

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Průkaz energetické náročnosti budovy

vedoucí práce: Ing. Stanislav Jiřinec

autor: Vladimír Volf

2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladimír VOLF**
Osobní číslo: **E10B0271P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Průkaz energetické náročnosti budovy**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Objasněte význam průkazu energetické náročnosti (PENB).
2. Určete tepelné ztráty zvoleného objektu.
3. Proveďte měření termokamerou za účelem zjištění tepelných mostů.
4. Sestavte PENB a určete závěry pro praxi.




Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

1. Určí vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Jiřinec**
Katedra elektroenergetiky a ekologie
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Josef Vaněk**
Katedra elektroenergetiky a ekologie
Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Průkaz energetické náročnosti budovy

Anotace

Předkládaná bakalářská práce vysvětluje základní pojmy v oblasti termografie a energetických štítků. Jsou zde také uvedeny možnosti využití termografie v praxi. Dále je práce zaměřena na výpočet tepelných ztrát daného bytového domu. Po provedení výpočtu tepelných ztrát je sestaven průkaz energetické náročnosti budovy. Nakonec jsou pomocí termokamery zjištěny tepelné mosty a uvedeny závěry pro praxi.

Klíčová slova

součinitel prostupu tepla, teplená ztráta, tepelný most, průkaz energetické náročnosti budovy, energetický štítek, bolometr, termokamera, energetická náročnost, energetické hodnocení budov

Building energy performance certificate

Abstract

The presented bachelor thesis explain the basic concepts of thermography and energetic cards. There are also included options of use thermography in practice. Further is thesis aimed at calculating the heat loss of apartment building. After the calculation is assembled a building energy certificate. Finally there are detected thermal bridges by thermal camera and listed conclusions for practice.

Key words

heat passage coefficient, thermal loss, thermal bridge, building energy performance certificate, energetic card, bolometer, thermal camera, energy intensity, energy assessment of buildings

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 30.5.2013

Vladimír Volf

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Stanislavovi Jiřincovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	12
1 TEPLOTA	13
1.1 MĚŘENÍ TEPLoty	13
1.2 BOLOMETRY	14
1.3 EMISIVITA	14
1.4 VÝHODY/NEVÝHODY TERMOVIZNÍHO MĚŘENÍ	15
2 TERMOGRAFIE	15
2.1 PODMÍNKY PRO ZHOTOVOVÁNÍ TERMOSNÍMKŮ Z EXTERIÉRU U STAVEB	15
2.2 VYUŽITÍ TERMOGRAFIE V PRAXI	16
2.3 SPOLEČNOST FLIR SYSTEMS	18
2.4 ENERGETICKÉ ŠTÍTKY	19
2.4.1 Energetický štítek obálky budovy	19
2.4.2 Průkaz energetické náročnosti budovy	20
3 URČENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOVY	22
3.1 BUDOVA A JEJÍ KONSTRUKCE	22
3.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY BUDOVY	22
3.3 PRINCIP VÝPOČTU TEPELNÝCH ZTRÁT	28
3.3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla	28
3.3.2 Problematika tepelných mostů	29
3.3.3 Tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru	31
3.3.4 Tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru	32
3.4 SOFTWARE POUŽITÝ PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	33
3.5 VÝSLEDKY VÝPOČTU Z PROGRAMU PROTECH	34
3.6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY	34
3.7 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	35
3.8 ZÁVĚRY PRO PRAXI	36
ZÁVĚR	38
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	39
PŘÍLOHY	1
PŘÍLOHA A - TABULKA PRO URČENÍ ENERGETICKÉ TŘÍDY OBÁLKY BUDOVY	1
PŘÍLOHA B - PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	2
PŘÍLOHA C - GRAFICKÝ PENB	11
PŘÍLOHA D - PROTOKOL O MĚŘENÍ TERMOKAMEROU	12

Seznam použitých symbolů a zkratek

°C	Stupeň Celsia	Jednotka teploty
°F	Stupeň Fahrenheita	Jednotka teploty
K	Kelvin	Jednotka teploty
m/s	Metr za sekundu	Rychlost větru
m ³ /s	Metr krychlový za sekundu	Objemový tok za sekundu
m	Metr	Jednotka délky
m ²	Metr čtvereční	Jednotka plochy
m ³	Metr krychlový	Jednotka objemu
CO ₂	Oxid uhličitý	
vn	Vysoké napětí	Obecné označení
vvn	Velmi vysoké napětí	Obecné označení
CI	Klasifikační ukazatel	
eVN	Měrná spotřeba tepla na vytápění	
eVA	Měrná potřeba tepla na vytápění	
EPa	Měrná spotřeba energie	
EP	Celková roční dodaná energie	
GJ	Gigajoule	Jednotka energie
d	Tloušťka části konstrukce	Obecné označení
ε	Epsilon	Emisivita
χ	Kapa	Bodový součinitel prostupu tepla
λ	Lambda	Součinitel tepelné vodivosti
ψ	Psí	Lineární součinitel prostupu tepla
TUV	Teplá užitková voda	Obecné označení
SO1	Stěna ochlazovaná	Obecné označení
PDL	Podlaha	Obecné označení
STR	Střecha	Obecné označení
OD	Okno dvojité	Obecné označení
DO	Dveře ochlazované	Obecné označení
FVE	Fotovoltaická elektrárna	
U _{id}	Ideální součinitel prostupu tepla	
U	Součinitel prostupu tepla	

R_{si}	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_N	Tepelný odpor konstrukce
R_{se}	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_T	Odpor při přestupu tepla
$W/(m^2K)$	Jednotka součinitele prostupu tepla
$W/(mK)$	Jednotka tepelné vodivosti
W/K	Jednotka měrné tepelné ztráty
W	Jednotka tepelné ztráty
m^2K/W	Jednotka tepelného odporu
$\sum \Delta U_{tbkj}$	Koeficient vlivem tepelného mostu
$\Phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru
$H_{T,ie}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,ue}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem
$H_{T,ig}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu
$\theta_{int,i}$	Výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
θ_e	Výpočtová vnější teplota
A_K	Plocha stavebních částí
e_K, e_i	Korekční činitele, které zohledňují klimatické vlivy (různé oslunění, absorpce vlhkosti stavebních dílců, rychlost větru a teplota)
U_K	Součinitel prostupu tepla stavení části
ψ_i	Činitel lineárního prostupu tepla pro lineární tepelný most
l_i	Délka lineárních tepelných mostů
b_u	Teplotní součinitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a vnější teplotou
H_{ue}	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do exteriéru
H_{iu}	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného do nevytápěného prostoru
f_{g1}	Korekční činitel, který zohledňuje vliv ročních změn teplot
f_{g2}	Teplotní redukční faktor, který zohledňuje rozdíl mezi průměrnou a výpočtovou venkovní teplotou

A_K	Plocha stavebních částí
$U_{ekv,K}$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla, určí se podle topologie stavby
G_W	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$f_{i,j}$	Redukční činitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty
θ_{sp}	Teplota sousedního vytápěného prostoru
$\Phi_{V,i}$	Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru
$H_{V,i}$	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
V_i	Objemový tok vzduchu
ρ	Hustota vzduchu při výpočtové teplotě interiéru $\theta_{int,i}$
C_p	Měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$
kg/m^3	Jednotka hustoty
kJ/kg.K	Jednotka měrné tepelné kapacity
U_{em}	Průměrný součinitel prostupu tepla
H_T	Měrná ztráta prostupem tepla obálkou budovy
A	Plocha obálky budovy
A/V	Objemový faktor tvaru budovy
$U_{em,N}$	Požadovaný součinitel prostupu tepla

Úvod

V dnešní době je všeobecným trendem snížení emisí CO₂ v ovzduší, v závislosti na tom je vhodné snížit energetickou náročnost budov. V dřívějších dobách se začaly z důvodu úspor štitkovat spotřebiče a v současnosti se tato povinnost vztahuje nejen na obálku budovy, ale i na celou budovu.

Proto se zavedl průkaz energetické náročnosti budov (PENB). Ten umožňuje porovnání budov z hlediska obálky budovy, nároků na vytápění, větrání, klimatizace, TUV, světla a dalších parametrů. PENB může sloužit jak provozovatelům budovy, tak i například realitním kancelářím nebo zájemcům o koupi domu, stanovení kupní ceny, nájmu domu nebo bytu. Na základě povinnosti vyplývající ze zákona č. 318/2012Sb. je zde nutnost mít k budově vypracovaný PENB.

Cílem této bakalářské práce je určení tepelných ztrát zvoleného objektu. Dalším úkolem je zjištění tepelných mostů v konstrukci pomocí termokamery a nakonec sestavení PENB.

V první části jsou popisovány způsoby měření teploty, především princip bezdotykového měření teploty pomocí bolometrů. Je zde věnována část textu emisivitě materiálu a také výhodám a nevýhodám bezdotykového měření teploty.

V druhé části jsou uváděny podmínky správného měření pomocí termokamery. Zároveň jsou uvedeny i příklady použití termografie v praxi (energetika, lékařství, stavebnictví). Je též zmíněna historie jednoho z největších výrobců termovizní techniky. Dále je uvedena podrobná charakteristika energetických štítků používaných ve stavebnictví (energetický štítek obálky budovy a PENB).

Třetí část je věnována konkrétnímu výpočtu tepelných ztrát dané budovy, jsou zde zakresleny plány budovy včetně rozměrů. Zároveň třetí část obsahuje složení jednotlivých stavebních konstrukcí a výpočty součinitelů prostupu tepla. V této kapitole jsou také uvedeny výsledky získané pomocí výpočtového softwaru, které jsou v závěru této části analyzovány a na základě kterých je zhodnocena obálka budovy.

1 Teplota

Teplota je stavovou veličinou, která charakterizuje stav hmoty. Teplota je základní veličinou v soustavě SI, její základní jednotka je 1 Kelvin (K). V praxi se setkáváme ještě s dalšími stupnicemi teploty, jako je Celsiova (°C), anebo Fahrenheitova stupnice (°F).

1.1 Měření teploty

[1], [3], [4]

Teplotu lze měřit kontaktně a bezkontaktně. Existuje celá řada způsobů měření teploty závislých na použitém detektoru, způsobu převedení teploty na signál, rozsahu teplot nebo na interpretaci naměřené veličiny.

Základní dělení měření teploty:

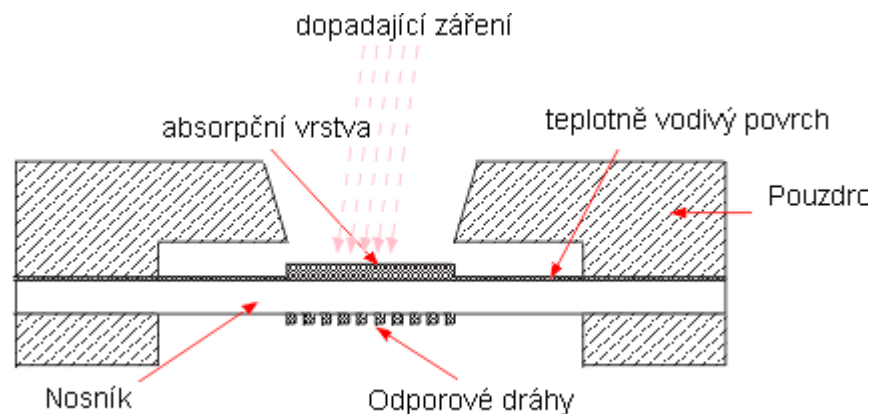
- a) Kontaktní:
 - Dilatační (kapalinové, plynové)
 - Elektrické (odporové, polovodičové)
 - Speciální (akustické, magnetické)
- b) Bezkontaktní:
 - Tepelné
 - a) Bolometrické
 - b) Pyrometrické
 - c) Termoelektrické
 - Kvantové
 - a) Fotodiody
 - b) Fotorezistory

Bezkontaktní měření teploty je velmi jednoduchý, rychlý a přesný způsob měření teploty a lze měřit teplotu nejen bodově, ale i plošně pomocí infračervených kvantových detektorů doplněných o optiku, vyhodnocovací a zobrazovací elektroniku. Takto postavený systém se nazývá termokamera či termozobrazovač. V termokamerách se používají senzory zvané bolometry.

1.2 Bolometry

[2], [3]

Bolometry (z řeckého bole: paprsek) pracují na podobném principu jako kovové odporové senzory teploty. Elektrický odpor bolometru se mění v závislosti na jeho teplotě, která však závisí na množství absorbovaného dopadajícího infračerveného záření. Množství tohoto záření může být určeno ze změn odporu bolometru. Aby byla změna teploty bolometru úměrná pouze absorbovanému záření, musí být bolometr tepelně odizolován od svého okolí.



Obr. 1.1: Provedení bolometru [2]

Nejčastěji se bolometry vyskytují v podobě integrovaných obvodů, které obsahují několik desítek, stovek i tisíců bolometrů uspořádaných do obdélníkové (čtvercové) matice. Takto uspořádané bolometry se obecně označují jako mikrobolometry. Dané uspořádání reprezentuje samotný počet pixelů ve výsledném snímku. Velikost matice bývá 160x120 pixelů (elementů na senzoru) u levnějších přístrojů, u dražších přístrojů se dosahuje rozlišení 320x240 až 640x480. U špičkových kamer je to až 1280x960 elementů.

1.3 Emisivita

[3], [9]

Emisivita je definována jako poměr intenzity vyzařování reálného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého tělesa, které má stejnou teplotu. Jde o bezrozměrnou veličinu, která určuje schopnost tělesa vyzařovat teplo.

Emisivita absolutně černého tělesa je $\varepsilon = 1$, naopak emisivita lesklého zrcadla je $\varepsilon = 0$.

Reálná tělesa mají emisivitu v rozmezí od 0,1 do 0,95.

Emisivita není konstantní pro určitý povrch, ale je závislá na teplotě povrchu, barvě povrchu, struktuře povrchu, vlnové délce a podobně. Tělesa, která nemají emisivitu závislou na vlnové délce, takže mají konstantní emisivitu, se nazývají šedé zářiče. Naopak tělesa, která mají emisivitu závislou na vlnové délce, se nazývají selektivní zářiče.

1.4 Výhody/nevýhody termovizního měření

Výhody:

- zanedbatelný vliv měřicího přístroje na měřený objekt
- rychlejší než běžné způsoby měření
- možnost měření rychlých teplotních změn
- možnost měření pohybujících se těles
- změří i těžko dostupná místa

Nevýhody:

- nepřesnost měření z důvodu nesprávného stanovení emisivity
- nepřesné měření z důvodu špatného zaměření měřeného objektu
- nepřesnost vzniklá tepelnými odrazy
- objektivních výsledků lze dosáhnout pouze za vhodných klimatických podmínek (větší rychlost větru ochladí plášť, mokrá plášť budovy je chladnější než suchý)

2 Termografie

2.1 Podmínky pro zhotovování termosnímků z exteriéru u staveb

- nejvhodnějším ročním obdobím je zima - největší rozdíl teplot interiéru a exteriéru - minimálně 15°C (optimálně 20°C) po dobu alespoň 48 hodin před měřením
- venkovní teplota méně než 5°C
- 12 hodin před měřením a v jeho průběhu by nemělo na měřený objekt svítit slunce - přímý sluneční svit
- alespoň 2 hodiny před měřením zavřená okna a vnější dveře
- 24 hodin před měřením a v jeho průběhu by nemělo pršet, nesmí hustě sněžit a rychlost větru by neměla být vyšší než 3 m/s

2.2 Využití termografie v praxi

[10], [17]

V současnosti se termografie využívá prakticky ve všech odvětvích průmyslu a při různých aplikacích, jako jsou preventivní údržba, diagnostika zařízení a strojů, řízení technologických procesů, výzkum, vývoj apod.

1. Energetika

Termovizní měření se využívá v oblasti rozvodu elektrické energie (vn a vvn) jako prostředek na identifikování problémových oblastí při přenosu a distribuci elektrické energie. Dá se tak předejít neplánovaným výpadkům zařízení, a tím i přerušení dodávky elektrické energie, což by mohlo mít dopad na ekonomiku jiných závislých odběratelů. Termografie se také používá při kontrole samotného vedení vn a vvn. Dále se termografie využívá při kontrole elektrických strojů a přístrojů, kdy se zjišťuje, zda nedochází k nadměrnému oteplování určitých částí strojů či přístrojů.

V neposlední řadě se termografie využívá také ke kontrole úsekových rozvaděčů. Pravidelnou kontrolou zařízení a včasným odhalením poruch v počátečním stadiu se předchází opravám velkého rozsahu.



Obr. 2.1: Termografie v energetice [11]

2. Lékařství

Lidské tělo jako většina organismů produkuje samo o sobě teplo. Využití termografie v lékařství je založené na základě toho, že místo postižené onemocněním vydává jiné množství tepla, než okolní zdravá tkáň. Diagnostiku lze rozdělit do dvou skupin.

V první skupině se jedná o nalezení zánětů a infekcí, které se projevují zvýšením teploty infikované oblasti. Druhou skupinu tvoří nedokrvení, které se projevuje naopak snížením teploty postižené oblasti. Typickým zástupcem první skupiny je nádorové onemocnění, u kterého je potřeba infikovaná ložiska odhalit pokud možno v prvotních stádiích. Termografie je neinvazivní, jednoduchá, je absolutně bezpečná pro pacienta i obsluhu a cena vyšetření je poměrně nízká.

3. Věda a výzkum

Další významnou oblastí pro využití termografie je věda a výzkum a využívá se v následujících odvětvích:

- vývoj nových materiálů
- kontrola kvality
- rozložení teplot na DPS
- nedestruktivní defektoskopie

Využívá se hlavně tehdy, kdy je potřeba nedestruktivní metodou otestovat materiály a komponenty s možností analyzovat termogramy v reálném čase. Termografie je také vhodná pro určování rozložení teplot na deskách plošných spojů, kdy se na základě této informace může optimalizovat rozložení součástek tak, aby nedocházelo k ovlivňování tepelně závislých částí.

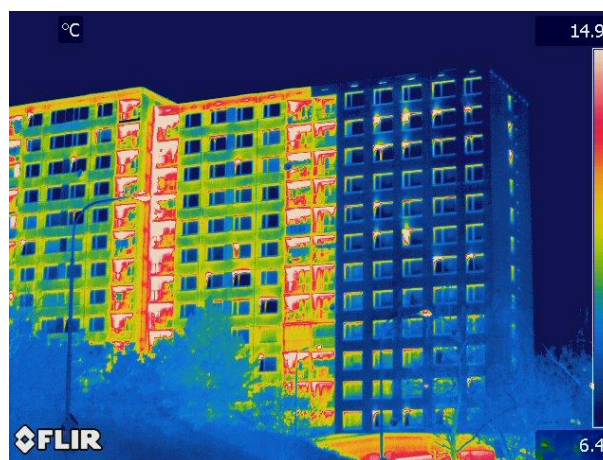
4. Stavebnictví

V současné době je velmi vysoká spotřeba energie, navíc se energie získává především z neobnovitelných zdrojů energie. To vede ke zvyšování obsahu skleníkových a dalších jiných nežádoucích plynů v ovzduší. Pro zabránění nežádoucích úniků energie je potřeba nejprve lokalizovat místa a příčiny vzniku ztrát.

Termografie se využívá především pro určení rozložení povrchových teplot na plášti budovy a pomáhá tak odhalit konstrukční vady, které vznikly špatně provedenými stavebními pracemi, poruchami izolace, stářím objektu, navlháním zdiva a tepelnými mosty. Tepelné mosty mohou mít velký vliv na statiku objektu a mohou vést až k jeho destrukci. Vliv tepelných mostů je významně ovlivněn použitím zcela nových materiálů a odlišných

technologií, než které se používaly dříve. Tepelný most je místo, ve kterém je zvýšený tepelný tok. Uniká jím více energie a v exteriéru má teplejší povrch a naopak v interiéru má povrch studenější než okolní konstrukce.

Z hygienického hlediska jsou tepelné mosty nevhodné, protože na jejich chladných površích může kondenzovat vodní pára nebo zde může stoupnout relativní vlhkost vzduchu nad 80%, což je ideální prostředí pro růst plísní. Plísně jsou významným zdrojem alergenů a tím vytváří vnitřní mikroklima nevhodné pro pobyt lidí. Kondenzace vodní páry v konstrukci může vést u dřevěných staveb k hnilobě, u kovových ke korozi a u ostatních k porušení mrazem.



Obr. 2.2: Termografie ve stavebnictví [11]

2.3 Společnost Flir Systems

Společnost Flir Systems byla založena v roce 1978 jako průkopník v oblasti vývoje vysoce výkonných infračervených zobrazovacích systémů (termovizních kamer) a stala se světovou společností v navrhování, výrobě a prodeji teplotních zobrazovacích systémů pro širokou škálu komerčního a průmyslového využití i využití státními institucemi. Dnes společnost Flir Systems zahrnuje pět velkých společností, kterými jsou: švédská společnost AGEMA Infrared Systems, tři americké společnosti Indigo Systems, FSI a Inframetrics a francouzskou společnost Cedip.

Společnost prodala po celém světě více než 100 000 infračervených kamer sloužících například pro prediktivní údržbu, výzkum a vývoj, nedestruktivní zkoušky, řízení a automatizaci procesů, zobrazování strojů a mnohé další. Společnost Flir Systems má tři výrobní závody ve Spojených státech (ve městech Portland ve státě Oregon, Boston ve státě Massachusetts a Santa Barbara v Kalifornii), jeden ve Švédsku (Stockholm) a jeden závod v Estonsku (Tallin).

2.4 Energetické štítky

2.4.1 Energetický štítek obálky budovy

[6], [8], [13]

Energetický štítek obálky budovy s protokolem je dokument, který zavedla ČSN 730540-2/2002 a hodnotí budovu s ohledem na její tepelně technické vlastnosti, které jsou definovány pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. ČSN 730540-2/2002 byla novelizována v roce 2005 a následně pak v roce 2007. Poslední novela proběhla v říjnu 2011 a pracuje již s názvem energetický štítek obálky budovy, čímž bylo terminologicky zpřesněno, čeho se hodnocení týká.

Energetický štítek se zpracovává pro rodinné i bytové domy i pro budovy v sektoru služeb a slouží pro jasné a jednoduché zhodnocení budovy z hlediska její energetické náročnosti (je obdobou energetického štítku u elektrospotřebičů). Umožňuje jednoduché porovnání budov z hlediska kvality konstrukcí a nároků na energii potřebnou pro vytápění, a tedy i porovnání nákladů na provoz. Energetický štítek může sloužit jak stávajícím majitelům domu, tak i realitním kancelářím a zájemcům o pronájem či koupi domu, jako jeden z nástrojů pro stanovení výše nájmu nebo kupní ceny domu.

Energetický štítek klasifikuje budovy do sedmi kategorií od velmi úsporných (A) až po mimořádně nevhodných (G). Rozhodující jsou normové hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,rq}$ a hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$. Za vyhovující jsou považovány budovy v kategoriích A-C, kde klasifikační třída A odpovídá pasivním domům a třída B odpovídá nízkoenergetickým domům. Třída C se dále dělí na C1 (budovy vyhovuje doporučené hodnotě) a C2 (budova vyhovuje požadované hodnotě součinitele prostupu tepla).

Tyto kategorie společně s průměrným součinitelem prostupu tepla jsou uvedeny v *tab. 2.1*.

Klasifikační třídy	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	Velmi úsporná	$\leq 0,5$
B	Úsporná	$\leq 0,75$
C	Vyhovující	$\leq 1,0$
D	Nevyhovující	$\leq 1,5$
E	Nehospodárná	$\leq 2,0$
F	Velmi nehospodárná	$\leq 2,5$
G	Mimořádně nehospodárná	$> 2,5$

Tab. 2.1: Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy [13]

2.4.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

[7], [8]

Průkaz energetické náročnosti budovy nahradil dříve platný dokument zvaný Energetický průkaz budovy, který zavedla vyhláška č. 291/2001 Sb. Před uvedením této vyhlášky nebylo jasně určeno, kdo je oprávněn energetický průkaz budovy vypracovávat. V podstatě ho mohl vypracovat každý, kdo zvládl metodiku výpočtu.

Výsledným hodnotícím kritériem energetického průkazu byla měrná spotřeba tepla při vytápění budov eVN (kWh/m^3) nebo eVA (kWh/m^2). Výše uvedená vyhláška však byla zrušena a nahrazena vyhláškou č. 148/2007 Sb., která je v platnosti od 1. července 2007. Od toho data mohou průkaz energetické náročnosti budovy vypracovávat pouze oprávněné osoby. Samotný průkaz energetické náročnosti budovy vnesl do právního řádu zákon č. 177/2006 Sb. Oproti energetickému průkazu hodnotí průkaz energetické náročnosti budovy budovu z hlediska všech energií, které do budovy vstupují. Součástí jsou energie na vytápění, chlazení, ohřev teplé vody, větrání a osvětlení.

Průkaz energetické náročnosti budovy nesmí být starší než 10 let a je součástí dokumentace při:

- a) výstavbě nových budov
- b) při větších změnách dokončených budov nad 1000 m^2 (ovlivňují-li přestavby energetickou náročnost)

Součástí průkazu musí být u nových budov nad 1000 m² celkové podlahové plochy posouzení s ohledem na alternativní způsoby vytápění, kterými jsou:

- decentralizované systémy dodávky energie založené na energii z obnovitelných zdrojů
- kombinovaná výroba elektřiny a tepla (kogenerace)
- dálkové nebo blokové ústřední vytápění, v případě potřeby chlazení
- tepelná čerpadla

Měrná spotřeba energie budovy se stanoví:

$$EP_A = 277,8 \times EP/A_C \text{ v kWh/(m}^2\cdot\text{rok)}$$

EP je vypočtená celková roční dodaná energie v GJ/rok,

A_C je celková podlahová plocha v m²

Třída energetické náročnosti hodnocené budovy se stanoví podle následující tabulky pro vypočtenou měrnou spotřebu energie v kWh/(m²·rok). Měrné spotřeby energie v kWh/(m²·rok) ve třídě C jsou pro vyjmenované druhy budov hodnotami referenčními.

Druh budovy	Třídy energetické náročnosti budovy						
	Měrná spotřeba energie [kWh/m ² ·rok]						
	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní	< 69	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Vzdělávací zařízení	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Obchodní	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Tab. 2.2: Třídy energetických náročností budovy [7]

3 Určení tepelných ztrát budovy

3.1 Budova a její konstrukce



Obr. 3.1: Celkový pohled na budovu

Popisovaná budova byla postavena v roce 2007. Jedná se o třípodlažní bytový dům se suterénem, kde se nachází technické zázemí. V každém podlaží se nachází dva byty o dispozici 2 + 1. V suterénu je umístěno tepelné čerpadlo spolu s výměníkem na přípravu teplé vody. Budova je postavena z tepelně izolačních betonových tvárníc od firmy Beton stavby Klatovy s.r.o. o tloušťce 300 mm. Stropy jsou typu BSK od již zmíněné firmy. Vrchní strop je zateplen minerální vatou o tloušťce 250 mm.

3.2 Základní parametry budovy

Veškeré rozměry budovy byly určeny na základě dostupné projektové dokumentace.

Rozměry budovy a označení konstrukcí jsou uvedeny na *obr. 3.2 - 3.5*. Popis a rozměry konstrukcí jsou uvedeny v *tab. 3.1 - 3.5*.

Zastavěná plocha	156 m ²
Podlahová plocha	536 m ²
Objem budovy	1872 m ³
Plocha pláště budovy	912 m ²
Větrání	přírozené

Tab. 3.1: Základní parametry budovy



Obr. 3.2: Východní strana budovy

Označení	Popis konstrukce	Plocha [m ²]
SO1	Vyzdívka	117
OD1	Okno (1800 x 1500)	16,2
OD2	Okno (1200 x 1500)	5,4
OD5	Okno (1800 x 1200)	4,3
OD6	Okno (1200 x 1250)	1,5

Tab. 3.2: Plochy výplní - východní pohled



Obr. 3.3: Jižní strana budovy

Označení	Popis konstrukce	Plocha [m ²]
SO1	Vyzdívka	138
OD1	Okno (1800 x 1500)	16,2
OD4	Okno (1800 x 900)	1,62

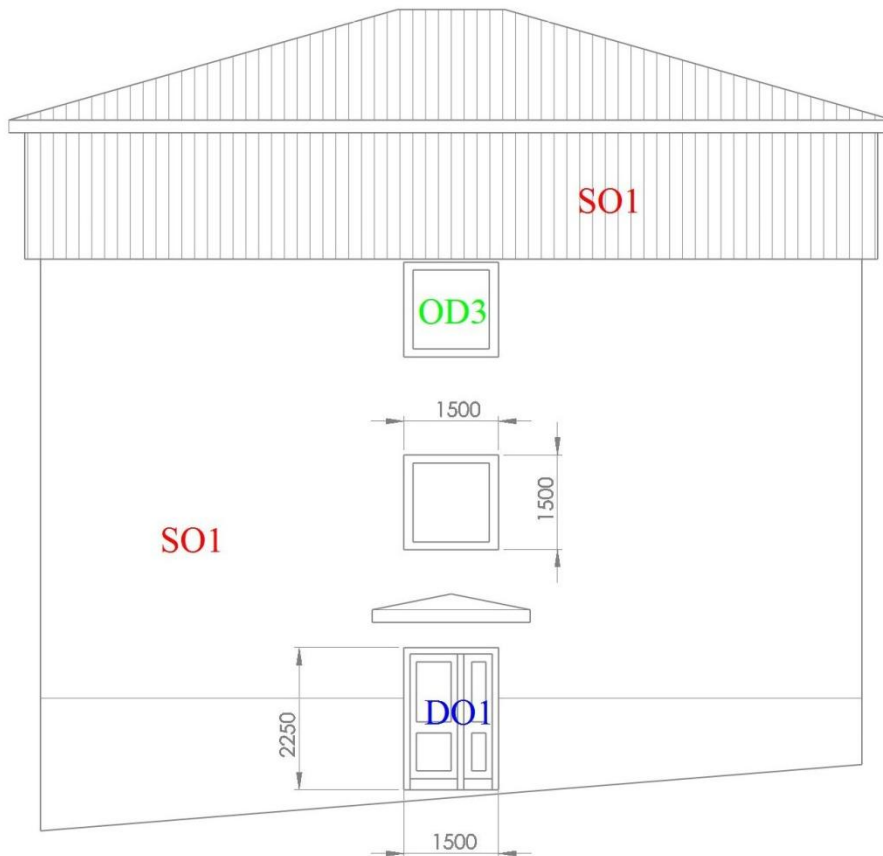
Tab. 3.3: Plochy výplní - jižní pohled



Obr. 3.4: Západní strana budovy

Označení	Popis konstrukce	Plocha [m ²]
SO1	Vyzdívka	123
OD1	Okno (1800 x 1500)	16,2
OD2	Okno (1200 x 1500)	3,6
OD7	Okno (900 x 600)	1,62

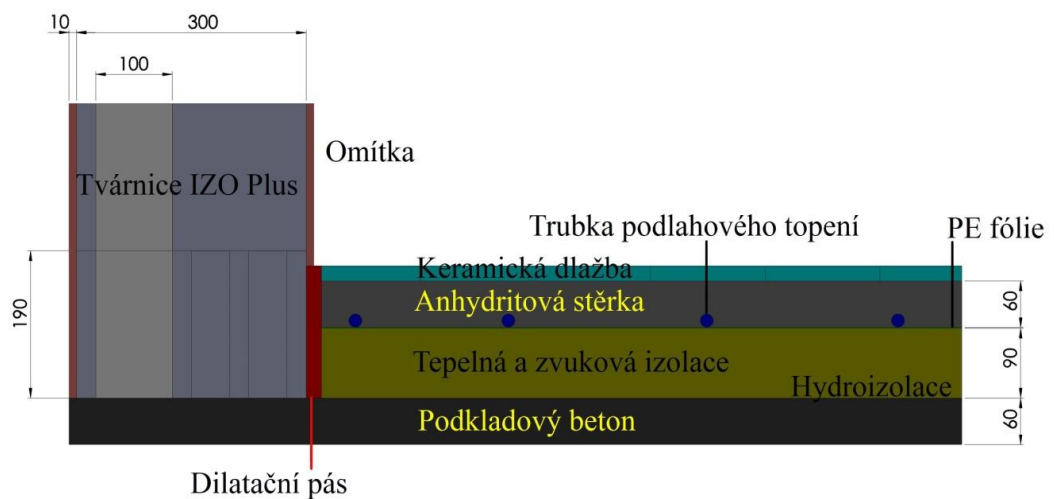
Tab. 3.4: Plochy výplní - západní pohled



Obr. 3.5: Severní strana budovy

Označení	Popis konstrukce	Plocha [m ²]
SO1	Vyzdívka	148
OD3	Okno (1500 x 1500)	4,5
DO1	Dveře (1500 x 2250)	3,4

Tab. 3.5: Plochy výplní - severní pohled



Obr. 3.6: Složení podlahy a stěn objektu

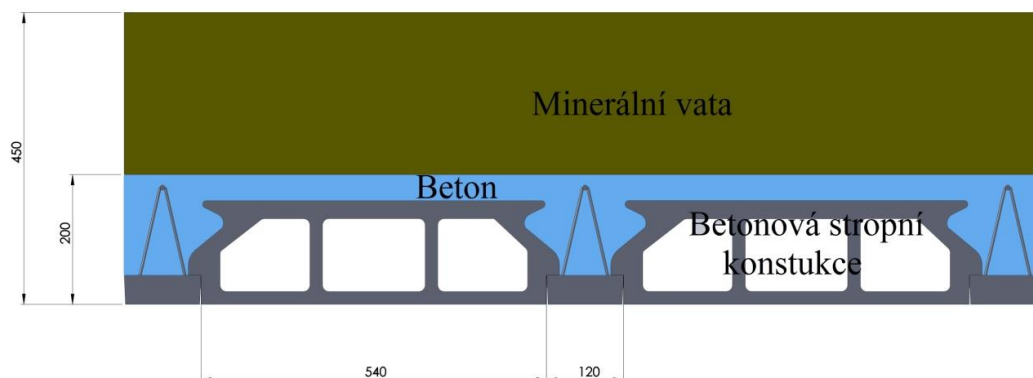
Z projektové dokumentace bylo zjištěno složení jednotlivých stavebních konstrukcí. Toto složení je znázorněno na *obr. 3.6 a 3.7* a *tab. 3.6 - 3.8*. Jednotlivým vrstvám konstrukce byly vyhledány příslušné součinitele tepelné vodivosti, jejich hodnoty byly získány v literatuře [19].

Materiál	Tloušťka vrstvy [mm]	λ [W/(mK)]
Omítka	10	0,88
Tvárnice IZO Plus	300	0,1
Omítka	10	0,88

Tab. 3.6: Složení vyzdívky SO1

Materiál	Tloušťka vrstvy [mm]	λ [W/(mK)]
Podkladový beton	60	1,5
Hydroizolace (IPA)	1	0,2
Tepelná a zvuková izolace	90	0,034
PE fólie	1	0,34
Anhydritová stěrka	60	1,8
Keramická dlažba	10	1,01

Tab. 3.7: Složení Podlahy (PDL)



Obr. 3.7: Složení stropní konstrukce

Materiál	Tloušťka vrstvy [mm]	λ [W/(mK)]
Betonová stropní konstrukce	200	0,97
Minerální vata	250	0,045

Tab. 3.8: Složení Stropní konstrukce (STR)

3.3 Princip výpočtu tepelných ztrát

[12-16]

Pro výpočet tepelných ztrát je potřeba nejprve spočítat součinitel prostupu tepla U . Tento součinitel udává množství tepla, které projde za časovou jednotku jedním m^2 stavebního dílce při teplotním rozdílu vzduchu uvnitř a vně jeden Kelvin. V tepelné technice budov je součinitel prostupu tepla jednou z nejdůležitějších veličin. Výpočtem součinitele prostupu tepla se zabývá norma ČSN 73 0540-4/2005

3.3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Pro výpočet součinitele prostupu tepla byla použita literatura [15]

$$U_{id} = \frac{1}{R_{si} + R_N + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \text{ [W/(m}^2\text{K)]} \quad (3.1)$$

U_{id} [W/(m²K)] ideální součinitel prostupu tepla (bez tepelných mostů)

R_{si} [m²K/W] odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_N [m²K/W] tepelný odpor konstrukce

R_{se} [m²K/W] odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

R_T [m²K/W] odpor při přestupu tepla

$$R_N = \sum \frac{d}{\lambda} \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad (3.2)$$

d [m] tloušťka vrstvy konstrukce

λ [W/(mK)] součinitel tepelné vodivosti

$$U = U_{id} + \sum \Delta U_{tbkj} \text{ [W/(m}^2\text{K)]} \quad (3.3)$$

U [W/(m²K)] celkový součinitel prostupu tepla (včetně tepelných mostů)

$\sum \Delta U_{tbkj}$ [W/(m²K)] celkové zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů v konstrukci (katalogizovaná hodnota)

3.3.2 Problematika tepelných mostů

[15, 17]

Teplený most je místo, ve kterém dochází ke zvýšenému tepelnému toku. Existují dva druhy tepelných mostů. Lineární tepelné mosty, což je příklad osazení okna (styk dvou různých konstrukcí), těmto tepelným mostům se také říká tepelné vazby. Dalším druhem jsou bodové tepelné mosty, například kotevní hmoždinka zateplovacího systému s kovovým trnem.

Dále lze tepelné mosty rozdělit na systematické, které se pravidelně opakují, a nystematické - nahodilé. Vliv tepelných mostů se připočítává přímo k součiniteli prostupu tepla U . Pro konstrukce se stejným zastoupením tepelných mostů lze zpracovat katalog hodnot $\sum \Delta U_{tbkj}$. Přibližné hodnoty tohoto koeficientu jsou uvedeny v *tab. 3.9*

Tepelné mosty	$\sum \Delta U_{tbkj}$ [W/(m ² K)]
Optimalizované tepelné mosty	0,02
Mírné tepelné mosty	0,05
Běžné tepelné mosty	0,10
Výrazné tepelné mosty	0,15

Tab. 3.9: Koeficienty vlivu tepelného mostu [15]

U lineárních tepelných vazeb se zavádí koeficient, který se nazývá lineární součinitel prostupu tepla ψ [W/(mK)]. Tento součinitel vyjadřuje množství tepla ve Watech, které prochází při jednotkovém teplotním rozdílu jednotkou délkou tepelného mostu. U bodových tepelných vazeb se zavádí bodový součinitel prostupu tepla χ [W/K].

Praktický výpočet součinitele prostupu tepla pro vyzdívku SO1:

Vyzdívka SO1 se skládá z tvárnice od firmy Betonové stavby s.r.o. a z vnitřní a vnější omítky. Skladba stěny a podlahy je vyobrazena na *obr. 3.6*.

Výpočet odporu při přestupu tepla:

$$R_T = R_{si} + R_N + R_{se} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,88} + \frac{300 \cdot 10^{-3}}{0,1} + \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,88} = 3,023 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Výpočet ideálního součinitele prostupu tepla:

$$U_{id} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,023} = 0,33 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Výpočet celkového součinitele tepla pro vyzdívku SO1:

Pro výpočet celkových součinitelů prostupu tepla pro SO1, podlahu a střechu jsou uvažovány důsledně optimalizované tepelné mosty. Hodnoty tepelných mostů jsou uvedeny v *tab. 3.1*.

$$U = U_{id} + \Delta U_{tbkj} = 0,33 + 0,02 = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Tento postup výpočtu se použije i pro ostatní druhy konstrukcí. Výsledky výpočtů celkového součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v *tab. 3.10*

Označení stavební konstrukce	Popis stavební konstrukce	U [W/(m ² K)]
SO1	Vyzdívka	0,35
PDL	Podlaha	0,39
STR	Střecha	0,24

Tab. 3.10: Součinitelé prostupu tepla stavebních konstrukcí

U stavebních výplní byly použity součinitelé prostupu tepla udávané výrobcem. Jejich hodnoty jsou uvedeny v *tab. 3.11*.

Označení stavební výplně	Popis stavební výplně	U [W/(m ² K)]
DO1	Dveře vstupní (1500 x 2250)	1,5
OD1	Okno dvojité (1800 x 1500)	1,1
OD2	Okno dvojité (1200 x 1500)	1,1
OD3	Okno dvojité (1500 x 1500)	1,1
OD4	Okno dvojité (1800 x 900)	1,1
OD5	Okno dvojité (1800 x 1200)	1,1
OD6	Okno dvojité (1200 x 1250)	1,1
OD7	Okno dvojité (900 x 600)	1,1

Tab. 3.11: Součinitelé prostupu tepla stavebních výplní

3.3.3 Tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru

Pro výpočet tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru byla použita literatura [16].

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (3.4)$$

$\Phi_{T,i}$ [W]	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru
$H_{T,ie}$ [W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,ue}$ [W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem
$H_{T,ig}$ [W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$ [W/K]	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu
$\theta_{int,i}$ [K]	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
θ_e [K]	výpočtová vnější teplota

$$H_{T,ie} = \sum A_K U_K e_K + \sum \Psi_i l_i e_i \text{ [W/K]} \quad (3.5)$$

A_K [m ²]	plocha stavebních částí
e_K, e_i [-]	korekční činitele, které zohledňují klimatické vlivy (různé oslunění, absorpce vlhkosti stavebních dílců, rychlost větru a teplota)
U_K [W/(m ² K)]	součinitel prostupu tepla stavební části
Ψ_i [W/(mK)]	činitel lineárního prostupu tepla pro lineární tepelný most
l_i [m]	délka lineárních tepelných mostů

$$H_{T,ue} = \sum A_K U_K b_u + \sum \Psi_l l_l b_u \text{ [W/K]} \quad (3.6)$$

b_u	teplotní součinitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a vnější teplotou
-------	--

Známe-li teplotu nevytápěného prostoru θ_u , tak součinitel b_u vypočítáme dle vztahu:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]} \quad (3.7)$$

V případě, kdy hodnotu θ_u neznáme, tak součinitel b_u vypočítáme dle vztahu:

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} - H_{ue}} \text{ [-]} \quad (3.8)$$

H_{ue} [W/K]	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do exteriéru
H_{iu} [W/K]	součinitel tepelné ztráty z vytápěného do nevytápěného prostoru

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} (\sum A_K U_{ekv,K}) G_W \text{ [W/K]} \quad (3.9)$$

f_{g1} [-] korekční činitel, který zohledňuje vliv ročních změn teplot

f_{g2} [-] teplotní redukční faktor, který zohledňuje rozdíl mezi průměrnou a výpočtovou venkovní teplotou

A_K [m²] plocha stavebních částí

$U_{ekv,K}$ [W/(m²K)] ekvivalentní součinitel prostupu tepla, určí se podle topologie stavby

G_W [-] korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

$$H_{T,ij} = \sum f_{i,j} A_K U_K \text{ [W/K]} \quad (3.10)$$

$f_{i,j}$ redukční činitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{sp}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]} \quad (3.11)$$

θ_{sp} teplota sousedního vytápěného prostoru

3.3.4 Teplená ztráta větráním vytápěného prostoru

Princip výpočtu tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru byl čerpán z literatury [16]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (3.12)$$

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

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

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot C_p \text{ [W/K]} \quad (3.13)$$

V_i [m³/s] objemový tok vzduchu

ρ [kg/m³] hustota vzduchu při výpočtové teplotě interiéru $\theta_{int,i}$

C_p [kJ/kg.K] měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$

3.4 Software použitý pro výpočet tepelných ztrát

Pro výpočet tepelných ztrát byl použit program od společnosti Protech (modul HB). V tomto programu lze zadávat vlastnosti jednotlivých konstrukcí. Program obsahuje rozsáhlou databázi materiálů, která je doplňována ve spolupráci s výrobcí a dodavateli. Program je jedním z nejrozšířenějších na území České republiky a je pravidelně aktualizován v závislosti na platné legislativě a platných normách. [18]

V úvodní části programu se vybere lokalita objektu, která přiřazuje budově určité údaje (např.: nadmožská výška objektu, klimatická oblast, venkovní výpočtová teplota). Pro oblast Plzně je venkovní výpočtová teplota -12°C . Dále se zadávají rozměry budovy (půdorysná plocha, podlahová plocha, objem budovy, obvod budovy).

V dalším kroku se zadávají konstrukce budovy (vyzdívka, podlaha, strop), výplně (okna, dveře). Jednotlivým konstrukcím a výplním se přiřadí součinitel prostupu tepla, u výplní se určí i její rozměry. Dále se zadávají tepelné vazby mezi jednotlivými konstrukcemi, ve výpočtu byly uvažovány tepelné vazby mezi okny a stavební konstrukcí.

Dále se zadává způsob užívání budovy, vnitřní teplota, určují se rozměry jednotlivých konstrukcí a počet stavebních výplní v dané konstrukci. Je zde možné zadat detailnější informace o vytápění, chlazení, teplé užitkové vodě, solárních kolektorech, větrání. Při výpočtech byla celá budova uvažována jako jedna zóna, protože teplotní spád mezi jednotlivými podlažími je nulový.

Modul HB vyhotoví protokol, ze kterého je možné vyčíst všechny údaje o teplotě potřebném pro vytápění budovy (roční potřeba tepla, měrná potřeba tepla). Dále je zde možnost vyhotovení grafického průkazu energetické náročnosti budovy.

3.5 Výsledky výpočtu z programu Protech

Název	Označení	Hodnota	Jednotky
Měrná ztráta prostupem	H_T	310	W/K
Měrná ztráta větráním	H_V	249,6	W/K
Celková měrná ztráta	H	570,2	W/K
Tepelná ztráta při tepelném spádu 32°C	Φ	18246,4	W
Měrná potřeba tepla na vytápění	EP_A	11,6	kWh/(m ² rok)

Tab. 3.12: Výsledky výpočtu z programu Protech

3.6 Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy byl stanoven na základě literatury [13].

Energetický štítek je podrobněji popsán v kapitole 2.4.1. Prvním krokem je výpočet průměrného součinitele prostupu tepla, který se stanoví podle vzorce (3.14). Měrná ztráta prostupem tepla je uvedena v tab 3.12, plocha obálky budovy se vypočítá z rozměrů budovy.

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{310}{912} = 0,34 \quad (3.14)$$

U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla

H_T měrná ztráta prostupem tepla obálkou budovy

A plocha obálky budovy

Dalším krokem je výpočet požadovaného součinitele prostupu tepla. Pro jeho stanovení je potřeba vypočítat objemový faktor tvaru budovy dle vzorce (3.15). Samotný požadovaný součinitel tepla se vypočítá podle vztahu (3.16)

$$A/V = \frac{912}{1872} = 0,487 \text{ [m}^2/\text{m}^3] \quad (3.15)$$

A/V [m²/m³] objemový faktor tvaru budovy

$$U_{em,N} = 0,3 + \frac{0,15}{A/V} = 0,3 + \frac{0,15}{0,487} = 0,61 \quad (3.16)$$

$U_{em,N}$ požadovaný součinitel prostupu tepla

Na závěr je potřeba obálce budovy přiřadit příslušnou energetickou třídu, je zapotřebí provést porovnání podle tabulky uvedené v příloze A.

$$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N} \Rightarrow 0,305 < 0,34 < 0,4575 \quad (3.17)$$

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,N}} = \frac{0,34}{0,61} = 0,557 \quad (3.18)$$

Hodnota klasifikačního ukazatele CI vyšla menší než 0,75, takže lze obálku budovy považovat za úspornou dle normy ČSN 73 540-2. Daná budova spadá do energetické třídy B.

3.7 Průkaz energetické náročnosti budovy



Obr. 3.8: Celkový pohled na budovu

Program Protech, modul HB vyhotoví ze všech zadaných a vypočítaných hodnot protokol PENB, tento protokol je uveden v příloze B. Grafický průkaz energetické náročnosti budovy je uveden v příloze C. Posuzovaná budova byla ohodnocena klasifikační třídou B, tedy jako úsporná s měrnou spotřebou energie 57,3 kWh/(m²rok). Měrná spotřeba energie na vytápění je 36,4 kWh/(m²rok), skutečná energie na vytápění je ovšem mnohem větší, a to 127,4 kWh/(m²rok). Tento rozdíl je způsoben použitím tepelného čerpadla, které výslednou energii snižuje.

Jako zdroj tepla je použito již zmíněné tepelné čerpadlo vzduch/voda Viessmann Vitocal 350 typ AWI 114 o tepelném výkonu 14,63 kW, elektrickém příkonu 4,18 kW. Toto čerpadlo pracuje do minimální teploty -20°C. Výstupní teplota teplé vody je 38°C a takto teplá voda je vedena do podlahového vytápění. Za tepelným čerpadlem je připojena akumulární nádrž o objemu 750 litrů, která je nezbytná pro plynulou regulaci teploty topné vody, protože tepelné čerpadlo pracuje s konstantním výkonem.

Dále tato nádrž slouží k ohřevu TUV, za touto nádrží je ještě připojen elektrický zásobníkový ohřívач vody, který se spíná v případě, že teplá voda nemá požadovanou teplotu. Akumulační nádrž je navíc doplněna elektrickým topným tělesem, kterým se v případě velmi nízkých venkovních teplot, kdy klesá výkon tepelného čerpadla (díky vyšším rozdílům výstupní teplé vody a teplotou vzduchu, ze kterého je teplo odebíráno), dohřívá akumulaciční zásobník tak, aby výstupní teplota topné vody měla požadovanou teplotu. Výkon elektrického topného tělesa je 6 kW. V sérii je ještě nově zapojen elektrokotel o výkonu 12 kW.

Kromě tepelného čerpadla budou do akumulaciční nádrže připojeny solární kolektory, kterými se v případě dostatečného slunečního záření bude ohřívat teplá voda, případně bude možné získané teplo využít i k vytápění. Zatím je systém připraven pro napojení těchto solárních kolektorů o ploše 6 m².

Jak již bylo zmíněno v popisu budovy, nachází se v každém patře byt 2+1. Byty obsahují klasická zařízení, jako jsou lednice, sporáky na elektřinu, televize, počítače a světelné zdroje. Jako světelné zdroje jsou použity klasické žárovky a kompaktní zářivky. Osvětlení společných prostor je provedeno pomocí klasických žárovek 60 W. Dalšími spotřebiči elektrické energie jsou zdroje pro napájení Wi-fi antén a switche. Na střeše byly nově instalovány fotovoltaické panely, které po připojení ještě sníží energetickou náročnost celé budovy.

Pro ověření tepelně izolačních vlastností a zjištění případných tepelných mostů bylo provedeno měření termokamerou. Protokol o měření termokamerou je uveden v příloze D. Z obrázků je patrné, že tepelné mosty jsou minimální, jedná se především o věnec v prvním patře budovy.

3.8 Závěry pro praxi

Z důvodu neustálého chození na půdu k anténám a instalace fotovoltaických panelů, není na části plochy půdy položena minerální izolační vata. Po provedení potřebných prací se tato část půdy doizoluje. Dalším nedostatkem v tepelné izolaci je již zmíněný věnec v prvním patře budovy, tento nedostatek není ovšem tak podstatný, aby ho bylo zapotřebí odstraňovat. Také vzhledem k tomu, že budova byla postavena v roce 2007, nepředpokládá se v blízké době provádění dodatečné izolace.

V budoucnu se uvažuje o připojení garáže, která je umístěna vedle objektu, k topnému systému budovy. Bylo by možné instalovat ještě jedno tepelné čerpadlo, které by sloužilo pouze k vytápění. Jednalo by se o tepelné čerpadlo Fujitsu Hi Power 16 kW. Také by

se musela vytvořit efektivní regulace obou instalovaných tepelných čerpadel, která by optimalizovala střídání a celkovou regulaci tepelných čerpadel.

Dále by bylo možné k fotovoltaickým panelům instalovat zařízení - wattrouter, který by umožnil efektivně využívat elektrickou energii z fotovoltaických panelů k provozu tepelného čerpadla. Wattrouter měří v reálném čase proudy ve všech fázích, regulátor vyhodnocuje napětí a měřené proudy, a když je zjištěna výroba instalované elektrárny, spíná připojené spotřebiče dle nastavených priorit tak, že se snaží udržet nulový tok energie měřícím modulem a tedy i elektroměrem. Výhodné je to jak z hlediska ekonomického (nízké výkupní ceny přebytků z FVE), tak z hlediska ekologického (spotřeba energie přímo v místě výroby). [20]

Závěr

Cílem této práce bylo vytvoření průkazu energetické náročnosti budovy.

Nejprve jsem popisoval základní principy fungování termokamery a příklady použití termografie v praxi. V dalším bodě jsem popsal energetické štítky, kterými jsou energetický štítek obálky budovy a průkaz energetické náročnosti budovy.

V době psaní mé bakalářské práce byla zrušena vyhláška 148/2007 Sb. a nahrazena vyhláškou 78/2013 Sb., která vstoupila v platnost 1. dubna 2013. V nové vyhlášce zůstává metodika výpočtu v principu stejná. Ve stávajícím způsobu hodnocení se zohledňuje pouze dodaná energie, ale nově se zavedlo 7 kritérií, které zohledňují kvalitu obálky budovy, účinnost technických systémů a členění energie na obnovitelnou a neobnovitelnou a další. Při psaní této práce jsem měl k dispozici program, který ještě neměl implementované výše uvedené změny.

Dalším úkolem bylo určení tepelných ztrát dané budovy, prozkoumal jsem složení jednotlivých stavebních konstrukcí, vypočítal jsem součinitele prostupu tepla pro stavební konstrukce. Z dostupné projektové dokumentace jsem zjistil použité druhy stavebních výplní a jejich součinitele prostupu tepla. Dále jsem z dokumentace určil rozměry jednotlivých stavebních konstrukcí a výplní. Tyto rozměry spolu se součiniteli prostupu tepla jsem zadal do programu Protech modul HB. Do programu jsem také zadal konstrukční údaje o budově, jako je podlahová plocha, objem budovy, plocha obálky budovy. Dále jsem zadal zdroj tepla, informace o přípravě TUV, osvětlení a spotřebičích.

Na základě těchto hodnot a údajů byl programem sestaven textový protokol průkazu energetické náročnosti budovy. Dále byl vystaven grafický průkaz energetické náročnosti budovy. Bylo provedeno kontrolní měření objektu termokamerou z důvodu zjištění případných tepelných mostů v konstrukci budovy.

Určil jsem energetickou třídu obálky budovy, daná budova spadá do kategorie B (úsporná). Průkazem energetické náročnosti budovy byla daná budova ohodnocena klasifikační třídou B, tedy jako úsporná s měrnou spotřebou energie 57,3 kWh/(m²rok).

Na budovu byly umístěny fotovoltaické panely. Zabýval jsem se možností připojení zařízení wattrouter k těmto fotovoltaickým panelům, což by optimalizovalo využití elektrické energie. Dále jsem uvažoval o možnosti připojení druhého tepelného čerpadla, které by bylo určeno pouze k vytápění jak budovy, tak garáže, která by se také připojila k systému.

Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] MAREŠ, Luděk. Teplota a její měření [online]. 2006 [cit. 2012-10-12].

Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3115-teplota-a-jeji-mereni>

[2] VOJÁČEK, Antonín. Bolometry a Mikrobolometry [online]. 2005 [cit. 2012-10-13].

Dostupné z WWW: <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/ART196-co-jsou-bolometry-a-mikrobolometry-.html>

[3] hw.cz: [online]. 2009 [cit. 2012-10-12] Dostupné z WWW:

<http://automatizace.hw.cz/infracervene-kvantove-detektory-termokamery-uvod>

[4] KADLEC, K. Měřicí technika. Vysoká univerzita chemicko-technická v Praze.

[online] 2007. [cit. 2012-10-12] Dostupné z WWW:

http://web.vscht.cz/kadleck/aktual/MT_INaRP/MT-INFOaRP10_Teplota_h.pdf

[5] Termosnímkování: [online]. 2012. [cit. 2012-10-12]

Dostupné z WWW: <<http://www.termosnimky.net/>>

[6] JIRKOVÁ, R. a M. HUBERTOVI. Energetické štítky obálky budovy. [online].

[cit. 2012-10-13]

Dostupné z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=1513>>

[7] Česká republika. Vyhláška MPO č. 148/2007 Sb.: O energetické náročnosti budov.

In: 2007. [cit. 2012-10-13]

[8] Energoplan. [online]. [cit. 2012-10-13] Dostupné z WWW: <<http://www.energoplan.cz/>>

[9] QTEST, měřicí a přístrojová technika [online]. 2011. [cit. 2012-10-13]

Dostupné z WWW: <http://www.qtest.cz/bezdotykove-teplomery/bezdotykove-mereni-teploty.htm>

[10] ŠIMKO, M. a M. CHUPÁČ. Aplikačné možnosti termovízie v praxi. [online].

[cit. 2012-10-14]

Dostupné z WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26599

[11] tmvss spol s.r.o, Praha. www.tmvss.cz. [online]. [cit. 2012-10-14]

Dostupné z WWW: <http://www.tmvss.cz/Aplikace/Termovize/veda-a-vyvoj.html>

[12] ČSN 73 0540-1. Teplená ochrana budov - Část 1: terminologie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2005, 67 s.

[13] ČSN 73 0540-2. Teplená ochrana budov - Část 2: požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2011, 56 s.

[14] ČSN 73 0540-3. Teplená ochrana budov - Část 3: návrhové hodnoty veličin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2005, 96 s.

[15] ČSN 73 0540-4. Teplená ochrana budov - Část 4: výpočtové metody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2005, 58 s.

[16] ČSN EN 12 831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2005, 76 s.

[17] ŠUBRT, R. Tzb-info [online]. 2005 [cit. 2013-02-22]. Teplené mosty ve stavebních konstrukcích4. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>

[18] Protech [online]. 2010 [cit. 2013-04-29]. Program PENB. Dostupné z WWW:

<http://www.protech.cz/produkty/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov/prukazenergeticke-narocnosti-budov>.

[19] Tzb-info [online]. 2010 [cit. 2013-04-19]. Katalog stavebních materiálů. Dostupné z WWW: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html.

[20] Solarcontrols [online]. 2013 [cit. 2013-05-19]. Wattrouter. Dostupné z:

WWW: <http://solarcontrols.cz/cz/introduction.html>.

Přílohy

Příloha A - tabulka pro určení energetické třídy obálky budovy

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/(m ² K)]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná	$\leq 0,5$
B	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná	$\leq 0,75$
C	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	$\leq 1,0$
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující	$\leq 1,5$
E	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná	$\leq 2,0$
F	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná	$\leq 2,5$
G	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná	$> 2,5$

Příloha B - Průkaz energetické náročnosti budovy

A	Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Zátiší 1205/8, Plzeň 318 00	
Účel budovy:	Bytový dům	
Kód obce:	554791	
Kód katastrálního území:	722596	
Parcelní číslo:	963/1	
Vlastník, popř. stavebník:	Ing. Stanislav Jiřinec, MUDr. Helena Jiřincová	
Adresa:	Čerchovská 493, 344 01 Domažlice	
IČ:		
Tel./e-mail:		
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel:	Ing. Stanislav Jiřinec, MUDr. Helena Jiřincová	
Adresa:	Čerchovská 493, 344 01 Domažlice	
IČ:		
Tel./e-mail:		
Nová budova	Změna stávající budovy	
Umístění na veřejně přístupném místě podle §6a odst. 6 zákona č. 406/2000 Sb. : Ne		

B1	Typ budovy		
RD - Rodinný dům	BD - Bytový dům	HR - Hotel a restaurace	
AB - Administrativní	ZZ - Nemocnice, zdravotnická zařízení	VZ - Vzdělávací zařízení	
SZ - Sportovní zařízení	OZ - Obchodní		
Jiný druh budovy - připojte jaký:			

B2	Druhy energie užívané v budově		
Elektrina	Tepelná energie	Zemní plyn	
Hnědé uhlí	Černé uhlí	Koks	
TTO	LTO	Nafta	
Jiné plyny	Druhotná energie	Biomasa	
Ostatní obnovitelné zdroje - připojte jaké:			
Jiná paliva - připojte jaká:			

C1	Stručný popis energetického a technického zařízení budovy
<p>Jako zdroj tepla je použito tepelné čerpadlo vzduch/voda Viessmann Vitocal 350 typ AWI 114 o tepelném výkonu 14,63 kW, elektrickém příkonu 4,23 kW. Toto čerpadlo pracuje do minimální teploty -20°C. Výstupní teplota teplé vody je 38°C a takto teplá voda je vedena do podlahového vytápění. Za tepelným čerpadlem je připojena akumuláční nádrž o objemu 750 litrů, která je nezbytná pro plynulou regulaci teploty topné vody, protože tepelné čerpadlo pracuje s konstantním výkonem.</p> <p>Dále tato nádrž slouží k ohřevu TUV, za touto nádrží je ještě připojen elektrický zásobníkový ohřivač vody, který se spíná v případě, že teplá voda nemá požadovanou teplotu. Akumulační nádrž je navíc doplněna elektrickým topným tělesem, kterým se v případě velmi nízkých venkovních teplot, kdy klesá výkon tepelného čerpadla (díky vyšším rozdílům výstupní teplé vody a teplotou vzduchu, ze kterého je teplo odebíráno), dohřívá akumuláční zásobník tak, aby výstupní teplota topné vody měla požadovanou teplotu. Výkon elektrického topného tělesa je 6 kW. V sérii je ještě nově zapojen elektrokotel o výkonu 12 kW.</p> <p>Kromě tepelného čerpadla budou do akumuláční nádrže připojeny solární kolektory, kterými se v případě dostatečného slunečního záření bude ohřívát teplá voda, případně bude možné získané teplo využít i k vytápění. Zatím je systém připraven pro napojení těchto solárních kolektorů o ploše 6 m².</p> <p>V každém patře se nachází dva byty 2+1. Byty obsahují klasická zařízení, jako jsou lednice, sporáky na elektřinu, televize, počítače a světelné zdroje. Jako světelné zdroje jsou použity klasické žárovky a kompaktní zářivky. Osvětlení společných prostor je provedeno pomocí klasických žárovek 60 W. Dalšími spotřebiči elektrické energie jsou zdroje pro napájení Wi-fi antén a switche.</p>	

C2	Hodnocená dílčí energetická náročnost budovy EP	
	Vytápění (EP_H)	Příprava teplé vody (EP_{DHW})
	Chlazení (EP_C)	Osvětlení (EP_{Light})
	Mechanické větrání (vč. zvlhčování) (EP_{Aux;Fans})	

D1	Stručný popis budovy
	<p>Popisovaná budova byla postavena v roce 2007. Jedná se o třípodlažní bytový dům se suterénem, kde se nachází technické zázemí. V každém podlaží se nachází dva byty o dispozici 2 + 1. V suterénu je umístěno tepelné čerpadlo spolu s výměníkem na přípravu teplé vody. Budova je postavena z tepelně izolačních betonových tvárnic od firmy Beton stavby Klatovy s.r.o. o tloušťce 300 mm. Stropy jsou typu BSK od již zmíněné firmy. Vrchní strop je zateplen minerální vatou o tloušťce 250mm.</p>

D2 Geometrické charakteristiky budovy				
2.1	Objem budovy - vnější objem vytápěné budovy	V	m ³	1 872,0
2.2	Celková plocha obálky - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	A	m ²	912,0
2.3	Celková podlahová plocha budovy	A _c	m ²	536,0
2.4	Objemový faktor tvaru budovy	A/V	m ² /m ³	0,49

D3 Klimatické údaje a vnitřní výpočtová teplota				
3.1	Klimatické místo	Plzeň		
3.2	Venkovní návrhová teplota v topném období	Θ _e	°C	-12,0
3.3	Převažující vnitřní výpočtová teplota v topném období	Θ _i	°C	20,0

D4 Charakteristika ochlazovaných konstrukcí budovy					
Ochlazovaná konstrukce		Plocha AR[m ²]	Součinitel prostupu tepla U[W/(m ² .K)]	Redukční činitel b	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H _T [W/K]
PDL1		156,0	0,390	0,49	29,8
STR1		156,0	0,240	1,00	37,4
SO1		503,6	0,320	1,00	160,2
OD1	180/150	48,6	1,100	1,00	53,5
OD4	180/90	1,6	1,100	1,00	1,8
OD2	120/150	9,0	1,100	1,00	9,9
OD5	180/120	4,3	1,100	1,00	4,8
OD6	120/120	1,4	1,100	1,00	1,6
OD3	150/150	4,5	1,100	1,00	5,0
DO1	225/150	3,4	1,300	1,00	4,4
OD7	90/60	1,6	1,100	1,00	1,8
Celkem		910,0			310,0

D4a Charakteristika lineárních vazeb budovy					
Lineární vazba		Délka l(m)	Součinitel lineární vazby Ψ(W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Redukční činitel b	Měrná ztráta vazby prostupem tepla H _T (W.K ⁻¹)
KV		135,0	0,060	1,00	8,1
SK		50,0	0,050	1,00	2,5
Celkem					10,6

D5 Tepelně technické vlastnosti budovy			
	Požadavek podle § 6a Zákona	Jednotka	Hodnocení
5.1	Stavební konstrukce a jejich styky mají ve všech místech nejméně takový tepelný odpor, že jejich vnitřní povrchová teplota nezpůsobí kondenzaci vodní páry.	$R_{si,N}$ [$m^2.K/W$] $\Theta_{si,N}$ [$^{\circ}C$]	
5.2	Stavební konstrukce a jejich styky mají nejvýše požadovaný součinitel prostupu tepla.	U_N [$W/(m^2.K)$]	
5.3	U stavebních konstrukcí nedochází k vnitřní kondenzaci vodní páry nebo jen v množství, které neohrožuje jejich funkční způsobilost po dobu předpokládané životnosti.	$M_{c,N}$ [kg/m^2]	
5.4	Fukční spáry vnějších výplní otvorů mají nejvýše požadovanou nízkou průvzdušnost, ostatní konstrukce a spáry obvodového pláště budovy jsou téměř vzduchotěsné, s požadovaně nízkou celkovou průvzdušností obvodového pláště.	$I_{L,V,N}$ [$m^3/(s.m.Pa^{0,67})$]	
5.5	Požadované konstrukce mají požadovaný pokles dotykové teploty, zajišťovaný jejich tepelnou jímavostí a teplotou na vnitřním povrchu	$\Delta\Theta_{10,N}$ [$^{\circ}C$]	
5.6	Místnosti (budova) mají požadovanou tepelnou stabilitu v zimním i letním období, snižující riziko jejich přílišného ochlazování a přehřívání	$\Delta\Theta_{V,N(t)}$ [$^{\circ}C$]	
5.7	Budova má požadovaný nízký průměrný součinitel prostupu tepla obvodového pláště U_{em}	$U_{em,N}$ [$W/(m^2.K)$]	

D6 Vytápění						
Topný systém budovy						
6.1	Typ zdroje energie	tepelné čerpadlo				
6.2	Použité palivo	elektřina				
6.3	Jmenovitý tepelný výkon zdroje	kW	14,3			
6.4	Průměrná roční účinnost zdroje energie	%	95,0	Výpočet	Měření	Odhad
6.5	Roční doba využití zdroje	hod/rok	0	Výpočet	Měření	Odhad
6.6	Regulace zdroje energie					
6.7	Údržba zdroje energie	Pravidelná	Pravidelná smluvní	Není		
6.8	Převažující typ topné soustavy	podlahové vytápění				
6.9	Převažující regulace topné soustavy	Automatická - termostaty				
6.10	Rozdělení topných větví podle orientace budovy	Ano			Ne	
6.11	Stav tepelné izolace rozvodů topné soustavy	vyhovující				

D7 Dílčí hodnocení energetické náročnosti vytápění				
				Bilanční
7.1	Dodaná energie na vytápění	$Q_{fuel,H}$	GJ/rok	70,2
7.2	Spotřeba pomocné energie na vytápění	$Q_{Aux,H}$	GJ/rok	0,0
7.3	Energetická náročnost vytápění	$EP_H=Q_{fuel,H}+Q_{Aux,H}$	GJ/rok	70,2
7.5	Měrná spotřeba energie na vytápění vztážená na celkovou podlahovou plochu	$EP_{H,A}$	kWh/($m^2.rok$)	36,4

D8 Větrání a klimatizace				
Mechanické větrání				
8.1	Typ větracího systému			
8.2	Tepelný výkon	kW	0,0	
8.3	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	kW	0,0	
8.4	Jmenovité průtokové množství vzduchu	m ³ /hod	0,0	
8.5	Převažující regulace větrání			
8.6	Údržba větracího systému	Pravidelná	Pravidelná smluvní	Není
Zvlhčování vzduchu				
8.7	Typ zvlhčovací jednotky			
8.8	Jmenovitý příkon systému zvlhčování	kW	0,0	
8.9	Použité médium pro zvlhčování	Pára	Voda	
8.10	Regulace klimatizační jednotky			
8.11	Údržba klimatizace	Pravidelná	Pravidelná smluvní	Není
8.12	Stav tepelné izolace VZT jednotky a rozvodů			
Chlazení				
8.13	Druh systému chlazení			
8.14	Jmenovitý el.příkon pohonu zdroje chladu	kW	0,0	
8.15	Jmenovitý chladicí výkon	kW	0,0	
8.16	Převažující regulace zdroje chladu			
8.17	Převažující regulace chlazeného prostoru			
8.18	Údržba zdroje chladu	Pravidelná	Pravidelná smluvní	Není
8.19	Stav tepelné izolace rozvodů chladu			

D9 Dílčí hodnocení energetické náročnosti mechanického větrání (vč. zvlhčování)				
				Bilanční
9.1	Spotřeba pomocné energie na mech. větrání	$Q_{Aux;Fans}$	GJ/rok	0,0
9.2	Dodaná energie na zvlhčování	$Q_{fuel,Hum}$	GJ/rok	0,0
9.3	Energetická náročnost mechanického větrání (vč. zvlhčování)	$EP_{Aux;Fans}=Q_{Aux;Fans}+Q_{Fuel,Hu}$	GJ/rok	0,0
9.5	Měrná spotřeba energie na mech. větrání vztahovaná na celkovou podlahovou plochu	$EP_{Fans,A}$	kWh/(m ² .rok)	0,0

D10 Dílčí hodnocení energetické náročnosti chlazení				
				Bilanční
10.1	Dodaná energie na chlazení	$Q_{fuel,C}$	GJ/rok	0,0
10.2	Spotřeba pomocné energie na chlazení	$Q_{Aux,C}$	GJ/rok	0,0
10.3	Energetická náročnost chlazení	$EP_C=Q_{fuel,C}+Q_{Aux,C}$	GJ/rok	0,0
10.5	Měrná spotřeba energie na chlazení vztahovaná na celkovou podlahovou plochu	$EP_{C,A}$	kWh/(m ² .rok)	0,0

D11 Příprava teplé vody (TV)					
11.1	Druh přípravy TV	Elektrický zásobníkový ohřivač			
11.2	Systém přípravy TV v budově	Centrální	Lokální	Kombinovaný	
11.3	Použitá energie	elektřina			
11.4	Jmenovitý příkon pro ohřev TV	kW	2,00		
11.5	Průměrná roční účinnost zdroje přípravy	%	98,0	Výpočet	Měření
11.6	Objem zásobníku TV	litry	200		
11.7	Údržba zdroje přípravy TV	Pravidelná	Pravidelná smluvní	Není	
11.8	Stav tepelné izolace rozvodů TV	Výborná			

D12 Dílčí hodnocení energetické náročnosti přípravy teplé vody				
				Bilanční
12.1	Dodaná energie na přípravu TV	$Q_{\text{fuel,DHW}}$	GJ/rok	22,4
12.2	Spotřeba pomocné energie na přípravu TV	$Q_{\text{Aux,DHW}}$	GJ/rok	0,0
12.3	Energetická náročnost přípravy TV	$EP_{\text{DHW}}=Q_{\text{fuel,DHW}}+Q_{\text{Aux,DHW}}$	GJ/rok	22,4
12.5	Měrná spotřeba energie na přípravu TV vztažená na celkovou podlahovou plochu	$EP_{\text{DHW,A}}$	kWh/(m ² .rok)	11,6

D13 Osvětlení			
13.1	Typ osvětlovací soustavy		žárovky, zářivky
13.2	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	W	3 000
13.3	Způsob ovládání osvětlovací soustavy		klasické vypínače

D14 Dílčí hodnocení energetické náročnosti osvětlení				
				Bilanční
14.1	Dodaná energie na osvětlení	$Q_{\text{fuel,Light,E}}$	GJ/rok	18,0
14.2	Energetická náročnost osvětlení	$EP_{\text{Light}}=Q_{\text{fuel,Light,E}}$	GJ/rok	18,5
14.4	Měrná spotřeba energie na osvětlení vztažená na celkovou podlahovou plochu	$EP_{\text{Light,A}}$	kWh/(m ² .rok)	9,3

D15 Ukazatel celkové energetické náročnosti budovy				
				Bilanční
15.1	Energetická náročnost budovy	EP	GJ/rok	110,6
15.4	Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu	EP_A	kWh/(m ² .rok)	57,3
15.5	Třída energetické náročnosti hodnocené budovy		Úsporná	B

E1 Dodaná energie z vnější strany systémové hranice budovy stanovená bilančním hodnocením			
Energonositel	Vypočtené množství dodané energie	Energie skutečně dodaná do budovy	Jednotková cena
	GJ/rok	GJ/rok	Kč/GJ
Elektrina	110,60	107,73	0,00
Celkem	110,60	107,73	

E2 Energie vyrobená v budově	
Druh zdroje energie	Vypočtené množství vyrobené energie
	GJ/rok
Celkem	0,0

F1 Ekologická a ekonomická proveditelnost alternativních systémů a kogenerace u nových budov s podlahovou plochou nad 1000 m²	
Místní obnovitelný zdroj	Kogenerace
Dálkové vytápění nebo chlazení	Blokové vytápění nebo chlazení
Tepelné čerpadlo	Jiné

F2 Postup a výsledky posouzení ekologické a ekonomické proveditelnosti techniky dostupných a vhodných alternativních systémů dodávek energie	

G1 Doporučená opatření			
Popis opatření	Úspora energie (GJ)	Investiční náklady (tis. Kč)	Prostá doba návratnosti
Úspora celkem se zahrnutím synergických vlivů	0,0	0,0	

G2 Hodnocení budovy po provedení doporučených opatření			
			Bilanční
Energetická náročnost budovy	EP	GJ/rok	0,0
Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu	EP _A	kWh/(m ² .rok)	0,0
Třída energetické náročnosti			




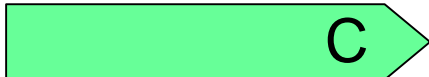




Doba platnosti průkazu : 21.5.2023

Průkaz vypracoval : Vladimír Volf

Osvědčení č.: 1

Datum vypracování : 21.5.2013

Příloha C - Grafický PENB

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení: BD - Bytový dům Adresa budovy: Zátíší 1205/8, Plzeň 318 00 Celková podlahová plocha A_c : 536.0 m ²			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
<43		A		
43		B		
82				
83		C		
120				
121		D		
162				
163		E		
205				
206		F		
245				
>245		G		
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/(m ² .rok)			57	0
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			110,6	0,0
Podíl dodané energie připadající na [%]:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
63,5	0,0	0,0	20,2	16,3
Doba platnosti průkazu :		21.5.2023		
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení : Vladimír Volf Osvědčení č. : 1 Datum vypracování : 21.5.2013		

Příloha D - protokol o měření termokamerou



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 11.2.2013

Společnost

Adresa

Měření provedl

Zákazník

Adresa sídla

Zátiší 1205/8, Plzeň 318
00

Kontaktní osoba

Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu



Textové komentáře

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	11.2.2013 8:30:06
Jméno snímku	IR_1704.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	25,0 m

Popis

Východní pohled, patrný věnec u prvního podlaží

Jihovýchodní pohled



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 11.2.2013

Společnost

Adresa

Měření provedl

Zákazník

Adresa sídla

Zátiší 1205/8, Plzeň 318
00

Kontaktní osoba

Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	11.2.2013 8:23:40
Jméno snímku	IR_1684.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	12,0 m

Popis

Střecha nad vchodovými dveřmi

Střecha nad vchodem



Textové komentáře



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 11.2.2013

Společnost

Adresa

Měření provedl

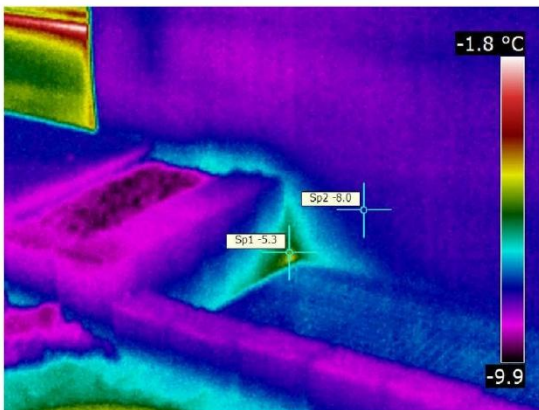
Zákazník

Adresa sídla

Zátiší 1205/8, Plzeň 318
00

Kontaktní osoba

Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu



Textové komentáře

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	11.2.2013 8:19:13
Jméno snímku	IR_1672.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	4,0 m

Popis

Přívod vzduchu k tepelnému čerpadlu

Přívod vzduchu k tepelnému čerpadlu



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 11.2.2013

Společnost

Adresa

Měření provedl

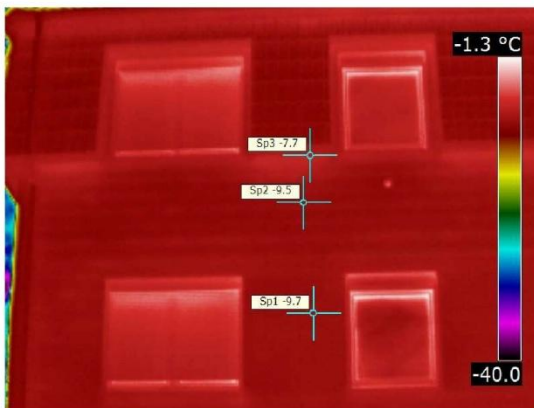
Zákazník

Adresa sídla

Zátiší 1205/8, Plzeň 318
00

Kontaktní osoba

Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu



Textové komentáře

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	11.2.2013 8:24:29
Jméno snímku	IR_1686.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	14,0 m

Popis

Patrný rozdíl teplot u přechodu zdivo - střešní krytina

Západní podled



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 11.2.2013

Společnost

Adresa

Měření provedl

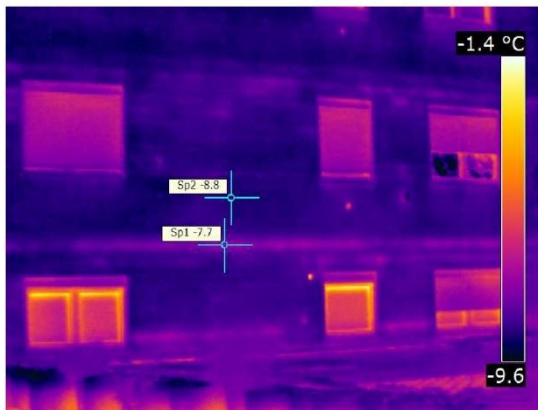
Zákazník

Adresa sídla

Zátiší 1205/8, Plzeň 318
00

Kontaktní osoba

Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu



Textové komentáře

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	11.2.2013 8:17:42
Jméno snímku	IR_1670.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	10,0 m

Popis

Patrný tepelný most u věnce v 1. podlaží

Rám okna