

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Autor práce: Petr Čuhel

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

©2020 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Čuhel

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Název anglicky

Energy demand for renovated buildings

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je provést zhodnocení energetické náročnosti rekonstruovaných budov. Zaměřit se především na metody umožňující snížení spotřeby energie a dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí.

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření provést rozbor možností využití různých druhů tepelně izolačních materiálů a energeticky úsporných systémů vytápění budov. Uvést princip výpočtu tepelné bilance pro zimní období, způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov a využití vhodných zdrojů energie. Navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praxi.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Metodika práce

Současný stav sledované problematiky

Vlastní řešení

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu

Klíčová slova

Pohoda prostředí; spotřeba energie; tepelná bilance; tepelná izolace

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová,O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.

Tywniak, J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady. Grada, Praha, 2005, 194 s.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2018

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Energetická náročnost rekonstruovaných budov“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval profesoru Ing. Pavlu Kicovi, DrSc. za odborné rady ohledně měření a dané problematiky.

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Abstrakt: Cílem bakalářské práce je zjistit energetickou náročnost rekonstruované budovy v obci Lhota u Dolních Břežan. V první části se práce zaměřuje na teoretickou část dané problematiky a metody výpočtu tepelné bilance. Druhá část je zaměřena na praktické poznatky a výsledky měření, protože budova byla vystavěna v roce 2003 a měla velkou energetickou náročnost zejména kvůli tepelným ztrátám skrz obvodový plášť budovy. V roce 2010 bylo provedeno zateplení obvodového pláště.

Klíčová slova: Pohoda prostředí; spotřeba energie; tepelná bilance; tepelná izolace

The energy demand of reconstructed buildings

Abstract: The aim of the bachelor's thesis is to determine the energy performance of a reconstructed building in the municipality of Lhota u Dolních Břežan. The first part of the thesis deals with the theoretical side of the issue and on methods of calculating heat balance. The second part of the thesis is focused on practical findings and measurement results since the building was built in 2003 on the basis of high energy performance mainly due to heat loss attributed to the exterior walls. Thermal insulation of the exterior walls was carried out in 2010.

Keywords: habitat well-being; energy consumption; heat balance; thermal insulation

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika	11
2.1 Cíl práce	11
2.2 Metodika práce.....	11
3 Výpočet zimní tepelné bilance budovy	12
3.1 Výpočet ztrát	12
3.1.1 Výpočet celkové tepelné ztráty.....	12
3.1.2 Projektovaná tepelná ztráta způsobená prostupem tepla	12
3.1.3 Měrná tepelná ztráta přechodem z vytápěného prostoru do venkovního .	13
3.1.4 Tepelná ztráta nevytápěného prostoru	14
3.1.5 Tepelná ztráta skrz zeminu	14
3.1.6 Tepelná ztráta větráním	15
3.2 Tepelné zisky	16
3.2.1 Celkové tepelné zisky	16
3.3 Tepelný výkon.....	16
3.4 Výpočet roční spotřeby tepla	17
3.5 Pohoda prostředí.....	18
3.6 Tepelná pohoda	19
4 Zjištění tepelné bilance budovy a následné zlepšení	20
4.1 Energetický průkaz budovy.....	20
4.1.1 Zateplení obálky budovy	21
4.1.2 Výměna oken a dveří	21
4.1.2.1 Dřevěná okna.....	22
4.1.2.2 Plastová okna.....	22
4.1.3 Zateplení střechy	22
4.1.4 Zateplení stropu	23
4.1.5 Výměna tepelného zdroje	23
4.1.5.1 Popis principu fungování tepelného čerpadla.....	24
4.1.5.2 Rozdělení tepelných čerpadel.....	24
4.1.6 Provedení dodatečné hydroizolace	25
4.1.6.1 Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti.....	27
4.1.6.2 Dodatečná izolace stavebních konstrukcí ve styku se zeminou	27
4.1.6.3 Dodatečné mechanické vodorovné hydroizolace	28
5 Praktické měření	29
5.1 Teplota v místnostech	29

5.2	Relativní vlhkost vzduchu.....	30
5.3	Koncentrace oxidu uhličitého v místnostech	33
6	Ekonomické zhodnocení	34
6.1	Cena zateplení	34
6.2	Tepelný zdroj	35
6.3	Dodatečná hydroizolace	36
6.4	Výměna oken a dveří	37
6.5	Celková cena investice	38
7	Závěr a doporučení pro praxi	41
8	Seznam použitých zdrojů	43
9	Seznam tabulek	44
10	Seznam obrázků	45

1 Úvod

V současnosti je energetická náročnost budov velmi vážnou problematikou, protože většina budov byla postavená v době, kdy byly nízké ceny energií, a tudíž její spotřebě se věnovala minimální pozornost. Zvyšování tepelného odporu obvodového pláště je jednou z nejvíce využívaných možností snížení energetické náročnosti budovy. Proto je velmi důležité se danou problematikou zabývat. [1]

Za předpokladu, že budou stále narůstat ceny za energii, je potřeba dobře zvolit druh zateplení. Zdroje energie nejsou neomezené.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je provést zhodnocení energetické náročnosti rekonstruovaných budov a zaměřit se především na metody umožňující snížení tepelných ztrát a tím i snížení spotřeby energie při dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí.

2.2 Metodika práce

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. Úkolem práce je na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a praktických konkrétních vlastních měření provést rozbor možností využití různých druhů tepelně izolačních materiálů a energeticky úsporných systémů vytápění budov. Bakalářská práce uvádí princip výpočtu tepelné bilance pro zimní období, způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov a využití vhodných zdrojů energie. Dále práce navrhuje, doporučuje a porovnává vhodná opatření a řešení pro současný stav objektu.

3 Výpočet zimní tepelné bilance budovy

Jeden z prvních výpočtů je určení všech tepelných zisků budovy a zároveň určení všech ztrát, tyto hodnoty budou poté porovnány a v případě výsledku celkové ztráty bude potřeba tuto ztrátu vyvážit jiným zdrojem. Tepelná ztráta budovy se vypočítá dle normy ČSN EN 12831. [2]

Metoda výpočtu pro běžné případy je založena na předpokladu, že rozložení teplot v objektu je rovnoměrné - teplota vzduchu a výpočtová teplota. Tepelné ztráty jsou vypočteny pro konstantní vlastnosti konstrukcí, teplot. Výška místnosti nepřesahuje 5 metrů. Je dodržena rovnost teploty operativní a teploty vzduchu. Objekt je vytápěn neustále na stejnou teplotu. [2] Ve výpočtu tepelných ztrát se musí dodržet daná kritéria.

Tepelná ztráta vzniká prostupem tepla mezi prostory u nichž se předpokládá, že vedlejší prostory jsou vytápěny nebo že jsou vytápěny na různé teploty, a kde se vychází z toho, že daná část se považuje za neobývanou.

3.1 Výpočet ztrát

3.1.1 Výpočet celkové tepelné ztráty

Výpočet celkové tepelné ztráty provedeme dle rovnice uvedené níže.

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \text{ [W]}$$

$\Phi_{T,i}$ – projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – projektovaná tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

3.1.2 Projektovaná tepelná ztráta způsobená prostupem tepla

Projektovaná tepelná ztráta způsobená prostupem tepla se vypočítá dle následující rovnice.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Theta_{int} + \Theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{T, ie}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes obalové konstrukce [W/K]

$H_{T, iue}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do exteriéru (e) přes nevytápěný prostor (u) [W/K]

$H_{T, ig}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) za ustáleného stavu [W/K]

$H_{T, ij}$ – měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru (j), který se vytápí na výrazně jinou teplotu [W/K]

$\Theta_{int, i}$ – vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]

Θ_e – venkovní oblastní výpočtová teplota [°C] [2]

3.1.3 Měrná tepelná ztráta přechodem z vytápěného prostoru do venkovního

Měrná tepelná ztráta přechodem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostoru (e) $H_{T, ie}$ je umožněna konstrukcemi budovy a tepelnými mosty (stěny, stropy, podlahy, okna dveře), které předělují vnější prostředí od interiéru. Ztráta se vypočítá dle rovnice 3. [2]

$$H_{T, ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \psi_1 \cdot l_1 \cdot e_1 [W/K]$$

A_k – plocha stavební konstrukce [m²]

U_k – součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí [W/(m².K)]

e_k, e_1 – korekční součinitel vlivů působících z venkovního prostředí na stavební konstrukci, jako jsou rychlost větru, teplota, sluneční energie, vlhkost, pokud tyto hodnoty již nezahrnuje součinitel U_k [-]

ψ_1 – lineární ztrátový činitel tepelného mostu [W/(m.K)]

l_1 – délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostředím [m] [2]

3.1.4 Tepelná ztráta nevytápěného prostoru

Výpočet tepelné ztráty nevytápěného prostoru $H_{T, iue}$, který se nachází mezi vytápěným prostorem (i) a vnějším prostředím (e), provedeme následovně.

b_u – redukční teplotní činitel. Tento rozdíl mezi vnější výpočtovou teplotou a teplotou nevytápěného prostoru [2] se vypočítá z následujícího vztahu.

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

3.1.5 Tepelná ztráta skrz zeminu

Tepelné ztráty způsobené kontaktem se zeminou (podlahy, stěna suterénu) závisí na ploše podlahy, stěn a jejich hloubce pod terénem a na dané zemině. [2]

Tepelná ztráta mezi vytápěným prostorem a zeminou se vypočítá dle uvedeného vzorce.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w [W/K]$$

f_{g1} – korekční činitel vlivu ročních změn venkovní teploty [-]

f_{g2} – teplotní redukční činitel, rozdíl mezi průměrnou roční venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-]

A_k – plocha vytápěného prostoru, který je v kontaktu se zeminou [m^2]

$U_{equiv,k}$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [$W/(m^2 \cdot K)$]

G_w – korekční součinitel zohledňující vliv spodní vody [-]

Teplotní redukční činitel se vypočte dle následujícího vzorce.

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-]$$

$\theta_{m,e}$ – průměrná roční teplota [$^{\circ}C$]

Tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru s výrazně jinou teplotou vypočítáme následujícím vzorcem.

$$H_{T,ij} = \sum f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k [W/K]$$

$f_{i,j}$ – redukční teplotní činitel [-]

A_k – plocha stavební konstrukce [m^2]

U_k – součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí [$W/(m^2 \cdot K)$]

3.1.6 Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru se vypočte dle níže uvedeného vzorce.

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

$H_{V,i}$ – součinitel tepelné ztráty větráním [W/K]

Součinitel tepelné ztráty větráním vypočteme dle následujícího vzorce.

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p [W/K]$$

V_i – objemový průtok větraného vzduchu [m^3/s]

ρ – hustota vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$ [kg/m^3]

c_p – měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$ [$kJ/(kg \cdot K)$]

Při uvážení, že ρ a c_p je konstantní, dojde ke zjednodušení rovnice.

$$H_{V,i} = V_i \cdot 0,34 [W/K]$$

3.2 Tepelné zisky

3.2.1 Celkové tepelné zisky

Ve vytápěných prostorech produkují teplo přístroje, osvětlení, rozvody vody a uživatelé. Ve výpočtu se použijí hodnoty za daný měsíc nebo období. Tyto tepelné zisky se vypočítají dle následujícího vztahu.

$$Q_g = Q_i + Q_s \text{ [J]}$$

Q_i – tepelné zisky vnitřní [J]

Q_s – tepelné zisky z oslunění [J]

$$Q_i = [\phi_{ih} + (1 - b) \cdot \phi_{iu}] \cdot t = \phi_i \cdot t \text{ [J]}$$

ϕ_{ih} – průměrná energie získaná ve vytápěném prostoru [W]

ϕ_{iu} – průměrná energie získaná v nevytápěném prostoru [W]

b – zmenšující součinitel dle normy EN ISO 13789

$$Q_s = \sum_j l_{sj} \cdot \sum_n A_{snj} \text{ [J]}$$

l_{sj} – celková energie plochy orientovaná na jih v daném období [J/m^2]

A_{snj} – účinná kolekční plocha povrchu A_n orientovaná na jih [m^2] [3]

3.3 Tepelný výkon

Tepelný výkon se počítá pro dimenzování otopných těles, zdrojů tepla v jednotlivých vytápěných místnostech i celého domu.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} [W]$$

$\Phi_{T,i}$ – tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$ – tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

$\Phi_{RH,i}$ – zátopový tepelný výkon nutný k vyrovnání účinku přerušovaného vytápění [W]

Tepelný výkon pro celou budovu nebo její část vypočteme níže uvedeným vzorcem.

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} [W]$$

$\sum \Phi_{T,i}$ – součet všech tepelných ztrát prostupem ve vytápěných prostorech mimo tepla, která se šíří ve vnitřních prostorech nebo celou budovou [W]

$\sum \Phi_{V,i}$ – součet všech tepelných ztrát větráním ve vytápěných prostorech mimo tepla, která se šíří ve vnitřních prostorech nebo celou budovou [W]

$\sum \Phi_{RH,i}$ – součet zátopových tepelných výkonů nutných k vyrovnání účinku přerušovaného vytápění ve všech vytápěných prostorech [W] [2]

3.4 Výpočet roční spotřeby tepla

Potřeba tepla je teplo výpočtem stanovené jako budoucí spotřeba. Spotřeba je skutečně spotřebované teplo za určité časové období – den, týden, měsíc, rok.

Pro vytápění obytných budov se roční spotřeba vypočte dle následujícího vzorce.

$$Q_{r,vyt} \cong V_o \cdot q_t \cdot (\theta_{i,pr} - \theta_{e,pr}) \cdot 24 \cdot n \cdot 10^{-6} [MWh/r]$$

V_o – celkový vytápěný prostor [m^3]

q_t – tepelná charakteristika budovy [$W/(m^3 \cdot ^\circ C)$]

$\theta_{i,pr}$ – průměrná teplota vzduchu v celém objektu [$^\circ C$]

$\theta_{e,pr}$ – průměrná teplota vzduchu mimo budovu za otopné období [°C]

Výpočet spotřeby tepla za otopné období, vychází z teoretické potřeby tepla, která se při nepřerušovaném vytápění počítá dle denostupňové metody.

$$Q_{r,vyt} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot \varepsilon \cdot Q_{max} \cdot (\theta_i - \theta_{e,pr})}{(\theta_i - \theta_e) \cdot d} [J/r]$$

ε – opravný součinitel tepelných ztrát dle ČSN 06 0210 v rozmezí (0,6 do 0,85) [-]

Q_{max} – maximální tepelná ztráta vytápěného prostoru nebo celé budovy [W]

θ_i – výpočtová teplota interiéru [°C]

θ_e – výpočtová teplota exteriéru v dané oblasti [°C]

$\theta_{e,pr}$ – průměrná teplota vzduchu exteriéru v otopném období [°C]

d – počet dní otopného období [dny] [3]

3.5 Pohoda prostředí

Základními parametry, které určují pohodu prostředí, jsou relativní vlhkost vzduchu, teplota, prašnost, hluk, osvětlení, rychlost vzduchu a koncentrace CO₂.

Všechny zmíněné parametry musí být v určitých hodnotách (relativní vlhkost vzduchu cca 50 %, koncentrace CO₂ maximálně 1 500 ppm). Větrání má velký podíl na pohodě prostředí. Větrání zajišťuje odvod znečištěného vzduchu, rozumí se tím především odvod CO₂ a relativní vlhkosti, které jsou produkovány osobami, které se v objektu pohybují. Větrání je přirozené nebo nucené, a to právě na základě rostoucích požadavků na utěsnění budov. Přirozené větrání je také hodně závislé na rozdílu vnitřní a venkovní teploty (v zimním období dochází k narušení tepelné pohody v objektu). Nucené větrání však tento problém může odstranit a docílí zlepšení i ostatních parametrů. Vzduchotechnická jednotka, je-li správně nainstalovaná a správně používaná, zajistí uvedení výše zmíněných parametrů do optimálních hodnot pro každé roční období, a to i bez použití větrání přirozeného. Každá vzduchotechnická jednotka musí obsahovat filtr, tudíž dochází ke snížení prašnosti v objektu.

Vzhledem k aktuální intenzitě růstu technologického pokroku lze předpokládat budoucí povinnou instalaci v budovách, u pasivních domů se instalace této jednotky bere jako samozřejmost. [4]

3.6 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je jeden z výše zmíněných parametrů, který přispívá k celkové pohodě prostředí. Za správnou tepelnou pohodu lze považovat situaci, kdy se obyvatelé objektu cítí příjemně. Samozřejmě tento pocit je velice individuální. Nelze dosáhnout tepelné pohody pouze vytápěním.

Každý člověk má svůj individuální pocit tepelné pohody, proto je nutné, aby se každý dle svého uvážení oblékl. Vhodné umístění otopných těles má na tento problém velký vliv, proto se klasické radiátory umísťují k oknům nebo dochází k instalaci podlahového topení (zima pocitově začíná vždy od dolních končetin).

Teplota člověka je 36,5°C. Na povrchu těla je teplota o něco málo nižší. Tudíž je pocit vnímání tepla velice individuální. Faktory ovlivňující okolní teplotu v místnosti jsou teplota vzduchu, stěn a podlahy, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu.

Osobními faktory jsou teplota těla (rozdíl u žen a mužů), zdravotní a psychický stav (např. nachlazení), druh činnosti člověka (např. vaření).

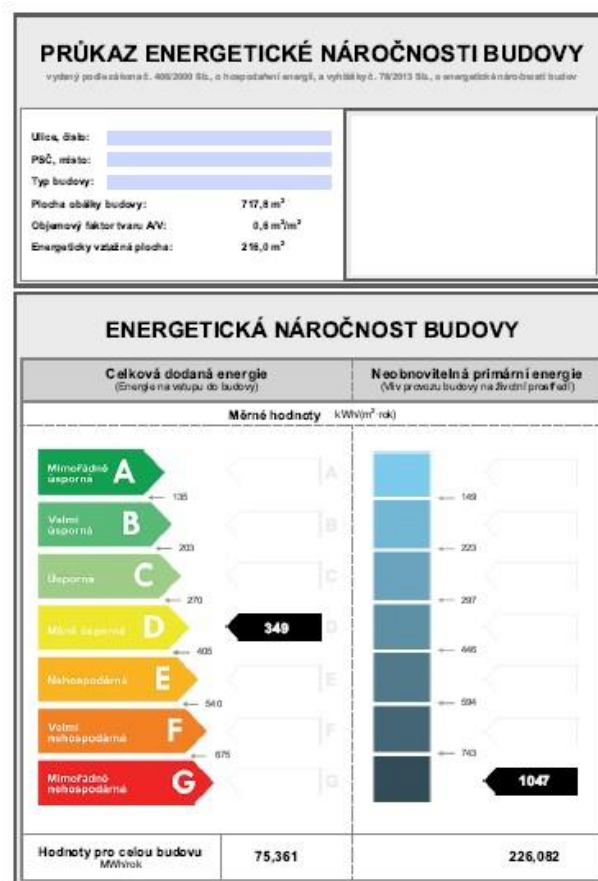
Doporučená teplota pro každou místnost je dána jejím využitím. Nejvyšší teplota je v koupelně, naopak nejnižší v méně využívaných částech bytu nebo domu, jako je například chodba. Doporučená relativní vlhkost v obytných místnostech je 30–50 %. [5]

4 Zjištění tepelné bilance budovy a následné zlepšení

4.1 Energetický průkaz budovy

Dle norem byl vypočten energetický průkaz budovy dle původního projektu - průkaz energetické náročnosti budovy je uveden níže.

Obr. 1 Průkaz energetické náročnosti budovy



Zdroj: vlastní zpracování

Jak je zřejmé, budova se nachází ve skupině D Méně úsporná, tudíž je mnoho co zlepšovat, aby se snížila energetická náročnost budovy. Jedním z hlavních parametrů je zlepšení obálky budovy, v dalších podkapitolách bude uveden jeden z možných způsobů.

4.1.1 Zateplení obálky budovy

Zateplení bylo provedeno kontaktním zateplením minerální vatou značky Rockwool o tloušťce 100 mm. V tabulce tepelných odporů jednotlivých materiálů (která je uvedena níže) můžeme vidět tepelný odpor jednotlivých materiálů a jejich tloušťek.

Tab. 1 Tabulka tepelných odporů materiálů

Název materiálu	Výrobce	Tepelný odpor			
		50 mm	100 mm	150 mm	200 mm
Čedičová vata	Rockwool	1,37	2,75	4,15	5,54
Skelná vata	Isover	1,5	3,03	4,54	6,25
Polystyren EPS	Baumit	1,39	2,78	4,05	5,26

Zdroj: vlastní zpracování

Dalším důležitým faktorem, aby zateplení obálky budovy bylo účinné, je dosažení dokonalého vyplnění mezer (obvodová konstrukce a šikmá konstrukce). Při zateplení obálky budovy byly tyto mezery zapěněny vysokoexpanzní pěnou. U těchto zmíněných mezer dochází k únikům tepla z objektu, a tudíž i k nedokonalé funkci zateplení obálky budovy.

4.1.2 Výměna oken a dveří

V domě byla v době výstavby nainstalována dřevěná eurookna s dvojsklem, v tabulce prostupu tepla okny uvedené níže vidíme porovnání stávajících oken a dveří s moderními plastovými trojskly.

Tab. 2 Tabulka prostupu tepla okny

Název	Prostup tepla
Dřevěná euro okna dvojsklo	$U_w = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dřevěné trojsklo Vekra Natura 94	$U_w = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$
Plastové trojsklo Vekra prémium evo	$U_w = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zdroj: vlastní zpracování dle katalogu firmy Vekra

Kvůli neodborné instalaci oken, ačkoliv tuto činnost prováděla firma, zde dochází k velkým tepelným ztrátám způsobeným především nedostatečným vyplněním mezer mezi rámem okna a ostěním polyuretanovou pěnou a absencí parotěsnících pásek.

4.1.2.1 Dřevěná okna

Za nejpoužívanější v tomto sortimentu lze považovat EURO-okna, u tohoto druhu okna je součinitel prostupu tepla $U = 0,7 - 1,5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. V případě posuzovaného objektu jde o okna jednoduchá, vyrobená z třívrstvých lepených lamel a zasklená izolačním dvojsklem $1,3 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Na současném trhu lze ale nalézt i eurookna s výrazně lepšími tepelně technickými vlastnostmi, kdy součinitel prostupu tepla dosahuje hodnoty i $U_w = 0,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, kterou mají trojskla s rámem z pěti vrstvých lepených lamel, bohužel jejich cena je znatelně vyšší než u dvojskla. Toto je způsobeno složitější výrobou a náročností na množství materiálu. [6]

4.1.2.2 Plastová okna

Oproti dřevěným oknům mají plastová okna své výhody. Jedná se zejména o jednodušší výrobu nebo odstranění potřeby dalších povrchových úprav po celou dobu životnosti. Jednou z nevýhod je nemožnost změny barvy. Deklarovaná životnost těchto oken je 25-35 roků. [6]

4.1.3 Zateplení střechy

V době rekonstrukce bylo provedeno i zateplení šikmé střechy, bohužel pouze vložením vaty do mezer mezi krokve, tudíž vždy neustále dochází k výrazně velkým tepelným mostům. Vhodným řešením by bylo zvolit další vrstvu 50-100 mm přes krokve, aby došlo k přerušení těchto tepelných mostů, a překrytí parotěsnou folií a spoje dokonale překrýt parotěsnou lepicí páskou. Vzhledem k tomu, že se teplo z fyzikálního hlediska šíří směrem nahoru, je potřeba tuto část nepodceňovat a dbát na dodržení tlouštěk materiálů a technologických postupů, které tato činnost zahrnuje - zejména tedy dostatečnou izolaci mezer, nejlepší by samozřejmě bylo, aby žádné mezery mezi materiály nevznikaly. Pokud bude toto dodrženo, dojde k většímu snížení úniků tepla z objektu. Bohužel v době rekonstrukce byly takzvané foukané izolace velmi drahé. Hlavní výhodou tohoto typu izolace

je, že dokonale vyplní všechny mezery a není tudíž nutné, aby docházelo ke kombinaci, a tedy i k jiným tepelným vlastnostem jako v případě, kdy dochází k zateplení čedičovou vatou. Je ale třeba podotknout, že i tyto materiály mají své nevýhody, například po čase dochází k sesedání izolačního materiálu a je třeba jej doplnit. Tepelná izolace stříkaná je jedna z moderních metod zateplování. Její hlavní výhodou je, že dokonale přilne k povrchu a nevytváří se tudíž žádné mezery. Jako izolační materiál je u těchto typů izolací použita dvousložková vysokoexpanzní pěna, tato pěna je ekologicky nezávadná a je vzduchotěsná, tudíž není zapotřebí parozábrana.

4.1.4 Zateplení stropu

Protože dům má nevytápěnou půdu, bylo nutné v době rekonstrukce tuto část zateplit. Vzhledem k tomu, že v původním návrhu bylo počítáno s izolací 100 mm a tloušťka stropu byla 250 mm, v rekonstrukci bylo počítáno s dorovnáním tloušťky izolace ve velikosti 150 mm, tudíž došlo k znásobení tloušťky o $3/2$ původního návrhu. Jak bylo popsáno již v kapitole 4.1.3., je nutné dodržet technologický postup při samotném zateplování stropu. Zde na rozdíl od šikmé střechy dochází více k poškození izolace kvůli výskytu myší a podobných škůdců, proto od zkušených pracovníků bylo při rekonstrukci doporučeno opatřit pro půdní prostor pláště a jedy proti těmto škůdcům, aby nedocházelo k poškození izolačních materiálů.

4.1.5 Výměna tepelného zdroje

Před rekonstrukcí byl objekt vytápěn za pomoci elektrokotle. Pro snížení celkové energetické náročnosti objektu bylo instalováno tepelné čerpadlo země-voda (hloubkové vrty). Tepelná čerpadla odnímají tepelnou energii z určitého druhu prostředí (vody, vzduchu nebo země) s nízkou teplotou a převádějí ji do jiné teplotonosné látky s teplotou vyšší. Kvůli této vlastnosti jsou využita nejen jako zdroj tepla, ale zároveň i jako zdroj chladu. Tepelné čerpadlo tuto funkci nemůže plnit bez vstupní energie, ale tato vstupní energie je malá, protože je určena primárně pro pohon kompresoru. Většinou je u tepelných čerpadel poměr vstupu a výstupu 1:3 nebo 1:4. Za nejvhodnější postup pro dobrou realizaci je předpokládat využití tepelného čerpadla už v samotném projektu stavby z důvodu navržení dostatečně velké technické místnosti, a hlavně správného dimenzování otopných těles v objektu - tepelné čerpadlo pracuje s nižší teplotou otopné vody v topném systému, běžně okolo 45°C.

Tepelná čerpadla mají v dnešní době velké uplatnění, hlavně z pohledu výhod - oproti vytápění na elektřinu nebo vytápění tuhými palivy (dřevo, uhlí) v komfortu a jednoduché obsluze. Velikost celkové úspory je daná topným faktorem SPF, který vyjadřuje, kolik energie získá tepelné čerpadlo z 1 kWh. Tento faktor zohledňuje druh tepelného čerpadla (země/voda, voda/voda, vzduch/voda) a také druh topné soustavy (klasické radiátory, podlahové vytápění). Nejlepší sezónní faktor má tepelné čerpadlo voda/voda s topnou soustavou v podobě podlahového vytápění. Bohužel vhodných zdrojů v naší zemi je málo, a proto dochází spíše k instalaci tepelného čerpadla vzduch voda nebo jako v případě zkoumaného objektu země/voda. Druh tepelného čerpadla je třeba zvolit s ohledem na ekonomicko-technické vlastnosti daného čerpadla. [4]

4.1.5.1 Popis principu fungování tepelného čerpadla

Funkce tepelného čerpadla je založena na principu chladicího okruhu. Tento okruh má své základní části jako expanzní ventil, výparník, kompresor a kondenzátor. V kompresoru stlačené chladivo a v kondenzátoru ochlazené chladivo v kapalném stavu se po průchodu expanzním ventilem do prostředí s nižším tlakem ve výparníku odpařuje při relativně nízké teplotě. Přitom přes stěnu výparníku odebírá tepelnou energii okolnímu prostředí, například cirkulující vodě ze studny nebo přes vrt v zemi, proudícímu venkovnímu vzduchu aj. Odpařením vzniklé páry chladiva s nízkým tlakem jsou nasávány do kompresoru, ve kterém jsou stlačeny na vysoký tlak a při tom stoupne jejich teplota. V tomto stavu je chladivo přiváděno do kondenzátoru, kde je mu tepelná energie přes stěnu kondenzátoru odnímána například proudící otopnou vodou nebo vzduchem, které potřebujeme ohřát. Tím klesá teplota chladiva, to kondenzuje, mění se z páry na kapalinu. Zkapalněné chladivo stále pod vysokým tlakem pak putuje do expanzního ventilu a celý popsáný děj se opakuje. [4]

4.1.5.2 Rozdělení tepelných čerpadel

Vzduch/voda

U tohoto druhu tepelného čerpadla je energie odebíraná z okolního vzduchu a dodávána vodě v otopné soustavě.

Výhody (+): instalace nevyžaduje rozsáhlé zemní práce, vhodné i na vytápění bazénů

Nevýhody (-): s poklesem teploty vzduchu klesá topný faktor COP, u některých TČ i deklarovaný výkon, ale jeho pokles je zpravidla řešen bivalentním zdrojem tepla integrovaným v TČ, nutnost řešit emise hluku

Země/voda

U tohoto druhu tepelného čerpadla je energie odebírána ze země pomocí hloubkových vrtů a dodávána vodě v otopné soustavě.

Výhody (+): relativně stálé teploty v zemním masivu (vyšší topný faktor COP), se zemním vrtem vysoká možnost volného chlazení, vrty nebo zemní koše mohou být i součástí půdorysu budovy

Nevýhody (-): větší investiční náklady vyvolané zemními pracemi, u vrtu nutnost získat povolení, zemní kolektor vyžaduje velkou plochu

Voda/voda

U toho druhu tepelného čerpadla je energie odebírána z podzemní vody a dodávána vodě v otopné soustavě.

Výhody (+): relativně stálé pracovní podmínky (vyšší topný faktor COP)

Nevýhody (-): instalace podmíněna možností, souhlasem s nakládáním s podzemními vodami (čerpání - vsakování) nebo vodami povrchovými a také jejich trvalým dostatkem [4]

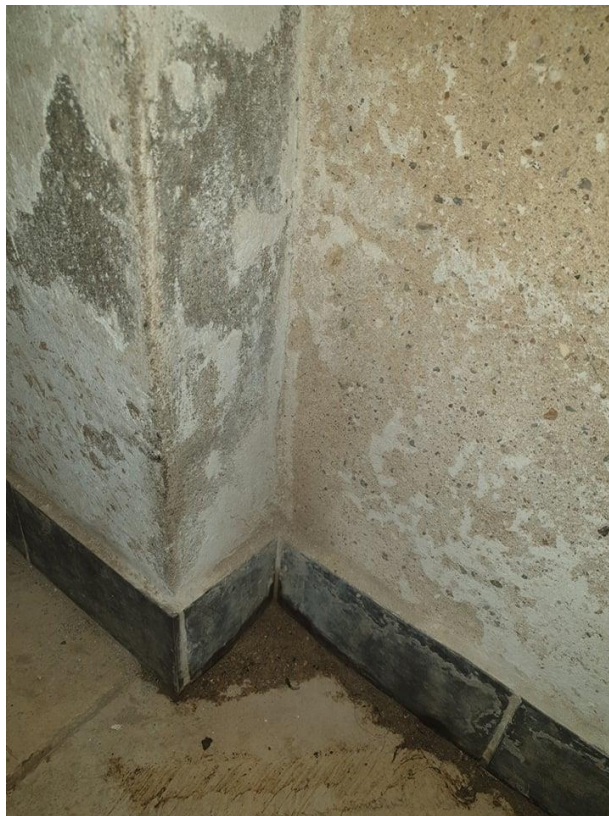
4.1.6 Provedení dodatečné hydroizolace

Vlivem vysoké hladiny spodní vody dochází k pravidelnému vniku vody do objektu. Přítomnost takového množství vody v objektu poškozují také stavební konstrukci a výrazně snižuje životnost zdiva. Narušuje celkovou pohodu prostředí a hygienické požadavky na obytné objekty. Došlo k neodbornému provedení základové spáry a k použití nevhodně zvoleného druhu zdiva, které je ve styku se zeminou. Zdivo, kterým byla provedena sklepní část, na tento druh použití není vůbec vhodné. Byla provedena černá vana ale vlivem

vysokého tlaku spodní vody byla poškozena. Vzhledem k vysoké hladině spodní vody (nad základovou spárou) by bylo vhodnější místo zdiva použít železobetonovou vanu. Bohužel k tomuto řešení nedošlo, proto je právě v této práci vhodné se zabývat vyřešením tohoto problému. V dnešní době je k řešení tohoto problému dostatečné množství technologií, které zabrání nebo alespoň značnou měrou omezí výskyt vody ve sklepní části objektu.

Na nutnost sanace zdiva nás také upozorňuje celkový zápach ve sklepních prostorách způsobený plísněmi a samovolné odpadávání vnitřní omítky zdiva, jak je zřejmé z detailní fotografie sklepní stěny uvedené níže.

Obr. 2 Detailní fotografie sklepní stěny



Zdroj: vlastní zpracování

Odborný postup sanace zdiva je zjištění zdroje problému, stavu zdiva a poté následné vypracování dokumentace a výběr vhodné metody přímé a nepřímé sanace (nepřímé převážně vybudováním drenáže kolem objektu). Jsou i další metody - nejenom mechanické, ale i elektrofyzikální jako třeba elektroosmóza, mikrovlnné záření či infúzní metoda, ale v této práci dále nebudou podrobně popisovány, neboť ve vazbě na konkrétní objekt jsou nevhodné

z důvodu vysokého podílu minerálů ve spodní vodě a také kvůli vysokému kolísání hladiny spodní vody.

Mezi nejpoužívanější přímé sanační technologie patří:

- injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti;
- dodatečná izolace stavebních konstrukcí ve styku se zeminou;
- dodatečné mechanické vodorovné hydroizolace.

4.1.6.1 Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti

Injektáž je nutné považovat pouze za dodatečnou izolaci zamezující vzlínání vlhkosti kvůli porézní struktuře zdiva, tato metoda dodatečné izolace však nemá takovou účinnost jako izolace povlaková. Samotná injektáž se provádí vícesložkovou směsí, která může obsahovat i fungicidy. Samotná injektáž se dělí na beztlakovou a tlakovou metodu.

Beztlková injektáž se provádí do vrtů, které jsou od sebe vzdáleny 100–120 mm. Při velkém poškození se vrty provádí ve dvou řadách nad sebou a do kříže, tato malá vzdálenost umožňuje poměrně malý průměr jednotlivých vrtů do zdiva, například 20 mm. Úhel vrtu je kolem 30°. Samozřejmě vzdálenost, průměr a úhel vrtů je dán použitou směsí (definuje výrobce) a posouzením statiky objektu.

Tlaková injektáž se provádí podobným způsobem jako beztlaková, jenže se injektáží směs do vrtů dodává speciálními čerpadly, které mají pracovní tlak do 10bar. Díky dodanému tlaku dojde k dostatečnému vyplnění a sjednocení injektážní směsi ve zdivu. Opět i zde všechny parametry při aplikaci doporučuje výrobce injektážní směsi.

4.1.6.2 Dodatečná izolace stavebních konstrukcí ve styku se zeminou

Tento typ technologie spočívá na principu vnější izolace zdiva (aplikace asfaltových pásů, hydroizolační stěrky) proti vniknutí spodní vody. Musí zde dojít k dokonalému napojení svislé a vodorovné izolace. V případě zkoumaného objektu tento typ technologie není možný, a to zejména z důvodu umístění vrtů k tepelnému čerpadlu, tudíž musí být dodržena bezpečná vzdálenost použití těžké techniky od těchto vrtů. Tento druh izolace proti vodě lze použít také

zevnitř, ale vzhledem k tomu, že vlhkost ve zdivu zůstává i nadále, lze tento způsob použít pouze u zdiva s vysokou pevností.

4.1.6.3 Dodatečné mechanické vodorovné hydroizolace

Mechanické vodorovné izolace se provádí izolováním zdiva a postupným dozdiváním nebo zarážáním nerezových plechů a podřezáváním zdiva.

Zarážení nerezových plechů

Jedná se o metodu, kde dochází k zarážení plechů z nerezové oceli o šířce 300 mm do maltových spár, buď s překrytím, nebo spojované pomocí zámku. Plechy se zarážejí pomocí pneumatického stroje. Druh plechu a jeho tloušťka je daná výrobcem – toto je nutné konzultovat před začátkem prací, mohlo by dojít k vážnému poškození objektu.

Podřezávání zdiva

Při podřezávání zdiva dochází ke dvěma operacím. První krok je podříznutí zdiva, druhý je dodatečné vložení izolace a ukončení spár maltou. Prořezávání se provádí nasucho pomocí vidiařetězové pily nebo diamantové pily. Vidiařetězová pila se používá pro podřezávání zděného zdiva v místě spár.

Po podřezání se do vytvořeného řezu vkládá izolační fólie nebo izolační sklolaminátová deska, během prořezávání se do proříznuté spáry vkládají klíny proti sednutí zdiva. Tato technologie se provádí od 0,5 m až do 1,0 m, záleží však na stavu ošetřovaného zdiva.

5 Praktické měření

Objekt se nachází v Obci Lhota u Dolních Břežan nedaleko Prahy. Jedná se o částečně podsklepený objekt s přízemím a podkrovím. Objekt je umístěn na rovinném pozemku. Na tomto pozemku je vysoká hladina spodní vody a dochází zde k záplavám podsklepené části objektu.

Bylo provedeno měření v zimním období ve třech místnostech budovy. Každá místnost se nachází v jiném patře. Na základě jednotlivých grafů můžeme posoudit vnitřní teplotu v místnosti, vlhkost, procento obsahu CO₂ ve vzduchu. Použity byly přístroje Almeno a THG, viz obrázek Měřicí zařízení. Vzhledem k tomu, že v jednotlivých podlažích se velmi málo zavírají dveře, budeme vycházet z předpokladu, že hodnoty v místnostech, kde byla čidla a měřicí technika, byly stejné po celém podlaží. Tento předpoklad se netýká koupelny, která má jinou doporučenou teplotu a vlhkost než ostatní místnosti.

Obr. 3 Měřicí zařízení

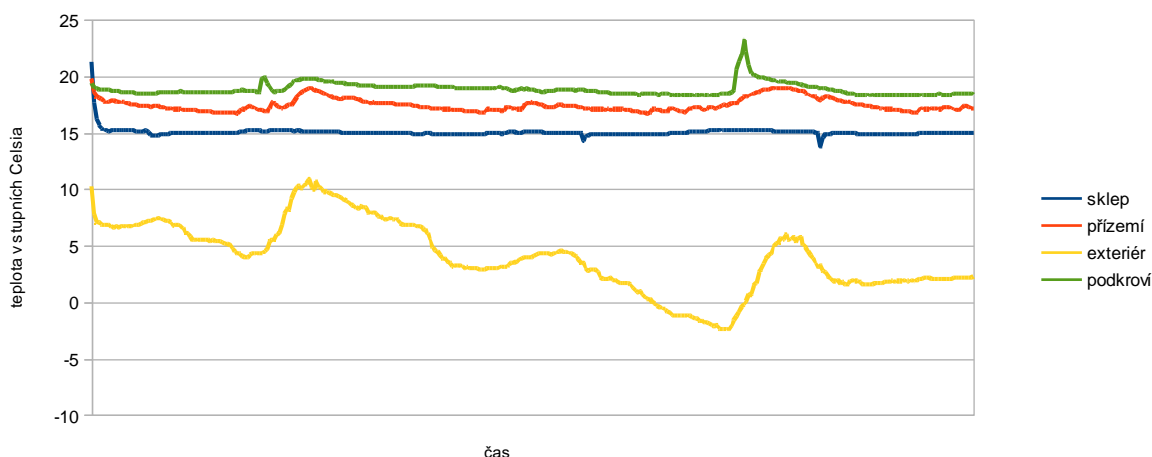


Zdroj: vlastní zpracování

5.1 Teplota v místnostech

Při praktickém měření pomocí již zmíněné techniky byla měřena teplota vzduchu v místnosti. V grafu Teplota vzduchu v podlaží jsou vidět jednotlivé teploty dle podlaží. Místnosti nejsou vytápěny na ideální teplotu, proto zde není dodržena tepelná pohoda (viz kapitola 3.5 v této bakalářské práci). Ideální teplota je velice individuální, obvykle mezi 22-24°C. Obyvatelé objektu musí tedy nízkou teplotu kompenzovat teplým oblečením.

Graf 1 Teplota vzduchu v podlaží



Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 3 Tabulka extrémů teplot vzduchu dle podlaží v [°C]

	SKLEP	PŘÍZEMÍ	PODKORVÍ	EXTERIÉR
max	21,3	19,8	23,2	10,9
min	13,8	16,7	18,3	-2,4

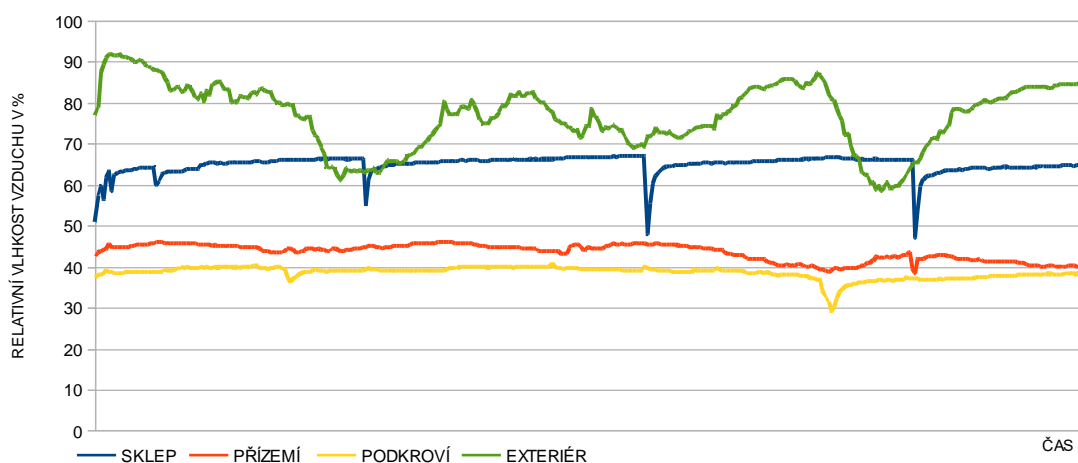
Zdroj: vlastní zpracování

Dle tabulky extrémů teplot můžeme vidět maximální a minimální teploty vzduchu v jednotlivých podlažích, v ideálním případě by se teploty v přízemí a podkroví měly prohodit, jelikož je podkroví určeno na spaní a teplota by měla být nižší než v části objektu, která je více využívána ve dne (přízemí).

5.2 Relativní vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu je jeden z důležitých parametrů, který se velice týká pohody prostředí. Když je vzduch v místnosti moc suchý, člověk má pak divný pocit v podobě škrábání v krku při dýchání. Opačný problém nastává, když je vzduch až moc vlhký, tento problém má velký vliv na konstrukce - velická vlhkost vzduchu vede ke vzniku plísní. Plísně mají nejen vliv na konstrukce (odlepování obkladů v koupelně), ale také vážné zdravotní dopady na člověka (dýchací potíže). V grafu Relativní vlhkost podlaží je vidět skutečný stav zkoumaného objektu. Ideální relativní vlhkost vzduchu je okolo 50 %.

Graf 2 Relativní vlhkost v podlaží



Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4 Tabulka extrémů relativní vlhkosti vzduchu v [%]

	SKLEP	PŘÍZEMÍ	PODKROVÍ	EXTERIÉR
Max	67	46,1	40,7	91,9
Min	47,2	38,5	29,2	58,6

Zdroj: vlastní zpracování

Dle tabulky extrémů je vidět, že ve sklepech dle teoretické znalosti může docházet k vytváření plísní. To je také patrné z fotografie uvedené níže. Stěna na fotografii jasně dokazuje přítomnost plísní ve zdivu. Tato plíseň je způsobena průsakem vody a vzlínání zemní vlhkosti, protože je poškozena hydroizolace vlivem spodní vody. Do dnešní doby se nepodařilo zdivo zbavit vlhkosti. Vlhkost ve zdivu velkou měrou přispívá k celkové relativní vlhkosti vzduchu v podlaží.

V dnešní době existuje spousta řešení, jak se zbavit plísní. V daném objektu byl aplikován protiplísňový nátěr. Před samotnou aplikací byl v dané místnosti umístěn odvlhčovač po dobu, než došlo k ustálení vlhkosti tak, aby došlo k co nejlepšímu vysušení zdiva před aplikací. Poté bylo zdivo zbaveno napadané omítky a starého nátěru. Následně byla místnost vyčištěna od zbytků a prachu. Vlastní aplikace nátěru proběhla ve třech vrstvách s odstupem cca 5 hodin. Na níže umístěné fotografii můžeme vidět místnost po aplikaci tohoto nátěru.

Obr. 4 Fotografie stěny napadené plísní



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 5 Reálná fotografie sklepních prostor po aplikaci nátěru proti plísním

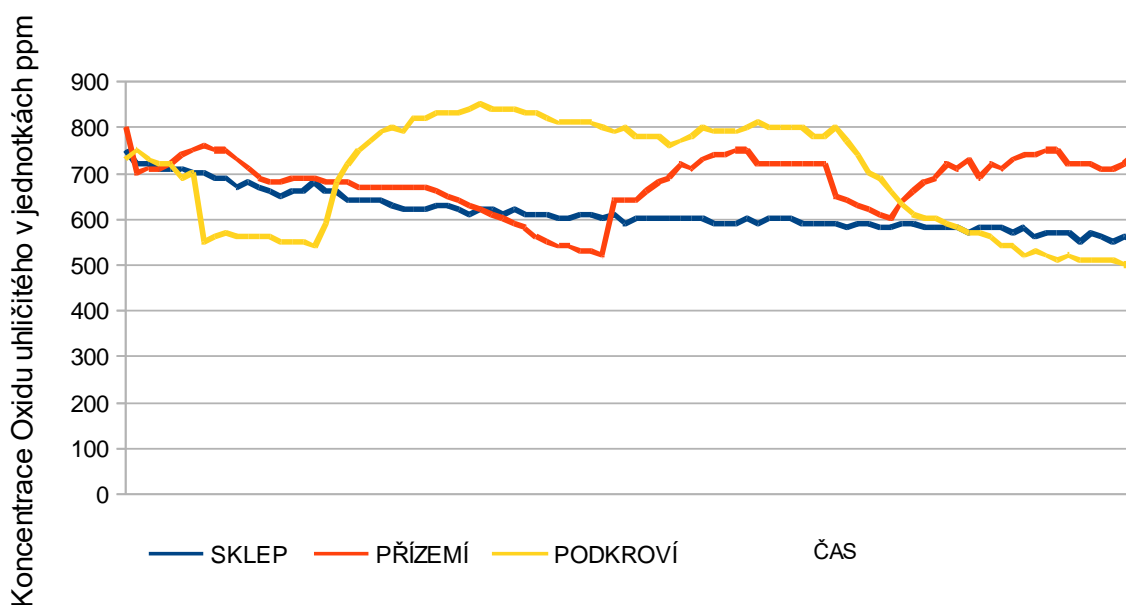


Zdroj: vlastní zpracování

5.3 Koncentrace oxidu uhličitého v místnostech

Ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby v platném znění je uvedeno, že v obytné místnosti musí být zajištěno přirozené nebo nucené větrání a tyto místnosti musí být adekvátně vytápěny s možností regulovat teplotu v místnosti. Doporučené minimální množství je takové, při němž nedojde k překročení koncentrace škodlivin obsažených ve vzduchu. Koncentrace oxidu uhličitého je dobrým ukazatelem kvality prostředí uvnitř místnosti. Vyhláška dále stanovuje množství koncentrace na 1 500 ppm. Na grafu koncentrace oxidu uhličitého jsou vidět naměřené hodnoty v objektu.

Graf 3 Koncentrace oxidu uhličitého [ppm]



Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky měření koncentrace jasně prokazují, že v daném objektu nikde není přesáhnutý zákonný limit na koncentraci CO₂. Pro přehledné zkoumání jsou opět uvedeny extrémy jednotlivých podlaží v tabulce extrémů koncentrace CO₂.

Tab 5 Extrémy koncentrace CO₂

	SKLEP	PŘÍZEMÍ	PODKROVÍ
Max	750	800	850
Min	550	520	500

Zdroj: vlastní zpracování

6 Ekonomické zhodnocení

V této části dojde k porovnání jednotlivých opatření pro zlepšení energetické náročnosti s ohledem na ekonomickou stránku. Orientační ceny byly přebrány z portálu cenovasoustava.cz a jsou uvedeny bez DPH.

6.1 Cena zateplení

Cena zateplení budovy se odvíjí od zvolení způsobu, tak i materiálu zateplení. Ceny jsou vypočteny pouze orientačně, protože zde bude porovnáno pouze zateplení kontaktním systémem. Vycházet se bude z předpokladu, že cena za práci, ať už se jedná o jakýkoliv druh materiálu, bude stejná. Plocha obálky budovy po odečtu všech otvorů činí 717,8 m². Když se bude vycházet z tohoto předpokladu, tak cena za práci a pomocný materiál (perlinka, hmoždinky, lepidlo...) je 717,8 m² * 982 Kč = 704 879,6 Kč.

Dle tabulky srovnání cen jednotlivých materiálů můžeme vidět, že závislost na volbě materiálů je vůči lidské práci a pomocnému materiálu vcelku malá. Pokud srovnáme tloušťky jednotlivých materiálů, například čedičovou vatu v tloušťce 100 mm a polystyren EPS v tloušťce 100 mm, je zde rozdíl 12 920,4 Kč což je v porovnání celkové investice pouze 1,5 % z celkové ceny.

Tab. 5 Tabulka cen jednotlivých materiálů

Druh materiálu	cena za m2 v Kč	celková cena v Kč
Čedičová vata 100 mm	115	82 547,0
Čedičová vata 200 mm	230	165 094,0
Polystyren EPS 100 mm	97	69 626,6
Polystyren EPS 200 mm	192	137 817,6
Skelná vata 100 mm	120	86 136,0
Skelná vata 200 mm	261	187 345,8

Zdroj: vlastní zpracování

6.2 Tepelný zdroj

V době rekonstrukce objektu bylo nainstalováno tepelné čerpadlo země/voda od výrobce Waterkotte (viz obrázek Tepelné čerpadlo Waterkotte) o maximálním výkonu 25kW při spotřebě 4,4kW a maximálním pracovním tlaku 30bar. Kompletní instalaci včetně povolení na provedení hloubkových vrtů až po spuštění systému provedla odborná firma. Cena této části byla 728 943 Kč bez DPH.

Vzhledem k výkonnosti čerpadla byla předpokládána návratnost 10 let. Do této návratnosti ale však nebyla započtena cena velkých oprav (například nefunkční kompresor).

Obr. 6 Tepelné čerpadlo Waterkotte

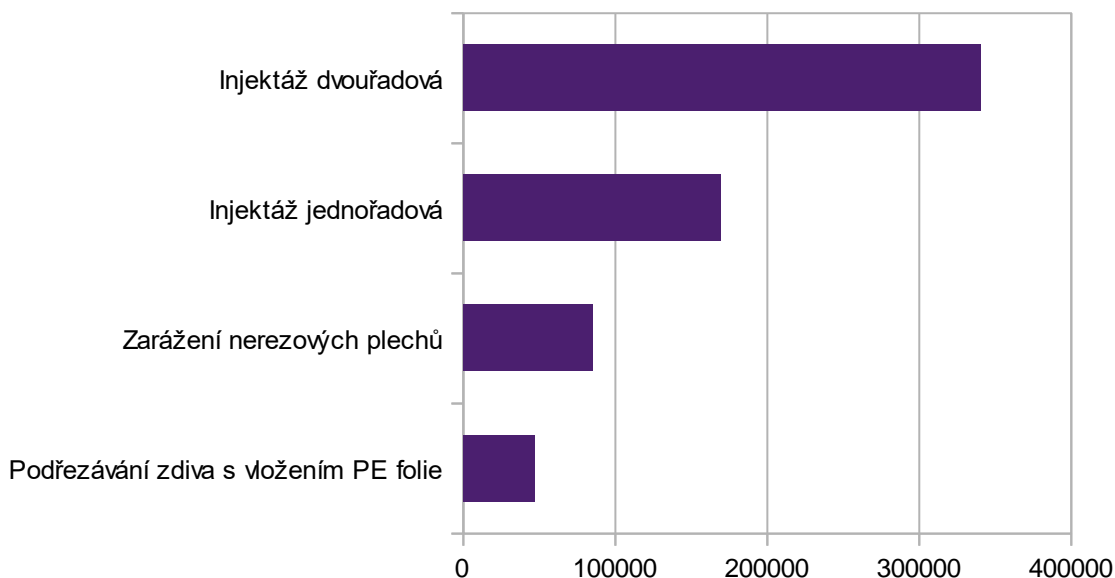


Zdroj: vlastní zpracování

6.3 Dodatečná hydroizolace

Jak už bylo popsáno v kapitole 3.1.6, k dosažení celkové pohody prostředí je nutné provést dodatečnou hydroizolaci, z důvodu umístění vrtů tepelného čerpadla nelze použít venkovní povlakovou technologii. Výběr dodatečné hydroizolace je závislý zejména na druhu zdiva a složení prosakující vody. Hlavně u injektáží je tohle rozhodující. U mechanických metod se pak řeší hlavně proveditelnost (chemické vlivy nemají většinou zásadní význam). Obvod celé podsklepené části je 51bm, z grafu srovnání jednotlivých cen dodatečné hydroizolace je zřejmé, že sice injektáž dvouřadá je velmi nákladná, ale po konzultaci s odborníkem neúčinnější.

Graf 4 Srovnání cen dodatečné hydroizolace



Zdroj: vlastní zpracování

Dodatečná hydroizolace podřezáváním zdiva a vkládáním izolační fólie - dle portálu cenovasoustava.cz je cena této technologie při tloušťce zdiva 45 cm 952 Kč/bm, tedy $51 \times 952 = 48\,552$ Kč.

Dodatečná hydroizolace zarážení nerezových plechů - tato technologie opět při tloušťce zdiva 45 cm má cenu dle portálu cenovasoustava.cz 1 678 Kč/bm, takže celková cena v případě zkoumaného objektu je $(51 \times 1\,678) = 85\,578$ Kč.

Dodatečná hydroizolace navrtáním zdiva a provedením injektáže:

- Cena provedení jednořadé je 3 346 Kč/bm, celková cena tedy činí 170 646 Kč.
- Cena provedení dvouřadé je 6 692 Kč/bm, celková cena tedy je 341 292 Kč.

6.4 Výměna oken a dveří

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.1.2., snížení energetické náročnosti lze také docílit výměnou oken a dveří za modernější plastová okna s termoizolačními trojskly. Tato okna mají dobré solární zisky v zimním období, ale naopak v letním období by mohlo docházet k přehřátí objektu. Investice dle portálu cenovasoustava.cz by byla celkově 348 861 Kč bez DPH, včetně demontáže starých oken a montáže nových oken. Kdyby stará okna byla správně instalována, tak by měla tepelný odpor 1,1 W/m²K. Plastová okna s termoizolačními trojskly mají tepelný odpor 0,70 W/m²K, tudíž se investice do těchto oken projeví velmi malou úsporou. Nutno dodat, že původní okna nemají již vlastnosti udávané výrobcem a tato investice se dá považovat za prioritní. Jak dokládá detailní fotografie poškození hlavního rámu okna, můžeme vidět značné poškození, dokonce i popraskání hlavního rámu okna.

Obr. 7 Fotografie - Detail poškození hlavního rámu okna

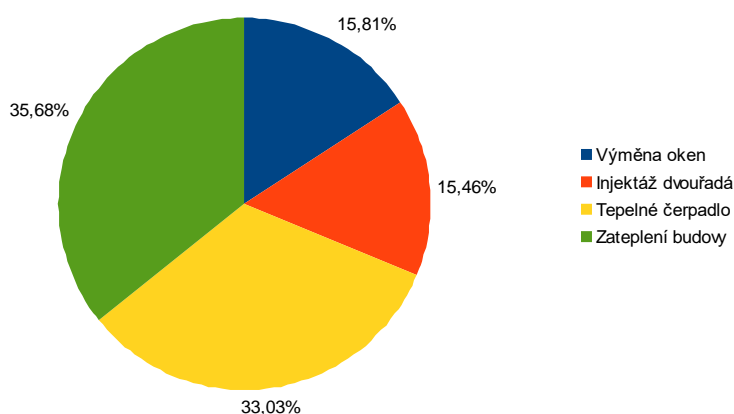


Zdroj: vlastní zpracování

6.5 Celková cena investice

Na grafu celkové investice můžeme vidět jednotlivé dílčí položky, které se podílí na celkové ceně investice, aby se co nejvíce snížila energetická náročnost zkoumaného objektu. Cena celkové investice je 2 206 522 Kč bez DPH.

Graf 5 Celková investice

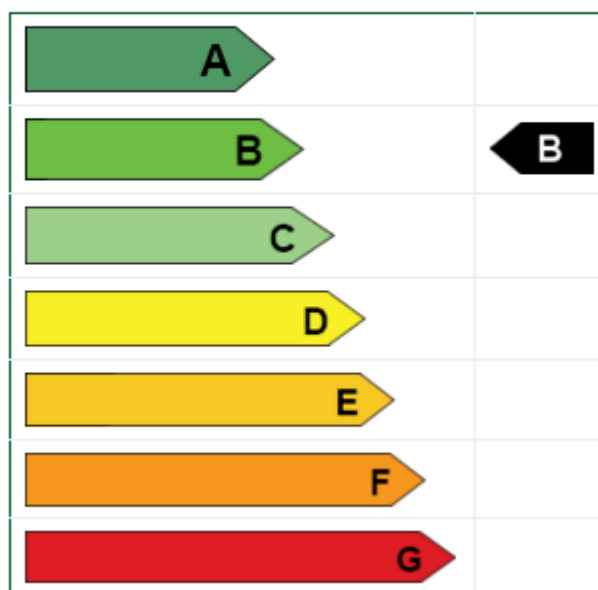


Zdroj: vlastní zpracování

Zhodnocení objektu po doporučených úpravách tak, aby byla zřejmá využitelnost celkové investice, ukazuje nový energetický štítek. Byl vypočítán pomocí on-line kalkulačky TZB-info - zelená úsporám. Níže můžeme vidět, že doporučená opatření by mohla docílit přesunu objektu ze skupiny D (Méně úsporná budova) do skupiny B (Velmi úsporná budova).

Obr. 8 Nový energetický průkaz budovy

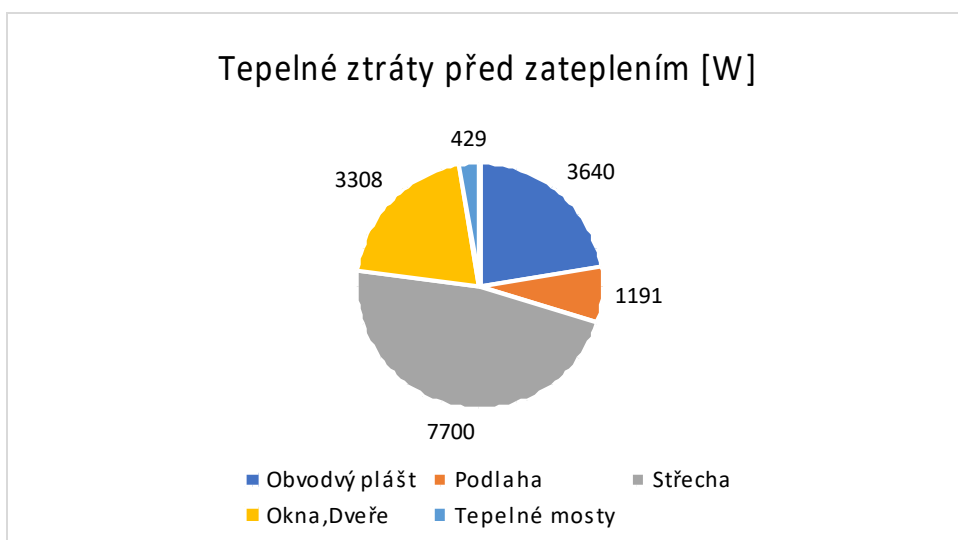
ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY



Zdroj: vlastní zpracování dle TZB-info

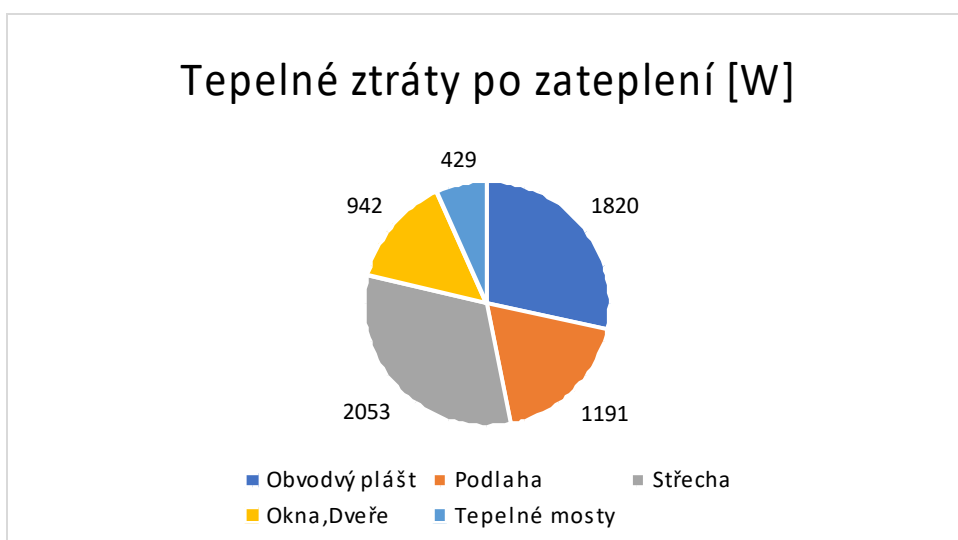
Dále na grafech před a po zateplení můžeme vidět tepelnou ztrátu jednotlivých konstrukcí, zde se velmi změnila tepelná ztráta oken a dveří a také ztráta obvodového pláště. Dle programu Zelená úsporám by byla výše úspory spotřebované energie na vytápění 48 %. Původní spotřeba energie je 21 535 kWh (63 061 Kč), nová teoretická spotřeba by mohla být 14 551 kWh (42 609 Kč). Roční úspora tedy činí 20 452 Kč. Nutno zmínit, že dle programu A.2 by mohl nastat nárok na dotaci, a to v celkové výši 183 600 Kč (850 Kč/m²).

Graf 6 Tepelné ztráty před zateplením



Zdroj: vlastní zpracování

Graf tepelné ztráty po zateplení



Zdroj: vlastní zpracování

7 Závěr a doporučení pro praxi

Z jednotlivých grafů a tabulek (jak z teoretické části, tak z praktické části) bylo zjištěno, že současný stav je špatný. Budova nesplňuje požadavky na pohodu prostředí kvůli teplotě uvnitř budovy v zimním období, což souvisí s neúnosnými náklady na vytápění. Objekt tudíž není vytápěn na požadovanou teplotu a některé místnosti nejsou vytápěny vůbec.

Při rekonstrukci nebyla vyměněna okna, která v současném stavu způsobují největší tepelné ztráty a vzhledem k jejich stáří a netěsnostem dokonce dochází během deště k zatékání vody do objektu, tímto problémem okna ztrácí své původní vlastnosti. Doporučení pro zlepšení situace by tedy bylo tato okna vyměnit za okna s nejlépe plastovými rámy a termoizolačními trojskly. Tato výměna by velmi pomohla snížit náklady na vytápění, a tudíž by přispěla k celkové tepelné pohodě budovy. Dle naměřených hodnot v kapitole 5 Praktické měření bylo zjištěno, že v objektu tepelná pohoda dodržena není a obyvatelé tuto skutečnost musí kompenzovat teplým oblečením, popřípadě lokálními elektrickými topnými tělesy, což má za následek zvýšení spotřeby elektrické energie, protože lokální elektrická topidla jsou velmi náročná na spotřebu elektrické energie. Také je třeba přijít na takové řešení situace, které zamezí dalšímu poškození izolačních materiálů vlivem škůdců, jak již bylo zmíněno.

Je třeba zaměřit se jak na zateplení obálky budovy, tak i na šikmou střechu a strop. Zabezpečení, které je účinné na sto procent, neexistuje, ale je potřeba výskyt těchto škůdců silně omezit. Ať už se jedná o chemické či mechanické prostředky, řešení této situace je v dnešní době několik a vždy je nejlepší jednotlivé způsoby kombinovat tak, aby nedocházelo k navyknutí škůdců na dané řešení. V budoucnu, v průběhu výměny oken a dveří, by bylo velmi dobré, aby došlo k utěsnění napojení rámu oken a dveří pomocí těsnících pásek tvořící parozábranu, jak již bylo zmíněno - absence tohoto materiálu při instalaci oken zapříčinila kondenzaci, takže zde jde hlavně o hygienu.

Ekonomické zhodnocení ukazuje cenu celkové investice 2 206 522 Kč bez DPH, ale od této částky se musí odečíst již provedené změny (tepelné čerpadlo, zateplení), poté je celková cena dodatečných prací 690 153 Kč bez DPH.

V případě zkoumaného objektu je z důvodu možného narušení statiky nejvhodnější co nejdříve provést sanaci podsklepené části, a to v podobě dvouřadé injektáže. Tato operace zvýší trvanlivost konstrukce budovy, ale také přispěje k dodržení hygienických požadavků a celkové pohodě prostředí.

V této bakalářské práci jsem se snažil přiblížit problematiku snižování energetické náročnosti budovy. Získal jsem jeden z důležitých poznatků - že technologie na provádění snižování energetické náročnosti velmi závisí na konkrétním člověku, který danou technologii provádí. Například stavby svépomocí jsou náchylnější na tyto problémy způsobené nedodržením postupu provádění či úplnou absencí některých konstrukcí. Stavební dozor investora může těmto případům předejít při stavbě formou dodávky dodavatelem i svépomocí. Ne vždy to jsou vyhozené peníze. Neodbornost v této oblasti se může mnohonásobně prodražit nebo způsobit vážné poškození stavby, jako tomu bylo například u posuzovaného objektu.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠUBRT, Roman. *Zateplování*. Brno : ERA, 2008.
- [2] ČSN EN ISO 12831-1. *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu, část 1: Tepelný výkon pro vytápění*. Praha: ČNI.
- [3] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 1. Vydání. Bratislava: Jaga group s.r.o., 2005. 246 s. ISBN 80-8076-020-9.
- [4] TZB-INFO. *Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov*. [online].
- [5] CENTNEROVÁ, L. *Tepelná pohoda a nepohoda*. VVI 5/2000, ISSN 1210-1389.
- [6] POČINKOVÁ, Marcela. *Stavíme: Úsporný dům*. 1. Vydání. Brno: CPress, 2012. 208 s. ISBN 978-80-264-0014-1.
- [7] Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápěný prostor, Modul M3-3 září 2018
- [8] POČINKOVÁ, Marcela, TREUOVÁ, Lea. *Stavíme: Vytápění*. 4. vydání. Brno: ERA group, 2008. 152 s. ISBN 978-80-7366-116-8.
- [9] SRDEČNÝ, Karel. MACHOLDA, František. *Úspory energie v domě*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2004. 112 s. ISBN 80-247-0523-0.
- [10] TZB-INFO. *Vytápění*. [online]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>

9 Seznam tabulek

Tab. 1 – Tabulka tepelných odporů materiálů

Tab. 2 – Tabulka prostupu tepla okny

Tab. 3 – Tabulka extrémů teplot vzduchu dle podlaží v [°C]

Tab. 4 – Tabulka extrémů relativní vlhkosti vzduchu v [%]

Tab. 5 – Tabulka cen jednotlivých materiálů

10 Seznam obrázků

Obr. 1 – Průkaz energetické náročnosti budovy

Obr. 2 – Detailní fotografie sklepní stěny

Obr. 3 – Měřicí zařízení

Obr. 4 – Fotografie stěny napadené plísní

Obr. 5 – Reálná fotografie sklepních prostor po aplikaci nátěru proti plísním

Obr. 6 – Tepelné čerpadlo Waterkotte

Obr. 7 – Fotografie - Detail poškození hlavního rámu okna

Obr. 8 – Nový průkaz energetické náročnosti budovy