelný tok svisle dolů - neprůsvitná konstrukce	0,17

Tepelně technické vlastnosti materiálů

Seznam všech materiálů zadávaných do programu AREA 2010 je uveden v tabulce níže (Tabulka 15)

Pro výpočet je uvažováno s neznámou zeminou $\lambda=2,0$ W/(m.K) dle (11).

Okna jsou uvažována s hodnotami pro jednotlivé varianty – $U_{PD}= 0,6$ W/(m².K); $U_{NED}= 1,2$ W/(m².K); $U_{STD}= 1,5$ W/(m².K). Pro účely výpočtu tepelné propustnosti je zjednodušeně zadáváno do programu AREA 2010 jako obdélník z homogenního materiálu o tl. 80 mm s přepočtem ekvivalentní hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_{ekv} [W/(m.K)] ze známého U [W/(m².K)] podle vzorce

$$\lambda_{ekv} = \frac{l}{U} [W/(m.K)]$$

Kde l je tloušťka konstrukce okna zadávaná v modelu ($l=0,08$) m a U je skutečný součinitel prostupu tepla celého okna.

Tabulka 15 používané součinitele tepelné vodivosti

název materiálu	součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]
Zdivo z cihel Heluz 30, P15, malta obyčejná M10, bez omítek, vlhkost zdiva 0%	0,219
Železobeton	1,580
tepelná izolace EPS 100	0,038
tepelná izolace EPS 70F	0,040
tepelná izolace Dekperimeter 200	0,036
tepelná izolace Isover EPS DD Universal	0,034
tepelná izolace XPS styrodur CS	0,034
Rostlý terén - neznámá zemina dle ČSN EN ISO 13370	2,000
okno pro variantu PD - ekvivalentní hodnota	0,048
okno pro variantu NED - ekvivalentní hodnota	0,096
okno pro variantu STD - ekvivalentní hodnota	0,120

4.1.2 Výsledné hodnoty – souhrn bez optimalizace

V tabulce níže (Tabulka 16) jsou uvedeny výsledné hodnoty lineárního činitele prostupu tepla z vnější strany Ψ_e . Při porovnání výsledných hodnot s požadavky dle (6) (Tabulka 1) jsou některé vypočtené hodnoty vyšší. To je způsobeno tím, že červeně vyznačená detaily zahrnují více tepelných vazeb dohromady. Ve variantě PD bez optimalizace nevyhovuje hodnota styku stěny a oken D2 a D10 podmínce pro pasivní domy $\Psi_e \leq \Psi_{pas}$, ale stále tepelná vazba splňuje mírnější požadavek normy Ψ_N .

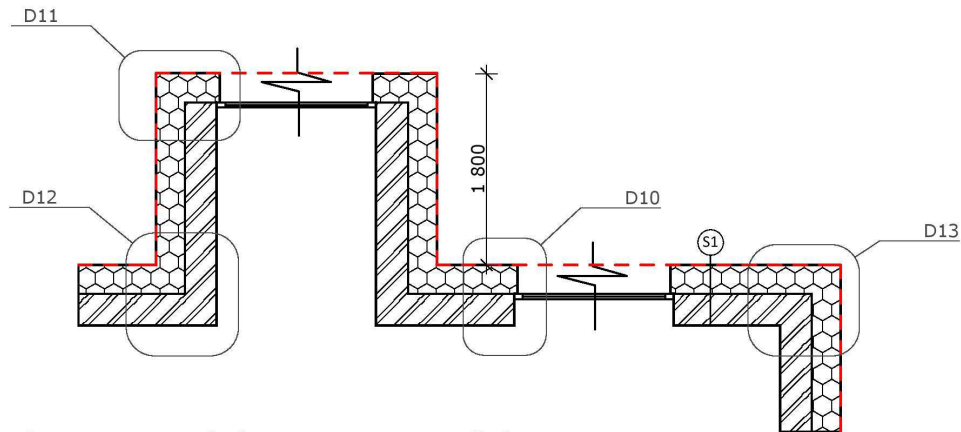
Tabulka 16 Souhrn vypočtených hodnot lineárního činitele prostupu tepla Ψ_e

ozn	popis	PD	NED	STD
		Ψ_e	Ψ_e	Ψ_e
		W/m.K	W/m.K	W/m.K
D1	okno překlad +věnec běžné	0,074	0,115	0,155
D2	parapet	0,036	0,025	0,023
D3	atika	0,009	0,031	0,040
D4	věnec	0,009	0,042	0,067
D5	střecha x stěna (světlík, atrium)	0,024	0,031	0,036
D6	atika+okno arkýř	0,022	0,047	0,082
D7	strop x stěna vnější spodní hrana arkýř	-0,060	-0,069	-0,076
D8	strop x stěna vnitřní spodní hrana arkýř	0,026	0,037	0,051
D9	sokl	-0,036	-0,108	-0,153
D10	okno ostění	0,036	0,025	0,024
D11	roh+okno vnější arkýř	-0,035	-0,287	-0,397
D12	roh vnitřní	0,024	0,032	0,038
D13	roh stěna x stěna vnější	-0,073	-0,110	-0,130
D14	strop x stěna arkýř	-0,096	-0,183	-0,224
D15	okno překlad + atika	0,078	0,117	0,143

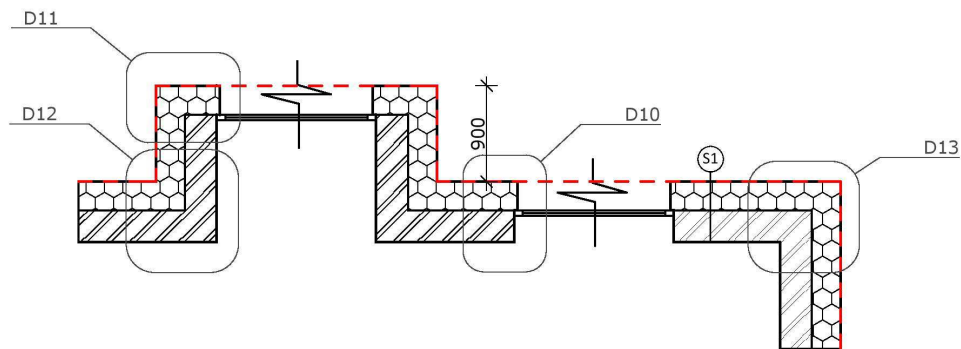
4.2 Řešené detaily – bez optimalizace

Na výkresech níže (Obrázek 16 a Obrázek 17) jsou nakresleny části půdorysů a řezů pro tři prostorové varianty v úrovni pasivního domu s vyznačením řešených detailů. Červeně je znázorněna uvažovaná hranice vytápěného prostoru.

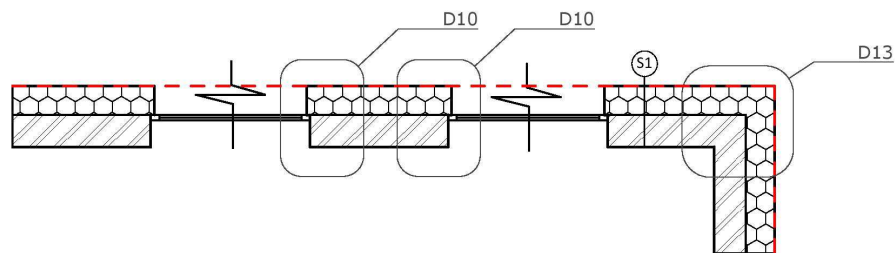
PŮDORYS - PASIVNÍ DŮM, REFERENČNÍ VARIANTA, 1:50






PŮDORYS - PASIVNÍ DŮM, VARIANTA POLOVIČNÍHO VYKONZOLOVÁNÍ ARKÝŘŮ, 1:50



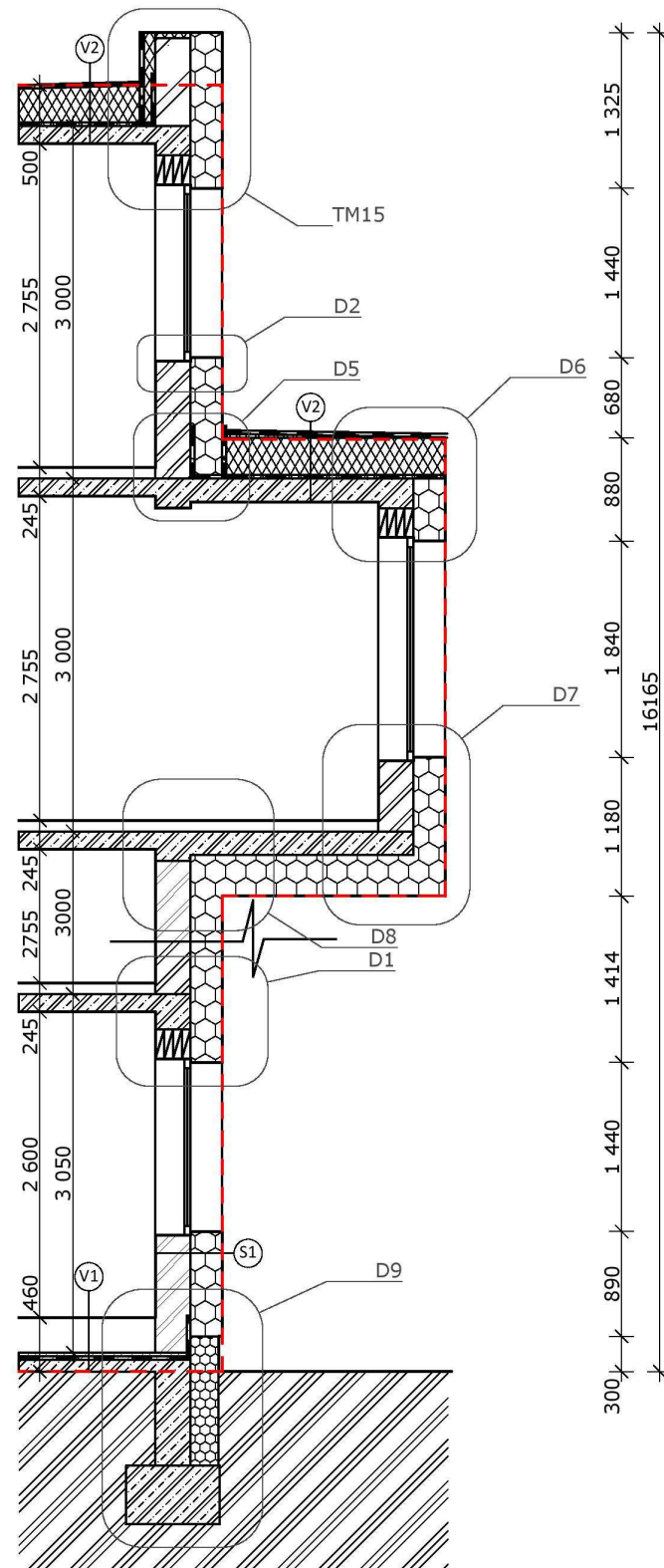
PŮDORYS - PASIVNÍ DŮM, VARIANTA BEZ ARKÝŘŮ, 1:50



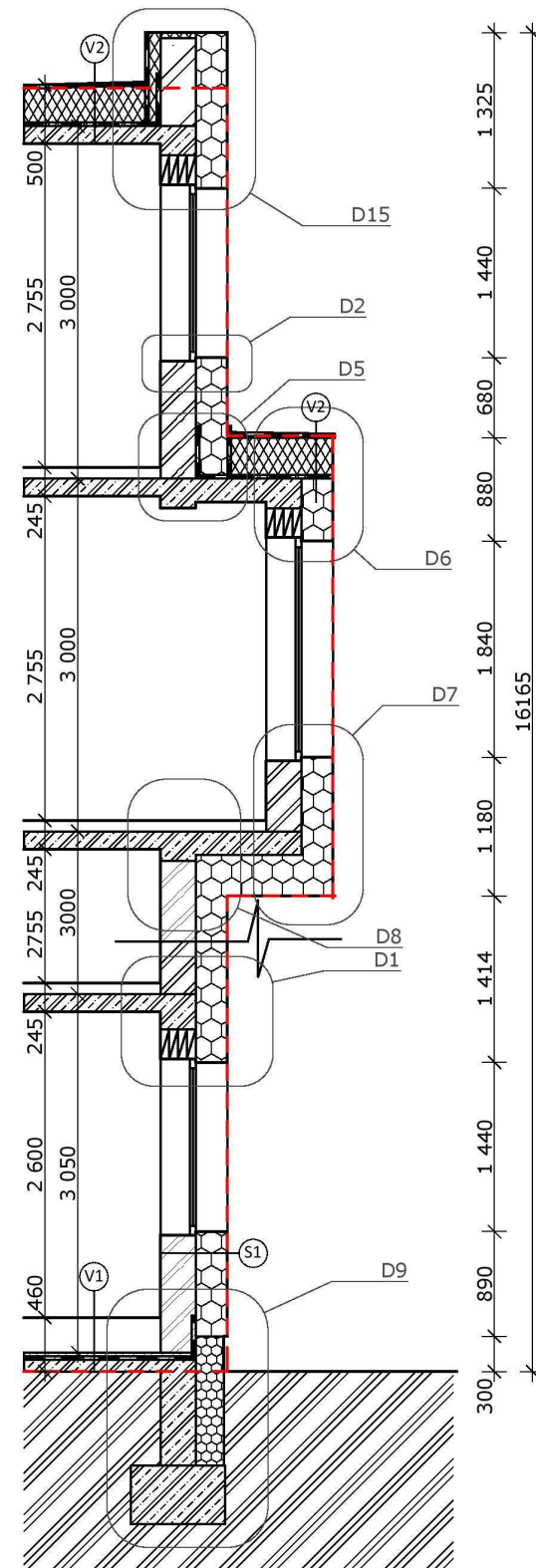
	ZDIVO Z KERAMICKÝCH TVÁRNIC HELUZ 30 (P15) NA M10
	TEPELNÁ IZOLACE EPS 70F
	UVAŽOVANÁ HRANICE OBÁLKY

Obrázek 16 část půdorysu pro tři prostorové varianty budovy v úrovni pasivního domu

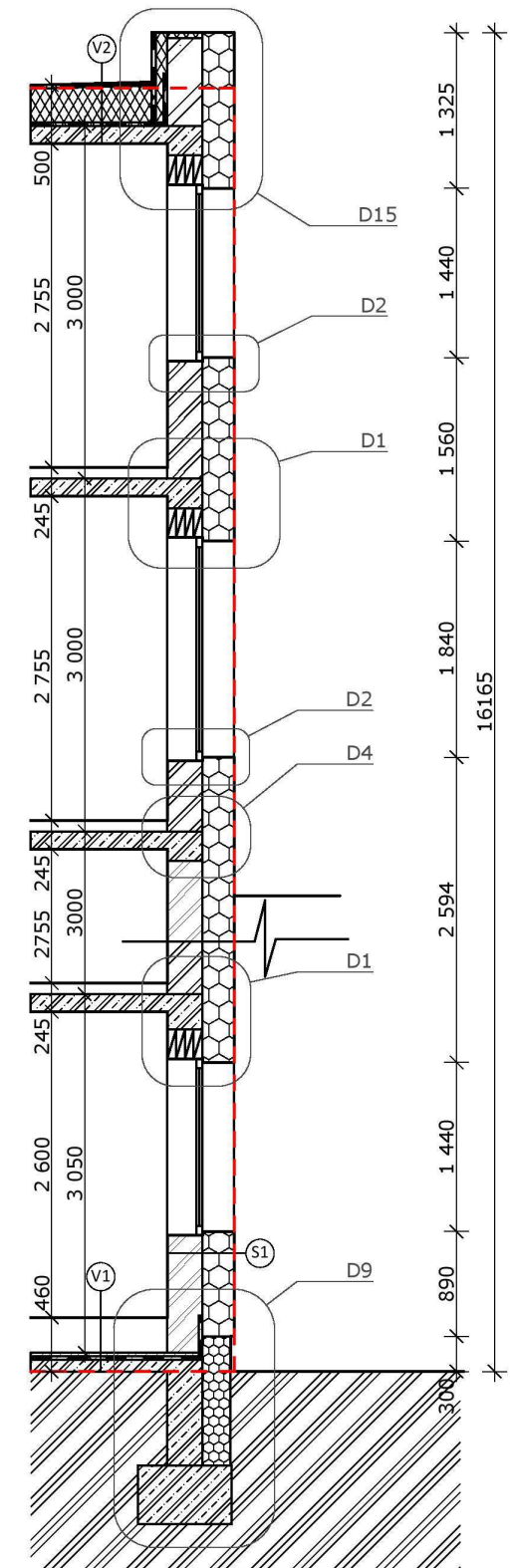
ŘEZ - PASIVNÍ DŮM, REFERENČNÍ VARIANTA, 1:50



ŘEZ - PASIVNÍ DŮM, VARIANTA POLOVIČNÍHO VYKONZOLOVÁNÍ ARKÝŘŮ, 1:50



ŘEZ - PASIVNÍ DŮM, VARIANTA BEZ ARKÝŘŮ, 1:50



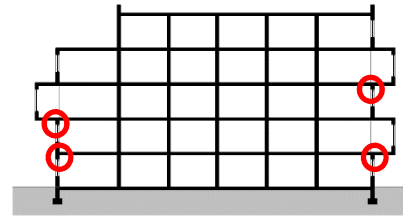
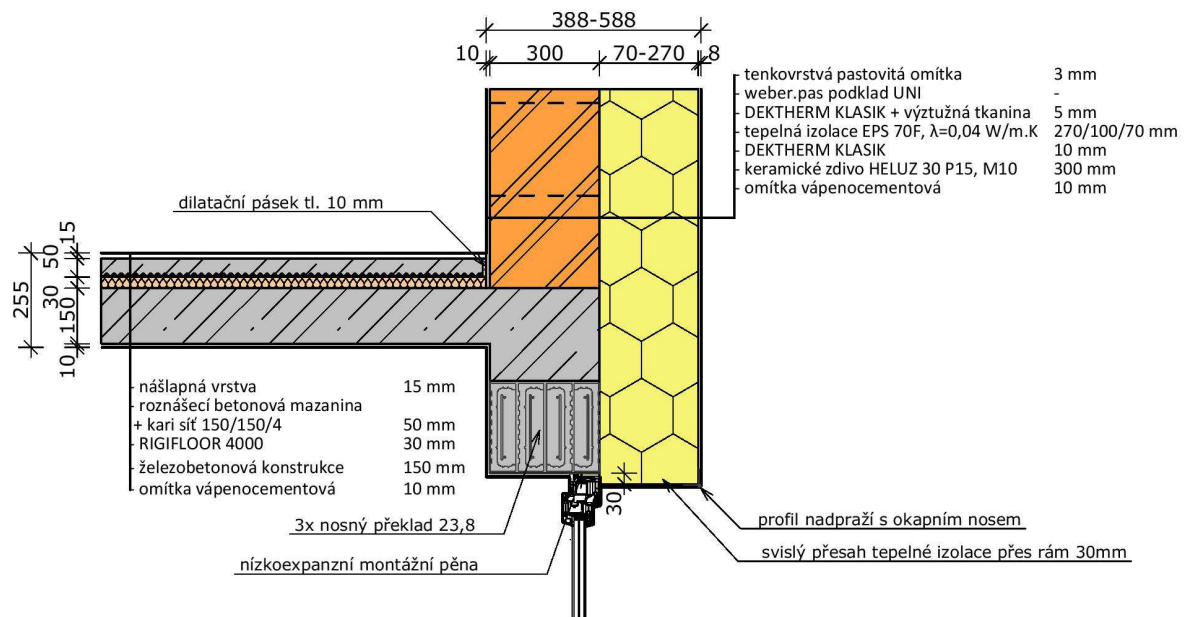
Obrázek 17 část řezů jednotlivými variantami tvaru budovy v úrovni pasivního domu

DETAIL D1 - okno překlád + věnec
Stručný popis

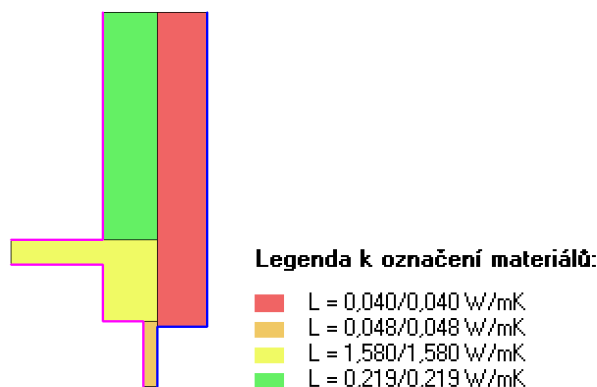
Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Stropní konstrukce: ŽB monolitický strop


Schéma 1:20


Obrázek 18 Detail D1 - okno překlád + věnec, varianta PD, M1:20

Výpočtový model


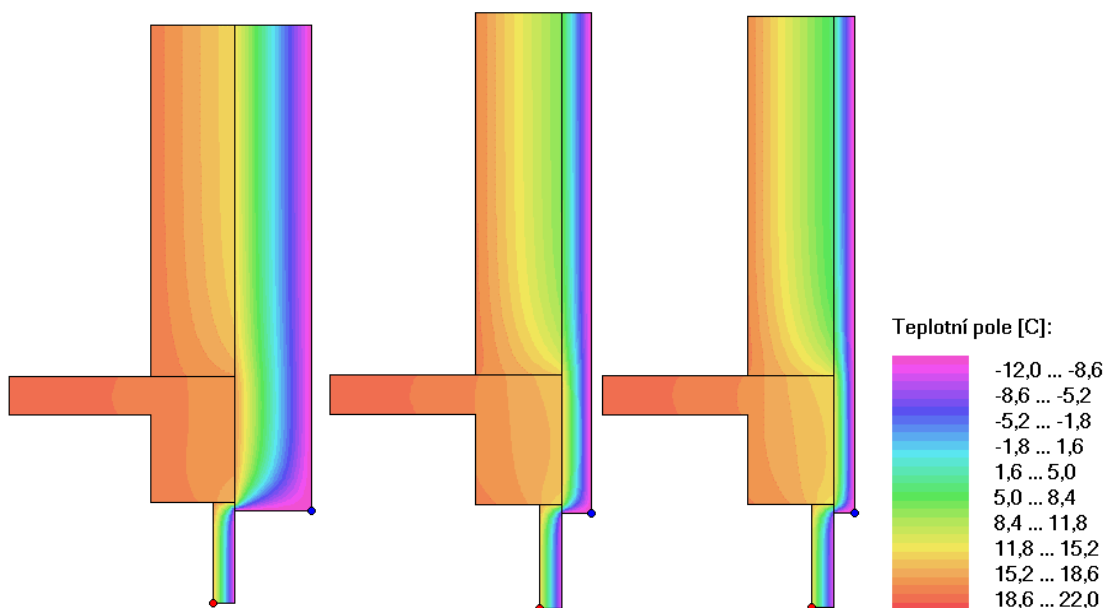
Obrázek 19 detail D1 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy)
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Okno zjednodušeno – nahrazeno jedním obdélníkem tl. 80mm o ekvivalentní tepelné vodivosti (viz kapitola 4.1.1)
- Překlady zjednodušeny a nahrazeny obdélníkem o izotropních vlastnostech shodných s betonovou stropní konstrukcí

- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsányými v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 20 Teplotní pole řešeného detailu D1 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 17 souhrnná tabulka hodnot detailu D1 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace	mm	270	100	70
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,74	15,85	15,03
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	15,850	15,030
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,997	1,195
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,521	0,984	1,211
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,074	0,115	0,155
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1,9	1,9	1,9
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4	0,4

DETAIL D2 - parapet

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Střešní konstrukce: ŽB monolitický strop+jednoplášťová lepená skladba ploché střechy

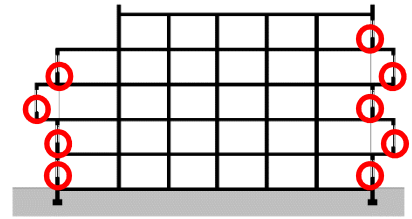
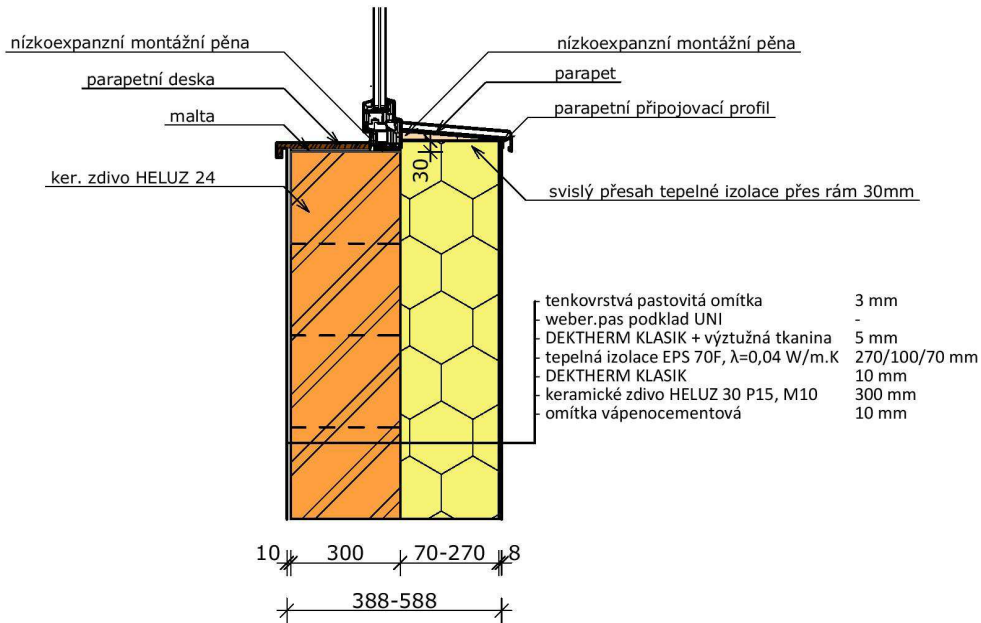
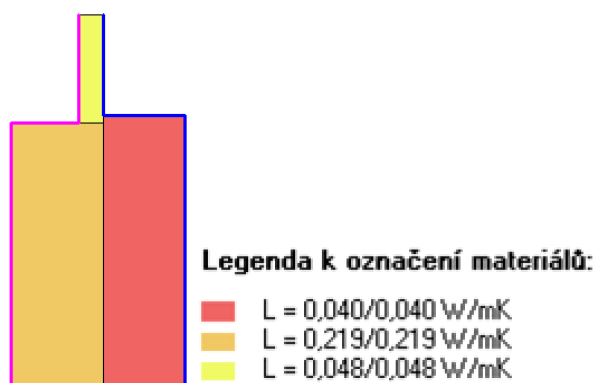


Schéma 1:20



Obrázek 21 Detail D2 - parapet, varianta PD, M1:20

Výpočtový model



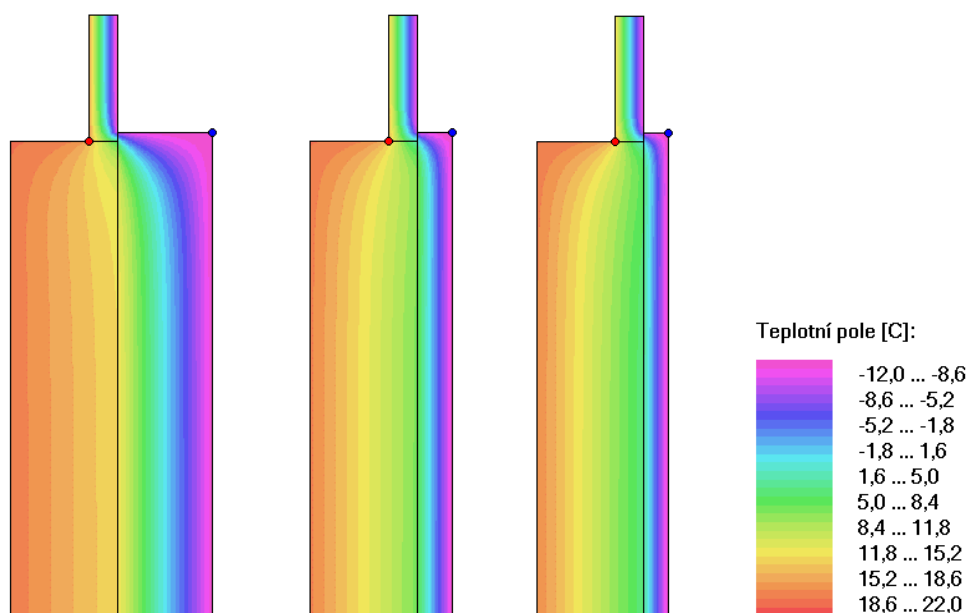
Obrázek 22 detail D2 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy)
- Detail modelován bez parapetů, modelováno bez montážní pěny pod venkovním parapetem, uvažováno pouze s přesahem 30mm
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Okno zjednodušeno – nahrazeno jedním obdélníkem tl. 80mm o ekvivalentní tepelné vodivosti viz kapitola 4.1.1

- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 23 Teplotní pole řešeného detailu D2 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 18 souhrnná tabulka hodnot detailu D2 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace	mm	270	100	70
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	16,71	15,47	14,86
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,997	1,195
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,313	0,546	0,653
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,035	0,023	0,022
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,5	0,5	0,5
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4	0,4

DETAIL D3 - atika

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Střešní konstrukce: ŽB monolitický strop + jednoplášťová lepená skladba ploché střechy

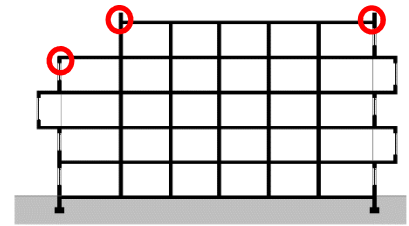
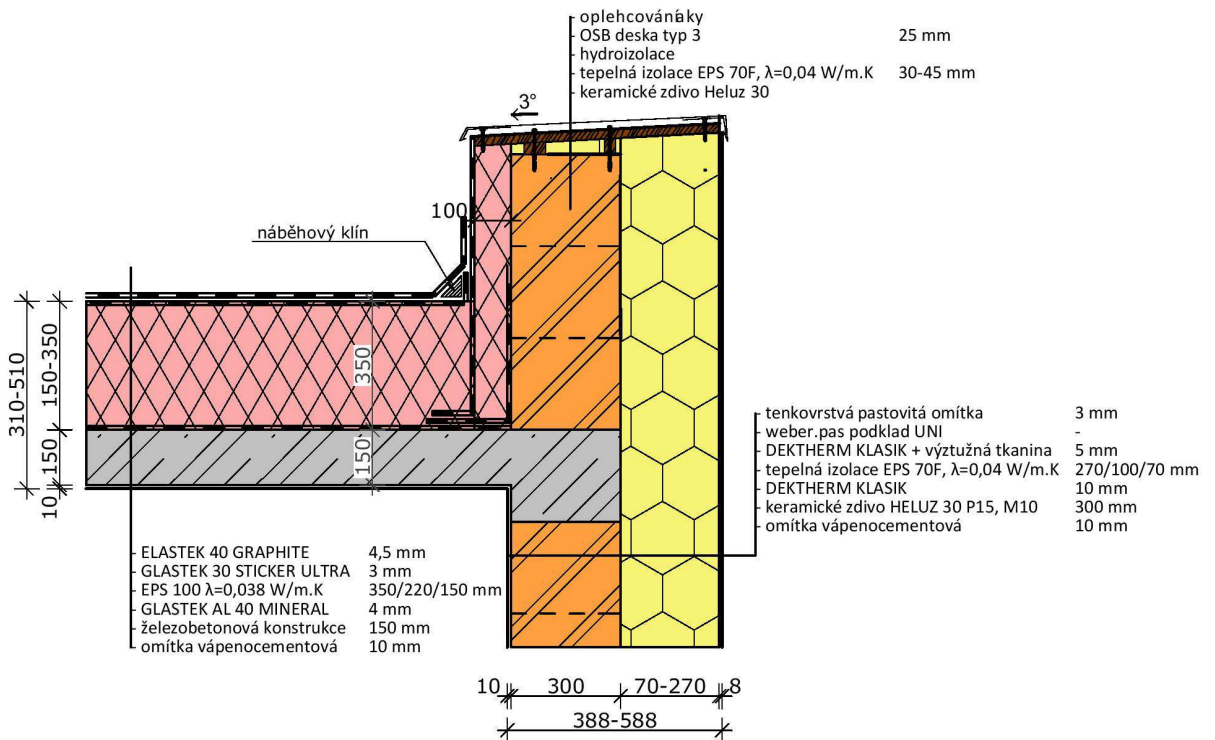
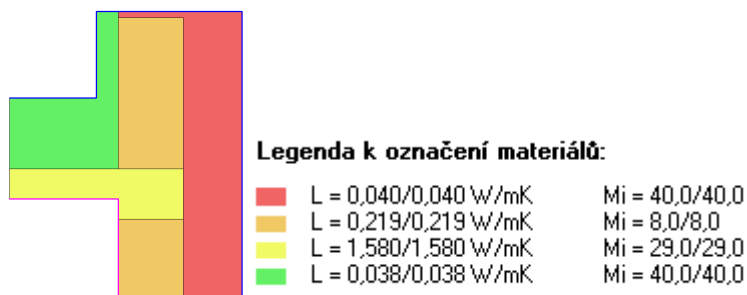


Schéma 1:20



Obrázek 24 Detail D3 - atika, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

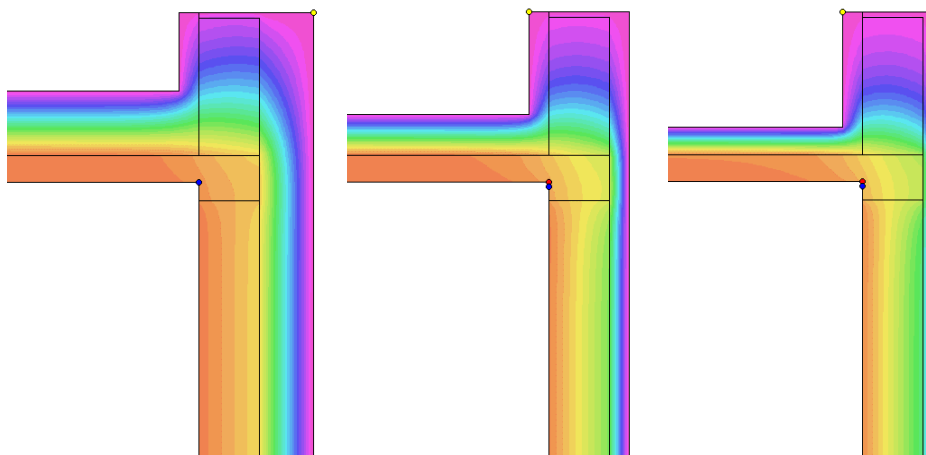


Obrázek 25 detail D3 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

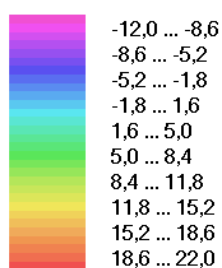
Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy, atikový plech, osb desky, náběhový klín)
- Zakončení atiky nahrazeno obdélníkem tepelné izolace tl. 35mm
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsányými v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Teplotní pole [C]:



Obrázek 26 Teplotní pole řešeného detailu D3 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 19 souhrnná tabulka hodnot detailu D3 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	220	150
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,72	16,41	15,66
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,106	0,165	0,237
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,241	0,392	0,486
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,008	0,028	0,036
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1	0,87	0,8
délka konstrukce z exteriéru - ostřecha	m	1,07	0,9	0,87

DETAIL D4 - věnec

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Stropní konstrukce: ŽB monolitický strop

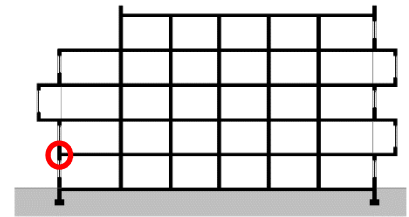
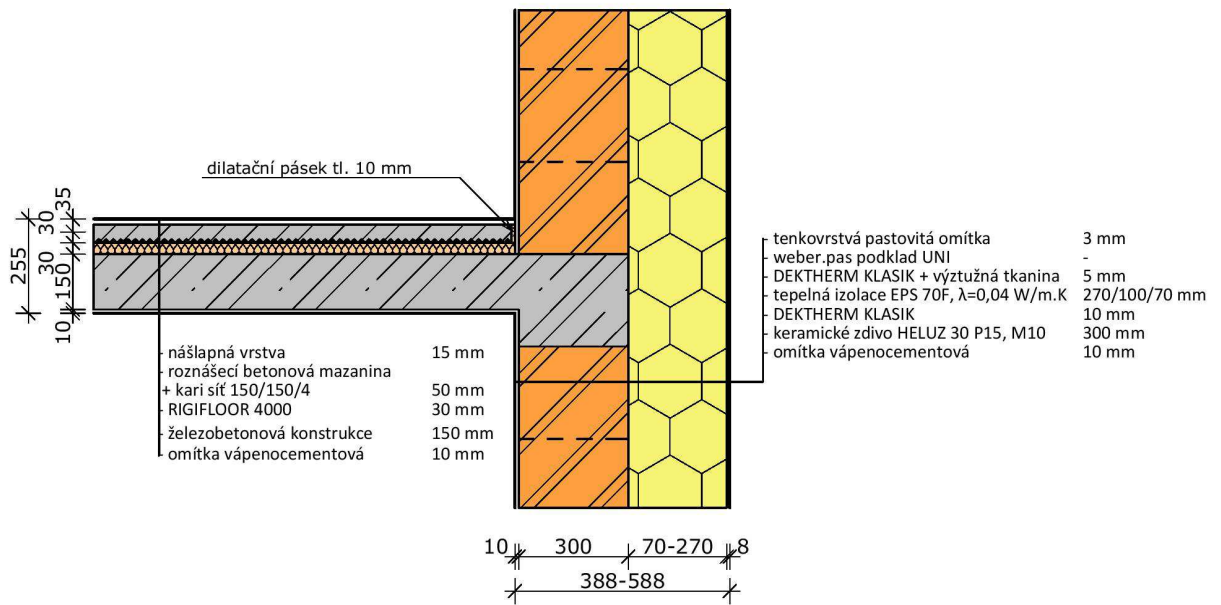
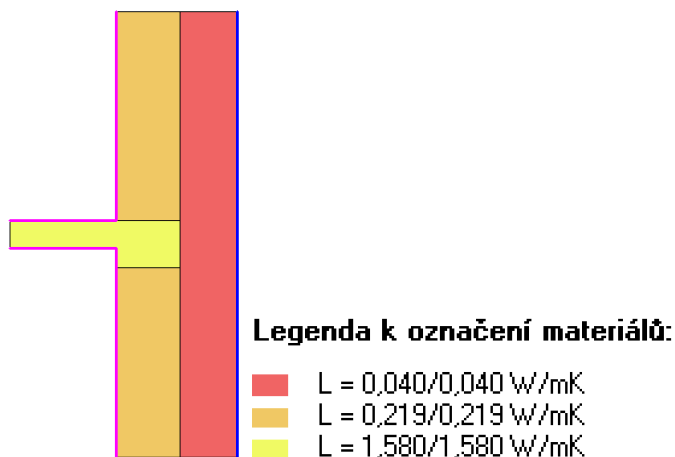


Schéma 1:20



Obrázek 27 Detail D4 - věnec, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

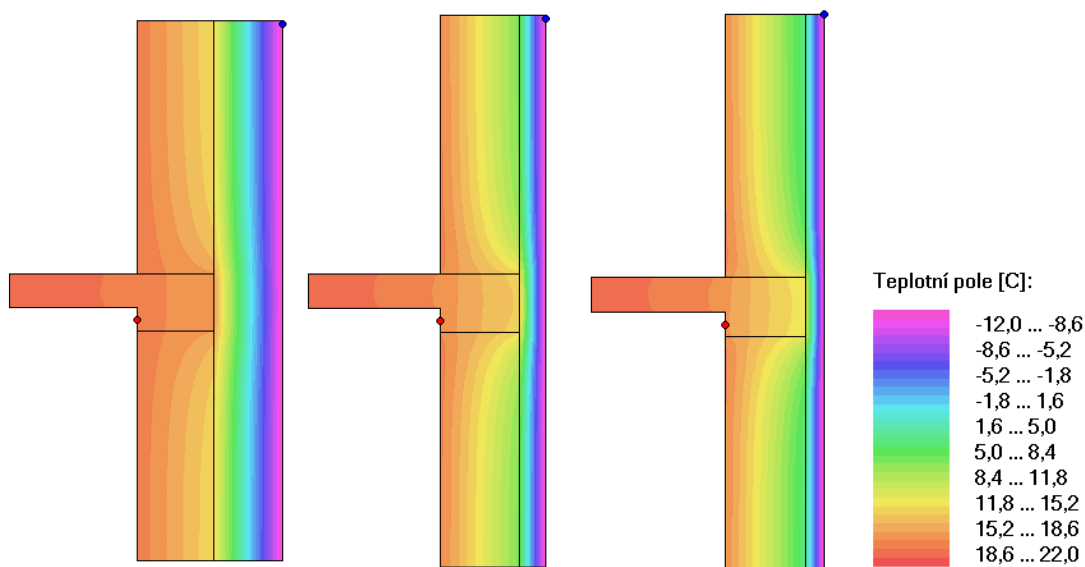


Obrázek 28 detail D4 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy)
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 29 Teplotní pole řešeného detailu D4 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 20 souhrnná tabulka hodnot detailu D4 pro tři materiálové varianty

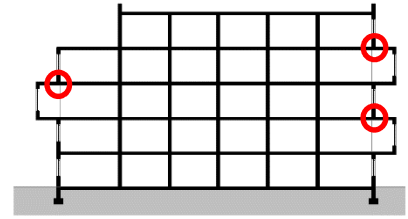
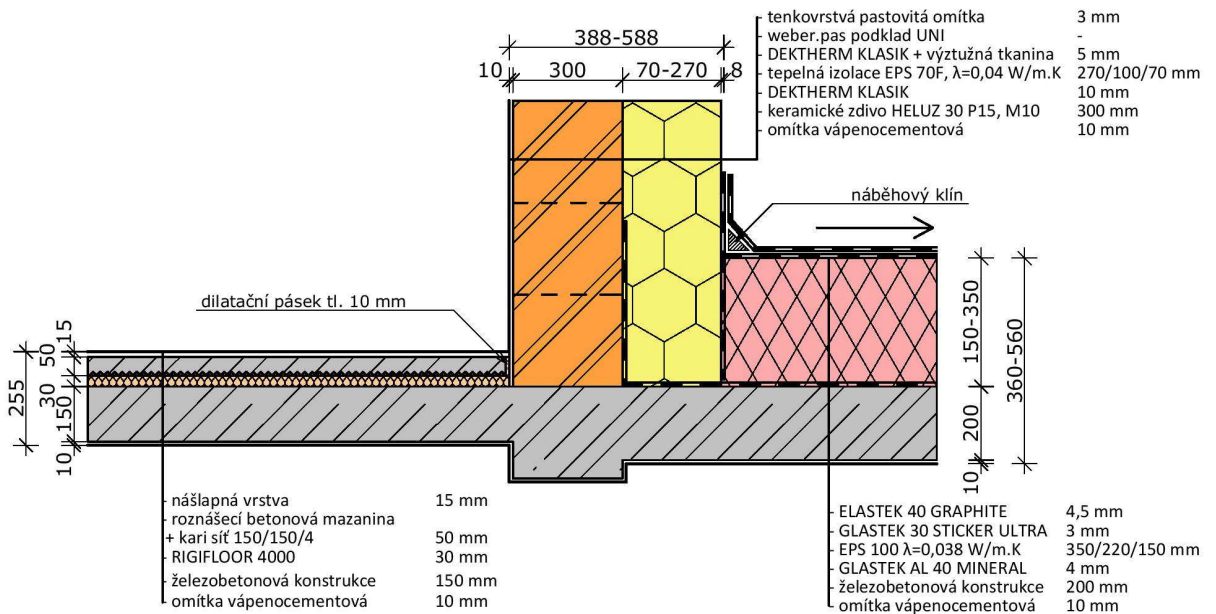
		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	220	150
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,72	16,41	15,66
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,106	0,165	0,238
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,241	0,392	0,486
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,008	0,028	0,035
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1	0,87	0,8
délka konstrukce z exteriéru - střecha	m	1,07	0,9	0,87

DETAIL D5 – střecha X stěna – arkýř, atrium
Stručný popis

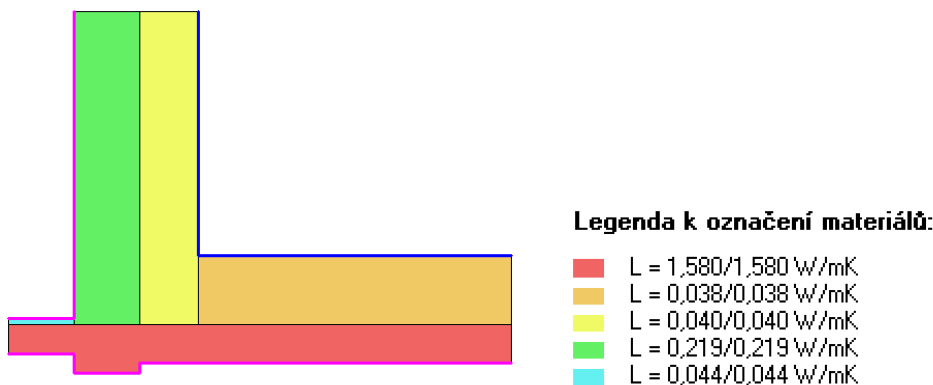
Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Střešní konstrukce: ŽB monolitický strop+jednoplášťová lepená skladba ploché střechy


Schéma 1:20


Obrázek 30 Detail D5 - střecha X stěna – arkýř, atrium, varianta PD, M1:20

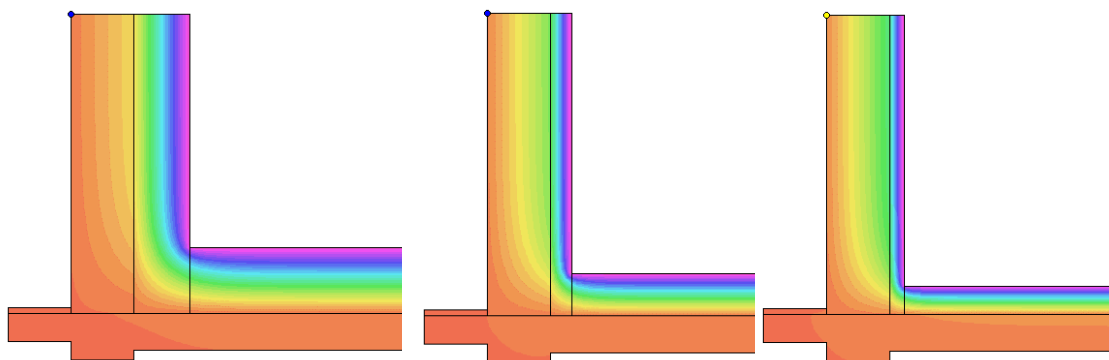
Výpočtový model


Obrázek 31 detail D5 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

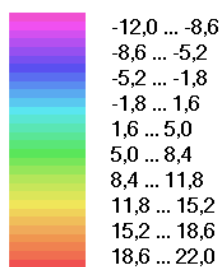
Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy, atikový plech, osb desky, náběhový klín)
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Teplotní pole [C]:



Obrázek 32 Teplotní pole řešeného detailu D5 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 21 souhrnná tabulka hodnot detailu D5 pro tři materiálové varianty

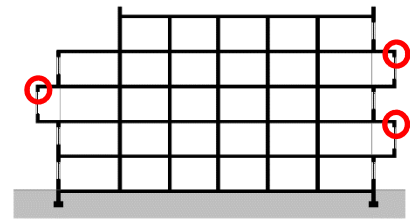
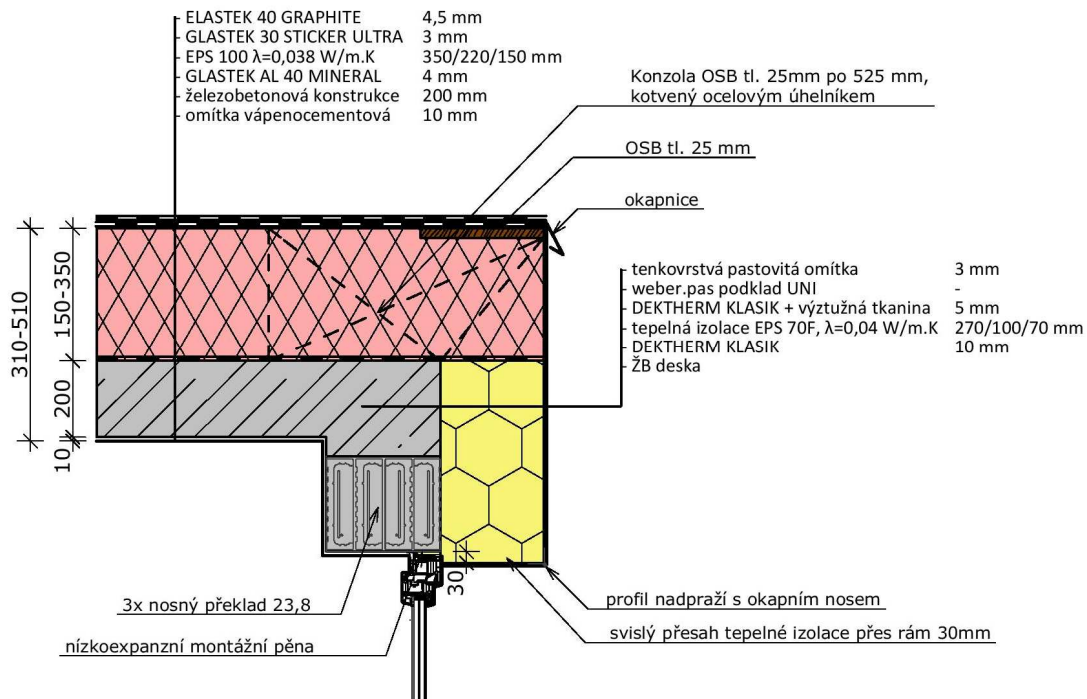
		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	220	150
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	19,59	19,1	18,85
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,105	0,164	0,236
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,120	0,256	0,369
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψe	W/m.K	0,023	0,030	0,036
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,25	0,38	0,45
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,63	0,8	0,83

DETAIL D6 – atika + okno - arkýř
Stručný popis

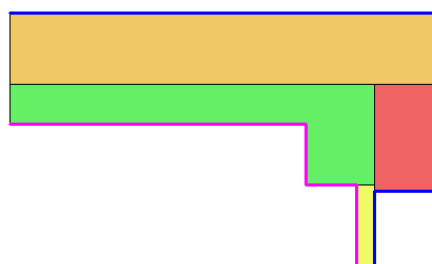
Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Střešní konstrukce: ŽB monolitický strop + jednoplášťová lepená skladba ploché střechy


Schéma 1:20


Obrázek 33 Detail D6 - atika + okno - arkýř, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

Legenda k označení materiálů:

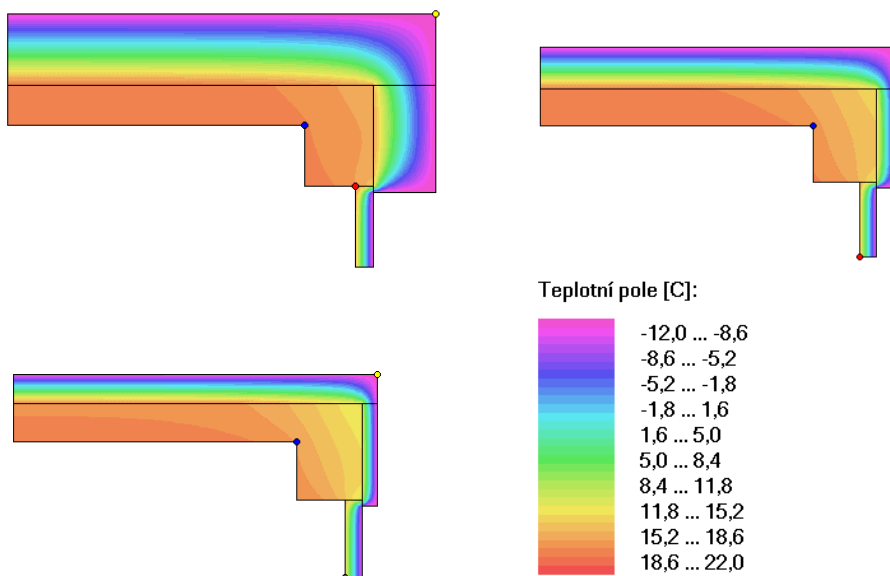
- $L = 0,040/0,040$ W/mK
- $L = 0,038/0,038$ W/mK
- $L = 0,048/0,048$ W/mK
- $L = 1,580/1,580$ W/mK

Obrázek 34 detail D6 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Okno zjednodušeno – nahrazeno jedním obdélníkem tl. 80mm o ekvivalentní tepelné vodivosti viz kapitola 4.1.1
- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, okapnice)
- Zanedbán vliv tepelných mostů vlivem vynášecích konzol (viz Obrázek 36)
- Překlady zjednodušeny - nahrazeny obdélníkem o izotropních vlastnostech shodných s betonovou stropní konstrukcí
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 35 Teplotní pole řešeného detailu D6 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 22 souhrnná tabulka hodnot detailu D6 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	220	150
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,65	15,85	15,03
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,997	1,195
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,107	0,169	0,245
Celk. lineární činitel prostupu tepla celého detailu	W/mK	0,014	0,038	0,063
lin. činitel prostupu tepla Ψ_e překladu D1	W/mK	0,065	0,073	0,088
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e (okno X stěna)	W/m.K	-0,0511	-0,035	-0,025
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,85	0,72	0,65
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4	0,4
délka konstrukce z exteriéru - střecha	m	0,87	0,7	0,67



Obrázek 36 provedení okraje střechy bez vyvýšené atiky (zdroj: YIT Stavo, s.r.o.)

DETAIL D7 – strop X stěna (vnější spodní strana) - arkýř

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS
mechanicky kotvený

Střešní konstrukce: ŽB monolitický strop + jednoplášťová lepená skladba ploché střechy

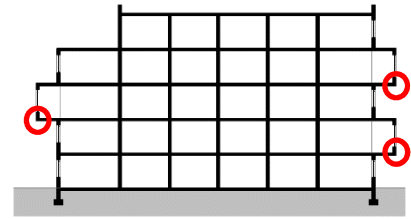
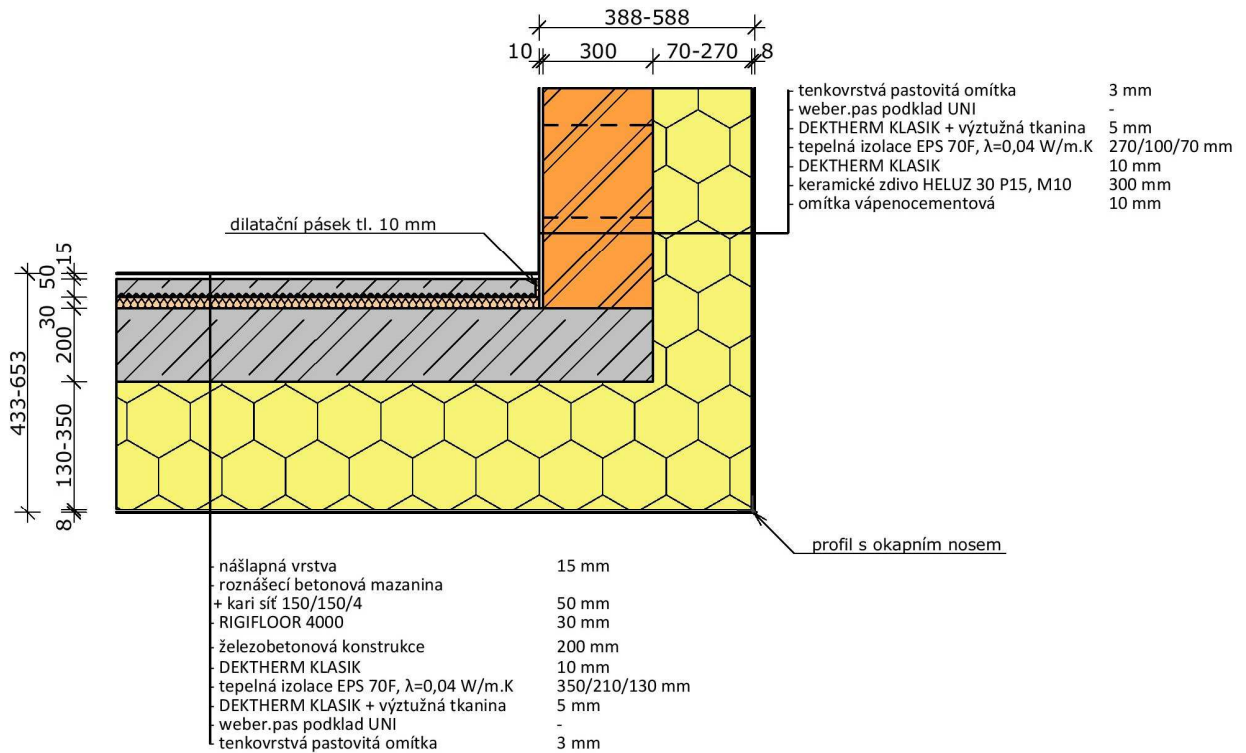
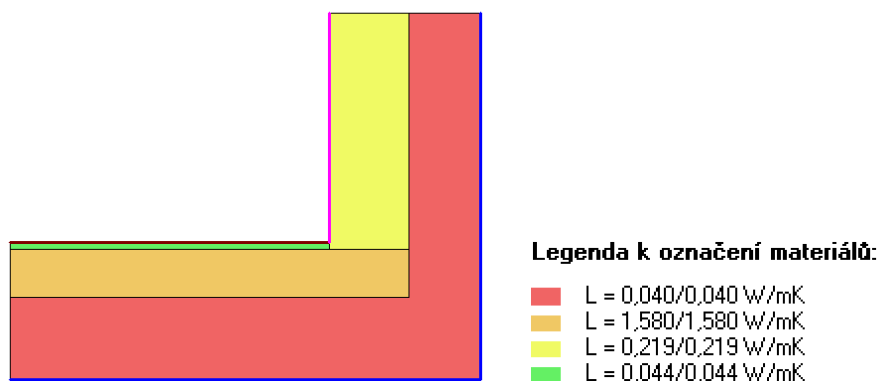


Schéma 1:20



Obrázek 37 Detail D7 – strop X stěna (vnější spodní strana) - arkýř, varianta PD, M1:20

Výpočtový model



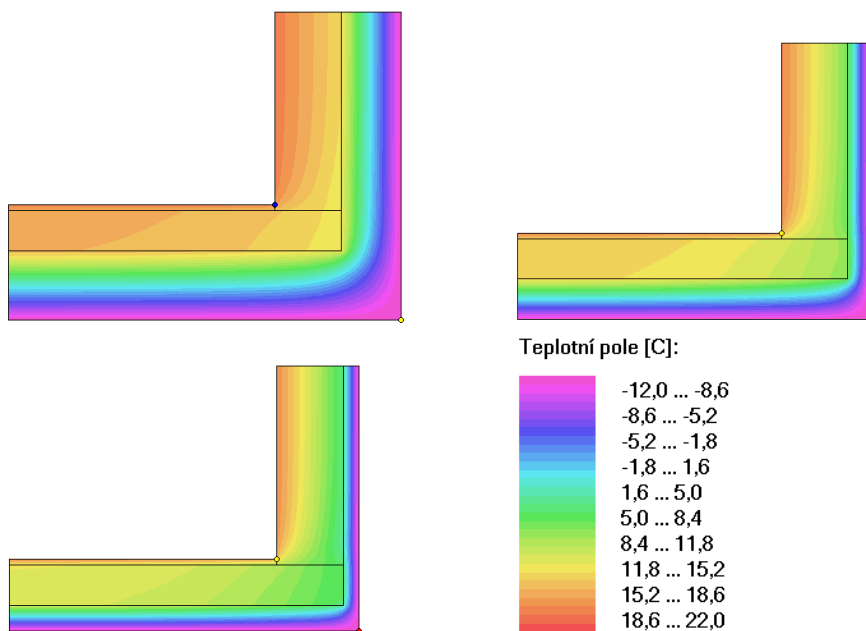
Obrázek 38 detail D7 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy)
- Zdivo považováno za izotropní materiál

- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 39 Teplotní pole řešeného detailu D7 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 23 souhrnná tabulka hodnot detailu D7 pro tři materiálové varianty

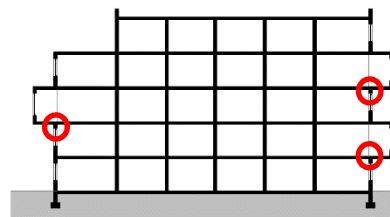
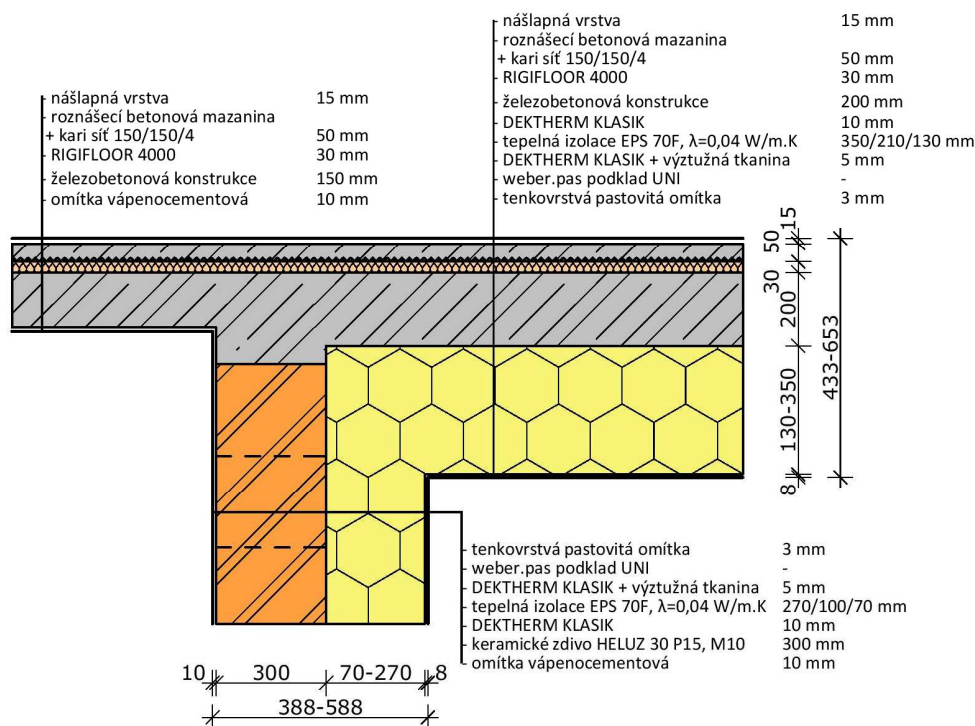
		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	210	130
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,82	16,44	15,42
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,103	0,161	0,236
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,185	0,308	0,399
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,061	-0,069	-0,076
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,95	0,81	0,73
délka konstrukce z exteriéru - podlaha	m	1,27	1,1	1,07

DETAIL D8 – strop X stěna (vnitřní spodní strana) - arkýř
Stručný popis

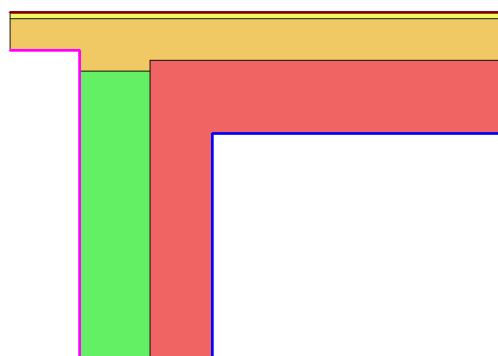
Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Stropní konstrukce: ŽB monolitický strop + ETICS na spodním líci


Schéma 1:20


Obrázek 40 Detail D8 – strop X stěna (vnitřní spodní strana) - arkýř, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

Legenda k označení materiálů:

- $L = 0,040/0,040$ W/mK
- $L = 1,580/1,580$ W/mK
- $L = 0,044/0,044$ W/mK
- $L = 0,219/0,219$ W/mK

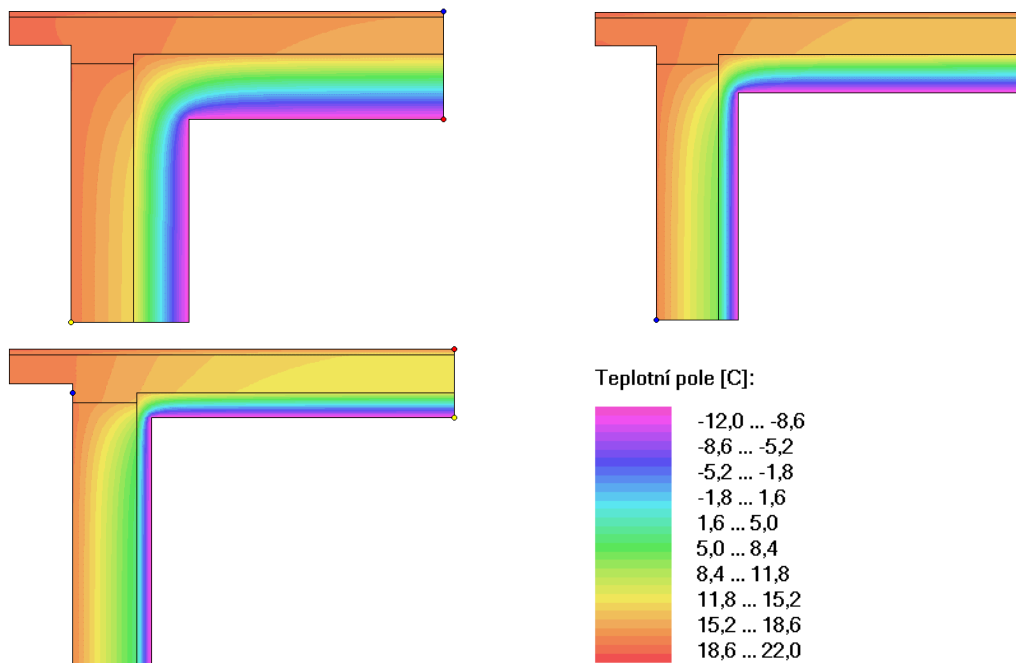
Obrázek 41 detail D8 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy)
- Zdivo považováno za izotropní materiál

- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsányými v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 42 Teplotní pole řešeného detailu D8 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 24 souhrnná tabulka hodnot detailu D8 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace podlahy	mm	350	210	130
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	19,72	19,26	18,8
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,103	0,161	0,236
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,059	0,158	0,246
Lineární číselník prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,024	0,034	0,047
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,1	0,24	0,32
délka konstrukce z exteriéru - podlaha	m	0,23	0,4	0,43

DETAIL D9 - sokl

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

V úrovni soklu TI stěny nahrazena soklovým nenasákvým EPS, tl. soklového EPS zmenšena o 20mm a vytažen 300 mm nad úroveň zeminy

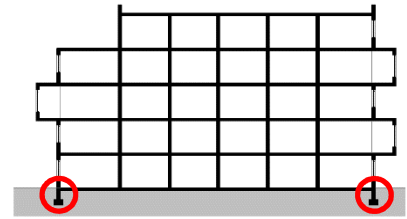
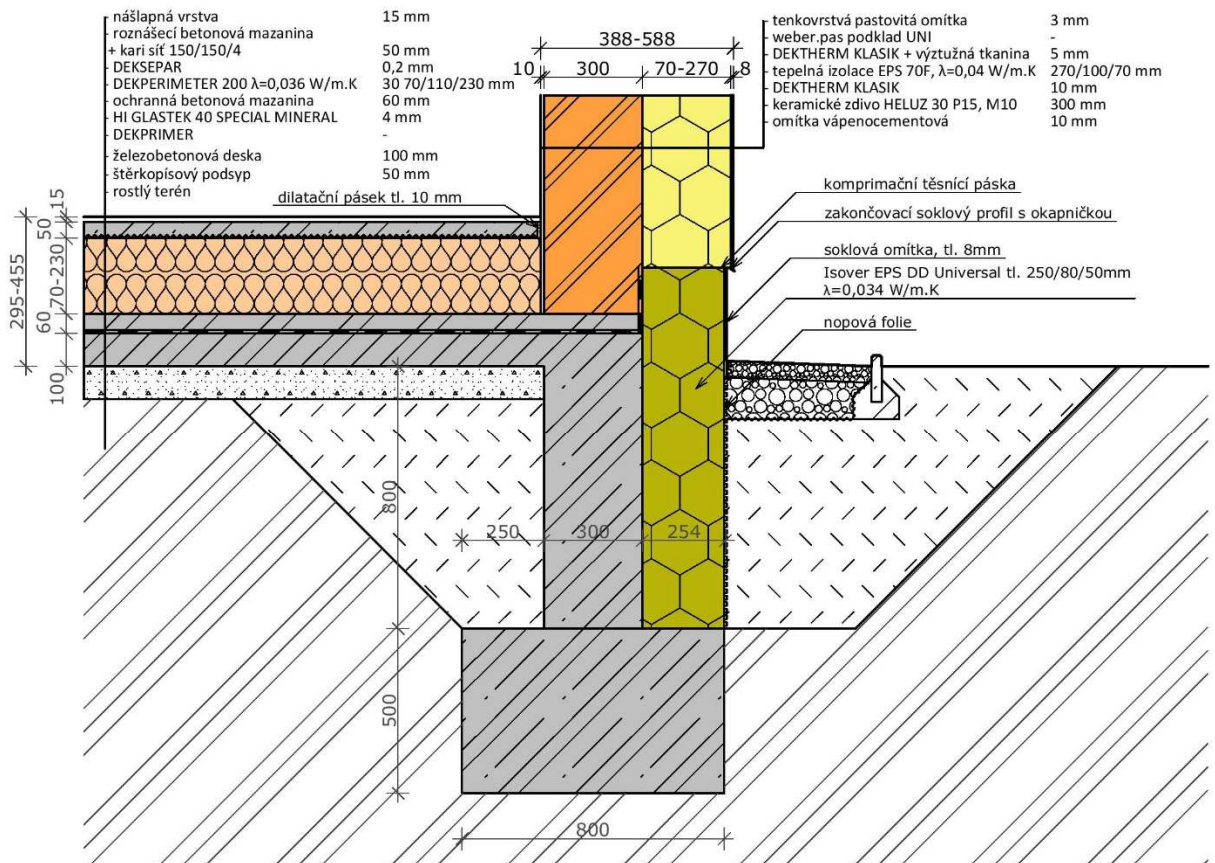
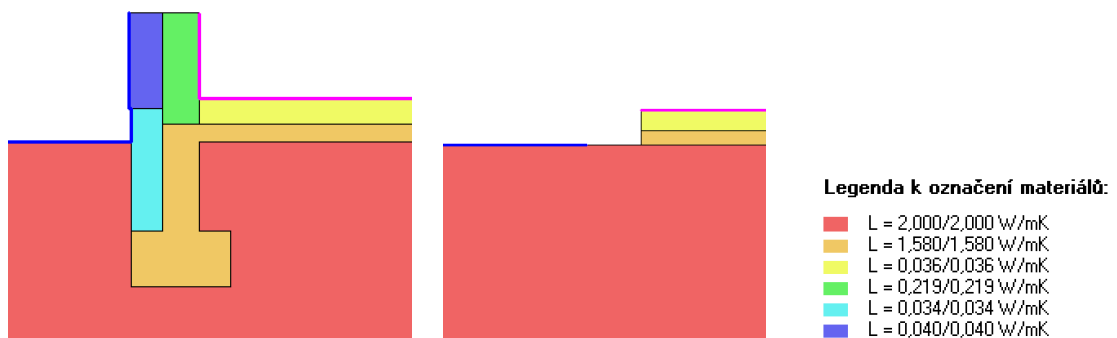


Schéma 1:20



Obrázek 43 Detail D9 – sokl, varianta PD, M1:20

Výpočtový model



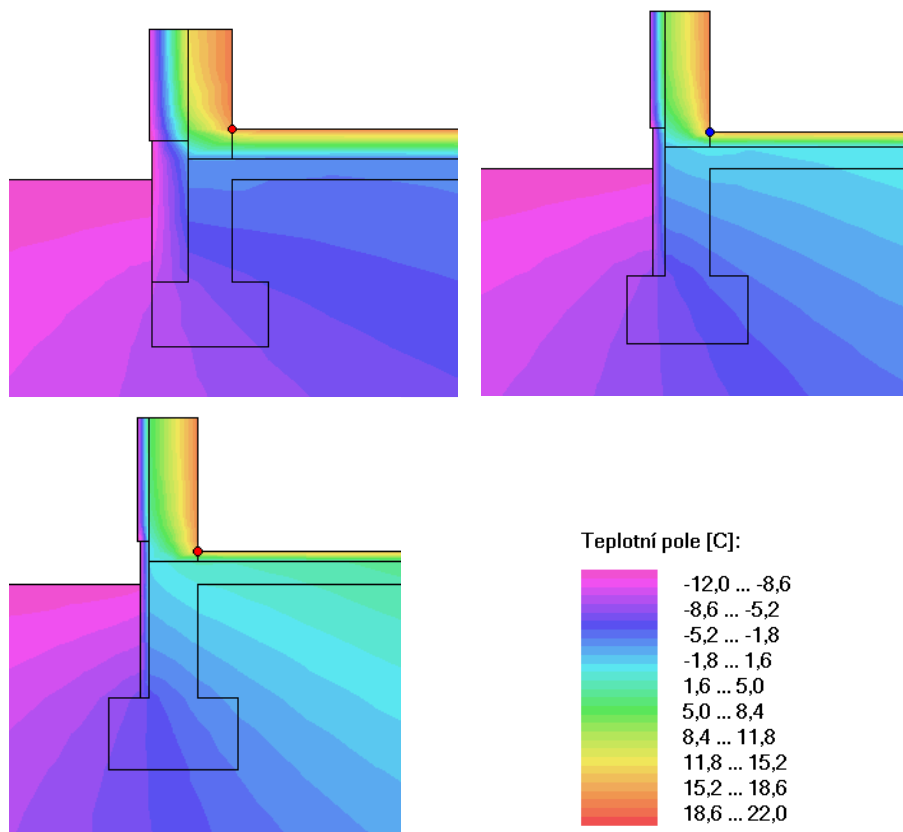
Obrázek 44 detail D9 – výšek schémat pro variantu PD zadávaných do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- U zásypů, násypů a původní zeminy uvažovány shodné tepelně-technické vlastnosti

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. Vrstvy, zakončovací profily)
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1, na obrázcích (Obrázek 44 a Obrázek 45) jsou zobrazeny pouze výseky ze schémat zadávaných do programu Area 2010 (velikost zeminy zadávána dle postupu v kapitole 2.1)

Teplotní pole



Obrázek 45 Teplotní pole řešeného detailu D9 (výsek výsledného pole teplot) – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 25 souhrnná tabulka hodnot detailu D9 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace podlahy	mm	230	110	70
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,35	0	0
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	-12,000	-12,000
lin. tepelná propustnost detailu L2D se stěnou	W/mK	0,618	1,013	1,277
lin. tepelná propustnost detailu Lg podlahou	W/mK	0,445	0,752	0,979
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,016	-0,068	-0,104
délka konstrukce z exteriéru be - stěna	m	1	1	1
délka konstrukce z exteriéru bg,e - podlaha	m	4,27	4,1	4,07
délka konstrukce z exteriéru bg,i - podlaha	m	3,7	3,7	3,7

DETAIL D10 – ostění okna

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

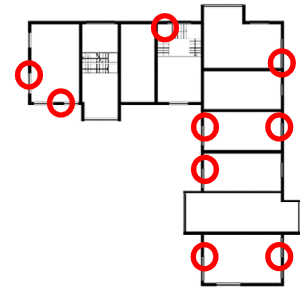
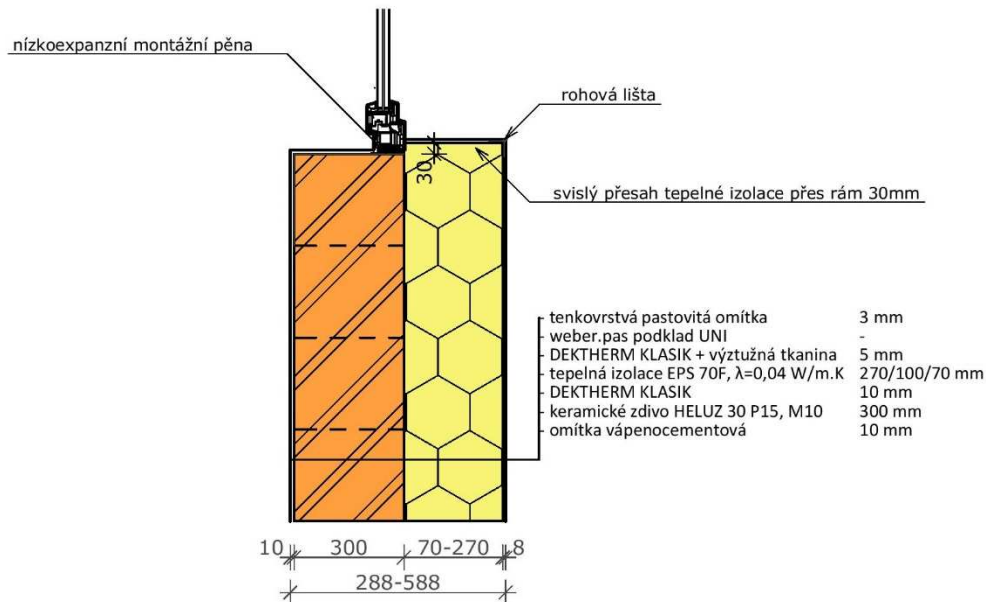
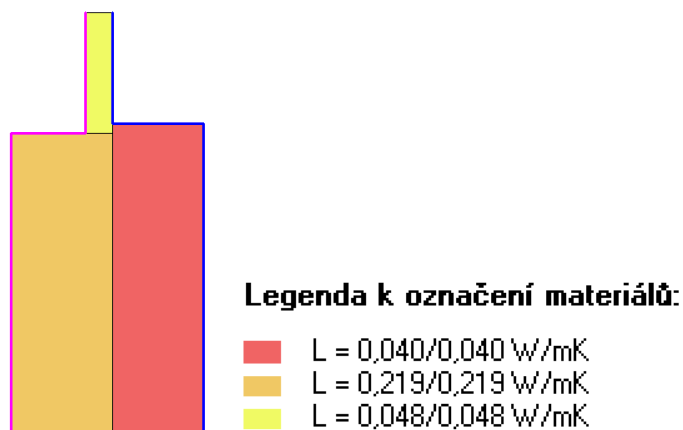


Schéma 1:20



Obrázek 46 Detail D10 – ostění okna, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

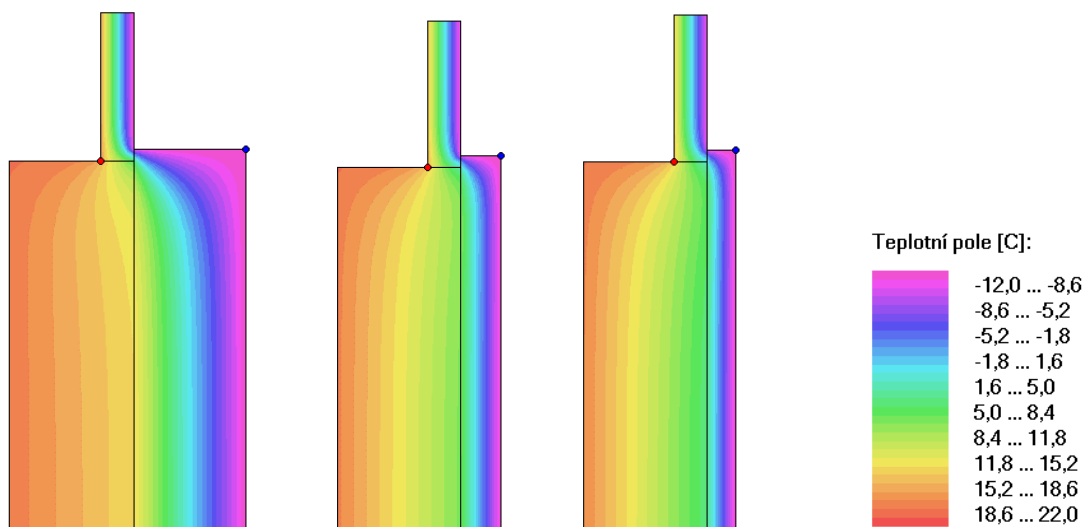


Obrázek 47 detail D10 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (omítky, rohové lišty)
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Okno zjednodušeno – nahrazeno jedním obdélníkem tl. 80mm o ekvivalentní tepelné vodivosti viz kapitola 4.1.1
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 48 Teplotní pole řešeného detailu D10 – zleva PD, NED, STD , vystup programu Area 2010

Technické parametry

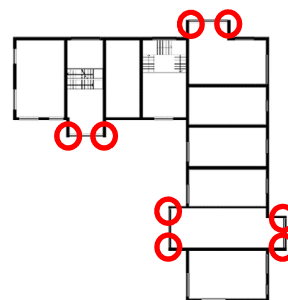
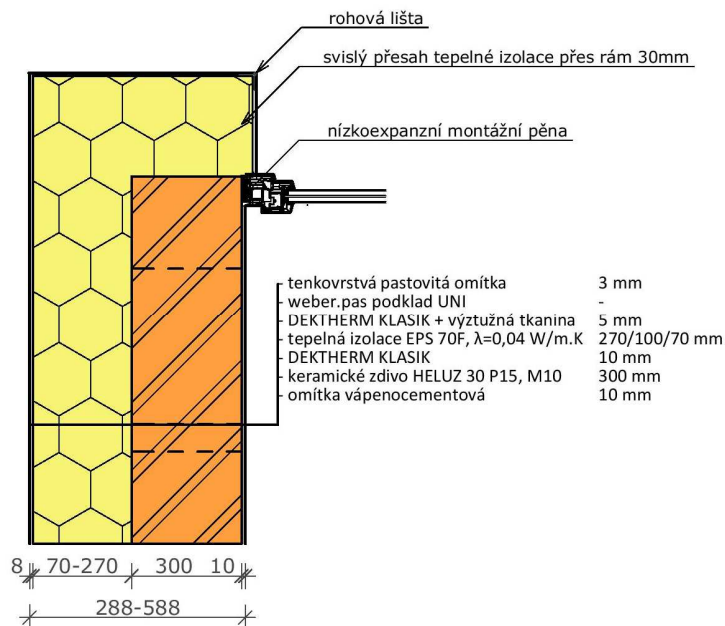
Tabulka 26 souhrnná tabulka hodnot detailu D10 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace	mm	PD	NED	STD
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	16,72	15,67	15,29
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	15,670	15,290
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,000	0,000
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,317	0,000	0,000
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψe	W/m.K	-0,009	-0,042	-0,066
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,525	0,525	0,525
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4	0,4

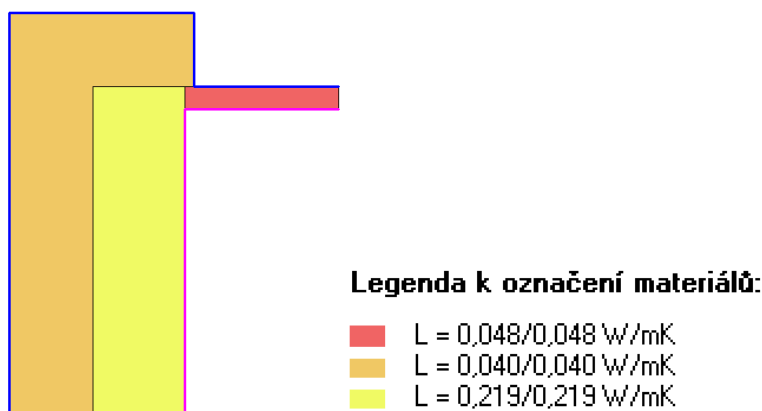
DETAIL D11 – ostění okna + roh - arkýř**Stručný popis**

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Schéma 1:20

Obrázek 49 Detail D11 – ostění okna + roh - arkýř, varianta PD, M1:20

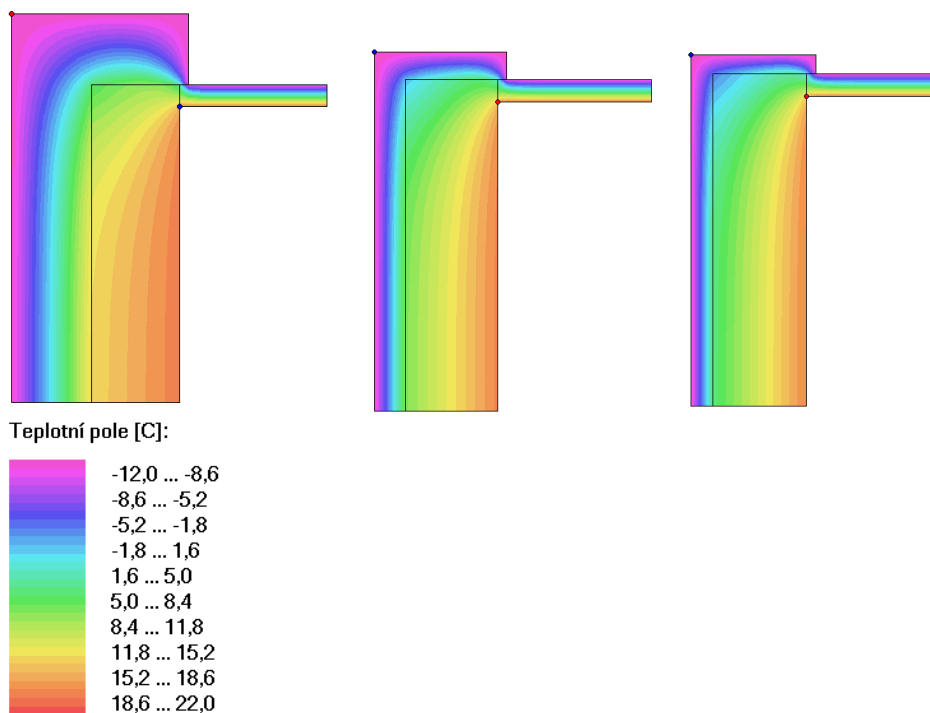
Výpočtový model

Obrázek 50 detail D11 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (omítky, rohové lišty)
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Okno zjednodušeno – nahrazeno jedním obdélníkem tl. 80mm o ekvivalentní tepelné vodivosti viz kapitola 4.1.1
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsányými v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 51 Teplotní pole řešeného detailu D11 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 27 souhrnná tabulka hodnot detailu D11 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace	mm	PD	NED	STD
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	15,82	14,96	14,36
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m2K	0,121	14,960	14,360
součinitel prostupu tepla U okna	W/m2K	0,544	0,000	0,000
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,434	0,000	0,000
Celk. lineární činitel prostupu tepla celého detailu	W/mK	-0,036	-0,288	-0,397
lin. činitel prostupu tepla Ψ_e ostění oknaD10	W/mK	-0,009	-0,042	-0,066
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e arkýř roh	W/m.K	-0,027	-0,246	-0,331
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1,64	1,3	1,24
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,5	0,5	0,5

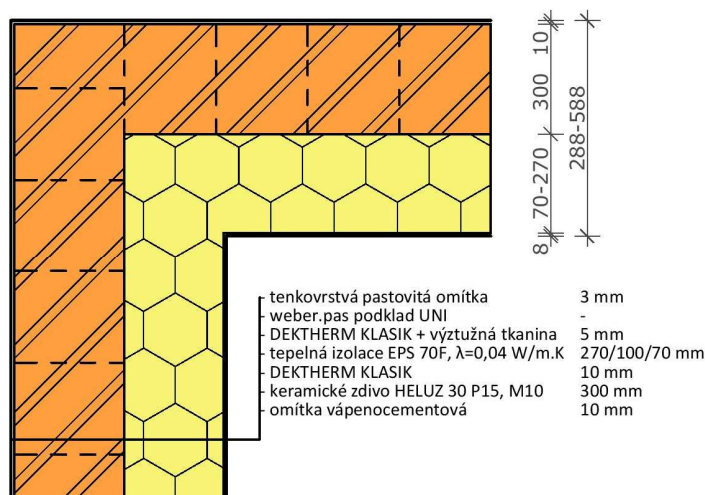
DETAIL D12 – kout zdiva

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

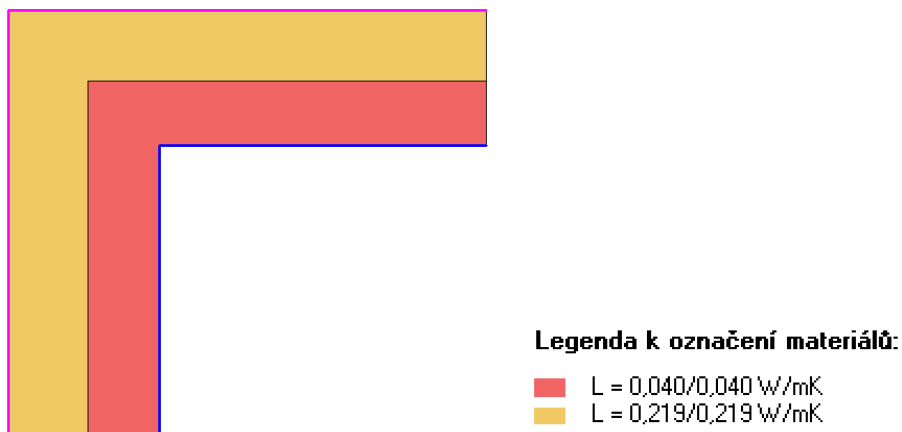
Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Schéma 1:20



Obrázek 52 Detail D12 – kout, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

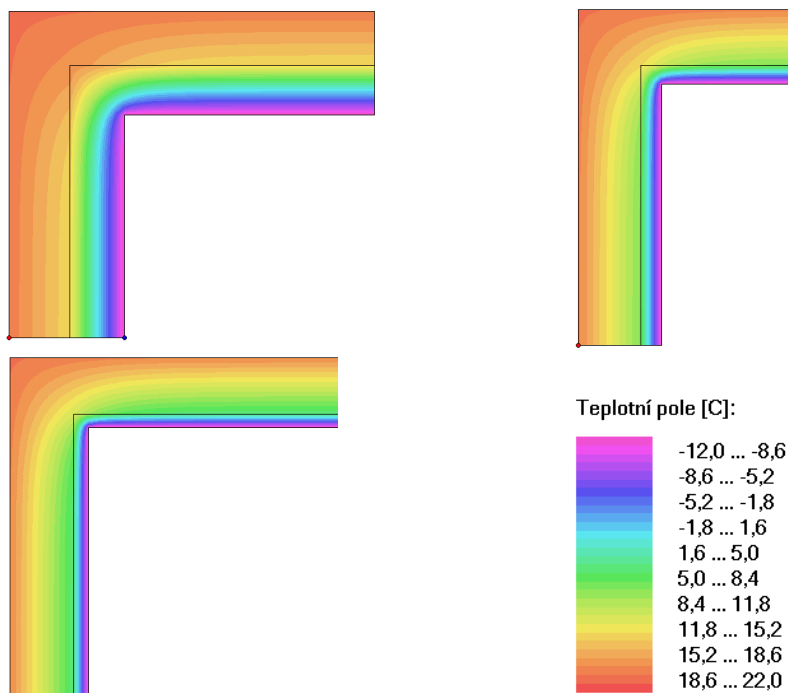


Obrázek 53 detail D12 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (omítky)
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsányými v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 54 Teplotní pole řešeného detailu D12 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 28 souhrnná tabulka hodnot detailu D12 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace	mm	270	100	70
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	19,65	19,07	18,83
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,079	0,230	0,299
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,024	0,031	0,037
délka konstrukce z exteriéru	m	0,46	0,8	0,86

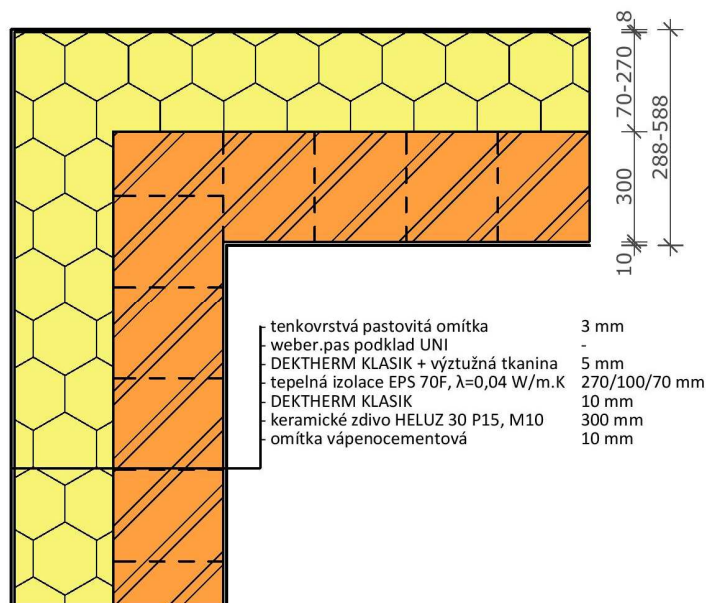
DETAIL D13 – roh zdiva

Stručný popis

Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

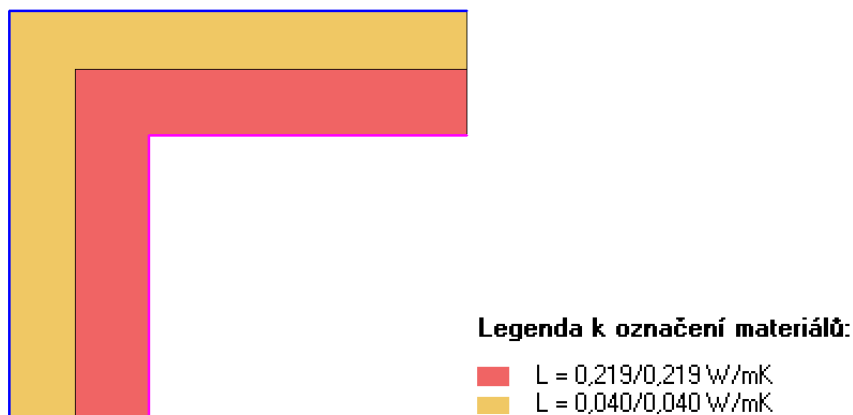
Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Schéma 1:20



Obrázek 55 Detail D13 – roh, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

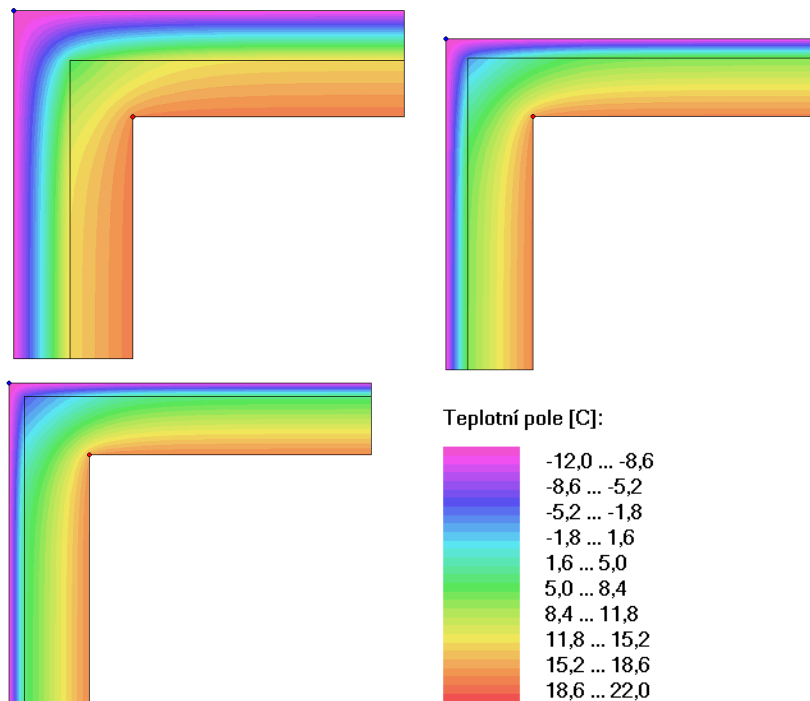


Obrázek 56 detail D13 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (omítky)
- Zdivo považováno za izotropní materiál
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 57 Teplotní pole řešeného detailu D13 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 29 souhrnná tabulka hodnot detailu D13 pro tři materiálové varianty

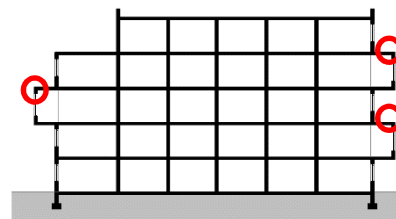
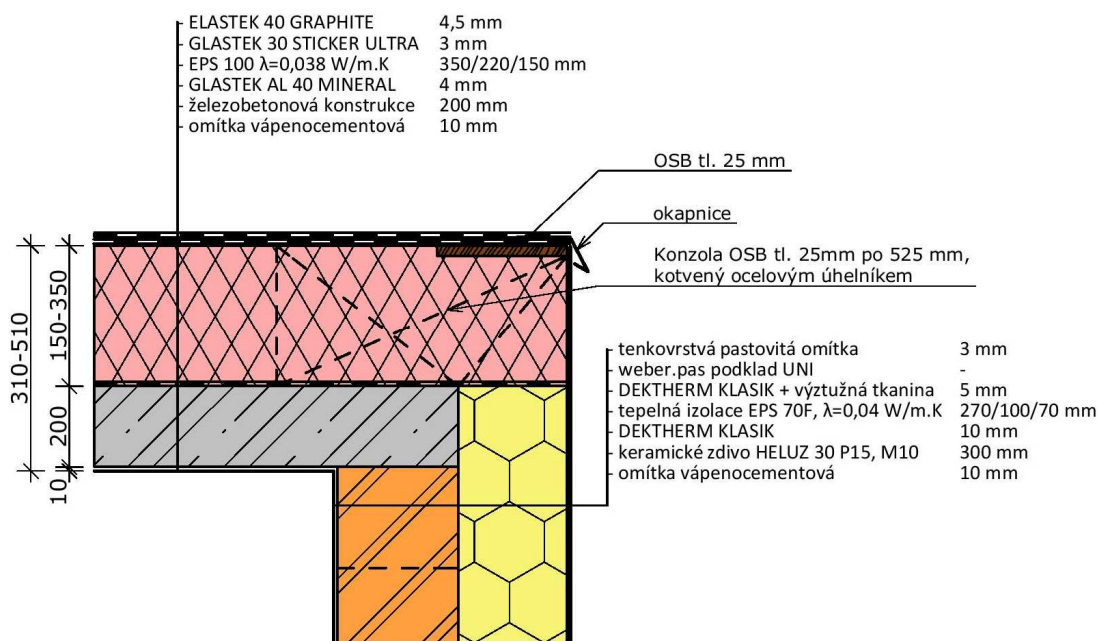
		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace	mm	270	100	70
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	18,19	16,91	16,4
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,185	0,336	0,398
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,074	-0,110	-0,131
délka konstrukce z exteriéru	m	2,14	1,8	1,74

DETAIL D14 – strop X stěna (vnější horní hrana bez okna) - arkýř
Stručný popis

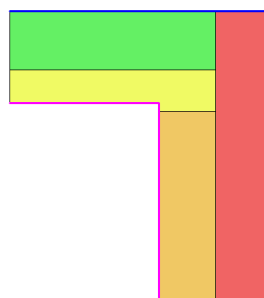
Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Střešní konstrukce: ŽB monolitický strop + jednoplášťová lepená skladba ploché střechy


Schéma 1:20


Obrázek 58 Detail D14 – strop X stěna (vnější horní hrana bez okna) - arkýř, varianta PD, M1:20

Výpočtový model

Legenda k označení materiálů:

- $L = 0,040/0,040$ W/mK
- $L = 0,048/0,048$ W/mK
- $L = 1,580/1,580$ W/mK
- $L = 0,038/0,038$ W/mK

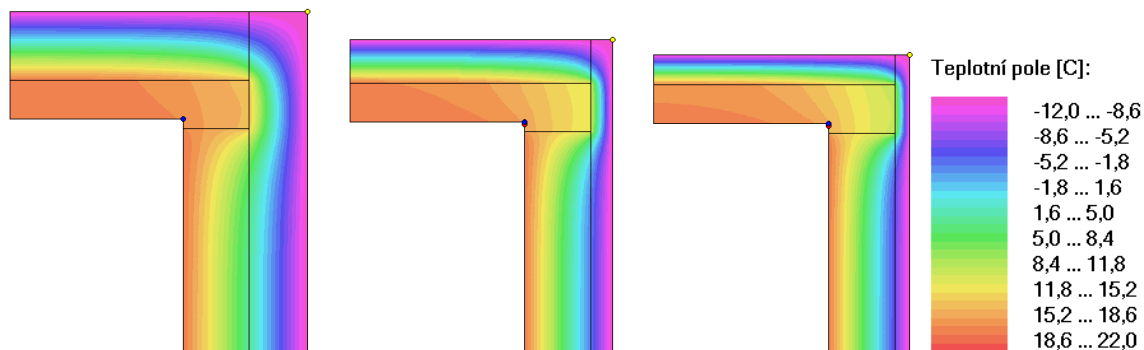
Obrázek 59 detail D14 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Okno zjednodušeno – nahrazeno jedním obdélníkem tl. 80mm o ekvivalentní tepelné vodivosti viz kapitola 4.1.1
- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, okapnice)
- Zanedbán vliv tepelných mostů vlivem vynášecích konzol (vizdetailD6, Obrázek 36)

- Překlady nahrazeny obdélníkem o izotropních vlastnostech shodných s betonovou stropní konstrukcí
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 60 Teplotní pole řešeného detailu D14 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 30 souhrnná tabulka hodnot detailu D14 pro tři materiálové varianty

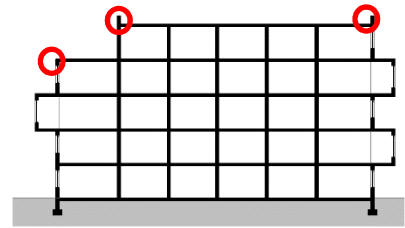
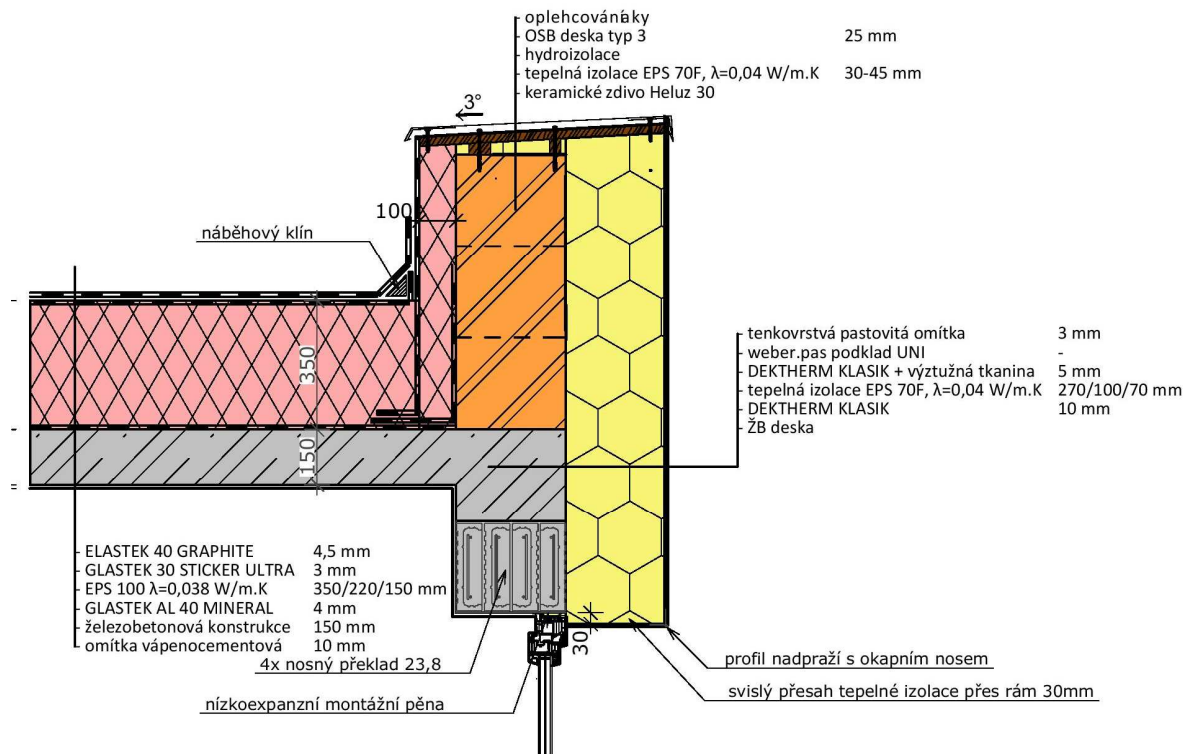
		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	220	150
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,97	16,6	15,7
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,106	0,165	0,237
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,167	0,274	0,340
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,075	-0,119	-0,138
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1,25	1,12	1,05
délka konstrukce z exteriéru - ostřecha	m	0,87	0,7	0,67

DETAIL D15 – atika + okno
Stručný popis

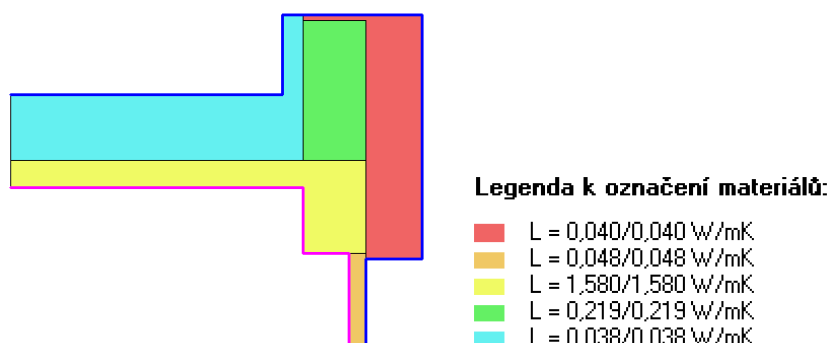
Úroveň tepelné izolace: PD, STD, NED

Obvodová stěna: keramické zdivo Heluz 30 + ETICS

Střešní konstrukce: ŽB monolitický strop + jednoplášťová lepená skladba ploché střechy


Schéma 1:20


Obrázek 61 Detail D15 – atika + okno, varianta PD, M1:20

Výpočtový model


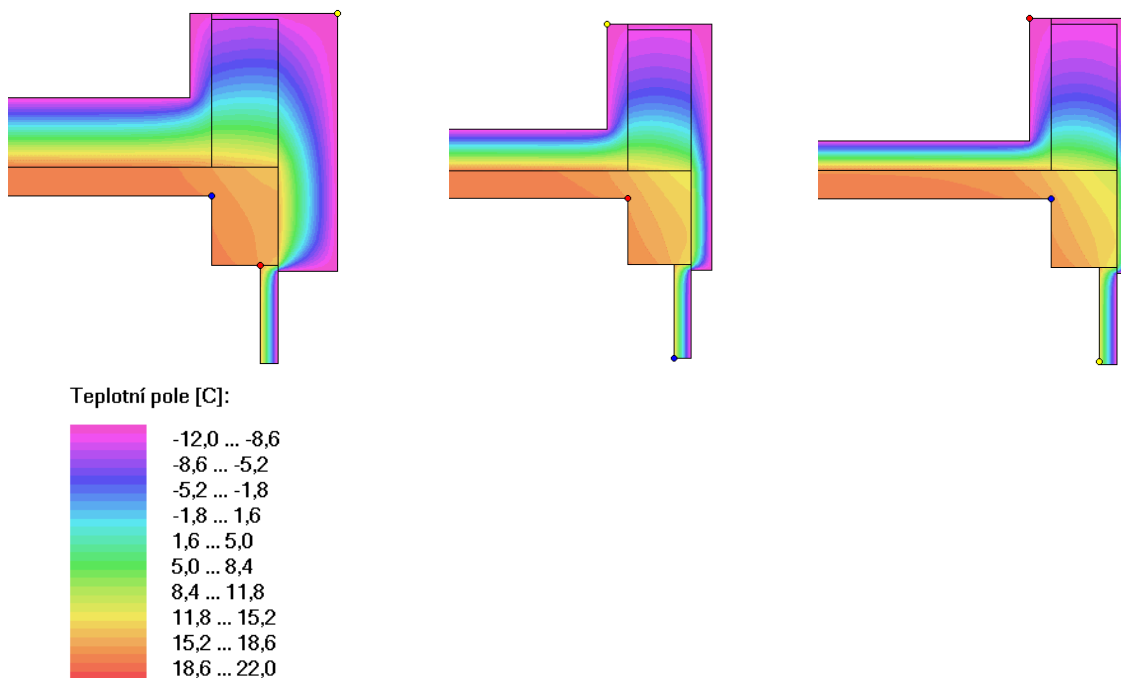
Obrázek 62 detail D15 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010

Popis výpočetního modelu

- Zanedbány tenké a nevýznamné vrstvy (hydroizolace, folie, omítky, nášlap. vrstvy, atikový plech, osb desky, náběhový klín)
- Okno zjednodušeno – nahrazeno jedním obdélníkem tl. 80mm o ekvivalentní tepelné vodivosti viz kapitola 4.1.1

- Zakončení atiky nahrazeno obdélníkem tepelné izolace tl. 35mm
- Překlady nahrazeny obdélníkem o izotropních vlastnostech shodných s betonovou stropní konstrukcí
- Výpočtový model sestaven a hodnota Ψ vypočtena v souladu s postupy popsány v kapitole 2.1, okrajové podmínky uvedeny v kapitole 4.1.1

Teplotní pole



Obrázek 63 Teplotní pole řešeného detailu D15– zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010

Technické parametry

Tabulka 31 souhrnná tabulka hodnot detailu D15 pro tři materiálové varianty

		PD	NED	STD
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	100	70
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	220	150
teplota interiéru	°C	20		
teplota exteriéru	°C	-12		
povrchová teplota interiéru	°C	17,5	15,85	15,03
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248	0,304
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,997	1,195
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,106	0,165	0,237
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,660	1,091	1,358
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,0775	0,1168	0,1431
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,85	0,72	0,65
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,5	0,5	0,5
délka konstrukce z exteriéru - střecha	m	1,97	1,8	1,77

4.3 Optimalizace vybraných detailů

Pro variantu pasivního domu (PD) jsou provedeny optimalizace vybraných detailů. Optimalizace jsou následně porovnány s původní variantou. Výsledkem je porovnání, jak jednotlivé řešení ovlivní výslednou měrnou potřebu tepla na vytápění.

Navrženo je 6 variant optimalizací detailů

- Vysunutí oken do tepelné izolace
- Zateplení pozedního věnce
- Změna geometrie atiky
- Vložení horizontální tepelné izolace do zeminy u základové konstrukce
- Založení zdiva v úrovni soklu na pěnosklo
- Předchozích 5 variant dohromady

V následujících odstavcích je popis jednotlivých vylepšení, v kapitole 4.4 jsou popsány jednotlivé detaily a v kapitole 5 je porovnání a vyhodnocení výsledků.

Vysunutí oken do tepelné izolace

Tato varianta se týká detailů D1, D2, D6, D10, D11 a D15.

Okno je oproti původní variantě posunuto směrem do izolace a přetažení tepelné izolace je navýšeno o 10 mm na 40 mm.

Zateplení pozedního věnce

Tato varianta se týká detailů D1, D3, D4, D6, D7, D14 a D15.

Věnc je oproti původní variantě zateplen vložением tepelné izolace XPS Styrodur $\lambda = 0,034 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ v celé své výšce o tl. 75mm,

Změna geometrie atiky

Tato varianta se týká detailů D3 a D15.

Atika je oproti původní variantě úplně zrušena a nahrazena průběžnou izolací střechy dobíhající až k hraně obvodové stěny.

Vložení horizontální tepelné izolace do zeminy u základové konstrukce

Tato varianta se týká detailu D9.

Do zeminy v úrovni základové konstrukce (viz detail Obrázek 82) je vložen pás horizontální tepelné izolace Isover EPS DD Universal, tl. 150mm a šířky 800mm.

Založení zdiva v úrovni soklu na pěnosklo

Tato varianta se týká detailu D9.

Zdivo je v úrovni soklu založeno na pěnoskle výšky 50 mm, $\lambda = 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Celkové vylepšení – všechny varianty dohromady

Jedná se o souhrn všech předchozích vylepšení dohromady.

4.3.1 Souhrn – optimalizace

V tabulce níže (Tabulka 32) jsou uvedeny výsledné hodnoty lineárního činitele prostupu tepla z vnější strany Ψ_e pro jednotlivé varianty optimalizací. Při porovnání výsledných celkových hodnot s požadavky dle (6) (Tabulka 1) všechny hodnoty splňují požadavek $\Psi_e \leq \Psi_{pas}$ včetně červeně vyznačených detailů zahrnujících více tepelných vazeb dohromady. Žlutě jsou podbarveny hodnoty, které jsou v dané variantě optimalizace změněny (optimalizovány).

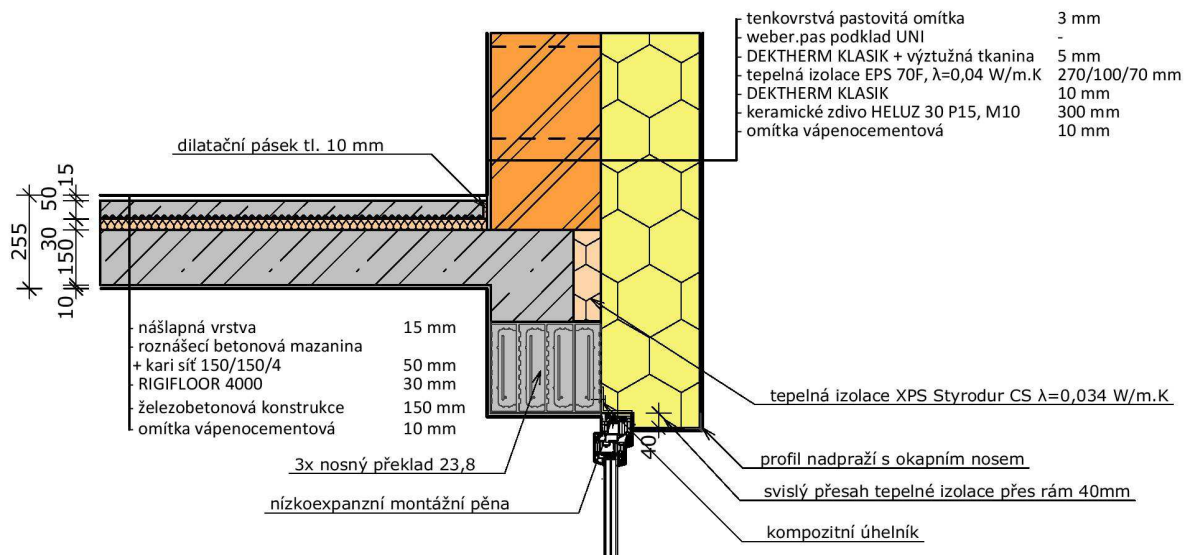
Tabulka 32 souhrn výsledných hodnot lineárního činitele prostupu tepla pro jednotlivé varianty optimalizace

ozn	popis	PD	PD	PD	PD	PD	PD	PD
		původní	okno	věvec	atika	sokl TI	pěnosklo	celková
		Ψ_e	Ψ_e	Ψ_e	Ψ_e	Ψ_e	Ψ_e	Ψ_e
		W/m.K	W/m.K	W/m.K	W/m.K	W/m.K	W/m.K	W/m.K
D1	okno překlad +věvec běžné	0,074	0,021	0,068	0,074	0,074	0,074	0,014
D2	parapet	0,036	0,009	0,036	0,036	0,036	0,036	0,009
D3	atika	0,009	0,009	-0,002	-0,096	0,009	0,009	-0,114
D4	věvec	0,009	0,009	0,001	0,009	0,009	0,009	0,001
D5	střecha x stěna (světlík, atrium)	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
D6	atika+okno arkýř	0,022	-0,035	0,009	0,022	0,022	0,022	-0,048
D7	strop x stěna vnější spodní hrana arkýř	-0,060	-0,060	-0,070	-0,060	-0,060	-0,060	-0,070
D8	strop x stěna vnitřní spodní hrana arkýř	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
D9	sokl	-0,036	-0,036	-0,036	-0,036	-0,048	-0,059	-0,070
D10	okno ostění	0,036	0,009	0,036	0,036	0,036	0,036	0,009
D11	roh+okno vnější arkýř	-0,035	-0,054	-0,035	-0,035	-0,035	-0,035	-0,054
D12	roh vnitřní	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
D13	roh stěna x stěna vnější	-0,073	-0,073	-0,073	-0,073	-0,073	-0,073	-0,073
D14	strop x stěna arkýř	-0,096	-0,096	-0,114	-0,096	-0,096	-0,096	-0,114
D15	okno překlad + atika	0,078	0,028	0,069	0,078	0,078	0,078	-0,048

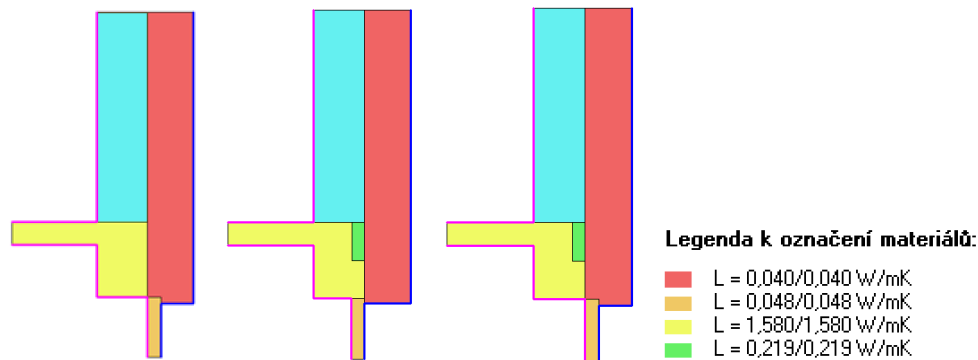
4.4 Řešené detaily – optimalizace

Optimalizovaný detail D1 - okno překlád + věnec

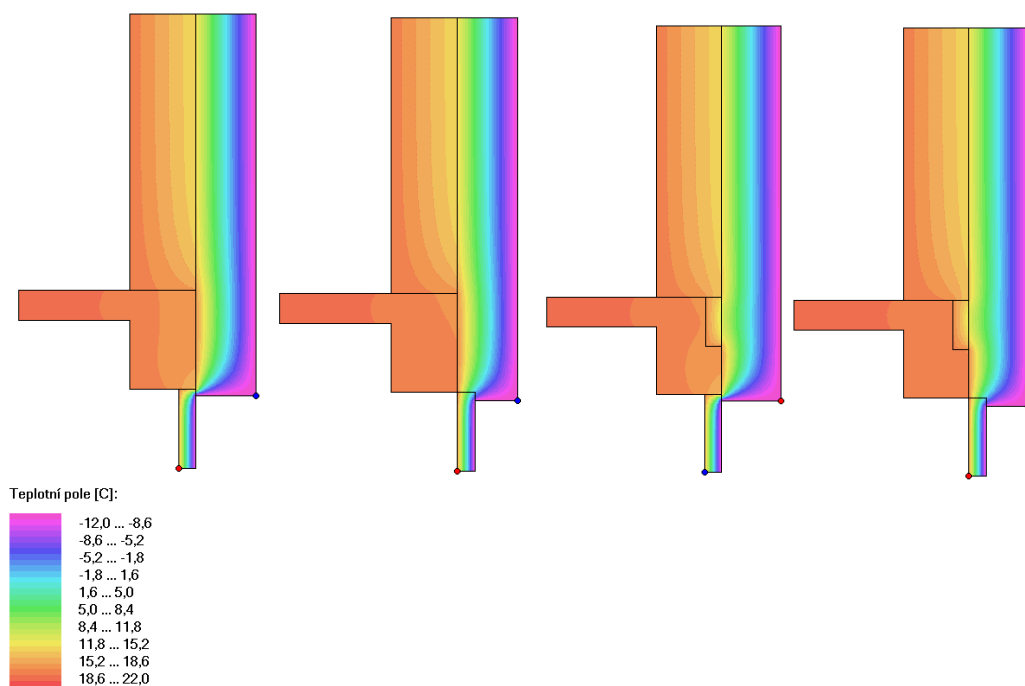
Původní detail s podrobným popisem na straně 26. Vylepšení detailu je ve třech variantách. První je vysunutí okna do tepelné izolace a zvětšení přesahu tepelné izolace přes rám o 10 mm na 40 mm., druhá je zateplení pozedního věnce vložení tepelné izolace 250/75mm, $\lambda = 0,034 \text{ W/(m.K)}$ a třetí varianta je celková – první a druhá dohromady.



Obrázek 64 celková optimalizace detailu D1 - okno překlád + věnec, varianta PD, M1:20



Obrázek 65 tři optimalizované varianty řešeného detailu D1 zadávaného do programu Area 2010 – vlevo vysunutí okna, prostřední zateplení pozedního věnce, vpravo dvě předchozí dohromady



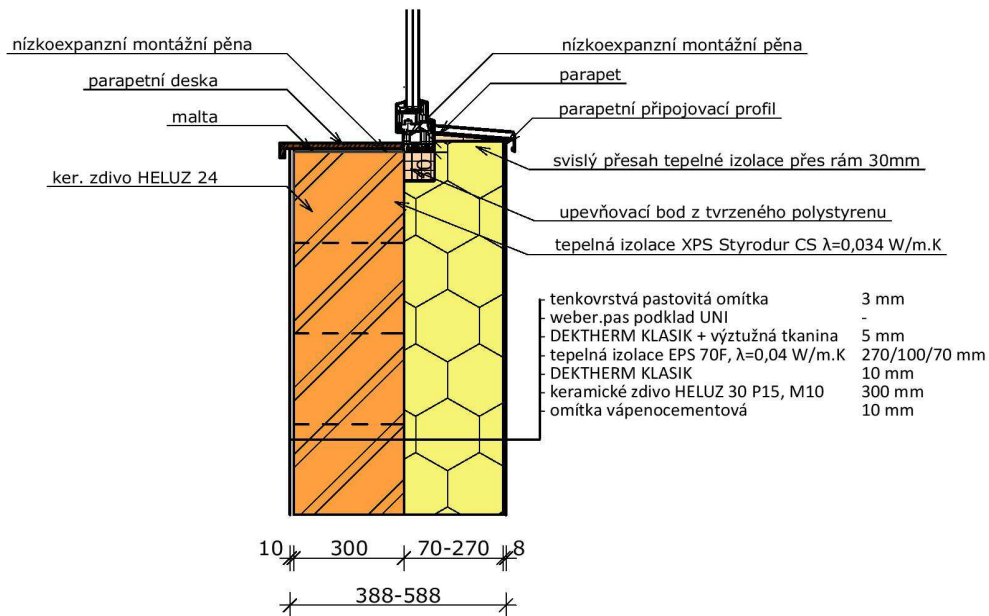
Obrázek 66 Teplotní pole řešených detailů D1 – zleva původní, vysunutí okna, zateplení věnce a celková

Tabulka 33 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D1

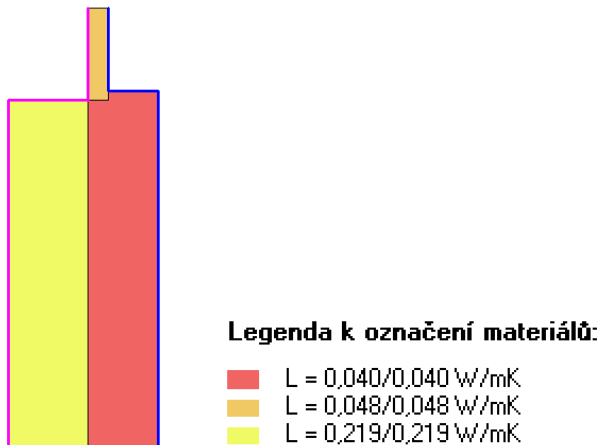
		PD původní	PD okna	PD věnec	PD celková
tl. tepelné izolace	mm	270			
teplota interiéru	°C	20			
teplota exteriéru	°C	-12			
povrchová teplota interiéru	°C	17,74	17,74	17,74	17,74
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121			
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544			
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,521	0,468	0,515	0,4614
Lineární číselník prostupu tepla z vnější strany Ψe	W/m.K	0,074	0,021	0,068	0,014419
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1,9	1,9	1,9	1,9
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4	0,4	0,4

Optimalizovaný detail D2 - parapet

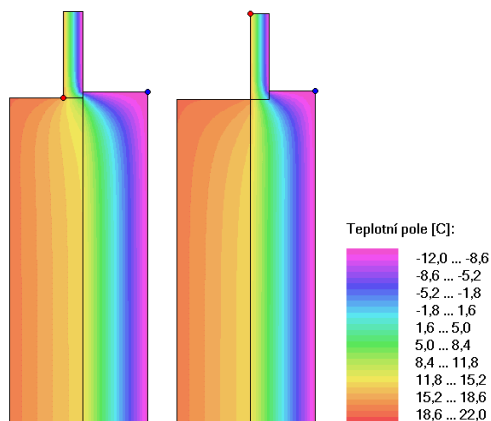
Původní detail s podrobným popisem na straně 28. Vylepšení detailu je pouze vysunutí okna do tepelné izolace a zvětšení přesahu tepelné izolace přes rám o 10 mm na 40 mm.



Obrázek 67 optimalizovaná varianta detailu D2 - parapet, varianta PD, M1:20



Obrázek 68 optimalizovaná varianta řešeného detailu D2 zadávaného do programu Area 2010 – vysunutí okna



Obrázek 69 Teplotní pole řešeného detailu D2 – zleva původní, vysunutí okna

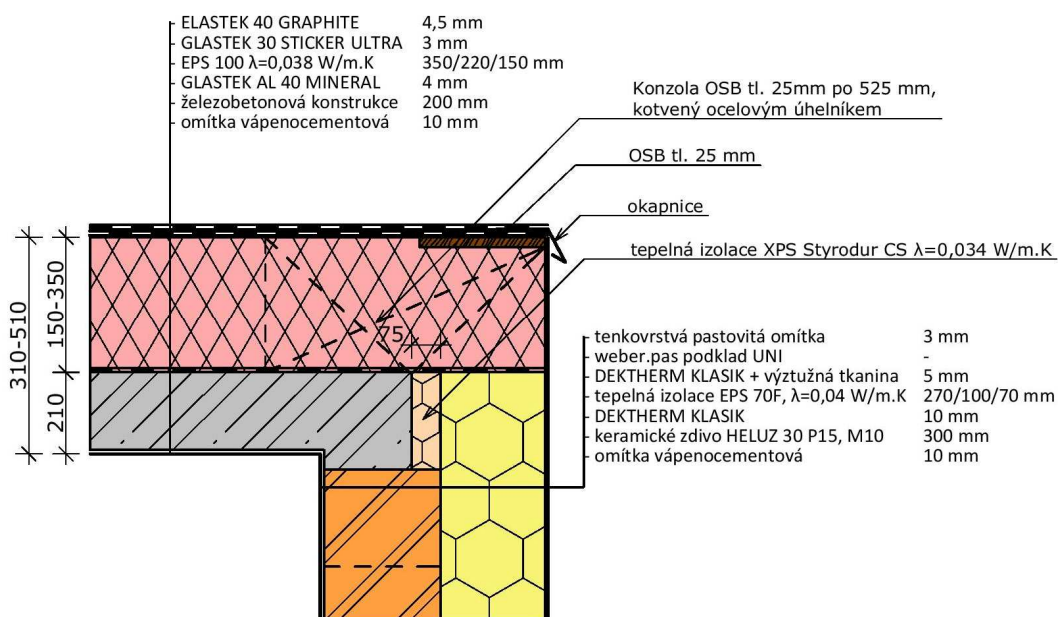
Tabulka 34 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D2

		PD původní	PD okno
tl. tepelné izolace	mm	270	100
teplota interiéru	°C	20	
teplota exteriéru	°C	-12	
povrchová teplota interiéru	°C	16,74	17,74
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,248
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,997
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,435	0,408
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,036	0,009
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1,5	1,5
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4

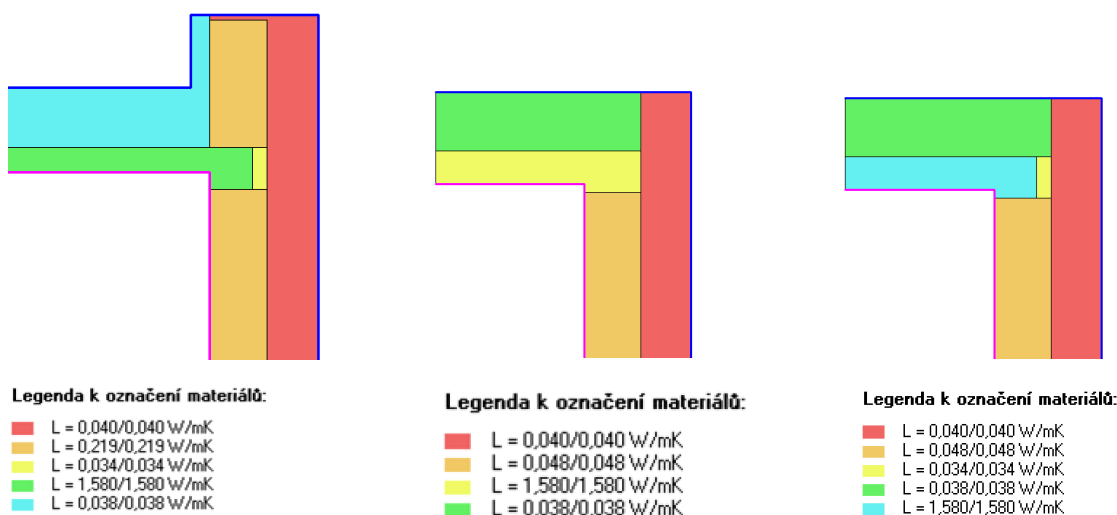
Optimalizovaný detail D3 - atika

Původní detail s podrobným popisem na straně 30. Vylepšení detailu je ve třech variantách. První je zateplení pozedního věnce vložení tepelné izolace 250/75mm, $\lambda = 0,034 \text{ W/(m.K)}$, druhá je zrušení atiky a třetí je celková – první a druhá dohromady.

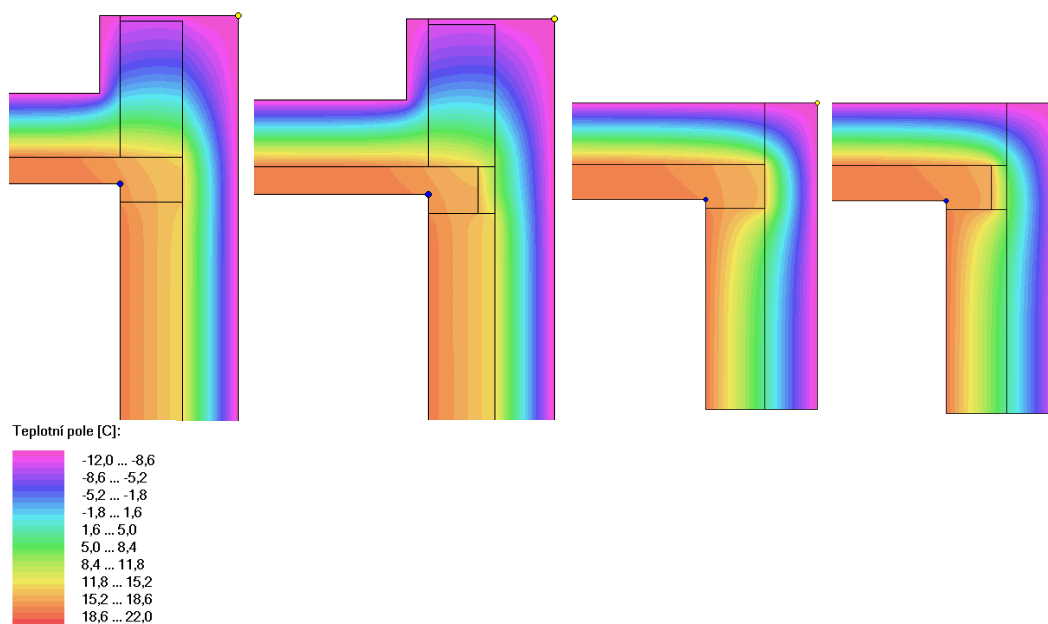
Výsledný detail se zrušením vystupující atiky vychází z původního řešení atiky na arkýřích (detail D14, strana 52). Ve výpočtu je zanedbán vliv tepelných mostů vlivem vynášecích konzol (viz neoptimalizovaný detail D6, Obrázek 36)



Obrázek 70 optimalizovaná varianta detailu D3 - atika, varianta PD, M1:20



Obrázek 71 tři optimalizované varianty řešeného detailu D3 zadávaného do programu Area 2010 – vlevo zateplení věnce, uprostřed zrušení atiky a vpravo celková



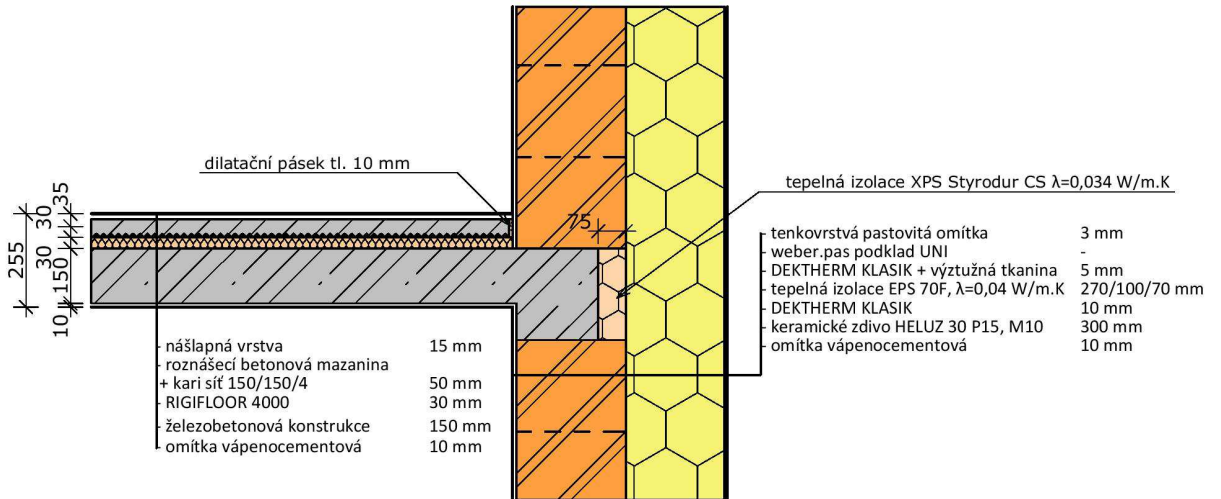
Obrázek 72 Teplotní pole řešených detailů D3 – zleva původní, zateplení věnce, zrušení atiky a celková

Tabulka 35 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D3

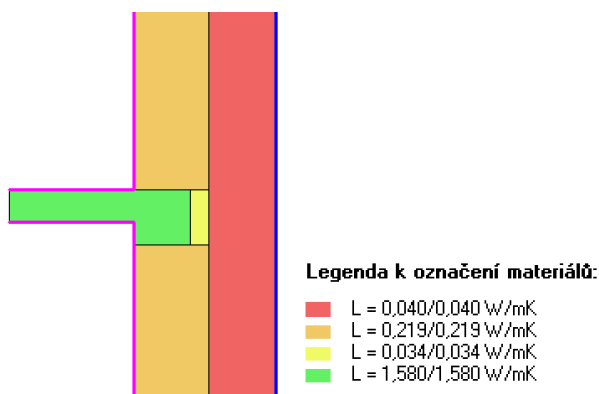
		PD původní	PD věnec	PD zrušení atiky	PD celková
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	270	270	270
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	350	350	350
teplota interiéru	°C	20			
teplota exteriéru	°C	-12			
povrchová teplota interiéru	°C	17,72	18,07	18,32	18,58
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121	0,121	0,000
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,106	0,106	0,106	0,000
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,459	0,448	0,260	0,24212
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,009	-0,002	-0,096	-0,11402
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	2	2	1,75	1,75
délka konstrukce z exteriéru - ostřecha	m	1,97	1,97	1,37	1,37

Optimalizovaný detail D4 - věnec

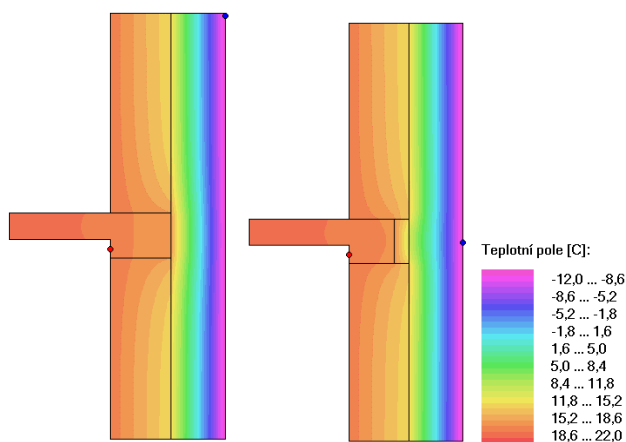
Původní detail s podrobným popisem na straně 32. Vylepšení detailu je zateplení pozdního věnce vložení tepelné izolace 250/75mm, $\lambda = 0,034 \text{ W/(m.K)}$.



Obrázek 73 optimalizovaná varianta detailu D4 - věnec, varianta PD, M1:20



Obrázek 74 optimalizovaná varianta řešeného detailu D4 zadávaného do programu Area 2010 – zateplení věnce



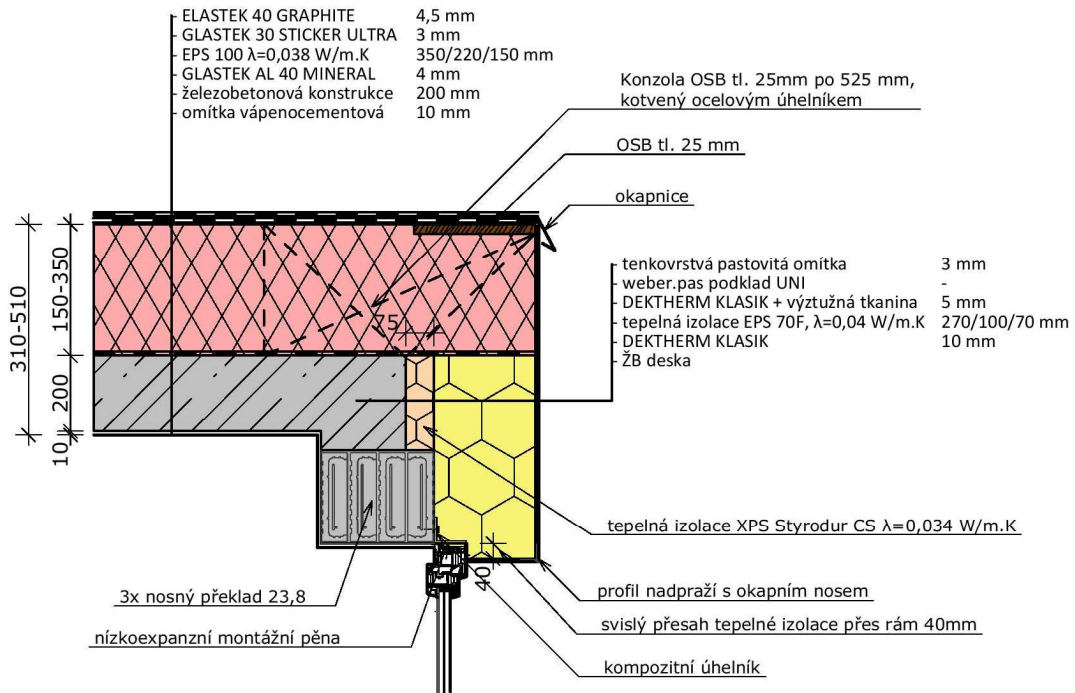
Obrázek 75 Teplotní pole řešeného detailu D4 – zleva původní, zateplení věnce

Tabulka 36 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D4

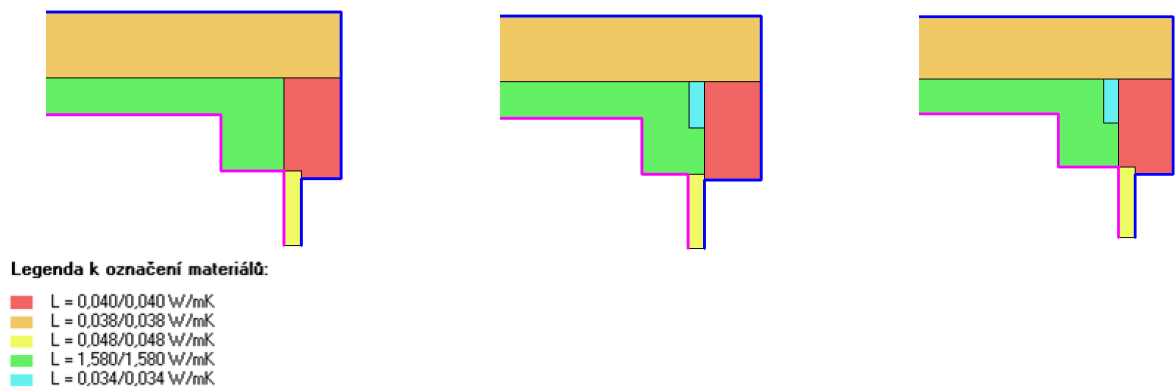
		PD původní	PD věnec
tl. tepelné izolace	mm	270	270
teplota interiéru	°C	20	
teplota exteriéru	°C	-12	
povrchová teplota interiéru	°C	19,19	19,31
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,293	0,285
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,009	0,001
délka konstrukce z exteriéru	m	2,35	2,35

Optimalizovaný detail D6 – atika + okno - arkýř

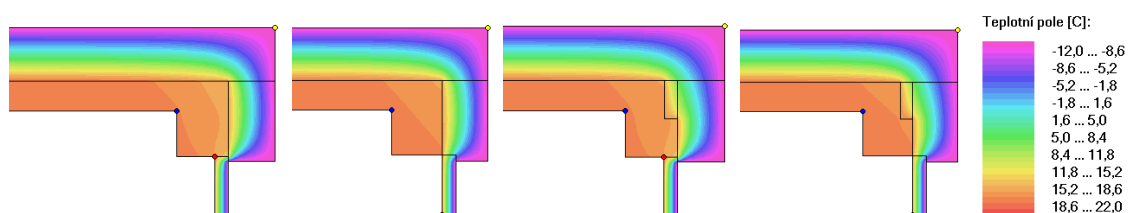
Původní detail s podrobným popisem na straně 36. Vylepšení detailu je ve třech variantách. První je vysunutí okna do tepelné izolace a zvětšení přesahu tepelné izolace přes rám o 10 mm na 40 mm., druhá je zateplení pozedního věnce vložení tepelné izolace 250/75mm, $\lambda = 0,034 \text{ W/(m.K)}$ a třetí varianta je celková – první a druhá dohromady.



Obrázek 76 optimalizovaná varianta detailu D6 - atika + okno - arkýř, varianta PD, M1:20



Obrázek 77 tři optimalizované varianty řešení detailů D6 zadávaných do programu Area 2010 – vlevo vysunutí okna do tepelné izolace, uprostřed zateplení věnce a vpravo celková



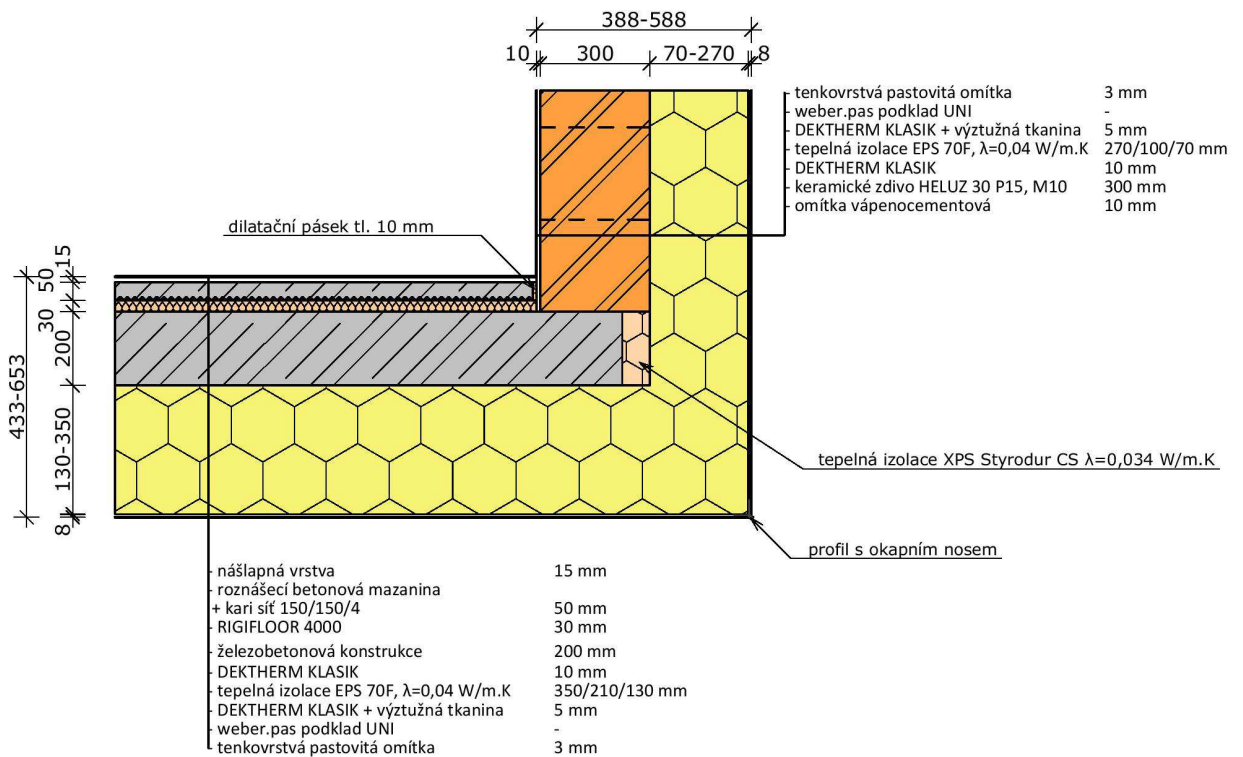
Obrázek 78 Teplotní pole řešených detailů D6– zleva původní, vysunutí okna do tepelné izolace, zateplení věnce a celková

Tabulka 37 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D6

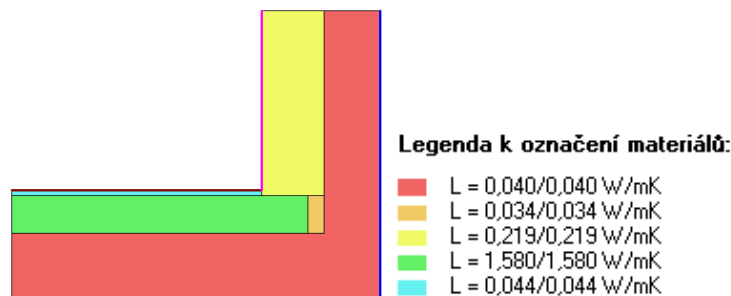
		PD původní	PD okna	PD věnec	PD celk
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	270	270	270
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	350	350	350
teplota interiéru	°C	20			
teplota exteriéru	°C	-12			
povrchová teplota interiéru	°C	17,62	17,74	17,66	17,74
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121	0,121	0,121
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,544	0,544	0,544
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,106	0,106	0,106	0,106
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,539	0,483	0,526	0,4695
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,022	-0,035	0,009	-0,04814
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,85	0,85	0,85	0,85
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4	0,4	0,4
délka konstrukce z exteriéru - střecha	m	1,87	1,87	1,87	1,87

Optimalizovaný detail D7 – strop X stěna (vnější spodní strana) - arkýř

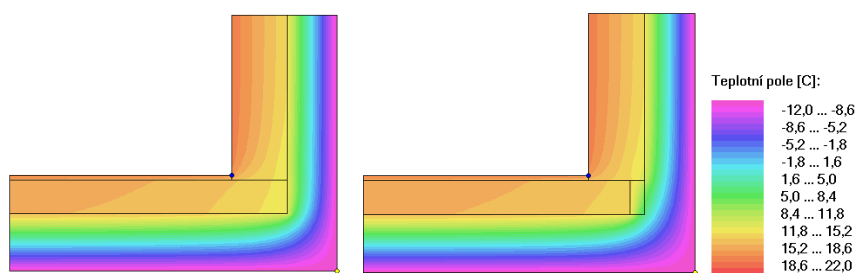
Původní detail s podrobným popisem na straně 38. Vylepšení detailu je zateplení vykonzolované stropní desky vložení tepelné izolace 200/75mm, $\lambda = 0,034 \text{ W}/(\text{m.K})$.



Obrázek 79 optimalizovaná varianta detailu D7 – strop X stěna (vnější spodní strana) - arkýř, varianta PD, M1:20



Obrázek 80 optimalizovaná varianta řešeného detailu D7 zadávaného do programu Area 2010–zateplení věnce



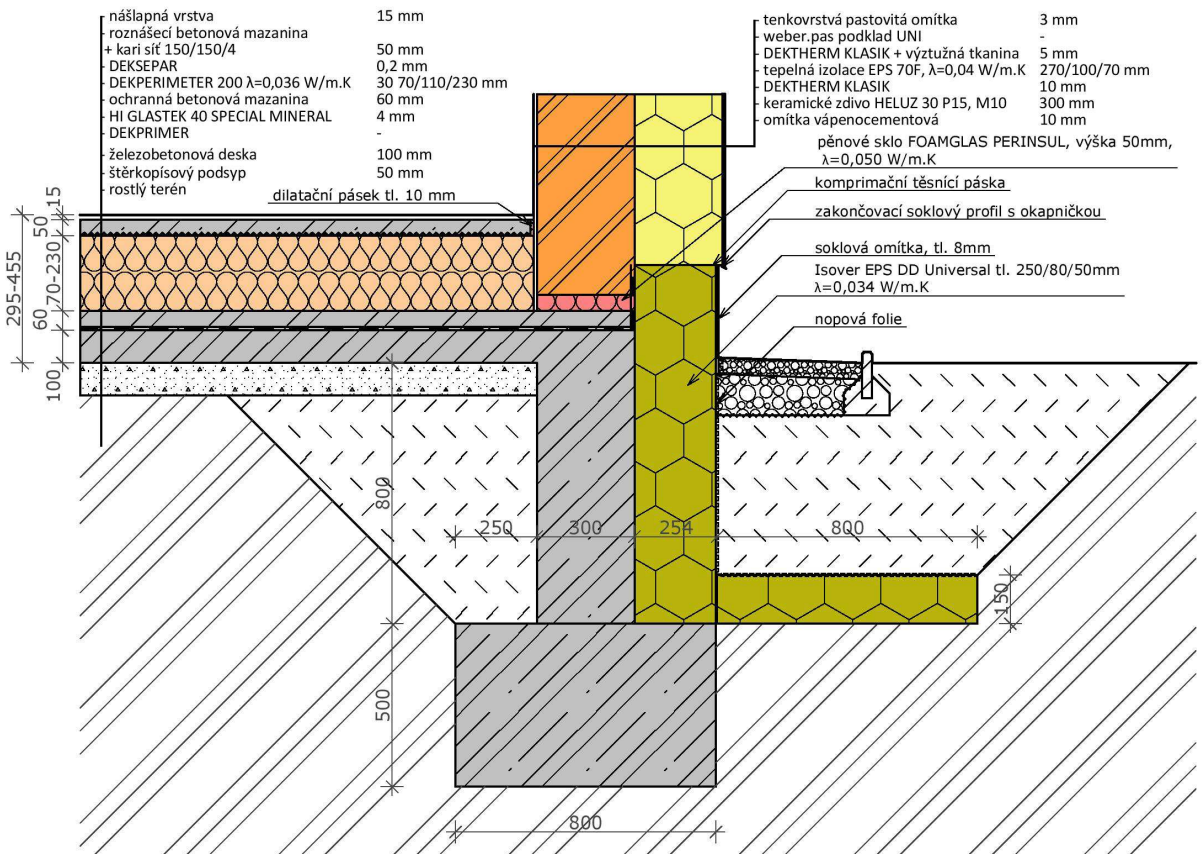
Obrázek 81 Teplotní pole řešeného detailu D7– zleva původní, zateplení věnce

Tabulka 38 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D7

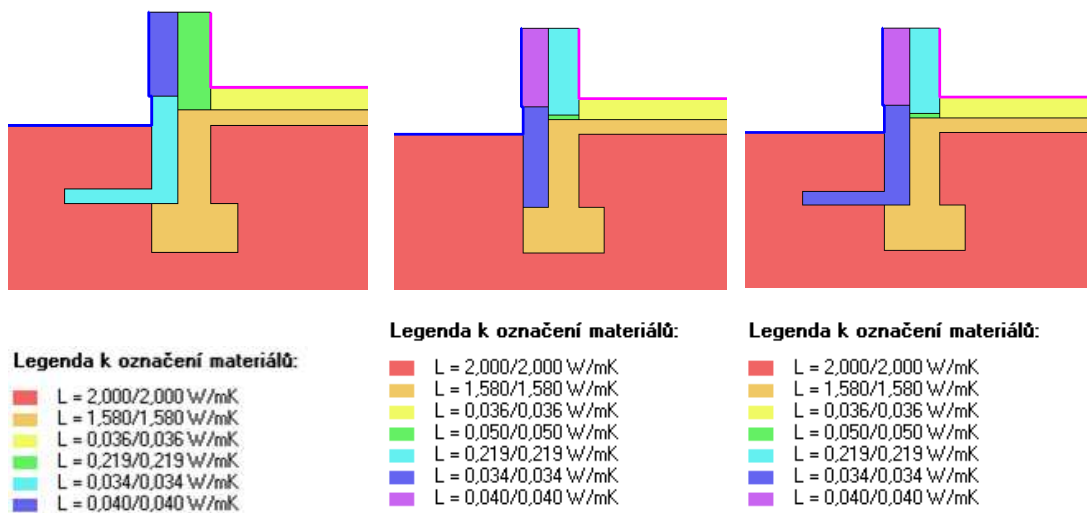
		PD původní	PD věnec
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	270
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	350
teplota interiéru	°C	20	
teplota exteriéru	°C	-12	
povrchová teplota interiéru	°C	17,78	17,84
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,102	0,102
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,308	0,298
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,060	-0,070
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1,55	1,55
délka konstrukce z exteriéru - podlaha	m	1,77	1,77

Optimalizovaný detail D9 - sokl

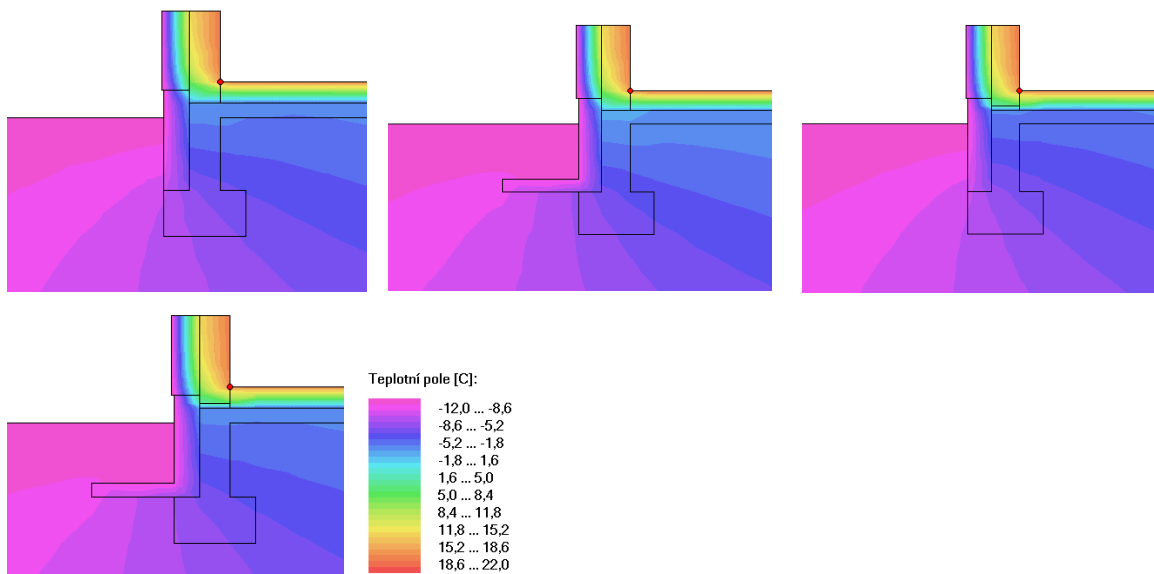
Původní detail s podrobným popisem na straně 42. Vylepšení detailu je ve třech variantách. První je vložení horizontální tepelné izolace do zeminy u základové konstrukce o rozměrech 800/150mm, druhá je založení zdiva v úrovni soklu na pěnosclo výšky 50 mm, $\lambda = 0,034 \text{ W/(m.K)}$ a třetí varianta je celková – první a druhá dohromady.



Obrázek 82 optimalizovaná varianta detailu D9 – sokl, varianta PD, M1:20



Obrázek 83 tři optimalizované varianty řešení detailů D9 zadávaných do programu Area 2010 (jedná se o výsek z celého detailu, viz postup výpočtu kapitola 2.1.2)– vlevo vložení horizontální tepelné izolace, uprostřed založení na pěnosclo a vpravo celková



Obrázek 84 Teplotní pole řešených detailů D9 – zleva původní, vložení horizontální tepelné izolace, založení na pěnosklo a v dolní řadě celková

Tabulka 39 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D9

		PD původní	PD hor. Izolace	PD penosklo	PD celk
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	270	270	270
tl. tepelné izolace podlahy	mm	230	230	230	230
teplota interiéru	°C	20			
teplota exteriéru	°C	-12			
povrchová teplota interiéru	°C	17,35	17,41	17,84	17,88
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121	0,121	0,121
lin. tepelná propustnost detailu L2D se stěnou	W/mK	0,61812	0,606	0,595	0,584
lin. tepelná propustnost detailu Lg podlahou	W/mK	0,445	0,445	0,445	0,445
Lineární číselník prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,0357	-0,048	-0,059	-0,070
délka konstrukce z exteriéru be - stěna	m	1,16	1,16	1,16	1,16
délka konstrukce z exteriéru bg,e - podlaha	m	4,27	4,27	4,27	4,27
délka konstrukce z exteriéru bg,i - podlaha	m	3,7	3,7	3,7	3,7

OVĚŘENÍ ÚNOSNOSTI PĚNOSKLA

Pevnost pěnoskla v tlaku $R_s = 1,6 \text{ MPa} = 1600 \text{ kN/m}^2$ dle výrobce (citovat Technický list FOAMGLAS® PERINSUL S (Standard), 17.4.2014, www.foamglas.com, 7.12.2016)

$$N_{Ed} = 258,8 \text{ kN/m (kapitola 3.1)}$$

$$N_{Rd} = b \cdot t \cdot R_d = 1 \cdot 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ kN/m}$$

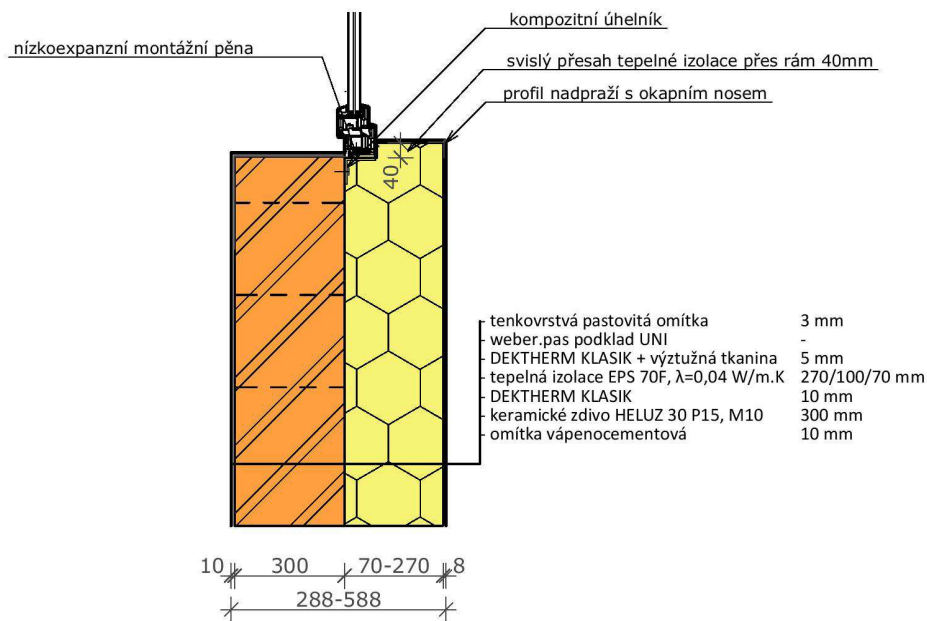
Kde b je šířka stěny v m, t je tloušťka stěny a R_d je výpočtová pevnost zdiva v kN/m^2

$$N_{Ed} = 258,8 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 480 \text{ kN/m}$$

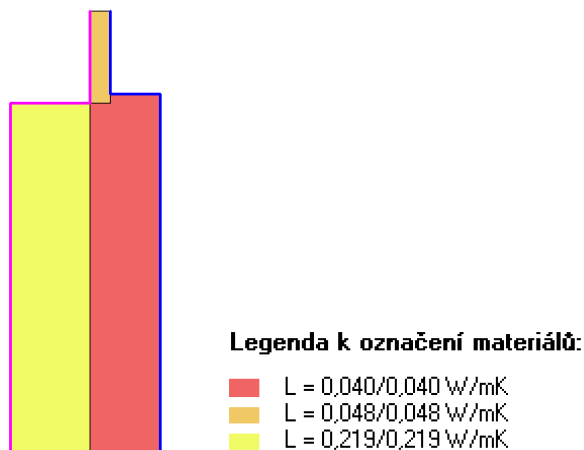
Návrhová hodnota působící svisle na pěnosklo je menší než návrhová únosnost pěnoskla.

Optimalizovaný detail D10 – ostění okna

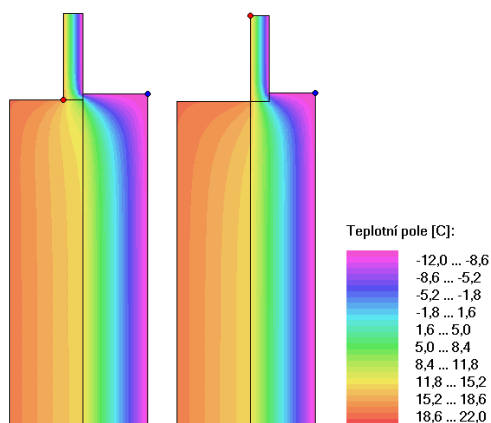
Původní detail s podrobným popisem na straně 44. Vylepšení detailu je pouze vysunutí okna do tepelné izolace a zvětšení přesahu tepelné izolace přes rám o 10 mm na 40 mm.



Obrázek 85 optimalizovaná varianta detailu D10 – ostění okna, varianta PD, M1:20



Obrázek 86 optimalizovaná varianta řešeného detailu D10 zadávaného do programu Area – vysunutí okna



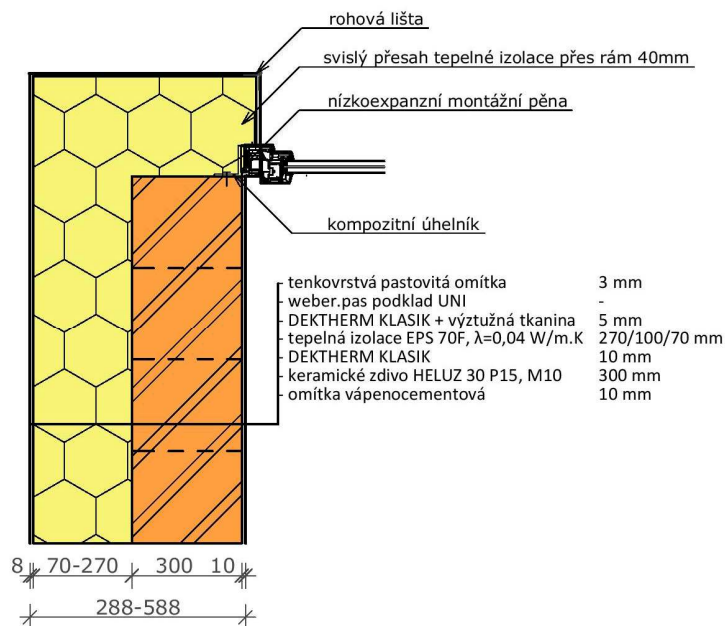
Obrázek 87 Teplotní pole řešeného detailu D10– zleva původní, vysunutí okna

Tabulka 40 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D10

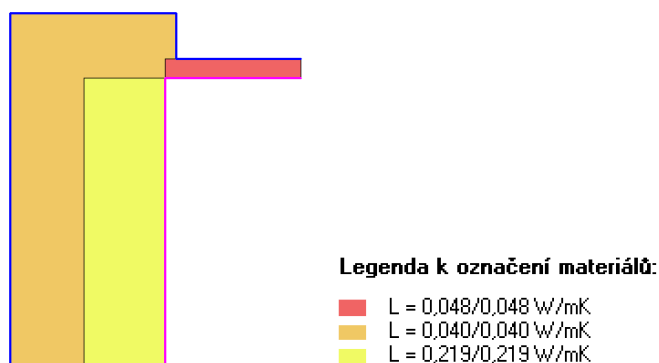
		PD půvosní	PD okno
tl. tepelné izolace	mm	270	NED
teplota interiéru	°C	20	
teplota exteriéru	°C	-12	
povrchová teplota interiéru	°C	16,76	17,74
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,544
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,374	0,347
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,036	0,009
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1	1
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,4	0,4

Optimalizovaný detail D11 – ostění okna + roh - arkýř

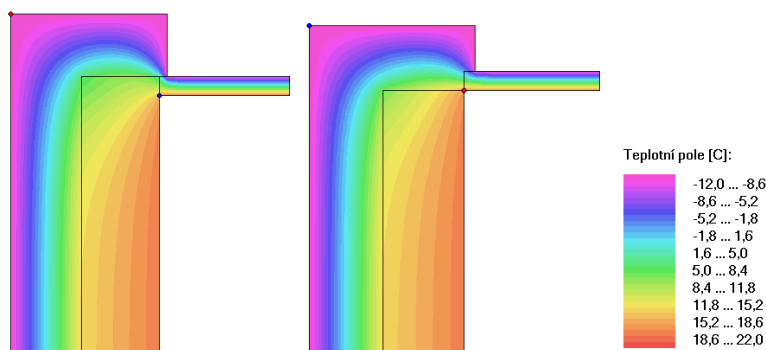
Původní detail s podrobným popisem na straně 46. Vylepšení detailu je pouze vysunutí okna do tepelné izolace a zvětšení přesahu tepelné izolace přes rám o 10 mm na 40 mm.



Obrázek 88 optimalizovaná varianta detailu D11 – ostění okna + roh - arkýř, varianta PD, M1:20



Obrázek 89 optimalizovaná varianta řešeného detailu D11 zadávaného do programu Area 2010 – vysunutí okna



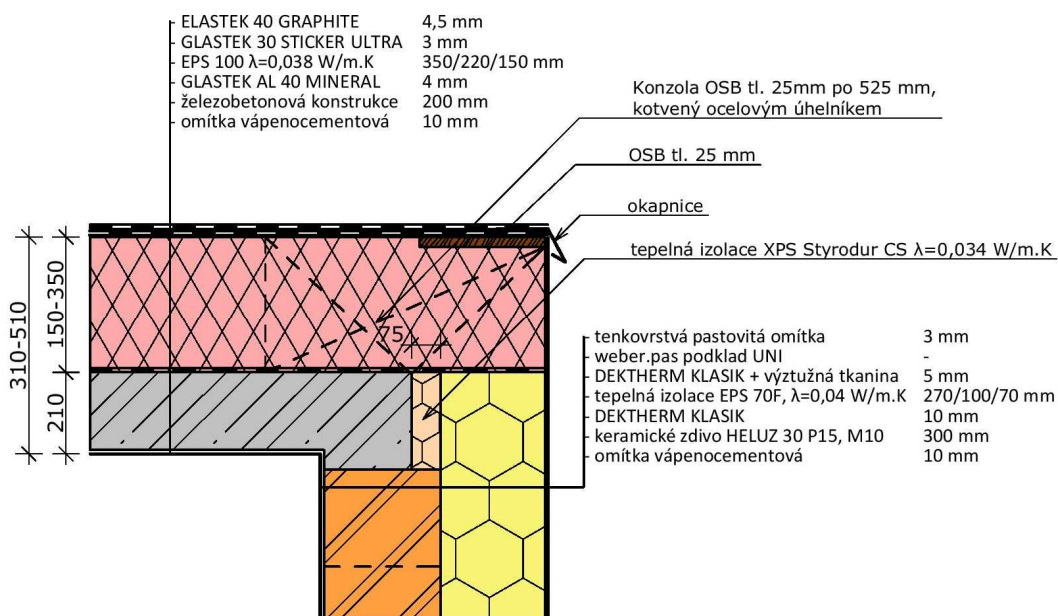
Obrázek 90 Teplotní pole řešeného detailu D11– zleva původní, vysunutí okna

Tabulka 41 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D11

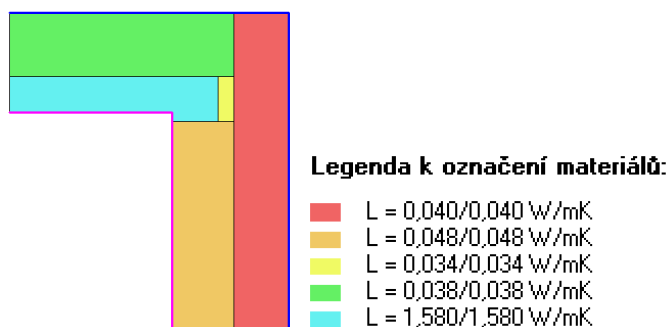
		PD půvosní	PD okno
tl. tepelné izolace	mm	270	270
teplota interiéru	°C	20	
teplota exteriéru	°C	-12	
povrchová teplota interiéru	°C	15,85	17,72
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,120629	0,121
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544465	0,544
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,48316	0,465
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,03516	-0,054
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	2,04	2,04
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,5	0,5

Optimalizovaný detail D14 – strop X stěna (vnější horní hrana)

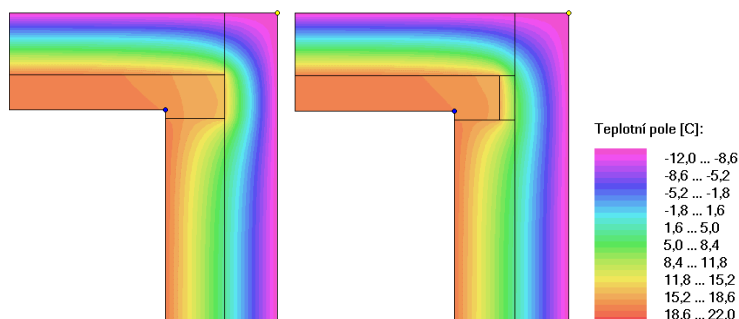
Původní detail s podrobným popisem na straně 52. Vylepšení detailu je zateplení pozedního věnce vložení tepelné izolace 250/75mm, $\lambda = 0,034 \text{ W/(m.K)}$.



Obrázek 91 optimalizovaná varianta detailu D14 – strop X stěna (vnější horní hrana bez okna) - arkýř, varianta PD, M1:20



Obrázek 92 optimalizovaná varianta řešeného detailu D14 zadávaného do programu Area 2010– zateplení věnce



Obrázek 93 Teplotní pole řešeného detailu D14– zleva původní, zateplení věnce

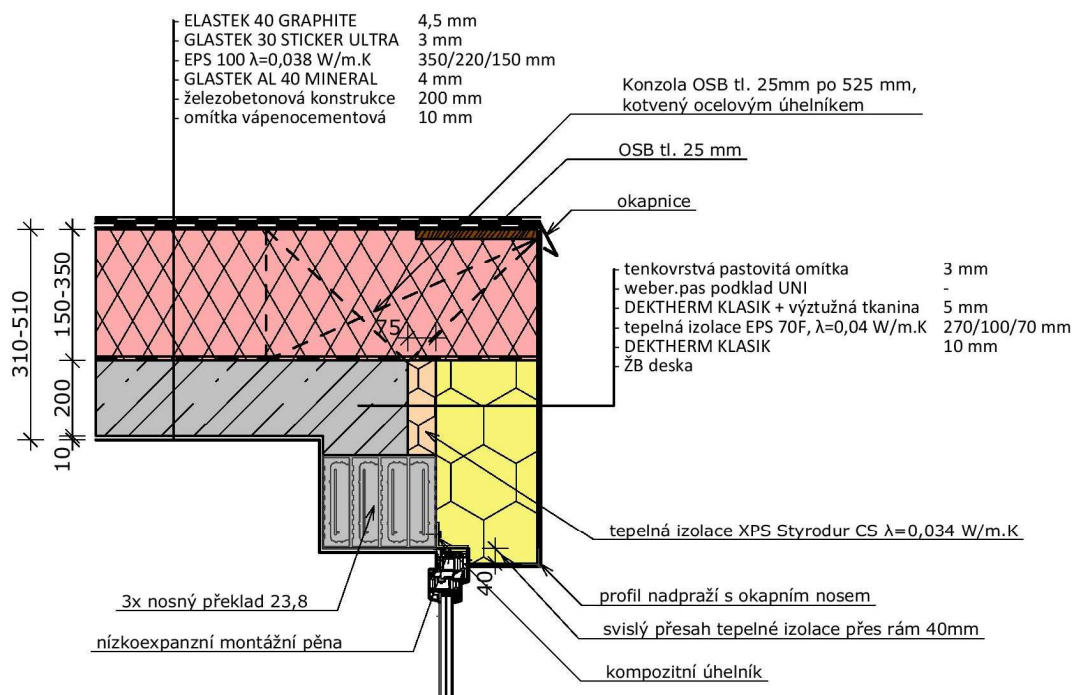
Tabulka 42 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D14

		PD půvosní	PD věnec
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	270
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	350
teplota interiéru	°C	20	
teplota exteriéru	°C	-12	
povrchová teplota interiéru	°C	18,32	18,58
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121
součinitel prostupu tepla U střechy	W/m ² K	0,106	0,106
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,25987	0,242
Lineární činitel prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	-0,09627	-0,114
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	1,75	1,75
délka konstrukce z exteriéru - ostřecha	m	1,37	1,37

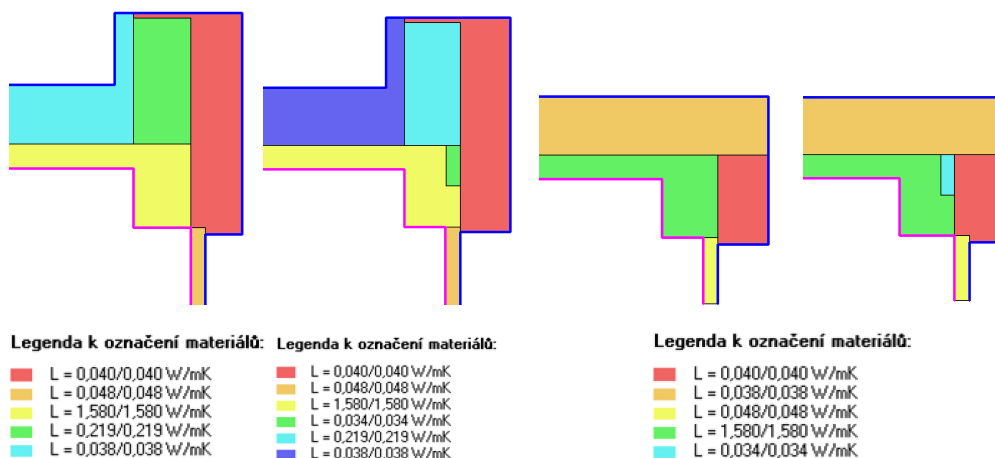
Optimalizovaný detail D15 – atika + okno

Původní detail s podrobným popisem na straně 54. Vylepšení detailu je ve třech variantách. První je vysunutí okna do tepelné izolace a zvětšení přesahu tepelné izolace přes rám o 10 mm na 40 mm., druhá je zateplení pozedního věnce vložením tepelné izolace 250/75mm, $\lambda = 0,034 \text{ W/(m.K)}$ a třetí varianta je celková – první a druhá dohromady.

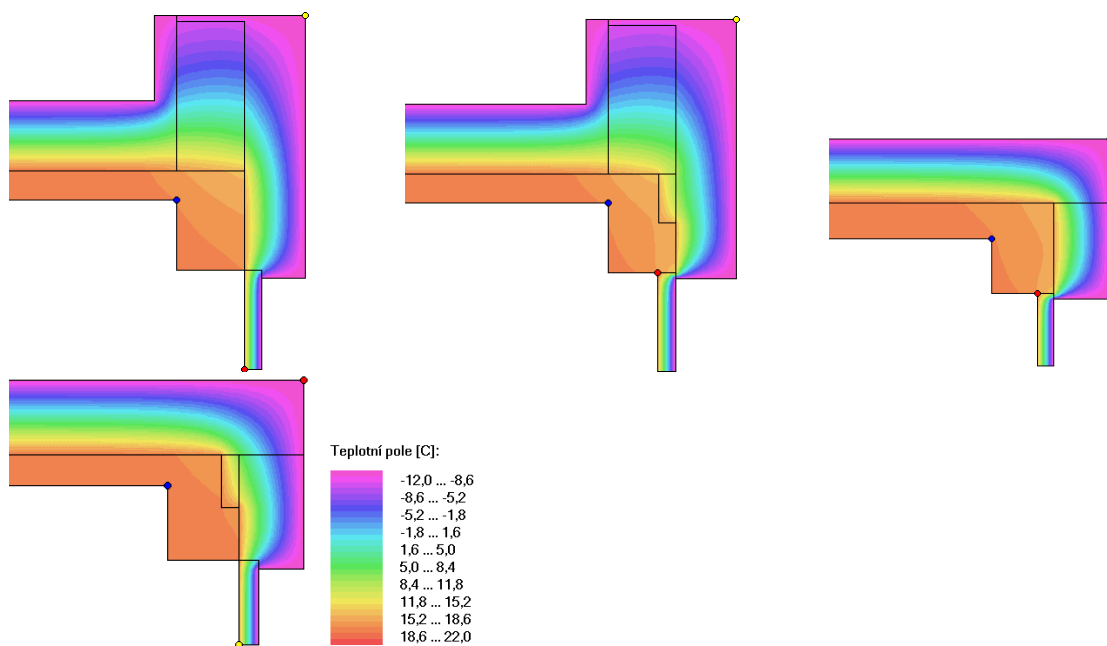
Výsledný detail se zrušením vystupující atiky vychází z původního řešení atiky na arkýřích (detail D6, strana 36). Ve výpočtu je zanedbán vliv tepelných mostů vlivem vynášecích konzol (viz neoptimalizovaný detail D6, Obrázek 36)



Obrázek 94 optimalizovaná varianta detailu D15 – atika + okno, varianta PD, M1:20



Obrázek 95 tři optimalizované varianty řešení detailů D15 zadávaných do programu Area 2010 – vlevo vysunutí okna do tepelné izolace, uprostřed zateplení věnce, vpravo zrušení atiky a vlevo dole celková



Obrázek 96 Teplotní pole řešených detailů D15 – zleva původní, vysunutí okna do tepelné izolace, zateplení věnce a celková

Tabulka 43 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D15

		PD původní	PD okna	PD věnec	PD atika	PD celk
tl. tepelné izolace stěny	mm	270	270	270	270	270
tl. tepelné izolace střechy	mm	350	350	350	350	350
teplota interiéru	°C	20				
teplota exteriéru	°C	-12				
povrchová teplota interiéru	°C	17,5	17,74	17,53	17,620	17,740
součinitel prostupu tepla U stěny	W/m ² K	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
součinitel prostupu tepla U okna	W/m ² K	0,544	0,544	0,544	0,544	0,544
lin. tepelná propustnost detailu L2D	W/mK	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106
Lineární číselník prostupu tepla z vnější strany Ψ_e	W/m.K	0,0775	0,028	0,069	0,022	-0,048
délka konstrukce z exteriéru - stěna	m	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
délka konstrukce z exteriéru - okno	m	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
délka konstrukce z exteriéru - střecha	m	1,97	1,97	1,97	1,87	1,87

4.5 Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

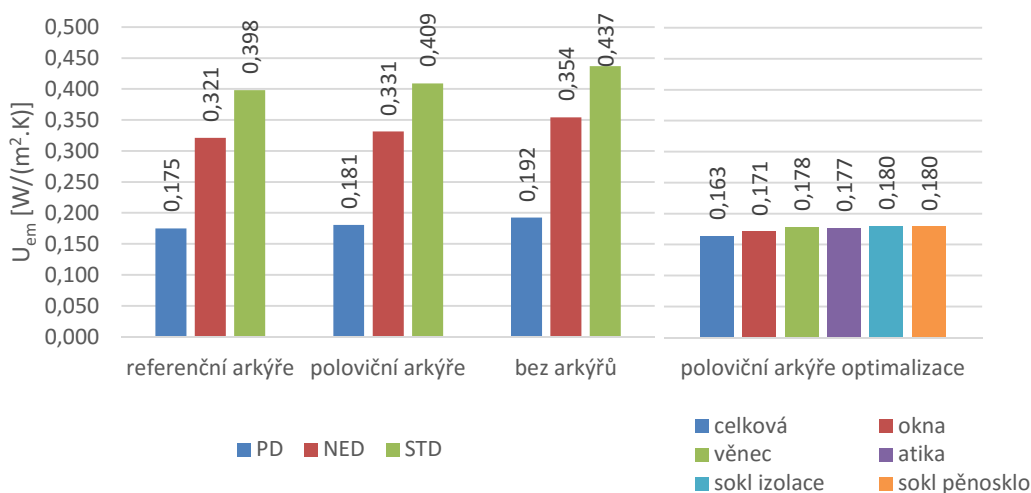
Průměrný součinitel prostupu tepla je počítán dle postupu 2.3 a výsledné hodnoty uvedeny v tabulce níže (Tabulka 44). Plocha obálky budovy A je stanovena v kapitole 17. Měrná tepelná ztráta prostupem tepla H_T je spočten dle postupu viz kapitola 2.3.2. Podrobné výpočty hodnoty $\sum H_T$ pro plošné konstrukce pro jednotlivé varianty budovy jsou uvedeny v příloze 5. Přírážky na tepelné vazby jsou podrobně rozepsány v příloze 6 pro variantu bez optimalizace a v příloze 7 pro variantu s optimalizací.

Plochy obálky budovy jsou brány jako vnější rozměry budovy.

Hodnoty součinitelů prostupu tepla U pro obvodové konstrukce jsou uvedeny v kapitole 3.2.1 Tabulka 3.

Tabulka 44 souhrn hodnot U_{em} , H_T a dalších souvisejících hodnot

				U_{em}	A	H_T	$\sum H_T$ plošné k.	ΔU_{tb}
				W/(m².K)	m ²	kW/K	W/K	W/K
	tvar		optimalizace					
bez optimalizace	Referenční arkýře	PD		0,175	2941,3	0,514	500,798	13,602
		NED		0,321	2851,5	0,916	914,688	1,044
		STD		0,398	2825,1	1,124	1122,314	1,642
	poloviční arkýře	PD		0,181	2756,2	0,498	480,555	17,271
		NED		0,331	2679,4	0,887	880,710	6,759
		STD		0,409	2658,0	1,087	1078,570	8,414
	bez arkýřů	PD		0,192	2571,1	0,495	460,313	34,451
		NED		0,354	2507,2	0,889	846,731	41,881
		STD		0,437	2490,9	1,088	1034,826	53,605
s optimalizací	poloviční arkýře	PD	celková	0,163	2756,2	0,450	480,6	-30,379
			okna	0,171		0,472		-8,751
			věnc	0,178		0,491		10,604
			atika	0,177		0,488		7,001
			sokl izolace	0,180		0,496		15,919
			sokl pěnosclo	0,180		0,495		14,697



Graf 1 souhrn hodnot průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}

4.6 Výpočet potřeby tepla na vytápění budovy

Výpočet potřeby tepla (postup příloha 2) je stanoven měsíčně metodou dle (9) ve vytvořeném modelu v Excelu.

4.6.1 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty prostupem jsou ovlivněny tvarem (plochou obálky) a řešením jednotlivých detailů. Vstupní hodnoty měrné tepelné ztráty prostupem tepla H_T jsou tedy pro každou variantu jiné (viz Tabulka 44), naopak tepelné ztráty větráním jsou zvoleny stejné pro všechny varianty (PD, NED, STD). Je uvažováno mechanické větrání s rekuperací s účinností 85% a průměrnou násobností výměny vzduchu $0,3 \text{ h}^{-1}$ (podrobný popis koncepce větrání viz kapitola 6). V praxi by se nejspíše budova splňující nejmírnější požadavky normou (6) na prostup tepla nenavrhovala s mechanickým větráním s rekuperací, ale pro účely této práce je větrání takto zvoleno, protože je cílem porovnat vliv plochy obálky budovy a provedení detailů.

Vnitřní návrhová teplota je uvažována 20°C . Jako návrhové teploty exteriéru pro jednotlivé měsíce jsou použity průměrné měsíční data z Prahy dle (7).

Je uvažováno s 37 osobami v celém objektu s průměrnou obsazeností 0,7 pro obytné budovy.

4.6.2 Využitelné tepelné zisky

Tepelné zisky jsou opět uvažovány konstantní. Ve všech variantách budov je uvažováno se stejnými vnitřními zisky od obyvatelů, přístrojů atd. (100 W na osobu a 100 W na bytovou jednotku). V této práci je uvažována stejná plocha oken i zastínění pro všechny varianty budovy. Zastínění je počítáno dle (9). Tato norma uvažuje konstantní činitele stínění po celý rok. Ve vyčíslování korekčních činitelů pro výpočet měrné potřeby tepla je zanedbán jiný vliv tvaru budovy a stínění arkýři pro každé okno a stanovení je zjednodušeno. Pro každé okno je brána stejná hodnota, která je uvažována pro okno v polovině výšky objektu. Ve skutečnosti je každé okno jinak zastíněné, například vlivem architektury budovy, výškovým umístěním (přízemí, poslední patro) a stíněním okolní zástavbou. Kapitola 6.1 se podrobněji zabývá letním přehříváním (stínění architekturou – arkýři, žaluziemi).

Měsíční hodnoty slunečního záření pro jednotlivé fasády H_j [kWh/m^2] vycházejí z hodnot dostupných pro danou lokalitu (Praha). Celková energetická propustnost zasklení $g = 0,75$ [-]; korekční činitel pro zvýšené ztráty odrazem při větších úhlech dopadu slunečního záření $F_w = 0,9$ [-]; korekční činitel rámu spočítán z průměrného okna $F_F = 0,836$ [-]; korekční činitel clonění $F_c = 0,15$ [-].

Pro jednotlivé fasády dle světových stran jsou spočteny hodnoty korekčního činitele stínění F_s , který je počítán součinem hodnot činitele stínění horizontem F_h ($12,5^\circ$), dílčím činitelem stínění markýzou F_o (30°) a dílčím činitelem stínění bočním žebrem F_f (8%).

Faktor využitelnosti je počítán dle (9). Tepelná kapacita objektu zvolena jako $C_m = 260 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pro střední třídu konstrukcí.

V tabulce níže (Tabulka 45) jsou uvedeny výsledné hodnoty e_{VA} pro jednotlivé varianty budovy.

Tabulka 45 souhrn hodnot měrné potřeby tepla na vytápění pro jednotlivé varianty

				plocha obálky A	Půdorysná plocha A	Q_h	e_{VA}
	tvar		optimalizace	m ²	m ³	[kWh/a]	[kWh/m ² .a]
bez optimalizace	Referenční arkýře	PD		0,1749	1847,3	25348,2	13,72
		NED		0,3211		60296,5	32,64
		STD		0,3978		79388,8	42,98
	poloviční arkýře	PD		0,1806	1852,2	23985,5	12,95
		NED		0,3312		57739,5	31,17
		STD		0,4089		75969,0	41,02
	bez arkýřů	PD		0,1924	1857,0	23734,1	12,78
		NED		0,3544		57842,0	31,15
		STD		0,4370		76101,9	40,98
s optimalizací	poloviční arkýře	PD	celková	0,1633	1852,2	20120,22	10,9
			okna	0,1712		21864,42	11,8
			věnc	0,1782		23439,91	12,7
			atika	0,1769		23145,7	12,5
			sokl izolace	0,1801		23874,77	12,9
			sokl pěnosclo	0,1797		23774,66	12,8

5 Porovnání, vyhodnocení

5.1 Porovnání různých způsobů výpočtu

V kapitole 2.3.2 je popsáno, jak lze uvažovat při výpočtu přírážky na lineární tepelné vazby. V této práci je uvažováno s podrobným započítáním hodnot Ψ_e pro jednotlivé tepelné vazby, jelikož je cílem zjištění přesného vlivu arkýřů a jejich vliv na délky vazeb a další cíl je zjištění vlivu kvality řešení jednotlivých tepelných vazeb na měrnou potřebu tepla na vytápění. V případě započítání vlivu konstantní hodnoty $\Delta U_{tb}=0,02 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ je přírážka vždy stejná a závislá je pouze na celkové ploše obálky, nikoliv na kvalitě řešení ani na druhu a množství různých tepelných vazeb.

Porovnávání způsobu výpočtu je pouze u dvou prostorových variant

- referenční budova s arkýři (Graf 2, Graf 4)
- budova bez arkýřů (Graf 3, Graf 5)

z nichž každá je provedena ve třech materiálových variantách

- standartní dům STD
- pasivní dům PD
- pasivní dům s optimalizovanou obálkou

a každá materiálová varianta materiálová varianta je řešena v různých variantách přírážky tepelných vazeb, tedy různém způsobu výpočtu.

- tepelné vazby nezapočítány (modrá)
- kladné i záporné tepelné vazby Ψ_e (fialová)
- pouze kladné tepelné vazby Ψ_e (zelené)
- dle normy $\Delta U_{tb}=0,02 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ (červená)

První v jednotlivých skupinách v grafu je uvedena vždy hodnota bez uvažování tepelných vazeb (100%) a k této hodnotě jsou vztaženy ostatní, aby se snadno určilo, jaký vliv má daný způsob uvažování tepelných vazeb.

Vyhodnocení

V grafech (Graf 2 pro referenční budovu a Graf 3 pro budovu bez arkýřů) jsou hodnoty měrné potřeby tepla uvedeny v $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ a v grafech (Graf 4 a Graf 5) jsou hodnoty uvedeny v %.

Z grafů je v první řadě patrné, že vliv tepelných vazeb má větší význam u energeticky méně náročných domů. Rozdíl hodnot v $\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ dle Graf 2 a Graf 3 zůstává řádově stejný pro všechny tři varianty zateplení (STD, PD, PD opt.). Procentuální vliv a význam je tedy větší u varianty s celkovou nižší potřebou tepla – v našem případě u varianty PD a

PD opt. Proto je třeba si uvědomit, že se zvětšujícími se nároky na kvalitu obálky budov a snižující se potřeby tepla na vytápění, hraje vliv tepelných vazeb významnější roli.

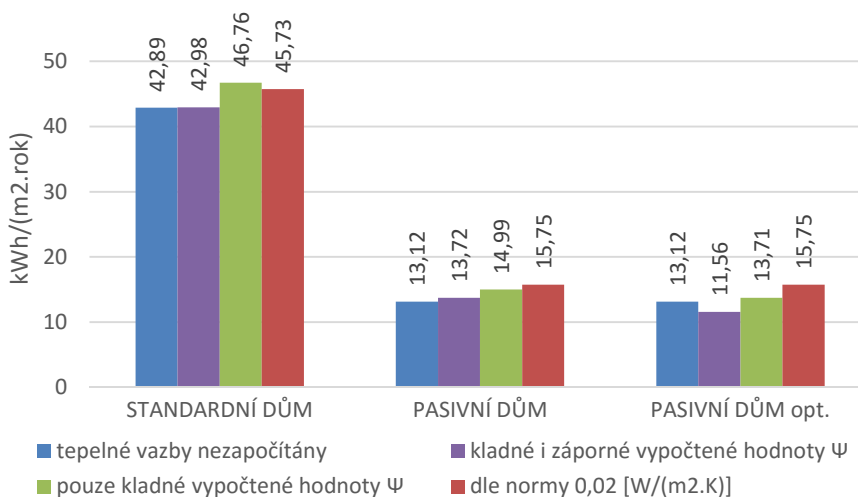
U nejméně zateplené varianty (standardní dům) rozdíl ve výpočtu nedosahuje takových výkyvů. Hodnoty se pohybují ve výkyvech v rozmezí 0 – 10 %. Počítáme-li dle normy $\Delta U_{tb}=0,02 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, výsledek se liší od přesného započtení o 7 %, u varianty bez arkýřů dokonce jen o 1 %.

Zajímavější výsledky se dají pozorovat u varianty na úrovni pasivního domu. U varianty bez optimalizace hodnota vzroste po přesném započtení tepelných vazeb u varianty s arkýři o 5% a u budovy bez arkýřů o 13%. Ovšem podle normového výpočtu hodnota vzroste o 20%, rozdíl mezi výpočty je tedy 15% a 7%.

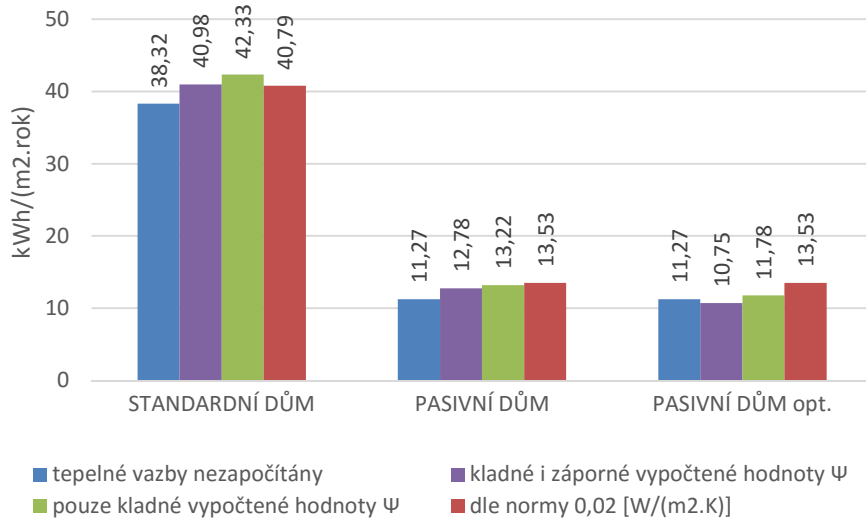
U varianty s optimalizovanými detaily se dokonce výsledná hodnota potřeby tepla po započtení přesné hodnoty lineárních tepelných vazeb sníží, ale normová hodnota stále narůstá o stejných 20% jako v předchozí variantě. Výsledný rozdíl mezi výpočty je tedy velký 32%, respektive 25%.

Na grafech je tedy patrné, že abychom mohli v této práci porovnávat kvalitu obálky budovy, potřebujeme počítat s přesněji vypočtenou hodnotou potřeby tepla na vytápění, která uvažuje plochu obálky, tvar budovy a podrobně vypočtené hodnoty přírážky na lineární tepelné vazby, nikoliv pouze hrubou přírážkou počítající pouze s celkovou plochou obálky.

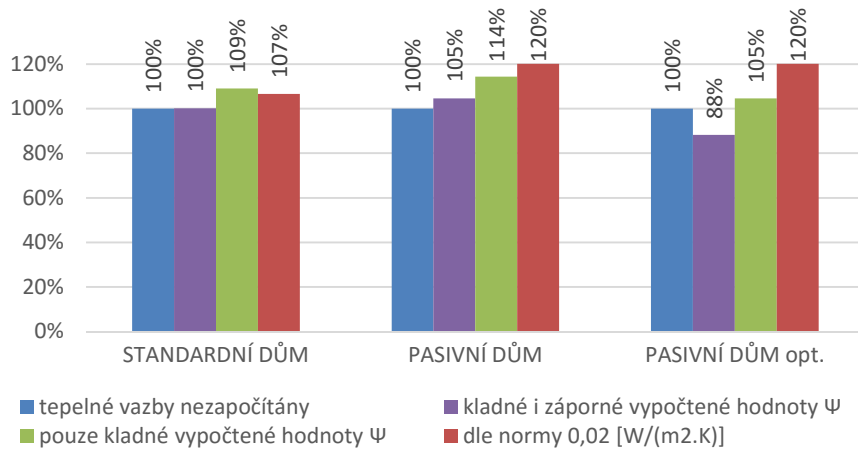
Obecně je ale důležité si uvědomit, že sice počítáme s podrobnou hodnotou, ale stále tu jsou nejistoty výpočtu způsobené například zanedbáním nějakých tepelných mostů a vazeb, nepřesností výpočtu (délka vazeb, hodnoty lineárního činitele prostupu tepla). V praxi je hodnota ovlivněna například kvalitou materiálů a kvalitou provedení. Podrobný výpočet je proto nutné stále brát s rezervou.



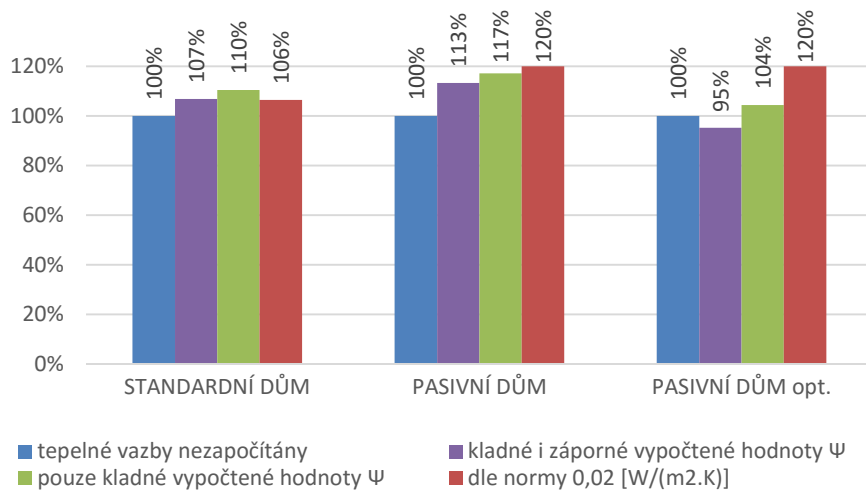
Graf 2 REFERENČNÍ VARIANTA – porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb



Graf 3 VARIANTA BEZ ARKÝŘŮ - porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb



Graf 4 REFERENČNÍ VARIANTA - Porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb v procentech



Graf 5 VARIANTA BEZ ARKÝŘŮ - Porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb v procentech

5.2 Porovnání vlivu tvaru budovy

V kapitole 2.3.2 je popsáno, jak tvar budovy a jeho ochlazovaná plocha obálky ovlivňuje potřebu tepla na vytápění. Čím více členitá obálka, tím větší je plocha vystavená exteriéru a tím větší tepelné ztráty jsou.

V této části je porovnávána budova ve třech prostorových variantách

- referenční s arkýři
- poloviční arkýře
- bez arkýřů

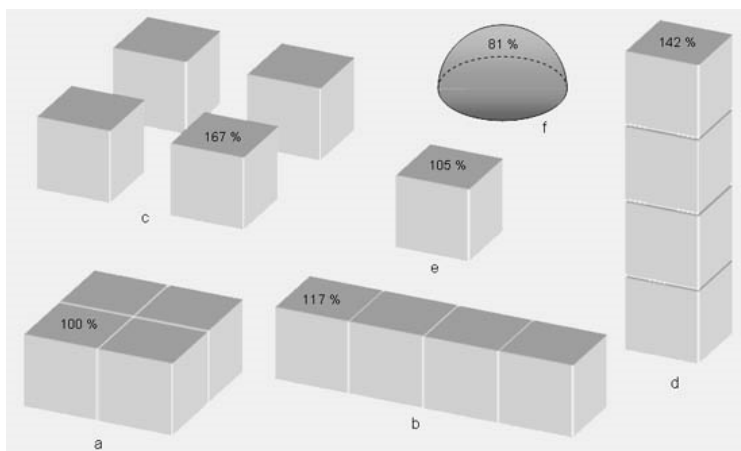
z nichž každá je provedena ve třech materiálových variantách

- standartní dům STD
- nízkoenergetický dům NED
- pasivní dům PD

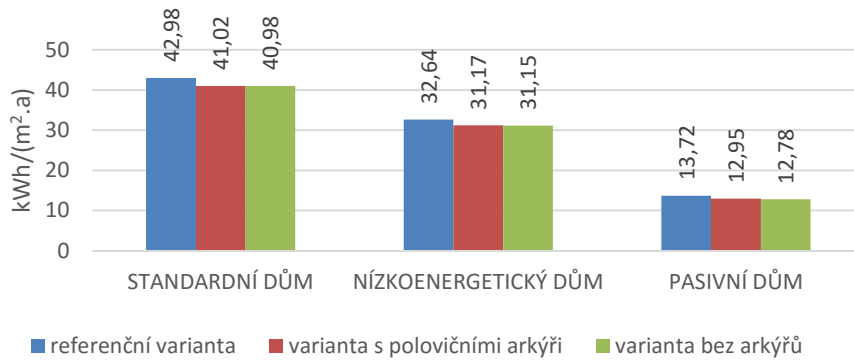
Vyhodnocení

Z Graf 6 a Graf 7 lze vidět, že tvar budovy má určitý vliv. Se snižující se plochou obálky dle očekávání klesá měrná potřeba tepla na vytápění. U materiálové varianty standartního domu a nízkoenergetického domu hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění klesají o téměř stejné hodnoty v procentuálním vyjádření hodnot. U varianty pasivního domu hodnoty se snižující se plochou obálky klesají nepatrně více.

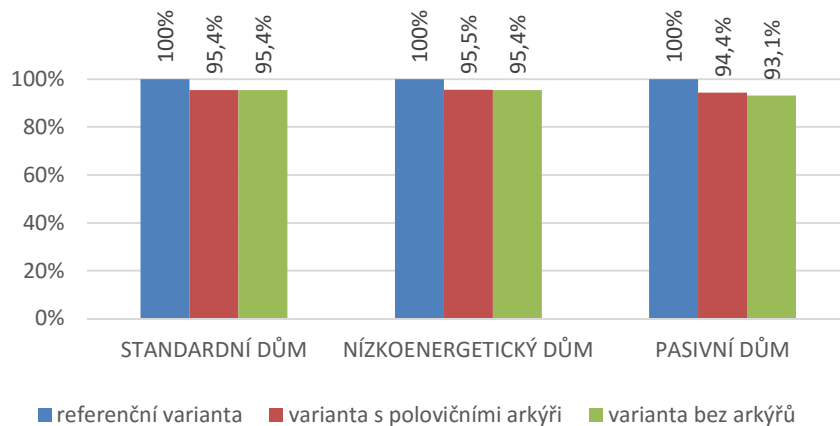
Výsledky znázorněné v grafu ověřili, že tvar obálky má význam při výpočtu potřeby tepla. Čím méně členitá obálka, tím menší vychází potřeba tepla a rozdíly mezi jednotlivými prostorovými řešeními u všech materiálových variant jsou podobné. V případě řešeného objektu není ale vliv tak významný. Řešení kompaktnosti u budov na významné snížení potřeby tepla na vytápění má mnohem větší a významnější vliv při řešení hmoty objektu jako celku (viz Obrázek 97), například půdorys ve tvaru kříže místo čtvercového půdorysu.



Obrázek 97 Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty. Procenta znázorňují porovnání velikosti ochlazovaných ploch (12)

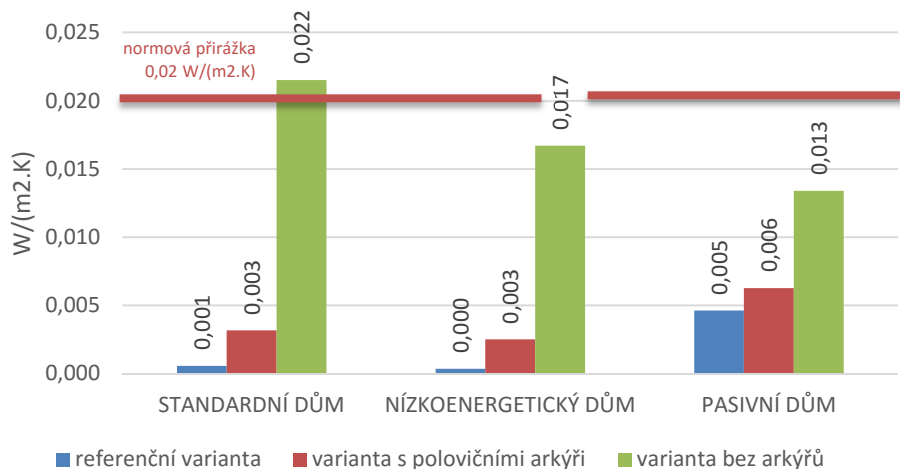


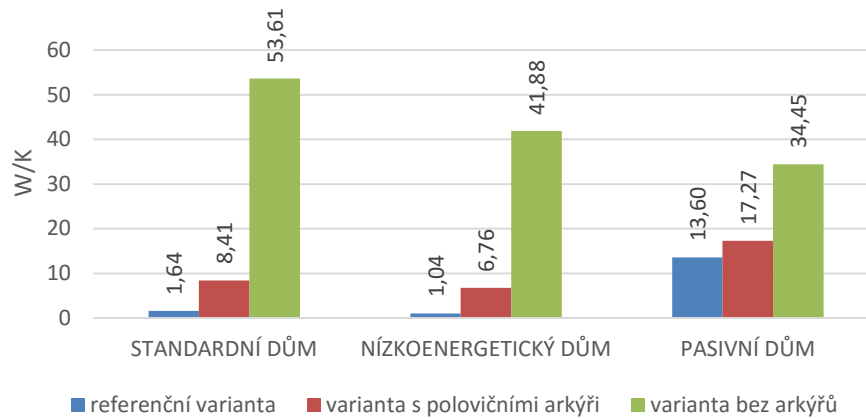
Graf 6 měrná potřeba tepla za rok



Graf 7 měrná potřeba tepla za rok v procentech

V Graf 8 znázorňující přírážku na vliv tepelných vazeb je vidět opačný, tedy vzrůstající, trend přírážky na tepelné vazby s klesající plochou obálky. Tento trend je způsoben tím, že v případě arkýřů vniká mnoho tepelných vazeb se zápornou hodnotou Ψ_e , která výrazně ovlivňuje celkovou hodnotu přírážky. Celkové hodnoty v neoptimalizované variantě dosahují hodnot blízkým normové hodnotě $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ pouze u varianty bez arkýřů. U ostatních prostorových variant jdou hodnoty významně nižší.

Graf 8 přírážka na vliv tepelných vazeb U_{tb}



Graf 9 tepelný tok vlivem uvažovaných tepelných vazeb

5.3 Optimalizace tepelných vazeb

Z Graf 10 a Graf 11 lze odečíst vlivy jednotlivých optimalizačních řešení na potřebu tepla. První v řadě je uvedena nevypleššená původní varianta (100%) a poslední v řadě je uvedena hodnota celkového vylepšení.

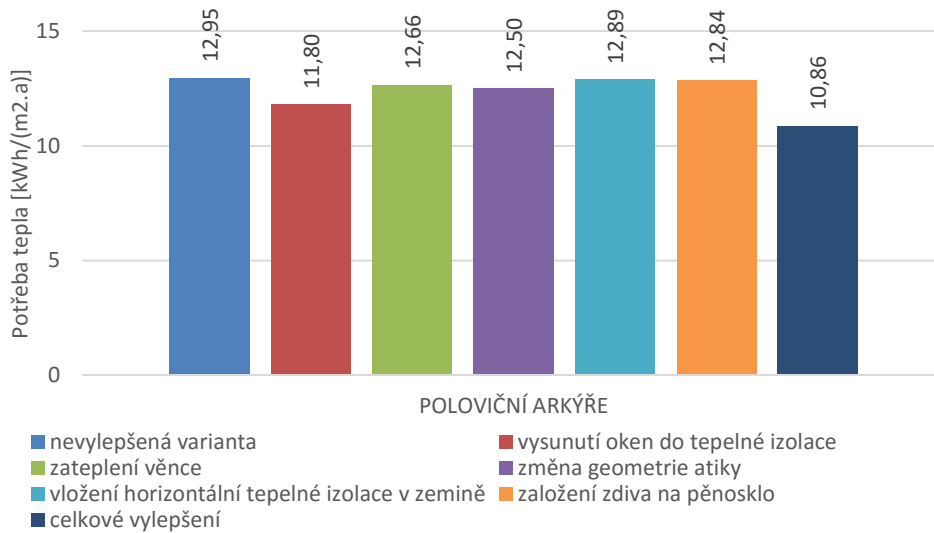
Optimalizovány a porovnávány jsou pouze detaily na úrovni pasivního domu. V grafech (Graf 10 a Graf 11) jsou uvedeny hodnoty pouze pro variantu s polovičními arkýři. V příloze 8 jsou porovnány tři prostorové varianty včetně souhrnné tabulky s pomocnými hodnotami.

Na koláčovém grafu níže (Graf 12) jsou znázorněny jednotlivá vylepšení a míra jejich vlivu.

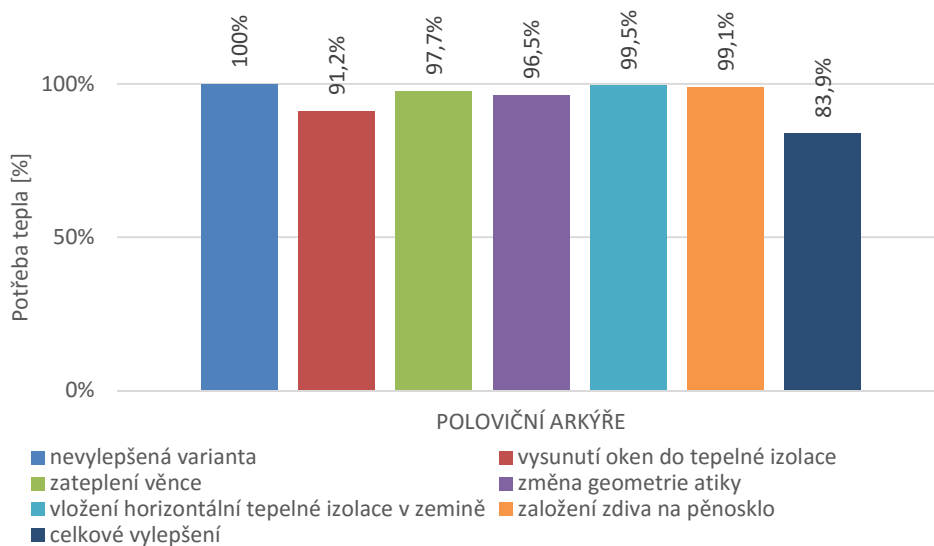
Z grafů lze vyčíst, že nejvíce vylepšuje měrnou potřebu tepla vysunutí oken do tepelné izolace, dále má velký vliv atika a zateplení věnce. Naopak nejmenší vliv na potřebu tepla má vylepšení soklu a vložení izolace do věnce.

Celková hodnota snížení při dané optimalizaci detailů činí řádově $2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ a to činí pro všechny prostorové varianty kolem 17% zlepšení (Graf 10, Graf 11)

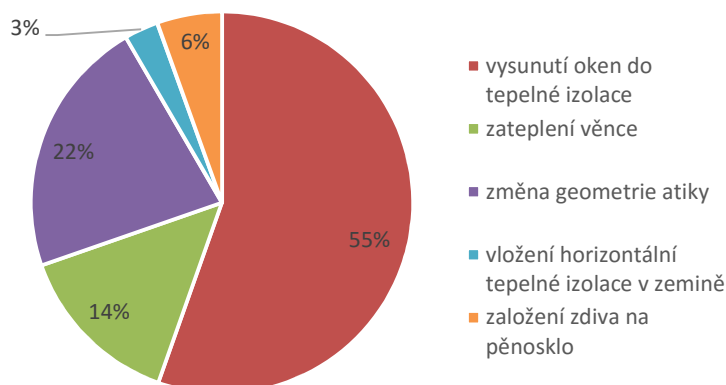
Při řešení detailů a jejich optimalizaci je nutno vycházet z předpokladu, že daný detail může být nějak řešen, počítán a modelován, ale při výstavbě může být velmi složitý, nebo velmi neekonomický daný detail zhotovit. Je proto nutné si uvědomit hranici mezi proveditelností a s tím souvisejícím rizikem poruch a výsledným dopadem na kvalitu stavby. Příkladem může být pracné řešení zateplení věnce týkající se většiny detailů (D1, D3, D4, D6, D7, D14, D15), ale výsledné vylepšení činí 2,3%.



Graf 10 porovnání potřeby tepla v kWh/(m² . a) při různé optimalizaci pro variantu na úrovni pasivního domu – budova s polovičními arkýři

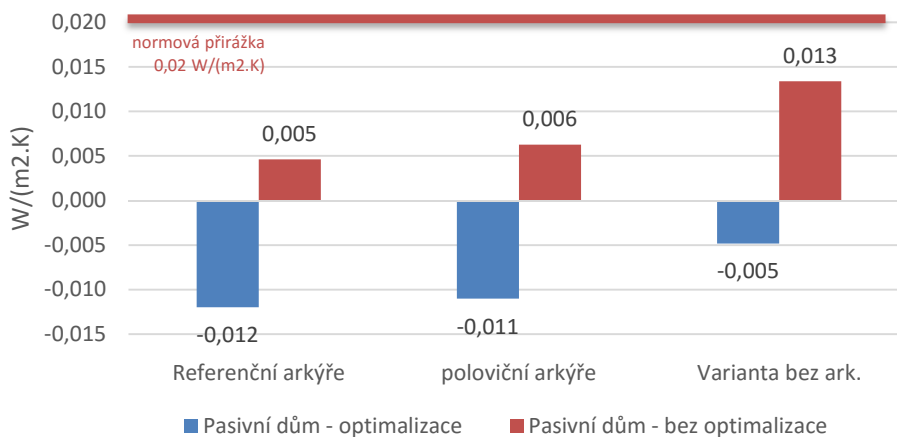


Graf 11 porovnání potřeby tepla v % při různé optimalizaci pro variantu na úrovni pasivního domu – budova s polovičními arkýři

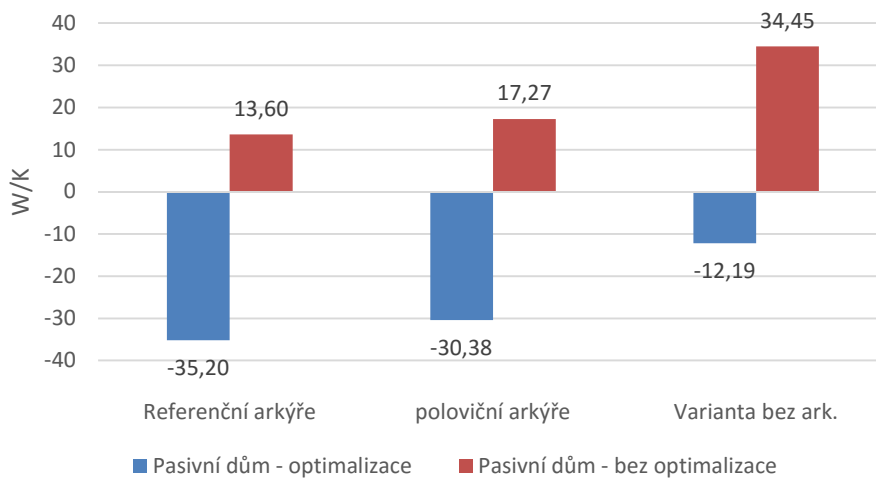


Graf 12 míra vlivu jednotlivých variant optimalizací detailů – budova s polovičními arkýři

Na Graf 13 a Graf 14 vidíme porovnání přírážky na lineární tepelné vazby vypočtené podrobným vyčíslením lineárních činitelů prostupu tepla. Na Graf 13 vidíme, jak se optimalizované hodnoty výrazně liší od normové hodnoty přírážky $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a dále vidíme, jak se hodnoty po optimalizaci detailů výrazně posunuly do záporných hodnot.



Graf 13 Přírážka na vliv tepelných mostů – celková optimalizovaná varianta a původní varianta pasivního domu



Graf 14 Celkový tepelný tok vlivem uvažovaných tepelných vazeb - celková optimalizovaná varianta a původní varianta pasivního domu

6 Vliv architektonického řešení na přehřívání a dopad na řešení TZB

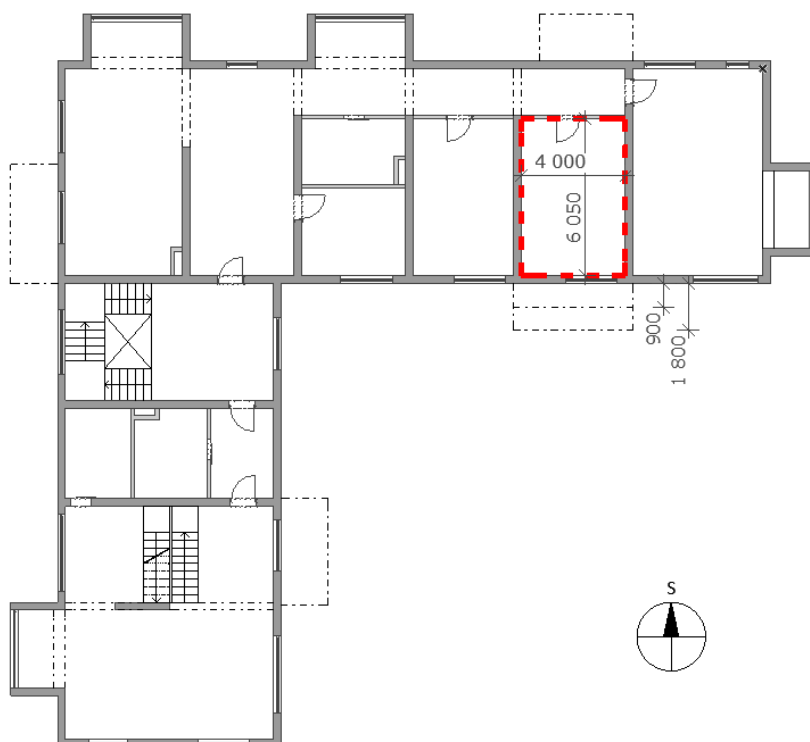
6.1 Letní přehřívání kritické místnosti

Vliv na energetickou bilanci má nejen prostup tepla obálkou budovy, ale také jiné vlivy, jako například vliv stínění budovy, který je v předchozích kapitolách zanedbán. Hlavním cílem této kapitoly je ukázat, že navrhování budov je komplexnější a například tvar budovy má vliv nejen na plochu obálky, ale také hraje roli například při zastínění oken a průběhu teplot v interiéru.

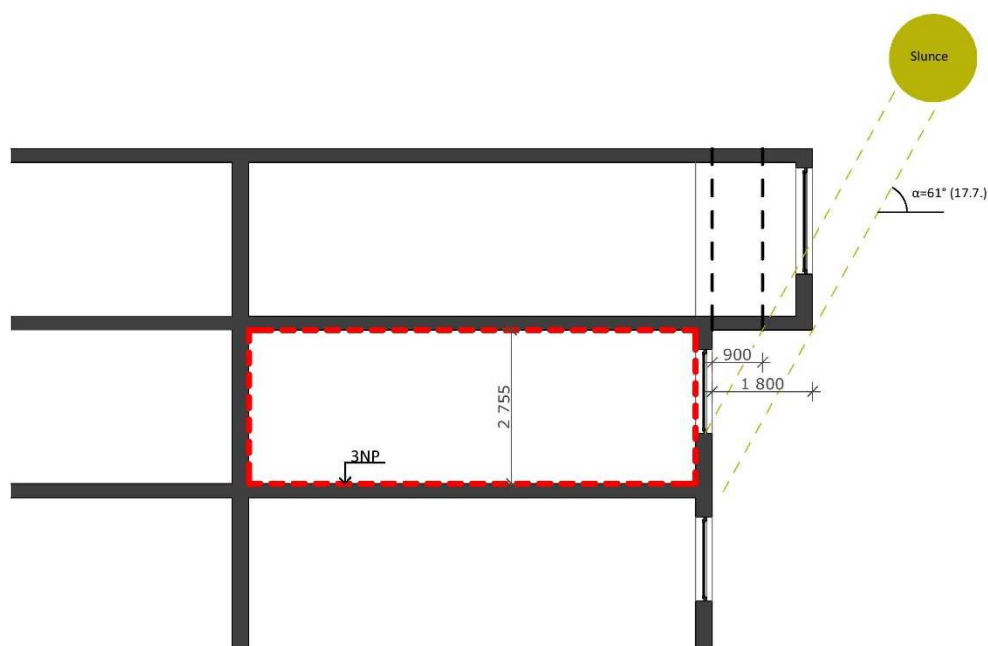
Jsou provedeny výpočty průběhu vnitřní teploty s vlivem stínění architekturou budovy (arkýři) v kritické místnosti v softwaru Simulace 2010 a posouzen případný dopad na řešení systému větrání.

Kritická místnost

Jako kritická místnost je vybrána místnost v 3NP viz obrázky níže (Obrázek 98 a Obrázek 99 - vyznačeno červeně). Místnost s jedním oknem na jižní fasádě je vybrána taková, aby v patře nad byl stínící arkýř a bylo možné počítat vliv stínění na přehřívání v letním dni.



Obrázek 98 Schéma půdorysu 3NP a vyznačení řešené místnosti



Obrázek 99 Výsek řezu objektu řešenou místností, referenční varianta s vyznačením polovičního a nulového vykonzolování arkýře

Vstupní data do Simulace 2010

Datum a zeměpisná šířka:	17. 7. , 50 st.
Objem vzduchu v místnosti:	66.67 m ³ (Š x D x V): 4x6,05x2,755 m
Souč. přestupu tepla prouděním:	2,50 W/m ² K (6)
Souč. přestupu tepla sáláním:	5,50 W/m ² K (6)
Časová perioda	t = 24 h

V tabulkách níže (Tabulka 46 a Tabulka 47) jsou uvedeny zadávané hodnoty konstrukcí a okrajových podmínek.

Tabulka 46 plochy a odpory na přestupu tepla v interiéru R_{si} (13) zadávaných do Simulace 2010

	plocha [m ²]	R_{si} [m ² ·K/W]
stěny vnitřní	44,355	0,13
stěny vnější	8,02	0,13
podlaha	34,2	0,17
strop	34,2	0,1
okno	3	0,13

Tabulka 47 materiály zadávané do Simulace 2010

	λ [W/(m.K)]	c [kJ/(kg . K)]	ρ [kg/m ³]
keramické zdivo Heluz 30 P+D, P15	0,219	1	1000
tepelná izolace stěny EPS 100	0,038	1,25	19
železobeton	1,58	1,02	2400
rigifloor 4000	0,045	1,27	10

Popis výpočtu

- Při modelaci skladeb konstrukcí kritické místnosti jsou zanedbány nevýznamné vrstvy konstrukcí z hlediska tepelné izolace a tepelné kapacity (lepidla, omítky, fólie)

- Pro výpočet nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti se vnitřní zisky neuvažovaly dle (8)
- Pro výpočet nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti jsou použity hodnoty intenzity slunečního záření podle (7)
- Ve výpočtech je uvažováno s přirozenou výměnou vzduchu $n [h^{-1}]$ okny. Okna otevřena ve variantě bez předchlazení po 24h z 10% ($n = 0,5 h^{-1}$) a ve variantě s předchlazením z 50% v noci (21:00 – 9:00, $n = 2,5 h^{-1}$) a z 10% ve dne (9:00 – 21:00, $n = 0,5 h^{-1}$), hodnoty jsou stanoveny programem Simulace 2010 dle (7) (14)
- Vlastnosti oken viz kapitola 4.6.2, celková propustnost varianty bez venkovních žaluzií $g=0,76$, s venkovními žaluziemi $g=0,19 [-]$

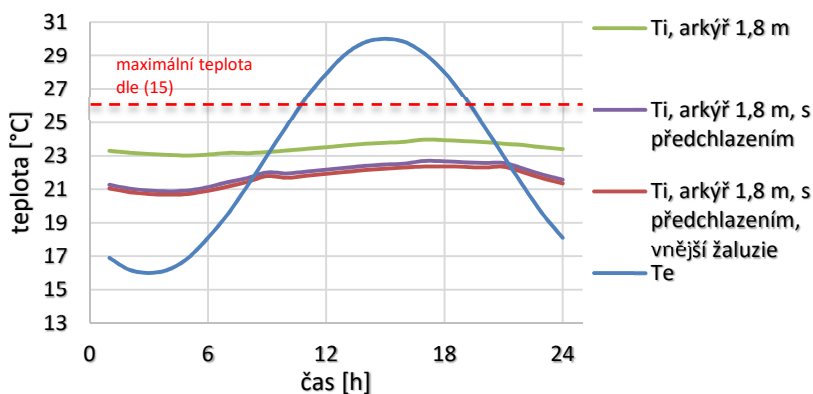
Výstupy Simulace 2010

Tři grafy (Graf 15, Graf 16 a Graf 17) podle tvaru budovy (délky vykonzolování arkýře uvažované jako stínění markýzou nad oknem)

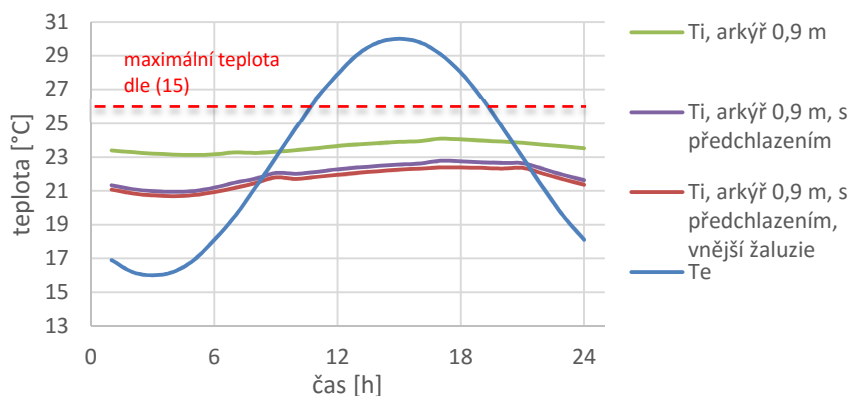
- arkýř 1,8m
- arkýř 0,9m
- bez arkýře, stínění pouze přesahem fasády 0,25m

v nichž jsou vždy porovnávány tři varianty

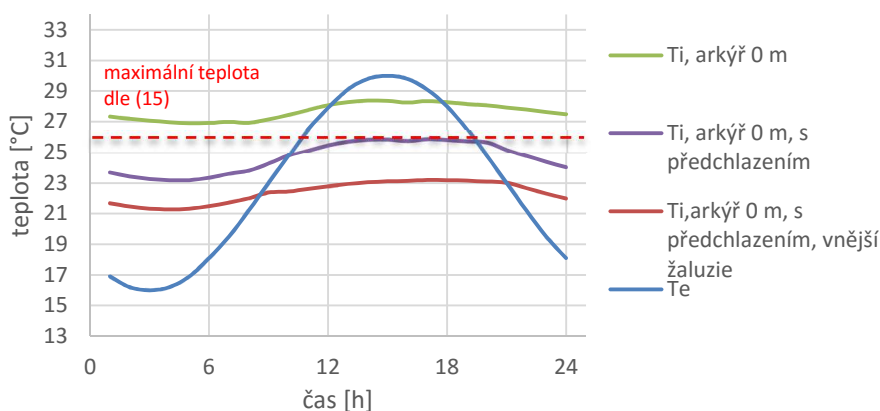
- Bez nočního předchlazení (zelená)
- S nočním předchlazením (fialová)
- Noční předchlazení + vnější žaluzie (červená)



Graf 15 průběh teplot interiéru pro stínění arkýřem referenční budovy (vykonzolování 1,8m), výstup Simulace 2010



Graf 16 průběh teplot interiéru pro stínění budovou s polovičními arkýři (vykonzolování 0,9m), výstup Simulace 2010



Graf 17 průběh teplot interiéru pro variantu budovy bez arkýřů (stínění pouze fasádou 0,25m), výstup Simulace 2010

Vyhodnocení a dopad na aktivní chlazení

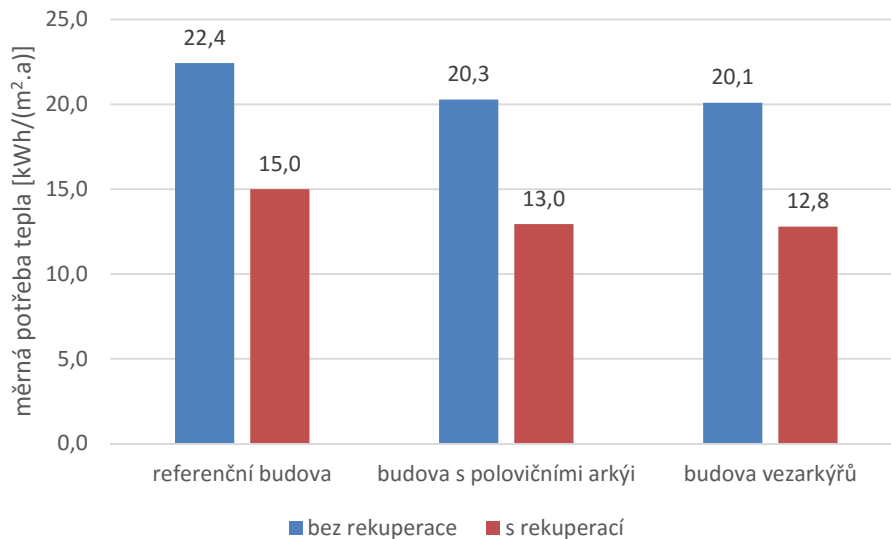
Z grafů výše je patrné, že křivky průběhu teplot v místnosti s oknem na jižní fasádě pro varianty arkýře 1,8 m a 0,9 m jsou prakticky totožné (Graf 15, Graf 16) – obě varianty zastíní okno téměř stejnou měrou. To si lze ověřit schématem zastínění (viz Obrázek 99). Rozdíl je ovšem u varianty bez arkýře (Graf 17), kdy teplota bez předchlazení a bez žaluzií (zelená) se pohybuje o zhruba 4°C výše. Během dne tedy teplota v místnosti vystoupá na nekomfortní teplotu blížíící se 29 °C, což převyšuje hygienickou hodnotu 26 °C dle (15). U varianty s venkovními žaluziemi a nočním předchlazením (červená) se ve všech prostorových variantách hodnoty téměř vyrovnají.

Z výsledků lze říci, že při správném návrhu stínících prvků a správném větrání lze dosáhnout v našich podmínkách optimální vnitřní teploty bez aktivního systému chlazení. Nejúčinnější jsou prvky zabudované z vnější strany okna. Pro počítanou jižně orientovanou místnost lze použít pevné stínící prvky (markýzy, slunolamy, arkýře), dále se dají použít například vnější žaluzie, posuvné okenice, rolety aj., které jsou vhodné i pro ostatní fasády (severní, východní a západní).

Při řešení stavebních detailů zabudování stínících prvku na vnější stranu fasády je ale nutno uvažovat se vznikem tepelných mostů (např. kotvy na uchycení markýz, oslabení tepelné izolace při zabudování nadokenního boxu na rolety). Důležité je se těmito tepelným mostům věnovat a snažit se je eliminovat a počítat s nimi při výpočtu součinitele prostupu tepla.

6.2 Konceptní návrh větrání

Větrání u pasivního domu je řešeno jako nucené s rekuperací. Toto řešení má oproti přirozenému větrání několik výhod. Rekuperace, tedy zpětné ohřátí studeného vzduchu odpadním vzduchem ve výměníku, zajistí menší tepelné ztráty větráním a tím i nižší měrnou potřebu tepla na vytápění, jak lze vidět na Graf 18. V případě řešeného objektu je úspora energie kolem 35%.



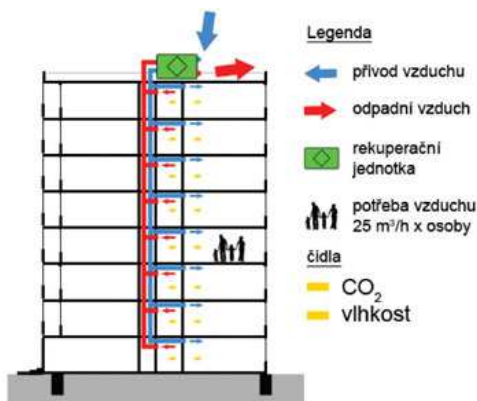
Graf 18 porovnání měrné potřeby tepla pro pasivní dům při nuceném větrání s rekuperací a přirozeném větrání bez rekuperace

Dalšími výhodami je přísun potřebného množství čerstvého vzduchu na základě měření koncentrace oxidu uhličitého, nebo vlhkosti a tím zajištění kvalitního vnitřního mikroklima (dodržení limitů CO₂, zamezení vzniku plísní). Větrání může probíhat bez hluku a průvanu. Další výhodou je přívod vzduchu do obytných místností a odvod z míst, kde vznikají škodliviny (např. toalety, koupelna, kuchyň). Toto řešení je ovšem technologicky náročnější a vyžaduje kvalitní návrh a provedení. (2) (16)

Je zvolen centrální systém s jednou rekuperační jednotkou. Toto řešení je výhodnější oproti decentrálnímu systému (kde každý byt má svojí jednotku) z hlediska

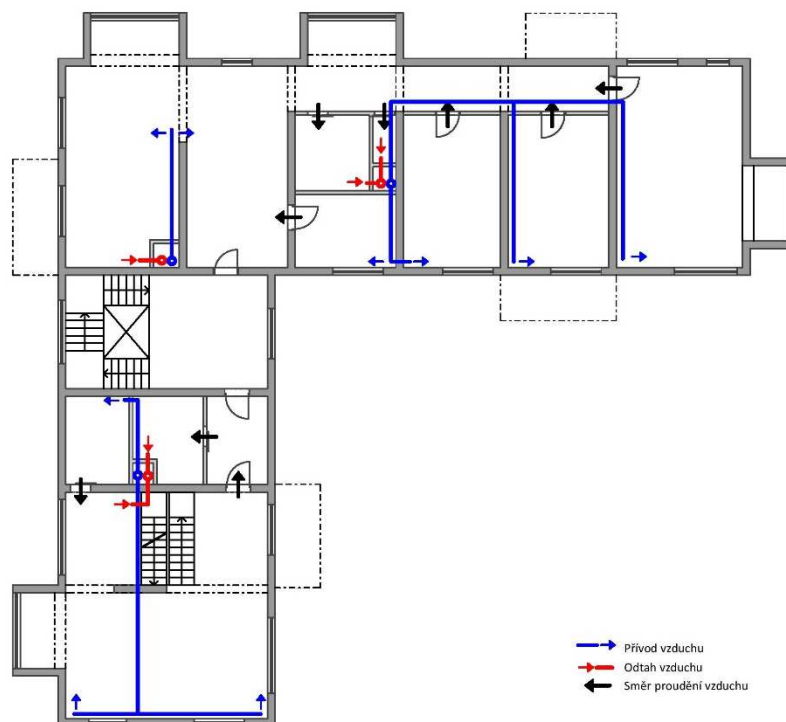
- Ekonomického
- Provozního - instalace, servis či výměna je jednodušší u jedné velké jednotky než u více malých
- Eliminace hluku mimo byt - jednotka může být umístěna na střeše či ve sklepech v technické místnosti
- zdroj vzduchu je řešen jedním přívodním potrubím, což eliminuje nutnost zásahu do fasády v každém bytě a tím zaručuje minimalizaci tepelných mostů v obálce budovy

Centrální systém má i nevýhody, kterými jsou například nižší účinnost rekuperace a složitější regulace. (2) (16)



Obrázek 100 schéma centrální rekuperační jednotky (16)

Schéma koncepce větrání je řešeno jako kaskádové s řízeným prouděním vzduchu. Přívod vzduchu (modře) je do obytných místností s malým zatížením, nebo s větším nárokem na kvalitu vzduchu a přes mřížky ve dveřích proudí k odvodu vzduchu (červeně), který je umístěn v místech s větší zátěží. Znázorněno na typickém podlaží Obrázek 101.



Obrázek 101 půdorysné schéma koncepce provětrávání prostoru bytů typického podlaží, zónové kaskádové větrání s centrální rekuperační jednotkou

Závěr

V odborných člancích a publikacích se lze dočíst, jak je důležité navrhovat kompaktní budovy, že balkony, lodžie, arkýře, vikýře atd. zvyšují ochlazovanou plochu obvodového pláště a tím i tepelné ztráty objektu. Tato tvrzení jsou samozřejmě pravdivá, bohužel většina těchto textů není podložena informací jakou měrou.

Dle výsledků popsaných v této práci lze usoudit, že při řešení moderních budov řešených na úrovni pasivního standardu má mnohem větší význam zabývat se kvalitním řešením jednotlivých stavebních detailů a jeho tepelných vazeb, které může u konkrétní budovy řešené v této diplomové práci mít za následek až 17% zlepšení měrné potřeby tepla na vytápění oproti variantě, ve které není stavební řešení detailů ideální. Oproti tomu vliv optimalizovaného tvaru budovy sníží potřebu tepla u varianty budovy s nejvyšším zlepšením o 6,9%.

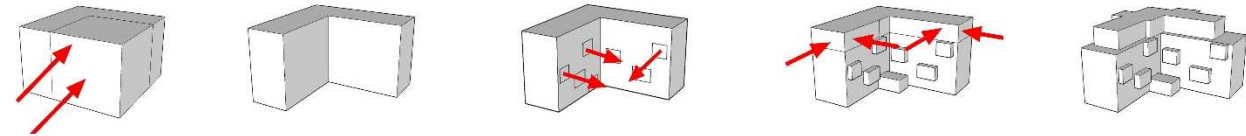
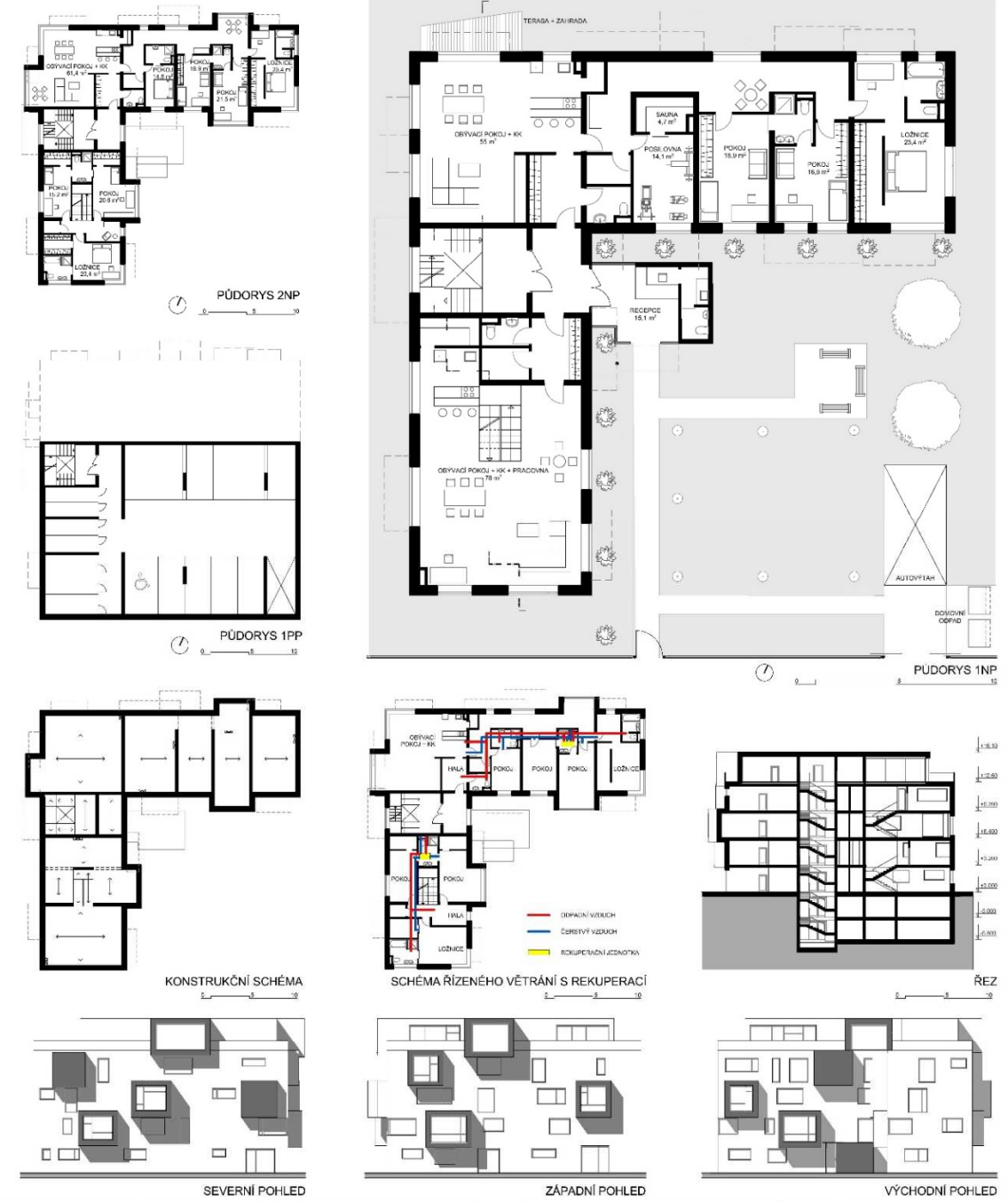
Význam vlivu tvaru obálky budovy vlivem vystupujících arkýřů tedy není v tomto případě tolik znatelný oproti mnohem významnějšímu vlivu tepelných vazeb. Nemá tedy až takový význam z hlediska prostupu obálkou budovy řešit minimalizaci plochy obálky na úkor architektury. Oproti tomu má velký význam se zabývat řešením a optimalizací stavebních detailů a řešení tepelných vazeb, které v konečném důsledku mohou mít velký význam.

Důležité je si ale také uvědomit, že složitější tvar budovy vždy znamená větší množství a větší složitost detailů, čím se zvyšuje i složitost provedení a riziko poruchy. Stejně to je i s řešením detailů, kdy detail s nejnižší hodnotou prostupu tepla nemusí vždy znamenat nejlepší řešení. Například u řešené optimalizace zateplení pozedního věnce, kdy je na úkor mnohem větší pracnosti provedení ve výsledku mizivé vylepšení celkové hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění.

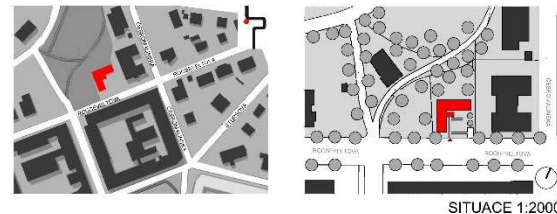
Nutno podotknout, že výsledky jsou pouze z jednoho řešeného objektu řešící vliv arkýřů a pouze se započítáním vlivu prostupu tepla obálkou při zanedbání jiných vlivů, jako je například optimalizace plochy oken na různé světové strany a jejich stínění. Jiných hodnot by zřejmě bylo dosaženo při porovnávání budov s výrazně jinými půdorysnými tvary.

Jak je ukázáno v kapitole 6.1, řešící vliv architektury na letní přehřívání místnosti a dopad na řešení systémů TZB, navrhování budov je mnohem komplexnější a zahrnuje mnohem více vlivů, nežli pouze prostup tepla obálkou a vyžaduje vždy celkový individuální přístup.

Příloha 1 – Architektonická studie – studentská práce FSv ČVUT 2014/15, David Petr



IDEA_NÁVRH REZIDENČNÍHO BYTOVÉHO DŮMU SE ODVÍJÍ OD ROZMĚRŮ ZADANÉ PARCELY V ROOSEVELTOVÉ ULICI, HLAVNÍ IDEOU KONCEPTU JE ZACHOVÁNÍ ULIČNÍ ČÁRY A RESPEKTOVÁNÍ SOUSEDNÍHO OBJEKTU OD ARCH. BORKA ŠÍPKA. TO SE DO NÁVRHU PROMÍTÁ USTOUPENÍM HMOTY V PARTERU TAK, ABY NOVÝ BYTOVÝ DŮM V ŽÁDNÉM OHLEDU NENARUŠOVAL POHODU OBYVATELŮ SOUSEDNÍHO DŮMU.
 HMOTOVÉ ŘEŠENÍ KONCEPT VYCHÁZÍ Z HMOTY TVARU L, Z TĚTO ZÁKLADNÍ KOSTRY PAK DO PROSTORU VYSTUPUJÍ KONZOLOVANÉ ČÁSTI JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTÍ, A VYTVÁŘÍ TAK NA FASÁDE JEDINEČNOU HRU SE STĚNY.
 POČET BYTŮ: BYTOVÝ DŮM SE SKLÁDÁ ZE 2 PODZEMNÍCH A 5 NADZEMNÍCH PODLAŽÍ A CELKOVÝM POČTEM 7 BYTŮ.
 2x MEZONETOVÉ BYTY 44m², 3x BYTY 44m², 1x 44m² A BYT V NEJVYŠŠÍM PODLAŽÍ 34m² S PROSTOROVÝMI TERASAMI.
 V PODZEMNÍ ČÁSTI OBJEKTU SE NACHÁZÍ 22 PARKOVACÍCH STÁNÍCH, VČETNĚ 2 STÁNÍCH VYHRANĚNÝCH PRO INVALIDY. KAŽDÝ BYT MÁ SVOJI VLASTNÍ SKLEPNÍ KOUPI UMÍSTĚNOU V 1PP.
 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ MONOLITICKÝ STĚNOVÝ ZELEZOBETONOVÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM S JEDNOSMĚRNĚ A KRÍŽEM PŘILITÝMI MONOLITICKÝMI ZELEZOBETONOVÝMI STROPNÍMI DESKAMI.
 MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ: KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM S TEPĚLNĚ-ISOLAČNÍ OMTÍKOU V BARVÁCH BÍLÉ A ODSTÍNECH ŠEDÍ.
 TZB: VYUŽITÍ ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ
 UŽITNÁ PLOCHA: 1413,9 m²
 OBESTAVĚNÝ PROSTOR: 7706,8 m³



BYTOVÝ DŮM ROOSEVELTOVA UL., PRAHA 6

DAVID PETR
 ATA1 2014_2015
 ATELIER KALIVODA_SMOLA_MEZERA
 KATEDRA ARCHITEKTURY FSv ČVUT v Praze

Příloha 2 – Postup výpočtu měrné potřeby tepla na vytápění

Potřeba tepla na vytápění

$$Q_h = Q_l + \eta \cdot Q_g$$

$$Q_h = (Q_T + Q_V) + \eta \cdot (Q_i + Q_s)$$

Kde Q_l jsou tepelné ztráty objektu, které se skládají z tepelných ztrát prostupem Q_T a větráním Q_V , v kWh

η je využitelnost tepelných zisků, [-]

Q_g jsou využitelné tepelné zisky, které se skládají z vnitřních tepelných zisků Q_i a solárních tepelných zisků Q_s , v kWh

Tepelné ztráty

Tepelné ztráty prostupem

$$Q_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t$$

Kde H_T je měrná tepelná ztráta prostupem tepla vypočtena dle 0, ve W/K

θ_i požadovaná vnitřní teplota vytápěné zóny v otopném období, ve °C

θ_e vnější teplota v daném časovém kroku (považuje se jako konstantní), ve °C

t délka kroku výpočtu (měsíc) – počet hodin v daném měsíci, v h

Tepelné ztráty větráním

$$Q_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t$$

Kde H_V je měrná tepelná ztráta větráním vypočtena dle následujících vztahů, ve W/K

$$H_V = \rho_a \cdot c_a \cdot V_a$$

Kde ρ_a je objemová hmotnost vzduchu, v kg/m³

c_a je měrná tepelná kapacita vzduchu, v J/(kg.K)

V_a je průměrný objemový tok větracího vzduchu, v m³/h

$$\text{Platí } \rho_a \cdot c_a = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)} = 0,34 \text{ Wh/(m}^3 \cdot \text{K)}$$

Výpočet V_a v případě mechanického větrání se vypočítá jako

$$V_a = V_{a,d} \cdot (1 - \eta_{ZZT}) + V_x$$

Kde $V_{a,d}$ je průměrný návrhový objem toku větraného vzduchu, v m³/h

η_{ZZT} účinnost systému zpětného získávání tepla, [-]

V_x přídatný tok vzduchu netěsnostmi, v m³/h

$$V_{a,d} = n_{os} \cdot 25 \cdot occup$$

Kde n_{os} je projektový předpoklad počtu osob

25 potřeba čerstvého vzduchu na jednu osobu za hodinu, m³/(os · h)

$occup$ průměrná obsazenost budovy, pro obytné budovy platí ≈0,7 [-]

$$V_x = V \cdot n_{50} \cdot e$$

Kde V je objem vzduchu ve vytápěné zóně, v m³

n_{50} násobnost výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa (míra těsnosti obálky), v 1/h

e součinitel větrné expozice, pro více než jednu exponovanou fasádu $e=0,07[-]$

Využitelné tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky

$$Q_{int} = Q_{int} \cdot t$$

Kde Q_{int} je průměrný výkon tepelných zisků, v kW

t délka kroku výpočtu (měsíc) – počet hodin v daném měsíci, v h

$$Q_{int} = n_{os} \cdot 100 \cdot occup + n_{bj} \cdot 100$$

Kde n_{os} je projektový předpoklad počtu osob

100 tepelný výkon na přítomnou osobu, ve W/os

$occup$ průměrná obsazenost budovy, pro obytné budovy platí ≈0,7 [-]

n_{bj} počet bytových jednotek

100 tepelný výkon na jednu bytovou jednotku, W/bj

Solární tepelné zisky

$$Q_s = \sum H_j \cdot \sum A_{s,n,j}$$

Kde H_j je měsíční dávka ozáření na j-tou orientaci, v kWh/m²

$A_{s,n,j}$ účinná sběrná plocha n-tého transparentního prvku (okna), v m²

$$A_s = A_w \cdot g \cdot F_w \cdot F_F \cdot F_C \cdot F_S$$

Kde A_w je celková plocha prvku, m²

g celková energetická propustnost zasklení, [-]

F_w je korekční činitel pro zvýšené ztráty odrazem při větších úhlech dopadu slunečního záření, [-]

F_F je korekční činitel rámu, $F_F = A_{gl}/A_w$, kde A_{gl} je plocha zasklení [m^2], [-]

F_C je korekční činitel clonění (prvky protisluneční ochrany), [-]

F_S je korekční činitel stínění, [-]

$$F_S = F_h \cdot F_o \cdot F_F$$

Kde F_h je dílčí činitel stínění horizontem, [-]

F_o je dílčí činitel stínění markýzou, [-]

F_F je dílčí činitel stínění bočními žebry, [-]

Faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění η_g

$$\eta_g = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$$

Kde γ je poměr tepelných zisků Q_g a tepelných ztrát Q_l , [-]

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_l} [-]$$

a je číselný parametr, [-]

$$a = 1 + \frac{\tau}{15}$$

Kde τ je časová konstanta vytápěné zóny budovy, kterou vypočteme jako

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_T + H_V} [h]$$

Kde C_m je účinná vnitřní tepelná kapacita zóny, J/K

Tabulka 48 měrná vnitřní kapacita zóny C_m (17)

	C_m [kJ/(m ² .K)]
konstrukce lehká - měrná hmotnost do 600kg/m ³	180
konstrukce střední - měrná hmotnost > 600kg/m ³	324
konstrukce těžká - měrná hmotnost >1000 kg/m ³	468

Příloha 3 – Statické výpočty

Vodorovné konstrukce

$$h_{\text{desky}} = l_{\text{max}} / 35 = 5\,000 / 35 = 142,8 \approx \mathbf{150\text{ mm}}$$

$$h_{\text{průvlak}} = l_{\text{max}} \cdot (1/10 \div 1/15) = 3000 \cdot (1/10 \div 1/15) = 300 \div 200 \approx \mathbf{250\text{ mm}}$$

$$h_{\text{konzola}} = l_{\text{max}} / 10 = 1800 / 10 = 180 \approx \mathbf{200\text{ mm}}$$

Svislé konstrukce

Nosné zdivo je tvořené keramickým zdivem Heluz 30, P15, M10, výpočtová pevnost $R_d = 1,9\text{ MPa} = 1900\text{ kN/m}^2$ (18)

$$\rho_{\text{beton}} = 2500\text{ kg/m}^3 = 25\text{ kN/m}^3$$

$$g_{\text{ŽB desky}} = \rho_{\text{beton}} \cdot \text{tl.} = 25 \cdot 0,15 = 3,75\text{ kN/m}^2$$

$$\check{s} = 4,8\text{ m}$$

$$q_{k,\text{patro}} = 1,5\text{ kN/m}^2 \text{ kategorie A – obytné plochy a plochy pro domácí činnosti (19)}$$

$$q_{k,\text{střecha}} = 0,75\text{ kN/m}^2 \text{ kategorie H – střechy nepřístupné s výjimkou údržby a oprav (19)}$$

$$s_k = 0,7\text{ kN/m}^2 \text{ sněhová oblast I. (20)}$$

Tabulka 49 zatížení typického patra

zatížení	výpočet	char. Hodnota	γ	návrh. Hodnota
		kN/m		kN/m
q_k, patro	$1,5 \cdot 4,5(\check{s})$	7,2	1,5	10,8
$g \text{ ŽB deska}$	$3,75 \cdot 4,5$	18	1,35	24,3
$g \text{ podlaha}$	$1 \cdot 4,5$	4,8		6,5
$g \text{ cihly/m'}$	$2,75 \cdot 1 \cdot 3,45$	9,5		12,8
				54,4

Tabulka 50 zatížení střechy

zatížení	výpočet	char. Hodnota	γ	návrh. Hodnota
		kN/m		kN/m
$q_k, \text{střecha}$	$1 \cdot 0,75 \cdot 4,5$	3,6	1,5	5,4
s_k	$1 \cdot 0,7 \cdot 4,5$	3,4		5,04
$g \text{ ŽB deska}$	$4 \cdot 3,75 \cdot 4,5$	18	1,35	24,3
$g \text{ střecha}$	$1 \cdot 1 \cdot 4,5$	4,8		6,48
				41,2

$$N_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed,TP}} \cdot 4 + N_{\text{Ed,střecha}} = 54,4 \cdot 4 + 41,2 = 258,8\text{ kN/m}$$

$$N_{\text{Rd}} = b \cdot t \cdot R_d = 1 \cdot 0,3 \cdot 1900 = 570\text{ kN/m}$$

Kde b je šířka stěny v m, t je tloušťka stěny a R_d je výpočtová pevnost zdiva v kN/m^2

$$N_{\text{Ed}} = 258,8\text{ kN/m} < N_{\text{Rd}} = 570\text{ kN/m}$$

Návrhová hodnota působící svisle na stěnu je menší než návrhová únosnost stěny.

Základový pas

$R_{dt}=500$ kPa střední únosnost zeminy

$N_{Ed}=258,8$ kN/m

$$\sigma_{pas}=(N_{Ed} +0,1 N_{Ed})/b_{ef} \quad b_{ef} > (N_{Ed} +0,1 N_{Ed})/ R_{dt}$$

kde σ_{pas} je napětí v základové spáře v kPa, N_{Ed} je návrhová hodnota svislé síly v kN/m, b_{ef} je efektivní šířka základu a $0,1 N_{Ed}$ je odhad vlastní tíhy základu

$$b_{ef} > (258,8+0,1 \cdot 258,8)/500 = 0,569 \text{ m}$$

$$b=ODM(b_{ef} \cdot 1) = ODM(0,569) = 0,755 \text{ m}$$

Návrh šířky základu $b=0,8$ m

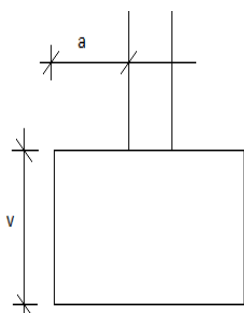
Výška pasu

$$v = \operatorname{tg}(60) \cdot a$$

$$a=(0,8-0,3)/2 = 0,25 \text{ m}$$

$$v = \operatorname{tg}(60) \cdot 0,25 = 0,433$$

návrh výšky základu $v=0,5$ m



Obrázek 102 schéma základového pasu

Ověření únosnosti pasu

$$\sigma_{pas}=N_{Ed}/b_{ef} = (258,8+25 \cdot 0,8 \cdot 0,5)/0,569 = 472,23 \text{ kPa} < R_{dt}=500 \text{ kPa}$$

Napětí v základové spáře je menší než návrhová únosnost zeminy.

Navržené rozměry pasu jsou šířka 0,8 m a výška 0,5 m.

Příloha 4 – Celková tabulka ploch konstrukcí tvořících obálku budovy

orientace	název	referenční			poloviční			bez		
		PD m2	NED m2	STD m2	PD m2	NED m2	STD m2	PD m2	NED m2	STD m2
SEVER	fasáda	393,13	382,20	378,06	352,63	344,61	342,09	312,13	307,03	306,13
	okna	91,40	91,40	91,4	91,4	91,4	91,4	91,4	91,4	91,4
JIH	fasáda	344,08	337,04	335,06	330,58	324,51	323,07	317,08	311,98	311,08
	okna	86,45	86,45	86,45	86,45	86,45	86,45	86,45	86,45	86,45
VÝCHOD	fasáda	370,55	362,53	360,01	353,9	347,34	345,63	337,25	332,15	331,25
	okna	75,55	75,55	75,55	75,55	75,55	75,55	75,55	75,55	75,55
ZÁPAD	fasáda	370,75	361,76	358,7	347,35	340,31	338,33	323,95	318,85	317,95
	okna	88,85	88,85	88,85	88,85	88,85	88,85	88,85	88,85	88,85
	střecha	521,24	500,20	496,51	481,35	461,45	457,96	441,46	422,7	419,42
	podlaha k temper. pros.	203,98	194,24	192,54	208,34	198,56	196,85	212,7	202,88	201,16
	strop nad venk. P.	124,38	115,20	113,58	62,19	57,6	56,79	0	0	0
	podlaha k zemini	214,80	214,80	214,8	221,24	221,24	221,24	227,69	227,69	227,69
	CELKOVÁ PLOCHA OBÁLKY	2885,2	2810,2	2791,5	2699,8	2637,9	2624,2	2514,5	2465,5	2456,9
	plocha obytná	1636,1	1636,1	1636,1	1635,6	1635,6	1635,6	1635,0	1635,0	1635,0
	plocha obytná s komunikacemi	1847,3	1847,3	1847,3	1852,2	1852,2	1852,2	1857,0	1857,0	1857,0

Příloha 5 – Výpočet dílčí hodnoty měrné tepelné ztráty prostupem tepla ΣH_T pro plošné konstrukce obálky budovy

VARIANTA PD, REFERENČNÍ BUDOVA

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	407,40	0,120	8,325	1	48,935
	okna	91,40	0,544	1,837	1	49,764
JIH	fasáda	358,35	0,120	8,325	1	43,044
	okna	86,45	0,544	1,837	1	47,069
VÝCHOD	fasáda	384,34	0,120	8,325	1	46,165
	okna	75,55	0,544	1,837	1	41,134
ZÁPAD	fasáda	384,54	0,120	8,325	1	46,189
	okna	88,85	0,544	1,837	1	48,376
	střecha	521,24	0,104	9,588	1	54,363
	strop nad venk. P.	124,38	0,103	9,742	1	12,768
	podlaha k zemině	418,78	0,149	6,699	0,804	62,992
						ΣH_T 500,798

VARIANTA PD, POLOVIČNÍ ARKÝŘE

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	366,90	0,120	8,325	1	44,071
	okna	91,40	0,544	1,837	1	49,764
JIH	fasáda	344,85	0,120	8,325	1	41,422
	okna	86,45	0,544	1,837	1	47,069
VÝCHOD	fasáda	367,81	0,120	8,325	1	44,180
	okna	75,55	0,544	1,837	1	41,134
ZÁPAD	fasáda	361,26	0,120	8,325	1	43,393
	okna	88,85	0,544	1,837	1	48,376
	střecha	481,35	0,104	9,588	1	50,202
	strop nad venk. P.	62,19	0,103	9,742	1	6,384
	podlaha k zemině	429,59	0,149	6,699	0,804	64,561
						ΣH_T 480,555

VARIANTA PD, BUDOVA BEZ ARKÝŘŮ

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	326,40	0,120	8,325	1	39,206
	okna	91,40	0,544	1,837	1	49,764
JIH	fasáda	331,35	0,120	8,325	1	39,801
	okna	86,45	0,544	1,837	1	47,069
VÝCHOD	fasáda	351,29	0,120	8,325	1	42,194
	okna	75,55	0,544	1,837	1	41,134
ZÁPAD	fasáda	337,99	0,120	8,325	1	40,597
	okna	88,85	0,544	1,837	1	48,376
	střecha	441,46	0,104	9,588	1	46,042
	strop nad venk. P.	0,00	0,103	9,742	1	0,000
	podlaha k zemině	440,39	0,149	6,699	0,804	66,130
						ΣH_T 460,313

VARIANTA NED, REFERENČNÍ BUDOVA

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	392,71	0,245	4,075	1	96,360
	okna	91,40	0,997	1,003	1	91,096
JIH	fasáda	347,54	0,245	4,075	1	85,278
	okna	86,45	0,997	1,003	1	86,163
VÝCHOD	fasáda	372,68	0,245	4,075	1	91,446
	okna	75,55	0,997	1,003	1	75,299
ZÁPAD	fasáda	371,91	0,245	4,075	1	91,257
	okna	88,85	0,997	1,003	1	88,555
	střecha	500,20	0,162	6,167	1	81,107
	strop nad venk. P.	115,20	0,160	6,242	1	18,457
	podlaha k zemině	409,04	0,297	3,365	0,682	109,670
						ΣH_T 914,688

VARIANTA NED, POLOVIČNÍ ARKÝŘE

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	355,12	0,245	4,075	1	87,138
	okna	91,40	0,997	1,003	1	91,096
JIH	fasáda	335,02	0,245	4,075	1	82,204
	okna	86,45	0,997	1,003	1	86,163
VÝCHOD	fasáda	357,58	0,245	4,075	1	87,741
	okna	75,55	0,997	1,003	1	75,299
ZÁPAD	fasáda	350,54	0,245	4,075	1	86,015
	okna	88,85	0,997	1,003	1	88,555
	střecha	461,45	0,162	6,167	1	74,824
	strop nad venk. P.	57,60	0,160	6,242	1	9,229
	podlaha k zemině	419,80	0,297	3,365	0,682	112,447
						ΣH_T 880,710

VARIANTA NED, BUDOVA BEZ ARKÝŘŮ

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	317,54	0,245	4,075	1	77,916
	okna	91,40	0,997	1,003	1	91,096
JIH	fasáda	322,49	0,245	4,075	1	79,130
	okna	86,45	0,997	1,003	1	86,163
VÝCHOD	fasáda	342,48	0,245	4,075	1	84,036
	okna	75,55	0,997	1,003	1	75,299
ZÁPAD	fasáda	329,18	0,245	4,075	1	80,772
	okna	88,85	0,997	1,003	1	88,555
	střecha	422,70	0,162	6,167	1	68,541
	strop nad venk. P.	0,00	0,160	6,242	1	0,000
	podlaha k zemině	430,57	0,297	3,365	0,682	115,224
						ΣH_T 846,731

VARIANTA STD, REFERENČNÍ BUDOVA

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	386,61	0,301	3,325	1	116,260
	okna	91,40	1,195	0,837	1	109,243
JIH	fasáda	343,61	0,301	3,325	1	103,329
	okna	86,45	1,195	0,837	1	103,327
VÝCHOD	fasáda	368,27	0,301	3,325	1	110,746
	okna	75,55	1,195	0,837	1	90,299
ZÁPAD	fasáda	366,96	0,301	3,325	1	110,351
	okna	88,85	1,195	0,837	1	106,195
	střecha	496,51	0,231	4,325	1	114,798
	strop nad venk. P.	113,58	0,236	4,242	1	26,778
	podlaha k zemině	407,34	0,444	2,254	0,623	130,988
						ΣH_T 1122,314

VARIANTA STD, POLOVIČNÍ ARKÝŘE

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	350,65	0,301	3,325	1	105,445
	okna	91,40	1,195	0,837	1	109,243
JIH	fasáda	331,62	0,301	3,325	1	99,724
	okna	86,45	1,195	0,837	1	103,327
VÝCHOD	fasáda	353,96	0,301	3,325	1	106,443
	okna	75,55	1,195	0,837	1	90,299
ZÁPAD	fasáda	346,66	0,301	3,325	1	104,246
	okna	88,85	1,195	0,837	1	106,195
	střecha	457,96	0,231	4,325	1	105,886
	strop nad venk. P.	56,79	0,236	4,242	1	13,389
	podlaha k zemině	418,10	0,444	2,254	0,623	134,373
						ΣH_T 1078,570

VARIANTA STD, BUDOVA BEZ ARKÝŘŮ

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	314,68	0,301	3,325	1	94,630
	okna	91,40	1,195	0,837	1	109,243
JIH	fasáda	319,63	0,301	3,325	1	96,119
	okna	86,45	1,195	0,837	1	103,327
VÝCHOD	fasáda	339,66	0,301	3,325	1	102,140
	okna	75,55	1,195	0,837	1	90,299
ZÁPAD	fasáda	326,36	0,301	3,325	1	98,141
	okna	88,85	1,195	0,837	1	106,195
	střecha	419,42	0,231	4,325	1	96,973
	strop nad venk. P.	0,00	0,236	4,242	1	0,000
	podlaha k zemině	428,85	0,444	2,254	0,623	137,758
						ΣH_T 1034,826

VARIANTA PD, REFERENČNÍ BUDOVA, CELKOVÁ OPTIMALIZACE

orientace	konstrukce	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	407,40	0,120	8,325	1	48,935
	okna	91,40	0,544	1,837	1	49,764
JIH	fasáda	358,35	0,120	8,325	1	43,044
	okna	86,45	0,544	1,837	1	47,069
VÝCHOD	fasáda	384,34	0,120	8,325	1	46,165
	okna	75,55	0,544	1,837	1	41,134
ZÁPAD	fasáda	384,54	0,120	8,325	1	46,189
	okna	88,85	0,544	1,837	1	48,376
	střecha	521,24	0,104	9,588	1	54,363
	strop nad venk. P.	124,38	0,103	9,742	1	12,768
	podlaha k zemině	418,78	0,149	6,699	0,804	62,992
ΣH_T						500,798

VARIANTA PD, POLOVIČNÍ ARKÝŘE, CELKOVÁ OPTIMALIZACE

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	366,90	0,120	8,325	1	44,071
	okna	91,40	0,544	1,837	1	49,764
JIH	fasáda	344,85	0,120	8,325	1	41,422
	okna	86,45	0,544	1,837	1	47,069
VÝCHOD	fasáda	367,81	0,120	8,325	1	44,180
	okna	75,55	0,544	1,837	1	41,134
ZÁPAD	fasáda	361,26	0,120	8,325	1	43,393
	okna	88,85	0,544	1,837	1	48,376
	střecha	481,35	0,104	9,588	1	50,202
	strop nad venk. P.	62,19	0,103	9,742	1	6,384
	podlaha k zemině	429,59	0,149	6,699	0,804	26,555
ΣH_T						480,555

VARIANTA PD, BUDOVA BEZ ARKÝŘŮ, CELKOVÁ OPTIMALIZACE

orientace	název	plocha	U	R	b	H _T
		m ²	W/m ² K	m ² K/W	-	W/K
SEVER	fasáda	312,13	0,120	8,325	1	37,491
	okna	91,40	0,544	1,837	1	49,764
JIH	fasáda	317,08	0,120	8,325	1	38,086
	okna	86,45	0,544	1,837	1	47,069
VÝCHOD	fasáda	337,25	0,120	8,325	1	40,509
	okna	75,55	0,544	1,837	1	41,134
ZÁPAD	fasáda	323,95	0,120	8,325	1	38,911
	okna	88,85	0,544	1,837	1	48,376
	střecha	441,46	0,104	9,588	1	46,042
	strop nad venk. P.	0,00	0,103	9,742	1	0,000
	podlaha k zemině	440,39	0,149	6,699	0,80	27,329
ΣH_T						453,512

Příloha 6 – Souhrnné hodnoty výpočtu přírážek na tepelné vazby ΔU_{tb} – bez optimalizace

ozn	délka vazby			Ψe	tepelný tok $\Delta U_{tb} = \Psi \cdot l$		
	PD				ΔU_{tb} ref	ΔU_{tb} pol	ΔU_{tb} bez
	l ref	l pol	l bez				
m	m	m	W/m.K	W/K	W/K	W/K	
D1	143,9	143,9	185,4	0,074	10,67	10,67	13,74
D2	225,1	225,1	225,1	0,036	8,18	8,18	8,18
D3	102,1	97,8	93,4	0,009	0,90	0,86	0,82
D4	283,1	285,5	412,2	0,009	2,56	2,58	3,73
D5	77,2	77,6	22,7	0,024	1,82	1,83	0,54
D6	41,5	41,5	0,0	0,022	0,89	0,89	0,00
D7	123,1	96,1	0,0	-0,060	-7,39	-5,77	0,00
D8	69,1	69,1	0,0	0,026	1,78	1,78	0,00
D9	110,1	110,8	111,5	-0,036	-3,93	-3,95	-3,98
D10	252,0	252,0	312,8	0,036	9,02	9,02	11,20
D11	60,8	60,8	0,0	-0,035	-2,14	-2,14	0,00
D12	124,7	124,7	124,7	0,024	3,02	3,02	3,02
D13	127,9	127,9	80,1	-0,073	-9,38	-9,38	-5,87
D14	56,9	35,3	0,0	-0,096	-5,48	-3,40	0,00
D15	39,7	39,7	39,7	0,078	3,08	3,08	3,08
				$\sum U_{tb}$	13,60	17,27	34,45
				$\sum U_{tbk,kladné}$	41,92	41,91	44,30

ozn	délka vazby			Ψe	tepelný tok $\Delta U_{tb} = \Psi \cdot l$		
	NED				ΔU_{tb} ref	ΔU_{tb} pol	ΔU_{tb} bez
	l ref	l pol	l bez				
m	m	m	W/m.K	W/K	W/K	W/K	
D1	143,9	143,9	185,4	0,115	16,99	16,99	20,98
D2	225,1	225,1	225,1	0,025	5,58	5,58	5,58
D3	100,4	96,1	91,7	0,031	3,12	2,99	2,85
D4	287,1	289,6	407,1	0,042	12,35	12,46	16,79
D5	72,8	73,1	22,4	0,031	2,24	2,25	0,69
D6	41,5	41,5	0,0	0,047	1,95	1,95	0,00
D7	118,0	91,0	0,0	-0,069	-7,84	-5,97	0,00
D8	64,0	64,0	0,0	0,037	2,34	2,34	0,00
D9	108,7	109,4	110,1	-0,108	-11,73	-11,81	-11,88
D10	252,0	252,0	312,8	0,025	6,51	6,51	7,41
D11	60,8	60,8	0,0	-0,287	-16,43	-16,43	0,00
D12	115,3	115,3	115,3	0,032	3,72	3,72	3,72
D13	118,1	118,1	79,3	-0,110	-12,74	-12,74	-8,89
D14	52,8	31,2	0,0	-0,183	-9,66	-5,71	0,00
D15	39,7	39,7	39,7	0,117	4,64	4,64	4,64
				$\sum U_{tb}$	1,04	6,76	41,88
				$\sum U_{tbk,kladné}$	59,44	59,42	62,65

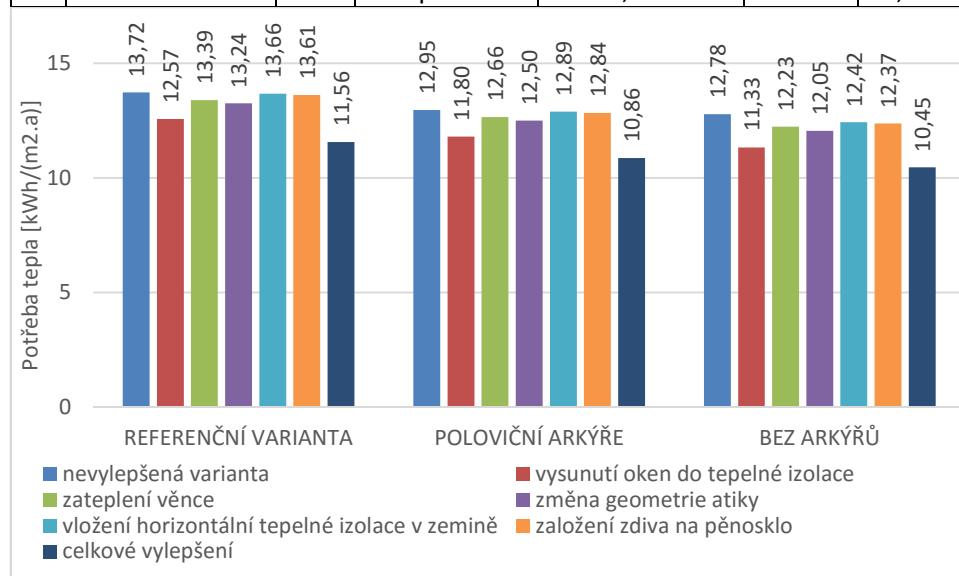
	délka vazby			tepelný tok $\Delta U_{tb} = \Psi \cdot l$			
	STD						
	l ref	l pol	l bez	Ψ_e	ΔU_{tb} ref	ΔU_{tb} pol	ΔU_{tb} bez
ozn	m	m	m	W/m.K	W/K	W/K	W/K
ozn	143,9	143,9	185,4	0,155	22,75	22,75	27,02
D1	225,1	225,1	225,1	0,023	5,27	5,27	5,27
D2	100,1	95,8	91,4	0,040	3,98	3,80	3,63
D3	287,9	290,3	406,2	0,067	19,56	19,72	26,88
D4	72,0	72,4	22,3	0,036	2,61	2,62	0,81
D5	41,5	41,5	0,0	0,082	3,39	3,39	0,00
D6	117,1	90,1	0,0	-0,076	-8,85	-6,81	0,00
D7	63,1	63,1	0,0	0,051	3,19	3,19	0,00
D8	108,5	109,2	109,9	-0,153	-16,58	-16,69	-16,79
D9	252,0	252,0	312,8	0,024	6,13	6,13	7,16
D10	60,8	60,8	0,0	-0,397	-23,11	-23,11	0,00
D11	112,1	112,1	112,1	0,038	4,24	4,24	4,24
D12	114,7	114,7	78,9	-0,130	-14,95	-14,95	-10,28
D13	52,1	30,5	0,0	-0,224	-11,66	-6,82	0,00
D14	39,7	39,7	39,7	0,143	5,68	5,68	5,68
				ΣU_{tb}	1,64	8,41	53,61
				$\Sigma U_{tbk,kladné}$	76,80	76,80	80,69

Příloha 7 – Souhrnné hodnoty výpočtu přírážek na tepelné vazby ΔU_{tb} pro PD– optimalizace

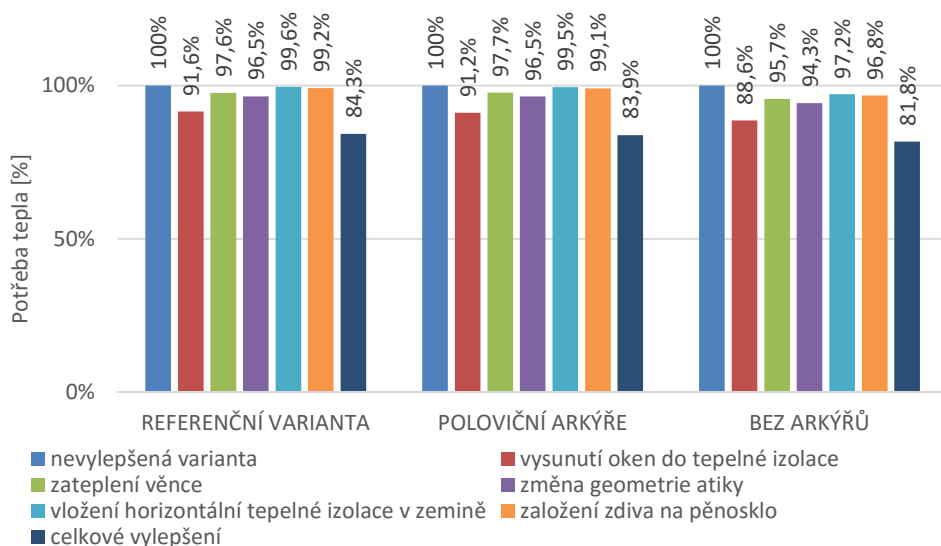
ozn	popis	délka vazby			Ψ_e [W/(m.K)]			okno			přírážka na lineární tepelné vazby $\Delta U_{tb} = \Psi \cdot l$																										
		ref	pol	bez	okno	věnec	atika	sokl TI	Sokl pěnoklo	celk	Okno			Věnec			Atika			sokl tepelná izolace			sokl pěnoklo			celková											
											ref	pol	bez	ref	pol	bez	ref	pol	bez	ref	pol	bez	ref	pol	bez	ref	pol	bez	ref	pol	bez						
D1	okno překlad +věnec běžné	143,9	143,9	185,4	0,021	0,068	0,074	0,074	0,074	0,014	3,01	3,01	3,88	9,73	9,73	12,53	10,67	10,67	13,74	10,67	10,67	13,74	10,67	10,67	13,74	2,07	2,07	2,67									
D2	parapet	225,1	225,1	225,1	0,009	0,036	0,036	0,036	0,036	0,009	2,09	2,09	2,09	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	8,18	2,09	2,09	2,09						
D3	atika	102,1	97,75	93,4	0,009	-0,002	-0,096	0,009	0,009	-0,114	0,90	0,86	0,82	-0,21	-0,20	-0,19	-9,83	-9,41	-8,99	0,90	0,86	0,82	0,90	0,86	0,82	-11,64	-11,15	-10,65									
D4	věnec	283,06	285,51	412,24	0,009	0,001	0,009	0,009	0,009	0,001	2,56	2,58	3,73	0,36	0,36	0,52	2,56	2,58	3,73	2,56	2,58	3,73	2,56	2,58	3,73	0,36	0,36	0,52									
D5	střecha x stěna (světlík, atrium)	77,2	77,55	22,72	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	1,82	1,83	0,54	1,82	1,83	0,54	1,82	1,83	0,54	1,82	1,83	0,54	1,82	1,83	0,54	1,82	1,83	0,54									
D6	atika+okno arkýř	41,5	41,5	0	-0,035	0,009	0,022	0,022	0,022	-0,048	-1,46	-1,46	0,00	0,36	0,36	0,00	0,89	0,89	0,00	0,89	0,89	0,00	0,89	0,89	0,00	0,89	0,89	0,00	-2,00	-2,00	0,00						
D7	strop x stěna vnější spodní hrana arkýř	123,1	96,1	0	-0,060	-0,070	-0,060	-0,060	-0,060	-0,070	-7,39	-5,77	0,00	-8,60	-6,71	0,00	-7,39	-5,77	0,00	-7,39	-5,77	0,00	-7,39	-5,77	0,00	-7,39	-5,77	0,00	-8,60	-6,71	0,00						
D8	strop x stěna vnitřní spodní hrana arkýř	69,1	69,1	0	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	1,78	1,78	0,00	1,78	1,78	0,00	1,78	1,78	0,00	1,78	1,78	0,00	1,78	1,78	0,00	1,78	1,78	0,00	1,78	1,78	0,00						
D9	sokl	110,06	110,76	111,46	-0,036	-0,036	-0,036	-0,048	-0,059	-0,070	-3,93	-3,95	-3,98	-3,93	-3,95	-3,98	-3,93	-3,95	-3,98	-5,27	-5,31	-5,34	-6,49	-6,53	-6,57	-5,27	-5,31	-5,34									
D10	okno ostění	252	252	312,8	0,009	0,036	0,036	0,036	0,036	0,009	2,21	2,21	2,74	9,02	9,02	11,20	9,02	9,02	11,20	9,02	9,02	11,20	9,02	9,02	11,20	9,02	9,02	11,20	2,21	2,21	2,74						
D11	roh+okno vnější arkýř	60,8	60,8	0	-0,054	-0,035	-0,035	-0,035	-0,035	-0,054	-3,27	-3,27	0,00	-2,14	-2,14	0,00	-2,14	-2,14	0,00	-2,14	-2,14	0,00	-2,14	-2,14	0,00	-2,14	-2,14	0,00	-3,27	-3,27	0,00						
D12	roh vnitřní	124,65	124,65	124,65	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02	3,02						
D13	roh stěna x stěna vnější	127,9	127,9	80,1	-0,073	-0,073	-0,073	-0,073	-0,073	-0,073	-9,38	-9,38	-5,87	-9,38	-9,38	-5,87	-9,38	-9,38	-5,87	-9,38	-9,38	-5,87	-9,38	-9,38	-5,87	-9,38	-9,38	-5,87	-9,38	-9,38	-5,87						
D14	strop x stěna arkýř	56,88	35,28	0	-0,096	-0,114	-0,096	-0,096	-0,096	-0,114	-5,48	-3,40	0,00	-6,49	-4,02	0,00	-5,48	-3,40	0,00	-5,48	-3,40	0,00	-5,48	-3,40	0,00	-5,48	-3,40	0,00	-6,49	-4,02	0,00						
D15	okno překlad + atika	39,7	39,7	39,7	0,028	0,069	0,078	0,078	0,078	-0,048	1,10	1,10	1,10	2,73	2,73	2,73	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	-1,91	-1,91	-1,91						
											ΣU_{tb}	-	-8,75	8,06	6,26	10,60	28,68	2,88	7,00	24,64	12,26	15,92	33,09	11,04	14,70	31,86	-35,20	-30,38	-12,19								
											$\Sigma U_{tbk, kladné}$	18,48	18,47	17,91	37,00	37,01	38,72	41,02	41,05	43,48	41,92	41,91	44,30	41,92	41,91	44,30	13,35	13,36	11,58								

Příloha 8 – Souhrnné hodnoty výpočtu přírážek na tepelné vazby – optimalizace

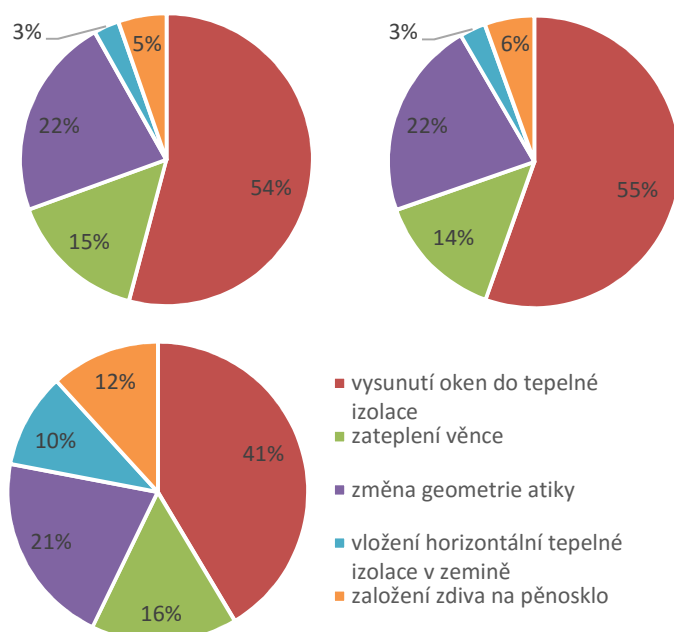
tvar	optimalizace	U _{em}	A	HT	HT plošné kce	ΔU _{tb}		
		m ² .K/W	m ²	kW/K	W/K	W/K		
s optimalizací	referenční arkýře	PD	celková	0,158	2941,3	0,466	500,8	-35,20
			okna	0,166		0,488		-12,42
			věnc	0,172		0,507		6,26
			atika	0,171		0,504		2,88
			sokl izolace	0,174		0,513		12,26
			sokl pěnosclo	0,174		0,512		11,04
	poloviční arkýře	PD	celková	0,163	2756,2	0,450	480,6	-30,38
			okna	0,171		0,472		-8,75
			věnc	0,178		0,491		10,60
			atika	0,177		0,488		7,00
			sokl izolace	0,180		0,496		15,92
			sokl pěnosclo	0,180		0,495		14,70
	bez arkýřů	PD	celková	0,176	2514,5	0,441	453,5	-12,19
			okna	0,184		0,462		8,06
			věnc	0,192		0,482		28,68
			atika	0,190		0,478		24,64
			sokl izolace	0,194		0,487		33,09
			sokl pěnosclo	0,193		0,485		31,86



Graf 19 porovnání potřeby tepla v kWh/(m² . K) při různé optimalizaci ve třech prostorových variantách pro variantu na úrovni pasivního domu



Graf 20 porovnání potřeby tepla v % při různé optimalizaci ve třech prostorových variantách pro variantu na úrovni pasivního domu



Graf 21 měří vlivu jednotlivých variant optimalizací detailů – vlevo nahoře referenční budova, vpravo nahoře budova s polovičními arkýři, vlevo dole budova bez arkýřů

Seznam obrázků

Obrázek 1 Modely základu stěny (5).....	4
Obrázek 2 model atiky v programu Area 2010.....	6
Obrázek 3 výstup programu Area 2010 - tepelné toky (vlevo) a pole teplot (vpravo).....	6
Obrázek 4 Model základu stěny zadaný v programu Area 2010 - celý model a výsek modelu se stěnou a bez stěny	7
Obrázek 5 výstup programu Area 2010 – výsek pole teplot detailu se stěnou.....	8
Obrázek 6 výstup programu Area 2010 - tepelné toky výsekem detailu bez stěny pro výpočet hodnoty L_g	8
Obrázek 7 Schéma určení hranice obálky budovy (zdroj: [cit. 2016-15-11] http://www.zelenausporam.cz/sekce/560/2/slovnicek-pojmu/technicke-terminy/).....	9
Obrázek 8 konstrukční schéma objektu referenční varianty, M 1:200.....	13
Obrázek 9 koncept hmotového řešení architekta (zdroj: studentská práce Davida Petra (příloha 1)	17
Obrázek 10 – půdorys typického podlaží referenční budovy	18
Obrázek 11 půdorys typického podlaží budovy s polovičním vykonzolováním arkýřů a posunutím stěn	18
Obrázek 12 půdorys typického podlaží budovy bez arkýřů a posunutím stěn	19
Obrázek 13 Schéma objektu referenční varianty	20
Obrázek 14 Schéma objektu varianty s polovičními arkýři.....	21
Obrázek 15 Schéma objektu varianty bez arkýřů	21
Obrázek 16 část půdorysu pro tři prostorové varianty budovy v úrovni pasivního domu... 24	24
Obrázek 17 část řezů jednotlivými variantami tvaru budovy v úrovni pasivního domu.....	25
Obrázek 18 Detail D1 - okno překlad + věnec, varianta PD, M1:20.....	26
Obrázek 19 detail D1 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	26
Obrázek 20 Teplotní pole řešeného detailu D1 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010.....	27
Obrázek 21 Detail D2 - parapet, varianta PD, M1:20	28
Obrázek 22 detail D2 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	28
Obrázek 23 Teplotní pole řešeného detailu D2 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010.....	29
Obrázek 24 Detail D3 - atika, varianta PD, M1:20	30
Obrázek 25 detail D3 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	30
Obrázek 26 Teplotní pole řešeného detailu D3 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010.....	31
Obrázek 27 Detail D4 - věnec, varianta PD, M1:20.....	32
Obrázek 28 detail D4 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	32
Obrázek 29 Teplotní pole řešeného detailu D4 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010.....	33
Obrázek 30 Detail D5 - střecha X stěna – arkýř, atrium, varianta PD, M1:20.....	34
Obrázek 31 detail D5 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	34
Obrázek 32 Teplotní pole řešeného detailu D5 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010.....	35
Obrázek 33 Detail D6 - atika + okno - arkýř, varianta PD, M1:20	36
Obrázek 34 detail D6 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	36
Obrázek 35 Teplotní pole řešeného detailu D6 – zleva PD, NED, STD, výstup programu Area 2010.....	37
Obrázek 36 provedení okraje střechy bez vyvýšené atiky (zdroj: YIT Stavo, s.r.o.).....	37
Obrázek 37 Detail D7 – strop X stěna (vnější spodní strana) - arkýř, varianta PD, M1:20	38
Obrázek 38 detail D7 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	38

Obrázek 39 Teplotní pole řešeného detailu D7 – zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	39
Obrázek 40 Detail D8 – strop X stěna (vnitřní spodní strana) - arkýř, varianta PD, M1:2040	
Obrázek 41 detail D8 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	40
Obrázek 42 Teplotní pole řešeného detailu D8 – zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	41
Obrázek 43 Detail D9 – sokl, varianta PD, M1:20.....	42
Obrázek 44 detail D9 – výsek schémat pro variantu PD zadávaných do programu Area 2010	42
Obrázek 45 Teplotní pole řešeného detailu D9 (výsek výsledného pole teplot) – zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	43
Obrázek 46 Detail D10 – ostění okna, varianta PD, M1:20	44
Obrázek 47 detail D10 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	44
Obrázek 48 Teplotní pole řešeného detailu D10 – zleva PD, NED, STD , vystup programu Area 2010.....	45
Obrázek 49 Detail D11 – ostění okna + roh - arkýř, varianta PD, M1:20.....	46
Obrázek 50 detail D11 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	46
Obrázek 51 Teplotní pole řešeného detailu D11 – zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	47
Obrázek 52 Detail D12 – kout, varianta PD, M1:20	48
Obrázek 53 detail D12 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	48
Obrázek 54 Teplotní pole řešeného detailu D12 – zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	49
Obrázek 55 Detail D13 – roh, varianta PD, M1:20	50
Obrázek 56 detail D13 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	50
Obrázek 57 Teplotní pole řešeného detailu D13 – zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	51
Obrázek 58 Detail D14 – strop X stěna (vnější horní hrana bez okna) - arkýř, varianta PD, M1:20.....	52
Obrázek 59 detail D14 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	52
Obrázek 60 Teplotní pole řešeného detailu D14 – zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	53
Obrázek 61 Detail D15 – atika + okno, varianta PD, M1:20.....	54
Obrázek 62 detail D15 – schéma pro variantu PD zadávané do programu Area 2010	54
Obrázek 63 Teplotní pole řešeného detailu D15– zleva PD, NED, STD, vystup programu Area 2010.....	55
Obrázek 64 celková optimalizace detailu D1 - okno překlad + věnec, varianta PD, M1:20	58
Obrázek 65 tři optimalizované varianty řešeného detailu D1 zadávaného do programu Area 2010– vlevo vysunutí okna, prostřední zateplení pozedního věnce, vpravo dvě předchozí dohromady	58
Obrázek 66 Teplotní pole řešených detailů D1 – zleva původní, vysunutí okna, zateplení věnce a celková.....	59
Obrázek 67 optimalizovaná varianta detailu D2 - parapet, varianta PD, M1:20.....	60
Obrázek 68 optimalizovaná varianta řešeného detailu D2 zadávaného do programu Area 2010 – vysunutí okna.....	60
Obrázek 69 Teplotní pole řešeného detailu D2 – zleva původní, vysunutí okna	60
Obrázek 70 optimalizovaná varianta detailu D3 - atika, varianta PD, M1:20.....	62
Obrázek 71 tři optimalizované varianty řešeného detailu D3 zadávaného do programu Area 2010 –vlevo zateplení věnce, uprostřed zrušení atiky a vpravo celková.....	62
Obrázek 72 Teplotní pole řešených detailů D3 – zleva původní, zateplení věnce, zrušení atiky a celková	63

Obrázek 73 optimalizovaná varianta detailu D4 - věnec, varianta PD, M1:20	64
Obrázek 74 optimalizovaná varianta řešeného detailu D4 zadávaného do programu Area 2010 –zateplení věnce.....	64
Obrázek 75 Teplotní pole řešeného detailu D4 – zleva původní, zateplení věnce	64
Obrázek 76 optimalizovaná varianta detailu D6 - atika + okno - arkýř, varianta PD, M1:20	66
Obrázek 77 tři optimalizovaného varianty řešených detailů D6 zadávaných do programu Area 2010 – vlevo vysunutí okna do tepelné izolace, uprostřed zateplení věnce a vpravo celková.....	66
Obrázek 78 Teplotní pole řešených detailů D6– zleva původní, vysunutí okna do tepelné izolace, zateplení věnce a celková	67
Obrázek 79 optimalizovaná varianta detailu D7 – strop X stěna (vnější spodní strana) - arkýř, varianta PD, M1:20	68
Obrázek 80 optimalizovaná varianta řešeného detailu D7 zadávaného do programu Area 2010–zateplení věnce.....	68
Obrázek 81 Teplotní pole řešeného detailu D7– zleva původní, zateplení věnce	68
Obrázek 82 optimalizovaná varianta detailu D9 – sokl, varianta PD, M1:20	70
Obrázek 83 tři optimalizované varianty řešených detailů D9 zadávaných do programu Area 2010 (jedná se o výsek z celého detailu, viz postup výpočtu kapitola 2.1.2)– vlevo vložení horizontální tepelné izolace, uprostřed založení na pěnosclo a vpravo celková	70
Obrázek 84 Teplotní pole řešených detailů D9 – zleva původní, vložení horizontální tepelné izolace, založení na pěnosclo a v dolní řadě celková.....	71
Obrázek 85 optimalizovaná varianta detailu D10 – ostění okna, varianta PD, M1:20.....	72
Obrázek 86 optimalizovaná varianta řešeného detailu D10 zadávaného do programu Area – vysunutí okna.....	72
Obrázek 87 Teplotní pole řešeného detailu D10– zleva původní, vysunutí okna	72
Obrázek 88 optimalizovaná varianta detailu D11 – ostění okna + roh - arkýř, varianta PD, M1:20.....	74
Obrázek 89 optimalizovaná varianta řešeného detailu D11 zadávaného do programu Area 2010 – vysunutí okna.....	74
Obrázek 90 Teplotní pole řešeného detailu D11– zleva původní, vysunutí okna	74
Obrázek 91 optimalizovaná varianta detailu D14 – strop X stěna (vnější horní hrana bez okna) - arkýř, varianta PD, M1:20.....	76
Obrázek 92 optimalizovaná varianta řešeného detailu D14 zadávaného do programu Area 2010–zateplení věnce.....	76
Obrázek 93 Teplotní pole řešeného detailu D14– zleva původní, zateplení věnce	76
Obrázek 94 optimalizovaná varianta detailu D15 – atika + okno, varianta PD, M1:20.....	78
Obrázek 95 tři optimalizované varianty řešených detailů D15 zadávaných do programu Area 2010 – vlevo vysunutí okna do tepelné izolace, uprostřed zateplení věnce, vpravo zrušení atiky a vlevo dole celková.....	78
Obrázek 96 Teplotní pole řešených detailů D15 – zleva původní, vysunutí okna do tepelné izolace, zateplení věnce a celková	79
Obrázek 97 Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty. Procenta znázorňují porovnání velikosti ochlazovaných ploch (12).....	86
Obrázek 98 Schéma půdorysu 3NP a vyznačení řešené místnosti	91
Obrázek 99 Výsek řezu objektu řešenou místností, referenční varianta s vyznačením polovičního a nulového vykonzolování arkýře.....	92
Obrázek 100 schéma centrální rekuperační jednotky (16)	96
Obrázek 101 půdorysné schéma koncepce provětrávání prostoru bytů typického podlaží, zónové kaskádové větrání s centrální rekuperační jednotkou	96
Obrázek 102 schéma základového pasu	103

Seznam tabulek

Tabulka 1 Požadované a doporučené hodnoty lineárního činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi podle (6)	5
Tabulka 2 Souhrn požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18°C až 22°C včetně podle (6)	9
Tabulka 3 Přehled tepelně technických parametrů obvodových konstrukcí	14
Tabulka 4- skladba stěny	15
Tabulka 5 - tl. tepelné izolace pro tři varianty stěny a hodnota součinitele prostupu tepla U	15
Tabulka 6 – skladba podlahy k zemině	15
Tabulka 7- tl. tepelné izolace pro tři varianty podlahy a hodnota součinitele prostupu tepla U	15
Tabulka 8 skladba střechy	16
Tabulka 9- tl. tepelné izolace pro tři varianty střechy a hodnota součinitele prostupu tepla U	16
Tabulka 10 skladba stropu nad venkovním prostorem	16
Tabulka 11- tl. tepelné izolace pro tři varianty stropu nad venkovním prostorem a hodnota součinitele prostupu tepla U	16
Tabulka 12 Souhrn ploch jednotlivých prostorových variant	19
Tabulka 13 délky tepelných vazeb pro jednotlivé varianty objektu	20
Tabulka 14 Tepelné odpory při přestupu tepla dle (7)	22
Tabulka 15 používané součinitele tepelné vodivosti	23
Tabulka 16 Souhrn vypočtených hodnot lineárního činitele prostupu tepla Ψ_e	23
Tabulka 17 souhrnná tabulka hodnot detailu D1 pro tři materiálové varianty	27
Tabulka 18 souhrnná tabulka hodnot detailu D2 pro tři materiálové varianty	29
Tabulka 19 souhrnná tabulka hodnot detailu D3 pro tři materiálové varianty	31
Tabulka 20 souhrnná tabulka hodnot detailu D4 pro tři materiálové varianty	33
Tabulka 21 souhrnná tabulka hodnot detailu D5 pro tři materiálové varianty	35
Tabulka 22 souhrnná tabulka hodnot detailu D6 pro tři materiálové varianty	37
Tabulka 23 souhrnná tabulka hodnot detailu D7 pro tři materiálové varianty	39
Tabulka 24 souhrnná tabulka hodnot detailu D8 pro tři materiálové varianty	41
Tabulka 25 souhrnná tabulka hodnot detailu D9 pro tři materiálové varianty	43
Tabulka 26 souhrnná tabulka hodnot detailu D10 pro tři materiálové varianty	45
Tabulka 27 souhrnná tabulka hodnot detailu D11 pro tři materiálové varianty	47
Tabulka 28 souhrnná tabulka hodnot detailu D12 pro tři materiálové varianty	49
Tabulka 29 souhrnná tabulka hodnot detailu D13 pro tři materiálové varianty	51
Tabulka 30 souhrnná tabulka hodnot detailu D14 pro tři materiálové varianty	53
Tabulka 31 souhrnná tabulka hodnot detailu D15 pro tři materiálové varianty	55
Tabulka 32 souhrn výsledných hodnot lineárního činitele prostupu tepla pro jednotlivé varianty optimalizace	57
Tabulka 33 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D1	59
Tabulka 34 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D2	61
Tabulka 35 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D3	63
Tabulka 36 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D4	65
Tabulka 37 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D6	67
Tabulka 38 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D7	69
Tabulka 39 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D9	71
Tabulka 40 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D10	73
Tabulka 41 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D11	75
Tabulka 42 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D14	77

Tabulka 43 souhrnná tabulka hodnot optimalizovaných variant detailu D15	79
Tabulka 44 souhrn hodnot U_{em} , H_T a dalších souvisejících hodnot	80
Tabulka 45 souhrn hodnot měrné potřeby tepla na vytápění pro jednotlivé varianty	82
Tabulka 46 plochy a odpory na přestupu tepla v interiéru R_{si} (13) zadávaných do Simulace 2010	92
Tabulka 47 materiály zadávané do Simulace 2010	92
Tabulka 48 měrná vnitřní kapacita zóny C_m (17)	101
Tabulka 49 zatížení typického patra	102
Tabulka 50 zatížení střechy	102

Seznam grafů

Graf 1 souhrn hodnot průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}	80
Graf 2 REFERENČNÍ VARIANTA – porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb	84
Graf 3 VARIANTA BEZ ARKÝŘŮ - porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb	85
Graf 4 REFERENČNÍ VARIANTA - Porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb v procentech	85
Graf 5 VARIANTA BEZ ARKÝŘŮ – Porovnání měrné potřeby tepla při různém způsobu uvažování vlivu tepelných vazeb v procentech	85
Graf 6 měrná potřeba tepla za rok	87
Graf 7 měrná potřeba tepla za rok v procentech	87
Graf 8 přírážka na vliv tepelných vazeb U_{tb}	87
Graf 9 tepelný tok vlivem uvažovaných tepelných vazeb	88
Graf 10 porovnání potřeby tepla v kWh/(m ² . a) při různé optimalizaci pro variantu na úrovni pasivního domu – budova s polovičními arkýři	89
Graf 11 porovnání potřeby tepla v % při různé optimalizaci pro variantu na úrovni pasivního domu – budova s polovičními arkýři.....	89
Graf 12 míra vlivu jednotlivých variant optimalizací detailů – budova s polovičními arkýři	89
Graf 13 Přírážka na vliv tepelných mostů – celková optimalizovaná varianta a původní varianta pasivního domu	90
Graf 14 Celkový tepelný tok vlivem uvažovaných tepelných vazeb - celková optimalizovaná varianta a původní varianta pasivního domu	90
Graf 15 průběh teplot interiéru pro stínění arkýřem referenční budovy (vykonzolování 1,8m), výstup Simulace 2010	93
Graf 16 průběh teplot interiéru pro stínění budovou s polovičními arkýři (vykonzolování 0,9m), výstup Simulace 2010	93
Graf 17 průběh teplot interiéru pro variantu budovy bez arkýřů (stínění pouze fasádou 0,25m), výstup Simulace 2010	94
Graf 18 porovnání měrné potřeby tepla pro pasivní dům při nuceném větrání s rekuperací a přirozeném větrání bez rekuperace	95
Graf 19 porovnání potřeby tepla v kWh/(m ² . K) při různé optimalizaci ve třech prostorových variantách pro variantu na úrovni pasivního domu	110
Graf 20 porovnání potřeby tepla v % při různé optimalizaci ve třech prostorových variantách pro variantu na úrovni pasivního domu	111
Graf 21 míra vlivu jednotlivých variant optimalizací detailů – vlevo nahoře referenční budova, vpravo nahoře budova s polovičními arkýři, vlevo dole budova bez arkýřů.....	111

Seznam použitých programů

Archicad 17 [počítačový program] místo neznámé: GRAPHISOFT, 2013. studentská licence, <http://www.graphisoft.com/archicad/>

Svoboda, doc. Dr. Ing. Zbyněk. *Area 2010*. [počítačový program] místo neznámé : K-CAD, 2010. studentská verze, <http://kcad.cz/cz/uvod/>

Svoboda, doc. Dr. Ing. Zbyněk. *Simulace 2010*. [počítačový program] místo neznámé : K-CAD, 2010. studentská verze, <http://kcad.cz/cz/uvod/>

Microsoft Office [počítačový program] Ver. Professional plus. místo neznámé: MICROSOFT, 2015. studentská licence, <https://www.office.com/>

Literatura

1. ČSN 73 0540 - 1 *Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. místo neznámé : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
2. Juraj, Hazucha. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2016. ISBN 978-80-247-4551-0.
3. ČSN EN ISO 10211 *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - tepelné toky a povrchové teploty - podrobné výpočty*. místo neznámé : úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
4. Ing. Jiří Novák, Ph.D., FSv ČVUT. *Stavební tepelná technika - pomůcka pro cvičení*. [Online] 2011. [Citace: 29. 12 2016.] <https://www.ib.cvut.cz/node/417>.
5. Zbyněk Svoboda, FSv ČVUT. *Lineární činitel prostupu tepla*. [Online] [Citace: 29. 12. 2016.] kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=5656.
6. ČSN 73 0540-2 - *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. místo neznámé : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
7. ČSN 73 0540 - 3 *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha : Český normalizační institut, 2005.
8. ČSN 73 0540-4 *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. místo neznámé : Český normalizační institut, červen 2005.
9. ČSN EN ISO 13790 - *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. místo neznámé : úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
10. ČSN EN ISO 13789 *Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním - Výpočtová metoda*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
11. ČSN EN ISO 13370 - *Tepelné chování budov - Přenos tepla zemínou - Výpočtové metody*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
12. kol, Marie Báčová a. *Manuál energeticky úsporné architektury*. Praha : Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-904577-1-3.
13. ČSN EN ISO 6946 *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. místo neznámé : Český normalizační institut, 2008.
14. ČSN EN ISO 13792 - *Tepelné chování budov - Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení - Zjednodušené metody*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
15. Vyhláška č. 6/2003 Sb. *kteou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb*. 16. prosince 2002.
16. kol., Jiří Beranovský a. *Pasivní panelák? A to myslíte vážně?* Praha : EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2011. ISBN 978-80-87333-07-5.
17. Vyhláška 148/2007 Sb., *o energetické náročnosti budov*. 18. června 2007.
18. *Technická příručka pro projektanty a stavitele: komplexní cihelný systém HELUZ*. místo neznámé : Heluz cihlářský průmysl v.o.s., 2016. str. 231.
19. ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. místo neznámé : Český normalizační institut, 2004.
20. ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. místo neznámé : český normalizační institut, červen 2005.