

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav základního zpracování dřeva

RODINNÝ DŮM SYSTÉMU RÁMOVÉ DŘEVOSTAVBY

Bakalářská práce

Samostatná příloha: Výkresy

2014/2015

Jakub Polreich

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Rodinný dům systému rámové dřevostavby** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny 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 vědom, 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 o tom, 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

Děkuji paní doc. Dr. Ing. Zdeňce Havířové, vedoucí mé bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, které mi poskytla. Děkuji rodině a přátelům za podporu a pomoc při studiu. Mé velké dík patří sestře Janě, která mi s bakalářskou prací velmi pomohla.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá stávajícím rodinným domem, u kterého se předpokládají nevyhovující požadavky na tepelnou ochranu budovy. Pro stávající zastavěnou plochu je proveden návrh dřevostavby rámové konstrukce.

Součástí práce jsou výpočty součinitele prostupu tepla obvodovou stěnou. Pomocí obecného vzorce jsou zjištěny tloušťky obvodových stěn zděného objektu podle součinitele prostupu tepla stěnou dřevostavby.

V příloze práce jsou kompletní výkresy půdorysů stávajícího objektu a dřevostavby rámové konstrukce.

Klíčová slova: dřevostavba, zděná stěna, součinitel prostupu tepla, izolační materiály.

This thesis addresses an existing family house at which we can assume insufficient requirements for thermal protection of the building. I have made a wooden construction frame design for the existing built-up area.

Part of this thesis are also my calculations of the heat transfer coefficient through perimeter wall. Using a general formula I have detected the thickness of the external walls of the brick building by the heat transfer coefficient through a wall of the wooden house. Enclosed are complete ground plan drawings of the existing building and the construction frame for the wooden house.

Keywords: wooden house, brick wall, heat transfer coefficient, insulation materials.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 CÍL PRÁCE	9
3 DŘEVOSTAVBY	10
3.1 Historie dřevostaveb	10
3.2 Materiály v dřevostavbách	11
3.2.1 Řezivo	11
3.2.2 Velkoplošné deskové materiály	11
3.2.2.1 OSB desky	12
3.2.2.2 MFP desky	12
3.2.2.3 DHF desky	12
3.2.2.4 Cementotřískové desky.....	12
3.2.2.5 Sádrokartonové desky	12
3.3 Způsoby výstavby	13
3.3.1 Staveništní způsob (polotovary stejné tloušťky).....	13
3.3.2 Plošná prefabrikace (panelový systém)	14
3.4 Konstruktivní řešení	15
3.4.1 Skladba stěny	15
3.4.1.1.1 Difúzně otevřený systém	16
3.4.1.1.2 Difúzně uzavřený systém.....	17
3.4.1.2 Vnitřní stěny	18
3.5 Vlastnosti dřeva a dřevostaveb	19
3.5.1 Odolnost vůči ohni.....	19
3.5.2 Tepelně izolační vlastnosti.....	20
4 ZDĚNÉ STAVBY	23
5 METODIKA	24
6 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA U PRO OBVODOVÉ KONSTRUKCE	25
6.1 Zděná stavba	25
6.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla U.....	26
6.1.2 Software TZB Info	29
6.2 Dřevostavba rámové konstrukce	32

6.2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla U	32
6.2.2 Software TZB Info	35
7 POROVNÁNÍ ZDĚNÉ STAVBY A DŘEVOSTAVBY	38
8 DISKUZE	39
9 ZÁVĚR	41
10 SUMMARY	42
11 SEZNAM LITERATURY	43
12 SEZNAM OBRÁZKŮ	44
13 SEZNAM TABULEK	44
14 SEZNAM PŘÍLOH	45

1 ÚVOD

Dřevostavby jsou postaveny na jednom z nejvýznamnějších obnovitelných rostlinných materiálů. Dřevo svými pozitivními vlastnostmi má velmi dobré účinky na vnitřní klima, příjemně voní, reguluje vlhkost, zvyšuje pocit tepla a především má výborné stavebně fyzikální vlastnosti. Dnešní doba opět otevírá používání tomuto významnému materiálu dveře. V současné době se dostává do popředí, což je způsobeno především jeho všestranností. Ze dřeva lze vytvořit celý objekt od podlahy až po střechu. (Vaverka a kol. 2008)

V rodinném domě, který je hlavním tématem této práce, bydlím od narození a právě na tomto domě pozoruji, jak se vývoj staveb posunuje velmi rychle dopředu. Během pár let se požadavky tepelné ochrany budov neustále snižovaly a jak to tak vypadá, tak se nadále snižovat budou. Je to způsobeno především vývojem izolačních materiálů a růstem cen energií. Právě ceny energií mě přiměly přemýšlet o tom, jak by mohli rodiče ušetřit.

Stávající objekt se nachází v okrese Žďár nad Sázavou. Jedná se o samostatně stojící rodinný dům. Tento objekt nevyhovuje požadavkům na tepelnou ochranu budov dle ČSN 73 0540. Pro splnění součinitele prostupu tepla U je nutné použít izolační materiál.

Také jsem se zabýval myšlenkou, o kolik by se asi zvětšila vnitřní užitná plocha, kdyby místo zděného objektu byla postavena dřevostavba. V porovnání stěny dřevostavby a zděného objektu není pro splnění požadavků tepelné ochrany budov u dřevostaveb zapotřebí velkých rozměrů obvodových stěn. Pro potvrzení či vyvrácení mé teorie, že dřevostavba dosahuje lepších tepelně–izolačních vlastností, použiji výpočty. Pomocí nich mohu zjistit např. tloušťky obvodových stěn a následně i užitnou plochu.

2 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce bylo provedení návrhu rámové konstrukce, která bude vycházet ze zastavěné plochy stávajícího objektu. Proto bude provedeno zaměření a zakreslení půdorysu stávajícího objektu a posouzení obvodového pláště z hlediska součinitele prostupu tepla U . Stávajícímu objektu navrhnu zateplovací systém. Dále budou nadimenzovány skladby stěn tak, aby splnily požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla, doporučenou hodnotu a doporučenou hodnotu pro pasivní domy. Jednotlivé alternativy budou mezi sebou porovnány.

3 DŘEVOSTAVBY

Pojem dřevostavba představuje v současnosti celkem rozsáhlou oblast, ve které se nacházejí stavby různého druhu s různým účelem, (Růžička, 2005) ale představuje takovou stavbu s nosnou konstrukcí převážně ze dřeva a materiálů na jeho bázi, která zajišťuje přenos zatížení a celkovou prostorovou tuhost a integritu.

3.1 Historie dřevostaveb

V dnešní době většina lidí nerozumí pojmu dřevostavba a pod tímto pojmem si představí pouze stavby, kde obvodové stěny jsou tvořeny pohledovým dřevem. Takovými stavbami jsou například sruby a roubenky, které byly u nás v minulosti velmi rozšířené a to především v horských oblastech. V současné době se začínají opět tyto stavby objevovat v podobě rodinných domů. (Kolb, 2008)

Dřevostavby rámové konstrukce byly vyvinuty v USA, Kanadě a skandinávských zemích. V těchto zemích se podle odhadů uvádí, že se tímto systémem nyní staví 90 % všech volně stojících jedno nebo dvoupodlažních rodinných domů. Dnešní podoby rámových konstrukcí vychází ze stavebního systému Balloon–Frame a Platform–Frame. (Kolb, 2008)

U systému Balloon–Frame jsou sloupky umístěné ve stěnách a procházejí průběžně přes dvě nebo více podlaží. Jsou v horní a dolní části zakončeny vodorovným prknem, které označujeme jako prahy a vaznice. Stropní nosníky jsou umístěny na stojaté fošně, která je zapuštěna do stěnových sloupků. (Kolb, 2008)

Platform–Frame se od typu Balloon–Frame liší především poschodovou skladbou, kdy stěnové sloupky neprocházejí přes více než jedno podlaží. Proto tento způsob umožňuje mnohem širší možnosti konstrukcí i architektonického řešení. Z těchto systémů byly převzaty důležité prvky a v Evropě vznikly tzv. sloupkové stavby. (Kolb, 2008)

Sloupkové stavby vznikly v Evropě okolo roku 1930 a vycházejí ze zkušeností a úspěchu dřevěných staveb v Americe. Tento systém se během posledních dvaceti let postupně zdokonaloval a v současnosti dosahují dřevostavby vysokých kvalit. Největší pokrok lze pozorovat v zemích, jako je Německo a Švýcarsko. Stavby v Evropě se od amerických liší především rozdílnými národními poměry a nároky na kvalitu. (Kolb, 2008)

Sloupkové stavby se podobají hrázděným stavbám, ale hlavní rozdíl mezi těmito stavbami je ve způsobu vyztužení. Zatímco nosná kostra hrázděných staveb je sama vyztužena vzpěrami, tak u sloupkových staveb musí získat stabilitu pomocí venkovního bednění z masivního dřeva nebo deskami na bázi dřeva. Svislé nosné prvky u sloupkových staveb probíhají v celé výšce budovy a spoje se provádějí kontaktními spoji dřeva namáhanými tlakem, hřebíky, přeplátováním nebo z části se využívá i čepových spojů. V dnešní době jsou tyto stavby pomalu nahrazovány rámovými stavbami. (Kolb, 2008)

3.2 Materiály v dřevostavbách

Kvalitní provedení dřevostavby je do určité míry ovlivněno materiály, které jsou pro výstavbu vybrány. Je proto nutné vycházet z dostatečných informací o těchto materiálech a vhodně je zvolit. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.2.1 Řezivo

Pro nosnou kosteru se nejčastěji využívá konstrukční řezivo, které je běžně používáno na krovy staveb. U takového řeziva je zapotřebí dodržovat alespoň některé ze základních vlastností, jako je například pevnost a vlhkost. Jako kvalitní řezivo je vhodné použít materiál, který je speciálně sušený a většinou má i sražené hrany. (Zahradníček, Horák, 2011)

Další možností řeziva jsou hranoly KVH. Jedná se profily, které jsou vyráběny v „nekonečné“ délce pomocí zubovitého spoje, jenž zajišťuje kvalitní spojení. Vhodnými přípravky se provede vysušení na požadovanou vlhkost a následné ošetření proti plísním a dřevokazným škůdcům. Tyto profily jsou dále upraveny na příslušné délky, dle přání zákazníka. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.2.2 Velkoplošné deskové materiály

Je velké množství deskových materiálů, které je možné na stavbách použít. Mezi nejčastější velkoplošné deskové materiály řadíme OSB, MFP, DHF, cementotřískové a sádrokartonové desky.

3.2.2.1 OSB desky

Tento druh desek je po celém světě nejrozšířenější. Vyznačují se charakteristickým povrchem a strukturou. Jejich strukturní složení je neumožňuje použití v exteriéru. K dostání jsou desky v různých tloušťkách a formátech, s drážkou i bez ní, popřípadě s různou povrchovou strukturou. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.2.2.2 MFP desky

Jedná se o nejzákladnější konstrukční desky, se kterými se na stavbách potkáme. Vzhledem jsou podobné dřevotřískovým deskám, ale vlastnostmi jsou řazeny k OSB deskám. Nevýhodou je, že se nedají použít jako pohledový materiál, jako je tomu u broušených OSB desek. Jsou určeny výhradně jako konstrukční desky. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.2.2.3 DHF desky

Svým nízkým difúzním odporem jsou předurčeny především pro difúzně otevřené konstrukce. DHF desky jsou tvořeny dřevovláknem, které mají dobrou odolnost proti vlhkosti. Proto je lze také použít jako protivětrnou izolaci u odvětrávaných fasádních systémů. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.2.2.4 Cementotřískové desky

Vyznačují se tzv. šedocementovou barvou, čehož se využívá na vnějších obvodových pláštích. Deska je dodávána v různých tloušťkách a formátech. Tyto desky jsou jakousi alternativou OSB desek a lze je použít na zavětrování svislých konstrukcí nebo jako roznášecí vrstva podlahových skladeb. Tyto desky mají dobrou požární odolnost, a proto se používají i tam, kde jsou požárně namáhané konstrukce. Při zvolení desky je potřeba brát ohledy i na tepelnou roztažnost, které se u desek vyskytují. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.2.2.5 Sádrokartonové desky

Tento druh desek je asi nejpoužívanější materiál pro vnitřní povrchy a především pro dělicí stěny, kde se umísťují na ocelové rošty. Desky se vyrábějí v různých variantách a tloušťkách, podle toho, kde budou používány. Jedná se o desky základní a protipožární. Umístění je většinou v místnostech, kde se předpokládá vlhké prostředí,

jako je např. koupelna. Jsou nevhodné jako konstrukční nebo fasádní desky. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.2.3 Izolace

V dnešní době, kdy jsou kladeny vysoké nároky na minimální tepelné ztráty, je izolace důležitým prvkem stavby. Používáme ji do stěn, ale i na vnější část obvodových stěn. Mezi nejpoužívanější izolační materiály patří polystyren a minerální vlákno. (Zahradníček, Horák, 2011)

Polystyren řadíme k nejlevnější alternativě tepelné izolaci, kterou umísťujeme jak do konstrukcí, tak i na zateplení vnějšího pláště. Do stěnových konstrukcí není umísťování zcela běžné. Je nevhodný pro difúzně otevřený systém, tam se spíše využívá minerálních vláken. Běžně se polystyren používá do vodorovných konstrukcí, jako jsou například stropy nebo podlahy. (Zahradníček, Horák, 2011)

Tepelná izolace z minerálních vláken má šedo zelenou barvu a patří k nejrozšířenější izolacím. Jsou k dostání v různých tloušťkách a je možné vybírat velké škály druhů podle použití v konstrukci. Kromě velkého využití těchto izolací ve stěnových konstrukcích se také využívají jako kročejová izolace do stropních konstrukcí. (Zahradníček, Horák, 2011)

3.3 Způsoby výstavby

Nejpoužívanějšími způsoby výstavby dřevostaveb je staveništní způsob a plošná prefabrikace.

3.3.1 Staveništní způsob (polotovary stejné tloušťky)

Provádí se z polotovarů stejné tloušťky, v několika šířkách a délkách zhruba od 2 do 7 metrů. Tzv. venkovní bednění se provádí pomocí OSB desek nebo překližek a tím je zaručena prostorová tuhost konstrukce. Systém v ČR je převzat ze Severní Ameriky a Kanady. (Vaverka, 2008)

Výhody:

- k výrobě není potřeba vlastní výrobní závod, výstavba se provádí přímo na stavbě
- u tohoto systému lze zasahovat do výstavby neustále a umožňuje změny po celou dobu výstavby

- možnost neustálé kontroly výstavby
- spoje se provádí pomocí hřebíků nebo kovových prvků
- dají se pomocí tohoto systému stavět i domy vícepodlažní
- manipulace s prvky nevyžaduje speciální zdvihadí techniku

Nevýhody:

- dlouhá doba výstavby přímo na staveništi vystavuje dřevěnou konstrukci povětrnostním vlivům
- pro tento systém se vyžaduje vyšší odbornost pracovníků a preciznost montážní dokumentace především v detailech
- delší doba montáže vyžaduje i vyšší náklady na montážní práce

(Vaverka a kol., 2008)

3.3.2 Plošná prefabrikace (panelový systém)

V ČR a ve střední Evropě se jedná o nejrozšířenější způsob výstavby dřevostaveb. Stavby se sestavují z předem připravených panelů, které často již obsahují rozvody elektroinstalace, ÚT, nebo ZTI. Stěny jsou z interiérové části opatřeny povrchovou úpravou, včetně keramických obkladů (např. kuchyně, koupelna, WC). Vnější část stěny bývá často opatřena tepelnou izolací. (Vaverka a kol., 2008)

Panelový systém umožňuje důkladněji dohlížet na dodržování předepsaných normových nebo kvalitativních požadavků na výrobek. Jednou z možností je zajištění dozorování cizích institucí, které dbají na dodržování požadavků certifikačních osvědčení. (Vaverka, 2008)

Výhody:

- krátká doba výstavby na staveništi
- výroba se provádí obvykle v zastřešených zařízeních, kde nedochází k navlhání dřevěných prvků
- tato možnost výstavby může částečně snížit jednicové i režijní náklady, čímž se zvyšuje konkurenceschopnost výrobku na trhu
- opakovatelná řešení vedou k výhodnějším cenám projektové dokumentace
- díky rychlosti výstavby lze již po prvním dni montáže využít stavbu k uskladnění materiálu

Nevýhody:

- je zapotřebí výrobního závodu
- nutné zajištění přepravních a zdvihacích prostředků
- nižší variabilita výroby

(Vaverka a kol., 2008)

3.4 Konstruktivní řešení

Pro jedno a dvoupodlažní objekty jsou dostačující nosné dřevěné prvky s průřezem 60/120 mm. V dnešní době jsou zvýšené nároky na tloušťku izolace, která bývá větší než 120 mm. Průřezy se tedy musí zvětšit ze 120 mm na 160, 180, 200 mm, atd., nebo se používá druhá izolační vrstva nezávislá na nosné konstrukci. Druhou izolační vrstvou se zároveň eliminují například tepelné mosty, proto jsou právě tyto vrstvy často využívané. Existují i další možnosti, které závisí na skladbě stěny. (Kolb, 2008)

3.4.1 Skladba stěny

Skladba stěny závisí na tepelně technických požadavcích, které jsou požadovány na plášť budovy, vnitřní část pláště a popřípadě další vnější skladbu stěny. Výběr správné skladby vychází ze stavebně fyzikálních a energetických požadavků a nároků na kvalitu stěnové konstrukce. Skladba stěny má být především navržena tak, aby odpovídala užití budovy. (Kolb, 2008)

3.4.1.1 Vnější stěny

Obvodové stěny by měly být dostatečně ochráněny před povětrnostními vlivy, a to především před deštěm. V současnosti je využíváno nejčastěji jako povrchová úprava tenkovrstvá omítka, ale je možné obložení i jinými deskovými materiály, které se povrchově upravují dle předpisů výrobce. Je možné obložení vertikálním nebo horizontálním bedněním z řeziva, obložení šablonami, obkladačkami, případně obezdění cihelnou obezdívkou. Pokud je nutné použít obklad, je potřeba provést společně s obkladem i odvětrávanou dutinu pomocí kontralatí, které jsou upevněny

na stojkách rámu. Mezera slouží k odvádění vlhkosti, která by mohla do stěny proniknout. (Kolb, 2008)

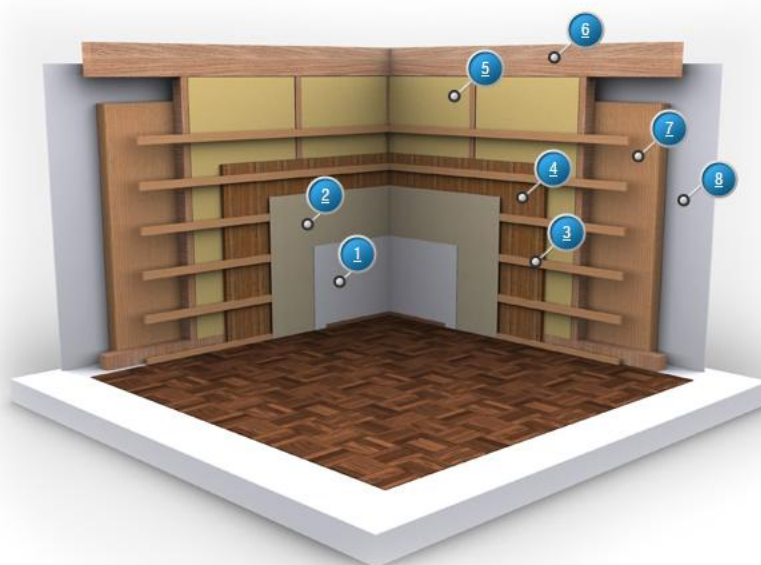
Vnější stěny ovlivňují výrazným způsobem kvalitu vnitřního prostředí budov. Rozlišujeme dva druhy systémů. (Havířová, 2010)

3.4.1.1.1 Difúzně otevřený systém

Tento systém se v dřevostavbách používá posledních 10–15 let. Pracuje na principu prostupu plynů molekulárním přenosem, tzv. difúzí. V konstrukcích nejsou používané žádné parotěsné zábrany, které by znemožňovaly vstup plynů. (Soukupová, 2011) Ze strany interiéru musí být ale vrstva s přesně definovaným difúzním odporem, která omezuje difúzi vodních par na minimální přijatelnou mez a zabraňuje konvekci teplého vlhkého vzduchu do konstrukce. (Havířová, 2010)

Vlastností tohoto systému se využívá u masivních dřevostaveb, kde je konstrukce obvodového pláště tvořena vrstvou masivního dřeva, které je lepené nebo mechanicky spojované. Tato vrstva je z exteriérové strany doplněna vrstvou tepelné izolace s nízkým difúzním odporem. Dřevo je schopné pojmout vlhkost z okolí, nebo ji naopak uvolnit. Díky těmto vlastnostem příznivě ovlivňuje vnitřní prostředí.

Rámové dřevostavby mají obvodový plášť vytvořen z více vrstev, a proto musí být zaručeno použití vhodných materiálů a správné poskládání jednotlivých vrstev v konstrukci, aby zvýšené množství difundující vodní páry nebylo příčinou znehodnocení dřeva a ostatních přírodních materiálů v konstrukci. (Havířová, 2010)



- 1 malba
- 2 sádrovláknitá deska Rigidur 12,5 mm
- 3 rošt SM 40/50 mm
- 4 OSB1 22mm 4PD
- 5 minerální izolační vlna 160 mm
- 6 cinkovaná trámová konstrukce KVH 60/160 mm
- 7 deska Inthermo HDF Exterior Solid 60 mm
- 8 tenkofrstvá omítka Kaparol

Obr. 1 Obvodová stěna difúzně otevřená

Výhody:

- vlhkost putující v konstrukci nevyhovuje plísním, houbám a různým mikroorganismům a zlepšuje tak kvalitu vnitřního ovzduší v dřevostavbách
- akumulační schopnosti, zvuko-izolační vlastnosti
- v případě zvýšení vlhkosti v interiéru dokáže určitou část absorbovat

Nevýhody:

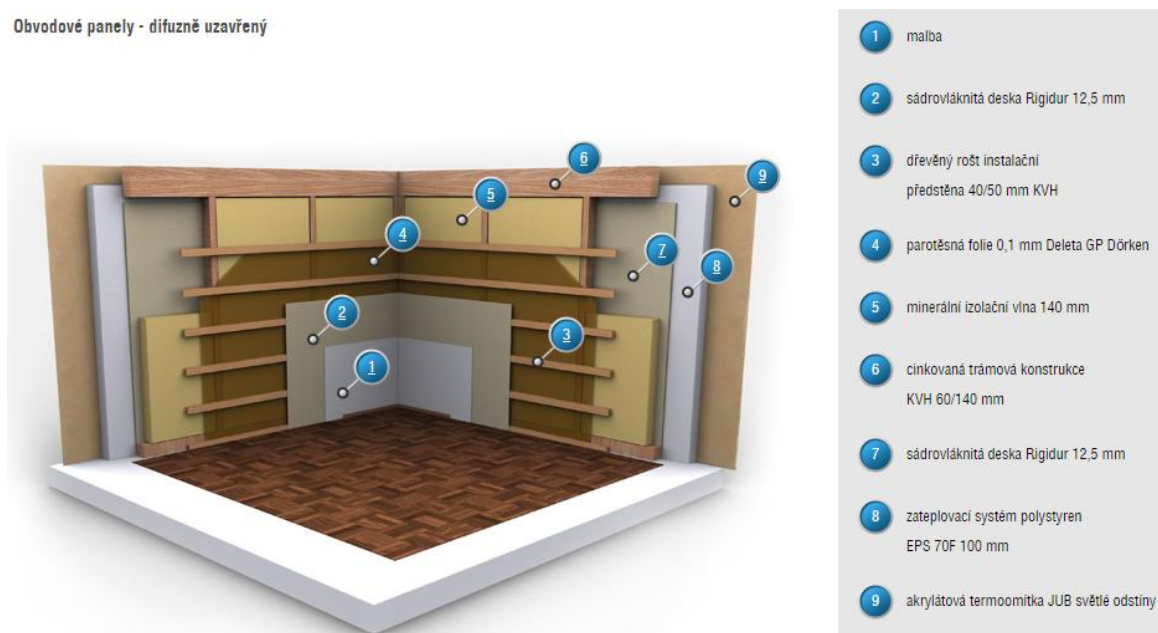
- patří mezi „novinky“ a mnohé firmy nemají s jejich realizací dostatečné zkušenosti
- finančně náročnější než klasické konstrukční systémy (Soukupová, 2011)

3.4.1.1.2 Difúzně uzavřený systém

Ve většině případů jsou obvodové stěny dřevostavby tvořeny rámovou konstrukcí z dřevěných sloupků, která je vyplněna minerální izolací a přidavnou izolací z exteriérové strany. Vlivem toho dochází k omezení prostupu vodních par z interiéru do konstrukce a ke kondenzaci vlhkosti na kapalnou vodu, která se hromadí v konstrukci. Z toho důvodu se stěny dřevostavby opatřují z interiérové strany tzv. parotěsnou fólií, která brání průniku vodních par. Tato fólie je vložena mezi dřevěný rám a vnitřní konstrukční OSB desku nebo sádrokartonovou desku.

Neporušená a nepropustná fólie je základní podmínkou funkční difúzně uzavřené konstrukce. (Soukupová, 2012)

Obvodové panely - difúzně uzavřený



Obr. 2 Obvodová stěna difúzně uzavřená

Výhody:

- vyzkoušený systém
- zkušenosti firem s tímto systémem
- z hlediska použitých materiálů jsou levnější než konstrukce difúzně otevřené

Nevýhody:

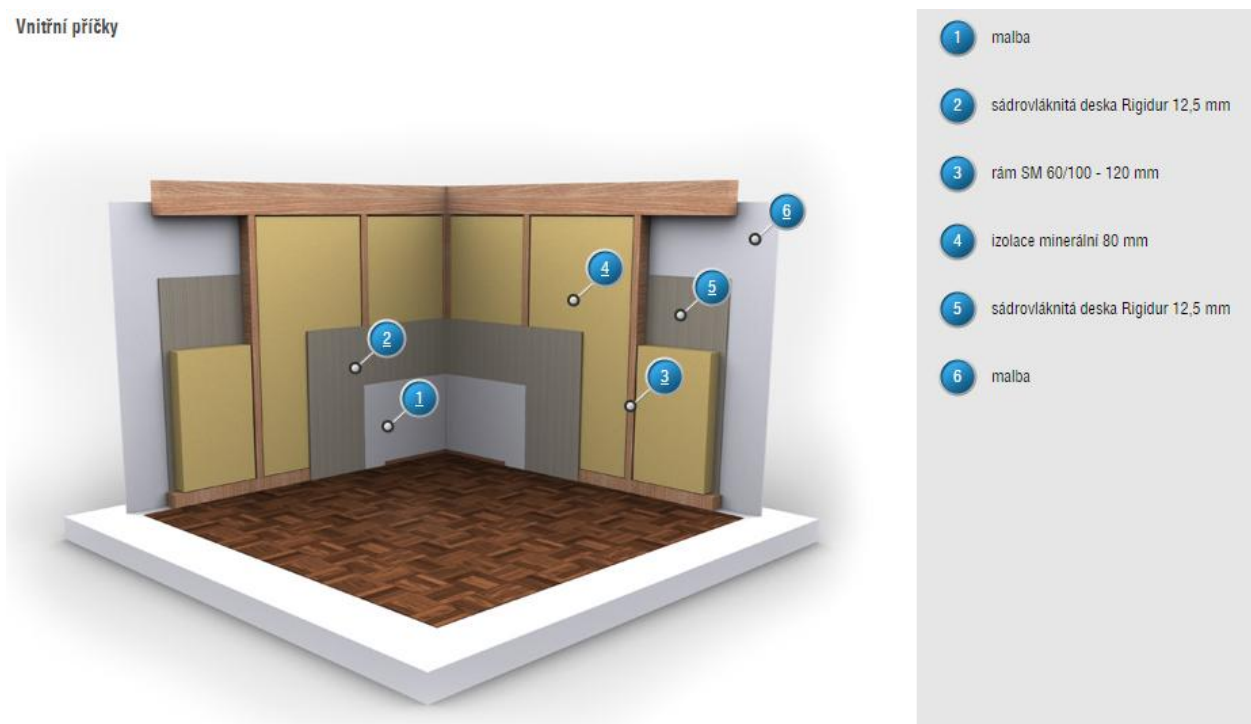
- vysoké požadavky na precizní výrobu i montáž dřevostavby
- vnitřní klima dřevostavby s poměrně nízkou vzdušnou vlhkostí
- závislost systému na vrstvě parozábrany, která může být nesprávným užíváním stavby porušena (Soukupová, 2012)

3.4.1.2 Vnitřní stěny

Vnitřní stěny nesplňují nosnou funkci, ale pouze oddělují vnitřní prostory. Provádí se stejným způsobem jako rámová konstrukce, ale stojky jsou menšího průřezu, nejčastěji stačí průřez 60x60 mm. Opláštění je možné provést oboustranně

nebo jednostranně, pokud na druhé straně bude použita sádkartonová deska. Mezi stojkami se umisťuje tepelná izolace z minerálních vláken.

Vnitřní příčky



Obr. 3 Nosná vnitřní stěna

3.5 Vlastnosti dřeva a dřevostaveb

Jako hlavní konstrukční prvek pro obvodové stěny domů se stále více využívá dřevěný materiál. Mezi jeho vlastnosti, které se využívají u dřevostaveb, patří tepelná izolace a odolnost vůči ohni. (Košťálková Alena, Fakulta stavební, ČVUT, Diplomová práce, 2007, Dřevěné stavby a jejich poruchy v průběhu užívání)

3.5.1 Odolnost vůči ohni

Požární odolnost dřevěných konstrukcí bývá častým argumentem proti dřevěným stavbám, které jsou nepopíratelně hořlavé. Jejich konstrukce si ale při požáru zachovává pevnost po dlouhou dobu zejména díky izolační schopnosti dřeva. Při zuhelnatění povrchu se vytvoří izolační vrstva a tím je další hoření zpomaleno. (Košťálková, 2007)

Vlastnosti dřeva se při požáru výrazně nemění, na rozdíl od ocelových konstrukcí. Hořící dřevěný strop proto vydrží déle a navíc nevznikají životu nebezpečné zplodiny jako u stavby s běžným zastoupením umělých materiálů. (Košťálková, 2007)

Konstrukční dřevěné prvky jsou v dřevostavbě opláštěny nehořlavými nebo těžko hořlavými materiály. Mezi ně řadíme sádrokarton, fermacell či minerální tepelnou izolaci. (Košťálková, 2007)

Stavební materiály rozdělujeme podle hořlavosti:

- A – nehořlavé
- B – nesnadno hořlavé (dřevocementové desky)
- C1 – těžko hořlavé (dřevo listnatých stromů)
- C2 – středně hořlavé (dřevo jehličnatých stromů)
- C3 – lehce hořlavé

Dřevo obecně patří do kategorie C. Rostlé dřevo má horší protipožární vlastnosti než dřevo lepené. (Košťálková, 2007)

3.5.2 Tepelně izolační vlastnosti

Konstrukce obvodových stěn ze dřeva mají nesrovnatelně vyšší tepelně technické vlastnosti než např. zděná stavba. Celková potřeba energie na vytápění dřevostaveb je nízká. (Košťálková, 2007)

Tepelně izolační schopnost stavebního materiálu vyjadřujeme pomocí součinitele tepelné vodivosti, kterým označujeme schopnost látky vést teplo. Představuje rychlost, s jakou se teplo šíří ze zahřáté do chladnější části. Závisí zejména na pórovitosti materiálu, jeho objemové hmotnosti a vlhkosti. Mezi tepelné izolace řadíme obecně materiály se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, nejúčinnější tepelné izolace mají $\lambda \leq 0,05 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. (Vaverka a kol., 2008)

Tab.1 Typy tepelně izolačních materiálů

Tepelná izolace	Materiál
izolace vláknité	minerální vlákna, skleněná vlákna, keramická vlákna
pěňné plasty	pěňové a extrudované polystyreny, pěňové polyuretany, pěňový kaučuk
izolace na bázi dřeva	dřevovláknité, dřevotřískové, dřevostěpové, korek, kokosové a rákosové rohože
izolace na bázi papíru	drcený papír, vlnité desky z asfaltového papíru
minerální izolace	perlit, expandovaný perlit, expandovaná břidlice, expandovaná pemza, křemelina, keramzit, popílek
netradiční izolace	bavlna, ovčí vlna, sláma, len, konopí

Tepelně izolační vlastnosti dřevěných staveb jsou ovlivněny těmito faktory:

- kvalita návrhu, provedení a provozování stavby
- množství, kvalita a provedení tepelné izolace
- vzduchotěsnost stavby
- kvalita, umístění a velikost oken
- systém vytápění a větrání
- vnitřní povrchy

(Košťálková, 2008)

Přenos tepla přes stěnu je charakterizován veličinou, kterou nazýváme součinitelem prostupu tepla. Čím vyšší je tato hodnota, tím více tepla je přeneseno.

Součinitel prostupu tepla U je závislý na síle materiálu. (Vaverka a kol, 2006)

Tab.2 Součinitel prostupu tepla stěnou z různých materiálů

Materiál	hustota ρ	tep.vod. λ	U = prostup tepla závislý na síle materiálu (d) v cm čím menší koeficient tím méně prostupuje materiálem teplo						
	kg/m ³	W/(m.K)	1 cm	2 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
kamenná zedř	2.300	1,5	149,0	76,9	37,0	30,3	25,0	18,9	14,9
Betonová zedř	2.300	1,5	149,0	76,9	37,0	30,3	25,0	18,9	14,9
Cihla plná	1.800	0,9	90,9	45,5	22,7	18,2	15,2	11,4	9,1
cihla děrovaná	400	0,35	34,5	17,5	9,1	7,1	5,9	4,4	3,5
plynosilikáty (YTONG &)	1.000 400 650	0,20	20,0	10,0	5,0	4,0	3,3	2,5	2,0
Hlína vylehčená slámou	300	0,10	10,0	5,0	2,5	2,0	1,7	1,3	1,0
minerální vata (Orsil &) / pěnový polystyren	150 50	0,05	5,0	2,5	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5

4 ZDĚNÉ STAVBY

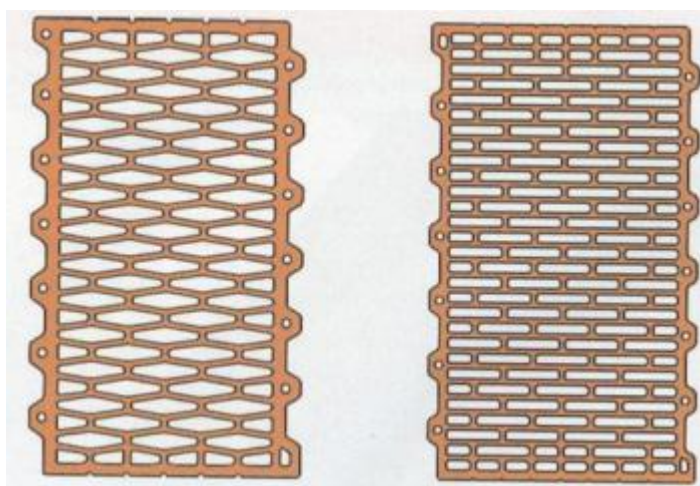
Základní zdící prvek zděné stavby je cihla, která se jako stavební materiál používá již více než 10 000 let. Jako nejstarší umělé stavivo má dlouhý vývoj, který se v posledních letech výrazně zrychluje. Pravidelně se objevují na trhu nové výrobky, které splňují stále se zvyšující požadavky na jejich fyzikálně–mechanické vlastnosti, rychlost a kvalitu samotné výstavby. V současné době je hlavní prioritou výroba tvarovek pro vnější jednovrstvé obvodové zdivo, aby bylo dosaženo maximální tepelněizolační funkce. (Sokolář, 2010)

V sortimentu největších tuzemských výrobců zdících prvků je nejdůležitějším artiklem tvarovka typu THERM, která musí zajistit minimální požadovaný tepelný odpor R , respektive součinitel prostupu tepla U vytvořeného zdiva. (Sokolář, 2010)

Tvarovky THERM se vyznačují nízkou objemovou hmotností, obvykle v intervalu $600\text{--}800\text{ kg/m}^3$ pro dosažení maximální tepelněizolační funkce, kterou lze zvyšovat i růstem šířky tvarovky, tj. šířkou zdiva. (Sokolář, 2010)

Nízké objemové hmotnosti tvarovek můžeme dosáhnout děrováním tvarovek a vylehčením střepu. (Sokolář, 2010)

Při děrování tvarovek by měly být otvory úzké, dlouhé a vzájemně přesazené, orientované kolmo k tepelnému toku ve stěně. (OBRÁZEK) Čím větší počet řad otvorů je kolmo k tepelnému toku, tím má tvarovka vyšší tepelný odpor a nižší součinitel prostupu tepla. Tepelný odpor tvarovky je zvyšován asi o $0,03\text{--}0,05\text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ každou řadou otvorů. (Sokolář, 2010)



Obr. 4 Keramické tvárnice lišící se počtem vzduchových mezer

5 METODIKA

Nejprve bude provedeno zaměření stávajícího objektu a následně zakreslení jeho půdorysu. Současná zděná stěna nevyhovuje minimální hodnotě součinitele prostupu tepla U obvodovou stěnou, proto bude proveden návrh zateplovacího systému. Pro takto získané rozměry objektu bude proveden návrh dřevostavby rámové konstrukce. Budou provedeny výpočty součinitele prostupu tepla U obvodovou stěnou, aby v prvním případě splnily požadovanou hodnotu, následně doporučenou a doporučenou pro pasivní domy. Pro porovnání se bude vycházet z vypočítaného součinitele prostupu tepla u rámové konstrukce a na tento součinitel prostupu tepla se provede výpočet tloušťky polystyrenu v jednotlivých případech u zděné stavby. Provede se porovnání zděné stavby a dřevostavby.

6 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA U PRO OBVODOVÉ KONSTRUKCE

Normové hodnoty součinitele prostupu tepla jsou neustále snižovány v souvislosti s vývojem a výrobou izolačních materiálů a růstu cen energií. Čím nižší bude hodnota součinitele tepla, tím bude větší těsnost obvodového pláště. (Zahradníček, Horák, 2011)

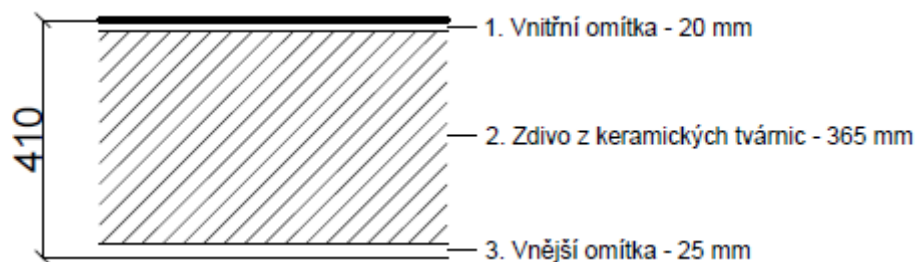
6.1 Zděná stavba

Zděná stavba se svojí obvodovou stěnou spadá při výpočtu prostupu tepla do kategorie těžkých konstrukcí, kdy plošná hmotnost přesahuje 100 kg/m². (Zahradníček, Horák, 2011)

Současná stavba:

Tab. 3 Skladba obvodového pláště současné stavby

VRSTVA	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]
1.	Vnitřní omítka	0,020	0,99
2.	Zdivo - keramická tvárnice	0,365	0,36
3.	Vnější omítka	0,025	0,99



Obr. 5 Schéma konstrukce současné stavby

$$\alpha_i = 8; \alpha_e = 23$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_{\alpha_i} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{\alpha_e}$$

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{0,365}{0,36} + \frac{0,025}{0,99} + \frac{1}{23} = 1,184 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{1,184} = 0,84 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Stávající obvodové zdivo nesplňuje požadavky na tepelnou ochranu budov. Dle normy ČSN 73 0540 musí být součinitel prostupu tepla menší jak 0,30 W/(m².K).

6.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla U

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U

Jedná se o minimální hodnotu, kterou musí stavba splnit, aby vyhověla současným požadavkům normy.

Tab. 4 Skladba obvodového pláště splňující požadovanou hodnotu

VRSTVA	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]
1.	Omítka vnitřní	0,020	0,99
2.	Zdivo - keram. tvárnice	0,365	0,36
3.	Omítka vnější	0,025	0,99
4.	Fasádní izolace - PS	0,100	0,044



Obr. 6 Schéma konstrukce s izolací 100 mm

Výpočet:

$$\alpha_i = 8$$

$$\alpha_e = 23$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_{\alpha_i} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{\alpha_e}$$

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{0,365}{0,36} + \frac{0,025}{0,99} + \frac{0,1}{0,044} + \frac{1}{23}$$

$$R_T = 3,501 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

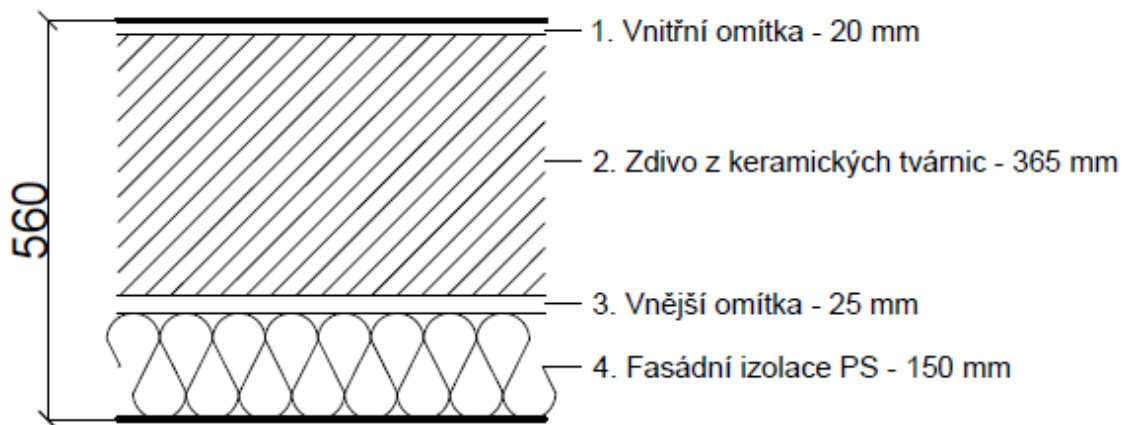
$$U = \frac{1}{3,501} = 0,286 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U

Dosažením hodnoty prostupu tepla obvodové stěny v rozmezí 0,18–0,25 W/(m².K) hovoříme o tzv. nízkoenergetické stavbě. Dosažitelná úspora na energiích se dá přibližně odhadovat asi na 65 % oproti stavbě, která splňuje minimální normový standard. (Zahradníček, Horák, 2011)

Tab. 5 Skladba obvodového pláště splňující doporučenou hodnotu

VRSTVA	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]
1.	Omítka vnitřní	0,020	0,99
2.	Zdivo - keram. tvárnice	0,365	0,36
3.	Omítka vnější	0,025	0,99
4.	Fasádní izolace - PS	0,150	0,044



Obr. 7 Schéma konstrukce s izolací 150 mm

Výpočet:

$$\alpha_i = 8$$

$$\alpha_e = 23$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_{\alpha_i} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{\alpha_e}$$

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{0,365}{0,36} + \frac{0,025}{0,99} + \frac{0,15}{0,044} + \frac{1}{23}$$

$$R_T = 4,593 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

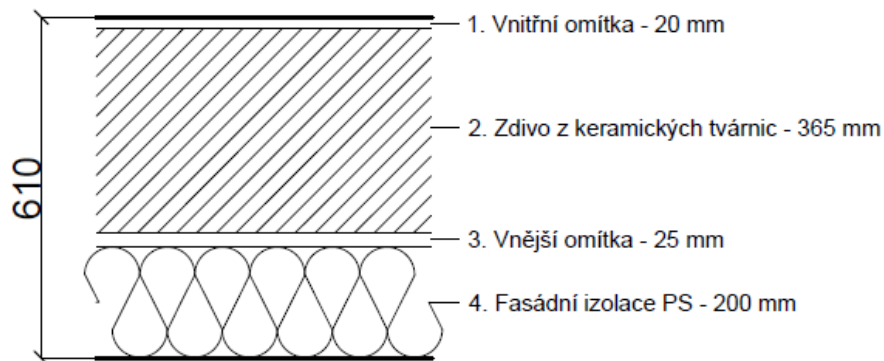
$$U = \frac{1}{4,593} = 0,218 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U pro pasivní domy

Pasivní stavba musí splňovat přísná kritéria. Součinitel prostupu tepla je jedním z hlavních kritérií. Hodnota součinitele prostupu tepla u obvodových stěn se musí pohybovat v rozmezí 0,12–0,18 W/(m².K). V souvislosti s pasivními domy se hovoří o dosažitelné úspoře energií okolo 90 % oproti normovému standardu. (Zahradníček, Horák, 2011)

Tab. 6 Skladba obvodového pláště splňující doporučenou hodnotu pro pasivní domy

VRSTVA	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]
1.	Omítka vnitřní	0,020	0,99
2.	Zdivo - keram. tvárnice	0,365	0,36
3.	Omítka vnější	0,025	0,99
4.	Fasádní izolace - PS	0,200	0,044



Obr. 8 Schéma konstrukce s izolací 200 mm

Výpočet:

$$\alpha_i = 8$$

$$\alpha_e = 23$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_{\alpha_i} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{\alpha_e}$$

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,99} + \frac{0,365}{0,36} + \frac{0,025}{0,99} + \frac{0,20}{0,044} + \frac{1}{23}$$

$$R_T = 5,730 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{5,730} = 0,175 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

6.1.2 Software TZB Info

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U

stěna obvodová ▼ | jednoplášťová konstrukce ▼

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} 0.13 m²K/W | $\theta_0 = 19.35$ °C ?

j	Materiál	d [m]	λ_a [W/mK]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]	
1	✓ Omítka vnitřní	0,025	0,99	0.025	19.11	↓
2	✓ Zdivo - keramická tvárnice	0,365	0,36	1.014	9.38	↑ ↓
3	✓ Omítka vnější	0,020	0,99	0.02	9.19	↑ ↓
4	✓ Fasádní izolace - PS	0,10	0,044	2.273	-12.62	↑

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} 0.04 m²K/W | $\theta_e = -13$ °C

[Přidat vrstvu konstrukce](#)

Celková tloušťka konstrukce $d = 0.51$ m

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce
 $U = 0.29$ W/m²K

Odpor při prostupu tepla konstrukce
 $R_T = 3.5$ m²K/W

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce Stěna vnější - těžká ▼

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{im} 20 °C

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.29$ W/m²K VYHOVUJE požadované hodnotě $U_N = 0.3$ W/m²K dle ČSN 73 0540-2:2011

Obr.9 Software – požadovaná hodnota u zděné stavby

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U

stěna obvodová | jednoplášťová konstrukce

		Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}		0.13	m^2K/W	$\theta_0 = 19.66 \text{ } ^\circ\text{C}$?
j	Materiál	d [m]	λ_n [W/mK]	R_j [m^2K/W]		θ_j [$^\circ\text{C}$]	
1	☑ Omítka vnitřní	0,025	0,99	0.025		19.48	↓
2	☑ Zdivo - keramická tvárnice	0,365	0,36	1.014		12.13	↑ ↓
3	☑ Omítka vnější	0,020	0,99	0.02		11.98	↑ ↓
4	☑ Fasádní izolace - PS	0,15	0,044	3.409		-12.71	↑
		Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}		0.04	m^2K/W	$\theta_e = -13 \text{ } ^\circ\text{C}$	

Přidat vrstvu konstrukce

Celková tloušťka konstrukce $d = 0.56 \text{ m}$

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce

$U = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$

Odpor při prostupu tepla konstrukce

$R_T = 4.64 \text{ m}^2\text{K/W}$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce: Stěna vnější - těžká

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{im} 20 $^\circ\text{C}$

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$ VYHOVUJE doporučené hodnotě $U_N = 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle ČSN 73 0540-2:2011

Obr.10 Software – doporučená hodnota u zděné stavby

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U pro pasivní domy

stěna obvodová | jednoblaštřová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}							0.13 m ² K/W	$\theta_0 = 19.84$ °C
j	Materiál	d [m]	λ_a [W/mK]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]			
1	Omítka vnitřní	0,025	0,99	0.025	19.7	↓	⊗	
2	Zdivo - keramická tvárnice	0,365	0,36	1.014	13.8	↑ ↓	⊗	
3	Omítka vnější	0,020	0,99	0.02	13.68	↑ ↓	⊗	
4	Fasádní izolace - PS	0,20	0,044	4.545	-12.77	↑	⊗	
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}							0.04 m ² K/W	$\theta_e = -13$ °C

[Přidat vrstvu konstrukce](#)

Celková tloušťka konstrukce $d = 0.61$ m

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce

$U = 0.17$ W/m²K

Odpor při prostupu tepla konstrukce

$R_T = 5.77$ m²K/W

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce: Stěna vnější - těžká

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{im} 20 °C

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.17$ W/m²K VYHOVUJE
doporučené hodnotě pro pasivní domy $U_N = 0.18$ W/m²K
dle ČSN 73 0540-2:2011

Obr.11 Software – doporučená hodnota pro pasivní domy (zděná stavba)

6.2 Dřevostavba rámové konstrukce

Dřevostavby svou skladbou stěn spadají do kategorie lehkých konstrukcí při výpočtu součinitele prostupu tepla obvodových stěn. Stejně jako zděné stavby rozlišujeme u dřevostaveb tři typy podle hodnoty součinitele prostupu tepla obvodovou stěnou.

6.2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla U

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U

Tab. 7 Skladba obvodového pláště s izolací 50 mm

VRSTVA	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]
1.	Sádrovláknitá deska	0,015	0,32
2.	OSB deska	0,012	0,13
3.	Dřevěný rám + izolace	0,120	0,053
4.	OSB deska	0,012	0,13
5.	Fasádní izolace - PS	0,050	0,044



Obr. 12 Skladba rámové konstrukce – požadovaná hodnota

Výpočet:

$$\alpha e = 23$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_{\alpha i} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{\alpha e}$$

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0.015}{0.32} + \frac{0.012}{0.13} + \frac{0.12}{0.053} + \frac{0.012}{0.13} + \frac{0.05}{0.044} + \frac{1}{23}$$

$$R_T = 3,76 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

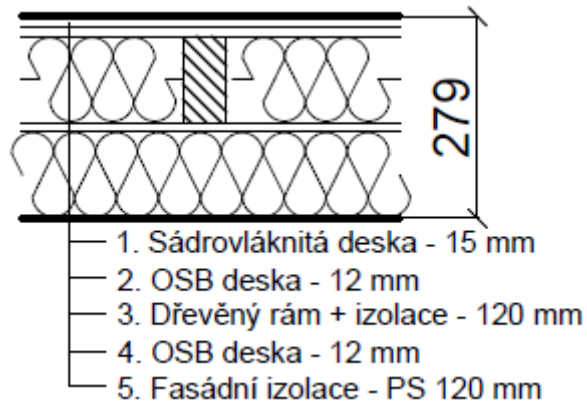
$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{3.76} = 0,26 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U

Tab. 8 Skladba obvodového pláště s izolací 120 mm

VRSTVA	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]
1.	Sádrovláknitá deska	0,015	0,32
2.	OSB deska	0,012	0,13
3.	Dřevěný rám + izolace	0,120	0,053
4.	OSB deska	0,012	0,13
5.	Fasádní izolace - PS	0,120	0,044



Obr. 13 Skladba rámové konstrukce – doporučená hodnota

Výpočet:

$$\alpha_i = 8$$

$$\alpha_e = 23$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_{\alpha_i} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{\alpha_e}$$

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,32} + \frac{0,012}{0,13} + \frac{0,12}{0,053} + \frac{0,012}{0,13} + \frac{0,12}{0,044} + \frac{1}{23}$$

$$R_T = 5,35 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

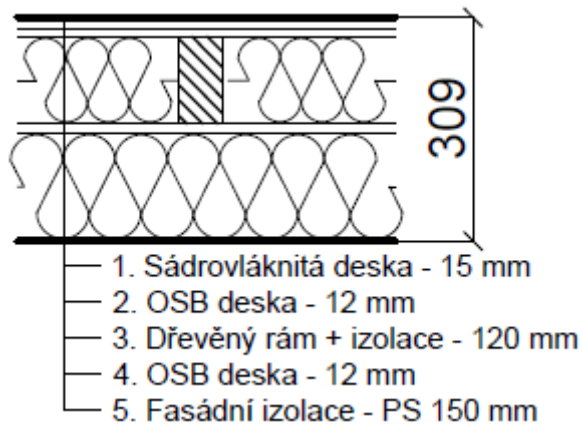
$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{5,35} = 0,19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U pro pasivní domy

Tab. 9 Skladba obvodového pláště s izolací 150 mm

VRSTVA	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]
1.	Sádrovláknitá deska	0,015	0,32
2.	OSB deska	0,012	0,13
3.	Dřevěný rám + izolace	0,120	0,053
4.	OSB deska	0,012	0,13
5.	Fasádní izolace - PS	0,150	0,044



Obr. 14 Skladba rámové konstrukce – doporučená hodnota pro pasivní domy

Výpočet:

$$\alpha_i = 8$$

$$\alpha_e = 23$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

$$R_T = R_{\alpha_i} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{\alpha_e}$$

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,32} + \frac{0,012}{0,13} + \frac{0,12}{0,053} + \frac{0,012}{0,13} + \frac{0,15}{0,044} + \frac{1}{23}$$

$$R_T = 6,03 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{6,03} = 0,166 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

6.2.2 Software TZB Info

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U

stěna obvodová jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} 0.13 m²K/W $\theta_0 = 19.31$ °C

j	Materiál	d [m]	λ_n [W/mK]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]	
1	<input checked="" type="checkbox"/> Sádroláknitá deska	0,015	0,32	0.047	18.85	↓
2	<input checked="" type="checkbox"/> OSB deska	0,012	0,13	0.092	17.94	↑ ↓
3	<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěný rám + izolace	0,120	0,053	2.264	-4.45	↑ ↓
4	<input checked="" type="checkbox"/> OSB deska	0,012	0,13	0.092	-5.37	↑ ↓
5	<input checked="" type="checkbox"/> Fasádní izolace - PS	0,050	0,044	1.136	-16.6	↑

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} 0.04 m²K/W $\theta_e = -17$ °C

[Přidat vrstvu konstrukce](#)

Celková tloušťka konstrukce $d = 0.209$ m

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE



**Součinitel prostupu tepla
konstrukce**

$$U = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Odpor při prostupu tepla
konstrukce**

$$R_T = 3.8 \text{ m}^2\text{K/W}$$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN [ISO](#) 6946

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011



Posuzovaná konstrukce Stěna vnější - lehká

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{im} 20 °C

**Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$ VYHOVUJE
požadované hodnotě $U_N = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle ČSN 73 0540-2:2011**

Obr.15 Software – požadovaná hodnota u dřevostavby

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U

stěna obvodová jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} 0.13 m ² K/W $\theta_0 = 19.69$ °C						
j	Materiál	d [m]	λ_u [W/mK]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]	
1	<input checked="" type="checkbox"/> Sádroláknitá deska	0,015	0,32	0.047	19.37	↓
2	<input checked="" type="checkbox"/> OSB deska	0,012	0,13	0.092	18.72	↑ ↓
3	<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěný rám + izolace	0,120	0,053	2.264	2.94	↑ ↓
4	<input checked="" type="checkbox"/> OSB deska	0,012	0,13	0.092	2.29	↑ ↓
5	<input checked="" type="checkbox"/> Fasádní izolace - PS	0,120	0,044	2.727	-16.72	↑
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se} 0.04 m ² K/W $\theta_e = -17$ °C						

[Přidat vrstvu konstrukce](#)

Celková tloušťka konstrukce $d = 0.279$ m

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE



Součinitel prostupu tepla konstrukce

$$U = 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Odpor při prostupu tepla konstrukce

$$R_T = 5.39 \text{ m}^2\text{K/W}$$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN [ISO](#) 6946

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011



Posuzovaná konstrukce Stěna vnější - lehká

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{im} 20 °C

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$ VYHOVUJE doporučené hodnotě $U_N = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle ČSN 73 0540-2:2011

Obr.16 Software – doporučená hodnota u dřevostavby

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla U pro pasivní domy

stěna obvodová | jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}								
					0.13	m ² K/W	$\theta_0 = 19.8$ °C	?
j	Materiál	d [m]	λ_{ta} [W/mK]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]			
1	<input checked="" type="checkbox"/> Sádroláknitá deska	0,015	0,32	0.047	19.51	↓	⊗	
2	<input checked="" type="checkbox"/> OSB deska	0,012	0,13	0.092	18.93	↑ ↓	⊗	
3	<input checked="" type="checkbox"/> Dřevěný rám + izolace	0,120	0,053	2.264	4.92	↑ ↓	⊗	
4	<input checked="" type="checkbox"/> OSB deska	0,012	0,13	0.092	4.35	↑ ↓	⊗	
5	<input checked="" type="checkbox"/> Fasádní izolace - PS	0,150	0,044	3.409	-16.75	↑	⊗	
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}								
					0.04	m ² K/W	$\theta_e = -17$ °C	

[Přidat vrstvu konstrukce](#)

Celková tloušťka konstrukce $d = 0.309$ m

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE



Součinitel prostupu tepla konstrukce

$$U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Odpor při prostupu tepla konstrukce

$$R_T = 6.07 \text{ m}^2\text{K/W}$$

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN [ISO](#) 6946

POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011



Posuzovaná konstrukce Stěna vnější - lehká

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu θ_{im} 20 °C

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$ VYHOVUJE
doporučené hodnotě pro pasivní domy $U_N = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$
dle ČSN 73 0540-2:2011

Obr.17 Software – doporučená hodnota pro pasivní domy (dřevostavba)

7 POROVNÁNÍ ZDĚNÉ STAVBY A DŘEVOSTAVBY

Pro porovnávání tloušťky obvodových stěn dřevostavby a zděného objektu se musí vycházet ze stejného součinitele prostupu tepla. Proto budou přepočítány tloušťky zateplovacího systému u zděného objektu tak, aby součinitel prostupu tepla U byl shodný s hodnotami vypočítanými pro dřevostavbu. Zvětšováním tloušťky obvodové stěny budeme zmenšovat vnitřní užitnou plochu, protože je zapotřebí zanechat vnější obrys.

Tab. 10 Porovnávání konstrukcí v návaznosti na hodnotu U

Hodnota	Hodnoty prostupu souč. tepla U dle ČSN 730541		Vypočítaný souč. prostupu tepla U dřevostavby [W/m ² .K]	Dřevostavba		Zděná stavba	
	těžká	lehká		Tloušťka stěny [mm]	Užitná plocha [m ²]	Tloušťka stěny [mm]	Užitná plocha [m ²]
Požadovaná	0,3	0,3	0,26	209	84,82	525	70,2
Doporučená	0,25	0,2	0,19	279	82,08	588	67,85
Doporučená pro pasivní domy	0,18	0,18	0,16	309	79,52	631	66,26

Skladba obvodové stěny zděného objektu zůstane zachována. Bude tedy měnit tloušťka izolačního materiálu.

V případě hodnoty požadované musí zděná stavba dosáhnout hodnoty 0,26 W/m²K pomocí polystyrenu o tloušťce 115 mm. Při celkové tloušťce obvodové stěny 525 mm bude užitná plocha 70,2 m².

Pro doporučenou hodnotu dřevostavby 0,19 W/m²K bude zapotřebí přidat polystyren o tloušťce 178 mm a celková tloušťka obvodové stěny se zvýší na 588 mm, čímž se užitná plocha sníží na 67,85 m².

Pro splnění doporučené hodnoty pro pasivní domy u dřevostavby lze pomocí tloušťky obvodové stěny 309 mm. Pro stejného součinitele prostupu tepla vychází u zděného objektu tloušťka obvodové stěny 631 mm. Ke stávajícímu zdivu by musel být přidán polystyren o tloušťce 221 mm.

Z tohoto pohledu je výhodnější použít skladbu rámové konstrukce, která je svou tloušťkou více než poloviční a to ve všech třech případech.

8 DISKUZE

Bakalářská práce se zabývá návrhem dřevostavby rámové konstrukce, která vychází ze zastavěné plochy stávajícího zděného objektu. U zděného domu byl proveden výpočet součinitele prostupu tepla, zda odpovídá standardu dle normy ČSN 730540. Pro splnění požadavků tepelné ochrany budov je nutno dosáhnout u těžkých konstrukcí minimální hodnoty $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Výpočtem součinitele prostupu tepla u obvodové stěny stávajícího objektu byla zjištěna hodnota $0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Snížení této hodnoty lze dosáhnout pomocí např. izolačních materiálů. V této práci byl jako izolační materiál použit polystyren o tloušťce 100 mm. S nově navrženou obvodovou stěnou, která se skládá ze stávajícího zdiva a nově s přidáním polystyrenu, jsme docílili snížení hodnoty na $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Zvětšením tloušťky obvodové stěny polystyrenem o tloušťce 150 mm se podle normy dostáváme do kategorie nízkoenergetických domů, u kterých je nutné, aby byl součinitel prostupu tepla stěnou menší než $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vlastním výpočtem jsem došel k výsledku $0,218 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Pro zajímavost jsem k obvodové stěně přidal 200 mm polystyrenu a výsledkem byla hodnota $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, která odpovídá kategorii pasivních domů. Jedná se však pouze o teoretické zařazení.

U dřevostaveb je složitější najít takovou obvodovou stěnu, která by splňovala minimální požadavky na tepelnou ochranu budov. V současné době dřevostavby spadají spíše do kategorie nízkoenergetických nebo pasivních domů. Za účelem dosažení minimální požadované hodnoty součinitele prostupu tepla stěnou byla zvolena tloušťka izolačního materiálu pouze 50 mm. Podle výpočtu byla zjištěna hodnota $0,266 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Z hlediska doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla musí dřevostavba mít nižší hodnotu než $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vlastním výpočtem jsem zjistil hodnotu $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ při použití polystyrenu o tloušťce 120 mm.

U pasivního domu jsou stejně jako u těžkých konstrukcí velké nároky na nízkou hodnotu součinitele prostupu tepla stěnou, která by se měla pohybovat v rozmezí $0,12\text{--}0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Použitím polystyrenu tloušťky 150 mm se dostáváme na hodnotu $0,166 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Pro závěrečné porovnání dřevostavby a zděného objektu jsem použil součinitele prostupu tepla dřevostavby, abych určil tloušťky obvodových stěn, které by měl zděný objekt mít. Zjištěné údaje jsem zaznamenal pro větší přehlednost do tabulky.

Dřevostavba splňující požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla stěnou má tloušťku 209 mm. Pasivní dům by musel tloušťku zvětšit na 309 mm. V tomto případě by se užitná plocha pasivního domu snížila o 6,25 %.

V případě zděného objektu byla ze součinitele prostupu tepla dřevostavby vypočítána tloušťka obvodového zdiva 525 mm. Z této tloušťky stěny odpovídá 115 mm izolačnímu materiálu. Tloušťka obvodové stěny pasivního domu by musela být 631 mm, z toho by izolace tvořila 221 mm.

Při splnění požadované hodnoty součinitele prostupu tepla U bude tloušťka obvodové stěny u dřevostavby 209 mm a u zděné stavby 525 mm. Rozdíl ve velikosti užitné plochy je 17,2 %.

Při splnění doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U bude tloušťka obvodové stěny u dřevostavby 279 mm a u zděné stavby 588 mm. Rozdíl ve velikosti užitné plochy je 17,3 %.

Při splnění doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U pro pasivní domy bude tloušťka obvodové stěny u dřevostavby 309 mm a u zděné stavby 631 mm. Rozdíl ve velikosti užitné plochy je 16,7 %.

Z uvedeného vyplývá, že největší rozdíl ve velikosti užitné plochy bude při splnění doporučené hodnoty. Užitná plocha zděného objektu se v tomto případě sníží o 14,23 m².

9 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo provést výpočet součinitele prostupu tepla u stávajícího objektu, aby splňoval normový standard, tedy dosahoval minimální hodnoty předepsané v normě ČSN 73 0540. Na upravený obrys stávajícího objektu se provedl návrh rámové konstrukce. Součástí bakalářské práce jsou i výpočty součinitele prostupu tepla pro hodnotu požadovanou, doporučenou a doporučenou pro pasivní domy. Jednotlivé alternativy byly mezi sebou porovnány.

10 SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to create the calculation of heat transfer coefficient for the existing building to fulfil the standard norm thus reaching the minimum value which is described in standard ČSN 73 0540. There was carried draft of frame construction on the modified outline of the existing building. Parts of this bachelor thesis are also calculations of heat transfer coefficient for the amount that was required, which was recommended and which was recommended for passive houses. Various alternatives were compared with each other.

11 SEZNAM LITERATURY

Literatura:

KOLB, J. 2008. Dřevostavby — Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha, Grada Publishing, 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7.

KOŠTÁLKOVÁ, A. 2007. Dřevěné stavby a jejich poruchy v průběhu užívání. Diplomová práce. Praha: ČVUT, Stavební fakulta. 88 s.

RŮŽIČKA, M. 2014. Moderní dřevostavba. Praha, Grada Publishing, 160 s. ISBN 978-80-247-3298-5.

VAVERKA, J. A KOL. 2006. Stavební tepelná technika a energetika budov. Brno, Vutium, 648 s. ISBN 80-214-2910-0.

VAVERKA, J., HAVÍŘOVÁ, Z., JINDRÁK, M., A KOL. 2008. Dřevostavby pro bydlení. Praha, Grada Publishing, 380s. ISBN 978-80-247-2205-4.

ZAHRADNÍČEK, V., HORÁK, P. 2011. Moderní dřevostavby. Praha, Computer Press, 172 s. ISBN 978-80-251-3568-6.

Elektronické zdroje:

HAVÍŘOVÁ, Z. 2010. Časopis stavebnictví [online] citováno 18.5. 2015. Dostupné na World Wide Web: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/konstrukce-drevostaveb-s-difuzne-otevrenym-stenovym-systemem_N3191>.

SOUKUPOVÁ, M. 2012. Dřevostavitel [online] citováno 18.5. 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.drevostavitel.cz/clanek/difuzne-uzavrena-drevostavba>>.

SOUKUPOVÁ, M. 2011. Dřevostavitel [online] citováno 18.5. 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.drevostavitel.cz/clanek/difuzne-otevrena-drevostavba>>.

SOKOLÁŘ, R. 2010. ASB — portal [online] citováno 18.5. 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/cihly-tvarnice/soucasne-palene-zdici-prvky-pro-vnejsi-obvodove-zdivo-ajejich-pouziti>>.

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Obvodová stěna difúzně otevřená	17
Obr. 2 Obvodová stěna difúzně uzavřená	18
Obr. 3 Nosná vnitřní stěna	19
Obr. 4 Keramické tvárnice lišící se počtem vzduchových mezer	23
Obr. 5 Schéma konstrukce současné stavby	25
Obr. 6 Schéma konstrukce s izolací 100 mm	26
Obr. 7 Schéma konstrukce s izolací 150 mm	27
Obr. 8 Schéma konstrukce s izolací 200 mm	28
Obr. 9 Software – požadovaná hodnota u zděné stavby	29
Obr. 10 Software – doporučená hodnota u zděné stavby	30
Obr. 11 Software – doporučená hodnota pro pasivní domy (zděná stavba)	31
Obr.12 Skladba rámové konstrukce – požadovaná hodnota	32
Obr.13 Skladba rámové konstrukce – doporučená hodnota	33
Obr.14 Skladba rámové konstrukce – doporučená hodnota pro pasivní domy	34
Obr.15 Software – požadovaná hodnota u dřevostavby	35
Obr.16 Software – doporučená hodnota u dřevostavby	36
Obr.17 Software – doporučená hodnota pro pasivní domy (dřevostavba)	37

13 SEZNAM TABULEK

Tab.1 Typy tepelně izolačních materiálů	21
Tab.2 Součinitel prostupu tepla stěnou z různých materiálů	22
Tab. 3 Skladba obvodového pláště současné stavby	25
Tab. 4 Skladba obvodového pláště splňující požadovanou hodnotu	26
Tab. 5 Skladba obvodového pláště splňující doporučenou hodnotu	27
Tab. 6 Skladba obvodového pláště splňující doporučenou hodnotu pro pasivní domy	28
Tab. 7 Skladba obvodového pláště s izolací 50 mm	32
Tab. 8 Skladba obvodového pláště s izolací 120 mm	33
Tab. 9 Skladba obvodového pláště s izolací 150 mm	34
Tab. 10 Porovnávání dle součinitele prostupu tepla	38

14 SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Stávající zděná stavba – půdorys 1. PP
- 2 Stávající zděná stavba – půdorys 1. NP
- 3 Stávající zděná stavba – půdorys 2. NP
- 4 Stávající zděná stavba se zateplovacím systémem – 1. NP
- 5 Stávající zděná stavba se zateplovacím systémem – 2. NP
- 6 Dřevostavba rámové kce – 1. NP
- 7 Dřevostavba rámové kce – 2. NP
- 8 Dřevostavba rámové kce – detaily konstrukce