

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická Fakulta

**Nové metody zateplování
starších budov**

Diplomová práce

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

Autor práce: Bc. Martin Čenec

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Čenec

Technologická zařízení staveb

Název práce

Nové metody zateplování starších budov

Název anglicky

New methods of thermal insulation of older buildings

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení tepelně technických vlastností tepelně izolačních materiálů a možností jejich využití pro zateplování budov. Zaměřit se především na posouzení předpokládané 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 materiálů pro zateplování budov. Uvést princip výpočtu tepelné bilance pro zimní a letní období a navrhnout vhodné způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov v 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

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Energie; konstrukce; pohoda prostředí; tepelná bilance; tepelná izolace

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace.

Dahlsveen, T.-Petráš, D.-Hirš, J.: Energetický audit budov. Bratislava, 2003, 295 s.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s.

Chybík, J. Přírodní stavební materiály. Grada. Praha 2009. 272 s.

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.

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

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Nové metody zateplování starších budov, vypracoval samostatně a použil jen prameny, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové 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 diplomovou 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 Mladé Boleslavi, dne 20. 03. 2019

Bc. Čenec Martin

Poděkování:

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Pavlovi Kicovi, DrSc. za poskytnuté rady, informace a materiály pro vypracování diplomové práce a poskytování rad a informačních podkladů.

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Bc. Martin Čenec		
STUDIJNÍ OBOR	Technologická zařízení staveb		
NÁZEV PRÁCE	Nové metody zateplování starších budov		
VEDOUCÍ PRÁCE	prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.		
KATEDRA	Katedra technologických zařízení staveb	ROK ODEVZDÁNÍ	2019
POČET STRAN	83		
POČET OBRÁZKŮ	23		
POČET TABULEK	41		
POČET PŘÍLOH	8		
STRUČNÝ POPIS	<p>Hlavním cílem této diplomové práce je srovnání různých tepelných izolací a jejich použití při zateplení starších objektů. V práci jsou představeny jednotlivé druhy zateplovacích materiálů, technologie zateplování a jejich vhodnost k vybranému staršímu objektu. V práci popisují změny ve vnitřním prostředí po zateplení vybraného objektu a kritéria, které se sledují. V závěru je vypočítán stávající stav objektu a následně je doporučení, jak nejlépe zateplit vybraný objekt.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	tepelné izolace, tepelná ztráta, energetický štítek obálky budovy, zateplení budov, součinitel prostupu tepla, vnitřní prostředí budov.		

ANNOTATION

AUTHOR	Bc. Martin Čenec		
FIELD OF STUDY	Technological Equipment of Constructions		
THESIS TITLE	New methods of thermal insulation of older buildings		
SUPERVISOR	prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.		
INSTITUTE/DEPARTMENT	Department of Technological Equipment of Buildings	YEAR	2019
NUMBER OF PAGES	83		
NUMBER OF PICTURES	23		
NUMBER OF TABLES	41		
NUMBER OF APPENDICES	8		
SUMMARY	<p>The main objective of this thesis is a comparison of different thermal insulations and their use in thermal insulation of older constructions. In the thesis are presented different types of insulating materials, thermal insulation technologies and their suitability for chosen older buildings. I describe in my thesis changes in the indoor environment after thermal insulation of the chosen construction and the criteria to be monitored. In the conclusion the current state of the construction is calculated, followed by recommendations on the best way how to insulate the chosen building.</p>		
KEY WORDS	<p>thermal insulation, heat loss, energy label of building claddings, insulation of buildings, heat transfer coefficient, indoor environment in buildings.</p>		

Obsah:

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	2
3. METODIKA PRÁCE	2
4. SOUČASNÝ STAV SLEDOVANÉ PROBLEMATIKY	3
4.1. TEPELNÉ ZTRÁTY	4
4.2. TEPELNÉ MOSTY	5
4.3. PROBLEMATIKA ZATEPLOVÁNÍ STARÝCH OBJEKTŮ.....	7
4.4. DRUHY IZOLACÍ A JEJICH VLASTNOSTI	10
4.4.1. <i>Polystyren</i>	10
4.4.2. <i>Polyuretanová a Polyisokyanurátová tepelná izolace</i>	12
4.4.3. <i>Minerální vlna</i>	13
4.4.4. <i>Tepelná izolace z celulózy</i>	15
4.4.5. <i>Tepelná izolace z ovčí vlny</i>	15
4.4.6. <i>Technické konopí</i>	15
4.5. ZATEPLENÍ STŘECH STARŠÍCH OBJEKTŮ.....	16
4.6. VÝPLNĚ STAVEBNÍCH OTVORŮ – OKNA A DVEŘE	18
4.7. ZPŮSOBY ZATEPLOVÁNÍ OBVODOVÉ STĚNY A IZOLACE FASÁD	20
4.8. VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ OBÁLKY OBJEKTU	22
4.8.1. <i>Vnější kontaktní zateplovací systém</i>	22
4.8.2. <i>Vnější nekontaktní systém – provětrávané fasády</i>	23
4.8.3. <i>Rozdíly mezi provětrávaným zateplením a kontaktním zateplením</i>	25
4.8.4. <i>Tepelně izolační omítky</i>	25
4.8.5. <i>Sendvičové izolační systémy</i>	26
4.9. INTERIÉROVÉ ZATEPLENÍ OBJEKTU	27
4.10. ZATEPLENÍ SOKLU A ZÁKLADU	28
4.11. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ OBJEKTŮ	29
4.11.1. <i>Hygienické parametry pohody prostředí</i>	32
4.11.2. <i>Oxid uhličitý CO₂</i>	32
4.11.3. <i>Vnitřní teplota vzduchu (°C)</i>	33
4.11.4. <i>Vlhkost vzduchu v budovách</i>	34
4.11.5. <i>Rychlost proudění vzduchu</i>	34
4.12. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT A ZATÍŽENÍ PRO ZIMNÍ A LETNÍ OBDOBÍ.....	35
4.13. TEPELNĚ TECHNICKÉ NORMY V ČR.....	35
4.13.1. <i>Určení hranic posuzované oblasti</i>	36
4.13.2. <i>Součinitel prostupu tepla</i>	37
4.13.3. <i>Celková tepelná ztráta</i>	42
4.14. TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM TEPLA	43
4.14.1. <i>Tepelná ztráta prostoru větráním</i>	44
4.15. TEPELNÁ BILANCE PRO LETNÍ OBDOBÍ	47
4.15.1. <i>Tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla objektu</i>	48
4.15.2. <i>Tepelné zisky z vnějšího prostředí</i>	49
4.15.3. <i>Tepelná zátěž okny</i>	51
5. VLASTNÍ ŘEŠENÍ	53
5.1. STÁVAJÍCÍ STAV POSUZOVANÉHO OBJEKTU	53
5.2. TEPELNÉ ZTRÁTY OBÁLKY OBJEKTU, STÁVAJÍCÍ STAV	54
5.3. VÝPLNĚ OTVORŮ – OKNA A DVEŘE STÁVAJÍCÍ STAV	54
5.4. STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	56
5.5. PODLAHA NA ÚROVNI TERÉNU	57

5.6.	TEPELNÉ ZTRÁTY CELÉHO OBJEKTU, STÁVAJÍCÍ STAV	58
5.7.	NUCENÁ VÝMĚNA VZDUCHU	59
5.8.	NÁVRH ZATEPLENÍ.....	59
5.9.	ZATEPLENÍ OBVODOVÉ STĚNY OBJEKTU	59
5.9.1.	<i>Zateplení obvodové konstrukce EPS70F - kontaktní</i>	60
5.9.2.	<i>Zateplení obvodové konstrukce minerální vatou - kontaktní</i>	61
5.9.3.	<i>Zateplení obvodové konstrukce minerální vatou - provětrávaná fasáda</i>	62
5.9.4.	<i>Vyhodnocení zateplení obvodové stěny</i>	64
5.10.	ZATEPLENÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE.....	65
5.10.1.	<i>Zateplení střešní konstrukce minerální vatou – nad krokviemi.....</i>	65
5.10.2.	<i>Zateplení střešní konstrukce mezi a nad krokviemi</i>	67
5.10.3.	<i>Zateplení střešní konstrukce mezi a pod krokviemi</i>	68
5.10.4.	<i>Vyhodnocení zateplení střešní konstrukce</i>	69
5.11.	ZATEPLENÍ PODLAHY NA ÚROVNI TERÉNU.....	70
5.12.	ZATEPLENÍ OBJEKTU 1 + 2 + 3.....	72
5.13.	FINÁLNÍ STAV PO ZATEPLENÍ.....	72
5.14.	OKNA A DVEŘE	73
5.15.	MĚŘENÍ TERMOVIZNÍ KAMEROU	74
6.	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	75
7.	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	76
8.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ.....	77
9.	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	83

Přílohy:

Příloha 1:	Projektová dokumentace posuzovaného rodinného domku.....	I
Příloha 2:	Průměrné teploty a srážky Mladoboleslavsku	VI
Příloha 3:	Certifikáty pro dveře a okna	VII

1. Úvod

Téměř každý majitel staršího rodinného domu postupem času zjišťuje, že jeho nemovitost má zvyšující se náklady na provoz. Každý vlastník nemovitosti se snaží udržet provozní náklady na nízkých hodnotách. Přesto je po čase nutné investovat do rekonstrukce. Zde vzniká možnost, jak ušetřit, a přitom zvýšit hodnotu nemovitosti. Každá rekonstrukce, provedená bez dostatečné rozvahy, stojí vlastníka většinou víc, než by sám čekal. Proto je dobré, při větších rekonstrukcích konzultovat postup s projektantem nebo se specialistou, který této problematice rozumí. Neuváženou rekonstrukcí je možné nejen zhoršit podmínky v oblasti vnitřního klima, ale může dojít dokonce i k poškození konstrukcí objektu. Nejčastěji prováděné stavební úpravy jsou zateplení objektu, výměna oken atd. Při navrhování nových objektů již projektant rovnou bere v potaz nutnost zateplení a objekt je k tomuto kroku také směřován. Kdežto při rekonstrukci je nutné brát v úvahu jak tvar konstrukcí, tak i jejich stávající stav a vlastnosti. Je nutné skloubit tyto vlastnosti objektu a snažit se docílit co nejlepšího výsledku s co možná nejmenšími zásahy do konstrukcí a zároveň se snažit nepřesáhnout limit investic určených na realizaci rekonstrukce. Díky znalostem stavebních technologií a vlastností stavebních materiálů je možné dosáhnout kvalitního zateplení staršího objektu a přitom ještě získat poměrnou část investic do zateplení a modernizace otopné soustavy zpět. Postupem času jsou vyvíjeny nové technologie a materiály. Je již více kladen důraz na dodržování hygienických požadavků pro zajištění vnitřního prostředí objektu.

2. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je zaměřit se na vlastnosti izolačních stavebních materiálů a posoudit, které by byly vhodné pro zateplení starší budovy, nastínit kladné i záporné vlastnosti těchto materiálů a na základě získaných informací z literatury a vlastní úvahy navrhnout funkční a kvalitní zateplení konkrétního objektu. Tato práce bude sloužit jako podklad a zdroj pro reálné zateplení. V diplomové práci je popsán stávající stav objektu a je zpracována energetická bilance stávajícího objektu a vytvořen návrh zateplení, který respektuje stávající předpisy a normy v této oblasti.

3. Metodika práce

Teoretická část práce se zaměří na různé druhy stavebních technologií zateplení a jejich výhody a nevýhody v oblasti zateplení starších rodinných domů. Kromě technologií zateplení obvodových konstrukcí jsou popsány možnosti zateplení střešních konstrukcí, základových pasů, popřípadě základových desek a možnosti omezení tepelných ztrát přes okna a dveře. Dále se teoretická část zaměřuje na tepelně izolační materiály, a to i z pohledu možného využití pro zateplení staršího rodinného domu. Dále budou popsány možnosti řízené výměny vzduchu ve vnitřních prostorech, ukazatele kvality vnitřního vzduchu a možnosti jeho zlepšení. Součástí je též popis stávajícího stavu objektu včetně jeho klimatických vlastností.

V praktické části diplomové práce, na základě výpočtu tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí zjistím stávající stav objektu. Na základě takto získaných informací se pokusím navrhnout alternativy pro zateplení posuzovaných konstrukcí a vybrat takovou konstrukci a materiál, které splňují požadavky odpovídajících norem a předpisů. Pro tuto práci byl zvolen rodinný dům ve Středočeském kraji, v městě Mladá Boleslav a místní části Debř. Vybraný dům je z roku 1908, a následně byl rekonstruován a přistavěn, další rekonstrukce je prováděna současným majitelem a odborné činnosti jsou prováděny specializovanými firmami formou subdodávek. Objekt je v současnosti neobydlen. Schéma rodinného domu je přiloženo v příloze.

4. Současný stav sledované problematiky

V posledních letech se kvalitní zateplovací systémy staly nedílnou součástí stavebního průmyslu. Architekti, projektanti i investoři již při projektování stavby, nebo jejím návrhu, v rámci finanční rozvahy, počítají s kvalitním zateplením a to minimálně v takové kvalitě, aby zateplení plnilo normy pro tepelnou ochranu. Technické normy, kterými se stavebnictví řídí, udávají číselné hodnoty tepelného odporu, které musí obálka objektu splňovat. Hodnoty požadované těmito platnými normami jsou již znatelně přísnější než hodnoty, které byly platné před dvaceti nebo i třiceti lety, kdy nebyl brán ohled na životní prostředí. Při správně navržené a zhotovené tepelné izolaci obálky zůstane vyrobené teplo v objektu co nejdéle. Je tedy důležité správně navrhnout tepelnou izolaci. Neméně důležité je i následně návrh správně zrealizovat. Je nutné dodržovat technologická pravidla a postupy navržené technologie. Tepelná izolace obálky objektu by měla vytvářet ucelenou konstrukci a pozornost by měla být kladena na všechny detaily této izolace. Proto je důležité znát technologii a vlastnosti prováděné izolace. Je jasné, že technologické postupy pro zateplení pomocí kontaktní technologie nebo sendvičového zdiva, budou rozdílné a to už od samého začátku. Je tedy důležité se seznámit, jak s technologií samotnou, tak i s vlastnostmi materiálu, který je použit na zateplení. Je nutné se řídit pravidly a to ne jen technickými (kvalita podkladu, vlhkost ve zdivu atd.), ale i pravidly meteorologickými.

Pro vlastníky starších domů je výhodné naplánovat zateplení v rámci připravované rekonstrukce, plánované údržby nebo výměny nevyhovujících částí. Zateplení střechy je možné naplánovat při plánované výměně střešní krytiny, při plánované opravě fasády je možné toto využít a fasádu zateplit. Při správném provedení zateplení ať už obálky objektu nebo střešní konstrukce se majiteli vždy vyplatí investovat prostředky do tepelné izolace. Tyto prostředky se majiteli vrátí v podobě nižších ročních nákladů na vytápění. Před realizací zateplení obálky, střechy, podlahy nebo podkroví je dobré své požadavky probrat s energetickým specialistou. Tento specialista je schopen poradit na co si dát pozor, doporučit technologii, ale i pořídit termosnímký, které ukážou místa, kde dochází k únikům tepla nebo vznikají tepelné mosty. V případě, že se majitel rozhodne pořídit si termosnímký, musí vzít v úvahu omezení této technologie. Měření je možné provádět v období od listopadu do března a to v závislosti na klimatických podmínkách. [3]

4.1. Tepelné ztráty

Nežádoucí úniky tepla z vytápěného interiéru do exteriéru nebo do nevytápěných prostor nazýváme tepelné ztráty. Pro volbu výkonu tepelného zdroje a pro výpočet otopné soustavy a jednotlivých těles je potřeba znát a umět spočítat tepelné ztráty místností a celého objektu. K tepelným ztrátám nejčastěji dochází:

- prostupem stavebními prvky a konstrukcemi,
- větráním.

Tepelné ztráty prostupem stavebními prvky a konstrukcemi

Pro stanovení tepelné ztráty prostupem přes stavební prvky a konstrukce musíme znát stavební dokumentaci, skladbu obvodových stěn, střechy, oken, dveří atd. Obecně lze říci, že k tepelným ztrátám, prostupem přes stavební prvky dochází přes střechu, strop, podlahu, okna a dveře, stěny ale i přes nevytápěné prostory.

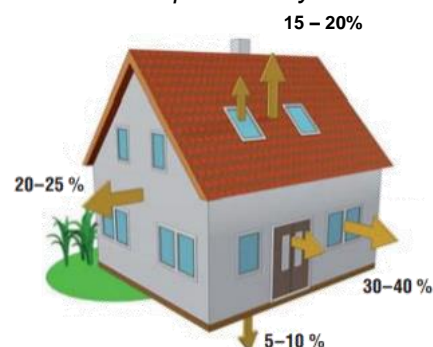
[12, 14]

Tabulka 1: Podíl tepelných ztrát u RD.

Část konstrukce	Podíl tepelných ztrát
Stěny	20 – 25 %
Okna a venkovní dveře	30 – 40 %
Střecha	15 – 20 %
Podlaha (strop sklepa)	5 – 10 %

Zdroj: [12]

Obrázek 1: Tepelné ztráty u RD.



Zdroj: [12]

Tepelné ztráty větráním

„Podíl těchto tepelných ztrát je závislý na tepelně technických vlastnostech ochlazovaných konstrukcí a kvalitě (těsnosti) otvorových výplní (oken, dveří apod.). Procentuální podíl tepelné ztráty prostupem a větráním činí u nezateplených panelových domů asi 70:30.“ [12]

Pro účinné omezení tepelných ztrát lze nalézt více důvodů, těmi hlavními jsou ekonomické, technické a ekologické.

Ekonomické důvody

- Správným provedením zateplení se sníží energetická náročnost objektu a tím se sníží výdaje na vytápění.
- Díky nižší spotřebě energie můžeme instalovat levnější zdroj tepla (kotel).
- V případě, že bude kvalitně zateplený objekt, nebude nutné začít s topením tak brzo, a budeme moci dříve skončit s topením než u nezatepleného objektu. Dojde tedy ke zkrácení topného období.

[14]

Technické důvody

- Kvalitním a správným zateplením se odbourává nejčastější příčina, která vede ke vzniku plísní.
- Dobře provedené zateplení zlepšuje tepelnou pohodu v objektu a to nejen v zimním, ale i v letním období.
- V případě zateplení obvodové obálky objektu dojde ke zvýšení ochrany obvodového pláště před povětrnostními a klimatickými vlivy. Nebude docházet k promrzání a zatěžování povětrností a tím se také prodlouží životnost objektu.

[14]

Ekologické důvody

- Zateplením objektu dojde ke snížení množství tepla potřebného k ohřátí nebo udržení teploty v objektu, tím dojde ke snížení spotřeby tepla a tedy k eliminaci negativních dopadů na životní prostředí v porovnání se stavem před zateplením.

[14]

4.2. Tepelné mosty

Tepelné mosty je pojem často skloňovaný v souvislosti se zateplením objektu. Tepelné mosty jsou místa, kde dochází ke zvýšenému úniku tepla z vytápěných prostor. Jsou to vlastně místa, kudy uniká teplo z objektu do venkovních prostor nebo do prostor, kde se netopí.

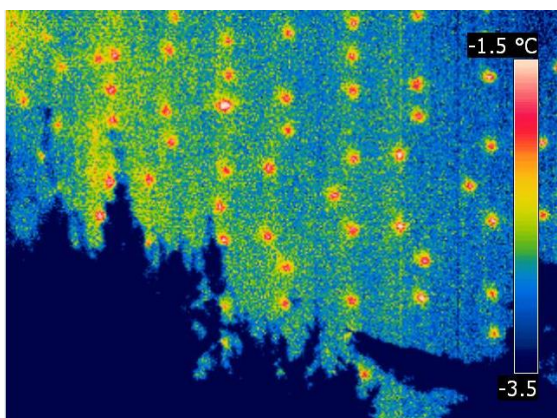
V praxi tato místa poznáme snadno. Ve vytápěném interiéru to jsou místa chladnější, než jejich okolí, protože rychleji ztrácejí teplo. Díky tomu, že jsou místa s tepelnými mosty na vytápěné straně chladnější dochází na nich ke kondenzaci vodní páry ze vzduchu a následně může docházet i k růstu plísní. V místech kondenzace vodních par dochází také ke snižování životnosti dané konstrukce, což může vyústit až ke ztrátě stability této konstrukce. Tepelné mosty vznikají:

- v místech napojení konstrukcí (v napojovaných místech obvodové stěny a balkonové desky, stropu, oken, dveří, střešního pláště nebo základu.),
- v místech s geometrickou změnou obvodové konstrukce (rohy objektu, předsazení obvodové stěny nebo soklu, ukončení stěny atd.),
- v místech se sníženými tepelně izolačními schopnostmi části obvodové konstrukce (špatně vyžděné obvodové zdi, například kvalitní tepelně izolační cihly dozděné plnými cihlami, svislá spára vyplněná vápenocementovou maltou apod.),
- nesprávným provedením zateplení (mezerami mezi deskami nebo rohožemi, špatné odvětrání u provětrávané fasády, špatná instalace kotevních hmoždinek apod.).

[6, 10]

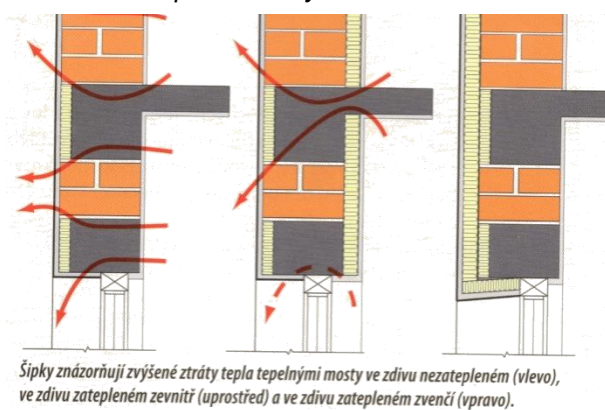
Způsobů, jak se vyhnout vzniku tepelných mostů nebo co nejvíce snížit jejich počet je hned několik. Především je nutné dodržování technologií a postupů pro konkrétní zateplení. Je dobré si vybírat pro odbornou práci zkušené stavební firmy. Také se obvykle nevyplatí šetřit na kvalitním technickém dozoru a kontrolních dnech. V opačném případě hrozí znehodnocení stavebních konstrukcí a nutnost vynaložení velkých částek na opravu. Stavební dozor by měl znát technologické postupy, které jsou používány na konkrétní stavbě, měl by znát a vědět co si tzv. ohlídat.

Obrázek 3: Tepelné mosty termopohled.



Zdroj: [23]

Obrázek 2: Tepelné mosty - ve zdivu



Zdroj: [3]

4.3. Problematika zateplování starých objektů

V případě, že se vlastník starší objekt rozhodne zateplit, dělá velké rozhodnutí, se kterým potřebuje pomoci, pokud není sám tepelným specialistou. Je potřeba znát vlastnosti a druhy tepelně izolačních materiálů, dobře znát technologie zateplování a jejich slabé a silné stránky a v neposlední řadě je nutné se dobře seznámit s objektem, který se bude zateplovat. Je nutné seznámit se stávajícími konstrukcemi a na základě tohoto, vypočítat součinitele prostupu tepla „U“ a dávat pozor na tepelné mosty (viz kapitola 4.2 Tepelné mosty) a snažit se je minimalizovat nebo jim předejít úplně. Ale zateplení obvodového pláště nesmí být jediným opatřením, které se bude u starého objektu dělat. Musí to být ucelený soubor více opatření. K čemu by bylo zateplení obvodové obálky objektu, pokud by cca 20 % tepelné energie utíkalo nezateplenou střechou nebo starými, netěsnícími okny. Zateplení by bylo sice dobře udělané, ale dál by vítr hýbal záclonami a v objektu by stále byla zima. Na zateplení staršího objektu je potřeba nahlížet jako na celek a k tomu také směřovat stavební práce. Problémů u starých objektů se vyskytuje mnoho. Mezi ty nejčastější problémy patří následující.

[4, 5, 6]

Zateplení střechy

Podobně jako u ostatních stavebních konstrukcí i zde je zapotřebí znát stav konstrukce a z toho vycházet. Velké rozdíly budou například mezi plochou střechou nebo sedlovou, popřípadě pultovou střechou. V potaz je třeba brát také způsob využití půdních prostor, tedy zda jsou prostory obývané a tudíž vytápěné nebo ne. Ale vždy bude platit pravidlo, že je potřeba postupovat podle navržené technologie a snažit se minimalizovat tepelné mosty, které mohou nastat. Dalším důležitým pravidlem je, že střecha musí plnit svůj primární účel. Tedy pokud do střechy teče, je špatná krytina, jsou shnilé nebo napadené trámy (živočichy nebo plísněmi) v plné vazbě anebo je špatně provedené oplechování prostupujících prvků, a tady střecha svoji primární funkci neplní. Je nutné k zateplení přistoupit komplexně a všechny neduhy střešní konstrukce odstranit a správně ošetřit. Teprve po tomto zásahu je možné střechu zateplit a udělat novou střešní krytinu dle požadavku.

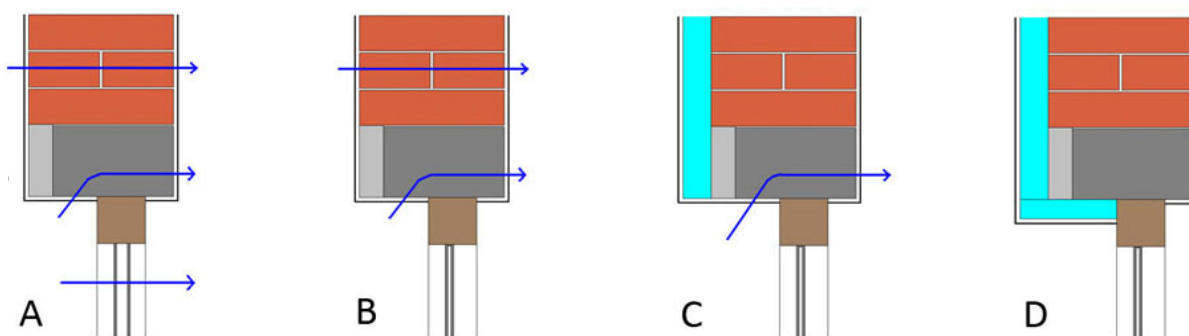
[3, 4, 5, 6]

Zateplení okenních a dveřních otvorů

Jak již bylo zmíněno, okny a dveřmi uniká cca 30 – 40 % tepelné energie. Někdy lze těmto únikům zabránit jednoduchými a levnými způsoby. Počínaje výměnou

těsnění v oknech nebo dveřích, popřípadě výměnou starých skel za nové dvojsklo nebo trojsklo. Pokud jsou ovšem okenní rámy ve špatném stavu a jejich renovace by vyšla draž, než pořízení nových, vyplatí se sáhnout již po nových. Na výběr máme od plastových oken přes dřevěné až po hliníkové příp. též jejich kombinace. Existuje hodně dodavatelských firem, které přijedou, zaměří okenní otvory a navrhnu ideální řešení. S čím je však také nutné počítat, je připravované (plánované) zateplení obvodové stěny. Tuto důležitou informaci je nutné uvést při zaměřování nových oken, aby bylo možné udělat správné napojení zateplení fasády na nové okno. Častým problémem bývá právě ostění nebo nadpraží nových oken. Při zateplení obvodové stěny je tepelná izolace v takové tloušťce, která byla spočítána. Ale co ostění? Často se použijí užší izolační desky nebo pruhy a pak vznikají tepelné mosty kolem oken a po čase i plísně. [3, 4, 5, 6]

Obrázek 4: Pronikání chladu fasádou u oken.



Pronikání chladu fasádou: A - rovnoměrně nezateplenou zdi a starými okny, B - okno má izolační zasklení a kondenzace se vytváří na stěnách, příčina vzniku plísní, C - izolace stěny není dotažena až k rámcům oken, chlad proniká kolem rámců, tento tepelný most způsobí srážení vody na stěně a vznik plísní, D - správně zateplená fasáda bez tepelných mostů.

Zdroj: [16]

Zateplení obvodové stěny, fasády

Zateplení obvodové stěny (fasády) bývá podceňováno nejčastěji. Tepelní specialisté popřípadě projektanti musí vycházet ze stávajícího stavu obvodového zdiva. Zdivo staršího objektu může být různorodé. Cihly pálené, škvárové cihly, ale i kamenné štuky a další druhy materiálu, které se využívaly v průběhu několika desítek let. Takové zdivo má minimální tepelný odpor. Ale to je jen jeden z několika problémů. Častá je i špatná izolace proti vzlínající vlhkosti, což se ještě víc projeví po výměně nebo opravě dveří a oken. Tyto všechny informace a další musí vzít v potaz projektant, nebo energetický specialista, který se bude rozhodovat mezi technologiemi. Jakmile se podaří dobře zmapovat a popsat stav obvodového zdiva a

zjistit neduhy, které je potřeba vyřešit před samotným zateplením, je již téměř jasná volba technologie zateplení a možné druhy tepelné izolace.

Na objekt, který má problémy s vlhkostí zdiva nelze použít materiály, které mají velký difúzní odpor jako například expandovaný nebo dokonce extrudovaný polystyrén. Na druhou stranu pro tento objekt jsou vhodné takové tepelné izolace, které mají nízký difúzní odpor a ještě něco navíc. V tomto případě se bavíme o provětrávaném zateplení například z minerální vaty nebo lépe odvětrávané zateplení z celulózy jako izolantu. U celulózové izolace se vlastně jedná o recyklovaný rozcupovaný papír s přísadami. Díky této technologii (provětrávaném zateplení) a tepelné izolaci je obvodové zdivo chráněno tepelnou izolací a případná vlhkost ve zdivu může vysychat. Lze si tento systém představit jako jeden velký piják, který je nastříkaný na zeď.

Takto by bylo možné postupovat dál a popsat nespočet možných variant, které mohou nastat. Na základě výše zmíněného, je nutné dobře znát vlastnosti a stav obvodového pláště objektu a teprve na základě těchto informací lze navrhnout technologii zateplení. [3, 4, 5, 6, 17, 18]

Zateplení sklepních prostor a základů

Základy stavby nebo sklepní prostory u starých objektů bývají problémové. U objektů můžeme narazit na základy z kamene, cihel a podobných materiálů, které při stavbě byly po ruce. V ideálních případech se můžeme setkat s betonovými základy, které budou mít základovou spáru, a bude možné odlišit, kde jsou základy a kde začíná zdivo. Pokud budeme zateplovat objekt a máme kvalitně zateplenou střechu, okna a dveře, a máme i dobře a kvalitně zateplenou obálku objektu, byla by škoda celé snažení znehodnotit nezateplením základů nebo základového soklu nad terénem i pod terénem. I zde platí, že je potřebné znát dobře vlastnosti a stav základů nebo sklepních prostor. Problém se zemní vlhkostí lze odstranit několika způsoby. Jakmile budeme mít vyřešeny problémy s hydroizolací, můžeme se rozhodnout, jakou technologii použijeme pro zateplení. K dispozici máme možnost zateplení z vnitřní strany nebo zvenčí. Počínaje tepelně izolačními omítkami a konče zateplením vnějších stěn z desek z extrudované tvrdé pěny. [3, 4, 5, 6]

4.4. Druhy izolací a jejich vlastnosti

Požadavky na tepelný odpor obvodové konstrukce se postupem času vyvíjejí a zpřísňují. Na základě tohoto vývoje se také nezávisle vyvíjejí stavební materiály a technologie zateplení. Jenže technologie zateplení bez tepelných izolací je k ničemu. Pro dobré navrhnutí technologie zateplení, je nutné znát vlastnosti technologie a vlastnosti použitých tepelně izolačních materiálů. V této kapitole se zaměřím na známé a používané tepelné izolace a zároveň popíšu jejich vlastnosti. Tepelně izolační materiály jsou rozmanité a odlišné. Tyto rozdíly začínají u ceny, pokračují přes vlastnosti a končí u použití.

[3, 6, 7]

4.4.1. Polystyren

Zateplování objektů je poměrně stará technologie. V posledních letech se tato technologie posunula díky velkému tlaku na úsporu energií a snižování tepelných ztrát objektů. V roce 1950 byl v německém chemickém koncernu BASF vyvinut polystyren. Přesněji řečeno expandovaný polystyren (EPS). Tento materiál si na stavbách díky svým vlastnostem a příznivé ceně rychle získal své místo. Vyrábí se napěněním polystyrenových perlí o různých velikostech podle druhu použití. Perličky mají většinou obsah 5 – 7 % pentanu, který slouží jako nadouvadlo. Postupem času vznikla snaha tento materiál vylepšit a tak můžeme na trhu najít více druhů. Jak jsem již zmínil, tak za nejrozšířenější můžeme považovat EPS XXX. Pod označením XXX je číslo, které se u polystyrenů používaných ve stavebním průmyslu pohybuje v rozmezí od 70 do 150, vyjadřuje napětí v kPa při 10% stlačení. Pro zateplení obvodové konstrukce by bylo možné použít EPS 70. Na zateplení plochých střech nebo do podlah s malou zátěží můžeme použít EPS 100. A na konec EPS 150 je možné použít na zatížené tepelné izolace a podlahy. Zateplovací desky lze použít na zateplení rodinného domu o výšce do 22 metrů. Pro vyšší stavby je nutné použít takovou technologii, kterou nařizují požární předpisy. Objemová nasákavost u EPS při úplném ponoření je do 5 %. Hlavní vlastnosti u EPS jsou:

- tepelná vodivost $\lambda = 0,040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$,
- difuzní odpor $\mu = 20\text{--}100$,
- u běžně používaného EPS je objemová hmotnost $\rho = 15 \text{ až } 40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
- třída reakce na oheň E.

Grafitový expandovaný polystyrén

Většinou se jedná o deskový materiál podobný EPS. Složení grafitových desek je podobné jako u EPS, ale ve složení je navíc přidána přísada grafitových částic. Díky tomu dojde ke zvýšení tepelně izolačních vlastností a sníží se tepelná vodivost tohoto materiálu. Vlastnosti grafitového expandovaného polystyrénu jsou:

- tepelná vodivost $\lambda = 0,030$ až $0,033 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$,
- difuzní odpor $\mu = 20$ – 100 ,
- objemová hmotnost je v rozmezí $\rho = 10$ až $40 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$
- třída reakce na oheň E.

Rozvolněný - expandovaný polystyren

Zde se jedná o kuličky expandovaného polystyrenu a přísad proti škůdcům. Tento materiál je často používán jako izolant, který se fouká do dutin. Většina jeho vlastností je hodně podobná jako u EPS, liší se hlavně difuzní odpor.

- tepelná vodivost $\lambda = 0,040$ až $0,045 \text{ W}\cdot\text{mK}^{-1}$,
- difuzní odpor $\mu = 2$ – 4 ,
- objemová hmotnost je u foukaného cca $\rho = 27 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
- třída reakce na oheň E.

Obrázek 5: Rozvolněný EPS.

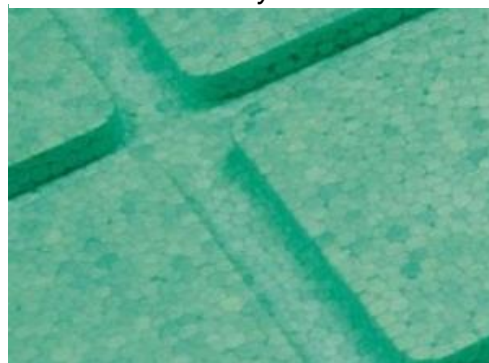


Zdroj [18]

Expandovaný polystyren tvarovaný do forem (perimetr)

Vyrábí se vypěňováním do forem podle požadavku zákazníka. Takto vzniklý výrobek má uzavřenou povrchovou strukturu a oproti EPS, tak má dlouhodobou nasákavost $< 3 \%$ (dle ČSN EN 12 087). Jeho použití je nejen ve stavebnictví, ale i

Obrázek 6: Tvarovaný EPS.



Zdroj: [18]

v logistice (přepravní boxy pro díly a komponenty). Ve stavebnictví se tento materiál často používá jako tepelná izolace podzemních částí objektu.

Díky možnému tvarování a nízké nasákavosti, lze tento materiál také použít pro plnění drenážních funkcí u objektu. Jeho vlastnosti jsou:

- tepelná vodivost $\lambda = 0,034 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$,

- difuzní odpor $\mu = 50\text{--}150$,
- objemová hmotnost $\rho = 20\text{--}40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
- třída reakce na oheň E.

[3, 6, 7,18]

Extrudovaný polystyren - XPS

Extrudovaný polystyren (XPS) je tvořen podobně jako expandovaný polystyrén, tedy z polystyrenového granulátu a ropy. Tento granulát extruduje rozpínavými plyny, a tak vzniká uzavřená struktura pórů a to dává tomuto druhu polystyrenu takové vlastnosti, že má skoro nulovou nasákavost. Tento polystyrén se také vyznačuje velkou pevností v tlaku. Proto je vhodný tam, kde je potřeba tepelně izolovat konstrukce, které jsou staticky zatěžovány a je zde velké riziko trvalého zatížení vlhkostí. Například sokly budov, základy, podzemní konstrukce, ale i střechy, u kterých je potřeba obsluhy, zateplení základové desky atd. Jeho vlastnosti jsou:

- tepelná vodivost $\lambda = 0,030\text{--}0,038 \text{ W}\cdot\text{mK}^{-1}$,
- difuzní odpor $\mu = 180$,
- objemová hmotnost v rozmezí $\rho = 30$ až $150 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
- třída reakce na oheň E.

Existuje celá řada dalších druhů polystyrenů, můžeme zmínit např. vysokopevnostní polystyren, který, jak již název napovídá, má vyšší pevnost v tlaku (cca 10 MPa oproti cca 0,1–0,2 MPa u EPS). Jak již bylo zmíněno, polystyrény jsou dobrá tepelná izolace, ideální pro použití u novostaveb. Nejsou ale vhodné u staveb, kde je potřeba umožnit konstrukci propustnost vodních par, jak tomu bývá u rekonstrukcí starších objektů.

[3, 6, 7,18]

4.4.2. Polyuretanová a Polyisokyanurátová tepelná izolace

Polyuretanová pěnová (PUR) izolace je známá na stavbách již několik desítek let. Jedná se o směs složek, které spolu reagují a z tekutého skupenství se mění na tuhé. Při reakci obou složek (v jedné složce je voda) dojde k vytvoření CO_2 a ten se při reakci obalí vznikajícím polyuretanem a do několika sekund vznikne tvrdá vrstva. Při této reakci dojde k několikanásobnému zvětšení objemu a díky tomu má tato izolace dobrou tepelnou vodivost (cca $\lambda = 0,023 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$). Tato tepelná izolace

může izolovat v teplotním rozmezí od – 200 °C až do cca + 140 °C. PUR izolace má dobré požární vlastnosti a patří do třídy B2 – nesnadno hořlavé materiály. Díky své uzavřené struktuře má dobré hydroizolační vlastnosti, tuto izolaci je možné použít na namáhané prostory jako je plochá střecha. Díky variabilitě tohoto typu izolace ji lze použít například na utěsnění a izolování prostupů v základech atd. V případě použití PUR pěny jako izolace se musí použít i ochranný nátěr, který ochrání PUR pěnu před účinky UV záření. PUR pěny jsou zdravotně nezávadné a neobsahují freony ani formaldehydy.

[3,6,7,18]

PIR Polyisokyanurátová tepelná izolace

Jedná se o podobný materiál jako u PUR pěn. PIR pěna se dodává již ve formě desek, stříkaná nebo litá. Nabízené izolace jsou opatřeny různými povrchy, plasty, plechy atd. Díky dobrým tepelně izolačním vlastnostem tyto dodávané panely vyhovují tepelně izolačním předpisům již při malých tloušťkách a to už od cca 50 mm. Dají se tedy použít na průmyslové haly – obvodové pláště, střešní konstrukce, garážové vrata, střešní vikýřové konstrukce a další.

Obrázek 7: Tepelná izolace PIR.



[3,6,7,18] Zdroj: [18]

4.4.3. Minerální vlna

Minerální vlna je hodně rozšířená tepelná izolace a můžeme ji rozdělit do dvou podmnožin - kamenná vlna a skelná vlna. Umělá minerální vlákna jsou vyráběna tavením hornin a jako pojivo se používá pryskyřice, která tuhne v horkém proudu vzduchu. Minerální vláknité izolace jsou díky své struktuře použitelné jako tepelné izolace ale i jako zvukové izolace. Minerální vlny jsou nehořlavé, odolné proti škůdcům a mají nízký difuzní odpor, takže dobře propouští vodní páry. Minerální vaty se vyrábějí v široké škále výrobků, nejznámější jsou pravděpodobně izolační desky měkké nebo tvrdé, rohože nebo izolace potrubí.

[3,6,7,8,15,18]

Minerální čedičová vata

Minerální čedičová vata se nejčastěji vyrábí z vyvřelých hornin (čedič, dolomit). Minerální vlna je nehořlavá (třída reakce na oheň je A1), je schopná odolávat vysokým teplotám (cca 1000 °C), má nízký difuzní odpor (v rozmezí $\mu = 1$ až 2) takže dobře propouští vodní páry z konstrukce. Tepelně izolační desky s kolmou orientací vláken se vyrábějí jako lamely nebo desky pro zateplení zakřivených objektů nebo stěn a je možné na ně lepit těžší omítky nebo obklady. Minerální desky s podélnými vlákny jsou vhodné pro zateplení standardních fasád (snesou i nerovný podklad). Kamenná vlna se také dodává jako rozvlákněný materiál, který je možné aplikovat jako foukanou izolaci do tvarově složitých konstrukcí. Tepelný součinitel minerální čedičové vaty je $\lambda = 0,035\text{--}0,045 \text{ W}\cdot\text{mK}^{-1}$. Díky malé objemové hmotnosti ($\rho = 30\text{--}100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) můžeme použít minerální vatu téměř kdekoli. Je tedy vhodná na zateplení obvodových stěn (jak kontaktním způsobem, tak i jako provětrávaná fasáda nebo jako sendvičové zateplení), je vhodná na zateplení více plášťových střech, stropů, plovoucích podlah, izolaci potrubí, kotlů, lze ji také použít i jako akustickou izolaci pro příčky. Velkou výhodou je nízký difuzní odpor a je ideální pro zateplení starších objektů. Nevýhodou této izolace je možnost absorbovat vlhkost. Proto je nutné s touto izolací pracovat jen tehdy, pokud neprší. Izolace při aplikaci také nesmí být mokrá, takže je nutné věnovat pozornost jejímu uskladnění.

[3,6,7,8,15,18]

Minerální skelná vata

Minerální skelná vata je vyráběna nejčastěji roztavením přírodního křemičitého písku, sody, vápence a starého skla a následným spojením taveniny pomocí pryskyřice. Takto vzniklá tepelná izolace je nehořlavá, odolná proti houbám a škůdcům, má dobré izolační vlastnosti díky svému nízkému součiniteli tepelné vodivosti ($\lambda = 0,030\text{--}0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). Skelná vata se dodává ve formě desek nebo rohoží, její difuzní odpor $\mu = 1$ a objemová hmotnost je v rozmezí $\rho = 15\text{--}35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Je ideální pro zateplení střech (mezi krokve krovů), zateplení lehkých skeletových staveb, provětrávaných fasád, do stropů nebo podhledů.

[3,6,7,8,15,18]

4.4.4. Tepelná izolace z celulózy

Celulózová izolace se nejčastěji vyrábí z recyklovaného novinového papíru. Tento papír se rozdrťí nebo namele, následně se napustí sloučeninami bóru. Takto zpracovaný papír zaručuje odolnost proti požáru, ochranu proti mikroorganismům, má dobrý difuzní odpor, dokáže absorbovat vlhkost a tím upravuje klima v interiéru. Celulóza je foukaná izolace ve formě vloček nebo desek a je možné ji také nanášet stříkáním ve vlhkém stavu. Mezi její nevýhody patří její prašnost, problematická recyklace díky příměsím a při nedostatečném nafoukání může docházet k sedání.

Obrázek 8: Celulózová izolace.



[3,6,7,15,18]

Zdroj: [18]

4.4.5. Tepelná izolace z ovčí vlny

Tepelně izolační materiál z ovčí vlny je ryze přírodní materiál. Vstupní surovina je získávána stříháním ovcí. Většina ovčího vlákna je hygroskopická a toto vlákno dokáže absorbovat a znovu vydávat vzdušnou vlhkost bez zhoršení λ . Má malý difuzní odpor ($\mu = 1-2$) a objemovou hmotnost v rozmezí ($\rho = 13-30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Má vysokou teplotu samovznícení a při vystavení ohni vlna nehoří, ale škvaří se, a netvoří toxické plyny a neodkapává. Je zařazena do třídy E v reakci na oheň. Po použití je standardní cestou kompostovatelná, její výroba je energeticky nenáročná a je zdravotně nezávadná. Ošetřuje se kvůli ochraně před biologickým napadením, pro další škůdce jako jsou myši, mravenci, a drobní živočichové je nestravitelná. Tento materiál je dodáván v rolích, pásech nebo rohožích. Do České republiky se dováží ze zahraničí a její cena je relativně vyšší. Dá se použít téměř na celé stavbě počínaje izolací podlahy, stopů, střech a to jako vnitřní i vnější izolace obvodového pláště. Nejčastěji je tato izolace používána na dřevostavbách.

[3,7,15,18]

4.4.6. Technické konopí

Tepelné konopí je další přírodní materiál používaný jako tepelná izolace, který je možné pěstovat v našich klimatických podmínkách. Konopí je jednoletá rostlina vzpřímeného růstu. Pro výrobu tepelné izolace se používají vlákna a pazdeří z těchto rostlin. Tepelné izolace z technického konopí můžeme zakoupit ve formě rolí, rohoží

nebo lisovaných desek. Díky tomuto zpracování má dobré vlastnosti, malý difuzní odpor ($\mu = 1-2$) a součinitel tepelné vodivosti je v rozmezí $\lambda = 0,035-0,040 \text{ W}\cdot\text{mK}^{-1}$ v závislosti na druhu výrobku. Izolaci z tohoto materiálu je možné použít na zateplení střech, podlah, stropů nebo vnějších stěn. V případě použití je potřeba dbát na uzavření požárně odolným materiálem, třída reakce na oheň u tohoto materiálu je: E. Mezi nevýhody patří především nižší odolnost proti vlhkosti a relativně vyšší cena. Vlhkostí dochází k degradaci této izolace a tím je ovlivněna její tepelně izolační vlastnost. Obecně jsou ceny přírodních izolací několikanásobně vyšší, a tak je jejich použití spíše sporadické.

Obrázek 9: Izolace z technického konopí.



Zdroj: [18]

[3,7,15,18]

4.5. Zateplení střech starších objektů

Střecha je stavební konstrukce, která má poskytovat objektu, veškerému inventáři a obyvatelům ochranu před povětrností a klimatickými vlivy. Většinou se jedná o vícevrstvou konstrukci, která se může skládat z nosné střešní konstrukce a dalších vrstev střešního pláště. Střechy je možné rozdělit do třech skupin podle sklonu střešní roviny. Střecha plochá se sklonem roviny od 0 do 5° , šikmá střecha má sklon do 45° , a strmá střecha má sklon střešní roviny nad 45° . Střechy můžeme dále rozdělit také podle typů, například pultová střecha, sedlová, valbová, polovalbová, mansardová, stanová (jehlanová), pilová střecha, ale i již zmiňovaná plochá střecha. U starších objektů byla často sedlová nebo valbová střecha nezateplená a podkroví bývalo neobydlené. Takovým to střechám se říká studená střecha a podkroví bývalo hlavně na venkovech používáno pro uskladnění sena či slámy. Tyto střechy bývaly většinou provětrávané od štítu ke štítu a v případě potřeby opravy takovéto střechy nebyl žádný problém vylézt na půdu a střechu případně opravit. Tím, že bylo na půdě uskladněno seno nebo sláma, docházelo k vrstvení přírodního izolantu a prostory

pod střechou tím byly vlastně izolovány. Časem však tento postup vymizel, začaly se stavět seníky a další způsoby uskladnění a půdy byly již bez této tepelné izolace. Jak jsem již zmínil (kapitola o tepelných ztrátách) střešní konstrukcí uniká cca 15–20 % tepelné energie. Často se také stává, že vlastník objektu změní své požadavky a potřebuje začít využívat půdní prostory jako obytné prostory. Každá rekonstrukce s sebou přináší spoustu omezení a nutných kroků, to samé platí i v případě že plánujeme půdní vestavbu a chceme využívat půdní prostory jako obytné. Nejprve je nutné nechat zkontrolovat stav nosné konstrukce střechy, prověřit, jestli střešní konstrukce není napadena plísněmi, hnilobou nebo škodlivým hmyzem. Pokud bude vše v pořádku, je možné se pustit do plánované rekonstrukce nebo zateplení půdních prostor. V opačném případě musí nejprve dojít k odstranění například plísně, či jiného zjištěného problému, a pak teprve pokračovat. V současnosti máme více možností, jak zateplit půdní prostory, které chceme mít obytné.

[4,6]

V případě varianty, zateplení šikmé střechy mezi krokvy a pod krokvy, je důležité dodržet technologické postupy, které jsou pro tyto střechy stanoveny. Pokud se bude jednat o střechu dvouplášťovou nebo tříplášťovou, je nutné vždy ohlídat jak na kvalitu provedení hydroizolace, tak i odvětrávací mezery, které jsou dle dané technologie navrženy tak, aby případně odváděly vzniklý kondenzát vlhkosti. Nezbytné je také kvalitní odizolování parotěsnou zábranou, aby nedocházelo k prostupu vlhkosti z půdních prostor do tepelné izolace. Pro tento druh zateplení jsou nejčastěji používané takové tepelné izolace, které mají nízký difuzní odpor, dobré tepelné vlastnosti (tepelná vodivost λ) a často se také přihlíží k třídě reakce na oheň. Každá technologie má určité přednosti, které je nutné zvážit před vlastní realizací. Je nutné také dodržet hygienické požadavky. Toto vše by měl zvážit projektant, nebo tepelný specialista, který navrhl danou technologii.

[4,6]

Při zateplení nad krokvy dojde k celkové změně střešní konstrukce. Stará krytina se odstraní, na záklop se osadí tepelná izolace podle vybrané technologie, která musí být ochráněna paropropustnou izolací a pojistnou hydroizolační fólií na straně od krytiny, vytvoří se jedna nebo dvě mezery pro možnost odvětrání a na závěr se osadí střešní krytina. Tato technologie přinese v půdních prostorech možnost využití trémových vazeb a nejen k technologickým účelům, ale přinese majiteli

i možnost využít tyto vazby k estetickým účelům a po ošetření může tento prostor tvořit rustikální strop.

[4,6]

Každá technologie, ať už zateplení šikmých střech, nebo zateplení ploché střechy (často používané u panelových budov) má svá úskalí. Je potřeba se vždy zaměřit na slabá místa, kde mohou vznikat tepelné mosty. Tyto místa jsou většinou místa, kde prochází technologie střešní konstrukcí (komín, odvětrání atd.), nebo kde je střešní konstrukce napojena na obvodové zdivo, atd.

[4,6]

4.6. Výplně stavebních otvorů – okna a dveře

Také výplně stavebních otvorů, okna a dveře, mají velký podíl na únicích tepla z objektu a jsou častým zdrojem vzniku tepelných mostů. Procentuální podíl na únicích tepla z objektu je u dveří a oken jedním z největších vzhledem k jejich ploše. Aby okna a dveře mohly plnit svou funkci, ochranu objektu před povětrnostními vlivy, musí být v dobrém stavu. Při zateplení objektu je tedy rozumné se této skutečnosti věnovat a uvědomit si, že okna a dveře si pořizujete na 10, 20 a třeba i více let. Mimo jiné se jedná o jedny z mála stavebních konstrukcí, které jsou pohybové (otevívají se), a zároveň je od nich očekáváno dokonalé utěsnění. Na okna i dveře jsou kladeny velké nároky jak ze strany uživatele (estetické, funkční), tak i ze strany technologické (bezpečnostní, požární, atd.). U starších objektů není výjimkou použití několika různých druhů oken a dveří v rozdílném stavu, a to i přes fakt, že jsou všechna stejně stará.

[3,4,6]

Okna

I tak jednoduchá záležitost, jako jsou okna, prošla pozoruhodným vývojem. Na starších objektech se můžeme setkat hned s několika možnými druhy oken, které měly rozdílnou technologii:

- jednoduchá okna,
- špaletová okna,
- zdvojená okna.

Jednoduchá okna známe jak ze současnosti, tak i z minulosti. Ve starších objektech jsou často používána jednoduchá okna, která často mívají vitrážová skla, můžeme je často vidět na historických objektech, kostelech apod. Jednoduchá okna

se používají i v dnešní době jako například plastová okna, dřevěná nebo také jako hliníková okna s dvojsklem nebo s trojsklem.

Se špaletovými okny se také můžeme setkat jak u starších objektů, tak i u nových. Principem těchto oken je vytvoření vzduchové mezery mezi jednotlivými okny, z nichž každé mělo vlastní samostatné otevírání. V současnosti se tato okna stále vyrábějí, ale bývají u nich (ze strany exteriéru) použita dvojskla nebo i trojskla. Často se tato okna dělají s dřevěným rámem a okenními křídly. Neduhem těchto starších provedení bývalo, že na jednom z oken kondenzovala vlhkost, a ta se následně srážela a stékala do okenního meziprostoru, kde vnikaly plísně, a tím docházelo k poškozování okenního rámu.

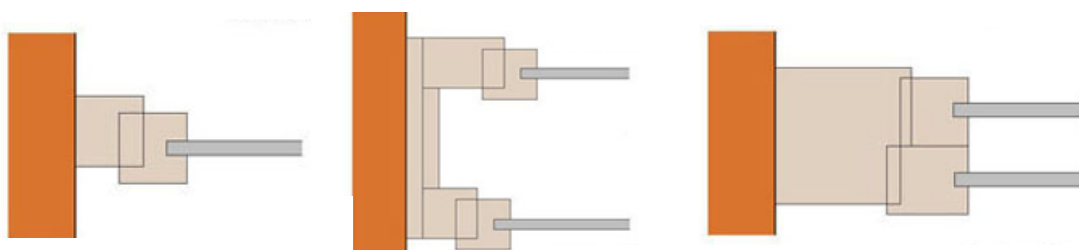
Zdvojená okna měla okenní křídla, zasklená jednoduchými skly a tato dvě okenní křídla byla spojena okenními šrouby, což mělo simulovat zdvojené okno. Tato okna byla dlouhou dobu používaná a často se s nimi můžeme setkat u rodinných domů, panelových domů atd. U těchto oken je problém s instalací dvojitého nebo dokonce i trojitého skla, a tak často tato okna bývají vyměňována za nová.

[3,4,6]

Většina výše zmíněných oken měla rám ze dřeva, u průmyslových nebo u speciálních staveb (kostely, chrámy, hrady, zámky atd.) bývaly použité ocelové rámy oken, někdy i okenní křídla. Tyto okenní rámy a křídla postupem času stárly a bylo nutné, okna renovovat a následně ošetřit ochranným nátěrem. Stejně jako tomu bylo u těsnění okenních křídel a dosedacích ploch okenního rámu. I zde docházelo postupem času k zhoršení kvality těsnění (ocelové těsnění, pryžové těsnění atd.), které bylo nutné vyměnit. Pokud se již rozhodneme okna vyměnit, je nutné zvážit, která chceme použít. I zde také platí, že osazení oken může být provedeno nevhodně, a proto je dobré se seznámit s technologií daných oken nebo výměnu přenechat odborně proškolenému pracovníkovi, který je schopen pohlídat problematiska místa, aby nevznikaly tepelné mosty.

[3,4,6]

Obrázek 10: Okno Jednoduché, Špaletové a Zdvojené



Zdroj: [19]

Dveře

Také dveře můžeme dělit na několik druhů. Z pohledu zateplování jsou důležité hlavně dveře vnější, které oddělují vnitřní prostory stavby od vnějších. Vnější dveře dále dělíme na vchodové dveře (oddělují vnitřní prostor od venkovního jako je ulice, zahrada atd.), a balkonové dveře (umožňují vstup z objektu na balkon, terasu, lodžii apod.). Dveře samozřejmě také musejí splňovat požadavky, které jsou na ně kladeny.

- Musí odolat vnějším klimatickým podmínkám.
- Být mechanicky odolné.
- Musí být odolné proti vniknutí.
- Mít zvukově izolační vlastnosti.
- Musí mít tepelně izolační vlastnosti.

A další vlastnosti, které jsou řízeny ČSN normami.

Stejně jako okna, tak i dveře je nutné udržovat v co nejlepší stavu, aby byl eliminován potenciální únik tepla. Na dveřích se zaměřujeme na těsnění, které časem stárne a degraduje. Taktéž dveřní rám (často ocelové zárubně) potřebuje pravidelnou údržbu a adekvátní ochranným nátěr.

[3,4,6]

4.7. Způsoby zateplování obvodové stěny a izolace fasád

Samozřejmě existují i další způsoby, jak zamezit tepelným ztrátám. Vedle jednoduché údržby, kterou může provést každý bez potřeby konzultace s energetickým specialistou (např. již zmiňovaná výměna starého nefunkčního těsnění u oken a dveří, opatření garážových vrat celoplošnou tepelně izolační vrstvou, instalace venkovních žaluzií na okna, které po zatažení alespoň částečně sníží úniky tepla apod.), musí majitel objektu zvažovat i složitější údržbu obvodových stěn objektu tak, aby i zde zamezil tepelným ztrátám. Obvodové stěny objektu jsou neustále zatěžovány povětrností, změnami teplot (noc/den), ročním obdobím, deštěm a dalšími klimatickými změnami. Ve chvíli, kdy se vlastník objektu rozhodne zrekonstruovat obvodový plášť objektu, měl by zvážit, jaké změny chce udělat a co od nich očekává. Pokud chce vlastník objektu investovat do kvalitního zateplení a tím omezit tepelné ztráty v zimním období, a naopak v letním období chce zabránit

prostupu horka z exteriéru do objektu. Je z jeho strany nutné uvážit, jakým způsobem bude provedena tepelná izolace a co vše od ní očekává. Při volbě vhodného způsobu zateplení vnějších obvodových stěn musí energetický specialista zvolit z velkého množství izolačních materiálů a stavebních technologií pro daný objekt. Musí posoudit energetické ztráty objektu, stav konstrukcí atd. Při kvalitním zateplení rodinného domu (zateplení obvodových stěn nebo i střešní konstrukce) dojde ke zhodnocení hned několika způsoby. Sníží se provozní náklady na energie,lepší se technická kondice objektu, a tím se zvýší i jeho tržní cena. Pokud je projekt rekonstrukce brán komplexně, tak dojde také ke zlepšení klimatických podmínek v objektu. Obecnou představu o únicích energií jsem již popsal v kapitole 4.1 Tepelné ztráty.

Snížení tepelných ztrát svislých konstrukcí obvodových stěn je možné docílit více druhy materiálů, ale i rozdílnými technologiemi. Před výběrem vhodného materiálu, tloušťky a technologie je potřeba posoudit obvodové konstrukce a jejich stav. U starších objektů by izolační materiál měl být schopen dobře propouštět vodní páry a vlhkost a umožnit konstrukci dýchat. Pokud by byl špatně zvolen materiál mohlo by docházet ke kondenzaci a vlhkost by se stala zdrojem stavebních poruch, růstu plísní a izolace sama o sobě by nefungovala tak, jak má. Záleží tedy jak na správné volbě materiálu, tak i na technologii, kterou bude zateplení prováděno. Tepelné izolační systémy tedy mohou rozdělit do dvou základních skupin a to do:

- zateplení obvodové stěny zvnějšku,
- zateplení budovy zevnitř.

Nejvíce používané zateplovací systémy jsou zateplení obvodové stěny z vnějšku a to nejen u novostaveb, ale i při rekonstrukcích. U zateplení z vnějšku známe zateplení kontaktním zateplovacím systémem, zateplení odvětrávaným zateplovacím systémem a aplikace tepelně izolační omítky. U rodinného domu se obvodový plášť podílí na celkových ztrátách v cca 30 až 35 %. Dalším plusem u vnějšího zateplení je celistvost. Pokud je zateplení správně provedeno, působí celistvým dojmem a vytvoří ochranný obal kolem celého objektu a nevznikají tepelné mosty.

[3,4,6]

4.8. Vnější zateplení obálky objektu

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, můžeme vnější zateplení rozdělit do několika hlavních zateplovacích systémů.

- Kontaktní zateplovací systém.
- Provětrávané zateplovací systémy.
- Tepelně izolační omítky.

[3,4]

4.8.1. Vnější kontaktní zateplovací systém

Vnější kontaktní zateplovací systém bývá označován zkratkou **ETICS**, která vznikla z anglických slov External Thermal Insulation Composite System. Jedná se o nejčastěji používaný způsob v České republice. Hlavním předpisem pro zhotovení kontaktních zateplovacích systémů je norma ČSN 73 2901 z dubna 2005 a její následné aktualizace. Kromě toho se kontaktní zateplovací systémy řídí jak normou ČSN 73 2901, tak i technickými pravidly výrobce kontaktních zateplovacích systémů. Pro správné provedení se doporučuje použití kompletního certifikovaného systému, a to na celý objekt. Kontaktní zateplovací systém vyžaduje řádně očištěný, suchý (někdy i na penetrovaný), vyrovnaný a únosný podklad, v případě potřeby podklad vyrovnat nebo opravit, je možné použít speciální stěrku nebo vápenocementovou maltu. Podklad musí vyhovovat tolerancím dle ČSN 73 2901. Také se doporučuje demontovat všechna zařízení, která jsou instalována na fasádě, a řádně označit rozvody (elektřina, voda, atd.), aby nedošlo k jejich poškození při kotvení izolačních desek. Tepelná izolace může být zhotovena z pěnového polystyrenu nebo desek z minerální vaty, popřípadě z přírodních materiálů. První základová řada tepelné izolace se lepí tak, že se vkládá do zakládacího profilu. Tento profil může být z plastu nebo z pozinkovaného plechu. Další řady tepelné izolace se lepí dle technických pravidel od výrobce systému (u systému ISOVER se desky z pěnového polystyrenu a minerální izolace s podélnými vlákny se lepí po obvodu s vnitřními body. Minimální plocha lepené části je 40 %¹). Tepelná izolace se lepí od spodu nahoru, na vazbu a doraz. U rohů oken a dveří je potřeba dávat pozor, aby nedocházelo ke křížení spár. Po řádném nalepení tepelné izolace a dostatečném vytvrnutí je nutné přebrousit desky brusným hladítkem, aby se odstranily případné nerovnosti. Následně po tomto přebroušení je potřeba tepelně izolační desky řádně ukotvit talířovitými hmoždinkami, které se pořídí podle použité tepelné izolace od výrobce kontaktního zateplovacího

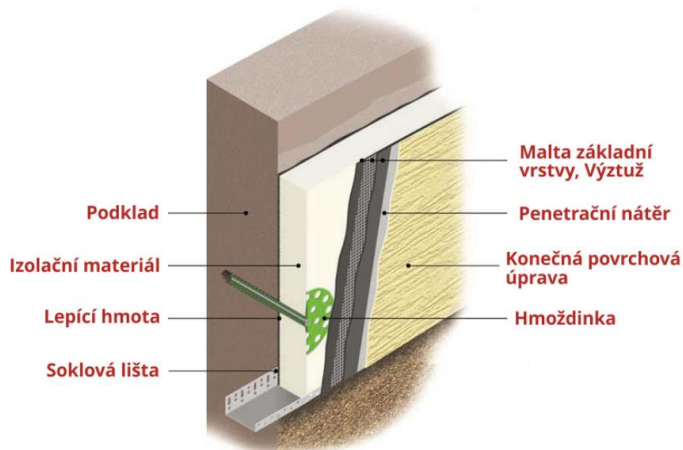
¹ Informace čerpány z katalogu firmy ISOVER, platný od 15.2.2018 / v.01, str. 35

systemu. Kotvení systému ETICS by mělo být podle normy ČSN 73 2902 nebo podle technologického předpisu od výrobce kontaktního zateplovacího systému. Vzniklé hrany se musí vyztužit speciálními profily nebo podle ČSN 73 2901. Po řádném provedení ochrany všech hran se provádí základní výztužná vrstva. Tato vrstva se většinou provádí ručním zatlačením síťoviny do předem připravené a nanesené stěrkové hmoty. Toto vtlačování síťoviny se většinou dělá ze shora dolů a s přesahem min. 100 mm. Po dokončení základní výztužné vrstvy a jejím vyžráním (závislé na klimatických podmínkách) se provádí penetrace podkladu. Tato penetrace má za úkol sjednotit savosti výztužné vrstvy, aby bylo možné provést bez problému vrchní povrchovou tenkovrstvou omítku. Jako vrchní tenkostěnné vrstvy se nejčastěji používají ušlechtilé tenkovrstvé omítky, které mohou mít různé složení, barvu a strukturu. Podle zvoleného je možné tyto omítky rozdělit na minerální, akrylátové, silikátové a silikonové.

U systémů ETICS je nutné brát v potaz tepelně technické vlastnosti a požadavky na požární bezpečnost staveb. Kontaktní zateplovací systém je vhodný pro objekty, kde je dobře udělaná hydroizolace objektu a stěny jsou řádně vyschlé. Tento systém je ideální pro novostavby a stavby panelové nebo monolitické (po řádném vyschnutí). Kontaktní zateplovací systém z ETICS není příliš vhodný pro mokré stavby a provozy.

Obrázek 11: Schéma kontaktního zateplení.

[3, 4, 8, 9]



Zdroj: [23]

4.8.2. Vnější nekontaktní systém – provětrávané fasády

Zateplení vnějším nekontaktním systémem bývá často uváděné jako provětrávaný zateplovací systém nebo také jako provětrávaná fasáda. Tento systém má tepelně izolační vrstvu, která je spojena s obvodovou stěnou, a vnější plášť (z různých materiálů a s různou povrchovou úpravou), který je odsazený a oddělený od tepelné

izolace vzduchovou mezerou, která má určitou minimální tloušťku a vyústění ve spodní a horní části fasády (proudění vzduchu).

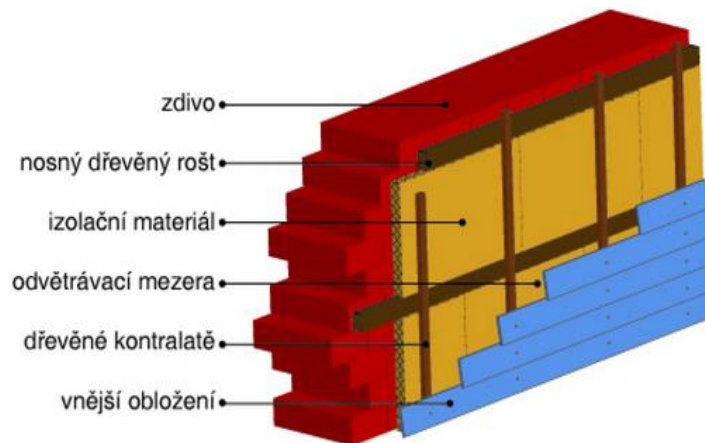
Tento systém není často používán z důvodu vyšší ceny a náročnosti na správné technické provedení. Na druhou stranu tento způsob zateplení mívá delší životnost, udržuje tepelnou izolaci v suchém stavu a případnou vlhkost odvádí vzduchovou mezerou. Montáž tohoto systému je možné provést suchou cestou, a tím nevzniká závislost na počasí, dále pak nejsou nutné technologické přestávky, není zde kladena velká náročnost na přesnost a rovnost podkladu (oproti kontaktnímu zateplovacímu systému). Tento systém je vhodný pro objekty, kde jsou nedostatečně vyschlé stěny nebo je potřeba řešit protihlukovou izolaci.

Realizace tohoto systému začíná volbou materiálu nosné konstrukce. K dispozici jsou prvky z hliníku, z oceli s různými povrchovými úpravami, kde je požadována odolnost proti korozi, a stále se používají také klasické stavební materiály, jako je dřevo a kombinace dřevo - kov. Po volbě materiálu konstrukce se dle projektu vytvoří nosná konstrukce, která musí unést vlastní váhu, tepelnou izolaci, hmotnost vnějšího pláště, ale také musí odolat povětrnostním podmínkám. Po zhotovení tohoto roštu je možné připevnit tepelnou izolaci k obvodovému plášti. Jako tepelný izolant se používají takové materiály, které mají nízký difuzní odpor a umožňují odvod vlhkosti. Lze tedy použít minerální vlny, celulózu nebo přírodní materiály například z technického konopí atd.

Po instalaci tepelné izolace je nutné tuto izolaci ochránit paropropustnou fólií. Ta má za účel nepustit vlhkost do tepelné izolace, ale umožnit vodním parám odcházet ven. Jako finální část je na rošty osazen vnější plášť, který tvoří celkový vzhled objektu. Tento plášť může být v různých barevných odstínech, ale také z různého materiálu. Je tedy možné mít vnější plášť ze dřeva, z přírodního kamene, z umělého kamene, z betonu, oceli (ve formě plechu), pryskyřice, keramických obkladů, cemento-vláknitých desek a spousty dalších materiálů. Pro správné fungování této technologie je nutné dodržet všechny předepsané technické postupy a dodržet správný počet, umístění, velikost příváděcích a odváděcích otvorů ve vzduchové mezeře.

[3,6]

Obrázek 12: Vnější provětrávané zateplení.



Zdroj: [20]

4.8.3. Rozdíly mezi provětrávaným zateplením a kontaktním zateplením

Předchozí kapitoly popisovaly dva systémy, vnější kontaktní systém (ETICS) a vnější nekontaktní systém – provětrávané fasády. Oby systémy mají své výhody a nevýhody. Oba systémy jsou za určitých podmínek použitelné pro starší objekty, ale každý má své pro a proti a je vždy nutné zvážit, který je lepší pro daný objekt.

ETICS má horší difuzní vlastnosti a větší náročnost na přesnost podkladu. Mezi jeho klady určitě patří příznivá cena, menší tloušťka, menší tepelné mosty díky kotvicím prvkům a v neposlední řadě jednoduchost na provedení.

Provětrávané fasády jsou dražší, je zde velká pravděpodobnost vzniku tepelných mostů přes kotvy držící vnější plášť a velká náročnost na montáž a provedení. Klady této metody jsou otevřená odvětrávací dutina, která umožňuje odvod vlhkosti a tím i možnost snižování vlhkosti ve zdivu.

4.8.4. Tepelně izolační omítky

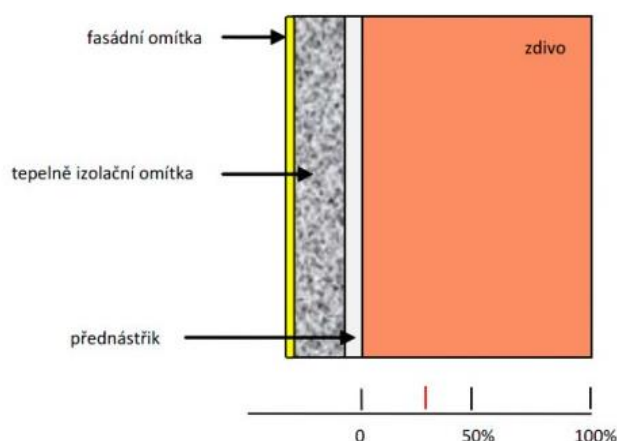
Tepelně izolační omítky jsou omítky ze speciální hmoty, doplněny bývají izolačními materiály (perlit, rozvolněný expandovaný polystyrén atd.). Tepelné omítky jsou limitované svou tloušťkou, a proto bývají tyto omítky několikavrstvé. Nevýhodou tepelně izolačních omítek je mokřý proces, který omezuje použití v zimním období. Při přípravě tepelně izolační omítky je důležité dodržet technologický postup přípravy, zde záleží i na době míchání aby nedošlo k rozdrčení tepelného izolantu.

Další problém nastává při jejím zpracování. Omítky mají nízkou objemovou hmotnost a je obtížné ruční zpracování, častěji se tyto omítky nanášejí strojně, což vyžaduje kvalifikované pracovníky. Takto zhotovené omítky mají nízký difuzní odpor, a tak umožňují dobrý průchod vodních par (což se hodně využívá ve vnitřních prostorech).

Tepelně izolační omítky našly své uplatnění při rekonstrukcích historických objektů (hrady, zámky, kostely atd.), kde je důležité zachovat původní prvky fasády.

Obrázek 13: Tepelně izolační omítka.

[3,4]



Zdroj: [21]

4.8.5. Sendvičové izolační systémy

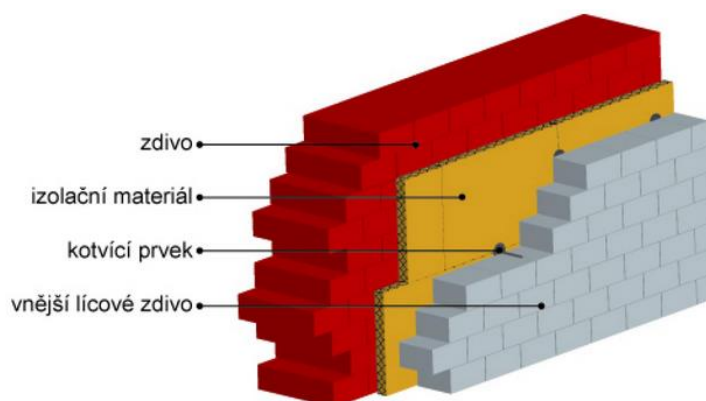
Princip sendvičového izolačního systému je založen na vytvoření vrstev s rozdílnými vlastnostmi a tepelnými odpory. Základem je původní obvodová konstrukce, na kterou se umístí tepelná izolace.

Další vrstvou bývá vzduchová mezera, která umožňuje odvod vodních par. Následná vrstva je samonosná konstrukce, která je oddělena od tepelné izolace vzduchovou mezerou. Takto provedené vnější zateplení objektu je finančně náročnější, vyžaduje více místa, je nutné konstrukci nechat spočítat odborníkem, který stanoví tloušťky jednotlivých konstrukcí. Mezi výhody můžeme zařadit možnost eliminace vodních par (díky odvětrávací mezeře), obvodový plášť není zatěžován přístavěnou konstrukcí, není nutné zasahovat do užitných prostor objektu.

Tento technologický způsob zateplení je vhodný pro starší objekty, které mají problém s vlhkostí v obvodovém zdivu. Je však náročný na správnost provedení technologie. Vyšší cena také může být příčinou, proč se tato technologie tak často nepoužívá.

[4.6]

Obrázek 14: Sendvičové izolační systémy.



Zdroj: [20]

4.9. Interiérové zateplení objektu

Pro zateplení objektu z vnitřní strany by měl existovat dobrý důvod. Může to být např. pokud se jedná o památkově chráněný dům nebo dům, u kterého není možné zasahovat do fasády, a přesto chceme řešit energetickou bilanci objektu, nebo pokud se jedná o izolování vybrané specifické místnosti ve velké nevytápěné hale nebo objektu. Změnou a posunutím rosného bodu směrem do objektu je velké riziko vzniků vlhkosti v izolacích a možnost vzniku plísní. Při použití vnitřního zateplení je nutné dokonale izolovat tepelnou izolaci i před vodními párami, aby nedocházelo ke kondenzaci vody ve styku teplé izolace a studeného vnitřního povrchu obvodového pláště. Logickou nevýhodou u interiérového zateplení je, že šířka použité tepelné izolace zmenší obytný prostor. Pokud se tyto negativní stránky zváží, a přesto není jiná možnost, může být i tato varianta použitelným řešením. Realizace se neobejde bez odborného vedení, popřípadě odborné firmy. Výhodami tohoto zateplení je možnost zateplovat ve všech ročních obdobích a absence nutnosti stavět lešení.

Na izolaci z vnitřního prostoru se často používají celé ucelené certifikované zateplovací systémy, které by bylo možné rozdělit do dvou kategorií. První by byly, zateplovací systémy pro novostavby a druhý pro novostavby a rekonstrukce.

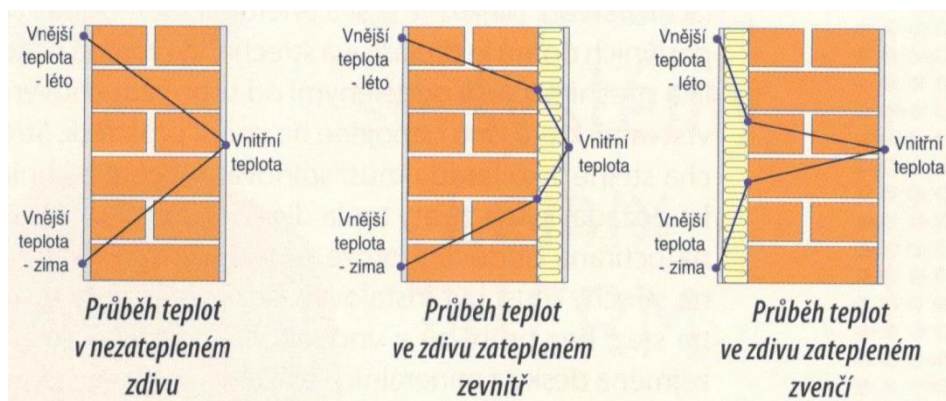
V prvním případě se jedná o materiály jako polystyrén nebo minerální vaty. Tyto izolace jsou doplněny parozábranou. U tohoto provedení je velké riziko protržení parozábrany, a tak není často používaná. U druhé varianty (pro novostavby a rekonstrukce) to jsou ucelené systémy, které dodávají jak tepelně izolační desky (kalcium-silikátové) nebo desky z tvrzené polyuretanové pěny. Tyto systémy jsou dodávány se speciálními lepidly, stěrkovacími hmotami a dalším příslušenstvím,

kteřé zaručí správnou funkci celého systému. Systémy určené pro rekonstrukce bývají nově navrhovány tak, aby byly difúzně otevřené, a tím se odbourají náročné parozábrany.

Vnitřní zateplení má své klady a zápory. Pokud to opravdu jen trochu lze, je vhodnější zateplovat z vnější strany než z vnitřní strany objektu.

[4,6]

Obrázek 15: Průběh teplot ve zdivu v závislosti na zateplení.



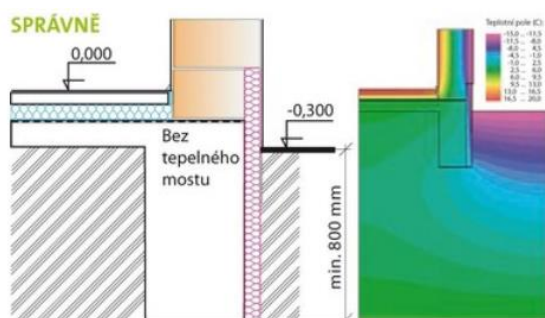
Zdroj: [3]

4.10. Zateplení soklu a základu

U starších objektů se zakládalo pouhým založením cihel, kamenů nebo jiného stavebního materiálu do zeminy nebo písku. Novější stavby již mají základy z betonu nebo železobetonu, jasnou základovou spáru a v ideálním případě i kvalitní hydroizolaci. I zde se vždy vyplatí konzultovat kroky před realizací s odborníkem. Vždy je dobré vědět s čím počítat a čemu se vyvarovat. Pokud máme objekt, který je založený na zemi, základy jsou z kvalitních ostře pálených cihel a jsme pod zámraznou hloubkou, je postup zateplení základů dán technologií, kterou chceme pro toto zateplení použít. Pokud je však objekt založen tak, že základy nevyhovují svým materiálem nebo hloubkou založení, je nutné nejprve tento problém vyřešit, a následně po vyžrání a technologické pauze aplikovat zateplení základů nebo soklu. V tuto chvíli se tedy můžeme pustit do zateplování. I zde však je několik možností, jak pokračovat a vše je závislé na stavu základů, základové spáry a dalších kritériích. Suché základy jsou samozřejmě lepší varianta, než když je základová spára pod úrovní hladiny spodní vody. V každém případě je nutné vyřešit odvod vlhkosti, a to jak zemní, tak i popřípadě spodní vody od objektu. V ideálním případě stačí hydroizolace, v horším případě bude nutné snižovat spodní hladinu vody pomocí

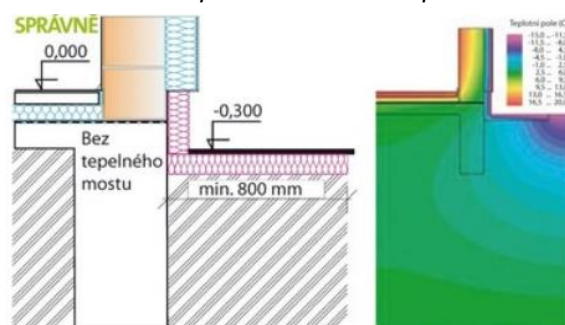
drenáží nebo jiných technologií např. Delta np drain atd. Jakmile bude objekt řádně ošetřen, je možné použít tepelně izolační materiály například XPS polystyrén, který se vyplatí ochránit překrytím pomocí nopové folie, která odvede možnou vlhkost od izolace do drenážního systému. Překrytí izolace soklu by mělo být minimálně 300 mm na okolní terén a tepelná izolace by měla být minimálně cca 800 mm pod okolní terén. [3,4,6]

Obrázek 16: Zateplení základového pasu.



Zdroj [23]

Obrázek 17: Zateplení základového pasu II.



Zdroj: [23]

4.11. Vnitřní prostředí objektů

„Dnešní člověk tráví v budovách většinu času, prostředí v budovách se stává jeho životním prostředím. Utváří jeho zdravotní stav, psychickou pohodu, je prostředím pro pracovní činnost. Prostor v budovách je tedy jejich základním funkčním parametrem a je ze strany uživatelů spojeno s určitým očekáváním komfortu.“ [6]

V prostředí budovy, ve které bydlíme, strávíme víc jak třetinu svého života. Zde spíme, trávíme volný čas, studujeme, ale také zde odpočíváme a relaxujeme po vykonané práci. Proto je nutné brát v potaz kvalitativní parametry prostředí budovy. Toto prostředí se po realizaci úsporných opatření jako je zateplení, výměna oken a dalších opatření, které byly zmiňovány v předchozí části, výrazně změní. Díky novým technologiím a novým požadavkům jsou konstrukce navrhovány a řešeny tak, že se zvýší tepelně technické vlastnosti staveb a zvýší se neprůvzdušnost stavebních konstrukcí a otvorů. Okna i dveře mají dokonalejší těsnění, okenní nebo dveřní spáry jsou již také jiné v porovnání například se špaletovými okny nebo jednoduchými dřevěnými dveřmi. Tyto všechny nedokonalosti u starších budov a starších technologií však umožňovaly přirozené větrání v objektu, takže byla zajištěna dostatečná výměna vzduchu.

Po realizaci některých nebo dokonce všech úsporných opatření výše popsaných, dojde u starého objektu k negativní změně vnitřního klima. Proto je potřeba na tuto změnu nahlížet jako na celek. Instalací nových těsných oken dojde k zamezení výměny vzduch v místnosti, kvůli zateplení může dojít ke zvýšení vlhkosti v místnosti nebo ke zvýšení výskytu škodlivin ve vnitřním prostředí.

Pokud nebude řešeno větrání, bude docházet k negativním jevům v objektu a ke zhoršení vlastností stavebních konstrukcí. V obytných objektech bude docházet ke zhoršení hygienických vlastností objektů. Větrání je však také nutné z bezpečnostního (požární), technologického i biologického hlediska. V nevětraných objektech se bude zvedat vlhkost v prostředí, může docházet ke kondenzaci vodní páry na chladném povrchu konstrukcí nebo technologií, tím dojde i k jejich vlhnutí a následně i ke změně vlastností z pohledu pevnosti, nosnosti, životnosti nebo funkčnosti. Je hodně lidí, kteří nad tímto problémem přemýšlí a snaží se jej řešit provětráváním nebo vybírají takové okna, které mají tzv. „mikroventilaci“, což je poloha okna mezi režimem otevřeno na větračku a režimem zavřeno. Ovšem z pohledu tepelného se vlastně jedná o nekontrolované větrání, které bylo nevýhodou oken před výměnou. Zároveň však tento stav je pouze dočasný, protože nikdo nebude mít nová okna neustále otevřená na „mikroventilaci“, takže i větrání je závislé na tom jak se obsluha rozhodne otevřít okna. Provětrávání je dobré, ale je zde nutná sebekázeň a systematickosti ze strany uživatelů objektu. A přesto to nelze 100% zajistit. Co v noci, když uživatelé spí? Z výše popsaného vyplývá, že před výměnou oken nebo zateplení obálky objektu, je nutné uvažovat i o větrání v objektu a zajištění kvalitního životního prostředí pro obyvatele objektu.

[2]

Větrání

Větrání můžeme rozdělit na přirozené a nucené větrání, v současnosti ale také existuje kombinace, a to hybridní větrání. U přirozeného větrání dochází k výměně vzduchu vlivem přirozeného tlakového rozdílu. Díky rozdílné hustotě teplého a studeného vzduchu uvnitř a venku objektu a také pomocí větru. V případě nuceného větrání je do objektu vháněn vzduch mechanicky, obvykle pomocí ventilátorů. Hybridní větrání je kombinace přirozeného a nuceného větrání. Jedná se vlastně o ucelý sofistikovaný systém, který je více propracovaný než první dva. Hybridní systém pomocí senzorů a čidel vyhodnocuje přirozené větrání, a pokud toto větrání

není dostatečné, spustí mechanické větrání, aby byly dodrženy nastavené hodnoty vnitřního prostředí objektu.

Větrání v objektu můžeme také rozdělit na podtlakové a rovnotlaké. Rovnotlaké větrání je, když do objektu je dopravován čerstvý vzduch, a z objektu je zároveň odváděn starý znečištěný vzduch. Tato výměna vzduch bývá přes teplosměnný výměník ať už s ohřevem nebo bez ohřevu. Při podtlakovém větrání je do objektu mechanicky vháněn nebo odsáván vzduch přes větrací otvory umístěné obálce budovy. Rozdíl mezi podtlakovým a rovnotlakým systémem je v tom, že rovnotlaké umožňuje využít zpětné získávání tepla, což je ideální pro pasivní nebo pro nízkoenergetické domy. Na druhou stranu tato technologie nelze použít pro rekonstrukci panelových domů, protože prostory stoupaček jsou malé pro osazení vzduchové jednotky.

[2,6]

Látky znečišťující vnitřní klima objektu

Na kvalitu vnitřního prostředí u objektu mají velký vliv znečišťující látky, které vznikají z různých zdrojů. Zdroji znečištění vnitřního klima jsou stavební konstrukce, osoby a jiné živé organismy v objektu, instalované technologie v objektu a v neposlední řadě také znečišťující látky z činnosti osob a technologie v objektu (vaření, vysávání, koupání, sváření, pájení, lakování aj.). Obecně lze tedy říci, že se jedná o dva faktory znečištění a to vnitřní (provoz objektu, technologie, člověk a jeho činnosti) a vnější (klimatické podmínky a umístění objektu).

Mezi nejvýznamnější látky znečišťující vnitřní prostředí objektu určeného pro bydlení patří: vodní pára, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, pachy (oděry), cigaretový kouř, těkavé látky (organické i anorganické) atd. V současnosti, jsou již známé dopady na zdraví člověka při dlouhodobému vystavení znečišťujícím látkám, jako jsou cigaretový kouř, radon, formaldehyd aj. Ovšem je zde mnoho dalších nových znečišťujících látek, převážně chemické sloučeniny, u kterých zatím nebyly zcela jasně prokázány negativní dopady na zdraví člověka.

[2,6]

4.11.1. Hygienické parametry pohody prostředí

Všude kde se zdržují lidé je nutné zajistit kvalitní prostředí, a to jak pro práci, tak i pro odpočinek. Kvalita vnitřního prostředí budov je souhrnem fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů, a dodržení stanovených limitů pro jednotlivé faktory by mělo eliminovat možné zdravotní rizika pro člověka. Tím by se mělo zabránit vzniku takzvaného syndromu nemocných budov.

Syndrom nemocných budov (nebo přesněji „Syndrom nemoci z budov“) - tímto syndromem netrpí budovy, ale lidé žijící v nich. Podle statistik tímto syndromem trpí v USA cca 60 % a v České republice jsme dle odborníků také tímto syndromem ohroženi. Příznaky tohoto syndromu jsou: bolest hlavy, závratě, podráždění očí, suchý kašel, podráždění nosu nebo krku, potíže s koncentrací, různé alergie a dalo by se pokračovat dál. Důvody proč toto nastává je hodně. Patří mezi ně zvýšená vlhkost a růst plísní, chemické nečistoty, biologické kontaminanty, nedostatečná ventilace, elektromagnetické záření, ale také špatné osvětlení, akustika, ergonomie, nebo psychologické faktory. Jak těmto negativním jevům zabránit? Opatření je vlastně jednoduché, první pomoc je zvýšení větrání a přísun čerstvého vzduchu do místnosti. Objekty by měly mít systémy zaměřené nejen na vytápění, ale také na větrání a klimatizaci. Tyto systémy by měly být udržované a provozované tak, aby byla zajištěna potřebná výměna vzduchu ve všech místnostech. [29]

Dostatečné větrání zajistí odvedení „škodlivin“ mimo objekt nebo sníží koncentrace škodlivin na takovou hodnotu, aby nedocházelo k poškozování zdraví člověka. I přes fakt, že větrání je energeticky náročné, hygienické a provozní požadavky (včetně větrání) musí být vždy na prvním místě a musí být nadřazeny energetickým požadavkům. [2, 29]

Pro zachování kvality vnitřního prostředí je nutné zajistit jak dostatečný přívod čerstvého vzduchu, tak je také nutné zajistit přiměřenou teplotu v objektu, zajistit optimální rychlost proudění vzduchu v objektu ale také regulovat vlhkost vzduchu.

[2, 6, 29]

4.11.2. Oxid uhličitý CO₂

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez zápachu a chuti, který se běžně vyskytuje ve vzduchu. Tento plyn je považován za ukazatel znečištění vnitřního prostředí. Venkovní koncentrace v závislosti na stupni urbanizace, dané oblasti a na denní době se pohybuje okolo 385 ppm. Jednotka ppm je z angličtiny parts per million,

česky řečeno „dílů či částic na jeden milion“ tedy pro jednu miliontinu (celku). Zdrojem tohoto plynu ve vnitřním prostoru objektu jsou lidé a jejich metabolické procesy. Produkce metabolického CO₂ je funkcí výšky, váhy a stupně fyzické aktivity osob. Průběh koncentrace je možné stanovit výpočtem (pokud je známa počáteční hodnota) nebo lze tuto hodnotu monitorovat pomocí měřících přístrojů pro toto určené. „Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby v platném znění uvádí, že pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m³·h⁻¹ na osobu, nebo minimální intenzita větrání 0,5 1/h. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO₂, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm.“ [30]

[2,6,29,30]

Tabulka 2: Koncentrace CO₂ ve vnitřních prostorách budov.

Koncentrace CO ₂	Účinky, výskyt
360 - 400 ppm	koncentrace čerstvého vzduchu v přírodě
800 - 1 000 ppm	doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1 200 - 1 500 ppm	doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
nad 1 500 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace, ospalost, letargie
do 5 000 ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik, bolesti hlavy
nad 5 000 ppm	negativní vliv na vnímání osob a výskyt syndromu nemocných budov, nevolnosti, zvýšený tep
nad 10 000 ppm	prokázány zdravotní problémy, dýchací potíže
nad 40 000 ppm	životu nebezpečné i při krátkodobém působení, možná ztráta vědomí

Zdroj: [2, 30]

4.11.3. Vnitřní teplota vzduchu (°C)

Požadavky na teplotu vnitřního prostředí jsou v ČR závazné Nařízením vlády ČR č. 523/02 . Uplatňuje se zde kritérium operativní teploty i výsledná teploty. Určující je třída práce stanovená podle energetického výdaje pracovníka (od 80 do 200 W·m⁻²). Pro každou třídu práce jsou uvedeny přípustné hodnoty mikroklimatu. Teplotu jako takovou je možné snadno měřit, ovšem není vždy vypovídající o tepelném stavu prostředí. Teplota vzduchu bývá člověkem vnímána jako celková hodnota. Podíl na tepelné pohodě má také teplota obklopujících povrchů, s nimiž člověk sdílí teplo sáláním. Teplota, která zohledňuje teplotu vzduchu a okolních povrchů se nazývá

výsledná teplota. Tohoto využívá sálavé (podlahové nebo stěnové) topení, které umožňuje snížení teploty vzduchu o cca 2 až 3 °C.

4.11.4. Vlhkost vzduchu v budovách

Vlhkost v budovách je další důležitý parametr pro vyjádření tepelné pohody v obytných budovách. Vodní pára je produkována člověkem, rostlinami, ale také sušením prádla, vařením v kuchyni nebo odpařování z volné vodní plochy (například bazény). Častým jevem po zateplení nebo po výměně oken je že se cca po roce objevují problémy se vznikem plísní a kondenzace vody na otvorových výplních. Problém je v tom, že vlhkost ze vzduchu se při špatném větrání ukládá do stavební konstrukce. Proto je dobré sledovat nejen teplotu, ale také vlhkost. Toto sledování záznamníky (datalogery) je následně možné vyhodnocovat a také chování uživatele i nemovitosti. Vlhkost vzduchu lze regulovat dostatečným větráním, sušením, ale také v opačném případě lze i vlhčit. Obecně se doporučuje vlhkost vzduchu v rozmezí 40 až 60 %, ale současný trend je držet vlhkost vzduchu na spodní hranici tedy cca 40 %

[2, 6]

Tabulka 3: Relativní vlhkost vzduchu v pobytových místnostech dle vyhlášky č.6/2003 Sb.

Teplé období roku	nejvýše 65 %
Chladné období roku	nejméně 30 %

Zdroj: [6]

4.11.5. Rychlost proudění vzduchu

Rychlost proudění vzduchu ovlivňuje pohodu prostředí a u citlivých osob může proudění chladného vzduchu vyvolat nekomfortní pocit. V interiérech by se měla rychlost vzduchu pohybovat od 0,1 do 0,4 m. s⁻¹. Proudění vzduchu do 0,3 m. s⁻¹ se nezývá nízké.

[2, 6]

Tabulka 4: Rychlost proudění vzduchu v pobytových místnostech dle vyhlášky 6/2003 Sb.

Teplé období roku	0,16 - 0,25 m.s ⁻¹
Chladné období roku	0,13 - 0,20 m.s ⁻¹

Zdroj: [6]

4.12. Výpočet tepelných ztrát a zatížení pro zimní a letní období

Normy stanovují postup výpočtu tepelných ztrát. Při rekonstrukci (zateplení) je nutné zjistit, jestli obvodová zeď vyhovuje požadovaným hodnotám dle ČSN 73 0540-2 součinitele prostupu tepla. Pro toto zjištění je nutné dobře zmapovat konstrukce objektu, a to nejen obvodové zdivo, ale i ostatní konstrukce, a to včetně konstrukcí přilehlých k objektu. Postup pro výpočet náročnosti budovy.

- Určení hranic hodnocené oblasti (zóny).
- Stanovení součinitelů prostupu tepla konstrukcí tvořících obálku hodnocené zóny „U“ (obvodové zdivo, střešní konstrukce atd..).
- Výpočet měrné tepelné ztráty „H_T“.
- Stanovení energeticky vztažené plochy.
- Výpočet potřeby tepla na vytápění (klimatizaci, chlazení), osvětlení a přípravu TV.
- Výpočet potřeby energie pro sledovaný objekt.
- Porovnání výsledků hodnot s referenční budovou.

4.13. Tepelně technické normy v ČR

Základní normy

- ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov. Terminologie a definice
- ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Požadavky (Revize z 2011 + změna z 2012)
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov. Návrhové hodnoty veličin.
- ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov. Výpočtové metody

Energetické vlastnosti budov

- Zákon 318/2012 – O hospodaření s energií
- ČSN EN 832 (730564) – Tepelné chování budov. Výpočet spotřeby tepla na vytápění. Obytné budovy.
- ČSN EN ISO 52016-1– Energetická náročnost budov - Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení - Část 1: Postupy výpočtu. (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN 12831-1 – Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. (Účinnost od 1. 4. 2018)

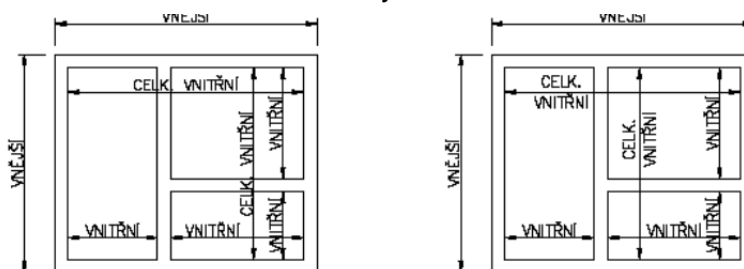
Metody výpočtů jsou více podrobně popsány v normách

- ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce. Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla. Výpočtová metoda (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 10 211-1 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích. Tepelné toky a povrchové teploty. Podrobné výpočty (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 10 077-1 Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Obecně (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 10 077-2 Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 2: Výpočtová metoda pro rámy (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 14 683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Lineární činitel prostupu tepla - Zjednodušené metody a orientační hodnoty. (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 13 370 Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody. (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN 673 Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Výpočtová metoda.

4.13.1. Určení hranic posuzované oblasti

Na začátku je nutné stanovit hranice vytápěné (chlazené) zóny. Tyto zóny se stanovují podle pravidel a definic ČSN EN ISO 52016-1. Teplotní zóna je charakterizovaná určitou převažující vnitřní teplotou, způsobem větrání, velikostí vnitřních zisků atd. Občanské a bytové objekty jsou převážně jednozónové. Další porobnosti k zónám jsou uvedeny v nové ČSN EN ISO 52016-1 (původní ČSN EN ISO 13790, která byla nahrazena 1. 4. 2018).

Obrázek 18: Schéma užívaných rozměrů.

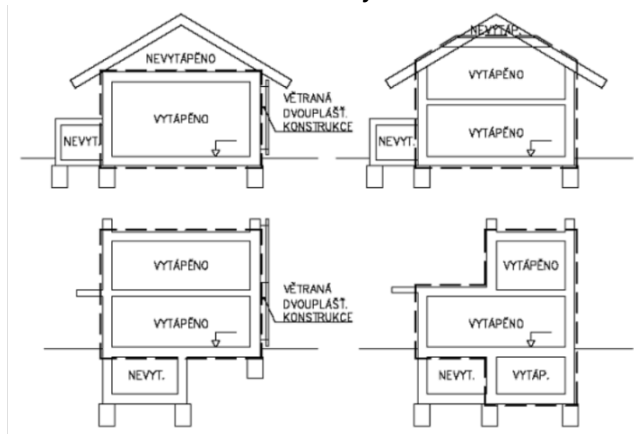


Obrázek 2: var.1

Obrázek 2: var.2

Zdroj: [27]

Obrázek 19: Schéma umístění systémové hranice budovy.



Zdroj: [27]

4.13.2. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla se vypočítává pro všechny konstrukce, které oddělují zóny s různou teplotou prostředí. Tyto výpočtové hodnoty musí zahrnovat vliv případných tepelných mostů. Součinitel prostupu tepla U je možné vypočítat (v případě, že se jedná o jednovrstvé a vícevrstvé stěny s vrstvami za sebou) ze vztahu:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_k + R_{se}} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$$

Vzorec 1: Součinitel prostupu tepla konstrukce. Zdroj [6] str. 43

[6, 25]

- kde: R_{si} je odpor přestupu tepla na vnitřní konstrukce ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 R_k je tepelný odpor konstrukce ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 R_T je výsledný tepelný odpor celé konstrukce ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 R_{se} je odpor přestupu tepla na vnější konstrukce ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

Pro získání tepelného odpor stěny R_k je možné použít vztah:

$$R_k = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{dx}{\lambda_x} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$$

Vzorec 2: Tepelný odpor konstrukce. Zdroj: [25]

- R_k tepelný odpor konstrukce ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 d tloušťka jednotlivých vrstev konstrukce (m)
 λ měrná tepelná vodivost materiálu jednotlivých vrstev ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

Pro obvodové konstrukce platí pro vnější a vnitřní tepelný odpor rovinných povrchů:

Tabulka 5: Odpor přestupu tepla R_{si} a R_{se} .

Tepelný odpor při prstupu tepla [$m^2 \cdot K / W$]	Směr toku tepelné energie		
	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Zdroj: [50]

Tyto hodnoty platí pro povrchy, které jsou přilehlé ke vzduchu, nelze je tedy použít pro jiné materiály (přilehlá zemina, atd.). Pro vyhodnocení podle ČSN 73 0540-2 je tedy nutné vypočítat (podle „Vzorec 1“) součinitel prostupu tepla a porovnat s požadovaným součinitelem tepla podle „Tabulka 1 Tabulka 6“.

Tabulka 6: Požadované a doporučené hodnoty U dle ČSN 73 0540-2.

Stavby pro bydlení, druh konstrukce		Součinitel prostupu tepla [$W / m^2 \cdot K$]		
		Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
Stěna vnější	těžké	0,30	0,25	0,18 - 0,12
	lehké		0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°		0,30	0,20	0,18 - 0,12
Střech plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně		0,24	0,16	0,15 - 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem		0,24	0,16	0,15 - 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině		0,45	0,30	0,22 - 0,15
Výplň otvoru ve vnější stěně a tmě střeše, z vytápěného prostoru do vnějšího prostředí		1,50	1,20	0,8 - 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do vnějšího prostředí (včetně rámu)		1,70	1,20	0,90

Zdroj: [6], str. 44

Pokud obvodová zeď objektu nebude vyhovovat požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla, je nutné navrhnout takové zateplení, aby byly požadované hodnoty ČSN 73 0540-2 dodrženy. Pro porovnání hodnot se použije „Vzorec 3“.

$$U \leq U_{N(P)}$$

Vzorec 3: Porovnání součinitele prostupu tepla. Zdroj [6], str. 44

U_N – Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle „Tabulka 6“ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

U_P – Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla dle „Tabulka 6“ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

Výpočet podle „Vzorec 1“ je nutné použít pro všechny neprůsvitné konstrukce např. prostup tepla střešní konstrukcí. Pro výpočet průsvitných konstrukcí je nutné použít vzorec:

$$U_{okna} = \frac{\sum S_{skla} \times U_{skla} + \sum S_{rámu} \times U_{rámu} + \sum l_{skla} \times \Psi_{skla}}{\sum S_{skla} + \sum S_{rámu}}$$

Vzorec 4: Výpočet průsvitné části - Okno. Zdroj: [ČSN EN ISO 10 077-1 a 2]

kde :

U_{okna} – součinitel prostupu tepla okna ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

U_{skla} – součinitel prostupu zasklení ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

S_{skla} – plocha zasklení (m^2)

$U_{rámu}$ – součinitel prostupu tepla rámu ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

$S_{rámu}$ – plocha rámu (m^2)

l_{skla} – viditelný obvod zasklení (m)

ψ_{skla} – lineární činitel prostupu tepla zasklení a rámu okna ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) (pro jednoduché zasklení se uvažuje $\psi_{skla} = 0$)

Tepelně izolační požadavky oken jsou zadány maximálními hodnotami součinitel prostupu tepla. Norma se odkazuje na hodnotu (součinitele tepla) celého okna, a to i s rámem, a maximální hodnotu součinitele prostupu tepla rámu. I v případě použití nejlepšího okna a rámu s co nejnižším součinitelem prostupu tepla, se stejně nedostaneme na hodnoty obvodového nebo střešního pláště. Proto zůstávají okna (při posuzování tepelných ztrát) nejslabším článkem konstrukce, protože dosáhnout hodnot u oken 0,20 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] (popřípadě 0,25 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] pro těžké konstrukce) jako u obvodových zdí není prozatím možné.

$$U_{em} = H_r / A$$

Vzorec 5: Průměrný součinitel prostupu tepla. Zdroj: [6] str. 9

Kde:

U_{em} – průměrný součinitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

H_r – měrná ztráta prostupem tepla všech konstrukcí obálky budovy ($W \cdot m^{-1}$)

A – plocha obálky budovy (m^2)

[6, 25]

„Měrná ztráta prostupem tepla je součtem měrných ztrát jednotlivých konstrukcí na systémové hranici (obálce) budovy, tj. součtem měrných ztrát oken, dveří, vnějších stěn, podlahy na terénu, střechy, event. konstrukcí na hranici nevytápěné zóny (stropu k půdě, podlahy nad nevytápěným suterénem atd.). Měrná ztráta je dána součinem plochy těchto konstrukcí, součinitele prostupu tepla a činitele teplotní redukce. K celkové měrné ztrátě je potřebná měrná ztráta tepelných vazeb mezi konstrukcemi, a to lineárních a bodových.“

[6]

$$H_r = \sum H_n = \sum(A_i \times U_i \times b_i) + \sum(\Psi_k \times l_k \times b_i) + \sum(\chi_i \times b_i) \quad (W \cdot K^{-1})$$

Vzorec 6: Měrná ztráta. Zdroj [6] str. 9

„kde:

- část vztahu $\sum(A_i \times U_i \times b_i)$ udává měrnou ztrátu prostupem přes konstrukce obálky budovy,
- část vztahu $\sum(\Psi_k \times l_k \times b_i) + \sum(\chi_i \times b_i)$ udává měrnou ztrátu prostupem přes tepelné vazby lineární a bodové.“

[6]

„Zjednodušeně lze vliv tepelných vazeb započítat korekcí součinitele prostupu tepla

$$U_c = U + \Delta U$$

Vzorec 7: Zjednodušený vzorec součinitele prostupu tepla. Zdroj: [6] str. 10

„Měrná ztráta je pak“:

$$H_r = \sum(A_i \times U_{ci} \times b_i) \quad (W \cdot K^{-1})$$

Vzorec 8: Měrná ztráta. [6] str.10

[6, 25]

Tabulka 7: Zvýšení součinitele prostupu tepla ΔU .

Charakter konstrukce	$\Delta U [W \cdot m^2 \cdot K^{-1}]$	Poznámka
Zcela bez tepelných mostů	0	Souvislá a homogenní izolační vrstva, vliv kotevnic a jiných prostupujících prvků zahrnut v U
Téměř bez tepelných mostů	0,02	Předpoklad pro nízkoenergetické a pasivní domy
S mírnými tepelnými mosty	0,05	Konstrukce vyhovující normově požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla, objekt zpravidla nesplní požadavky budov s nízkou energetickou náročností
S běžnými tepelnými mosty	0,10	
S výraznými tepelnými mosty	0,20	

Zdroj: [6] str.10

„Činitel teplotní redukce pro konstrukce mezi vnitřním a venkovním prostředím se základním rozdílem teplot $t_{int,i} - t_e$ je roven 1 (u výplní otvorů se neuplatňuje navýšení o 15 %, jak tomu bývalo dříve). Známe-li teplotu t_u v nevytápěném prostoru, lze pro stanovení b_u použít vztah

$$b_u = (t_{int,i} - t_u) / (t_{int,i} - t_e) \quad (-). \quad "$$

Vzorec 9: Činitel teplotní redukce mezi vnitřním a vnějším prostředím. Zdroj: [6]

[6]

„Neznáme-li teplotu v nevytápěném prostoru, je b_u dáno poměrem měrných ztrát z nevytápěného prostoru ven ku součtu měrných tepelných toků jak do nevytápěného prostoru, tak ven.

$$b_u = H_{ue} / (H_{ui} + H_{ue}) \quad (-). \quad "$$

Vzorec 10: Výpočet teplotního činitele. Zdroj: [6]

[6]

„Je-li výměna vzduchu mezi vytápěnou místností a nevytápěným prostorem nulová nebo nevýznamná, lze měrný tepelný tok z vytápěné místnosti do nevytápěné místnosti pro výpočet činitele redukce teploty stanovit podle vzorce:

$$H_{ui} = \sum(A_i \times U_{ci}) \quad (\text{W.K}^{-1})$$

Vzorec 11: Stanovení činitele redukce teploty. Zdroj: [6]

Měrný tepelný tok z nevytápěného prostoru do exteriéru (ven) stanovíme pro jednotlivé konstrukce prostupem, a je-li v tomto prostoru významná výměna vzduchu, i větráním:

$$H_{ue} = H_{T,ue} + H_{V,ue} = \sum(A_i \times U_{ci}) + 0,33 \times V_{ue} \quad (\text{W.K}^{-1})$$

Vzorec 12: Výpočet měrného toku v nevytápěném prostoru do exteriéru. Zdroj: [6]

kde V_{ue} je objemový tok větracího vzduchu mezi nevytápěným prostorem a exteriérem ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$). Průměrný součinitel prostupu tepla musí vyhovovat normově požadované hodnotě:

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

[6]

„Normovaná hodnota požadovaného součinitele prostupu tepla se stanoví dle:

$$U_{en,N} = \sum(U_{N,i} \times A_i \times b_i) / \sum A_i + 0,02 .$$

Vzorec 13: Stanovení součinitele prostupu tepla. Zdroj: [6]

U novostaveb obytných budov musí být průměrný součinitel prostupu tepla posuzovaného domu nižší nebo max. roven hodnotě průměrného součinitele prostupu tepla referenčního domu, maximálně však hodnotě 0,5 W.m⁻².K⁻¹. Při změnách dokončených staveb, stavebních úpravách či jiných změnách dokončených staveb je povoleno tyto hodnoty překročit, pokud opatření k dodržení normového požadavku není technicky či ekonomicky proveditelné s ohledem na životnost budovy. Vlastnosti konstrukcí ovšem musejí být takové, aby nedocházelo k vadám a poruchám při užívání budovy.“ [6]

Tabulka 8: Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou budovy a klasifikační ukazatel CI.

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Hraniční klasifikační ukazatele CI
A	Velmi úsporná	
B	Úsporná	A - B 0,5
C (C1-C2)	Vyhovující	B - C 0,75
D	Nevyhovující	C - D 1,0
E	Nehospodárná	D - E 1,5
F	Velmi nehospodárná	E - F 2,0
G	Mimořádně nehospodárná	F - G 2,5

Zdroj: [6], str. 11

„Způsob zařazení budovy do klasifikačních tříd a určení klasifikačních ukazatelů uvádí ČSN730540-2“ [6]

4.13.3. Celková tepelná ztráta

Takže celková tepelná ztráta objektu U_c se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snižená o trvalé tepelné zisky. Toto je dáno vztahem:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad (W) \quad [27,28]$$

kde: Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla [W]

Q_v je tepelná ztráta větráním [W]

Q_z je trvalý tepelný zisk [W]

4.14. Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla U_p se určí podle vztahu:

$$Q_p = Q_o \times (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (W)$$

Vzorec 14: Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla. Zdroj:[27,28]

[27, 28]

kde: Q_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla

p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

p_2 přírážka na urychlení zátoku

p_3 přírážka na světovou stranu.

Tepelná ztráta prostupem tepla Q_o je rovna součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost od venkovního prostředí nebo od sousedních místností.

Má-li některá stavební konstrukce teplotu na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, je tepelný tok prostupující stavební konstrukcí se zápornou hodnotou. Potom jde o tepelný zisk, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu místnosti prostupem tepla U_o . Vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí p_1 se umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty pro kterou je počítána tepelná ztráta Q_o .

„ p_1 : přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty t_i , pro kterou se počítá základní tepelná ztráta Q_o . Je závislá na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti k_c .“ [28]

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \times (t_i - t_e)} \quad (W.m^{-2}.K^{-1}) \quad [28]$$

Vzorec 15: Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti. Zdroj:[28]

kde: $\sum S$ je celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost [m^2],

t_i výpočtová vnitřní teplota ($^{\circ}C$)

t_e výpočtová venkovní teplota (°C) [28]

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 se pak stanoví ze vztahu:

$$p_1 = 0.15 \times k_c \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)}$$

Vzorec 16: Výpočet přirážky na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 . Zdroj: [28]

[27, 28]

4.14.1. Tepelná ztráta prostoru větráním

Tepelná ztráta prostoru větráním Q_v se stanoví ze vztahu:

$$Q_v = H_{V,i} \times (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (\text{W})$$

Vzorec 17: Výpočet tepelné ztráty prostoru větráním. Zdroj: [28]

[27, 28]

Měrná tepelná ztráta větráním:

$$H_{V,i} = V_i \times \rho \times c = V_i \times 0,34 \quad (\text{W / K})$$

Vzorec 18: Výpočet měrné tepelné ztráty větráním. Zdroj: [28]

Objekty bez větracího systému – Přirozené větrání

U těchto objektů je nejmenší požadované množství z hygienických důvodů dáno:

$$V_{min,i} = n_{min} \times V$$

Vzorec 19: Výpočet přirozeného větrání. Zdroj: [28]

- V_i - vyšší z hodnot objemového toku ($\text{m}^3\text{.h}^{-1}$)
- $V_{inf,i}$ - v důsledku proudění vzduchu štěrbinami a spárami pláště budovy
- $V_{min,i}$ - požadovaného z hygienických důvodů

Je to $25 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu, $n = 0,3$ až $0,6 \text{ h}^{-1}$ u obytných budov v užívaných místnostech, 1.h^{-1} kuchyně.

Tabulka 9: Teploty vzduchu a množství odváděného vzduchu, hygienická zařízení, pobytové místnosti a zařizovací předměty.

Místnost	Teplota vnitřního vzduchu	Množství odváděného vzduchu
Umývárna	22 °C	30 m^3 / hod. na umývadlo
Spracha	25 °C	35 až 110 m^3 / hod. na sprchu
WC	18 °C	50 m^3 / hod. na mísu 25 m^3 / hod. na pisoár

Zdroj: ČSN EN 12 831.

Tabulka 10: Hygienické minimum podle ČSN EN 12 831

Místnost	n_{min}
Obytné místnosti	0,5
Kuchyně a koupelny bez oken	1,5
Kanceláře	1,0
Zasedací místnosti, třídy apod.	2,0

Zdroj [6]

Infiltrace pláštěm budovy je podle vztahu:

$$V_{inf,i} = 2 \times V_m \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i$$

Vzorec 20: Výpočet infiltrace pláštěm budovy. Zdroj: [6,28]

kde: V_m - je objem místnosti

n_{50} - stupeň těsnosti obvodového pláště budovy (n_{50} je hodnota výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa zjištěna měřením).

Tabulka 11: Doporučené hodnoty ČSN 730540-2.

Větrání	$n_{50,N}$
Přirozené nebo kombinované	4,5
Nucené	1,5
Nucené s ZZT	1,0
Nucené s ZZT pro objekty s nízkou potřebou tepla pro vytápění	0,6

Zdroj: [6]

Tabulka 12: Stínící součinitel e .

Poloha (zastínění)	Bez oken	1 okno	Více oken
Nechráněná (žádné)	0	0,03	0,05
Průměrně chráněná (mírné zastínění)	0	0,02	0,03
Velmi chráněná (velké stínění)	0	0,01	0,02

Zdroj: [6]

kde: ε - korekční součinitel na výšku od úrovně terénu (vliv větru ve vyšších podlažích). Jeho hodnota je podle středu výšky místnosti od úrovně terénu.

Objekty s větracím systémem

Pokud je v objektu jednotka pro nucené větrání, vzduch v tomto objektu nemá parametry venkovního vzduchu. Tento vzduch může být přehříván, ohříván rekuperací, přiváděn z přilehlého prostoru atd. Pro nucené větrání platí vztah:

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \times f_{v,i} + V_{mech,inf,i} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$$

kde:

- $V_{inf,i}$ – objemové množství infiltrací
- $V_{mech,inf,i}$ – rozdíl mezi objemem nuceně přiváděného a odváděného vzduchu, v případě rovnotlakého větrání = 0
- $V_{su,i}$ - objemové množství přiváděného vzduchu do místnosti VZT (dle projektanta VZT systému)

$$V_{su,i} = (t_{int,i} - t_{su}) / (t_{int,i} - t_e)$$

kde: t_{su} - je teplota přiváděného vzduchu

Návrh tepelného výkonu

Návrh tepelného výkonu pro místnost se stanoví podle součtu tepelných ztrát prostupem všech konstrukcí, které ohraničují místnost a ztráty větráním. Pokud se jedná o prostory s přerušovaným vytápěním, zahrnuje se také zátopový tepelný výkon.

$$Q_{HL,i} = Q_{T,i} + Q_{V,i} + Q_{RH} \quad (\text{W})$$

Návrh tepelného výkonu pro celý objekt (pro návrh tepelného zdroje), je podle vzorce:

$$Q_{HL} = \Sigma Q_{T,i} + \Sigma Q_{V,i} + \Sigma Q_{RH,i} \quad (\text{W, kW})$$

kde:

- $Q_{T,i}$ - jedná se o celkovou sumu tepelných ztrát prostupem vytápěné zóny
- $Q_{V,i}$ - jedná se o celkovou sumu tepelných ztrát větráním vytápěné zóny
- $Q_{RH,i}$ – suma přídatných výkonů pro prostory s přerušovaným vytápěním

4.15. Tepelná bilance pro letní období

Výpočet tepelné zátěže pro letní období se počítá podle normy. Výpočet tepelné zátěže a tepelných zisků se počítá u prostorů se stálou vnitřní teplotou, ve slunný den 21. července (kdy jsou očekávány největší tepelné zisky budovy) a v hodinu, kdy jsou předpokládány největší tepelné zisky, s nejvyšší vnější teplotou vzduchu $t_{\text{max}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Pokud není stanoveno jinak (nebo pokud z hygienických nebo technologických důvodů není potřebné), počítá se vnitřní teplota klimatizované místnosti $26 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Každá místnost se počítá samostatně a následně tepelné zisky sečtou podle obecné rovnice a časový průběh se vyjádří tabulkou nebo graficky.

Výpočet se provádí pro:

- součinitel přestupu tepla (vnější strana stěny) $\alpha_e = 15 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$
- součinitel přestupu tepla (vnitřní strana svislé stěny) $\alpha_i = 8 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$
- součinitel přestupu tepla (pro vodorovné plochy místnosti)
 - plocha neomezuje proudění $\alpha_i = 8 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$
 - plocha omezuje proudění $\alpha_i = 6 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$

Obecná rovnice je:

$$Q_c = Q_l + Q_{sv} + Q_e + Q_v + Q_{ok} + Q_s + Q_{ov} + Q_L$$

Vzorec 21: Obecná rovnice pro výpočet tepelných zátěží.

kde:	Q_c	tepelné zisky celkem (W)
	Q_l	je produkce tepla lidí (W)
	Q_{sv}	je produkce tepla svítidel (W)
	Q_e	je produkce tepla strojů (W)
	Q_v	je produkce tepla ventilátorů (W)
	Q_{ok}	tepelné zisky okny konvekci (W)
	Q_{ov}	tepelné zisky okny radiací (W)
	Q_s	tepelné zisky stěnami (W)
	Q_l	tepelné zisky přívodem čerstvého vzduchu (W)

4.15.1. Tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla objektu

K vnitřním zdrojům tepla patří produkce tepelné energie od lidí, strojů a prostup tepla z přilehlých místností.

Produkce tepla lidí:

Počítá se produkce citelné tepla, základní produkce tepla mužem je 62 W při mírně aktivní práci za stolem, při teplotě 26 °C. Pro odlišné teplotě se t_i počítá podle vztahu:

$$Q_i = 6,2 \times (36 - t_i) \times i_l \quad (\text{W})$$

Vzorec 22: Produkce tepla lidmi Q_i Zdroj: ČSN 73 0540

Kde: i_l je uvažovaný počet lidí (-). Tento vzorec platí pro stejnorodou skupinu. V případě různorodosti je prováděn přepočít podle:

$$i_l = i_m + 0,85 i_z + 0,75 i_d \quad (-)$$

Vzorec 23: Produkce tepla, přepočít dle různorodosti skupiny. Zdroj: ČSN 73 0540

Kde: i_m, i_z, i_d je počet mužů, žen a dětí. Produkce tepla a vodní páry a další jsou uváděny v tabulkách normy.

Produkce tepla od svítidel

U svítidel se počítá, že jejich celý elektrický příkon mění v teplo, které se dále šíří sáláním a konvekcí do světelného prostoru. Určitou část tepla (produkovaného svítidlem) představuje zbytkový součinitel c_2 .

Tepelná zátěž od svítidel se počítá podle vztahu:

$$Q_{sv} = P_{sv} \times c_1 \times c_2 \quad (\text{W})$$

Vzorec 24: Výpočet tepla od svítidel. Zdroj: ČSN 73 0540

Kde P_{sv} je celkový příkon svítidel včetně ztráty v předradníku [W]

c_1 součinitel současnosti používaných svítidel [-]

c_2 zbytkový součinitel [-], tento součinitel v dobře větrané místnosti, nebo pokud jsou odsávací armatury u podlahy, počítá s hodnotou $c_2 = 1,0$. Při odsávání pod stropem nebo u svítidla se tento součinitel počítá 0,7, a pokud se jedná o speciální svítidla, je tento součinitel brán od výrobce svítidla.

Produkce tepla elektronickými zařízeními Q_e

V tomto případě se jedná o produkované teplo od PC, televizorů, tiskáren atd. Pokud je celkový trvalý příkon všech zařízení větší než 100 W, nemusí se tento zdroj brát v potaz. Na druhou stranu velkou roli bude mít v kancelářích a dnes i v běžné domácnosti. Výpočet je podle vztahu:

$$Q_e = c_1 \times c_3 \sum P_e \text{ (W)}$$

Vzorec 25: Výpočet tepla elektronickými zařízeními. Zdroj: ČSN 73 0540

Kde: P_e – jedná se o celkový příkon elektrickými zařízeními (W)

c_1 – je součinitel používání v současnosti (-)

c_3 – jedná se o průměrné zatížení stroje (-)

Výjimkou jsou technologické stroje a zařízení, kde tepelné zisky se počítají z celého příkonu stroje.

Produkce tepla sousedními místnostmi Q_s

Je-li klimatizovaná místnost a místnost, kde je jiná teplota, je nutné počítat tepelné zisky podle vzorce:

$$Q_s = k \times S(t_{is} - t_i) \text{ (W)}$$

Vzorec 26: Výpočet produkce tepla sousedními místnostmi. Zdroj: ČSN 73 0540

Kde: k – součinitel prostupu tepla stěnou

S – povrch stěny

t_{is}, t_i – teplota sousední místnosti a klimatizované místnosti

Další výpočty pro tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla objektu je nutné zvážit vždy u každého specifického projektu. Můžou sem také patřit:

- Produkce tepla ohřátým vzduchem ve vzduchovodech.
- Produkce tepla ventilátorů.
- Produkce tepla elektromotory.

4.15.2. Tepelné zisky z vnějšího prostředí

Tepelné zisky z vnějšího prostředí mají rozhodující vliv hlavně u lehkých staveb s velkými zasklenými plochami a při oslunění těchto ploch. Také okna, jejich orientace, stínění oken má také podstatný vliv na tepelnou pohodu v objektu.

Tepelné zisky stěnami

Pro výpočet prostupu tepla se používají teploty vzduchu na obou stranách stěn. Pokud je stěna osluněna, dosazuje se **rovnocenná sluneční teplota vzduchu t_r** [°C].

$$t_r = t_e + \frac{\varepsilon \times I}{a_e} \quad (^\circ\text{C})$$

Vzorec 27: Výpočet tepelné zátěže stěnami.

Kde: I - je intenzita přímé a difúzní sluneční radiace dopadající na stěnu ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)

ε - součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci (-)

Venkovní stěny můžeme (pro usnadnění výpočtu prostupu tepla) rozdělit do tří kategorií, a to na lehké, středně těžké a těžké.

Stěny lehké

Mají tepelnou kapacitu a fázové posunutí teplotních kmitů tak malá, že prostup tepla můžeme brát jako ustálený. Toto platí pro stěny s tloušťkou cca $\delta < 0,08$ m.

$$Q_s = k \times S \times (t_r - t_i) \quad (\text{W})$$

Vzorec 28: Výpočet tepelné zátěže lehkou stěnou.

Kde: t_r - je rovnocenná sluneční teplota venkovního vzduchu (°C)

Stěny středně těžké

Středně těžké stěny jsou v rozmezí tloušťky 0,08 až 0,45 m, dále je nutné respektovat ovlivnění prostupu kolísáním teplot a to podle:

$$Q_s = k \times S \times (t_{rm} - t_i) + m \times (t_{r\psi} - t_{rm}) \quad (\text{W})$$

Vzorec 29: Výpočet tepelné zátěže středně těžkými stěnami.

Kde: t_{rm} - je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [°C]

$t_{r\psi}$ - rovnocenná sluneční teplota v době o ψ hodin dřív [°C]

(časové zpoždění ψ : $\psi \cong 32 \times \delta - 0,5$ (h), kde δ - je tloušťka stěny (m)

m - je součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou (-)

(kde: $m = \frac{(1+7,6\delta)}{2500\delta}$ (-))

Stěny těžké

Mají takovou tepelnou kapacitu, že kolísání teplot na vnitřním povrchu lze zanedbat.

Těžké stěny mají tloušťky $\delta > 0,45$ m. Tepelný tok se vypočte ze vztahu:

$$Q_s = k \times S \times (t_{rm} - t_i) \quad (W)$$

Vzorec 30: Výpočet tepelné zátěže těžkými stěnami.

Kde: t_{rm} – je průměrná rovnícenná sluneční teplota vzduchu za 24 hod. (°C)

4.15.3. Tepelná zátěž okny

Tepelný tok okny má z hlediska výpočtu dvě složky: prostup tepla konvekcí a prostup tepla sluneční radiací.

Prostup tepla konvekcí:

$$Q_{ok} = k_o \times S_o (t_e - t_i) \quad (W)$$

Vzorec 31: Výpočet prostupu tepla oknem konvekcí.

Kde: k_o - je součinitel prostupu tepla oknem ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

S_o - je plocha okna včetně rámu (m^2)

$t_e - t_i$ - je rozdíl teplot na obou stranách okna (K)

Prostup tepla okny sluneční radiací:

Tepelné zisky sluneční radiací oknem Q_{or} se počítají podle vztahu:

$$Q_{or} = \{S_{os} \times I_o \times c_o + (S_o - S_{os}) \times I_{odif}\} \times s \quad (W)$$

Vzorec 32: Výpočet prostupu tepla okny sluneční radiací.

Kde:

S_{os} - je osluněný povrch okna (m^2)

S_o - je plocha okna i s rámem (m^2)

I_o - celková intenzita sluneční radiace, procházející standardním jednoduchým zasklením ($W \cdot m^{-2}$)

I_{odif} - intenzita difúzní sluneční radiace, procházející standardním jednoduchým zasklením ($W \cdot m^{-2}$)

C_o - je korekce na čistotu atmosféry (-)

s - stínící součinitel (-)

Při výpočtu prostupu sluneční radiace oknem je třeba počítat jen s částí okna, která je osluněna.

$$S_{os} = \{l_A - (e_1 - f)\} - \{l_B - (e_2 - g)\} \text{ (m}^2\text{)}$$

Vzorec 33: Výpočet osluněné části okna.

Kde: l_A, l_B - je šířka a výška zasklené části okna (m)

f, g - je odstup svislé a vodorovné části okna od slunolamů (m)

$e_1 = d \times \operatorname{tg}(\alpha - \gamma)$ (m) (d - hloubka okna (m))

$e_2 = \frac{c \times \operatorname{tg} h}{\cos(\alpha - \gamma)}$ (m) (c - hloubka okna vzhledem k horní stínící desce (m),

h – výška slunce nad obzorem ($^\circ$), γ – azimutový úhel normály stěny ($^\circ$))

Při rekonstrukci objektu a realizaci zateplení je nutné také pamatovat na dodržení hygienických parametrů vnitřního prostředí. Tuto problematiku jsem již popisoval v dřívější kapitole.

5. Vlastní řešení

V této části se zaměřím na praktické využití informací výše popsaných technologií a tepelně izolačních materiálů, na základě těchto informací navrhnu zateplení rodinného domu. Základním požadavkem je snížení náročnosti objektu na energie a dodržení všech požadavků na kvalitu vnitřního prostředí. Na základě toho budu posuzovat vliv zateplení a snížení energetické náročnosti. Díky tomu vzniklo několik variant, které následně budou vyhodnoceny.

Tabulka 13: Informace o variantách.

č.	Popis varianty
0	Stávající stav objektu
1	Zateplení obvodové stěny
2	Zateplení Střešní konstrukce
3	Zateplení podlahy na úrovni terénu
4	Zateplení objektu (1 + 2 + 3)

Zdroj: Vlastní práce

5.1. Stávající stav posuzovaného objektu

Jedná se o dům postavený v roce 1908, následně v roce 1939 byla dostavěna nástavba. V únoru 1969 prodělal objekt adaptaci, následně v roce 1970 bylo upraveno přízemí a poslední známá rekonstrukce proběhla roku 1985, ve které byly zhotoveny nové omítky, elektroinstalace, voda a rekonstrukce otopné soustavy.

Tento dům má sedlovou a valbovou střechu s osazenými pultovými vikýři, objekt není podsklepen, v podkroví jsou umístěny obytné místnosti. Zjednodušená projektová dokumentace a prováděcí dokumentace je vložena v přílohách. Podle poslední dokumentace a na základě fyzického měření má objekt vnější rozměry: 13,7 m x 10,1 m, přízemí má světlou výšku 2,5 m, první patro má kombinovanou výšku, z části má zdivo (1,9 m) a z části (výška 0,7 m) je již šikmá střešní konstrukce. Sklon střechy je 36,19°. Obvodové konstrukce jsou z cihel plných (CP 290x140x65), a jeho šířka je počítána 450 mm, celková výška objektu po vrchol střeš je 7,80 m. Teplotní oblast pro Mladou Boleslav a to je: -12 °C, střední venkovní teplota topného období 3,9 °C, nadmořská výška je 235 m n. m. Přehled průměrných teplot za posledních 30 let na

Mladoboleslavsku je čerpán ze zdroje [24] a přehledné grafy jsou přiloženy v přílohách.

5.2. Tepelné ztráty obálky objektu, stávající stav

Tepelné ztráty vybraného objektu jsou počítány podle platné ČSN 73 0540-2. Na základě těchto informací je možné spočítat tepelný odpor obvodové stěny. Stěna je složena z vnější vápenocementové omítky 20 mm, cihelné konstrukce 450 mm a vnitřní vápenocementové omítky 20 mm. Celková ochlazovaná plocha obálky je 237,48 m².

Tabulka 14: Výpočet tepelného odporu obálky objektu.

	d (m)	λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	d / λ = R _k R _k [m ² K/W]
Vnější vápenocementová omítka se stříkaným břizolitem	0,020	0,990	0,020
Nosná konstrukce, z cihel (CP 290x140x75)	0,450	0,800	0,563
Vnitřní vápenocementová omítka s vrstvou štuky	0,020	0,990	0,020
Tepelný odpor konstrukce			0,603

Zdroj: Vlastní práce

Výpočet podle „Vzorec 1“ s hodnotami z „
přestupu tepla R_{si} a R_{se}“ a získanými hodnotami ze „Vzorec 2“.

Tabulka 5: Odpor

$$U_{\text{stěny}} = \frac{1}{0,13 + 0,576 + 0,04} = 1,34$$

Podle tohoto výsledku a porovnáním hodnot z „Tabulka 6“ a „Vzorec 3“ zjistíme řešení a navrheme potřebnou tloušťku tepelné izolace.

$$U_{\text{stěny}} \leq U_{N(P)} \Rightarrow 1,34 \leq 0,30 \Rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

Podle ČSN 73 0540-4 je dále zapotřebí zohlednit charakter konstrukce podle „Tabulka 7: Zvýšení součinitele prostupu tepla ΔU. Tabulka 7“ a „Vzorec 7“ tomto případě by vyhodnocovaná konstrukce měla tepelný odpor 1,54 a je brán nejhorší možný stav tedy s hodnotou 0,2.

5.3. Výplně otvorů – Okna a dveře stávající stav

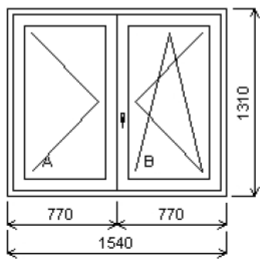
Do výplně otvorů se zahrnují okna, dveře a vrata. Výplně otvorů bývají často problémové, úniky tepla přes špatné těsnění, vypadaný tmel kolem okenních tabulí a

v neposlední řadě problémové osazení špaletových oken v obvodovém zdivu. Tyto zmíněné problémy byly řešeny u této nemovitosti již v roce 2015 (okna) a následně v roce 2017 (vchodové dveře). Původní stav špaletových oken již byl žalostný, některé okna netěsnila, jiná již nešla otevírat, celkově byla ve špatném technickém stavu. Z tohoto důvodu byly okna a dveře vyměněny za nové s izolačními trojskly. Tyto okna dodala firma Svět oken s.r.o. se sídlem v Mladé Boleslavi. Při zaměřování oken a následně také dveří byla informována dodavatelská firma, že objekt bude zateplen a na základě této informace byly okna a vchodové dveře osazeny.

Okna

Rám oken je z profilu 66 mm, okenní křídlo je 78 mm a sloup je 64 mm. Okna jsou zasklena izolačním trojsklem s plastovým rámečkem, kde podle certifikátu je tepelný odpor skleněné výplně 0,7. Díky rekonstrukci byly v objektu použity okna totožné velikosti a jediný rozdíl je v otevíraném křídle (pravé nebo levé). Tato okna mají rozměr 1 540 x 1 310 mm, certifikáty pro osazená okna jsou přiloženy v příloze.

Obrázek 20: Popis nových oken osazených v objektu.

Dvojdílné okno + příslušenství		Rozměry rámu: 1540,0 x 1310,0 mm
		Stavební otvor: 1560,0 x 1360,0 mm
Gealan S 8000 IQ standard	Základní cena: Dvojdílné okno Barva (ext/int): bílá standard Sleva 63,0% ze základní ceny	
	Cena po slevě:	
	Skló: ThF4-12TGI-F4-12TGI-4ThF4 ThFloat+F+ThF EN673 plastrámeček ZDARMA u=0,7 Rám: 66mm Stulp: 64mm Křídlo: 78mm Zazdivací lišta: 30 mm Barva těsnění: černá Montáž: žádná Klika: klika okenní bílá Kování: NS Doplňky: Parapet vnitřní plast bílý 250 bílý, d=1820, h1=350, 1ks Síť okenní ISSO OV25x10 bílá pole B Žaluzie ISSO celostín. b:9030b/ s/S bílá Fe ov:L pole A Žaluzie ISSO celostín. b:9030b/ s/S bílá Fe ov:P pole B	
	Výška kliky: (FFG) B:521	

Zdroj: Smlouva a cenová kalkulace vytvořená dodavatelskou firmou

Vchodové dveře

Rám vchodových dveří je z profilu 74 mm, práh je hliníkový nízký, dveřní křídlo je otevírané ven, zasklené izolačním trojsklem s úpravou Connex 33.1. Toto sklo má dle dodaných podkladů certifikovaný tepelný odpor $U = 0,7+A$. PVC výplň ve spodní

částí dveří je dveřní výplň „PERITO“ o tloušťce 36 mm. Rozměry vchodových dveří jsou v 2 200 x 1 150 mm. Další podrobnosti jsou uvedeny v certifikátu, který je přiložen v přílohách. Na základě tohoto certifikátu a informací ohledně izolačního okna, volím nejhorší variantu a to je pro tyto nové dveře součinitel prostupu tepla UD = 1,1. Certifikát a další informace jsou uloženy v příloze.

Obrázek 21: Popis nových vstupních dveří.

Pozice: 1/: Jednodílné vchodové dveře + příslušenství		<table border="1"> <tr> <td>Rozměry rámu: 1150,0 x 2200,0 mm</td> </tr> <tr> <td>Stavební otvor: 1170,0 x 2250,0 mm</td> </tr> </table>	Rozměry rámu: 1150,0 x 2200,0 mm	Stavební otvor: 1170,0 x 2250,0 mm
Rozměry rámu: 1150,0 x 2200,0 mm				
Stavební otvor: 1170,0 x 2250,0 mm				
Gealan S 8000 IQ standard	Základní cena: Jednodílné vchodové dveře Barva (ext/int): bílá standard	Sleva 5,8,0% ze základní ceny		
Vch. dveře otv. ven		Cena po slevě:		
	<p>Skló: XAUTO36 Hladká výplň tl.36mm - barva podle křídla S38FCN6-12TGI+A-TN4-12TGI+A-TN 4 Connex33.1 TopN+-plastový TGI ZDARMA-TopN trojsklo u=0.7+A-TopN trojsklo u=0.7+A</p> <p>Rám: 74mm A Práh: Al nízký Křídlo: 126mm A VEN Zazdívací lišta: parapetní profil SUPER PLUS 30mm ZDARMA Barva těsnění: černá Pevné příčky: 80380 Montáž: žádná Klika: KxK 55 bílá ZA Kování: VD45 levé Z-TF 2MF ovl.vložkou* (FFG) A.1071</p>			
	Popis: chodba - zákazník dozdí st. otvor podle naší smlouvy			

Zdroj: Zdroj: Smlouva a cenová kalkulace vytvořená dodavatelskou firmou

5.4. Střešní konstrukce

Střešní konstrukce před rekonstrukcí tvoří část podhledu obytných prostorů prvním patře. Tato konstrukce je složena z azbestocementových tvarovek (500 x 500 x 5), dvou vrstev asfaltové lepenky A330H, záklopového bednění ze stavebních prken z měkkého dřeva, nosných trámu 150 x 150 mm, záklopového bednění, rákosové rohože a vápenocementové omítky o tloušťce 15 mm.

Tabulka 15: Výpočet tepelného odporu střešní konstrukce.

Střešní konstrukce	d (m)	λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	$d / \lambda = R_k$ R_k [m ² K/W]
Azbestocementové tvarovky	0,050	0,450	0,111
2x asfaltová lepenka A330H	0,450	0,840	0,536
Zákloповé bednění, stavební prkna z měkkého dřeva	0,024	0,180	0,133
Uzavřená vzduchová mezera	0,150	0,588	0,255
Zákloповé bednění, stavební prkna z měkkého dřeva	0,024	0,180	0,133
Vnitřní vápenocementová omítka s vrstvou štuky	0,015	0,990	0,015
Tepelný odpor konstrukce			1,184

Zdroj: Vlastní práce.

Výpočet ze „Vzorec 1“ a hodnoty z „
Tabulka 15“ bude vypadat takto

Tabulka 5“ a „

$$U_{střech} = \frac{1}{0,13 + 1,184 + 0,04} = 0,755$$

Vzorec 34: Výpočet tepelného odporu střešní konstrukcí. Zdroj: Vlastní práce.

Normové požadavky na střešní konstrukci jsou 0,24. Střešní konstrukce ve stávajícím stavu nevyhovující.

5.5. Podlaha na úrovni terénu

Podlaha v přízemí je v současnosti v rekonstrukci. Původní složení podlahy vrchní vrstva byly parkety, pod těmito parkety byla hydroizolace a betonová vrstva tloušťka 100 mm, celková plocha přízemí je 82,54 m². Podlaha je ohraničena obvodovým zdívem a základy. Požadované hodnota normou je 0,45. Vypočtená vychází ze skladby a výpočtového vzorce.

Tabulka 16: Výpočet tepelného odporu podlahou na úrovni terénu.

Podlaha na úrovni terénu	d (m)	λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	d / $\lambda = R_k$ R _k [m ² K/W]
Parkety dubové (tvrdé dřevo, tepelný tok kolmo na vlákna)	0,009	0,220	0,041
Asfaltový pás IPA	0,001	0,210	0,005
Podkladní beton	0,100	1,230	0,081
škvárový podklad	0,100	0,270	0,370
Tepelný odpor konstrukce	0,497		

Zdroj: Vlastní práce

Po výpočtu ze „Vzorec 1“ a „Vzorec 7“ dojdou k hodnotě tepelného odporu $U = 1,51$ (W.m⁻².K⁻¹), což je podle požadavku normy – nevyhovující konstrukce.

5.6. Tepelné ztráty celého objektu, stávající stav

Celkové tepelné ztráty popsaného objektu s konstrukcemi, které jsou zde blíže popsány. Jedná se o objekt, který má nevyhovující tepelné odpory konstrukcí a je energeticky náročný.

Tabulka 17: Přehled stávajících konstrukcí.

Konstrukce stávající stav	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U _N (W / m ² .K)	Požadovaný součinitel tepla U _N (W / m ² .K)	Rozdíl teplot t _{int,i} - t _e (°C)	Ztráta prostupem Q _{T,i} (W)
Obvodová stěna	237,48	1,34	0,30	32	10 183,1 W
okna	23,33	0,94	1,50	32	701,8 W
dveře	2,53	1,20	1,50	32	97,2 W
Střecha	171,91	0,76	0,24	32	4 153,3 W
podlaha na úrovni terénu	82,54	1,41	0,45	20	2 327,6 W
celkem	517,79				17 463,0 W
Tepelné vazby		$\Delta U_{em} = \Sigma A * \Delta U * (t_{int,e} - t_e)$			1 656,9 W
char.konstrukce $\Delta U =$	0,1	S běžnými tepelnými mosty			
Ztráty prostupem celkem	$Q_T = \Sigma Q_{T,i} + \Delta U_{em}$				19 120,0 W
Množství vzduchu přirozeným větráním	$V_{min,i} = V_m * n_{min}$				
V _m	420,53		V _{min,i}		
n _{min}	0,50		210,27		
Ztráta větráním	$Q_V = V_{min,i} * p.c * (t_{int,i} - t_e)$				2 287,7 W
p.c=	0,34				
Celková ztráta obálkou objektu	Q = Q_T + Q_V				21 407,6 W

Zdroj: Vlastní práce, normové hodnoty zdroj: [6]

5.7. Nucená výměna vzduchu

Před zateplením objektu bude v objektu instalována centrální rekuperační jednotka, která bude zajišťovat nucenou výměnu vzduchu. Rozvody vzduchu budou vedeny v plastových kruhových rozvodech nebo pomocí plochých podlahových rozvodů. Vyústění bude ve stropěch nebo dle potřeby pomocí stěnových vyústění. Regulace bude řízena pokojovým ovladačem se senzorem CO₂ a dalšími pomocnými senzory CO₂ rozmístěnými dle projektu. Rekuperační jednotka bude osazena v prostoru pod schodištěm, kde bude přiveden čerstvý vzduch z obvodové stěny. Odpadní vzduch bude vyveden do prostoru kotelny, která bude tímto odpadním vzduchem přetlakově větrána. Přebytečný vzduch bude odveden přes odvětrávací mřížky v obvodové stěně kotelny.

5.8. Návrh zateplení

Správným návrhem zateplení bych chtěl dosáhnout co možná nejnižších hodnot pro potřebu vytápění objektu. Dále bych chtěl zabezpečit kvalitní životní prostředí v obývaném objektu.

Tabulka 18: Přehled variant zateplení.

č.	Popis varianty
0	Stávající stav objektu
1	Zateplení obvodové stěny
2	Zateplení střešní konstrukce
3	Zateplení podlahy na úrovni terenu
4	Zateplení objektu (1 + 2 + 3)

Zdroj: Vlastní práce

5.9. Zateplení obvodové stěny objektu

Pro zateplení tohoto objektu je možné využít několik možných technologií, ale i materiálů. Je možné využít zateplení kontaktním způsobem nebo zateplení pomocí provětrávané fasády. Pro stanovení tloušťky tepelné izolace obvodové stěny použijí kombinaci „Vzorec 2“ a „Vzorec 3“. Také použijí hodnoty, které jsou uvedeny v „Tabulka 6: Požadované a doporučené hodnoty U dle ČSN 73 0540-2.“.

5.9.1. Zateplení obvodové konstrukce EPS70F - kontaktní

U tohoto způsobu zateplení bude použit tepelný izolant „Isover EPS 70“, tepelný součinitel izolace je $\lambda = 0,039$ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), který je použit do dalších výpočtů. Z předchozího víme doporučenou hodnotu U pro těžké vnější stěny což je 0,25 (požadovaná hodnota 0,30) a známe stávající stav tepelného odporu konstrukce $U = 1,34$. Budu tedy vycházet ze vztahu:

$$U_{stěny} \leq U_P \rightarrow U_P \geq \frac{1}{R_{si} + R_K + \frac{d_{izolace}}{\lambda_{izolace}} + R_{se}}$$

Vzorec 35: Výpočet tloušťky tepelné izolace. Zdroj: Vlastní práce, odvození ze vzorců 1, 2 a 3.

Dosazením známého získáme:

R_{si} je odpor přestupu tepla na vnitřní stěně konstrukce – 0,13 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)

R_K je tepelný odpor konstrukce – 0,576 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)

U_P je požadovaná hodnota U – 0,30 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)

R_{se} je odpor přestupu tepla na vnější stěně konstrukce – 0,04 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)

λ Pro zvolenou izolaci je brána hodnota λ - 0,035 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

$$0,3 \geq \frac{1}{0,13 + 0,576 + \frac{d_{izolace}}{0,039} + 0,04}$$

Vzorec 36: Výpočet tloušťky podle vzorce 35. Zdroj: Vlastní práce.

Zvolením $d_{izolace}$ dostanu tyto výsledky:

Tabulka 19: Výpočet tloušťky tepelné izolace obvodové konstrukce - EPS.

$d_{izolace}$	U_P	Stav konstrukce
120 mm	0,31	Nevyhovuje
140 mm	0,28	Vyhovuje
160 mm	0,26	Vyhovuje
180 mm	0,24	Vyhovuje
200 mm	0,22	Vyhovuje

Zdroj: Vlastní práce

Z výpočtu je možné vybrat tloušťku izolace od 140 mm a více. Do výpočtu byl zahrnut charakter konstrukce dle „Tabulka 7“ a hodnota 0,05 – „S mírnými tepelnými mosty“. Pro zateplení je počítáno s tepelnou izolací „Isover EPS 70“. Cena pro kalkulaci zateplení je brána z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje

[8], Celková ochlazovaná plocha obálky je 237,48 m² zaokrouhlena na 238 m². Po nalepení tepelné izolace bude zhotovena povrchová úprava. Náklady na tepelnou izolaci jsou (bez maltové stěrkové hmoty, síťoviny, fasádních hmoždinek, zakládacích profilů atd.) podle tloušťky:

Tabulka 20: Tepelná izolace EPS, kontaktní systém.

$d_{izolace}$	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena celk bez DPH
120 mm	250,8	59 690,4
140 mm	292,6	69 638,8
160 mm	334,4	79 587,2
180 mm	376,2	89 535,6
200 mm	418,0	99 484,0

Zdroj: Vlastní práce

5.9.2. Zateplení obvodové konstrukce minerální vatou - kontaktní

Jako tepelný izolant bude použita minerální vata Isover TF PROFI. Díky nízkému difuznímu odporu tepelné izolace (v rozmezí $\mu = 1$ až 2) bude moci zateplované zdivo vysychat, tepelný součinitel $\lambda = 0,036$ (W.m⁻¹K⁻¹) je použit do dalších výpočtů. Z předchozího výpočtu víme, doporučenou hodnotu U pro těžké vnější stěny 0,25 (požadovaná hodnota 0,30) a stávající stav bez charakteru konstrukce je 1,34. Budu tedy vycházet ze vztahu:

$$U_{stěny} \leq U_P \rightarrow U_P \geq \frac{1}{R_{si} + R_K + \frac{d_{izolace}}{\lambda_{izolace}} + R_{se}}$$

Vzorec 37: Výpočet tloušťky tepelné izolace. Zdroj: Vlastní práce, odvození ze vzorců 1, 2 a 3.

Dosazením známého získáme:

R_{si} je odpor přestupu tepla na vnitřní stěně konstrukce – **0,13** (W.m⁻².K⁻¹)

R_K je tepelný odpor konstrukce – **0,576** (W.m⁻².K⁻¹)

U_P je požadovaná hodnota U – **0,30** (W.m⁻².K⁻¹)

R_{se} je odpor přestupu tepla na vnější stěně konstrukce – **0,04** (W.m⁻².K⁻¹)

λ Pro zvolenou izolaci je brána hodnota $\lambda = 0,036$ (W.m⁻¹K⁻¹)

$$0,3 \geq \frac{1}{0,13 + 0,576 + \frac{d_{izolace}}{0,036} + 0,04}$$

Zvolením $d_{izolace}$ dostanu tyto výsledky:

Tabulka 21: Výpočet tloušťky tepelné izolace obvodové konstrukce - minerální vata.

$d_{izolace}$	U_p	Stav konstrukce
120 mm	0,30	Vyhovuje
140 mm	0,27	Vyhovuje
160 mm	0,24	Vyhovuje
180 mm	0,22	Vyhovuje
200 mm	0,21	Vyhovuje

Zdroj: Vlastní práce

Na základě získaných informací je možné vybrat požadovanou tloušťku izolace od 120 mm a více. Do výpočtu byl zahrnut charakter konstrukce dle „Tabulka 7“ a hodnota 0,05 – „S mírnými tepelnými mosty“. Pro zateplení bude použita minerální tepelná izolace „Isover TF PROFI“, katalogová $\lambda = 0,036$ ($W \cdot m^{-1} K^{-1}$). Cena pro kalkulaci zateplení je brána z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje [8], Celková ochlazovaná plocha obálky je 237,48 m², zaokrouhlena na 238 m². Po nalepení minerální vaty bude zhotovena stěrkou povrchová úprava ze stěrkové hmoty „webertherm clima“, která má nízký difuzní odpor $\mu = 14$. Náklady na tepelnou izolaci (bez maltové stěrkové hmoty, síťoviny, fasádních hmoždinek, zakládacích profilu atd.) jsou podle tloušťky:

Tabulka 22: Tepelná izolace minerální vata, kontaktní systém.

$d_{izolace}$	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena celk bez DPH
120 mm	588,0	139 944,0
140 mm	686,0	163 268,0
160 mm	784,0	186 592,0
180 mm	882,0	209 916,0
200 mm	980,0	233 240,0

Zdroj: Vlastní práce.

5.9.3. Zateplení obvodové konstrukce minerální vatou - provětrávaná fasáda

Jako tepelný izolant pro tento systém bude použita minerální vata a nosná konstrukce bude zhotovena ze stavebního impregnovaného dřeva. Díky nízkému difuznímu odporu tepelné izolace (v rozmezí $\mu = 1$ až 2) bude moci zateplované zdivo vysychat, tepelný součinitel $\lambda = 0,035$ ($W \cdot m^{-1} K^{-1}$) je použit do dalších výpočtů.

Doporučená hodnota U pro těžké vnější stěny je 0,25 (požadovaná hodnota 0,30) a stávají stav bez charakteru konstrukce je 1,34. Vycházet budu ze vztahu:

$$U_{stěny} \leq U_P \rightarrow U_P \geq \frac{1}{R_{si} + R_K + \frac{d_{izolace}}{\lambda_{izolace}} + R_{se}}$$

Vzorec 38: Výpočet tloušťky tepelné izolace. Zdroj: Vlastní práce, odvození ze vzorců 1, 2 a 3.

Dosazením známého získáme:

R_{si} je odpor přestupu tepla na vnitřní stěně konstrukce – 0,13 (W.m⁻².K⁻¹)

R_k je tepelný odpor konstrukce – 0,576 (W.m⁻².K⁻¹)

U_P je požadovaná hodnota U – 0,30 (W.m⁻².K⁻¹)

R_{se} je odpor přestupu tepla na vnější stěně konstrukce – 0,04 (W.m⁻².K⁻¹)

λ Pro zvolenou izolaci je brána hodnota λ - 0,035 (W.m⁻¹K⁻¹)

$$0,3 \geq \frac{1}{0,13 + 0,576 + \frac{d_{izolace}}{0,035} + 0,04}$$

Dosazením do rovnice získám:

Tabulka 23 Tepelná izolace minerální vata - provětrávaná fasáda.

$d_{izolace}$	U_P	Stav konstrukce
120 mm	0,29	Vyhovuje
140 mm	0,26	Vyhovuje
160 mm	0,24	Vyhovuje
180 mm	0,22	Vyhovuje
200 mm	0,20	Vyhovuje

Zdroj: Vlastní práce.

Z výpočtu vím, že je možné použít tloušťku izolace od 120 mm a více. Do výpočtu byl zahrnut charakter konstrukce dle „Tabulka 7“ a hodnota 0,05 – „S mírnými tepelnými mosty“. Pro zateplení bude použita minerální tepelná izolace „Isover UNI“, katalogová $\lambda = 0,035$ (W.m⁻¹K⁻¹). Cena pro kalkulaci zateplení je brána z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje [8], Celková ochlazovaná plocha obálky je 237,48 m², zaokrouhlena na 238 m². Náklady na tepelnou izolaci jsou (bez

hmoždinek na kotvení izolace, odvětrávacích profilů, profilu nosné konstrukce vnějšího pláště atd.) podle tloušťky:

Tabulka 24: Tepelná izolace minerální vata, provětrávaná fasáda.

$d_{izolace}$	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena celk bez DPH
120 mm	216,0	51 408,0
140 mm	252,0	59 976,0
160 mm	288,0	68 544,0
180 mm	324,0	77 112,0
200 mm	360,0	85 680,0

Zdroj: Vlastní práce.

5.9.4. Vyhodnocení zateplení obvodové stěny

Při porovnání variant je brán tepelný odpor a cena, za kterou je možné tepelnou izolaci zakoupit. Přehled je v příložené tabulce:

Tabulka 25: Porovnání zateplení obvodového pláště.

$d_{izolace}$	Kontaktní EPS		Kontakt. min.vata		Provětrávaná fas.	
	U_p	cena bez DPH celk.	U_p	cena bez DPH celk.	U_p	cena bez DPH celk.
120 mm	0,31	nevyhovuje	0,30	139 944,0	0,29	51 408,0
140 mm	0,28	69 638,8	0,27	163 268,0	0,26	59 976,0
160 mm	0,26	79 587,2	0,24	186 592,0	0,24	68 544,0
180 mm	0,24	89 535,6	0,22	209 916,0	0,22	77 112,0
200 mm	0,22	99 484,0	0,21	233 240,0	0,20	85 680,0

Zdroj: Vlastní práce.

Podle porovnání nejlépe vychází zateplení provětrávaným systémem. Je jasné, že tato cena je pouze zlomek skutečné ceny, a roli bude také hrát cena nosné konstrukce pláště, odvětrávací mřížky, atd. Dalším pozitivem vybrané varianty je odvod vlhkosti. Z výše popsaného vyplývá, že zateplení objektu bude provedeno provětrávaným systémem a použita bude minerální vata „Isover UNI“ o tloušťce 200 mm.

Po aplikaci vybraného zateplení bude tepelná ztráta obálkou objektu.

Tabulka 26: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.1.

Konstrukce stávající stav	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U _N (W / m ² .K)	Požadovaný součinitel tepla U _N (W / m ² .K)	Rozdíl teplot t _{int,i} - t _e (°C)	Ztráta prostupem Q _{T,i} (W)
Obvodová stěna	237,48	0,20	0,30	32	1 519,9 W
okna	23,33	0,94	1,50	32	701,8 W
dveře	2,53	1,20	1,50	32	97,2 W
Střecha	171,91	0,76	0,24	32	4 153,3 W
podlaha na úrovni terenu	82,54	1,41	0,45	20	2 327,6 W
celkem	517,79				8 799,8 W
Tepelné vazby		$\Delta U_{em} = \Sigma A * \Delta U * (t_{int,e} - t_e)$			1 656,9 W
char.konstrukce $\Delta U =$	0,1	S běžnými tepelnými mosty			
Ztráty prostupem celkem	$Q_T = \Sigma Q_{T,i} + \Delta U_{em}$				10 456,7 W
Množství vzduchu přirozeným větráním $V_{min,i} = V_m * n_{min}$					
V _m	420,53		V _{min,i}		
n _{min}	0,50		210,27		
Ztráta větráním $Q_v = V_{min,i} * p.c * (t_{int,i} - t_e)$					2 287,7 W
p.c=	0,34				
Celková ztráta obálkou objektu	Q = Q_T + Q_v				12 744,4 W

Zdroj: Vlastní práce

5.10. Zateplení střešní konstrukce

Jak bylo popsáno v předchozí části skladba střešní konstrukce je následující:

Tabulka 27: Skladba střešní konstrukce.

Střešní konstrukce	d (m)	λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	d / λ = R _k R _k [m ² K/W]
Azbestocementové tvarovky	0,050	0,450	0,111
2x asfaltová lepenka A330H	0,450	0,840	0,536
Základové bednění, stavební prkna z měkkého dřeva	0,024	0,180	0,133
Uzavřená vzduchová mezera	0,150	0,588	0,255
Základové bednění, stavební prkna z měkkého dřeva	0,024	0,180	0,133
Vnitřní vápenocementová omítka s vrstvou štuky	0,015	0,990	0,015
Tepelný odpor konstrukce	1,184		

Zdroj: Vlastní práce

Celkový odpor konstrukce bez zateplení výchozí stav je: U_{střechy} = 0,755 W.m⁻²K⁻¹.

5.10.1. Zateplení střešní konstrukce minerální vatou – nad krokviemi

Zateplení střešní konstrukce nad krokviemi bude realizováno spolu s výměnou střešní krytiny. Díky tomu nedojde ke zmenšení obytných prostor, bude využito stávající bednění na střešní konstrukci a tím se sníží náklady. Pro zateplení bude použita minerální tepelná izolace „Isover UNI“, katalogová λ = 0,035 (W.m⁻¹K⁻¹).

Cena pro kalkulaci zateplení je brána z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje [8], celková plocha střechy je 171,91 m², pro další kalkulace budu počítat s 172 m². Podle ČSN 73 0540 je požadováno na střešní konstrukci se sklonem do 45° $U_{N20} = 0,24 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. K a doporučený $U_{N20} = 0,16 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. K. Podle známých vzorců (aplikace vzorců 1, 2 a 3) dosadíme známé hodnoty a dostaneme tyto výsledky:

Tabulka 28: Výpočet tepelné izolace střešní konstrukce nad krokvelemi.

d_{izolace}	U_p	Stav konstrukce
100 mm	0,29	Nevyhovuje
120 mm	0,26	Nevyhovuje
140 mm	0,24	Vyhovuje
160 mm	0,22	Vyhovuje
180 mm	0,20	Vyhovuje
200 mm	0,19	Vyhovuje
240 mm	0,17	Vyhovuje

Zdroj: Vlastní práce.

Z výpočtu je patrné, že izolace od 140 mm jsou vyhovující požadavku, do tohoto výpočtu byl také zahrnut charakter konstrukce dle „Tabulka 7“ a hodnota 0,05 – „S mírnými tepelnými mosty“. A snaha přiblížení se doporučené hodnotě $U_{N20} = 0,16 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. K je nejvíce u zateplení 240 mm. Pro toto zateplení je také možné použít „Isover KŘÍŽ EPS“ a „Isover TRAM EPS“ s tepelným odporem $\lambda = 0,035 \text{ (W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1})$. Což je stejný tepelný odpor jako má minerální vata. Pro dosažení 240 mm bude použita kombinace 120 mm a 120 mm, které budou umožňovat osazení na vazbu, aby nedošlo ke spojení spár desk. Náklady na tepelnou izolaci jsou (bez trámek na vytvoření mezery, odvětrávacích profilů, parobrzd, spojovacího materiálu atd.) podle tloušťky:

Tabulka 29: Porovnání tepelné izolace, zateplení nad krokvelemi.

d_{izolace}	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena celk bez DPH
100 mm	180,0	42 840,0
120 mm	216,0	51 408,0
140 mm	252,0	59 976,0
160 mm	288,0	68 544,0
180 mm	324,0	77 112,0
200 mm	360,0	85 680,0
240 mm	432,0	102 816,0

Zdroj: Vlastní práce

5.10.2. Zateplení střešní konstrukce mezi a nad krokvemi

Zateplení střešní konstrukce mezi a nad krokvemi bude realizováno stejně jako v předchozím případě spolu s výměnou střešní krytiny. Díky tomu nedojde ke zmenšení obytných prostor v prvním patře, bude využito stávající bednění na stávající střešní konstrukci, a tím se sníží náklady. Tento systém díky použité minerální vatě bude umožňovat odvod případné vlhkosti. Pro zateplení bude použita minerální tepelná izolace mezi krokve a to izolace „Isover UNIROL PROFI“ s katalogovým tepelným součinitelem $\lambda = 0,033 \text{ (W.m}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$ a nad krokevní část bude použita „Isover UNI“, s katalogovým tepelným odporem $\lambda = 0,035 \text{ (W.m}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$. Cena pro kalkulaci zateplení je z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje [8], celková plocha střechy je $171,91 \text{ m}^2$, pro další kalkulace budu počítat se 172 m^2 . Podle ČSN 73 0540 je požadováno na střešní konstrukci se sklonem do 45° $U_{N20} = 0,24 \text{ W.m}^{-2}$. K a doporučený $U_{N20} = 0,16 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$. Po dosazení hodnot do vzorce (aplikace vzorce 1, 2 a 3) dostaneme výsledek.

$$0,24 \geq \frac{1}{0,10 + 0,576 + \frac{0,140}{0,033} + \frac{d_{\text{izolace}}}{0,035} + 0,04}$$

Ve vzorci použita známá vzduchová mezera 150 mm, která byla nahrazena tepelnou izolací „Isover UNIROL PROFI“ s tepelným součinitelem $\lambda = 0,033 \text{ (W.m}^{-1}\text{K}^{-1}\text{)}$. Tato tepelná izolace je dodávána v izolačním pásu, který má tabulkovou hodnotu 160 mm, z tohoto důvodu byla v kalkulaci použita tloušťka 140 mm.

Tabulka 30: Výpočet tepelné izolace střešní konstrukce nad a mezi krokvemi.

d_{izolace}	U_p	Stav konstrukce
40 mm	0,20	Vyhovuje
50 mm	0,19	Vyhovuje
60 mm	0,19	Vyhovuje
80 mm	0,18	Vyhovuje
120 mm	0,16	Vyhovuje

Zdroj: Vlastní práce.

Z přehledu je patrné, že využití vzduchové mezery pro instalování tepelné izolace výrazně sníží nutnou tloušťku nad krokevní tepelné izolace. A i při minimální tloušťce 40 mm jsou plněny požadované hodnoty, ale pro dosažení doporučených $U_{N20} = 0,16$

(W. m⁻².K⁻¹) je potřeba izolace 120 mm. Pro vyhodnocení je nutné tedy vzít v potaz obě izolace tedy jak mezi krokvemi, tak i nad krokvemi.

Tabulka 31: Porovnání tepelné izolace, zateplení nad a mezi krokvemi.

d _{izolace}	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena celk bez DPH
40 mm	72,0	17 136,0
50 mm	90,0	21 420,0
60 mm	108,0	25 704,0
80 mm	144,0	34 272,0
120 mm	216,0	51 408,0
Izolace mezi krokvemi Isover UNIROL PROFI		
140 mm	230,0	54 740,0

Zdroj: Vlastní práce

5.10.3. Zateplení střešní konstrukce mezi a pod krokvemi

Zateplení střešní konstrukce mezi a pod krokvemi bude realizováno odlišně než předchozí varianty. U této varianty je možné zateplovat kdykoli, ale je nutné dodržet jak technologické, tak i hygienické požadavky. Ty nám říkají, že minimální výška místnosti může být 2,1 m, stávající stav je 2,6. Zateplení tedy může být max. 50 mm. Podobně jako u předchozího případu bude použita izolace mezi krokve „Isover UNIROL PROFI“ s katalogovým tepelným součinitelem $\lambda = 0,033$ (W.m⁻¹K⁻¹) a pod krokve „Isover UNI“, s katalogovým tepelným odporem $\lambda = 0,035$ (W.m⁻¹K⁻¹). Cena pro kalkulaci zateplení je z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje [8], celková plocha střechy je 171,91 m², pro další kalkulace budu počítat se 172 m². Podle ČSN 73 0540 je požadováno na střešní konstrukci se sklonem do 45° $U_{N20} = 0,24$ (W.m⁻².K⁻¹) a doporučený $U_{N20} = 0,16$ (W.m⁻².K⁻¹).

$$0,24 \geq \frac{1}{0,10 + 0,576 + \frac{0,140}{0,033} + \frac{d_{izolace} \max. 50 \text{ mm}}{0,035} + 0,04}$$

Na základě známých informací dostaneme:

Tabulka 32: Výpočet tepelné izolace střešní konstrukce pod a mezi krokvemi.

d _{izolace}	U _P	Stav konstrukce
40 mm	0,20	Vyhovuje
50 mm	0,19	Vyhovuje

Zdroj: Vlastní práce

Z přehledu je patrné, že využití vzduchové mezery a instalování tepelné izolace pod krokve. Je možné dosáhnout požadovaného tepelného odporu $U_{N20} = 0,24$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$), ale dosáhnout na doporučenou hodnotu již není možné. Omezujícím faktorem zde jsou hygienické požadavky, konkrétně požadavek na minimální výšku místnosti. Vyhodnocení je tedy omezeno na tyto tloušťky.

Tabulka 33: Porovnání tepelné izolace, zateplení pod a mezi krokvemi.

$d_{izolace}$	Cena bez DPH (Kč/m ²)	Cena celk bez DPH
40 mm	72,0	17 136,0
50 mm	90,0	21 420,0
Izolace mezi krokvemi Isover UNIROL PROFI		
140 mm	230,0	54 740,0

Zdroj: Vlastní práce

5.10.4. Vyhodnocení zateplení střešní konstrukce

Zateplení střešní konstrukce umožňovalo tři možnosti zateplení. Kritéria pro toto zateplení jsou jak hygienické, tak i cena, která je také rozhodující. Vždy je nutné plnit požadavky ČSN 73 0540, a to na střešní konstrukci se sklonem do 45° požadované $U_{N20} = 0,24$ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ nebo doporučené $U_{N20} = 0,16$ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Ceny pro kalkulaci jsou brány z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje [8], celková plocha střechy pro kalkulace je počítána 172 m².

Tabulka 34: Porovnání zateplení střešní konstrukce.

$d_{izolace}$	Nad krokvemi		$d_{izolace}$	Mezi a nad Krokvemi		$d_{izolace}$	Mezi a pod krokvemi	
	U_P	cena bez DPH celk.		U_P	cena bez DPH celk.		U_P	cena bez DPH celk.
140 mm	0,24	59 976,0	40	0,20	17 136,0	40,0	0,20	17 136,0
160 mm	0,22	68 544,0	50,0	0,19	21 420,0	50,0	0,19	21 420,0
180 mm	0,20	77 112,0	60,0	0,19	25 704,0	Izolace mezi krokvemi Isover UNIROL PROFI		
200 mm	0,19	85 680,0	80,0	0,18	34 272,0	140 mm	54 740,0	
240 mm	0,17	102 816,0	120,0	0,16	51 408,0			
			Izolace mezi krokvemi Isover UNIROL PROFI					
			140 mm	54 740,0				

Zdroj: Vlastní práce

Na základě zobrazených hodnot, je porovnání a volba téměř jasná. Zateplením mezi krokvemi tepelnou izolací „Isover UNIROL PROFI“ a nad krokvemi izolací „Isover UNI“ s tloušťkou 120 mm je možné se dostat na doporučené hodnoty normou ČSN 73

0540 a dodržet všechny požadavky jak hygienické, tak i ohledně nízké ceny. Po dosazení vybrané technologie a tloušťky zateplení dostaneme ztrátu obálkou.

Tabulka 35: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.2.

Konstrukce stávající stav	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U _N (W / m ² .K)	Požadovaný součinitel tepla U _N (W / m ² .K)	Rozdíl teplot t _{int,i} - t _e (°C)	Ztráta prostupem Q _{T,i} (W)
Obvodova stěna	237,48	1,34	0,30	32	10 183,1 W
okna	23,33	0,94	1,50	32	701,8 W
dveře	2,53	1,20	1,50	32	97,2 W
Střecha	171,91	0,16	0,24	32	880,2 W
podlaha na úrovni terenu	82,54	1,41	0,45	20	2 327,6 W
celkem	517,79				14 189,9 W
Tepelné vazby		$\Delta U_{em} = \Sigma A * \Delta U * (t_{int,e} - t_e)$			1 656,9 W
char.konstrukce $\Delta U =$		0,1 S běžnými tepelnými mosty			
Ztráty prostupem celkem		$Q_T = \Sigma Q_{T,i} + \Delta U_{em}$			15 846,8 W
Množství vzduchu přirozeným větráním		$V_{min,i} = V_m * n_{min}$			
V _m	420,53		V _{min,i}		
n _{min}	0,50		210,27		
Ztráta větráním $Q_V = V_{min,i} * p.c * (t_{int,i} - t_e)$					2 287,7 W
p.c=	0,34				
Celková ztráta obálkou objektu		Q = Q_T + Q_V			18 134,5 W

Zdroj: Vlastní práce

5.11. Zateplení podlahy na úrovni terénu

Skladba podlahy budou upraveny v takové míře, aby nedošlo k navýšení tloušťky podlahy a čistá podlaha zůstala na stejné úrovni. Podle stávající skladby tedy podlaha může mít maximálně tloušťku 210 mm včetně povrchu. Požadavek na tuto konstrukci je U = 0,45 a méně. Jelikož tato podlaha bude kompletně rekonstruována, a to včetně podkladního betonu, bude možné navrhnout takovou konstrukci, která bude odpovídat požadavkům a doporučením normou. Při nahrazení škvárového násypu 100 mm za tepelnou izolaci Isover EPS SOKL 3000, která má dobré vlastnosti ze strany únosnosti (při trvalém zatížení max. 3 600 kg.m⁻²), tepelně izolační vlastnosti ($\lambda = 0,034$ (W.m⁻¹K⁻¹)) a minimální nasákavost, bude možné dodržet všechny požadavky. Nová skladba konstrukce bude:

Tabulka 36: Nová skladba podlahy na úrovni terénu.

Podlaha na úrovni terénu	d (m)	λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Povrchová úprava keramická dlažba do 10mm	0,010	0,220
Hydroizolace	0,001	0,210
Betonová konstrukce	0,080	1,230
Tepelná izolace Isover EPS SOKL 3000	0,120	0,034
Původní zemina / zhutněný násyp		

Zdroj: Vlastní práce.

Navržená konstrukce má o 2 cm sníženou nosnou betonovou konstrukci, tepelná izolace byla o tyto 2 cm rozšířena. Díky tomu bude tepelný odpor spolu s charakterem konstrukce dle „Tabulka 7“ a hodnotou 0,05 („S mírnými tepelnými mosty“) na hodnotě $U = 0,259$ (W.m⁻².K⁻¹) proti původní hodnotě $U=1,51$ (W.m⁻².K⁻¹). Celková podlahová plocha na úrovni terénu je 82,54 m², a cena pro kalkulaci je z ceníku fa. ISOVER verze 03/2019 dostupné ze zdroje [8]. Po dosazení je cena za zateplení podlahy na úrovni terénu 448,8 Kč bez DPH za m² a za celek je cena 37 044,0 Kč bez DPH. Po dosažení získaného tepelného odporu dostaneme:

Tabulka 37: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.3.

Konstrukce stávající stav	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U_N (W / m ² .K)	Požadovaný součinitel tepla U_N (W / m ² .K)	Rozdíl teplot $t_{int,i} - t_e$ (°C)	Ztráta prostupem $Q_{T,i}$ (W)
Obvodová stěna	237,48	1,34	0,30	32	10 183,1 W
okna	23,33	0,94	1,50	32	701,8 W
dveře	2,53	1,20	1,50	32	97,2 W
Střecha	171,91	0,76	0,24	32	4 153,3 W
podlaha na úrovni terénu	82,54	0,26	0,45	20	429,2 W
celkem	517,79				15 564,6 W
Tepelné vazby		$\Delta U_{em} = \Sigma A * \Delta U * (t_{int,e} - t_e)$			1 656,9 W
char.konstrukce $\Delta U =$	0,1	S běžnými tepelnými mosty			
Ztráty prostupem celkem	$Q_T = \Sigma Q_{T,i} + \Delta U_{em}$				17 221,5 W
Množství vzduchu přirozeným větráním $V_{min,i} = V_m * n_{min}$					
V_m	420,53		$V_{min,i}$		
n_{min}	0,50		210,27		
Ztráta větráním $Q_V = V_{min,i} * p.c * (t_{int,i} - t_e)$					2 287,7 W
p.c=	0,34				
Celková ztráta obálkou objektu	$Q = Q_T + Q_V$				19 509,2 W

Zdroj: Vlastní práce

5.12. Zateplení objektu 1 + 2 + 3

Tato varianta počítá se zateplení obvodové konstrukce, střešní konstrukce i podlahy na úrovni terénu. Je to tedy nejnáročnější zateplení. Předpokladem tohoto zateplení je využití voleb v předchozích částech a použít toto zateplení. Aplikací všech variant zateplení je možné také snížit koeficient charakteristiky konstrukce z původního 0,1 (S běžnými tepelnými mosty) na 0,05 (S mírnými tepelnými mosty). A po aplikaci tohoto všeho dostaneme:

Tabulka 38: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.4.

Konstrukce stávající stav	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U _N (W / m ² .K)	Požadovaný součinitel tepla U _N (W / m ² .K)	Rozdíl teplot t _{int,i} - t _e (°C)	Ztráta prostupem Q _{T,i} (W)
Obvodova stěna	237,48	0,20	0,30	32	1 519,9 W
okna	23,33	0,94	1,50	32	701,8 W
dveře	2,53	1,20	1,50	32	97,2 W
Střecha	171,91	0,16	0,24	32	880,2 W
podlaha na úrovni terénu	82,54	0,26	0,45	20	429,2 W
celkem	517,79				3 628,2 W
Tepelné vazby		$\Delta U_{em} = \Sigma A * \Delta U * (t_{int,e} - t_e)$			828,5 W
char.konstrukce $\Delta U =$	0,05	S mírnými tepelnými mosty			
Ztráty prostupem celkem	$Q_T = \Sigma Q_{T,i} + \Delta U_{em}$				4 456,6 W
Množství vzduchu přirozeným větráním	$V_{min,i} = V_m * n_{min}$				
V _m	420,53		V _{min,i}		
n _{min}	0,50		210,27		
Ztráta větráním	$Q_V = V_{min,i} * p.c * (t_{int,i} - t_e)$				2 287,7 W
p.c=	0,34				
Celková ztráta obálkou objektu	Q = Q_T + Q_V				6 744,3 W

Zdroj: Vlastní práce.

5.13. Finální stav po zateplení

Po výpočtu variant a jejich porovnání je možné srovnat efekt, který přinese daná varianta. V přehledu je patrné, jaké ztráty na základě provedeného zateplení je možné očekávat. Při ročních nákladech na topnou sezonu 45 000 Kč.

Tabulka 39: Porovnání variant a celkové ztráty.

č.	Popis varianty	Celková ztráta obálky budovy (W)	Snížení ztrát		Předpoklad úspory KČ / rok
			obálky budovy (W)	%	
0	Stávající stav	21 407,6 W	-	0,0 %	0,0 Kč
1	Zateplení obvodové stěny	12 744,4 W	8 663,3 W	40,5 %	18 210,7 Kč
2	Zateplení Střešní konstrukce	18 134,5 W	3 273,2 W	15,3 %	6 880,4 Kč
3	Zateplení podlahy na úrovni terenu	19 509,2 W	1 898,4 W	8,9 %	3 990,6 Kč
4	Zateplení objektu (1 + 2 + 3)	6 744,3 W	14 663,3 W	68,5 %	30 823,1 Kč

Zdroj: Vlastní práce.

Tabulka 40: Finální stav po zateplení objektu.

Konstrukce stávající stav	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U _N (W / m ² .K)	Požadovaný součinitel tepla U _N (W / m ² .K)	Rozdíl teplot t _{int,i} - t _e (°C)	Ztráta prostupem Q _{T,i} (W)
Obvodová stěna	237,48	0,20	0,30	32	1 519,9 W
okna	23,33	0,94	1,50	32	701,8 W
dveře	2,53	1,20	1,50	32	97,2 W
Střecha	171,91	0,16	0,24	32	880,2 W
podlaha na úrovni terenu	82,54	0,26	0,45	20	429,2 W
celkem	517,79				3 628,2 W
Tepelné vazby		$\Delta U_{em} = \Sigma A * \Delta U * (t_{int,e} - t_e)$			828,5 W
char.konstrukce $\Delta U =$		0,05	S mírnými tepelnými mosty		
Ztráty prostupem celkem		$Q_T = \Sigma Q_{T,i} + \Delta U_{em}$			4 456,6 W
Množství vzduchu přirozeným větráním $V_{min,i} = V_m * n_{min}$					
V _m	420,53		V _{min,i}		
n _{min}	0,50		210,27		
Ztráta větráním $Q_V = V_{min,i} * p.c * (t_{int,i} - t_e)$					2 287,7 W
p.c=	0,34				
Celková ztráta obálkou objektu		Q = Q_T + Q_V			6 744,3 W

Zdroj: Vlastní práce.

5.14. Okna a Dveře

Jak již bylo zmíněno v předchozí části okna a vchodové dveře jsou nové a již plní požadavky normy ČSN 73 0540 ze zdroje [6]. Certifikáty a popis oken je přiložen v příloze. Rozměry oken a specifikace oken jsou popsány v „5.3 Výplně otvorů – Okna a dveře stávající stav“.

Tabulka 41: Okna a dveře stávající a porovnání s požadavky.

Popis	Šířka	Výška	U celkové	Požadované	doporučené
			U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{N20} (W.m ⁻² .K ⁻¹)	U _{N20} (W.m ⁻² .K ⁻¹)
Okna	1,54	1,31	0,94	1,5	1,2
Dveře	1,15	2,20	1,2	1,5	1,2

Zdroj: Vlastní práce, požadavky ze zdroje [6]

U oken by bylo možné snížit tepelné ztráty instalací předokenních rolet, které by byly zatepleny a díky tomu by bylo možné snížit tepelné ztráty, které jsou v případě dveří totožné s doporučenou hodnotou.

5.15. Měření termovizní kamerou

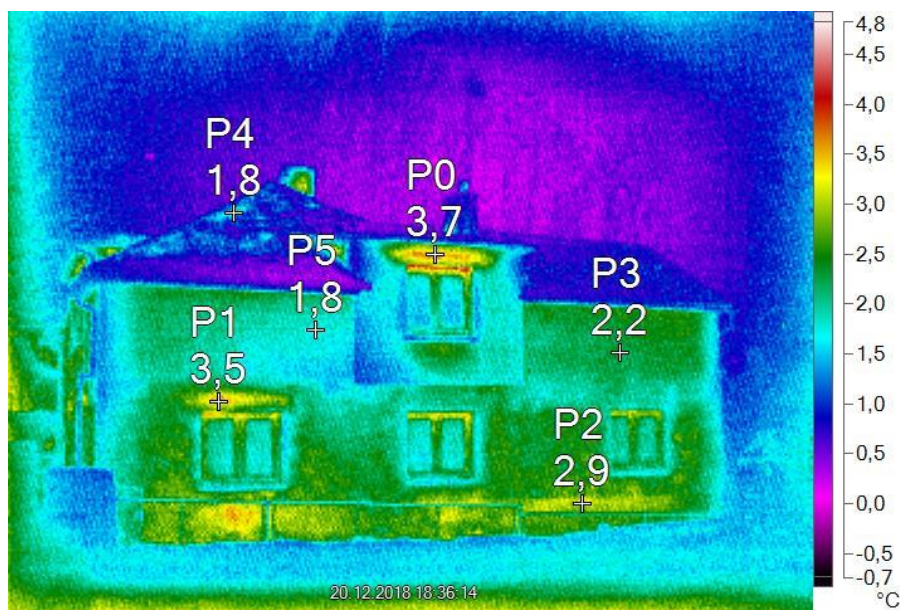
Pro názornost tepelných ztrát byly pomocí termovizní kamery pořízeny snímky objektu. Na snímcích jsou patrné rozdíly tepelných ztrát a je možné identifikovat i tepelné mosty. Termovizní měření bylo realizováno termokamerou Fluke 32 se širokouhlým objektivem, dne 20. 12. 2018 v 17:30 hod. Teplota a vlhkost vzduchu byla monitorována v 15 minutových intervalech pomocí Dataloggrů. Přístroje byly umístěny 2x v interiéru a 1x exteriéru po dobu 7 dní, data se zapisovala do interní paměti a následně byly přeneseny do PC a vyhodnoceny. Teplota vzduchu v exteriéru v době pořízení snímků byla – 0,3 °C a vlhkost 90,7 %, a teplota vzduchu v interiéru 19,2 °C a vlhkost 56,8 %.

Obrázek 22: Pohled ze severní strany objektu.



Zdroj: Vlastní práce.

Obrázek 23: Termosnímek severní pohled



Zdroj:[33]

6. Výsledky a diskuze

I starší objekty je možné zateplit a dodržet všechny požadované normy a požadavky. Je možné z těchto energeticky nevyhovujících a náročných staveb udělat energeticky úsporné objekty, a přitom i zachovat vnitřní hygienické podmínky na požadované úrovni. Vše je závislé na použitých technologiích a snaze chtít s tím něco udělat. Na reálném objektu jsem ukázal možnost, jak efektivně snížit náklady na vytápění, poukázal jsem na možnosti, které mohou nastat při špatně použité technologii a materiálech. Nemovitost pro diplomovou práci jsem vybíral z praktického důvodu. Tento objekt je před plánovanou rekonstrukcí a plánovaným zateplením. Výměna výplní otvorů sice již byla realizovaná, ale další klíčové kroky teprve přijdou.

V teoretické části práce jsem probral možné technologie a materiály pro plánované zateplení jak obvodových stěn, tak střešní konstrukce a podlahy na úrovni terénu.

V praktické části jsem vybíral technologie, materiály a jejich různé kombinace dle požadavku. Z několika variant jsem vybíral ekonomickou variantu, ale i variantu, u které nedošlo k porušení hygienických předpisů. U původního objektu, který měl energetickou náročnost 21 407,6 W a jehož náklady na topnou sezonu byly 45 000 Kč, je realizací zateplení možné snížit náklady od 8,9 % po 68,5 % takže je možné ušetřit za topnou sezonu až o cca 30 823 Kč. Návratnost tohoto zateplení bude

dlouhá, ale díky dotačnímu programu „Nová zelená úsporám“ je možné získat na zateplení dotaci. Pro obvodové stěny je dotace v rozmezí od 500 do 800 Kč.m⁻², zateplení střechy od 500 do 800 Kč.m⁻², a zateplení podlahy na úrovni terénu od 500 do 800 Kč.m⁻².

Zateplovat starší objekty je náročné a je nutné se vypořádat s problémy, které novostavby nemají. Ale i staré objekty jsou schopny po správně zhotovené rekonstrukci a zateplení dále sloužit a poskytnout potřebný komfort jako novostavby.

V neposlední řadě je nutné spolu se zateplením také pamatovat na vnitřní klima objektu a jeho efektivní řízení větrání, které bude spolupracovat s technologií daného objektu. Jen tak je možné bez problémů využívat nemovitost a nemít strach z možných zdravotních nebo ekonomických následků realizace zateplení.

7. Závěr a doporučení

Na základě této diplomové práce bych doporučil starší objekty zateplit, a to vždy po řádném průzkumu a seznámení se s daným objektem a jeho stavem. Vždy probrat kroky s nezávislými energetickými specialisty, kteří jsou certifikováni pro tuto problematiku. Nedat na rady takzvaných „Specialistů z obchodních řetězců“, kteří doporučují jen jejich produkty, popřípadě produkty, které prodávají. Vždy si pamatovat, že energie budou stále dražší.

Nebát se investovat prostředky na zateplení a regulaci vnitřního prostředí, protože tyto prostředky se vždy vrátí ve formě kvalitního a zdravého bydlení. Vždy používat zdravý rozum a s daným problémem jít za odborníkem, který tomu rozumí a je schopen navrhnout, poradit, popřípadě nasměrovat. Nebát se zaplatit pár tisíc na začátku za konzultaci než na konci opravovat špatně provedené zateplení a v horším případě litovat s trvalými zdravotními následky.

8. Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] Bernhard Serexhe. Izolace a zateplování, Udělej si sám. Vydalo nakladatelství Computer Press, a.s. Holandská 3. 639 00 Brno 2011. 1. Vydání. 96 stran. ISBN 978-80-251-3610-2
- [2] doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. Větrání rodinných a bytových domů. Vydala Grada Publishing, a.s. U Průhonu 22, Praha 7. 1.Vydání, Praha 2014. 96 stran. ISBN 978-80-247-4573-2
- [3] Mgr. Pavel Velfel a kolektiv. Energie pro rodinný dům. Nakladatel: Mgr. Pavel Velfel - Paradise Studio, Edvarda Beneše 1562, 500 12 Hradec Králové 12, Červenec 2010. 174 stran. ISBN 978-80-254-7679-6
- [4] Ulrich E. Stempel. Zateplení a rekonstrukce rodinného domu. Vydala Grada Publishing, a.s. U Průhonu 22, Praha 7. 155 stran. ISBN 978-80-247-4808-5
- [5] Jan VAŠUT s.r.o., Opravit dům? To zvládneš. Překlad © Jan Hlavička, 2011, 2012, 2015. vydalo nakladatelství Jan Vašut s.r.o., Pod Vodovodem 917/6, 15800 Praha 5. v roce 2015. z německých vydání „Wärmedämmung fürs Haus“ , „Malen und verputzen“ a „Kellerausbau“ . Heinrich Bauer Zeitschriften KG, Hungary, Germany, © 2009 by Derby Verlag & Medien GmbH, Köln, Germany. Lic.: agentur Dr.Ivana Beil, Schollstr. 1, D-69469 Weinheim. Tisk: GRASPO CZ, a.s., Pod Štemberkem 324, 76302 Zlín, v roce 2015, ISBN 978-80-7236-947-8
- [6] Ing. Marcela Počinková, Ph.D., Ing. Danuše Čuprová, CSc., Ing. Olga Rubinová, Ph.D., Úsporný dům,1.vydání, vydalo nakladatelství CPRESS v Brně roku 2012 ve společnosti Albatros Media a.s., se sídlem Na Pankráci 30, Praha 4, číslo publikace 15868. 184 stran. ISBN 978-80-264-0014-1
- [7] Tepelné izolace - katalog tepelných izolací | Izolace-info.cz. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | Izolace-info.cz [online]. Copyright © 2008 [cit. 09.02.2019]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/katalog/>
- [8] ISOVER: Katalogy, ceníky a dokumentace k produktům ke stažení. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2019 [cit. 10.02.2019]. Dostupné z: https://www.isover.cz/dokumenty/list?sorting_documentation=Popularity&f%5B0%5D=field_document_tr_language%3A316&f%5B1%5D=field_document_tr_category%3A501

- [9] Tzbinfo, *Nejnavštěvovanější odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov, Zateplovací systémy ETICS*, [online]. Copyright © 2019 [cit. 10.02.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/303-zateplovaci-systemy-etics>
- [10] Tepelné mosty a zisky: jak na ně? - Pasivnidomy.cz. Centrum pasivního domu - Pasivnidomy.cz [online]. Copyright © 2006 [cit. 11.02.2019]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/tepelne-mosty-a-zisky-jak-na-ne/t4061>
- [11] Kontaktní zateplení z pohledu Tepelných mostů hmoždinkami a jejich prokreslování [online], [cit. 11.02.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/8325-kontaktni-zatepleni-z-pohledu-tepelnych-mostu-hmozdinkami-a-jejich-prokreslovani>
- [12] Tepelné ztráty | Izolace-info.cz. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | Izolace-info.cz [online]. Copyright © 2008 [cit. 11.02.2019]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/aktuality/21684-tepelne-ztraty-a.html>
- [13] Vytápění, větrání, instalace, odborný recenzovaný časopis Společnosti pro techniku prostředí, Člen českého svazu VTS, vydává společnost pro techniku prostředí, Novotného lávka 5, Praha 1, vedoucí redaktor / editor doc. Ing. Vladimír Zmrhal Ph.D. , © Společnost pro techniku prostředí, ISSN1210-1389
- [14] Stavby IZOtrade s.r.o., Zateplování - Revitalizace - Rekonstrukce - Půdní vestavby | Zateplení budov. Stavby IZOtrade s.r.o., Zateplování - Revitalizace - Rekonstrukce - Půdní vestavby | O firmě [online]. Copyright © 2018 IZO TRADE S.R.O. [cit. 11.02.2019]. Dostupné z: <http://www.izotrade.cz/zateplovani/>
- [15] Roman Šubrt, Tepelné izolace v otázkách a odpovědích, Vydalo nakladatelství BEN – Technická literatura Praha 2008, 2. Doplněné vydání, 160 stran, Tisk: Marten, Obálka: Jan Mašek, Sazba: Jan Paroubek, Iveta Kubicová, ISBN: 978-80-7300-234-3, EAN: 9788073002343

[16] Plánujete nová okna? Jaké vlastnosti mají mít? | Bydlení IQ. Bydlení IQ [online]. Copyright © 2009 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <http://www.bydleni-iq.cz/temata/prestavby/planujete-nova-okna-jake-vlastnosti-maji-mit/>

[17] Zateplení starých budov - Zateplování fasád v otázkách a odpovědích | Izolace-info.cz. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | Izolace-info.cz [online]. Copyright © 2008 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/technicke-informace/zatepleni-starych-budov-zateplovani-fasad-v-otazkach-a-odpovedich/>

[18] Tepelné izolace | portál TZB-info | [online]. Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019, všechna práva vyhrazena. ISSN 1801-4399 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace>

[19] Jaký materiál je vhodný pro okna | Bydlení IQ. Bydlení IQ [online]. Copyright © 2009 [cit. 14.02.2019]. Dostupné z: <http://www.bydleni-iq.cz/temata/prestavby/jaky-material-je-vhodny-pro-okna/>

[20] Způsoby zateplení obvodového pláště domu | iSTAVITEL.CZ. Stavba, rekonstrukce a bydlení | iSTAVITEL.CZ [online]. Copyright © [cit. 14.02.2019]. Dostupné z: http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace/zpusoby-zatepleni-obvodoveho-plaste-domu_81

[21] Zateplovací, tepelně izolační omítky na fasádu . Zateplení fasád budov, bytových a panelových domů v Moravskoslezském kraji Kwaczek [online]. Copyright © 2019, Zbigniew Kwaczek [cit. 15.02.2019]. Dostupné z: <https://www.zatepleni-kwaczek.cz/zateplovaci-omitky>

[22] Systémová řešení pro sklep a spodní stavbu – vodorovně i svisle, Levigo systems gmbh - server administration. [online]. Dostupné z: https://www.doerken.com/cz/systemova-reseni/podsklepene-budovy/index.php#anchor_eacc29e7_Accordion-1-Svisl---pou--it--

[23] Nejčastější vady a jejich řešení při zateplení soklu, | portál TZB-info | [online]. Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019, všechna práva vyhrazena. ISSN 1801-4399 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/13156-nejcastejsi-vady-a-jejich-reseni-pri-zatepleni-soklu>

[24] Podnebí Mladá Boleslav – meteoblue, Copyright © 2006, [cit. 22. 2. 2019]. Dostupné [online] z: <https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/mlad%C3%A1-boleslav-%C4%8Cesko-3070544>

[25] Prostup tepla stavební konstrukcí, | portál TZB-info | [online]. Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019, všechna práva vyhrazena. ISSN 1801-4399 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci>

[26] Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů, | Datum: 22.9.2008 | Autor: prof. Ing. Jan Tywoniak, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, | portál TZB-info | [online]. Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019, všechna práva vyhrazena. ISSN 1801-4399 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/5088-metodika-hodnoceni-nizkoenergeticky-rodinnych-domu>

[27] Hájek, P. – a kol. *Konstrukce pozemních staveb 10*. 2. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 260 s. ISBN 01-02243-9.

[28] 6. TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU. Operační program Rozvoj lidských zdrojů, E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů, Číslo projektu: CZ.O4.01.3/3.2.15.2/0326, [online], [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/6.html>

[29] Syndrom nemocných budov. Příznaky, faktory, prevence | CRDR. *BOZP a PO - bezpečnost práce moderně a efektivně* | CRDR [online]. Copyright © 2019 CRDR spol. s r.o. [cit. 15.03.2019]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/syndrom-nemocnych-budov/>

- [30] Výsledky měření koncentrace CO₂ v ložnici, | Autor: Ing. Petr Bohuslávek, redakce | Recenzent: Ing. Renata Straková, | portál TZB-info | [online]. Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019, všechna práva vyhrazena. ISSN 1801-4399 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/17867-vysledky-mereni-koncentrace-co2-v-loznic>
- [31] Odpor při přestupu tepla, | portál TZB-info | [online]. Copyright © Topinfo s.r.o. 2001-2019, všechna práva vyhrazena. ISSN 1801-4399 [cit. 12.02.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla>
- [32] Zateplení fasád | Damar.cz. Zateplení fasád Ostrava | Damar.cz [online]. Copyright © 2019 [cit. 21.02.2019]. Dostupné z: <http://www.damar.cz/zatepleni-fasad/>
- [33] Termovize, měření termokamerou, serie temosn9mk; 2478-2482, Termohospital.cz. Termohospital.cz [online]. Copyright © [cit. 20. 02. 2019]. Dostupné z: <http://www.termohospital.cz/termovize-mereni-termokamerou>
- [34] Izolace | STAS stavebniny Rudice (Jedovnice, Blansko). STAS stavebniny Rudice (Jedovnice, Blansko) | Prodej stavebních materiálů [online]. Copyright © Copyright 2015 [cit. 24.03.2019]. Dostupné z: <https://www.stavebniny-stas.cz/sortiment/izolace/>
- [35] Rodinné domy – zateplení – Nová zelená úsporám. Nová zelená úsporám – Dotace pro úsporné bydlení [online]. Copyright © 2018 Státní fond životního prostředí ČR [cit. 21.03.2019]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zatepleni/>
- [36] Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu ČSN EN Ing. Petr Horák, Ph.D. - PDF. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 11.03.2019]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17312193-Tepelne-soustavy-v-budovach-vypocet-tepelneho-vykonu-csn-en-12-831-ing-petr-horak-ph-d.html>

[37] Společnost pro techniku prostředí - [online]. Copyright ©o [cit. 21.03.2019].
Dostupné z: http://www.stpocr.cz/?download=articles/vvi-2006-03_s114.pdf

Další zdroje:

- ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce. Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla. Výpočtová metoda (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 10 211-1 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích. Tepelné toky a povrchové teploty. Podrobné výpočty (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 10 077-1 Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Obecně (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 10 077-2 Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 2: Výpočtová metoda pro rámy (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 14 683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Lineární činitel prostupu tepla - Zjednodušené metody a orientační hodnoty. (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN ISO 13 370 Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody. (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN 673 Sklo ve stavebnictví - Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota U) - Výpočtová metoda.
- ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov. Terminologie a definice
- ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Požadavky (Revize z 2011 + změna z 2012)
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov. Návrhové hodnoty veličin.
- ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov. Výpočtové metody
- Zákon 318/2012 – O hospodaření s energií
- ČSN EN 832 (730564) – Tepelné chování budov. Výpočet spotřeby tepla na vytápění. Obytné budovy.
- ČSN EN ISO 52016-1– Energetická náročnost budov - Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení - Část 1: Postupy výpočtu. (Účinnost od 1. 4. 2018)
- ČSN EN 12831-1 – Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. (Účinnost od 1. 4. 2018)

9. Seznam obrázků a tabulek

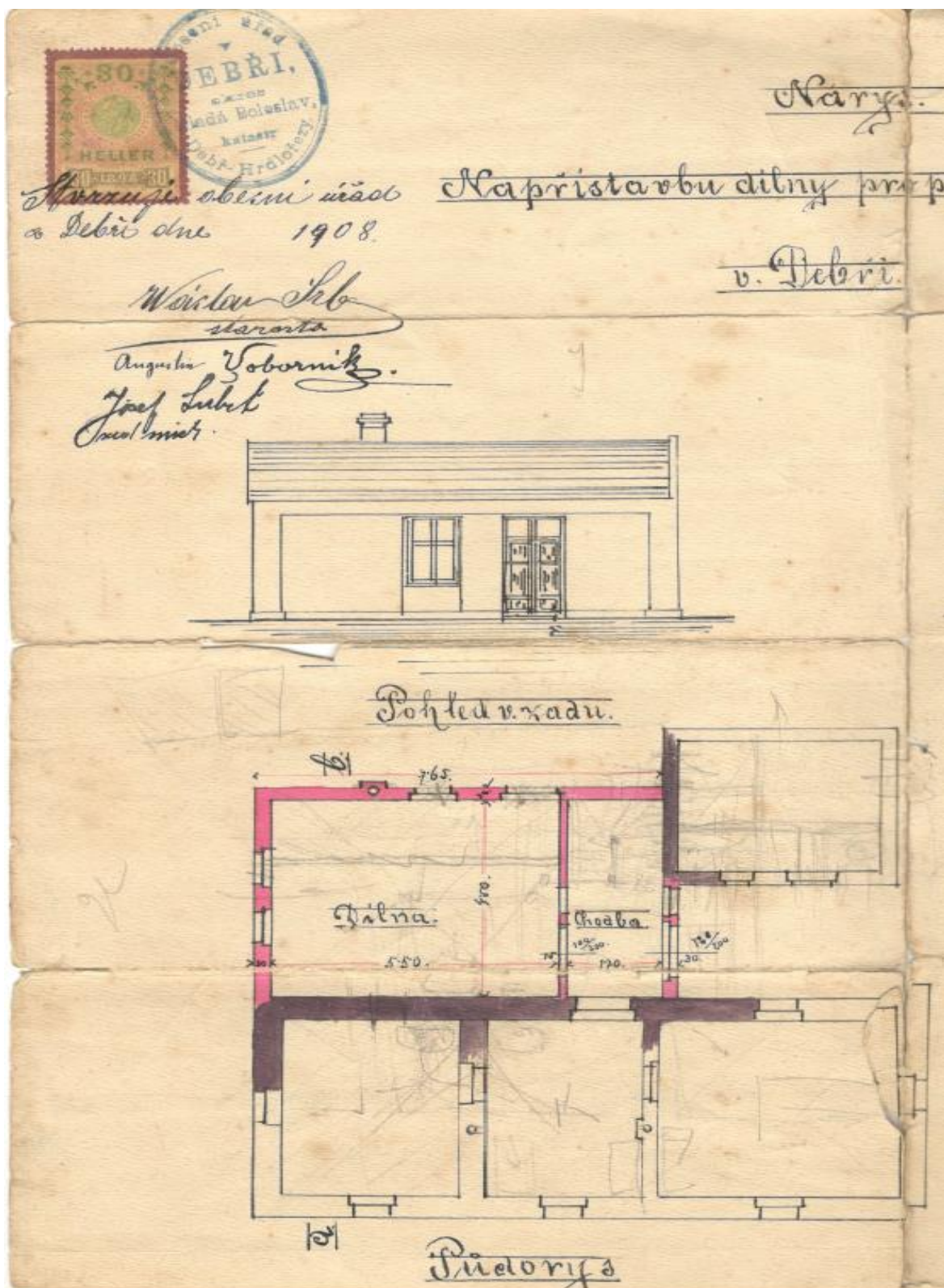
Obrázek 1: Tepelné ztráty u RD.....	4
Obrázek 2: Tepelné mosty - ve zdivu.....	6
Obrázek 3: Tepelné mosty termopohled.....	6
Obrázek 4: Pronikání chladu fasádou u oken.....	8
Obrázek 5: Rozvolněný EPS.....	11
Obrázek 6: Tvarovaný EPS.....	11
Obrázek 7: Tepelná izolace PIR.....	13
Obrázek 8: Celulósová izolace.....	15
Obrázek 9: Izolace z technického konopí.....	16
Obrázek 10: Okno Jednoduché, Špaletové a Zdvojené.....	19
Obrázek 11: Schéma kontaktního zateplení.....	23
Obrázek 12: Vnější provětrávané zateplení.....	25
Obrázek 13: Tepelně izolační omítka.....	26
Obrázek 14: Sendvičové izolační systémy.....	27
Obrázek 15: Průběh teplot ve zdivu v závislosti na zateplení.....	28
Obrázek 16: Zateplení základového pasu.....	29
Obrázek 17: Zateplení základového pasu II.....	29
Obrázek 18: Schéma užívaných rozměrů.....	36
Obrázek 19: Schéma umístění systémové hranice budovy.....	37
Obrázek 20: Popis nových oken osazených v objektu.....	55
Obrázek 21: Popis nových vstupních dveří.....	56
Obrázek 22: Pohled ze severní strany objektu.....	74
Obrázek 23: Termosnímek severní pohled.....	75

Seznam tabulek

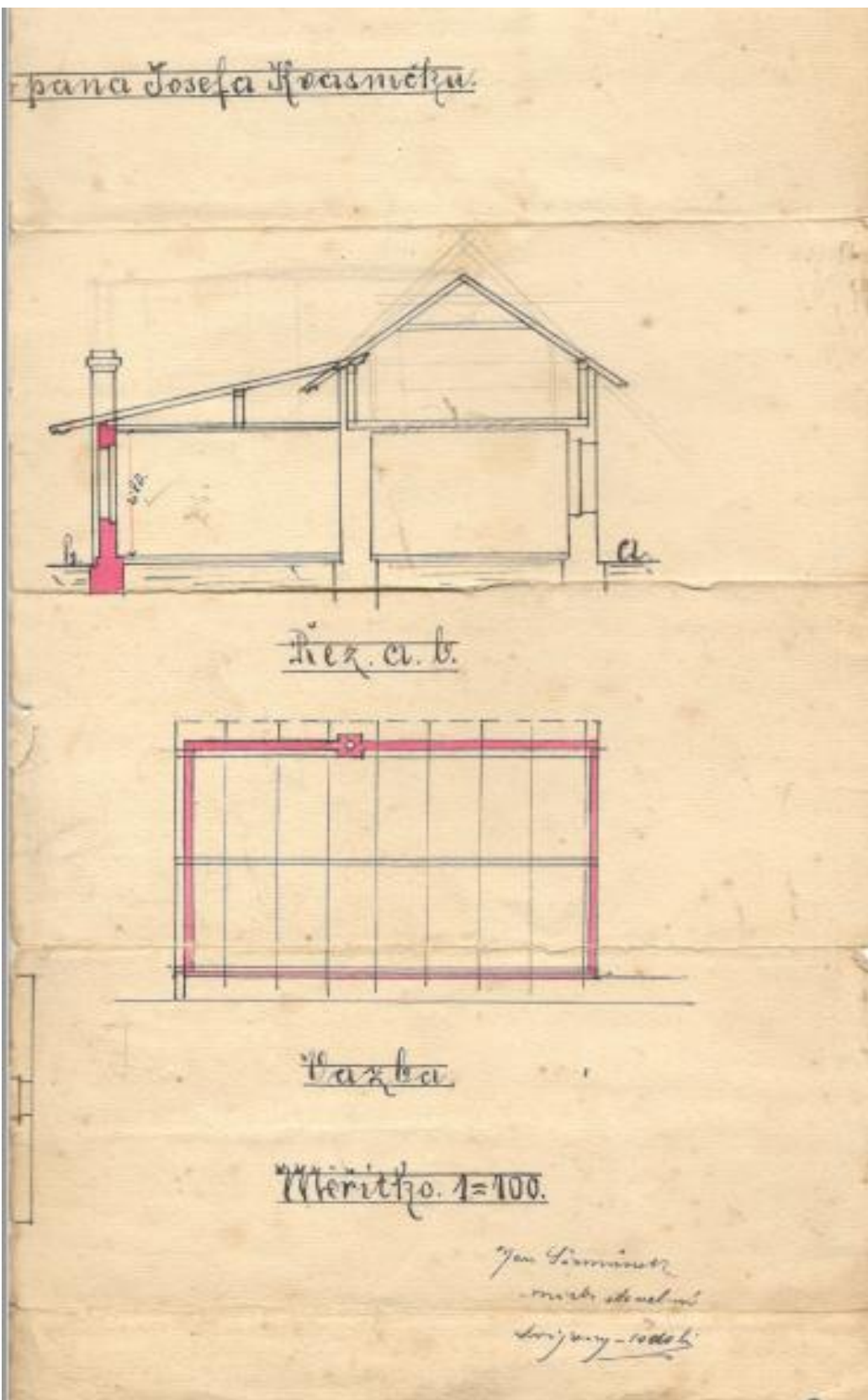
Tabulka 1: Podíl tepelných ztrát u RD.....	4
Tabulka 2: Koncentrace CO ₂ ve vnitřních prostorech budov.....	33
Tabulka 3: Relativní vlhkost vzduchu v obytných místnostech dle vyhlášky č.6/2003 Sb.....	34
Tabulka 4: Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech dle vyhlášky 6/2003 Sb.....	34
Tabulka 5: Odpor přestupu tepla R_{si} a R_{se}	38
Tabulka 6: Požadované a doporučené hodnoty U dle ČSN 73 0540-2.....	38
Tabulka 7: Zvýšení součinitele prostupu tepla ΔU	40
Tabulka 8: Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou budovy a klasifikační ukazatel CI.	42
Tabulka 9: Teploty vzduchu a množství odváděného vzduchu, hygienická zařízení, pobytné místnosti a zařizovací předměty.....	44
Tabulka 11: Doporučené hodnoty ČSN 730540-2.....	45
Tabulka 12: Stínící součinitel e.....	45
Tabulka 10: Hygienické minimum podle ČSN EN 12 831.....	45
Tabulka 13: Informace o variantách.....	53
Tabulka 14: Výpočet tepelného odporu obálky objektu.....	54

<i>Tabulka 15: Výpočet tepelného odporu střešní konstrukce.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka 16: Výpočet tepelného odporu podlahou na úrovni terénu.</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 17: Přehled stávajících konstrukcí.</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 18: Přehled variant zateplení.</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 19: Výpočet tloušťky tepelné izolace obvodové konstrukce - EPS.</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 20: Tepelná izolace EPS, kontaktní systém.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabulka 21: Výpočet tloušťky tepelné izolace obvodové konstrukce - minerální vata.</i>	<i>62</i>
<i>Tabulka 22: Tepelná izolace minerální vata, kontaktní systém.</i>	<i>62</i>
<i>Tabulka 23: Tepelná izolace minerální vata - provětrávaná fasáda.</i>	<i>63</i>
<i>Tabulka 25: Porovnání zateplení obvodového pláště.</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 24: Tepelná izolace minerální vata, provětrávaná fasáda.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabulka 26: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.1.</i>	<i>65</i>
<i>Tabulka 27: Skladba střešní konstrukce.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabulka 28: Výpočet tepelné izolace střešní konstrukce nad krokviemi.</i>	<i>66</i>
<i>Tabulka 29: Porovnání tepelné izolace, zateplení nad krokviemi.</i>	<i>66</i>
<i>Tabulka 30: Výpočet tepelné izolace střešní konstrukce nad a mezi krokviemi.</i>	<i>67</i>
<i>Tabulka 31: Porovnání tepelné izolace, zateplení nad a mezi krokviemi.</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka 32: Výpočet tepelné izolace střešní konstrukce pod a mezi krokviemi.</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka 33: Porovnání tepelné izolace, zateplení pod a mezi krokviemi.</i>	<i>69</i>
<i>Tabulka 34: Porovnání zateplení střešní konstrukce.</i>	<i>69</i>
<i>Tabulka 35: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.2.</i>	<i>70</i>
<i>Tabulka 37: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.3.</i>	<i>71</i>
<i>Tabulka 36: Nová skladba podlahy na úrovni terénu.</i>	<i>71</i>
<i>Tabulka 38: Přehled tepelných ztrát při aplikaci varianty 6.4.</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 39: Porovnání variant a celkové ztráty.</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka 40: Finální stav po zateplení objektu.</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka 41: Okna a dveře stávající a porovnání s požadavky.</i>	<i>74</i>

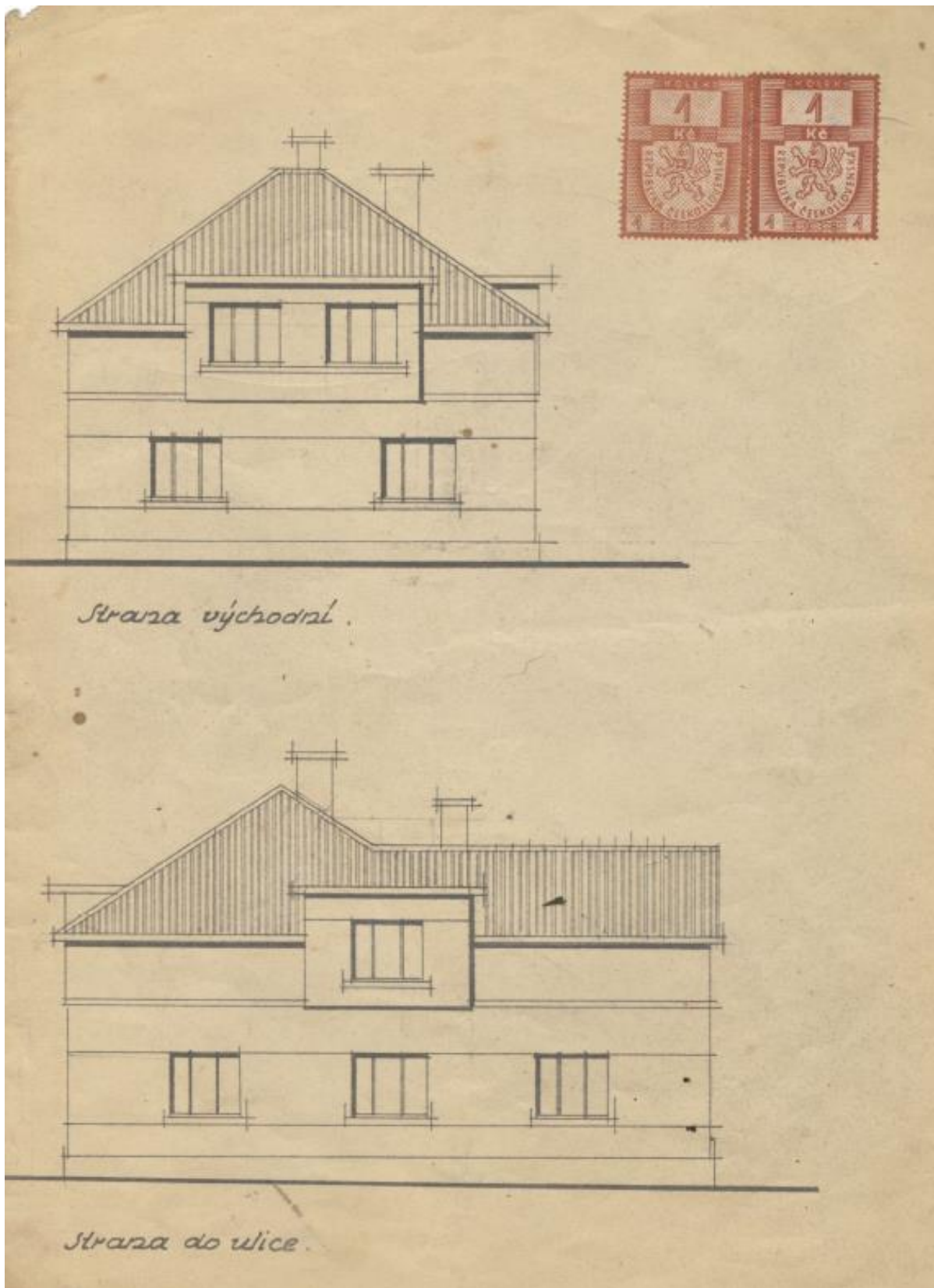
Příloha 1: Projektová dokumentace posuzovaného rodinného domku



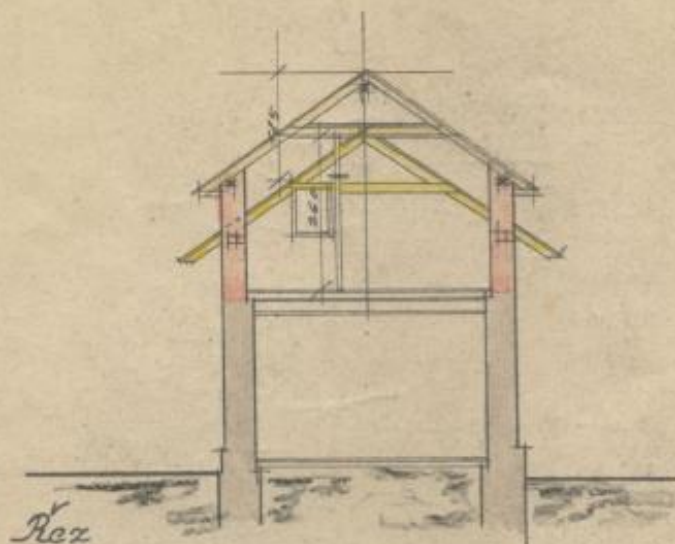
Scan původního provedení objektu před rekonstrukcemi v roce 1908.



Scan původního provedení objektu před rekonstrukcemi – pokračování z předchozí stránky. Zdroj: Vlastní práce.



Dokumentace k nástavbě domu z roku 1939.



*Plán na nástavbu I patra domu
čp. 16 v Debrži n./J. majil pl. Milada
Chaloupecká.*

Měřítko 1:100.

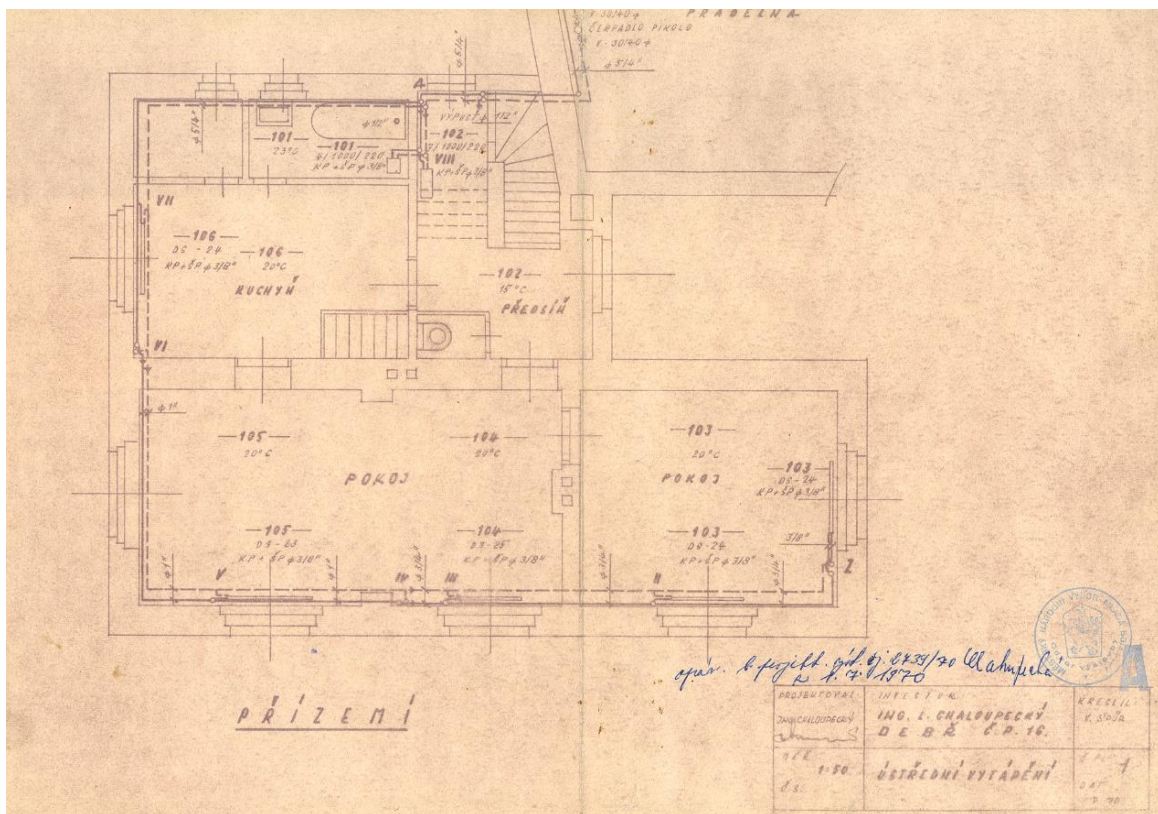
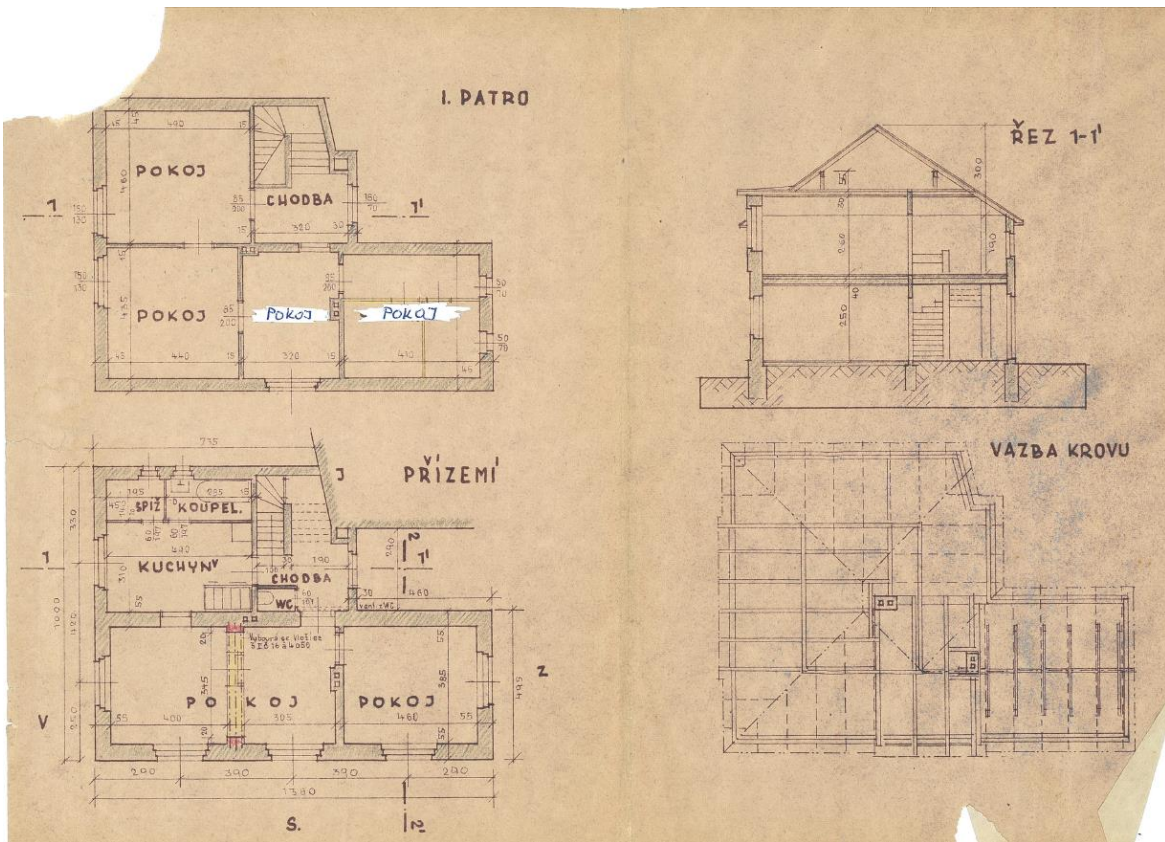
PROJEKTOVÁNÍ STAVBY
PODOL. A DŘEVĚNÝCH
JOSEF SEBEK
STAVITEL
BĚLÁ P. BEZD.

J. Sebek

v Bělé p. B. v dubnu 1939.

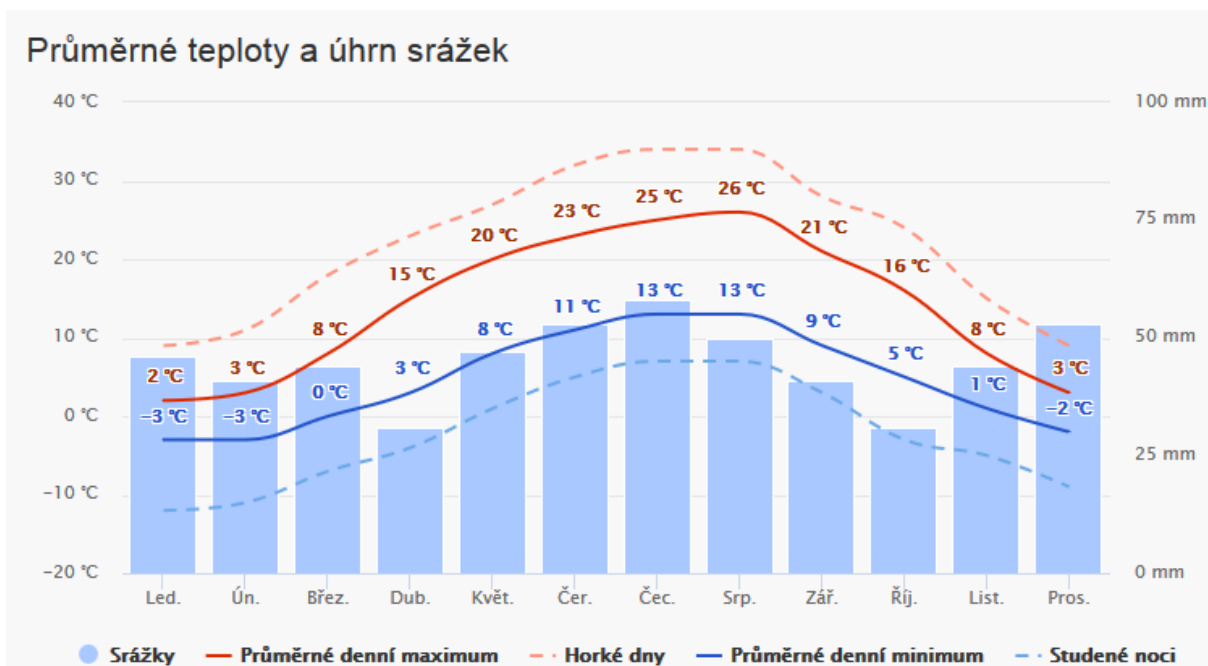
Dokumentace k nástavbě domu z roku 1939 - pokračování

Dokumentace k přístavbě a rekonstrukci v roce 1970



Rekonstrukce včetně otopné soustavy.

Příloha 2: Průměrné teploty a srážky Mladoboleslavsku



Zdroj: [24]

Příloha 3: Certifikáty pro dveře a okna



CENTRUM STAVEBNÍHO INŽENÝRSTVÍ a.s.
pracoviště ZLÍN, K Cihelně 304, 764 32 ZLÍN - Louky

v y d á v á

Žadatel: **SVĚT OKEN s.r.o.**
Jasenická 1254, 755 01 Vsetín

CERTIFIKÁT

na vlastnost výrobku
č. CV - 18 - 417/Z

Výrobek: **Plastové vnější (vchodové) dveře, systém GEALAN S 8000 IQ**
Výrobce: **SVĚT OKEN s.r.o., Jasenická 1254, 755 01 Vsetín**

Popis:

Provedení	Vnější (vchodové) dveře jednokřídlové, dovnitř a ven otevíravé
Zárubeň a křídlo	Zárubňový profil č. 8010, 8012, 8013, 8014 s výztuhou č. 870151, 870551, 871451 křídlový profil č. 8076, č. 8042 s výztuhou č. 873252, 873651, svařitelné rohy č. 8443
Práh	Hliníkový profilovaný práh č. 748352, 748370, 7481, 8471
Výplň	Termoizolační výplně s $U_p = 1,1$; $U_p = 0,7$, $U_p = 0,6$ nebo izolační sklo ve složení: Planibel Clear 4 mm / 16 mm rámeček Chromatech Ultra nebo TGI nebo Swisspacer V, argon / Iplus Top 1.1 (Planibel TOP N+) 4 mm s $U_g = 1,1$ a další skla odpovídajícího složení s $U_g = 1,1$; $U_g = 1,0$; $U_g = 0,8$; $U_g = 0,7$; $U_g = 0,6$; $U_g = 0,5$ Plastová zasklívací lišta č. 7124 / 7134 / 7136 / 7140 s koextrudovaným těsněním z vnitřní strany, vnější těsnění č. 3152
Těsnění	Navlékané vnitřní č. 3184 a vnější koextrudované, prahové těsnění č. 3158
Kování	zámek KfV AS 2750, případně G-U nebo MACO, 3 ks rektifikovatelných závěsů

Výsledek:

Název ověřovaného parametru	Zkušební metoda	Výsledky
Průvzdušnost	ČSN EN 1026	třída 4
Vodotěsnost	ČSN EN 1027	bez průniku vody do 300 Pa
Odolnost proti zatížení větrem (zkušební tlak pro třídu zatížení 1)	ČSN EN 12211	relativní čelní průhyb < 1/300, funkční, bez viditelných deformací
Součinitel prostupu tepla U_D (v pořadí podle uvedených výplní)	ČSN EN ISO 10077-1	1,3 / 1,1 / 1,0 / 1,4 / 1,3 / 1,2 / 1,1 / 1,1 / 1,0 W/(m ² .K)

Tímto certifikátem se potvrzuje shoda uvedených vlastností výrobku s hodnotami deklarovanými výrobcem:

Vyhovuje:	ČSN EN 12207 průvzdušnost:	třída 4
	ČSN EN 12208 vodotěsnost:	třída 7A
	ČSN EN 12210 odolnost proti zatížení větrem:	třída C1
	ČSN 73 0540-2 součinitel prostupu tepla:	$U_{k,20} \leq 1,7$ W/(m².K)

Podklady: Protokol o počáteční zkoušce typu č. 1390-CPD-0486-10/Z vydaný CSI a.s. – NB 1390.

Certifikát platí pouze pro výrobek, jehož specifikace je podrobně uvedena v protokolech o zkouškách. Osvědčuje výše uvedené vlastnosti výrobku a neznamena ani nenahrazuje certifikaci podle zákona 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky.

Datum vydání: **25.07.2018**
Platnost do: **31.08.2020**
Vypracoval: **Ing. Milan Helegda, Ph.D.**



Ing. Vladan Panovec
vedoucí pracoviště



CENTRUM STAVEBNÍHO INŽENÝRSTVÍ a.s.
pracoviště ZLÍN, K Činěné 304, 264 32 ZLÍN - Louky

vydává

Žadatel: **SVĚT OKEN s.r.o.**
Jasenická 1254, 755 01 Vsetín

CERTIFIKÁT

na vlastnost výrobku
č. CV - 19 - 011/Z

Výrobek: **Plastová okna a balkónové dveře, systém GEALAN S 8000 IQ a S 8000 IQ Plus – třída A**

Výrobce: **SVĚT OKEN s.r.o., Jasenická 1254, 755 01 Vsetín**

Popis:

Provedení	Okna a balkónové dveře jednokřídlové a dvoukřídlové
Rám a křídlo	Rámový profil č. 5002, 5003, 8003, 8006, 8010, 8012, 8013 s výztuhou č. 770151, 770351, 771551, 871951, 779951, 870151, 870351, 875151, 875351, 875751, 875851, 871051, 876451, 870551, 870751, 871451 a křídlový profil č. 8063, 8065, 8068, 8078, 8081, 8084, 8092, 8094, 5008, 5009 s výztuhou č. 870351, 870451, 875351, 875451, 875751, 875851, 770351, 770451, 771551, 779951, 878951, 870651, klapačka č. 8302, 8304, 8080, sloupek č. 8038, 8039, 8040, 8043, 5005
Zasklení	IZ sklo ve složení: Planibel Clear 4 mm / 16 mm profil TGI nebo Swisspacer V nebo Chromatech Ultra, Argon / Planibel TOP N+ 4 mm s $U_g = 1,1$ a další skla odpovídajícího složení $U_g = 1,1$; $U_g = 1,0$; $U_g = 0,8$; $U_g = 0,7$; $U_g = 0,6$; $U_g = 0,5$ zasklivač lišta č. 7114 / 7118 / 7119 / 7122 / 7124 / 7126 / 7128 / 7129 / 7130 / 7134 / 7136 / 7138 / 7139 / 7140 / 7142 / 7144 / 7146 / 7154 / 7156 / 7162 / 7164 / 3108 s koextrudovaným těsněním
Těsnění	Koextrudované nebo nasazovací vnitřní a vnější těsnění
Kování	UNI – JET D, UNI – JET SC, EURO – JET nebo MACO

Výsledek:

Název ověřovaného parametru	Zkušební metoda	Výsledky
Průvzdušnost	ČSN EN 1026	třída 4
Odolnost proti zatížení větrem (zkušební tlak pro třídu zatížení 4 a 5)	ČSN EN 12211	relativní čelní průhyb < 1/300, funkční, bez viditelných deformací
Vodotěsnost	ČSN EN 1027	bez průniku vody do 600 Pa a do 750 Pa
Únosnost bezpečnostních zařízení	ČSN EN 14609	350 N
Součinitel prostupu tepla U_w (v pořadí podle uvedených U_g iz skel, hodnota v závorce je pro rámeček TGI a Chromatech Ultra)	ČSN EN ISO 10077-1	1,2 (1,2) / 1,1 (1,2) / 1,0 (1,0) / 0,94 (0,95) / 0,87 (0,88) / 0,80 (0,82) W/(m ² .K)

Tímto certifikátem se potvrzuje shoda uvedených vlastností výrobku s hodnotami deklarovanými výrobcem:

Vyhovuje: ČSN EN 12207 průvzdušnost:	třída 4
ČSN EN 12208 vodotěsnost:	třída E750 - balkónové dveře dvoukřídlové
ČSN EN 12210 odolnost proti zatížení větrem:	třída 9A - ostatní výrobky třída C4 - balkónové dveře dvoukřídlové
ČSN EN 14351-1+A2 únosnost bezpečnostních zařízení:	třída C5 - ostatní výrobky
ČSN 73 0540-2 součinitel prostupu tepla:	350 N $U_{N,20} \leq 1,5$ W/(m ² .K)

Podklady: Protokol o počáteční zkoušce typu č. 1390-CPD-0565-10/Z rev. 1 vydaný CSI a.s. – NB 1390.

Certifikát platí pouze pro výrobek, jehož specifikace je podrobně uvedena v protokolech o zkouškách. Osvědčuje výše uvedené vlastnosti výrobku a neznamenejí ani nenahrazuje certifikaci podle zákona 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky.

Datum vydání: **02.01.2019**
Platnost do: **31.01.2021**
Vypracoval: **Ing. Milan Helegda, Ph.D.**



Za:
Ing. Vladan Panovec
vedoucí pracoviště