

Zpráva

o

výzkumném projektu

**„Příkladné srovnávací měření mezi infračerveným vytápěním a plynovým vytápěním
v oblasti staré zástavby“**

**Vedení projektu:
Dr.-Ing. Peter Kosack
Graduate School CVT
Arbeitskreis Ökologisches Bauen
TU Kaiserslautern
Gottlieb-Daimler-Straße 42
67663 Kaiserslautern**

Projektové období: 1.10. 2008 až 30. 4. 2009

Verze 1; stav: říjen 2009

© Copyright by Dr.-Ing. Peter Kosack

Výzkumnou zprávu je možno jako celek libovolně kopírovat a dále zpracovávat.

Použití výňatků, zvláště takové, které falšují výpovědi výzkumné zprávy, je naproti tomu co nejpřísněji zakázáno!

Shrnutí

V topném období 2008/2009 bylo provedeno srovnávací měření spotřeby energie mezi infračerveným vytápěním a plynovým vytápěním, aby se na pozadí přeměny struktury v oblasti zásobování energií provedla kontrola principiálního užítku a schopnosti infračerveného vytápění obytné oblasti.

V předkládaném zkoumání bylo možno prokázat, že infračervené vytápění představuje smysluplnou alternativu k běžným topným systémům.

Při správném použití infračerveného vytápění se ukazují jak výhody při spotřebě energie, tak také u nákladů a v bilanci CO₂.

Předmluva

Všeobecně, stanovení cíle práce

V topném období 2008/2009 bylo provedeno srovnávací měření mezi vytápěním infračerveným sáláním (zkráceně: infračerveným vytápěním) a vytápěním plynem.

Cílem bylo určení spotřeby energie a spotřeby nákladů na energii na konkrétním příkladu, a z toho odvozený pokus zevšeobecněného ocenění energetické bilance z ekologických hledisek a celkových nákladů na oba topné systémy.

Motivace a zákulisí

Trh s energiemi se v současné době vyznačuje výrazně vzrůstajícími náklady na nositele fosilních energií. Také zatímní narušení tohoto vývoje jako důsledek celosvětové finanční krize je nutno podle všeobecného odhadu chápat jako přechodné a jako krátkou oddechovou dobu, což se již také aktuálně projevuje.

Tímto nárůstem cen trpí především majitelé a pronajímatelé starých staveb s patřičně vysokou spotřebou energie na vytápění. Existují sice rozličné státní pobídky k renovaci, ale v mnoha případech k tomu chybí potřebné finanční prostředky. Platí to navzdory rozsáhlým státním podpurným opatřením.

Jako možné východisko se na trhu nabízí použití elektricky poháněných infračervených zářičů. Projekt by měl na svém příkladu zkontrolovat principiální použitelnost a ekonomickou a ekologickou smysluplnost tohoto řešení.

Poděkování

Zvláště srdečně děkuje vedoucí projektu rodině Dietz-Groß za schválení všech potřebných instalací, za možnost provádění měření za každodenních podmínek a za mnohostrannou podporu během projektu.

Srdečné poděkování patří také firmě Knebel, která byla partnerem, který nekladl žádné byrokratické překážky, a poskytl infračervený zářič a měřicí přístroje.

Důležité upozornění

Předkládaná zpráva je kvůli velkému všeobecnému zájmu koncipována tak, že jí může porozumět i laik, který se o danou problematiku zajímá. Obsahuje proto přehledné znázornění fyzikálních podkladů i topenářských a klimatizačně-technických podkladů. Pro lepší informace k dané problematice jsou vedle odborné literatury uvedeny také obsáhlé, snáze pochopitelné internetové stránky.

Výzkumná zpráva bude mít v závislosti na ohlasech z okruhu čtenářů a následujícího rozšířeného vyhodnocení výsledků měření několik verzí. Dotazy, podněty, kritika a zlepšovací návrhy pro budoucí verze jsou proto výslovně žádoucí!

Vždy právě aktuální verzi je možno nalézt na

http://www-user.rh.rk.uni-kl.de/~kosack/menu1/1_shtml

Obsah

- 1 Úvod
 - 1.1 Zásadní vysvětlení definování úlohy vytápění
 - 1.2 Motivace k předkládanému zkoumání
 - 1.3 Podklady a podkladové informace, potřebné pro pochopení projektu a jeho vyhodnocení
 - 1.3.1 Energeticko-hospodářské podklady a stálost
 - 1.3.2 Tepelně-technické podklady
 - 1.3.3 Lékařská hlediska
 - 1.3.4 Principiální toky energií u topných systémů: primární energie, sekundární energie, konečná energie, užitečná energie
 - 1.3.5 Rozdělení topných systémů podle energetických zdrojů
 - 1.3.6 Rozdělení topných systémů podle druhu rozvodu tepla
 - 1.3.7 Zvláštní konstrukční tvary topných těles a topných ploch
 - 1.3.8 Role akumulční hmoty pro tepelnou energii v topných systémech
 - 1.3.9 Začlenění infračerveného vytápění
- 2 Příbuzné práce
- 3 Strategie zkoumání
 - 3.1 Sledované systémy
 - 3.2 Srovnání toků energie
 - 3.3 Hypotéza zkoumání
 - 3.4 Měřený objekt
 - 3.5 Struktura pokusu: instalace a měřicí přístroje
 - 3.6 Zkušební provoz
- 4 Výsledky a vyhodnocení
 - 4.1 Výsledky měření
 - 4.2 Srovnání celkových hodnot spotřeb energie v období zkoumání
- 5 Interpretace výsledků
 - 5.1 Interpretace z hlediska spotřeby energie
 - 5.2 Interpretace z hlediska nákladů
 - 5.3 Interpretace z hlediska stálosti/ekologie
 - 5.4 Interpretace z lékařských hledisek a hledisek wellness
 - 5.5 Kritické poznámky k obsahům na internetových stránkách a reklamním výpovědím v prospektech výrobců
- 6 Závěry a výhled
- 7 Soupis literatury

Dodatky

Dodatek A: Tabulky

Dodatek B: Vyobrazení

1 Úvod

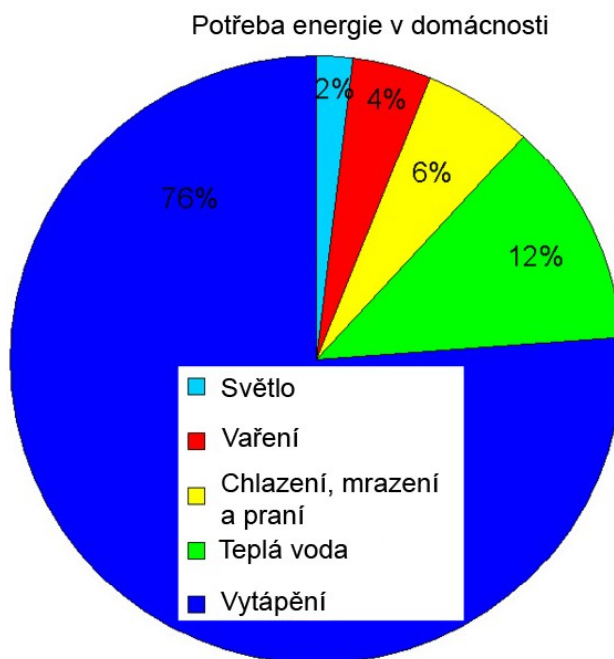
1.1 Zásadní vysvětlení definování úlohy vytápění

Vytápění slouží obecně k tomu, aby se vnitřní teplota budov navzdory klesajícím venkovním teplotám udržovala v rozsahu, který je pro člověka snesitelný, nebo dokonce umožňující jeho přežití. Je to nezbytné v oblastech, kde venkovní teploty mohou klesnout výrazně pod 20 °C.

K tomu účelu byl charakterizován pojem topné období. Jako topné období se označuje období, ve kterém se topné zařízení uvádí v provoz, aby se vnitřní teplota udržela na směrné hodnotě 20 °C. Vztažnou hodnotou je v Německu střední venkovní teplota 15 °C, tzv. topná mez.

Pro topné období neexistují žádná zákonná nařízení, protože potřeba a dimenzování topného systému závisí na klimatických podmínkách, geografické a výškové situaci a na ostatních faktorech, jako jsou standard pro izolaci budovy, a je na každém místě rozdílná. V extrémním případě je dokonce možné, izolovat budovu tak dobře, že dokonce i v mrazivých oblastech není vůbec nutný žádný topný systém, a čisté procesní teplo tak v důsledku používání postačuje.

Běžné standardy izolace, zvláště pokud jde o trvanlivost, se však pohybují hodně pod touto mezí. V potřebě energie domácnosti činí vytápění v současnosti v průměru 76% (viz **obr. 1.1**). Je tedy nezbytný topný systém, který svou úlohu ohřevu plní maximálně stabilně, účinně a příznivě z hlediska nákladů.



Obr. 1,1: Potřeba energie v domácnosti

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Energieeinsparung>)

1.2 Motivace k předkládanému zkoumání

Motivací byla otázka, zda infračervené vytápění představuje smysluplné řešení pro problémy vytápění. Dílčí otázky přitom byly:

Je jako vytápění vůbec vhodné v obytných stavbách?

Jsou náklady konkurenceschopné vzhledem k ostatním topným systémům?

Je ekologická bilance konkurenceschopná vzhledem k ostatním topným systémům?

Je použitelná v praxi?

Je k dispozici neomezeně, tzn., co se stane, učiní-li tak každý?

Těmito otázkami se zabýval již předchozí projekt pracovního týmu Ekologická výstavba v letech 1994 - 1996. Zde byla zkoumána vhodnost infračervených zářičů v provedení se žhavicím drátem navinutým ve šroubovici (koupelnové a kostelní zářiče) v nízkoenergetickém domě. V důsledku zjevného nesouladu u tehdejších cen energií mezi naftou/plynem a elektrickou energií však bylo zkoumání předčasně ukončeno. Mimoto se konstrukční forma použitých zářičů coby výhradního vytápění pro trvalé použití ukázala být jako nevhodná.

Se změnou cen energií a schopností prosazení konstrukční formy ve tvaru plošného zářiče na trhu, které pracují prakticky bez opotřebení a jsou vhodné pro trvalý provoz, bylo téma znovu otevřeno.

Nejprve byla na internetu provedena rešerše trhu, aby byly vybrány vhodné plošné zářiče. Hlavními kritérii výběru byla fyzikální vhodnost coby infračervených zářičů (viz též dole): povrchové teploty v oblasti cca 60°C až 120°C (více než 50% čistého podílu sálání) a žádná akumulací hmoty (rychlé chování při zapínání a vypínání).

S výrobcem vybraného produktu byl poté navázán kontakt a sjednána spolupráce při výzkumu.

Na tomto místě je nutno výslovně poukázat na to, že zde nejde o srovnávací zkoumání mezi různými prodejci nebo výrobky, nýbrž o celkovou vhodnost infračervených zářičů, speciálně plošných zářičů, pro vytápění místností v obytné oblasti.

1.3 Podklady a podkladové informace, potřebné pro pochopení projektu a jeho vyhodnocení

1.3.1 Energeticko-hospodářské podklady a stálost

Pojmem energetické hospodářství se označuje celková infrastruktura, která je nutná k zabezpečení zásobování energií.

Patří sem zpřístupnění energetických zdrojů, získávání energie, ukládání energie, přeprava energie, přeměna energie a obchod s energiemi.

Z hlediska perspektivy kosmického prostoru existují jako primární základna každého energetického hospodářství tři principiálně disponibilní energetické zdroje, z nichž přeměnou vznikají všechny ostatní nositelé energie: slunečné záření, gravitace a vlastní teplo planet.

Záření pozadí jako teoretický čtvrtý zdroj není energeticko-hospodářsky využitelný. Záření pozadí je každé elektromagnetické záření, které vzniká hvězdami, pulsary, kvasary atd. v hloubkách vesmíru, a k našemu slunečnímu systému se zasílá zvnějšku.

Sluneční záření vzniká jadernou fúzí ve slunci. Umožňují život na naší planetě Zemi a s velkým odstupem se jedná o největší využitelný zdroj energie ve sluneční soustavě. Proto se v jaderné fyzice provádí pokusy, učinit tento zdroj energie využitelný ve formě technicky realizované jaderné fúze na Zemi. Fyzikální a technické problémy k tomu však ještě z největší části nejsou vyřešeny, takže tento zdroj energie v dohledné době nebude k dispozici nebo je přinejmenším velmi nejistý.

Gravitaci, způsobenou hmotností nebeských těles, tak lze využít, protože měsíc obíhá kolem Země. Tím vzniká např. odliv a příliv s možností získávání energie v přílivových elektrárnách. Vlastní teplo Země vzniká hlavně štěpením jádra v nitru Země. Toto teplo lze např. využít geotermicky.

Na **obr. 1.2** jsou znázorněny tři použitelné primární zdroje energie a z toho plynoucí obnovitelné a fosilní formy energie, resp. nositelé energie.

1. Jadernou fúzí ve slunci vzniká elektromagnetická energie v podobě sálání, které je možno využít přímo a nepřímo.

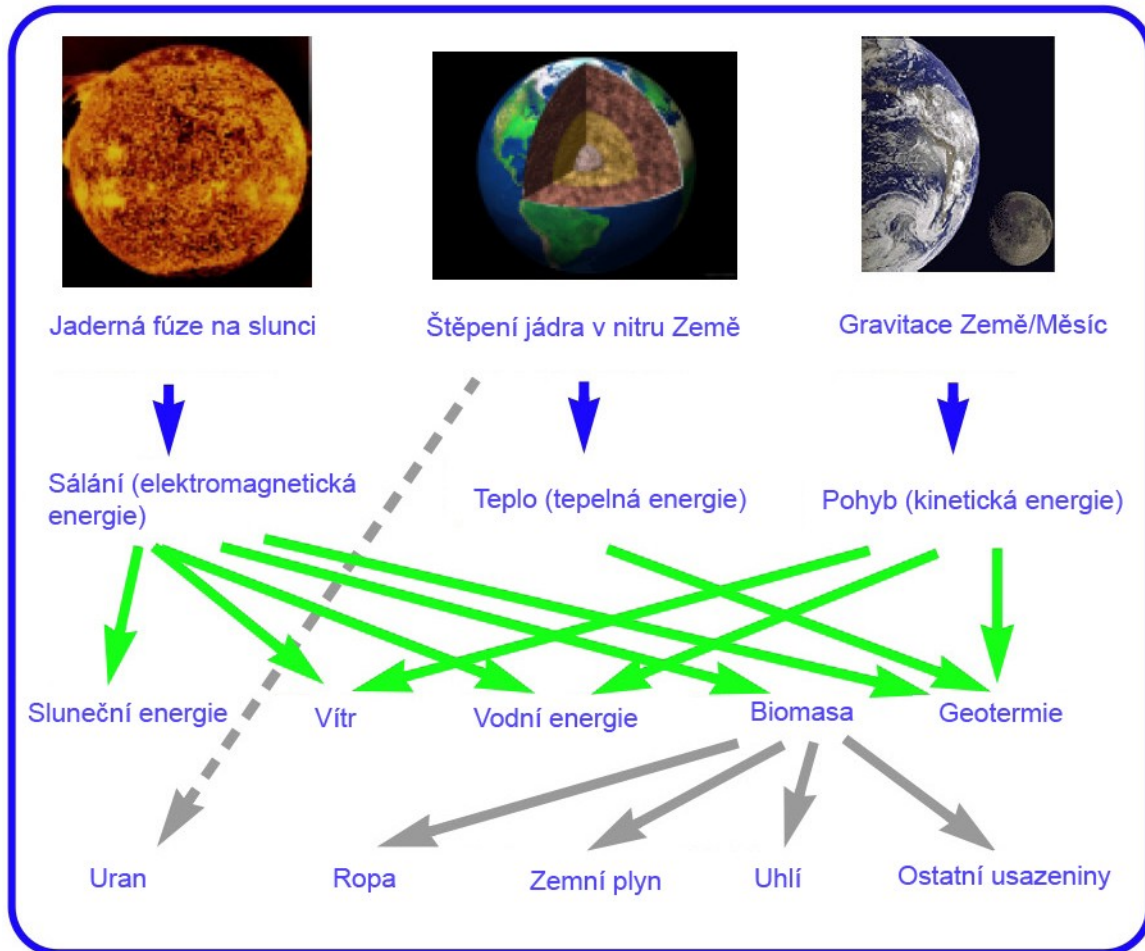
Přímé využití sálání se děje u sluneční energie přeměnou slunečního světla na elektrickou energii nebo na teplo.

Nepřímé užití sálání v případě větru, vodní síly a geotermie se děje absorpcí, tzn. pojmutím a přeměnou sálání na teplo. V důsledku ohřátého vzduchu vzniká vítr, který se ve větrných elektrárnách přeměňuje na elektrickou energii. Ohřátá voda se vypařuje a tvoří mraky, ze kterých prší. Vznikají tak potoky a řeky, na kterých lze vystavět vodní elektrárny. Při geotermii v důsledku slunečního záření se ohřívají svrchní vrstvy půdy. Toto akumulované teplo se využívá tepelnými čerpadly a zemními registry. Nepřímé využití sálání u biomasy se realizuje fotosyntézou v rostlinách. Nejčastěji využívaný a přitom vznikající nositel energie je dřevo.

2. V důsledku štěpení jader ve vnitru Země vzniká teplo, které lze pomocí geotermie použít různým způsobem.

3. V důsledku gravitačních sil mezi Zemí a Měsícem vzniká kinetická energie, která způsobuje pohyb atmosféry a světových moří.

Pohybující se atmosféra představuje příspěvek k větrné energii. Z pohybu mořských vod, jako jsou odliv a příliv, se v přílivových elektrárnách získává elektrická energie.



Obr. 1.2: Využitelné energetické spektrum

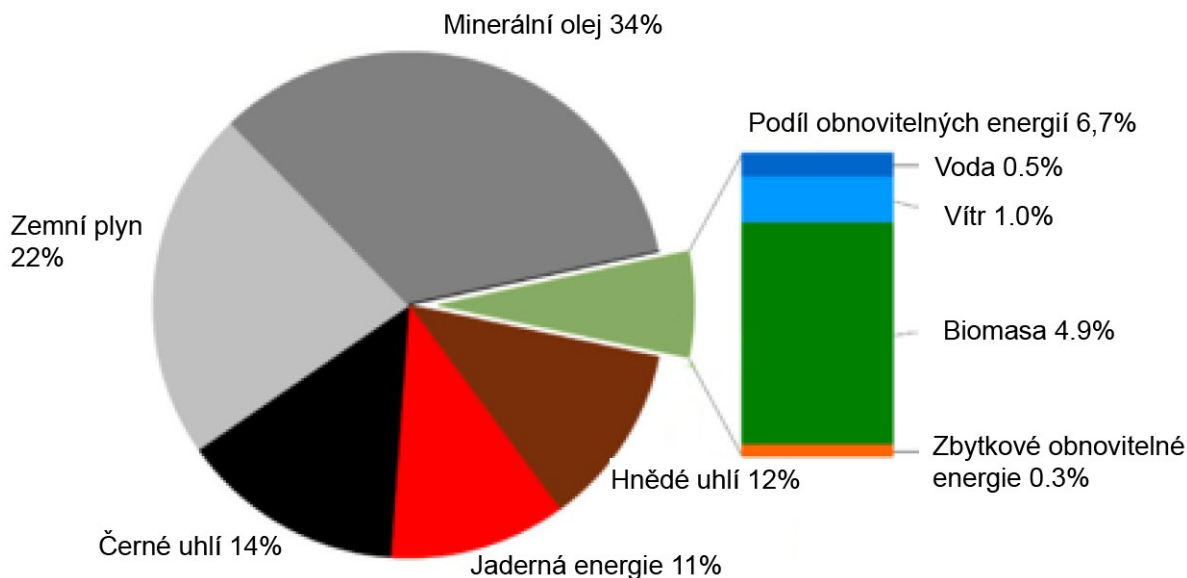
Fosilní nosiče energie uhlí, ropa, zemní plyn a ostatní usazeniny vznikly v průběhu milionů let působením geologických procesů z biomasy. Představují dnes převážně využívané energetické zdroje.

Zvláštní případ představuje prvek uran, který se v jaderných elektrárnách používá pro vytváření elektrické energie. Jedná se o jeden z radioaktivních prvků, které zabezpečují vnitřní teplo Země a těží se v dolech. V jaderných elektrárnách se radioaktivní energie přeměňuje na teplo a z něj se vyrábí elektrická energie. Jedná se vlastně o technologickou okliku. Přímá cesta by byla získání energie z jaderné energie, jako u ostatních radioaktivních prvků, pomocí geotermie přímo z nitra Země.

Nositeli energetického hospodářství v Německu jsou přednostně ropný průmysl, těžba uhlí a zásobování elektrickou energií, plynové hospodářství a dálkové tepelné hospodářství.

Jak znázorňuje **obr. 1.3**, je převážná část zásobování elektrickou energií kryta ještě fosilními nositeli energie.

Od 90. let se na tom v Německu v rámci zákonné podpory energetického hospodářství na základě obnovitelných energií podílí soukromé domácnosti (zákon o napájení elektrickou energií, zákon o obnovitelných energiích).



Obr. 1.3: Spotřeba primární energie v Německu

Pojem *Stálost* pochází původně z lesního hospodářství. Označuje tam způsob obhospodařování lesa, při kterém se odebírá vždy jen tolik dřeva, kolik může dorůst, takže les se nikdy zcela nevykácí, nýbrž se stále v plném rozsahu může regenerovat.

Všeobecně vzato je "stálost" takové využití systému, že tento systém zůstává ve svých podstatných strukturách a vlastnostech zachován, a jeho existence se přirozeným způsobem může regenerovat. V energetickém hospodářství splňují pouze obnovitelné energetické zdroje podmínky pro trvalost, protože samočinně poskytují trvalý - v přeneseném smyslu dorůstající - proud energie, který je podle lidských měřítek nekonečný.

V důsledku omezenosti fosilních nositelů energie a ve vzrůstající míře negativních vedlejších účinků jejich využití, jako jsou globální oteplování, znečišťování životního prostředí, vzrůstající náklady na energii v důsledku jejich nedostatku a jejich sociálních důsledků je nezbytné se co nejrychleji přeorientovat na obnovitelné energie. Tento závěr byl učiněn již v mezinárodní smlouvě agendy 21 na „Konferenci o životním prostředí a vývoji Spojených národů“ (UNCED) v Rio de Janeiru v roce 1992, která byla podepsána téměř všemi státy světa.

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit>)

(http://de.wikipedia.org/wiki/Agenda_21)

Protože množství energie, potřebné pro účely vytápění, činí v průměrné domácnosti asi tři čtvrtiny celkové potřeby energie, je nejnaléhavějším úkolem rychlý přestup na obnovitelné nositele energií.

1.3.2 Tepelně-technické podklady

Termická energie (tepelná energie)

Termická energie (též zvaná tepelná energie nebo teplo) je energie, která je uložena v podřízeném pohybu atomů nebo molekul látky. Jedná se o stavovou veličinu látky a měří se v měrné jednotce joule.

Tepelná energie a teplota na sobě závisí podle vztahu

$$E_{th} = m \cdot c \cdot T$$

přičemž E_{th} je tepelná energie, T je absolutní teplota, m je hmotnost a c je kapacita měrného tepla. Kapacita měrného tepla je sama závislá na teplotě, tzn., že souvislost není úměrná. Dochází k tzv. fázovým přechodům jako u rozpouštějícího se ledu, u něhož se jedna část přiváděné energie spotřebuje pro rozpouštění jako takové, bez zvyšování teploty.

Mezi dvěma systémy s rozdílnými teplotami se jejich teploty samočinně přizpůsobují přenosem tepla od teplejšího k chladnějšímu systému, až mají oba stejnou teplotu. Hovoří se pak o tepelné rovnováze. Přenos tepla se může uskutečnit vedením tepla, konvekcí (prouděním) a sáláním tepla.

(<http://de.wikipedia.org/wiki/ThermischeEnergie>)

Vedení tepla

Při vedení tepla (též zvaném difuze tepla nebo kondukce) se teplo v pevné látce nebo ve stojaté kapalině v důsledku teplotního rozdílu kousek po kousku vnitromolekulárním vzájemným působením předává dále. Děje se tak také mezi několika tělesy z pevných látek nebo kapalin, které se dotýkají a vůči sobě jsou v klidu. Na základě zákona o zachování energie se přitom nedochází ke ztrátě tepelné energie. Při vedení tepla se tepelná energie, avšak nikoliv částice, přenáší z jednoho místa na druhé.

V tepelné technice jsou efekty v důsledku vedení tepla většinou zanedbatelné. Roli hrají pouze v případech ztrát, např. v důsledku špatné izolace hořáků a potrubí.

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmeleitung>)

(Recknagel, Sprenger, Schramek: Příručka o vytápění a klimatizační technice, Oldenbourg Wissensch.Vlg; vydání 68 (1997/98), str. 135 ff)

Konvekce

Konvekce je způsob přenosu tepla, který je založen na přenosu částic, které vedou tepelnou energii. V rámci techniky vytápění se hovoří o konvekcí bez výměny látek, tzn., že se uskutečňuje přenos tepla z pevného tělesa na kapalinu (např. vodu nebo vzduch), která přebírá přenos tepla. Na tepelné mezní vrstvě mezi pevným tělesem a kapalinou nejprve dochází k tepelnému vedení mezi povrchem tělesa a bezprostředně na povrchu tělesa se nacházejícími částicemi kapaliny. Nedomáhá se k žádné tepelné rovnováze, protože podle poklesu teplot se zahřáté nebo ochlazené částice plynule odvádějí nebo nahrazují za nové, ke kterým se původní pokles teploty vztahuje.

Při teplovodním vytápění, používaným v bytové zástavbě nejčastěji, představuje voda médium pro přenos tepla konvekcí v uzavřeném potrubním okruhu mezi hořákem a vnitřní stranou topného tělesa. Vedením tepla se tepelná energie dostává z vnitřní na vnější stranu topného tělesa. Na vnější straně topného tělesa je médium pro přenos tepla vzduch. Dochází přitom k tzv. volné konvekcii, tzn. vzduch se ohřevem rozpíná a pohybuje se směrem nahoru, zespodu proudí chladnější vzduch nad zemí. Místo často používaných topných těles - radiátorů - mohou být použita plošná topná tělesa, vodou vyhřívávané podlahové, stěnové nebo stropní plochy nebo jiné konstrukce. Principiálně všude dochází ke konvekcii.

Tepelný výkon, přenášený od topného tělesa konvekci do vzduchu, je úměrný rozdílu teplot mezi topným tělesem a vzduchem a vyhovuje vztahu:

$P_{HL} = w * A * (T_H - T_L)$, přičemž w je koeficient přestupu tepla v (W/m^2K), A je plocha topného tělesa, T_H je teplota topného tělesa a T_L teplota vzduchu.

Konvekce je tedy u daného topného tělesa závislá hlavně na teplotním rozdílu mezi topným tělesem a okolním vzduchem v místnosti.

(Recknagel, Sprenger, Schramek: Příručka o vytápění a klimatizační technice, Oldenbourg Wissensch.Vlg; vydání 68 (1997/98), str. 146 ff)

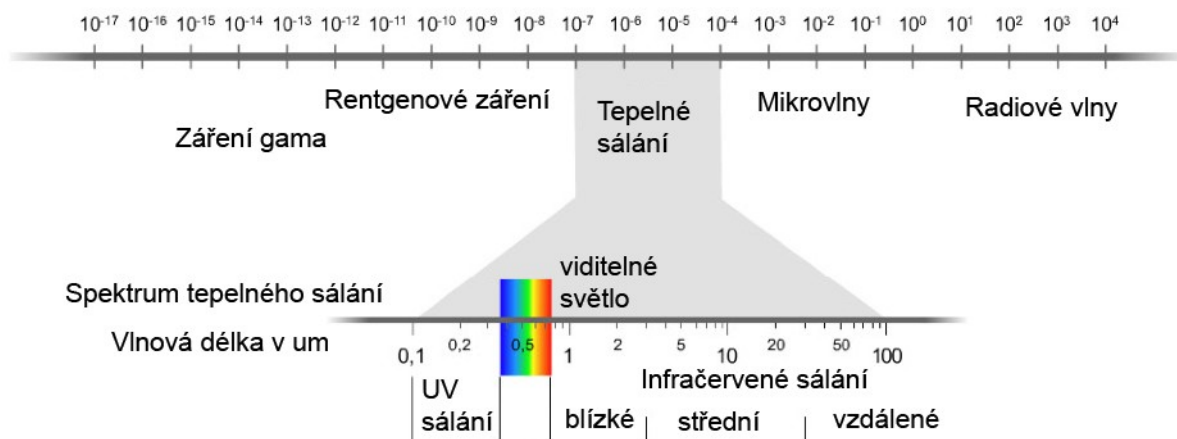
(Dillmann, Andreas (2005): Karl Wieghardt: Teoretická nauka o proudění, Universitätsverlag Göttingen)

(H. Oertel (vydavatel): Prandtlův průvodce naukou o proudění. Základy a fenomény, Vieweg 2002 (11. vydání))

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Konvektion>)

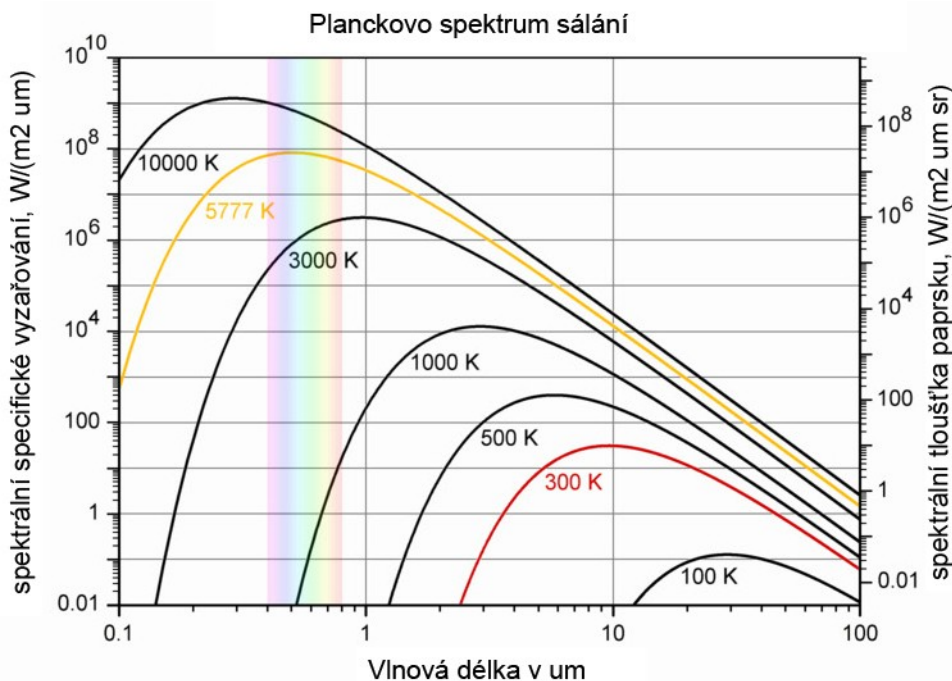
Tepelné a infračervené sálání

Jako tepelné sálání se označuje ta část ze spektra elektromagnetického záření, které každé těleso vysílá v závislosti na své teplotě, jakmile je tato teplota odlišná od nulového bodu absolutní teploty 0 K. Jako forma přenosu tepla není vázaná na hmotu, a oproti vedení tepla a konvekce se vyskytuje také ve vakuu. Nejznámějším tepelným sáláním je sluneční záření, které lze rozdělit na oblasti UV sálání, viditelného světla a infračerveného sálání (viz **obr. 1.4**).



Obr. 1.4: Tepelné sálání v elektromagnetickém spektru

Spektrální rozdělení intenzity sálání (Planckovo spektrum sálání) je závislé na povrchové teplotě sálajícího tělesa. Čím vyšší teplotu má povrch tělesa, tím vyšší je maximum intenzity, a tím dále se posouvá toto maximum směrem ke kratším vlnovým délkám.



Obr. 1.5: Spektrum sálání ideálního černého tělesa

Na obr. 1.5 jsou znázorněna idealizovaná spektra pro tzv. „černé těleso“. Jako příklad může být uvedeno vyzařování lidského těla (300 kelvinů) a Slunce (5 777 kelvinů). Idealizování černého tělesa znamená, že zobrazené spektrum se zcela vyzáří. Ve skutečnosti však existují jen tzv. „šedá tělesa“, u nichž je vyzařování posuzováno koeficientem ϵ ($0 < \epsilon < 1$). Hodnota ϵ se však u většiny povrchů v budovách blíží hodnotě 1. Proto v praxi zpravidla neexistuje žádný pozoruhodný rozdíl mezi černým a šedým tělesem.

Velmi důležité je, nezaměňovat koeficient sálání ϵ (též zvaný součinitel sálání) s účinností sálání infračerveného zářiče. Při uvádění technických údajů u výrobků nabízených na trhu se jedná o často se vyskytující chybu. Koeficient sálání udává výkon sálání infračerveného zářiče v poměru k výkonu ideálního černého tělesa, účinnost sálání podíl odváděného výkonu sálání v poměru k přiváděnému elektrickému výkonu.

(viz též: Fröse, H.-D.: Elektrické topné systémy, Pflaum Verlag 1995, 23ff)

Podle Stefan-Boltzmannova zákona je celková intenzita vyzařování tělesa:

$M = \sigma \cdot T^4$ (Stefan-Boltzmannův zákon), kde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ (Stefan-Boltzmannova konstanta) a T = absolutní teplota povrchu tělesa.

Celková intenzita tedy silně vzrůstá se čtvrtou mocninou teploty. Na každý metr čtvereční povrchu sálá slunce tedy asi 400-násobek výkonu sálání ve srovnání s lidským tělem, ačkoliv teplota činí pouze o něco více než 19-násobek.

Také u Stefan-Boltzmannova zákona se nejprve použije idealizace. Provede se to tak, jakoby těleso bylo ve vesmíru samotné. Ve skutečnosti však nesčetná tělesa v důsledku vzájemné výměny sálání vstupují do vzájemného působení. Přitom se energie sálání, odevzdávaná z povrchu jednoho tělesa, na povrchu jiného tělesa zčásti pohlcuje a zčásti odráží. Absorbované množství energie přispívá k oteplování a způsobuje zvýšení vyzařování.

Je-li vyzářený výkon tělesa podle Stefan-Boltzmannova zákona $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$, kde A = povrch tělesa,

pak pro výměnu sálání mezi dvěma tělesy vyplývá:

$P_{12} = \sigma \cdot k \cdot (T_1^4 - T_2^4)$, přičemž k značí účinnost výměny sálání, která závisí na velikosti navzájem přikloněných povrchů těles a koeficientů sálání ε_1 a ε_2 .

Výměna sálání tak probíhá plynule mezi všemi tělesy a teoreticky se ukončí teprve tehdy, mají-li všechny povrchy tělesa stejnou teplotu.

V realitě vytápěného obytného prostoru fungují jako plochy vyzařující sálání topná tělesa, stěny, strop, podlaha, okna, dveře, nábytek, lidé, zvířata atd. Protože topná tělesa nebo topné plochy mají nejvyšší teplotu a těmito tělesy se stále dodává tato energie, v ideálním případě by se teplota všech ostatních povrchů zvyšovala tak dlouho, až by všechny povrchy v místnosti dosáhly teploty topných ploch.

V technice vytápění hraje ze spektra tepelného sálání určitou roli jen infračervené sálání. Často se zkráceně označuje jako tepelné sálání, ačkoliv je infračervené sálání jen jedna část tepelného sálání.

Podle DIN 5031 se infračervené sálání dělí na oblasti podle vlnové délky IR-A (0,78 μm až 1,4 μm), IR-B (1,4 μm až 3,0 μm) a IR-C (3,0 μm až 100 μm).

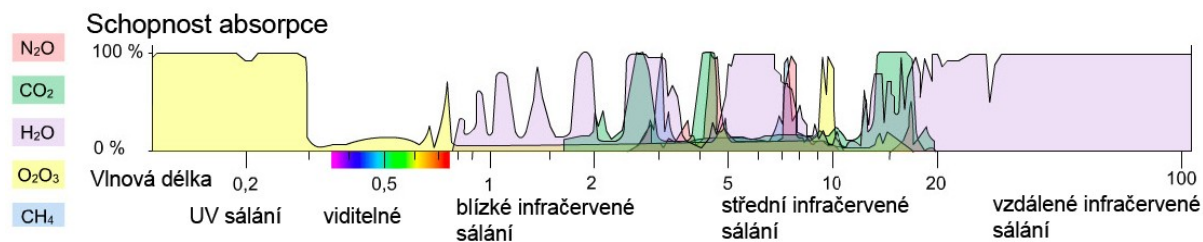
Další rozdělení je na blízké, střední a vzdálené infračervené sálání, které je obvyklé v geologických vědách (viz **obr. 1.4**). Vzdálené infračervené sálání a IR-C jsou totožné. Jedná se o oblast sálání, ve které pracují infračervená sálání použitá v tomto projektu.

Absorpce tepelného sálání ve vzduchu.

Vedle přenosu energie mezi tělesy v důsledku výměny sálání existuje ještě přenos energie z těles do kapaliny, která je obklopuje, absorpcí vysílané energie sálání v kapalině.

V technice vytápění se vyskytuje absorpce infračerveného sálání ve vzduchu, která má však zpravidla značně menší podíl na přenosu energie než konvekce.

Stupně absorpce v závislosti na vlnové délce znázorňuje **obrázek 1.6**.



Obr. 1.6: Absorpční spektra různých látek ve vzduchu

Lze snadno rozpoznat, že v důsledku vysoké vlhkosti vzduchu je možno absorbovat velké části infračerveného sálání.

Mimoto lze rozpoznat "okno" propustnosti v oblasti cca 7 μm až 13 μm , ve kterém se infračervené sálání může vzduchem šířit téměř bez zábran. Zde vyznačené absorpční oblasti pro ozón, uhlovodíky a oxidy dusíku nehrají v obytné oblasti žádnou roli. Maximum použitého sálání IR-C se v ideálním případě nachází v tomto "okně" propustnosti. V důsledku toho u hodnoty 7 μm by se neměla překročit povrchová teplota zářiče cca 120 °C. Spodní mez povrchové teploty se stanoví podle poměru podílu sálání a konvekce, a neměla by být menší než 60 °C (viz níže).

(http://www.webgeo.de/beispiele/rahmen.php?string=de;1;k_304;1;;;;)

(<http://www.ikg.rwth-aachen.de/planck/planck1.html>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/PlanckschesStrahlungsgesetz>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/SchwarzerKorper>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/ElektromagnetischesSpektrum>)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Infrarotstrahlung>)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmestrahlung>)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Strahlungsaustausch>)

<http://www.ing-buero-ebel.de/strahlung/Strahlungsaustausch%20-%20Wikipedia.htm>)

(Baehr, H.D., Stephan, K.: Přenos tepla a látek, 4. vydání. Springer-Verlag, Berlin 2004)

Pocit komfortu

V technice vytápění a klimatizační technice označuje (tepelný) pocit komfortu oblast okolní teploty a oblast stavu vzduchu, ve kterém se člověk cítí nejpříjemněji. Přitom byly zavedeny pojmy pocitová teplota a teplota pocitu komfortu.

Pocitová teplota a teplota pocitu komfortu

Účelem topného systému není jen zabezpečit přežití při nízkých venkovních teplotách, ale má také přispívat ke komfortnímu klimatu v místnosti. Objektivními měřenými veličinami jsou tzv. pocitová teplota a teplota pocitu komfortu, které jsou předmětem norem DIN 33 403, DIN EN ISO 7730 a DIN 1946. Teplota pocitu komfortu je podřízeným pojmem k pocitové teplotě a vyskytuje se u předvolených, standardizovaných fyziologických a individuálních parametrů z té pocitové teploty v interiérech, které na základě normy DIN EN ISO 7730 u statisticky významného počtu osob vytváří stupeň spokojenosti s klimatem v místnosti nejméně 90%. Pocitová teplota a teplota pocitu komfortu jsou závislé na

- teplotě vzduchu v místnosti,
- teplotě sálání okolí,
- rozdělení teploty vzduchu (vrstvení vzduchu),
- proudění vzduchu (průvan) a
- relativní vlhkosti vzduchu.

Obsáhlý výklad k tomu lze nalézt v

(Recknagel, Sprenger, Schramek: Příručka o vytápění a klimatizační technice, Oldenbourg Wissensch.Vlg; vydání 68 (1997/98), str. 50 ff)

Teplota vzduchu v místnosti

Teplota vzduchu v místnosti je fyzikální veličina, která popisuje energetický stav vzduchu v místnosti. Udává se ve stupních Kelvina (K) nebo ve stupních Celsia (°C). V předkládané zprávě se používají stupně Celsia. Ve stupních Kelvina se uvádí teplotní rozdíly.

Teplota vzduchu v místnosti udává nepřímo množství tepelné energie, které může vzájemně působit s okolím místnosti nebo v předmětech či osobách, které jsou v ní umístěny. Toto se děje při teplotním rozdílu vůči vzduchu vedením tepla od teplejší k chladnější straně. Fyziologicky se vedení tepla z lidského těla do vzduchu pociťuje jako ochlazování, obrácené vedení se pociťuje jako zahřívání.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Temperatur>)

Teplota sálání okolí

Teplota sálání okolí je střední teplota povrchu jednotlivých ploch, které ohraničují místnost (stěny, podlaha, plochy dveří a oken, povrchy topných těles). Vytváří se z podílu součtu produktů z jednotlivých ploch a jejich teplot a sumy jednotlivých ploch:

$$t_{\text{U}} = (\sum A_i t_i / \sum A_i)$$

kde:

A_i : plošný obsah jednotlivé plochy i

t_i : teplota jednotlivé plochy i

V souvislosti s pocitovou teplotou představuje také míru pro člověkem pociťované tepelné sálání z okolí.

Asymetrie teploty sálání

Mají-li stěny místností silně rozdílné teploty povrchu, může mít tato skutečnost vliv na pocit komfortu, ačkoliv průměrná teplota sálání okolí se nachází rozsahu, který je vnímán jako příjemný. Hovoří se pak o asymetrii teploty sálání. Z tohoto důvodu také nemá smysl používat topné plochy s teplotami většími než 120 °C, protože asymetrie jsou pak zjevně markantní. Při nepříznivém umístění infračervených zářičů, jako např. proti oknům, je asymetrie rušivá již při cca 80 °C. Infračervené zářiče by se proto pokud možno měly umisťovat ke stěnám na straně oken nebo příčně vůči nim. Při montáži na strop by měla být dodržena vzdálenost nejméně jeden metr od hlavy. Při stabilní poloze to má smysl pouze ve vysokých místnostech, jaké se vyskytují ve staré zástavbě.

(Posudek o tepelném pocitu komfortu v obytných prostorách s ohledem na elektrické topné plochy, prof. dr.-ing. Bruno Gräff, listopad 2006;

<http://ihs-europe.de/wp-content/uploads/2009/03/gutachten-uber-infraheat-vprofgraff-in-pdf-datei.pdf>).

(Výzkumná zpráva B I 5 80 01 97-14, prof. dr.-ing. Gerhard Hausladen, Optimalizace uspořádání topných ploch a větracích prvků simulací proudění, univerzita Gesamthochschule Kassel, 1999)

Rozdělení teploty vzduchu

Pokud jde o rozdělení teploty vzduchu, je ve vnitřním prostoru relevantní pouze vertikální rozdělení nebo vrstvení teploty vzduchu pro pocitovou teplotu. Horizontální nebo nepravidelná rozdělení se buď nevyskytují, nebo k nim lze přihlížet prostřednictvím jimi vznikajících proudění vzduchu.

Pod pojmem vrstvení teploty vzduchu se rozumí průběh teplot v závislosti na výši nad zemí. Průběh teplot je závislý na druhu vytápění, tepelné izolaci a utěsnění místnosti vůči venkovnímu vzduchu.

Průběh teploty by měl být pokud možno konstantní. Zkoumání (např. (Olesen, B. W., M. Scholer a P. O. Fanger, Indoor Climate, 36. str. 561/579 (1979)) prokázala, že již teplotní rozdíly od 1 K na každý výškový metr jsou pociťovány jako rušivé.

Proudění vzduchu

Proudění vzduchu je pohyb všech vzduchových částic, směřující na určitý bod v místnosti, způsobený rozdíly v tlaku vzduchu. Udává se jako střední rychlost částic vzduchu v m/s. Pro případ, že vzduchové částičky jsou chladnější než okolní vzduch v místnosti, a pohyb konstantně probíhá v jednom směru, má zvlášť velký vliv na pocit komfortu. Hovoří se pak o průvanu.

Podle ISO 7730 a VDI 2083 nejsou proudění vzduchu pod 0,1 m/s rušivá a nemají žádný vliv na pocit komfortu.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Luftzug>)

Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu popisuje podíl vodních par ve vzduchu. Protože jímavost vzduchu pro vodní molekuly závisí na teplotě, rozlišuje se mezi absolutní a relativní vlhkostí vzduchu. Čím teplejší je vzduch, tím větší je pojímatelné množství vody. Absolutní vlhkost vzduchu se udává v množství vody na každý objem místnosti (g/m^3).

Relativní vlhkost vzduchu je poměr aktuálního množství vody ve vzduchu vůči maximálně možnému množství vody při uvedené teplotě vzduchu a udává se v procentech. Na relativní vlhkosti závisí síla vypařování vody na kůži. Vypařováním přitom vzniká na kůži teplo odebírané vypařující se látkou. Pro pocit komfortu hrají při teplotách vzduchu okolo 20°C teprve relativní vlhkosti vzduchu pod 30% nebo nad 70% určitou roli (DIN 1946).

<http://de.wikipedia.org/wiki/Luftfeuchte>

Operativní teplota

V praxi závisí pocit komfortu v první řadě na teplotě vzduchu v místnosti a na teplotě sálání okolí, příp. ještě na projevu průvanu. Proto byl v DIN EN ISO 7730 také ještě definován pojem operativní teploty, která pojímá přesně tyto veličiny.

(Recknagel, Sprenger, Schramek: Příručka o vytápění a klimatizační technice, Oldenbourg Wissensch.Vlg; vydání 68 (1997/98), str. 54)

(Výzkumná zpráva B I 5 80 01 97-14, prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen, Optimalizace uspořádání topných ploch a větracích prvků simulací proudění, univerzita Gesamthochschule Kassel, 1999).

V nejjednodušším případě - bez projevu průvanu - je operativní teplota T_o střední hodnotou z teploty vzduchu v místnosti T_r a střední teploty záření okolí T_u :

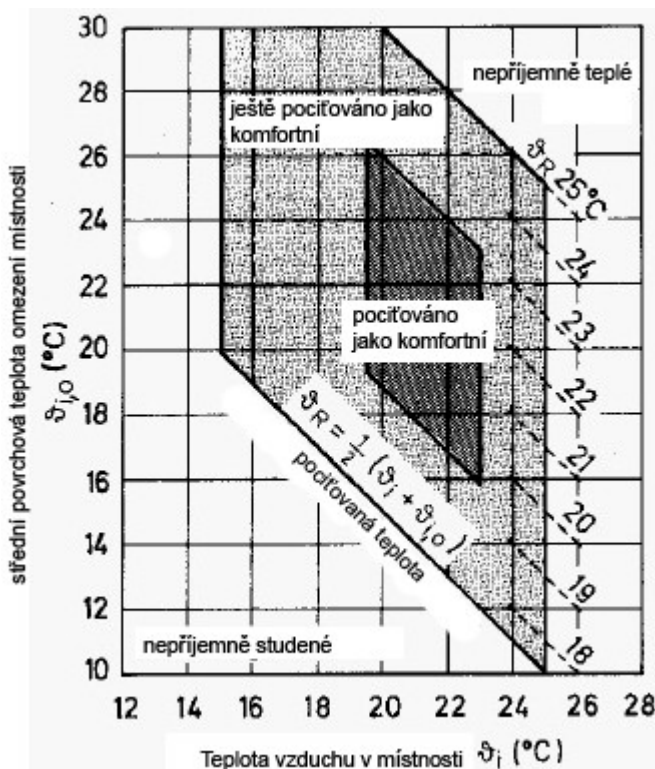
$$T_o = (T_r + T_u)/2$$

Optimální operativní teplota pak zásadně závisí ještě na aktivitě a oblečení lidí. Při činnosti vsedě a lehkém oblečení je například operativní teplota okolo 21,5 °C optimální.

Při výběru a dimenzování topného systému včetně příslušné regulační techniky postačuje splnit požadavky pro cílené dosažení určité operativní teploty. U klimatizačních zařízení jsou nároky vyšší, a musí se splnit všechny požadavky pro dosažení nastavené pocitové teploty, tedy také např. regulovat vlhkost vzduchu.

Operativní teplota se v diagramech teploty sálání-teploty vzduchu znázorní ve tvaru polí pocitu komfortu (viz **obr. 1.7**).

Tendenčně jsou vyšší teploty sálání oproti vyšším teplotám vzduchu pocítovány jako příjemnější. Topný systém, který zásadně vytváří vyšší teploty sálání než teploty vzduchu, je tedy nutno upřednostňovat z důvodů pocitu komfortu.



Rozsah platnosti

rel. vlhkost vzduchu ϕ_i od 30 do 70%

Pohyb vzduchu v od 0 do 20 cm/s

rozsáhlá totožnost teplot všech ploch omezujících místnost (podle H. Reihera a W. Franka)

Obr. 1.7: Diagram teploty sálání-teploty vzduchu

1.3.3 Lékařská hlediska

Alergici/astmatici

Technikou vytápění trpí především alergici na prach v domácnosti. Jako alergii na prach v domácnosti se označuje zcitlivění a alergické reakce vůči výkalům roztočů z prachu v domácnosti, které mohou vyvolat rýmu, svědění a alergické astma. Tato reakce imunitního systému není vyvolána přímo prachem v domácnosti, nýbrž výkaly roztočů z prachu v domácnosti, kteří v prachu žijí. Tyto výkaly ulpívají na prachu v domácnosti, a každou formou proudění se "zvíří". Čím menší je podíl proudění, tím pro alergika lépe.

Principiálně podmíněný nejnižší podíl proudění (konvekce) má infračervené vytápění.

(Wilfried Diebschlag, Brunhilde Diebschlag: Alergie na prach v domácnosti. Zdravotní a hygienická hlediska. 2. vydání, Herbert Utz Verlag, München 2000)

Lékařské ošetření teplem

Lékařské ošetření s infračerveným sáláním patří k oblasti fyzikální léčby nebo fyzioterapie. Zde se zabýváme lékařskými formami ošetření, které jsou založeny na fyzikálních principech, jako jsou teplo, elektrický proud, infračervené sálání a UV sálání, použití vody a mechanické ošetření, jako masáž.

Zvláště použití IR-C sálání, které se používá u infračervených saun, je dobře prozkoumáno při léčbě bolestí, při přetížení pohybového aparátu a při léčbě poruch s prokrvením. Infračervené vytápění má tedy pozitivní lékařsko-terapeutický účinek. Mimoto se jedná o ten podíl sálání, který nás ve všedním dni tak jako tak stále obklopuje, protože je více či méně silně vyzařován všemi předměty.

(Richter W., Schmidt W.: Mírná hypertermie celého těla pomocí IR-C sálání. Z Onkol/J Onkol 34 (2002) 49 - 58)

(Schmidt W., Heinrich H., Wolfram G.: Detoxifikace a stimulace imunity v důsledku sálání IR-C. Biol. Med. 33(2004)66-68)

1.3.4 Principiální toky energií u topných systémů: primární energie, sekundární energie, konečná energie, užitečná energie

Jako primární energie se z hlediska energetického hospodářství označuje ta energie, která je jako volná nebo vázaná forma energie k dispozici v energetických zdrojích, které se v přírodě vyskytují. Patří sem shora uvedené energie energetického spektra.

- obnovitelná energie, jako biomasa, vodní energie, sluneční energie, zemské teplo (geotermie) a větrná energie,
- fosilní energie, jako hnědé uhlí, černé uhlí, zemní plyn a nafta a
- jaderná energie (uran).

Sekundární energie nebo nositelé energie vznikají v důsledku ztrátových procesů přeměny, jako jsou spalování, štěpení jádra nebo rafinování. Nositeli energie jsou například plyn, elektrická energie, benzín, petrolej nebo dálkové teplo.

Energie, která ke spotřebiteli přichází po případných dalších ztrátách při přeměně nebo přenosu, se označuje jako konečná energie.

Užitečná energie je nakonec ta energie, která je koncovému uživateli k dispozici pro přímé použití nebo po přeměně z konečné energie pro požadovanou energetickou službu. K užitečné energii patří teplo, chladno, světlo, mechanická práce nebo akustické vlny.

Užitečná energie je zpravidla menší než množství konečné energie, protože přeměna energie z konečné energie je ztrátová. Žárovka vyrábí např. jak světlo, tak i teplo z konečné energie - proudu. V normálním případě se však teplo nevyužívá.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Primärenergie>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Sekundärenergie>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Endenergie>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Nutzenergie>

1.3.5 Rozdělení topných systémů podle energetických zdrojů

Kvůli ekologickým hlediskům má smysl, rozdělit topné systémy podle použitých zdrojů energie pro přeměnu na teplo a jejich původ. Z fyzikálního hlediska máme co do činění se čtyřmi různými formami energie:

- Chemická energie: tuhá paliva, olej, plyn
- Elektrická energie
- Energie slunečního záření
- (Ekologické) teplo

Energie slunečního záření a (ekologické) teplo jsou samy o sobě obnovitelnými formami energie. U chemické a elektrické energie záleží na výchozích zdrojích energie, zda jsou obnovitelné či nikoliv. Často je původ také smíšený. Tak činí obnovitelný podíl v napájení elektrickou energií mezitím více než 15%, a do vedení zemního plynu se přimíchávají místně rozdílné, avšak celkově ještě malé podíly několika procent bioplynu. Pevná paliva a olej lze zcela vyrábět z biomasy a dodávat spotřebitelům.

Protože přechod k obnovitelným energiím při zásobování energiemi je celkově relativně pomalý proces trvající po desetiletí, mělo by se při výběru topného systému myslet na co možná nejjednodušší a úplnou možnost využití obnovitelných energií.

1.3.6 Rozdělení topných systémů podle druhu rozvodu tepla

Lokální vytápění

Jako lokální vytápění se označují vytápění, u kterých se teplo z přivedené formy konečné energie, jako jsou plyn, olej, dřevo, uhlí nebo elektrický proud, vyrábí teprve v jednotlivých místnostech prostřednictvím samostatných převodníků energie. Tepelný zdroj se tedy nachází v jednotlivých místnostech a jeho účelem je, vytápět přímé okolí, ve kterém se nachází, nezávisle na ostatních místnostech. Rozvádění tepla se rovněž uskutečňuje ve stejné místnosti. K lokálnímu vytápění patří otevřený krb, uzavřená kamna jako např. krbová kamna, kachlová kamna, základní kamna, stáložárná kamna s připojeným olejovým zásobníkem a individuálními kamny na plyn s plynovým přípojem přímo v místnosti nebo elektricky poháněné odporové vytápění, jako jsou otopné ventilátory, elektricky vyhřívané radiátory, infračervené zářiče (teplomety), elektrické podlahové vytápění nebo elektrické akumulární vytápění.

Ústřední vytápění

Při ústředním vytápění se převodník konečné energie na teplo, a tím tepelný zdroj, nachází centrálně v budově nebo v komplexu budov. Tepelná energie se musí pomocí vhodných médií, jako jsou voda, vodní pára nebo horký vzduch, nejprve rozvést do jednotlivých místností, a pak topnými tělesy nebo topnými plochami v místnosti.

Zdaleka nejrozšířenějším ústředním vytápěním v Německu je plynové centrální vytápění teplou vodou jako přepravním médiem, tzv. teplovodní vytápění. Další jsou olejové ústřední vytápění, různé druhy vytápění tepelnými čerpadly a vytápění peletami.

V předkládaném zkoumání se porovnává ústřední vytápění plynem s decentralizovaným topným systémem z infračervených lokálních vytápění.

Princip převádění tepla do obytného prostoru: konvekční vytápění a vytápění sáláním

V této výzkumné zprávě se o vytápění sáláním hovoří tehdy, pokud se sáláním topných těles nebo topných ploch do místnosti odevzdá podíl množství energie větší než 50%. Toho však v praxi často není dosaženo (viz dole).

V této výzkumné zprávě se o konvekčním vytápění hovoří tehdy, pokud konvekcí topnými tělesy nebo topnými plochami do místnosti odevzdávaný podíl množství energie činí více než 50%. U téměř všech topení, která jsou na trhu dostupná, se jedná o konvekční vytápění.

Zvláštní upozornění: Každý tvar topného tělesa nebo topné plochy odevzdává tepelnou energii jak sáláním, tak i konvekcí, a ve většinou zanedbatelném podílu dokonce dodatečně tepelným vedením. Rozhodující je směšovací poměr. Nesprávnou nebo nepochopitelnou interpretací v prospektech, na internetových stránkách a ostatních zveřejněných topenářského odvětví je často vyvolán dojem, jakoby existovala vždy právě "čistá" vytápění sáláním nebo konvekcí. Ta jsou ale dosažitelná jen pouze přibližně při fyzikálním pokusu za vysokých nákladů. V topenářské praxi tomu zdaleka tak není.

Podíly vytápěním konvekcí a vytápění sáláním u různých topných těles a topných ploch

Rozdělení podílu konvekce a sálání zásadně závisí na teplotě povrchu, stavu povrchu a konstrukčním tvaru topného tělesa.

U nejjednoduššího konstrukčního tvaru samostatného deskového topného tělesa s jednou deskou, s koeficientem sálání blízkým 1 a běžné velikosti cca poloviny čtverečního metru až jednoho čtverečního metru, jsou při cca 60 °C až 70 °C teploty povrchu oba podíly stejné. Při nízkých teplotách povrchu převažuje podíl konvekce, u vyšších teplot povrchu podíl sálání.

U komplikovanějších konstrukčních tvarů, jako jsou článková topná tělesa, trubkové ocelové radiátory, lamelové radiátory a desková topná tělesa z několika desek a plechů konvektoru, podíl konvekce v důsledku komínových efektů silně vzrůstá, a i při vysokých teplotách na vstupu a na povrchu 90 °C může činit až 90%.

Obráceně se u jednoduché topné plochy podíl sálání se vzrůstající plochou povrchu zvětšuje. Při ploše větší než 10 metrů čtverečních je proto totožnost tepla konvekcí a sáláním dosaženo již při cca 45 °C až 50 °C teploty povrchu.

(Recknagel, Sprenger, Schramek: Příručka o vytápění a klimatizační technice, Oldenbourg Wissensch.Vlg; vydání 68 (1997/98), str. 435 ff a str. 938 ff a str. 836).

1.3.7 Zvláštní konstrukční tvary topných těles a topných ploch

Kachlová a krbová kamna

Kachlová kamna a krbová kamna bez vzduchových kanálů se svým chováním při vyzařování nejvíce podobají jednoduchému deskovému topnému tělesu, povrch je zpravidla v důsledku tělesa kvádrového tvaru větší. Protože teploty na povrchu zpravidla dosahují cca 80 °C, jedná se o klasické vytápění sáláním. U kachlových kamen a mnoha krbových kamen se vzduchovými kanály však převažuje v důsledku silných komínových efektů podíl proudění.

Topná lišta

Topná lišta (označovaná také jako vytápění podlahovou lištou) je speciální formou konvekčního topného tělesa. Topné lišty většinou probíhají na vnitřní straně vnějších stěn těsně nad podlahou. Topné prvky topné lišty sestávají z horkou vodou protékající trubky, na které je připevněno mnoho lamelových plechů. V důsledku lamel se vytváří místní komínový efekt (konvekce). Topné lišty vytváří vzduchovou clonu z teplého vzduchu podél stěn nebo skleněných ploch oken. Tím se ohřívají povrchy stěn a oken. Takto vznikající teplotou sálání povrchů se vytváří požadovaný pocit komfortu. Protože vzduchová clona z teplého vzduchu je ve srovnání s proudem vzduchu jiných konvekčních topení velmi tenká a pohybuje se jen pomalu, vzduch uvnitř místnosti se ohřívá pomaleji a zpravidla zůstává menší, než teplota vzduchové clony z teplého vzduchu.

Topná lišta tak tvoří neoptimalizovanější formu konvekčního vytápění. Aby se mohla stát sálavým vytápěním, musely by se povrchové teploty stěn nebo skleněných ploch vzduchovou clonou z teplého vzduchu ohřát nejméně na 45 °C, což však není tento případ.

Velkoplošná vytápění (stropní, stěnová a podlahová vytápění)

Velkoplošná vytápění vznikají většinou pomocí ohebných topných potrubí, vložených do omítky stropů a stěn nebo do mazaniny na podlahách. Pak se vždy hovoří o stropním, stěnovém nebo podlahovém vytápění. Vedením tepla se povrchy ohřívají a zajišťují tak příjemnou střední teplotu sálání. Vzduch se většinou ohřívá pomalou konvekcí. Totéž platí, jestliže se místo topných trubek, kterými protéká voda, používají elektricky poháněná topná potrubí nebo topné fólie.

Topná lišta a velkoplošná vytápění se mylně označují jako sálavá vytápění, ačkoliv odevzdávají zpravidla méně než 50% přivedené tepelné energie nebo elektrické energie ve formě sálání do místnosti. Tímto označením je míněna Vaše výhoda, že zajišťují vysokou střední teplotu okolí sáláním, protože povrchy místnosti se ohřívají zčásti přímo, zčásti podílem sáláním a zčásti prostřednictvím vzduchové clony. Ideální by byla velkoplošná vytápění, kdy by se všechny plochy ohraničující místnost udržovaly na nízké úrovni teplot cca 20 až 25 °C. To by vedlo k tomu, že mezi povrchy v místnosti a povrchem oblečeného lidského těla by nedocházelo prakticky k žádné výměně sáláním, protože teploty povrchu jsou přibližně stejné. Přesně toto je pociťováno jako zvláště příjemné. Tepelný výkon, odevzdávaný do místnosti takovými topnými tělesy, se převážně uskutečňuje konvekcí a pohlčováním sálání do vzduchu v místnosti.

Výhody jsou podobné jako u pravého vytápění sáláním:

- odpadá potřeba místa pro topná tělesa v místnosti pobytu
- nedochází k usazování prachu na topných tělesech,
- menší teplotní spád na výšku místnosti,
- menší teplota vzduchu v místnosti než u klasického konvekčního vytápění; z toho plyne fyziologicky příznivé zahřátí člověka,
- žádné nebo nepatrné srážení vlhkosti na konstrukčních dílech zamezuje tvorbě plísní.

1.3.8 Role akumulační hmoty pro tepelnou energii v topných systémech.

Jak v lokálním vytápění, tak i v ústředním topení, se tepelná energie ukládá v topném systému bezprostředně před svým odevzdáním do místnosti. Podle topného systému jsou tyto akumulátory v závislosti na své hmotnosti rozdílně velké. Všeobecně platí: Čím větší je hmota, tím větší je akumulátor tepla.

Takové akumulační hmoty jsou voda v topném tělese a topné těleso samotné, šamotové obklady v krbových kamnech a elektrických topeních, nebo mazanina u podlahového vytápění.

V dřívějších dobách, kdy kamna, vyhřívaná pevnými palivy, tvořila standard, a kdy ještě neexistovala žádná regulovaná vytápění, byla co největší akumulační hmota žádoucí. Do kamen se pak přikládalo palivo pouze jednou nebo dvakrát za den a akumulační hmota zabezpečovala rovnoměrné předávání tepla do místnosti i tehdy, kdy oheň v kamnech již vyhasl. Bylo tomu tak i u později rozšířených vytápění olejem a plynem bez regulací a s jednoduchými ventily na topných tělesech.

Jestliže předávání do místnosti probíhá přibližně rovnoměrně s vytvářením tepla, nehraje velikost akumulační hmoty žádnou roli.

U moderních topenářských systémů s regulacemi teploty v místnosti a domech s malou potřebou topné energie tomu tak není. Měnění se ozařování sluncem, používání dodatečných tepelných zdrojů (např. pečící trouba) nebo otevření okna činí rychlou reakci regulace vytápění nezbytnou. Regulátor může ale jen zabránit nebo povolit přívod tepla do akumulátoru, nemůže ale zabránit nebo povolit předání tepelné energie z akumulační hmoty do místnosti.

Pro případ, že se má vytopení provést rychle, je u velkých akumulačních hmot velká časová prodleva. U podlahového vytápění, které jako akumulační hmota musí vyhřát celou mazaninu, může tato prodleva činit několik hodin.

V opačném případě, kdy při dodatkovém vytápění místnosti, např. vytápěním nízko stojícím zimním sluncem přes na jih odvrácené okno, se má přívod tepla topením přerušit, dochází v důsledku již akumulované teple vody na topení v topných tělesech k přehřátí místnosti a zbytečné spotřebě energie. Z regulačně-technického hlediska se pak hovoří o překmitu a regulační setrvačnosti.

Vytápění s úsporou energie s regulátorem by proto oproti všeobecně rozšířenému mínění mělo mít co nejmenší akumulační hmotu v topných tělesech nebo na topných plochách. Vyrovnávací paměť u ústředního vytápění v topné místnosti zůstává tímto nedotčena, protože odevzdání tepla se odtud děje do místností, které jsou pod kontrolou regulace.

Velká akumulační hmota u infračervených zářičů vede k tomu, že zářič vždy po každém zapnutí a po každém vypnutí regulací dlouho zůstává v teplotní oblasti mezi okolní teplotou (teplota vzduchu) a 60 °C. Znamená to, že se zde jedná o dlouhé doby rozehřátí a ochlazení výrazně nad pět minut, místo toho, aby to v ideálním případě byla méně než jedna minuta. V této době působí infračervený zářič jako konvekční vytápění. Výhody infračerveného zářiče se pak při použití takových zářičů ztrácejí tím spíše, čím vyšší je akumulační hmota. Mnoho takových „infračervených zářičů“ jsou proto jen konvekčními topidly se zvýšeným podílem sálání.

Toto platí také pro elektrické topné fólie, zabudované v blízkosti povrchů stěn, které sice oproti klasickému plošnému vytápění dosahují vysokých teplot na povrchu, ale kompletní stěna působí jako zpětná akumulační hmota. Celkem odevzdávají méně než 50% přivedené elektrické energie v podobě infračerveného sálání. Při montáži v blízkosti podlahy zpravidla vzniká navíc v důsledku velkoplošné konvekce vzduchová clona, podobně jako u topné lišty.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Heizungsregler>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Überschwingen>

(Otto Föllinger: Regulační technika, Hüthig Verlag)

(Lutz & Wendt: Příručka pro regulační techniku, Verlag Harry Deutsch)

(Fröse, H.-D.: Elektrické topné systémy, Pflaum Verlag 1995)

1.3.9 Začlenění infračerveného vytápění

Jako infračervená vytápění se označují vytápění podle následující definice: Jedná se o lokální vytápění, vytápění sáláním, tzn. více než 50% čistého podílu sálání tepelné energie odevzdávané do místnosti, a maximum sálání se nachází v oblasti infračerveného sálání (také u vytápění, která vyzařují viditelný podíl, tzn., že žhaví do červena).

Odevzdávané sálání infračerveného vytápění odpovídá přirozenému infračervenému sálání slunečního světla pod viditelnou oblastí.

Infračervené vytápění plynem

Infračervené vytápění plynem nebo tzv. teplomety se v průmyslu a při kempování používají s topným plynem, většinou kapalným plynem, při stacionárním použití řidčeji i se zemním plynem. Plynový plamen přitom ohřívá žhavicí plášť. Průmyslové teplomety se mohou používat pro výhradní vytápění hal. Pro plynové teplomety se musí dodržovat zvláštní bezpečnostní ustanovení. V důsledku toho nejsou pro obytné prostory vhodné. V posledních letech bylo ve venkovních oblastech, jako jsou uliční kavárny, ve stále větším měřítku využíváno terasových zářičů (též zvaných „topné hříby“). Také ty nejsou pro obytné prostory vhodné. Infračervené vytápění plynem patří k vysokoteplotním zářičům, u kterých se topná energie vytváří u vyzařovacího konstrukčního dílu nebo v něm, a je vyzařována vysokou teplotou (několik set až přes tisíc stupňů). Tato forma vytápění se používá za účelem odevzdání tepelné energie na větší vzdálenost nebo ve větším rozsahu. V důsledku vysoké teploty přetrvává zpravidla nebezpečí požáru, které se musí zvládnout pomocí bezpečnostních opatření.

Elektrické infračervené vytápění

Elektrické teplomety, křemenné zářiče, zářiče bez filtru

Elektrické teplomety patří rovněž k vysokoteplotním zářičům a fungují na stejném principu jako žárovka, avšak zpravidla s odporovým drátem namotaným na keramickém nosiči, který je elektrickým proudem rozžhaven. U většiny teplotů je maximum sálání v oblasti IR-B sálání, tzn., že sálají tmavočervenou barvou. Zvláštní postavení zaujímá tzv. křemenný zářič. Jeho maximum sálání se nachází v oblasti IR-A sálání, sálá jasně červenou barvou, a žhavicí spirála je obklopena křemennou trubkou, aby sálání pronikalo co nejlépe. Křemenné zářiče mají s více než 95% nejvyšší podíl sálání mezi infračervenými zářiči. Infračervené zářiče, jejichž maximum sálání se nachází v oblasti IR-A nebo IR-B, se označují také jako zářiče bez filtru, protože sálají viditelně.

Zářiče s filtrem

Infračervený zářič, jehož maximum sálání se nachází v oblasti IR-C sálání, se označuje jako zářič s filtrem, protože neexistuje žádný viditelný podíl světla. Zářiče s filtrem jsou poháněny jak plynem, tak také elektricky. Zvláštní formou zářiče s filtrem je elektricky poháněné plošné infračervené vytápění. Teploty jejich povrchu většinou nedosahují 150 °C. Oba nejčastější konstrukční tvary jsou z plechu s integrovanou topnou spirálou, a takové, které používají uhlíkové fólie, jimiž protéká proud, které jsou zavěšené na rámu. Taková plošná infračervená vytápění se používají v předkládaném zkoumání.

Účinnost sálání

Pro infračervená vytápění, poháněná plynem, platí kromě směrnice o plynových přístrojích (90/396/EHS) v normě DIN EN 416-2 a v DIN EN 419-2 popsaná účinnost sálání. Obojí je rozhodující pro racionální využití energie a hospodárnost, přičemž se usiluje o účinnost sálání (odpovídá podílu infračerveného sálání) co nejvíce za hodnotou přes 50%.

Pro elektricky poháněná infračervená vytápění je nutno použít analogicky účinnost sálání jako poměr mezi výkonem infračerveného sálání a přiváděného elektrického výkonu, pro což ovšem ještě neexistuje žádná norma.

2 Příbuzné práce

Vědecká odborná literatura pro použití infračerveného vytápění v obytných prostorách není prakticky k dispozici, protože použití jako hlavního způsobu vytápění je zde ještě neobvyklé.

Typickými případy použití infračervených vytápění byly doposud velké účelové budovy nebo zcela otevřené budovy, jako výrobní a skladovací haly, výstavní budovy a budovy pro konání akcí, mycí haly, sportovní a jezdecké haly, hangáry pro letadla, zemědělská oblast se stájemi nebo skleníky, kostely a fotbalové stadiony. Hlavním důvodem použití byl cílený ohřev pracovišť bez energeticky náročného kompletního vytápění vzduchu v místnosti.

Existují sice četné, též firemní zkoumání použití většinou plynem poháněných infračervených vytápění v takových budovách a odpovídajících zkoumání na pracovištích, např. oborovými profesními organizacemi. Výsledky těchto zčásti velmi podrobných výzkumů jsou však na bytovou oblast přenositelné jen velmi podmíněně, protože zde platí zcela jiný profil využití. Zvláště nelze odvodit žádné fundované výpovědi o spotřebě energie. V bytové oblasti lze mimoto použít výlučně elektricky poháněné zářiče s filtrem jako hlavní druh vytápění.

Společné je v obou oblastech použití zamezení ohřevu vzduchu, které v bytové oblasti může dosahovat tendenčně podobných úspor energie, jako u účelových budov.

Řada nabízejících infračervených vytápění pro bytovou oblast existují firemní zkoumání o spotřebě energie před přestavbou na infračervené zářiče a po ní. Avšak zpravidla byly porovnávány pouze spotřeby konečné energie, což pouze v přímém srovnání s ostatním elektrickým vytápěním má určitou vypovídací sílu. Přitom se bavíme o úsporách při spotřebě proudu až 70%.

Nevýhodou je u těchto zkoumání také to, že na jedné straně se musí vycházet z určité jednostrannosti při výběru objektů, na druhé straně mohou být hodnoty při předchozím/následném srovnání principiálně zkresleny změnami v chování obyvatel a rozdílnými povětrnostními podmínkami.

Stejně dlouho trávající měření na stejném stanovišti se srovnatelným chováním obyvatel a stejnou konstrukční substancí, jak je tomu v předkládaném zkoumání, a který zamezuje shora uvedené nevýhody, není z takových zkoumání známo.

3 Strategie zkoumání

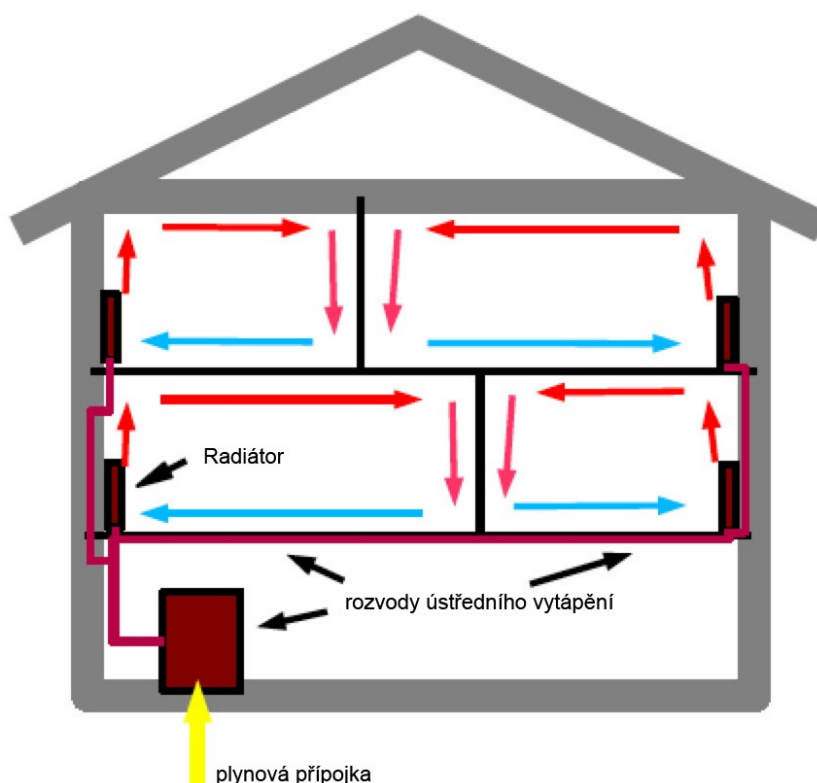
Aby se zodpověděly shora uvedené otázky, byly nejprve v abstraktní rovině stanoveny vhodné objekty zkoumání. Přitom se jedná o systémy vytápění plynem (ústřední teplovodní vytápění) a infračervené vytápění.

3.1 Sledované systémy

Systém vytápění plynem:

Vychází se z nejrozšířenější struktury centrálního plynového vytápění provozovaného ve staré zástavbě s centrálním plynovým hořákem v nevytápěném sklepním prostoru, okruhy s otopnou vodou do jednotlivých místností a radiátorů regulovanými ventily. Principiálně jsou výsledky pak přenositelné také na co do struktury stejná olejová vytápění.

Nositel primární energie, a současně konečné energie, je zemní plyn, dodávaný do domu plynovým potrubím. Ztráty na přepravní cestě z plynárny k domovní přípojce se zanedbávají. Užiténá energie je konvekcí odevzdaná tepelná energie do vzduchu obytných prostor (**viz obr. 3.1**). Přitom vzniklý proud vzduchu vytváří velký teplotní rozdíl mezi horní a spodní částí v místnosti.



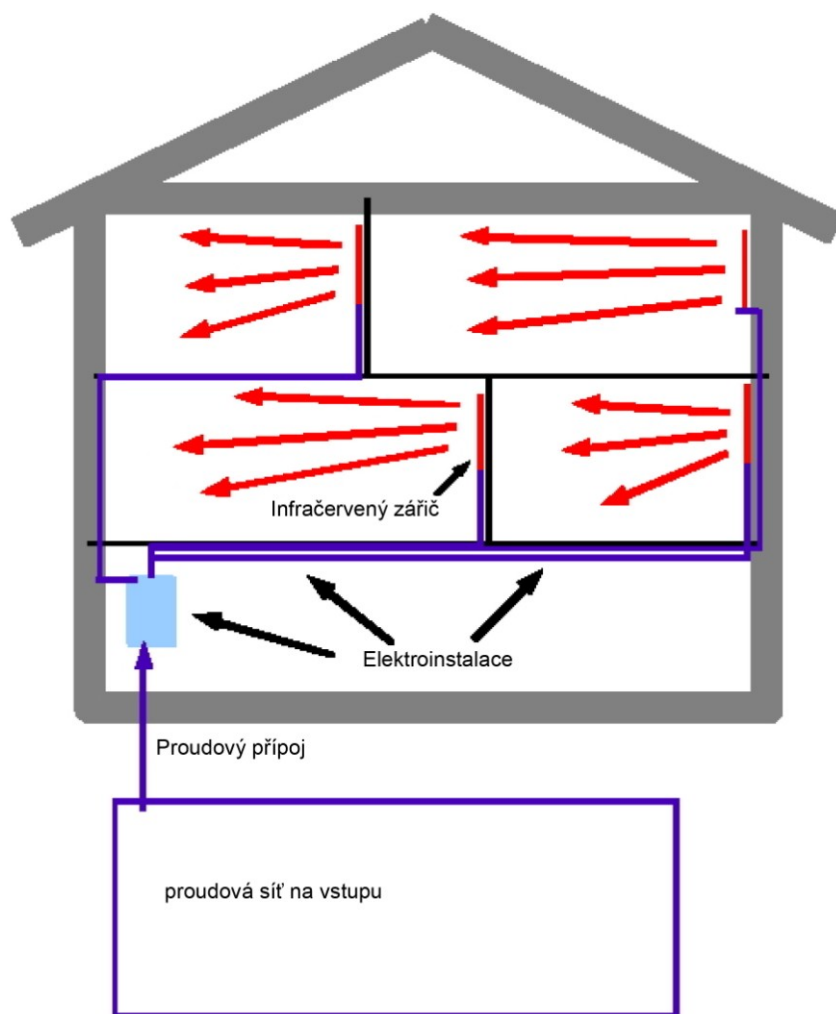
Obr. 3.1: Principiální struktura ústředního vytápění plynem a teplou vodou

Systém infračerveného vytápění

Ploché infračervené zářiče se decentralizovaně umístí na stěnách v místnostech jako volně zavěšené obrazy a připojí se pomocí elektroinstalace. Alternativní je také možná montáž na strop podobná plošnému svítidlu (nejedná se o vestavbu do stropu!)

K systému patří mimoto částečně veřejná proudová síť na vstupu (viz obr. 3.2). Nositel primární energie je ve sdružené síti průměrná kombinace nositelů primární energie pro dodávku elektrické energie.

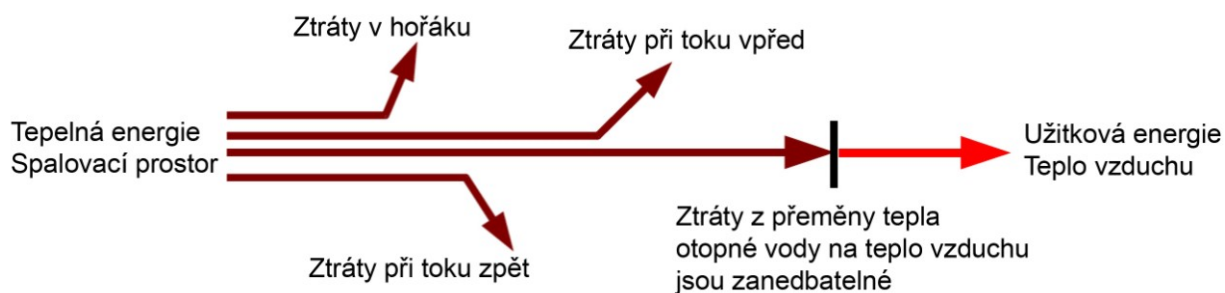
Užitečná energie je energie z infračerveného sálání, odevzdaná do obytného prostoru.



Obr. 3.2: Principiální struktura infračerveného vytápění

3.2 Srovnání toků energie

Tok energie v systému vytápění plynem je znázorněn na obr. 3.3.

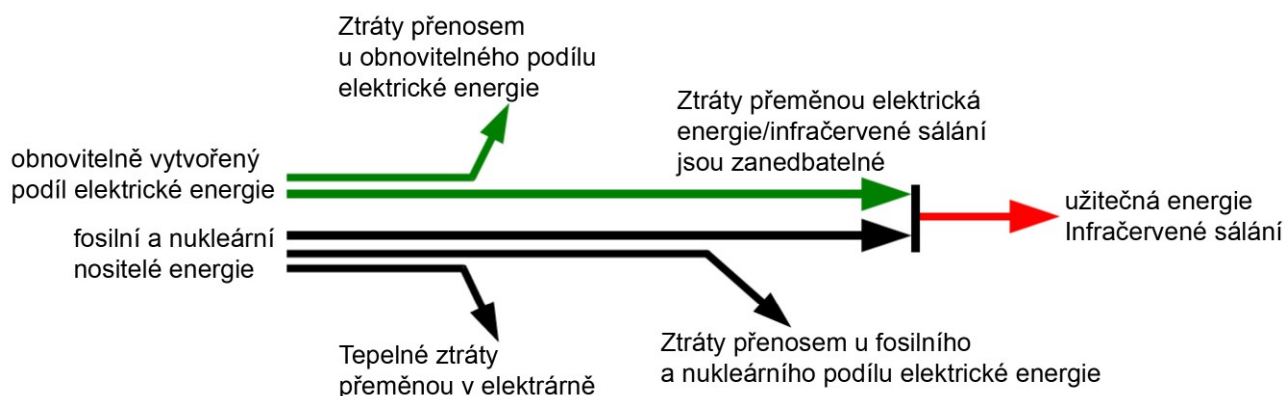


Obr. 3.3: Tok energie vytápění plynem

Nositel primární energie – zemní plyn – je při své dodávce k domu současně konečnou energií, a při spalování v hořáku se přemění na cca 10 kWh tepelné energie na každý kubický metr plynu. Část z toho se dostává pomocí výměníku tepla do oběhu otopné vody, zbytek vychází jako ztráty v hořáku sklepním prostorem nebo komínem směrem ven.

Trubky okruhu topné vody od hořáku k radiátorům a zase zpátky jsou více či méně izolovaně uloženy ve stěnách a stropěch, a vyhřívají je zevnitř. Malá část tepelné energie se tak dostane do místností přímo přes stěny, stropy a podlahy. Podstatně větší část se však přes venkovní stěny ztrácí, protože v zimním období je teplotní rozdíl směrem ven největší. Mimoto zajišťují právě ve staré zástavbě tzv. tepelné můstky ochlazení směrem ven. Tepelné ztráty vznikají v okruhu otopné vody jak při toku vpřed, tak i při zpětném toku. Pomocí radiátorů se zbytková tepelná energie jako užitečná energie odevzdává vzduchu v místnosti. Teplo sáláním, které se současně odevzdává z radiátorů (infračervené sálání) lze zanedbat, protože činí jen několik málo procent celkem odevzdávané tepelné energie, a nakonec ohřívá také vzduch v místnosti. Konvekci (prouděním) vzduchu v místnosti se předměty v místnosti a plochy ohraničující místnost ohřívají (stěny, stropy a podlahy). Zpravidla je proto teplota vzduchu v místnosti vyšší než je povrchová teplota. Ve staré zástavbě, zvláště tam, kde jsou ještě staré hořáky, může v důsledku špatné izolace docházet k takovým ztrátám, že méně než polovina primární energie zůstává ve vzduchu místnosti jako užitečná energie.

Tok energie v systému infračerveného vytápění je znázorněn na **obr. 3.4**.



Obr. 3.4: Tok energie infračerveného vytápění

Primární energie v proudové síti se dělí na obnovitelně vyrobený proud a na fosilní nebo nukleární nositele energie. Rozdělení na rozdílné obnovitelné energie se neprovádí, protože pro pozdější bilancování nehraje žádnou roli.

Z fosilních a nukleárních nositelů energie se získává elektrická energie a tepelná energie, přičemž tepelná energie se zpravidla odevzdává do okolí nevyužitá jako odpadní teplo.

Mezi elektrárnami a domovní přípojkou dochází ke ztrátám přenosem v průměru 10% vytvořené elektrické energie.

V domě se přivedená elektrická energie v infračervených zářičích přeměňuje na energii sáláním tepla (infračervené sálání) jako užitečná energie a přímo se vyzařuje do obytných prostor. Přímý ohřev vzduchu, jako je tomu u radiátorů, se zanedbává. Vzniká poměrně málo proudění (konvekce). Infračervené sálání zahřívá převážně přímo povrchy stěn, stropy a podlahy a předměty v místnosti. Malá část infračerveného sálání se pohltí vzduchem a přímo jej ohřívá. Jinak se vzduch ohřívá nepřímo pomocí povrchů, na které sálání dopadá, velkoplošnou, mimořádně slabou konvekci. Zpravidla jsou proto povrchy v místnosti teplejší než vzduch.

3.3 Hypotéza zkoumání

Nejdůležitější rozdíl v obou tocích energie je v tom, že u infračerveného vytápění od domovní přípojky až po formu konečné energie již nedochází k žádným ztrátám. Mimoto je infračervené sálání vhodnější než ohřátý vzduch, aby bylo zajištěno komfortní temperování místnosti (heslo "operativní teplota").

Náklady na vždy právě dodávanou formu energie (konečná energie) vznikají na domovní přípojce. Předpokládá se, že pro vytváření komfortního zahřátí místnosti v případě infračerveného vytápění je zapotřebí výrazně menší množství energie, měřeno v kWh, než u vytápění plynem. To by mohlo vést k tomu, že pokud jde o provozní náklady, je infračervené vytápění při momentálním vývoji cen stejně drahé nebo dokonce levnější než vytápění plynem.

Současně by mohlo infračervené vytápění navzdory zahrnutí ztrát z elektrárny ve sdružené síti v bilanci CO₂ dopadnout stejně dobře nebo dokonce lépe.

Tyto předpoklady byly ve stávajícím projektu exemplárně kontrolovány. Cílem projektu přitom bylo, při nejmenších možných nákladech na pokus zodpovědět co nejvíce obecných otázek (viz motivace) při vědomém upuštění na zodpovězení detailních otázek, jako např. vliv různých konstrukčních tvarů infračervených zářičů atd.

Po abstraktním stanovení systému byl vyhledán konkrétní měřený objekt, u něhož by bylo možno podle možností srovnávat oba systémy na stejném stanovišti se stejnými obyvateli a stejným stavebním fondem. S těmito požadavky bylo možno od začátku minimalizovat mnohé nepostižitelnosti a faktory vlivu, jako závislost na počasí, rozdílné chování uživatele a rozdílné vlivy stavebního fondu (izolace, kumulační chování atd.) a jejich rozdílné dopady na výsledek zkoumání.

3.4 Měřený objekt

U měřeného objektu se jedná o dům pro dvě rodiny, na dvě a půl patra, typická neizolovaná stará stavba, rok stavby 1930, pískovcová zeď, přístavba 1955 a zvýšení domu 1967 se stejnou tloušťkou stěn a stavebních materiálů, neizolovaný sklepní strop a neizolovaná podlaha.

Částečná renovace byla provedena na začátku 90. let izolací střechy dřevěnými obklady (12 cm minerální vlna, s nakaširovanou hliníkovou fólií) v zastavěném půdním prostoru (místnost, výška nadezdívky cca 40 cm) a vestavění oken z izolačních skel v celém domě. Byty jsou spojeny uzavřeným schodištěm.

Od roku 1993 je budova vybavena nízkoteplotním plynovým topením s odpovídajícími topnými tělesy, izolovanými výhřevnými trubkami a oddělenými topnými okruhy pro každý byt. Výsledkem výpočtu potřeby tepla jsou stejné hodnoty na každý metr čtvereční pro oba byty. Dosavadní spotřeby byly naměřeny měřiči tepla.

Přízemní byt zaujímá 102,6 m², podlažní byt včetně zastavěného půdního prostoru, přímo přístupný schodištěm a obytnou halou, zaujímá 160,7 m² vytápěné obytné plochy. Přízemí a podlaží mají stejný půdorys a stejný počet a velikost oken (viz níže).

Oba byty byly používány stejnou rodinou. V projektovém období byly pravidelně přítomny tři osoby.

3.5 Struktura pokusu: instalace a měřicí přístroje

V přízemním bytě bylo nainstalováno kompletní infračervené vytápění z následujících komponent:

Různá infračervená plošná vytápění (firma Knebel, www.infrarot-flachheizung.de), plán viz níže.

Jedná se přitom o elektricky poháněné zářiče s filtrem s povrchovými teplotami mezi 70 °C a 110 °C.

Na každou místnost:

Rádiový termostat FS20 STR2 (firma ELV, www.elv.com) a

spínací zásuvka FS20 ST2 (firma ELV, www.elv.com).

Měřidla spotřeby proudu:

ENERGY CONTROL 3000 USB (firma VOLT CRAFT, www.conrad.de),

ENERGY SENSOR ES-1 (firma VOLT CRAFT, www.conrad.de).

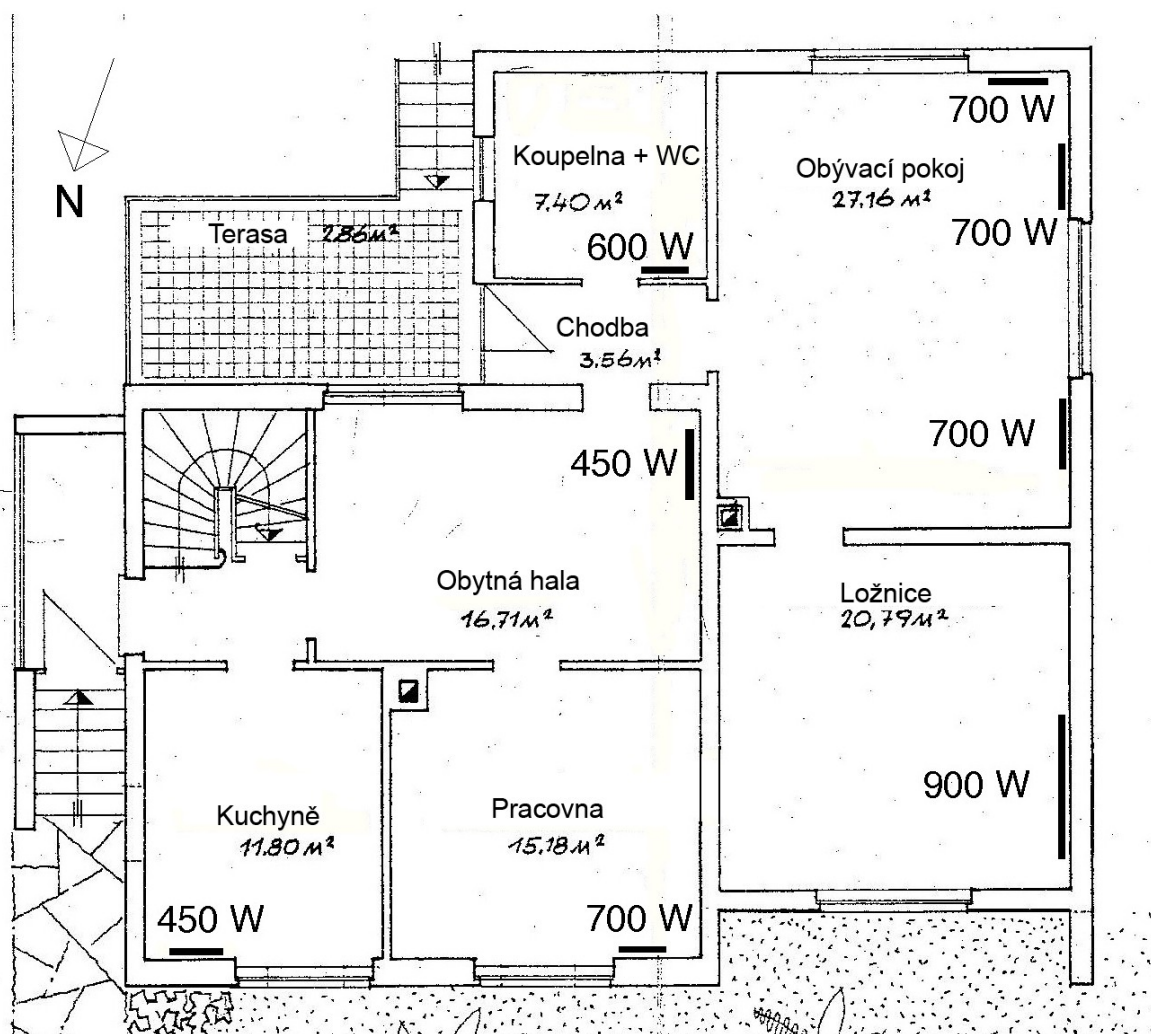
Decentralizovaně byly plošné infračervené zářiče instalovány na bázi odporových fólií bez akumulací hmoty, podobně jako jsou na stěnách v místnosti zavěšené obrazy, a připojeny na normální zásuvky domovní elektroinstalace. Přitom byl brán ohled na zatížitelnost jednotlivých proudových okruhů a v případě potřeby nainstalována nová vedení (nástěnná).

Mezi infračervený zářič a zásuvku byly vpraveny rádiem řízené spínače (FS20 ST2), které jsou řízeny rádiovými termostaty (FS20 STR2). Odevzdané infračervené sálání je v dlouhovlnné oblasti IR-C (viz výše) bez viditelného podílu. Tepelná akumulační kapacita plošných infračervených zářičů je tak malá, že při krátkodobém dotyku nevzniká žádné nebezpečí popálení. Aby se zamezilo problémům s akumulací tepla, nesmí se přikrývat nebo umísťovat za závěsy.

Stanoviště plošných infračervených zářičů s uvedením příslušného přívodního vedení jsou načrtnuta na **obr. 3.5**. Stanoviště byla takto zvolena, aby pokud možno současně docházelo k

- rovnoměrnému „zasvícení“ místnosti,
- zamezení asymetrií při sálání,
- kompenzaci relativně malé teploty sálání ploch oken a
- zamezení přímého ozařování ploch okna (největší ztráta tepla).

Okenní sklo je průhledné pro viditelné světlo a krátkovlnné infračervené sálání. Pro dlouhovlnné infračervené sálání (oblast tepelného sálání u použitých infračervených zářičů) je téměř nepropustné (podobné černé okenní tabuli ve viditelné oblasti). Tato závislost průhlednosti na vlnové délce je např. rozhodující pro tzv. skleníkový efekt (že okenní sklo je také pro UV světlo téměř nepropustné, nehraje v této souvislosti žádnou roli). Infračervené sálání nemůže tedy sice opustit místnost okny, ale podle úhlu dopadu paprsku je okenními tabulkami z velké části pohlceno (stejně jako stěnami), a zahřívá je. Zbytek nepohlceného infračerveného sálání se odráží do místnosti. Ke ztrátě tepla pak dochází jako u stěn v důsledku ztrát prostupem a sáláním od venkovní stěny vnitřní skleněné tabulky (u zde použitého izolačního zasklení), které kvůli horším hodnotám izolace vzhledem k venkovním stěnám je – vztaheno k ploše – vyšší. Protože pohlcení se zvyšuje se vzrůstajícím úhlem dopadu (v kolmém stavu nejvíce), mělo by se zabránit přímému dopadu paprsků na okenní tabulky.



Obr. 3.5: Půdorys přízemí měřeného objektu

Příslušné fotografie jsou uvedeny v dodatku.

Rádiem řízené termostaty jsou uspořádány tak, aby na ně dopadaly paprsky přímo z infračervených zářičů („kontakt pohledem“) a fungovaly tak tendenčně jako tzv. globální teploměr, kterými se měří operativní teplota.

Měřidla spotřeby proudu byla nainstalována dvojitě, aby bylo dosaženo redundance proti ztrátě dat.

Pro měření byly nainstalované infračervené zářiče sdruženy do čtyř skupin podle místností.

Skupina 1: Koupelna,

Skupina 2: Kuchyně / obytná hala,

Skupina 3: Kancelář / ložnice,

Skupina 4: Obývací pokoj.

V tomto uskupení jsou měřené hodnoty uvedeny v níže uvedeném vyhodnocení.

Doplňkově byla pravidelně (nejméně jednou týdně ve dnech odečtu spotřeby plynu) prováděna měření teploty vzduchu a povrchu stěn pomocí mobilních měřicích přístrojů (přístroj na měření teploty vzduchu/vlhkosti AZ 8703 a teploměr infračerveného sálání model ST-8838, firma ELV), aby se zkontrolovalo, zda v místnostech vytápěných infračerveným sáláním jsou průměrné teploty povrchu stěn vyšší než teploty vzduchu.

Byt v poschodí se z hlediska instalačně-technického principiálně nezměnil. Krátce před zahájením projektu bylo instalováno pouze jedno nové oběhové čerpadlo a topný okruh se hydraulicky seřídil. Topný okruh podzemního bytu byl odstaven.

Ohřev pitné vody byl v obou bytech realizován plynovým vytápěním.

3.6 Zkušební provoz

Instalace byly podle plánu provedeny v říjnu 2008 a bylo zahájeno měření. Nejprve se ve zkušebním provozu učinil pokus, v obou bytech udržet stejnou teplotu vzduchu. To se nezdařilo kvůli subjektivně rozdílně vnímanému komfortu při stejné teplotě vzduchu. Jakmile byly na termostatech nastavené a naměřené teploty vzduchu stejné, buď byl byt vytápěný infračerveným sáláním subjektivně příliš teplý při příjemně vyhřátém plynem vytápěném bytě, nebo plynem vytápěný byt příliš studený při příjemně vyhřátém bytě vytápěném infračerveným sáláním.

Příčinou je rozdílný princip vytápění. Pocit komfortu je současně závislý na teplotě vzduchu a na průměrné teplotě povrchu stěny a okna (viz výše).

Proto byla ve zkušebním provozu až do poloviny listopadu 2008 nastavení termostatu měněna tak dlouho, až byl ve vždy obou bytech pocíťován stejný pocit komfortu. Protože oba byty byly používány všemi členy stejné rodiny, nebyly v chování uživatelů žádné rozdíly.

Při stejném subjektivním pocitu komfortu mohla být teplota vzduchu v místnostech bytu vytápěného infračerveným sáláním nastavena o 1 až 2 stupně níže, než v odpovídajících místnostech bytu vytápěného plynem.

4 Výsledky a vyhodnocení

Po zkušebním provozu bylo zahájení měřicího období stanoveno na 16.11.2008. Rezervní měřicí systém pro infračervené vytápění byl uveden do provozu 26.11.2008, aby se všechny měřené hodnoty z důvodů jistoty evidovaly dvakrát.

Evidovaná naměřená data pro infračervené vytápění byla přenášena ze zařízení pro registraci dat pravidelně pomocí příslušného softwaru vždy na jednu databázi ve dvou oddělených noteboocích, a byly pořízeny bezpečnostní kopie.

Protože infračervené vytápění bylo připojeno k normálním zásuvkovým proudovým okruhům, byl za účelem kontroly odečítán normální měřič proudu v domácnosti. Současně byl odečten měřič plynu, a ke kontrole těchto hodnot měřič množství tepla pro topný okruh bytu v poschodí. Avšak tento měřič byl mimo období cejchování a bylo možno jej používat pouze pro hrubou orientační zálohu proti chybám při odečtu.

Období měření skončilo 30.4.2009. Poté byla zahájena úprava dat a vyhodnocení.

Při úpravě dat byly hodnoty spotřeby obou souborů dat pro infračervené sálání zkontrolovány na přesnost a zkontrolovány vzhledem k hodnotám spotřeby proudu v domácnosti na věrohodnost.

Podle smyslu se manipulovalo s hodnotami odečtu na měřiči plynu a na měřiči množství tepla.

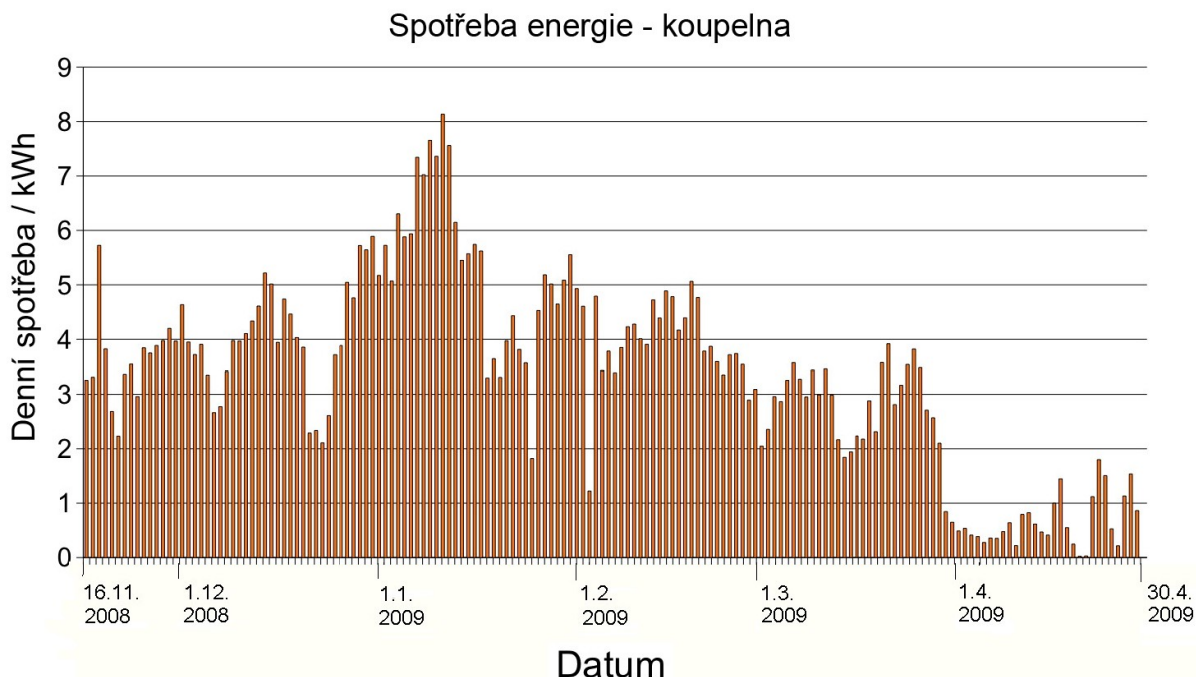
Všechny potvrzené hodnoty měření byly následně pro další zpracování převedeny do tabulkového kalkulačního programu.

4.1 Výsledky měření

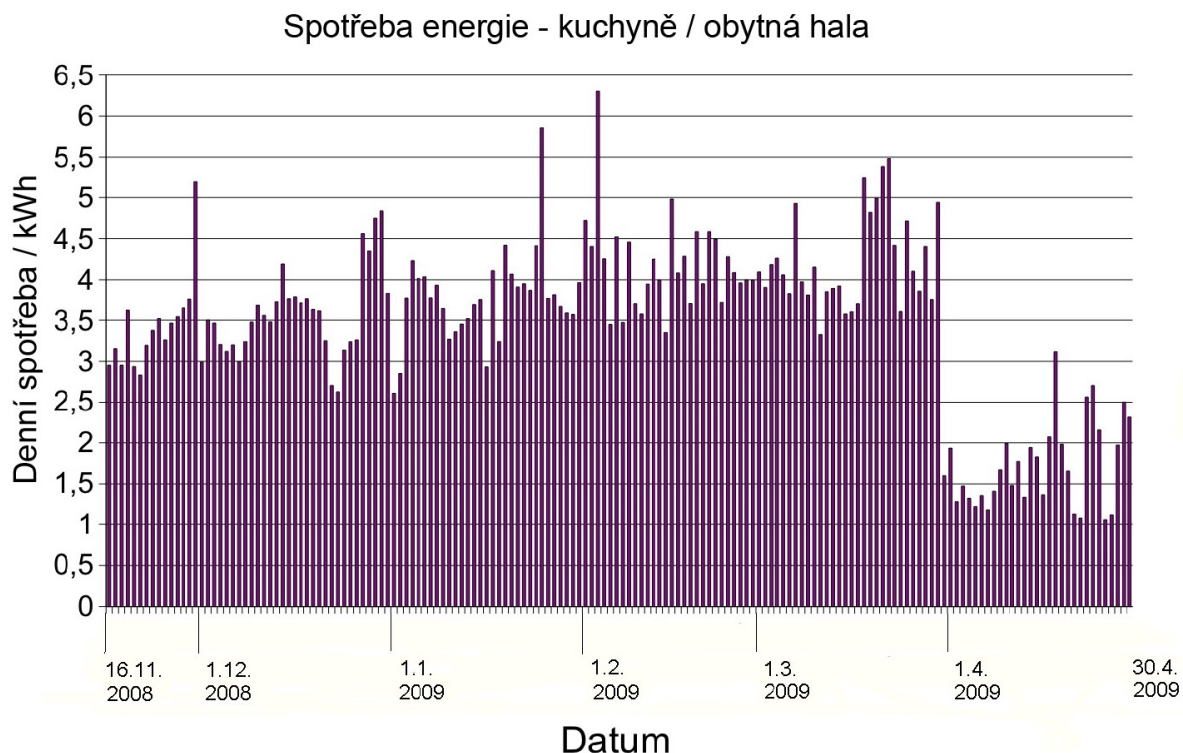
V dalším textu jsou uvedeny graficky upravené výsledky měření a součty spotřeby za celé období měření. Podrobné tabulkové hodnoty jsou přiloženy v dodatku.

Spotřeba energie infračerveného vytápění

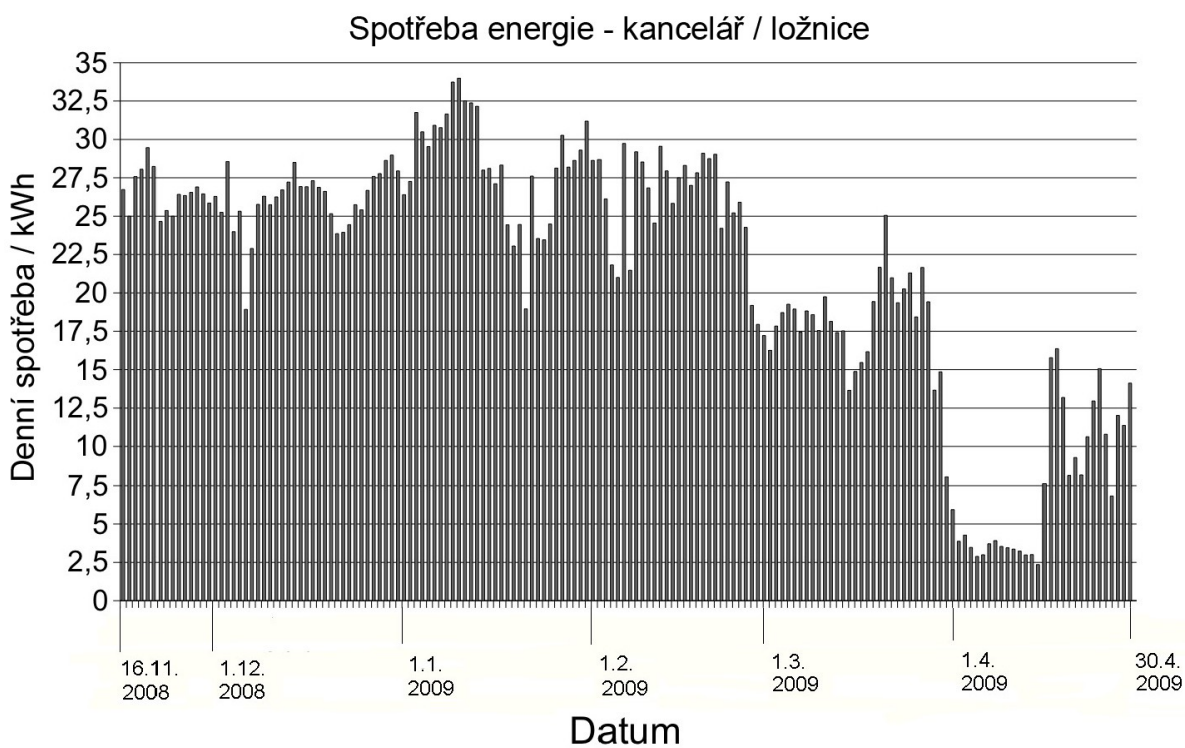
Následující grafy znázorňují spotřebu v jednotlivých skupinách místností.



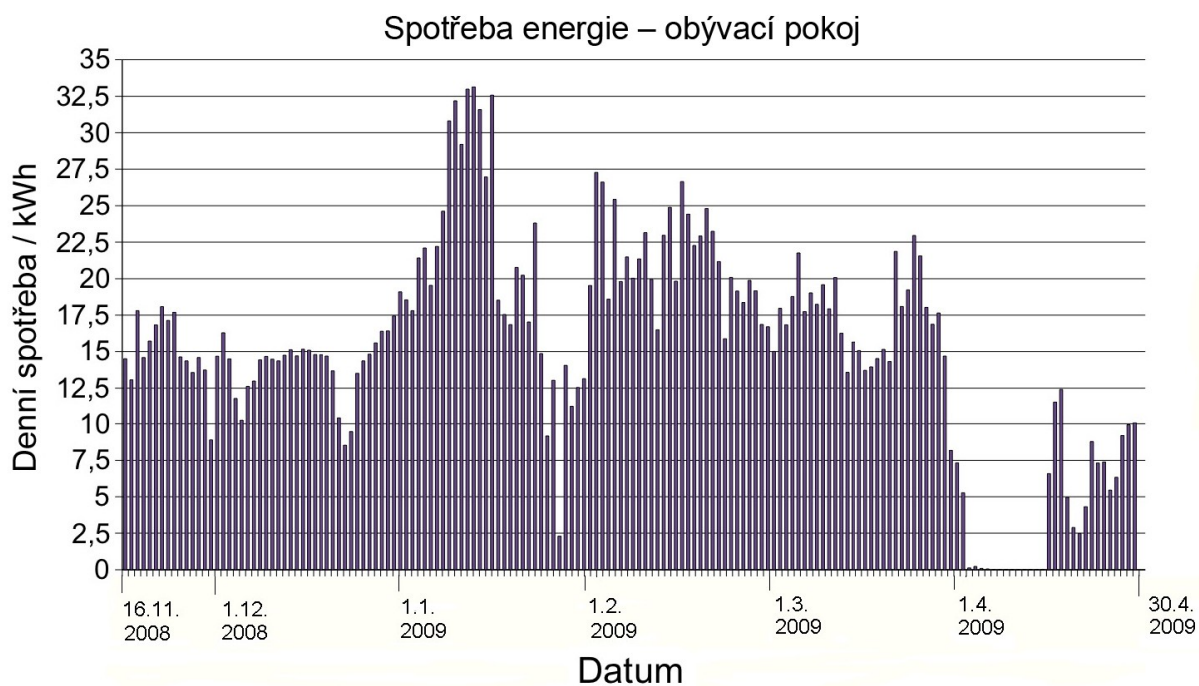
Obr. 4.1: Spotřeba skupiny 1 (koupelna)



Obr. 4.2: Spotřeba skupiny 2 (kuchyně / obytná hala)

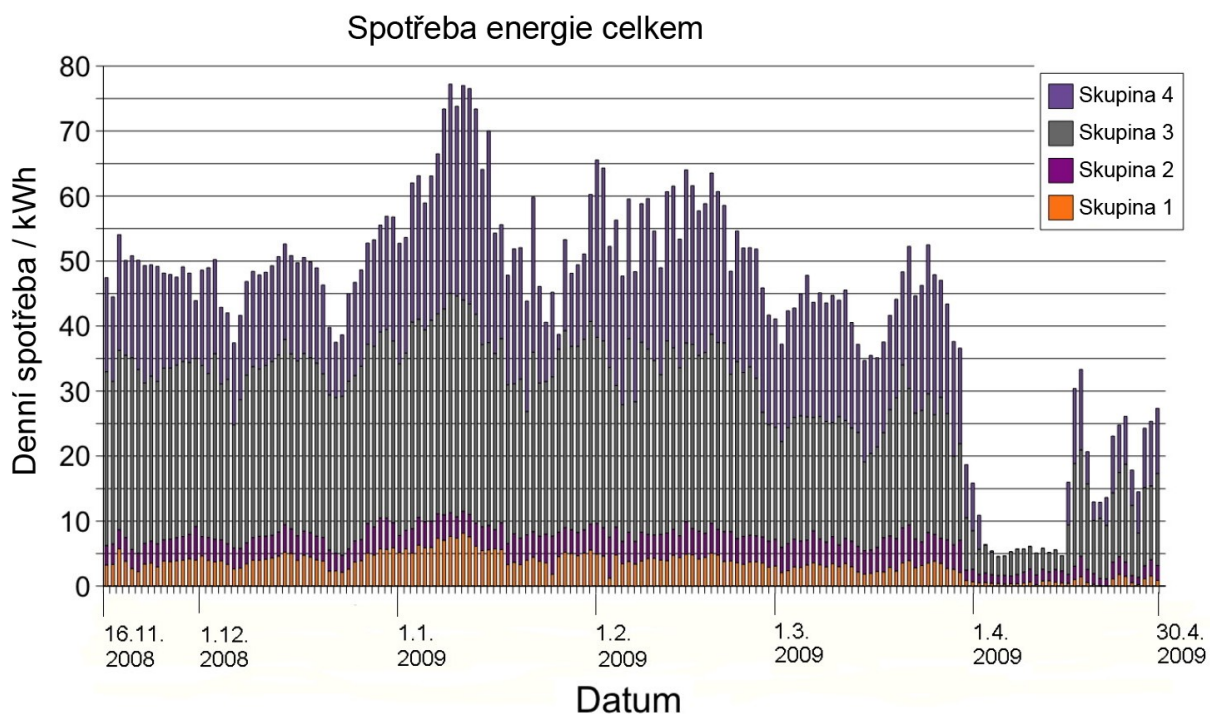


Obr. 4.3: Spotřeba skupiny 3 (kancelář / ložnice)



Obr. 4.4: Spotřeba skupiny 4 (obývací pokoj)

Na obr. 4.5 jsou skupiny spotřeby znázorněny ve svých denních součtech.

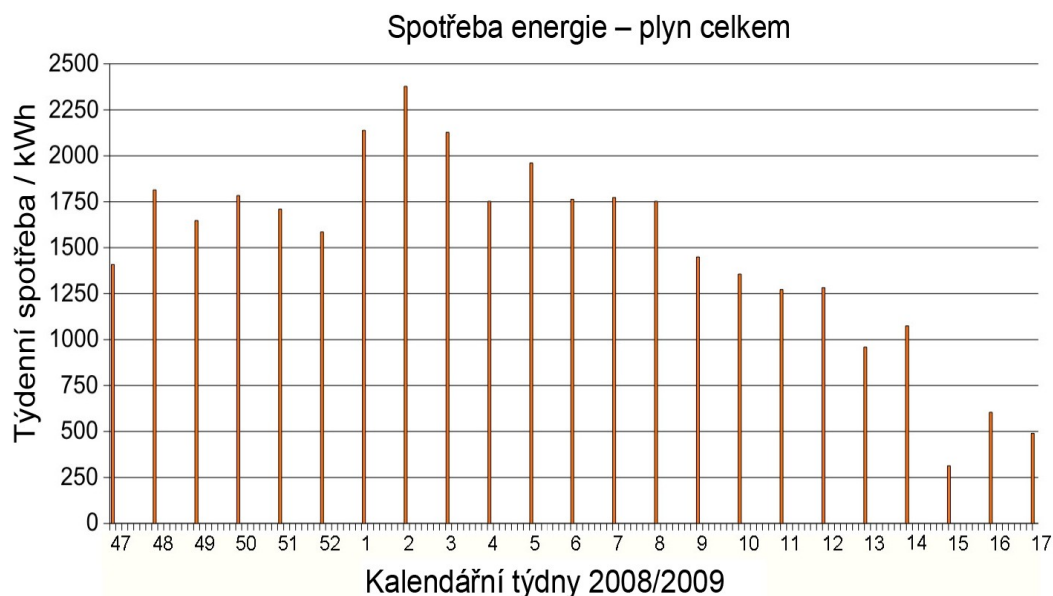


Obr. 4.5: Celková denní spotřeba energie u všech skupin

Celková spotřeba infračerveného vytápění za celé kompletní období měření činila po sečtení 7305,92 kWh.

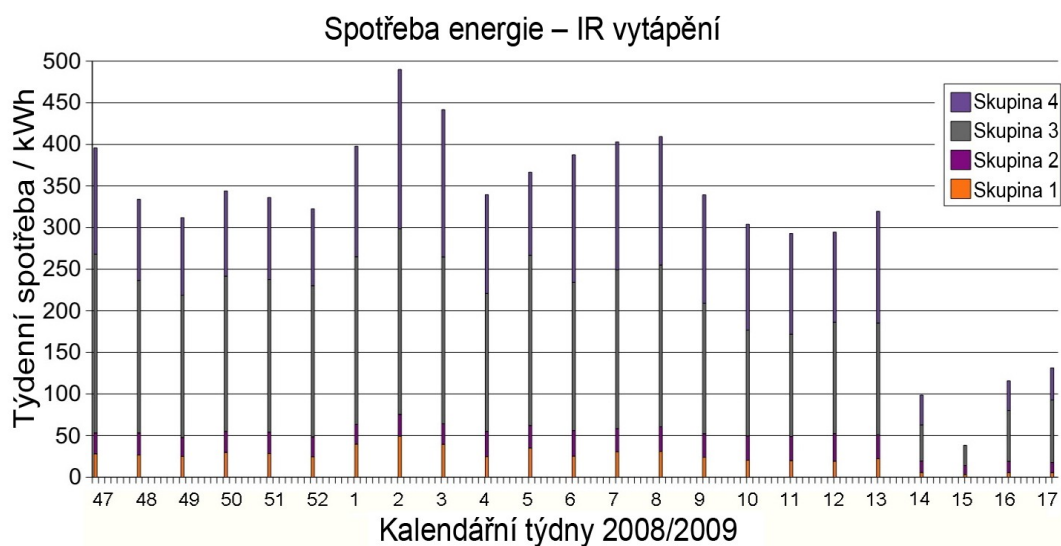
Spotřeba energie plynového vytápění

Spotřeba vytápění plynem byla měřičem plynu evidována každý týden. Spotřebované množství plynu bylo koeficienty udávanými místními spotřebiteli přepočteno na energii. Znáznorněno je to na **obr. 4.6**.



Obr. 4.6: Týdenní spotřeba energie plynového vytápění

Pro srovnání je na obr. 4.7 znázorněna týdenní spotřeba energie infračerveného vytápění.



Obr. 4.7: Týdenní spotřeba energie infračerveného vytápění

Celková spotřeba u vytápění plynem za kompletní měřené období činila 34742,33 kWh.

Oddělené měření množství energie pro ohřev pitné vody by způsobil podstatné nároky na instalace, a proto se od něj upustilo. Protože se převážně potřebovala teplá voda pro sprchování, byla použita paušální hodnota 400 kWh na osobu pro měřené období 5,5 měsíců (běžné standardní hodnoty včetně vody ke koupání se pohybují mezi 800 kWh a 1000 kWh na osobu a rok). Pro pravidelně přítomné obyvatele tak vzniká spotřeba 1200 kWh.

Opravená celková spotřeba u vytápění plynem za měřené období tak činila **33542,33 kWh**.

Aby bylo umožněno srovnání s dnešním stavem techniky výhřevnosti, počítá se opravená celková spotřeba směrem dolů o dalších 10%. To odpovídá hodnotě spotřeby, jaká by byla dosažitelná při vytápění plynovým kondenzačním kotlem v měřeném objektu.

Kalkulační celková spotřeba u vytápění plynem v technice kondenzačního vytápění za měřené období tak činila **30188,1 kWh**.

4.2 Srovnání celkových hodnot spotřeb energie v období zkoumání

Abychom měli srovnávací základnu pro spotřeby energie, vztahují se tyto potřeby na právě danou obytnou plochu.

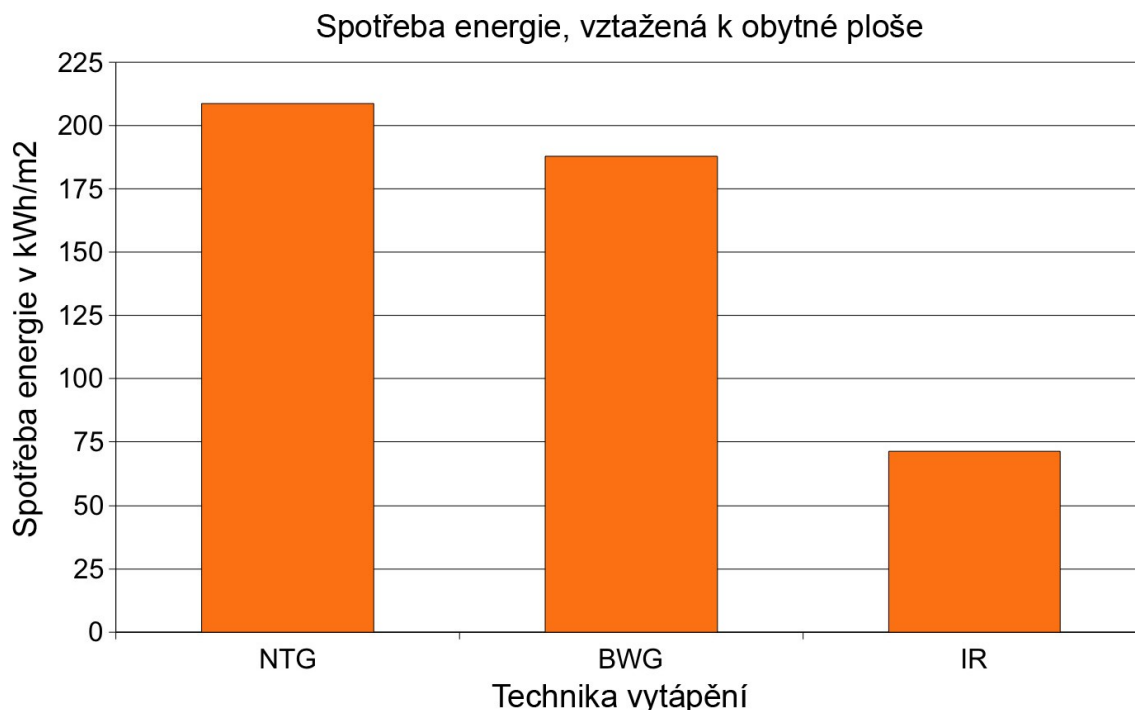
Takto obdržíme:

Na obytnou plochu vztažená celková spotřeba infračerveného vytápění v měřeném období byla $7305,92 \text{ kWh}/102,6 \text{ m}^2 = 71,21 \text{ kWh/m}^2$.

Na obytnou plochu vztažená opravená spotřeba plynového vytápění v měřeném období tak byla $33542,33 \text{ kWh}/160,7 \text{ m}^2 = 208,73 \text{ kWh/m}^2$.

Na obytnou plochu vztažená kalkulační celková spotřeba u vytápění plynem v technice kondenzačního vytápění v měřeném období tak byla $30188,1 \text{ kWh}/160,7 \text{ m}^2 = 187,85 \text{ kWh/m}^2$.

Hodnoty spotřeby, vztažené k obytné ploše, jsou znázorněny na **obr. 4.8**.



Obr. 4.8: Porovnání spotřeby energie, vztažené k obytné ploše

V poměru k nízkoteplotnímu vytápění plynem (NTG) činí spotřeba konečné energie infračerveného vytápění (IR) jen 34,1% vůči vytápění plynem v technice kondenzačního vytápění jen 37,9%. To znamená, že spotřeba konečné energie vytápění plynem činí více než 2,5 násobek infračerveného vytápění.

5 Interpretace výsledků

5.1 Interpretace z hlediska spotřeby energie

Navzdory informacím o různých výrobcích a jejich interním zkoumání, které byly zpočátku považovány tendenční, a ze kterých byla hypotéza zkoumání vytvořena, je rozdíl ve spotřebě konečné energie překvapivě zjevný. Protože systematické chyby byly volbou objektu a uspořádáním měření prakticky vyloučeny, a obyvatelé v zájmu spolehlivého výsledku angažovaně spolupracovali (beze změny v chování uživatelů během období měření), lze výsledky měření chápat jako typické pro oblast staré zástavby.

Rozdíly je možno vnímat na následujících bodech:

a) Ztráty přenosem mezi plynovým hořákem a topnými tělesy, ztráty ve vedení elektroinstalace, jsou zanedbatelně malé.

b) Ztráty regulací (v důsledku setrvačnosti) regulací plynového vytápění a akumulací hmotou topných těles. Zatímco topná tělesa plynového vytápění potřebovala zčásti více než 10 minut od otevření ventilů k zahřátí, a po (ručním) uzavření ještě nejméně 30 minut vyhřívala, činila doba ohřevu (na nejméně 60 °C) infračervených zářičů méně než 4 minuty, a doba ochlazení (ze 60 °C na méně než 30 °C) méně než 7 minut. Rozhodující přitom bylo, že doba, ve které fungovaly infračervené zářiče jako konvekční vytápění, byla co nejkratší. Mimoto je celková koncepce regulace infračerveného vytápění jako regulace jednotlivé místnosti bez snímače venkovní teploty podstatně flexibilnější než koncepce vytápění plynem. Zřetelně je možno vysokou rychlost regulace pozorovat na nízké spotřebě jižně orientovaného obývacího pokoje v chladných nebo studených, ale převážně slunečných dnech koncem ledna a v přechodové době začátkem dubna.

Zamezení ztrát při regulaci je také jednou z hlavních výhod oproti všem velkoplošným vytápěním, u kterých je setrvačnost ještě větší než u radiátorů. Zde docílené úspory konečné energie velmi pravděpodobně nejsou takovýmito způsoby vytápění navzdory nižším teplotám při dopředném toku dosažitelné.

c) Různé ztráty větráním v důsledku rozdílných teplot vzduchu v místnosti. V obou bytech se stejným způsobem disciplinovaně větralo rázovým větráním.

d) Ztráty tepla převodem (suchá/vlhká stěna): ztráty tepla převodem jsou v praxi kvůli vlhkým stěnám značné. Nízké teploty vnitřních stran venkovních stěn při mrazivých teplotách ve venkovní oblasti jsou u neizolovaných stěn podmíněny hlavně sníženými hodnotami izolování kvůli provlhnutí. Namátková měření prokázala v plynem vytápěném bytě teploty na povrchu vnitřní strany venkovních stěn až cca 14 °C. Povrchy stěn, ohříváné infračerveným vytápěním, byly udržovány na teplotě nejméně cca 19 °C a byly v průměru vždy vyšší než teplota vzduchu. V důsledku vysokých teplot povrchu bylo mimoto maximálně zamezeno pojímání vodní páry stěnami.

Pro značný rozdíl v důsledku vysoušení stěn a udržování sucha hovoří také provedená měření v domech z jiných projektů, kde byly na vnitřní strany venkovních stěn nanášeny nátěry, bránící vodní páře. Teploty na povrchu stěn zůstaly přitom těsně (cca 1 K) pod teplotou vzduchu. (srv. www.hygro-san.de)

Vlhká zeď má vůči suché zdi drasticky snížené izolační hodnoty. Již vlhkost 4% snižuje izolační hodnotu o cca 50%. Vysoušením venkovních stěn infračerveným sáláním (vysoušení budov je klasickou aplikací infračervených zářičů) se izolační hodnota pravděpodobně zvýšila natolik, že nárůst ztrát přenosem v důsledku většího rozdílu teplot mezi vnitřním a venkovním povrchem venkovních stěn byl více než vyrovnáný.

(Ernst Vill: "Vlhkost stěny – příčiny, souvislosti, řešení", Verlag - Ernst Vill, Sauerlach 2002)

5.2 Interpretace z hlediska nákladů

Náklady na elektrickou energii

Jako srovnávací základna byly použity po celé zemi rozšířené disponibilní standardní tarify čtyř „klasických“ nadregionálních dodavatelů elektrické energie EnBW, EON, RWE, Vattenfall, a čtyř poskytovatelů ekologické energie, působících po celé zemi: EWS, Greenpeace Energy, Naturstrom, Lichtblick se 100% certifikovanou obnovitelnou elektrickou energií. Lokálně se mohou čísla podle disponibilního poskytovatele lišit směrem dolů a nahoru.

Nejnižší standardní tarif (pracovní cena za 4000 kWh – stav léto 2009) přitom činila 19,5 centů/kWh, nejvyšší 23,8 centů/kWh. Protože základní poplatky u všech osmi poskytovatelů byly přibližně ve stejné výši a zanedbatelné k rozsahu pracovních cen, při srovnávání nákladů se k nim nepřihlíželo.

Náklady na plyn

Protože čtyři velcí poskytovatelé energie EnBW, EON, RWE a Vattenfall vystupují na trhu také jako subjekty prodávající plyn, byly jako srovnávací základna rovněž zvoleny jejich standardní tarify, disponibilní po celé zemi. Lokálně se mohou i zde čísla podle disponibilního poskytovatele lišit směrem dolů a nahoru.

Nejnižší standardní tarif (pracovní cena za 20.000 kWh – stav léto 2009) přitom činila 5,0 centů/kWh, nejvyšší 5,9 centů/kWh. Protože základní poplatky u všech čtyř poskytovatelů (viz výše) byly přibližně ve stejné výši a zanedbatelné, při srovnávání nákladů se k nim nepřihlíželo.

Vývoj cen proudu a plynu

Ceny proudu vzrostly v posledních 10 letech od liberalizace trhů o průměrně cca 2,25% za rok, ceny plynu o cca 7,1% za rok. Vazba mezi cenami plynu a nafty zůstane v dohledné době zachována, a obě fosilní paliva budou v budoucnu méně dostupná. Vzrůst cen za elektrickou energii byl ze 40% způsoben státními odvody, a objevují se první efekty snižování nákladů v důsledku výroby obnovitelné elektrické energie.

Proto je velmi pravděpodobná aktualizace tohoto rozdílného vývoje. Tzn., že cena plynu bude i v budoucnu vzrůstat zjevně rychleji, než cena elektrické energie.

Za tohoto předpokladu je vývoj podle výše uvedených mír růstu znázorněn na obr. 5.1.

Modré křivky znázorňují vývoj cen plynu, zelené křivky pak vývoj cen elektrické energie vždy za počet roků od roku 2009.

Protože spotřeba plynu pro vytápění plynem v kWh činí nejméně 2,5 násobek spotřeby elektrické energie na infračervené vytápění, musí být cena plynu vyvážena tímto koeficientem opravy spotřeby. To je znázorněno červenými křivkami.

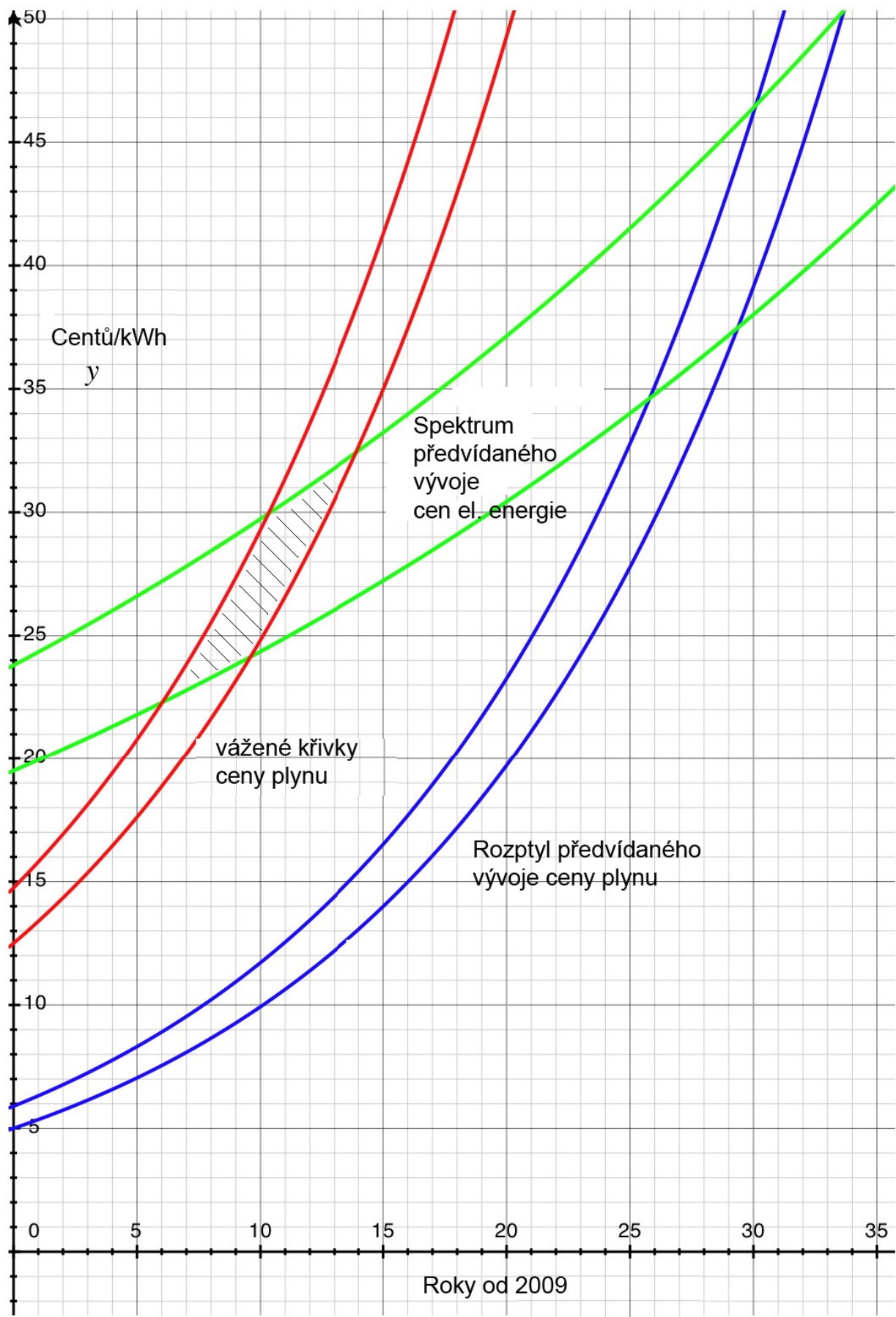
Odhad srovnání nákladů mezi infračerveným vytápěním a vytápěním plynem

Obr. 5.1 znázorňuje, že se spodní vážená křivka ceny plynu a horní křivka ceny el. energie protínají přibližně za 14 let, tzn., že nejpozději tehdy je spotřeba infračerveného vytápění příznivější než u vytápění plynem. Protože investiční náklady infračerveného vytápění ale podle prvních hrubých odhadů činí asi jen polovinu investičních nákladů plynového vytápění, je nákladová převaha podstatně časnější, event. je jí dokonce ihned dosaženo. Celková oblast překrytí, v níž mohou být náklady na spotřebu plynu větší než náklady na spotřebu energie, je znázorněna šrafovane.

Místně poskytují prodávající zvláštní tarify za tzv. proud pro přímá vytápění. Tím jsou spotřební náklady infračerveného vytápění zpravidla ihned příznivější, než spotřební náklady vytápění plynem.

Pokud by se skutečný vývoj předvídaného spektra, znázorněného na obr. 5.1, lišit je přesto s velmi vysokou pravděpodobností nutno vycházet z podobného vývoje.

(www.verivox.de)



Obr. 5.1: Předvídaný vývoj ceny – elektrická energie versus plyn

5.3 Interpretace z hlediska stálosti/ekologie

Emise CO₂

Průměrná hodnota emise CO₂ v Německu v roce 2007 činí ve výrobě el. energie 541 g/kWh (zdroj: BDEW). Novější údaje ještě nejsou zveřejněny, proto se vychází z této hodnoty. Protože podíl obnovitelných energií v kombinaci el. energie se trvale zvětšuje, je aktuální hodnota emisí spíše nižší.

Při srovnání emisí CO₂ se záměrně vycházelo z celoroční kombinace el. energií, ačkoliv podíl proudu z uhelných elektráren, a tím i podíl CO₂, je v zimní polovině roku větší než v létě. Totéž však platí také pro podíl proudu z větrných elektráren, jejichž kapacita se stále zvětšuje. V první řadě jde o získání hrubého orientačního bodu. Aby se vyhovělo momentálně rozdílným emisím CO₂, muselo by se vedle časových výkyvů důsledně přihlížet také k výkyvům prostorovým. Takové podrobné sledování by ale odvádělo od trendu co nejrychlejšího přestupu na obnovitelné energie. Doporučení pro fosilní paliva kvůli krátkodobě nižším emisím CO₂ by bylo vůči tomuto trendu kontraproduktivní, protože užití je stanoveno na nejméně 20 let.

Jako srovnávací veličině pro vytápění plynem se používá standardní hodnota pro techniku vytápění plynovým kondenzačním kotlem 249 g/kWh (IWU 2006), ačkoliv v měřeném objektu je instalováno z hlediska emisí silnější nízkoteplotní plynové vytápění. Proto se také pro srovnání používá kalkulačně opravená hodnota spotřeby pro techniku plynového kondenzačního kotle (BWG) v měřeném objektu.

Pokud se emise vyvažují spotřebou energie, vztaženou na bytovou plochu, pak se obdrží:

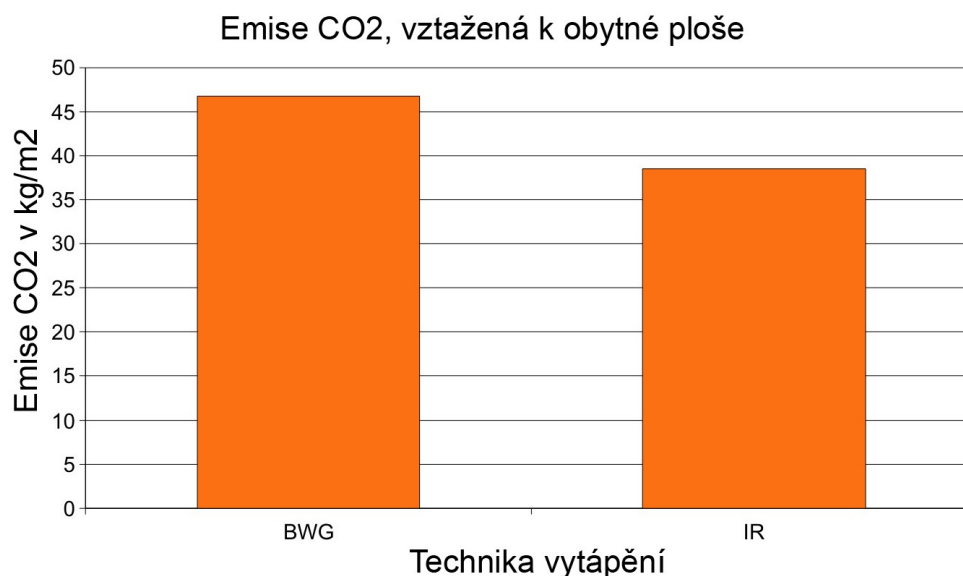
Emise CO₂ infračerveného vytápění (IR), vztažená k obytné ploše:

$$541 \text{ g/kWh} * 71,21 \text{ kWh/m}^2 = \mathbf{38,52 \text{ kg/m}^2}.$$

Emise CO₂ vytápění plynovým kondenzačním kotlem, vztažená k obytné ploše:

$$249 \text{ g/kWh} * 187,85 \text{ kWh/m}^2 = \mathbf{46,77 \text{ kg/m}^2}.$$

Hodnoty jsou znázorněny na **obr. 5.2**.



Obr. 5.2: Porovnání emisí CO₂

Rozdíl mezi oběma hodnotami je dostatečně velký, takže je možno učinit všeobecnou výpověď, že infračervené vytápění – pokud jde o emise CO₂ – docílí lepších výsledků než vytápění plynem. Platí to tím spíše při použití 100% obnovitelné elektrické energie.

Diskuse o jakosti energie

V diskusi o použití elektrické energie k topným účelům se často používá pojem exergie, což je míra pro ten podíl použité formy energie, kterou je možno maximálně využít. Čím vyšší je exergie, tím vyšší je fyzikální jakost formy energie. Elektrická energie má potom podstatně vyšší kvalitu než tepelná energie. Kvůli této definici jakosti se často zastává názor, že elektrická energie je "ke škodě" vytápění.

Toto hodnocení je zcela nesprávné, pokud jde o téma "trvalost". Jak je v úvodních informacích k tématu "formy energie a trvalost" podrobně uvedeno, je v první řadě podstatné, zda energie pochází z obnovitelných zdrojů nebo nikoliv. Tím se vytváří ekologická jakost formy energie. Právě obnovitelné zdroje energie, které jsou nejbohatší na potenciál, jako jsou slunce a vítr, je možno pro získávání elektrické energie použít zvláště snadno. Konečná energie ve tvaru elektrického proudu z obnovitelných zdrojů musí mít proto nejvyšší prioritu.

Infračervené vytápění, poháněné ze 100% obnovitelně vyrobeným elektrickým proudem, je jedním z nejtrvalejších vytápění vůbec. Protože náklady na elektrickou energii v domácnosti, vyrobenou 100% obnovitelným způsobem, se mezitím dostaly na roveň konvenčních nabídek, neexistuje zde také již žádný ekonomický důvod, aby se upřednostňovala před klasickou kombinací elektrických energií (viz výše).

5.4 Interpretace z lékařských hledisek a hledisek wellness

Ačkoliv nebylo provedeno žádné explicitní lékařské zkoumání nebo zkoumání z hlediska wellness, bylo v tomto směru nevyžádaně provedeno nápadně mnoho subjektivních oceňování obyvateli a návštěvníky.

Typické výpovědi byly:

- žádný zápach z prachu/z vytápění; tato vlastnost byla pozitivně zaznamenána hlavně osobami trpícími na astma, kteří tvořili velký podíl návštěvníků;
- teplé nohy (oproti předchozím případům s konvekčním vytápěním),
- čerstvý (chladný) vzduch;
- útulné teplo.

V měřeném objektu se nevyskytovaly žádné akutní problémy s tvorbou plísně. Přesto je možno obecně říci, že vysychání stěn pomáhá proti tvorbě plísně a všem s tím spojeným zdravotním problémům.

5.5 Kritické poznámky k obsahům na internetových stránkách a reklamním výpovědím v prospektech výrobců

V období projektu se uskutečnilo mnoho rozhovorů s návštěvníky měřeného objektu. Mimoto bylo vyřčeno mnoho dotazů k projektu, jak odborníky, tak i zainteresovanými laiky, kteří byli na projekt upozorněni domovskou stránkou projektu. V těchto rozhovorech a dotazech zaznělo mnoho otázek k internetovým stránkám a prospektům výrobců topidel. Na tomto místě se budeme zabývat nejčastějšími chybami v tamních reklamních výpovědích.

- Perpetuum mobile a skvělé účinnosti sálání

Nesprávnou aplikací rovnic, týkajících se fyziky sálání, se často tvrdí, že infrazářiče odevzdávají více sálavého výkonu, než se ve formě elektrického výkonu přivádí. Infračervený zářič by se pak stal perpetuem mobile, což by bylo v rozporu se zákonem o zachování energie fyziky. Takové výpovědi jsou nesmyslné a neseriózní.

Rovněž neseriózní jsou extrémní údaje o účinnosti sálání. Hodnot větších než 90% nemohou zářiče s filtrem – podmíněno technicky – dosáhnout. Údaje od 98% do 100% se vztahují k účinnosti přeměny elektrické energie na tepelnou energii celkově, tedy podíl infračerveného sálání a podíl konvekce společně, a nikoliv na samotné infračervené sálání. Vzbuzuje se však dojem, že se jedná o účinnost sálání.

- Infračervená vytápění, která jimi nejsou

Někteří prodejci uvedli na trh klasická elektrická vytápění, jako jsou podlahová, stropní nebo nástěnná vytápění s vestavěnými topnými fóliemi, a elektricky poháněné radiátory jako infračervená vytápění. Přitom se však jedná o konvekční vytápění s poněkud zvýšeným podílem sálání oproti běžnému konvekčnímu vytápění. Ve výzkumném projektu dosažených úspor (viz výše), jako s pravými infrazářiči, nelze tak s velmi vysokou pravděpodobností docílit.

Podobné platí pro elektricky poháněná, volně nainstalovatelná plošná vytápění, jejichž povrchové teploty nedosahují 60°C (typicky 30°C až 50°C), nebo u nichž v důsledku druhu konstrukce vzniká silné proudění (komínový efekt). Také u nich převažuje podíl konvekce.

Také tato vytápění se květnatými slovy vychvalují jako infračervená vytápění, ačkoliv podle výše uvedené definice jimi vůbec nejsou.

6 Závěry a výhled

V předkládaném zkoumání bylo možno prokázat, že infračervené vytápění představuje smysluplnou alternativu k běžným topným systémům.

Doposud se k němu nepřihlíží v normách (např. účinnost sálání u elektrických plošných topidel) a nařízeních (např. EnEV), nebo se k němu přihlíží nedostatečně.

V EnEV je uvedena na roveň běžným elektrickým přípotopům, ačkoliv na základě principu vytápění sáláním vůči jinak běžným elektrickým přímotopům na bázi proudění lze u ní očekávat zjevné úspory.

U shora uvedených firemních srovnání jsou mezi elektrickým podlahovým vytápěním nebo nočním akumulačním vytápěním a infračerveným vytápěním typicky uváděny úspory ve výši cca 50%. Tyto výpovědi jsou nepřímo potvrzeny předkládaným projektem, protože firemní srovnání mezi vytápěním plynem a infračerveným vytápěním byla celkem přímo potvrzena.

Právě náhrada nočního akumulačního vytápění a elektrických podlahových vytápění by byla kvůli snadné přeměně (malá nebo žádná dodatečná elektroinstalace, pouze montáž infračerveného zářiče) a zvláště malým investičním nákladům (typicky polovina nebo méně odpovídajícího vytápění plynovým kondenzačním kotlem) snadno proveditelné opatření pro vzrůst účinnosti.

Další kritéria jakosti, která hovoří pro infračervená vytápění, jsou:

- malé investiční náklady,
- žádné vedlejší náklady (např. kominíci)
- odpadá nutnost údržby,
- 100% obnovitelný provoz.

Ačkoliv nebyla provedena žádná srovnávací zkoumání, pokud jde o výrobky, lze z projektu sestavit všeobecné vlastnosti pro infračervené zářiče (zářiče s filtrem) v obytné oblasti.

- teploty povrchu mezi 60°C a 120°C,
- žádné akumulační hmoty a
- co možná nejjednodušší, plošné nástavby, aby se minimalizoval podíl konvekce.

V dalších zkoumáních by měly být exemplární výsledky předkládaného zkoumání postaveny na širší datovou základnu. Zvláště by tak měla být zjištěna kritéria výběru a dimenzování pro systémy infračerveného vytápění jak při renovaci ve stávající zástavbě, tak i v oblasti novostaveb. Zvláště zajímavá je přitom náhrada nočních kumulačních vytápění.

Kromě toho je možno navíc vytvářet smysluplné alternativy pro co nejtrvalejší a účinný ohřev pitné vody oproti běžným metodám.

7 **Soupis literatury**

V následujícím textu budou jako podkladové informace uvedeny pouze základní učebnice. Kvůli lepšímu přiřazení budou odkazy na literaturu, použité přímo ve zprávě, uvedeny v příslušných kapitolách (v závorkách).

Kübler, Thomas: Technika vytápění infračerveným sáláním pro velké prostory, Vulkan Verlag 2001

Herwig, Heinz: Přenos tepla A – Z: Systematická a podrobná vysvětlení důležitých veličin a koncepce, Springer Berlin, 1. vydání, 2000

Polifke, Wolfgang; Kopitz, Jan: Přenos tepla. Podklady, analytické a číselné metody, pomocí SoftwarePaket Scilab na CD-ROM; Pearson Studium 2005

Herr, Horst: Nauka o teple: Technická fyzika 3; Europa-Lehrmittel; 4. vydání, 2006

Konstantin, Panos: Kniha o praxi energetického hospodářství: přeměna, přenos a pořízení energie v liberalizovaném trhu; Springer Berlin; 2. vydání 2009

Petermann, Jürgen (vydavatel): Bezpečná energie ve 21. století, Hoffmann a Campe, 2008

Dodatky

Dodatek A: Tabulky

Tabulka 1: Denní měřené hodnoty spotřeby proudu – IČ vytápění podle skupin měření

Datum	Skupina 1 [kWh]	Skupina 2 [kWh]	Skupina 3 [kWh]	Skupina 4 [kWh]
16.11.08	3,257	2,953	26,739	14,517
17.11.08	3,315	3,153	24,995	13,064
18.11.08	5,724	2,953	27,581	17,812
19.11.08	3,824	3,623	28,052	14,595
20.11.08	2,687	2,937	29,465	15,728
21.11.08	2,233	2,834	28,239	16,828
22.11.08	3,369	3,194	24,664	18,079
23.11.08	3,543	3,375	25,364	17,131
24.11.08	2,957	3,520	24,997	17,697
25.11.08	3,842	3,261	26,415	14,635
26.11.08	3,750	3,465	26,348	14,369
27.11.08	3,885	3,544	26,546	13,572
28.11.08	3,975	3,648	26,901	14,598
29.11.08	4,199	3,757	26,448	13,738
30.11.08	3,967	5,202	25,856	8,896
01.12.08	4,636	2,990	26,293	14,686
02.12.08	3,949	3,502	25,245	16,293
03.12.08	3,719	3,465	28,555	14,503
04.12.08	3,907	3,204	23,987	11,793
05.12.08	3,354	3,120	25,323	10,242
06.12.08	2,664	3,199	18,922	12,618
07.12.08	2,775	2,996	22,896	12,983
08.12.08	3,419	3,238	25,765	14,439
09.12.08	3,976	3,476	26,298	14,675
10.12.08	3,968	3,681	25,748	14,480
11.12.08	4,103	3,558	26,260	14,363
12.12.08	4,336	3,479	26,707	14,752
13.12.08	4,609	3,723	27,223	15,136
14.12.08	5,218	4,193	28,501	14,713
15.12.08	5,015	3,759	26,927	15,165
16.12.08	3,941	3,791	26,914	15,092
17.12.08	4,740	3,709	27,309	14,795
18.12.08	4,463	3,761	26,870	14,788

19.12.08	4,031	3,630	26,618	14,694
20.12.08	3,855	3,615	25,165	13,680
21.12.08	2,291	3,251	23,854	10,399
22.12.08	2,340	2,707	23,950	8,533
23.12.08	2,110	2,628	24,445	9,465
24.12.08	2,611	3,134	25,748	13,507
25.12.08	3,716	3,238	25,415	14,370
26.12.08	3,886	3,260	26,679	14,820
27.12.08	5,044	4,560	27,586	15,593
28.12.08	4,760	4,351	27,773	16,391
29.12.08	5,722	4,748	28,633	16,421
30.12.08	5,643	4,837	28,976	17,438
31.12.08	5,892	3,835	27,954	19,099
01.01.09	5,173	2,612	26,402	18,545
02.01.09	5,724	2,852	27,263	17,806
03.01.09	5,071	3,769	31,755	21,423
04.01.09	6,304	4,233	30,499	22,104
05.01.09	5,882	4,016	29,528	19,537
06.01.09	5,936	4,036	30,918	22,210
07.01.09	7,344	3,770	30,765	24,626
08.01.09	7,023	3,933	31,659	30,812
09.01.09	7,655	3,643	33,737	32,188
10.01.09	7,362	3,268	33,983	29,199
11.01.09	8,136	3,359	32,511	32,990
12.01.09	7,562	3,453	32,379	33,142
13.01.09	6,148	3,519	32,154	31,586
14.01.09	5,450	3,689	28,003	26,967
15.01.09	5,571	3,749	28,112	32,583
16.01.09	5,744	2,933	27,107	18,532
17.01.09	5,622	4,112	28,329	17,541
18.01.09	3,299	3,240	24,440	16,852
19.01.09	3,645	4,419	23,062	20,770
20.01.09	3,310	4,070	24,458	20,234
21.01.09	3,973	3,911	18,963	17,031
22.01.09	4,432	3,952	27,609	23,820
23.01.09	3,813	3,871	23,546	14,870
24.01.09	3,567	4,413	23,461	9,166
25.01.09	1,823	5,856	24,489	13,040
26.01.09	4,529	3,765	28,138	2,297
27.01.09	5,185	3,818	30,266	14,056

28.01.09	5,014	3,667	28,195	11,254
29.01.09	4,645	3,589	28,635	12,546
30.01.09	5,084	3,570	29,308	13,144
31.01.09	5,553	3,966	31,194	19,531
01.02.09	4,930	4,721	28,633	27,281
02.02.09	4,607	4,404	28,691	26,619
03.02.09	1,224	6,303	26,122	18,594
04.02.09	4,791	4,255	21,824	25,427
05.02.09	3,430	3,448	21,013	19,808
06.02.09	3,782	4,522	29,739	21,493
07.02.09	3,396	3,472	21,479	20,036
08.02.09	3,848	4,458	29,194	21,354
09.02.09	4,229	3,699	28,536	23,153
10.02.09	4,278	3,577	26,842	19,947
11.02.09	4,009	3,947	24,553	16,496
12.02.09	3,907	4,251	29,557	22,971
13.02.09	4,722	3,996	27,953	24,881
14.02.09	4,391	3,350	25,838	19,825
15.02.09	4,889	4,982	27,507	26,652
16.02.09	4,781	4,084	28,306	24,415
17.02.09	4,168	4,286	27,003	22,272
18.02.09	4,393	3,702	27,832	22,926
19.02.09	5,065	4,584	29,100	24,810
20.02.09	4,766	3,951	28,746	23,244
21.02.09	3,782	4,584	29,031	21,172
22.02.09	3,871	4,496	24,213	15,884
23.02.09	3,591	3,715	27,230	20,091
24.02.09	3,356	4,281	25,220	19,151
25.02.09	3,716	4,087	25,905	18,361
26.02.09	3,738	3,962	24,267	19,888
27.02.09	3,540	3,998	19,185	19,160
28.02.09	2,894	3,995	17,952	16,868
01.03.09	3,090	4,096	17,229	16,700
02.03.09	2,050	3,907	16,260	15,014
03.03.09	2,358	4,185	17,847	17,972
04.03.09	2,957	4,263	18,720	16,841
05.03.09	2,867	4,062	19,257	18,774
06.03.09	3,258	3,831	18,943	21,765
07.03.09	3,570	4,930	17,441	17,737
08.03.09	3,279	3,974	18,832	19,031

09.03.09	2,951	3,815	18,573	18,240
10.03.09	3,435	4,154	17,554	19,585
11.03.09	2,991	3,325	19,751	17,929
12.03.09	3,456	3,855	18,147	20,075
13.03.09	2,984	3,895	17,417	16,260
14.03.09	2,166	3,924	17,529	13,583
15.03.09	1,842	3,576	13,657	15,652
16.03.09	1,943	3,602	14,878	15,071
17.03.09	2,238	3,700	15,465	13,715
18.03.09	2,178	5,250	16,167	13,959
19.03.09	2,880	4,819	19,433	14,531
20.03.09	2,314	4,991	21,673	15,157
21.03.09	3,574	5,387	25,056	14,318
22.03.09	3,920	5,482	20,987	21,867
23.03.09	2,814	4,418	19,357	18,095
24.03.09	3,166	3,606	20,257	19,235
25.03.09	3,539	4,714	21,300	22,963
26.03.09	3,823	4,104	18,433	21,561
27.03.09	3,481	3,862	21,665	18,040
28.03.09	2,709	4,405	19,428	16,872
29.03.09	2,571	3,750	13,665	17,649
30.03.09	2,103	4,942	14,862	14,692
31.03.09	0,846	1,601	8,069	8,177
01.04.09	0,649	1,935	5,934	7,328
02.04.09	0,491	1,284	3,871	5,274
03.04.09	0,538	1,474	4,277	0,117
04.04.09	0,416	1,327	3,475	0,225
05.04.09	0,387	1,225	2,884	0,093
06.04.09	0,279	1,359	2,993	0,051
07.04.09	0,361	1,184	3,714	0,025
08.04.09	0,355	1,411	3,922	0,018
09.04.09	0,478	1,672	3,543	0,015
10.04.09	0,642	1,992	3,454	0,016
11.04.09	0,222	1,482	3,369	0,012
12.04.09	0,797	1,773	3,233	0,018
13.04.09	0,827	1,338	2,980	0,015
14.04.09	0,616	1,944	3,009	0,018
15.04.09	0,472	1,829	2,352	0,018
16.04.09	0,416	1,369	7,621	6,589

17.04.09	1,000	2,073	15,782	11,536
18.04.09	1,449	3,116	16,361	12,410
19.04.09	0,552	1,982	13,189	4,954
20.04.09	0,248	1,657	8,172	2,887
21.04.09	0,024	1,135	9,271	2,478
22.04.09	0,030	1,086	8,201	4,318
23.04.09	1,123	2,564	10,630	8,778
24.04.09	1,803	2,706	12,957	7,309
25.04.09	1,507	2,158	15,070	7,377
26.04.09	0,530	1,066	10,792	5,457
27.04.09	0,220	1,125	6,825	6,334
28.04.09	1,135	1,972	12,020	9,188
29.04.09	1,537	2,501	11,367	9,939
30.04.09	0,864	2,313	14,122	10,055

Tabulka 2: Týdenní měřené hodnoty spotřeby proudu – IČ vytápění podle skupin měření

Kalendářní týdny 2008/09	Týdenní hodnoty	Týdenní hodnoty	Týdenní hodnoty	Týdenní hodnoty
	Skupina 1 [kWh]	Skupina 2 [kWh]	Skupina 3 [kWh]	Skupina 4 [kWh]
47	27,95	25,02	215,1	127,75
48	26,58	26,4	183,51	97,51
49	25	22,48	171,22	93,12
50	29,63	25,35	186,5	102,56
51	28,34	25,52	183,66	98,61
52	24,47	23,88	181,6	92,68
1	39,53	23,88	201,48	132,84
2	49,34	26,03	223,1	191,56
3	39,4	24,7	200,52	177,2
4	24,56	30,49	165,59	118,93
5	34,94	27,1	204,37	100,11
6	25,08	30,86	178,06	153,33
7	30,43	27,8	190,79	153,93
8	30,83	29,69	194,23	154,72
9	23,93	28,13	156,99	130,22
10	20,34	29,15	127,3	127,13
11	19,83	29,15	122,63	121,32
12	19,05	33,23	133,66	108,62
13	22,1	28,86	134,11	134,42
14	5,43	13,79	43,37	35,91
15	3,13	10,87	24,23	0,16
16	5,33	13,65	61,29	35,54
17	5,27	12,37	75,09	38,6

Tabulka 3: Týdenní měřené hodnoty – spotřeba proudu u vytápění plynem**Týdenní spotřeba plynu**

Datum	Stavy měřiče - plyn	Kalendářní týdny 2008/09	Týdenní spotřeba plynu – metry krychlové	Týdenní spotřeba plynu - kWh
16.11.08	61766			
23.11.08	61901	47	135	1408,05
30.11.08	62075	48	174	1814,82
07.12.08	62233	49	158	1647,94
14.12.08	62404	50	171	1783,53
21.12.08	62568	51	164	1710,52
28.12.08	62720	52	152	1585,36
04.01.09	62925	1	205	2138,15
11.01.09	63153	2	228	2378,04
18.01.09	63357	3	204	2127,72
25.01.09	63525	4	168	1752,24
01.02.09	63713	5	188	1960,84
08.02.09	63882	6	169	1762,67
15.02.09	64052	7	170	1773,1
22.02.09	64220	8	168	1752,24
01.03.09	64359	9	139	1449,77
08.03.09	64489	10	130	1355,9
15.03.09	64611	11	122	1272,46
22.03.09	64734	12	123	1282,89
29.03.09	64826	13	92	959,56
05.04.09	64929	14	103	1074,29
12.04.09	64959	15	30	312,9
19.04.09	65017	16	58	604,94
26.04.09	65064	17	47	490,21
30.04.09	65097		33	344,19

Dodatek B: Vyobrazení



Obr. B1: Ložnice



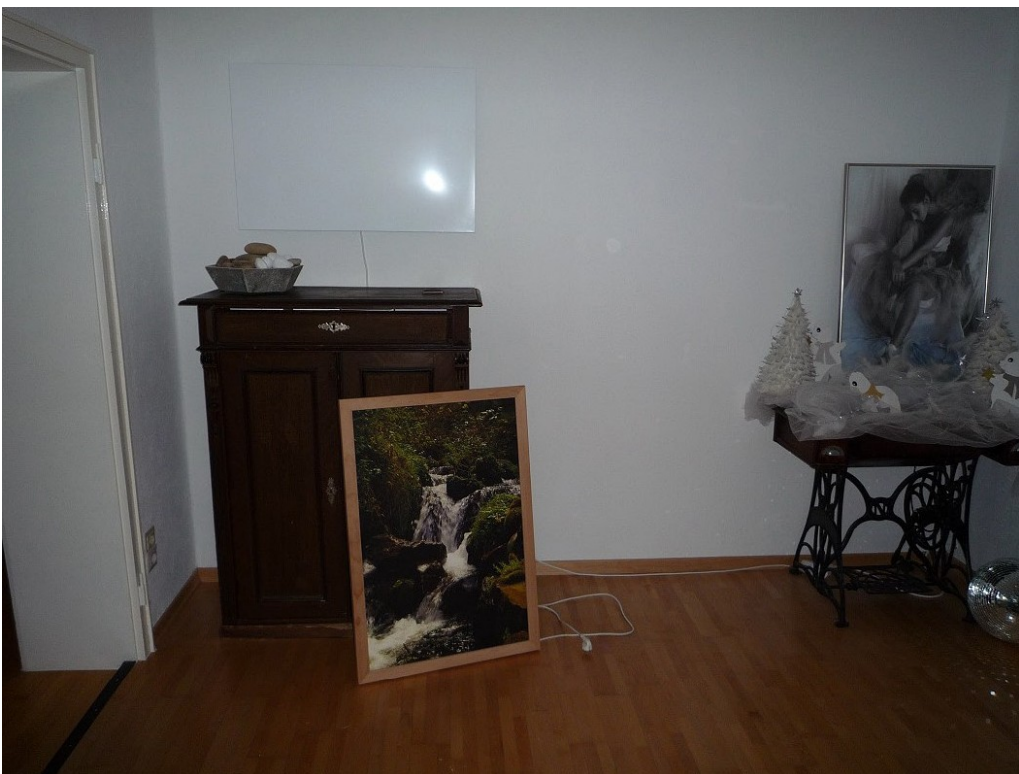
Obr. B2: Obývací pokoj



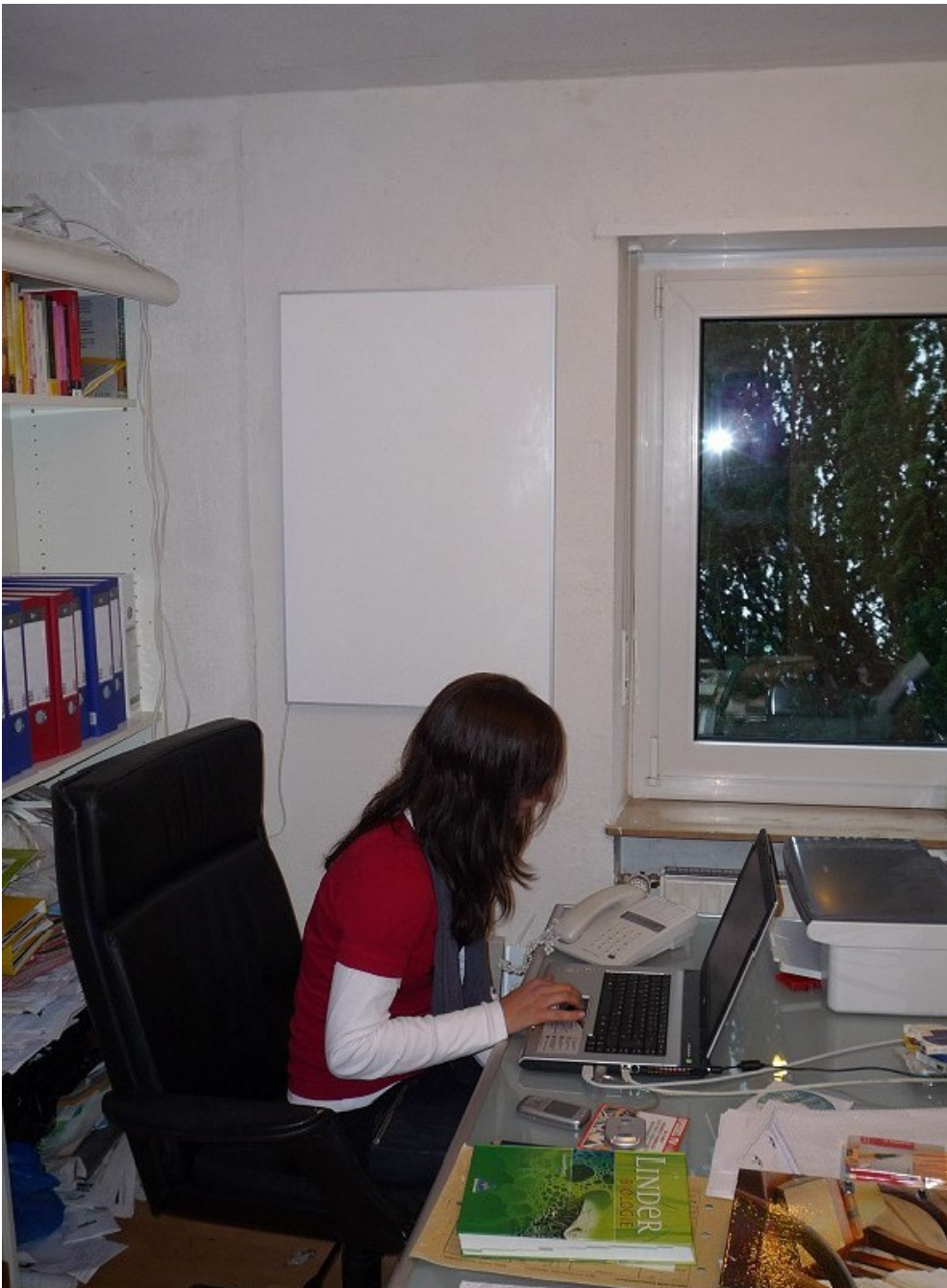
Obr. B3: Koupelna



Obr. B4: Kuchyně



Obr. B5: Obytná hala



Obr. B6: Pracovna