

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Návrh vhodného zateplení rekonstruované budovy

bakalářská práce

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

Autor práce: Tadeáš Langer

PRAHA 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tadeáš Langer

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Návrh vhodného zateplení rekonstruované budovy

Název anglicky

Proposal of suitable insulation of the reconstructed building

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je provést návrh vhodné metody zateplení využitelný pro rekonstruované budovy, a tím dosáhnout zlepšení tepelně technických vlastností a úspor při vytápění. 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 Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 05. 03. 2020

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Návrh vhodného zateplení rekonstruované budovy“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31. 3. 2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Pavlovi Kicovi, DrSc. za odborné vedení práce a cenné připomínky, které mi v průběhu tvorby této bakalářské práce poskytoval. Dále bych chtěl srdečně poděkovat celé své rodině a partnerce, kteří mě po celou dobu mého studia a psaní této bakalářské práce neskutečně podporovali.

Abstrakt: Bakalářská práce je zaměřena na návrh vhodného zateplení rekonstruované budovy typu okál. Cílem bakalářské práce je shrnutí teoretických poznatků z odborné literatury a posouzení problematiky týkající se zateplování, tepelně izolačních materiálů, spotřeby energií, energetických úspor a způsobů vytápění budov, ale také poznatků vycházejících z vlastního šetření provedeného na konkrétní rekonstruované budově – rodinného domu typu okál, který se nachází v obci Kublov. Praktická část bakalářské práce je zaměřena na posouzení stavu domu, propočty jednotlivých konstrukcí z hlediska prostupu teplot a následný návrh na zlepšení zateplení domu vedoucí k dosažení lepší pohody prostředí. V závěrečné části práce je shrnuto celkové posouzení jednotlivých variant zateplení a cenové vyhodnocení rekonstrukce, včetně její návratnosti.

Klíčová slova: zateplení, tepelně izolační materiály, tepelná bilance, spotřeba energie, energetické úspory, pohoda prostředí

Proposal of suitable insulation of the reconstructed building

Summary: This bachelor thesis focuses on the design of suitable thermal insulation of a reconstructed “okál” type building. Its target is to summarise theoretical knowledge from specialised literature and to assess issues related to insulation, thermally insulating materials, energy consumption, energy savings and heating methods. Furthermore, the goal is to outline the results of personal investigation carried out on a specific reconstructed building - single family “okál” type house located in the municipality of Kublov. The practical part of the thesis focuses on the assessment of the condition of the house, calculations of individual structures in terms of temperature transmission and the subsequent proposal to improve the insulation of the house leading to a more comforting environment. The final part of the thesis summarizes the assessment of individual thermal insulation variants and the price evaluation of the reconstruction, including its return on investment.

Keywords: thermal insulation, thermal insulation materials, heat balance, energy consumption, energy savings, comfortable environment

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce a metodika práce.....	2
2.1 Cíl práce.....	2
2.2 Metodika práce.....	2
3 Současný stav sledované problematiky	3
3.1 Zateplení	3
3.1.1 Historie zateplení	3
3.1.2 Trendy v zateplení budov	3
3.1.3 Důvody zateplení	4
3.1.4 Návratnost a životnost zateplovacího systému	5
3.2 Základní přehled požadavků na stavební konstrukce.....	6
3.3 Druhy zateplení	13
3.3.1 Kontaktní tepelně izolační systém ETICS.....	13
3.3.2 Odvětrávaný zateplovací systém.....	17
3.3.3 Zateplení ze strany interiéru	18
3.3.4 Tepelně izolační omítky	19
3.4 Způsoby vytápění budov	19
3.4.1 Tepelná pohoda a mikroklima v budově	19
3.4.2 Možnosti vytápění rodinného domu.....	21
4 Vlastní zpracování	25
4.1 Popis objektu.....	25
4.1.1 Rozměry	26
4.1.2 Klimatické podmínky.....	26
4.2 Tepelná pohoda a vlhkost v prostředí	26
4.2.1 Posouzení tepelné pohody v zateplené a nezateplené části	26
4.2.2 Posouzení vlhkosti vzduchu v zateplené a nezateplené části	27
4.3 Posouzení zateplení stěn před a po rekonstrukci	28
4.3.1 Součinitel prostupu tepla u obvodové stěny	29
4.3.2 Součinitel prostupu tepla u suterénní stěny	32
4.3.3 Vyhodnocení tepelných ztrát obvodové stěny pomocí dostupné on-line kalkulačky Zelená úsporám	34
4.4 Návrh vlastního řešení zateplení	35
4.4.1 Vyhodnocení tepelných ztrát obvodové stěny pomocí dostupné on-line kalkulačky Zelená úsporám	38
5 Zhodnocení výsledků	39

5.1	Ekonomické zhodnocení	39
5.1.1	Náklady na zateplení zhotovené současným majitelem	39
5.1.2	Náklady na zateplení vlastním řešením.....	39
5.1.3	Náklady na zateplení s pomocí programu Zelená úsporám.....	41
5.1.4	Návratnost nákladů na zateplení	41
6	Závěr a doporučení.....	42
7	Seznam použité literatury.....	43
8	Seznam obrázků.....	46
9	Seznam tabulek a grafů	47
10	Seznam příloh	48

1 Úvod

Při dnešní finanční zátěži nabytí novostavby či pořízení bytu se naskytuje možnost koupě starší obytné budovy, která má však větší energetickou náročnost. Rekonstrukce starších nemovitostí snižující jejich energetickou náročnost jsou tedy z důvodu finanční úspory za platby energií a minimalizace tvorby škodlivých emisí stále aktuálnějším tématem. Jedním z faktorů snižování energetické náročnosti budov je zateplení.

Zateplování je v současné době nejrozšířenější stavební úpravou a možností, jak v domě udržet teplo. Tato úprava vede k významné úspoře energie potřebné k vytápění, a tím i k ušetřeným finančním prostředkům domácnosti. U správně provedeného zateplení je možnost snížit spotřebu energie na vytápění až o 40 – 50 %. Hlavním ekonomickým parametrem k posouzení výhodnosti zateplení je také vzhledem k jeho vyšším pořizovacím nákladům doba návratnosti.

Česká republika se vstupem do Evropské unie zavázala k opatřením vedoucím k úspoře energií, jež za určitých podmínek podporuje motivačními nástroji, které mají za úkol kompenzovat vyšší pořizovací náklady. V České republice je jedním z takových motivačních nástrojů například dotační program Státního fondu životního prostředí ČR „Nová zelená úsporám“.

Cílem této práce je shrnutí teoretických poznatků týkajících se problematiky zateplování, tepelně izolačních materiálů, spotřeby energií, energetických úspor a způsobů vytápění budov. Praktická část je pak zaměřena na posouzení stavu domu, propočet jednotlivých konstrukcí z hlediska prostupu teplot a následný návrh na zlepšení zateplení domu vedoucí k dosažení lepší pohody prostředí. V závěrečné části práce je shrnuto celkové posouzení jednotlivých variant zateplení a cenové vyhodnocení rekonstrukce, včetně doby její návratnosti.

2 Cíl práce a metodika práce

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je provést návrh vhodné metody zateplení využitelný pro rekonstruované budovy, a tím dosáhnout zlepšení tepelně technických vlastností a úspor při vytápění. 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 energetických 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.

2.2 Metodika práce

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části, a to na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se zabývá problematikou zateplování budov, požadavky na stavební konstrukce, výpočty spojenými s tepelnou bilancí, zdroji tepla při vytápění a v neposlední řadě také s využitím dotačního programu „Nová zelená úsporám“.

Na tyto informace navazuje praktická část, která se v první řadě zaměřuje na změny v zateplení vybraného objektu provedené majitelem. Následně je posuzován a porovnáván výchozí stav zateplené budovy s vlastním řešením pomocí online kalkulaček „Nová zelená úsporám“ a výpočtem „Součinitele prostupu tepla“, jenž dokládá detailní průběh teplot v konstrukci. V bakalářské práci jsou dále zhodnocena ekonomická fakta, která jsou pro přehlednost zanesena do tabulek a grafů.

Výsledkem této bakalářské práce je navržení vlastního řešení zateplení, které je šetrnější ke konstrukci dané budovy, a díky kterému lze jeho vhodným zvolením dosáhnout také výraznému zlepšení tepelné pohody a mikroklima v prostředí daného objektu.

3 Současný stav sledované problematiky

3.1 Zateplení

Úspora finančních prostředků, tepelná stálost prostředí a energetická úspora jsou jedny z hlavních požadavků při rekonstrukci budovy. Kritéria na výběr materiálu a následného zhotovení zateplení se s průběhem doby zvyšují. [1]

3.1.1 Historie zateplení

Dříve sloužila obydlí pouze jako prostor, který umožňoval ochranu před klimatickými podmínkami. Později se začínají jednotlivé plochy obydlí používat jako prostor pro odpočinek a práci. Tím začínají požadavky na to, aby místnosti byly vytápěné a člověk se mohl cítit lépe, bez nutnosti většího množství oblečení. Ze vzniklého požadavku později vyplývá, že tepelná pohoda je spojena s vyšší spotřebou surovin pro vytápění. Vytápění stojí nemalé finanční prostředky, a tak se začíná vyvíjet myšlenka úspory vytápění za pomoci zateplení obydlí. Jedna z prvních možností jak zateplit dům, byla pomocí dřevovláknitých desek pod označením „heraklit“ nebo desek z lněného pazdeří. Tyto desky se připevňovaly na stěnu, následně se armovaly pomocí rabicového pletiva, na který se nanasla v silné vrstvě omítka. Časem se zjistilo, že desky nejsou objemově stálé a dochází tak k praskání omítek a celkové degradaci stěny. [2]

V první polovině 20. století dochází k velkému rozvoji chemických závodů a vzniká materiál zvaný „**polystyren**“. První, kdo polystyren začal v oboru stavebnictví vyrábět, byl německý závod IG Farben. V roce 1957 se provedlo zateplení prvního domu pomocí desek právě z výše zmiňovaného polystyrenu. V 70. letech se začíná využívat minerální vata a s ní dochází k vývoji omítek tak, jak je známe dnes. Protože nebyly ještě dostatečně kvalitní materiály, docházelo často k trhlinám a jiným závadám na zateplení. Na konci 20. století se začalo zateplovat klasickým systémem, který se drží dodnes. [2]

3.1.2 Trendy v zateplení budov

Zateplovací systém lze (dle typu budovy) zhotovit několika způsoby. Jedním z nejčastějších způsobů je **zateplovací systém s odvětrávanou mezerou mezi tepelným izolantem a vnější fasádou**. Pokud se jedná o historické budovy, kde nelze narušit, změnit nebo jinak upravit ráz vnější fasády, je nutné přistoupit k vnitřnímu zateplení. Pro návrh vhodného zateplení je nezbytné provést patřičné výpočty a posouzení konstrukce obvodové

stěny. Pro tento typ zateplovacího systému je velmi důležité, aby byl podklad suchý, pevný a únosný. Izolant musí splňovat požární normu o požární odolnosti ČSN 73 0810, u rodinných domů s požární výškou od 0,0 m do 12,0 m je nutné použít minimálně izolant typu E (použití nehořlavého materiálu se doporučuje pouze nad únikové východy). [3]

Nejvíce používaným způsobem vnějšího zateplení stále zůstává **kontaktní tepelně izolační systém ETICS**, který je pevně provázán s podkladem. [3]

3.1.3 Důvody zateplení

„Základním důvodem pro zateplování budov je zvýšení odporu obvodových stěn vůči pronikání tepla resp. chladu skrz tyto stěny. Zateplením obvodových stěn lze dosáhnout výrazné úspory nákladů na vytápění, kdy u menších objektů s větším počtem ochlazovaných stěn lze dosáhnout až 50 % úspory na vytápění oproti předchozí topné sezóně. Na základě dlouhodobých statistik můžeme konstatovat, že u větších mnohavlakových domech skutečná úspora klesá na hodnotu kolem 20 - 30 %. Zateplení však pouze neomezuje proudění tepla z interiéru do exteriéru, ale omezuje i proudění tepla z vnějšího prostředí do vnitřního v parných létech, čímž opět přispívá k zlepšení vnitřních podmínek.“ [4]

Z výše uvedeného vyplývá, že je potřeba proti úniku tepla dělat cokoli, co odlehčí zároveň i životnímu prostředí. Budovy spotřebovávají nemalé množství energií a proto finance, které jsou vloženy do izolace, pomáhají šetřit nejen životní prostředí (prostřednictvím snížením škodlivých emisí), ale také finanční prostředky domácnosti. Při rekonstrukcích by bylo významnou chybou této skutečnosti nevyužít a šetřit právě na izolačních materiálech. [5]

Pokud je izolace nalepena ve vhodné tloušťce ze strany exteriéru, docílí se tak posunu teploty stěny do izolantu. Izolant, který je vhodně zvolen, v období zimy posílí teplotu stěny, která je ohřívána ze strany interiéru teplým vzduchem. Toto uspořádání konstrukce utvoří efekt, kdy stěny přestávají chladnout, a snižují tak individuální pocit chladu. Stěna se totiž postupným ohříváním dostane na teplotu vzduchu v místnosti, čímž se zde déle udrží teplo. Tímto způsobem lze také zamezit výskytům plísní a mokrých fleků na stěnách. [5]

„Kontaktní zateplovací systém posouvá bod mrazu do izolantu vlastního systému, čímž výrazně omezuje vlivy teplotních změn, které působí na konstrukci domu prostřednictvím obvodového pláště. Dochází tak k ochraně nosné a obvodové konstrukce před nepřízní klimatu a prodlužuje tak životnost domu.“ [4]

V období léta dochází k opačnému efektu - izolace slouží jako ochrana před venkovní teplotou a zabraňuje vzrůstání teploty stěny. Tím lze zamezit nesnesitelnému horku v noci, ke kterému dochází v důsledku nakumulovaného tepla ve zdivu. [6]

Jedním z dalších důvodů zateplení domu je také bezesporu **zlepšení akustiky**. Pokud se nemovitost nachází v místě, kde je výrazně vyšší hluk (jako jsou frekventované silnice, nádraží či letiště), má zateplení při správně zvoleném materiálu příznivý vliv na jeho snížení. Pokud se použije například minerální vlna, lze docílit výrazného odhlučnění budovy. Díky zateplení tak lze získat větší komfort bydlení. [7]

3.1.4 Návratnost a životnost zateplovacího systému

Nejzákladnějším vyjádřením doby návratnosti zateplení je výpočet tzv. **prosté doby návratnosti**. Tato hodnota je vyjádřena roční úsporou, která je získána investicí do zateplení. Pokud je do zateplení investováno 200 000 Kč a každý rok se díky zateplení ušetří 10 000 Kč, prostá návratnost bude 20 let. Do výpočtu se nezahrnuje inflace, ani růst či pokles cen energií. Pro lepší odhad návratnosti je proto nutné použít například diskontovanou dobu návratnosti nebo čistou současnou hodnotu investice (NPV – „Net Present Value“). V NPV je zahrnuta celá doba životnosti zateplení a srovnání s jiným podobným řešením. Pakliže je hodnocení kladné - investice se vyplatí. Tento údaj je ale nutné brát s rezervou, a to z důvodu dlouhé doby návratnosti, během které se může rapidně změnit inflace, a díky tomu se může z návratné investice stát nenávratná. [8]

Aby návratnost investice do zateplení byla relevantní, je nutné, aby konstrukce vydržela co nejdéle. K dosažení dlouhé životnosti je velmi důležité dodržet základní předpoklady, které stanovují použití ověřené metody působení jednotlivých komponentů. Technologické postupy dané výrobcem se musí bezpodmínečně dodržovat. Nedodržením jednotlivých kroků se snižuje doba životnosti zateplení. Poslední podmínkou je údržba - každá konstrukce potřebuje čas od času menší údržbu, která by však neměla být finančně náročná, aby se neprodložovala doba její návratnosti. Při včasné údržbě tak lze předejít budoucím problémům a dosáhnout významného zlepšení v oblasti zateplovacího systému. U kontaktního systému zateplení se udává životnost okolo 20 let (skutečná životnost ovšem záleží na místě, klimatických podmínkách či zmiňované údržbě). [9]

Možnosti prodloužení životnosti systému zateplení: [9]

- Zajištění odolnosti proti vodě - voda se do konstrukce může dostávat mnoha způsoby. Srážky a kondenzace vodní páry jsou jen jedny z mála možností, jak se voda do konstrukce může dostat. Proto je nutné, aby byla konstrukce dobře navržena a nedocházelo tak ke kontaminaci vodou.
- Zamezení vzniku trhlin v konstrukci – pakliže se podaří zabránit vzniku trhlin, zamezí se tím i vnikání vody do konstrukce.
- Předcházení mechanickému poškození - zde se jedná především o poškození, které není přímo spjaté s konstrukčním systémem. Jediným řešením, jak poškození přecházet, je správně vybraný zateplovací systém.

3.2 Základní přehled požadavků na stavební konstrukce

Tepelně izolační schopnost materiálů se v dnešní době vyhodnocuje pomocí součinitele prostupu tepla U . Součinitel prostupu tepla U se počítá jak pro jednotlivé části konstrukce (obvodové stěny, stropy apod.), tak i pro budovu jako ucelenou jednotku.

Celek se hodnotí pomocí průměrného součinitele U_{em} . Oba požadavky musí vyhovět. Izolační schopnost konstrukcí lze vyjádřit i pomocí tepelného odporu R . Čím menší je hodnota součinitele prostupu tepla U , tím méně utíká (prostupuje) tepla. To znamená, že konstrukce je mnohem více tepelně izolačně schopná. [10]

Tepelný odpor R se vyhodnocuje opačně - čím větší je tepelně izolační odpor R , tím schopnější je konstrukce jako tepelný izolant. Při přepočtech hodnot U na R (a naopak), je velice důležité postupovat podle následujících převodních vztahů. Dále je velmi klíčové nepodceňovat hodnoty odporů prostupu tepla na obou površích konstrukce R_{si} a R_{se} - tyto hodnoty souvisí s prouděním vzduchu kolem konstrukce. [10]

Pro obvodovou stěnu platí vztah:

$$U = 1 / R_t = 1 / (R_{si} + R + R_{se}) \quad [W.m^{-2}.K^{-1}],$$

$$R = 1 / U - R_{si} + R_{se} \quad [m^2.K.W^{-1}],$$

Kde:

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $[m^2.K.W^{-1}]$

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $[m^2.K.W^{-1}]$

Součinitel tepelné vodivosti λ

Je nejdůležitější veličinou u tepelných výpočtů u šíření tepla. Určuje schopnost látky (materiálu) vést teplo. Hodnota tepelné vodivosti se u každého materiálu liší. Jednotkou je řecké písmeno lambda λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]. Tepelnou vodivost nejvíce ovlivňuje pórovitost materiálu, jeho vlhkost, chemické složení, teplota a objemová hmotnost. Čím větší je objemová hmotnost daného materiálu (a zároveň menší pórovitost), tím větší je součinitel tepelné vodivosti. [1]

Součinitel difúze vodní páry δ

Pro výpočty šíření vlhkosti v konstrukci je důležitou veličinou součinitel difúze vodní páry. Součinitel δ je přímo závislý na daném druhu materiálu, nejvíce však na jeho vnitřní struktuře. Tuto hodnotu nicméně může jak kladně, tak i záporně ovlivňovat teplota a aktuální vlhkost materiálu. Čím menší je teplota materiálu, tím menší je hodnota difúze vodní páry. V případě, že vlhkost vzroste, difúze vodní páry se zvyšuje. [1]

Pro zjištění daného součinitele, je nutné experimentovat v laboratoři. Pro běžné podmínky se udává faktor difuzního odporu μ . Tento faktor udává relativní schopnost materiálu propouštět vodní páru. Je poměrem difuzního odporu materiálu a difuzního odporu vrstvy vzduchu o stejné tloušťce při předem domluvených podmínkách. [1]

Platí vztahy:

$$\mu = 1,8824 \cdot 1010 / \delta$$

$$\delta = 1,8824 \cdot 1010 / \mu$$

V závislosti na hodnotě součinitele difúze vodní páry lze rozdělit materiály na skupiny:

- Dokonale parotěsné, kde $\delta = 0$. Jedná se např. o sklo, kov, fólie.
- Parotěsné, kde $\delta = (0,0001 - 0,000\ 002) \cdot 10^{-9}$. Jedná se např. o krytiny, nátěry, tmely.
- Paropropustné jsou látky, které představují horní hranici součinitele difúze vodní páry ve vzduchu. [1]

Pro lepší porozumění se parotěsnost a paropropustnost rozeznává následovně:

Parotěsností se rozumí zamezení vzdušné vlhkosti vnikat do okolních konstrukcí, například v místech koupelen či krovů. **Při paropropustnosti** vzdušná vlhkost částečně pronikne do okolní konstrukce. [1]

Difuzní odpor

Difuzní odpor určuje schopnost jakéhokoliv materiálu propouštět vodní páru pomocí difuze. Konstrukce pak klade odpor proti vodní páře stejně jako u prostupu tepla. Tímto odporem se rozumí difuzní odpor R_d . Vztah pro výpočet difuzního odporu je $R_d = d / \delta$, kde d představuje tloušťku materiálu a δ je součinitel difúze vodní páry. Nelze však určit, zda je zkoumaný materiál lepší, pokud je hodnota difuzního odporu menší. Na některá místa v budově se hodí materiál s vyšším difuzním odporem a jinde zase s menším. [1]

Tepelné mosty

Tepelný most je místo, ve kterém uniká více tepelné energie. V interiéru je tepelný most většinou snadno rozpoznatelný pouhým dotykem. V daném místě je povrch oproti okolí studenější. V exteriéru se jev vyznačuje právě naopak. V zimních podmínkách bývá na fasádách znatelný pouhým okem, kdy jsou vidět terče talířové fasádní hmoždinky nebo místa, kde se na ploše tvoří mokré fleky. Nejsnadněji jsou však mosty znatelné pomocí termokamery. [11]

Obr. 1 Tepelné mosty v okolí styku trámové konstrukce a stěny



Zdroj: [12]

„Tepelné mosty nabývají stále většího významu. Není to tím, že by se dříve nevyskytovaly, ale v současné době, kdy se snažíme o co největší úspory energií, jsou významnější. A to hned ve dvou směrech.“ [11, s. 71]

Prvním důvodem je zdraví (hygiena). Na vlhkých a studených místech se může tvořit plíseň. Dříve byla obydlí vytápěna lokálně v každé místnosti, tím nedocházelo ke kondenzaci vodní páry. V dnešní době jsou budovy navrhovány tak, aby byla co největší úspora energie

(omezuje se např. i větrání na minimum). Vzduch pak bývá vlhčí a náchylnější ke kondenzaci. [11]

Druhým důvodem je minimalizace úniku tepla konstrukcemi. Tím lze snížit náklady na vytápění a tím pádem také délku topné sezóny. [11]

Tepelné mosty často vznikají v místech napojení více konstrukcí, špalet u oken, dveří, nepodsklepených bungalovech, stěn, balkonů, venkovních vetknutých schodišť, trámových konstrukcí stropů atp. Dále může nastat tepelný most v místě, kde je složitý geometrický prvek (například kout). [11]

Při rekonstrukci nebo dodatečném zateplení je nezbytné zvážit složitější konstrukční detail tak, aby se teplotní most buď vyloučil, nebo alespoň omezil. Tepelný most není jen o konstrukci jako takové - je nutné zaměřit se na výplně otvorů, přičemž se musí zvolit adekvátní kvalita výplňových prvků k celkovému rázu tepelné izolace stěny. Na pomoc snižování tepelných ztrát mohou být v nočních hodinách využity například rolety (každá taková překážka snižuje hodnotu celkové tepelné ztráty). [11]

Tepelné ztráty

Za tepelné ztráty je považováno proudění. Jedná se o proudění plynů a kapalin. Je to množství tepla, které projde danou konstrukcí domu při daném tepelném rozdílu mezi vnitřkem a vnějškem domu za určitou jednotku času. Značně teplejší vzduch přitahují studenější místa, kde ztrácí svoji teplotu. [8]

Z hlediska fyzikálního se jedná o ztrátový výkon a platí pro něj vztah:

$$Q=U.S. \Delta t \quad [W]$$

Kde:

U součinitel prostupu tepla [$W.m^{-2}.K^{-1}$]

S plocha konstrukce, přes kterou teplo prochází [m^2]

Δt rozdíl teplot interiéru a exteriéru [K]

Pakliže jsou sečteny všechny hodnoty jednotlivých konstrukčních prvků, výsledkem je celková tepelná ztráta budovy. [8]

Hmotnostní vlhkost

Tato hodnota je pro materiály také velmi důležitá, a to zejména pro materiály tepelně izolační. Je vyjádřením volné vlhkosti v materiálu v % hmotnosti v suchém stavu. [1]

Hmotnostní vlhkost je vyjadřována vztahem:

$$w_m = (m_w / m_d) \cdot 100$$

Kde:

m_w hmotnost materiálu ve vlhkém stavu

m_d hmotnost materiálu v suchém stavu

Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy neboli PENB, ukazuje míru energetické náročnosti budovy, respektive jak je budova úsporná. Výsledkem je **energetický štítek**. Do PENB se zahrnují veškeré energie spojené s budovou (např. architektonická řešení, vytápění, ohřev vody, osvětlení, atd.), nezahrnují se energie spotřebičů a ostatní energie, které nejsou přímo spjaté s budovou (respektive např. energie na bazén, zahradní domek atd.) [8]

Obr. 2 Průkaz energetické náročnosti budovy

The image shows a detailed form for the Energy Performance Certificate (PENB) of a building. It is divided into several sections:

- PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY**: Includes fields for address, location, building type, floor area, volume, and total energy demand area.
- DOPORUČENÁ OPATŘENÍ**: A table listing recommended measures for various building components like windows, doors, roof, walls, heating, ventilation, and hot water, with checkboxes for their status.
- PODÍL ENERGOŠETLIVĚ NA DODÁNÍ ENERGIÍ**: A pie chart showing the contribution of different energy sources to the total energy demand.
- ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY**: A scale from A (most efficient) to G (least efficient) with corresponding energy demand values.
- UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY**: A table of energy efficiency indicators for different building components, each with a target value and a current value.
- Footer**: Fields for the preparer's name, contact information, and the date of preparation.

Zdroj: [13]

Díky PENB tak lze zjistit zajímavé údaje – např. kolik budou stát energie na dům za rok. PENB mimo jiné dokládá, že budova splňuje předepsanou legislativu a minimální standardy v oblasti energetiky. PENB dále zajišťuje informace o nemovitosti (od roku 2016 je povinnost dokládat tento štítek i při prodeji či pronájmu nemovitosti), zlepšuje tržní odhad ceny

nemovitosti a určuje i míru vlivu budovy na životní prostředí, která zohledňuje míru energie, při níž je teplo vyráběné. [8]

PENB je povinnou součástí stavební dokumentace u novostaveb, u renovace (u níž je renovace větší než 25 % obálky budovy) a při prodeji nebo pronájmu nemovitosti. Průkaz se skládá z protokolu a grafického znázornění. V průkazu je uveden důvod zhotovení, adresa vlastníka, provedení stavby a způsoby TZB, energetická náročnost budovy a její posouzení. Průkaz může vystavovat energetický specialista - fyzická osoba, která je držitelem oprávnění k průkazu energetických specialistů. [8]

Energetický štítek obálky budovy (EŠOB)

EŠOB je grafickým vyjádřením vlastností konstrukcí nemovitosti. Díky EŠOB lze lépe porovnávat jednotlivé budovy, a to z hlediska kvality zhotovení konstrukce. Energetický štítek klasifikuje budovy do 7 skupin. Pro přesnost jsou vyhovující domy v kategorii A – C. Budovy, které jsou v kategorii A, odpovídají pasivním domům. Požadavky v kategorii C musí splnit každá nově projektovaná nebo rekonstruovaná budova. Mezi výjimky patří historické budovy, nebo budovy, kde by realizace rekonstrukce v minimální třídě C byla ekonomicky a funkčně nevhodná a mohla by narušit životnost stavby. [14]

Obr. 3 Energetický štítek obálky budovy

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení				Hodnocení obálky budovy		
Adresa budovy				stávající		doporučení
Celková podlahová plocha $A_p =$ _____ m ²						
C/	Ve velmi úsporná					
0,5	A					
	B					
0,75	C					
1,0	D					
1,5	E					
2,0	F					
2,5	G					
Mimořádně neúsporná						
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{ew} ve W/(m ² ·K) $U_{ew} = H/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{ew,req}$ ve W/(m ² ·K)						
Klasifikační ukazatele C/ a jim odpovídající hodnoty U_{ew}						
C/	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{ew}						
Platnost štítku do			Datum			
			jméno a příjmení			

Zdroj: [15]

Nová zelená úsporám

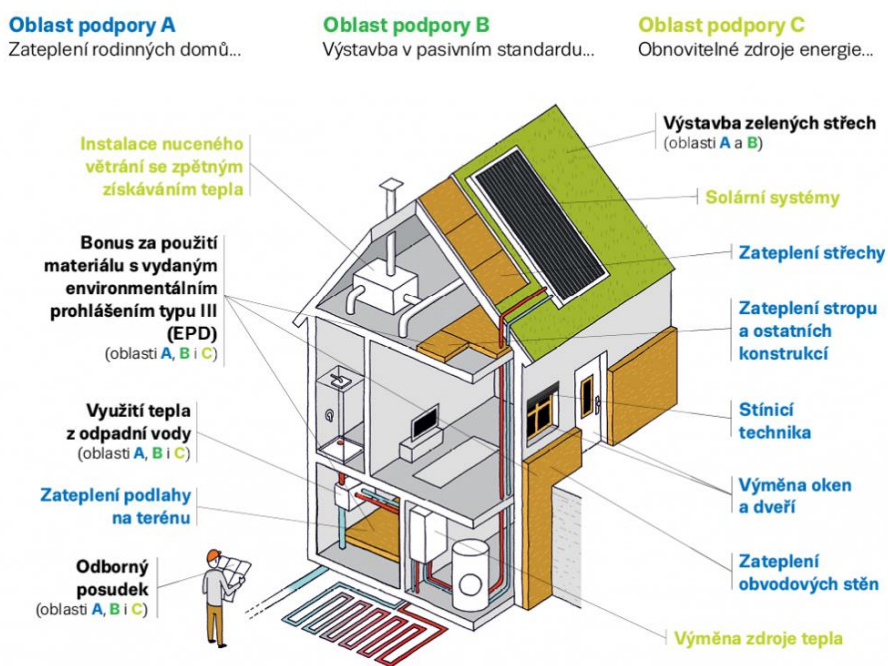
"Hlavním cílem programu je zlepšit stav životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů (především emisí CO₂). Záměrem programu je dosáhnout úspory energie v konečné spotřebě a stimulovat ekonomiku ČR s dalšími sociálními přínosy, kterými jsou například zvýšení kvality bydlení občanů, zlepšení vzhledu měst a obcí, nastartování dlouhodobých progresivních trendů." [16]

Tato dotace je velkým přínosem a podporuje následující:

- Zateplení fasád, nové střechy, výměnu oken či dveří.
- Stavbu pasivních domů.
- Nákup nemovitostí s nízkou energetickou náročností.
- Fotovoltaické systémy.
- Zelené střechy a stínící techniku.
- Využití tepla, rekuperaci a řešení odpadních vod.
- Tepelné výměníky, tepelná čerpadla a podobná zařízení.
- Dobíjecí stanice pro automobily a výměnu kotlů.

Díky programu je možné ušetřit až 50 % nákladů.

Obr. 4 Nová zelená úsporám



Zdroj: [17]

3.3 Druhy zateplení

3.3.1 Kontaktní tepelně izolační systém ETICS

Tento systém je v praxi používán nejčastěji. Obvodovou stěnu je možné zateplit jak z exteriéru, tak ze strany interiéru. Nejefektivnějším způsob, jak budovu zateplit, je ze strany exteriéru. Tento systém se nazývá **ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems)**. Systém ochraňuje nosnou konstrukci tepelným izolantem. Nedochozí tak k ubývání prostoru v interiéru. Celistvost zateplení je prakticky po celém obvodu pláště budovy, čímž se zamezí vzniku tepelných mostů.

Tento systém je náročnější na proveditelnost, a to z důvodu nanášení pohledové vrstvy a dalších přípravných operací. [10]

Obr. 5 Tradiční skladba tepelně izolačního systému Baumit EPS-F



Zdroj: [18]

Při kontaktním zateplení lze zvolit systém od určité firmy. Tyto systémy bývají certifikované, mají u skladby optimální působení všech svých jednotlivých složek a zaručují fungování daného systému. Pokud se nedodrží technologický postup, nelze garantovat jeho životnost, a nakonec ani funkčnost. Tento typ zateplení se provádí pomocí suché a polosuché technologie, což znamená, že jeho realizace je možná jen za určitých klimatických podmínek - zejména při teplotách od 5 – 40 °C (za absence deště a jiných nevhodných podmínek).

Mezi tepelné izolace ETICS (pro vnější kontaktní systém), se velice hojně používají desky z fasádního expandovaného polystyrenu (EPS-F). EPS-F se hojně využívá jak pro obvodové stěny, tak i pro zateplení stropů a střech. [10]

Dalším značně využívaným polystyrenem ve stavebnictví je extrudovaný polystyren (XPS-F). XPS-F se vyznačuje velmi nízkou nasákavostí a vyšší pevností v tlaku. Díky těmto vlastnostem se používá na konstrukce podlah, podlahového topení či v oblastech suterénu. U XPS-F polystyrenů je ale nutno vyloučit dlouhodobé vystavování teplot nad 70 °C, organickým rozpouštědlům, a to včetně difuze par rozpouštědel. [10]

Zajímavou volbou u polystyrenů je tzv. šedý polystyren, který má tepelnou vodivost 0,032 W/m.K (vyrábí ho například firma Weber pod označením EPS GreyWall). Šedý polystyren má až o 20 % lepší tepelně izolační vlastnosti oproti EPS-F. Princip je takový, že polystyren obsahuje kousky grafitu, který odráží teplo a tím získává lepší izolační schopnost. Zároveň je však oproti normálnímu EPS-F finančně nákladnější. [7]

Dalším materiálem vhodným pro zateplení je fasádní minerální vata (vlna). Ve většině případů lze hovořit o nehořlavém materiálu, který je zároveň difuzně otevřený, a tím pádem může rychle odvádět vstupní páry. Vlhkost při stavbě nebo vlhkost z interiéru může tak snadno prostupovat izolační deskou. Desky jsou samy o sobě voděodolné a tak se není potřeba obávat vzniku plísní. Tepelná vodivost při 60mm tloušťce je 0,037 W/m.K (pro představu - EPS má hodnotu 0,039 W/m.K). Její zpracovatelnost je velice jednoduchá - pomocí speciálních nožů. U fasádních desek je nutné lepení správnou stranou desky. Z jedné strany je totiž deska hutnější, a to kvůli následnému natahování lepidla a odolnosti proti klimatickým vlivům (např. kroupám). [19]

„Izolace z minerálních vláken se v posledních letech staly terčem otevřené kritiky. Předpokládalo se, že mohou - podobně jako azbest - představovat zdravotní nebezpečí. V USA bylo skutečně prokázáno rakovinotvorné působení prachu z minerálních vláken.“ [19, s. 25]

Je tedy velice nutné dodržovat zásady výrobce, zejména stálé větrání prostoru, ochranu dýchacího ústrojí pomocí respirátorů, ochranu očí pomocí brýlí, důkladně vysávat prostory a manipulovat s odpadem se zvýšenou opatrností. [19]

Postup realizace

Pokud se majitel nemovitosti rozhodne ponechat starou fasádu, je třeba nejprve povrch zmapovat. Podklad musí být čistý, suchý, únosný a musí být zaručeno jeho neodpadávání od konstrukce. V místě puklin je potřeba omítku otlouci a zhodnotit stav nosné konstrukce, případně opravit a zamezit šíření puklin. Nelze také opomenout ošetření konstrukce příslušnými penetračními nátěry. Dále je nezbytné najít místa, ve kterých je svislost fasády nebo nosné konstrukce špatná a vystupuje vně domu. Tyto místa je nadále potřeba zbrousit, a v případě míst s nerovností větší než 1 cm vyrovnat nejlépe cementovým produktem. Tyto informace jsou pro následnou realizaci velmi důležité. V místě soklů je nezbytné založit pomocí zakládacích lišt spáru, do které se následně uloží izolace. Zakládací lištu se doporučuje použít u izolantu jako je skelná nebo minerální vata. Tyto materiály ovšem nemají tak dokonalou soudržnost jako EPS-F desky, které mají přesnou hranu. [20]

U lišt je velmi nutné dodržovat rovinnost a pravoúhlost konstrukce (pokud se jedná o stavbu obdélníkového typu). Ta se zaručí pomocí nivelačního přístroje a provázku. Zakládací lišty se uchycují na zatloukací hmoždinky, které lze zvolit podle druhu nosné konstrukce. K dosažení rovnosti se používají klínky pro zakládací lištu. Místa dutin se poté vyplní montážní pěnou. Pláty se spojují pomocí plastových spojek tak, aby nedocházelo k praskání konstrukce. [20]

Po provedení zakládací lišty se rohy budovy založí izolačními deskami. U minerální vlny (desky) se lepidlo doporučené výrobcem nanáší stejným způsobem jako u EPS-F a to minimálně na 30 % celkové plochy desky (nejprve na okraje a poté na jednotlivé body). Desky se lepí na podklad na vazbu, těsně vedle sebe. V případě rohů je to velmi důležité – zamezí se tím vzniku tepelných mostů a praskání fasády. Vazba se také musí dodržovat v oblasti oken a ostatních otvorů, izolant nesmí lícovat s žádnou nechtěnou spárou. U dilatace musí být dodržena spára, která musí být správně ošetřena. Každé napojení musí být provedeno tak, aby se zamezilo vnikání vody, která by způsobovala škodlivé trhliny nebo by mohla způsobovat plísně. [20]

Po nalepení všech míst izolací se zkontroluje rovinnost povrchů (místa, kde je nerovnost, se vybrousí do patřičné roviny). Po broušení následuje kotvení pomocí talířových fasádních hmoždinek. Polohu talířových hmoždinek určuje ve většině případů projektová dokumentace. Délka hmoždinek se odvíjí od tloušťky izolace a ostatních vrstev. Následně

se hmoždinky zazátkují izolantem o průměru talířové hmoždinky (dodávají se přesné zátky). Následně se provede osazení parapetů a zhotoví se nové okapní kotvy, popřípadě se stávající kotvy prodlouží. Aby se zabránilo případným chybám v ETICS, je nutné osadit špalety a ostění dilatační lištou v oblasti parapetů (ukončovací lišty se aplikují v oblasti ostění a nadpraží). Všechny lišty jsou dodávané s armovací tkaninou kvůli celkovému provázání s plochou. [20]

Armovací vrstva se provádí v celé ploše ETICS. V oblastech nadpraží, ostění a jiných otvorů se musí provést výztuha pomocí pruhů armovací tkaniny. Pruhy by měly být v ideálním případě rozměrů 25 x 50 cm. Pruhy armovací tkaniny se ukládají příčně, a to v oblasti rohů. Pokud jsou otvory osazené lištou s armovací tkaninou, není třeba provádět dodatečné výztuhy v horizontálním a diagonálním směru. Na desky izolantu je potřeba nanést pomocí ozubeného hladítka souvislou vrstvu tmelu, do kterého se vpraví tkanina ze shora dolů, s minimálním přesahem 10 cm. Poté jsou aplikovány výztužné pruhy. Tmel, který prochází oky tkaniny, se urovná a zahladí. Je nezbytné, aby byla tkanina v celé ploše propojena tmelem s izolantem, tmel musí také tkaninu krýt, a to v minimální tloušťce 3 mm. V rozmezí 12 - 24 hodin se doporučuje provést druhou vrstvu tmelu. Tmel musí být hladký, bez výrazných hrbolů. [20]

„Rovinnost armovací vrstvy nemá převyšovat hodnotu odpovídající velikosti maximálního zrna omítky, zvětšenou o 0,5 mm - viz ČSN 73 2901.“ [20, s. 58]

Při provádění tohoto kroku nesmí být příliš velké horko, pak by docházelo k zasychání tmelu. Tím by nebyl tmel v celkové ploše provázán a mohlo by docházet k praskání. Dalším důležitým bodem je déšť. Je nevhodné, aby déšť působil na nezaschnuté lepidlo, může docházet k jeho vyplavování. Následné opravy jsou velmi pracné a v krajních případech je nutné provést novou armovací vrstvu. Pokud uvažujeme nad finální omítkou v zrnu 2 mm, je nutné dodržet, aby rovinnost armovací směsi nepřesáhla hodnotu 2,5 mm na délku 2 m. Toto provedení je ideální, ale velmi těžko proveditelné. [20]

Finální povrchová úprava

Použitý odstín omítky musí vyhovovat zkoušce ETICS (HBW). Zkouška stanovuje, že odstín omítky nesmí být \leq indexu 30, index se pohybuje v rozsahu od 0 – 100, kdy 0 je černá, 100 bílá. Tento index značí schopnost barvy odrážet světelné záření. Čím je omítky více sytá, tím méně odráží světlo - to má za následek degradaci barvy a popřípadě i EPS-F. Před nanesením finální úpravy musí být podklad suchý s maximální vlhkostí 7 %. Povrch má být čistý a ošetřený penetračním nátěrem. Aplikace omítky se provádí dle návodu výrobce. Velké plochy se musí

aplikovat v jednom pracovním kroku (případně spoje jsou viditelné okem a velmi nevzhledné). Při výběru druhu omítky by měl investor zvážit klimatické a geografické umístění budovy a na doporučení odborníka zvolit vhodný druh omítky. [20]

3.3.2 Odvětrávaný zateplovací systém

Tepelně izolační vrstva je těsně spojena s obvodovou konstrukcí. Vnější plášť je odsazený od izolace. Mezi izolací a pláštěm se tak vytvoří funkční mezera, která zajišťuje optimální vlhkost v konstrukci (tzv. mikroklima). Je velice nutné zajistit, aby v konstrukci proudil vzduch. Vzduch se v konstrukci ohřívá a stoupá vzhůru - to lze zabezpečit pomocí otvorů pro přívod vzduchu v oblasti soklů (odvody se zpravidla umísťují tak, aby neničily celkovou estetičnost fasády). Otvory musí být opatřeny ochranou především proti ptactvu a jiným škůdcům. Správné proudění zajišťuje spolu s otvory také minimální šíře vzduchové mezery, která je nejméně 20mm. [10]

Aby nedocházelo ke komínovému efektu, je nutno oddělit mezeru výškovými úseky po 9 m. Mezeru je nutno oddělit nehořlavým materiálem. V těchto konstrukcích se často objevuje voda a může vést ke snížení funkčnosti tepelného izolantu, v hraničních případech až o 40 %. Aby se do izolantu nedostala voda, musí se konstrukce opatřit pojistnou hydroizolací, která propouští páry, ale je odolná vůči vodě. Druhy materiálů pro odvětrávaný zateplovací systém jsou prakticky totožné s kontaktním zateplením. Jediným rozdílem je, že není tolik potřebná tuhost a tím se snižuje jejich hmotnost. Materiál se kotví pomocí hmoždinek přímo do nosné konstrukce. Vnější plášť systému je tvořen za pomoci dřevěného nebo kovového roštu. Je také možné vybudovat samostatnou předsazenou zděnou stěnu, čímž se docílí sendvičové konstrukce. V našich podmínkách není tato varianta příliš rozšířena jako například v Nizozemí, Velké Británii, Irsku či Skotsku. [10]

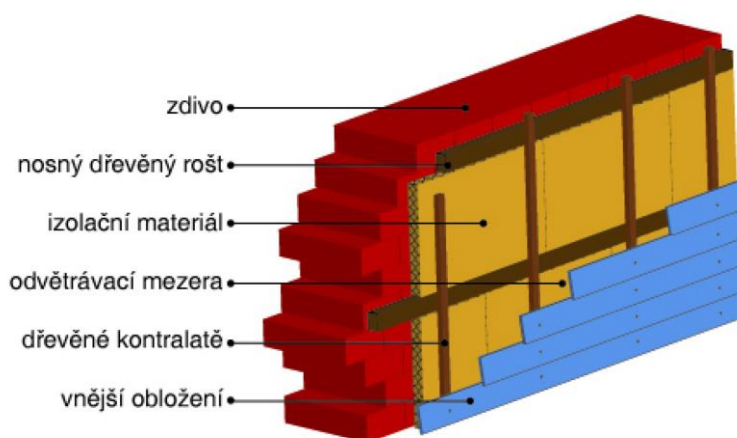
Mezi výhody patří: [21]

- Aplikace suchou cestou (lze provádět i v zimním období a nevyžaduje technologické přestávky).
- Je snadno rozebíratelný a lze snadno změnit vzhled.
- Pokud je zvolen vhodný pohledový materiál, je fasáda snadno udržovatelná.
- Lze použít u vlhkých staveb, kde není možnost použití ETICS.

Mezi nevýhody patří: [21]

- Vyšší cena v důsledku použití více materiálu a kotvících prvků.
- Pracnost v místech, kde je objekt více členitý.
- Delší doba proveditelnosti.
- Není vhodný na všechny typy budov.

Obr. 6 Schéma zateplení



Zdroj: [21]

3.3.3 Zateplení ze strany interiéru

Vnitřní zateplení se provádí u budov, které neumožňují zateplení ze strany exteriéru. Jedná se například o historické budovy. Dále lze aplikovat u budov rekreačního rázu, kde bývá upřednostňováno rychlejší vytopení interiéru. Tímto způsobem po ukončení vytápění dochází k rychlejšímu chladnutí. Provedení je např. pomocí sádkartonových předstěn. [22]

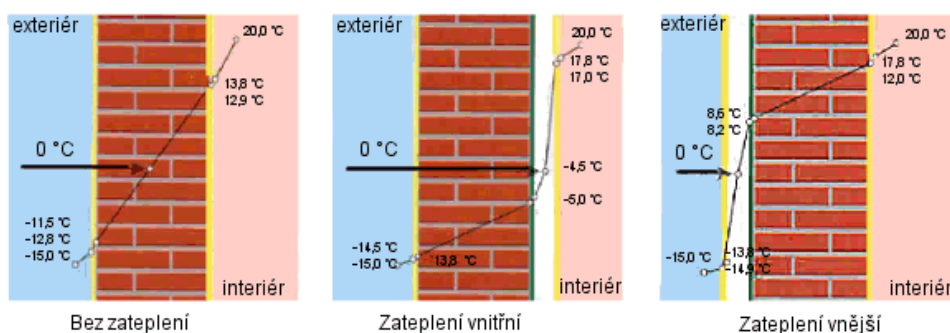
Ve většině případů tento typ zateplení není doporučen a to zejména z těchto důvodů:

- Obvodové stěny jsou v zimním období v celém svém průřezu zatěžovány mrazem.
- Kondenzace konstrukce se posouvá na vnitřní stranu konstrukce. Může docházet k poruchám tepelné izolace, proto je nutné provést kvalitní parozábranu.
- Je nutné zateplit i vodorovné konstrukce jako jsou stropy, podlahy, aby nedocházelo k vytvoření tepelného mostu. Jsou místa, kde je eliminace tepelného mostu neřešitelná. Tato místa jsou pravděpodobně místem budoucích problémů.
- Cena - vzhledem k faktu, že je nutné zateplit veškeré konstrukce, je vyžadováno více materiálu, a tím je toto řešení velice nákladné.
- Nelze využívat solární zisky a tím se prodlužuje topná sezóna.
- Je snížena obytná plocha místnosti. [22]

3.3.4 Tepelně izolační omítky

Tepelně izolační omítky jsou omítky s minerálním pojivem, které jsou doplněné expandovaným polystyrenem jako plnivem. Plnivo musí být obsaženo ve směsi minimálním poměrem 75 %. U tohoto systému je velmi důležitá povrchová úprava. Finální vrstva musí být pevná a musí zpevňovat celý systém. Vrstva má okolo 5 cm, a proto je velmi nutné využít armovací tkaninu na zpevnění. Tepelnou izolační omítku lze považovat za druh zateplení, avšak je nutno zdůraznit, že tento systém je prakticky neúčinný a cena investice je ve většině případů bezvýsledná. [23]

Obr. 7 Porovnání jednotlivých variant zateplení



Zdroj:[24]

3.4 Způsoby vytápění budov

3.4.1 Tepelná pohoda a mikroklima v budově

Tepelně vlhkostní mikroklima v interiéru budovy je tvořeno vnějším prostředím, které je změněno konstrukčním řešením budovy, doplněné o zdroje tepla a vodních pár v interiéru. Základní mikroklima je tedy z velké části upraveno vytápěním, klimatizací a větráním. Naše tělo si v každých podmínkách samo dopomáhá konstantní optimální teplotě. Tento proces, kdy tělo udržuje konstantní teplotu, se nazývá **homoiotermie lidského organismu**. Proto tělo potřebuje tepelnou rovnováhu kolem sebe, kdy okolní prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik tělo produkuje. I když má tělo schopnost přizpůsobit se všemožným klimatickým situacím, existuje rozmezí teplot, ve kterých se tělo cítí optimálně. Tento jev se nazývá pohodou. [25]

Stav, při kterém se člověk cítí dobře, lze stanovit čtyřmi objektivními a dvěma subjektivními faktory. [25]

Mezi objektivní faktory patří:

- Vnitřní teplota.
- Účinná teplota okolních ploch.
- Vlhkost vnitřního prostředí nebo relativní vlhkost.
- Rychlost proudění vzduchu v budově.

Mezi subjektivní faktory patří:

- Měrný tepelný tok metabolismu (uváděno stupněm námahy, činností člověka v interiéru, pohlavím a zdravotním stavem).
- Oděv člověka.

Teplota vzduchu

Teplota vzduchu v místnosti se měří pomocí teploměru. Důležité u tohoto výpočtu je, aby teploměr byl odstíněný od okolního sálání ploch, a zároveň velmi dobře odsluněný. Teplota se měří 1 m nad podlahovou plochou a to v rozmezí 8:00 až 21:00 hodin. Optimální teplota pro zdravého člověka je 22 °C. U starších a nemocných osob se doporučují teploty okolo 24 °C. Tyto teploty jsou určující pro teoreticky klidný vzduch (max. 0.3 m.s⁻¹), a také pro teploty okolních ploch, které se jen mírně liší od okolního prostředí. Pokud klesá teplota okolních ploch, je nutné začít zvyšovat teplotu vzduchu. [25]

Tento princip je stanoven rovnicí:

$$t_v + t_p = 38 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Kde:

t_v je teplota v interiéru

t_p je průměrná teplota vnitřních ploch místnosti

Vzduch není v celé místnosti naprosto stejný. Nejdůležitější je svislá nerovnoměrnost průběhu teploty. Ta je zapříčiněna stavem, kdy je teplo dostáváno do místnosti (otopnou plochou), výškou stropu či tepelnými mosty. Vertikální nerovnoměrnost se vyskytuje u obvyklých způsobů vytápění. U podlahových vytápěcích systémů se vertikální nerovnoměrnost snižuje. Pokud se hovoří o tepelné pohodě, rozdíl teplot mezi nohou a hlavou by neměl být větší než 2 °C. Pro tepelnou pohodu je nutné zvolit vhodný způsob vytápění ke každému rodinnému domu individuálně. [25]

Povrchová teplota s vlhkostí vzduchu

Každá konstrukce v budově při vnitřní vlhkosti pod 80 % musí vykazovat vnitřní povrchovou teplotu nad teplotou rosného bodu, která je povýšená o bezpečnostní kvocient. Rosný bod je teplota, při níž je vzduch úplně nasycen vodní párou - jestliže teplota klesne pod rosný bod, začne v tomto místě kondenzace (voda ze vzduchu se vysráží). [25]

Tab. 1 Teplota a vlhkost vzduchu

Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]					
	40	50	60	70	80	90
24	9,56	12,93	15,75	18,19	18,19	22,26
22	7,78	11,1	13,88	16,27	16,27	20,28
20	5,99	9,26	12	13,36	14,36	18,31
18	4,21	7,43	10,12	12,45	12,45	16,33
15	1,52	4,67	7,3	9,58	11,58	13,37

Zdroj: [25]

V obytných prostorech se relativní vlhkost vzduchu stanovuje na hodnotu 60 % a v koupelnách na hodnotu 90 %. Riziková místa jsou taková, kde dochází 3 dny po sobě ke kondenzacím na povrchu konstrukce (zde pak bude docházet k tvoření plísní a hub). [25]

3.4.2 Možnosti vytápění rodinného domu

Zdroje tepla jsou v objektech využívány jak k vytápění, tak i pro ostatní technologie. V dnešní době jsou využívány takové zdroje, u kterých se minimalizuje primární energie, tedy zdroje, které jsou obnovitelné (např. tepelné vrty nebo solární energie). Každý zdroj je nutné navrhnout individuálně podle potřeby každého domu. Je velkou chybou, pokud je zdroj tepla zbytečně předimenzován, a to zejména u zdroje na spalování paliv. Pokud není účinná regulace na zdroji, je doporučováno použití více menších zdrojů řízených v kaskádě, nebo využití akumulace tepla. [26]

Plynové kotle

V České republice se od roku 1996 topí pouze zemním plynem. U rodinných domů se kotle pohybují o výkonu 50 kW. Tyto kotle se dají rozdělit do 2 tříd, a to do skupiny B a C, kdy skupina B odebírá vzduch pro spalování z místnosti a následně se spaliny odvádí pomocí komínu nebo kouřovodem. Skupina C naopak odebírá vzduch z venkovních prostorů, které jsou

uzavřeny vůči okolí, spaliny se pak řeší obdobným způsobem. Kotle můžeme rozdělit z hlediska funkčnosti na následující typy: [25]

- Klasické kotle

U klasického kotle se kotlové těleso vyrábí z ocelových nebo litinových článků. Je potřeba dávat pozor, aby nedošlo k nízkoteplotní korozi. Aby se zamezilo této korozi, zapojení a regulace musí být provedena tak, aby vždy bylo dosaženo minimálně 60 °C v kotli a na zpátečce. Tyto kotle se nedoporučují používat u otopných těles, jako jsou podlahová nebo stěnová vytápění. Tyto systémy pracují na nižších teplotách, a proto zde může docházet ke kondenzaci a následné nízkoteplotní korozi vlivem kondenzace vodní páry. Klasické kotle dosahují až 90 % účinnosti.

- Kondenzační kotle

Kondenzační kotle využívají kondenzačního tepla. Teplo vzniká hořením vodíku v zemním plynu. V plynu je malé množství vody, která se vlivem hoření přeměňuje na vodní páru a dohromady s oxidem uhličitým vytváří spaliny, které odchází komínovou soustavou pryč. Komínová soustava musí zvládat kondenzát. Ve chvíli, kdy se tyto spaliny budou ochlazovat pod rosný bod, dojde k jejich kondenzaci a uvolnění kondenzačního tepla, které se aplikuje do otopné soustavy. Využitelnost tohoto systému je celkově okolo 8 %. Celková účinnost těchto kotlů se pohybuje až k hranici 97.4 %. Cena kondenzačního kotle je oproti klasickému vyšší, ale jeho návratnost se výrobcem stanovuje na dobu okolo 5 let.

U rodinných domů bývají kotle často i na ohřev teplé vody a z tohoto hlediska se rozdělují na kotle s průtokovým ohřivačem teplé vody a kotle pro akumulaci přípravu teplé vody.

Většina kotlů je udělána tak, aby se voda ohřívala přednostně. Tento proces není tak časově náročný a nenaruší tak tepelnou pohodu rodinného domu. Průtokové ohřivače se řídí podle množství teplé vody o určité teplotě, kterou je v dané době potřeba odebrat. Kotle s akumulací přípravou teplé vody mají zásobník o velikosti až 120 l a více. Tady se voda ohřívá pomocí topné vody přes teplosměrnou plochu. Teplosměrná plocha dokáže teplou vodu ohřát na potřebnou teplotu do 30 minut. Princip je takový, že po určitém odběru teplé vody se začne zásobník opět doplňovat. Pokud investor zvolí vhodný kotel s akumulací přípravou, získá tímto způsobem stálý přívod teplé vody bez omezení. [25]

Kotle na tuhá paliva

Tento druh kotlů bývá často umístěn v suterénech budov nebo místnostech k tomu určených pod označením „kotelna“. Moderní kotle jsou vybaveny přídatným ventilátorem, aby docházelo k lepšímu hoření a tím většímu výkonu kotle. Tyto kotle je doporučeno kombinovat s nuceným oběhem teplovodní soustavy. V kotelnách je nutné zařídit odvětrávání a musí mít samostatný odvod spalin. [26]

Kotle se rozdělují podle druhu tuhých paliv: [26]

- Atmosférické kotle na tuhá paliva, která jsou určena pro spalování uhlí, dřeva, biomasy (dřevěných palet a briket) a koksu. Jejich účinnost je v rozmezí 72 – 80 %.
- Automatické kotle se zásobníkem především na uhlí nebo biomasu (paletky o určité velikosti). Tyto kotle automaticky dávkuje palivo podle potřeby a jejich účinnost je okolo 83 %.
- Polozplynovací kotle, které jsou na dřevo, mají minimum odpadu. Pro rodinné domky málo využitelné. Účinnost se pohybuje do 83 %.
- Zplynovací kotle - mohou být pouze na dřevo, nebo kombinované (dřevo, uhlí). Pracují na principu obráceného systému spalování, kdy tuhé palivo se nejdříve vysouší, potom se generátorově zplynuje. Vzniklý plyn z paliva se následně spaluje za pomoci přehřátého sekundárního vzduchu. Tyto kotle mají vysokou účinnost a to až okolo 90 %. Mají nenáročnou údržbu, kdy se odstraňuje popel až po sedmi dnech a palivo se musí přikládat v rozmezí 8 - 12 hodin.
- Kombinované kotle (dřevo – elektřina). Tyto kotle mají zabudované elektrické přímotopné jednotky. Tyto jednotky jsou určeny především pro udržení předem nastavené teploty během nepřítomnosti majitele. Elektrické jednotky mají menší výkon než kotle a jsou určeny jako sekundární zdroj tepla.

Elektrokotle

Tento zdroj energie je čistý a nemá spaliny, proto je velice ekologický. Elektrokotle dosahují účinnosti až 99 %. Jejich velká výhoda je nenáročnost. Kotle se řídí automaticky a majitel je může kontrolovat a nastavovat pomocí aplikace. Nároky na kotel jsou takové, že musí mít svoji elektrickou síť a nucený oběh teplovodní soustavy čerpadlem. Teplou vodu ohřívá v závislosti na odběru teplé vody. Některé druhy jsou vybaveny systémem, který ohřívá teplou vodu v době snížené sazby elektrické energie. Náklady na pořízení a teplo jsou u těchto

typů dražší než u konkurenčních druhů vytápění. Proto se doporučují v objektech, které mají minimální tepelné ztráty, případně u netradičních způsobů zdrojů tepla, jako jsou solární panely či tepelná čerpadla. [26]

Tepelná čerpadla

Jsou zařízení, která využívají teplo z okolního prostředí. Toto teplo je následně upravováno pomocí elektrické energie. Princip není daleko vzdálený od principu chladničky. Tepelné čerpadlo využívá za zdroj tepla vzduch, teplo z vrtu nebo z podzemní vody. Takto získané a upravené teplo většinou předává do otopné soustavy (vody nebo vzduchu). Kompresor tepelného čerpadla je poháněn elektrickou energií, poměr mezi spotřebou elektrické energie a tepla na výstupu se nazývá topný faktor. Běžně se topný faktor pohybuje v rozmezí 3 - 5. Čím vyšší je topný faktor, tím je cena získaného tepla nižší. Pokud je rekonstruován rodinný dům a ponechán starý systém vytápění, může se stát, že zdroj vytápění může být předimenzovaný, a tudíž nemusí být ekonomicky výhodný. [8]

Solární energie

Solární energie je velice dobrou volbou. Je to obnovitelný zdroj, který nemá negativní účinky na životní prostředí jako například větrné zdroje. Tento zdroj je využitelný po celé naší zemi a při momentálních změnách klimatu nachází na našem území větší využitelnost. Celkově za kalendářní rok dopadá na naši stavbu přibližně 80 - 130 MWh energie ze slunce. Při průměrné spotřebě rodinných domů 20 MWh by mohla sluneční energie pokrýt celkovou spotřebu domu a nahradit tak část paliva potřebného na výrobu tepla. Bohužel tato energie není k dispozici vždy. Pokud se obloha zatáhne po delší dobu, jak tomu bývá například v zimním období, je tento zdroj energie nevyužitelný. Nevýhodou může být také cena pořízení panelů pro zachycení slunečního svitu a potřebného vybavení pro její uchování. V letních měsících lze solární energii optimálně využít například na provoz bazénu nebo na provoz chlazení (klimatizací). [8]

Dalším využitím solární energie je její použití na ohřev vody. Ve chvíli, kdy je ohřev vody řešen pomocí elektrické energie, má smysl uvažovat o solární energii. Zřízení pro ohřev vody pomocí solární energie je složitější a skládá se z kolektorů, akumulčních nádrží, transportního systému a pomocného zdroje na dohřátí teplé vody. [8]

4 Vlastní zpracování

4.1 Popis objektu

Jedná se o rodinný typový dům firmy RD Rýmařov pod označením „okál“. Licenci na tento druh montované stavby koupila společnost RD Rýmařov od západoněmecké firmy OKAL. Tyto domy se začali stavět v 70. letech 20. století. Jedná se o domy z montovaných desek, s typicky bílou omítkou, tmavým štítem a betonovou červenou krytinou. [27]

Objekt se nachází v okrese Beroun v obci Kublov, asi 16 km od Berouna. Typový dům je třípodlažní, nachází se v něm suterén, 1. nadzemní podlaží (dále jen „1. NP“) a půdní prostor, který je prozatím nevyužívaný. Dům se nachází v mírně svažitém terénu.

Konstrukce suterénu, který kopíruje zastavěnou plochu domu, má zděný systém z lehčených tvarovek o tloušťce 375 mm. Přístup do suterénu je zajištěn samostatným vchodem a také vchodem z 1. NP. Při koupi objektu byl suterén zcela nezateplen. V suterénu byla v době měření umístěna jednotka na měření teploty a vlhkosti v reálném čase.

V 1. NP je obývací prostor. Nosná konstrukce 1. NP je tvořena dřevěnými panely z trámových sloupků ve vzdálenosti 600 mm. Mezi jednotlivými trámkami je prostor vyplněn tepelnou izolací (minerální vatou), která je však špatným návrhem po letech sesednutá a neplní tak svoji funkci. Pro ztužení konstrukce je z obou stran přitlučena dřevovláknitá deska. Majitel budovu zakoupil se zateplením ve formě EPS-F v tloušťce 100 mm místo původních azbestocementových desek s odvětrávanou mezerou. V 1. NP, které je zatepleno jak ze strany exteriéru (původními majiteli), tak ze strany interiéru současným majitelem, byla umístěna druhá jednotka na měření teploty a vlhkosti v reálném čase.

Dům je vytápěný pomocí kotle na tuhá paliva. Teplá voda je řešena pomocí ohřevu v bojleru firmy Dražice. Výplně otvorů tvoří dvouvrstvá plastová okna. Objekt je napojen na všechny inženýrské sítě.

V rámci vlastního měření jsou posuzovány jednotlivé skladby obvodové stěny a je navrženo optimální řešení zateplení budovy tak, aby bylo zamezeno nevýhodám okálu ve formě tepelných mostů a případných kondenzací vlhkosti ve stěnách domu.

4.1.1 Rozměry

- Půdorysné rozměry: 11,54 x 10,53 m
- Výška pod římsu od vstupu: 7,56 m
- Celková zastavěná plocha: 121 m²
- Fasádní plocha: 155 m²

4.1.2 Klimatické podmínky

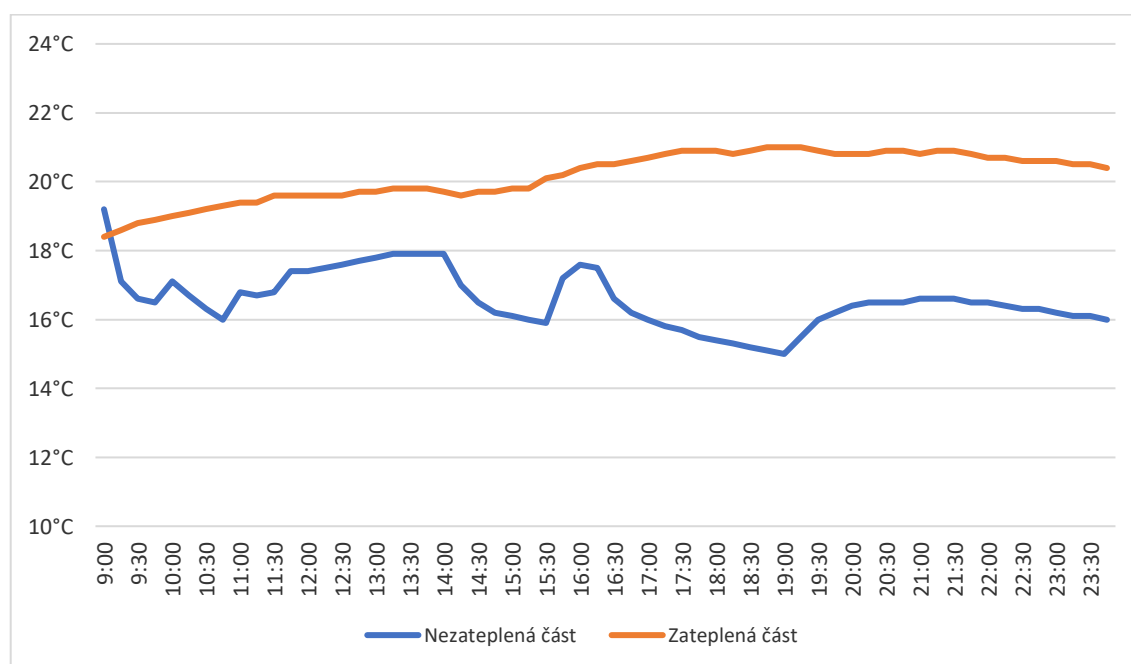
Dům se nachází v nadmořské výšce 446 m n. m. V obci Kublov se v zimním období pohybuje průměrná teplota okolo -12 °C. Otopná sezóna začíná okolo 1. září a končí v průběhu měsíce května. [28]

4.2 Tepelná pohoda a vlhkost v prostředí

V kompletně nezatepleném suterénu a v zatepleném 1. NP byly umístěny jednotky na měření teploty a vlhkosti v reálném čase. Pomocí jednotek byly sledovány pohyby vlhkosti vzduchu v objektu. Z hodnot, získaných během měření, lze ohodnotit tepelnou pohodu, která je znázorněna v následujících grafech.

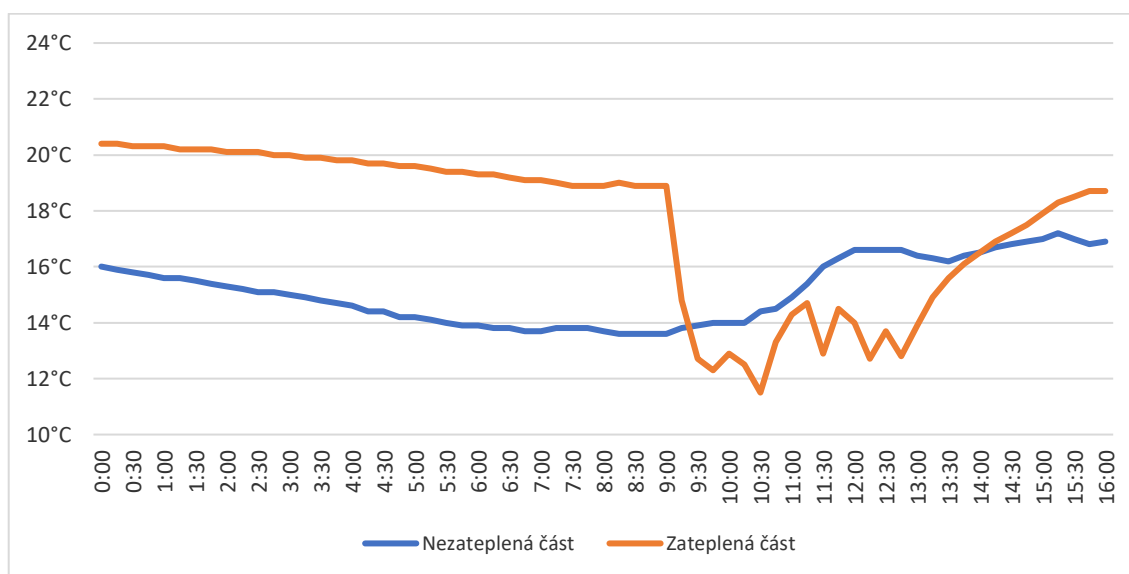
4.2.1 Posouzení tepelné pohody v zateplené a nezateplené části

Graf. 1 Tepelná pohoda prostředí ze dne 3. 2. 2018



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf. 2 Tepelná pohoda prostředí ze dne 4. 2. 2018

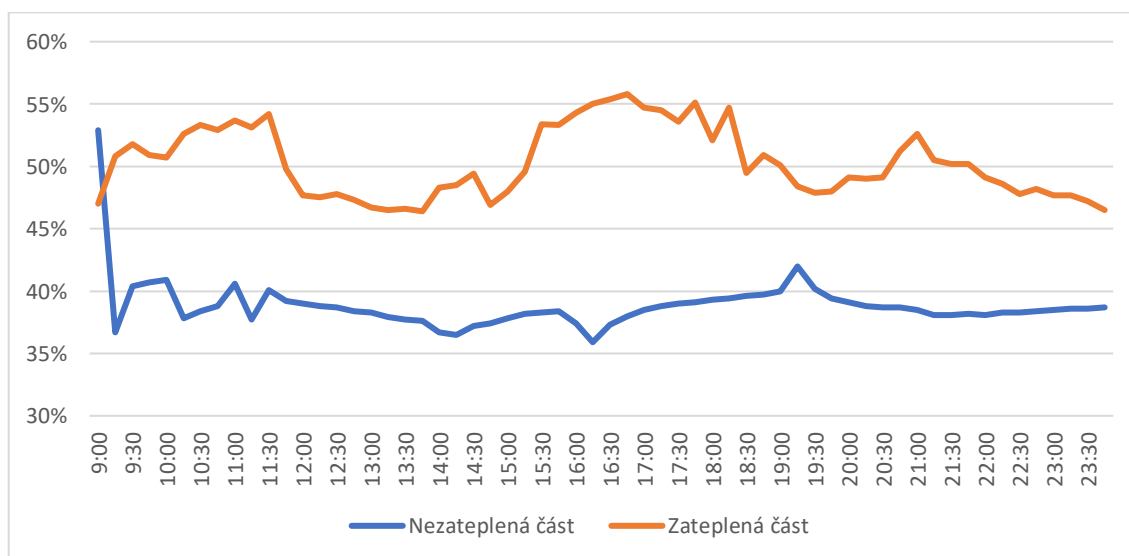


Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafů je názorně vidět, že u zateplené části domu nedochází k razantním výkyvům teplot. Teplota v domě kopíruje nastavené teploty pro den a noc u otopné soustavy. Teplota v zateplené části je o několik stupňů vyšší, což dokazuje, že zateplení budovy je funkční a splňuje požadavky. V nezateplené části je vidět kolísání teplot, které je zapříčiněno tepelnými mosty. U druhého grafu ze dne 4. 2. 2018 je vidět velký výkyv teplot v zateplené, i nezateplené části. Ten byl způsoben instalatérskými pracemi, kterým nemohlo být v čase měření zabráněno.

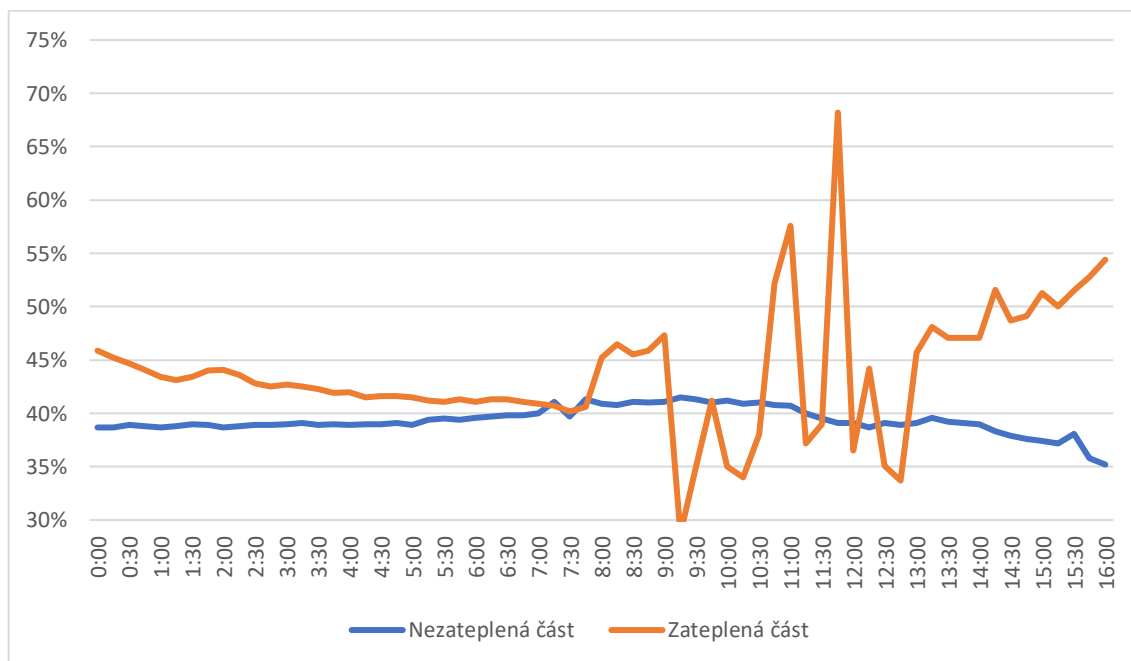
4.2.2 Posouzení vlhkosti vzduchu v zateplené a nezateplené části

Graf. 3 Vlhkost vzduchu v místnosti ze dne 3. 2. 2018



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf. 4 Vlhkost vzduchu v místnosti ze dne 4. 2. 2018



Zdroj: Vlastní zpracování

Ve druhém grafu je opět možné vidět kolísání vlhkosti vlivem instalatérských prací. Na obou grafech je vidět, že v zateplené části jsou hodnoty vlhkosti v rozmezí 40 - 60 %. Tyto hodnoty jsou ideální pro klima v místnostech v zimních obdobích (viz teoretická část této práce).

Je pravděpodobné, že zateplení ze strany interiéru zamezilo vnikání vlhkosti do konstrukce stěny, a tím udrželo ideální mikroklima v místnosti. V nezateplené části objektu pohlcovaly vzdušnou vlhkost stěny, a tím vznikal sušší vzduch v rozmezí 35 - 41 %. Mikroklima tedy nebylo optimální a mohlo způsobovat zdravotní potíže.

Přístroje vypočítaly hodnotu rosného bodu v nezateplené části domu při teplotě 2 °C a v zateplené části domu při teplotě 8 °C.

4.3 Posouzení zateplení stěn před a po rekonstrukci

Při posouzení stavu konstrukce je potřeba brát v úvahu hodnoty, které určují, zda provedená opatření byla účinná a zda se vyplatí. Jedná se zejména o určení skladby stěn, výpočet tepelného odporu materiálu R a součinitele prostupu tepla U.

4.3.1 Součinitel prostupu tepla u obvodové stěny

Pro vhodné navržení a posouzení součinitele prostupu tepla, je nutno určit jednotlivé skladby stěn (schémata jednotlivých variant stěn jsou ke zhlédnutí v příloze) a z nich vyplývající tepelný odpor R a součinitel prostupu tepla U.

Skladby jednotlivých stěn byly dosazeny do online kalkulaček, ze kterých vyplynuly grafy a hodnoty tepelných odporů R a hodnoty součinitele prostupu tepla U. Jednotlivé skladby v tabulkách jsou označeny číslicí odpovídající grafu.

Jednotlivé výpočetní operace se řídí vzorcem pro výpočet prostupu tepla: [10]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n \frac{t}{\lambda} + R_{se}}$$

U = součinitel prostupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]

R_{si} = odpor při přestupu tepla na vnitřní konstrukce [m².K.W⁻¹]

R_{se} = odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [m².K.W⁻¹]

t = tloušťka materiálu [m]

λ = součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]

Hodnota R_{si} a R_{se} je zvolena dle ČSN 73 0540-3. [29]

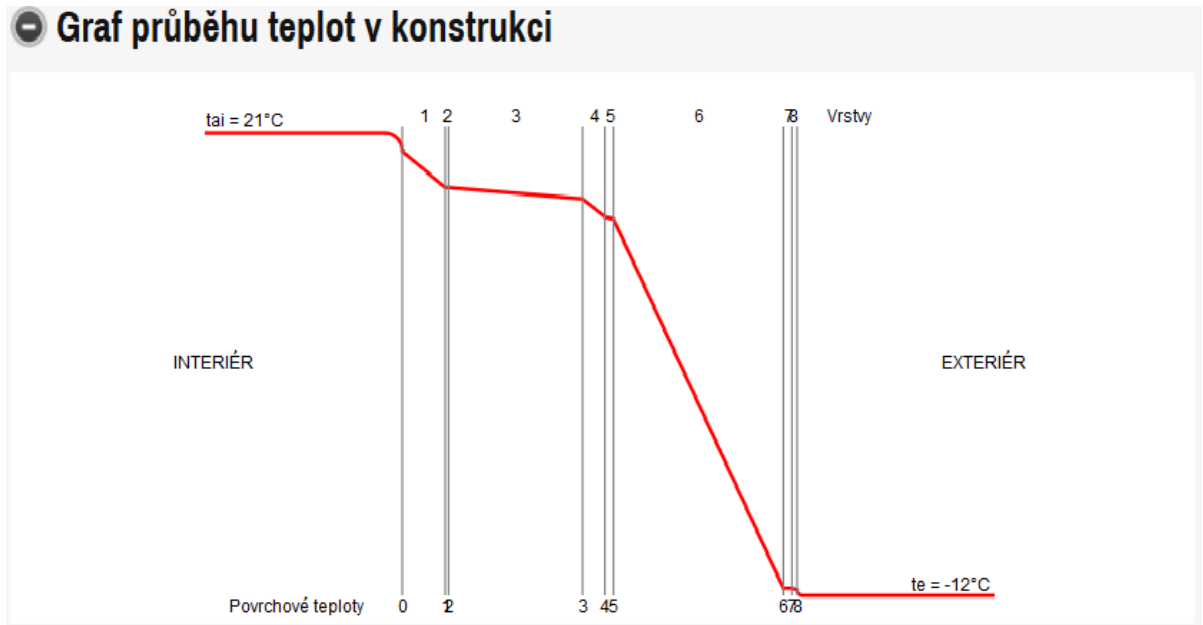
Tab. 2 Skladba stěny před rekonstrukcí (zateplení ze strany exteriéru)

Skladba stěny	Tloušťka konstrukce t [m]	Součinitel λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Odpor R [m ² .K.W ⁻¹]	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]
DTD deska (1)	0,025	0,1	0,25	0.31
Al fólie (2)	0,002	204	0	
Minerální vata (3)	0,08	1	0,8	
DTD deska (4)	0,013	0,1	0,13	
Lepící tmel WEBER CZ 700 (5)	0,005	1,16	0,004	
Polystyren EPS-F (6)	0,1	0,039	2,564	
Lepidlo s armovací tkaninou (7)	0,005	1,16	0,004	
Weber.pas aguaBalance (8)	0,0035	0,7	0,005	

Zdroj: [30]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{\lambda_i} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,025}{0,1} + \frac{0,002}{204} + \frac{0,08}{1} + \frac{0,013}{0,1} + \frac{0,005}{1,16} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,005}{1,16} + \frac{0,0035}{0,7} + 0,04} = 0,31 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Graf. 5 Průběh teplot v konstrukci



Zdroj: [30]

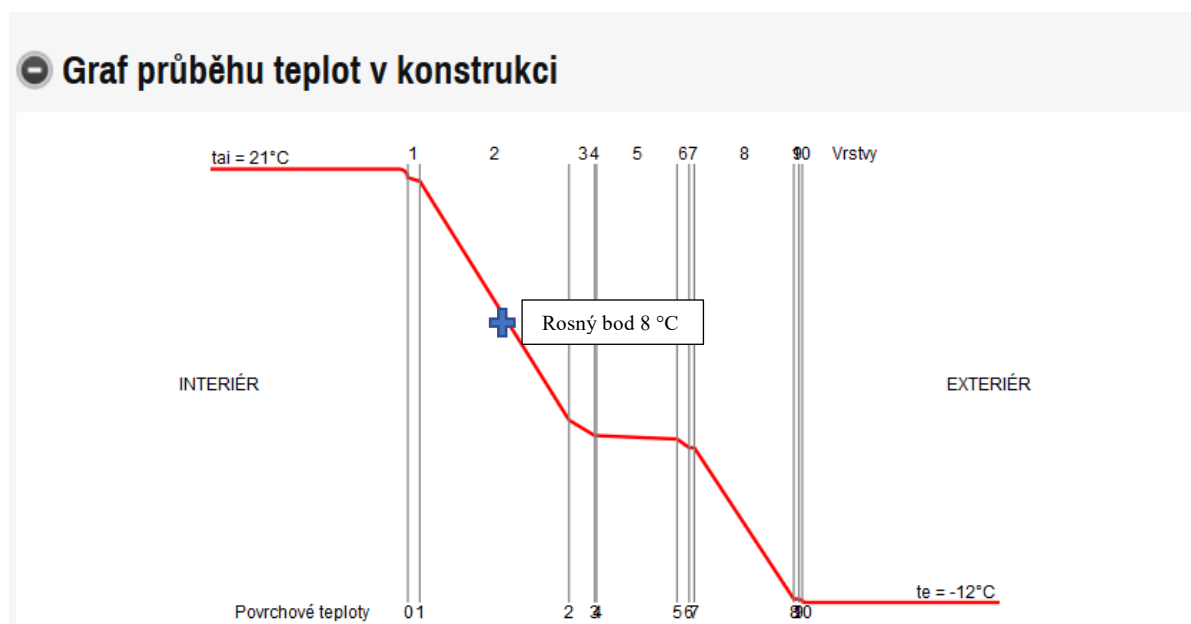
Tab. 3 Skladba stěny po rekonstrukci (zateplení ze strany exteriéru a interiéru)

Skladba stěny	Tloušťka konstrukce t [m]	Součinitel λ [$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$]	Odpor R [$\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$]	U [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]
Sádkarton (1)	0,0125	0,22	0,057	0.14
Minerální vata ISOVER (2)	0,15	0,037	4,054	
DTD deska (3)	0,025	0,1	0,25	
Al fólie (4)	0,002	204	0	
Minerální vata (5)	0,08	1	0,8	
DTD deska (6)	0,013	0,1	0,13	
Lepící tmel WEBER CZ 700 (7)	0,005	1,16	0,004	
Polystyren EPS-F (8)	0,1	0,039	2,564	
Lepidlo s armovací tkaninou (9)	0,005	1,16	0,004	
Weber.pas aguaBalance (10)	0,0035	0,7	0,005	

Zdroj: [30]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{\lambda_i} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,0125}{0,22} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,025}{0,1} + \frac{0,002}{204} + \frac{0,08}{1} + \frac{0,013}{0,1} + \frac{0,005}{1,16} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,005}{1,16} + \frac{0,0035}{0,7} + 0,04} = 0,14 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Graf. 6 Průběh teplot v konstrukci



Zdroj: [30], vlastní zpracování

U původní i dodatečně zateplené skladby stěny nebyla majitelem vyměněna minerální vata, která stářím sesedla a mezi DTD deskami se tak vytvořila vzduchová mezera. Je tedy pravděpodobné, že minerální vata má špatné tepelné vlastnosti a ty jsou zohledněny u výpočtů.

Z výše uvedených tabulek a grafů vyplývá, že původní zateplení neodpovídá požadavkům pro součinitel prostupu tepla U , který je na hodnotě $0,31 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Zateplení, které bylo provedeno současným majitelem pomocí minerální vaty, vyhovělo požadavkům, a to až na hodnotu $0,14 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. **Rozdíl v součiniteli prostupu tepla U je tedy roven $0,17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.**

Problém tohoto řešení nastává v přechodu teplot v konstrukci, kde rosný bod nebyl posunut do vnějšího zateplení, ale právě naopak. Tímto lze potvrdit, že předstěna zamezila utváření vlhkosti v nosné části konstrukce a pomohla tak utvářet vhodné mikroklima, avšak nyní může docházet ke kondenzaci vzdušené vlhkosti v předstěně, pokud se dům nebude provětrávat v takové míře, která zamezí tvorbě plísní v oblasti předstěny.

4.3.2 Součinitel prostupu tepla u suterénní stěny

Obvodová stěna v oblasti suterénu je z lehčených tvarovek o tloušťce 375 mm s povrchovou úpravou ve formě bříazolité omítky, která byla v těchto dobách hojně využívána.

V době měření nebyla stěna zateplena a rosný bod byl stanoven na 2 °C. Současný majitel se tedy rozhodl suterénní stěnu zateplit pomocí odvětrávané mezery s tepelnou izolací v tloušťce 70 mm.

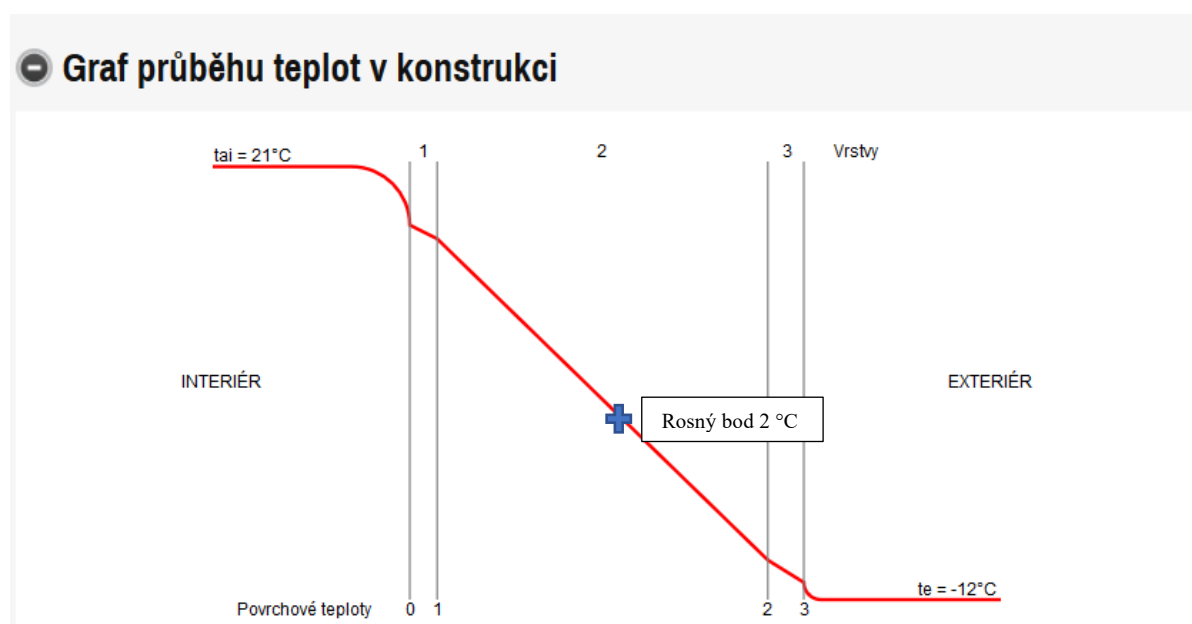
Tab. 4 Skladba stěny před rekonstrukcí (nezatepleno)

Skladba stěny	Tloušťka konstrukce t [m]	Součinitel λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Odpor R [$\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$]	U [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
Vápenocementová omítká (1)	0,03	0,99	0,003	1,03
Lehčené tvarovky (2)	0,375	0,52	0,721	
Bříazolitová omítká (3)	0,04	0,86	0,005	

Zdroj: [30]

$$U = \frac{1}{R_{st} + \sum \frac{t}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,03}{0,99} + \frac{0,375}{0,05} + \frac{0,04}{0,86} + 0,04} = 1,03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

Graf. 7 Průběh teplot v konstrukci



Zdroj: [30], vlastní zpracování

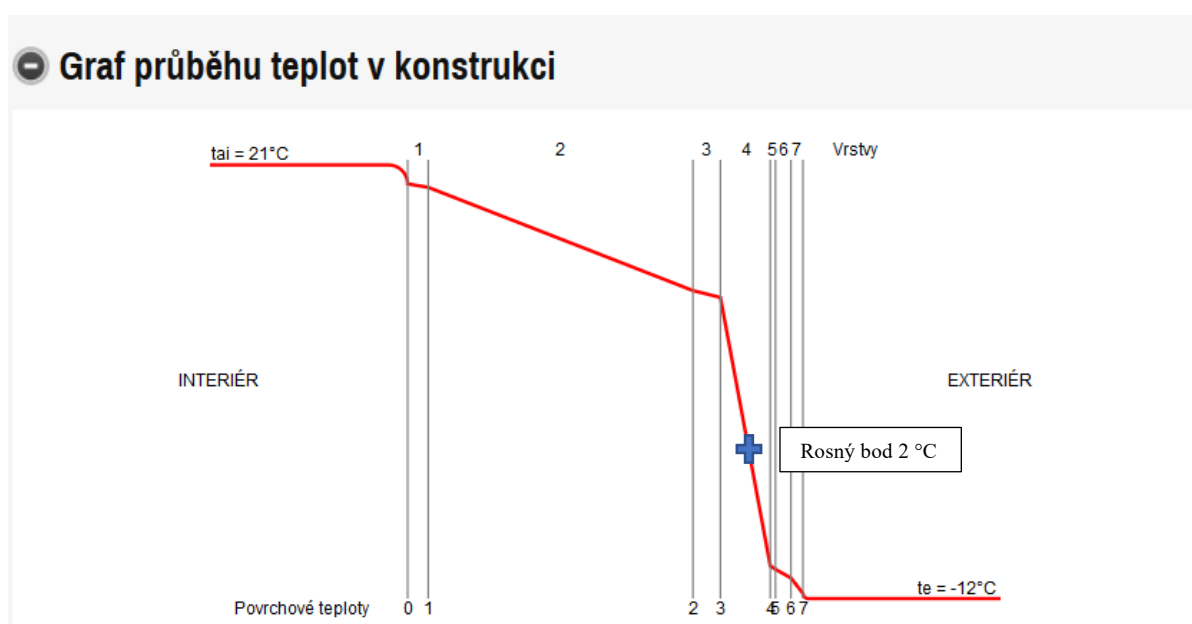
Tab. 5 Skladba stěny po rekonstrukci (zatepleno)

Skladba stěny	Tloušťka konstrukce t [m]	Součinitel λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Odpor R [m ² .K.W ⁻¹]	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]
Vápenocementová omítka (1)	0,03	0,99	0,003	0.33
Lehčené tvarovky (2)	0,375	0,52	0,721	
Břizolitová omítka (3)	0,04	0,86	0,005	
Minerální vata ISOVER (4)	0,07	0,037	1,892	
Pojistná fólie (5)	0,008	0,35	0,023	
Vzduchová mezera (6)	0,02	0,294	0,068	
Dřevěné palubky (7)	0,018	0,18	0,1	

Zdroj: [30]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{t}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,03}{0,99} + \frac{0,375}{0,052} + \frac{0,04}{0,86} + \frac{0,07}{0,037} + \frac{0,008}{0,35} + \frac{0,02}{0,294} + \frac{0,018}{0,18} + 0,04} = 0,33 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Graf. 8 Průběh teplot v konstrukci



Zdroj: [30], vlastní zpracování

Původní suterénní stěna neodpovídá požadovanému součiniteli prostupu tepla U, který je dle ČSN 73-0540-2:2011 stanoven na hodnotě $U = 0,3 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. V tomto okamžiku stále není zateplení v oblasti suterénu hotové, a proto je použita stejná hodnota rosného bodu jako

v případě nezatepleného suterénu. Zde je vidět, že rosný bod se posunul do oblasti tepelné izolace, čímž se částečně zamezí vzniku vlhkosti ve stěně a také vzniku plísní.

Součinitel prostupu tepla byl vypočítán na hodnotu $U = 0,33 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, toto řešení tedy požadavek na součinitel prostupu tepla dle ČSN nesplňuje. V budoucnu majitel plánuje zateplit stěnu také ze strany interiéru, čímž by dosáhl požadavku na součinitel prostupu tepla U .

4.3.3 Vyhodnocení tepelných ztrát obvodové stěny pomocí dostupné on-line kalkulačky Zelená úsporám

Tab. 6 Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi PŘED zateplením a PO zateplení

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	3577
Tepelné mosty	751
---Celkem---	4328

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	2093
Tepelné mosty	200
---Celkem---	2293

Zdroj: [31]

Graf. 9 Tepelné ztráty PŘED a PO zateplení



Zdroj: [31]

Z vyhodnocení vyplývá, že po zateplení stěn současným majitelem objektu, klesly tepelné mosty o skoro 74 %. U pláště budovy hodnoty klesly o 47 %, z čehož vyplývá, že zateplení spadá do kategorie A1. Díky umístění konstrukce do kategorie A1 lze dosáhnout na dotace v programu Zelená úsporám v celkové hodnotě 500 Kč na m^2 , což by v celkovém součtu odpovídalo **77 500 Kč** na celkové náklady spojené se zateplením. [32]

4.4 Návrh vlastního řešení zateplení

Při návrhu vlastního řešení zateplení byly brány v potaz veškeré nevýhody okálu, které jsou uváděny v předchozích kapitolách. U okálu se ve většině případů příliš nedoporučuje systém zateplení ETICS s ohledem na vlhkost a kondenzaci vzdušných par v důsledku vznikajících tepelných mostů v konstrukci. Vzhledem k těmto vlivům se doporučuje konstrukci důkladně odvětrávat, aby se případná vlhkost mohla dostávat ven. Proto je zvoleno řešení zateplení s odvětrávanou mezerou a výměna stávající nefunkční minerální vaty mezi DTD deskami.

Postup prací je shrnut v následujících bodech:

1. Odstranit DTD desku ze strany interiéru.
2. Konstrukci opatřit novou minerální vatou, kterou je potřeba zakotvit tak, aby nedocházelo k jejímu sesedání.
3. Vizuálně zhodnotit stav DTD desky, která je zakotvena ze strany exteriéru, zda není napadena plísní nebo jinak poškozena. Pokud je DTD deska po vizuální stránce v pořádku, je potřeba odstranit staré nevhodné zateplení ze strany exteriéru, a to se zvýšenou opatrností, aby nedošlo k jejímu poškození.
4. Pokud nedošlo k poškození DTD desky při odstraňování EPS-F, lze provést její očištění a aplikovat přípravek proti škůdcům.
5. Vytvořit rošt z latí o šířce 180 mm, do kterého se vloží minerální vata, která je kotvena do DTD desky pomocí vhodného kotvicího materiálu.
6. Na vniklý rošt je dále potřeba zhotovit pojistnou fólii, která bude chránit tepelnou izolaci před vnějšími vlivy.
7. Pomocí latí vytvořit svislý rošt o tloušťce 50 mm, čímž se vytvoří odvětrávaná mezera.
8. Na závěr se musí zhotovit pohledová vrstva např. palubkovým záklopem, který osadíme větracími otvory.

Tab. 7 Návrh vlastního zateplení u obvodové stěny

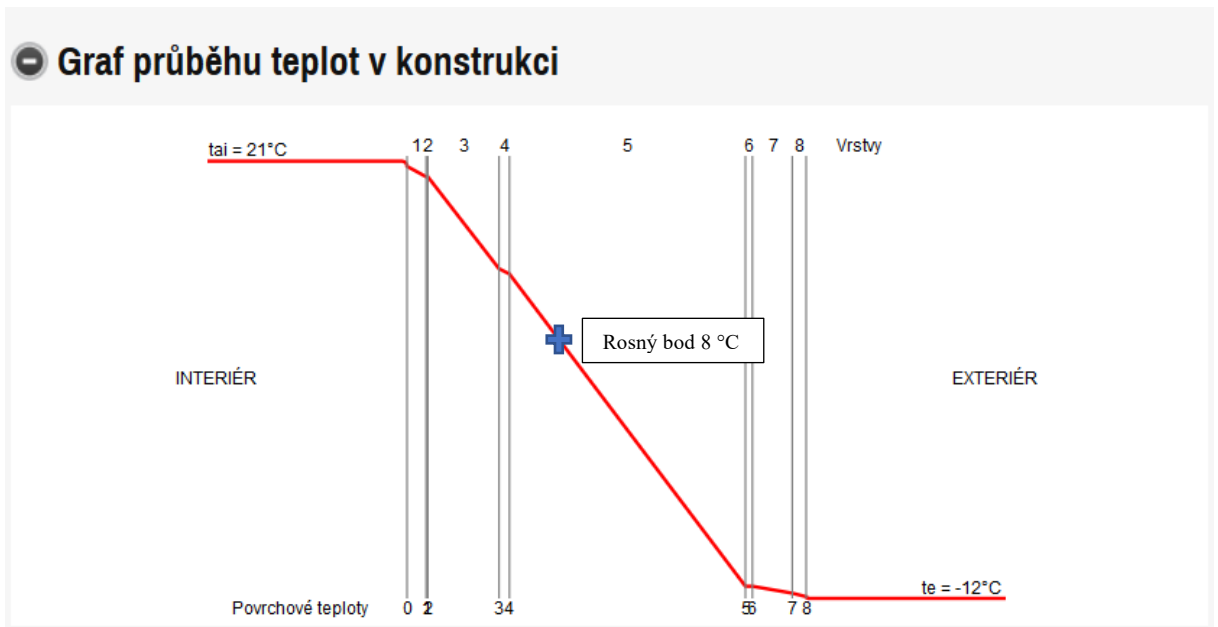
Skladba stěny	Tloušťka konstrukce t [m]	Součinitel λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Odpor R [m ² .K.W ⁻¹]	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]
OSB deska (1)	0,025	0,1	0,25	0.12
Parotěsná zábrana (2)	0,002	204	0	
Minerální vata ISOVER (3)	0,09	0,037	2,432	

DTD deska (4)	0,013	0,1	0,13
Minerální vata ISOVER (5)	0,18	0,037	4,865
Pojistná fólie (6)	0,008	0,35	0,023
Vzduchová mezera (7)	0,05	0,294	0,17
Dřevěné palubky (8)	0,018	0,18	0,1

Zdroj: [30]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{l}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,025}{0,1} + \frac{0,002}{204} + \frac{0,09}{0,037} + \frac{0,013}{0,1} + \frac{0,18}{0,037} + \frac{0,008}{0,35} + \frac{0,05}{0,294} + \frac{0,018}{0,18} + 0,04} = 0,12 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Graf. 10 Průběh teplot v konstrukci



Zdroj: [30], vlastní zpracování

Jak je z grafu patrné, rosný bod se posunul z oblasti DTD desky do izolantu. Ten díky vzduchové mezeře bude vysychat a nebude docházet k větší degradaci a ke snížení účinnosti izolantu. U součinitel prostupu tepla hovoříme o hodnotě $U = 0,12 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, která je na hodnotě pasivních domů. **Rozdíl v součiniteli prostupu tepla U oproti původní stěně je tedy roven $0,19 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.**

Při zvolení tohoto postupu bude opětovně dodána funkčnost tepelné izolaci v nosné části konstrukce a bude obnovena parotěsná zábrana. Tímto řešením by se v konstrukci odstranila kondenzace vzdušné vlhkosti a zároveň byla prodloužena životnost celého domu.

Při řešení zateplení u suterénní stěny by byla zvolena obdobná konstrukce, jakou zvolil současný majitel, ovšem se změnou tloušťky tepelné izolace ze 70 mm na 140 mm. Tím by bylo dosaženo 50 mm vzduchové mezery a celkovému sjednocení konstrukce.

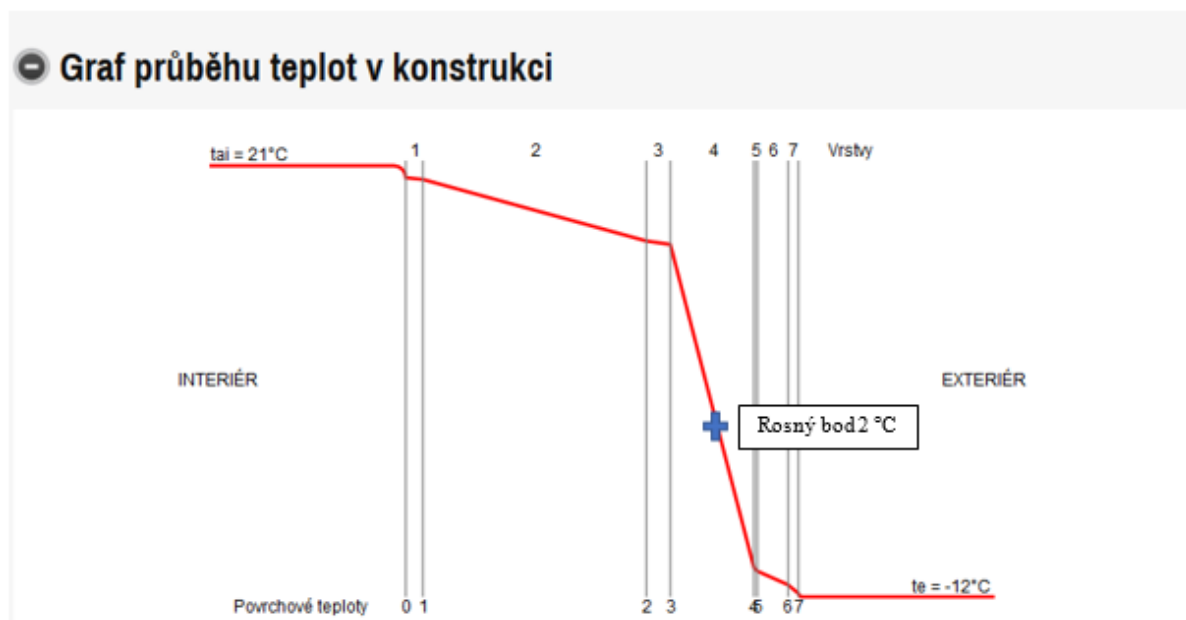
Tab. 8 Návrh vlastního zateplení u suterénní stěny

Skladba stěny	Tloušťka konstrukce t [m]	Součinitel λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Odpor R [$\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$]	U [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
Vápenocementová omítka (1)	0,03	0,99	0,003	0.2
Lehčené tvarovky (2)	0,375	0,52	0,721	
Břizolitová omítka (3)	0,04	0,86	0,005	
Minerální vata ISOVER (4)	0,14	0,037	1,892	
Pojistná fólie (5)	0,008	0,35	0,023	
Vzduchová mezera (6)	0,05	0,294	0,068	
Dřevěné palubky (7)	0,018	0,18	0,1	

Zdroj: [30]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{t}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,03}{0,99} + \frac{0,375}{0,052} + \frac{0,04}{0,86} + \frac{0,14}{0,037} + \frac{0,008}{0,35} + \frac{0,05}{0,294} + \frac{0,018}{0,18} + 0,04} = 0,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

Graf. 11 Průběh teplot v konstrukci



Zdroj: [30], vlastní zpracování

Při změně tloušťky izolantu nedošlo k negativnímu posunu rosného bodu. Úroveň součinitele prostupu tepla se zlepšila na hodnotu $U = 0,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Tím je splněn doporučený požadavek na součinitele prostupu tepla U . U takto navržené konstrukce by nebylo nutné zateplovat stěnu ze strany interiéru, jak má současný majitel v budoucnu v plánu.

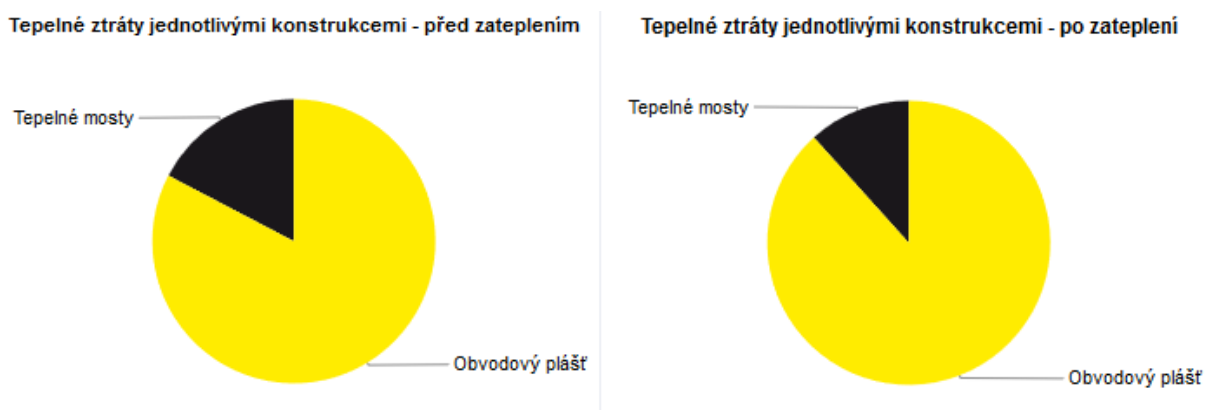
4.4.1 Vyhodnocení tepelných ztrát obvodové stěny pomocí dostupné on-line kalkulačky Zelená úsporám

Tab. 9 Tepelné ztráty PŘED zateplením a PO zateplení

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]	Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	3577	Obvodový plášť	1834
Tepelné mosty	751	Tepelné mosty	200
---Celkem---	4328	---Celkem---	2034

Zdroj: [31]

Graf. 12 Tepelné ztráty PŘED zateplením a PO zateplení



Zdroj: [31]

Z vyhodnocení vyplývá, že po zateplení by tepelné mosty klesly o téměř 74 %. U pláště budovy je celková úspora 53 %, z čehož vyplývá, že zateplení by spadalo do kategorie třídy A2. Díky umístění konstrukce do kategorie A2 lze dosáhnout na dotace v programu Zelená úsporám v celkové hodnotě 600 Kč na m^2 , což by v celkovém součtu odpovídalo **93 000 Kč** na celkové náklady spojené se zateplením. [32]

5 Zhodnocení výsledků

5.1 Ekonomické zhodnocení

5.1.1 Náklady na zateplení zhotovené současným majitelem

Současný majitel objektu prováděl vnitřní zateplení svépomocí (pracuje v oboru), tím ušetřil za náklady za firmu, která by práce provedla. Kvalita zpracování je na velice dobré úrovni. Za materiál majitel zaplatil ve stavebninách 69 600 Kč. Cenu za práci odhaduje na 95 000 Kč. V případě zateplení suterénní stěny ze strany exteriéru v tloušťce 70 mm byla cena za materiál odhadována na 34 700 Kč. Cena prací se odhaduje na cca 24 000 Kč.

Celkové náklady na zateplení zhotovené současným majitelem po započítání materiálu a práce jsou v souhrnné hodnotě 223 300 Kč.

5.1.2 Náklady na zateplení vlastním řešením

U vlastního řešení je uvažováno o celkové výměně izolace jak v konstrukci, tak i výměně izolace na straně exteriéru. Podrobný položkový rozpočet je uveden v následujících tabulkách:

Tab. 10 Položkový rozpočet – druh práce¹

Druh práce	Cena [Kč/m ² ; m ³]	Množství m ² , m ³	Cena celkem [Kč]
Bourací práce	75	283 m ²	21.225
Odvoz stavebního odpadu	430	15 m ³	6.450
Zateplení minerální vatou v konstrukci	446	110 m ²	49.060
Provedení záklopu OSB	125	98 m ²	12.250
Zhotovení roštu	60	110 m ²	6.600
Zateplení minerální vatou v roštu	446	110 m ²	49.060
Aplikace pojistné fólie	15	110 m ²	1.650
Zhotovení palubkového záklopu	125	110 m ²	13.750
--CELKEM--			160.045

Zdroj: Vlastní zpracování

¹ Cena za druh práce je určena pomocí ceníku řemesel. [33]

Tab. 11 Položkový rozpočet - materiál²

Materiál	Cena [Kč/m ² ; ks]	Množství m ² ; ks	Cena celkem [Kč]
OSB deska 25 mm	259	100 m ²	25.900
Minerální vata ISOVER 90 mm	91	98 m ²	8.918
Minerální vata ISOVER 180 mm	204	110 m ²	22.440
Pojistná fólie	41	110 m ²	4.510
Latě	89	80 ks	7.120
Obkladová palubka	191	110 m ²	21.010
Spojovací a kotvicí materiál	-	-	5.000
--CELKEM--			94.898

Zdroj: Vlastní zpracování

Odhadovaná cena za materiál u zateplení suterénní stěny činila 34 700 Kč. Od této předpokládané ceny je potřeba odečíst cenu za izolaci při tloušťce 70 mm ve výši 10 010 Kč a následně započíst cenu 17 400 Kč za izolaci v tloušťce 140 mm tloušťce, cena izolace v tloušťce 140 mm bude tedy 42 090 Kč.

Z výše uvedených položkových rozpočtů vyplývá, že celkové náklady na zateplení v rámci vlastního řešení po započítání materiálu a práce jsou v souhrnné hodnotě 297 033 Kč.

Při porovnání nákladů na materiál a práci odhadovaných majitelem a nákladů daných vlastním řešením lze vidět rozdíl nákladů v celkové výši 73 733 Kč. Ten je způsoben výměnou zateplení v samotné konstrukci a náklady spojenými s touto výměnou. Dalším důvodem zvýšení celkové ceny je stržení vnějšího zateplení a zhotovení nového.

² Cena za materiál je určena pomocí katalogu DEK. [34]

5.1.3 Náklady na zateplení s pomocí programu Zelená úsporám

Tab. 12 Vliv dotace programu Zelená úsporám na cenu zateplení

Zateplení	Cena materiálu a práce [Kč]	Kategorie dle Zelená úsporám	Fasádní plocha v m ²	Cena v Kč za m ² dle Zelená úsporám	Výše dotace [Kč]	Cena s dotací [Kč]
Majitelem	223.300	A1	155	500	77.500	145.800
Vlastní řešení	297.033	A2	155	600	93.000	204.033
Rozdíl	73.733	-	0	100	15.500	58.233

Zdroj: [32], Vlastní zpracování

5.1.4 Návratnost nákladů na zateplení

Před koupí nemovitosti byla cena na vytápění průměrně 21 000 Kč za rok. Jak je uvedeno v podkapitole 4.3.3 po provedení zateplení současným majitelem a po vyhodnocení tepelných ztrát obvodové stěny (o 47 %) se cena za vytápění objektu snížila na hodnotu 11 130 Kč. Tím je hodnota roční úspory na vytápění v celkové výši 9 870 Kč.

Pokud se bude uvažovat o finanční úspoře po provedení zateplení prostřednictvím vlastního řešení a po vyhodnocení tepelných ztrát obvodové stěny (o 53 %) tak, jak je uvedeno v podkapitole 4.4.1, byla by roční úspora za vytápění v celkové výši 11 130 Kč.

Celková roční úspora v závislosti na vlastním řešení je oproti řešení současným majitelem o 1 260 Kč výhodnější.

Pokud by bylo rozhodnuto o využití dotace programu Zelená úsporám a nebyla započítána míra inflaci, byla by prostá návratnost jednotlivých variant následující:

Tab. 13 Návratnost nákladů na zateplení

Zateplení	Cena zateplení [Kč]	Roční úspora [Kč]	Návratnost v letech
Majitelem	145.800	9.870	15
Vlastní řešení	204.033	11.130	18

Zdroj: Vlastní zpracování

Se standartní dobou životnosti zateplení jsou tedy obě varianty návratné.

6 Závěr a doporučení

V dnešní době, kdy je kladen velký důraz na úsporu nákladů a energie, je velmi důležité věnovat pozornost zateplení budov. Jak je patrné z této bakalářské práce, díky zvolení správného tepelně izolačního zateplení, lze docílit výrazného zlepšení součinitele prostupu tepla a tím ušetřit nemalé náklady spojené s vytápěním budovy. Díky správnému zvolení zateplení lze dosáhnout zlepšení pohody prostředí a zamezení vzniku míst, kde by mohlo docházet ke kondenzaci vzdušných par a následnému vzniku plísní. Při volbě řešení zateplení se doporučují konzultace s odborníky na danou problematiku, aby se zamezilo případným nežádoucím problémům.

V případě zkoumaného objektu jsem oproti současnému majiteli doporučil jiný druh zateplení, jenž ukázalo, že mé řešení by výrazně napomohlo odstranění kondenzace vodní páry v konstrukci, což je jedním z největších nedostatků domů typu „okál“, a to při zachování původní velikosti obytné plochy. Řešení navržené majitelem odvedlo kondenzaci vodní páry z nosné konstrukce do předsazené stěny. Pokud by prostory majitel pravidelně neprovětrával, mohlo by v budoucnu docházet k tvoření plísní v oblasti předsazené konstrukce, a tím by vznikaly další náklady spojené se zateplením, případně s nutností kompletního předělávání.

Dále se mi podařilo snížit součinitel prostupu tepla o $U = 0,02 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Tím jsem dosáhl podpory z dotačního programu Nová zelená úsporám v hodnotě 600 Kč/m^2 fasádní plochy. Výše dotace by tak činila až 93 000 korun. Celkově by návratnost oproti řešení navržené majitelem (pokud by také využil dotaci) byla o 3 roky delší. Ve skutečnosti může být úspora s ohledem na neustále rostoucí ceny energií vyšší a návratnosti investice tím pádem kratší.

Do budoucna bych doporučil majitelům domů typu okál, aby nezůstávali u tradičního zateplení ETICS a po konzultaci s odborníkem zvolili jiný typ zateplení. Je velmi důležité nechat okály „dýchat“. Toto opatření je pro funkčnost těchto typů domů klíčové.

Bakalářská práce pro mě měla velký přínos v rozšíření obzorů v problematice jednotlivých druhů zateplení. Dále jsem změnil názor na dotační program Nová zelená úsporám, jehož vyřízení je oproti minulým létům značně jednodušší a napomáhá nemalým dílem finančním úsporám na projekt.

7 Seznam použité literatury

- [1] VLČEK, Milan; BENEŠ, Petr. Zateplování staveb. 1. vyd. Brno: CERM, 2000. 108 s. ISBN 80-7204-164-9
- [2] JANÍK, Vratislav. Historie a současnost zateplovacích systémů [online]. 2013 [cit. 2020-07-03]. Dostupné z: <https://www.panelplus.cz/cz/988.historie-a-soucasnost-zateplovacich-systemu>
- [3] MIKA, Ondřej; RYDLO, Pavel. Novinky v oblasti požární bezpečnosti ETICS [online]. 2017. [cit. 2020-07-03]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/csn-73-0810-2016-novinky-v-oblasti-pozarni-bezpecnosti-etics_44480.html
- [4] REBU-STAV. Důvody pro zateplení domu [online]. 2013 [cit. 2020-02-20] Dostupné z: <https://www.rebustav.cz/duvody-pro-zatepleni-domu.htm>
- [5] KOLLMORGEN, Uwe. Zateplování domu: nová úspora energie. 1. vyd. Praha: Ikar, 1998. Udělej si sám (Ikar). 127 s. ISBN 80-7202-265-2
- [6] STUDENÝ, Roman. 10 nejdůležitějších důvodů, proč zateplit dům [online]. 2018 [cit. 2020-02-20] Dostupné z: <https://www.zofi.cz/10-nejdulezitejsich-duvodu-proc-zateplit-dum>
- [7] ISOVER SAINT-GOBAIN. Zlepšení akustiky [online]. 2020 [cit. 2020-02-20] Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/systemy-isover/zlepseni-akustiky>
- [8] MURTINGER, Karel. Úsporný rodinný dům. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. 112 s. ISBN 978-80-247-4559-6
- [9] ŠÁLA, Jiří; MACHATKA, Milan. Zateplování v praxi. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. Profi & hobby. 108 s. ISBN 80-247-0224-X
- [10] POČINKOVÁ, Marcela; ČUPROVÁ, Danuše; RUBINOVÁ, Olga. Úsporný dům. 1. vyd. Brno: CPress, 2012. Stavíme. 184 s. ISBN 978-80-264-0014-1
- [11] ŠUBRT, Roman. Tepelné izolace v otázkách a odpovědích. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005. Stavitelství. 144 s. ISBN 80-7300-159-4
- [12] TERMOKAMERA BRNO. *Termovizní měření a půjčovna termokamer* [online]. b.r. [cit. 2020-02-27] Dostupné z: <http://www.termokamera-brno.cz/>
- [13] TZB info. *Průkaz energetické náročnosti budovy a energetický audit* [online]. 2013. [cit. 2020-03-08] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10584-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-a-energeticky-audit>
- [14] SOUKUP, Ondřej. Energetický štítek obálky budovy (EŠOB) [online]. 2011 [cit. 2020-02-27] Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/energeticky-stitek-obalky-budovy>

- [15] TZB info. *Energetický štítek obálky budovy* [online]. 2012. [cit. 2020-03-08] Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/110906-energeticky-stitek-obalky-budovy>
- [16] STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Nová zelená úsporám* [online]. 2020 [cit. 2020-02-27] Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>
- [17] NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM. *Nabídka dotací* [online]. 2020. [cit. 2020-02-27] Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/>
- [18] BAUMATERM. *Zateplování objektů* [online]. b.r. [cit. 2020-02-27] Dostupné z: <https://www.baumaterm.cz/inpage/zateplovani-budov/>
- [19] SEREXHE, Bernhard. *Izolace a zateplování: Pracovní postupy krok za krokem*. 1. vyd. Brno: CPress, 2011. Udělej si sám. 96 s. ISBN 978-80-251-3610-2
- [20] LINHART, Ladislav. *Zateplování budov*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. 116 s. ISBN 978-80-247-3361-6
- [21] Redakce iSTAVITEL.CZ. *Způsoby zateplení obvodového pláště domu*. 2009. [cit. 2020-02-27] Dostupné z: http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zpusoby-zatepleni-obvodoveho-plaste-domu_81
- [22] POČINKOVÁ, Marcela; ČUPROVÁ Danuše a kol. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2004. Edice 21. století. 183 s. ISBN 80-86517-96-9.
- [23] BLÁHA, Martin. *Omítky*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. Profi & hobby. 100 s. ISBN 80-247-0898-1
- [24] TZB info. *Přednosti vnitřního a venkovního zateplení* [online]. 2004. [cit. 2020-03-08] Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/1840-prednosti-vnitriho-a-venkovniho-zatepleni>
- [25] POČINKOVÁ, Marcela; TREUOVÁ, Lea. *Vytápění*. 4., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008, 144 s. ISBN 978-80-7366-116-8
- [26] TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. Stavitel. 204 s. ISBN 978-80-247-3832-1
- [27] RD Rýmařov. *Jak Rýmařov k okálu přišel* [online]. 2013. [cit. 2020-03-18] Dostupné z: <https://www.rdrymarov.cz/novinky-a-akce/jak-rymarov-k-okalu-prisel>
- [28] METEOBLUE. *Podnebí Kublov* [online]. 2020. [cit. 2020-03-18] Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/kublov_%c4%8cesko_3072570

- [29] TZB info. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin* [online]. 2005. [cit. 2020-03-20] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/normy/csn-73-0540-3-2005-11>
- [30] TZB info. *Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci* [online]. 2011. [cit. 2020-03-20] Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [31] TZB info. *On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám* [online]. 2009. [cit. 2020-03-20] Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [32] Nová zelená úsporám. *Rodinné domy – zateplení* [online]. 2020. [cit. 2020-03-20] Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zatepleni/>
- [33] Ceníky řemesel. *Ceníky řemeslných prací* [online]. 2020. [cit. 2020-03-20] Dostupné z: <https://www.cenikyremesel.cz/ceniky/sadrokartonari>
- [34] DEK. *Stavebniny* [online]. 2020. [cit. 2020-03-20] Dostupné z: <https://www.dek.cz/>

8 Seznam obrázků

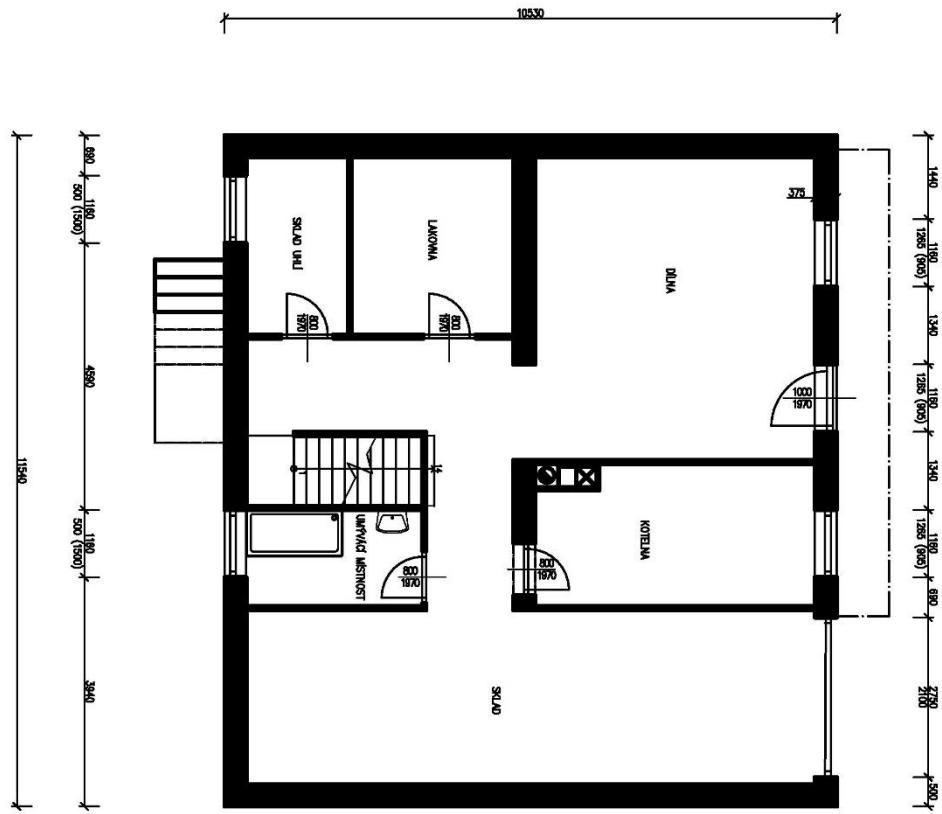
<i>Obr. 1 Tepelné mosty v okolí styku trámové konstrukce a stěny</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 2 Průkaz energetické náročnosti budovy.....</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 3 Energetický štítek obálky budovy</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 4 Nová zelená úsporám</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 5 Tradiční skladba tepelně izolačního systému Baumit EPS-F</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 6 Schéma zateplení.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 7 Porovnání jednotlivých variant zateplení.....</i>	<i>19</i>

9 Seznam tabulek a grafů

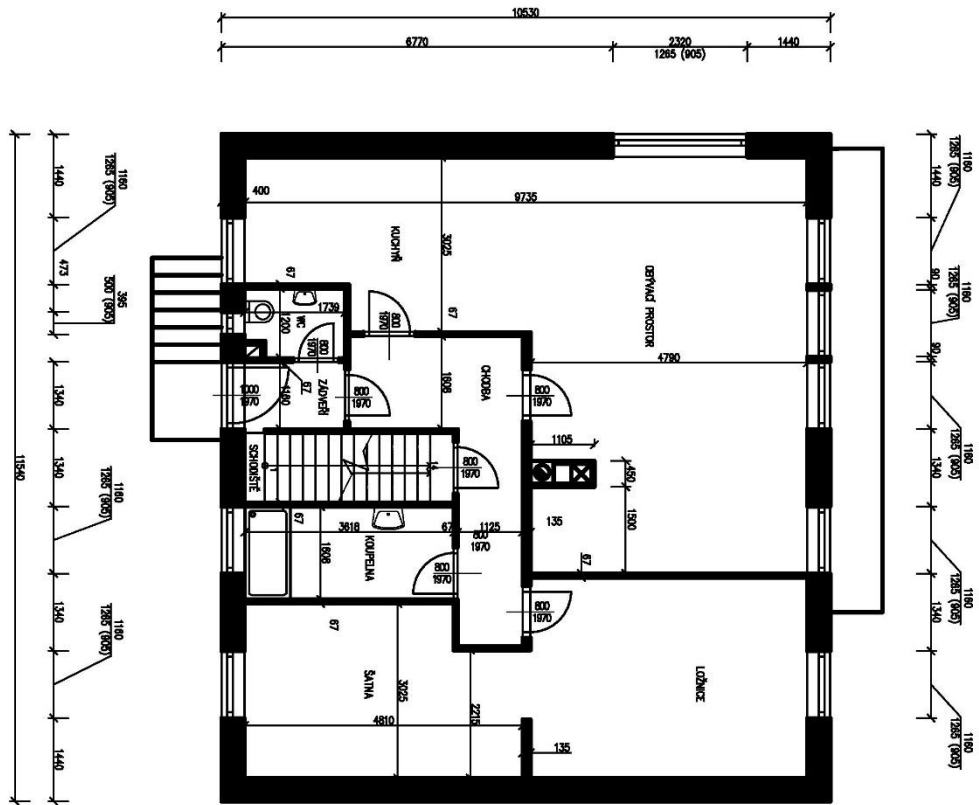
<i>Tab. 1 Teplota a vlhkost vzduchu</i>	21
<i>Tab. 2 Skladba stěny před rekonstrukcí (zateplení ze strany exteriéru)</i>	29
<i>Tab. 3 Skladba stěny po rekonstrukci (zateplení ze strany exteriéru a interiéru)</i>	30
<i>Tab. 4 Skladba stěny před rekonstrukcí (nezatepleno)</i>	32
<i>Tab. 5 Skladba stěny po rekonstrukci (zatepleno)</i>	33
<i>Tab. 6 Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi PŘED zateplením a PO zateplení</i>	34
<i>Tab. 7 Návrh vlastního zateplení u obvodové stěny</i>	35
<i>Tab. 8 Návrh vlastního zateplení u suterénní stěny</i>	37
<i>Tab. 9 Tepelné ztráty PŘED zateplením a PO zateplení</i>	38
<i>Tab. 10 Položkový rozpočet – druh práce</i>	39
<i>Tab. 11 Položkový rozpočet - materiál</i>	40
<i>Tab. 12 Vliv dotace programu Zelená úsporám na cenu zateplení</i>	41
<i>Tab. 13 Návrh návratnosti nákladů na zateplení</i>	41
<i>Graf. 1 Tepelná pohoda prostředí ze dne 3. 2. 2018</i>	26
<i>Graf. 2 Tepelná pohoda prostředí ze dne 4. 2. 2018</i>	27
<i>Graf. 3 Vlhkost vzduchu v místnosti ze dne 3. 2. 2018</i>	27
<i>Graf. 4 Vlhkost vzduchu v místnosti ze dne 4. 2. 2018</i>	28
<i>Graf. 5 Průběh teplot v konstrukci</i>	30
<i>Graf. 6 Průběh teplot v konstrukci</i>	31
<i>Graf. 7 Průběh teplot v konstrukci</i>	32
<i>Graf. 8 Průběh teplot v konstrukci</i>	33
<i>Graf. 9 Tepelné ztráty PŘED a PO zateplení</i>	34
<i>Graf. 10 Průběh teplot v konstrukci</i>	36
<i>Graf. 11 Průběh teplot v konstrukci</i>	37
<i>Graf. 12 Tepelné ztráty PŘED zateplením a PO zateplení</i>	38

10 Seznam příloh

Příloha 1: Výkresová dokumentace stávajícího stavu

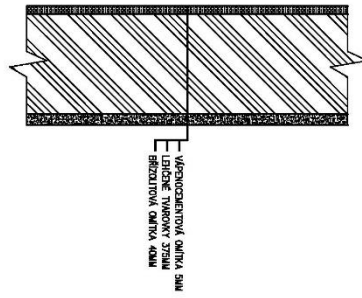


STUDBNÍ:	LOKALITA:	ROK:
TADĚAŠ LANGER	KUBLOVŮ OKRES BEROUN	2019/20
NÁZEV PROJEKTU:	RODINNÝ DŮM OKÁL	
STUDBNÍ:	FORMÁT:	A4
NÁZEV VÝKRESU:	DATAUM:	5.3.2018
SUTĚŘEN	C. VÝKRESU	01

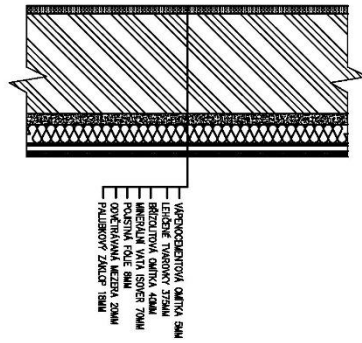


STUĐENT:	LOKALITA:	ROK:
TADEAŠ LANGER	KUBIJOV OKRES BEROUN	2019/20
NÁZEV PROJEKTU:	RODINNÝ DŮM OKÁL	
STUĐIE:	FORMÁT:	DATAUM:
	A4	5.3.2019
NÁZEV VÝKRESU:	C. VÝKRESU	
1. NADZEMNÍ PODLAŽÍ	02	

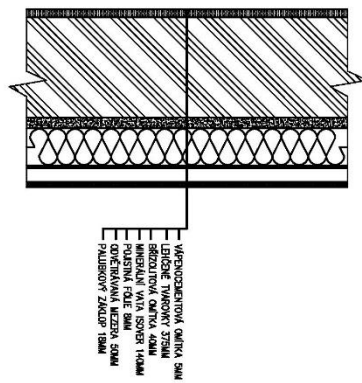
PŮVODNÍ STAV



ŘEŠENÍ MAJITELEM

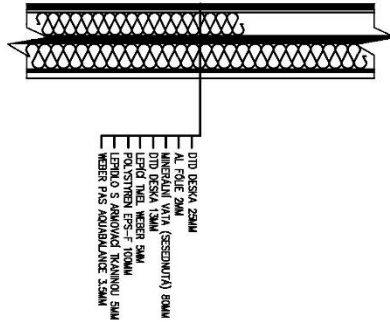


VLASTNÍ NÁVRH

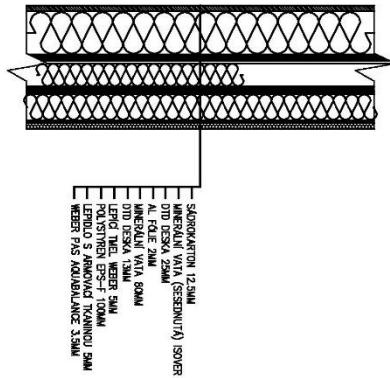


STUDIJNĚ: TADĚAŠ LANGER	LOKALITA: KUBLOVŮV OKRES BEROUN	KČR: 2019/20
NÁZEV PROJEKTU: RODINNÝ DŮM OKÁL	FORMÁT: A4	Č. VÝKRESU: 6.3.2018
SKLADBA STĚNY SUTĚŘENÍ	DÁLKA: 03	

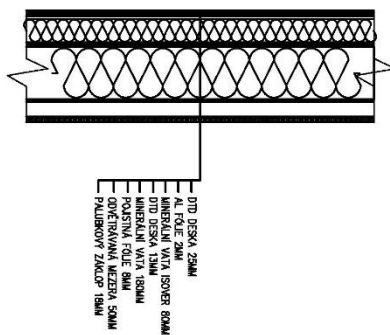
PŮVODNÍ STAV



ŘEŠENÍ MAJITELEM



VLASTNÍ NÁVRH



STUDBE:	LOKALITA:	NOV:
TADĚAŠ LANGER	KUBLOV OKRES BEROUN	2019/20
NÁZEV PROJEKTU:		
RODINNÝ DŮM OKÁL		
ŘEŠ:	FORMÁT:	A4
	ČÍSLO:	53.2019
NÁZEV VYKRESU:	Č. VYKRESU	04
SKLADBA STĚNY 1. NP		