

GYMNÁZIUM CHEB

MATURITNÍ PRÁCE Z FYZIKY

Tepelná izolace budov

Cheb, 2015

Kateřina POKORNÁ, IV. E

Prohlášení

Já, Kateřina Pokorná, narozena 26. 3. 1996, čestně prohlašuji, že jsem tuto maturitní práci na téma: „**Tepelná izolace budov**“ vypracovala samostatně pouze za použití zdrojů vypsanych v kapitole č. 6.

V Chebu dne 29. 3. 2015



podpis autora

Obsah

Prohlášení.....	2
Obsah.....	3
1 Úvod	4
2 Teorie.....	5
2.1 Šíření tepla.....	5
2.1.1 Tepelná výměna vedením	5
2.1.2 Tepelná výměna zářením	6
2.1.3 Tepelná výměna prouděním.....	7
2.2 Tepelná vodivost	7
2.3 Tepelný izolant	8
2.2.1 Polystyren.....	8
2.2.2 Minerální vlna.....	9
3 Metodika měření.....	11
3.1 Úkol.....	11
3.2 Pomůcky k měření	11
3.2.1 Termovizní kamera	11
.....	12
3.2.2 Teploměr a pravítko	12
3.3 Podmínky měření	12
3.4 Postup měření	12
3.5 Analýza fotografií v počítači	13
4 Měření.....	14
4.1 První měření.....	14
4.2 Druhé měření	15
4.2.1 Objekt č. 1.....	16
4.2.2 Objekt č. 2.....	18
4.2.3 Objekt č. 3.....	20
5 Závěr a diskuze	22
6 Seznam použité literatury	24
7 Přílohy.....	25
7.1 Fotodokumentace	25
7.2 Technické parametry termovizní kamery FLIR E60	26
7.3 Termografy při 3 °C.....	27

1 Úvod

Tématem mé maturitní práce je „Tepelná izolace budov“. Toto téma jsem si vybrala, protože mě zajímá, jakým způsobem uniká teplo z budov a práce s termovizní kamerou. Ve své práci se zaměřím na porovnání zateplení budov, které byly postaveny ve stejném období, ale v současnosti jsou tepelně izolované různými tloušťkami zateplovacího materiálu. Při práci použiji fotky z termovizní kamery, které mi pomohou zjistit, který zateplovací materiál je nejlepším izolantem a upřesnit místa, kde uniká nejvíce tepla. Poté se budu zabývat tím, co tyto úniky způsobilo. Myslím, že tato práce může pomoci při řešení problému s nadměrným únikem tepla, způsobeným nesprávným použitím zateplovacího materiálu a ukázce, na kterých místech budov je izolace potřebná nejvíce. Téma tepelné izolace budov je v dnešní době velmi oblíbené, protože každý chce ušetřit peníze a zrovna správná izolace nám může mnoho peněz ušetřit.

2 Teorie

Obsahem této kapitoly je vysvětlení použitých termínů. Na úvod by bylo vhodné vysvětlit, co to teplo je. Teplo Q je určeno energií, kterou při tepelné výměně odevzdá těleso s nižší teplotou tělesu s teplotou vyšší. Jednotkou tepla je J (joule). V některých případech je v této práci použit i termín tepelná energie. Množství přijatého tepla se vypočítá vztahem $Q = mc\Delta T$, kde m je hmotnost soustavy, c je měrná tepelná kapacita a ΔT je rozdíl počáteční teploty T_0 a koncové teploty T_1 ($\Delta T = T_1 - T_0$).

Teplo popisuje procesy, které se odehrávají uvnitř látky, kde se vykonává určitá mikroskopická práce. Teplo je dějovou fyzikální veličinou popisující termodynamický děj (posloupnost stavů systému), nikoli veličinou stavovou, popisující stav jediný.

Termodynamický děj neboli tepelný děj je děj, při kterém se mění stav látky, neboli se mění jedna ze stavových veličin. Mezi stavové veličiny patří např. teplota (izotermický děj), tlak (izobarický děj), objem (izochorický děj), teplo (adiabatický děj).

2.1 Šíření tepla

Šíření tepla neboli termokinetika je jedním ze způsobů přenosu tepla. Teplo se vždy šíří od místa s nižší teplotou k místu s vyšší teplotou. Tepelná výměna je děj, při kterém se neuspořádaně pohybující se částice teplejšího tělesa srážejí s částicemi tělesa chladnějšího a předávají si část své energie. Rychlé částice zrychlují pomalejší a pomalé částice zpomalují rychlejší. Přenos vnitřní energie probíhá tepelnou výměnou vedením, zářením a prouděním.

2.1.1 Tepelná výměna vedením

Tepelná výměna vedením neboli kondukce je fyzikální děj, při kterém energie samovolně přechází z míst o vyšší teplotě na místa o teplotě nižší, než by přitom současně dochází k pohybu prostředí, ve kterém se přenos tepla uskutečňuje. Při tomto přenosu tepla mají molekuly s vyšší teplotou větší kinetickou energii, kterou částečně předává pomocí srážek molekulám s menší kinetickou silou.

Vedení tepla obvodovou zdí se významně podílí na tepelných ztrátách při vytápění domu. Teplo Q přenesené zdí z vnitřku prostředí o teplotě T_1 do vnějšího prostředí o teplotě T_2 za dobu t je dáno vztahem $Q = \lambda S \frac{(T_1 - T_2)}{d} t$, kde S je plocha zdi, d je její tloušťka a λ je součinitel tepelné vodivosti.

Tepelný tok I je množství tepla přenesené za jednotku času $I = \frac{Q}{t} = \lambda S \frac{(T_1 - T_2)}{d}$. Jednotkou tepelného toku je $J \cdot s^{-1} = \text{watt}$

Tepelný odpor R zdi o tloušťce d : $R = \frac{d}{\lambda}$

Tepelný tok I zdi plochy S : $I = S \frac{(T_1 - T_2)}{R}$. Tepelný tok zdi se může snížit větší tloušťkou nebo lepší izolací.

2.1.2 Tepelná výměna zářením

Tepelné záření je, neboli sálání tepla je infračervené elektromagnetické záření o vlnových délkách v rozmezí 10^{-3} m až $7,6 \cdot 10^{-7}$ m. Při tepelné výměně záření dochází k pohlcování a vyzařování elektromagnetických vln. Při tepelné výměně záření není potřeba žádné látkové prostředí, jelikož elektromagnetické záření ke svému pohybu nepotřebuje hmotu. Vnitřní energie tělesa, které energii vyzáří, se zmenší o to, co vyzáří. Když tepelné záření dopadne na jiné těleso, část záření se odrazí, část tělesem projde a zbytek těleso pohltí. Vnitřní energie tělesa se zvýší o to, co těleso pohltí. Největší zdroj tepelného záření je Slunce.

2.1.3 Tepelná výměna prouděním

Tepelná výměna prouděním probíhá pouze v tekutinách (kapaliny, plyny) a plazmatu. V této výměně dochází k proudění hmoty o různé teplotě. K pohybu jednotlivých částí dochází kvůli odlišným hustotám, kdy má část hmoty o vyšší teplotě menší hustotu a tím pádem v tíhovém poli stoupá vzhůru, zatímco část hmoty s nižší teplotou má hustotu vyšší a v tíhovém poli klesá. Tím dochází k přenosu energie z míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší. Tento děj se vyskytuje např. v atmosféře při cirkulaci vzduchu, v oceánech při pohybu oceánských proudů nebo na Slunci, kde se plazma z nitra hvězdy dostává na povrch.

2.2 Tepelná vodivost

Tepelná vodivost vyjadřuje schopnost látky nebo konstrukce (např. zdi) vést teplo. Vyjadřuje rychlost, jakou se přenáší teplo z části látky s vyšší teplotou do části látky, která má teplotu nižší. Tepelnou vodivost vyjadřuje součinitel tepelné vodivosti λ , ten vyjadřuje výkon neboli teplo za jednotku času, který projde každým čtverečním metrem desky, která je tlustá jeden metr, jejíž jedna strana má o jeden kelvin vyšší teplotu než druhá strana. Jednotkou je watt na metr a kelvin a značka jednotky je $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Lambda je materiálová konstanta. Vysokou tepelnou vodivost mají kovy jako je měď, která se používá v drátech vodičí elektřinu, zlato a stříbro, které se ve vodičích nevyužívají, protože jsou mnohem dražší než měď. Jsou to tepelné vodiče, jelikož mají vysokou rychlost vedení tepla a vysoký součinitel tepelné vodivosti. A naopak nízkou tepelnou vodivou mají tepelné izolanty, látky s nízkou rychlostí vedení tepla a nízkým součinitelem tepelné vodivosti, jako je polystyren, pěnový polystyren nebo minerální vlna. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti naleznete v MFChT.

Látka	$\frac{\lambda}{W}$ $m \cdot K$
měď	400
stříbro	420
zlato	310
polystyren	0,16
polystyren pěnový	0,03
minerální vlna	0,043

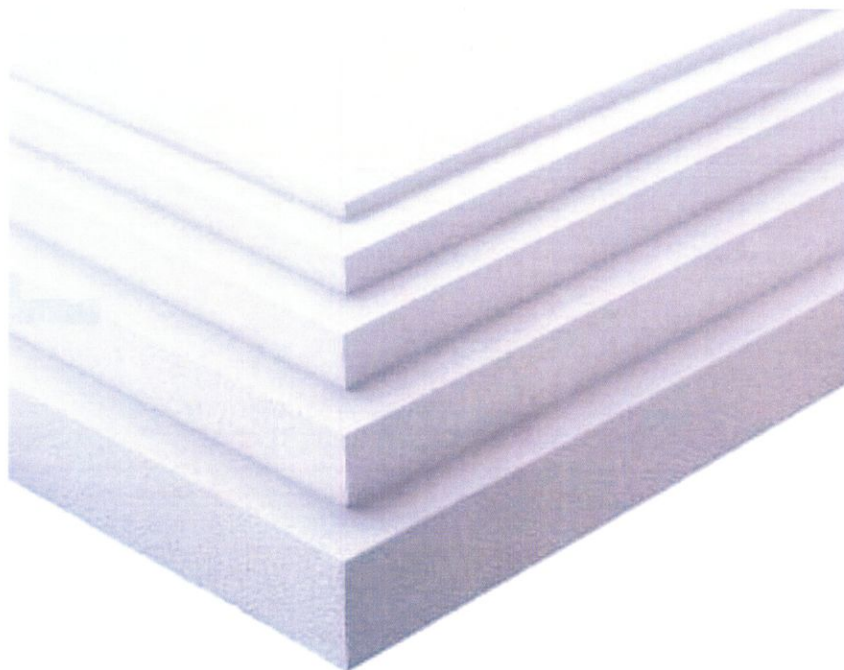
Tabulka 1: Hodnoty tepelné vodivosti vybraných látek

2.3 Tepelný izolant

Tepelný izolant je látka, která má nízkou rychlost tepelnou vodivost a nízký součinitel tepelného vedení. Izolanty mají velmi málo volných elektronů, z toho vyplývá, že průběh tepelné výměny vedením probíhá pomalu. Nejlepšími tepelnými izolanty jsou kapaliny a plyny, které vedou tepelnou energii vedením pomalu, mnohem lépe vedou tepelnou energii prouděním. Z toho vyplývá, že nejlepšími izolanty z pevných látek jsou takové, které v sobě obsahují velké množství plynu, především vzduchu např. vaty a vlny. Ve stavebnictví se často používají jako izolant cihly s dutinami. Dobrymi izolanty bez vzduchu jsou plasty, jako je polystyren, polyuretan nebo bakelit.

2.2.1 Polystyren

Polystyrenové desky jsou nejpoužívanější izolační materiál k zateplování budov. Polystyren se rozděluje podle toho, jestli dokáže odvádět vlhkost z domu nebo ne, podle tloušťky (od jednoho do několika centimetrů) a podle toho, jaké místo zatepluje (střecha, fasáda, podlaha). Použití polystyrenu má mnoho výhod, jako je nízká nasákavost vody, odolnost proti stárnutí, nízká tepelná vodivost, nízká hmotnost a mechanická a chemická odolnost, ale má i nevýhody jako je omezená tepelná odolnost asi do 70 °C a hořlavost.



Obrázek 1: Zateplovací desky z polystyrenu

Převzato z: <http://www.zateplovanie.eu/>

2.2.2 Minerální vlna

Minerální vlna je vyrobena z minerálních vláken. Používá se k tepelné, zvukové a protipožární izolaci. Existují dva druhy minerálních vln podle toho, z jaké suroviny jsou vyrobeny. Rozdělují se na kamennou (vyrobena z čedič, diabas, vysokopeční struska) a skelnou (písek a sklo). Výhody jsou výborná tepelná izolace, odpudivost vody, paropropustnost, nehořlavost, pohlcuje zvuk, nenapadají ji plísně, houby ani bakterie.

1.



Obrázek 2: Zateplovací minerální vlna

převzato z: <http://www.novinky.cz/bydleni/jak-na-to/328368-dukkladna-izolace-snizi-vydaje-za-teplo.html>

3 Metodika měření

V této kapitole maturitní práce je popsán postup měření a pomůcky, které jsem k měření využila.

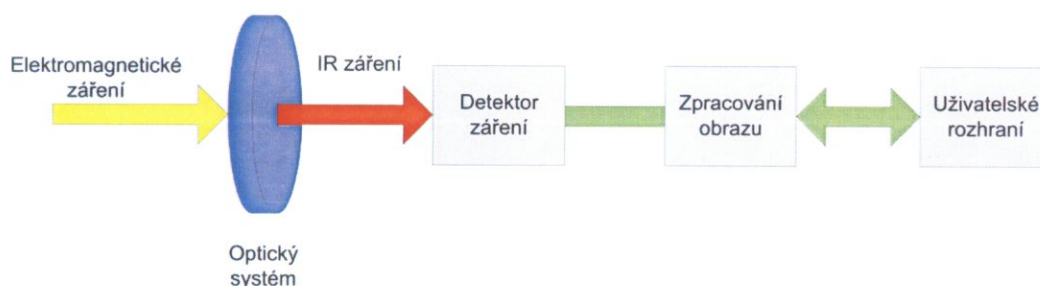
3.1 Úkol

Přístroj, který jsem použila pro zrealizování měření, je termovizní kamera, kterou budu fotografovat budovy, které jsou objektem mého měření. Budu u nich zkoumat a porovnávat jak je použitý zateplovací materiál účinný a zjišťovat, na kterých místech budovy uniká nejvíce tepla. Cílem měření je určit materiál, který propouští nejméně tepla z budovy.

3.2 Pomůcky k měření

3.2.1 Termovizní kamera

Při zpracování práce jsem použila termovizní kameru FLIR E60, kterou jsem si vypůjčila ve škole (Gymnázium Cheb). Tato kamera je na českém trhu prodávána za téměř 250 000 Kč. Termovizní kamera pracuje na principu bezdotykového měření teploty tělesa snímáním tepelného (infračerveného) záření, a zobrazuje ho ve viditelném spektru barev. Pracuje na stejném principu jako digitální fotoaparát či kamera. Snímané elektromagnetické záření projde do optického systému termovizní kamery, který propustí dál jen infračervené záření. To pokračuje do detektoru záření, kde se infračervené záření přemění na elektrický signál, zpracuje se a zobrazí se na obrazovce.



Obrázek 3: Schéma termovizní kamery

Převzato z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>

3.2.2 Teploměr a pravítko

Teploměr jsem použila k zjištění venkovní teploty, když jsem měřila termovizní kamerou. Pravítko jsem použila k změření tloušťky izolantu použitého na budovách. Měřila jsem pravítkem, protože jsem ji nedokázala zjistit u majitelů.

3.3 Podmínky měření

Měření záviselo na povětrnostních podmínkách. Při měření nemělo svítit slunce, protože tepelné záření slunce by zkreslilo výsledek měření. Teplota fasády by se rapidně zvýšila, protože by přijala energii slunečního záření. Také nesmělo sněžit ani pršet, protože bych měla na fotkách chladné tečky nebo čárky. A hlavně by se mělo měření provádět za nízké venkovní teploty, čím nižší je, tím více se poznají chyby v zateplování fasády a rozdílů mezi jednotlivými druhy materiálů.

3.4 Postup měření

Měření jsem prováděla na chebském sídlišti Zlatý vrch, kde jsou panelové domy postavené ve stejném období a v současné době mají použité odlišné zateplovací materiály.

3.5 Analýza fotografií v počítači

Poté, co máme naměřené hodnoty, musíme analyzovat získané fotografie v počítačovém prohlížeči fotek. Na získaných fotografiích budu odhadovat teplotu fasády jednotlivých domů. Na fotografiích mám teplotní stupnici, kde je tepelné spektrum přednastavené a rozděleno barvami. Také budu hledat různé výkyvy od průměrné teploty fasády a ty budu vysvětlovat.

4 Měření

Při měření jsem využívala, jak již bylo zmíněno, termovizní kameru. Fotografie pořízené termo kamerou se nazývají termogramy. Infračervené záření není lidským okem vidět, proto se využívá pro vizualizaci fotografie paleta barev, kde ke každé barvě je přiřazena jiný odstín nebo odlišné barvy. Já si pro svoji práci vybrala standartní paletu DUHA.

4.1 První měření

Při prvním měření termovizní kamerou jsem si vyzkoušela, jak se kamera ovládá a jak ji nastavit, aby měřila co nejvěrohodněji. Měření probíhalo za denního světla při 3 °C. Po prozkoumání fotografií jsem se rozhodla měření opakovat, protože fotografie objektů byly prakticky stejné a nešli rozpoznat úniky tepla ani teplotní rozdíly různých druhů fasád. Dobře šli poznat jen rozdíly mezi zateplenou a nezateplenou budovou (viz obr. 2), ale tepelné mosty by se popisovali těžko, jelikož nejdou vidět.



Obrázek 4: Termogram nezateplené (vlevo) a zateplené (vpravo) budovy

Na obrázku č. 4 můžeme vidět dva objekty. Teplotu fasády můžeme určit podle teplotní stupnice, kterou máme v pravé části obrázku. Teplota fasády nezatepleného objektu vlevo je cca 5 °C, můžeme pozorovat o stupeň nižší teplotu na rozích domu, které jsou způsobeny prochladnutím betonových bloků. Teplota fasády zatepleného objektu vpravo je cca 3,5 °C, můžeme zde pozorovat jednotnější barvu, což znamená, že budova pokrytá vrstvou, která budovu chrání. T, že je to izolující vrstva poznáme právě díky nižší teplotě fasády. Důkazem, že je budova zateplena je reálná fotografie (viz obr. č. 5). Další fotografie při venkovní teplotě viz Přílohy.

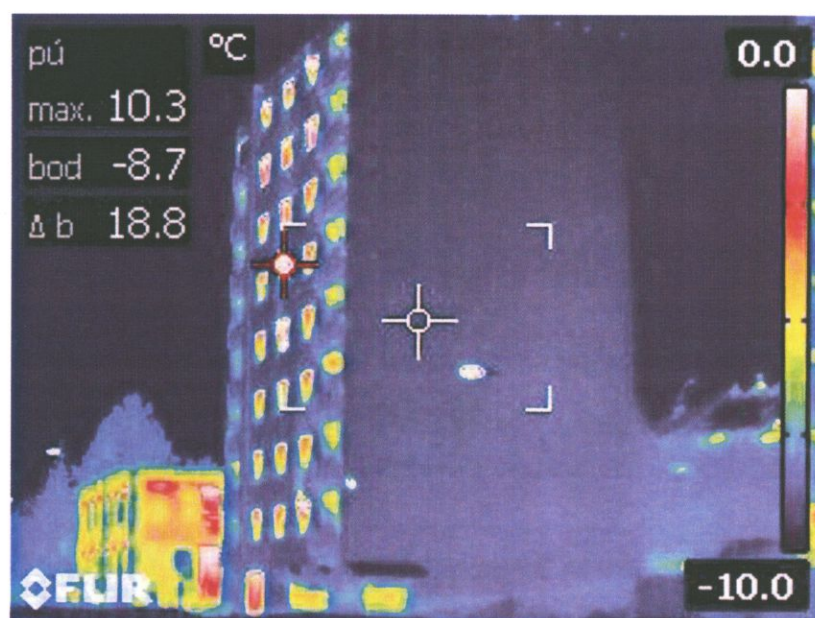


Obrázek 5: Reálná fotografie objektu

4.2 Druhé měření

Při druhém měření je venkovní teplota -3 °C. Tu jsem si změřila teploměrem a poté jsem začala nastavovat termovizní kameru. Jako první jsem obešla všechny budovy a zapsala si teplotní rozsahy u každé z nich, abych mohla určit jednotnou teplotní stupnici. Po zapsání hodnot jsem jako konečnou vybrala stupnici od -10 °C do 0 °C.

4.2.1 Objekt č. 1



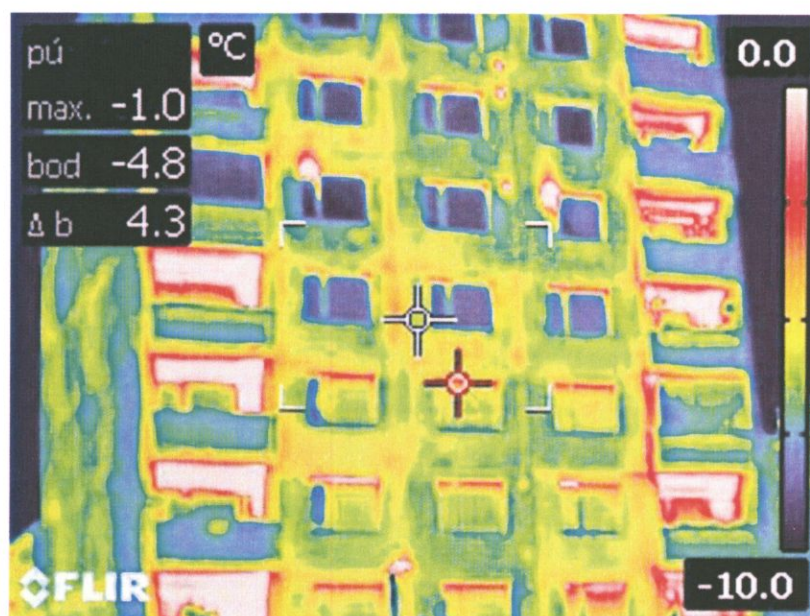
Obrázek 6: Termogram objektu č. 1



Obrázek 7: Reálná fotografie objektu č. 1

Na termogramu č. 1 můžeme vidět budovu zateplenou 120 mm polystyrenem, který ji izoluje velmi dobře. Teplota fasády je cca 9 °C. Z domu uniká teplo jen přes balkony (zelenožlutá barva v nejbližším sloupci), protože to zde není zateplené a tím pádem není vyřešen problém s vedením tepla z vnitřní do vnější části. Je to způsobeno geometrií konstrukce, jelikož balkon se nejjednodušeji vytvoří tak, že se jen prodlouží železobetonové panely, a proto zde může unikat teplo vedením. Jinak vidíme pouze úniky tepla z oken, které mají mikroventilaci. Teplá tečka uprostřed stěny je pouliční osvětlení.

4.2.2 Objekt č. 2



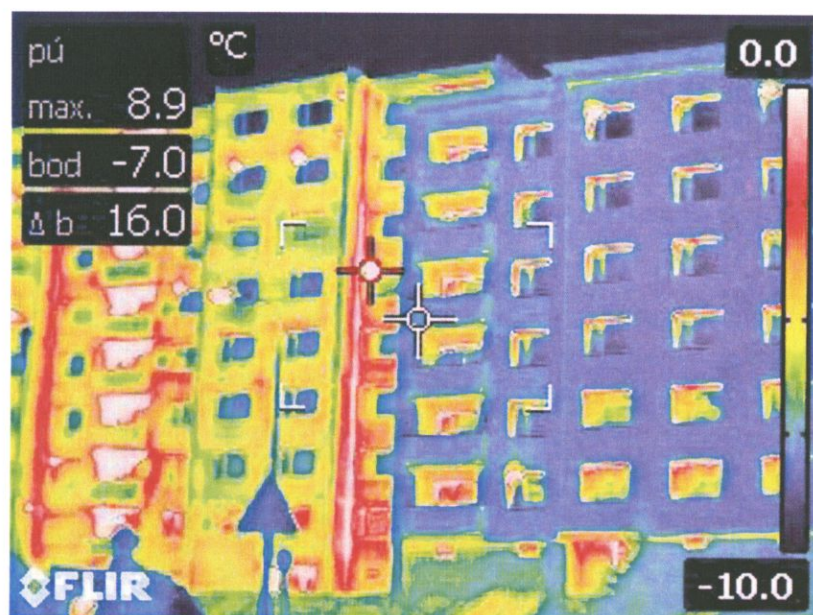
Obrázek 8: Termogram objektu č. 2



Obrázek 9: Reálná fotografie objektu č. 2

Na termogramu objektu č. 2 je vyfocený nezateplený objekt. Můžeme si zde všimnout, že není jednolitá barva fasády, což znamená, že uniká teplo spárami mezi panely, nejvíce to jde poznat ze strany objektu, kde jdou vidět čtverce, nebo na přední fasádě, kde jsou vidět vertikální spáry. Okna na tomto objektu jsou všechna plastová, to, že mají okna ve spodních patrech vyšší teplotu, vysvětlíme tím, že mají zatažené žaluzie, které přijímají teplo z vnitřku místnosti. Další úniky tepla můžeme vidět v horních částech oken, ty se dají vysvětlit více způsoby. Například porovnání oken, které jsou druhé od shora. Okno vlevo a ve středu mají v okně použitou mikro ventilaci, ale okno vpravo má kliku v poloze „utěsněno“. Okna vpravo a vlevo o patro níže mají větší červené kruhy, to znamená, že mají otevřenou ventilačku. Dále si můžeme povšimnout teplotních mostů v koutech u stropů balkonů, ty můžeme vysvětlit tak, že balkon není oddělen od vytápěného interiéru a není ani povrchově tepelně izolován a zároveň mohou být otevřená balkonová okna. Balkon vpravo v třetím patře od spodu budovy má nižší teplotu než ostatní, protože je uzavřený lodžiemi. Balkonové zábradlí má nižší teplotu než fasáda, protože přijímá teplo pouze od okolí (vzduch). Malé tečky ve třetí vertikální spáře jsou větrací systémy.

4.2.3 Objekt č. 3



Obrázek 10: Termogram porovnání zateplené (vpravo) a nezateplené (vlevo) budovy

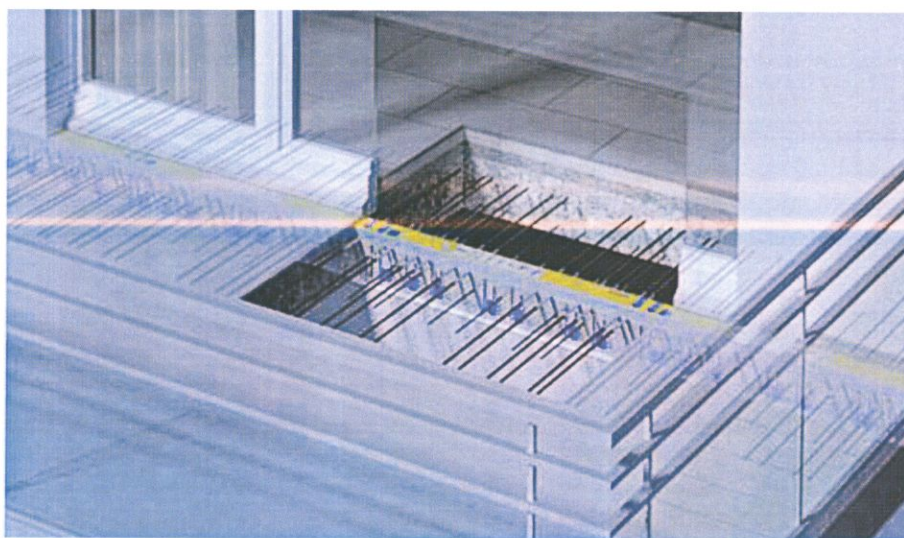


Obrázek 11: Reálná fotografie objektu č. 3

Na obrázku č. 10 vidíme termogram objektu č. 3, který se již v práci vyskytuje (kapitola První měření) jako ukázka porovnání zateplené a nezateplené budovy. Zde už jde vidět větší teplotní rozdíl mezi budovami než v kapitole První měření. Zateplená budova (vpravo) má teplotu fasády cca $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Budova je zateplena polystyrenem o tloušťce 100 mm. Celá fasáda je vykreslena jednolitou barvou, což znamená, že teplo z vnitřku neuniká spárami v konstrukci budovy. Větší teplé skvrny v rozích oken v nejvyšším a nejnižším patře jsou způsobeny otevřenou ventilačkou, čímž uniká teplo větráním. Také můžeme pozorovat, že všechna okna mají mikroventilaci. Dále vidíme stále stejný problém s únikem tepla z balkónů, který je již vysvětlen v popisu objektu č. 2. Únik tepla je zaznamenán i ve vazbě mezi střechou (horizontální zelený pruh). To je způsobeno špatnou vazbou, kterou může proudit vzduch z interiéru do exteriéru. Budova vlevo je nezateplená. Jak si můžeme všimnout, teplo uniká z vazby mezi vystouplou částí domu (bíločervený vertikální pruh). To je způsobeno prakticky stejným problémem jako u balkónů. Teplo uniká vedením z interiéru do exteriéru, protože to není nijak odizolované. Vidíme únik tepla prouděním z větracího systému (dvě malé tečky v horní části budovy).

5 Závěr a diskuze

V této kapitole bych chtěla objasnit, jak se dají řešit některé z problémů úniku tepla. Největším problémem je únik tepla z balkonů, ten by se dal vyřešit tím, že se při stavbě budovy odizoluje vazba mezi podlahou a balkónem např. tím, že se mezi ně vloží tepelně-izolační materiál (obr. č. 12). Další způsob je zateplení balkonu např. polystyrenem, tím se rapidně zmenší průtok tepla. Také by se to dalo vyřešit jako u objektu č. 2, kde jsou balkóny odizolovány od okolí pomocí lodžii (obr. č. 13). Dalším problémem je únik tepla přes okna, to se dá vyřešit pořízením plastových oken, kterými projde méně tepla díky dobrému těsnění a mezeře, kde není vzduch, mezi plastovými deskami. A samozřejmě nejefektivnější je zateplení celé budovy, čím tlustější vrstvou polystyrenu tím lépe, bohužel se zvyšující tloušťkou stoupá i cena, je to investice do budoucnosti. Náklady na vytápění se sníží okolo 40 % a to už je podstatná částka.



Obrázek 12: Vložený tepelně-izolační materiál

Zdroj: Schöck-Witte s.r.o.



Obrázek 13: Lodžie

převzato z: <http://www.optimi.cz/>

Výsledky této práce hodnotím velmi kladně. Doufám, že jsem objasnila základní problémy úniku tepla z budov s přesností $\pm 2^\circ\text{C}$ nebo $\pm 2\%$ (převzato z: <http://eshop.micronix.cz/merici-technika/termokamery/flir-e60.html>), což je chyba přístroje.

Tato práce byla pro mě první zkušeností s takhle rozsáhlou prací s vlastním měřením. Snad je mé zpracování tohoto tématu pochopitelné a bude zajímavé a poučující i pro jiné čtenáře.

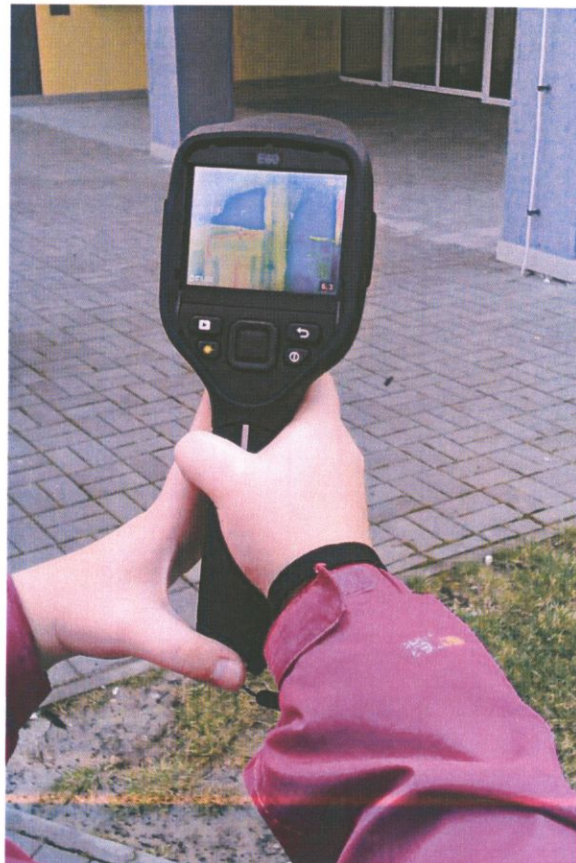
Závěrem bych chtěla poděkovat profesorům fyziky panu Mgr. Kubínovi a panu Mgr. Úlovcovi za odborný dohled a konzultace této maturitní práce.

6 Seznam použité literatury

- [1] TARÁBEK, Pavol a Petra ČERVINKOVÁ. Odmaturuj! z fyziky. Vyd. 2. Brno: Didaktis, 2006, 60 - 64. Odmaturuj!. ISBN 8073580586
- [2] SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 5. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2014, 157 -159. ISBN 9788071964384
- [3] MIKULČÁK, Jiří. Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy. 1. vyd. Praha: Prometheus, c2003, 276 s. ISBN 80-719-6264-3
- [4] BARTUŠKA, Karel a Emanuel SVOBODA. Fyzika pro gymnázia: molekulová fyzika a termika. 4. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2000, 49 - 51. ISBN 8071962007
- [5] *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. 2014 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Termografie>
- [6] *TERMOGRAM* [online]. 2013 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: http://www.termogram.cz/galerie_termoviznich_snimku
- [7] *REVITA* [online]. 2011 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.revita-g.cz/energeticky-audit/mereni-tepla-vypocet-tepla-tepelnych-uspor>

7 Přílohy

7.1 Fotodokumentace



Obrázek 14: focení termovizní kamerou

7.2 Technické parametry termovizní kamery FLIR E60

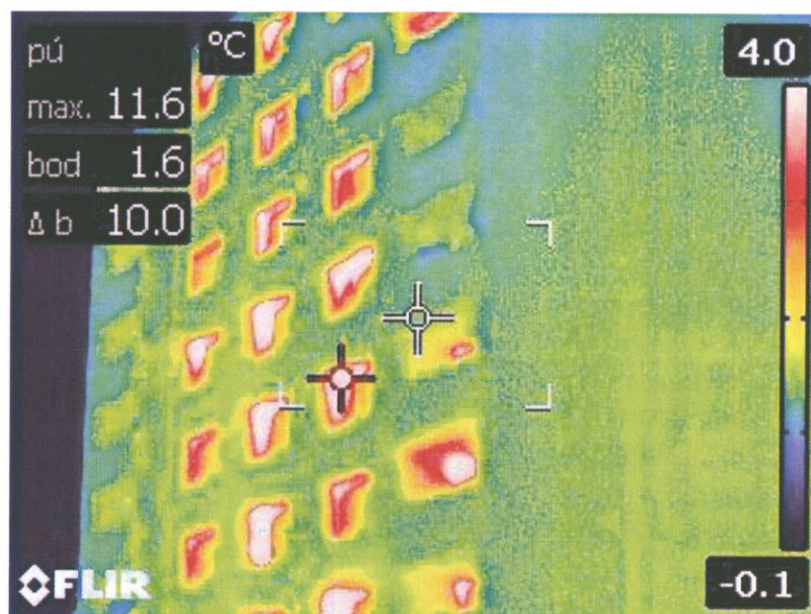
Na obrázku č. x jsou napsány specifické parametry termovizní kamery FLIR E60

- Rozlišení IR detektoru 320 x 240 bodů, 60 Hz
- Zorný úhel objektivu 25° x 19°, zaostření od 0,4 m
- Teplotní citlivost < 0,05 °C
- Manuální zaostření obrazu
- Rozsahy měřených teplot -20 °C až +120 °C a 0 °C až +650 °C
- Přesnost ± 2 °C nebo ± 2 %
- Nastavitelná emisivita 0,01 až 1,00
- Digitální kamera 3,1 Mpix s LED přisvícením, laserové ukazovátko
- Zobrazení IR obrazu a obrazu z digitální kamery picture in picture
- Prolínání IR snímku s obrazem z digitální kamery podle nastaveného intervalu teplot, funkce Thermal fusion
- Prolínání IR obrazu a obrazu z digitální kamery - **technologie MSX**
- Měřicí funkce: až 3 teplotní body, rozdíl teplot mezi body, nastavení referenční teploty, až 3 oblastí se zobrazením nejnižší, nejvyšší a průměrné hodnoty teploty
- Dotykový LCD displej 3,5", 320 x 240 bodů
- Možnost textové nebo hlasové poznámky u každého snímku
- Slot pro SD kartu, ukládání snímků ve formátu JPEG
- Neradiometrický záznam videa IR nebo digitální kamery ve formátu MPEG4
- Radiometrický IR video streaming přes USB do PC
- **Funkce Instant Report**, pořízení výsledné zprávy ve formátu PDF
- Rozhraní Bluetooth, technologie Meterlink (připojení klešťového multimetru EXTECH EX845 nebo vlhkoměru EXTECH MO297)
- Rozhraní Wi-Fi, možnost bezdrátového přenosu snímků do zařízení APPLE iPhone, iPad nebo zařízení s OS Android
- Rozhraní USB a konektor kompozitního videa
- Výdrž akumulátoru 4 hodiny
- Odolnost vůči pádu z výšky 2 m
- Rozměry 246 x 97 x 184 mm
- Hmotnost 0,825 kg

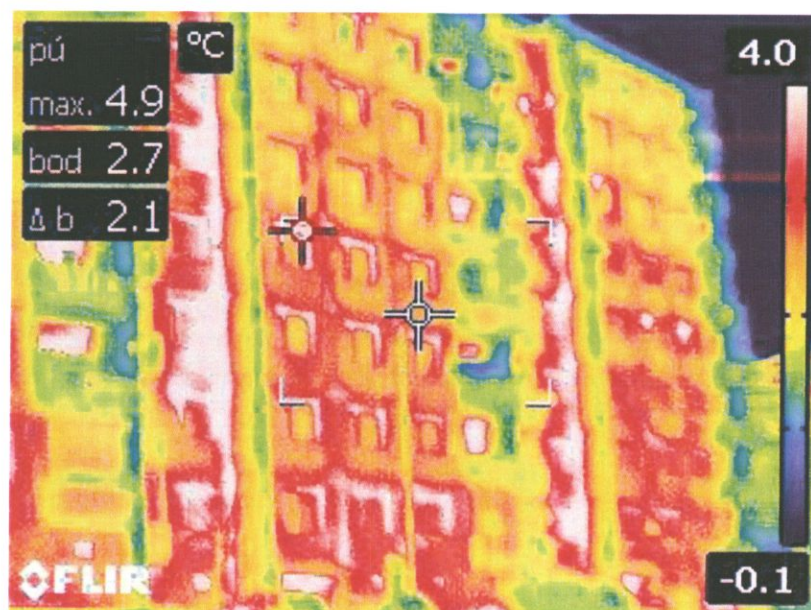
Obrázek 15: vlastnosti termovizní kamery FLIR E60

převzato z: <http://www.trinstruments.cz/termokamera-flir-e60>

7.3 Termografy při 3 °C



Obrázek 16: Objekt č. 1



Obrázek 17: Termogram budovy