

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav základního zpracování dřeva



**Lesnická
a dřevařská
fakulta**

REALIZACE MASIVNÍ DŘEVOSTAVBY

Diplomová práce

2015/2016

Bc. Tomáš Fišar

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto práci „Realizace masivní 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. 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. 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:

.....
Tomáš Fišar

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí diplomové práce paní doc. Dr. Ing. Zdeňce Havířové za odborné konzultace, vedení při tvorbě práce, věcnou kontrolu technických výkresů a poskytnuté cenné rady. Panu Ing. et Ing. Janu Klepárníkovi, Ph.D. za pomoc při zpracování a kontrole tepelných posudků konstrukčních částí. Rád bych poděkoval panu Ing. Otakarů Koudelkovi, CSc. majiteli firmy OK PYRUS, s.r.o. za spolupráci a poskytnutí odborných konzultací. Také bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Horáčkovi a Bc. Tomášovi Bukatovičovi za poskytnutí rad a užitečných informací k řešení problematice. A v neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za poskytnutí zázemí při zpracování této diplomové práce.

Abstrakt

Autor: Tomáš Fišar

Název práce: Realizace masivní dřevostavby

Diplomová práce se zabývá možnostmi, jak lze dosáhnout dnešních požadavků na tepelnou ochranu budov u roubené stavby, použitím konstrukce zdvojené roubené stěny doplněné o izolační vrstvu. Teoretická část práce bude popisovat historii, další cesty a technologie jak dosáhnout masivní stavby a obecné údaje o tepelně technických požadavcích. Praktická část potom aplikuje zjištěná fakta na konkrétní masivní stavbu a tepelně posoudí jednotlivé části.

Klíčová slova: roubenka, roubená stavba, masivní stavba, zdvojená roubená stěna, nízkoenergetický standard

Abstract

Author: Tomáš Fišar

Title: Implementation of solid wooden house

The main subject of this thesis are the possibilities to reach today's thermal protection requirements of buildings for timber houses using construction of double-timbered wall complemented by insulating layer. The theoretical part summarizes history, another ways and technologies used to achieve solid wood construction and general specification of thermal requirements. In the practical part of this thesis the theoretical information are applied to the specific solid wood structure and thermal characteristics of it's particular components are evaluated.

Keywords: log cabin, timbered building, massive structure, double timbered wall, low energy standard

Obsah

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | ÚVOD..... | 1 |
| 2 | CÍL PRÁCE..... | 2 |
| 3 | METODIKA..... | 3 |
| 4 | HISTORIE ROUBENÝCH STAVEB | 4 |
| 4.1 | Starověk..... | 4 |
| 4.2 | Středověk..... | 4 |
| 4.3 | Novověk..... | 5 |
| 4.4 | Současnost..... | 6 |
| 5 | DRUHY MASIVNÍCH STAVEB..... | 7 |
| 5.1 | Roubené stavby | 7 |
| 5.2 | Vrstvené masivní bloky..... | 7 |
| 5.3 | Skládané masivní bloky | 8 |
| 5.4 | Lepené masivní bloky | 9 |
| 6 | ROUBENÉ SYSTÉMY DŘEVOSTAVEB | 10 |
| 6.1 | Míra sednutí | 10 |
| 6.2 | Tradiční roubený systém | 11 |
| 6.3 | Novodobé roubené systémy | 11 |
| 7 | ÚSPORA ENERGIE A OCHRANA TEPLA | 13 |
| 7.1 | Součinitel prostupu tepla..... | 13 |
| 7.2 | Kondenzace vodních par | 15 |
| 7.3 | Požadavky na objekty s nízkou energetickou náročností..... | 16 |
| 8 | ZDVOJENÁ ROUBENÁ STĚNA FIRMY OK PYRUS..... | 17 |
| 8.1 | Technologie provedení..... | 17 |
| 8.2 | Technologie výroby | 17 |
| 8.3 | Výhody technologie | 18 |
| 9 | REALIZACE MASIVNÍ DŘEVOSTAVBY RODINNÉHO DOMU | 19 |

| | | |
|-------|---|----|
| 9.1 | Postup návrhu..... | 19 |
| 9.2 | Řešení dispozice..... | 20 |
| 9.2.1 | První nadzemní podlaží | 20 |
| 9.2.2 | Druhé nadzemní podlaží | 21 |
| 9.3 | Základy + podlaha 1NP..... | 21 |
| 9.4 | Obvodové stěny..... | 23 |
| 9.4.1 | Zdvojená roubená stěna 1NP var. 1 | 23 |
| 9.4.2 | Zdvojená roubená stěna 1NP var. 2 | 27 |
| 9.4.3 | Porovnání var. 1 a var. 2 | 30 |
| 9.4.4 | Obvodová stěna 2NP | 31 |
| 9.5 | Strop + podlaha 2NP | 33 |
| 9.6 | Střecha..... | 33 |
| 10 | TECHNICKÁ ZPRÁVA | 36 |
| 10.1 | Průvodní zpráva | 36 |
| 10.2 | Souhrnná technická zpráva | 39 |
| 11 | DISKUSE | 44 |
| 12 | ZÁVĚR..... | 45 |
| 13 | SUMMARY | 46 |
| 14 | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 47 |
| 15 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 48 |
| 16 | SEZNAM TABULEK..... | 49 |
| 17 | SEZNAM PŘÍLOH | 50 |
| 17.1 | Část tepelně technického posouzení – součástí vazby | 50 |
| 17.1 | Výkresová část – zvlášť ve volné vazbě | 51 |

1 ÚVOD

Dřevo je jedinou obnovitelnou surovinou, kterou lze ve stavebnictví použít k realizaci nosných konstrukcí. Moderní, správně navržené a realizované konstrukce a stavby na bázi dřeva mají řadu předností. Představují rychlou a variabilní technologii výstavby, šetrnou k životnímu prostředí při výstavbě, užívání i při jejich likvidaci.

Masivní stavby jako jsou sruby nebo roubenky, se stavěly tradičně v oblastech, které jsou méně osídlené, avšak s použitím technologií, které dnes již nesplňují požadavky na tepelnou ochranu budov a s tím spojenou energetickou spotřebu při jejich užívání. Nyní jsou již zcela běžné stavby na bázi dřeva v nízkoenergetickém standardu, kterého lze dosáhnout i u masivních dřevěných staveb určitými úpravami obvodových stěn. Většinou je nosná masivní část stěny doplňována tepelně izolační vrstvou, která navýší izolační potenciál, jenž samotnému dřevu schází.

Tato práce se bude zabývat řešením, jak lze dosáhnout dnešních požadavků na tepelnou ochranu budov u roubené stavby, vycházející z konstrukce zdvojené roubené stěny doplněné o izolační vrstvu.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je navrhnout dispozici a řešení konstrukce masivní roubené stavby rodinného domu v nízkoenergetickém standardu, včetně vypracování jednotlivých detailů vyplývajících ze zvolené konstrukce a jejich vyřešení tak, aby byly splněny tepelné požadavky na nízkoenergetický objekt.

Důraz bude kladen na tepelně technické posouzení jednotlivých částí s ohledem na možnost vzniku tepelných mostů, případně vznik nadměrné kondenzace vodních par v konstrukci. Pro obvodové konstrukce bude vypočítán součinitel prostupu tepla U .

Smyslem práce je tedy nastínit možné řešení podoby nízkoenergetické roubenky.

3 METODIKA

Diplomová práce bude pomyslně rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části bude popsána historie roubených staveb, jak se tyto stavby vyvíjely a jaká řešení naši předkové upřednostňovali. Dále pak budou naznačeny další možné způsoby a technologické postupy, jak lze dosáhnout parametry masivní dřevostavby, jejich rozdělení a konstrukční zásady. V poslední teoretické části diplomové práce bude popsána úspora energie a ochrana tepla, obecné požadavky na nízkoenergetické konstrukce, součinitel prostupu tepla a kondenzace vodních par v konstrukci.

Praktická část se bude zaměřovat na konkrétní skladbu obvodové roubené stěny používané ve firmě OK PYRUS, s.r.o., která splňuje tepelně technické požadavky na nízkoenergetický objekt. V navržené stavbě bude varianta této stěny použita a spolu s dalšími částmi objektu posouzena. Pro stavbu bude vypracována technická zpráva. Výkresová část a tepelné posouzení ostatních částí stavby i konstrukčních detailů budou součástí přílohy.

4 HISTORIE ROUBENÝCH STAVEB

Dřevo a kámen patří mezi nejstarší stavební materiály, používané již při prvních pokusech člověka o vytvoření přístřeší. Jako stavební materiál je dřevo v porovnání s jinými konstrukčními materiály hodnoceno všeobecně velmi pozitivně. Díky svým vlastnostem, jako je například malá hustota, ale vysoká pevnost, lehká zpracovatelnost, nebo nízká tepelná vodivost, je dřevo ve stavitelství po celá staletí používáno pro konstrukce krovů a doplňkových stavebně-truhlářských výrobků. (Havířová 2005)

4.1 Starověk

Prvními předchůdci dřevěných staveb na území Evropy (především ve Skandinávii a ve východní Evropě) byly primitivní příbytky, jež si v době starověku (cca 4 000 let před naším letopočtem) stavěly kočovné kmeny lovců a rybářů. V dalším vývoji se člověk naučil obdělávat půdu, domestikoval některá divoká zvířata a přešel tak na usedlý způsob života, který přinesl potřebu staveb s delší životností. K jejich realizaci se člověk naučil opracovávat kámen a také dřevo, začal používat první dřevěné konstrukce a jednoduché konstrukční spoje.

4.2 Středověk

V Čechách máme z doby raného středověku pouze archeologické doklady počátků roubené konstrukce. Doloženy jsou roubené stavby v hradištích, roubené mohly být také nadzemní části „polozemnic“ – zahloubených objektů.



Obr. 1 Polozemnice ze zaniklého středověkého osídlení Děčína (Pešta 2013)

Nejstarší skutečně zachované roubené konstrukce u nás pocházejí z vrcholného středověku, konkrétně z předhusitských dob. Nenalezneme je na vesnici, ale v prostředí významných středověkých měst – např. Českých Budějovic nebo Znojma. Minimálně do doby pozdního středověku byla i ve velkých královských městech běžná dřevěná nebo polodřevěná zástavba. Zvláště obytné místnosti městských domů byly stavěny roubenou technologií i v jinak zděných domech. Důvodem byl nepochybně daleko větší tepelný komfort, který dřevěné konstrukce poskytují. V některých případech se uvažuje o tzv. dymném provozu (tedy vytápění roubených obytných místností – jizeb – za použití otevřeného ohně). Za jeho doklad se považuje nejen velká výška stropu (či dřevěné klenby), ale také vrchní větrací okénko umístěné nad okny osvětlovacími. (Pešta 2013)

Nejstarší vesnické domy známé z území České republiky pocházejí z 15. století. Společným znakem těchto nejstarších roubených domů jsou opět velmi vysoké obytné místnosti – jizby, postavené z nehraněných kuláčů, často se shodnými znaky dymného provozu jako u městských domů. K vysokým jizbám se připojují vstupní síně a zadní komorové bloky, které mají často patrové řešení na výšku vysoké přízemní obytné místnosti. Dlužno podotknout, že se v naprosté většině případů jedná o mimořádně velké a výstavní domy, jejichž obytné místnosti přesahují 40 m² plochy a výšky stropů 3–3,5 m. (Pešta 2013)

4.3 Novověk

Třicetiletá válka zemi – a zejména venkov – uvrhla nazpět o mnoho desetiletí, či spíše staletí. Doba po třicetileté válce až do první poloviny 18. století je pro poznávání venkovské architektury temným obdobím – zatímco o podobě předbělohorských domů jsou k dispozici sice kusé informace, ale nálezy přibývají, o době druhé poloviny 17. století je toho známo jen málo. I v 17. a první polovině 18. století se stavělo v podstatě shodnou technikou jako v předchozí době. Okolo poloviny 17. století ovšem definitivně zaniká dymný provoz. Vytápění otevřeným nebo polootevřeným ohněm, případně pecí s volným odvodem dýmu do obytné místnosti je nahrazeno nepřímým vytápěním prostřednictvím otopného koutu v zadní části vstupní síně, z něhož se později vyvinula oddělená černá kuchyně, odkud se obsluhovala pec a později i kachlová kamna v obytné místnosti. Odstranění vytápění

na otevřeném ohništi umožnilo nejen snížení stropu obytné místnosti, ale také dosažení světlé barvy stěn díky pravidelnému bílení vápenným nátěrem. Z tmavé a vysoké jizby se tak stala nepochybně příjemnější světlá místnost – světnice. (Pešta 2013)

4.4 Současnost

S vývojem stavebnictví a rostoucími požadavky na tepelnou ochranu budov se měnily rovněž požadavky na obvodové stěny roubených staveb, u kterých většinou samotná stěna z trámů předepsané požadavky nespĺňovala. Z toho důvodu se přibližně v osmdesátých letech minulého století objevují první roubené stavby, u nichž je obvodová stěna vytvořena jako vícevrstvá, s vloženou vrstvou tepelné izolace uvnitř stěny. Roubené stavby se stěnou jednoduchou nebo vícevrstvou se realizují v podstatě dodnes, s výrobními technologiemi a materiály odpovídajícími dnešním poznatkům.

V současnosti realizované masivní stavby ze dřeva však nejsou pouze stavby roubené. Objevuje se celá řada nových systémů, u kterých je masivní dřevěná stěna tvořena vrstvením nebo skládáním přířezů do celých bloků, tvořících nosnou část konstrukce. Spojování jednotlivých přířezů do bloku se provádí pomocí mechanických spojovacích prostředků, nebo lepením. U některých systémů se při lepení celý masivní blok vylehčuje vytvořením dutin nebo nosných žeber. Tyto konstrukční systémy jsou zajímavé tím, že vrstva dřeva ve stěnách nebo ve stropě příznivě ovlivňuje mikroklima v interiéru stejně, jako je tomu u staveb roubených. Na druhou stranu nejsou tyto stavby náročné na spotřebu kvalitního řeziva, protože pro výrobu masivních bloků se běžně používá boční řezivo. Stejně tak z hlediska objemových změn jsou tyto konstrukce mnohem výhodnější, protože vytvořené bloky nevykazují takové objemové změny, jako je tomu u stěn srubových staveb. (Vaverka, Havířová, Jindrák a kol. 2008)

5 DRUHY MASIVNÍCH STAVEB

Pod pojmem masivní stavba ze dřeva rozumíme stavbu, u které je nosná část stěny vytvořena z řeziva masivního průřezu, nebo z opracovaných výřezů, které jsou vzájemně spojeny do masivních desek skládáním, vrstvením nebo lepením do různých tvarů. Z důvodů vysokých požadavků na tepelnou ochranu již dnes nespĺňuje samotná stěna takovéto stavby předepsanou hodnotu součinitele prostupu tepla, proto je většinou nosná masivní část stěny ještě doplňována tepelněizolační vrstvou, případně dalšími potřebnými vrstvami podle typu konstrukce. (Havířová 2005)

5.1 Roubené stavby

Roubení je dřevěná konstrukce, jejíž nosná část se skládá z vrstvených trámů nebo kulatin na sebe vrstvených ve vodorovném směru, spojených podélnými tesařskými spoji. Stavba vystavěná touto technikou se nazývá roubenka, nebo srub.

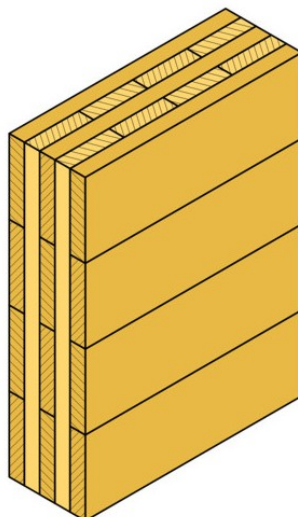
Roubené stavby mají své klady i zápory. Jednou z největších předností je jistě ekologický aspekt stavby, schopnost regulace vnitřní vzdušné vlhkosti, filtrace vzduchu a absorpce škodlivin, což vede ke zdravému mikroklima interiéru. Nevýhodou je poměrně vysoká finanční náročnost na výstavbu v porovnání se zděnými stavbami, dále sesychání dřeva, které má za následek sesedání stavby v prvních letech po výstavbě a je tedy potřeba konstrukci stavby tomuto problému přizpůsobit. V neposlední řadě jsou to stavby náročné na údržbu, především ze strany exteriéru, která je vystavena povětrnostním vlivům. (Havířová 2005)

5.2 Vrstvené masivní bloky

Jedním ze systémů moderní dřevostavby je vytváření bloků z vrstveného masivního dřeva. Nosná konstrukce je vytvořena ze tří nebo pěti vzájemně kolmo kladených vrstev z prkenných lamel. Prvky jsou vzájemně spojovány lepením. Díky kladení výřezů ve dvou směrech je tato konstrukce extrémně rozměrově i tvarově stabilní. Deformace v rovině takto vytvořeného panelu je přibližně 1 mm na 10 m a není tedy nutné ve stavbě vytvářet dodatečné dilatační spáry. Navíc musí být u dřeva dosaženo vlhkosti pro lepení přibližně 12%, je tedy do stavby zabudováno s vlhkostí blízkou vlhkosti v průběhu užívání stavby.

Protože samotná dřevěná konstrukce nesplňuje požadavky tepelné ochrany, je nutné i u tohoto typu staveb dodatečné zateplení vláknitými materiály z vnější strany stěny.

Vrstvené bloky z masivního dřeva jsou často používány pro stropní konstrukce dřevěných staveb, neboť vzhledem k vyšší plošné hmotnosti vykazují lepší zvukově izolační vlastnosti než lehké rámové konstrukce. (Havířová 2005)

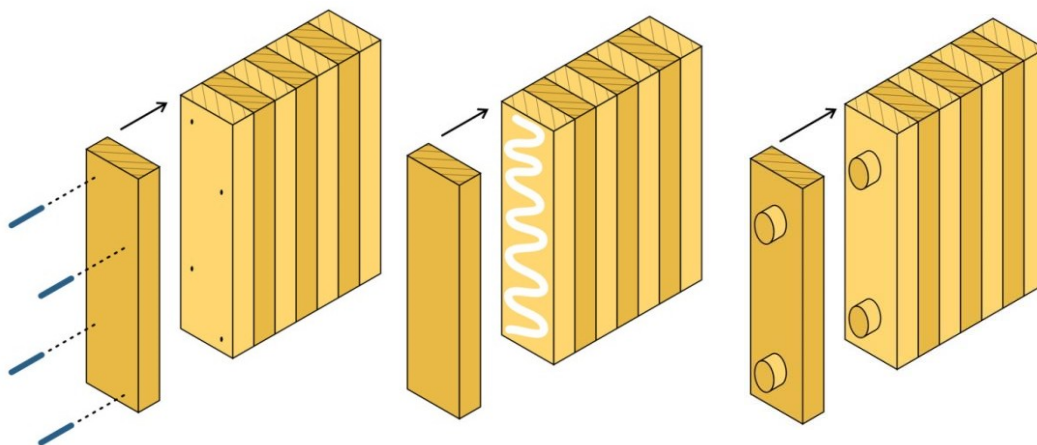


Obr. 2 Pětivrstvý vrstvený blok (<http://www.tzb-info.cz>)

5.3 Skládání masivní bloky

Dalším způsobem vytváření nosných stěn je skládáním prken širší stranou k sobě tak, že šířka prkna se rovná tloušťce masivního bloku. Jednotlivá prkna jsou v bloku v případě nosné stěny uložena svisle. Spojení je provedeno slepením širší stranou k sobě, pomocí hřebíků, nebo tak, že se na několika místech vyvrtají otvory v kolmém směru k rovině prkna a do vyvrtaného otvoru se pod tlakem zalisuje dubový kolík z vysušeného dřeva na nižší hmotnostní vlhkost, než je vlhkost prken. Spojovací kolík pak přijme vlhkost z okolních přířezů, zvětší svůj objem a tím zajistí spojení přířezů do celistvého bloku. Tyto masivní bloky se rovněž často používají pro stropní dílce v kombinaci s rámovou konstrukcí stěn.

Takto vytvořené bloky se pak používají jako nosné stěny masivních staveb v kombinaci s dodatečným zateplením z vnější strany stěny. (Havířová 2005)

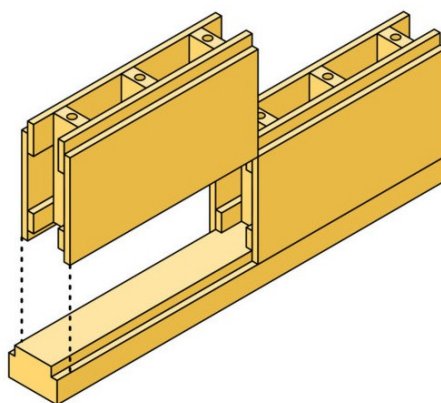


Obr. 3 Příklady spojení skládaných masivních bloků: vlevo pomocí hřebíků, uprostřed lepený spoj, vpravo kolíkový spoj (<http://www.tzb-info.cz>)

5.4 Lepené masivní bloky

Dalším systémem je lepení přířezů k sobě do tvaru „truhlíku“ obdélníkového průřezu, který je zevnitř vyplněn vláknitou izolační hmotou. Obvykle je spojeno několik takto vytvořených prvků do jednoho bloku. Délka slepovaných přířezů je současně délkou vytvořených nosných bloků. Ve svislé poloze se používají do nosných stěn, ve vodorovné poloze do stropních konstrukcí.

Lepením vykrácených přířezů do obdélníkových „tvarovek“ je vytvořen další systém, u kterého se jednotlivé bloky spojují pomocí dřevěných kolíků do předem předvrtaných otvorů. Rozměry těchto bloků odpovídají přibližně rozměrům tvarovek z klasických stavebních materiálů, jsou tedy lehké a manipulace a manipulace s nimi na stavbě je jednoduchá, bez těžkých mechanismů. Skládáním lepených bloků se vytváří obvodové stěny, které jsou zatepleny izolací foukanou do dutin v blocích. (Haviřová 2005)



Obr. 4 Obdélníková tvarovka (<http://www.tzb-info.cz>)

6 ROUBENÉ SYSTÉMY DŘEVOSTAVEB

Původní roubené stavby měly stěny z loupáných kuláčů, kladených vodorovně na sebe. Tím, že se tyto stavby prováděly z rostlého dřeva, jehož povrch nebyl narušen opracováním nebo byl narušen jen minimálně, vyznačovaly se také podstatně delší životností. Vodorovné spáry mezi jednotlivými prvky byly utěsněny mechem, někdy se spáry ještě vymazávaly hlínou. Později se provádělo lícování kulatiny na jejich styčných horních a dolních hranách, s postupným dalším vývojem se spoj prováděl pomocí vloženého pera. Zdokonalením těchto staveb bylo použití polohraněného, později hraněného řeziva nebo fošen s jednoduchými nebo dvojitými drážkami ve vodorovné spáře. U původních tesaných trámů bylo těsnění vodorovných spár nezbytné, protože tesaný trám, i když byl trvanlivější, nebyl tak přesně opracovaný, jako je tomu dnes, kdy při moderním způsobu opracování lze dosáhnout vysoké přesnosti v lícování vodorovných spár. Spáry se obvykle provádí se dvěma, případně třemi pery a drážkami a vloženým těsněním z pružné hmoty, aby byl splněn požadavek neprůvzdušnosti obvodových stěn stavby. (Havířová 2005)

6.1 Míra sednutí

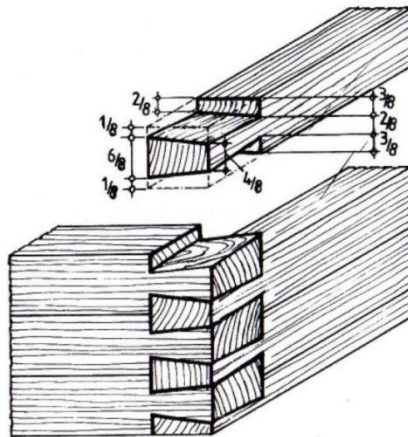
Protože nosnou stěnu roubené stavby tvoří vodorovně kladené trámy, dochází po výšce stěny ke značným objemovým změnám vlivem bobtnání a sesychání dřeva, které je největší právě v tomto směru. Sesychání dřeva je nutno respektovat při vytváření otvorů pro okna a dveře ve stěně. Ostění otvoru je tvořeno svislým sloupkem s drážkou, do kterého se nasouvají čepy na čelech trámů. V nadpraží musí být okolo horních čepů dostatečná vůle, aby při sesychání dřeva nedošlo vlivem objemových změn k deformaci rámu dveří nebo k popraskání skla oken. Spára musí být vyplněna měkkým izolačním materiálem, který respektuje sesychání dřeva, a je překryta z obou stran deštěním. (Havířová 2005)

Pro každé poschodí se musí počítat se sednutím až do 25mm. Z tohoto důvodu se provádí konstrukční opatření, jako jsou například aretační šrouby, s jejichž pomocí se dají nosné konstrukce (např. nosné sloupy nebo neroubené nosné stěny) postupně posouvat společně se sesedajícími stěnami. Připojení na svislé konstrukce, například komíny, se vytvářejí tak, aby roubená stěna mohla bez překážky sedat. (Kolb 2011)

6.2 Tradiční roubený systém

Vodorovné trámy obvodových stěn roubených staveb jsou kladeny ve stejné výškové úrovni, nebo jsou vzájemně u dvou sousedních stěn o polovinu výšky vystřídány. V rohovém křížení se provádí přeplátování, ve kterém se plát provádí jako úplný do poloviny výšky trámu u staveb s trámy ve stejné výškové úrovni nebo jako částečný u vystřídáných trámů.

Třecí síly v ploše plátu nejsou ani při zatížení vrstvou trámu nad spojem schopny přenášet vodorovné síly ve vznikajícím spoji, proto musí být spoj zajištěn proti vodorovnému posuvu. To je možno provést pomocí hřebíku, skoby nebo kolíku z tvrdého dřeva, který se prostrčí svisle přes několik vrstev otvory vyvrtanými v ose každého plátu. Jiným způsobem zajištění spoje je použití rybinového plátu, u kterého dochází k samosvornému účinku vlivem tíhy horních vrstev trámů, nebo použití rohové vazby se zhlavím a přeplátováním. I v těchto případech se obvykle doporučuje přidavné zajištění. (Havířová 2005)



Obr. 5 Rohová vazba na tzv. rybinu (Havířová 2005)

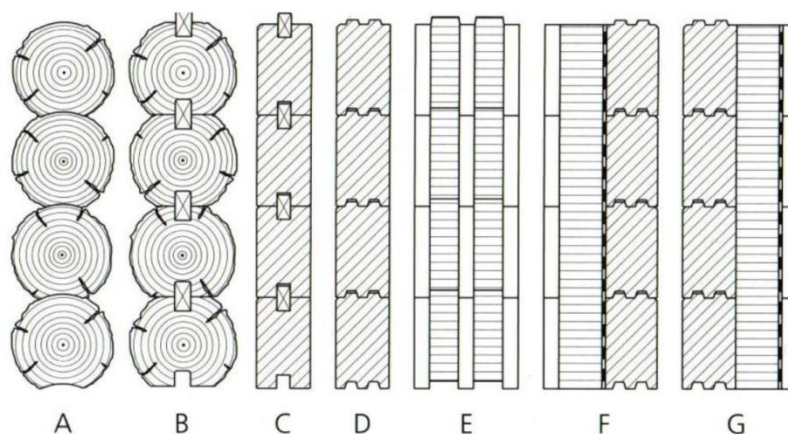
6.3 Novodobé roubené systémy

Protože u roubených staveb by měla nosná stěna z masivního dřeva plnit současně všechny funkce kladené na obvodový plášť stavby, měla by u bytových domů splňovat také požadavek tepelné ochrany. Vzhledem k tomu, že se v posledních letech z důvodu prudkého růstu cen energií podstatně zvýšily požadavky na snížení součinitele prostupu tepla stěnou (dříve byl udáván požadavek tepelného odporu stěny), samotná stěna z masivního dřeva současné požadavky nespĺňuje. Jedná-li se tedy o stavby pro trvalé bydlení, musí se obvodové stěny stavby dodatečně zateplit. Aby stavba nepozbyla svůj

charakter, provádí se zateplení tak, že se vytvoří z vnější strany „falešné“ roubení a mezi toto roubení a vlastní nosnou stěnu se vloží tepelná izolace.

Druhou možností je provést zdvojenou roubenou stěnu, u které mohou být obě roubené vrstvy v tloušťce již od 75 mm, a mezi tyto stěny se vkládá tepelná izolace. Provádí-li se vnitřní dřevěný obklad s vloženou izolací, je obvykle z prken tloušťky 20-30 mm a roubená stěna o tloušťce od 150 mm. Vždy je však nutno provést taková opatření, aby nedocházelo ke znehodnocení dřeva ve stěnách vlhkostí ze zkondenzovaných vodních par. (Haviřová 2005)

S rostoucími požadavky na snížení součinitele prostupu tepla se přibližně v osmdesátých letech minulého století objevují první roubené stavby, u nichž je obvodová stěna vytvořena jako vícevrstvá, s vloženou vrstvou tepelné izolace uvnitř stěny. Oba typy roubených staveb, se stěnou jednoduchou nebo vícevrstvou, se realizují v podstatě dodnes, s výrobními technologiemi a materiály odpovídajícími dnešním poznatkům.



Obr. 6 Vývoj roubené (srubové) stěny (Kolb 2011)

A – kulatina, B – kulatina s ložnými plochami a pery v drážkách, C – hranoly spojené perem, D – hranoly spojené drážkami a hřebenem, E, F – tepelně izolovaná roubená stěna

7 ÚSPORA ENERGIE A OCHRANA TEPLA

Často diskutovanou otázkou u roubených staveb je problematika tepelně technických vlastností obvodového pláště. Ty závisí jednak na samotném součiniteli prostupu tepla obvodovou stěnou, ale také na její vzduchotěsnosti, tedy na tepelných ztrátách infiltrací. Zatímco u lehkých dřevěných staveb je požadovaný součinitel prostupu tepla bez problémů dosahován potřebnou tloušťkou tepelné izolace, u roubených staveb je dán pouze samotnou vrstvou masivního dřeva, které však na druhé straně vykazuje mnohem příznivější hodnoty z hlediska akumulace tepla. (Houdek, Koudelka 2004)

Novodobý trend realizace objektů, zejména obytných s nízkou energetickou náročností vyvolává v celé řadě evropských států významná legislativní a technická opatření formou zpřísnování požadavků jak na konstrukční prvky, tak i vlastní objekty při respektování environmentálních akcentů s ohledem na zachování interiérového mikroklimatu při současné energetické minimalizaci potřeby energie na jejich provoz. (Vaverka, Havířová, Jindrák a kol. 2008)

7.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla U (heat thermal transmittance value) udává tepelný tok šířící se z vnitřního prostředí do vnějšího prostředí plochou 1 m^2 při jednotkovém teplotním spádu vnějšího a vnitřního prostředí.

Tato veličina je obrácenou hodnotou tepelného odporu (R), který lze spočítat z tepelných odporů (R_i) jednotlivých složek konstrukce a okrajových podmínek na vnitřní a vnější straně konstrukce (R_{si} , R_{se}). K výpočtu odporu je nutné znát součinitele tepelné vodivosti (λ) a šířky jednotlivých složek (d). Hodnoty součinitelů tepelné vodivosti jsou převzaty přímo od výrobců jednotlivých částí skladby stěny nebo z normy ČSN 73 0540.

Pro výpočet se vychází mimo jiné z údajů o přestupu tepla R_{si} na interiérové straně a R_{se} na exteriérové straně uvedených v ČSN 73 0540-3 (2005). U vnitřního povrchu obvodové stěny je tepelný odpor R_{si} roven $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, u střešní konstrukce se R_{si} rovná $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ a u konstrukce podlahy je R_{si} rovno $0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Tepelný odpor přestupu tepla u vnějšího povrchu konstrukce R_{se} je roven $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ a při styku se zemí je nulový.

Výpočet součinitele prostupu tepla podle normy ČSN 73 0540-4:

Tepelný odpor i-té vrstvy stěny:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}$$

Celkový tepelný odpor stěny:

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se}$$

Součinitel prostupu tepla stěny:

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

kde:

d_i je tloušťka materiálu i-té vrstvy konstrukce [m]

λ_i je součinitel tepelné vodivosti i-té vrstvy konstrukce [$\frac{W}{m.K}$]

R_i je tepelný odpor i-té vrstvy konstrukce [$\frac{m^2.K}{W}$]

R_{si} je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\frac{m^2.K}{W}$]

R_{se} je tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\frac{m^2.K}{W}$]

R_T je tepelný odpor celé konstrukce [$\frac{m^2.K}{W}$]

U je součinitel prostupu tepla celé konstrukce [$\frac{W}{m^2.K}$]

Tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov stanoví norma ČSN 730540-2 s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které podle stavebního zákona zajišťují hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu. Platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov.

Vybrané požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\Theta_{im}=20^{\circ}\text{C}$

| Popis konstrukce | | Součinitel prostupu tepla U_N [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] | |
|--|-------|---|--------------------|
| | | Požadované hodnoty | Doporučené hodnoty |
| Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně | | 0,24 | 0,16 |
| Stěna vnější | lehká | 0,30 | 0,20 |
| | těžká | 0,38 | 0,25 |
| Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině | | 0,45 | 0,30 |
| Okno, dveře a jiná výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu) | | 1,70 | 1,20 |
| Okno, dveře a jiná výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného do částečně vytápěného prostoru nebo z částečně vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu) | | 3,50 | 2,30 |
| Šikmé střešní okno, světlík a jiná šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° , z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu) | | 1,50 | 1,10 |
| Šikmé střešní okno, světlík a jiná šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° , z temperovaného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu) | | 2,60 | 1,70 |

Tab. 1 Hodnoty součinitele prostupu tepla nízkoenergetických staveb

7.2 Kondenzace vodních par

Jeden z významných požadavků ČSN 73 0540-2 zejména u dřevostaveb je bilance zkondenzovaných vodních par v konstrukcích (vertikálních a horizontálních – střecha případně podlaha na terénu). (Vaverka, Havířová, Jindrák a kol. 2008)

Nejlépe navržené dřevostavby vylučují kondenzaci vodní páry v konstrukci jako rizikový faktor, který ohrožuje jejich trvanlivost. Podle ustanovení ČSN 73 0540 může projektant připustit kondenzaci vodní páry pouze tehdy, pokud je schopen dokázat, že kondenzace neohrozí spolehlivost a životnost této konstrukce, přičemž musí zároveň dodržet citovaná omezení stanovená normou:

- V roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry nesmí zbýt žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c v $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$.

- Pro jednoplášťovou střechu, konstrukce dřevostaveb, konstrukci s vnějším tepelně izolačním systémem, vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukci s difuzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot: $M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu, pro ostatní stavební konstrukce nižší z hodnot: $M_{c,N} = 0,50 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu.

7.3 Požadavky na objekty s nízkou energetickou náročností

Obvyklým kritériem pro rozdělení budov s nízkou energetickou náročností bez ohledu na její tvar je plošná měrná potřeba tepla na vytápění $e_A [\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}]$, vztažná na 1 m^2 podlahové plochy vytápěné části budovy za 1 rok. Budovy, které mají roční plošnou měrnou potřebu tepla na vytápění $e_A \leq 50 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ jsou označovány jako nízkoenergetické (NED). (Vaverka, Havířová, Jindrák a kol. 2008)

Souhrnně lze požadavky na objekty s nízkou energetickou náročností definovat dle ČSN 73 0540-2 takto:

- Nízkoenergetické domy jsou budovány s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění $e_A \leq 50 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$.
- Obvodové konstrukce mají mít součinitel prostupu tepla $U [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$ nižší než normou doporučené hodnoty a tepelné mosty v konstrukcích a vazby mezi nimi musí být minimalizovány.
- Obvodové konstrukce musí vykazovat experimentálně ověřenou vzduchotěsnost $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$.

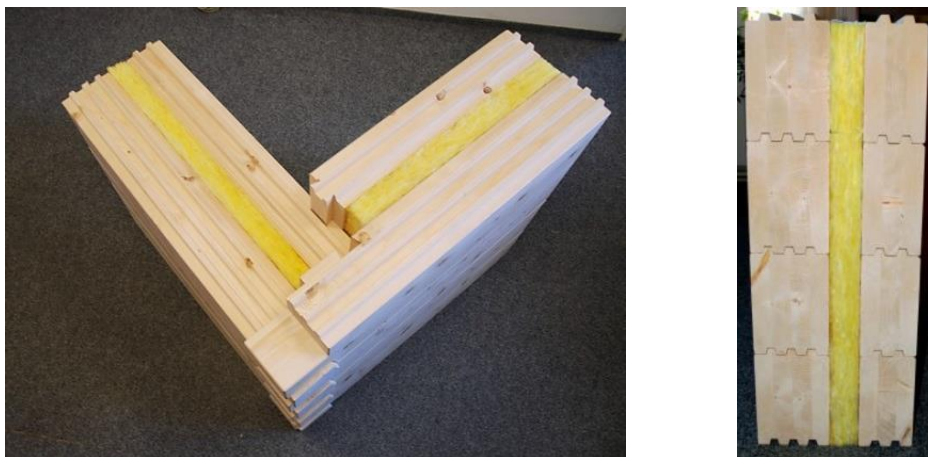
8 ZDVOJENÁ ROUBENÁ STĚNA FIRMY OK PYRUS

Novinkou firmy OK PYRUS je nabídka zateplené roubené stěny, která svými parametry splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti pro nízkoenergetické domy určené k trvalému bydlení. Jedná se o difúzně otevřenou skladbu (bez parotěsné zábrany), která umožňuje volný přístup vlhkosti a vodních par přes stěnu. Stěna tak může "dýchat" stejně jako srubové a roubené stěny z plných masivních dřevěných profilů.

Konstrukčně se jedná se o dvojitou masivní roubenou stěnu z lepených profilů s vloženou tepelnou izolací z minerální vlny.

8.1 Technologie provedení

Při výrobě profilu je použito ekologicky nezávadného lepidla na bázi melaminových pryskyřic, které jsou pro člověka zcela zdravotně nezávadné. Důležitá přednost a schopnost dřevěné stěny "dýchat" je u masivního lepeného hranolu také prakticky shodná jako u nelepeného přirozeně rostlého dřeva. Předností této technologie je dokonalé a přesné provedení jednotlivých tesařských detailů a spojů, také díky tomu stavba dosahuje nízkoenergetických standardů. (OK PYRUS 2009)



Obr. 7 Zdvojená roubená stěna s vloženou izolací (<http://www.moderni-srubby.cz>)

8.2 Technologie výroby

Technologie stavby z tohoto masivního materiálu je následující - stavba se nejprve vyrobí (jako stavebnice) na počítačem řízeném dřevoobráběcím centru (CNC). Po výrobě jsou všechny části rozloženy a pečlivě očíslovány, zabaleny a převezeny

a následně sestaveny na připravené základové betonové desce. Následně se kontinuálně pokračuje s dalšími stavebními pracemi až do úplného dokončení stavby. Velkou výhodou oproti stavbě roubenky nebo srubu ze surového (mokrého) dřeva je tedy plynulá realizace v jednom časovém úseku bez nutnosti několikaměsíční technologické přestávky na „dosednutí“ roubených nebo srubových stěn. Podélná spára mezi jednotlivými prvky roubené stěny se izoluje paměťovými páskami. (OK PYRUS 2009)

8.3 Výhody technologie

Použitím sušených, lepených profilů se eliminuje sedání stavby (vlivem sesychání dřeva) a další „nekontrolovatelné chování“ nevysušeného masivu (praskání, kroucení atp.), které se jinak běžně vyskytuje u srubů nebo roubenek zhotovených ze surového, mokrého dřeva. Ostatní pozitivní vlastnosti masivního smrkového dřeva, jako je přirozené „dýchání“ stavby, eliminace elektromagnetického smogu a udržování vlhkosti uvnitř objektu na optimální výši a v neposlední řadě vůně masivního dřeva jsou zachovány. (OK PYRUS 2009)

9 REALIZACE MASIVNÍ DŘEVOSTAVBY RODINNÉHO DOMU

Pro diplomovou práci byla vypracována projektová dokumentace nízkoenergetické roubenky. Stavba není navržena na konkrétní pozemek, jedná se jen o jedno z mnoha řešení, jak dosáhnout splnění dnešních požadavků na nízkoenergetický objekt. Důraz je kladen hlavně na řešení a posouzení důležitých konstrukčních detailů stavby z hlediska jejich tepelných vlastností.

Veškeré technické výkresy a výsledky tepelně technického posouzení, řešených skladeb a konstrukčních detailů viz příloha.

9.1 Postup návrhu

Postup návrhu je možné rozdělit do několika etap. V první řadě je nutné zjistit veškeré informace potřebné pro návrh. Abychom vůbec mohli navrhnout nízkoenergetický objekt, musíme získat informace o hodnotě součinitele prostupu tepla U vztažené k obvodovým stěnám nebo ke střeše. Dalším požadavkem je kondenzace vodních par v konstrukci, kde musíme zajistit odstranění zkondenzované vody ven z konstrukce. S tím souvisí podloží, neboli základ, na kterém stavba bude stát. Roubená stěna je tvořena z dřevěných trámů vodorovně kladených na sebe, toto dřevo by mohlo přijímat vlhkost ze základové desky a je tedy nutné odizolování obvodových stěn.

Důležitým bodem je, jak bude řešená dispozice celého objektu, rozmístění místností v objektu má zásadní vliv na celkovou pohodu užívání stavby. Všechny odpočinkové místnosti by měli být situovány k jižní straně z toho důvodu, že na tuto stranu dopadá přes den nejvíce slunečního svitu. Na tuto problematiku by měl mít největší vliv samotný investor.

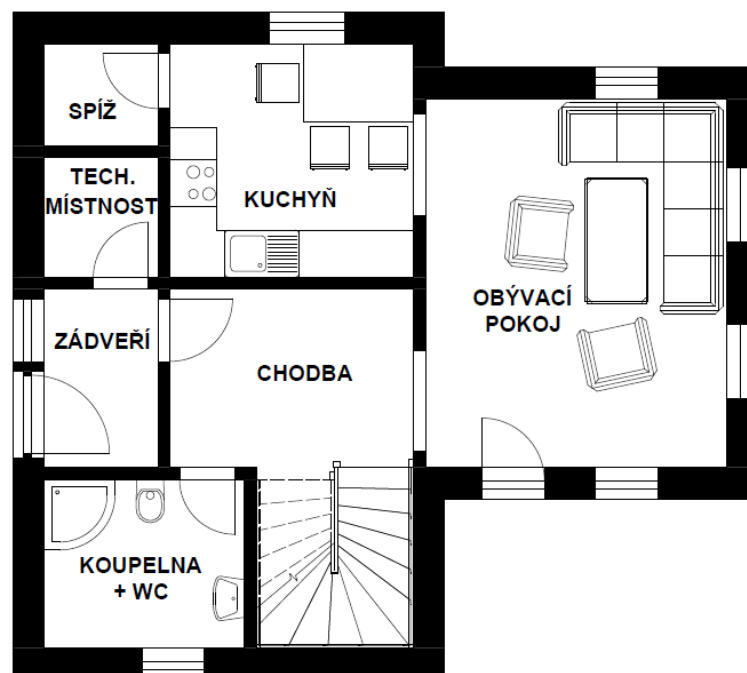
Dále je potřeba vyřešit materiálovou skladbu veškerých svislých i vodorovných konstrukcí. Především obvodové konstrukce musí splňovat požadavky na nízkoenergetický objekt a tak je nutné si tyto údaje důkladně ověřit, než s nimi bude dále nakládáno. S vyřešenou skladbou konstrukcí následně přichází na řadu řešení detailů v konstrukci. Jedná se především o rohové napojení obvodových stěn, napojení stropu na obvodovou stěnu a další. V těchto částech konstrukce se mohou nacházet tzv. „tepelné mosty“, nebo v nich může nebezpečně kondenzovat voda. Proto se těmito částem musí věnovat patřičný důraz.

9.2 Řešení dispozice

Dispoziční řešení bylo zhotovenou pro 1.NP a 2.NP. Obě dispozice jsou navrženy do tvaru písmene T a jsou situovány s ohledem na světové strany.

9.2.1 První nadzemní podlaží

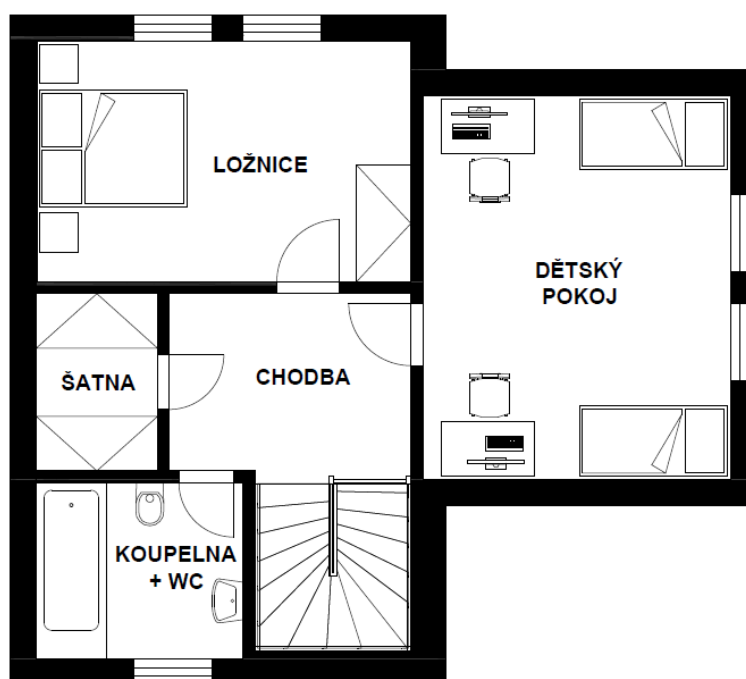
Vstup do objektu bude ze severní strany. Na vstup bude navazovat tzv. „špinavá zóna“ zádveří, kde bude možné odložit oděv a přezout se do domácí obuvi. Přímo na zádveří je napojena technická místnost a chodba. Z chodby je dále přístupné schodiště do druhého nadzemního podlaží, vchod do koupelny a WC, ve které se bude nacházet sprchový kout a splachovací záchod a spolu s technickou místností jsou opatřeny keramickým obkladem do výšky 2,2 m (Na roubené stěny není tento obklad aplikován). Z chodby je volný přístup do obývacího pokoje. Tato část domu je situována na jižní stranu domu, tudíž se do této části v průběhu dne dostává nejvíce světla. Na severní straně obývacího pokoje se nachází krb, který má ideální polohu v rámci celkového uspořádání místností, nachází se totiž ve středu objektu, čímž se využije vydávané teplo na maximum. Z obývacího pokoje je opět volný přístup do kuchyně s jídelnou opatřenou spíží. Místnosti jako Spíž, technická místnost, zádveří a koupelna + WC, jsou schválně umístěny na severní straně domu, protože do těchto místností není potřeba dostat tolik denního světla jako třeba do obývacího pokoje.



Obr. 8 Dispozice prvního nadzemního podlaží

9.2.2 Druhé nadzemní podlaží

Do druhého nadzemního podlaží ústí schodiště z prvního nadzemního podlaží. Toto schodiště volně ústí do chodby, která umožňuje přístup do celkem čtyř místností. První a zároveň nejmenší místností je šatna, která je situována na sever. Šatna je opatřena dvěma prostornými vestavěnými skříněmi na odložení šatů apod. další místností je Koupelna a WC, která je uspořádána stejně jako v prvním nadzemním podlaží, jen s tím rozdílem, že namísto sprchového koutu je zde koupelnová vana. Předposlední místností je dětský pokoj určený pro dvě osoby, a poslední místností je ložnice s manželskou postelí. Dětský pokoj se nachází jižní straně a ložnice se nachází východní straně objektu.



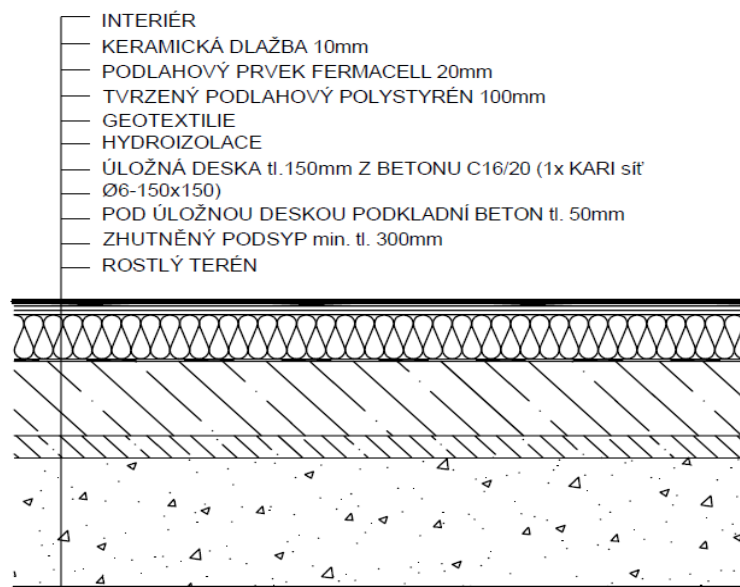
Obr. 9 Dispozice druhého nadzemního podlaží

9.3 Základy + podlaha 1.NP

Základovou konstrukci tvoří základové pásy o šířce 400 mm z betonové směsi třídy C16/20. Základové pásy podpírají obvodové stěny, nosné příčky a komín. Mezi základovými pásy je zpevněný povrch zhutněným podsypem o minimální tloušťce 300 mm, který je doplněn podkladním betonem tloušťky 50 mm. Na tomto podkladu je vrstva roznášecí betonové desky o tloušťce 150 mm, která je vyztužena svařovanou KARI sítí 6x150x150 mm. Pod příčky je vložen pás svařované KARI sítě o šířce min. 300 mm. Na desce je položena vrstva hydroizolace a geotextilie, která zabraňuje

vzlínání vlhkosti ze základů do dřevěných nosných stěn. Na takto vytvořenou plochu se napojují obvodové stěny a příčky stavby.

Podlaha je dále tvořena tvrzeným podlahovým polystyrénem o tloušťce 100 mm. Následně podlahovým prvkem fermacell 2x10 mm a jako poslední nášlapná vrstva je použita keramická dlažba.



Obr. 10 Skladba základů a podlahy 1.NP

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce:

| Materiál (index) | Tloušťka [m] | Lambda [W/(m.K)] |
|---------------------------|--------------|------------------|
| Keramická dlažba (KD) | 0,01 | 0,180 |
| Fermacell (FC) | 0,02 | 0,320 |
| Podlahový polystyren (PP) | 0,10 | 0,034 |
| Hydroizolace (HI) | 0,001 | 0,160 |
| Betonová deska (B) | 0,15 | 1,300 |

Tab. 2 Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla podlahy 1.NP

Do výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukcí podlahy se započítávají jen její vrstvy umístěné nad terénem.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_{KD}}{\lambda_{KD}} + \frac{d_{FC}}{\lambda_{FC}} + \frac{d_{PP}}{\lambda_{PP}} + \frac{d_{HI}}{\lambda_{HI}} + \frac{d_B}{\lambda_B} + R_{se}}$$

$$U = \frac{1}{0,17 + \frac{0,01}{0,180} + \frac{0,02}{0,320} + \frac{0,1}{0,034} + \frac{0,001}{0,160} + \frac{0,15}{1,300} + 0}$$

$$U = 0,298 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Konstrukce podlahy tohoto typu má součinitel prostupu tepla rovný $0,298 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku podlahy nad terénem, který je $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, a je také nižší než doporučená hodnota pro běžné novostavby $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

9.4 Obvodové stěny

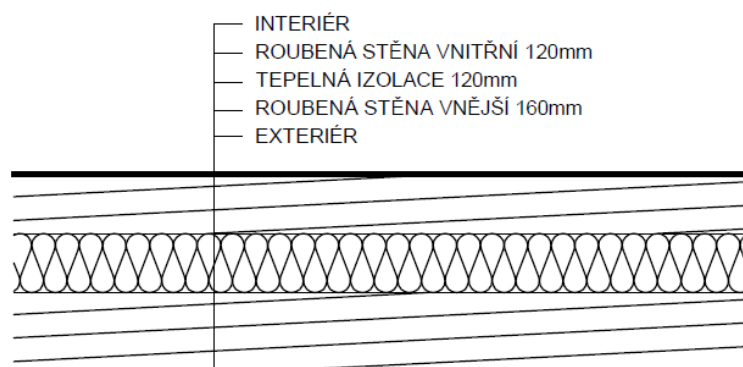
Navrhovaná roubenka má jinou skladbu obvodových stěn v prvním nadzemním podlaží a druhém nadzemním podlaží. V prvním nadzemním podlaží je použita speciální zdvojená roubená stěna vyplněná izolací. Jsou navrženy celkem dvě varianty, které se svými vlastnostmi liší a jinak reagují na prostup tepla, nebo kondenzaci vodních par v konstrukci.

Oba typy stěn v 1.NP budou v této části podrobně rozebrány a výsledky budou věcně okomentovány.

V dokumentaci realizace masivní stavby je uvažováno s var. 2, s ohledem na fakta popsaná v kapitole 9.4.3. porovnání var. 1 a var. 2.

9.4.1 Zdvojená roubená stěna 1.NP var. 1

Obvodová stěna v prvním nadzemním podlaží vychází z konstrukce zdvojené roubené stěny firmy OK PYRUS. Jedná se o zdvojenou roubenou stěnu, jejíž střed je vyplněn izolací. Ze strany interiéru má první roubená stěna tloušťku 120 mm, na níž následuje vrstva tepelné izolace tloušťky 120 mm. Poslední vrstva je opět roubená, ale má tloušťku 160 mm.



Obr. 11 Skladba zdvojené roubené stěny 1.NP var. 1

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce:

| Materiál (index) | Tloušťka [m] | Lambda [W/(m.K)] |
|----------------------|--------------|------------------|
| Roubená stěna (RS-A) | 0,12 | 0,180 |
| Tepelná izolace (TI) | 0,12 | 0,035 |
| Roubená stěna (RS-B) | 0,16 | 0,180 |

Tab. 3 Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla roubené stěny 1.NP var. 1

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_{RS-A}}{\lambda_{RS-A}} + \frac{d_{TI}}{\lambda_{TI}} + \frac{d_{RS-B}}{\lambda_{RS-B}} + R_{se}}$$

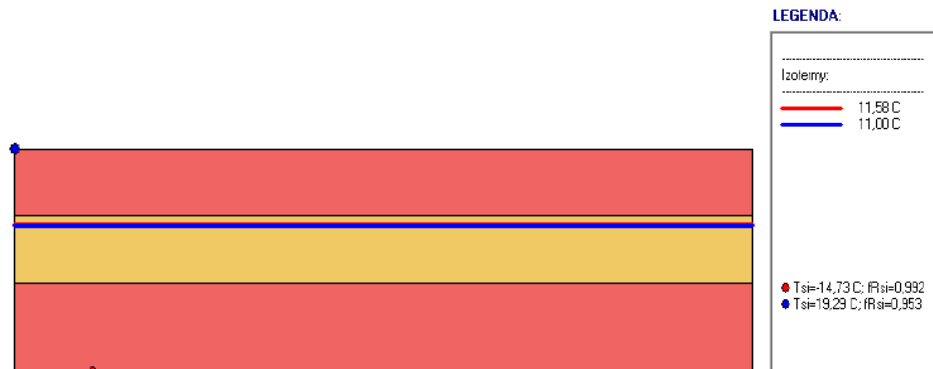
$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,12}{0,180} + \frac{0,12}{0,035} + \frac{0,16}{0,180} + 0,04}$$

$$U = 0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Obvodová konstrukce tohoto typu má součinitel prostupu tepla rovný 0,194 W/m²K. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na lehké obvodové stěny, který je 0,3 W/m²K, a je také nižší než doporučená hodnota pro běžné novostavby 0,2 W/m²K.

Poloha rosného bodu v konstrukci:

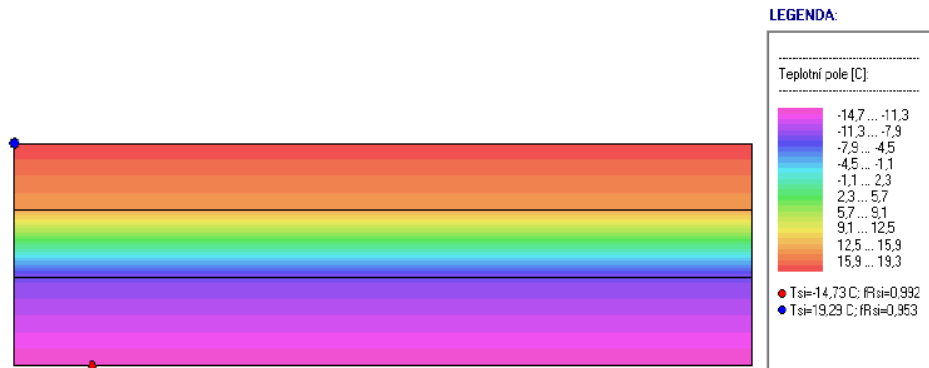
Na tomto obrázku je patrné, že rosný bod (červeno modrá linie o hodnotách mezi 11°C až 11,58°C) se nachází na hranici mezi vrstvou dřeva v interiéru a izolací. Jeho konkrétní poloha se nachází v izolaci, což by mohlo ohrozit její funkci vlivem narůstající vlhkosti uvnitř. Mnohem příznivější situace polohy rosného bodu by byla, kdyby se rosný bod nacházel v jedné z dřevěných stěn, dřevo je totiž schopno se vlhkosti zbavit a nijak se tím nenaruší jeho funkce.



Obr. 12 Poloha rosného bodu u roubené stěny 1.NP var. 1

Teplotní pole konstrukce:

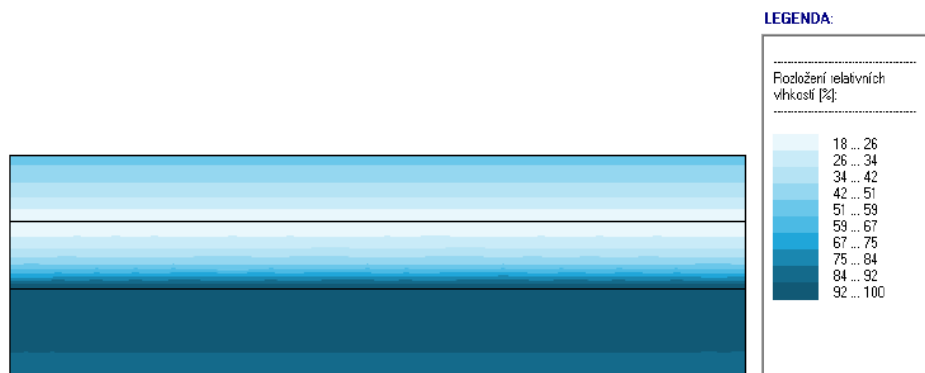
Na obrázku níže je zobrazeno teplotní pole napříč konstrukcí. Na první pohled je vidět rozdíl mezi dřevěnou a izolační částí, změna teploty u dřeva nemá tak strmý průběh jako v oblasti izolace. V této variantě 1 dosahuje izolace vyšších teplot, než ve variantě 2, což má příznivý vliv na její funkci.



Obr. 13 Pole teplot u roubené stěny 1.NP var. 1

Relativní vlhkosti v konstrukci:

Vnější strana konstrukce je vystavena nejvyšší vlhkosti. Konstrukce musí na tuto skutečnost správně reagovat, jinak by mohlo uvnitř dojít ke kondenzaci vodních par. Tento efekt je zcela nežádoucí a návrh tomu musí předcházet. Na obrázku je vidět, že první vrstva roubené stěny ze strany exteriéru o tloušťce 160 mm bude napadena vlhkostí nejvíce.

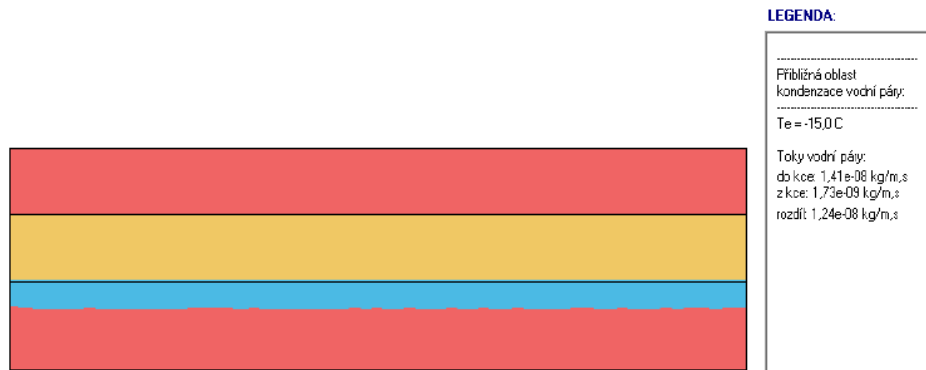


Obr. 14 Relativní vlhkosti u roubené stěny 1.NP var. 1

Oblast kondenzace v konstrukci:

Tento obrázek popisuje velikost kondenzace v konstrukci a její polohu (modré pole). Zde je patrné že největší výskyt kondenzace bude probíhat na vnitřní

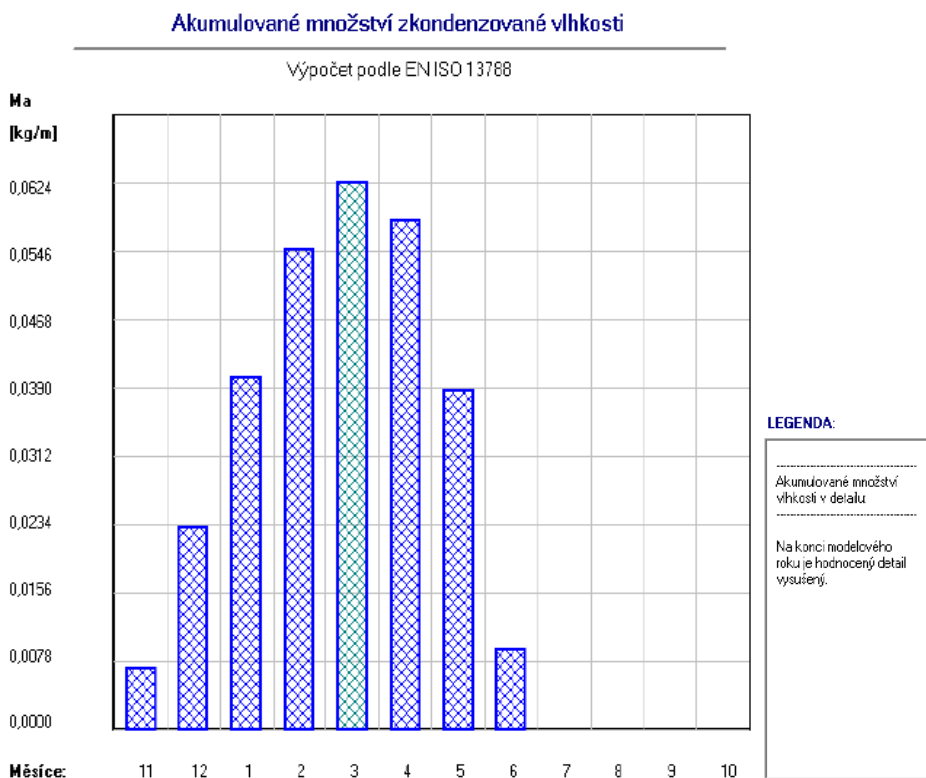
straně roubené stěny ze strany exteriéru. Tato nežádoucí vlhkost se bezpodmínečně musí dostat z konstrukce ven.



Obr. 15 Oblast kondenzace u roubené stěny I.NP var. 1

Roční bilance konstrukce:

Na obrázku je graf, který znázorňuje míru vlhkosti v konstrukci, obsaženou během jednoho ideálního roku. Podle grafu je patrné, že ke kondenzaci v konstrukci začne docházet v listopadu. Maximálních hodnot bude dosahovat v období března, konkrétně $0,0624\text{ kg/m}$. Od této doby se začne konstrukce vody postupně zbavovat, až do července, kdy dojde k úplnému odstranění zkondenzované vody ven z konstrukce.

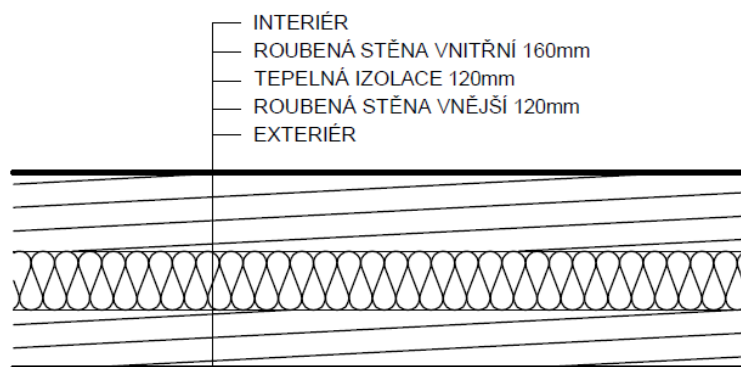


Obr. 16 Roční bilance u roubené stěny I.NP var. 1

Výsledky výpočtu a vyhodnocení podle ČSN viz příloha.

9.4.2 Zdvojená roubená stěna 1.NP var. 2

V této variantě byla zaměněna silnější stěna za slabší, stěna tloušťky 160 mm se tedy nachází na straně interiéru, následně pak 120 mm tepelné izolace a poslední vrstva roubené stěny má tloušťku 120 mm.



Obr. 17 Skladba zdvojené roubené stěny 1.NP var. 2

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce:

| Materiál (index) | Tloušťka [m] | Lambda [W/(m.K)] |
|----------------------|--------------|------------------|
| Roubená stěna (RS-A) | 0,16 | 0,180 |
| Tepelná izolace (TI) | 0,12 | 0,035 |
| Roubená stěna (RS-B) | 0,12 | 0,180 |

Tab. 4 Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla roubené stěny 1.NP var. 2

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_{RS-A}}{\lambda_{RS-A}} + \frac{d_{TI}}{\lambda_{TI}} + \frac{d_{RS-B}}{\lambda_{RS-B}} + R_{se}}$$

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,16}{0,180} + \frac{0,12}{0,035} + \frac{0,12}{0,180} + 0,04}$$

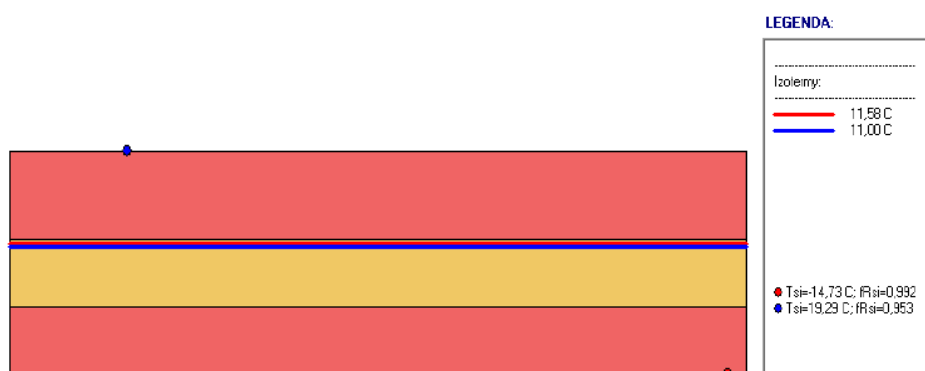
$$U = 0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Obvodová konstrukce tohoto typu má součinitel prostupu tepla rovný 0,194 W/m²K. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na lehké obvodové stěny, který je 0,3 W/m²K, a je také nižší než doporučená hodnota

pro běžné novostavby $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Z toho vyplývá, že součinitel prostupu tepla se záměnou pořadí vrstev nemění.

Poloha rosného bodu v konstrukci:

Na tomto obrázku je patrné, že rosný bod (červeno modrá linie o hodnotách mezi 11°C až $11,58^\circ\text{C}$) se nachází na hranici mezi vrstvou dřeva v interiéru a izolací. Jeho konkrétní poloha se stále nachází v izolaci, avšak na rozdíl od varianty 1 je jeho umístění více k roubené stěně, čímž je k ideálnímu umístění rosného bodu blíže, než varianta 1.



Obr. 18 Poloha rosného bodu u roubené stěny 1.NP var. 2

Teplotní pole konstrukce:

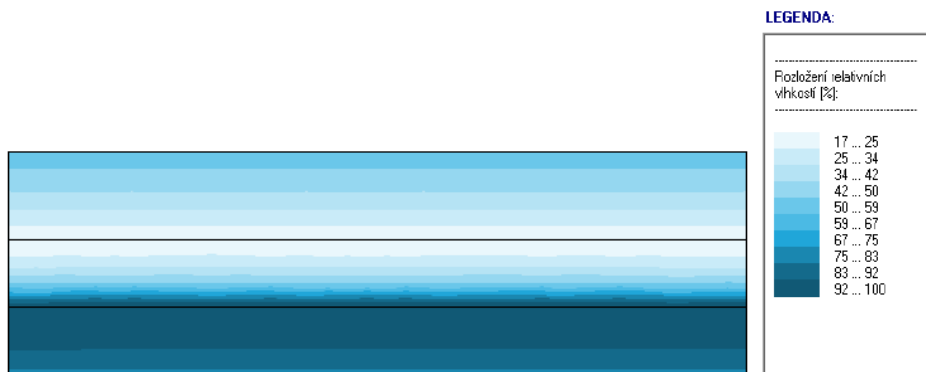
Na obrázku níže je zobrazeno teplotní pole napříč konstrukcí. Na první pohled je vidět rozdíl mezi dřevěnou a izolační částí, změna teploty u dřeva nemá tak strmý průběh jako v oblasti izolace. V této variantě 2 dosahuje izolace nižších teplot, než ve variantě 1, což izolaci částečně brání plnit její funkci.



Obr. 19 Pole teplot u roubené stěny 1.NP var. 2

Relativní vlhkosti v konstrukci:

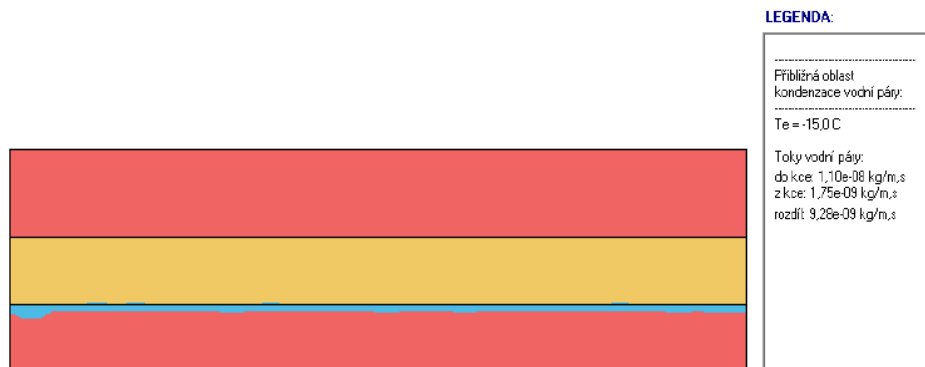
Vnější strana konstrukce je vystavena nejvyšší vlhkosti. Konstrukce musí na tuto skutečnost správně reagovat, jinak by mohlo uvnitř dojít ke kondenzaci vodních par. Tento efekt je zcela nežádoucí a návrh tomu musí předcházet. Na obrázku je vidět, že první vrstva roubené stěny ze strany exteriéru o tloušťce 120 mm bude napadena vlhkostí nejvíce. Tím, že vlhkosti odolává užší vrstva, pole s největším zastoupením relativní vlhkosti je o poznání menší a není vlhkostí napadena tak význačná část jako ve variantě 1.



Obr. 20 Relativní vlhkosti u roubené stěny 1.NP var. 2

Oblast kondenzace v konstrukci:

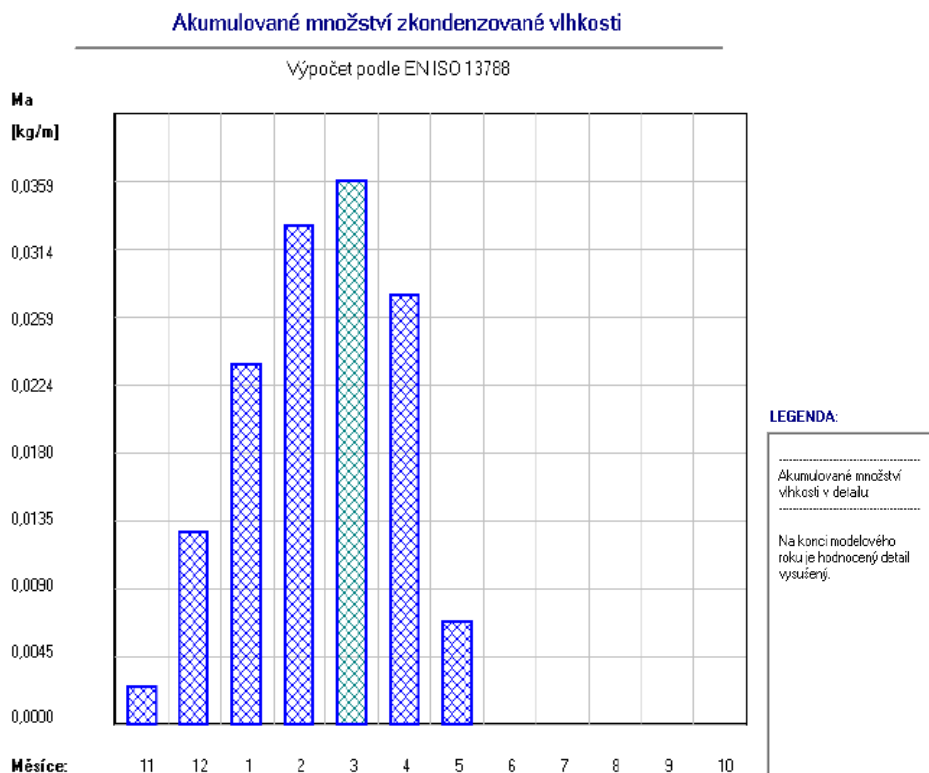
Tento obrázek popisuje velikost kondenzace v konstrukci a její polohu (modré pole). Zde je patrné že největší výskyt kondenzace bude probíhat na vnitřní straně roubené stěny ze strany exteriéru. Tato nežádoucí vlhkost se bezpodmínečně musí dostat z konstrukce ven. Při porovnání varianty 1 a varianty 2 zjišťujeme, že oblast kondenzace je u varianty 2 o mnoho menší, než u varianty 1.



Obr. 21 Oblast kondenzace u roubené stěny 1.NP var. 2

Roční bilance konstrukce:

Na obrázku je graf, který znázorňuje míru vlhkosti v konstrukci, obsaženou během jednoho ideálního roku. Podle grafu je patrné, že ke kondenzaci v konstrukci začne docházet v listopadu. Maximálních hodnot bude dosahovat v období března, konkrétně 0,0359 kg/m, což jsou poloviční hodnoty, než u varianty 1. Od této doby se začne konstrukce vody postupně zbavovat, až do června, kdy dojde k úplnému odstranění zkondenzované vody ven z konstrukce, o měsíc dříve, než u varianty 1.



Obr. 22 Roční bilance u roubené stěny 1.NP var. 2

Výsledky výpočtu a vyhodnocení podle ČSN viz příloha.

9.4.3 Porovnání var. 1 a var. 2

| Varianta stěny | Součinitel prostupu tepla U | Rosný bod | Pole teplot | Relativní vlhkosti | Oblast kondenzace | Roční bilance |
|---------------------|-----------------------------|-----------|-------------|--------------------|-------------------|---------------|
| Roubená stěna var.1 | stejně | horší | lepší | horší | horší | horší |
| Roubená stěna var.2 | stejně | lepší | horší | lepší | lepší | lepší |

Tab. 5 Porovnání var. 1 a var. 2

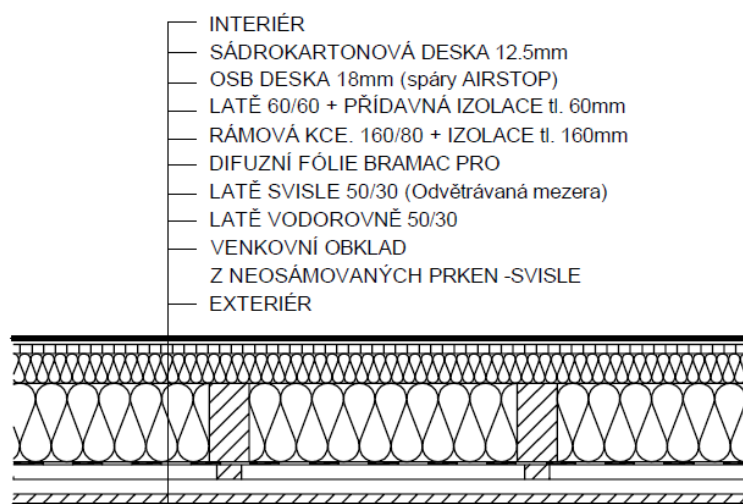
Obě varianty mají svoje výhody i nevýhody. Mezi další výhody varianty 1 dále patří fakt, že roubené stěny obecně vždy tvořily masivní dřevěnou stěnu a i rohové spoje těchto staveb působily robustně, na druhou stranu, pokud se širší roubená stěna umístí do interiéru, dřevěné stropní trámy se do této stěny mohou osadit a stavba tak snese ještě větší zatížení.

9.4.4 Obvodová stěna 2.NP

Hlavní nosnou konstrukci obvodových stěn v druhém nadzemním podlaží tvoří rámová konstrukce z masivních KVH hranolů z jehličnatého dřeva o rozměrech 160/80 mm (vodorovné i příčné prvky – práh, sloupky, horní rám). Mezi tyto prvky je vložena tepelná izolace ISOVER tloušťky 160 mm.

Ze strany interiéru je konstrukce doplněna o přídatnou izolaci 60 mm vyztuženou latěmi 60/60 mm, která zároveň tvoří instalační předstěnu. Na tento rošt je přišroubována OSB deska tloušťky 18 mm, jejíž spáry jsou přelepeny páskou AIRSTOP. OSB deska slouží také jako parobrzdka z hlediska propustnosti vodních par. Jako poslední vrstva je použita sádkartonová deska 12,5 mm. Spáry mezi deskami jsou vyplněny trvale pružným tmelem.

Ze strany exteriéru je na KVH hranoly připevněna pojistná difuzní folie, která je svisle zaklopena latěmi 50/30 mm a následně vodorovně latěmi 50/30 mm. Na vodorovné latě je přišroubován venkovní obklad z neosámovaných prken. Tím je pod venkovním obkladem vytvořena větraná mezera.



Obr. 23 Skladba obvodové stěny 2.NP

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce:

| Materiál (index) | Tloušťka [m] | Lambda [W/(m.K)] |
|--------------------------------|---------------|------------------|
| Sádkarton (SK) | 0,0125 | 0,220 |
| OSB Deska (OSB) | 0,018 | 0,130 |
| Přídavná tepelná izolace (PTI) | 0,06 | 0,040 |
| Laťový rošt (LTI) | 0,06 | 0,180 |
| Tepelná izolace (TI) | 0,16 | 0,040 |
| KVH hranol (KVH) | 0,16 | 0,180 |
| Difuzní folie (DF) | 0,001 | 0,350 |

Tab. 6 Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla stěny 2.NP

Do výpočtu součinitele prostupu tepla touto obvodovou stěnou se započítávají jen vrstvy umístěné pod odvětrávanou mezerou. Jelikož je KVH hranol s izolací a laťový rošt s přídavnou izolací kombinovanou vrstvou, provádí se přepočtení tepelného odporu této vrstvy na odpovídající odpor kombinované vrstvy.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_{SK}}{\lambda_{SK}} + \frac{d_{OSB}}{\lambda_{OSB}} + \frac{d_{PTI,LR}}{\frac{I_{PTI} \cdot \lambda_{PTI} + I_{LR} \cdot \lambda_{LR}}{I_{PTI} + I_{LR}}} + \frac{d_{TI,KVH}}{\frac{I_{TI} \cdot \lambda_{TI} + I_{KVH} \cdot \lambda_{KVH}}{I_{TI} + I_{KVH}}} + \frac{d_{DF}}{\lambda_{DF}} + R_{se}}$$

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,0125}{0,220} + \frac{0,018}{0,130} + \frac{0,06}{\frac{0,545 \cdot 0,040 + 0,06 \cdot 0,180}{0,545 + 0,06}} + \frac{0,16}{\frac{0,545 \cdot 0,040 + 0,08 \cdot 0,180}{0,545 + 0,08}} + \frac{0,001}{0,350} + 0,04}$$

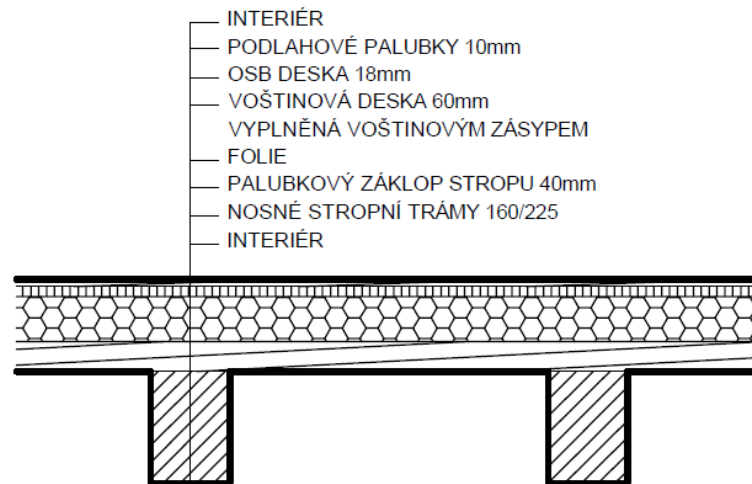
$$U = 0,219 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Obvodová konstrukce tohoto typu má součinitel prostupu tepla rovný 0,219 W/m²K. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na lehké obvodové stěny, který je 0,3 W/m²K. Je však o něco vyšší než doporučená hodnota pro běžné novostavby 0,2 W/m²K. Dosáhnout nižší doporučené hodnoty je možné jednoduše rozšířením rámové konstrukce na tloušťku 200 mm, což je o 40 mm více, než původní návrh. Tím bychom dosáhli součinitele prostupu tepla o hodnotě 0,188 W/m²K.

Poloha rosného bodu, orientace tepelných toků, teplotní pole, relativní vlhkosti, oblast kondenzace, roční bilance, výsledky výpočtu a vyhodnocení podle ČSN viz příloha.

9.5 Strop + podlaha 2.NP

Stropní konstrukci tvoří masivní nosné trámy 160/225 mm. Na trámy je položený nosný palubkový záklop o tloušťce 40 mm, který je pohledový z prvního nadzemního podlaží. Na záklop je položena fólie, která zabraňuje propadávání písku z vrstvy voštinové desky vyplněné voštinovým zásypem 60 mm, která má v konstrukci zvukově izolační funkci. Na voštinovou desku je připevněna OSB deska 18 mm a jako poslední nášlapná vrstva je použito podlahových palubek.



Obr. 24 Skladba stropu a podlahy 2.NP

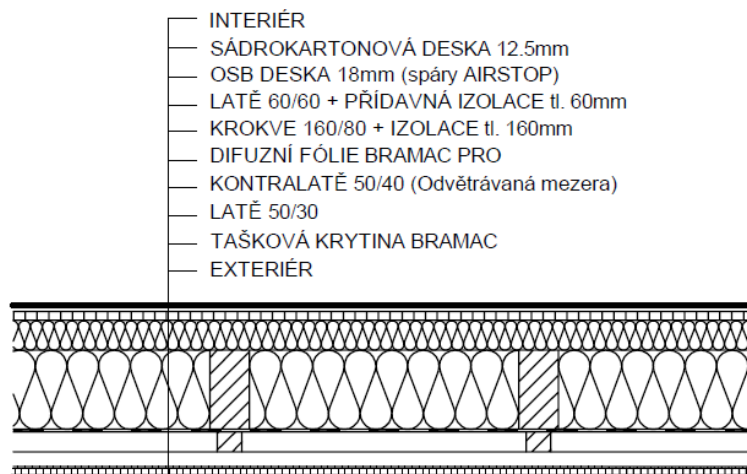
Poloha rosného bodu, orientace tepelných toků, teplotní pole, relativní vlhkosti, oblast kondenzace, roční bilance, výsledky výpočtu a vyhodnocení podle ČSN viz příloha.

9.6 Střecha

Základní nosnou konstrukcí střechy jsou krokve z jehličnatého dřeva průřezu 160/80 mm. Tyto krokve jsou posazeny na zdvojených pozednicích, které tvoří horní rámy stěn z KVH hranolů. Prostor mezi krokvemi je vyplněn tepelnou izolací z minerální vaty ISOVER 160 mm. Vrcholová vaznice 160/225 mm podepírá krokve u hřebenu střechy. Krokve jsou spojeny kleštinami ve výšce jedné třetiny délky krokve od vrcholové vaznice po pozednici. Pojistná difuzní fólie zabraňuje průniku vlhkosti do tepelné izolace z exteriéru a je kladena směrem od okapu střechy k hřebenu střechy, aby voda, která by se mohla pod střešní krytinu dostat, odtékala bezpečně po folii mimo střešní plášť. Tato fólie je zajištěna kontralatěmi 50/40 mm, které tvoří odvětrávanou

střešní mezeru. Na kontralatě jsou přišroubovány střešní latě 50/30 mm, které drží krytinu a zároveň určují rozteč tašek.

Ze strany interiéru je konstrukce doplněna o přídavnou izolaci 60 mm vyztuženou latěmi 60/60 mm. Na tento rošt je přišroubována OSB deska tloušťky 18 mm, jejíž spáry jsou přelepeny páskou AIRSTOP. OSB deska slouží také jako parobrzdá z hlediska propustnosti vodních par. Jako poslední vrstva je použita sádrokartonová deska 12,5 mm. Spáry mezi deskami jsou vyplněny trvale pružným tmelem.



Obr. 25 Skladba střechy

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce:

| Materiál (index) | Tloušťka [m] | Lambda [W/(m.K)] |
|--------------------------------|---------------|------------------|
| Sádrokarton (SK) | 0,0125 | 0,220 |
| OSB Deska (OSB) | 0,018 | 0,130 |
| Přídavná tepelná izolace (PTI) | 0,06 | 0,040 |
| Laťový rošt (LTI) | 0,06 | 0,180 |
| Tepelná izolace (TI) | 0,16 | 0,040 |
| Krokev (K) | 0,16 | 0,180 |
| Difuzní folie (DF) | 0,001 | 0,350 |

Tab. 7 Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla střechy

Do výpočtu součinitele prostupu tepla tímto střešním pláštěm se započítávají jen vrstvy umístěné pod odvětrávanou mezerou. Jelikož jsou krokve s izolací a laťový rošt s přídavnou izolací kombinovanou vrstvou, provádí se přepočtení tepelného odporu této vrstvy na odpovídající odpor kombinované vrstvy.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_{SK}}{\lambda_{SK}} + \frac{d_{OSB}}{\lambda_{OSB}} + \frac{d_{PTI,LR}}{I_{PTI} \cdot \lambda_{PTI} + I_{LR} \cdot \lambda_{LR}} + \frac{d_{TI,KVH}}{I_{TI} \cdot \lambda_{TI} + I_K \cdot \lambda_K} + \frac{d_{DF}}{\lambda_{DF}} + R_{se}}$$

$$U = \frac{1}{0,1 + \frac{0,0125}{0,220} + \frac{0,018}{0,130} + \frac{0,06}{0,545 \cdot 0,040 + 0,06 \cdot 0,180} + \frac{0,16}{0,620 \cdot 0,040 + 0,08 \cdot 0,180} + \frac{0,001}{0,350} + 0,04}$$

$$U = 0,215 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Střešní plášť tohoto typu má součinitel prostupu tepla rovný 0,215 W/m²K. Tato hodnota vyhovuje dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) požadavku na střechy ploché a šikmé se sklonem do 45°, který je 0,24 W/m²K. Je však vyšší než doporučená hodnota pro běžné novostavby 0,16 W/m²K. Dosáhnout nižší doporučené hodnoty je možné rozšířením krokví a izolace na tloušťku 220 mm, což je o 60 mm více, než původní návrh. Navíc musí být osová vzdálenost krokví minimálně 1 m, abychom dosáhli součinitele prostupu tepla o hodnotě 0,159 W/m²K.

Poloha rosného bodu, orientace tepelných toků, teplotní pole, relativní vlhkosti, oblast kondenzace, roční bilance, výsledky výpočtu a vyhodnocení podle ČSN viz příloha.

10 TECHNICKÁ ZPRÁVA

V této části diplomové práce je vypracována technická zpráva dle vyhlášky č. 499/2006 Sb., §1d

10.1 Průvodní zpráva

A.1 Identifikační údaje

A.1.1 Údaje o stavbě

a) Název stavby:

Masivní rodinný dům roubeného typu se zdvojenou roubenou stěnou.

b) Místo stavby:

Stavba nemá konkrétní lokalitu, ovšem tepelně technické výpočty jsou prováděny s ohledem na Pardubický kraj.

c) Předmět dokumentace:

Technická dokumentace rodinného domu.

A.1.2 Údaje o stavebníkovi

a) Bc. Tomáš Fišar

A.1.3 Údaje o zpracovateli projektové dokumentace

a) Bc. Tomáš Fišar

A.2 Seznam vstupních podkladů

a) Zadání diplomové práce

Viz: Zadání diplomové práce

b) Literatura

Viz: Seznam použité literatury

A.3 Údaje o území

a) rozsah řešeného území; zastavěné / nezastavěné území

Objekt v současnosti není navrhován na konkrétní pozemek, ovšem předpokládána budoucí lokalita pozemku se nachází v Pardubickém kraji. Případná realizace stavby je předpokládána na pozemku, jejímž majitelem bude investor. Při stavbě bude pozemek řádně oplocen.

b) dosavadní využití a zastavěnost území

Z důvodů nedostatku informací plynoucích z neznalosti konkrétního umístění stavby tento bod nelze blíže specifikovat.

c) údaje o ochraně území podle jiných právních předpisů (památková rezervace, památková zóna, zvláště chráněné území, záplavové území apod.)

Pravděpodobné umístění stavby by se nemělo nacházet v blízkosti památkového, ani jiného okruhu, pro které by stavba musela splňovat požadavky dotčených orgánů.

d) údaje o odtokových poměrech

Z důvodů nedostatku informací plynoucích z neznalosti konkrétního umístění stavby tento bod nelze blíže specifikovat.

e) údaje o souladu s územně plánovací dokumentací s cíli a úkoly územního plánování

Navržená stavba bude v souladu s územním plánem v pravděpodobné lokalitě, tedy v Pardubickém kraji.

f) údaje o dodržení obecných požadavků na využití území

Obecné požadavky na využití jsou dodrženy.

g) údaje o splnění požadavků dotčených orgánů

Obecné požadavky budou dodrženy. Stavba se nebude nacházet v památkovém, ani jiném okruhu, pro které by stavba musela splňovat požadavky dotčených orgánů.

h) seznam výjimek a úlevových řešení

Z hlediska využití území by neměly nastat žádné výjimky ani úlevová řešení.

i) seznam souvisejících a podmiňujících investic

Žádná související ani podmiňující investice není známa.

j) seznam pozemků a staveb dotčených prováděním stavby (podle katastru nemovitostí)

žádná jiná stavba ani pozemek nebudou dotčeny.

A.4 Údaje o stavbě

a) nová stavba nebo změna dokončené stavby

Nová stavba

b) účel užívání stavby

Jedná se o obytnou stavbu, určenou k trvalému užívání. Objekt bude splňovat požadavky investora na komfort rodinného života.

c) trvalá nebo dočasná stavba

Trvalá stavba

d) údaje o ochraně stavby podle jiných právních předpisů (kulturní památka apod.)

Stavba není památkově chráněna.

e) údaje o dodržení technických požadavků na stavby a obecných technických požadavků zabezpečujících bezbariérové užívání staveb

Pro tento objekt nejsou žádné požadavky bezbariérového užívání stavby.

f) údaje o splnění požadavků dotčených orgánů a požadavků vyplývajících z jiných právních předpisů

Během stavby nesmí dojít ke kácení dřevin a zeleně v zájmu ochrany ptactva, pokud bude stavba probíhat v bezprostřední blízkosti zeleně, bude podzemní i nadzemní část chráněna patřičným způsobem.

g) seznam výjimek a úlevových řešení

Nejsou žádné výjimky ani úlevová řešení.

h) navrhované kapacity stavby (zastavěná plocha, obestavěný prostor, užitná plocha, počet funkčních jednotek a jejich velikosti, počet uživatelů / pracovníků apod.)

zastavěná plocha: 68,75 m²

užitná plocha 1NP: 47,20 m²

užitná plocha 2NP: 50,92 m²

počet uživatelů: čtyři osoby

i) základní bilance stavby (potřeby a spotřeby médií a hmot, hospodaření s dešťovou vodou, celkové produkované množství a druhy odpadů a emisí, třída energetické náročnosti budov apod.)

potřeby a spotřeby médií a hmot: Neřešeno v DP

produkované množství a druhy odpadů a emisí: Neřešeno v DP

třída energetické náročnosti budovy: Nízkoenergetická stavba

j) základní předpoklady výstavby (časové údaje o realizaci stavby, členění na etapy)

Předpokládaná doba výstavby je jeden rok. Stavební práce bude rozdělena na dvě etapy, zemní práce, zhotovení nosných pasů a betonové desky včetně. Dřevěná část stavby bude zhotovena až po úplném vyžrání a vyschnutí všech mokřých procesů.

k) orientační náklady stavby

Orientační náklady stavby činí 2.500.000 Kč včetně 21% DPH.

A.5 Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení

Stavba rodinného domu není nijak členěna a neobsahuje žádné komplikované technologické zařízení.

10.2 Souhrnná technická zpráva

B.1 Popis území stavby

a) charakteristika stavebního pozemku

Objekt v současnosti není navrhován na konkrétní pozemek, ovšem předpokládána budoucí lokalita pozemku se nachází v Pardubickém kraji. V průběhu stavby bude přilehlá komunikace sloužit pro přísun stavebního materiálu.

b) výčet a závěry provedených průzkumů a rozborů (geologický průzkum, hydrogeologický průzkum, stavebně historický průzkum apod.)

Na stavební parcele bude provedeno polohopisné (S – JTSK) a výškopisné zaměření. Dále zde bude proveden hydrogeologický průzkum. Po vyhodnocení výsledků bude určena hydraulická vodivost půdy i podzemních horninových vrstev. Bude změřena hladina podzemní vody. Hladinu bude minimálně 1 m pod vsakovacím zařízením.

c) stávající ochranná a bezpečnostní pásma

Z důvodů nedostatku informací plynoucích z neznalosti konkrétního umístění stavby tento bod nelze blíže specifikovat.

d) poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území apod.

Z důvodů nedostatku informací plynoucích z neznalosti konkrétního umístění stavby tento bod nelze blíže specifikovat.

e) vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území

Stavba během stavby i jejího užívání nebude mít negativní vliv pro své okolí. Se srážkovou vodou bude nakládáno patřičným způsobem, tak aby nedošlo k negativním vlivům na přilehlých pozemcích. Odtok srážkové vody ze zpevněných ploch splaškovou kanalizací je nepřípustný. Srážková voda bude svedena betonovým korytem a povrchovými žlaby do vsakovacího průlehu.

f) požadavky na asanace, demolice, kácení dřevin

Pozemek by se měl nacházet na volném prostranství, případně by měl být situován blíže k lesnatému porostu, nikdy by však porost neměl ohrožovat stavbu samotnou, tudíž není potřeba žádných zákroků.

g) požadavky na maximální zábory zemědělského půdního fondu nebo pozemků určených k plnění funkce lesa (dočasné/trvalé)

Podle schválené výkresové dokumentace bude provedeno vytyčení hranic pozemků. Poté bude provedeno vytyčení vlastní polohy domu. V dalším kroku bude provedena skrývka půdy. Část skrývky bude použita na zasypání výkopů základových konstrukcí, další část skrývky bude použita pro úpravu možného sklonu terénu. Zbylá půda bude rozprostřena na pozemcích tomuto účelu určených.

h) územně technické podmínky (zejména možnost napojení na stávající dopravní a technickou infrastrukturu)

Z důvodů nedostatku informací plynoucích z neznalosti konkrétního umístění stavby tento bod nelze blíže specifikovat.

i) věcné a časové vazby stavby, podmiňující, vyvolané, související investice

Žádná související ani podmiňující investice není známa.

B.2 Celkový popis stavby

B.2.1 účel užívání stavby, základní kapacity funkčních jednotek

účel stavby: pro trvalé bydlení

počet osob: 4 osoby

užitná plocha 1NP: 47,20 m²

užitná plocha 2NP: 50,92 m²

B.2.2 celkové urbanistické a architektonické řešení

a) urbanismus – územní regulace, kompozice prostorového řešení

Navržené řešení bude vycházet z umístění současných staveb na daném pozemku v dané lokalitě. Také bude vyhověno možným požadavkům investora.

b) architektonické řešení – kompozice tvarového řešení, materiálové a barevné řešení

Novostavba rodinného roubeného domu bude sloužit čtyřčlenné rodině k trvalému bydlení. Na stavbu je použita speciální varianta zdvojené roubené stěny s dodatečnou izolací, aby byly splněny tepelně-technické požadavky pro nízkoenergetický objekt. Tato stěna tvoří všechny obvodové stěny stavby v 1NP, ostatní stěny a příčky jsou tvořeny rámovou konstrukcí s izolací. Stavba je dvoupodlažní a nepodsklepená. Půdorys je ve tvaru písmene T, kde část stavby kde se nachází obývací pokoj v 1NP a Dětský pokoj v 2NP směřuje k jihu a tedy se do této části domu dostane po celý den více denního světla. Vstup do objektu bude ze severní strany stavby a pozemku. Na severní stranu domu je situována technická místnost, zádveří a spíž. První nadzemní

podlaží bude mít světlou výšku místností 2458 mm (vztaženo ke spodní hraně nosných trámů stropu), druhé nadzemní podlaží bude mít světlou výšku 2610 mm. Z důvodu ostřiku soklové části domu bude výška přípojovací spáry zvýšena o 300 mm nad okolní terén.

B. 2.3 celkové provozní řešení, technologie výroby

Dle výkresové dokumentace je neoptimálnější poloha příjezdu a přístupu na pozemek ze severní strany pozemku, kde se rovněž nachází i vstup do objektu. Stavební práce bude rozdělena do dvou částí:

1. zemní práce, zhotovení základových nosných pasů a na závěr zhotovení základové desky. Tato část bude zhotovena nejlépe v podzimním období.

2. na vytvrzenou a vyschlou základovou desku bude zhotovena vlastní konstrukce roubené stavby, tedy dřevěná část stavby a průběžně bude doplňována izolací.

B. 2.4 bezbariérové užívání stavby

Pro tento objekt nejsou žádné požadavky bezbariérového užívání stavby.

B. 2.5 bezpečnost při užívání stavby

Stavba bude navržena a hlavně bude provedena takovým způsobem, aby při jejím provozu a užívání nevzniklo žádné nebezpečí a také nebyla narušena bezpečnost dané lokality. Nebezpečím se rozumí popálení, zásah elektrickým proudem, výbuch, požár, poškození, uklouznutí atd. Během stavby objektu i během celé životnosti stavby budou dodrženy platné legislativní předpisy.

B. 2.6 základní charakteristika objektu

a) stavební řešení

Na vytyčeném staveništi bude provedena skrývka kulturních vrstev půdy. Poté bude proveden výkop pro základové pasy, následně bude vyhotovena síť ležaté kanalizace, na kterou se v budoucnu bude napojovat zařízení koupelen a WC. Po řádném srovnání a zhutnění základové spáry budou do forem vylity základové pasy o šířce 400 mm betonovou směsí B20. Následně se mezi základovými pasy zpevní povrch zhutněným podsypem a doplní se o podkladní beton o tloušťce 50 mm. Na takto připravený podkla bude vylita roznášecí betonová deska o tloušťce 150 mm, která bude vyztužena svařovanou kari sítí 6×150×150 mm. Pod příčky bude vložen pás svařované kari sítě o šířce min. 300 mm široký. Na vytvrzenou základovou desku bude položena vrstva hydroizolace a na ní následně geotextílie. Na takto vytvořený základ se provede montáž prvních prvků obvodových stěn a příček prvního nadzemního podlaží.

b) konstrukční a materiálové řešení

Na stavbu je použita speciální varianta zdvojené roubené stěny s dodatečnou izolací, aby byly splněny tepelně-technické požadavky pro nízkoenergetický objekt. Tato stěna tvoří všechny obvodové stěny stavby v 1NP. V 2NP je v obvodových stěnách použita rámová konstrukce s přídatnou izolací, která je z interiéru zakryta OSB deskou s přelepenými spárami páskou AIRSTOP a následně je na tuto stěnu přidělána sádkartonová deska. Ostatní stěny a příčky jsou tvořeny rámovou konstrukcí se zvukovou izolací.

c) mechanická odolnost a stabilita

Mechanická odolnost a stabilita objektu je zajištěna celkovým provázáním roubených stěn především v rozích, kde dochází k celkovému zpevnění konstrukce. Dále je dispozice vnitřních příček a nosných stěn navržena tak, aby se co největší počet stěn, na které působí svislé složky zatížení, nacházely nad sebou.

B. 2.7 základní charakteristika technických a technologických zařízení

Jednotlivé profese budou zpracovány autorizovanou osobou, která má oprávnění tuto činnost provádět dle zákona č. 360/1992 Sb. V dokladové části projektové dokumentace budou jednotlivá zařízení výše specifikována.

B. 2.8 požárně – bezpečnostní řešení

Stavba rodinného roubeného domu nepředstavuje zvýšené požární riziko. Požárně bezpečnostní řešení bude vyhodnoceno osobou oprávněnou zpracovávat požárně bezpečnostní řešení, dle zákona č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů.

B. 2.9 zásady hospodaření s energiemi

V dokladové části projektové dokumentace bude PENB výše specifikován.

B. 2.10 hygienické požadavky na stavby, požadavky na pracovní a komunální prostředí

Stavba rodinného roubeného domu je navržena tak, aby splňovala hygienické požadavky ochrany zdraví a životního prostředí. S veškerými odpady, které budou na stavbě vznikat, bude nakládáno v souladu ustanovení zákona o odpadech. Před vydáním kolaudačního souhlasu budou příslušné osobě předloženy doklady prokazující nakládání s odpady během stavby domu.

B. 2.11 ochrana stavby před negativními účinky vnějšího prostředí

a) ochrana před pronikáním radonu z podloží

Pronikání radonu do stavby se nepředpokládá, proto není s žádnými opatřeními ve stavbě a v především základech stavby počítáno.

b) ochrana před bludnými proudy

Stavba rodinného roubeného domu není podsklepená, zvýšené namáhání stavby bludnými proudy se proto nepředpokládá.

c) ochrana před technickou seizmicitou

Stavba nebude namáhána vlivy, jako je doprava, průmyslová činnost, vodním proud apod.

d) ochrana před hlukem

Ke zvýšenému namáhání hlukem by nemělo nastat.

e) protipovodňová opatření

Stavba by se neměla nacházet v záplavové oblasti, nevznikají proto žádná zvýšená povodňová opatření.

Body B.3 – B8, C, D nebyly v této diplomové práci řešeny.

11 DISKUSE

V práci byly navrženy a posouzeny dvě varianty zdvojených roubených stěn. V prvním případě se širší část stěny nacházela na straně exteriéru, v druhém případě se nacházela na straně interiéru. Bylo zjištěno několik výrazných rozdílů mezi těmito konstrukcemi obvodových stěn. Především je stěna s širší částí na straně interiéru schopna mnohem rychleji odstranit zkondenzovanou vodu ven z konstrukce. Přesto se při stavbě roubených staveb používají konstrukce, které mají širší část na straně exteriéru.

Pro zajímavost dále byly navrženy tři varianty rohového napojení pro tyto typy stěn, kde bylo zjištěno stejných výsledků. Stěny s širší částí na straně interiéru mají až o polovinu lepší vlastnosti při kondenzaci vodních par v konstrukci. Třetí varianta je další možností řešení druhé varianty, kdy by se mohlo zamezit tepelnému mostu tím, že by se širší vnitřní část v místě napojení na vnější část zúžila o 40 mm a tím se zmenšila šířka roubené stěny v kritickém místě možného tepelného mostu. Tepelně technické posouzení a jeho výsledky však vypovídají o tom, že tyto změny nemají výrazný vliv na vlastnosti konstrukce.

Všechny výše uvedené konstrukce jsou posouzeny v přílohové části tepelně technického posouzení a je jim věnována část výkresové dokumentace.

12 ZÁVĚR.

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda roubená stavba může splňovat tepelně technické požadavky nízkoenergetických budov, a pokud ano, navrhnout vhodnou konstrukci stavby a určit skladbu a z ní vyplývající detaily, které tyto požadavky splňují.

V rámci práce byly zjištěny informace potřebné ke splnění daného cíle. Byla rozebrána problematika tepelné techniky a kondenzace vodních par ve vybrané konstrukci. Výsledkem je několik variant skladby stěn, z nichž každá je samostatně posouzena a ta nejvhodnější je vybrána do konkrétní stavby. Důvody výběru dané varianty jsou uvedeny v sekci porovnání var. 1 a var. 2 na straně 30.

Následně byl podle zjištěných informací navržen objekt nízkoenergetické masivní stavby se zdvojenou roubenou stěnou doplněnou o vrstvu izolace. Tento referenční objekt slouží jako prezentace jedné z mnoha variant, jak by objekt masivní stavby mohl vypadat.

Hlavní přínos práce tkví ve zjištění, že masivní dřevostavba může splňovat požadavky na nízkoenergetický objekt, avšak dřevo jako takové nestačí, musí se doplnit o izolační vrstvu - ať už z interiéru, z exteriéru nebo uvnitř konstrukce.

13 SUMMARY

The goal of this thesis was to determine whether timbered building can meet the thermal and technical requirements of low energy buildings, and if so, suggest a suitable structure of the building and determine the composition and its related details that will meet the requirements.

The relevant information required to meet the goal were gained in this thesis. The issues of thermal technology and condensation of water vapor in the chosen construction were analyzed. The result is represented by several options of walls composition. Each of them is separately evaluated and the best suiting solution is chosen for the particular building. Reasons of the selected variant are listed in the section compare var. 1 and var. 2 on page 30.

Subsequently, according to the afore gained information, the low-energy solid wood building with double-timbered wall complemented by an insulating layer is designed. This reference object is used as an example of one specific variant of the realization of the solid wood building.

The main The most important benefit of this thesis is the finding, that the solid wood building can meet the requirements of low-energy building, but the wood itself is not sufficient; it has to be complemented by an insulating layer - be it from the interior, exterior or inside the building.

14 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PEŠTA, J. 2013, Rekonstrukce roubených staveb, 1. vyd. Praha, GRADA, 303s
- [2] HAVÍŘOVÁ, Z. 2005, Stavíme dům ze dřeva, 1. Vyd. Brno, ERA, 99s
- [3] VAVERKA, J. – HAVÍŘOVÁ, Z. – JINDRÁK, M. a kol. 2008, Dřevostavby pro bydlení, 1.vyd. Praha, GRADA, 380s
- [4] KOLB, J. – KOŽELOUH, Z. 2011, Dřevostavby: systém nosných konstrukcí, obvodové pláště, 3. Vyd. Praha, GRADA, 317s
- [5] HOUDEK, D. - KOUDELKA O. 2004, Srubové domy z kulatin, 1. vyd. Brno, ERA, 161s
- [6] VAVERKA, J. 2006, Stavební tepelná technika a energetika budov, Vysoké učení technické v Brně, 648s
- [7] TYWONIAK, J. 2005, Nízkoenergetické domy – Principy a příklady, 1. Vyd. Praha, GRADA, 200s
- [8] TYWONIAK, J. a kol. 2008, Nízkoenergetické domy 2 – Principy a příklady, 1. Vyd. Praha, GRADA, 204s
- [9] ŠUBRT, R. a kol. 2011, Tepelné mosty pro nízkoenergetické a pasivní domy, 1. Vyd. Praha, GRADA, 224s
- [10] ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, 2011
- [11] ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, 2005
- [12] ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody, 2005
- [13] ČSN 73 4301: Obytné budovy, 2004
- [14] ČSN 01 3420: Kreslení stavebních výkresů, 2004
- [15] ČSN 73 4130: Schodiště a šikmé rampy, 2010
- [16] OK PYRUS. 2009. Nízkoenergetické roubenky [online] citováno 19. Března 2016. Dostupné na <<http://www.moderni-srubby.cz/technologie-vystavby-srubu-a-roubenky.html>>
- [17] TZBINFO. 2013. Masivní dřevostavby a požadavky na ně kladené [online] citováno 25. Února 2016. Dostupné na <<http://www.tzb-info.cz/10345-masivni-drevostavby-a-pozadavky-na-ne-kladene>>

15 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | | |
|---------|--|----|
| Obr. 1 | Polozemnice ze zaniklého středověkého osídlení Děčína (<i>Pešta 2013</i>)..... | 4 |
| Obr. 2 | Pětivrstvý vrstvený blok (http://www.tzb-info.cz) | 8 |
| Obr. 3 | Příklady spojení skládaných masivních bloků (http://www.tzb-info.cz)..... | 9 |
| Obr. 4 | Obdélníková tvarovka (http://www.tzb-info.cz)..... | 9 |
| Obr. 5 | Rohová vazba na tzv. rybinu (<i>Havířová 2005</i>)..... | 11 |
| Obr. 6 | Vývoj roubené (srubové) stěny (Kolb 2008)..... | 12 |
| Obr. 7 | Zdvojená roubená stěna s vloženou izolací (http://www.moderni-sruby.cz)..... | 17 |
| Obr. 8 | Dispozice prvního nadzemního podlaží | 20 |
| Obr. 9 | Dispozice druhého nadzemního podlaží..... | 21 |
| Obr. 10 | Skladba základů a podlahy 1.NP | 22 |
| Obr. 11 | Skladba zdvojené roubené stěny 1.NP var.1 | 23 |
| Obr. 12 | Poloha rosného bodu u roubené stěny 1.NP var.1 | 24 |
| Obr. 13 | Pole teplot u roubené stěny 1.NP var.1 | 25 |
| Obr. 14 | Relativní vlhkosti u roubené stěny 1.NP var.1 | 25 |
| Obr. 15 | Oblast kondenzace u roubené stěny 1.NP var.1 | 26 |
| Obr. 16 | Roční bilance u roubené stěny 1.NP var.1..... | 26 |
| Obr. 17 | Skladba zdvojené roubené stěny 1.NP var.2 | 27 |
| Obr. 18 | Poloha rosného bodu u roubené stěny 1.NP var.2..... | 28 |
| Obr. 19 | Pole teplot u roubené stěny 1.NP var.2 | 28 |
| Obr. 20 | Relativní vlhkosti u roubené stěny 1.NP var.2 | 29 |
| Obr. 21 | Oblast kondenzace u roubené stěny 1.NP var.2 | 29 |
| Obr. 22 | Roční bilance u roubené stěny 1.NP var.2..... | 30 |
| Obr. 23 | Skladba obvodové stěny 2.NP | 31 |
| Obr. 23 | Skladba stropu a podlahy 2.NP..... | 33 |
| Obr. 25 | Skladba střechy..... | 34 |

Pokud není uvedeno jinak, autorem obrázků je Tomáš Fišar (Autor DP)

16 SEZNAM TABULEK

| | | |
|--------|--|----|
| Tab. 1 | Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla nízkoenergetických staveb | 15 |
| Tab. 2 | Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla podlahy 1.NP..... | 22 |
| Tab. 3 | Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla roubené stěny 1.NP var.1 | 24 |
| Tab. 4 | Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla roubené stěny 1.NP var.2 | 27 |
| Tab. 5 | Porovnání var. 1 a var. 2..... | 30 |
| Tab. 6 | Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla stěny 2.NP | 32 |
| Tab. 7 | Údaje pro výpočet součinitele prostupu tepla střechy | 34 |

Pokud není uvedeno jinak, autorem tabulek je Tomáš Fišar (Autor DP)

17 SEZNAM PŘÍLOH

17.1 Část tepelně technického posouzení – součástí vazby

Tepelně technické posouzení – Stěna roubenky 1.NP var. 1

Výsledky výpočtu – Stěna roubenky 1.NP var. 1

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Stěna roubenky 1.NP var. 1

Tepelně technické posouzení – Stěna roubenky 1.NP var. 2

Výsledky výpočtu – Stěna roubenky 1.NP var. 2

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Stěna roubenky 1.NP var. 2

Tepelně technické posouzení – Stěna roubenky 2.NP

Výsledky výpočtu – Stěna roubenky 2.NP

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Stěna roubenky 2.NP

Tepelně technické posouzení – Střecha roubenky

Výsledky výpočtu – Střecha roubenky

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Střecha roubenky

Tepelně technické posouzení – Roh roubenky 1.NP var. 1

Výsledky výpočtu – Roh roubenky 1.NP var. 1

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Roh roubenky 1.NP var. 1

Tepelně technické posouzení – Roh roubenky 1.NP var. 2

Výsledky výpočtu – Roh roubenky 1.NP var. 2

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Roh roubenky 1.NP var. 2

Tepelně technické posouzení – Roh roubenky 1.NP var. 3

Výsledky výpočtu – Roh roubenky 1.NP var. 3

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Roh roubenky 1.NP var. 3

Tepelně technické posouzení – Roh roubenky 2.NP

Výsledky výpočtu – Roh roubenky 2.NP

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Roh roubenky 2.NP

Tepelně technické posouzení – Základy roubenky

Výsledky výpočtu – Základy roubenky

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Základy roubenky

Tepelně technické posouzení – Napojení stropu na stěnu roubenky

Výsledky výpočtu – Napojení stropu na stěnu roubenky

Vyhodnocení podle ČSN 730540-2 – Napojení stropu na stěnu roubenky

17.1 Výkresová část – zvlášť ve volné vazbě

Technický výkres č. 1 – Základy

Technický výkres č. 2 – Půdorys přízemí

Technický výkres č. 3 – Rozmístění stropních trámů

Technický výkres č. 4 – Půdorys podkroví

Technický výkres č. 5 – Půdorys krovu

Technický výkres č. 6 – Řez A – A´

Technický výkres č. 7 – Pohledy

Technický výkres č. 8 – Detail A – Napojení obvodové stěny na základy

Technický výkres č. 9 – Detail B – Napojení stropu na obvodovou stěnu

Technický výkres č. 10 – Detail C – Usazení krokví na pozednici

Technický výkres č. 11 – Detail D – Vazba kleštiny s krokví

Technický výkres č. 12 – Detail E – Usazení krokví na vrcholovou vaznici

Technický výkres č. 13 – Detail F – Osazení okna (půdorys)

Technický výkres č. 14 – Detail G – Osazení okna (nárýs)

Technický výkres č. 15 – Detail H – Rohové napojení obvodové stěny var. 1

Technický výkres č. 16 – Detail I – Rohové napojení obvodové stěny var. 2

Technický výkres č. 17 – Detail J – Rohové napojení obvodové stěny var. 3

Technický výkres č. 18 – Detail K – Rohové napojení obvodové stěny 2NP

Výpis truhlářských výrobků – Dveře a okna