

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA

Ústav základního zpracování dřeva

Dřevostavba rodinného domu

Bakalářská práce

Příloha: Výkresová část

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Dřevostavba rodinného domu* zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....

podpis

Poděkování

Ráda bych touto cestou chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce doc. Dr. Ing. Zdeňce Havířové za odborné vedení práce, za pomoc a rady při jejím zpracování.

Poděkování ovšem patří i mé matce, která mi byla velkou oporou během studia a především mi toto studium umožnila. Nadále pak majitelům dřevostavby, kteří mi poskytli námět pro toto zpracování.

Radka Skřivánková

Dřevostavba rodinného domu

Abstrakt

Práce je zaměřena na posouzení vlastností obvodových stěn rodinného domu z hlediska požadavků na tepelnou ochranu budov. Zprvu vychází z autentického projektu domu a původních skladeb obvodových stěn. Zaměřuje se na výpočet a následné porovnání hodnot součinitele prostupu tepla U s hodnotami předepsanými normou. V další části práce je navržena klasická roubená stavba a dvě stavby nízkoenergetické, jedna rámové a druhá roubené konstrukce. Dále je proveden výpočet součinitele prostupu tepla u obvodových konstrukcí navržených skladeb a jeho posouzení. Dále práce stanovuje cenu za spotřebovaný materiál na 1 m^2 plné obvodové stěny a porovnává jednotlivé stěny mezi sebou po stránce finanční a energetické.

Klíčová slova: dřevostavba, nízkoenergetická stavba, roubená stavba, součinitel prostupu tepla, tepelně technické vlastnosti

Radka Skřivánková

Wooden structure of family house

Abstract

The work is focused on appraisal of properties perimeters walls of family house from the point of view of requirements of thermal protection buildings. It is based on authentic project of house at first and originals structures of perimeters walls. It focuses on a calculation and subsequent comparison to value thermal transmittance U with values set by the norm. In the next part of this work is design typical log house and two low-energies buildings, one type of frame construction and the second type of log construction. After that execute a calculation thermal transmittance U of perimeters constructions projected structures and its appraisal. After that, work sets price of used materials of square metr of full perimeter wall and compares individuals walls among themselves financially and energy.

Keywords: wooden structure, low-energy building, log house, thermal transmittance, thermal technical properties

OBSAH

1 ÚVOD	9 - 10
2 CÍL PRÁCE	11
3 METODIKA	12
4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
4.1. Rámová konstrukce.....	13
4.2. Roubené stavby.....	14 - 15
4.3. Tepelně technické vlastnosti budov.....	15
4.4. Budovy s nízkou energetickou náročností.....	15 - 16
4.5. Součinitel prostupu tepla	16 - 18
5 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBVODOVOU KONSTRUKCÍ	19
5.1. Výpočet součinitele prostupu tepla z horní a dolní meze odporu.....	19
5.2. Stávající konstrukce.....	20 - 24
5.3. Navržená roubená konstrukce.....	24 - 25
5.4. Konstrukce s lepšími tepelně technickými vlastnostmi.....	25 - 27
6 VÝPOČET NÁKLADŮ	28 - 30
7 DISKUZE.....	31 - 33
8 ZÁVĚR.....	34 - 35
9 SUMARRY	36 - 37
10 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	38
11 PŘEHLED OBRÁZKŮ	39
12 PŘEHLED TABULEK.....	40

1 ÚVOD

Práce je orientována na návrh obvodových konstrukcí, tak aby splňovaly požadavky z hlediska tepelné ochrany budov. Toto téma je v dnešní době dosti aktuální. Ať už se jedná o to, že lidé chtějí co nejmenší náklady na vytápění u běžných dřevěných konstrukcí nebo si stále více žádají tzv. nízkoenergetické domy z hlediska finančního.

Výchozí podnět ke zpracování byl půdorys již stávajícího rodinného domu. Jedná se o rámovou dřevostavbu s KVH hranoly a zděnou část z tvárnic Porotherm. Tento fakt, že dům zahrnuje i prvky z tvárnic nemá na práci vliv. A proto v ní nadále zděná část nebude nijak řešena. Ovšem, protože se nachází v půdorysu (viz výkresová část) je potřeba se o tomto poznatku zmínit. V rámové konstrukci domu se nachází více typů skladeb obvodových stěn. To je způsobeno tím, že si majitelé domu přáli z exteriéru část s dřevěným obkladem – falešné roubení a část s fasádou.



Obr. 1 Rámová konstrukce stávající dřevostavby

Podobně je tomu i ze strany interiéru. I když uvnitř převažují části s dřevěným obkladem, nachází se zde i stěny se sádrovláknitou deskou. Díky tomu se v objektu vyskytují tři typy skladeb obvodových stěn. Jelikož stále zmiňuji pouze stěny obvodové, výpočet součinitele prostupu tepla U v $W/(m^2 \cdot K)$ je zaměřen na tyto vnější stěny. Dům obsahuje stejnou skladbu dvou typů obvodových stěn, pouze v tom rozdílu, že ze strany interiéru se nachází buď sádrovláknitá deska nebo obkladové palubky. Dále třetí typ

skladby vnější stěny rámové konstrukce je zcela odlišný. Výpočty jsou porovnány s požadovanou i doporučenou hodnotou součinitele prostupu tepla, kterou uvádí norma ČSN 73 054-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011. Všechny tyto skladby stěn jsou také obsaženy ve výkresové části práce.

Jelikož majitelé původně zamýšleli postavit klasickou roubenou stavbu, v práci je také proveden návrh obvodové stěny při zachování původní tloušťky obvodové stěny rámové dřevostavby s dřevěným obkladem. Hodnota součinitele prostupu tepla bude taktéž porovnána s požadovanou i doporučenou hodnotou normy ČSN 73 054-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011.

Dále v práci je zhotoven návrh vylepšení skladby stávající rámové konstrukce a skladby pro roubenou stěnu, tak aby byly splněny požadavky na nízkoenergetickou stavbu. Roubená stěna bude navržena tak, aby splňovala požadavky na potřebná kritéria, naopak u rámové konstrukce se provede zateplení z vnější strany obvodového pláště s dřevěným obkladem. Tento způsob realizace lze provést i do budoucna, jelikož není problém dřevěný obklad sejmout a dům zateplit.

V další části práce jsou vypočteny náklady na 1 m² plné obvodové stěny. Ať už je jedná o stěny stávající konstrukce, roubené nebo skladby s požadavky na nízkoenergetické stavby. Náklady jsou spočítány na materiál, obsažený ve všech typech skladeb rámové i roubené konstrukce. Závěrem jsou porovnány alternativy jednotlivých stěn a vyhodnoceny podle zvolených kritérií.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bude posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla u stávajícího objektu a následný návrh změny skladby obvodových konstrukcí v návaznosti na požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U . Bude řešená obvodová stěna dřevostavby rámové konstrukce. I když dům zahrnuje i zděnou část z tvárnic Porotherm, není tato část v práci nijak řešena. Výpočet bude obsahovat tři různé typy skladeb obvodové stěny rámové dřevostavby a jeden typ roubené stěny při zachování původní tloušťky stěny s dřevěným obkladem. V další části práce bude proveden návrh vylepšení skladby stávající rámové konstrukce a skladby pro roubenou stěnu tak, aby splňoval požadavky pro nízkoenergetickou stavbu. U stávající konstrukce se provede zateplení obvodového pláště z vnější strany, u roubené stěny bude navržena vhodná skladba tak, aby splňovala potřebná kritéria. Dále budou vypočteny náklady na materiál potřebný pro 1 m^2 plné stěny a bude provedeno porovnání jednotlivých alternativ podle určitých kritérií.

3 METODIKA

Pro práci bude provedeno zaměření stávajícího stavu a vynesení stávajícího stavu pro půdorys objektu. Stávající obvodové konstrukce budou posouzeny z hlediska dosaženého součinitele prostupu tepla. Budova obsahuje více typů skladby stěn dřevostavby, a proto bude výpočet součinitele prostupu tepla U vnější stěnou sestaven pro jednotlivé typy. V mém případě se jedná o tři různé stěny stávající rámové konstrukce. Výpočet bude stanoven pomocí horní a dolní meze odporu. Součinitel prostupu tepla U ve $W/(m^2 \cdot K)$ bude určen z celé plochy nebo z pravidelně se opakujícího výseku. Vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla budou porovnány s hodnotou požadovanou i doporučenou uvedenou v ČSN 73 054-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011. Pro stejnou tloušťku obvodové stěny bude proveden návrh skladby roubené stěny a vypočten její součinitel U . V další části práce bude pro zlepšení tepelně technických vlastností obvodového pláště navržena konstrukce nízkoenergetická, jak pro stávající rámovou dřevostavbu, tak i pro roubenou stavbu.

V závěru práce budou vypočteny náklady na $1 m^2$ plné stěny původní konstrukce, roubenky a „vylepšených“ stěn obou variant. Všechny navržené skladby stěn budou vzájemně mezi sebou porovnány podle předem zvolených kritérií.

4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

4.1. Rámová konstrukce

Nosnou konstrukci rámových staveb utváří tyčové prvky, které jsou tvořeny řezivem a pláštěm, jež má stabilizující funkci. Veškeré svislé zatížení ze střechy a mezipatrových stropů se přenáší na tyčovou kostru. Kdežto plášť naopak přenáší zatížení vodorovné, které vzniká vlivem výztužných sil a povětrnostních vlivů.

Kostru u rámových staveb je tvořena rostlým nebo lepeným dřevem, s třídou pevnosti C24. Jedná se o dřevo smrku či jedle s vlhkostí $12 \% \pm 2 \%$. Průřezy těchto prvků jsou standardně 60x120 mm, ovšem u obvodových stěn se upřednostňují i větší tloušťky izolace než 120 mm. Proto dochází ke zvětšení průřezu v rozměrech 160, 180, 200 a více milimetrů. Ovšem nevyklučuje se i druhá tepelná izolace, která je na nosné konstrukci nezávislá. Vícepodlažní rámové konstrukce si samotné zvětšení průřezů žádají, a to kvůli přenášení zatížení.

Plášť budovy musí splňovat statické požadavky. Tuto funkci například splňují OSB desky, sádrovláknité desky, MDF desky, třískové desky a jiné.

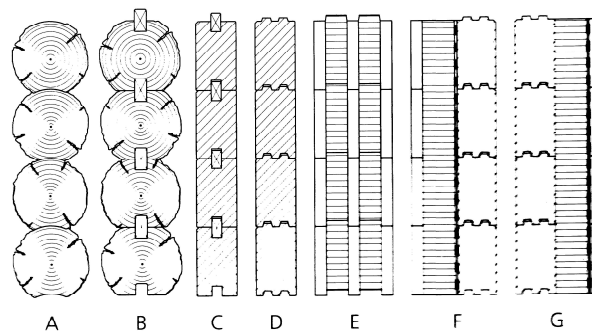
Podkladová konstrukce pro vnitřní nebo vnější obklad se zpravidla používá laťový rošt. Tloušťka roštu je nejméně 30 mm. Prostor roštu na vnitřní straně stěny slouží i jako místo pro instalace a rozvody. Ovšem pro zlepšení hodnoty součinitele prostupu tepla lze tento prostor na straně interiéru zateplit. (Kolb 2011)

Svislé sloupky kostry jsou rozmístěny v osové vzdálenosti 400 – 700 mm, v zásadě se ale používá vzdálenost 625 mm, ty jsou spojeny s horním někdy dolním rámem pomocí hřebíků. (Koželouh 2007)

Existuje více způsobů výstavby rámových konstrukcí. Jedná se o výrobu prefabrikovanou nebo stavbu prováděnou přímo na staveništi. U prefabrikovaného způsobu se vyrobí jednotlivé konstrukční prvky. Ty se následně dopraví na staveniště, kde se dílce montují. Výstavba tak probíhá v co nejkratším čase. U stavby konané na staveništi se přiveze materiál a následně podle projektu probíhá realizace. Tento způsob výstavby je časově náročnější.

4.2. Roubené stavby

Roubené stavby jsou základem masivních staveb. S určitou obměnou konstrukčních úprav zůstaly zachovány dodnes. Dříve byl plášť roubených nebo srubových konstrukcí sestaven pouze z jedné vrstvy. Ta plnila funkci nosnou, obkladovou a také utvářela prostor. Postupem času se kladl důraz na tepelně izolační schopnosti, a proto se realizují pláště dvouvrstvé s izolační vrstvou. Důležitým poznatkem je, že se tyto stavby provádí bez parozábrany v obvodové zdi. Díky tomu, je mikroklima v interiéru příjemně ovlivněno dřevem. (Vaverka a kol 2008)



Obr. 2 Typy vodorovných masivních profilů a spojů (Kolb 2011)

Roubené stavby dnešního typu se vyrábí také v imitované technologii. Nosnou konstrukci tvoří hrázděné nebo sloupkové prvky. (Kolb 2011) Dalším provedením je sestavení prvků libovolného profilu. Srubové i roubené stěny lze sestavit z profilů kruhového, obdélníkového, čtvercového, ale i elipsovitého. Ovšem jedná se o strojní výrobu. Při ruční práci se zachovává přírodní tvar kmene. Vodorovné spáry jsou spojeny na “pero a drážku“ zdvojeným nebo ztrojeným způsobem nebo se spáry spojují tmelem či páskami. (Vaverka a kol 2008)

Tepelně technické vlastnosti obvodových stěn jsou často probírány. Tyto poznatky závisí na teplených ztrátách infiltrací a na součiniteli prostupu tepla stěnou. Výhodou lehkých staveb je, že požadovanou hodnotu součinitele dosáhneme teplenou izolací, kdežto u roubených staveb tloušťkou masivního dřeva. Proto se realizují dřevostavby na vnitřní straně s roubenou stěnou, kdežto exteriér tvoří stěna s omítkou. V dnešní době existuje více typů systémů masivních dřevostaveb. Jednotlivé systémy se liší způsobem sestavení nosné konstrukce, stropů i střech. Ty se většinou vyrobí předem

ve výrobní hale a poté se dopraví na staveniště, kde se provede stavba hrubá a následně se dodělá vnější obvodový plášť s tepelnou izolací. Venkovní vzhled stavby může být klasicky barevně omítnutý nebo s dřevěným obkladem. (Vaverka a kol. 2008)

4.3. Tepelně technické vlastnosti budov

Energetický stav budov je dost aktuálním tématem. I když je má práce především orientována na součinitel prostupu tepla, je dobré se zmínit i o ochraně tepla a úsporách energie.

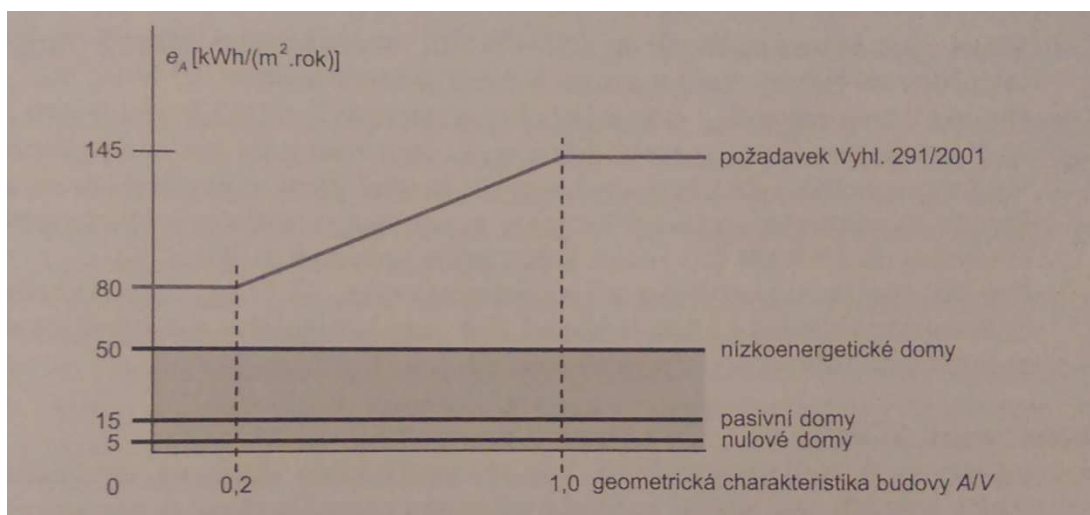
Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby uvádí, že budovy musí být realizovány tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání byla co nejnižší. A že energetickou náročnost budovy lze ovlivnit jejím tvarem, dispozicí, velikostí a orientací oken či vytápěcími systémy. Dále je potřeba při návrhu stavby dbát na klimatické podmínky lokality. Následně sděluje, že musí být zaručeny požadavky na: tepelnou pohodu uživatel, požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí, nízkou energetickou náročnost při provozu atd. Tepelně technické vlastnosti budov jsou dány normou. (Vaverka a kol 2006)

Pokud počítáme tepelně technický výpočet budov, ať už to na stupni návrhu nebo při posuzování, je potřeba vycházet z fyzikálních vlastností materiálů, použitých při konstrukci. Důraz se klade na objemovou hmotnost, vlhkost, měrnou tepelnou kapacitu a vodivost použitých materiálů. Důležité je také vycházet z okolností, při kterém byly hodnoty zjištěny. Také víme, že technické vlastnosti materiálů nejsou konstantní, protože závisí na dalších parametrech. (Vaverka a kol. 2006)

4.4. Budovy s nízkou energetickou náročností

Charakteristika těchto budov spočívá v tom, že jejich potřeba na vytápění je nízká. Ovšem, co si představit pod nízkou hodnotou? Za tyto budovy lze považovat

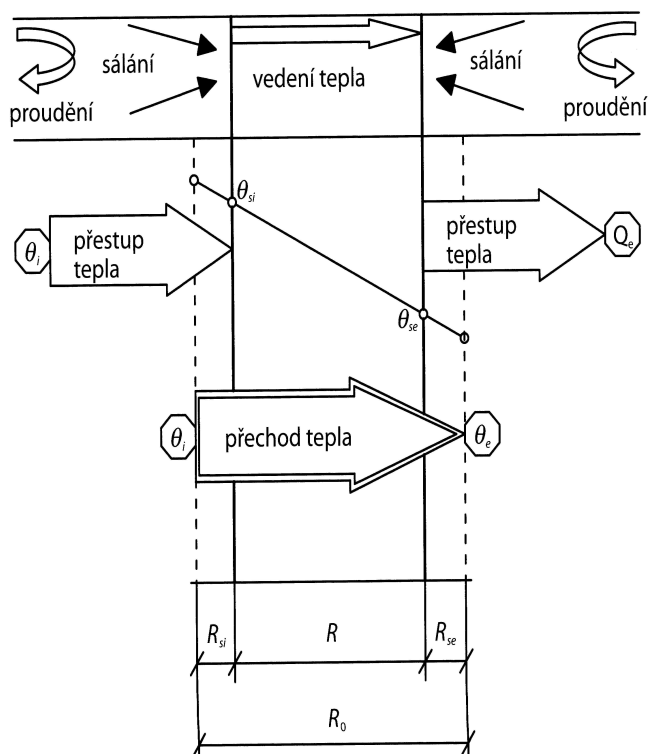
domy, které mají potřebu tepla výrazně nižší než je aktuální požadavek národních předpisů. Díky tomu, se ustálila hodnota měrné spotřeby tepla na vytápění do 50 kWh/(m²·a). (Tywoniak a kol 2012) Ostatní požadované hodnoty měrné potřeby tepla jsou na obrázku 2. Aby se vzájemně mohly porovnat budovy s odlišnou plochou, hodnota se vztahuje k podlahové ploše e_A (kWh/m²) nebo k objemu budovy e_V (kWh/m³). Za pasivní domy lze považovat ty, které mají roční plošnou potřebu tepla do 15 kWh/(m²·a). Pasivní domy mají vnější stěnu lépe izolovanou a používají tzv. rekuperace. Získávají teplo zpětnou formou z odpadního vzduchu. Mimo to využívají solární zisky či energii z biomasy. Další skupinu tvoří tzv. nulové domy, jejichž roční potřeba se pohybuje do 5 kWh/(m²·a). Díky letním dnům si vyrobí tolik energie z obnovitelných zdroj, že jim stačí na využití v chladnějším období. Nutno podotknout, že stavební řešení jak pasivních, tak i nulových domů je ve své podstatě totožné. (Vaverka a kol 2006)



Obr. 3 Hodnoty požadované na měrnou potřebu tepla na vytápění (Vaverka a kol 2006)

4.5. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla udává tepelný tok, který se šíří z prostředí vnitřního do vnějšího plochou 1 m² při jednotkovém teplotním spádu vnitřního a vnějšího prostředí (Vaverka a kol. 2006). Schematické znázornění přestupu tepla konstrukcí vidíme na obrázku 3.



Obr. 4 Přestup a prostup tepla při šíření tepelného toku konstrukcí
(Vaverka a kol. 2006)

Součinitel prostupu tepla hodnotíme dvěma požadavky. První se vztahuje na jednotlivé konstrukce a druhý k budově jako celku. Ten se určuje pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . Důležité je, aby oba nároky byly splněny současně.

Doporučené hodnoty součinitele se užívají tam, kde jsou v souladu s technickými, ekonomickými předpisy a především legislativou. Hodnoty doporučené pro pasivní domy jsou použity zejména pro předběžný návrh konstrukcí pasivních nebo podobných objektů. Požadované hodnoty jsou použity zejména pro hodnocení konstrukcí podle vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Norma ČSN 73 054-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011 udává doporučené a požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. (Tywoniak a kol 2012)

Tab. 1 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla s návrhovou teplotou interiéru θ_{im} od 18 do 22 °C (ČSN 73 054-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011)

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 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18–0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18–0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15–0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15–0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15–0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžké: 0,25 lehké: 0,20	0,18–0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22–0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30–0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38–0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38–0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45–0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5

5 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OBVODOVOU KONSTRUKCÍ

5.1. Výpočet součinitele prostupu tepla z horní a dolní meze odporu

Znázornění výpočtových vztahů:

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

hodnoty R_{si} a R_{se} znázorňují odpory při přestupu tepla konstrukcí na vnitřní a vnější straně, v $(m^2 \cdot K)/W$

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} [(m^2 \cdot K)/W],$$

kde R'_T je horní mez odporu při prostupu tepla, v $(m^2 \cdot K)/W$, stanovená z úseků konstrukce rovnoběžných s tepelným tokem, vycházející z normy ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda. Praha: ČNI 1998 podle vztahu:

$$R'_T = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}}} [(m^2 \cdot K)/W],$$

R_{Ta} , R_{Tb} , až R_{Tq} jsou odpory pro každý úsek, v $(m^2 \cdot K)/W$, vypočteny ze vztahů pro jednorozměrné šíření tepla

$f_a = A_a/A$, $f_b = A_b/A$, až $f_q = A_q/A$ jsou poměrné plochy úseků, bezrozměrné

R''_T dolní mez odporu, v $(m^2 \cdot K)/W$, stanovená z vrstev kolmých na tepelný tok, kde se pro každou nestejnorodou vrstvu určí tepelný odpor podle normy ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda. Praha: ČNI 1998

$$R''_T = R_{\alpha i} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_2 + \dots + R_{\alpha e} [(m^2 \cdot K)/W]$$

(Vaverka a kol 2006)

Pro všechny konstrukce bude uvažována teplota interiéru $T_i = 20 \text{ °C}$, $\alpha_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a teplota v exteriéru $T_e = -15 \text{ °C}$, $\alpha_e = 23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

5.2. Stávající konstrukce

Skladba obvodové stěny – obývací pokoj

Tloušťka stěny pro zvolenou skladbu je 280 mm. Konstrukce je difúzně otevřená, proto se falešné roubení s laťovým roštem, který je větraný do skladby nezapočítává. Na vnitřní straně obvodového pláště je obklad z palubek.



Obr. 5 Skladba stěny v obývacím pokoji

$$f_a = \frac{a}{a+b} = \frac{0,06}{0,06+0,65} = 0,085; f_b = \frac{b}{a+b} = \frac{0,65}{0,06+0,65} = 0,915$$

$$R_a = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,16}{0,18} = 0,889 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}; R_b = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,16}{0,04} = 4 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_{Ta} = R_{\alpha i} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_a + R_{\alpha e} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,18} + 0,16 + 0,889 + \frac{1}{23} = 1,317 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_{Tb} = R_{\alpha i} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_b + R_{\alpha e} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,18} + 0,16 + 4 + \frac{1}{23} = 4,428 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R'_T = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}}} = \frac{1}{\frac{0,085}{1,317} + \frac{0,915}{4,428}} = 3,688 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_2 = \frac{1}{\frac{f_a}{R_a} + \frac{f_b}{R_b}} = \frac{1}{\frac{0,085}{0,889} + \frac{0,915}{4}} = 3,083 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R''_T = R_{\alpha i} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_2 + R_{\alpha e} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,18} + 0,16 + 3,083 + \frac{1}{23} = 3,511 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{3,688 + 3,511}{2} = 3,5995 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,5995} = 0,279 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{N,20} = 0,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

$$U_{rec,20} = 0,20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad \Rightarrow \text{požadavek není splněn}$$

Součinitel prostupu tepla posuzované vnější stěny rodinného domu rámové konstrukce vyhovuje požadované hodnotě, ale nevyhovuje hodnotě doporučené.

Skladba obvodové stěny – kuchyně

I v případě této skladby se jedná o stěnu difúzně otevřenou s tloušťkou 280 mm, proto do výpočtu není zahrnut venkovní dřevěný obklad s větraným roštěm. Na vnitřní straně se nachází sádrovláknitá deska.



Ob. 6 Skladba stěny v kuchyni

$$f_a = 0,085; f_b = 0,915$$

$$R_a = 0,889 (m^2 \cdot K)/W; R_b = 4 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_{Ta} = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_a + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,32} + 0,16 + 0,889 + \frac{1}{23} = 1,274 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_{Tb} = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_b + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,32} + 0,16 + 4 + \frac{1}{23} = 4,385 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R'_T = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}}} = \frac{1}{\frac{0,085}{1,274} + \frac{0,915}{4,385}} = 3,631 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_2 = 3,083 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R''_T = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_2 + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,32} + 0,16 + 3,083 + \frac{1}{23} = 3,468 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{3,631 + 3,468}{2} = 3,5495 (m^2 \cdot K)/W$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,5495} = 0,282 W/(m^2 \cdot K)$$

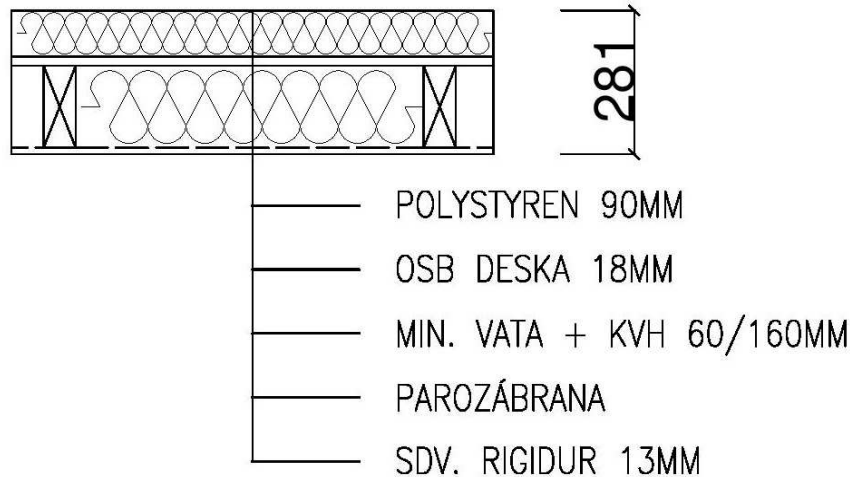
$$U_{N,20} = 0,30 W/(m^2 \cdot K) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

$$U_{rec,20} = 0,20 W/(m^2 \cdot K) \quad \Rightarrow \text{požadavek není splněn}$$

Stejně jako u předchozí stěny, i tady součinitel prostupu tepla vyhovuje požadované hodnotě předepsané normou, ale hodnotě doporučené nevyhovuje.

Skladba obvodové stěny – pokoj

Skladba stěny je difúzně uzavřená, s tloušťkou 281 mm, kde má tepelná izolace celkovou tloušťku 250 mm. Na stěně je z venkovní stěny polystyren, v interiéru je umístěna sádrovláknitá deska.



Obr. 7 Skladba stěny v pokoji

$$f_a = \frac{a}{a+b} = \frac{0,06}{0,06+0,661} = 0,083; f_b = \frac{b}{a+b} = \frac{0,661}{0,06+0,661} = 0,917$$

$$R_a = 0,889 (m^2 \cdot K)/W; R_b = 4 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_{Ta} = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_a + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3} + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,013}{0,32} + 0,889 + \frac{0,018}{0,13} + \frac{0,09}{0,04} + \frac{1}{23} = 3,486 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_{Tb} = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_b + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3} + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,013}{0,32} + 4 + \frac{0,018}{0,13} + \frac{0,09}{0,04} + \frac{1}{23} = 6,598 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R'_T = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}}} = \frac{1}{\frac{0,083}{3,486} + \frac{0,917}{6,598}} = 6,142 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_2 = \frac{1}{\frac{f_a}{R_a} + \frac{f_b}{R_b}} = \frac{1}{\frac{0,083}{0,889} + \frac{0,917}{4}} = 3,098 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R''_T = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_2 + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3} + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,013}{0,32} + 3,098 + \frac{0,018}{0,13} + \frac{0,09}{0,04} + \frac{1}{23} = 5,695 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{6,142 + 5,695}{2} = 5,918 (m^2 \cdot K)/W$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,918} = 0,168 W/(m^2 \cdot K)$$

$$U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

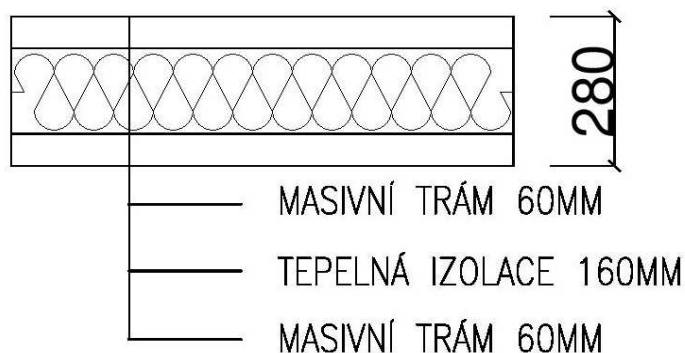
$$U_{rec,20} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

$$U_{pas,20} = 0,18 - 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

U obvodové stěny z výsledku vyplývá, že obvodová stěna konstrukce splnila požadavek na součinitele prostupu tepla U, jak u požadované hodnoty, tak i doporučené pro lehké konstrukce. Hodnota $U=0,168 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vyhovuje i doporučené hodnotě pro pasivní domy.

5.3. Navržená roubená konstrukce

Stěna je tvořena tepelnou izolací vprostřed dvou trámů, kde tepelná izolace zaujímá 160 mm. Celková tloušťka stěny je zachována jako u stávající rámové konstrukce s dřevěným obkladem.



Obr. 8 Skladba roubené stěny

$$R = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3} + R_{ae} = \frac{1}{8} + 2 \cdot \left(\frac{0,06}{0,18} \right) + \frac{0,16}{0,04} + \frac{1}{23} = 4,835 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{4,835} = 0,207 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$U_{N,20} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

$$U_{rec,20} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

Skladba stěny vyhovuje požadavkům normy na požadovanou, ale i doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro těžkou stěnu.

5.4. Konstrukce s lepšími tepelně technickými vlastnostmi

Skladba pasivní stěny rámové konstrukce

V případě zlepšení tepelně technických vlastností jsem se rozhodla zachovat stejnou skladbu stěny, jako v prvním případě. S vylepšením součinitele prostupu tepla dojde k zateplení objektu ze strany exteriéru. Toto bude nejjednodušší řešení, jelikož není problém venkovní falešné roubení oddělat a přidat zateplení. Výhodou je, že tento způsob nijak nenarušuje stabilitu konstrukce, pouze dojde k navýšení tloušťky stěny na venkovní straně o 80 mm. Zateplení je realizováno dřevovláknitou deskou. Potom tedy celková tloušťka stěny je 360 mm, s tepelnou izolací celkově 240 mm.



Obr. 9 Skladba stěny pasivní rámové konstrukce

$$f_a = 0,085; f_b = 0,915$$

$$R_a = 0,889 (m^2 \cdot K)/W; R_b = 4 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_{Ta} = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_a + R_{\lambda 3} + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,18} + 0,16 + 0,889 + \frac{0,08}{0,04} + \frac{1}{23} = 3,317 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_{Tb} = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_b + R_{\lambda 3} + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,18} + 0,16 + 4 + \frac{0,08}{0,04} + \frac{1}{23} = 6,428 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R'_T = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}}} = \frac{1}{\frac{0,085}{3,317} + \frac{0,915}{6,428}} = 5,953 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_2 = 3,083 m^2 \cdot K/W$$

$$R''_T = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_2 + R_{\lambda 3} + R_{ae} = \frac{1}{8} + \frac{0,018}{0,18} + 0,16 + 3,083 + \frac{0,08}{0,04} + \frac{1}{23} = 5,511 (m^2 \cdot K)/W$$

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{5,953 + 5,511}{2} = 5,732 (m^2 \cdot K)/W$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,732} = 0,174 W/(m^2 \cdot K)$$

$$U_{pas,20} = 0,18 - 0,12 W/(m^2 \cdot K) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

Skladba roubené pasivní stěny

U roubené konstrukce je ze strany interiéru zachován obklad z palubek, aby vnitřní prostor utvářel pocit roubenky, jako to je v případě stávajícího objektu. Tloušťka stěny je 346 mm. Tepelná izolace je tvořena tloušťkou 180 mm.



Obr. 10 Skladba roubené pasivní stěny

$$R = R_{ai} + R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3} + R_{\lambda 4} + R_{\lambda 5} + R_{ae} = 5,622 (m^2 \cdot K)/W$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5,622} = 0,178 W/(m^2 \cdot K)$$

$$U_{pas,20} = 0,18 - 0,12 W/(m^2 \cdot K) \quad \Rightarrow \text{požadavek je splněn}$$

6 VÝPOČET NÁKLADŮ

Výpočet nákladů je zaměřen na 1 m² vnější plné stěny všech stávajících i navržených konstrukcí (dříve již zmíněno). Výpočet je sestaven pro všechny skladby stěn u rámové i roubené konstrukce. Náklady jsou vypočteny na použitý materiál při výstavbě m² zdi.

Tab. 2 Výpis cen materiálů (pro obývací pokoj rámové konstrukce)

Materiál	Rozměr	cena za m ² [Kč]	cena za bm [Kč]
Fasádní palubky	32 mm	384	
Difúzní fólie		16	
Laťový rošt - impregnovaný	40/50 mm		15
	30/50 mm		11
Minerální vata	160 mm	212	
KVH hranoly	60/160 mm		130
Parozábrana		14	
Obkladové palubky	18 mm	228	

(www.sci-data.cz)

Skladba stěny v obývacím pokoji, kde se uvnitř domu nachází obkladové palubky a z vnější části dřevěný obklad z fasádních palubek, cena stěny za m² odpovídá částce 1 166 Kč.

Tab. 3 Výpis cen materiálů (pro kuchyň rámové konstrukce)

Materiál	Rozměr	cena za m ² [Kč]	cena za bm [Kč]
Fasádní palubky	32 mm	384	
Difúzní fólie		16	
Laťový rošt - impregnovaný	40/50 mm		15
	30/50 mm		11
Minerální vata	160 mm	212	
KVH hranoly	60/160 mm		130
Parozábrana		14	
SDV deska	18 mm	223	

(www.sci-data.cz)

Díky použití SDV desky z vnitřní strany domu (vnější strana stěny s dřevěným obkladem), vychází cena plné stěny v kuchyni za m² na 1 161 Kč.

Tab. 4 Výpis cen materiálů (pro stěnu v pokoji rámové konstrukce)

Materiál	Rozměr	cena za m ² [Kč]	cena za bm [Kč]
Polystyren EPS	90 mm	119	
OSB deska	18 mm	160	
Minerální vata	160 mm	212	
KVH hranoly	60/160 mm		130
Parozábrana		14	
SDV deska	13 mm	136	

(www.sci-data.cz)

Ze stávající rámové konstrukce má nejnižší náklady na 1 m² plné stěny na materiál obvodová stěna zateplená z vnější strany polystyrenem a z vnitřní strany se SDV deskou za cenu 641 Kč.

Tab. 5 Výpis cen materiálů pro roubenou stěnu při tloušťce stěny 280 mm

Materiál	Rozměr	cena za m ² [Kč]	cena za bm [Kč]
Minerální vata	160 mm	212	
Masivní trám	60/60 mm	833	50

(www.sci-data.cz)

U výpočtu roubené stěny jsem došla k závěru, že stěna při tloušťce 280 mm vychází na 1 878 Kč, díky tomu, že obsahuje z interiéru i exteriéru masivní trámy.

Tab. 6 Výpis cen materiálů pro nízkoenergetickou stěnu rámové konstrukce

Materiál	Rozměr	cena za m ² [Kč]	cena za bm [Kč]
DVD	80 mm	536	
Fasádní palubky	32 mm	384	
Difúzní fólie		16	
Laťový rošt - impregnovaný	40/50 mm		15
	30/50 mm		11
Minerální vata	160 mm	212	
KVH hranoly	60/160 mm		130
Parozábrana		14	
Obkladové palubky	18 mm	228	

(www.sci-data.cz)

Co se týče stěn s vyššími nároky na tepelnou ochranu budov, vylepšená stěna stávající rámové konstrukce je oceněna částkou 1 442 Kč, kde došlo k zateplení ze strany exteriéru a to pomocí dřevovláknité desky.

Tab. 7 Výpis cen materiálů pro nízkoenergetickou roubenou stěnu

Materiál	Rozměr	cena za m² [Kč]	cena za bm [Kč]
Masivní trám	60/60 mm	833	50
	100/100 mm	620	62
Minerální vata	180 mm	250	
OSB deska	18 mm	160	
Parozábrana		14	
Laťový rošt - impregnovaný	30/50 mm		11
Obkladové palubky	18 mm	228	

(www.sci-data.cz)

Pasivní roubená konstrukce přišla na 1 294 Kč za 1 m² plné stěny. Jedná se o částku nižší než u klasické roubené stěny, protože díky tomu, že se vnitřní stěny obloží palubky a přidá se OSB deska do středové části stěny, sníží se cena stěny a především náklady na vytápění celého objektu, při zachování roubení z vnější strany konstrukce.

7 DISKUZE

V porovnání dvou obvodových stěn stávající rámové konstrukce (pro obývací pokoj a kuchyň), které mají skladbu stěny stejnou, až na vnitřní vzhled, kde jsou v obývacím pokoji použity obkladové palubky a v kuchyni sádrovláknitá deska je vidět, že součinitel prostupu tepla U vyšel v obou případech s nepříliš velkým rozdílem, a to u obkladových palubek $U=0,279 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, v případě stěny se SDV je hodnota $U=0,282 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Proto lze usoudit, že z hlediska posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla není tak výrazný rozdíl v použití materiálu na interiérové straně konstrukce. Ovšem do kuchyně je lepší zvolit sádrovláknitou desku, jelikož se zde vyskytuje větší množství vlhkosti a hlavně je zde obklad v oblasti kuchyňské linky. Bohužel volba takové skladby stěny (ať už to s obkladovými palubky nebo SDV) je docela nešťastná, protože hodnota součinitele prostupu tepla sice splňuje podmínky požadované hodnoty, ale doporučené pro lehkou konstrukci stavby ne (viz výsledky). A vzhledem k tomu, že se jedná o dřevěnou konstrukci, troufám si říci, že hodnota je zbytečně vysoká. Naopak toto tvrzení neplatí pro třetí skladbu stěny stávající rámové konstrukce, která se nachází v pokoji a má na rozdíl od dvou předešlých stěn místo dřevěného obkladu zateplení ze strany exteriéru v podobě polystyrenu. Součinitel prostupu tepla odpovídá hodnotě $U=0,168 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, splňuje jak požadavky na požadovanou hodnotu, tak i na doporučenou. Důležitým poznatkem je, že tato skladba stěny odpovídá i nárokům pasivní stavby. Tím se dostávám k tomu, že kdyby majitelé (popřípadě projektant) domu zvolili ve všech místech stejnou skladbu stěny, jako u stěny s polystyrenem, všechny vnější stěny (vyjímaje technické místnosti) by splňovaly požadavky součinitele prostupu tepla na hodnotu pasivní. A to si myslím, že by bylo mnohem příznivější, protože celý objekt by měl daleko lepší vlastnosti z hlediska tepelné ochrany budov a větší tepelné úspory. Když pomínu požadavky na tepelnou ochranu budov, jsou celkově rámové konstrukce prováděné na staveništi daleko více variabilní než dílce, které se vyrábí v halách, kde je skladba stěny striktně daná, a proto je vidět, že celý dům může obsahovat různé typy skladeb stěn.

Abych zhodnotila náklady na stěny stávající rámové konstrukce, došla jsem k tomu, že cenový rozdíl stěny v obývacím pokoji, na straně exteriéru s dřevěným obkladem a uvnitř domu s obkladovými palubkami a v kuchyni, kde se nachází místo palubek sádrovláknitá deska, tvoří pět korun. Tedy m^2 plné stěny s obkladovými palubkami odpovídá cenové hodnotě 1 166 Kč a se SDV deskou 1 161 Kč. V pokoji,

kde je exteriér stěny omítnutý a pod ním polystyren, je cena stěny 641 Kč (bez omítky) na 1m^2 . To je docela zarážející výsledek, pokud si uvědomím, že i součinitel je tak nízký. Klade se zásadní otázka, proč projektant volil dvě předešlé stěny s dřevěným obkladem na straně exteriéru domu a uvnitř s obkladovými palubkami či sádrovláknitou deskou? Mně se nabízí jediná odpověď, že chtěl zřejmě zachovat venkovní vzhled domu, ale s jakým dopadem. Myslím si, že stěna s falešným roubením by šla sestavit i s vyššími tepelnými úsporami. Přejdu ale dále.

Roubenou konstrukci jsem volila tak, aby splňovala tloušťku původní stěny s dřevěným obkladem. Tedy při tloušťce stěny 280 mm roubené konstrukce vyšla hodnota součinitele prostupu tepla $U=0,207\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Opět hodnota splnila požadavky doporučené i požadované. Jelikož nebyl výpočet orientován na pasivní hodnotu, musím říci, že výsledek je příznivý. Ovšem co se nákladů týče, m^2 této plné stěny vyšel na 1 878 Kč. Cena je poměrně vysoká, musím dodat, že nejvyšší ze všech alternativ rámových i roubených skladeb stěn. To je ale dáno tím, že je stěna obvodového pláště tvořena masivními trámy, jak na straně interiéru, tak i exteriéru a to se projevilo po stránce finanční.

Protože majitelé mají dům na vnější straně z části s dřevěným obkladem (falešným roubením) a z části omítnutý, volila jsem proto tzv. „vylepšenou“ skladbu stěny s venkovním obkladem. Protože dům v omítnuté části, kde bylo provedeno zateplení polystyrenem, dosáhl nízké hodnoty součinitele prostupu tepla, volila jsem skladbu stěny tak, aby zůstalo zachování stěny s dřevěným obkladem (ať už to uvnitř s obkladovými palubkami nebo SDV) a došlo pouze k zateplení ze strany exteriéru. Díky přidání dřevovláknité desky došlo k navýšení stěny na 360 mm a díky tomu, ke snížení hodnoty součinitele prostupu tepla na pasivní, jak jsem zamýšlela a to na hodnotu $U=0,174\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Musím podotknout, že hodnota je skoro hraniční, ale je výrazně nižší než u stávající rámové stavby. Přidáním DVD došlo k navýšení ceny stěny na 1 442 Kč. Záměrně jsem zvolila dřevovláknitou desku, protože jsem chtěla znát cenu stěny s touto izolací. Ale předpokládám, že s minerální izolací by byla cena nižší a to by se na celé ploše domu výrazně projevilo.

U roubené pasivní stěny jsem ponechala venkovní vzhled s masivními trámy a na vnitřní straně domu jsem nechala obkladové palubky. Celková tloušťka stěny činí 346 mm, což je méně v porovnání s předešlou pasivní stěnou. Součinitel prostupu tepla

$U=0,178 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hodnota je opět krajní, ale odpovídá požadavkům na pasivní stěnu. Náklady na m^2 této plné stěny činí 1 294 Kč. Zdá se mi to jako přijatelná cena, jelikož na ni byly použity roubené trámy ze strany exteriéru. Také mi přijde vhodné volit tento typ skladby stěny, protože díky laťovému roštu pod obkladovými palubkami mohou být udělány rozvody uvnitř domu a na vnější straně domu má objekt zachován roubení.

8 ZÁVĚR

Cílem bylo posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla pro různé alternativy stěn stávající rámové a navržené roubené konstrukce. Díky tomu, že stavba domu byla prováděna na staveništi, v objektu (kromě části z dílců Porotherm) se vyskytují tři různé typy skladby stěn. Ovšem z výpočtů vyplývá, že skladby stěny stávající rámové konstrukce s dřevěným obkladem z venkovní části domu a ze strany vnitřní s obkladovými palubkami nebo sádrovláknitou deskou splňují požadavky na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla, ale ne doporučenou hodnotu pro lehké konstrukce. Třetí stěna ze strany exteriéru zateplená polystyrenem naopak při posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla splňuje požadavky i na pasivní stěny. Dále pak, co se nákladů týče, u stěn s dřevěným obkladem, kde vyšla hodnota součinitele prostupu tepla (při tloušťce stěn 280 mm) poměrně vysoká, je vyšší i cena obou plných stěn na 1 m², a to kolem 1 200 Kč, na druhou stranu skladba stěny s polystyrenem vyšla na 641 Kč při tloušťce 281 mm.

U navržené roubené konstrukce jsem zvolila záměrně stěnu s tepelnou izolací, jelikož se od původních roubených nebo srubových staveb pouze s vodorovnými dřevěnými prvky odstupuje, kvůli nesplnění tepelně technických požadavků. Tloušťka stěny navržené roubené konstrukce je ponechána jako u stávající rámové konstrukce s dřevěným obkladem (280 mm). Cena za 1 m² roubené stěny vyšla skoro na 1 880 Kč, díky použití masivních trámů z vnější i vnitřní strany domu.

Návrh nízkoenergetické rámové konstrukce, kde došlo k zateplení obvodového pláště ze strany exteriéru u stávající rámové konstrukce s dřevěným obkladem, odpovídá částce okolo 1 450 Kč, při navýšení stěny na 360 mm. Navržená nízkoenergetická roubená stěna by stála necelých 1 300 Kč za 1 m², s tloušťkou stěny menší a to 346 mm, při zachování masivních trámů z vnější strany a obkladových palubek uvnitř.

Když posoudím všechny stávající a navržené konstrukce, u stávajících rámových konstrukcí, je jasné, že skladba stěny s polystyrenem by byla nejlepší volbou, protože je nízkoenergetická a zároveň i nejlevnější. Dále klasická roubená stěna by ze všech typů skladeb stála nejvíce. Naopak nízkoenergetická roubená konstrukce by byla její vhodnou alternativou, i když by se prostor domu zmenšil, jelikož m² plné stěny této skladby by stál o 580 Kč méně, v porovnání s klasikou roubenou skladbou. Celkově

bych z navržených skladeb stěn volila skladbu stěny nízkoenergetické roubené stěny, protože zmenšení prostoru domu není tak razantní a ještě se sníží náklady na vytápění.

9 SUMMARY

The aim was appraisal of value thermal transmittance U for various alternatives walls existing frame and designed log constructions. Owing to house building was carry out on construction site, in object (except part of Porothersm components) are three various types of structure walls. But the calculations shows that structures walls of existing frame construction with timber facing outside of house and with lining board or gypsum fibre board inside meet requirements to required value thermal transmittance, but it is not suggested for light constructions not. By contrast the third wall thermally insulated by polystyrene outside meets requirements of passive walls at appraisal of value thermal transmittance. After that it concerns costs, with wall with timber facing, where value thermal transmittance (at walls thickness 280 millimetres) proved relatively high, also the price is higher both full perimeters walls of square meter, around 1 200 Czech crowns, on the other hand structure wall with polystyrene would cost 641 Czech crowns at thickness 281 millimetres.

At designed log construction I intentionally chosen wall with thermal insulation, because it makes concessions of original log constructions with horizontal timber element because of non-fulfilment thermal technical requirements. Wall thickness designed log construction is left as with the existing frame construction with timber facing (280 milimeters). The price for square metr of log wall was almost 1 880 Czech crowns, owing to use massive beam outside and inside.

Project of low-energy frame construction where came thermal insulation from the outside at existing frame construction with timber facing, equivalent to the amount about 1 450 Czech crowns at the increase in wall for 360 milimeters. Designed low-energy log wall would cost less than 1 300 Czech crowns per square meter with lesser wall thickness 346 milimeters, at preservation massive beam outside and lining board inside.

When I assess all existing and designed constructions, at existing frame constructions it is clear that wall structure with polysytyrene would be the best choice because its low-energy and simultaneously the cheapest. After that typical log wall would cost most of all types of structures. By contrast low-energy log construction would be suitable alternative, even if house space would become smaller, because square meter of full wall this structure would cost about 580 Czech crowns less in compare with typical log structure. In total I would chose wall structure of low-energy

log wall from designed structures because space reduction of house is not so considerable and on top of that reduces costs of heating.

10 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

KOLB, J., KOŽELOUH, B. *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 3. vyd. Praha: Grada 2011. 317 s. ISBN 978-80-247-4071-3.

KOŽELOUH, B. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. : Navrhování detailů a nosných systémů*. STEP 2. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. 401 s. ISBN 80-867769-13-5.

TYWONIAK, J. a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 195 s. ISBN 978-80-247-3832-1.

VAVERKA, J. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: VUTium, 2006. 630 s. ISBN 80-214-2910-0.

VAVERKA, J., HABÍŘOVÁ, Z., JINDRÁK, M. a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 376 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2:Požadavky, ÚNMZ, 2011

ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda. Praha: ČNI 2008

SCI – Data [zdroj]. Callida, s.r.o. citováno 22. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <http://sci-data.cz>. V textu (www.sci-data.cz)

11 PŘEHLED OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rámová konstrukce stávající dřevostavby	9
Obr. 2 Typy vodorovných masivních profilů a spojů (Kolb 2011)	14
Obr. 3 Hodnoty požadované na měrnou potřebu tepla na vytápění (Vaverka a kol 2006)	16
Obr. 4 Přestup a prostup tepla při šíření tepelného toku konstrukcí (Vaverka a kol. 2006)	17
Obr. 5 Skladba stěny v obývacím pokoji	20
Ob. 6 Skladba stěny v kuchyni	21
Obr. 7 Skladba stěny v pokoji	23
Obr. 8 Skladba roubené stěny	24
Obr. 9 Skladba stěny pasivní rámové konstrukce	25
Obr. 10 Skladba roubené pasivní stěny	26

12 PŘEHLED TABULEK

Tab. 1 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla s návrhovou teplotou interiéru θ_{im} od 18 do 22 °C (ČSN 73 054-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011).....	18
Tab. 2 Výpis cen materiálů (pro obývací pokoj rámové konstrukce).....	28
Tab. 3 Výpis cen materiálů (pro kuchyň rámové konstrukce).....	28
Tab. 4 Výpis cen materiálů (pro stěnu v pokoji rámové konstrukce).....	29
Tab. 5 Výpis cen materiálů pro roubenou stěnu při tloušťce stěny 280 mm	29
Tab. 6 Výpis cen materiálů pro nízkoenergetickou stěnu rámové konstrukce	29
Tab. 7 Výpis cen materiálů pro nízkoenergetickou roubenou stěnu.....	30