

Aplikace pro výpočet tepelných ztrát

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Dr. Ing. Radovan Kukla

Jan Hauschwitz

Brno 2015

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu mé práce panu Dr. Ing. Radovanu Kuklovi za odborné vedení, vstřícný přístup a mnoho cenných rad při zpracování této práce.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Aplikace pro výpočet tepelných ztrát** vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 21. května 2015

Abstract

Hauschwitz, J. The application for the calculation of heat loss. Bachelor thesis. Brno: Mendel University, 2015.

The objective of this bachelor's thesis is the creation of an application for calculation of heat loss of a family house. It focuses on designing of an algorithm for the calculation of heat loss based on the analysis of the structural and technical condition of the specific building using the valid norms and by measuring that wants to reveal the heat loss of the family house. The results are compared with the results of the applications accessible on the internet and with the results of the control measuring realized on the real building. The leaks of heat loss were confirmed by measuring with thermal camera.

Keywords:

Heat loss, thermal camera, Heat loss through the envelope, Energy performance of buildings

Abstrakt

Hauschwitz, J. Aplikace pro výpočet tepelných ztrát. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Bakalářská práce se zabývá vytvořením aplikace pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu. Úkolem je navržení algoritmu pro výpočet tepelných ztrát na základě analýzy stavebnětechnické problematiky konkrétní budovy za využití platných norem prostřednictvím měření sledujícího odhalení tepelných ztrát rodinného domu. V závěru práce jsou naměřené výsledky porovnávány s dostupnými aplikacemi na internetu a s kontrolním měřením na reálném objektu. Úniky tepelných ztrát jsou potvrzeny termovizním měřením.

Klíčová slova:

Energetická náročnost budov, tepelné ztráty, obálková metoda, termovize

Obsah

1	Úvod a cíl práce	13
1.1	Úvod.....	13
1.2	Cíl.....	13
2	Teoretická část	14
2.1	Úvod do problematiky.....	14
2.2	Základní pojmy.....	14
2.3	Energetická náročnost budov.....	14
2.4	Průkaz energetické náročnosti budov	16
2.4.1	Postup zpracování průkazu.....	17
2.5	Výpočet tepelné ztráty budovy a spotřeby tepla	18
2.5.1	Spotřeba tepla.....	19
2.5.2	Tepelná ztráta.....	20
2.5.3	Součinitel tepla.....	20
2.5.4	Hlediska ovlivňující výši tepelných úniků	21
2.6	Obálková metoda.....	21
2.6.1	Vzorec pro výpočet celkové návrhové tepelné ztráty.....	22
2.6.2	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla	22
2.6.3	Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem	22
2.6.4	Celkovou tepelnou ztrátu větráním	22
2.6.5	Hygienicky nejmenší požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor.....	23
2.7	Termovizní měření	23
2.7.1	Nepřesnosti termovizního měření	23
2.7.2	Emisivita	24
2.7.3	Měření emisivity.....	24
2.7.4	Zásady termovizního měření.....	25
2.8	Závěr kapitoly.....	25
3	Metodika	26

3.1	Volba metody	26
3.2	Nastudování problematiky	26
3.3	Vytvoření databáze stavebních materiálů	26
3.4	Použití aplikace	26
3.5	Prostředí pro vývoj aplikace	26
3.6	FLIR Reporter.....	27
3.7	Porovnání výsledků	27
3.8	Závěr kapitoly	27
4	Vlastní práce	28
4.1	Vytvořená aplikace.....	28
4.2	Ověření aplikace na konkrétním rodinném domě.....	30
4.3	Základní databáze stavebních materiálů.....	30
4.4	Ověření výsledku aplikace běžným postupem na sledovaném rodinném domu.....	32
4.5	Porovnání výsledků aplikace s kontrolním výpočtem	32
4.6	Porovnání výsledků s dostupnými aplikacemi na internetu	32
4.7	Kontrolní termovizní měření na reálném objektu.....	32
4.8	Závěr kapitoly	35
5	Závěr	37
5.1	Zhodnocení práce	37
5.2	Naplnění cíle práce.....	37
5.3	Využití aplikace	38
6	Literatura	39
A	Průkaz energetické náročnosti budov	41
B	Snímání termovizí	42
C	Měřený objekt	43
D	Výpočty U hodnot pro stavební části	44
E	Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty	47

Seznam obrázků

Obrázek 1: Prostředí aplikace	29
Obrázek 2: Prostředí aplikace	30
Obrázek 3: Výpočet v aplikaci	31
Obrázek 4: Termovizní zobrazení domu.....	33
Obrázek 5: Termovizní zobrazení domu.....	34
Obrázek 6: Termovizní zobrazení domu.....	35
Obrázek 7: Průkaz energetické náročnosti budovy.....	41
Obrázek 8: Správné snímání termovizí	42
Obrázek 9: Měřený objekt.....	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výpočet U hodnot pro obvodové stěny	44
Tabulka 2: Výpočet U hodnot pro strop nad podkrovím	44
Tabulka 3: Výpočet U hodnot pro strop nad sklepem a přízemím.....	45
Tabulka 4: Výpočet U hodnot pro venkovní dveře	45
Tabulka 5: Výpočet U hodnot pro okna	45
Tabulka 6: Výpočet U hodnot pro strop nad prvním patrem	46
Tabulka 7: Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty	47

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

V důsledku výroby stále většího množství energie se rapidně zhoršuje stav životního prostředí. Současný stav životního prostředí je také nejčastějším důvodem, který lidstvo vede k zavedení nejrůznějších opatření ke snižování energetické spotřeby. Chceme-li energiemi šetřit, musíme přesně vědět, kde jsou proto vhodné podmínky. K největším odběratelům energií řadíme průmysl, dopravu a domácnosti. V České republice se jenom spotřeba energie v domácnostech odhaduje na čtvrtinu celkové spotřeby energie. Takto vysoká spotřeba je odůvodněna neustále se zvyšující životní úrovní obyvatel a lepší vybaveností domácností moderními elektrospotřebiči. Protože však energie neustále zdražují, lidé se snaží energiemi šetřit, kupují nové úsporné spotřebiče a zateplují svá obydlí. A právě aplikace pro výpočet tepelných ztrát je způsobem, který odhalí unikající energie na vytápění domácností a zároveň napoví, jakým způsobem je účelně možné nemalou část těchto energií uspořit.

1.2 Cíl

Cílem práce je navržení algoritmu pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu. Vytvořený program bude vycházet z obálkové metody. Úniky tepla budou potvrzeny termovizním měřením a teplotní ztráty porovnány s dostupnými aplikacemi na internetu a kontrolním měřením na reálném objektu. Termovizní měření by nám mělo pomoci odhalit cesty, kterými na měřeném objektu energie zbytečně unikají.

2 Teoretická část

2.1 Úvod do problematiky

Ropné produkty, zemní plyn a pevná paliva jsou v současné době základními, ovšem, jak je každému dobře známo, neobnovitelnými, zdroji energie. Jsou ale také současně hlavními zdroji emisí oxidu uhličitého. Proto je nezbytné, aby jejich využívání bylo co nejúčinnější, uvážlivé, rozumné a současně také udržitelné.

V posledních letech se ceny energií prudce zvyšují. „Růst cen energie ohrožuje stále větší část domácností z hlediska rostoucího poměru výdajů za energii ve vztahu k ostatním výdajům.“ (Malý, 2013) Domácnosti, které co nejdříve nezavedou energetiky úsporná opatření, tak budou stále více čelit rostoucímu tlaku na svůj domácí rozpočet. Snahou velké většiny států včetně států Evropské unie se proto stalo snižování energetické náročnosti co nejširšího spektra výrobků. Klíčovou strategií se staly úspory energie v sektoru budov, dopravy a průmyslu. Uvádí se, že 40 % veškeré energie se dnes v Evropě spotřebuje na výstavbu a provoz budov. Tento sektor se neustále rozrůstá, což do budoucna jistě povede i k dalšímu zvyšování spotřeby energie. Z hlediska celku se proto velmi významným jeví systémové opatření v energetické spotřebě budov. Snižování spotřeby energie a využívání energie z obnovitelných zdrojů v sektoru budov proto představují důležitá opatření nutná ke snižování energetické závislosti států Evropské unie i ke snižování emisí vyprodukovaných skleníkových plynů. Energetická náročnost budov se tak v posledních letech stala nejdiskutovanějším pojmem nejen pro odborníky ale i pro širokou laickou veřejnost, zejména stavebníky, vlastníky a provozovatele budov. Cílem snižování energetické náročnosti budov je snaha o optimalizaci investičních a provozních nákladů budov.

2.2 Základní pojmy

Před vytvořením aplikace bylo nejprve nutné seznámit se s pojmy důležitými pro pochopení dané problematiky.

2.3 Energetická náročnost budov

V důsledku snahy o snižování spotřeby energií i množství vyprodukovaných skleníkových plynů přijímají státy různé regulační nástroje. V minulosti proběhla regulace např. u domácích spotřebičů a automobilů. V případě budov je situace vzhledem k jejich dlouhé životnosti o to naléhavější, neboť po zkolaudování si budova

s sebou nese svoji spotřebu energií po celou dobu své existence. Dodatečné úpravy to mohou změnit, ovšem jen někdy a pouze částečně. Proto je důležité, aby byly nové budovy navrhovány rozumně a aby byly všechny rekonstrukce již existujících budov využívány k úsporným opatřením.

Energetická náročnost budov nám odpovídá na otázku, kolik budeme za provoz konkrétní nemovitosti platit za energie. Vyjadřuje množství spotřebované energie vydané v rámci jejího užívání za vytápění, ohřev vody, na větrání, chlazení, osvětlení, případně za pohon podpůrných systémů jako jsou čerpadla, motory nebo ventilátory. Do této kategorie však nezahrnujeme spotřebu elektřiny za provoz elektrospotřebičů jako je např. chladnička, pračka, myčka a počítač.

Z důvodu globálních obav z oteplování se členské státy Evropské unie zavázaly, snížit do roku 2020 spotřebu klasických energetických zdrojů o 20 %. Oblast energetické náročnosti budov se tak stala stěžejním tématem Evropské unie, která v rámci této problematiky přijala směrnici 2002/91/ES. Tato evropská směrnice byla implementována i do české národní legislativy v ustanovení § 6a zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Toto ustanovení řešilo jak samotné požadavky na energetickou náročnost, tak také požadavky na certifikát energetické náročnosti budov a jeho náležitosti. Směrnice byla následně pozměněna revidovanou evropskou směrnicí 2010/31/EU, čímž byly měněny některé legislativní předpisy týkající se právě energetické náročnosti budov. Od 1. 1. 2013 je účinná změna zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve smyslu změnového znění pod č. 318/2012 Sb., která výrazně změnila a upřesnila stávající pohled na problematiku hospodaření s energií.

Snahou státu se proto stalo motivovat, nikoliv však nutit, stavebníky k úsporám energií, zejména k výstavbě energeticky méně náročných projektů. „Budovy s velmi nízkou energetickou náročností mají měrnou potřebu tepla na vytápění výrazně nižší, než je odpovídající závazný požadavek aktuálních stavebněenergetických předpisů.“ (Tywoniak, 2007)

Dosud je ve společnosti velmi rozšířený např. mýtus, že úsporná budova je výrazně dražší z hlediska nákladů na výstavbu, což stavebníky odrazuje. Skutečný rozdíl v nákladech přitom bývá zpravidla méně než 10 % a již existuje řada příkladů, kdy díky správnému návrhu je navýšení nákladů nulové. Úspory majitele nemovitosti dosahované během provozu nízkoenergetické stavby, jsou odměnou za jeho práci navíc při hledání optimálního návrhu domu. V poslední době stát výstavbu takových nemovitostí podporuje svými dotacemi s cílem podnítit investice právě do budování staveb, které nejenže splňují současné minimální požadavky na energetickou náročnost, ale jsou i energeticky účinnější. Ministerstvo životního prostředí koncem března 2015 představilo veřejnosti hlavní změny v programu Nová zelená úsporám pro rok 2015. Cílem všech realizovaných změn je otevření

programu Nová zelená úsporám širšímu okruhu zájemců. Došlo k usnadnění podmínek programu zrychlením příjmu žádostí a zjednodušením administrativy a k rozšíření okruh žadatelů o dotace. Mezi významné změny patří také zjednodušení výpočtu výše dotace prostřednictvím zavedení tzv. paušálů na m².

2.4 Průkaz energetické náročnosti budov

Ve snaze snížit spotřebu energií a emisí CO² stát prováděcím právním předpisem stanovil požadavky na energetickou náročnost budov. Stejně tak určil porovnávací ukazatele, metodu výpočtu energetické náročnosti budov i podrobnosti vztahující se k prokázání těchto požadavků. Splnění zadaných požadavků je dokládáno průkazem energetické náročnosti budov. „Průkaz slouží k vyhodnocení energetické náročnosti budovy podle vyhlášky č. 148/2007 Sb., účinné od 1. 7. 2007.“ (Hudcová, 2009) Poskytuje údaje o tom, o jakou budovu se jedná, jaké tato budova dosáhla energetické náročnosti, jaká je měrná vypočtená roční spotřeba energie, celková vypočtená roční dodaná energie a jaký podíl připadá na jednotlivé energetické procesy. Průkaz energetické náročnosti budovy obsahuje protokol prokazující energetickou náročnost budovy a grafické znázornění energetické náročnosti budovy. Viz obr. 7.

Průkaz je vydáván osobami se zvláštním oprávněním pro jejich zpracování na dobu 10 let. Zohledňuje veškeré energie spotřebovávané v budově od systému ústředního vytápění, přípravy teplé vody, chlazení, klimatizace, osvětlení i možného využití obnovitelných zdrojů energie pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. Je jakousi obdobou energetických štítků, které známe z domácích elektrospotřebičů nebo automobilů a které ovlivnily spotřební trh tím, že zákazníci přestali mít zájem o neúsporné spotřebiče a v důsledku jejich snížené poptávky je výrobci přestali vyrábět, čímž došlo k následné úspoře spotřebovaných energií. Při pořizování nových pomocníků do domácností se již mezi lidmi stalo pravidlem, že kupujícího kromě ceny spotřebiče zajímá právě také jeho energetická spotřeba. Předpokládá se, že i na trhu nemovitostí ve společnosti dojde ke stejnému efektu. Díky průkazu energetické náročnosti budov, který poskytuje údaje o tom, kolik stojí provoz konkrétní nemovitosti, by mělo dojít k pohybu cen nemovitostí tím způsobem, že ceny neúsporných nemovitostí klesnou, neboť náklady na jejich provoz budou vyšší. O takové objekty se mezi lidmi sníží poptávka. Naproti tomu nemovitosti s nízkou energetickou náročností se dostanou do centra zájmu společnosti, stanou se vyhledávanějšími, neboť při neustále se zvyšujících cenách za energie poskytují záruku dobré investice do budoucnosti. Pořizovací cena těchto nemovitostí sice může být vyšší, ve výdajích za následný provoz budovy však vlastník v průběhu let mnohonásobně ušetří.

Průkaz energetické náročnosti budov nahradil doposud užívaný energetický průkaz budovy (definovaný vyhláškou č. 291/2001 Sb.), který hodnotil budovu z hlediska spotřeb energií pouze prostřednictvím koeficientu měrné spotřeby tepla. Nový dokument, průkaz energetické náročnosti budovy, na rozdíl od energetického průkazu budovy, hodnotí budovu z hlediska všech energií, které do budovy vstupují. Součástí hodnocení jsou tedy energie na vytápění, chlazení, ohřev teplé vody, větrání a osvětlení.

Průkaz energetické náročnosti budov má však i své slabší stránky. Náklady na provoz budovy lze zjistit jen do jisté míry a to z toho důvodu, že náklady za energie významně ovlivňuje i zvolený typ odebrané energie. „Průkaz totiž zajímají pouze energie, ale nikoliv to, kde a za kolik je nakupujeme. Dalším problémem je, že výsledné kritérium spotřeby energie na m^2 sčítá energie s různou cenou – teplo na vytápění bývá levnější než elektřina pro osvětlení či pohon čerpadel a ventilátorů. Abyste zjistili, kolik kWh elektřiny, m^3 plynu nebo metrů uhlí dům spotřebuje, musíte zapátrat hlouběji v celém několikastránkovém protokolu o průkazu.“ (Hudcová, 2009) Ve snaze společnosti o snížení spotřeby energií a emisí CO_2 je však průkaz i přes tato svá určitá negativa velkým přínosem, neboť umožňuje zájemcům o nemovitosti orientaci ve spotřebě energií vydávaných na provoz sledované nemovitosti. Na základě údajů uvedených v průkazu lze provést porovnání a posouzení energetické náročnosti budovy. Průkaz energetické náročnosti nabízí zájemci o koupi nemovitosti ověřenou hodnotu, ze které lze odvodit roční náklady za energie. „Průkazy energetické náročnosti slouží k ochraně spotřebitele. Informují účastníky realitního trhu o kvalitě zboží, což je základním předpokladem jeho dobrého fungování. Lidé tak nebudou kupovat „zajíce v pytli“ - tedy například budovu, jejíž provoz se jim následně velmi prodraží. Smyslem průkazů je zlepšit orientaci kupců a nových nájemníků v nákladech na energie v nemovitostech.“ (Antonín, 2012) Certifikát energetické náročnosti také obsahuje doporučení kvalifikovaného odborníka na snížení energetické náročnosti budovy, které se jeví optimálním nebo efektivním vzhledem k vynaloženým nákladům.

2.4.1 Postup zpracování průkazu

Při zpracování průkazu je nutné mít na zřeteli, že „budovy se z hlediska energetické náročnosti dělí do 8 kategorií, které se stanoví podle provozu a typu činností v jednotlivých budovách.“ (Macholda, 2008) Před vystavením průkazu je nezbytné shromáždit potřebné podklady a to:

1. podklady pro posouzení stavební obálky budovy,
2. podklady pro stanovení vnitřních zisků,
3. podklady pro posouzení vnitřních ztrát.

2.4.1.1 Podklady pro posouzení stavební obálky budovy

Z hlediska posouzení stavební obálky budovy je nutné rozdělit budovu podle požadavků na vnitřní prostředí, tedy požadavků na vytápění, chlazení, vlhčení nebo klimatizaci, do jednotlivých provozů a zón. Podle stavební dokumentace se stanoví objem jednotlivých zón. Zjistí se skladba jednotlivých obalových konstrukcí (obvodových stěn, výplní otvorů, střechy, podlah), příp. se stanoví hodnota součinitele prostupu tepla jednotlivých obalových konstrukcí. Z podkladů se stanoví celková plocha obalových konstrukcí.

2.4.1.2 Podklady pro stanovení vnitřních zisků.

Pro stanovení vnitřních zisků je zapotřebí znát počet osob a délku jejich pobytu v jednotlivých zónách v rámci pracovního týdne, množství a typy elektrospotřebičů i produkci tepla vytvářenou v rámci jejich činnosti. Je také zapotřebí stanovit druh provozu jednotlivých zón a zohlednit tepelné zisky od osvětlení. Je nutné vzít v úvahu i počet a druh zdrojů tepla, jejich účinnost i způsob přípravy teplé vody.

2.4.1.3 Podklady pro stanovení vnitřních ztrát

U vnitřních ztrát se zohledňuje větrání zóny a to jak přirozené, tak i nucené, zvlhčování případně odvlhčování vzduchu vzduchotechnikou, a také chlazení zón.

2.4.1.4 Využívání termických nebo fotovoltaických systémů

Při zpracování průkazu energetické náročnosti budovy se zohledňuje i využití termických nebo fotovoltaických systémů, přičemž se započítává celková plocha kolektorů, jejich účinnost, orientace a sklon umístění i činitel stínění.

2.5 Výpočet tepelné ztráty budovy a spotřeby tepla

Směrnice Evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES stanoví obecný rámec pro výpočet energetické náročnosti budov. Určuje, že metoda výpočtu energetické náročnosti budov musí zahrnovat alespoň tato hlediska:

- a) tepelné vlastnosti budovy (obvodový plášť, vnitřní příčky apod.). Tyto vlastnosti mohou rovněž zahrnovat průvzdušnost;
- b) zařízení pro vytápění a zásobování teplou vodou, včetně jejich izolačních vlastností;
- c) klimatizační zařízení;
- d) větrání;
- e) zabudované zařízení pro osvětlení (zejména nebytový sektor);

- f) umístění a orientace budovy, včetně vnějšího klimatu;
- g) pasivní solární systémy a protisluneční ochrana;
- h) přirozené větrání;
- i) vnitřní mikroklimatické podmínky, včetně návrhových hodnot vnitřního prostředí.

Při výpočtu se má v případě potřeby brát v úvahu příznivý vliv těchto hledisek:

- a) aktivní solární systémy a jiné otopné soustavy a elektrické systémy využívající obnovitelné zdroje energie;
- b) elektřina získávaná kombinovanou přeměnou tepla a elektřiny;
- c) dálkové nebo blokové otopné a chladicí soustavy;
- d) denní osvětlení.

Pro výpočet mají být budovy přiměřeně členěny podle jednotlivých druhů.

2.5.1 Spotřeba tepla

Energetická náročnost budov charakterizuje množství skutečně spotřebované energie na veškerý provoz nemovitosti. Největší podíl na energiích však má energie spotřebovaná v důsledku vytápění. „Potřeba tepla na vytápění je hodnota, která nám může pomoci si udělat představu o budoucí spotřebě domu. Ovšem je to pouze teoretická hodnota, kterou nikde na faktuře nenajdeme, neboť dále musíme zohlednit účinnost zdroje tepla, rozvodů či regulace, také způsob provozu objektu či efektivitu využití tepelných zisků. Pokud tyto parametry zahrneme do výpočtu, pak získáme předpokládanou spotřebu tepla na vytápění.“ (Hudcová, 2009) V důsledku rozdílných cen energií významně ovlivňuje provozní náklady i zvolený zdroj tepla.

Potřebou tepla na vytápění tedy rozumíme množství tepelné energie, kterou je nezbytné do domu dodat tak, aby v něm byla požadovaná teplota. „Potřeba tepla na vytápění vychází z energetické bilance sestavené pro určité období. Do energetické bilance vstupují na jedné straně tepelné ztráty budovy, na straně druhé vnitřní a solární zisky.“ (Hudcová, 2009)

Podle hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění dělíme budovy do tří skupin. Rozlišujeme tak budovy nízkoenergetické, pasivní a nulové. „K nejběžnějším budovám patří nízkoenergetické domy s měrnou potřebou tepla menší než 50 kWh/m²a. Stavby navrhované podle běžných požadavků tepelně technické normy dnes dosahují hodnoty 180 kWh/m²a, takže již nízkoenergetický dům představuje výraznou úsporu. Pasivní domy však jdou s hodnotou ještě níže - vystačí si s teplem pod 15 kWh/m²a. V těsném závěsu za nimi jsou tzv. nulové domy, jež nespotřebují více než 5 kWh/m²a tepla na vytápění. Ba co víc, v některých případech

vygenerují více tepelných zisků, než je jejich obyvatel schopen spotřebovat.“ (Stern, 2008)

2.5.2 Tepelná ztráta

Tepelná ztráta nám ukáže, kolik tepla se z budovy různými jejími částmi za konkrétní časový úsek ztratí a kolik tepla je tak potřeba pro vytápění budovy podle předepsaných norem. Tepelná ztráta stanoví potřebný výkon zdroje tepla tak, aby byl dostatečný pro vytápění vnitřního prostředí i pro období nejnižších venkovních teplot. Velikost tepelných ztrát se odvíjí od dvou hledisek a to tepelné ztráty prostupem a tepelné ztrát větráním. „U většiny starších budov je významnější tepelná ztráta prostupem.“ (Hudcová, 2009) Jedná se o tepelné ztráty budov unikající přes střechy, podlahy, stěny i výplně oken a dveří. Tepelnou ztrátu prostupem je tak možno definovat jako množství tepla, které prochází konstrukcí budovy v důsledku rozdílů teplot na její vnitřní a vnější straně. Její velikost je závislá na ploše, kterou teplo prochází, na součiniteli prostupu tepla a na rozdílu teplot. Pro zajištění výměny vzduchu v místnostech z důvodů zabránění hromadění škodlivých látek vzniká tepelná ztráta větráním.

2.5.3 Součinitel tepla

Součinitel tepla vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe stavební konstrukcí. Definuje také vlastnosti stavební konstrukce. Základní hodnota součinitele prostupu tepla je závislá na vlastnostech materiálu, ze kterého se konstrukce skládá, a na odporu při přestupu tepla na obou stranách konstrukce. Čím je hodnota menší, tím lepší jsou tepelně izolační vlastnosti konstrukce.

Výpočet součinitele prostupu tepla vychází z normy ČSN EN ISO 6946.

Existují matematické vzorce pro výpočet tepelných ztrát a to zvláště pro výpočet tepelných ztrát prostupem, tepelnými mosty a větráním. Stejně tak lze vypočítat tepelné zisky, které také významně ovlivňují množství dodávané energie v rámci vytápění, a to zisky ze slunečního záření i zisky z vnitřního prostředí související s pobytem osob v místnostech a jejich aktivit jako je třeba vaření nebo provoz různých spotřebičů. Výpočty důležité pro vypracování zadaného úkolu jsou uvedeny v kapitole 4 na straně 28.

Výpočet tepelných ztrát budov je využíván nejčastěji pro návrh optimálního zdroje vytápění domu, návrh vhodného rozmístění ústředního topení a rekuperační jednotky. Dále se pomocí výpočtu tepelných ztrát dá zjistit právě energetická náročnost budovy. K tomuto účelu se používají různé postupy i metody. Vedle obálkové metody se v současné době stále více využívá termovizní měření.

2.5.4 Hlediska ovlivňující výši tepelných úniků

Základní hodnota součinitele prostupu tepla je v první řadě závislá na vlastnostech materiálu, ze kterého se konstrukce skládá.

Metodu výpočtu tepelného odporu a součinitele prostupu tepla stavebních prvků a stavebních konstrukcí, kromě dveří, oken a dalších prosklených prvků, lehkých obvodových plášťů, konstrukcí přilehlých k zemině a prvků navržených pro výměnu vzduchu určuje norma ČSN EN ISO 6946. Výpočtová metoda je založena na příslušných návrhových součinitelích tepelné vodivosti nebo návrhových tepelných odporech použitých materiálů a výrobků. Metoda platí pro prvky a konstrukce obsahující tepelně stejnorodé vrstvy (které mohou obsahovat vzduchové vrstvy). Norma také uvádí přibližnou metodu, která se může použít pro konstrukce obsahující nesterodové vrstvy, včetně vlivu kovových spon, pomocí korekčního členu. Jiné případy, kdy tepelnou izolací proniká kovový prvek, jsou mimo působnost této normy.

Ve fázi projektování rodinného domu je proto velmi důležité správně se rozhodnout, jaký materiál bude na stavbu použit, konkrétně na hrubou stavbu a zejména na její nosné konstrukce. Při výběru stavebního materiálu se musí zohlednit řada vlastností různých druhů a typů obvodových plášťů. Důležité je, aby vybraný materiál na svislé nosné stěny splňoval po celou dobu své předpokládané životnosti požadavky na stabilitu stavby, mechanickou odolnost, požární bezpečnost, pohlcování zvuku, požadavky na hygienu a ochranu zdraví a v neposlední řadě také předpokládané tepelně izolační vlastnosti. Volba materiálu je také dána společenskými poměry a aktuálně módními a propagovanými názory stavitelů na výstavbu.

Databáze materiálů užitých pro výstavbu sledovaného domu je uvedena v kapitole 4.

2.6 Obálková metoda

Jedním ze způsobů, jak vypočítat tepelné ztráty rodinného domu je tzv. obálková metoda. Jedná se o způsob, který při výpočtu pracuje pouze s konstrukcemi budovy (obálkou budovy) oddělujícími vnitřní vytápěný prostor od venkovního prostředí. Jde o zjednodušený výpočet tepelných ztrát celé budovy nebo pouze její části a je užíván pro výpočet předběžných tepelných ztrát, stanovení energetické náročnosti budovy nebo pro vypracování posudku energetické náročnosti budovy z důvodu plánovaných investic do zateplení nebo změny způsobu topení. Tato metoda „většinou není dostatečně přesná pro správnou projekci otopné soustavy, tj. lokálních zdrojů tepla pro jednotlivé pokoje.“(Hudcová, 2009)

Pro výpočet tepelných ztrát budovy obálkovou metodou musíme přesně znát plochy obvodových konstrukcí a objem budovy, přičemž ke stanovení ploch se užívají vnější rozměry konstrukcí. Hranice výpočtu se uvažuje v souladu s ČSN EN ISO 13790 jako systémová hranice vytápěného prostoru. Objem budovy se stanoví z vnějších rozměrů, nezapočítávají se přečínající konstrukce, atiky, balkony, lodžie a přiléhající nevytápěné části budovy. V rámci výpočtu tepelných ztrát vycházíme ze zákonem stanovených údajů. Pro svislé rozměry se tak základem stala vzdálenost od povrchu podlahy, u vnitřních stěn tvoří vodorovné rozměry vzdálenost od středu stěny.

Obálkovou metodou vypočteme celkovou návrhovou tepelnou ztrátu, která zohledňuje tepelnou ztrátu prostupem, větráním, teplotní korekční činitel.

2.6.1 Vzorec pro výpočet celkové návrhové tepelné ztráty

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) * f_{\Delta\theta,i}$$

$\Phi_{T,i}$ - představuje návrhovou tepelnou ztrátu prostupem tepla vytápěného prostoru

$\Phi_{V,i}$ - představuje návrhovou tepelnou ztrátu větráním

$f_{\Delta\theta,i}$ - představuje teplotní korekční činitel.

Návrhovou tepelnou ztrátu prostupem tepla vytápěného prostoru vypočteme součinem rozdílu vnitřní a vnější teploty a celkového součinitele tepelné ztráty prostupem.

2.6.2 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = H_{T,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,i}$ - představuje celkový součinitel tepelné ztráty prostupem

$\theta_{int,i}$ - představuje výpočtovou vnitřní teplotu

θ_e - představuje výpočtová venkovní teplotu

2.6.3 Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem

$$H_{T,i} = \sum f_k * A_k * U_k$$

f_k - představuje teplotní korekční činitel

A_k - představuje plochu stavební části

U_k - představuje součinitel prostupu tepla

2.6.4 Celkovou tepelnou ztrátu větráním

$$\Phi_{V,i} = 0,34 * V_{min,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$V_{min,i}$ - představuje hygienicky nejmenší požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor

2.6.5 Hygienicky nejmenší požadované množství vzduchu pro vytápěný prostor

$$V_{\min, i} = n_{\min} * V_i$$

n_{\min} - představuje nejmenší intenzitu výměny vzduchu

V_i - představuje vnitřní objem prostoru

Údaje o jednotlivých korekčních činitelích jsou čerpány z normy ČSN 12831.

2.7 Termovizní měření

Nejmodernějším prostředkem současné doby pomáhajícím zjistit největší tepelné ztráty způsobené úniky tepla z objektů se stala termovize pracující na principu zjišťování tepla vydaného sáláním. Využívá principů termografie. Termovizní systém pomocí citlivého infračerveného detektoru sejme povrchovou teplotu z měřené stavební konstrukce a vytvoří termovizní snímek. Na snímku jsou jednotlivým teplotám přiřazeny barvy celého barevného spektra. Termokamera v současné době nachází široké uplatnění a je využívána i ve stavebnictví. „Termokamera ve stavebnictví umožňuje přehledný, rychlý a bezkontaktní průzkum rozložení teplot na povrchu stavebních konstrukcí a používá se jí pro identifikaci míst v obvodovém plášti, ve kterých dochází ke zvýšeným tepelným ztrátám, jak vlivem tepelných mostů, tak v důsledku nesprávného provedení spár a styků mezi jednotlivými stavebními prvky objektu.“ (Skalík, 2013) „Termovizní měření najde využití také v případě, kdy zjišťujeme, jestli je teplota povrchu měřeného objektu konstantní po celé ploše nebo ne. Bez termokamery by to znamenalo rozdělit si povrch na síť bodů a v každém z bodů by bylo potřeba dotykovým teploměrem měřit teplotu.“ (Hudcová, 2009) Termokamera je schopná s potřebnou přesností tyto poruchy identifikovat a při jejich správném vyhodnocení je prvním krokem pro efektivní návrh technického řešení vedoucího k jejich odstranění. Může také posloužit jako kontrola po realizaci provedených technických řešení.

2.7.1 Nepřesnosti termovizního měření

I termovizní měření má však svá určitá úskalí. Je založeno na vyhodnocování tepelného záření těles, kdy se část tepelné energie látek od povrchu odráží, část je pohlcena a část je povrchem vyzařována. Již v roce 1860 byla Gustavem Robertem Kirchhoffem definována a v rámci zjišťování energetické náročnosti budov je i v současné době stále využívána fyzikální teorie dokonale černého tělesa. Dokonale černé těleso je ideální těleso, které pohlcuje veškeré záření všech vlnových délek dopadající na jeho povrch. Dokonale černé těleso je současně ideální zářič, ze všech možných těles o stejné teplotě vysílá největší možné množství zářivé

energie. „Dokonale černé těleso maximálně vyzařuje i maximálně pohlcuje záření.“ (Kadlec, 2009) Skutečné těleso však vyzařuje a tudíž i pohlcuje méně než černé těleso.

2.7.2 Emisivita

Při aplikaci bezdotykových teploměrů je pro měření teploty povrchu těles nezbytná také znalost hodnoty emisivity. „Emisivita je definována jako poměr energie vyzařované objektem při dané teplotě k energii ideálně černého tělesa při stejné teplotě. Emisivita černého tělesa je rovna 1,0. Emisivita je velmi důležitým faktorem IČ-termometrie a její vliv není možno zanedbávat.“ (Kadlec, 2009) Zjednodušeně řečeno se jedná o schopnost materiálu vyzařovat teplo, odrážet tepelný paprsek. Emisivita závisí na materiálu a tvaru konkrétního tělesa, jeho barvě, úpravě i oxidaci jeho povrchu. Může se měnit i teplotou daného tělesa a měřeným pásmem spektra vlnových délek. Protože při měření termovizním přístrojem nelze často zachytit přesnou hodnotu emisivity objektu, mohou být výsledky zkresleny a to zejména v případech, kdy se jedná o povrchy s proměnlivou emisivitou. Pro přesnou hodnotu emisivity slouží nalepovací štítky – materiál jimi opatřený pak má exaktní emisivitu. Nalepovacích štítků se používá hlavně pro měření emisivity u lesklých materiálů.

2.7.3 Měření emisivity

Existuje několik způsobů, jak lze emisivitu zkoumaného objektu zjistit. Nejjednodušším způsobem, ovšem také nejméně přesným, je vyhledání emisivity v tabulkách. Protože skutečnou emisivitu může ovlivnit hodně faktorů, např. při obrábění materiálu, jsou hodnoty v tabulkách pouze orientační. Hodnoty emisivity materiálů byly vytvořeny zvláště:

- pro nekovové materiály,
- pro kovové materiály.

Druhým způsobem ke zjištění emisivity je ohřátí měřeného vzorku materiálu na známou teplotu. Na pyrometru následně měníme nastavení emisivity do doby, dokud naměřená teplota neodpovídá teplotě, na kterou byl vzorek zahřát. U materiálů, které dobře vedou teplo, jako např. měď, hliník nebo mosaz, však může během manipulace s pyrometrem dojít k ochlazení, a ohřátí se proto musí opakovat.

Metodou vhodnou zejména pro leštěné materiály, tedy materiály s velmi malou emisivitou, je použití speciálních štítků nebo nátěru se známou emisivitou. Jedná se o velmi rychlý a přesný způsob, jehož nevýhodou je skutečnost, že je vhodný pouze pro nižší teploty.

2.7.4 Zásady termovizního měření

Pro dosažení co nejreálnějšího výsledku je však při měření pomocí termovize nutné dodržování určitých specifických zásad. Protože teplotní podmínky na naší planetě se v rámci roku proměňují, není termovizní měření vhodné provádět vždy a za každé situace. Za nejvhodnější podmínky pro měření je považován stav, kdy existuje největší rozdíl teplot mezi vnitřní teplotou budovy a teplotou mimo ni. Optimálním obdobím se proto stala otopná sezóna, tedy doba od počátku listopadu do konce dubna. Za ideální je tak považována situace při venkovní teplotě nižší než -5°C . Samotné měření je vhodné provádět při ustálených teplotách, tedy přibližně mezi 5. a 9. hodinou ranní. V této době je také zabezpečeno, aby konstrukce budovy nebyla přibližně 12 hodin před započítím měření vystavena slunečnímu záření, které by výrazně zkreslilo naměřené hodnoty. Kromě již popsaných skutečností výsledky měření ovlivňují také klimatické podmínky a to zejména vítr o velikosti vyšší než 3 m/s ., neboť proudění vzduchu ochlazuje měřenou budovu. Stejně tak výsledky měření ovlivňují déšť, sníh a mlha. Při měření je nutno dbát o to, aby se vliv teplotních odrazů od okolních zdrojů tepla v co nejmenší míře podílel na výsledcích měření. Okolními zdroji tepla rozumíme veškeré okolní objekty mající rozdílnou teplotu než okolní prostředí, záření jasné oblohy nebo třeba odrazy slunce od okolních lesklých povrchů.

Pokud chceme dosáhnout správné funkce pyrometrů, je nezbytné dodržet i správnou velikost zaměřovací plošky na měřeném tělese. „Velikost této plošky závisí na zaměřovacím úhlu pyrometru, na vlastnostech optické části pyrometru (ohnisková délka), na velikosti účinné plochy detektoru a na zaměřovací vzdálenosti.“ (Kadlec, 2009) Při měření musíme dbát na to, aby plocha měřeného objektu zcela vyplňovala zorné pole pyrometru. Viz obr. 8.

Pro správnou funkci bezdotykových teploměrů je také nutné je pravidelně kalibrovat. I ke kalibraci se velmi často používá černého tělesa.

Pro realizaci termovizního měření není potřeba žádné zvláštní oprávnění, může jej provádět každý, kdo si obstará termokameru.

2.8 Závěr kapitoly

V této kapitole byly vysvětleny pojmy důležité pro pochopení problematiky, bez kterého by nebylo možno zadanou práci vytvořit. Samotná aplikace pro výpočet tepelných ztrát vychází z obálkové metody, se kterou nás tato kapitola také seznamuje. Protože úniky tepla byly následně potvrzovány termovizním měřením, bylo se nutné zabývat i termovizním měřením, jeho zásadami i nepřesnostmi.

3 Metodika

Cílem této bakalářské práce je vytvoření aplikace pro výpočet tepelných ztrát.

3.1 Volba metody

Nejprve bylo nutné zvolit metodu, která bude v rámci aplikace využita. Touto se stala metoda obálková.

3.2 Nastudování problematiky

Dále bylo nezbytné shromáždit a podrobně prostudovat problematiku zabývající se nejen energetickou náročností budov, ale zejména zvolenou obálkovou metodou, stejně jako principy a zásadami bezkontaktního měření za pomoci termovize. Toto je obsahem kapitoly 2 na stranách 14 až 25. Dále bylo potřeba důkladně prostudovat českou technickou normu: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu (jedná se o ČSN EN 12831 (06 0206)).

3.3 Vytvoření databáze stavebních materiálů

U sledované nemovitosti bylo potřeba vytvořit základní databázi stavebních materiálů, jejich technických a tepelných vlastností pro využití ve výsledné aplikaci.

3.4 Použití aplikace

Vytvořený program byl potom aplikován na konkrétním rodinném domku vystavěném z materiálů uvedených ve zhotovené databázi stavebních materiálů.

Výsledky vypočtené na základě mnou vytvořené aplikace vycházejí z obálkové metody. Vytvořený algoritmus přesně kopíruje postup zjednodušené výpočtové metody.

3.5 Prostředí pro vývoj aplikace

Pro vytvoření aplikace bylo využito prostředí aplikace QT Creator verze 3.2.2. Aplikace byla napsána v jazyce C++.

QT Creator je integrované vývojové prostředí určené pro programování v jazyce C++. Jeho součástí je QT Designer, což je nástroj pro návrh grafického rozhraní. Nejvhodnější pro vypracování práce se jevila obálková metoda, proto byla

zvolena. Nejlépe zohledňovala množství zadaných údajů a přesnost dosaženého výpočtu.

3.6 FLIR Reporter

FLIR Reporter, který byl v rámci této práce použit při termovizním měření, je profesionální nástroj na import snímků z termovize. Kombinuje veškerá naměřená data do jednoho souboru.

3.7 Porovnání výsledků

Aplikací zjištěné úniky tepla byly porovnány s kontrolním měřením na sledovaném objektu realizovaném ručními výpočty. Výsledky jsem se také snažil porovnat s aplikacemi dostupnými na internetu. Vytvořená aplikace, výpočty a všechny výsledky jsou obsaženy v kapitole 4 na stranách 28 až 36. Termovizní měření moderním způsobem odhalilo místa největších tepelných ztrát zkoumaného objektu.

K věci je podle mne potřeba dodat, že výpočet tepelných ztrát obálkovou metodou se v současné době řídí normou ČSN EN 12 831. Tato norma je českou verzí evropské normy EN 12831:2003. Vzhledem k tomu, že Česká republika je členem Evropského výboru pro normalizaci, byla povinna přiznat této evropské normě bez jakýchkoliv modifikací status národní normy. V případech, kdy by však norma odporovala národní legislativě, má zatím přednost národní legislativa. Pro účely této bakalářské práce je důležité, že norma stanoví zásady, které je pro dosažení reálného výpočtu nezbytné dodržet, a kromě jiných výpočtů obsahuje právě i zjednodušenou výpočtovou metodu.

3.8 Závěr kapitoly

V této kapitole byl zaznamenán postup při vypracování práce, zvolení metody a použití aplikace. Prostředím pro vývoj aplikace se stalo prostředí QT Creator, nástrojem na import termovizních snímků FLIR Reporter. Došlo k porovnání zjištěných výsledků.

4 Vlastní práce

V této kapitole je obsaženo praktické řešení zadaného úkolu. Práce se skládá z vytvořené aplikace a jejího ověření na konkrétní nemovitosti. Obsahuje základní databázi stavebních materiálů měřené nemovitosti, ověření výsledku aplikace s výpočty realizovanými běžným způsobem i dostupnými aplikacemi na internetu. Tepelné úniky byly ověřeny termovizním měřením.

4.1 Vytvořená aplikace

Pro vytvoření algoritmu mé aplikace bylo nejprve nutno důkladně prostudovat českou technickou normu: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu (jedná se o ČSN EN 12831 (06 0206)). Algoritmus přesně kopíruje postup zjednodušené výpočtové metody. Vzorce pro výpočty jsou uvedeny v kapitole 2.6 na straně 21-23. Pro vytvoření aplikace bylo využito prostředí open source aplikace QT Creator verze 3.2.2. Byla napsána v jazyce C++ a byla vyvíjena pro operační systém Windows.

Návrhová tepelná ztráta

Menu

Venkovní teplota [°C] Vnitřní teplota [°C]

Vnitřní objem [m³] Nejmenší intenzita výměny vzduchu [h⁻¹]

Název stavební části:

Teplotní korekční čísel

Plocha stavební části [m²]

Součinitel prostupu tepla [W/m²·K]

Ulož

Uprav

Smaž

Celková tepelná ztráta

Vypočítej Vysledek prostupem

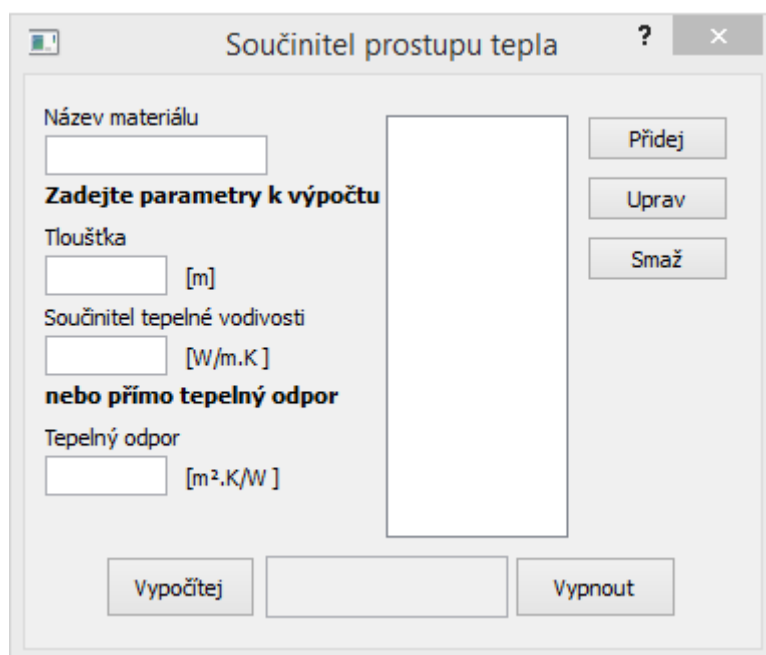
Vypnout Vysledek větráním

 Vysledek celkem

Obrázek 1: Prostředí aplikace

Po té, co uživatel vyplní nabízené kolonky zadáním všech potřebných údajů, aplikace nejdříve spočítá celkovou návrhovou tepelnou ztrátu prostupem. Následně spočítá návrhovou tepelnou ztrátu větráním. Součet návrhových tepelných ztrát prostupem a větráním představuje celkovou návrhovou tepelnou ztrátu.

Pro usnadnění výpočtu je v aplikaci možné otevřít druhé okno sloužící k mezivýpočtu součinitele prostupu tepla, tedy propustnosti dané stěny.



Obrázek 2: Prostředí aplikace

4.2 Ověření aplikace na konkrétním rodinném domě

Veškerá měření a výpočty potřebné pro aplikaci byly realizovány na rodinném domě na adrese Pačlavice č. 190 nacházejícím se na okrese Kroměříž ve Zlínském kraji. Do výpočtů nebyly zahrnuty suterén a půdní prostor a to vzhledem ke skutečnosti, že tyto prostory nejsou majiteli vytápěny. Viz příloha, obrázek č. 9

4.3 Základní databáze stavebních materiálů

Základní databázi stavebních materiálů, jejich součinitelů tepelné vodivosti, které byly užity v aplikaci, představují následující řádky:

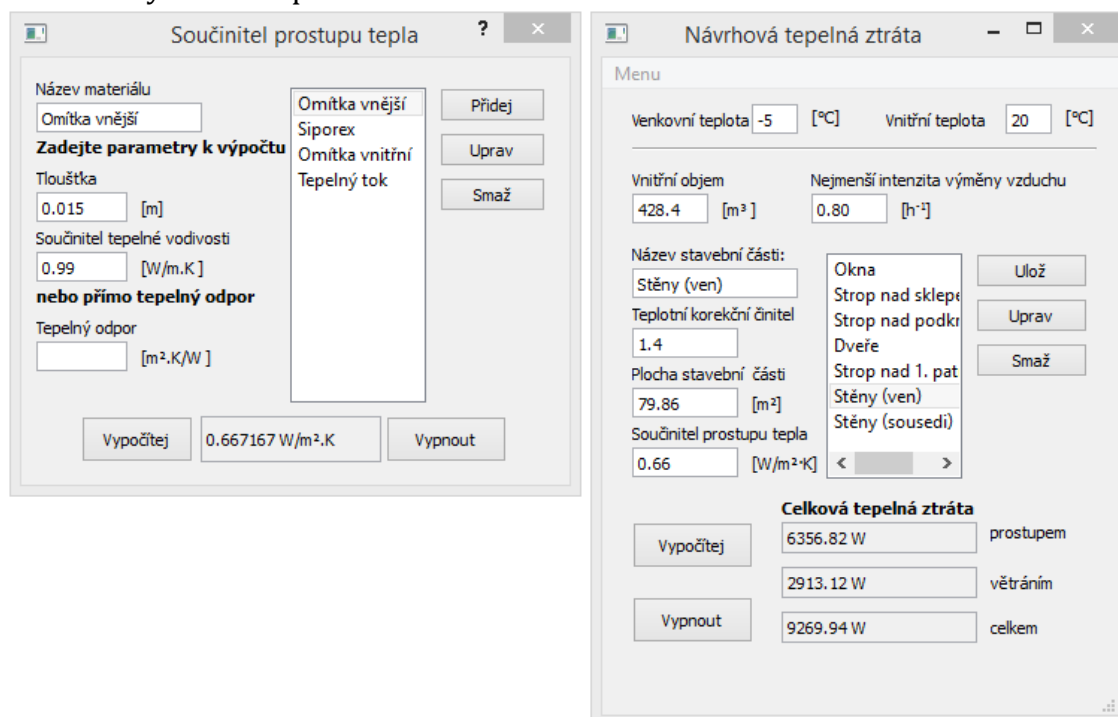
Materiál	λ [W/m*K]
Omítka vápennocementová	0,99
Siporex	0,21
Desky dřevovláknité, lisované	0,17
Materiály z minerální plsti	0,056
Palubky	0,17
Cementový potěr	1,16
Pěnový polystyrén	0,04
Jekor	0,069
Dřevotříska	0,11
Keramický stropní panel POD	0,69

Dřevo	0,15
Keramická dlažba + tmel	0,55
betonová mazanina	1,16
Keramický stropní panel POD	0,69

Údaje o fyzických vlastnostech materiálů jsou čerpány z projektové dokumentace domu.

Při výpočtech součinitele prostupu tepla v aplikaci byla možnost výběru z řady konkrétních materiálů namísto zadávání přesné hodnoty součinitele tepelné vodivosti. Vzhledem k tomu, že každý výrobce však udává jiné tepelné vlastnosti stejně nazvaných materiálů, stal by se seznam stavebních materiálů velice obsáhlým a nepřehledným, a to i přes skutečnost, že by neudával všechny žádané materiály používané při výstavbě.

Shora uvedené materiály byly spolu se zákonem předepsanými údaji vloženy do mnou vytvořené aplikace.



Obrázek 3: Výpočet v aplikaci

Jak vyplývá ze shora uvedeného obrázku, po zadání všech potřebných údajů bylo dosaženo celkové návrhové tepelné ztráty 9269 W.

4.4 Ověření výsledku aplikace běžným postupem na sledovaném rodinném domu.

Tabulky pro výpočty U hodnot jsou uvedeny v přílohách D. Tabulka pro výpočet celkové návrhové tepelné ztráty je uvedena v příloze E.

Hodnoty oken v tabulce číslo 5 vycházejí z normy EN ISO 10077-1.

4.5 Porovnání výsledků aplikace s kontrolním výpočtem

K ověření výsledku získaného prostřednictvím mnou vytvořené aplikace bylo nutné spočítat tepelné ztráty zkoumaného rodinného domu ručními výpočty. Tyto výpočty jsou uvedeny v kapitole 4 na straně 28. Z porovnání výsledků mnou vytvořené aplikace a výsledků ručních výpočtů vyplývá, že oběma postupy se dospělo k téměř shodným výsledkům tepelných ztrát. Drobná odchylka je zapříčiněna zao-krouhlováním. Mnou vytvořená aplikace ve srovnání s ručními výpočty však výrazně zjednodušuje a urychluje dosažení potřebných údajů o tepelných ztrátách zkoumaného objektu. Běžný občan se v ručních výpočtech vůbec nemusí orientovat, mohou mu připadat velmi složité, nečitelné.

4.6 Porovnání výsledků s dostupnými aplikacemi na internetu

Aplikaci, kterou jsem v rámci této práce vytvořil, jsem se pro zhodnocení úrovně její kvality také snažil porovnat s aplikacemi, které jsou dostupné na internetových stránkách. S ohledem na fakt, že způsob výpočtu se začal používat a stal se aktuálním až od roku 2014, šlo o dosti náročný úkol. Internetové stránky poskytovaly sice řadu aplikací, většinou se však jednalo o zastaralé produkty vzhledem k normě, která byla při výpočtech používána.

Jako příklad udávám aplikaci na stránce www.tzb-info.cz. Tato aplikace vychází právě ze zrušené normy ČSN 06 0210.

Další mnou nalezená internetově dostupná aplikace pro výpočet tepelných ztrát byla nabízena na adrese www.kcad.cz. Tato aplikace byla jediná z nalezených, u které poskytovatel uváděl, že vychází z aktuální účinné normy. Jednalo se však o placený program bez jakékoliv bližší praktické ukázky.

4.7 Kontrolní termovizní měření na reálném objektu

Termovize FLIR ThermaCAM E320 byla pro účely vypracování této bakalářské práce zapůjčena Medelovou univerzitou v Brně. Měření proběhlo ve dnech 10. 12.

2014 a 11. 12. 2014 v souladu se zásadami termovizního měření uvedenými v kapitole 2.7.4 na straně 25. Měření bylo prováděno v otopné sezóně, v ranních hodinách, při venkovní teplotě -5°C za klidného počasí beze srážek. Naměřená vnitřní teplota sledovaného objektu byla $+20^{\circ}\text{C}$. Měření sice neprobíhalo za optimálních teplotních podmínek, celá zima roku 2014-2015 však patřila teplotně k nadprůměrným zimám.

Měření je zaznamenáno na snímcích pořízených prostřednictvím termokamery.

Snímek číslo 4 zobrazuje čelní stranu budovy.



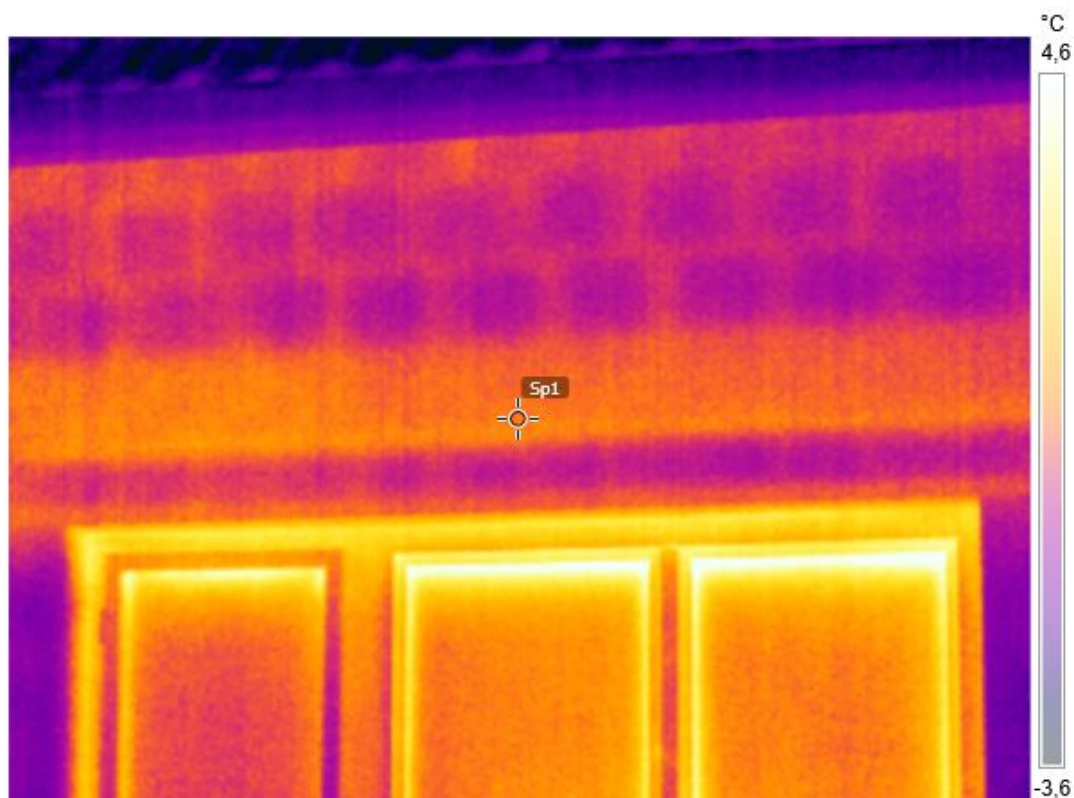
Obrázek 4: Termovizní zobrazení domu

Zadní část budovy ze zahrady je zachycena na snímku číslo 5.



Obrázek 5: Termovizní zobrazení domu

Termovizním měřením tak skutečně byly potvrzeny úniky tepla sledované nemovitosti. Snímky odhalily místa zvýšených tepelných ztrát zkoumaného objektu. Ze zadokumentovaných snímků vyplývá, že největší tepelné ztráty jsou zaznamenány v oblastech oken a dveří. Další významné úniky tepla jsou patrné v místech nedokonalého stavebního provedení domu, resp. materiálů zvolených pro výstavbu objektu, jako je například vidět na snímku číslo 6.



Obrázek 6: Termovizní zobrazení domu

Přesná výše úniků tepla však ze snímků zjistit nelze. Prostřednictvím měření termovize nelze spočítat celkovou tepelnou ztrátu budovy, ze snímků je pouze patrné, kudy teplo z nemovitosti uniká.

4.8 Závěr kapitoly

V této části práce bylo popsáno praktické řešení zpracovávaného úkolu. Základem se stalo vytvoření aplikace. Navržený postup vychází ze zjednodušené výpočtové metody.

Protože výsledky vytvořené aplikace ovlivňují stavební materiály, ze kterých je měřený dům zhotoven, je pro aplikaci velmi důležité sestavení základní databáze stavebních materiálů. Po shromáždění všech potřebných údajů, byly tyto vloženy do zhotovené tabulky a postupně vypočítána tepelná ztráta prostupem a tepelná ztráta větráním. Součet tepelných ztrát prostupem a větráním dává celkovou tepelnou ztrátu. Vytvořenou aplikací byly zjištěny úniky tepla u sledovaného objektu.

Pro zjištění kvality vytvořené aplikace byly zjištěné úniky porovnány s výpočty úniků tepla realizovanými běžnými postupy. Bylo konstatováno, že obě-

ma postupy se došlo k téměř shodným výsledkům. Příčinou drobné odchylky může být zaokrouhlování.

V souladu se zadáním práce jsem se snažil tepelné ztráty zjištěné vytvořenou aplikací porovnat i s aplikacemi dostupnými na internetu. Protože však většina z nalezených aplikací nevycházela z aktuální platné normy a jediná nalezená internetová aplikace vycházející z platné normy byla placená, toto porovnání se nepodařilo.

Součástí praktické práce je i termovizní měření sledovaného domku. Pro termovizní měření bylo nejprve nutné obstarat termokameru. Po náležitém seznámení s jejím fungováním a obsluhou byly pořízeny snímky, jejichž prostřednictvím byly zjištěny a zaznamenány úniky tepla sledované nemovitosti.

5 Závěr

V této části budou zhodnoceny výsledky práce a splnění zadaného úkolu.

5.1 Zhodnocení práce

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí a to části teoretické a části praktické. V teoretické části jsou vysvětleny pojmy důležité pro pochopení dané problematiky, kterými jsou energetická náročnost budovy, průkaz energetické náročnosti i výpočet tepelné ztráty budovy a spotřeby tepla. Předmětem teoretické části se stala také obálková metoda, ze které navržená aplikace vychází, termovizní měření a emisivita. V praktické části se nachází algoritmus navržený pro aplikaci i ověření vytvořené aplikace na konkrétním rodinném domu. Praktická část také obsahuje základní databázi stavebních materiálů zkoumaného objektu. Nachází se zde i ověření výsledku aplikace výpočtem získaným běžným způsobem, jeho porovnání s výsledkem zjištěným prostřednictvím aplikace i snaha o porovnání navrženého programu s aplikacemi dostupnými na internetu. Jeden díl praktické části se věnuje termoviznímu měření.

5.2 Naplnění cíle práce

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření programu pro výpočet tepelných ztrát rodinného domu. Tento cíl byl splněn. Byla vytvořena použitelná aplikace, jejímž výsledkem jsou zjištěné a vypočítané úniky tepla konkrétního rodinného domu. Úniky tepla zjištěné prostřednictvím vytvořené aplikace byly ve snaze o získání úrovně kvality vytvořené aplikace porovnány s výsledky získanými ručními výpočty. Bylo zjištěno, že výsledky získané prostřednictvím navržené aplikace byly téměř shodné s výsledky úniků tepelných ztrát vypočtenými běžným způsobem. Nepatrný rozdíl může být důsledkem zaokrouhlování.

Přesnost mnou dosaženého výpočtu je tak pro dané účely dostačující. Zadáním více podrobnějších údajů lze však dosáhnout ještě spolehlivějších výsledků. Mnou zvolený postup oproti klasickým výpočtům výrazně zrychluje a zjednodušuje výpočty tepelných ztrát.

Tepelné ztráty byly následně potvrzeny termovizními snímky zadaného objektu. Zaznamenané termovizní snímky prokazují cesty úniků, nezjišťují však výši těchto tepelných ztrát.

5.3 Využití aplikace

Tato práce ukazuje, že je možné vytvořit další programy, jejichž prostřednictvím lze vypočítat tepelné ztráty. Bezesporu bude ještě vytvořena řada dalších způsobů výpočtů lišících se od sebe finanční náročností, časovou dostupností, věrohodností, způsobem nebo pracností. Počáteční investice na program na zjišťování úniků tepla, doba zjišťování nebo právě pracnost výpočtů však nemohou zájemce o úspory energií odrazovat od jejich úmyslu energiemi šetřit a ulevit takto nejen svým peněženkám ale především životnímu prostředí. Ve snaze o snižování energetické náročnosti budov záleží právě na každém jednotlivém majiteli nemovitosti, zda si bude chtít nechat zjistit energetickou náročnost svého objektu a zda na základě takového zjištění provede úpravy své nemovitosti nebo bude nadále platit zbytečně vysoké účty za její vytápění. Zjišťování energetické náročnosti budov se v současné době stalo velmi aktuálním tématem, neboť od počátku roku 2015 je v účinnosti novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií a zjišťování energetické náročnosti je v zákonem stanovených případech povinné. Energetický štítek musí být zpracován při prodeji nemovitostí, u novostaveb nebo např. při rekonstrukcích budov. Z uvedeného vyplývá, že zájem o zjišťování energetické náročnosti budov, energetické štítky a tedy i metody výpočtu tepelných ztrát objektů bude mezi obyvatelstvem narůstat. V popředí zájmu budou metody jednoduché, rychlé, zajišťující co nejpřesnější výsledky. Vytvořená aplikace všechny tyto požadavky splňuje.

6 Literatura

- ANTONÍN, Jan. 2012. Průkaz energetické náročnosti [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.prukaznadum.cz/prukaz-energeticke-narocnosti>
- ČSN 06 0210. Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. 2008
- ČSN EN 12831 06 0206. Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu. 2004.
- ČSN EN ISO 10077-1. Tepelné chování oken, dveří a okenic -Výpočet součinitele prostupu tepla. 2001
- ČSN EN ISO 13790. Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení. 2009
- ČSN EN ISO 6946. Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla. 2008
- HUDCOVÁ, Lenka, 2009. Energetická náročnost budov: základní pojmy a platná legislativa. Praha: EkoWATT, 43 s. ISBN 978-80-87333-03-7.
- KADLEC, Karel, 2009. Bezdotykové teploměry [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: www.skola.spectator.cz/7_SEMESTR/senzory/Bezdotykovove_tplomery.pdf
- MACHOLDA, František. 2008. Energetická náročnost budov a související povinnosti obcí a státní správy. Praha 8. Dostupné také z: http://ekowatt.cz/upload/2280eafbac35e9ad964192b781bb3743/Sbornik_Energeticka_narocnost_budov.pdf
- MALÝ, VÍTĚZSLAV. 2013. Růst cen energie: Hrozba, či impuls pro další rozvoj?. Dostupné také z: <http://moderniobec.cz/rust-cen-energie-hrozba-ci-impuls-pro-dalsi-rozvoj/>
- SKALÍK, Cyril. 2013. TERMOKAMERA: PROSTŘEDEK pro ANALÝZU TEPLENÝCH ZTRÁT. Dostupné také z: <http://www.mereni-termovizi.cz>
- STERN, Michael. 2008. Pasivní, nízkoenergetické a nulové domy: Co je co? [online]. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/pasivni-nizkoenergeticke-a-nulove-domy-co-je-co.aspx>
- TYWONIAK, Jan. 2007. Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech Zdroj: Český instalatér [online]. 2006(6) [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>
- Vyhláška č. 148-2007 o energetické náročnosti budov. 2007
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění novel, In: Sbírka zákonů. 2004.

Přílohy

A Průkaz energetické náročnosti budov

Obrázek 7: Průkaz energetické náročnosti budovy (Hudcová, 2009)

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2012 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 148/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo:

PSC, místo:

Typ budovy:

Plocha obálky budovy: m²

Obestavěný prostor: m³

Objemový faktor tvaru A/V: m³/m²

Energetická vztažná plocha: m²




DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro:	Stanovena ano <input checked="" type="checkbox"/> ne <input type="checkbox"/>
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření v protokolu průkazu a vyhodnocení dopadu na energetickou náročnost újkou **Doporučení**

PODÍL ENERGO NOSITELŮ NA DODANOU ENERGIÍ

- Slunce
- Biomasa
- Zemní plyn
- Uhlí
- LTO
- CZT
- Elektřina



ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie
(Energie na vstupu do budovy)

Neobnovitelná primární energie
(Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrná hodnota kWh/(m ² ·rok)	
Mimořádně úsporná A	Dop. A
Velmi úsporná B	XXX B
Úsporná C	C
Hospodárna D	D
Nehospodárna E	E
Velmi nehospodárna F	F
Mimořádně nehospodárna G	G

Hodnota pro celou budovu kWh/(m²·rok)

Celková dodaná energie	Neobnovitelná primární energie
XXXX	XXXX

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
U_{ext} W/(m ² ·K)	Dílčí dodaná energie kWh/(m ² ·rok)					
A	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
B		Dop.			XX	XX Dop.
C	X,XX					
D						
E					Dop.	
F						
G					XX	
Dílčí dodané energie pro celou budovu kWh/(m ² ·rok)	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

Vyhotoveno dne:

Zpracovatel:

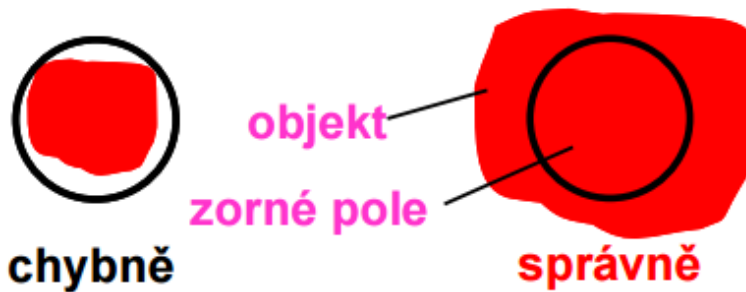
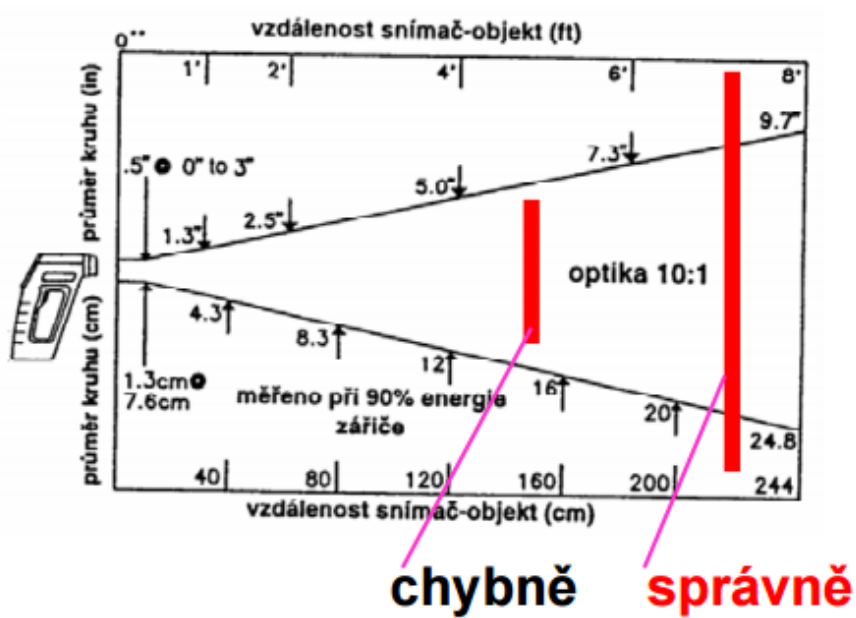
Kontakt:

Platnost do:

Osvědčení č.:

Podpis:

B Snímání termovizí



Obrázek 8: Správné snímání termovizí (Skalík, 2013)

C Měřený objekt



Obrázek 9: Měřený objekt

D Výpočty U hodnot pro stavební části

Tabulka 1: Výpočet U hodnot pro obvodové stěny

Obvodové stěny	Název materiálu	[m]	[W/m*K]	[m ² *K/W]	[W/m ² *K]
	Omítka vápennocementová	0,02	0,99	0,02	
	Siporex	0,30	0,21	1,43	
	Omítka vápennocementová	0,02	0,99	0,02	
	Vodorovný tepelný tok			0,04	
Celková tloušťka a U_k		0,33		1,50	0,67

Tabulka 2: Výpočet U hodnot pro strop nad podkrovím

Strop nad podkrovím	Název materiálu	[m]	[W/m*K]	[m ² *K/W]	[W/m ² *K]
	Tepelný tok směrem nahoru			0,10	
	Desky dřevovláknité, lisované	0,02	0,17	0,14	
	Materiály z minerální plsti	0,10	0,06	1,79	
	Palubky	0,02	0,17	0,09	
Celková tloušťka a U_k		0,14		2,12	0,47

Tabulka 3: Výpočet U hodnot pro strop nad sklepem a přízemím

Strop nad sklepem a přízemím	Název materiálu	[m]	[W/m*K]	[m ² *K/W]	[W/m ² *K]
	Tepelný tok směrem dolů			0,17	
	Cementový potěr	0,03	1,16	0,03	
	Pěnový polystyrén	0,02	0,04	0,50	
	Jekor	0,01	0,07	0,07	
	Dřevotříska	0,01	0,11	0,13	
	Keramický stropní panel POD	0,18	0,69	0,26	
	Omítka vápennocementová	0,02	0,99	0,02	
Celková tloušťka a U_k		0,27		1,17	0,85

Tabulka 4: Výpočet U hodnot pro venkovní dveře

Venkovní dveře	Název materiálu	[m]	[W/m*K]	[m ² *K/W]	[W/m ² *K]
	Vodorovný tepelný tok			0,13	
	Dřevo	0,06	0,15	0,40	
	Vodorovný tepelný tok			0,04	
Celková tloušťka a U_k		0,06		0,57	1,75

Tabulka 5: Výpočet U hodnot pro okna

Okna	Název materiálu	[m]	[W/m*K]	[m ² *K/W]	[W/m ² *K]
Celková tloušťka a U_k					2,10

Tabulka 6: Výpočet U hodnot pro strop nad prvním patrem

Strop nad 1. patrem	Název materiálu	[m]	[W/m*K]	[m ² *K/W]	[W/m ² *K]
	Keramická dlažba + tmel	0,01	0,55	0,02	
	betonová mazanina	0,04	1,16	0,03	
	Pěnový polystyrén	0,02	0,04	0,50	
	Keramický stropní panel POD	0,18	0,69	0,26	
	Omítka vápennocementová	0,02	0,99	0,02	
	Tepelný tok směrem nahoru			0,17	
Celková tloušťka a U_k		0,27		1,00	1,00

E Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty

Tabulka 7: Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty

Teplotní údaje					
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-5		
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Výpočtový teplotní rozdíl	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	25		
Tepelné ztráty prostupem					
	f_k	A_k	U_k	$f_k * A_k * U_k$	
Stavební část	na jedm.	m ²	W/m ² *K	W/K	
Okna	1,00	20,22	2,10	42,46	
Strop nad sklepem a přízemím	0,80	84,00	0,85	57,27	
Strop nad podkrovím	1,40	30,00	0,47	19,80	
Venkovní dveře	1,00	1,28	1,75	2,24	
Strop nad 1. patrem	0,80	58,80	1,00	47,10	
Obvodové stěny (do prostředí)	1,40	79,86	0,67	74,59	
Obvodové stěny (k sousedům)	0,50	36,00	0,67	12,01	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem $H_{T,i} = \sum_k f_k * A_k * U_k$				W/K	255,476
Celková tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$				W	6386,90
Tepelné ztráty větráním					
Vnitřní objem	V_i	m ³	428,40		
Nejmenší intenzita výměny vzduchu	n_{min}	h ⁻¹	0,80		
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním $H_{V,i} = 0,34 * V_i * n_{min}$			W/K	116,52	
Celková tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$				W	2913,12
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem $\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$				W	9300,02
Korekční činitel na vyšší teplotu	$f_{\Delta\theta}$	na jedm.	1,00		
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem $\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) * f_{\Delta\theta}$				W	9300,02