

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM BUDOVY A PROSTŘEDÍ

OBOR BUDOVY A PROSTŘEDÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Energeticky efektivní renovace venkovské usedlosti v Olešnici

Energy-efficient renovation of a country homestead in Olešnice

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Mertenová, Ph.D.

Leden 2020

Bc. Michaela Součková

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Součková Jméno: Michaela Osobní číslo: 440812

Zadávací katedra: K124

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Energeticky efektivní renovace venkovské usedlosti v Olešnici

Název diplomové práce anglicky: Energy-efficient renovation of a country homestead in Olešnice

Pokyny pro vypracování:

- návrh architektonických úprav venkovské usedlosti (vnitřní uspořádání, rozvržení oken ...) respektující historickou podstatu objektu
- návrh opatření k odstranění stavebních závad a jejich příčin (statické poruchy, vlhkost...)
- návrh opatření vedoucích ke snížení energetické náročnosti objektu při jeho provozu
 - návrh obálky budovy - preference využití obnovitelných materiálů
 - řešení tepelných mostů - návrh detailů
 - návrh energetických zdrojů, koncepce TZB, zejména vytápění a větrání
- návrh opatření bude proveden s ohledem na plánované změny v užívání objektu
- varianty opatření budou porovnány podle dosažené kvality vnitřního prostředí a energetických úspor

Seznam doporučené literatury:

Centrum pasivního domu: Navrhování pasivních a nulových domů

Hazucha, Juraj: Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy

Gabriel, Ingo - Ladener, Heinz: Od staré stavby k nízkoenergetickému a pasivnímu domu

Tywniak, Jan - kol.: Nízkoenergetické domy 1, 2, 3

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Kateřina Mertenová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

2.10.2019
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Michaela Součková

Název diplomové práce: Energeticky efektivní renovace venkovské usedlosti v Olešnici

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 60 %

Formulace úkolů: - NÁVRH OPATŘENÍ RENOVACE HISTORICKÉHO OBJEKTU S RESPEKTEM K JEHO CHARAKTERU A ZMĚNĚM VE VYUŽITÍ OBJEKTU
- KONCEPCE DISPOZIČNÍCH ÚPRAV, KONSTRUKČNÍCH OPATŘENÍ - ŘEŠENÍ NÁPRAVY EV. POZUCH (VLHKOST...), NÁVRH OBÁLKY BUDOVY VE VARIANTÁCH + DETAILS
- POSOUZENÍ VARIANT KPS + TZB A JEJICH ENERGETICKE EFEKTIVITY

Podpis vedoucího DP:

Datum: 11.12.2019

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

2. Část: TZB ILONA KOUBKOVÁ podíl: 30 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Ilona Koubková, Ph.D.

Formulace úkolů: - NÁVRH VARIANT - KONCEPCE VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ
- ENERGETICKE SCHEMA, BILANČNÍ Γ VS POČTY,
TECH ZPÍ

Podpis konzultanta:

Datum: 2.11.2019

3. Část: ODK podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.,

Formulace úkolů: - POSOUZENÍ HLAVNÍCH NOSNÝCH PRŮKŮ PŘEVĚNEHO KROVU

Podpis konzultanta:

Datum: 11.12.2019

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Abstrakt

Diplomová práce pojednává o energeticky efektivní renovaci venkovské usedlosti v Olešnici u Havlíčkova Brodu, která byla postavena v roce 1936. Součástí renovace je změna užívání objektu a s tím spojené dispoziční úpravy respektující charakter historického objektu. Jedním z hlavních cílů je návrh energeticky úsporných opatření vedoucích k optimalizaci kvality obálky budovy a systémů TZB. Tato opatření vedou ke splnění normových požadavků, zlepšení vnitřního prostředí budovy a snížení provozních nákladů. Kombinace jednotlivých variant opatření jsou posouzeny z hlediska energetické náročnosti. Práce se také zabývá laboratorním průzkumem vlhkého zdiva, návrhem sanace zdiva a statickým posouzením dřevěného krovu. Součástí práce je prověření možnosti využití finančních prostředků z dotačních programů. Výsledkem jsou návrhy možných cest renovace, které mohou být majiteli objektu nápomocné při samotném rozhodování o renovaci.

Klíčová slova

renovace, venkovská usedlost, průzkum, sanace, energetická náročnost budovy, energeticky úsporná opatření

Abstract

The thesis deals with energetically efficient renovation of a country homestead built in 1936 and situated in Olešnice near Havlíčkův Brod. Part of the renovation is a change of usage of the building and related alterations of the layout while the historic character of the building is taken into consideration. One of the main objectives is a draft of energy saving measures resulting in optimisation of the quality of the building envelope and building services systems. These measures result in meeting the requirements of standards, improvement of the building interior and reduction in operation cost. The combinations of individual options of the measures have been assessed from the point of view of energy demands. The thesis also deals with laboratory analysis of damp brickwork, suggestion for renovation of the brickwork and static review of the wooden roof frame. The thesis also reviews the possibility of utilising funds from grants. The results are suggestions of possible ways of renovation, which can be useful for the owner of the building when making the decision about the renovation.

Keywords

renovation, farmhouse, research, energy performance certificate, energy saving measures, building service engineering

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „ Energeticky efektivní renovace venkovské usedlosti v Olešnici“ vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje.

V Praze dne 6.1.2020

.....
Bc. Michaela Součková

Poděkování

Na prvním místě bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Kateřině Mertenové, Ph.D. za odborné vedení při vypracování diplomové práce, podnětné postřehy a příjemnou spolupráci. Dále bych chtěla poděkovat za poskytnuté konzultace doc. Ing. Martině Eliášové, CSc. a Ing. Iloně Koubkové, Ph.D.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům, příteli a kamarádům za podporu během studia a při zpracování této diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	10
1 Rešerše.....	11
1.1 Přestavba stodoly v Benešově	11
1.2 Rekonstrukce chléva na RD v pasivním standardu	12
1.3 Rekonstrukce statku ve Francii	14
2 Stávající stav objektu	15
2.1 Identifikační údaje.....	15
2.2 Popis obce	15
2.3 Pozemek	17
2.4 Historie objektu.....	18
2.5 Popis objektu.....	19
2.6 Dokumentace stávajícího stavu	19
2.7 Stavební konstrukce	22
2.8 Výkresová dokumentace.....	23
2.9 Systémy TZB	25
3 Laboratorní průzkum zdiva	26
3.1 Odebrání vzorků.....	26
3.2 Stanovení vlhkosti stavebního materiálu.....	27
3.3 Stanovení volných solí a pH ve stavebním materiálu	28
3.4 Výsledky a vyhodnocení laboratorního průzkumu	30
3.4.1 Vlhkostní charakteristika konstrukce.....	30
3.4.2 Obsah volných solí a pH ve vzorcích	32
4 Návrh opatření.....	34
4.1 Sanace vlhkého a zasoleného zdiva	34
4.2 Průzkum a posouzení dřevěného krovu.....	35
4.3 Návrh dispozičních úprav	36
4.3.1 Požadavky na ubytovací zařízení	37
4.3.2 Požadavky na stravovací zařízení.....	37
4.3.3 Požadavky na obytné budovy	37
4.3.4 Architektonická část.....	37
4.4 Varianty úprav obálky budovy	39
4.4.1 Využití přírodních materiálů	41

4.4.2	Varianta 1.....	44
4.4.3	Varianta 2.....	47
4.4.4	Varianta 3.....	50
4.5	Varianty VYT + TV.....	54
4.5.1	Varianta 1.....	55
4.5.2	Varianta 2.....	57
4.5.3	Varianta 3.....	58
4.6	Varianty VZT.....	59
4.6.1	Varianta 1.....	59
4.6.2	Varianta 2.....	60
4.7	Kanalizace a vodovod.....	61
4.8	Výpočty TZB.....	61
4.9	Koncepce HVV.....	65
4.10	Konstrukce z hlediska akustiky.....	66
4.11	Posouzení proslunění bytů.....	67
4.12	Letní přehřívání a stínění objektu.....	70
5	Energetická náročnost budovy.....	71
5.1	ENB stávajícího stavu objektu.....	71
5.2	ENB variant opatření – vstupní údaje.....	73
5.3	Posouzení variant opatření.....	74
5.4	Vyhodnocení investičních nákladů.....	78
5.4.1	Investiční náklady.....	79
6	Možnosti získání podpory z dotací.....	81
	Závěr.....	85
	Seznam použité literatury a pramenů.....	87
	Seznam použitých programů.....	89
	Seznam obrázků.....	90
	Seznam tabulek.....	92
	Seznam grafů.....	92
	Seznam příloh.....	93
	Seznam příloh na DVD.....	93



Úvod

V posledních letech se termíny jako energeticky efektivní či energeticky úsporné stavby objevují ve stavebnictví čím dál častěji. Trendem dnešní doby je stavět kvalitní a co možná nejušpornější novostavby, jak z důvodu rostoucích cen energií, tak kvůli plnění současných norem. Veliký potenciál však leží i ve starých budovách, kterých je v České republice téměř 90 %. Většina takových budov může při správné rekonstrukci dosáhnout výrazných úspor energie, a to dokonce i pasivního standardu.

Diplomová práce se zabývá energeticky efektivní renovací venkovské usedlosti v Olešnici poblíž Havlíčkova Brodu. Impulsem pro výběr tohoto tématu byl nápad rodinných příslušníků a zároveň vlastníků objektu, kteří by se do objektu rádi nastěhovali a současně zde pronajímali prostory pro společenské akce s možností ubytování. Řešený objekt je z části v relativně zachovalém stavu, ale současným energetickým standardům a požadavkům na moderní bydlení nevyhovuje. Zemědělská část objektu vyžaduje kompletní renovaci.

Cílem práce je navrhnout energeticky úsporná opatření, která zvýší kvalitu budovy tak, aby splňovala normové požadavky a přiblížila se k úsporným budovám. Před samotným návrhem bylo vybráno několik inspirujících rešerší a byl popsán stávající stav objektu, a to především lokalizace objektu, jeho historie, stávající dokumentace a popis stavebních konstrukcí. Další kapitola se zabývá laboratorními průzkumy zdiva a vyhodnocením výsledků. Hlavní kapitolou této diplomové práce je návrh opatření, která se zabývá sanací vlhkého a zasoleného zdiva, návrhem variant obálky budovy a TZB systémů a výpočtům TZB. Součástí práce je také koncepce HVV a konstrukce z hlediska akustiky a osvětlení.

Stávající stav budovy i navržené varianty obálky budovy a TZB systémů a jejich kombinace budou vyhodnoceny z pohledu energetické náročnosti. Z výsledků se dále vybere optimální varianta řešení.

Také ekonomické hodnocení je nedílnou součástí u všech energetických projektů, proto i zde jsou orientačně vypočítané náklady na renovaci a provoz budovy. Diplomová práce se dále zabývá prověřením získání finančních prostředků z dotačního programu.



1 Rešerše

1.1 Přestavba stodoly v Benešově

Místo stavby: Benešov u Semil

Autor: studio RAKETOPLÁN

Ing. arch. Pavel Nalezený, Ing. arch. Jakub Adamec

Rešerše tohoto objektu byla vybrána především z důvodu jeho stáří, původní využitelnosti objektu a účelu přestavby, která se podobá řešené stavbě. Jedná se o objekt podobných rozměrů jako je téma této diplomové práce, proto je přestavba stodoly na rodinné sídlo s víceúčelovým dvorem dostatečnou inspirací. Stavba získala v roce 2014 cenu v kategorii Rekonstrukce na Grand Prix architektů.



Obrázek 2 – Stodola před renovací

[Zdroj: <https://www.archiweb.cz/b/prestavba-stodoly-benesove>]



Obrázek 1 – Stodola po renovaci

[Zdroj: <https://www.archiweb.cz/b/prestavba-stodoly-v-benesove>]

Stodola z roku 1948 navržená architektem Josefem Schejbalem byla až do roku 2008 využívána k uskladňování krmiva a podestýlky chovné zvěře. I přes znárodnění budovy v roce 1948 a její nedbalou údržbu se budova dochovala ve velmi dobrém stavu. V roce 2012 se zemědělské stavení renovovalo a proměnilo tak, aby byly stávající konstrukce ponechány a pouze vhodně doplněny pro splnění požadavků vzniklé změnou užívání.



Objekt má obdélníkový půdorys o rozměrech 18,3 x 10,3 m a výšce hřebene 10,3 m. Střecha je mansardová lomená tesařsky vázaná z dřevěných trámů do ležaté stolice. Dřevěný krov vynáší celkem 14 zděných pilířů z cihel plných pálených, které stojí cca na 1,9 m hlubokých kamenných základech z žulových kvádrů. Stavba má po celém půdoryse 3 podlaží, směrem k jihu terén klesá a vytváří se 4 podlaží třetinových rozměrů. [1]

V rámci renovace stodoly bylo nutné přezdít degradované části pilířů, krov zůstal díky svému dobrému stavu původní. Střešní vazbu podporuje podélný trám o délce cca 18 m. V místě přeplátování tohoto trámu došlo k výměně sloupů, které byly v havarijním stavu za sloupy nové litinové. Z důvodu rozčlenění prostoru na více místností vznikly nové vnitřní příčky, které jsou dřevěné a pokryté Cetris deskami. Jelikož se objekt nachází na větrné hůrce a dochází tak k přirozenému vysušování objektu větrem, nebylo nutné řešit problémy s vlhkostí.

Primárním zdrojem tepla je plynový kotel umístěný v suterénu, v obytné místnosti se dále nacházejí kamna na dřevo. Přenos tepla zajišťují radiátory rozmístěné po celém objektu a elektrická topná rohož v koupelně. Uvnitř objektu dochází ke střetu vytápěného a nevytápěného prostoru. K zamezení tepelných úniků pomáhají příčky vyskládané minerální vatou o tloušťce 16 cm a prosklené stěny z izolačního dvojskla. Zateplení objektu vůči exteriéru je v dolní části řešeno novým vyzděním mezi pilíři cihlami Porotherm 44 P+D, v horní části je mezipilířový prostor vyplněn dřevěnou konstrukcí obsahující minerální vatou. [2]

1.2 Rekonstrukce chléva na RD v pasivním standardu

Místo stavby: Vochoz u Plzně
Autor: ateliér KUBUS
Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Tento projekt se s řešeným objektem shoduje opět ve využitelnosti a stáří budovy. Přesto, že se jedná spíše o dostavbu a nástavbu rodinného domu na stávající zemědělské stavení, jde o inspiraci ve snaze o snížení energetické náročnosti budovy.



Půdorysné rozměry stavby jsou zachované, pouze hmota nástavby je navýšena o 1,6 m oproti původní výšce hřebene, sklon a tvar střechy a směr hřebene je taktéž zachován, stejně jako původní členění fasády a poloha oken. Cílem projektu bylo vybudovat provozně zcela oddělené bydlení pro mladou 4člennou rodinu v pasivním standardu a zároveň umožnit provozní spojení s původní částí dvora, které v současnosti využívají rodiče a prarodiče. [3]



Obrázek 4 – Stavení před rekonstrukcí

[Zdroj:<https://www.pasivnidomy.cz/domy/rekonstrukce-chlevu-na-rd-v-pas-standardu-379#zakladni-udaje>]



Obrázek 3 – Nástavba rodinného domu při rekonstrukci

[Zdroj:<https://www.pasivnidomy.cz/domy/rekonstrukce-chlevu-na-rd-v-pas-standardu-379#zakladni-udaje>]

Nosná konstrukce nástavby je tvořena soustavou 16 dřevěných rámu pro efektivnější a variabilnější provozní využití dispozice oproti běžné vaznicové krovové soustavě. Z hlediska tepelně-technického je původní 1.NP ponecháno jako nevytápěný prostor a oddělen od nástavby dřevěným rámovým stropem s minerální tepelnou izolací a dřevocementovými deskami ($U = 0,097 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Obvodové stěny jsou zateplené kombinací minerální vlny a tepelné izolace z dřevní hmoty a doplněné dřevocementovými deskami ($U = 0,177 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Ploché i šikmé zastřešení je taktéž zatepleno minerální vlnou a opláštěno taškovou krytinou ($U = 0,107 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Měrná potřeba tepla na vytápění činí $18,64 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ a průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0.19 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Dle PENB je budova označena jako mimořádně úsporná.

Větrání je navrženo rovnotlaké řízené s rekuperací tepla bez dohřevu vzduchu v jednotce. Dohřev vzduchu je realizován prostřednictvím podlahových konvektorů s externím přívodem vzduchu. Jako zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody jsou navrženy solární panely a krbová vložka. V případě nedostatečného výkonu těchto zdrojů je navržen doplňkový zdroj v podobě plynového kondenzačního kotle s napojením na zásobník IZT s rezervní elektropatronou. [4]



1.3 Rekonstrukce statku ve Francii

Místo stavby: Cogles – Bretagne (Francie)

Autor: Frederic Pean

Cílem tohoto projektu byla renovace statku na rodinný dům v pasivním standardu. Svou velikostí a stářím objektu zhruba odpovídá řešenému statku. Návrh rekonstrukce je zajímavý především z hlediska použitých přírodních materiálů.



Obrázek 5 – Rekonstruovaný statek ve Francii

[Zdroj: https://passivehouse-database.org/index.php?lang=en#d_3997]

Objekt je zděný z lomového kamene v tloušťce 500 mm. Vnější stěny jsou zatepleny kombinací konopné a dřevité vlny v tloušťce 200 mm ($U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Tepelná izolace podlahy na terénu je zajištěna granulátem pěnového skla pod železobetonovou deskou v tloušťce 400 mm ($U = 0,177 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Střecha je zateplena 400 mm tlustou vrstvou foukané celulózy ($U = 0,094 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Tepelné izolace byly zvoleny také z důvodu ekologických aspektů. Výplně okenních otvorů byly vyměněny za okna s izolačním trojsklem, která byla usazena do speciálních plastohliníkových rámců.

Instalovány byly fotovoltaické panely s výkonem 3 kW, které mění pasivní dům na aktivní. Měrná potřeba tepla na vytápění činí $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. [5]



2 Stávající stav objektu

2.1 Identifikační údaje

Identifikace objektu:

Objekt:	Rodinný statek Olešnice
Adresa:	Olešnice 7
Katastrální území:	Olešnice u Okrouhlice
Parcelní číslo:	st. 11
Výměra pozemku:	2125 m ²
Druh pozemku:	zastavěná plocha a nádvoří
Vlastník objektu:	Jarmila Pabousková

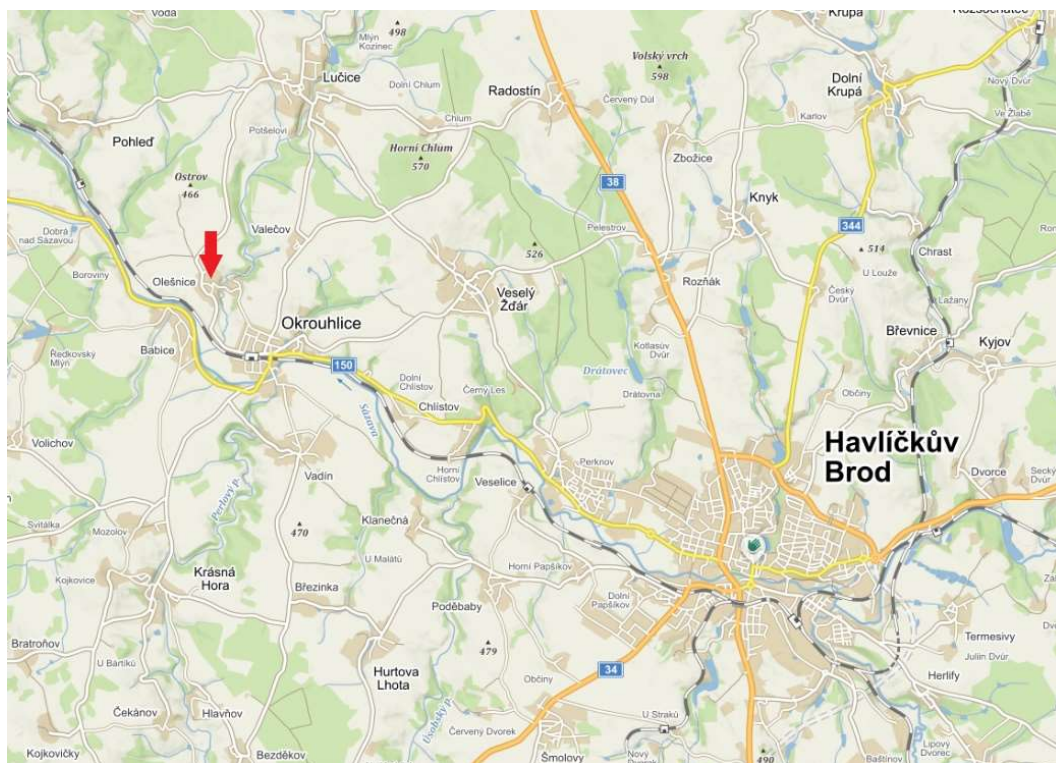
Identifikace obce:

Kraj:	Vysočina
Okres:	Havlíčkův Brod
Obec:	Okrouhlice
Část obce:	Olešnice
Adresa obecního úřadu:	Okrouhlice 186, 582 31 Okrouhlice

2.2 Popis obce

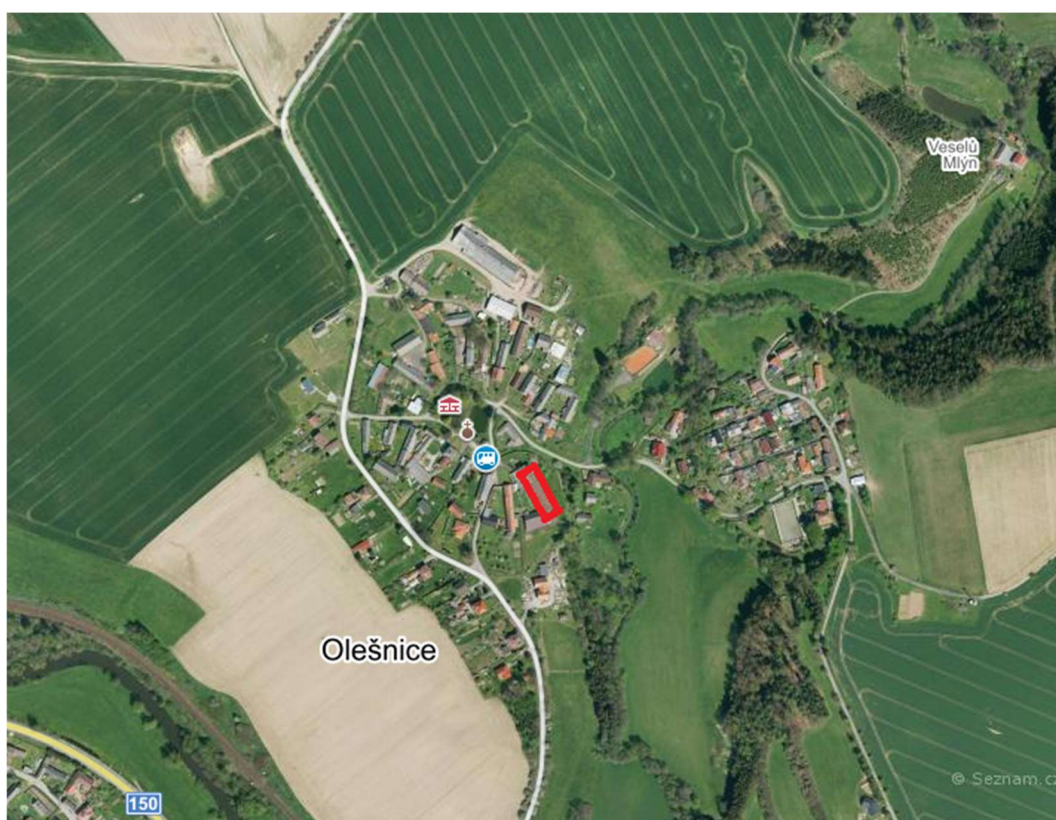
Objekt se nachází v části obce Olešnice u Okrouhlice. Okrouhlice leží na povodí řeky Sázavy na Českomoravské vrchovině cca 10 km od města Havlíčkův Brod. Svou polohou obec spadá do území obce s rozšířenou působností a obce s pověřeným obecním úřadem Havlíčkův Brod. První zmínky o obci Okrouhlice sahají do roku 1207, k roku 2019 zde žilo téměř 1400 obyvatel. Obec se rozkládá celkem na 18,5 km² a jednou z pěti částí obce je vesnice Olešnice.

Olešnice je malá část obce s počtem obyvatel 224 k roku 2001 a celkem 76 domy k roku 2009. Od Okrouhlice je vzdálená cca 1 km severozápadně a její rozloha činí 5,7 km². První písemná zmínka o obci Olešnice pochází z roku 1591. Obcí protéká Lučický potok, který se z pravé strany vlévá do řeky Sázavy. Středobodem obce je kruhová návěs s rybníčkem a kamenným křížem. Z návsi je umožněn vstup přes dřevěná vrata na dotčený rodinný statek. [6]



Obrázek 6 – Poloha části obce Olešnice

[Zdroj: www.mapy.cz]



Obrázek 7 – Poloha objektu v obci

[Zdroj: www.mapy.cz]



2.3 Pozemek



Obrázek 8 – Katastrální mapa území

[Zdroj: www.cuzk.cz]

Objekt je umístěn na parcele číslo 11 společně s přilehlou stodolou a pergolou na dvoře objektu. Sousední parcela číslo 6 patřící stejnému vlastníkovi je zatravněná plocha, tedy zahrada k řešenému objektu. Další sousedící parcely číslo 7 a 12 patří jiné fyzické osobě.

Pozemek, na kterém je statek umístěn, leží na návsi obce v blízkosti autobusové zastávky a kapličky. V okolí stavby se nacházejí další statky podobného rázu a jednopodlažní či dvoupodlažní rodinné domy s podkrovím. Hlavní vjezd na pozemek je umožněn ze severní strany po asfaltové cestě, vedlejší vjezd je ze strany jižní. Z jižní a východní strany obklopuje pozemek rozlehlá zahrada patřící ke statku. Západní stranu pozemku vymezuje sousedící budova. Pozemek je mírně svažitého charakteru směrem k východní straně. Řešený objekt je součástí rozlehlé stavby, která dříve sloužila pro zemědělské účely. Na objekt navazuje dvůr, na kterém je umístěna pergola. Zbytek pozemku je zatravněný.



2.4 Historie objektu

Dle zachovalé výkresové dokumentace byl rodinný statek postaven v roce 1936 a hned v roce 1939 proběhla jeho částečná přestavba. Statek sloužil jako rodinné sídlo s chovem malého množství dobytka. S nástupem komunistického režimu byl objekt v roce 1948 rodině odebrán, znárodněn a přenechán Jednotnému zemědělskému družstvu (ve zkratce JZD). Zvýšilo se zde množství chovu dobytka, bytová část byla částečně renovována a JZD objekt využíval jak k bydlení, tak k administrativním účelům. Z důvodu renovace v období komunismu se liší původní stav objektu s aktuálním, především co se týče dispozičního uspořádání v bytové části. V roce 1991 byl statek vrácen do osobního vlastnictví, avšak v devastujícím stavu, proto byla alespoň severní a západní strana objektu nově omítnuta a později došlo ještě v bytové části k výměně oken. Chov zvířat (především krav) zůstal na statku až do roku 1997, nyní se kravín a konírna nevyužívá.



Obrázek 10 – Historický snímek objektu

[Zdroj: Rodinný archiv]



Obrázek 9 – Fotografie z roku 1995 dokumentující renovaci fasády

[Zdroj: Rodinný archiv]



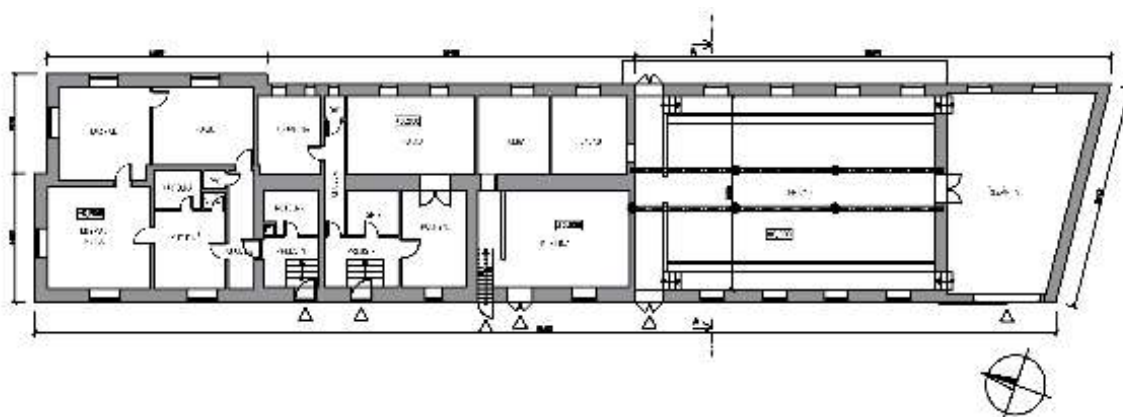
2.5 Popis objektu

Dříve zemědělská stavba je nyní využívána spíše jako rodinná chalupa a místo pro odpočinek. Z chovu zvířat zde zbyly pouze slepice, ostatní chov se přemístil do jiných prostor.

Budova statku je jednopodlažní s neobývaným podkrovím. Půdorys objektu je podlouhlý obdélníkový a z funkčního hlediska se dá rozdělit na dvě poloviny. V první polovině objektu se nacházejí dvě bytové jednotky (3+1 a 1+1), z nichž pouze větší byt je částečně využíván k občasnému bydlení. Každá bytová jednotka má vlastní vchod ze dvora objektu. Druhou polovinu tvoří místnosti určené k zemědělským účelům a to konírna, kravín a řezárna. Tyto prostory jsou částečně zachovány, např.: pojízdné dráhy pro krmivo a krmelce. Do podkrovního prostoru vede jednoramenné cihlové schodiště přístupné taktéž ze dvora objektu. Podkroví dříve sloužilo k sušení sena, nyní se využívá spíše jako odkládací prostor. Původní rozmístění prostorů v rámci dispozice je zřejmé z výkresové dokumentace v kapitole 2.6. Dnes jsou především z důvodu úpravy využití stavby prostory pozměněny.

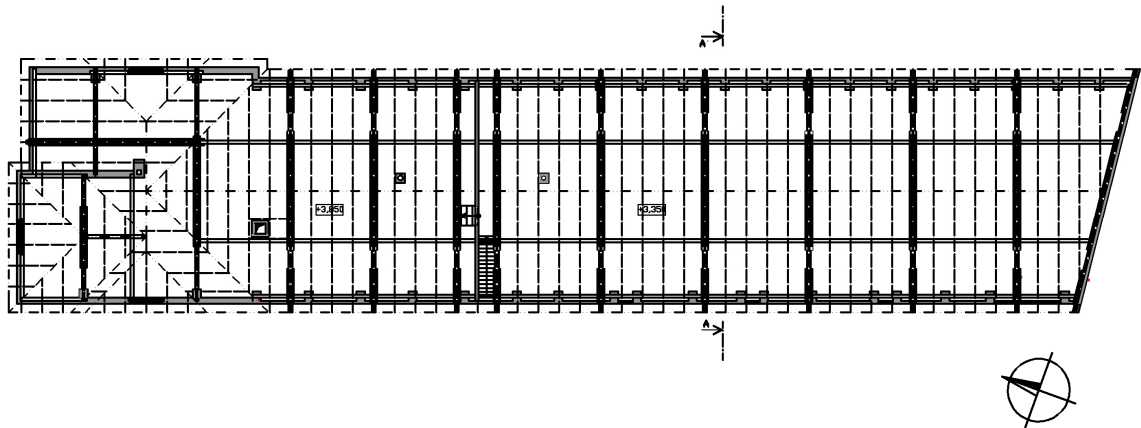
Objekt plynule navazuje na stodolu určenou pro úschovu sena a dřeva. Tento objekt však není předmětem diplomové práce.

2.6 Dokumentace stávajícího stavu



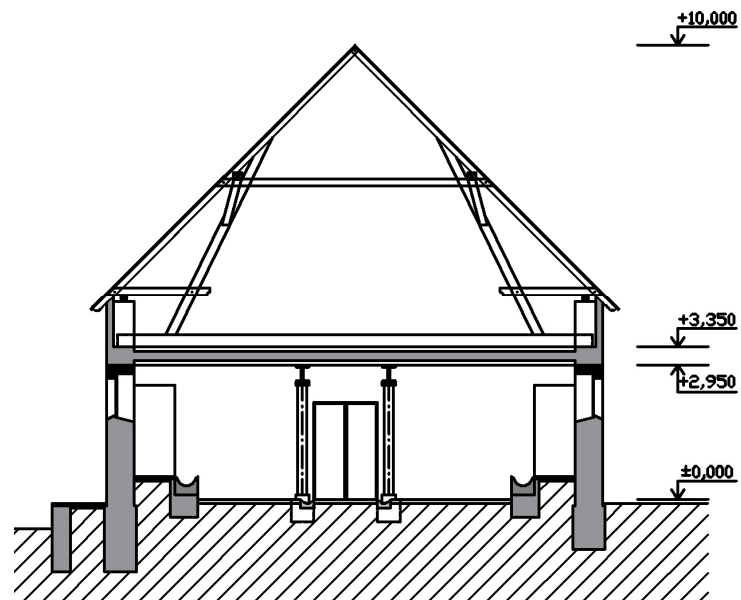
Obrázek 11 – Půdorys 1.NP (bez měřítka)

[Zdroj: Autor]



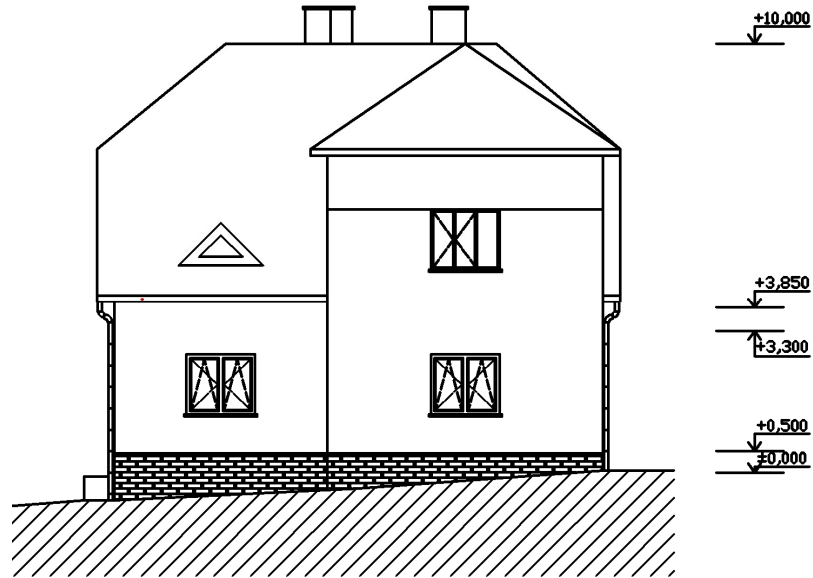
Obrázek 12 – Půdorys 2.NP (bez měřítka)

[Zdroj: Autor]



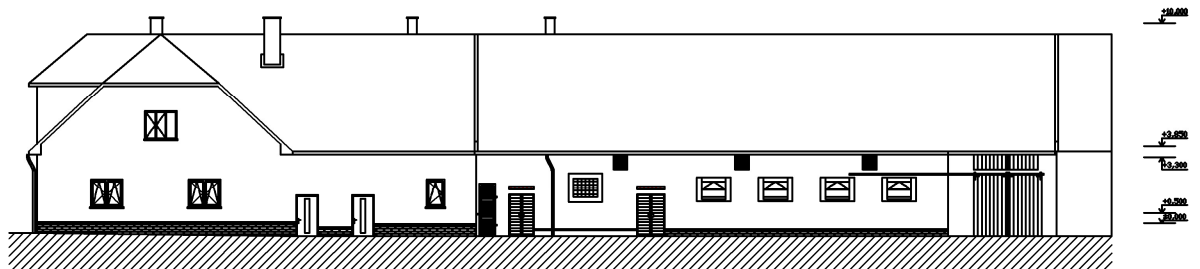
Obrázek 13 – Řez A-A' (bez měřítka)

[Zdroj: Autor]



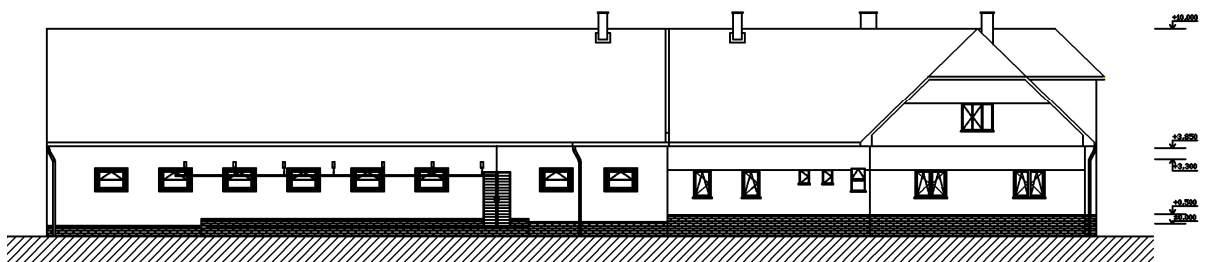
Obrázek 14 – Pohled severní (bez měřítka)

[Zdroj: Autor]



Obrázek 15 – Pohled západní (bez měřítka)

[Zdroj: Autor]



Obrázek 16 – Pohled východní (bez měřítka)

[Zdroj: Autor]



2.7 Stavební konstrukce

Popis stavebních konstrukcí vychází především z dostupné výkresové dokumentace a průzkumů přímo v objektu. Z důvodu chybějící legendy materiálů a popisu skladeb konstrukcí v původní dokumentaci jsou některé informace pouze předpokládány.

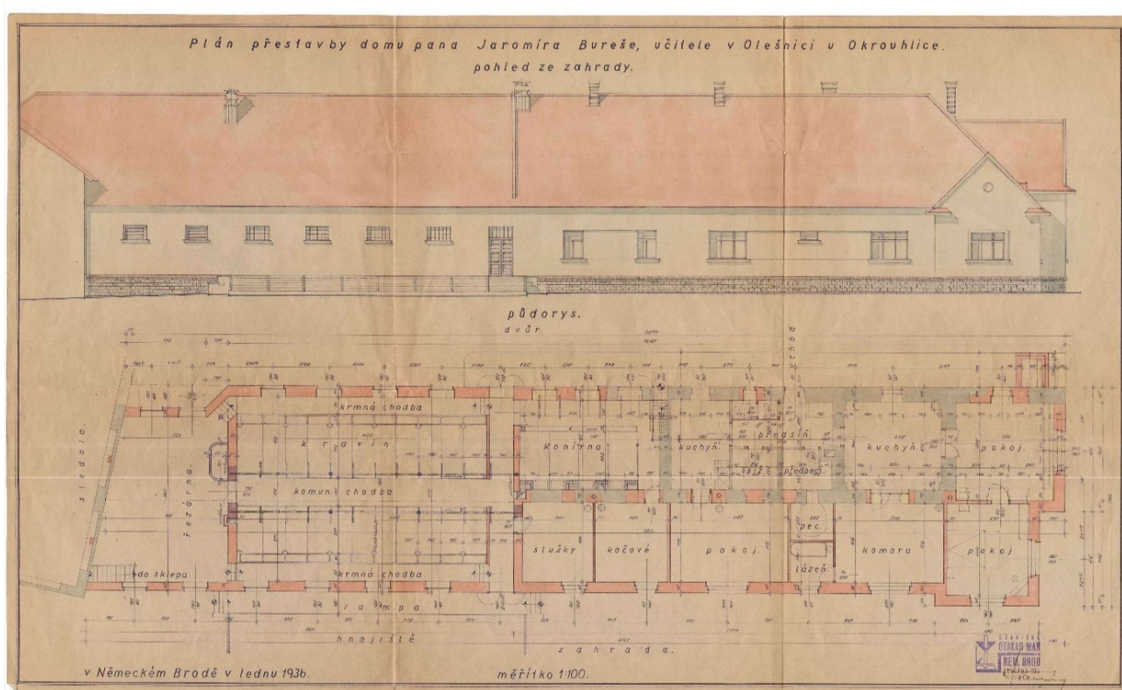
Jedná se o stěnový konstrukční systém. Nosné stěny tvoří smíšené zdivo, konkrétně kombinace lomového kamene a cihel plných pálených v tloušťkách od 450 mm do 750 mm. Základy jsou z lomového kamene. Ochrana proti vlhkosti a radonu v objektu není řešena. Vodorovné nosné konstrukce tvoří keramické desky HURDIS uložené do ocelových nosníků, z důvodu velkých rozponů v kravině jsou tyto nosníky ve střední části místnosti podepřeny ocelovými průvlaky I průřezu a ocelovými sloupy kruhového průřezu o průměru 300 mm. Podlaha v obytné části objektu je zvýšená o 500 mm oproti zemědělským místnostem a tvoří ji betonová vrstva s nášlapnou vrstvou (PVC či koberec). Ostatní podlahy jsou vyskládané cihlovou dlažbou. V zemědělských místnostech jsou otvory ve stěnách tvořeny klenutím cihelnými prvky. Skladbu stropu nad bytovou částí tvoří desky Hurdis, vazné trámy krovu a prkenná nášlapná vrstva, nad zemědělskou částí jsou vazné trámy odkryty a nášlapnou vrstvu tvoří udusaná hlína na keramickém stropě. Převážná část objektu je zastřešena sedlovou střechou s krovem z vaznicové soustavy s ležatou stolicí. Štít objektu je vyzděný a střecha pokračuje v polovalbovou. Střešní plášť je tvořen dřevěným bedněním a vláknocementovou střešní krytinou.

Původní okna s dřevěným rámem byla v obytné části objektu z větší části vyměněna a nyní jsou zde plastová s izolačním dvojsklem. V zemědělské části jsou okna neizolovaná s ocelovým rámem a některá v havarijním stavu. Dveře do bytových jednotek jsou také nová, dřevěná s dvojitým zasklením. Ostatní vedlejší vstupy do objektu jsou zajištěny dřevěnými dveřmi či vraty bez důrazu na těsnost ke stěnovým konstrukcím.



2.8 Výkresová dokumentace

V rámci této DP byla veškerá výkresová dokumentace stávajícího stavu zpracována autorkou diplomové práce. Výkresová dokumentace původního stavu z roku výstavby (1936) a pozdější přestavby (1939) byla získána z rodinného archivu a popisuje objekt ve formě výkresů půdorysů, řezů a pohledů. Tyto výkresy sloužily pouze jako podklad a musely být aktualizovány, jelikož neodpovídaly stávajícímu stavu budovy. Došlo tedy k zaměření změn přímo v objektu pomocí laserového přístroje a pásma a zakreslení stávajícího stavu objektu do elektronické podoby.



Obrázek 17 – Původní dokumentace z roku 1936 (půdorys přízemí, pohled východní)

[Zdroj: Rodinný archiv]



2.9 Systémy TZB

Objekt je v současné době připojen z veřejných sítí pouze na elektrickou energii. Zdroj pitné vody je zajištěn z vlastní studny umístěné na dvoře. Přípravu teplé vody zajišťují dva centrální elektrické zásobníkové ohřivače vody, které jsou umístěné v koupelně každé bytové jednotky. Rozvody teplé vody jsou vedeny ve zdech.

K vytápěným prostorům patří pouze dvě bytové jednotky v 1.NP, ostatní prostory včetně podkroví jsou nevytápěné. K vytápění slouží kamna na tuhá paliva umístěná v kotelně při vstupu do větší bytové jednotky. Distribuce tepla je zajištěna dvoutrubkovým systémem s nuceným oběhem a rozvody otopné vody jsou původní ocelové vedeny podél stěn. Otopná tělesa tvoří ocelové článkové radiátory, které jsou umístěny pod okny.

K výměně vzduchu dochází pouze přirozeným větráním, žádný vzduchotechnický systém v objektu řešen není.



3 Laboratorní průzkum zdiva

V objektu jsem odebrala vzorky zdiva pro stanovení vlhkosti a salinity materiálu. Tento postup je vhodný zejména z toho důvodu, že se poté lépe určí správná sanační metoda.

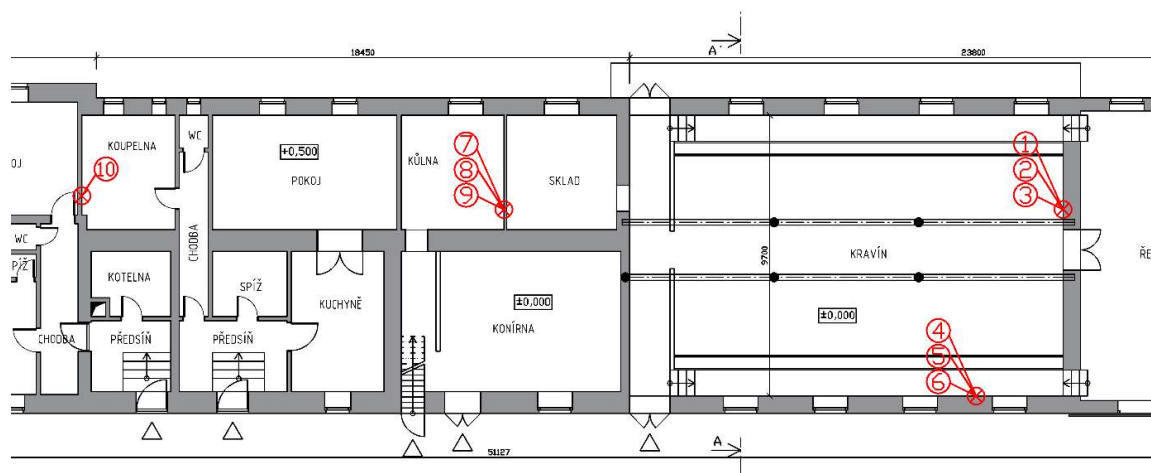
3.1 Odebrání vzorků

Odebrání vzorků bylo provedeno v souladu s normou ČSN 73 0610 [7]. Nejprve bylo potřeba promyslet místa odběru. Dle vizuálního průzkumu jsem vybrala celkem 4 místa odběru v různých výškových úrovních, kde je patrný výskyt zvýšené vlhkosti. V kravíně je dále vysoká pravděpodobnost výskytu solí z důvodu ustájení dobytka.

Následně se vzorky vlhkého zdiva odsekaly pomocí kladiva a lopatkou se vložily do jednotlivých skleněných nádob s číslem a popisem vzorku. Velikost vzorku se pohybovala mezi 30 – 70 g, aby vyhovovala práci v laboratoři. Dále se nádoby vložily do mikrotenových sáčků pro zamezení úniku vlhkosti. Jelikož byly vzorky odebrány o víkendu, musely být dva dny uchovány v lednici, než je bylo možné převést do laboratoře. Celkem bylo odebráno deset vzorků. Místa odběru a účel odebrání jsou popsány v tabulce a naznačeny ve schématu níže. Samotná analýza vzorků probíhala v chemické a mikrobiologické laboratoři katedry K124.

Č. VZORKU	MÍSTO ODEBRÁNÍ VZORKU	VÝŠKA OD PODLAHY [m]	DRUH STANOVENÍ
1	kravín – vnitřní stěna	0,15	vlhkost, salinita
2	kravín – vnitřní stěna	1,5	vlhkost
3	kravín – vnitřní stěna	2,2	vlhkost
4	kravín – obvodová stěna	0,55	vlhkost, salinita
5	kravín – obvodová stěna	1,5	vlhkost
6	kravín – obvodová stěna	2,2	vlhkost
7	kůlna	0,15	vlhkost, salinita
8	kůlna	1,5	vlhkost
9	kůlna	2,2	vlhkost
10	koupelna – byt	0,15	vlhkost

Tabulka 1 – Popis odebraných vzorků



Obrázek 20 – Schéma míst s odebranými vzorky

[Zdroj: Autor]

3.2 Stanovení vlhkosti stavebního materiálu

Pro stanovení vlhkosti zdiva jsem zvolila gravimetrickou vysušovací metodu. Metoda je založena na měření změny vlhkosti materiálu odebraného z konstrukce a materiálu v suchém stavu. Po zvážení misek a vlhkého materiálu v miskách se vzorky sušily v laboratoři při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin a opět se zvážily. První vážení proběhlo 29.10., druhé po vysušení 30.10.

Hmotnostní vlhkost odebraných vzorků se stanovila dle následujícího vzorce:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100$$

w vlhkost [%]

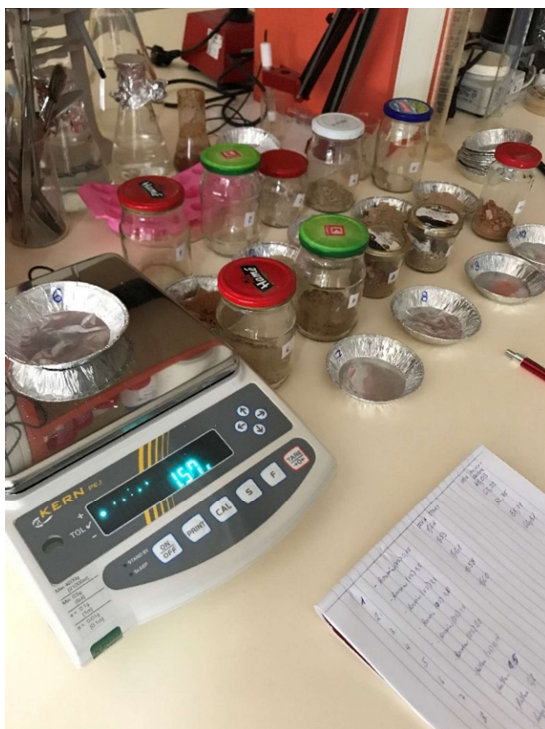
m_1 hmotnost vlhkého vzorku [g]

m_2 hmotnost suchého vzorku [g]



Obrázek 21 – Vlhké a zasolené zdivo určené k průzkumu

[Zdroj: Autor]



Obrázek 23 – Vážení misek a vzorků

[Zdroj: Autor]



Obrázek 22 – Vzorky v laboratorní sušárně

[Zdroj: Autor]

3.3 Stanovení volných solí a pH ve stavebním materiálu

Ke stanovení volných solí a pH jsem vybrala tři vzorky, které nejprve prošly sušením při měření vlhkosti. Jelikož je transport solí ve zdivu spojen s transportem vlhkosti, byly vybrány vzorky s vyšším podílem vlhkosti. Do Erlenmeyerovy baňky byly vloženy vždy cca 2 g každého vzorku (zváženo na váze) a následně se vzorky zalily 100 ml destilované vody. Baňky byly poté uzavřeny a vloženy na deset minut do digitální ultrazvukové lázně, aby se částičky zdiva rozmělnily a promíchaly, viz obrázek 25. Po vyjmutí baněk z lázně se vzorky nechaly jeden den louhovat. Následně se roztok z baněk pipetou přenesl do předem připravených a označených lahvíček tak, aby v roztoku nebyly žádné usazeniny zdiva, pouze čirý roztok. S těmito roztoky se dále pracovalo při stanovování pH, chloridů, dusičnanů, síranů a amoniaku.



Obrázek 25 – Vážení vzorků v baňkách

[Zdroj: Autor]



Obrázek 24 – Baňky v ultrazvukové lázni

[Zdroj: Autor]

Chloridy, dusičnany, sírany, amoniak

V laboratoři se množství chloridů, dusičnanů, síranů a amoniaku stanovilo fotometricky pomocí přístroje UV-VIS fotometru Spectroquant Pharo 300. Před každým měřením se musely vzorky připravit dle daných metod. [24] „Obsah chloridů se stanovuje dle metodiky EPA 325.1 a US Standard Methods navazující na ISO 8466-1 a DIN 38402 A51 a dle $NV = m_1 - m_2$ $m_2 * 100$ m_1 m_2 normy EN 14629. Obsah dusičnanů a síranů stanovuje fotometrickou metodou podle ISO 8466-1 a DIN 38402 A51. Celková salinita se přepočte na mg/g materiálu a zhodnotí se se dle normy ČSN P 73 0610.“ [7]



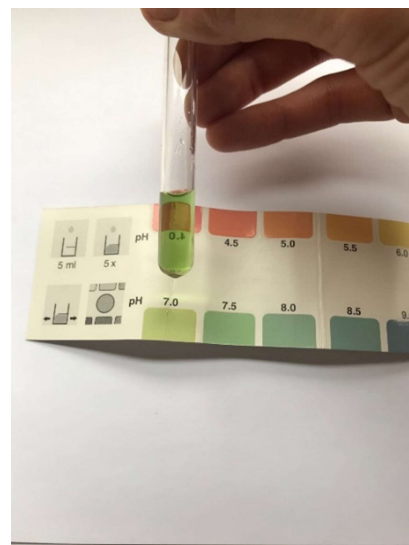
Obrázek 26 – Fotometr na analýzu zasolení zdiva

[Zdroj: Autor]



pH

Stanovení pH bylo určeno pomocí indikátoru, který se přidal do jednotlivých vzorků. Roztoky se zbarvily a poté byly porovnány s přiloženou barevnou škálou podloženou bílým papírem pro stanovení pH. Podle hodnoty pH se dá odhadnout stáří objektu. Pokud je pH zásadité (<7), objekt není starší jak pár desítek let. Blíží-li se pH kyselým hodnotám (>7), objekt je historického původu. Toto tvrzení však může být velmi nepřesné. Například při předešlých renovacích objektu, kdy se aplikují nové omítky na zdivo, může být pH zásadité, a přitom objekt velmi starý. [24]



Obrázek 27 - Stanovení pH pomocí barevné škály

[Zdroj: Autor]

3.4 Výsledky a vyhodnocení laboratorního průzkumu

3.4.1 Vlhkostní charakteristika konstrukce

Naměřené hmotnosti vlhkých a suchých vzorků cihelného zdiva spolu s vypočtenou vlhkostí w v procentech jsou uvedené v tabulce 2.

Č. VZORKU	HMOTNOST [g]					VLHKOST w [%]
	MISKA	MISKA + VZOREK 29.10.	VZOREK 29.10.	MISKA + VZOREK 30.10.	VZOREK 30.10.	
1	1,64	48,03	46,39	44,68	43,04	7,8 %
2	1,59	63,39	61,80	61,05	59,46	3,9 %
3	1,61	56,75	55,14	55,56	53,95	2,2 %
4	1,58	55,71	54,13	52,29	50,71	6,7 %
5	1,60	66,81	65,21	65,05	63,45	2,8 %
6	1,56	62,21	60,65	61,11	59,55	1,8 %
7	1,59	66,24	64,65	61,76	60,17	7,4 %
8	1,56	62,98	61,42	61,35	59,79	2,7 %
9	1,55	72,94	71,39	72,25	70,70	1,0 %
10	1,58	49,19	47,61	46,81	45,23	5,3 %

Tabulka 2 – Výsledky laboratorního měření vlhkosti zdiva



Dle normy ČSN P 73 0610 [7] se vlhkost zděných konstrukcí klasifikuje podle naměřené vlhkosti w v procentech:

VLHKOST ZDIVA [% hm.]	STUPEŇ VLHKOSTI
$w < 3 \%$	VELMI NÍZKÝ
$3 \% \leq w < 5 \%$	NÍZKÝ
$5 \% \leq w < 7,5 \%$	ZVÝŠENÝ
$7,5 \% \leq w \leq 10 \%$	VYSOKÝ
$10 \% < w$	VELMI VYSOKÝ

Tabulka 3 – Klasifikace vlhkosti zdiva

V tabulce 4 jsou jednotlivé vzorky zdiva vyhodnoceny a zařazeny dle vlhkosti do stupňů vlhkosti.

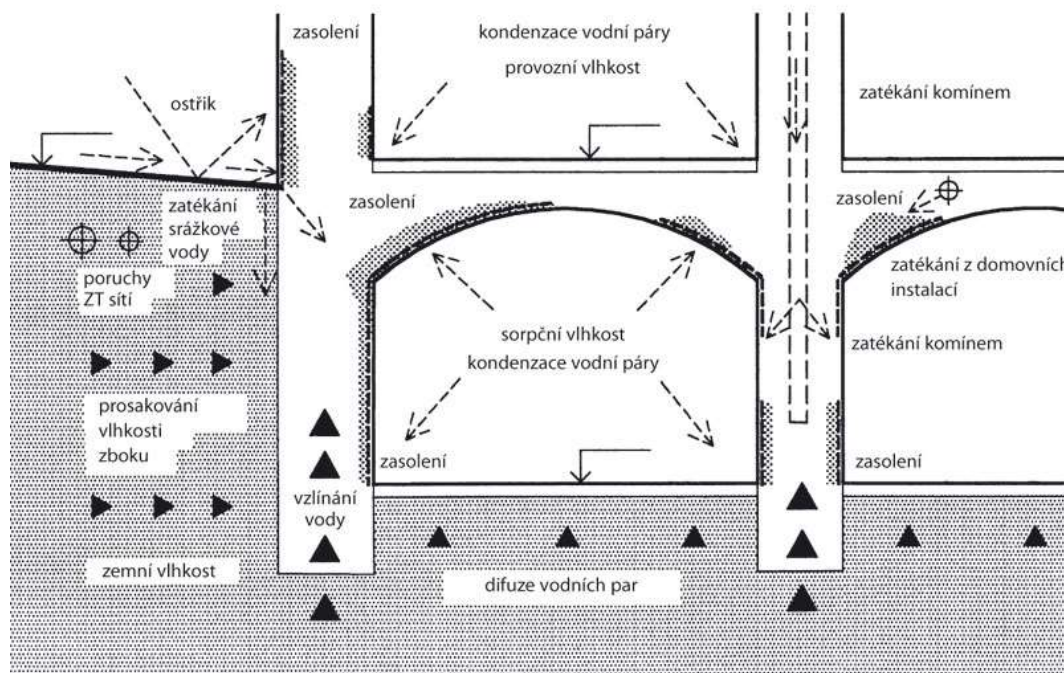
Č. VZORKU	MÍSTO ODEBRÁNÍ VZORKU	STUPEŇ VLHKOSTI
1	kravín – vnitřní stěna	VYSOKÝ
2	kravín – vnitřní stěna	NÍZKÝ
3	kravín – vnitřní stěna	VELMI NÍZKÝ
4	kravín – obvodová stěna	ZVÝŠENÝ
5	kravín – obvodová stěna	VELMI NÍZKÝ
6	kravín – obvodová stěna	VELMI NÍZKÝ
7	kůlna	ZVÝŠENÝ
8	kůlna	VELMI NÍZKÝ
9	kůlna	VELMI NÍZKÝ
10	koupelna – byt	ZVÝŠENÝ

Tabulka 4 – Zařazení vzorků do stupně vlhkosti

Z výsledků měření vlhkosti zdiva je patrné, že zvýšená vlhkost se objevuje ve zdivu v blízkosti podlahy, a to jak v bývalém kravíně, tak i v kůlně a v koupelně bytu. S rostoucí výškou odebrání vzorků od podlahy vlhkost zdiva klesá. Ve výšce 2,2 m od podlahy je vlhkost dokonce velmi nízká.

Zvýšená vlhkost zdiva může být obecně způsobena několika faktory (obrázek (28)):

- srážkovou vodou – dešťovou, hnanou větrem, odstříkující
- podpovrchovou vodou – podzemní, zemní vlhkostí
- vlhkostí vzduchu – kondenzovanou vodou, sorpční vlhkostí.



Obrázek 28 – Možné příčiny vlhkostních poruch suterénního zdiva

[Zdroj: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/obvodove-konstrukce/pruzkum-pricin-vlhnuti-zdiva-a-metodika-navrhu-sanace>]

Po zhodnocení výsledků laboratorního měření a průzkumu na stavbě je patrné, že faktorem zvýšené vlhkosti ve spodních částech zdi je kombinace vzlínající zemní vlhkosti a chybějící hydroizolace. Jelikož je naměřená vlhkost obvodového a vnitřního zdiva srovnatelná, vliv srážkové vody lze vyloučit. Budova se nachází na vyvýšeném místě, dá se proto předpokládat, že hladina podzemní vody nedosahuje do úrovně základové spáry a na zdivo tedy nebude působit ani podzemní tlaková voda.

3.4.2 Obsah volných solí a pH ve vzorcích

V tabulce 5 jsou uvedeny výsledky z fotometrického měření. Hodnoty byly naměřeny v mg/l, bylo tedy nutné je přepočítat na mg/g vzorku, viz tabulka 6.

Č. VZORKU	HMOTNOST [g]	HODNOTA pH	OBSAH SOLÍ V mg/l VZORKU			
			CHLORIDY [mg/l]	DUSIČNANY [mg/l]	SÍRANY [mg/l]	AMONIAK [mg/l]
1	2,23	8	152,0	21,0	196,0	-
4	2,53	8	60,0	34,0	300,0	2,71
7	1,97	7,5	57,0	32,9	25,0	-

Tabulka 5 – Hodnoty pH a jednotlivých solí v mg/l



Č. VZORKU	OBSAH SOLÍ V mg/g VZORKU			
	CHLORIDY [mg/g]	DUSIČNANY [mg/g]	SÍRANY [mg/g]	AMONIAK [mg/g]
1	6,8	94,2	8,8	-
4	2,4	13,4	11,9	0,1
7	2,9	16,7	1,3	-

Tabulka 6 – Hodnoty jednotlivých solí v mg/g

Norma ČSN 73 0610 [7] *Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení* zařídí stavební materiály podle míry zasolení do čtyř kategorií:

STUPEŇ ZASOLENÍ ZDIVA	OBSAH SOLÍ V mg/g VZORKU		
	CHLORIDY [mg/g]	DUSIČNANY [mg/g]	SÍRANY [mg/g]
NÍZKÝ	<0,75	<1,0	<5,0
ZVÝŠENÝ	0,75 až 2,0	1,0 až 2,5	5,0 až 20
VYSOKÝ	2,0 až 5,0	2,5 až 5,0	20 až 50
VELMI VYSOKÝ	> 5,0	> 5,0	> 50

Tabulka 7 – Stupně salinity zdiva

V tabulce 8 jsou jednotlivé vzorky zdiva vyhodnoceny a zařazeny dle míry salinity do stupňů zasolení zdiva.

Č. VZORKU	VYHODNOCENÍ SALINITY DLE ČSN 73 0610			
	CHLORIDY [mg/g]	DUSIČNANY [mg/g]	SÍRANY [mg/g]	AMONIAK [mg/g]
1	VELMI VYSOKÝ	VELMI VYSOKÝ	ZVÝŠENÝ	NENÍ NORMOVĚ DANÉ
4	VYSOKÝ	VELMI VYSOKÝ	ZVÝŠENÝ	
7	VYSOKÝ	VELMI VYSOKÝ	ZVÝŠENÝ	

Tabulka 8 – Vyhodnocení salinity dle ČSN 73 0610

Z výsledku měření salinity zdiva můžeme vyčíst, že zdivo obsahuje velké množství dusičnanů, dále pak chloridy a ve zvýšené míře sírany. Amoniak se ve stavebním materiálu téměř nevyskytuje. Vysoké množství solí je zapříčiněno především využíváním místností v minulých letech. V místnosti, kde byly odebrány vzorky 1 a 4 se do roku 1998 chovaly krávy a v místnosti vzorku 7 byly dříve prostory pro chov koní. Tyto výsledky se musí brát v potaz při navrhování vhodných sanačních metod.

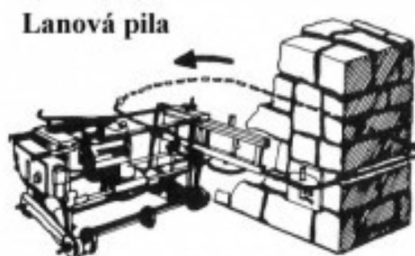


4 Návrh opatření

4.1 Sanace vlhkého a zasoleného zdiva

Z laboratorních průzkumů zdiva je zřejmé, že řešený objekt musí podstoupit sanaci zdiva z důvodu vyšší vlhkosti a vysokého zasolení materiálu. Cílem tohoto hydroizolačního opatření je provést sanaci s dlouhodobou životností, které zamezí dalšímu rozrušování konstrukcí a umožní optimální využívání dodatečně izolovaných objektů. Důležitým krokem pro vytvoření kvalitní dodatečné hydroizolace je výběr správné sanační metody.

Pro tento objekt jsem vybrala přímou sanační metodu mechanickou za použití lanové diamantové pily. Metoda je oproti metodám chemickým, vzduchovým i elektrofyzikálním finančně náročnější, na druhou stranu ale neúčinnější a zaručuje dlouhodobou životnost. Předností lanové diamantové pily je možnost podřezat ať cihelné, tak i smíšené zdivo či beton a není omezená ani tloušťkou zdiva.



Obrázek 29 – Diamantová lanová pila

[Zdroj: <https://sanace-staveb.cz/sanacni-technologie/podrezani-zdiva/podrezani-zdiva-pilou-s-diamantovym-lanem>]

Před samotným procesem vkládání dodatečné hydroizolace se provedou výkopy kolem objektu do hloubky alespoň 0,2 m pod úroveň podlahy na zemině. Je třeba také odstranit podlahu v objektu do stejné úrovně. Dále se musí seškrábnout stávající omítka z obou stran zdiva, a to nejméně do výšky 0,5 m nad hranici vlhkostních a výkvětových map, vyčistit spáry a trhliny ve zdivu a odstranit povrchové vrstvy, které jsou poškozeny od solí. Zdivo bude postupně prořezávané a bude se do něj vkládat nová hydroizolační vrstva z modifikovaných asfaltových pásů s přesahem minimálně 50 mm a vytažením na exteriérové straně obvodových zdí minimálně 300 mm nad úroveň terénu. Spáry se poté zaplní pomocí tlakové injektáže cementovou maltou s přísadami, které jsou vodoodpudivé. K podřezání dojde u obvodových a vnitřních zdí celého objektu.

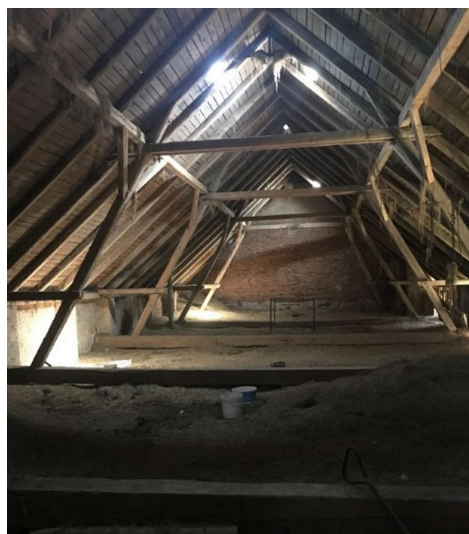


Dalším krokem bude aplikace doplňkové sanační metody v podobě nánosu sanační omítky. Sanační omítky mají nízkou nasákavost, vysokou paropropustnost a jsou mnohem poréznější než klasické omítky. Jsou tedy schopné odvádět vlhkost z vnitřku zdiva na povrch, kde se může volně odpařovat. Sanační omítky také omezí migraci solí na povrch materiálu.

Základové pasy budou dodatečně zaizolovány hydroizolací z vnější strany a zatepleny extrudovaným polystyrenem tloušťky 140 mm. Tím se zamezí pronikání vlhkosti do konstrukcí a eliminuje vznik tepelných mostů. Extrudovaný polystyren musí být minimálně 300 mm nad úrovní terénu. Kolem celého objektu se dále provede drenážní systém, který pomůže odvést vlhkost od objektu. [8]

4.2 Průzkum a posouzení dřevěného krovu

Dřevěný krov s ležatou stolicí je původní, byl vizuálně posouzen a jelikož nejevil žádné známky poškození, neprováděly se další rozbory a laboratorní průzkumy. Pokud by se přesto při renovaci objevila porucha, musela by se najít příčina poškození krovu, provést její odstranění a aplikovat sanaci krovu. Nejčastějšími příčinami poruch dřevěných krovů je vysoká vlhkost, napadení dřevokaznými houbami či plísní, nadměrné zatížení konstrukce a pružně-plastické přetvoření.



Obrázek 30 – Fotodokumentace dřevěného krovu

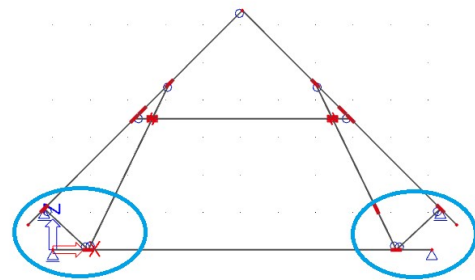
[Zdroj: Autor]



Součástí dřevěného krovu jsou krokve s okrasnou řezbou na konci krokví. Snahou je tento detail ponechat viditelný. Dodatečné zateplení objektu by však mohlo ukončení krokví překrýt, proto je tento detail vyřešen prodloužením krokví přeplátováním. (viz příloha 9)

Rozměry jednotlivých prvků krovu byly převzaty z původní výkresové dokumentace a shodují se s kontrolou rozměrů na místě. Jelikož je součástí návrhu podkroví zateplení obálky budovy, bude krov čelit většímu zatížení od nové střešní skladby. Proto je nutné krov staticky posoudit a případně navrhnout vyhovující opatření. Vzhledem k tomu, že nebyla prokázána pevnost dřeva, bude se při statickém výpočtu předpokládat, že je krov vystavěn z rostlého suchého dřeva C24. Jako třídu provozu uvažujeme – I. Statický výpočet viz příloha 12.

Výsledkem předběžného statického posudku je nevyhovující krokev a sloupek na nové zatížení. Z tohoto důvodu jsem navrhla opatření, které přenesou vnitřní síly konstrukce a zabrání deformaci krovu. Opatřením je náhrada spodních kleštín za ocelový pásek kotvený do vazného trámu. Po tomto opatření prvky dřevěného krovu vyhoví.



Obrázek 31 – Statické schéma krovu s táhly

[Zdroj: Autor]

4.3 Návrh dispozičních úprav

Jak už bylo zmíněno výše, rodinný statek se nyní využívá jen z malé části a většina leží ladem. Z tohoto důvodu se zrodila myšlenka objekt zrenovovat a částečně změnit účel budovy. Proto navrhuji přestavbu části usedlosti na prostory pro společenské události s možností ubytování v podkrovních prostorech a zmodernizování stávajících bytových jednotek pro potřeby rodiny.



4.3.1 Požadavky na ubytovací zařízení

Závazné požadavky na ubytovací zařízení jsou dány především ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., *o technických požadavcích na stavby*, se změnami 20/2012 Sb. [9]. Dalšími důležitými vyhláškami jsou vyhláška č. 501/2006 Sb., *o obecných požadavcích na využívání území*, se změnami: 269/2009 Sb., 22/2010 Sb., 20/2011 Sb., 431/2012 Sb. [10] a vyhláška č. 23/2008 Sb., *o technických podmínkách požární ochrany staveb*, se změnami: č. 268/2011 Sb. [11]

4.3.2 Požadavky na stravovací zařízení

Pro stravovací zařízení je směrodatná mimo výše uvedené také vyhláška č. 137/2004 Sb. *o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných* [12].

4.3.3 Požadavky na obytné budovy

Požadavky na návrh obytných budov, a tedy i jednotlivých bytů stanovuje norma ČSN 73 4301 *Obytné budovy*. [13] Dále pak výše zmíněná vyhláška č. 268/2009 Sb., *o technických požadavcích na stavby*, se změnami 20/2012 Sb. [9], vyhláška č. 501/2006 Sb., *o obecných požadavcích na využívání území*, se změnami: 269/2009 Sb., 22/2010 Sb., 20/2011 Sb., 431/2012 Sb. [10] a vyhláška č. 23/2008 Sb., *o technických podmínkách požární ochrany staveb*, se změnami: č. 268/2011 Sb. [11]

4.3.4 Architektonická část

4.3.4.1 Dispoziční úpravy

Dvě bytové jednotky v 1.NP byly upraveny tak, aby vznikly dva dispozičně modernější a na sobě nezávislé byty, každý s vlastní technickou místností. Větší byt na severní straně objektu se z 3+1 změnil na 3+kk (112,4 m²), menší byt se změnil z dispozice 1+1 na 2+kk (82,8 m²) a na východní straně objektu je doplněn o terasu. Tyto prostory budou dále sloužit k rodinným účelům, budou zde bydlet dvě generace.



Prostory bývalé konírny, kůlny a kravína se přemění na větší sál (186 m²) sloužící ke společenským událostem a hygienické zázemí pro hosty včetně WC pro invalidy. Větší část stropu nad sálem bude odkryta a hosté tak budou moci obdivovat původní zachovalou krovovou soustavu. Kapacita sálu je cca 70 hostů. Další prostory pro hosty tvoří terasa na východní straně objektu, která je přístupná přímo ze sálu. Poslední část 1.NP, tedy bývalá řezárna, bude sloužit k zázemí personálu. Z kapacitních důvodů zde nebyla navržena restaurační kuchyně, bude se jednat spíše o prostor pro umístění a výdej již připraveného jídla a pití (tzv. catering). Součástí bude i šatna a WC pro personál a úklidová místnost. (viz příloha č. 4)

Ze sálu bude umožněn vstup do podkroví po dvou dvouramenných schodištích tvaru L. Po schodech na levé straně sálu se hosté dostanou do herny či odpočinkové části. Pravé schodiště vede do hlavní části podkroví, které bude sloužit k ubytování hostů. Nachází se zde 7 pokojů s vlastním hygienickým zázemím s celkovou kapacitou až 20 hostů při využití přistýlek. V místě nižší světlé výšky podkroví bude vybudována úklidová a technická místnost. (viz příloha č. 5)

4.3.4.2 Okolí objektu

Dvůr v západní části objektu bude rozdělen na dvě poloviny. Část přiléhající k bytům bude sloužit k parkování majitelů objektu, vjezd hlavní bránou bude zachován. Také se zde nachází dřevěná pergola s venkovním krbem, která se bude dále využívat k posezení. Druhá polovina dvora bude upravena tak, aby se umožnilo zásobování kuchyně a parkování zaměstnanců cateringu. Ten bude mít vyhrazený vjezd do objektu z jižní strany. Jelikož se nyní tento vjezd příliš nepoužívá a asfaltová cesta na dvůr je zarostlá, bude ji třeba vyspravit.

Vjezd na pozemek pro hosty je také umožněn jižní bránou, ze které se přímo vjede na parkovací plochu na zahradě za přilehlé stodolou. Do budoucna se počítá se zpevněním parkovací plochy zámkovou dlažbou. Hosté dále půjdou po vydlážděném chodníku na východní stranu objektu, kde se přes terasu dostanou do společenského sálu. Mezi terasou bytu a terasou sálu bude vysázen živý plot, aby se zachovalo soukromí obyvatel bytů. (viz příloha č. 3)



4.4 Varianty úprav obálky budovy

V této kapitole budou řešeny různé varianty úprav obálky budovy, které vedou k úspoře energie dodané do objektu. „*Obálkou budovy se rozumí soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.*“ [14] Podle této definice je v řešeném objektu součástí obálky budovy střecha, obvodové stěny, podlaha na zemině a výplně otvorů (okna a dveře).

Norma ČSN 73 0540-2 [15] stanovuje požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí U [W/m^2K] a zároveň průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/m^2K], podle kterých se budova hodnotí.

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$W/(m^2 \cdot K)$]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9

Tabulka 9 – Vybrané normové hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí

Dalším ukazatelem kvality obálky budovy je měrná potřeba tepla na vytápění [$kWh/(m^2 \cdot a)$]. Tato hodnota určuje tepelně-izolační vlastnosti budovy bez ohledu na to, jak je účinný topný systém a zdroj tepla a rozděluje budovy na současnou novostavbu, nízkoenergetický dům, pasivní dům a nulový či aktivní dům (viz obrázek 31).



domy běžné ve 70.-80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, dům s přebytkem tepla
charakteristika				
zastaralá otopné soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Obrázek 32 – Dělení budov podle potřeby tepla na vytápění

[Zdroj: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>]



	PODLAHA NA ZEMINĚ	OBVODOVĚ STĚNY	STŘECHA	OKNA, DVEŘE
STÁVAJÍCÍ STAV	nezateplená, chybí izolace proti vlhkosti a radonu	nezateplené, vlhké, potřeba sanace	nezateplená, střešní krytina v dobrém stavu, nutná revize DHV	část oken po rekonstrukci (izolační dvojsklo), část s jednoduchým zasklením
VARIANTA 1	zateplení na doporučenou hodnotu, $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, nová hydroizolace a nášlapná vrstva	vnitřní zateplení zdiva na doporučenou hodnotu, $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$	mezikrokevní a podkrokevní zateplení, původní střešní krytina, DHV podle stavu, $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	výměna původních oken za okna s izolačním trojsklem, okna a dveře po rekonstrukci ponechána
VARIANTA 2	zateplení na 1. mez doporučené hodnoty pro pasivní domy, $U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$, nová hydroizolace a nášlapná vrstva	vnější zateplení na doporučenou hodnotu, $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$	nové nadkrokevní zateplení, přiznané krokve, nová střešní krytina, $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	výměna všech oken za okna dřevěná s izolačním trojsklem, dveře nová tepelně zaizolované
VARIANTA 3	zateplení na 2. mez doporučené hodnoty pro pasivní domy, $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, nová hydroizolace a nášlapná vrstva	vnější zateplení na doporučenou hodnotu pro pasivní domy, $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$	nadkrokevní a mezikrokevní zateplení, nová střešní krytina, $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	viz varianta 2

Tabulka 10 – Varianty úprav obálky budovy

4.4.1 Využití přírodních materiálů

Při výběru vhodných stavebních materiálů se čím dál více hledí na ekologické aspekty, tedy na ochranu životního prostředí. Přírodní materiály mají oproti těm uměle vyráběným několik předností:

- při jejich zpracování a při provádění stavby se spotřebuje pouze minimální množství energie
- mají příznivé účinky na zdraví člověka
- po dožití stavby se snadno zrecyklují a vrátí do přírody
- v případě využití lokálních materiálů se snižují náklady na dopravu [16]



Ovčí vlna

Ovčí vlna je svým součinitelem tepelné vodivosti (0,038 – 0,040 W/mK) velkým konkurentem uměle vyráběných tepelných izolací. Důvodem pro použití tohoto materiálu do řešeného objektu jsou jeho hydrofobní a zároveň hydrofobní vlastnosti. Dokáže tedy pracovat s vlhkostí, aniž by se narušily její tepelně-izolační vlastnosti. Co se týče požárních vlastností, má ovčí vlna bod samovznícení cca třikrát vyšší než dřevo a v případě požáru nehoří, pouze se taví a odkapává. Použití ovčí vlny je zde mimo jiné výhodné z důvodu dostupnosti materiálu, jelikož se v blízkosti objektu nachází chov ovcí.

Dřevovláknité desky

Dřevovláknité desky mají vysokou objemovou hmotnost (cca 270 kg/m³), což znamená, že má materiál dobré tepelně vodivostní vlastnosti (0,039 - 0,048 W/mK), zvukově izolační vlastnosti a je paropropustný. V řešeném objektu jsou použity tvrdé dřevovláknité desky, které slouží nejen jako tepelná izolace, ale i jako konstrukční záklop při použití foukaných a měkkých izolací. [17]

Celulózová izolace

Na zateplení obvodových stěn je použita foukaná celulózová izolace. Je šetrná k životnímu prostředí, odolná proti prohoření a proti plísním i škůdcům. Další výhodou je její nízký difuzní odpor, který umožňuje prostup vlhkosti materiálem, což je při renovaci řešeného objektu vítané. Součinitel tepelné vodivosti je při suché aplikaci 0,040 – 0,050 W/mK, v případě mokré aplikace se zvyšuje na 0,045 – 0,055 W/mK. [18]

Hliněné desky Lemix

Hliněné desky Lemix jsou v objektu v možných případech použité jako náhrada sádkokartonových desek. Díky dvojnásobně vyšší hustotě lépe pohltí hluk, je nehořlavý a 100 % recyklovatelný. Dalším důvodem použití těchto desek je schopnost reagovat na vlhkost a propouštět páru, což je ideální pro vlhké prostory. [19]

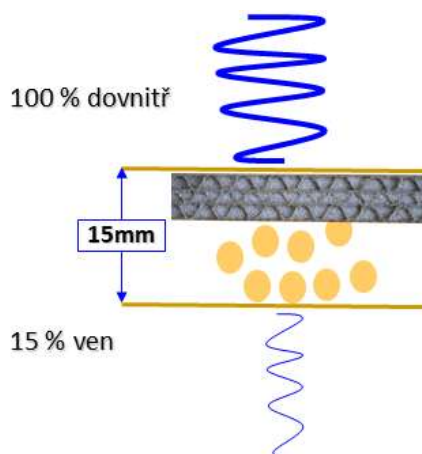


Hliněné omítky

Hliněné jílové omítky budou použity v interiéru bytových jednotek (obývací pokoj, ložnice) a společenského sálu. Jejich výhodou je především schopnost absorbovat vzdušnou vlhkost v době jejího přebytku ve vzduchu a vydávat ji při vysušeném vzduchu v místnosti. Tím napomáhá k dosažení a regulaci optimálního vnitřního mikroklimatu. Mají také velmi malou energetickou náročnost výroby a dobré tepelně-akumulační vlastnosti. Důvodem k volbě tohoto materiálu je kromě již zmíněných výhod také snaha vpravit do interiéru přírodní vzhled. [20]

Desky WOLF

Desky WOLF jsou zvukově izolační desky vyplněné v několika vrstvách křemičitým pískem pro zajištění tlumení zvuku v celém frekvenčním spektru. V objektu budou použity na stěnách společenského sálu z důvodu zamezení šíření hluku do okolí vesnice a do přilehlých pokojů v podkroví. Výhodou těchto desek je také materiálové složení, které je ekologicky nezávadné. [21]



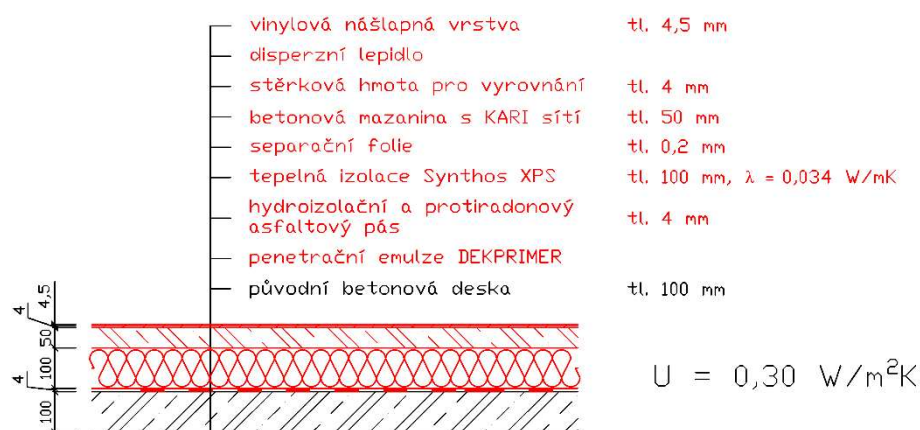
Obrázek 33 – Schéma pohlcení zvukové vlny deskou WOLF

[Zdroj: <https://www.deskywolf.cz/content/7-o-materialu>]

4.4.2 Varianta 1

Podlaha na terénu

Z důvodu absence tepelné izolace i hydroizolace v původní podlaze je třeba skladbu konstrukce upravit. Navržena je hydroizolace, tepelná izolace z XPS a nová nášlapná vrstva. Nová skladba podlahy na terénu splňuje požadavky na doporučenou hodnotu $U = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Obrázek 34 – Skladba zateplení podlahy na doporučené hodnoty

Obvodové zdivo

V případě, že by se majitelé objektu rozhodli pro zachování původního vzhledu objektu, a především některých detailů na fasádě, bylo by vhodné zvolit zateplení z interiérové strany obvodových zdí. Tato varianta se nepoužívá tak často, ale například u některých památkově chráněných objektů je to jediný možný způsob aplikace tepelné izolace.

Výhody vnitřního zateplení:

- zachování členité vnější fasády domu
- možnost zateplení jednotlivých místností nezávisle na sobě
- nezávislost na klimatických podmínkách v době provádění
- rychlejší vytopení místnosti

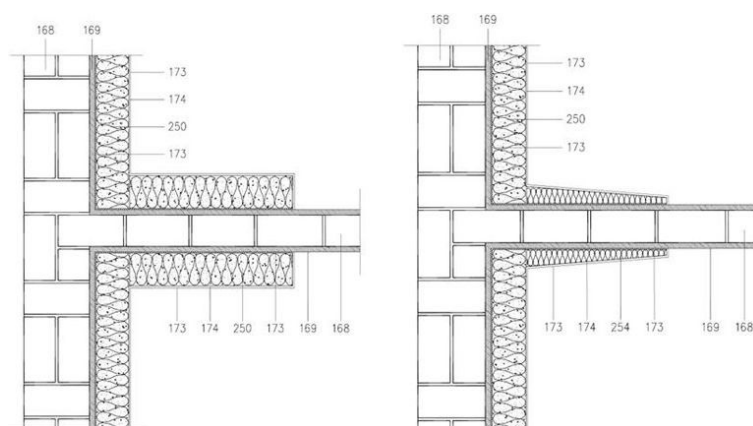


Nevýhody vnitřního zateplení:

- riziko kondenzace vlhkosti ve stěnách domu
- riziko promrzání vnějšího zdiva
- riziko růstu plísní (zejména v oblasti tepelných mostů)
- zmenšení plochy místnosti

Při výběru tepelně izolačního materiálu pro vnitřní zateplení budovy jsou důležité především jeho sorpční vlastnosti z důvodu rizika kondenzace v konstrukci. V případě volby materiálu s téměř nulovými sorpčními schopnostmi (např. minerální vlna) je nutné aplikovat do skladby konstrukce také parozábranu, která brání vnikání vodních par a tekuté vody do konstrukce. Z vnější strany se pak skladba doplní o hydrofobizační ochranu povrchu fasády. Druhým způsobem vnitřního zateplení je volba kapilárně aktivní konstrukce, což znamená, že je konstrukce schopna kapilárně odvádět vodu z místa kondenzace. Pro toto řešení jsou vhodné kalcium silikátové desky, které mají vysokou sorpční schopnost.

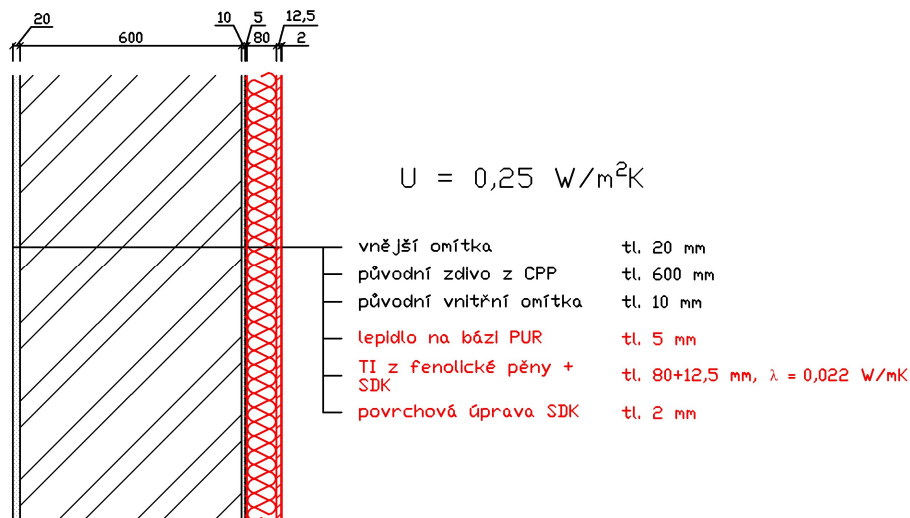
Zateplení z vnitřní strany nedodrhuje podmínku celistvosti tepelné izolace a v řešeném objektu tak vznikne množství tepelných mostů v místě navazujících konstrukcí na obvodové zdivo – stropy, vnitřní stěny a příčky. Tato kritická místa jsou prakticky neodstranitelná, ale dají se zmírnit aplikací izolačních pásů či klínů. Při tomto způsobu zateplení se vyplatí volit tloušťku tepelné izolace mezi 4 a 10 cm. Silnější izolace nemá kvůli vlivu tepelných mostů větší efekt.



Obrázek 35 – Konstruktivní detaily připojené vnitřní stěny

[Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/11841-vnitri-zatepleni-historickych-budov>]

Pro zateplení z vnitřní strany jsem zvolila tepelně izolační desky Kingspan Kooltherm. Jedná se o desky z tuhé fenolické pěny a sádkokartonu z vnější strany. Součástí desky je také parotěsná hliníková fólie, která zamezuje nežádoucímu průniku vodních par z interiéru. TI desky se aplikují na podklad pomocí PUR lepidla, v případě velkých nerovností nosné konstrukce je třeba instalovat vyrovnávací rošt z dřevěných hranolů. Skladba je navržena na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro těžké konstrukce $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

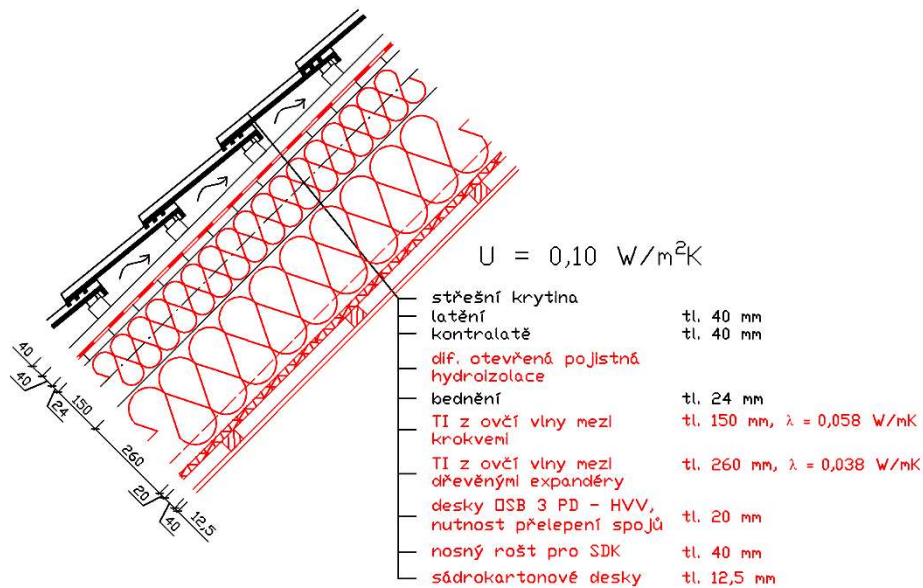


Obrázek 36 – Skladba vnitřního zateplení obvodového zdiva

Střecha

Skladbu střechy pro tuto variantu jsem navrhla na doporučenou hodnotu pro pasivní budovy $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jedná se o kombinaci mezikrokevní a podkrokevní tepelné izolace. Využita je přírodní tepelná izolace z ovčí vlny a dřevovláknitých desek sloužící jako záklop a nosná vrstva pro omítku.

Výhodou této skladby je možnost ponechání stávající střešní krytiny. Stávající krytina na objektu nejeví známky poškození, výměna by tak řešila pouze vizuální stránku věci. Podmínkou je však neporušená a celistvá doplňková hydroizolace nad bedněním, která často rozhoduje o tom, zda se bude při renovaci demolovat střešní krytina či nikoliv. Skladba také snižuje světlou výšku podkroví, což by ale v dotčeném objektu nemělo způsobovat problém, jelikož je světlá výška podkroví dostačující.



Obrázek 37 – Skladba zateplení střechy s původní krytinou

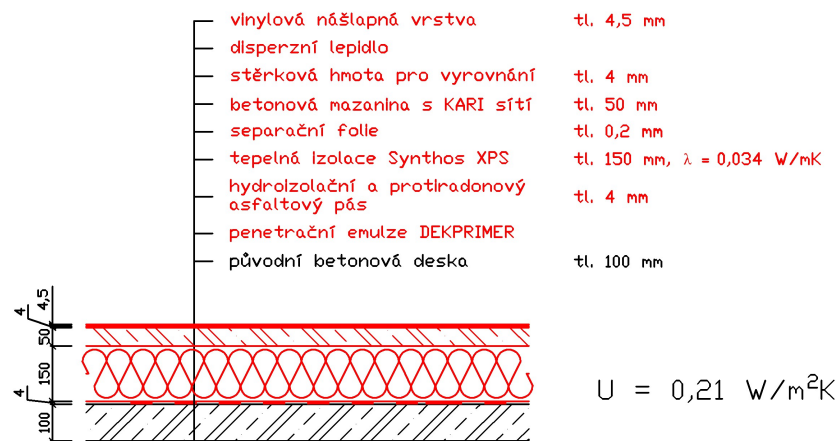
Okna a dveře

Stará nevyhovující okna budou nahrazena za nová plastová s izolačním trojsklem ($U_w = 0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$). Okna s izolačním dvojsklem po předchozí rekonstrukci zůstanou stávající ($U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$). Okna jsou navržena tak, aby neměnila původní vzhled fasády. Členění a rozměry oken jsou ve většině případů zachovány, střecha je doplněna o nová střešní okna z důvodu změny účelu využití v podkrovní. Z důvodu úpravy dispozice objektu také vzniknou nová dveře v prostoru pro hosty. Ty budou tepelně izolované.

4.4.3 Varianta 2

Podlaha na terénu

Skladba podlahy na terénu je navržena na 1. mez doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Materiál tepelné izolace byl zvolen stejný jako ve variantě 1.



Obrázek 38 – Skladba zateplení podlahy na 1. mez doporučené hodnoty pro pasivní domy

Obvodové zdivo

Pro splnění doporučených hodnot součinitele prostupu tepla $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ je původní zdivo doplněno o kontaktní zateplovací systém z vnější strany (ETICS).

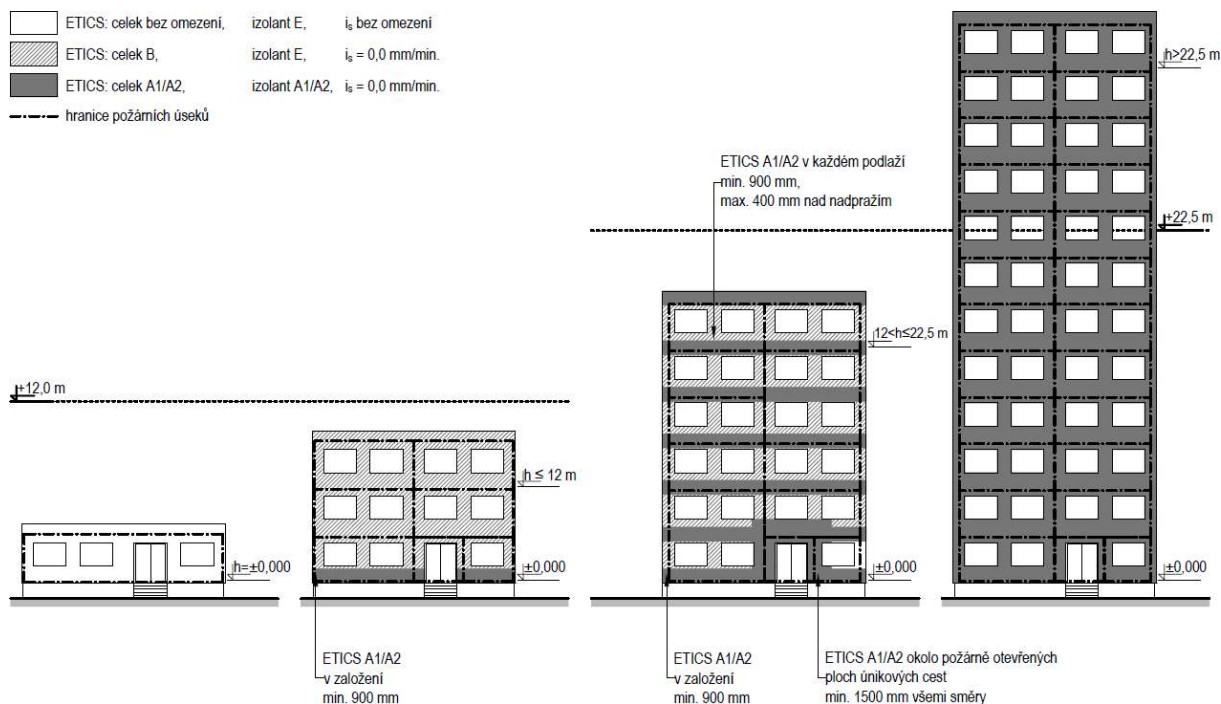
Výhody systému ETICS:

- zamezení tepelných mostů v místě stropů (celistvost izolace)
- zvýšení životnosti konstrukce
- lepší akumulace zdiva
- provádění za plného provozu budovy

Nevýhody systému ETICS:

- navýšení vnějších rozměrů objektu
- potřeba lešení a prostoru okolo budovu při realizaci
- omezení z hlediska požáru
- riziko kondenzace vodní páry v případě špatně zvolených vrstev

Požadavky na požární odolnost kontaktního zateplovacího systému stanovuje norma ČSN 73 0810:2016. Dle této normy se objekty dělí na čtyři kategorie v závislosti na jejich požárních výškách. Dotčený objekt je zařazen do kategorie 2 – objekty s požární výškou do 12 m (včetně). [22]

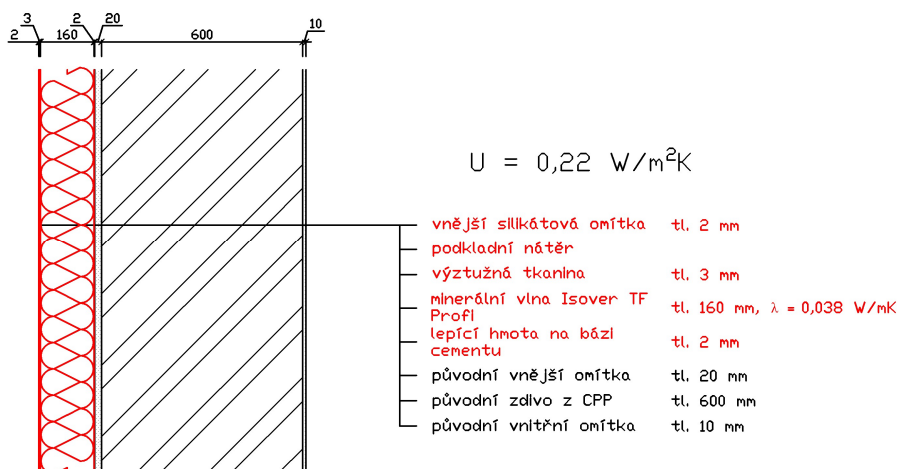


Obrázek 39 – Čtyři výškové kategorie a jejich základní požadavky na zateplení ETICS

[Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>]

„Při splnění všech technických a technologických předpisů lze objekty s požární výškou do 12,0 m téměř kompletně zateplit hořlavým tepelným izolantem a to včetně průchodů, průjezdů, balkonů apod.“ [22]

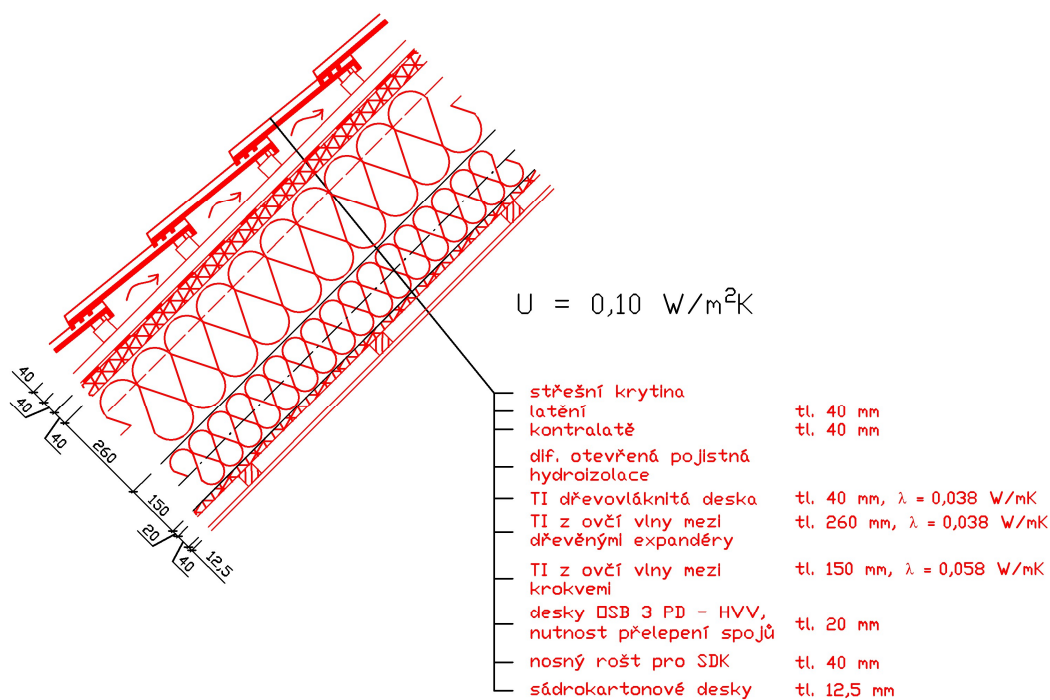
Z důvodu rizika kondenzace vodní páry bylo nutné zvolit tepelně izolační materiál s otevřenými vzduchovými dutinami, a tedy s nízkým difuzním odporem. Mezi takové materiály patří minerální vlny, dřevovláknité desky nebo foukaná celulóza.



Obrázek 40 – Skladba vnějšího zateplení obvodového zdiva na dop. hodnotu

Střecha

Kombinací varianty 1 a 2 vznikla třetí varianta skladby střechy, a to zateplení mezikrokevní a nadkrokevní. Skladba nebude příliš ovlivňovat světlou výšku podkroví a zároveň nedojde k rapidnímu navýšení střešní konstrukce. Skladba střechy je navržena na doporučenou hodnotu pro pasivní budovy $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Obrázek 41 - Skladba mezikrokevního a nadkrokevního zateplení střechy

Okna a dveře

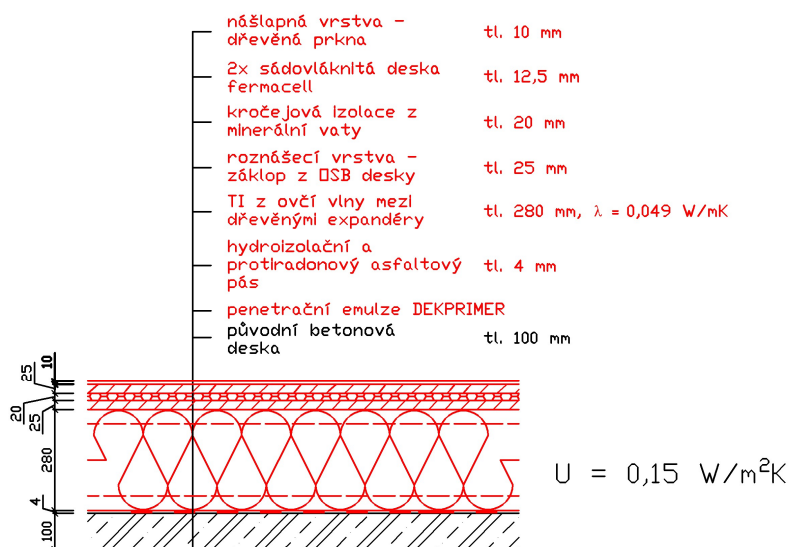
V této variantě jsou veškerá okna vyměněna za nová dřevěná okna s izolačním trojsklem ($U_w = 0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$). Tím se podstatně zlepší celá tepelně izolační obálka budovy. Dveře jsou také kompletně vyměněné za nová tepelně izolovaná.

4.4.4 Varianta 3

Podlaha na terénu

Skladba podlahy na terénu jsem navrhla na 2. mez doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tepelnou izolaci tvoří přírodní materiál, a to konkrétně ovčí vlna, která je vložena mezi dřevěné expandéry.

Výhodou této skladby je eliminace mokrého procesu a využití přírodních materiálů. Použitím dřevěných expandérů se ale do skladby vnáší tepelné mosty, se kterými se musí počítat při stanovení součinitele prostupu tepla.

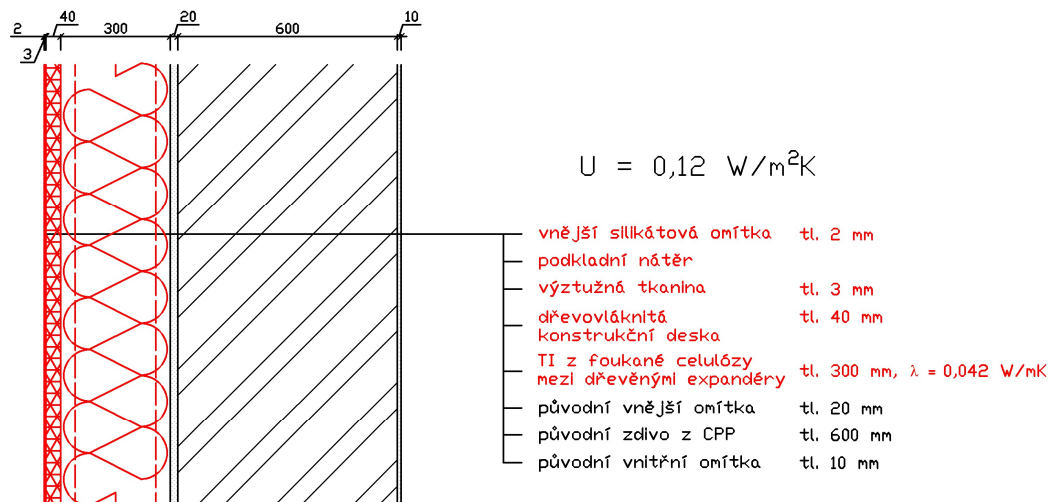


Obrázek 42 – Skladba zateplení podlahy na 2. mez doporučené hodnoty pro pasivní domy

Obvodové zdivo

Zateplení je provedeno z exteriérové strany, stejně jako u varianty 2. Součinitel prostupu tepla byl zlepšen a splňuje tak doporučenou hodnotu pro pasivní domy $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Toho se dá dosáhnout použitím tepelné izolace s lepším součinitelem tepelné vodivosti λ_D (W/mK) nebo větší tloušťkou izolace. Tloušťka TI může být však limitovaná prostorem kolem objektu (např.: chodník) a snížením proslunění bytu. Kolem dotčeného statku je však dostatek místa ze všech stran, proto není tloušťka tepelné izolace nijak limitovaná, pouze je nutné se zaměřit na zateplení v prostoru oken. Aby nedocházelo k velkému stínění oken izolací, je možné TI kolem oken zkosit či zaoblit a dostat tak do interiéru více světla.

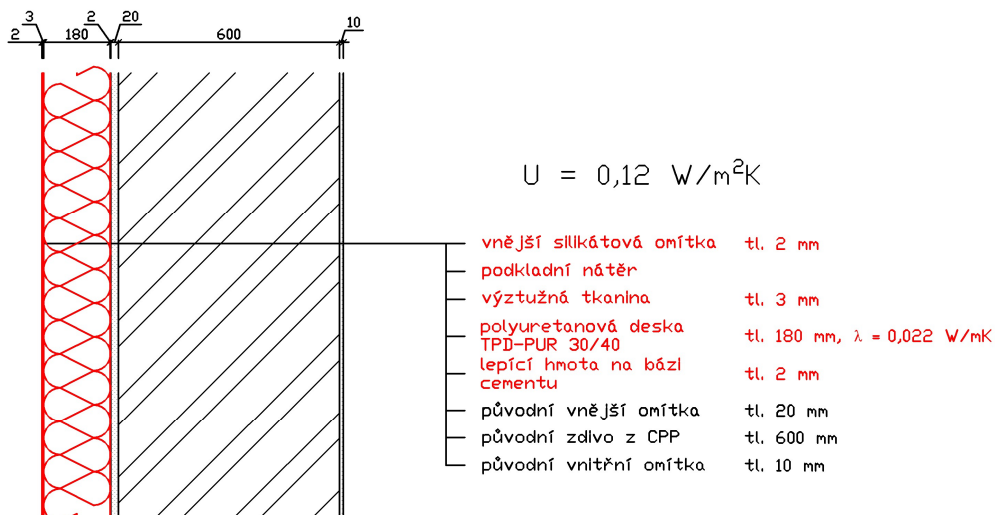
Jako tepelná izolace je v této variantě použita foukaná celulóza zaklopená dřevovláknitou deskou. Záměrem bylo použít materiály přírodní a zároveň paropropustné, které prostup vlhkosti z původního zdiva do exteriéru.



Obrázek 43 – Skladba zateplení obv. zdiva na dop. hodnotu pro pasivní domy 1

Pokud by majitel objektu nechtěl řešit detaily v místě okenních otvorů, ať už z důvodu náročnosti či změny vzhledu fasády, a chtěl by přesto dosáhnout kvalitního zateplení s nízkým součinitelem prostupu tepla, je zde varianta s použitím TI s velmi nízkým součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,022 \text{ W/mK}$. Při snížení tloušťky TI budou také lépe řešeny detaily v místě přesahujících krokví. Tato varianta umožňuje také zachování členitosti fasády.

Jedná se o tzv. systém NEW-THERM s tepelnou izolací z polyuretanových desek. Tyto desky jsou také paropropustné, nedochází tedy k zvýšení vlhkosti v konstrukci.



Obrázek 44 – Skladba zateplení obv. zdiva na dop. hodnotu pro pasivní domy 2

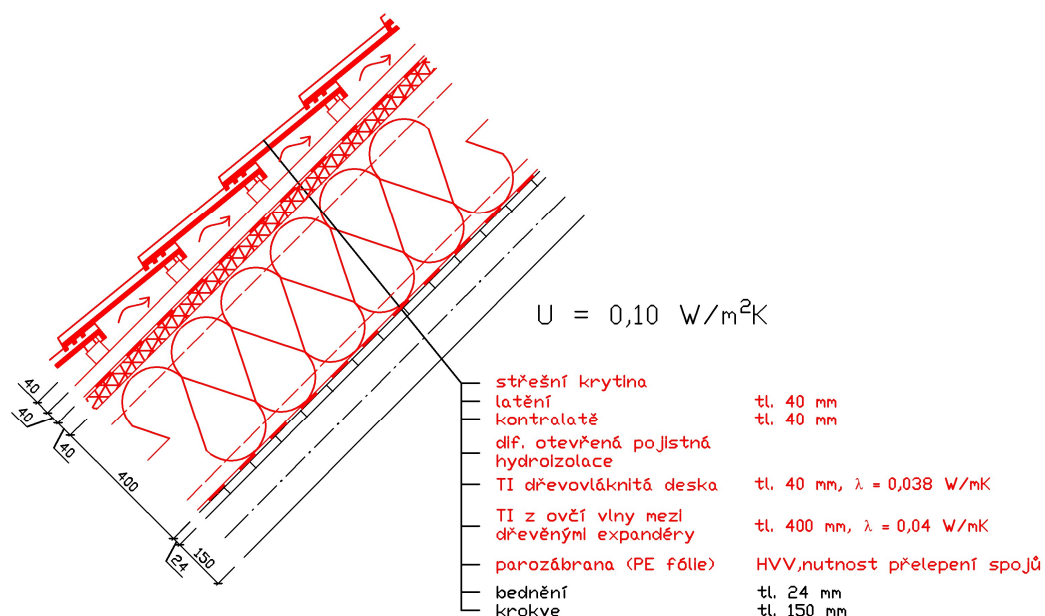


Střecha

U skladby střešní konstrukce jsem zvolila nadkroevní tepelnou izolaci. Stávající prvky krovu se zdají být v dobrém stavu, proto budou zachovány. Pokud by se však při renovaci odhalily závady, bylo by nutné dřevěné prvky krovu sanovat. Skladba je navržena na doporučenou hodnotu pro pasivní budovy $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Výhodou této skladby je především zamezení tepelných mostů v konstrukci, které by vznikaly při zabudování tepelné izolace mezi krokve. Umístěním izolace nad krokve lze také využít více prostoru v podkroví (skladba nesnižuje světlou výšku místnosti) a bednění může sloužit jako pohledová vrstva. Další výhodou je snadná kontrola doplňkové hydroizolační vrstvy a případně její výměna.

Nevýhodou je však změna celkové výšky objektu, která má dopad především na objekty v zástavbě nebo na památkově chráněné objekty. Jelikož řešený statek přiléhá svojí jižní stranou ke staré stodole, bylo by navýšení střešního pláště znatelné a vše by se muselo projednat se stavebním úřadem.



Obrázek 45 – Skladba střechy s nadkroevním zateplením

Okna a dveře

Viz varianta 2.



4.5 Varianty VYT + TV

Energetickou náročnost budovy ovlivňují také systémy technického zařízení budov. Pro dotčený objekt se jedná konkrétně o větrání, vytápění, ohřev teplé vody a osvětlení. Další systémy, jako je chlazení či vlhčení, nejsou v objektu navrhovány.

Celkem byly stanoveny 3 varianty řešení vytápění a dvě varianty větrání, přičemž v každé variantě byl kladen důraz na využití obnovitelné energie a zvýšení komfortu uživatelů. Také se muselo uvažovat pouze s možnostmi, které jsou v daném objektu realizovatelné. Ve vesnici Olešnice nejsou zavedeny rozvody plynu, tudíž se s plynovými zdroji tepla nemohlo kalkulovat. Naopak výhodou u dané stavby je rozlehlá okolní zahrada, která dovoluje instalovat tepelné čerpadlo využívající geotermální energii. Často se navrhuje také tepelná čerpadla vzduch/voda, ta jsou však velmi hlučná a pokud chceme kolem objektu umístit terasy a využívat dvůr pro posezení, je tato varianta nevhodná.

Zahrada se může využít také k instalaci fotovoltaických či fototermických panelů, avšak vhodnější variantou by byla instalace panelů na střechu přilehlé stodoly. Střecha je v dobrém stavu a celá její plocha směřuje na jih. Oproti tomu zahrada je v mírném svahu, směřuje na východ a je na ní výhled ze společenských prostor pro hosty, tudíž by z hlediska architektury nebylo vhodné na ni umísťovat viditelné systémy TZB.

Osvětlení v nově navržených prostorách (pokoje, sál) bude řešeno pomocí LED žárovek, které jsou úspornější, výkonnější a mají možnost regulace. V bytech záleží na uživatelích, avšak výměna za LED žárovky je doporučena.



	VYTÁPĚNÍ		OHŘEV TV	
	BYTY	SÁL A UBYTOVÁNÍ	BYTY	SÁL A UBYTOVÁNÍ
STÁVAJÍCÍ STAV	kotel na uhlí a kusové dřevo	nevytápěné	elektrický bojler	voda nezavedená
VARIANTA 1	odstranění starého kotle, centrální vytápění tepelným čerpadlem země/voda (zemní vrty)	centrální vytápění tepelným čerpadlem země/voda (zemní vrty)	nový lokální elektrický ohřivač v každém bytě s dohřevem pomocí fotovoltaiky	tepelné čerpadlo země/voda
VARIANTA 2	kotel na pelety	kotel na pelety	kotel na pelety + solární kolektory	kotel na pelety + solární kolektory
VARIANTA 3	centrální vytápění tepelným čerpadlem země/voda (zemní vrty)	centrální vytápění tepelným čerpadlem země/voda (zemní vrty)	tepelné čerpadlo země/voda + fototerminické panely	tepelné čerpadlo země/voda + fototerminické panely

Tabulka 10 – Varianty VYT a TV

4.5.1 Varianta 1

Vytápění

Stávající kotel na tuhá paliva bude odstraněn a jako zdroj tepla bude nově navržené tepelné čerpadlo země/voda se zemními vrty. Prostor pro zemní vrty je na přilehlé zahradě. Výhodou tohoto čerpadla je vysoký topný faktor, nižší spotřeba elektřiny než u TČ vzduch/voda a především bezhlučné řešení. Před umístěním geotermálních vrtů je třeba zhotovit geologický průzkum a zjistit, v jakém místě a na jakém podloží bude nejlepší vrtat. Vnitřní jednotka TČ bude umístěna v prostoru WC – ženy vedle společenského sálu.



V bytech budou původní článkové radiátory nahrazeny deskovými otopnými tělesy, které se umístí pod okna nebo poblíž oken, v nově navržených pokojích se osadí také desková otopná tělesa. V koupelnách jsou navržena trubková otopná tělesa vhodná k sušení mokrých ručníků. Otopným tělesem v sále bude tzv. Nivolátor, kombinace topného výměníku a speciálního ventilátoru, který zajistí proudění vzduchu ve tvaru kužele a nízký vertikální gradient vytápěného prostoru.



Obrázek 46 – Nivolair pro vytápění větších prostor

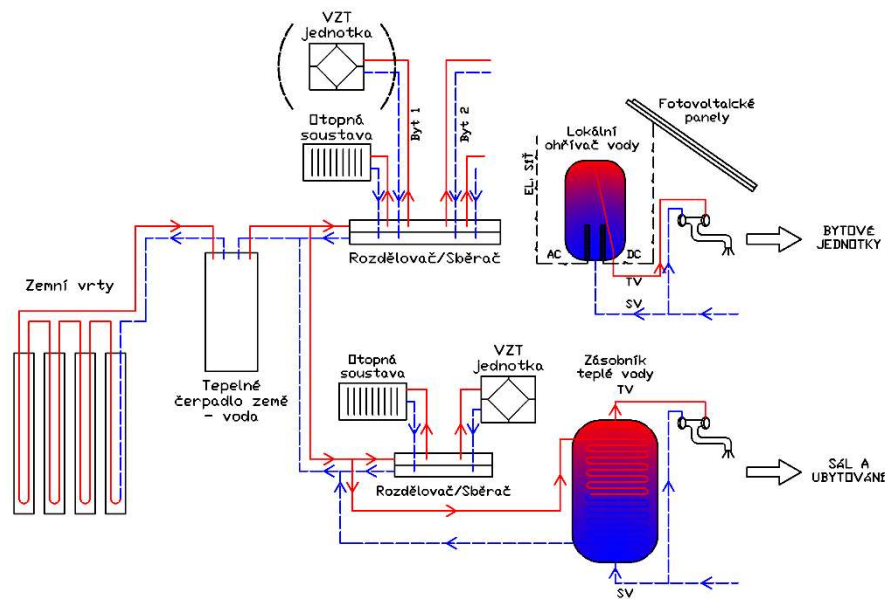
[Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu/9812-jednoduche-usporne-a-spolehlive-vytapani-vysokych-prostor-nivolatory>]

Ohřev TV

Teplá voda v každém bytě bude připravovaná v lokálním elektrickém ohříváči, který bude napojen na střídavý elektrický proud ze sítě a stejnosměrný proud z fotovoltaických panelů. Tyto ohříváče budou umístěné v koupelnách každého bytu. Společenské prostory budou mít vlastní zásobník teplé vody umístěný v prostorách WC – ženy vedle vnitřní jednotky TČ. Zdrojem tepla pro ohřev vody bude tepelné čerpadlo země/voda.

Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely budou umístěny na sedlové střeše přilehlé stodoly. Střecha směřuje na jih a má sklon 45°. Elektrická energie vyrobená těmito panely se částečně využije k ohřevu vody pro bytové jednotky a zbytek bude využit na chod objektu (osvětlení, tepelné čerpadlo,...).



Obrázek 47 – Schéma TZB, varianta 1

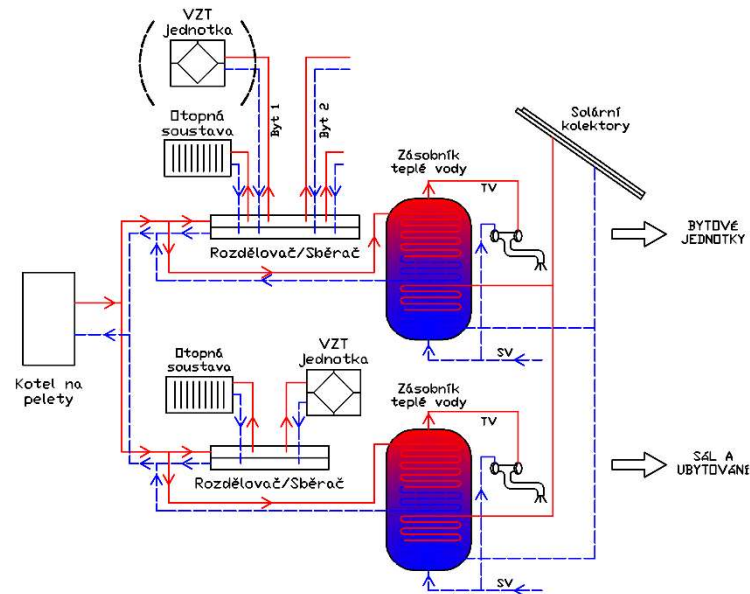
4.5.2 Varianta 2

Vytápění

Objekt bude vytápěn centrálně pomocí automatického kotle na pelety a biomasu. Kotel bude umístěn v kotelně v zadní části objektu. Tento zdroj tepla byl zvolen z důvodu využití obnovitelných zdrojů energie a také proto, že v relativně blízkém okolí Olešnice se nachází dvě výroby dřevěných pelet a jedna výroba alternativních pelet (Ždírec nad Doubravou, Golčův Jeníkov, Dobronín).

Ohřev TV

Teplá voda bude ohřívána ve dvou zásobnících TV, kdy jeden zásobník pro byty bude umístěn v technické místnosti hlavního (většího) bytu a druhý pro společenské prostory v WC – ženy. K ohřevu vody bude docházet pomocí solárních kolektorů umístěných na přilehlé stodole. Ohříváče budou obsahovat dále výměník tepla pro dohřev TV kotlem na pelety a biomasu.



Obrázek 48 – Schéma TZB, varianta 2

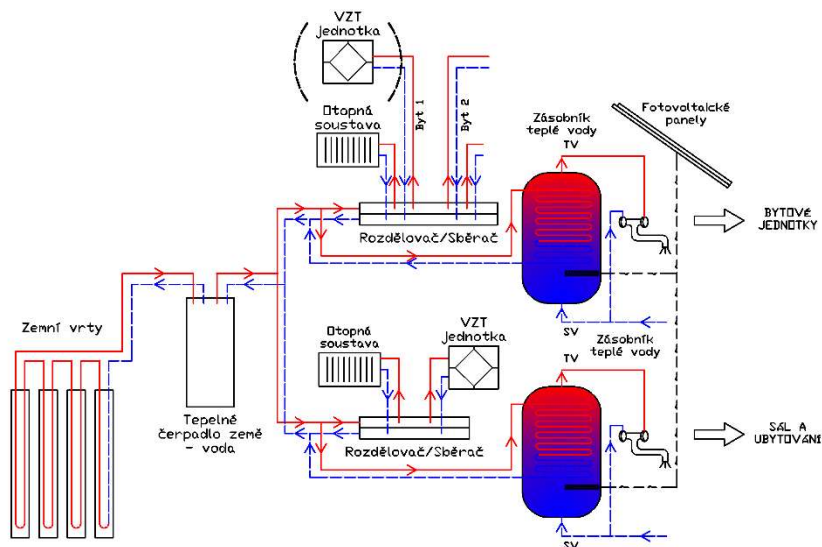
4.5.3 Varianta 3

Vytápění

Zdrojem tepla pro tuto variantu je tepelné čerpadlo země/voda s geotermálními vrty. Viz varianta 1.

Ohřev TV

Teplou vodu zajišťuje tepelné čerpadlo země/voda s dohřevem pomocí fotovoltaických panelů. Tato varianta se oproti variantě 1 liší zapojením dvou zásobníků teplé vody s výměníkem a dohřevem elektropatronou.



Obrázek 49 – Schéma TZB, varianta 3

4.6 Varianty VZT

	VZT	
	BYTY	SÁL A UBYTOVÁNÍ
STÁVAJÍCÍ STAV	přirozené	přirozené
VARIANTA 1	podtlakové větrání v koupelnách a kuchyních	nucené centrální větrání s rekuperací tepla, přívod vzduchu do pokojů, odvod z koupelen, v sále přívod i odvod
VARIANTA 2	nucené pomocí lokální větrací jednotky s rekuperací tepla v obytných místnostech	viz varianta 1

Tabulka 11 – Varianty VZT

4.6.1 Varianta 1

Při zkvalitnění obálky budovy zateplením a výměnou netěsných oken dojde k utěsnění obálky budovy a k nutnosti více větrat.

Pro tuto variantu bylo v každém bytě zvoleno podtlakové větrání odvádějící vzduch z místností se zdrojem škodlivin, a to z hygienických místností a kuchyně. Přívod čerstvého vzduchu se zajistí přívodními větracími otvory integrovanými do oken či zabudovanými v obvodových stěnách. V odvětrávaných místnostech budou navrženy lokální ventilátory s odvodem do společného potrubí a vyústěním nově vzniklými šachtami na střechu objektu. Rozvody potrubí budou schovány do sádkartonového kastlíku a umístěny v rozích místností, aby pouze lokálně snižovaly jejich světlostou výšku.



V prostorách sálu a pokojů pro ubytování je navržené centrální rovnotlaké větrání se zpětným získáváním tepla. V pokojích bude přívod vzduchu zajištěn talířovými ventily do obytné části a odvod z koupelen. Rozvody jsou zajištěny čtyřhranným pozinkovaným potrubím. Sál bude větrán pomocí dvou větví potrubí kruhového průřezu opatřenými dýzami. Potrubí bude vést podél obvodových zdí (jedné přívodní a jedné odvodní) pro zajištění cirkulace vzduchu. Vzduchotechnická jednotka bude umístěna v podkroví objektu v technické místnosti. (viz příloha 10 a 11)

4.6.2 Varianta 2

System podtlakového větrání je sice výhodný z hlediska nižších pořizovacích nákladů a jednoduchosti zařízení, avšak velkou nevýhodou je absence zařízení pro zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu a s tím spojené vyšší náklady na ohřev větracího vzduchu. V bytech jsem proto v druhé variantě navrhla systém nuceného větrání. V případě řešeného objektu bylo nutné zvolit takové řešení, které rapidně nesníží světlou výšku



Obrázek 50 – Oválná flexibilní trubka VZT

místností. Navrženy byly dvě centrální vzduchotechnické jednotky Zehnder ComfoAir Q350 TR, které budou umístěny v technické místnosti každého bytu. Rozvody vzduchu budou zajištěny pomocí oválných flexibilních trubek, které jsou pevné plastové s konstantní výškou 51 mm. Dojde tak pouze k lokálnímu snížení světlé výšky v obytných místnostech. Čerstvý vzduch se bude přivádět z fasády a odvádět zpět na fasádu, přičemž oba vývody jsou od sebe vzdáleny. (viz příloha 10 a 11)

Společenské prostory viz varianta 1.



4.7 Kanalizace a vodovod

Pitná voda je nyní v objektu odebírána z vlastní studny, což je po změně užívání nemožné. Do objektu bude zavedena studená voda vodovodní přípojkou vedoucí na náves. Vodoměrná sestava bude umístěna v technické místnosti většího bytu společně se zásobníkem teplé vody. V objektu bude vedeno potrubí studené vody, teplé vody a cirkulace.

Dešťová voda je svedena ze střechy pomocí stávajících okapních svodů a napojena na dešťovou kanalizaci vedoucí do retenční nádrže umístěné na zahradě objektu. Zadržovaná voda bude částečně využívána na zalévání zahrady a zbytek se pomocí vsakovacího tunelu vsákne do země.

Splaškové vody jsou napojeny na stávající kanalizační přípojkou vedoucí do kanalizačního řádu vesnice. Množství splaškových vod se ale zvýší z důvodu větší obsazenosti objektu, proto je třeba po vykopání kanalizační přípojky ověřit světlost stávajícího potrubí a popřípadě ho nahradit vyhovující světlosti potrubí.

4.8 Výpočty TZB

Výpočet potřeby teplé vody

Předpokladem je, že objekt bude k bydlení využívat trvale 6 osob. V bytových jednotkách budou navrženy lokální elektrické ohříváče TV o objemech 100 l umístěné v koupelnách obou bytů. V případě výběru varianty 2 nebo 3 bude instalován jeden centrální zásobník TV v technické místnosti většího bytu o objemu 120 l. Denní potřeba tepla na přípravu TV je 18,90 kWh/den.

Pro stanovení objemu zásobníku v pronajímatelné části objektu je nutné vypočítat potřebu TV. Uvažuje se se situací plného využití ubytování (20 osob), pro které je předepsaná specifická potřeba teplé vody na lůžko 28 l/den a v případě sálu jde o 25 l/den na místo k sezení, kterých je 70.

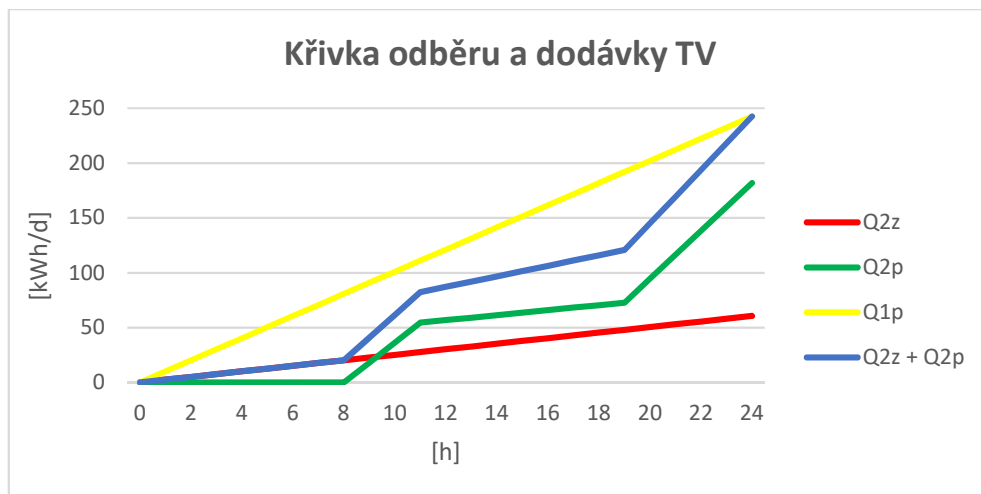


Předpoklad odběru TV:	0:00 – 7:00	0 %
	8:00 – 10:00	30 %
	11:00 – 19:00	10 %
	20:00 – 24:00	60 %

Potřeba TV za časovou periodu: $V_{w,day} = 20 * 0,028 + 70 * 0,025 = 2,35 \text{ m}^3/\text{den}$

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = (1 + z) * Q_{2t} = \frac{(1 + z) * V_{2p} * \rho * c * (t_2 - t_1)}{3600 * 1000}$$

Teplo odebrané z ohřivače TV:	$Q_{2p} = 181,91 \text{ kWh/den}$
Teoretické teplo odebrané z ohřivače TV:	$Q_{2t} = 121,28 \text{ kWh/den}$
Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV:	$Q_{2z} = 60,64 \text{ kWh/den}$
Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV:	$z = 0,5$
Celková potřeba teplé vody:	$V_{2p} = 2,31 \text{ m}^3/\text{den}$
Hustota vody při střední teplotě zásobníku:	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
Měrná tepelná kapacita:	$c = 4200 \text{ J/(kg.K)}$
Teplota studené vody:	$t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Teplota teplé vody:	$t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$



Graf 1 – Spotřeba vody pro společenské prostory

Max. rozdíl mezi odběrem (Q_2) a dodávkou (Q_{1p}) tepla: $Q_{max} = 71 \text{ kWh}$

Objem zásobníku: $V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho * c * (t_2 - t_1)} * 3600 * 1000$

$$V_z = 1,36 \text{ m}^3 = 1357 \text{ l}$$

Návrh zásobníku: **REGULUS RBC 500 HP, objem zásobníku: 1516 l**



Návrh zdroje tepla

Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody – sál: $Q_{TV,r,1} = 30112,58 \text{ kWh/rok}$

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} * d + 0,8 * Q_{TV,d} \frac{55 - t_{svl}}{55 - t_{svz}} (N - d)$$

denní potřeba tepla na přípravu TV

$$Q_{TV,d} = Q_{2P} = 181,91 \text{ kWh/den}$$

počet dnů za rok s teplotou pod 13 °C

$$d = 253$$

teplota studené vody v létě

$$t_{svl} = 15 \text{ °C}$$

teplota studené vody v zimě

$$t_{svz} = 10 \text{ °C}$$

počet dní soustavy v roce

$$N = 130$$

Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody – byty: $Q_{TV,r,2} = 6286,98 \text{ kWh/rok}$

denní potřeba tepla na přípravu TV

$$Q_{TV,d} = Q_{2P} = 18,90 \text{ kWh/den}$$

počet dnů za rok s teplotou pod 13 °C

$$d = 253$$

teplota studené vody v létě

$$t_{svl} = 15 \text{ °C}$$

teplota studené vody v zimě

$$t_{svz} = 10 \text{ °C}$$

počet dní soustavy v roce

$$N = 365$$

Roční potřeba tepla na vytápění:

$$Q_{VYT,r,1} = 5923 \text{ kWh/rok}$$

(vypočteno z NKN)

$$Q_{VYT,r,2} = 2524 \text{ kWh/rok}$$

Výkon potřebný na ohřev vzduchu:

$$V_{p,1} = 3269,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{p,2} = 978,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{VET,r} = V_p * \rho * c * (t_i - t_e) * (1 - \eta)$$

$$Q_{VET,r,1} = 6,5 \text{ kW}$$

$$Q_{VET,r,2} = 2,0 \text{ kW}$$

teplota v exteriéru

$$t_e = -15 \text{ °C}$$

teplota v interiéru

$$t_i = 20 \text{ °C}$$

účinnost VZT jednotky

$$\eta = 0,83 \%$$

Výpočet výkonu zdroje tepla pro ohřev TV, vytápění a větrání:

$$Q_{PŘÍP,1} = 0,7Q_{VET,h} + 0,7Q_{VYT,h} + Q_{TV}$$

$$Q_{PŘÍP,1} = 15,8 \text{ kW}$$

$$Q_{TV,h} = \frac{Q_{2P,1}}{24} + \frac{Q_{2P,2}}{24}$$

$$Q_{TV,h} = 8,4 \text{ kW}$$

$$Q_{VYT,h} = \frac{Q_{VYT,r,1}}{130 * 24} + \frac{Q_{VYT,r,2}}{365 * 24}$$

$$Q_{VYT,h} = 2,2 \text{ kW}$$

$$Q_{PŘÍP,2} = Q_{VYT,h} + Q_{VET,h}$$

$$Q_{PŘÍP,2} = 10,7 \text{ kW}$$

$$Q_{PŘÍP} = \max(Q_{PŘÍP,1}; Q_{PŘÍP,2})$$

$$Q_{PŘÍP} = 15,8 \text{ kW}$$



Návrh tepelného čerpadla IGT GEO G238 (země/voda) s maximálním výkonem 19,7 kW

<u>Návrh počtu geotermálních vrtů:</u>	1 m -> 20 W
potřeba	15825 W
celková délka vrtů	791 m
délka jednoho vrtu	150 m
počet vrtů	5 ks

Výpočet větrání

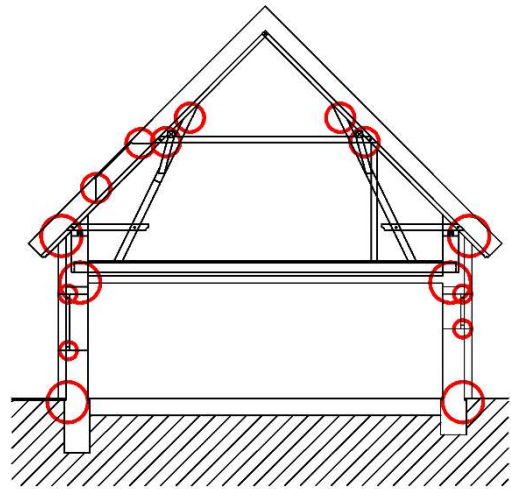
U výpočtů větrání jsem uvažovala se stejnou situací jako v případě návrhu zásobníku TV, systém se navrhuje pro 6 osob v bytech, 20 osob v pokojích a 70 osob ve společenském sále. Požadavky na množství přiváděného/odváděného vzduchu obytných budov jsou stanoveny dle ČSN EN 15655-Z1, tedy 25 m³/hod na osobu a minimální hodnoty nárazového větrání v kuchyni 100 m³/hod, na WC 25 m³/hod a v koupelně 90 m³/hod. Ve společenském sále bude počítáno s množstvím 50 m³/h čerstvého vzduchu na osobu, jelikož se zde bude nejen jíst, ale i tancovat. Do pokojů v podkroví bude vzduch přiváděn nad vstupními dveřmi každého pokoje a částečně odváděn v koupelnách a částečně na chodbě podkroví. Opět je počítáno s množstvím 25 m³/h na osobu.

Pro společenské prostory bude tedy navržena jedna vzduchotechnická jednotka umístěna v technické místnosti v podkroví. Konkrétně se jedná o jednotku Atrea Duplex Multi 5000 s maximálním výkonem 6400 m³/h. Jednotka obsluhuje jak pokoje v podkroví, tak i společenský sál, kuchyň a hygienické zázemí pro hosty, ve kterém se bude vzduch pouze odvádět a vznikem podtlaku dojde k přívodu vzduchu pod dveřmi ze sálu.

Do každého bytu budou instalovány dvě centrální vzduchotechnické jednotky Zehnder ComfoAir Q350 TR, každá s výkonem 350 m³/h a rekuperačním výměníkem s maximální účinností 92 %. (viz příloha 10 a 11)

4.9 Koncepce HVV

Při renovaci objektu je třeba myslet také na zajištění hlavní vzduchotěsnící vrstvy (dále jen HVV). Klíčovým požadavkem na HVV je zajištění její spojitosti, a to především v místech, kde se jednotlivé konstrukce stýkají – ve stavebních detailech. Na obrázku 50 jsou znázorněna místa, kde by vlivem geometrických a konstrukčních komplikací mohlo dojít k narušení spojitosti HVV a vzniku netěsností. Níže jsou řešené možnosti umístění HVV v jednotlivých detailech.



Obrázek 51 – Identifikace rizikových míst HVV

Sokl – HVV může být umístěna jak z interiérové strany, tak z exteriérové. Interiérová strana zajistí HVV v podobě hydroizolační vrstvy přecházející ve vnitřní omítku. Do exteriéru je HVV přenesena hydroizolací, které se napojuje na původní vnější omítku. Ta se však musí zkontrolovat a popřípadě vyspravit, aby se zajistila její celistvost.

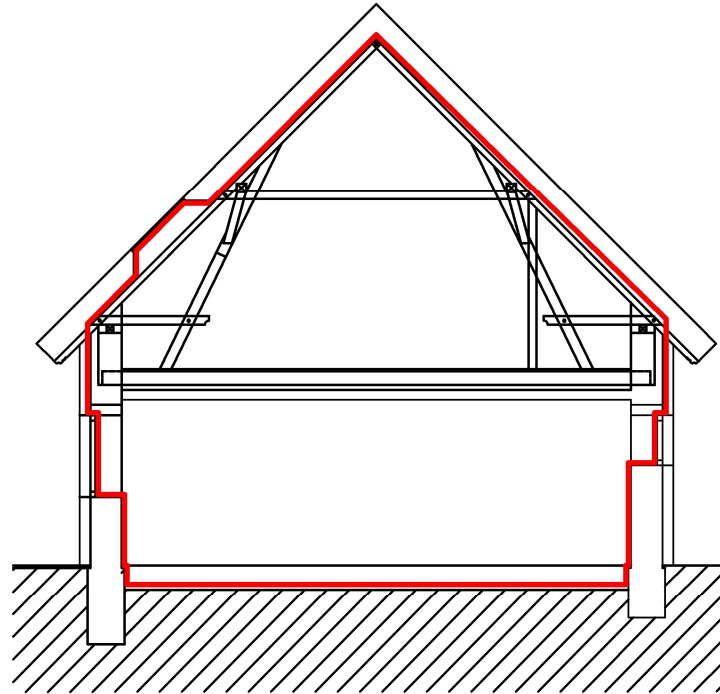
Výplně otvorů – HVV je vhodné umístit do interiéru. V místě parapetu i v místě nadpraží ji zajišťuje vnitřní těsnící páska, která je parotěsná. Tato páska je v obou případech napojena na omítku. V místě nadpraží může dojít k tzv. zpětnému spoji HVV, která se následně dostane na vnější stranu konstrukce (původní omítky – vyspravená). V místě bez výplně otvorů lze předpokládat, že oboustranně omítnuté zdivo tloušťky 600 mm je vzduchotěsné a HVV se může přesunout na vnější stranu.

Spoj obvodová stěna – strop – Tento detail je při zachování stávající stropní konstrukce a vazného trámu krovu obtížně řešitelný s HVV v interiéru. Umístěním HVV z exteriérové strany se vyhneme komplikacím. Funkci HVV bude plnit původní vyspravená vnější omítky.

Krov – Napojení ležaté stolice, vaznice a kleštin na krokve jsou detaily, které by narušovaly spojitost HVV při vnitřní straně. V tomto případě je tedy nutné přesunout HVV až nad krokve.



Na obrázku 51 je řez objektu s vyznačeným umístěním HVV pomocí červené křivky. Detailněji viz příloha 4 – 9.



Obrázek 52 – Vyznačení hlavní vzduchotěsnící vrstvy

4.10 Konstrukce z hlediska akustiky

Stropy

Požadavky na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost stanovuje norma ČSN 73 0532 [23]. Na stropy bytů je požadavek vzduchové neprůzvučnosti $R'_{w} = 53$ dB a kročejové neprůzvučnosti $L'_{n,w} = 55$ dB. V současné době je strop nad obytnou částí tvořen Hurdis deskami, vazným trámem a dřevěným záklopem, který ale není v dobrém stavu, proto se odstraní a po celé ploše stropu je navržena nová skladba podlahy. Součástí této skladby je zásyp Liapor a minerální vata tl. 20 mm, které zajistí požadavky na zvukovou izolaci. Restaurace a provozovny s provozem i po 22.00 h ($L_{Amax} \leq 85$ dB) mají požadavek vzduchovou neprůzvučnosti $R'_{w} = 62$ dB a kročejové neprůzvučnosti $L'_{n,w} = 48$ dB.



Stěny

Stěny mezi byty mají požadavek vzduchové neprůzvučnosti $R'_w = 53$ dB. Ty jsou částečně z lomového kamene tl. 600 mm a částečně z cihly plné pálené tl. 150 mm. U silnějšího zdiva je předpoklad splnění požadavku na vzduchovou neprůzvučnost. U slabší stěny se počítá s instalací desky WOLF, která většinu zvukových vln pohltil.



Obrázek 53 – Skladba příček mezi pokoji

Požadavek vzduchové neprůzvučnosti stěn mezi pokoji v bytovací část je $R'_w = 47$ dB, kterou by měla zajistit skladba příček z hliněných desek, viz obrázek 52. Restaurace a provozovny s provozem i po 22.00 h ($L_{Amax} \leq 85$ dB) mají požadovanou vzduchovou neprůzvučnost stěn $R'_w = 62$ dB.

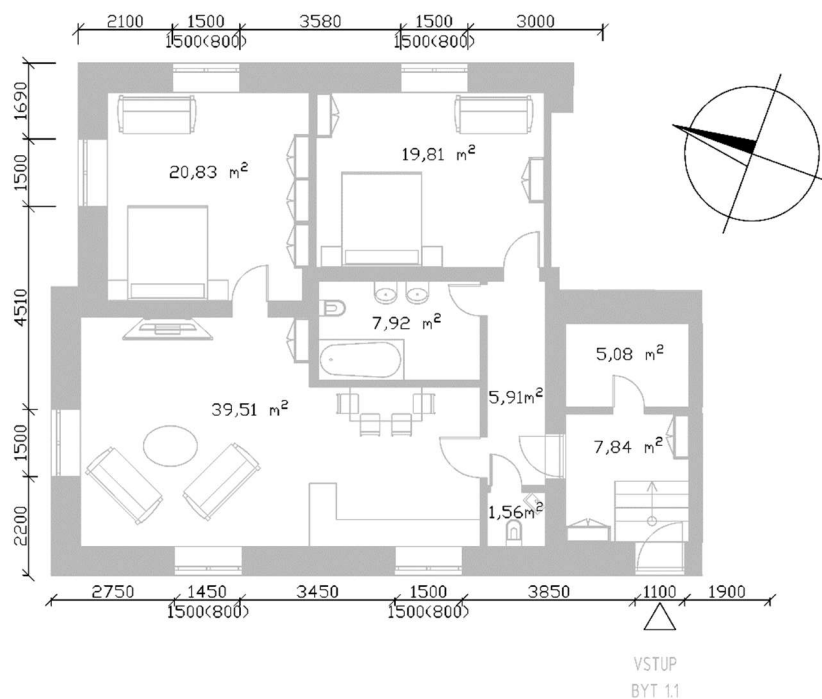
Na obvodové stěny a střechu společenského sálu budou proto použity desky WOLF, nejen z toho důvodu, aby hluk z večerní zábavy nerušil okolí vesnice. Samotné zdivo v tloušťce 600 mm má $R'_w = 60$ dB, proto je vhodné na interiérovou stranu zdiva aplikovat desku Wolf v tl. 15 mm, která uvádí zlepšení akustických vlastností o 4 dB. Největší tloušťka desky WOLF bude na stěně krajního pokoje sousedícího se společenským sálem. Mezi společenské prostory a bytovou jednotku bylo umístěno hygienické zázemí pro hosty, aby nedošlo ke sdílení jedné stěny těmito prostory a požadavky na vzduchovou neprůzvučnost byly splněny.

4.11 Posouzení proslunění bytů

V bytových jednotkách se rozměry ani půdorysná poloha oken neměnila. V případě výměny stávajících oken za okna dřevěná s izolačním trojsklem dojde pouze k jeho posunutí na vnější líc nosné stěny.



Velký vliv na dobu proslunění má orientace ke světovým stranám. Okna každého bytu jsou orientována nejméně na dvě světové strany, a to převážně na východ a západ. Okna na severní stranu se při výpočtu proslunění nezohledňují. [24] Požadavky na proslunění jsou uvedeny v ČSN 73 4301 a byly zmíněny v kapitole 4.3.3. Při výpočtu proslunění bytu se uvažuje pouze s obytnými místnostmi. Kromě podmínky, která udává, že součet prosluněných obytných místností musí být roven nejméně 1/3 obytné plochy bytu, musí být také splněna podmínka, že plocha osvětlovacího otvoru musí být větší nebo rovna než jedna desetina obytné plochy místnosti. [13]



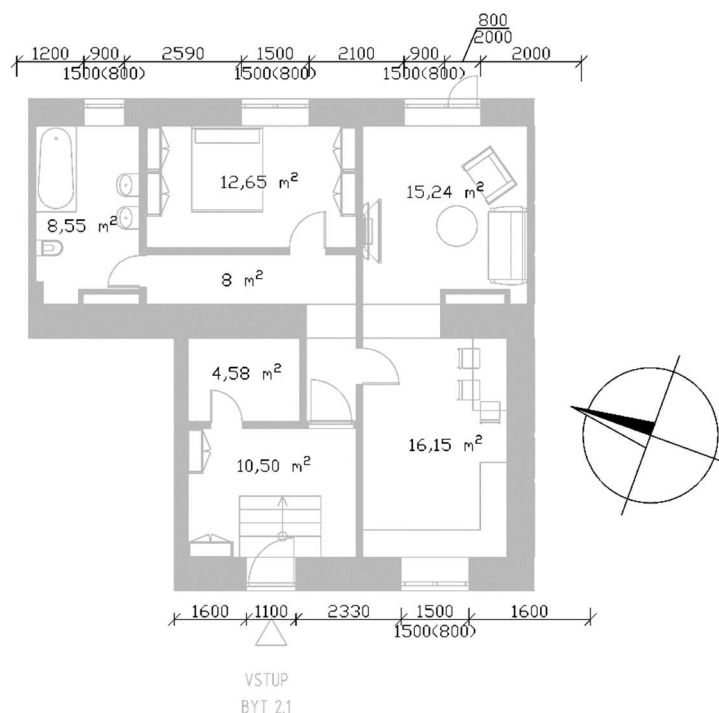
Obrázek 54 – Půdorys bytu 1.1

Místnost	Obytná místnost	Plocha (m ²)	Velikost osvětlovacích otvorů	Porovnání s 0,1 plochy místnosti	Kontrolní bod
Kuchyně + obýv. pokoj	ano ≥ 12 m ²	39,5	2*1,5*1,5 = 4,5	4,5 > 0,1*39,5 =3,95	ANO
Ložnice 1	ano ≥ 8 m ²	20,83	1,5*1,5 = 2,25	2,25 > 0,1*20,83 =2,08	ANO
Ložnice 2		19,81	1,5*1,5 = 2,25	2,25 > 0,1*19,81 =1,98	ANO
Σ obytných místností:		80,14		1/3 obytné plochy:	26,71

Tabulka 12 – Ověření proslunění bytu 1.1



Byt 1.1 je prosluněn. Ve všech obytných místnostech se nachází nejméně jedno okno 1,5 x 1,5 m, které je dostatečně velké na to, aby byl byt prosluněn.



Obrázek 55 – Půdorys bytu 1.2

Místnost	Obytná místnost	Plocha (m ²)	Velikost osvětlovacích otvorů	Porovnání s 0,1 plochy místnosti	Kontrolní bod
Kuchyně	ano ≥ 12 m ²	16,15	1,5*1,5 = 2,25	2,25 > 0,1*16,15 =1,61	ANO
Obývací pokoj	ano ≥ 8 m ²	15,24	0,8*2 + 0,9*1,5 = 2,95	2,95 > 0,1*15,24 =1,52	ANO
Ložnice		12,65	1,5*1,5 = 2,5	2,25 > 0,1*12,65 =1,26	ANO
Σ obytných místností:		44,04		1/3 obytné plochy:	14,68

Tabulka 13 – Ověření proslunění bytu 1.2

Z tabulky 14 je patrné, že i byt 1.2 je prosluněn.

V podkroví je denní osvětlení zajištěné novými střešními okny o rozměrech 0,9 x 1,4 m. Šířka oken byla stanovena dle vzdálenosti kroků tak, aby se nemusela provádět kroková výměna. V každém pokoji jsou navrženy minimálně dvě střešní okna. Dále jsou střešní okna navržena nad chodbou v podkroví a nad společenským sálem. Celkem je v objektu navrženo 26 střešních oken.



4.12 Letní přehřívání a stínění objektu

U novostaveb je v dnešní době velkým tématem také letní přehřívání budov. U starších objektu však k letnímu přehřívání tolik nedochází, a to hned z několika důvodů. Rozměry oken jsou oproti současné výstavbě menší a solární zisky procházející průsvitnými konstrukcemi jsou nižší. K obraně proti letnímu přehřívání také přispívá tloušťka obvodového zdiva s vyšší tepelnou kapacitou. Jedná se o hmotu s velkou tepelnou akumulací, kterou slunce přes den ohřeje, teplo se do ní naakumuluje a přes noc se vyvětrá. Z tohoto důvodu v objektu dále nebyla řešena ani stínící technika. Pokud by však majitel stínící techniku žádal, jako nejúčinnější bych doporučila venkovní žaluzie.



5 Energetická náročnost budovy

Jedním z hlavních cílů této diplomové práce je zrenovovat venkovský statek tak, aby splňoval požadavky na energetickou náročnost budovy. Nejprve je však nutné vyhodnotit energetickou náročnost stávajícího stavu budovy a dále hledat optimální varianty řešení k renovaci. Varianty řešení budou posouzeny při výpočtu Průkazu energetické náročnosti budov.

Požadavky na energetickou náročnost budovy stanovuje vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budovy a jsou určeny jak pro nové budovy a budovy s téměř nulovou spotřebou energie, tak pro větší změny dokončené budovy a jiné než větší změny dokončené budovy. Pojem průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) je definován v zákoně č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. [25]

Výpočty ENB byly pro tuto diplomovou práci provedeny ve výpočetním nástroji NKN – Národní kalkulační nástroj II. NKN zpracovává PENB podle požadavků zákona 406/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky 78/2013 Sb. ve znění vyhlášky 230/2015 Sb. NKN používá okrajové podmínky podle TNI 730331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet. Výstupy z tohoto programu jsou součástí příloh na CD.

5.1 ENB stávajícího stavu objektu

Před výběrem vhodné varianty opatření renovace se vyhodnotí energetická náročnost stávající budovy. Při tomto výpočtu se bude zohledňovat pouze stávající bytová část. Ostatní prostory nejsou dostatečně uzavřené, proto je můžeme klasifikovat jako venkovní prostor. Bude se tedy jednat o jednu zónu s celkovou energeticky vztažnou plochou 245 m².

Vyhodnocení

Klasifikace budovy dle energetické náročnosti: G (mimořádně neekonomická)

Průměrný součinitel prostupu tepla: $U_{em} = 1,55 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{em,R,N,20} = 0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$



Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou stávající budovy je téměř čtyřikrát vyšší než u referenční budovy. Požadavek normy ČSN 73 0540-2: $U_{em} \leq U_{em,N,20}$ tedy není splněn. Průměrným součinitelem prostupu tepla je výrazně ovlivněna potřeba energie na vytápění a tím i celá dodaná energie do budovy.

Měrná dodaná energie:

$$E_{p,A} = 722,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$E_{p,A,R} = 265,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

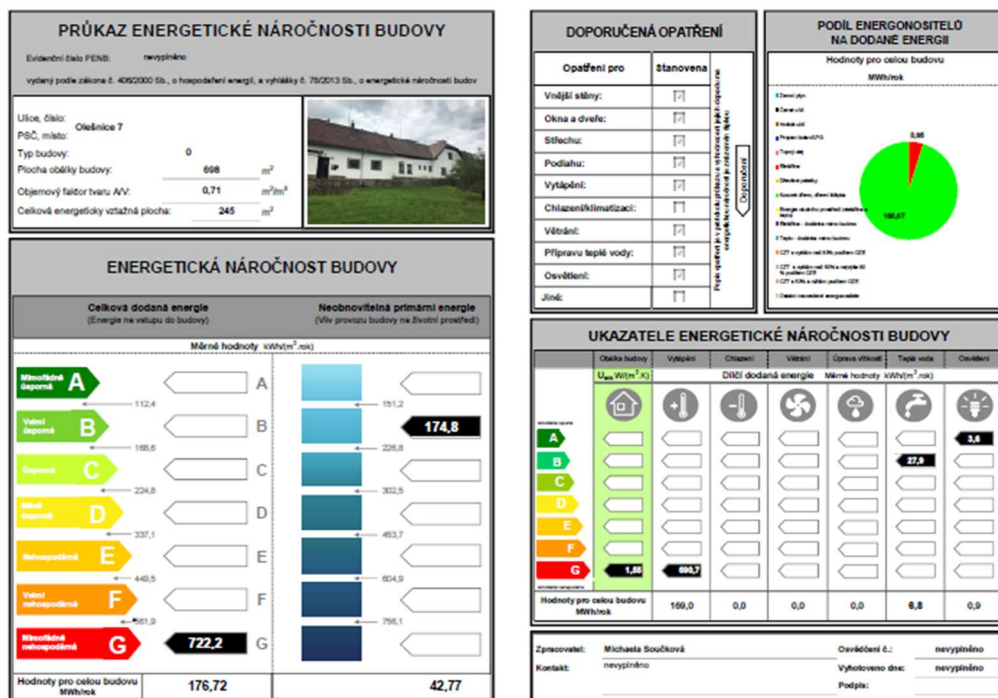
Dílčí dodané energie jsou v budově zastoupeny systémem vytápění, ohřevem vody a osvětlením. Nejvíce energie je dodáno na systém vytápění s 690,7 kWh/(m²a). Lépe hodnocené dílčí dodané energie jsou na ohřev vody 27,9 kWh/(m²a) a na osvětlení 3,6 kWh/(m²a).

Měrná neobnovitelná primární energie:

$$E_{p,NA} = 174,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$E_{p,NA,R} = 346,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Jedním z hlavních ukazatelů při posuzování energetické náročnosti budov je neobnovitelná primární energie. Její množství udává vliv provozu budovy na životní prostředí. Pro snížení hodnoty je třeba snížit potřebu tepla na vytápění. Pro řešený objekt je měrná neobnovitelná primární energie nižší než pro referenční budovu, což je způsobené především používáním kotle na tuhá paliva.



Obrázek 56 – Průkaz energetické náročnosti st. stavu

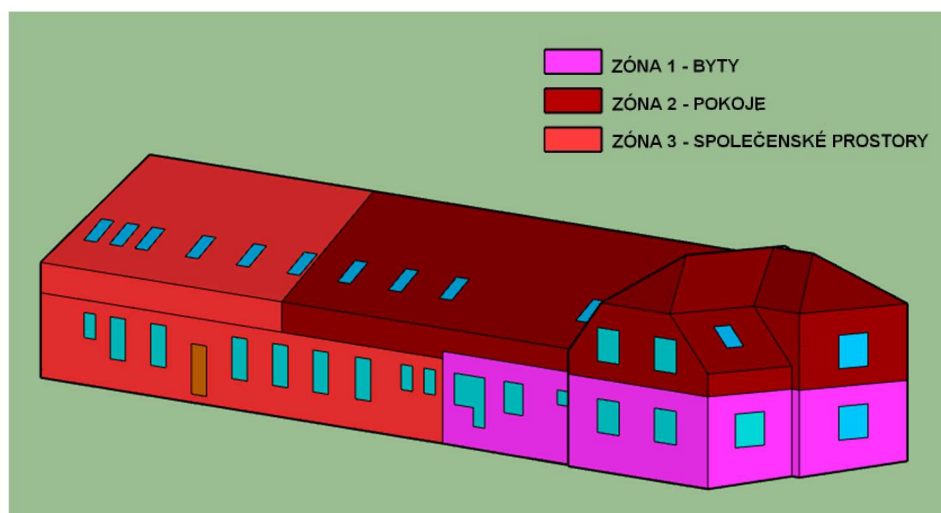


5.2 ENB variant opatření – vstupní údaje

Počet zón:	3 (byty, pokoje, společenské prostory)
Objem budovy:	4257 m ³
Celková plocha obálky budovy:	1965 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V:	0,46
Celková energeticky vztažná plocha:	820

Přesto že se v celém objektu uvažuje se stejnou teplotou 20 °C, objekt byl rozdělen na tři zóny, a to na 1 – byty, 2 – pokoje a 3 – společenské prostory. Důvodem zónování objektu je jejich odlišný režim užívání. Bytové jednotky se budou využívat nepřetržitě, za to pokoje a společenské prostory budou využívány pouze o víkendech, konkrétně od pátku 14:00 do neděle 14:00. Rozdíl mezi zónami 2 a 3 je dále ve vlastnostech vnitřního prostředí, jelikož se zóna 3 – společenské prostory musí více větrat a je zde větší obsazenost lidí než v zóně 2.

Pro snadnější zadávání údajů, např.: objemů a ploch, do programu Národní kalkulační nástroj byl vytvořen 3D model budovy. Na modelu jsou barevně znázorněny jednotlivé zóny a nevytápěný prostor.



Obrázek 57 – 3D model usnadňující vypracování PENB

[Zdroj: Autor]



5.3 Posouzení variant opatření

V této kapitole jsou posuzovány uvedené varianty opatření obálky budovy, vytápění a ohřevu TV a VZT. Před samotným výpočtem ENB se vytvoří jejich kombinace, které se vyhodnotí na základě hodnotících parametrů. Hodnocené parametry jsou zobrazeny v grafech níže.

Porovnávané varianty opatření

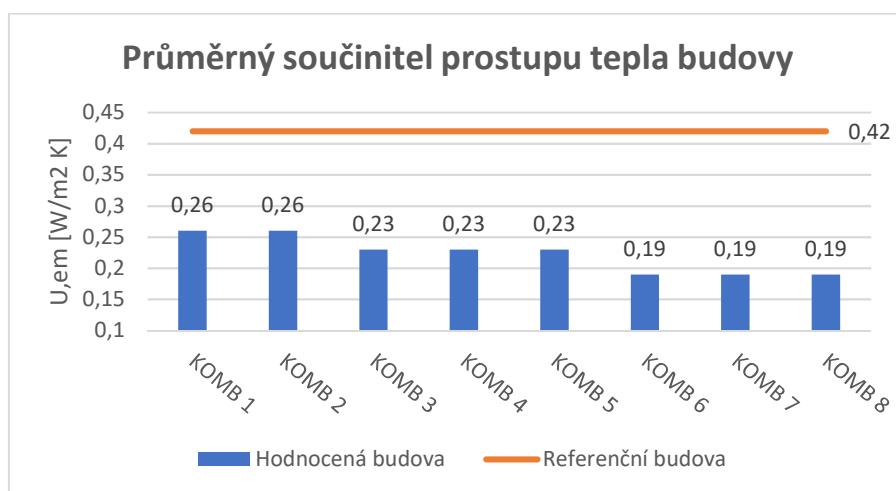
- | | | |
|---|----|--------|
| 1) Varianta 1 + Varianta 1 VYT, TV + Varianta 1 VZT | -> | KOMB 1 |
| 2) Varianta 1 + Varianta 2 VYT, TV + Varianta 1 VZT | -> | KOMB 2 |
| 3) Varianta 2 + Varianta 1 VYT, TV + Varianta 2 VZT | -> | KOMB 3 |
| 4) Varianta 2 + Varianta 2 VYT, TV + Varianta 2 VZT | -> | KOMB 4 |
| 5) Varianta 2 + Varianta 3 VYT, TV + Varianta 2 VZT | -> | KOMB 5 |
| 6) Varianta 3 + Varianta 1 VYT, TV + Varianta 2 VZT | -> | KOMB 6 |
| 7) Varianta 3 + Varianta 2 VYT, TV + Varianta 2 VZT | -> | KOMB 7 |
| 8) Varianta 3 + Varianta 3 VYT, TV + Varianta 2 VZT | -> | KOMB 8 |

V následující tabulce jsou shrnuty výsledky jednotlivých energetických parametrů pro každou kombinaci. Z tabulky 15 je patrné, že všechny navržené varianty opatření vedou k radikálnímu zlepšení všech hodnot, tím pádem i k úspoře energie.



		Energetická náročnost	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/m ² .K]	Měrná dodaná energie do budovy [kWh/m ² .rok]	Měrná neobnovitelná primární energie [kWh/m ² .rok]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m ² .rok]
Stávající stav	Referenční b.	G	0,42	265,2	346,9	194,1
	Hodnocená b.		1,55	722,2	174,8	690,7
KOMB 1	Referenční b.	B	0,42	129,4	225,3	36,2
	Hodnocená b.		0,26	68,8	111,6	22,4
KOMB 2	Referenční b.	B	0,42	133,6	231,1	36,2
	Hodnocená b.		0,26	84,1	84,6	24,8
KOMB 3	Referenční b.	B	0,42	121,7	216,8	30
	Hodnocená b.		0,23	56,9	104,6	10
KOMB 4	Referenční b.	B	0,42	127,5	224,3	30
	Hodnocená b.		0,23	85,5	85,9	11
KOMB 5	Referenční b.	B	0,42	130,2	226,4	30
	Hodnocená b.		0,23	63,8	100,2	10
KOMB 6	Referenční b.	A	0,42	121,7	216,8	30
	Hodnocená b.		0,19	52,3	99,6	6,4
KOMB 7	Referenční b.	B	0,42	127,5	224,3	30
	Hodnocená b.		0,19	79,3	83,8	7,1
KOMB 8	Referenční b.	B	0,42	121,6	217,8	30
	Hodnocená b.		0,19	63,4	90,1	6,4

Tabulka 14 – Porovnání energetických parametrů jednotlivých kombinací

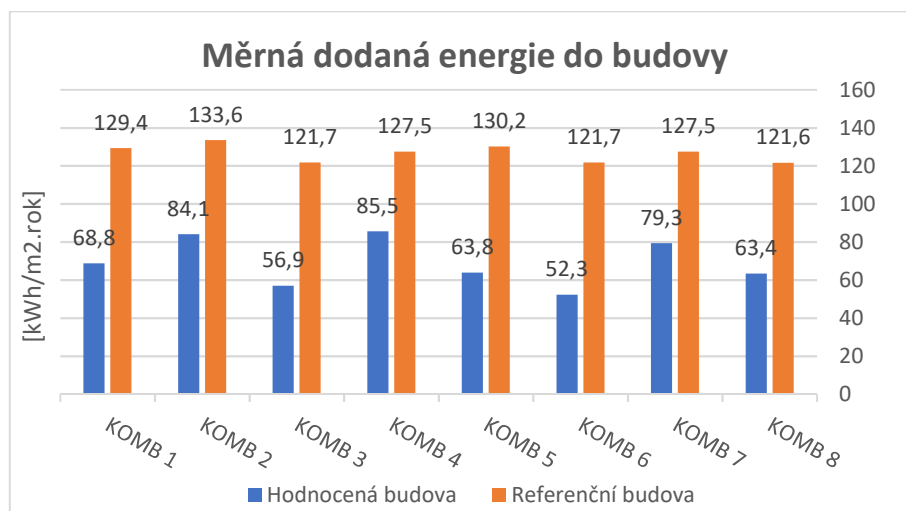


Graf 2 – Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých kombinací

Z grafu 2 lze vyčíst, že průměrný součinitel prostupu tepla charakterizující tepelné vlastnosti stavebních konstrukcí obálky budovy je u všech kombinací téměř o polovinu lepší než u referenční budovy s normovými požadavky $U_{N,20}$.



Při renovaci dochází ke snížení spotřeby energie v budově, a tedy i k snížení spotřeby primární energie (celkové i neobnovitelné). Ukazatel měrné neobnovitelné primární energie ale nemá vliv na zařazení budovy do klasifikační stupnice. Pro nízkoenergetické domy není stanovena hraniční hodnota. Pro pasivní budovy je hranice 60 kWh/m²a, pod kterou se dostaly kombinace 3 a 6 a může být tedy označeny za pasivní budovu.



Graf 3 – Měrná dodaná energie jednotlivých kombinací

Měrné hodnoty jsou vztažené na energeticky vztahnou plochu budovy, proto můžeme porovnávat tento parametr původního stavu objektu, který počítal pouze s částí objektu s jednotlivými kombinacemi z celého objektu. Tabulka 16 ukazuje, kolik procent energie na m² energeticky vztahné plochy jednotlivé kombinace ušetří.

	Měrná dodaná energie do budovy [kWh/m ² .rok]	Úspora energie
Původní stav	722,2	-
KOMB 1	68,8	90 %
KOMB 2	84,1	88 %
KOMB 3	56,9	92 %
KOMB 4	85,5	88 %
KOMB 5	63,8	91 %
KOMB 6	52,3	93 %
KOMB 7	79,3	89 %
KOMB 8	63,4	91 %

Tabulka 15 - Procentuální vyjádření úspor energie oproti stavu před renovací



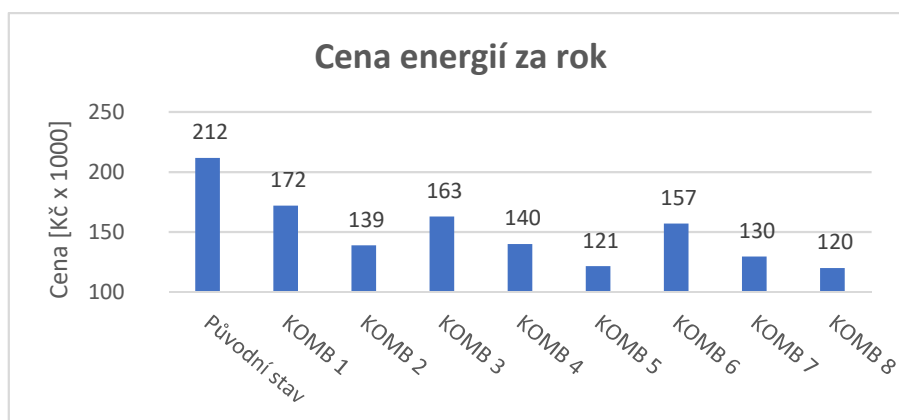
Pro majitele objektu by však bylo názornější převést tyto údaje na finance, aby měl reálnou představu, s jakým výdajem na energie má po renovaci počítat a jak se tato částka změní oproti výdajům na energie ve stávajícím stavu objektu. V následující tabulce jsou shrnuty ceny využívaných energií.

Palivo	Výhřevnost MJ/kg	Cena	
		kč/kg	kč/kWh
Dřevo (borovice)	13,6	3,5	0,93
Dřevěné pelety	16,5	5,5	1,20
Elektrická energie	-	-	4,55

Tabulka 16 – Ceny energií

	Roční spotřeba energie (mimo energie z okolního prostředí) [MWh/rok]			Cena [Kč x 1000/rok]
	Dřevo	Dřevěné pelety	Elektrická energie	
Původní stav	186,07		8,65	212
KOMB 1			37,8	172
KOMB 2		28,6	23,0	139
KOMB 3			35,8	163
KOMB 4		27,8	23,4	140
KOMB 5			26,7	121
KOMB 6			34,5	157
KOMB 7		19,63	23,3	130
KOMB 8			26,4	120

Tabulka 17 – Spotřeba energií a provozní náklady

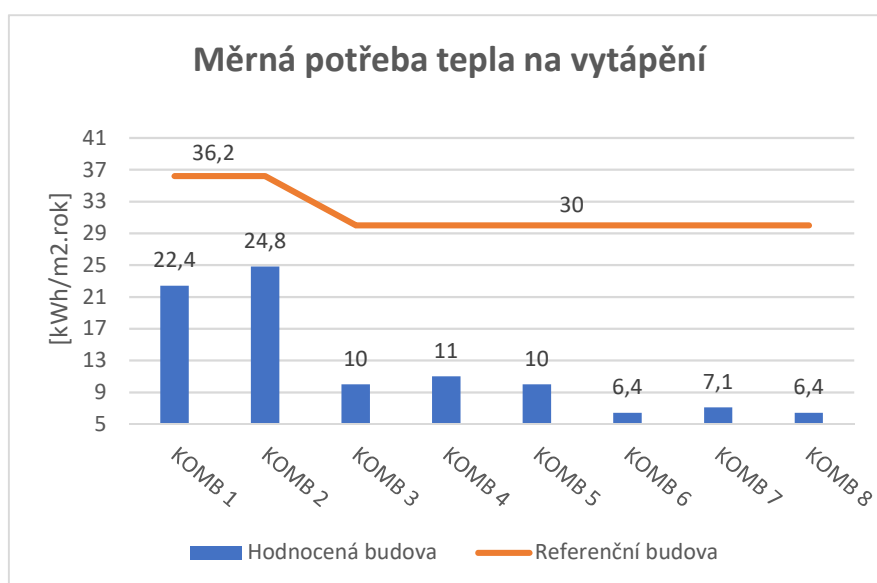


Graf 4 – Provozní náklady



Je zřejmé, že po renovaci objektu budou provozní náklady nižší než na objekt ve stávajícím stavu, a to i přesto, že se bude využívat celý objekt oproti nyníjší části využívané na bydlení. V kombinacích 1, 3, 5, 6 a 8 mohou být ještě provozní náklady sníženy o elektrickou energii dodanou mimo budovu, kterou majitel může prodat do veřejné sítě.

Také měrná potřeba tepla na vytápění je při použití pasivních hodnot součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí velmi nízká. Z grafu 5 je vidět, že nejvíce tento parametr ovlivní způsob větrání objektu. V kombinaci 1 a 2 se objekt větrá pouze podtlakově a není zde žádné zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu. V dalších kombinacích už se počítá se ZZT s účinností 92 %. Malé navýšení hodnoty je také u kombinace 4 a 7, jelikož se zde vytápí kotlem na dřevěné pelety, který nemá 100% účinnost jako tepelné čerpadlo.



Graf 5 – Měrná potřeba tepla na vytápění jednotlivých kombinací

5.4 Vyhodnocení investičních nákladů

Finanční náročnost je jedním z rozhodujících faktorů při renovaci objektu. Je zapotřebí zhodnotit počáteční investice i provozní náklady v průběhu užívání stavby, kterými se zabývala předchozí kapitola. Níže uvedené ekonomické zhodnocení je pouze orientační. S finanční náročností se také pojí možnosti získání dotací na renovaci. Dotacím je věnována kapitola 6.



5.4.1 Investiční náklady

Orientační investiční náklady na renovaci vychází z celkových nákladů na jednotkovou plochu konstrukcí. V této kapitole bude posuzována varianta opatření KOMB 6, která vyšla z průkazu energetické náročnosti budovy jako nejlepší z hlediska úspory energie. Posuzovány budou pouze ceny za materiál, cena za práci se může velmi lišit a majitel pohybující se v podobném oboru je schopen částečně renovovat svépomocí.

Zateplení obvodové stěny a podlahy

	materiál	MJ	množství	ceníková cena bez DPH	cena celkem bez DPH	Plocha konstrukcí (m ²)	Cena na celou plochu (Kč)
Obvodová stěna	systém NEW - THERM (zateplení + lepidlo + perlínka + penetrace + omítka) tl. 180 mm	m ²	1	1372	1372	697,9	957 518,80
Podlaha na terénu	podlahové desky Fermacell	m ²	1	325	325		
	minerální vata tl. 20 mm	m ²	1	61	61		
	sádrovláknitá deska tl. 10 mm	m ²	1	117	117		
	ovčí vlna tl. 280	m ²	1	530	530		
	dřevěné expandéry	m ²	1	206,25	206,25		
	hydroizolační fólie	m ²	1	118,2	118,2		
	penetrace Dekprimer	l	0,3	35,9	10,77		
	nová betonová deska	m ²	1	240	240		
	CELKEM					1608,22	575,2
Střešní konstrukce	střešní krytina	m ²	1	299	299		
	latě a kontralatě	bm	2	13,35	26,7		
	hydroizolace	m ²	1	45	45		
	dřevovláknitá deska	m ²	1	272	272		
	ovčí vlna tl. 400	m ²	1	758	758		
	parozábrana	m ²	1	18	18		
	bednění	m ²	1	151	150,984		
	CELKEM					1569,684	729,3

Tabulka 18 – Orientační nacenění zateplení obvodových stěn a podlah



Výměna zdroje tepla

Kotel na pevná paliva byl vyměněn za tepelné čerpadlo země/voda. Jeho cena je opět orientační, může se měnit především z důvodu obtížnosti vyvrtání zemních vrtů do terénu. Geologický průzkum v místě objektu není k dispozici. Počítá se také s pořízením fotovoltaických panelů pro dohřev teplé vody a výrobu elektřiny na ploše 30 m², tzn. 19 ks.

Náklady na realizaci zdroje tepla:

Tepelné čerpadlo (země/voda)	250 000 Kč
Centrální zásobník na přípravu TUV	40 000 Kč
Lokální zásobník na přípravu TUV 2x	22 000 Kč
Fotovoltaické panely	57 000 Kč
<u>Instalace a montáž</u>	<u>100 000 Kč</u>
CELKEM:	469 000 Kč





Náklady na zateplení a renovaci zdroje tepla se především z důvodu velikosti objektu blíží téměř ke 3 500 000 Kč. Ekonomické zhodnocení by se dále dalo rozšířit a vypočítat dobu návratnosti. V tomto objektu je však spousta faktorů, které by se musely porovnat. Především je obtížné srovnávat stávající stav objektu s nižší využívanou plochou, než je navrhovaný stav, kde se využívá veškerá plocha objektu. Dalším faktem je, že majitel bude část objektu pronajímat, z čehož získá určité finance zpět a doba návratnosti se tudíž sníží. Výpočet doby návratnosti není součástí této diplomové práce.

6 Možnosti získání podpory z dotací

V současné době je možnost využít na financování renovace objektu podporu z dotačních programů. Každý dotační program se soustřeďuje na jiný druh objektu (viz obrázek 56), ale řešený objekt jako celek nespadá ani do jedné z kategorií. [29] Jedná se totiž o stavbu pro podnikatelské účely, přesto že část objektu slouží k bydlení. Pokud by majitel objektu chtěl žádat o finanční podporu na renovaci, musel by objekt rozdělit na dvě části, které by byly zkolaudovány zvlášť. Dotační program by se poté vztahoval pouze na bytovou část objektu, která by spadala do kategorie Rodinné domy. Dotačním programem by tedy byla Nová zelená úsporám (NZÚ) a Kotlíkové dotace. Jedná se o programy Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR, které se zaměřují na úspory energie v rodinných a bytových domech. Druhá část objektu nespadá kvůli konkurenceschopnosti do žádného dotačního programu.

O dotaci z programu můžou žádat vlastníci nebo stavebníci rodinných domů, jak fyzické osoby, tak i právnické osoby. Podpořená opatření je třeba dokončit do 24 měsíců ode dne akceptace žádosti. [28]

ŠANCE PRO BUDOVY

Situace v České republice		 Rodinné domy	 Bytové domy	 Veřejné budovy	 Komerční budovy
Renovace Praha	Nová zelená úsporám	Nová zelená úsporám	OPŽP OP Praha		
Renovace mimo Prahu	Nová zelená úsporám	IROP	OPŽP	OP PIK	
Novostavba	Nová zelená úsporám	Nová zelená úsporám	OPŽP (mimo Prahu)	OP PIK (mimo Prahu)	
Výměna zdroje	OPŽP (kotlíkové dotace) Nová zelená úsporám	IROP Nová zelená úsporám	OPŽP	OP PIK (mimo Prahu)	
Ostatní		Panel 2013+ Jessica (IPRM)	Efekt	Efekt	

Obrázek 58 – Programy finanční podpory pro renovace v ČR

[Zdroj: http://sanceprobudovy.cz/wp-content/uploads/2018/04/brozura_energeticky_usporne-renovace_a_adaptace_budov_na_zmenu_klimatu_spb.pdf]



Další dotační program, který lze využít je tzv. Dešťovka. Cílem tohoto programu je motivovat vlastníky a stavebníky rodinných a bytových domů v celé ČR k udržitelnému a efektivnímu hospodaření s vodou a snížit tak množství odebírané pitné vody z povrchových a podzemních zdrojů. V současné době probíhá 2. dotační výzva. [31]

Zateplení objektu

Část programu týkající se zateplení objektu se vztahuje jak na samotné zateplení obálky budovy, tak i na výměnu oken a dveří. Výše dotace závisí na ploše zateplované konstrukce na obálce budovy. Platí, že čím více opatření vedoucích k úspoře energie se provede, tím vyšší částka se získá. Získaná částka může dosahovat až 50 % celkových způsobilých výdajů, nejvýše však 550 000 Kč.

Podle dosažených energetických parametrů budovy po realizaci úsporných opatření se oblast podpory A (zateplení objektu) dělí na čtyři podoblasti podpory: A.0, A.1, A.2 a A.3.

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	A.0	A.1	A.2	A.3
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci	E_A [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	bez požadavku	≤ 90	≤ 55	≤ 35
nebo			nebo		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]		≤ 0,95 $U_{em,R}$	≤ 0,85 $U_{em,R}$	≤ 0,75 $U_{em,R}$
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	$U \leq 0,9 \cdot U_{rec}$	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění E_A oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20 % ≥ 10 % ²⁾	≥ 40 %	≥ 50 %	≥ 60 %
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla splňující podmínky pro podoblast C.4 ¹⁾	[-]	Ne	Ne	Ne	Ano

Obrázek 59 – Požadované parametry podoblastí A.0, A.1, A.2 a A.3

[Zdroj: <https://archiv.novazelenausporam.cz/podminky-oblasti-podpory-a-3-vyzva/index.htm>]



Dle tabulky na obrázku 57 patří část objektu sloužící k bydlení do podoblasti A.3, tedy kromě kombinací 1 a 2, ve kterých se počítá pouze s nárazovým podtlakovým větráním bez ZZT. Jelikož jsou plochy jednotlivých částí obálky budovy známy již z výpočtového 3D modelu, který byl použit při výpočtu ENB, může se stanovit výše dotací na zateplení objektu.

Typ konstrukce	A.3 (Kč/m ²)	Plochy konstrukcí (m ²)	Dotace na konstrukci (Kč)
Obvodové stěny, obvodové konstrukce obytných zimních zahrad, lehké obvodové pláště, střechy, stropy, podlahy nad exteriérem a ostatní konstrukce	800	204,55	163 640,00
Výplně otvorů (okna, střešní okna, dveře, světlíky a světlovody)	3 800	29,87	113 506,00
Podlahy na terénu	1 200	209,9	251 880,00
CELKEM			529 026,00

Tabulka 19 – Výpočet dotační podpory na zateplení objektu

Z výsledků výpočtu dotační podpory Nová zelená úsporám je patrné, že na část objektu by majitel mohl čerpat finanční podporu až 529 026 Kč. Částka však nesmí přesáhnout zmíněných 50 % celkových způsobilých výdajů.

Zdroje energie

Druhou skupinou programu, kterou může tento objekt čerpat, je výměna zdroje energie, a to v podobě Kotlíkových dotací. Pro kraj Vysočina je od 3.9.2019 vyhlášena 3. výzva Kotlíkových dotací a žádosti se můžou podávat od 23.10.2019. Dotace je poskytována pouze na výměnu kotlů na pevná paliva s ručním příkládáním, která nesplňují emisní třídu 3, 4 nebo 5 dle ČSN EN 303-5.

V řešeném objektu dojde k výměně kotle na pevná paliva emisní třídy 2 za elektrické tepelné čerpadlo či kotel na dřevěné pelety. V tomto případě může být poskytnuta dotace ve výši 80 % uznatelných nákladů akce, nejvýše však 120 000 Kč při pořízení tepelného čerpadla a 100 000 Kč při využití kotle na dřevěné pelety.

Dále lze dotaci využít na solární či fototermincké systémy na přípravu teplé vody ve výši 35 000 Kč. [28]



Dotační bonus

Ve výše uvedených kapitolách byly stanoveny finanční podpory na objekt za jednotlivé akce (zateplení objektu a výměna zdroje energie). Pokud se zkombinují žádosti o dotaci na zateplení, výměnu oken a dveří či instalaci solárního systému s dotací na výměnu nevyhovujícího kotle na tuhá paliva za jiný ekologický a úsporný zdroj tepla, je možnost získat ještě tzv. Dotační bonus. V případě řešeného objektu se jedná o částku **20 000 Kč.**

Program Dešťovka

Z programu Dešťovka může řešený objekt čerpat finanční podporu na pořízení a instalaci retenční nádrže s funkcí zachytávání srážkové vody na zalévání zahrady. Díky kalkulačce na webových stránkách dotačního programu byla orientačně spočítána dotace ve výši 55 000 Kč.

Systémy jako jsou zdroje energie či dešťová kanalizace ale obsluhují celý objekt včetně podnikatelské části, proto by se muselo dále vyřešit, jakým způsobem budou finančně podpořeny, aby nedošlo k porušení pravidel dotačních programů.



Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnocení stavebně technického stavu a energetické náročnosti venkovské usedlosti v Olešnici. Během průzkumu analyzovat poruchy a navrhnout sanační opatření. Z důvodu změny užívání objektu bylo dále potřeba navrhnout dispoziční úpravy s ohledem na zachování historického a venkovského charakteru objektu a také navrhnout možnosti energetických opatření vedoucích ke snížení energetické náročnosti venkovské usedlosti.

Nejprve došlo k zaměření objektu a sjednocení dochované dokumentace z dob výstavby se stávajícím stavem objektu. Následně byly řešeny poruchy konstrukcí, ze kterých se odebralo celkem 10 vzorků. Vzorky byly testovány na obsah vlhkosti a soli v konstrukci, přičemž se zjistilo, že objekt čelí vyšším hodnotám vlhkosti a je velmi zasolen. Dalším krokem bylo nalezení příčin poškození konstrukce a návrh sanačních opatření. Z důvodu chybějící hydroizolace je objekt poškozen zemní vlhkostí vztlínající do svislých konstrukcí. Vysoké hladiny solí jsou následkem minulosti, kdy se prostory využívaly pro chov dobytka. Tyto poruchy se eliminují vložením dodatečné hydroizolace společně s drenážním systémem kolem objektu a sanační omítkou. Dřevěný krov nejevil žádné známky poškození, byl proto posouzen pouze z hlediska statického z důvodu návrhu nové skladby střešní konstrukce.

Dispoziční úpravy se týkaly jak dvou bytových jednotek v přízemí, které se změnily v dispozičně modernější byty, tak i nově navrženého společenského sálu v místě bývalého kravína a pokojů pro hosty v podkroví objektu. Tato část se bude pronajímat na společenské události s možností ubytování a stravování v podobě tzv. cateringu.

Dalším krokem bylo navržení variant opatření obálky budovy, vytápění a větrání. Konstrukce obálky budovy byly postupně tepelně izolačně zlepšovány až na hodnoty pro pasivní stavby. Pro vytápění byly zvoleny systémy využívající obnovitelné zdroje energie.



Varianta s vnitřním zateplením obvodových stěn byla uvažována pouze jako ukázková pro památkově chráněné budovy nebo budovy s nutností zachování členité vnější fasády domu. Tento způsob zateplení není pro řešený objekt příliš vhodný, jelikož by se zmenšila obytná plocha bytů a vnesení rizik kondenzace a plísní do konstrukce. Zateplení z vnější strany obvodových stěn je pro tento druh objektu vhodnější.

Pro stávající stav i pro kombinace navržených variant opatření byl vypracován průkaz energetické náročnosti budovy. Stávající stav budovy byl vyhodnocen jako F (mimořádně nevhodná) a jednotlivé kombinace energeticky úsporných opatření zlepšily energetickou náročnost až na A (mimořádně úsporná).

Velký vliv na renovaci tohoto rozsáhlého objektu bude mít s jistotou i finanční stránka věci. Čím více se bude objekt zateplovat, tím budou finanční náklady růst, avšak klesnou náklady provozní v průběhu užívání stavby. Také s variantami výměny oken se finance budou lišit. Vše je na rozhodnutí majitele, kterou z variant vybere.

Na závěr byla vyhodnocena možnost získání finanční podpory z dotačního programu Nová zelená úsporám, Kotlíkové dotace a dotační program Dešťovka.

Impulsem pro zpracování tohoto tématu diplomové práce byl nápad mé rodiny objekt renovovat a více využívat. Stávající stav objektu tedy důvěrně znám, a to víc mne hledání různých řešení a variant bavilo.



Seznam použité literatury a pramenů

- [1] Bydlení IQ.cz [online]. [cit. 2019-09-01]
Dostupné z <http://www.bydleni-iq.cz/inspirace-pro-bydleni/rekonstrukce/prestavba-stodoly-v-benesove/>
- [2] Estav.cz [online]. [cit. 2019-09-01]
Dostupné z <https://www.estav.cz/cz/5118.rozhovor-bydleni-ve-stodole-na-rekonstrukci-vyuzili-prvky-z-bouranych-staveb>
- [3] Architektonická dílna ateliér KUBUS [online]. [cit. 2019-09-28]
Dostupné z <http://www.kubus.cz/vochov.html>
- [4] Centrum pasivního domu [online]. [cit. 2019-09-28]
Dostupné z <https://www.pasivnidomy.cz/domy/rekonstrukce-chlevu-na-rd-v-pas-standardu-379#zakladni-udaje>
- [5] Passive House Database [online]. [cit. 2019-09-30]
Dostupné z https://passivehouse-database.org/index.php?lang=en#d_3997
- [6] Okrouhlice, oficiální web obce [online]. [cit. 2019-08-30]
Dostupné z <http://www.obec-okrouhlice.cz/>
- [7] ČSN 73 0610. *Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2004
- [8] HAVEL, Miroslav. Sanace vlhkého zdiva a zateplení bytového domu z roku 1927 dle programu ZÚ, *Časopis stavebnictví* [online]. [cit. 2019-11-17].
Dostupné z https://www.casopisstavebnictvi.cz/sanace-vlhkeho-zdiva-a-zatepleni-bytoveho-domu-z-roku-1927-dle-programu-zu_N3825
- [9] Vyhláška č. 268/2009 Sb., *o technických požadavcích na stavby*, se změnami: 20/2012 Sb.
- [10] Vyhláška č. 501/2006 Sb., *o obecných požadavcích na využívání území*, se změnami: 269/2009 Sb., 22/2010 Sb., 20/2011 Sb., 431/2012 Sb.
- [11] Vyhláška č. 23/2008 Sb., *o technických podmínkách požární ochrany staveb*, se změnami: č. 268/2011 Sb.
- [12] Vyhláška č.137/2004 Sb., *o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných*



- [13] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2004
- [14] Tzb-info.cz [online]. Energetická náročnost budov – definice pojmů [cit. 2019-10-20]
Dostupné z <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- [15] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2002
- [16] ŽABIČKOVÁ, Ivana. Přírodní materiály – obnovitelné zdroje surovin (I) [online] 2.7.2007 [cit. 2019-10-8]
Dostupné z https://www.tzb-info.cz/4215-prirodni-materialy-obnovitelne-zdroje-surovin-i?fbclid=IwAR0sA7z-Mt%20QyDalht3bVaJcuQOCv5UFhRSutHASPOtB_OSMD0qzWt-mpYY
- [17] ČECH, Jan. 2017. Ekologická alternativa zateplení. *Dům&Zahrada* [online]. 27. 10. 2017 [cit. 2019-10-10]
Dostupné z <http://www.dumazahrada.cz/casopis/clanky/24705-ekologicka-alternativa-zatepleni-i/>
- [18] Tzb-info.cz [online]. Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma). [cit. 2019-10-10]
Dostupné z <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelnych-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlna-slama>
- [19] Hliněné desky Lemix [online]. [cit. 2019-10-11]
Dostupné z <http://hlinene-desky.cz/index.php/produkty/>
- [20] Estav.cz [online]. *Hliněné omítky přinesou do interiéru zdravé klima* [cit. 2019-10-11]
Dostupné z <https://www.estav.cz/cz/2494.hlinene-omitky-prinesou-do-interieru-zdrave-klima>
- [21] DESKYWOLF.cz [online]. [cit. 2019-10-12]
Dostupné z <https://www.deskywolf.cz/content/7-o-materialu>
- [22] HEJTMÁNĚK, Petr, POKORNÝ, Marek. *Požární hledisko kontaktních zateplovacích systémů dle ČSN 73 0810:2016, 08/2016* [online] [cit. 2019-10-15].
Dostupné z <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktnich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>
- [23] ČSN 73 0532. *Akustika. Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2000



- [24] VYCHYTIL, Jaroslav. *Stavební světelná technika: Cvičení*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2015. 158 s. ISBN 978-80-01-05858-9.
- [25] Státní energetická inspekce [online]. PENB [cit. 2019-11-5].
Dostupné z https://www.cr-sei.cz/?page_id=1147
- [26] Katedra pozemních staveb, Fsv ČVUT. [online]. *Příklady experimentálních postupů prováděných v chemické a mikrobiologické laboratoři, podklady Katedry konstrukcí pozemních staveb* [cit. 2019-10-1].
Dostupné z <https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=vyzkum&sub=53>
- [27] VINAŘ, Jan. *Historické krovy: typologie, průzkum, opravy*. Praha: Grada Publishing, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3038-7.
- [28] Nová zelená úsporám [online]. [cit. 2019-11-5].
Dostupné z <https://www.novazelenausporam.cz>
- [29] Šance pro budovy, Energeticky úsporné renovace a adaptace budov na změnu klimatu, 2016. [online]. [cit. 2019-11-08].
Dostupné z
http://sanceprobudovy.cz/wp-content/uploads/2018/04/brozura_energeticky_usporne-renovace_a_adaptace_budov_na_zmenu_klimatu_spb.pdf
- [30] Státní fond životního prostředí České republiky [online]. Kotlíkové dotace. [cit. 2019-11-08]
Dostupné z
https://www.kr-vysocina.cz/assets/File.ashx?id_org=450008&id_dokumenty=4097228
- [31] Státní fond životního prostředí České republiky [online]. Dešťovka. [cit. 2019-11-09]
Dostupné z <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/destovka/>

Seznam použitých programů

Autodesk. AutoCAD 2019

SketchUp Pro

Zbyněk Svoboda, Dr., Ing, doc. Teplo 2017 EDU

NKN – Národní kalkulační nástroj II

SCIA. SCIA Engineer 18.1

Microsoft. Microsoft Office 2016



Seznam obrázků

Obrázek 1 – Stodola po renovaci	11
Obrázek 2 – Stodola před renovací.....	11
Obrázek 3 – Nástavba rodinného domu při rekonstrukci	13
Obrázek 4 – Stavení před rekonstrukcí.....	13
Obrázek 5 – Rekonstruovaný statek ve Francii.....	14
Obrázek 6 – Poloha části obce Olešnice	16
Obrázek 7 – Poloha objektu v obci	16
Obrázek 8 – Katastrální mapa území	17
Obrázek 9 – Fotografie z roku 1995 dokumentující renovaci fasády	18
Obrázek 10 – Historický snímek objektu	18
Obrázek 11 – Půdorys 1.NP (bez měřítka)	19
Obrázek 12 – Půdorys 2.NP (bez měřítka)	20
Obrázek 13 – Řez A-A' (bez měřítka)	20
Obrázek 14 – Pohled severní (bez měřítka).....	21
Obrázek 15 – Pohled západní (bez měřítka).....	21
Obrázek 16 – Pohled východní (bez měřítka).....	21
Obrázek 17 – Původní dokumentace z roku 1936 (půdorys přízemí, pohled východní) 23	
Obrázek 18 – Původní dokumentace z roku 1936 (půdorys podkroví, řezy, pohled severní)	24
Obrázek 19 – Původní dokumentace z přestavby v roce 1939.....	24
Obrázek 20 – Schéma míst s odebranými vzorky	27
Obrázek 21 – Vlhké a zasolené zdivo určené k průzkumu.....	27
Obrázek 22 – Vzorky v laboratorní sušárně	28
Obrázek 23 – Vážení misek a vzorků.....	28
Obrázek 24 – Baňky v ultrazvukové lázni.....	29
Obrázek 25 – Vážení vzorků v baňkách	29
Obrázek 26 – Fotometr na analýzu zasolení zdiva.....	29
Obrázek 27 - Stanovení pH pomocí barevné škály	30
Obrázek 28 – Možné příčiny vlhkostních poruch suterénního zdiva.....	32
Obrázek 29 – Diamantová lanová pila	34
Obrázek 30 – Fotodokumentace dřevěného krovu	35



Obrázek 31 – Statické schéma krovu s táhly	36
Obrázek 32 – Dělení budov podle potřeby tepla na vytápění.....	40
Obrázek 33 – Schéma pohlcení zvukové vlny deskou WOLF.....	43
Obrázek 34 – Skladba zateplení podlahy na doporučené hodnoty.....	44
Obrázek 35 – Konstrukční detaily připojené vnitřní stěny	45
Obrázek 36 – Skladba vnitřního zateplení obvodového zdiva.....	46
Obrázek 37 – Skladba zateplení střechy s původní krytinou	47
Obrázek 38 – Skladba zateplení podlahy na 1. mez doporučené hodnoty pro pasivní domy	48
Obrázek 39 – Čtyři výškové kategorie a jejich základní požadavky na zateplení ETICS .	49
Obrázek 40 – Skladba vnějšího zateplení obvodového zdiva na dop. hodnotu	49
Obrázek 41 - Skladba mezikrokevního a nadkrokevního zateplení střechy.....	50
Obrázek 42 – Skladba zateplení podlahy na 2. mez doporučené hodnoty pro pasivní domy	51
Obrázek 43 – Skladba zateplení obv. zdiva na dop. hodnotu pro pasivní domy 1	52
Obrázek 44 – Skladba zateplení obv. zdiva na dop. hodnotu pro pasivní domy 2.....	52
Obrázek 45 – Skladba střechy s nadkrokevním zateplením	53
Obrázek 46 – Nivolair pro vytápění větších prostor	56
Obrázek 47 – Schéma TZB, varianta 1	57
Obrázek 48 – Schéma TZB, varianta 2	58
Obrázek 49 – Schéma TZB, varianta 3	59
Obrázek 50 – Oválná flexibilní trubka VZT.....	60
Obrázek 51 – Identifikace rizikových míst HVV	65
Obrázek 52 – Vyznačení hlavní vzduchotěsnící vrstvy.....	66
Obrázek 53 – Skladba příček mezi pokoji	67
Obrázek 54 – Půdorys bytu 1.1	68
Obrázek 55 – Půdorys bytu 1.2.....	69
Obrázek 56 – Průkaz energetické náročnosti st. stavu.....	72
Obrázek 57 – 3D model usnadňující vypracování PENB.....	73
Obrázek 58 – Programy finanční podpory pro renovace v ČR.....	81
Obrázek 59 – Požadované parametry podoblastí A.0, A.1, A.2 a A.3.....	82



Seznam tabulek

Tabulka 1 – Popis odebraných vzorků	26
Tabulka 2 – Výsledky laboratorního měření vlhkosti zdiva	30
Tabulka 3 – Klasifikace vlhkosti zdiva	31
Tabulka 4 – Zařazení vzorků do stupně vlhkosti	31
Tabulka 5 – Hodnoty pH a jednotlivých solí v mg/l	32
Tabulka 6 – Hodnoty jednotlivých solí v mg/g.....	33
Tabulka 7 – Stupně salinity zdiva	33
Tabulka 8 – Vyhodnocení salinity dle ČSN 73 0610	33
Tabulka 9 – Vybrané normové hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí.....	39
Tabulka 11 – Varianty VYT a TV	55
Tabulka 12 – Varianty VZT	59
Tabulka 13 – Ověření proslunění bytu 1.1.....	68
Tabulka 14 – Ověření proslunění bytu 1.2.....	69
Tabulka 15 – Porovnání energetických parametrů jednotlivých kombinací	75
Tabulka 16 - Procentuální vyjádření úspor energie oproti stavu před renovací.....	76
Tabulka 17 – Ceny energií.....	77
Tabulka 18 – Spotřeba energií a provozní náklady.....	77
Tabulka 19 – Orientační nacenění zateplení obvodových stěn a podlah.....	79
Tabulka 20 – Vypočet dotační podpory na zateplení objektu	83

Seznam grafů

Graf 1 – Spotřeba vody pro společenské prostory	62
Graf 2 – Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých kombinací.....	75
Graf 3 – Měrná dodaná energie jednotlivých kombinací	76
Graf 4 – Provozní náklady	77
Graf 5 – Měrná potřeba tepla na vytápění jednotlivých kombinací.....	78



Seznam příloh

- 1) Výkres č.1 – Situace
- 2) Výkres č.2 – Architektonická studie – 1.NP
- 3) Výkres č.3 – Architektonická studie – 2.NP
- 4) Výkres č.4 – Komplexní řez
- 5) Výkres č.5 – Detail soklu
- 6) Výkres č.6 – Detail parapetu a nadpraží
- 7) Výkres č.7 – Detail napojení stropu na stěnu
- 8) Výkres č.8 – Detail střešního okna
- 9) Výkres č.9 – Detail napojení balkonových dveří
- 10) Výkres č.10 – Detail styku podlahy s vnitřní stěnou
- 11) Výkres č.11 – Schéma vzduchotechniky – půdorysy
- 12) Výkres č.12 – Schéma vzduchotechniky – řezy
- 13) Předběžné statické posouzení krovu na nový stav
- 14) Výtah z předpisů

Seznam příloh na DVD

- 15) Protokoly z programu TEPLO
- 16) Protokoly z programu NKN