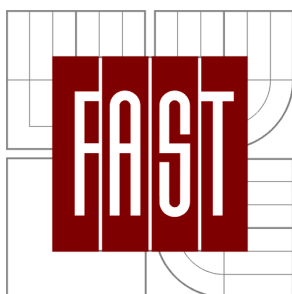


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

NADSTANDARDNÍ RODINNÝ DŮM TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VERONIKA VÍŠKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUKÁŠ DANĚK, Ph.D.

BRNO 2014

Obsah

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE BUDOVY.....	3
2 ÚČEL POSOUZENÍ.....	3
2.1 Podklady pro zpracování.....	3
3 TECHNICKÉ ÚDAJE BUDOVY.....	4
3.1 Označení posuzovaných vrstev.....	5
4 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U [$W.m^{-2}.K^{-1}$].....	5
4.1 Výplně otvorů.....	8
5 NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA θ_{si} [$^{\circ}C$].....	9
5.1 Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-].....	9
5.2 Určení nejnižší povrchové teploty a teplotního faktoru v koutech.....	10
6 PROSTUP TEPLA OBÁLKOU BUDOVY.....	12
7 KONDENZACE VODNÍ PÁRY V KONSTRUKCI.....	13
8 POKLES DOTYKOVÉ TEPLoty PODLAHY $\Delta\theta_{10}$ [$^{\circ}C$].....	19
9 ZÁVĚR.....	21

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE BUDOVY

Místo stavby:

Zbraslav, parc. č. 1385/9, Školní 456, 664 88 Zbraslav
katastrální území Zbraslav na Moravě (okres Brno – venkov)

Účel objektu:

Navrhovaná stavba bude sloužit pro bydlení

Konstrukční řešení:

RD je navržen z konstrukčního systému POROTHERM. Obvodové stěny budou provedeny z keramických bloků POROTHERM 44 EKO+ a vnitřní nosné zdivo bude z keramických tvárnic POROTHERM 24 P+D. Zděno na maltu P8. Bude použito nadokenních a nadedveřních keramických překladů POROTHERM, s výjimkou prosklené části do zahrady, kde bude použito ŽB překladu, který bude přecházet v ŽB ztužující věnec. Stropy budou provedeny jako ŽB monolitická deska tloušťky 250 mm. Zastřešení je tvořeno jednoplášťovou plochou střechou s klasickým uspořádáním vrstev. Výplně otvorů budou dřevěná eurookna a dveře, pro vstupy na terasu v přízemí budou použity zdvižně posuvné dveře HS portal.

2 ÚČEL POSOUZENÍ

Předmětem této zprávy je posouzení navrhovaných konstrukcí novostavby RD z tepelně technického hlediska. V případě, že navrhnuté konstrukce nevyhoví normovým hodnotám, bude navržena úprava pro splnění požadavků v ČSN 73 0540 – 1-4. Dále posouzení energetické náročnosti budovy.

2.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování byly:

- studie bakalářského projektu včetně technických částí
- projekt ve fázi provádění stavby
- situace širších vztahů

Normy:

- ČSN 73 0540-1: Tepelná ochrana budov, část 1: Terminologie
- ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky
- ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov, část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0540-4: Tepelná ochrana budov, část 4: Výpočtové metody

Vyhlášky:

- 268/2009 Sb. O technických požadavcích na stavby, §16 Úspora energie a tepelná ochrana

3 TECHNICKÉ ÚDAJE BUDOVY

Dle ČSN 73 0540 – 3: Tepelná technika budov, část 3: Návrhové hodnoty veličin, byly určeny tyto základní klimatické údaje pro okres Brno-venkov:

- teplotní oblast 2
- návrhová teplota venkovního vzduchu $\theta_e = -15\text{ °C}$
- návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i (různé hodnoty pro jednotlivé místnosti)

obytné místnosti $\theta_i = 20\text{ °C}$

kuchyně $\theta_i = 20\text{ °C}$

koupelny $\theta_i = 24\text{ °C}$

klozety $\theta_i = 20\text{ °C}$

chodby $\theta_i = 15\text{ °C}$

vytápěná schodiště $\theta_i = 10\text{ °C}$

garáž $\theta_i = 5\text{ °C}$

sklep $\theta_i = 10\text{ °C}$

odpočívárna $\theta_i = 22\text{ °C}$

- přírážka na vyrovnávací rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch $\Delta\theta_{ai} = 0,6\text{ °C}$ (bráno pro budovy postavené po roce 1995 vytápěné radiátory ústředního topení)
- návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50\text{ % (RD)}$, $\varphi_i = 80\text{ % (garáž)}$

- návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu $\varphi_e = 84 \%$

3.1 Označení posuzovaných vrstev

R1	Pochozí střecha nad 1.NP (terasa)
R2	Střecha nad 2.NP
R3	Střecha nad garáží
R4	Pochozí střecha nad 1.NP (terasa)
F2	Podlaha 1.NP na zemině
F9	Podlaha 2.NP nad venkovním prostorem
W1	Obvodová stěna
W2	Obvodová stěna s kamenným obkladem
W3	Zateplený ŽB překlad
W4	ŽB věnec

Přesné skladby jsou doloženy ve výpisu skladeb v příloze.

4 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U $[W.m^{-2}.K^{-1}]$

Součinitel prostupu tepla udává kolik tepelné energie projde 1 m dané konstrukce při daném teplotním spádu. Je odvozen z tepelného odporu $R [m^2.K.W^{-1}]$ konstrukce, vypočteného dle vztahu:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

kde R_i – tepelný odpor jednotlivých vrstev v $[m^2.K.W^{-1}]$

d_i – tloušťka jednotlivých vrstev v $[m]$

λ_i – součinitel tepelné vodivosti v $[W.m^{-1}.K^{-1}]$

$$R = \sum R_i \quad (2)$$

kde R – tepelný odpor všech vrstev konstrukce v $[m^2.K.W^{-1}]$

R_{si}, R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní v $[m^2.K.W^{-1}]$, vnější straně konstrukce; dle ČSN 73 0540 – 2.

R_{si} tepelný tok vodorovně (stěny) 0,13 $m^2.K.W^{-1}$

tepelný tok shora dolů (podlahy) 0,17 $m^2.K.W^{-1}$

	tepelný tok zdola nahoru (střechy)	0,10 m ² .K.W ⁻¹
R _{se}	pro zimní období	0,04 m ² .K.W ⁻¹
	podlaha na zemině	0 m ² .K.W ⁻¹

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (3)$$

kde R_T – celkový tepelný odpor v [m².K.W⁻¹]

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (4)$$

kde U - součinitel prostupu tepla v [W.m⁻².K⁻¹]

Posouzení s požadavky normy (hodnoty doporučené): $U \leq U_{N,rc}$ v [W.m⁻².K⁻¹]. Výpočet a posouzení je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 2.1 – Výpočet součinitele prostupu tepla U

kce	číslo vrstvy	materiál	d _i [m]	λ _i [W/m.K]	R [m².K/W]	R _{si} [m².K/W]	R _{se} [m².K/W]	U [W/m.K]
W1	1	fasádní omítka	0,002	0,75	0,0067	0,13	0,04	
	2	PTH EKO+	0,440	0,099	4,44			
	3	cem. omítka	0,015	0,86	0,017			
						Σ4,464	R _T = 4,634	
U ≤ U _N 0,22 < 0,25 VYHOVUJE								
W2	1	obklad - kámen	0,025	0,65	0,016	0,13	0,04	
	2	lepící malta	0,010	0,8	0,013			
	3	PTH EKO+	0,440	0,099	4,44			
	4	cem. omítka	0,015	0,86	0,017			
						Σ4,486	R _T = 4,656	
U ≤ U _N 0,21 < 0,25 VYHOVUJE								
W3	1	fasádní omítka	0,002	0,75	0,0067	0,13	0,04	
	2	EPS isover 70F	0,100	0,039	2,56			
	3	EPS isover 70F	0,080	0,039	2,31			
	4	ŽB	0,25	1,74	0,144			
	5	cem. omítka	0,015	0,86	0,017			

	$\Sigma 5,038$					$R_T = 5,208$	0,19	
$U \leq U_N$ 0,19 < 0,25 VYHOVUJE								
R1, R4	1	cem. omítka	0,015	0,86	0,017	0,10	0,04	
	2	ŽB deska	0,25	1,74	0,14			
	3	parozábrana	0,0035	0,21	0,014			
	4	TI-klíny	0,06	0,039	1,54			
	5	TI - XPS	0,18	0,037	4,86			
	6	PVC fólie	0,0015	0,200	0,0075			
						$\Sigma 6,579$	$R_T = 6,719$	0,15
$U \leq U_N$ 0,15 < 0,16 VYHOVUJE								
kce	číslo vrstvy	materiál	d_i [m]	λ_i [W/m.K]	R [m ² .K/W]	R_{si} [m ² .K/W]	R_{se} [m ² .K/W]	U [W/m.K]
R2, R3	1	cem. omítka	0,015	0,86	0,017	0,10	0,04	
	2	ŽB deska	0,25	1,74	0,14			
	3	parozábrana	0,0035	0,21	0,014			
	4	TI-klíny	0,06	0,039	1,54			
	5	TI - XPS	0,18	0,037	4,86			
	6	PVC folie	0,0025	0,200	0,013			
	7	profil. folie	0,0010	0,200	0,0050			
	8	obložky	0,05	0,650	0,077			
					$\Sigma 6,666$	$R_T = 6,806$	0,15	
$U \leq U_N$ 0,15 < 0,16 VYHOVUJE								
F2	1	keram. dlažba	0,010	1,01	0,001	0,17	0	
	3	cem. litý potěr	0,070	1,16	0,060			
	4	TI EPS	0,130	0,037	3,514			
	5	beton	0,150	1,23	0,122			
						$\Sigma 3,697$	$R_T = 3,867$	0,26
$U \leq U_N$ 0,26 < 0,45 VYHOVUJE								
F9	1	dřevěná prkna	0,010	0,12	0,083	0,10	0,04	
	2	cem. litý potěr	0,045	1,16	0,052			
	3	EPS isover 70F	0,030	0,039	0,769			
	4	ŽB deska	0,25	1,74	0,14			
	5	TI - XPS	0,2	0,037	5,41			

	6	fasádní omítka	0,002	0,75	0,0067			
					Σ6,419	R _T = 6,559		0,15
U ≤ U _N 0,15 < 0,16 VYHOVUJE								
W4	1	fasádní omítka	0,002	0,75	0,0067	0,13	0,04	
	2	věncovka VT8	0,08	0,29	0,276			
	3	EPS 70F	0,15	0,039	3,85			
	4	ŽB věnec	0,25	1,74	0,14			
	5	cem. omítka	0,015	0,86	0,017			
					Σ4,290	R _T = 4,460		0,22
U ≤ U _N 0,22 < 0,25 VYHOVUJE								

POZN: Střecha je posouzena v nejtenčí vrstvě tepelné izolace, tj. 240 mm.

4.1 Výplně otvorů

Okna: - dřevěná okna Solid Comfort (smrk)

zasklení $U_g = 0,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ (izolační trojsklo, SGG-Climatop Ultra
14 – 14 SWS)

rám $U_f = 0,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ (SC92 – PLUS)

Celé okno výpočet dle:

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f \cdot A_g} \quad (5)$$

kde U_f – součinitel prostupu tepla rámu okna v $[\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$

U_g – součinitel prostupu tepla skla okna v $[\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$

U_w – součinitel prostupu tepla celého okna v $[\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$

A_f – plocha rámu okna $[\text{m}^2]$

A_g – plocha skla okna v $[\text{m}^2]$

l_g – délka zasklívací spáry v $[\text{m}]$

Ψ_g – činitel lineárních tepelných mostů distančního rámečku zasklení v $[-]$

Dveře: - dřevěné vstupní dveře, parametry viz okna

- dřevohliníkové dveře, zdvižně posuvné HS portál

Spočtené a porovnané hodnoty součinitelů prostupu tepla U_w všech výplň otvorů jsou uvedeny v protokolu k energetickému štítku obálky budovy.

$$U_w \leq U_{N,rc} \quad U_{N,rc} = 1,2 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]} \quad \text{okna}$$

$$1,7 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]} \quad \text{dveře}$$

5 NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA θ_{si} [°C]

Nejnižší povrchová teplota konstrukce se stanoví pro ustálené šíření tepla při zimních návrhových teplotách vnitřního a venkovního vzduchu. Při výpočtech se vyjadřuje vnitřní povrchová teplota θ_{si} [°C] v poměrném tvaru jako teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-].

Obecný výpočet:

Nejnižší povrchová teplota konstrukce $\theta_{si,min}$ [°C]:

$$\theta_{si,min} = \theta_{ai} - U \cdot R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) \quad (6)$$

$$\theta_{ai} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} \quad (7)$$

kde $\Delta\theta_{ai}$ - přírážka na vyrovnávací rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch ve [°C]

θ_i – návrhová teplota interiéru ve [°C], dle ČSN 73 0540 - 3

θ_e – návrhová teplota exteriéru ve [°C], dle ČSN 73 0540 - 3

θ_{ai} – návrhová teplota vnitřního vzduchu ve [°C], dle ČSN 73 0540 – 3

R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu v [m².K.W⁻¹]

U – součinitel prostupu tepla v [W.m⁻².K⁻¹]

5.1 Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-]

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} \quad f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (8)$$

kde $\theta_{si,min}$ – nejnižší povrchová teplota na konstrukci ve [°C]

θ_{ai} – návrhová teplota vnitřního vzduchu ve [°C], dle ČSN 73 0540 – 3

θ_e – návrhová teplota exteriéru ve [°C], dle ČSN 73 0540 – 3

Hodnoty kritického (normového) teplotního faktoru jsou uvedeny v ČSN 73 0540 – 2

(tabulka 1).

Do výpočtu byl dosazován součinitel prostupu tepla U přepočítaný s hodnotami tepelného odporu $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$. Hodnoty R_{si} jsou uvedeny v ČSN 73 0540 – 2.

Tab. 3.1.1 – Nejnižší povrchová teplota, teplotní faktor

kce	U [W/m.K]	$\theta_{si,min}$ [°C]	f_{Rsi} [-]	$f_{rs,N}$ [-]	posouzení
W1	0,21	18,73	0,947	0,792	vyhoví
W2	0,21	18,73	0,947	0,792	vyhoví
W3	0,19	18,91	0,953	0,792	vyhoví
R1,2,4	0,14	19,35	0,965	0,792	vyhoví
R3	0,14	4,3	0,965	0,960	vyhoví
F2	0,25	19,63	0,938	0,491	vyhoví
F9	0,15	19,27	0,963	0,792	vyhoví

5.2 Určení nejnižší povrchové teploty a teplotního faktoru v koutech

Obecný výpočet:

1) Kout mezi vnějšími konstrukcemi $\zeta_{Rsi,k}$ [-]

$$\zeta_{Rsi,k} = 1,05 \cdot (U \cdot R_{si})^{0,69} \quad (9)$$

kde U – součinitel prostupu tepla vnější konstrukce v [W.m⁻².K⁻¹]

R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce v [m².K.W⁻¹]

2) Kout pro vnitřní a vnější konstrukci $\zeta_{Rsi,k}$ [-]

$$\zeta_{Rsi,k} = 0,6 \cdot (U_e \cdot R_{si,k})^{0,79} \cdot (U_e / U_i)^{0,21} \quad (10)$$

kde U_e – součinitel prostupu tepla vnější konstrukce v [W.m⁻².K⁻¹]

U_i – součinitel prostupu tepla vnitřní konstrukce v [W.m⁻².K⁻¹]

$R_{si,k}$ – odpor při přestupu tepla v koutě v [m².K.W⁻¹]

3) Nejnižší povrchová teplota v koutě $\theta_{si,min,k}$ [°C]

$$\theta_{si,min,k} = \theta_{ai} - \zeta_{Rsi,k} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) \quad (11)$$

kde θ_{ai} – teplota vnitřního vzduchu ve [°C]

θ_e – teplota venkovního vzduchu ve [°C]

$\zeta_{Rsi,k}$ – poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu v koutě [-]

4) Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-]

$$f_{Rsi} = 1 - \zeta_{Rsi,k} \quad (12)$$

Podmínka: $\frac{U_i}{U_j} \in <0,8;1,25>$

Tab. 3.2.1 – Nejnižší povrchová teplota koutu

Kout	$\theta_{si,min,k}$ [°C]	$\theta_{si,kce1}$ [°C]	$\theta_{si,kce2}$ [°C]	$\Delta\theta$ [°C]
obvodová stěna – obvodová stěna	15,55	18,73	18,73	0
obvodová stěna – strop nad 1.NP	13,44	18,73	11,52	7,21
obvodová stěna – podlaha zemina	18,12	18,73	19,63	0,9
obvodová stěna – střecha	15,55	18,73	19,27	0,54
obvodová stěna – vnitřní nosná	19,01	18,73	20,6	1,87
obvodová stěna – příčka	18,87	18,73	20,6	1,87

Tab. 3.2.2 – Nejnižší povrchová teplota koutu posouzení

Kout	Vypočtená teplota [°C]	Normová teplota [°C]	Posouzení
obvodová stěna – obvodová stěna	15,55	11,96	vyhoví
obvodová stěna – strop nad 1.NP	13,44	11,96	vyhoví
obvodová stěna – podlaha zemina	18,12	11,96	vyhoví
obvodová stěna – střecha	15,55	11,96	vyhoví
obvodová stěna – vnitřní nosná	19,01	11,96	vyhoví
obvodová stěna – příčka	18,87	11,96	vyhoví

Tab. 3.2.3 – Teplotní faktor koutu

Kout	$\xi_{Rsi,k}$ [-]	f_{Rsi} [-]	$f_{R,cr}$ [-]	Posouzení
obvodová stěna – obvodová stěna	0,142	0,858	0,792	vyhoví
obvodová stěna – strop nad 1.NP	0,037	0,963		vyhoví
obvodová stěna – podlaha zemina	0,159	0,841		vyhoví
obvodová stěna – střecha	0,142	0,858		vyhoví
obvodová stěna – vnitřní nosná	0,045	0,955		vyhoví
obvodová stěna – příčka	0,049	0,951		vyhoví

6 PROSTUP TEPLA OBÁLKOU BUDOVY

Výstupem této části posouzení je protokol k energetickému štítku budovy a energetický štítek obálky budovy.

Obecný výpočet:

Hodnotí se průměrným součinitelem prostupu tepla U_{em} [$W.m^{-2}.K^{-1}$], stanoveným ze vztahu

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad (13)$$

kde H_T – měrná ztráta prostupem tepla v [$W.K^{-1}$]

A – plocha obálky budovy v [m^2]

$$H_T = \sum(A_j \cdot U_j \cdot b_j) + \Delta U_{tbn} \quad (14)$$

kde A_j – plocha jednotlivých konstrukcí, tvořících obálku budovy v [m^2]

U_j – součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí, tvořících obálku budovy v [$W.m^{-2}.K^{-1}$]

b_j – součinitel teplotní redukce [-]

U_{tbn} – přírůžka průměrného vlivu teplotních vazeb v [$W.m^{-2}.K^{-1}$]

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} budovy nebo hodnocené vytápěné zóny, musí splňovat podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

kde $U_{em,N}$ – požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla v $[W.K^{-1}]$, která se stanoví dle ČSN 73 0540 – 2, odst. 9.2 – 9.4.

Výpočet, porovnání, posouzení a zařazení budovy do kategorií je uvedeno v protokolu k energetickému štítku budovy, přiloženém na konci této složky.

7 KONDENZACE VODNÍ PÁRY V KONSTRUKCI

Výstupem tohoto výpočtu bude stanovení kondenzace vodní páry ve střeše a obvodové stěně a výpočet roční bilance vodních par.

Obecný výpočet:

1) Teploty v konstrukci na rozhraní vrstev $\theta_x [^{\circ}C]$

$$\theta_x = \theta_{ai} - U \cdot (R_{si} + R_x) \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) \quad (15)$$

kde θ_e – návrhová teplota exteriéru ve $[^{\circ}C]$, dle ČSN 73 0540 - 3

θ_{ai} – návrhová teplota vnitřního vzduchu ve $[^{\circ}C]$, dle ČSN 73 0540 – 3

R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu v $[m^2.K.W^{-1}]$

U – součinitel prostupu tepla, pro $R_{si} = 0,25 m^2.K.W^{-1}$ v $[W.m^{-2}.K^{-1}]$

R_x – tepelný odpor x-té vrstvy v $[m^2.K.W^{-1}]$

2) Výpočet difúzního odporu vrstev konstrukce $z_{pj} [m^2.s^{-1}]$

$$z_{pj} = \frac{d_j}{\delta_j} \quad (16)$$

kde δ_j – součinitel difúzní vodivosti materiálu (součinitel difúze vodní páry) v $[s]$

d_j – tloušťka j-té vrstvy v $[m]$

3) Difúzní odpor celé konstrukce $z_{pt} [m^2 \cdot s^{-1}]$

$$z_{pt} = z_{pi} + z_p + z_{pe} \quad z_p = \sum z_{pi} \quad (17)$$

kde z_p - difúzní odpor všech vrstev konstrukce v $[m \cdot s^{-1}]$

z_{pi} - odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce; $0,1 \cdot 10^9 [m \cdot s^{-1}]$

z_{pe} - odpor při přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce; $0,005 \cdot 10^9 [m \cdot s^{-1}]$

Při ručním výpočtu lze hodnoty z_{pi} a z_{pe} zanedbat.

4) Částečný tlak vodní páry v libovolném místě konstrukce v závislosti na teplotě vzduchu $p_{sat,x} [Pa]$

$p_{sat,x}$ - zjištěný z tabulky K.2 (ČSN 73 0540 – 3)

$$p_{v,i} = p_{sat,x} \cdot \frac{\varphi_{ai}}{100} \quad (18)$$

$$\varphi_{ai} = \varphi_i + \Delta \varphi_{ai} \quad (19)$$

$$p_{v,e} = p_{sat,x} \cdot \frac{\varphi_e}{100} \quad (20)$$

kde $p_{v,e}$ - částečný tlak vodní páry venkovního vzduchu pro danou venkovní teplotu v $[Pa]$

$p_{v,i}$ - částečný tlak vodní páry vnitřního vzduchu pro danou venkovní teplotu

φ_i - návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu 50 %

φ_e - návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu 84 %

$\Delta \varphi_{ai}$ - bezpečnostní přírážka 5 %

Tab. 5.1 – Teploty v konstrukci na rozhraní vrstev

kce	θ_x [°C]		θ_{ai} [°C]	θ_e [°C]	U [W/m².K]	R_{si} [m².K/W]
W3	θ_{si}	18,91	20,6	-15	0,19	0,25
	$\theta_{1,2}$	18,79				
	$\theta_{2,3}$	17,82				
	$\theta_{3,4}$	2,2				
	$\theta_{4,5}$	-14,85				
	θ_{se}	-14,91				
R1, R4, R2	θ_{si}	19,35	20,6	-15	0,14	0,25
	$\theta_{1,2}$	19,27				
	$\theta_{2,3}$	18,57				
	$\theta_{3,4}$	18,5				
	$\theta_{4,5}$	10,83				
	$\theta_{5,6}$	-13,4				
	θ_{se}	-13,43				
R3	θ_{si}	4,3	5	-15	0,14	0,25
	$\theta_{1,2}$	4,23				
	$\theta_{2,3}$	3,86				
	$\theta_{3,4}$	3,82				
	$\theta_{4,5}$	-0,49				
	$\theta_{5,6}$	-14,1				
	θ_{se}	-14,14				

Vypočteno dle (15)

Tab. 5.2 – Difúzní odpor vrstev konstrukce

kce	vrstva	d [m]	$\delta \cdot 10^{-9}$ [s]	$z_{pj} \cdot 10^9$ [m/s]	Σz_{pj} [m/s]
W3	fasádní omítka	0,002	0,005	0,12	36,26
	EPS isover 70F	0,100	0,057	1,75	
	EPS isover 70F	0,080	0,057	1,58	
	ŽB	0,25	0,008	31,25	
	cem. omítka	0,015	0,01	1,5	

R1, R4, R2, R3	cem. omítka	0,015	0,01	1,5	35067,6
	ŽB deska	0,25	0,008	31,25	
	parozábrana	0,003	0,00000011	43,48	
	TI	0,06	0,179	0,34	
	TI - XPS	0,18	0,025	7,2	
	PVC fólie	0,0015	0,000013	115,4	

Vypočteno dle (16)

Tab. 5.3 – Částečný tlak vodní páry

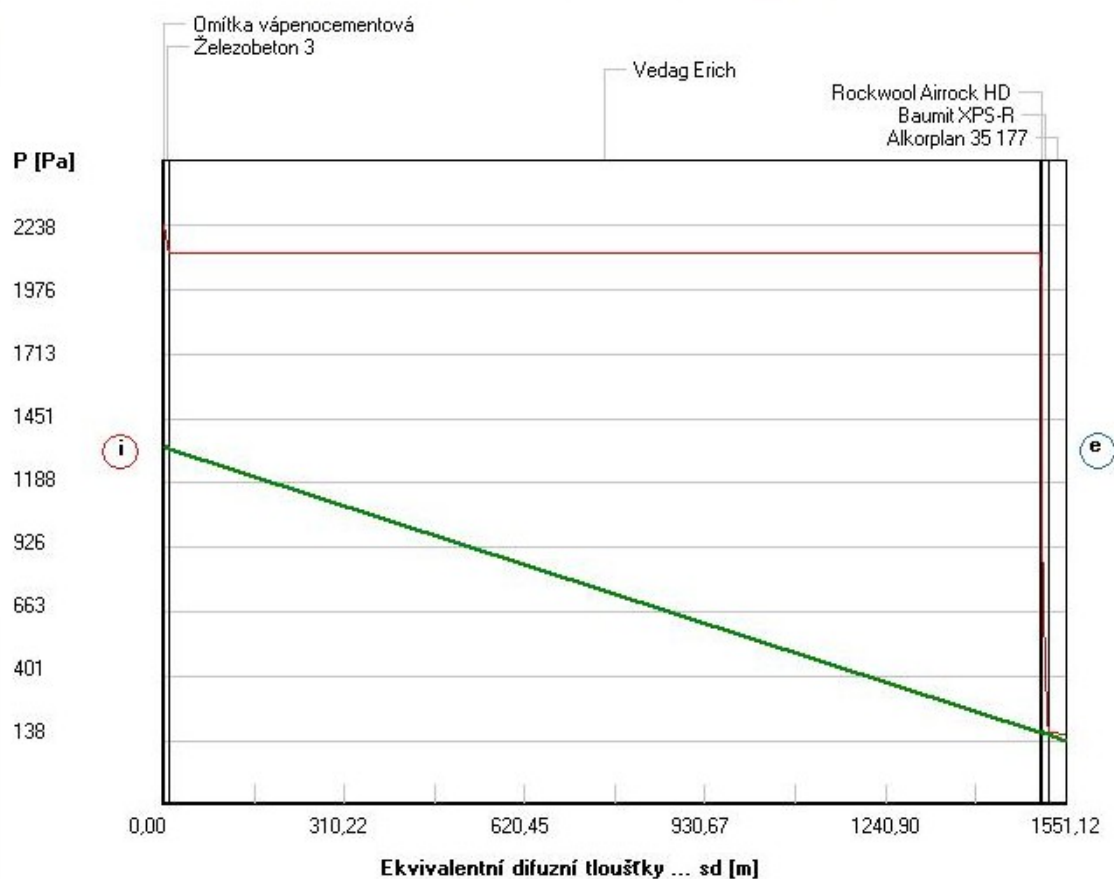
kce	θ_x [°C]		θ_{ai} [°C]	θ_e [°C]	$p_{sat,x}$ [Pa]	p_i [Pa]	p_e [Pa]
W3	θ_{si}	18,91	20,6	-15	2182	1333,75 (2425)	138,6 (165)
	$\theta_{1,2}$	18,79			2169		
	$\theta_{2,3}$	17,82			2037		
	$\theta_{3,4}$	2,2			716		
	$\theta_{4,5}$	-14,85			167		
	θ_{se}	-14,91			167		
R1, R4, R2	θ_{si}	19,35			2251		
	$\theta_{1,2}$	19,27			2238		
	$\theta_{2,3}$	18,57			2142		
	$\theta_{3,4}$	18,5			2129		
	$\theta_{4,5}$	10,83			1295		
	$\theta_{5,6}$	-13,4			191		
	θ_{se}	-13,45			189		
R3	θ_{si}	4,3	5	-15	831	697,6 (872)	138,6 (165)
	$\theta_{1,2}$	4,2			825		
	$\theta_{2,3}$	3,86			807		
	$\theta_{3,4}$	3,82			802		
	$\theta_{4,5}$	-0,49			586		
	$\theta_{5,6}$	-14,11			179		
	θ_{se}	-14,15			178		

Vypočteno dle (18), (19), (20), a z tabulky K.2 (ČSN 73 0540 – 3)

Graf konstrukce R1, R2, R4

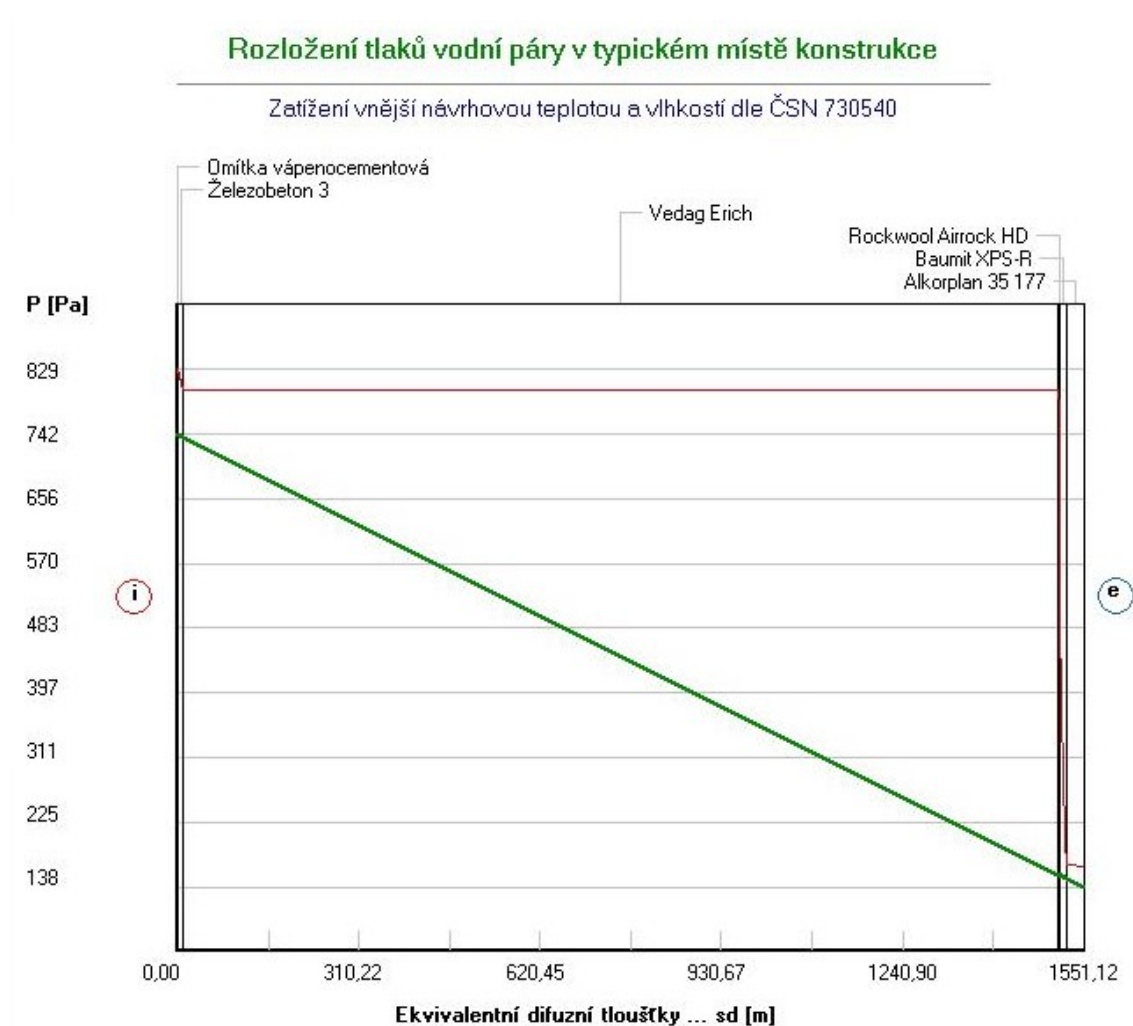
Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení vnější návrhovou teplotou a vlhkostí dle ČSN 730540



Závěr: V konstrukci střechy skladby R1, R2, R4 nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci vodní páry. Byla navržena parozábrana s vysokým faktorem difuzního odporu μ [-].

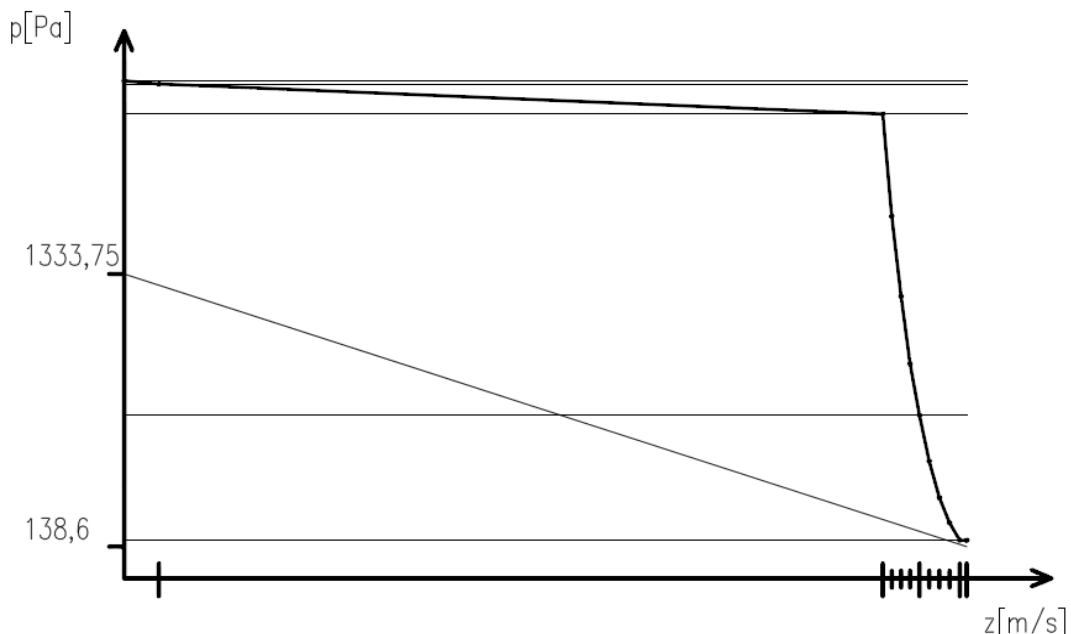
Graf konstrukce R3



Závěr: V konstrukci střechy skladby R3 nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci vodní páry. Byla navržena parozábrana s vysokým faktorem difuzního odporu μ [-].

Graf konstrukce W3

KONSTRUKCE W3



Závěr: V konstrukci střechy skladby W3 nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci vodní páry.

8 POKLES DOTYKOVÉ TEPLoty PODLAHY $\Delta\theta_{i0}$ [°C]

Pro posouzení byla vybrána skladba podlahy na zemině, v místnosti 103 – obývací pokoj.

Obecný výpočet:

1) Tepelná jímavost horního povrchu i-té vrstvy B_i [$\text{W}\cdot\text{s}^{0,5}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]

$$B_i = B_{\text{mat},i} \cdot (1 + K_i)$$

$$B_{\text{mat},i} = (\lambda_i \cdot c_i \cdot \rho_i)^{0,5}$$

kde $B_{\text{mat},i}$ – tepelná jímavost materiálu i-té vrstvy skladby [$\text{W}\cdot\text{s}^{0,5}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]

λ_i – součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

c_i – tepelná kapacita [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]

ρ_i – objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

K_i – součinitel [-], určuje zvýšení (snížení) tepelné jímavosti povrchu nejvýše položené vrstvy oproti tepelné jímavosti materiálu této vrstvy pro nejnižší vrstvu $K_i = 0$

Pro další vrstvy nad nejnižší platí:

$$K_i = K_j = 2 \sum \frac{h_j^n}{\exp(n^2 \cdot y_j)}$$

až do splnění podmínky $ABS \frac{h_j^n}{\exp(n^2 \cdot y_j)} < 0,000\,001$

$$h_i = \frac{(x_i - 1)}{(x_i + 1)} \quad x_i = \frac{(B_{1+i})}{(B_{mat,i})} \quad y_i = \frac{(d_i^2 \cdot c_i \cdot \rho_i)}{(600 \cdot \lambda_i)}$$

2) Tepelná jímavost podlahy B [W.s^{-0,5}.m⁻².K⁻¹]

$$B = B_1$$

3) Určení poklesu dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ [°C]

$$\Delta\theta_{10} = (33 - \theta_{si,min}) \cdot \frac{B}{1117 + B}$$

kde $\theta_{si,min}$ – průměrná vnitřní povrchová teplota podlahy [°C]

$$\theta_{si,min} = \theta_{ai} - U \cdot R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e)$$

Tab. 8.1 – Charakteristiky materiálů

č. v.	materiál	d [m]	λ [W/m.K]	ρ [kg/m]	c [J/kg.K]	B_{mat} [W/s ^{0,5} m ² K]	B [W/s ^{0,5} m ² K]	K [-]
1	dřevěná prkna	0,01	0,12	600	2500	425,1	470,4	0,10
2	cem. litý potěr	0,07	1,16	2000	840	1395,9	1395,9	0
2	TI	0,13	0,037	20	1250	30,4	30,4	0

$$B = B_1 = 470,4 \text{ W.s}^{-0,5} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\theta_{si,min} = 19,04 \text{ °C}$$

$$\Delta\theta_{10} = 4,05 \text{ °C}$$

$$\Delta\theta_{10} = 4,05 \text{ °C} < 5,5 \text{ °C (včetně)}$$

Navrhovaná podlaha patří do kategorie II. - teplé podlahy

9 ZÁVĚR

Posuzované konstrukce vyhoví všem podmínkám stanovených v ČSN 73 0540. všechny obvodové konstrukce splňují doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Obálka budovy je hodnocena jako kategorie B – budova úsporná.