



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

## NÁVRH VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

DESIGN OF HOUSE HEATING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patrik Řezáč

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Filip Toman

BRNO 2020

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Patrik Řezáč**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Filip Toman**  
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh vytápění rodinného domu

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Způsoby a možnosti vytápění rodinných domů, jsou v dnešní době velmi rozsáhlé. Od použití jednoho tepelného zdroje po kombinaci zdrojů několika. Pro správný návrh typu a dimenzování tepelného zdroje je nutné znát především tepelné vlastnosti dané stavby a ekonomickou situaci na energetickém trhu. Práce bude zaměřena na výpočet tepelných ztrát vybraného rodinného domu a následné ekonomické posouzení využití tepelných zdrojů, pro jeho vytápění.

### Cíle bakalářské práce:

- Přehled tepelných zdrojů pro rodinné domy.
- Výpočet tepelných ztrát vybraného objektu.
- Ekonomické zhodnocení možností vytápění vybraného objektu.

### Seznam doporučené literatury:

PETRÁŠ, Dušan, Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Bratislava: Jaga. 2008. Vytápění. ISBN 9788080760694

POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. Vytápění. 2. dopl. vyd. Brno: ERA group, 2003. Stavíme. ISBN 8086517985.

Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. V.1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.

PAVELEK, Milan, Termomechanika. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 2011. ISBN 9788021443006

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tématem této bakalářské práce je návrh zdroje tepla pro můj dům. Z tohoto důvodu jsem práci rozdělil na tři části. První část je rešerše nejčastějších zdrojů určených k vytápění rodinných domů. V další části práce se věnuji výpočtu tepelných ztrát daného objektu dle výkresové dokumentace. Ve třetí části provádím ekonomické srovnání kotle na pevné palivo a tepelného čerpadla.

### **Klíčová slova**

Zdroje tepla, tepelné ztráty, zplyňovací kotel, tepelné čerpadlo, návratnost investice

## **ABSTRACT**

The topic of this bachelor thesis is the design of heat source for my house. For this reason, I divided the work into three parts. The first part is a research of the most common sources intended for heating family houses. In the next part of my work is devoted to the calculation of heat loss of the object according to the drawing documentation. In finale section I make economical comparison of solid fuel boiler and heat pump.

### **Key words**

Sources of heat, heat loss, gasification boiler, heat pump, return on investment

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŘEZÁČ, Patrik. *Návrh vytápění rodinného domu* [online]. Brno, 2020, 46 s. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124558>.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Filip Toman.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma **Návrh vytápění rodinného domu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Jméno a příjmení

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Filipovi Tomanovi za odborné vedení, cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování mé bakalářské práce.

## OBSAH

ÚVOD .....	9
1 Zdroje tepla.....	10
1.1 Velké zdroje tepla .....	10
1.2 Střední zdroje tepla .....	10
1.3 Malé zdroje tepla .....	10
1.3.1 Kotle na tuhá paliva .....	11
1.3.2 Plynové kotle .....	14
1.3.3 Tepelná čerpadla .....	15
1.3.4 Solární panely .....	18
2 Výpočet tepelných ztrát .....	19
2.1 Popis rodinného domu .....	19
2.2 Výpočet.....	19
2.2.1 Klimatické údaje.....	19
2.2.2 Parametry domu.....	20
2.2.3 Prostup tepla .....	21
2.2.4 Tepelné ztráty prostupem .....	22
2.2.5 Tepelné ztráty větráním .....	25
2.2.6 Celková tepelná ztráta .....	26
2.2.7 Celková roční potřeba tepla.....	28
3 Porovnání zdrojů tepla.....	29
3.1 ATMOS Kombi C30s .....	29
3.2 NUKLEON HPAW 13+ .....	30
3.3 Technicko-ekonomická bilance .....	31
3.3.1 Technické srovnání zdrojů tepla.....	31
3.3.2 Ekonomické srovnání zdrojů tepla .....	31
ZÁVĚR.....	33
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	34
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	36
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	38
SEZNAM TABULEK.....	39
SEZNAM PŘÍLOH.....	40
PŘÍLOHY.....	41

## **ÚVOD**

Již od dob prvních obydlí, bylo cílem člověka chránit se před silami přírody jako je déšť a vítr, uvnitř svého domu se poté snažil zajistit tzv. tepelný komfort nebo také tepelnou pohodu. Stav, ve kterém za ideálních podmínek člověk nepocituje ani nepříjemný chlad tak ani nepříjemné teplo.

Zatímco problematika nadbytečného tepla je řešitelná pomocí klimatizace, tak dostatku tepla pro nastolení komfortu dosahujeme pomocí volby vhodného zdroje tepla, který je schopný dodat do domu dostatečné množství tepla a zároveň extrémně nezatížit rodinný rozpočet, proto se v první část této práce zabývá řešerší základních typů zdrojů tepla pro rodinné domy a bytové jednotky. Dále je v této části obsažen popis a princip funkce jednotlivých zařízení.

Praktickou částí je výpočet tepelných ztrát vybraného objektu, jímž je rodinný dům, z jehož technické dokumentace vzešli vstupní parametry pro samotný výpočet dle normy ČSN EN 12831-1. Výstup z tohoto výpočtu (tepelné ztráty) slouží jako jeden z hlavních faktorů při porovnávání zdrojů tepla daného domu.

Hlavním cílem této práce je pak ekonomické srovnání původního kotle na dřevo v daném objektu se současně využívaným tepelným čerpadlem. Toto zhodnocení je prováděno na základě vypočtených tepelných ztrát objektu a nákladů na roční provoz jednotlivých zdrojů tepla.

# 1 Zdroje tepla

Zdroje tepla jsou zařízení určená k výrobě nebo transformaci tepla, které je určeno k vytápění objektu, pro který je zdroj dimenzován. Za zdroje tepla jsou považovány kotle, tepelná čerpadla apod.. Teplo vytvořené při spalování paliva je distribuováno pomocí otopné soustavy, která se skládá z potrubní sítě, regulačních prvků a otopných těles tzv. radiátorů [1][2].

Základní dělení zdrojů tepla je dle výkonu, a to na velké, střední a malé zdroje tepla. Další kritéria pro dělení těchto zařízení jsou způsob výroby tepla, druh paliva, pracovního tlaku a vlivu na životní prostředí.

## 1.1 Velké zdroje tepla

Do této kategorie spadají zdroje tepla s výkonem nad 3500 kW. Z hodnoty pracovního výkonu vyplývá, že se jedná o teplárny a výtopny určené k vytápění rozsáhlých aglomerací např. měst nebo průmyslových objektů.

Teplárny a výtopny s vysokým výkonem (od 20 MW) společně s tepelnou energií vyrábí i energii elektrickou. Z důvodu pokrytí velkých oblastí je teplo většinou dodáváno do sekundárních předávacích stanic, na které jsou následně napojené konečné otopné soustavy [2].

## 1.2 Střední zdroje tepla

S výkonem mezi 500 až 3500 kW jsou střední zdroje tepla určeny pro vytápění jedné nebo více budov, bytových komplexů a obchodních center. Do těchto budov dodávají tepelnou energii pro vytápění, případně i ohřívají užitkovou vodu [1].

Mezi základní parametry, pro dělení domovních kotelen, patří dělení podle druhu spalovaného paliva (plynné, kapalné, pevné), druhu teplotnosné látky (voda, pára) a počtu okruhů. Jednookruhový, v případě že kotel slouží pouze k vytápění a dvouokruhové, pokud je zdroj tepla určený i k ohřevu vody [2].

## 1.3 Malé zdroje tepla

Malé zdroje tepla pracují s výkonem až 70 kW a jsou určeny k vytápění bytových jednotek, rodinných domů nebo kanceláří. Kotle do 50 kW jsou označovány jako spotřebiče pod podmínkou, že spalují plynné palivo. Návrhy teplo-vodních a nízkotlakých parních zdrojů tepla na kapalná a tuhá paliva s výkonem do 50 kW se řídí dle normy ČSN 07 0245 [1][2].

Pro kotelny rodinných domů jsou vhodné malé zdroje tepla s výkonem do 50kW, které k výrobě tepla využívají spalování pevného paliva (dřevo, uhlí) nebo plynu. V současné době je také čím dál častější využívání nízko potenciální energie obsažené v okolí např. v atmosférické vzduchu, podzemní vodě nebo podloží [3].

### 1.3.1 Kotle na tuhá paliva

Kotel na tuhá paliva je zařízení určené k ohřevu teplotnosné látky (vody) v otopné soustavě pomocí tepla získaného ze spalování pevného paliva (kusové dřevo a pelety, hnědé a černé uhlí). Důležitou vlastností kotle na tuhá paliva je způsob přísunu vzduchu, který lze rozdělit na:

**Přirozený** – Vlivem tahu komína dochází k prodělení spalovaného vzduch speciálními otvory.

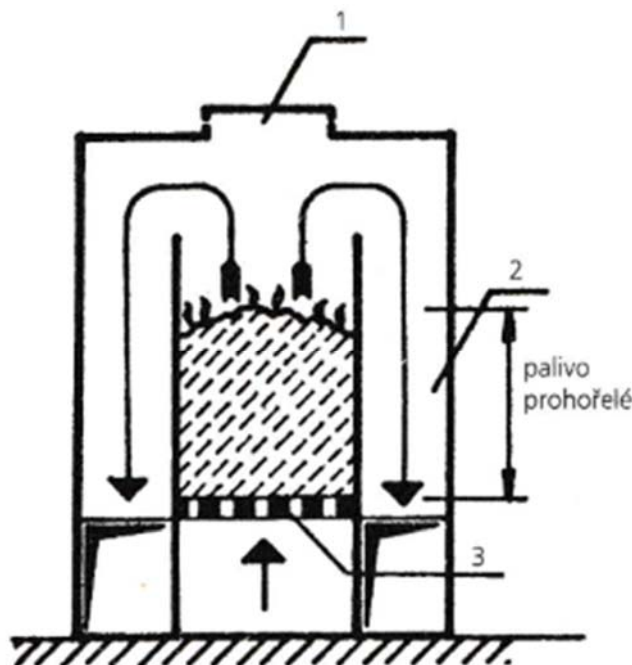
**Vynucený** – Podtlak v ohništi je vytvářen a regulován odtahovým ventilátorem, nebo je vzduch stlačován a vháněn stlačovacím ventilátorem, z toho vyplývá větší kontrola nad spalovacím procesem [4].

Dalším důležitým parametrem je způsob přikládání paliva do kotle. Prvním způsobem je ruční přikládání přes přikládací dvířka, která jsou situována na horní části kotle, buďto je na čele kotle nebo je umístěn ze shora. Dalším způsobem plnění kotle je samočinné přikládání paliva ze zásobníku, který je z principu objemnější než zásobník samotného kotle, aby se předešlo nekontinuálnímu přívodu paliva a byla zajištěna stabilita spalovacího procesu. K tomuto druhu plnění je potřebná řídicí jednotka, která zajišťuje plynulý provoz kotle a komunikaci s uživatelem.[5] Teplo uvolněné spalováním paliva je následně rozváděno otopnou soustavou po objektu. V případě že dojde k předimenzování zdroje tepla (příliš vysoký výkon) pro daný objekt, je vhodné zakomponovat akumulární nádobu do otopné soustavy [5].

- **Prohořivací kotle**

Prohořivací kotle také označované jako kotle s horním ožehem, jelikož palivo hoří zdola nahoru, se skládají ze dvou komor. Horní komora slouží k uskladnění paliva, které se do kotle vkládá násypníkem, jenž se nachází na vrchní straně nebo z boku kotle (viz obrázek 1.1). Druhá komora slouží jako popelník a je od horní komory oddělena roštem. Vzduch je přiváděn přes spodní komoru a dále pak prochází i se spalinami přes celou vrstvu paliva. Spaliny jsou poté odváděny kotlovými tahy v horní části přikládací komory nebo po jejich stranách.

U prohořivacích kotlů dochází k hoření celé vrstvy paliva, tudíž je jeho výkon nerovnoměrný a závislý na množství hořícího paliva. Tyto kotle spadají do první případně druhé emisní třídy, jedná se tedy o kotle s vysokými emisemi [1] [4] [5].

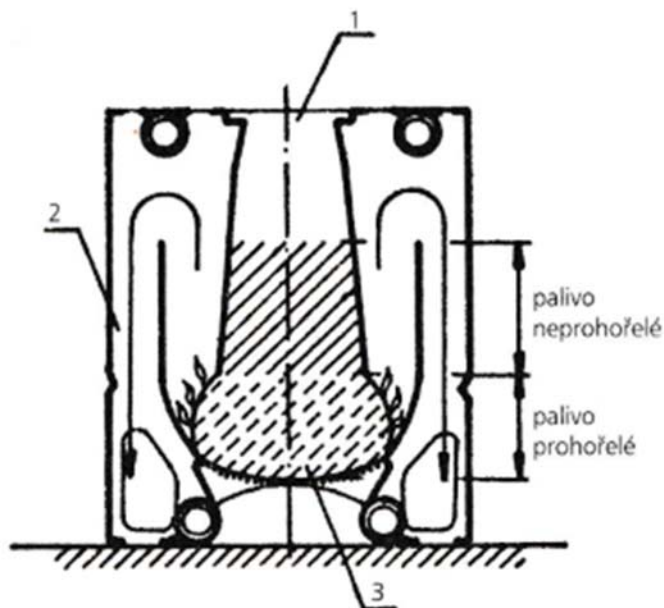


obrázek 1.1 - Schéma prohořivacího kotle; 1 - násypná šachta, 2 - kotlové tahy, 3 – rošt [1]

### • Odhořivací kotle

Odhořivací kotle mají podobnou konstrukci jako kotle prohořivací. Horní komora opět slouží jako zásobník paliva a její součástí jsou příkladací dvířka. Spodní komora je od té horní oddělena roštem a slouží jako popelník. Hlavní rozdíl je v tom že spaliny neprocházejí celou vrstvou paliva, ale jsou odváděny přes spodní komoru (popelník) nebo po stranách kotle (viz obrázek 1.2) To má za následek, že ke spalování paliva dochází pouze ve spodní části kotle při stálé teplotě. Palivo se poté na rošt posouvá vlastní vahou. Vzduch je do spalovací komory vháněn přes rošt z popelníku pomocí vlastního tahu komínu nebo pomocí ventilátoru.

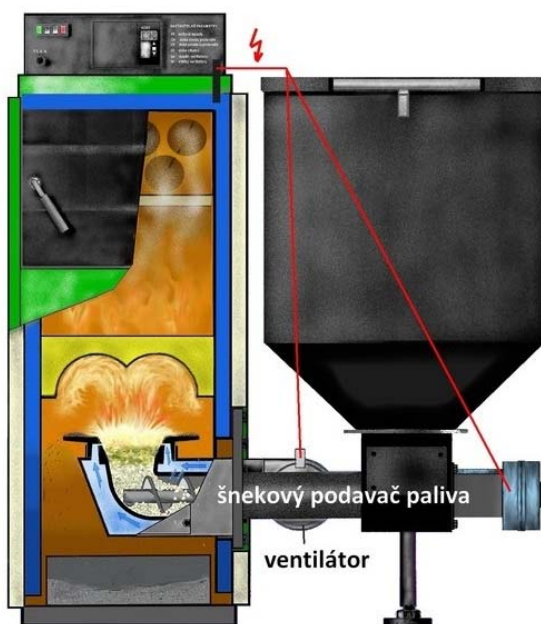
Kotle se spodním ožehem jsou díky stabilnějšímu procesu hoření schopny poskytnout stabilnější výkon než kotle prohořivací, který také překonává nižšími emisemi [1] [4] [5].



obrázek 1.2 - Schéma odhořivacího kotle; 1 - násypná šachta, 2 - kotlové tahy, 3 – rošt [1]

- **Zplynovací kotle**

Za zplynovací kotel může být považován kterýkoliv z předchozích typů. Zplynovací kotle se ovšem od prohořivacích nebo odhořivacích kotlů liší vestavěným ventilátorem, který slouží k regulaci vstupního vzduchu, což má za následek lepší kontrolu nad spalováním paliva. Samotné spalování, pak probíhá ve dvou fázích. V první fázi dochází k přeměně pevného paliva na plyn. Tento plyn je poté smíchán se vzduchem a v druhé fázi dochází k hoření této směsi.



obrázek 1.3 - Zplynovací kotel [4]

Jelikož přísun vzduch není závislý na vlastním tahu komína, získáváme vyšší kontrolu nad spalovacím procesem. V dnešní době se na trhu setkáváme většinou pouze se zplynovacími kotli, a to díky lepší regulovatelnosti a dvoufázovému způsobu hoření, díky kterému dosahujeme efektivnějšího využití paliva a ekologičtějšího provozu. K zefektivnění topného procesu bývá rozšířen o externí zásobník paliva s automatickým dopravníkem (viz obrázek 1.3) pro zajištění nepřetržité dodávky paliva [4] [5].

### 1.3.2 Plynové kotle

U těchto typů kotle dochází ke spalování plynného paliva nejčastěji zemní plyn nebo propan-butan, v dnešní době se také rozšiřuje i využívání bio-plynu. Stejně jako kotle na pevná paliva jsou tyto kotle napojeny na otopné soustavy, kterými je teplo vzniklé při spalování směsi paliva a vzduchu transportováno pomocí teplonosné látky (voda) [2]. Pro zvýšení efektivnosti se do tahů kotle přidává kondenzátor napojený na otopnou soustavu. Na kondenzátoru poté spaliny předávají přídavné množství tepla. Při předávání energie ovšem dochází ke kondenzaci vodní páry obsažené ve spalinách a je tudíž třeba zajistit odvod kondenzátu mimo kotel.

- **Plynové spotřebiče**

Také označované jako nástěnné kotle jsou zařízení vyznačující se svým menším tepelným výkonem. Jako palivo se ve většině případů používá zemní plyn, ojediněle i propan-butan. Základními konstrukčními prvky jsou přívod vzduchu, spalovací komora, hořák a výměník tepla. Primární rozdělení je dle způsobu přívodu vzduchu do spotřebiče:

**Otevřené plynové spotřebiče** – Vzduch je přiváděn z místnosti, kde je spotřebič instalován, spaliny jsou odváděny přirozeným nebo nuceným způsobem komínovou šachtou (nutné zajistit větrání místnosti).

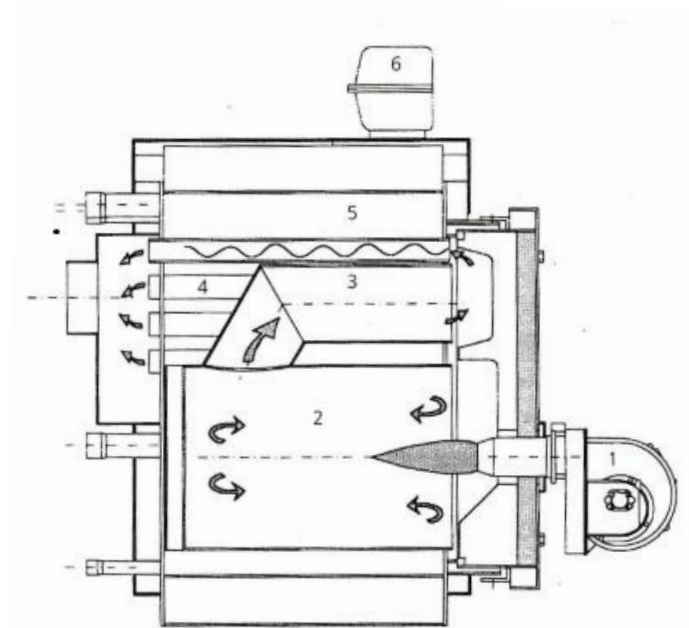
**Uzavřené plynové spotřebiče** – Vzduch je do spalovací komory přiváděn šachtou, tudíž je celý spalovací okruh oddělen od místnosti, kde se spotřebič nachází [1][2].

- **Kotle s atmosférickým hořákem**

Tyto kotle se vyznačují přívodem vzduchu, který je do kotle přiváděn z jeho okolí při atmosférickém tlaku (nutné zajistit větrání), poté je do spalovací komory přiváděn společně s plynem, který je odebírán ze sítě pod tlakem až 2000 Pa. Konstrukčně se skládají z litinových článků, armatury hořákové soustavy, sloužící k regulaci hoření, přerušovačem tahu a otevřenou spalovací komorou [2].

### • Kotle s tlakovým hořákem

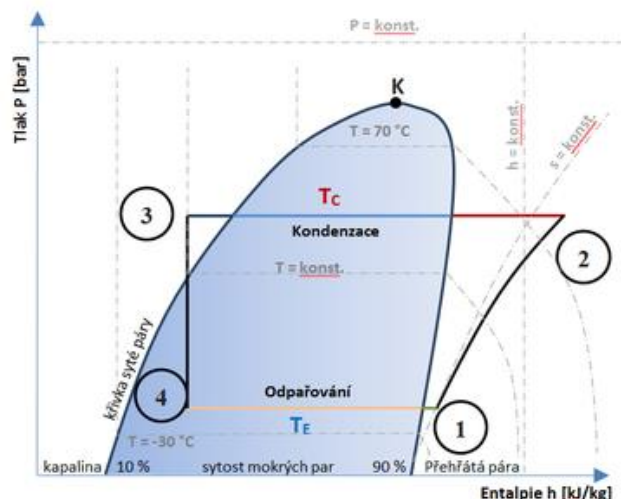
Díky většímu využití tepla vzniklého při spalování jsou tyto kotle vhodné pro vytápění obecně rozsáhlejších objektů, jako jsou bytové domy a kanceláře. Do otopné soustavy přechází více tepla, jelikož jsou tyto kotle konstruovány s dvěma až třemi tahy, což jsou v podstatě přídavné plochy, na kterých spaliny předávají teplo před tím, než jsou odvedeny komínovým tělesem [2].



obrázek 1.4 - Tří tahový plynový kotel s tlakovým hořákem; 1 - plynový hořák, 2 – spalovací komora, 3 - sběrač spalin, 4 - trubková výhřevná plocha II. tahu vedení spalin, 5 - dodatková spalinová teplosměnná obratová komora III. Tahu, 6 - řídicí jednotka [2]

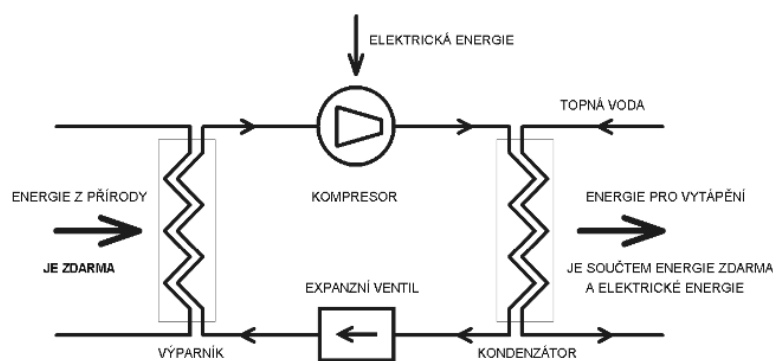
### 1.3.3 Tepelná čerpadla

Na rozdíl od dříve zmíněných zdrojů tepla tepelná čerpadla neuvolňují teplo při spalování paliva, místo toho převádí (čerpají) nízko potenciální teplo z okolí (okolní vzduch, voda, podloží) na vyšší teplotní úroveň do teplonosného media (voda, vzduch).



obrázek 1.5 - Reálný Rankinův oběh [6]

Tepelné čerpadlo se skládá z několika základních součástí: dva výměníky tepla, expanzní ventil a kompresor (viz obrázek 1.6). Úkolem prvního výměníku, jinak také výparníku, je příjem tepla z okolí do teplonosného média (bod 4 až 1), které se odpaří a je odváděno do kompresoru, ve kterém je stlačeno na úroveň přehřáté páry (bod 1 až 2). Z kompresoru se chladivo dostává do druhého výměníku (kondenzátor), ve kterém dochází k předání tepla do otopné soustavy nebo akumulární nádoby (bod 2 až 3) [6]. Z kondenzátoru pokračuje chladivo do termostatického expanzního ventilu, ve kterém dojde ke zkapalnění teplonosného media (viz obrázek 1.5). Jelikož tepelná čerpadla teplo pouze transportují, je třeba do celé soustavy dodávat energii pomocí kompresoru, poháněného elektrickým motorem.



obrázek 1.6 - Schéma tepelného čerpadla [7]

Základní veličinou je tzv. topný faktor (COP), jež se počítá jako podíl získaného tepla ( $Q_{23}$ ) a spotřebované energie pohonu ( $P_{21}$ ) dle rovnice (1.1). COP se dle typu tepelného čerpadla pohybuje mezi  $2.5 \div 5$  a je bezrozměrný. Elektrický příkon je daný typem motoru

pohánějící kompresor, množství tepla transportovaného tepelným čerpadlem je závislé na prostředí, ze kterého je teplo odebíráno. Dle zdroje tepla rozlišujeme tři základní typy tepelných čerpadel: vzduch-voda, voda-voda a země-voda [5] [7].

$$\text{COP} = \frac{Q_{23}}{P_{21}} \quad (1.1)$$

### • Vzduch-voda

Součástí konstrukce tohoto typu tepelného čerpadla je větrák připojený k výparníku. Tento větrák zajišťuje proud venkovního vzduchu, ze kterého tepelné čerpadlo odebírá teplo. Tyto čerpadla se dále pak dělí na dělená (split) a kompaktní. U provedení split se výparník a některé další části nacházejí mimo vytápěný komplex, na kondenzátor je napojen izolovanými trubkami, ve kterých proudí teplotonosná látka. Kompaktní tepelné čerpadlo se může nacházet buď venku, nebo uvnitř domu [7].

System vzduch-voda je cenově nejdostupnější z dříve zmíněných variant. Jeho instalace nevyžaduje úpravu terénu. Venkovní vzduch je ovšem na rozdíl od vody a podloží nestabilní zdroj tepla, tudíž účinnost těchto tepelných čerpadel klesá s venkovní teplotou ( $-10 \div -5 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Obvykle se proto čerpadlo nedimenzuje na celkové pokrytí tepelných ztrát, ale s přídatným zdrojem tepla např. s elektrokotlem, nebo s původním zdroj tepla [6] [7].

### • Voda-voda

System voda-voda, je konstrukčně podobný předešlému typu, avšak jak z názvu vyplývá, využívá jako zdroj tepla vodu, a to buď vodu podzemní (studna), nebo povrchovou (řeka, rybník).

Hlavní výhodou použití podzemní vody jako zdroje tepla je fakt, že si voda ve studni drží stálou teplotu po celý rok, nedochází tedy k ztrátě účinnosti jako u systému vzduch-voda. Vyskytují se u něj ovšem jiné problémy, jako například požadavky na čistotu vody, nebo nárok na stabilní přítok studny, což je většinou rozhodující podmínka pro instalaci tohoto typu tepelného čerpadla. Dále pak je zde nárůst spotřebované energie, protože je třeba vodu ze studny k výparníku dopravit pomocí přídatného čerpadla.

V případě využívání povrchové vody, lze použít buďto přídatné čerpadlo na transport vody k výparníku, nebo uložit kolektor přímo na dno toku (jezera). Stejně jako u podzemní vody i zde hrozí nebezpečí namrzání vody ve výparníku při nadměrném odběru tepla [7].

- **Země-voda**

Tento typ tepelného čerpadla využívá jako zdroj tepla energii uloženou v půdě. Jedná se o zdroj s nejmenším potenciálem, což vede ke snížení COP, avšak tento pokles je vyvážen nízkým příkonem oběhového čerpadla. Z konstrukčního hlediska rozlišujeme dva typy uspořádání kolektorů: horizontální a vertikální.

Horizontální kolektor se skládá ze systému plastových trubek naplněných chladivem uložených v hloubce cca 1,5 m. U vertikálního uložení jsou plastové trubky uloženy ve svislých vrtech do hloubky až 100 m, přičemž od hloubky cca 10 m je teplota podloží stabilní celoročně [7].

### **1.3.4 Solární panely**

Jinak také označované jako fototermické kolektory jsou zařízení určené k přeměně slunečního záření na teplo. Sluneční záření dopadá na absorpční plochu, pod kterou je trubkový tepelný výměník, ze kterého je teplo odvedeno teplotonosnou látkou do akumulární nádoby. Jedná se o jednoduchý a levný způsob ohřevu vody, který lze také použít k částečné kompenzaci nedostatků tepelného čerpadla typu vzduch-voda [3].

## 2 Výpočet tepelných ztrát

### 2.1 Popis rodinného domu

Pro návrh zdroje tepla a výpočet tepelných ztrát byl zvolen rodinný dům zkolaudovaný v roce 2001 s půdní vestavbou a částečným podsklepením. Obvodové a nosné zdi jsou postaveny z cihlových bloků CD 440 (440x240x290) a pro větší izolaci jsou vnější stěny obloženy plnými pálenými cihlami P 100. Z vnější strany je objekt obložen deskami z pěnového polystyrenu o tloušťce 10 cm. Součástí domu je i garáž, která je uvažována jako otevřená, a tudíž se ve výpočtu nezohledňuje.

Přízemí je rozděleno na několik místností: kuchyně, spíž, obývací pokoj, koupelny, WC, ložnice, dětský pokoj, chodba, předsín a schodiště (viz Příloha A). Dělicí příčky v přízemí jsou postaveny z Ytong P3 550. Strop a podlaha jsou z betonu. Další vrstvy podlah se liší dle jednotlivých místností.

Půdní vestavba byla do objektu přistavěna v roce 2007 a skládá se z dvou pokojů, koupelny a chodby (viz Příloha B). Jednotlivé pokoje jsou odděleny stěnami z tvárnice Ytong P3-550, které jsou z vnitřní strany, stejně jako stropy, obloženy sádkartonovými deskami.

### 2.2 Výpočet

Pro výpočet tepelných ztrát vybraného objektu byla zvolena norma ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu Část 1: Tepelný výkon pro vytápění. Tato norma udává postup výpočtu a parametry.

#### 2.2.1 Klimatické údaje

Pro určení tepelného výkonu objektu jsou důležité klimatické údaje dané oblasti. Těmito údaji jsou průměrná venkovní teplota dané oblasti pro dané topné období  $\theta_{m,e}$  a výpočtová venkovní teplota  $\theta_e$ . Hodnoty výpočtové i průměrné venkovní teploty jsou spolu s délkou topné sezóny jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Tabulka 2.1- Klimatické údaje (oblast Znojmo)

Klimatické údaje	Značení	Hodnota	Jednotka
Délka otopného období	d	226	[dny]
Průměrná venkovní teplota	$\theta_{m,e}$	3,9	[°C]
Venkovní výpočtová teplota	$\theta_e$	-12	[°C]

## 2.2.2 Parametry domu

Pro určení tepelných ztrát je důležité znát následující hodnoty jednotlivých místností:  $\theta_{\text{inner},i}$  vnitřní výpočtová teplota místnosti, plocha stavební části  $A_k$  a vnitřní objem vytápěné prostoru  $V_i$ , všechny tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.2. Hodnoty  $A_k$  a  $V_i$  vyplívají z výkresové dokumentace, zatím co teplota místností je dána přímo použitou normou.

Tabulka 2.2 – Výpočtové parametry budovy

Místnost	$\theta_{\text{inner},i}$	$A_k$	$V_i$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Obývací pokoj	20	22,80	59,28
Koupelna (přízemí)	24	7,44	19,34
WC	20	3,12	8,11
Ložnice	20	12,25	31,85
Pokoj (přízemí)	20	12,25	31,85
Předsíň	15	2,67	6,94
Schodiště	10	4,41	11,47
Spíž	5	2,00	5,20
Kuchyně	20	15,69	41,60
Chodba (přízemí)	15	12,25	31,85
Pokoj I (patro)	20	12,81	26,03
Pokoj II (patro)	20	13,10	26,44
Koupelna (patro)	24	7,15	13,66
Chodba (patro)	15	9,07	20,65

Součástí objektu je částečné podsklepení přízemí a půda, která sousedí s půdní vestavbou. Teploty pro tyto nevytápěné místnosti jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Tabulka 2.3 – Dodatkové parametry pro nevytápěné prostory

	Půda	Sklep
Teplota místnosti [°C]	-3	3

### 2.2.3 Prostup tepla

#### Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(K·m)]

Základní veličina potřebná pro výpočet tepelného toku přes stěnu je součinitel tepelné vodivosti, který se značí  $\lambda$ , tento součinitel popisuje schopnosti materiálu vést teplo. Z rovnice (2.1) vyplývá, že je přímo závislí na hustotě tepelného toku a rozdílu teplot, které jsou v tomto případě uvažovány v čase neměnné.

Hodnota součinitel  $\lambda$  lze najít v normě, nebo je uváděna přímo výrobcem daného materiálu. Obecně se požaduje co nejnižší hodnota, ze které plynou lepší izolační vlastnosti, a tudíž i menší tepelné ztráty [9][10].

$$\lambda = \frac{\dot{q}}{-\text{grad}\theta} \quad (2.1)$$

#### Tepelný odpor $R$ [m<sup>2</sup>·K/W]

Tepelný odpor vyjadřuje odpor materiálu proti vedení tepla a je závislí na tloušťce stěny  $d$  a součiniteli tepelné vodivosti  $\lambda$  viz rovnice (2.2) [10].

$$R_k = \sum_1^n \frac{d_k}{\lambda_k} \quad (2.2)$$

Pro určení celkového tepelného odporu stěny  $R_{\text{total},i}$  je třeba zahrnout i odpor při přestupu tepla v interiéru  $R_{\text{si}}$  a odpor při přestupu tepla na vnější straně  $R_{\text{se}}$  společně s odporem dané stěny  $R_k$  (2.3) [10].

$$R_{\text{total},k} = R_{\text{se}} + R_k + R_{\text{si}} \quad (2.3)$$

#### Součinitel prostupu tepla $U$ [W/m<sup>2</sup>·K]

Základní veličinou potřebnou pro normalizovaný výpočet tepelných ztrát je součinitel prostupu tepla  $U$ , který vyjadřuje celkovou tepelnou výměnu mezi dvěma prostory, jež jsou odděleny určitou konstrukcí (stěnou). Hodnota součinitele prostupu tepla je nepřímo úměrná celkovému tepelnému odporu, což vyplývá z rovnice (2.4) [10].

$$U_k = \frac{1}{R_{\text{total},k}} \quad (2.4)$$

Tabulka 2.4 – Součinitele prostupu tepla pro jednotlivé části objektu

Část objektu	$U_k$
	[W/m <sup>2</sup> ·K]
Obvodové stěny	0,30
Nosné stěny	1,32
Příčky	1,05; 1,03; 0,30 <sup>1</sup>
Okna	1,50
Podlah	_2
Strop (přízemí)	2,56, 0,60 <sup>3</sup>
Strop (patro)	0,14
Vchodové dveře	1,40
Vnitřní dveře	1,60

## 2.2.4 Tepelné ztráty prostupem

Tepelná ztráta prostupem  $\Phi_{T,i}$  se dle normy počítá pomocí měrných tepelných toků a je přímo závislá na rozdílu vnitřní a vnější teploty prostředí (2.5).

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iea} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{inner,i} - \theta_e) \quad (2.5)$$

### • Měrný tepelný tok $H_{T,ie}$ [W/K]

Tento součinitel určuje tepelné ztráty mezi vnitřním a vnějším prostorem a počítá se dle rovnice (2.6). Při jeho výpočtu je třeba zohlednit místa, kde dochází ke zvýšení přenosu tepla tzv. tepelné mosty (okna, rohy místností). Tyto tepelné mosty byly zohledněny pomocí lineárního činitele tepelné vazby  $\psi$  [11].

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ie,k}) + \sum_l (l_l \cdot \psi_l \cdot f_{ie,k}) \quad (2.6)$$

<sup>1</sup> Součinitel prostupu tepla obsahuje tři hodnoty. První hodnota je pro příčky v přízemí, druhá pro příčky v prvním patře a třetí hodnota je pro příčku oddělující půdní vestavbu od zbytku půdy.

<sup>2</sup> Součinitel prostupu tepla pro podlahu jsem se rozhodl umístit ke každé místnosti zvlášť, jelikož je pro jednotlivé místnosti liší

<sup>3</sup> První hodnota součinitele tepla je pro nezastavěnou část půdy, druhá hodnota je pro část půdy s půdní vestavbou

Tabulka 2.5 – Součinitel tepelných ztrát do okolí pro koupelnu (přízemí)

Stavební část	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]
Obvodová zeď	7,46	0,3	1,00	2,24
Okna	0,60	1,50	1,00	0,90
Tepelné mosty	-	-	1,00	0,60
<b>Měrný tepelný tok do okolí</b>				<b>3,74</b>

- **Měrný tepelný tok  $H_{T,ia}$  [W/K]**

Tato hodnota popisuje tepelnou ztrátu prostupem mezi dvěma vytápěnými prostory, které se nacházejí v objektu. K tomuto úbytku dochází vlivem rozdílných teplot vytápěných místností. Výpočet je normalizovaný (2.7) a provádí se za stálých teplot.

$$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad (2.7)$$

Při výpočtu součinitele  $H_{T,ia}$  se využívá teplotní opravný součinitel  $f_{ia,k}$  který získáme z rovnice (2.8), kde  $\theta_x$  je teplota sousední místnosti.

$$f_{ia,k} = \frac{\theta_{inner,i} - \theta_x}{\theta_{inner,i} - \theta_e} \quad (2.8)$$

Tabulka 2.6 – Součinitel tepelných ztrát do sousedících vytápěných prostor pro koupelnu (přízemí)

Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ia}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]
Nosná stěna	20	6,24	1,32	0,11	0,92
Příčky	20	6,24	1,05	0,11	0,73
	15	5,98	1,05	0,25	1,57
Strop	24	3,70	0,60	0,00	0,00
Vnitřní dveře	15	1,58	1,6	0,25	0,63
<b>Měrný tepelný tok do sousedících vytápěných prostor</b>					<b>3,84</b>

- **Měrný tepelný tok  $H_{T,iea}$  [W/K]**

Udává tepelnou ztrátu přes nevytápěný prostor, ve zvoleném objektu se nachází následující nevytápěné prostory: spíž, schodiště, půda a sklep. Vztah pro získání tohoto součinitele je stejný jako u měrného tepelného toku  $H_{T,ia}$  viz (2.7) a výpočet se provádí v ustáleném stavu.

Tabulka 2.7 – Součinitel tepelných ztrát do sousedního nevytápěného prostoru pro koupelnu (přízemí)

Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]
Strop	-3	3,74	2,56	0,75	7,19

- **Měrný tepelný tok  $H_{T,ig}$  [W/K]**

Tento součinitel určuje tepelnou ztrátu vytápěného prostoru do zeminy za ustáleného stavu. K těmto ztrátám dochází v části přízemí domu, kde není sklep, tudíž se podlaha přímo stýká se zemí.

$$H_{T,ig} = f_{\theta_{ann}} \cdot f_{GW} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k}) \quad (2.9)$$

Pro výpočet součinitele  $H_{T,ig}$  je třeba určit ekvivalentní součinitel prostupu tepla  $U_{equiv,k}$  pro stavební části, které jsou v kontaktu se zemí. Tento součinitel je závislý na hodnotě  $B'$  viz (2.10) a součiniteli prostupu tepla stavební části (podlahy).

$$B' = \frac{A_G}{0,5 * P} \quad (2.10)$$

Dále se pro výpočet  $H_{T,ig}$  používá několik korekčních činitelů. Opravný činitel vlivu změny venkovní teploty v průběhu roku  $f_{\theta_{ann}}$  a opravný součinitel vlivu spodní vody  $f_{GW}$ , ty jsou dány národním nařízením, a tudíž jsou jejich hodnoty fixní. Teplotní opravný činitel se určí dle vztahu (2.11).

$$f_{ig,k} = \frac{\theta_{inner,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{inner,i} - \theta_e} \quad (2.11)$$

Tabulka 2.8 – Součinitel tepelných ztrát do země pro koupelnu (přízemí)

Místnost	$f_{\theta_{ann}}$	$f_{GW}$	$B'$	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$f_{ie,k}$	$H_{T,iea}$
	[-]	[-]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]
Koupelna (přízemí)	1,45	1	4,8	7,44	0,45	0,56	2,71

## 2.2.5 Tepelné ztráty větráním

Tepelná ztráta větráním pro jednotlivé místnosti se spočítá pomocí rovnice (2.12). Ztráty větráním jsou také závislé na rozdílu vnitřní teploty a zadané výpočtové teploty okolí.

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{inner,i} - \theta_e) \quad (2.12)$$

Kde je  $H_{V,i}$  představuje měrnou tepelnou ztrátu, jejíž hodnota je se počítá rovnicí (2.13).

$$H_{V,i} = \rho \cdot c_p \cdot q_{V,i} = c_{eff} \cdot q_{V,i} \quad (2.13)$$

Měrná tepelná ztráta je hlavně závislá na minimálním objemovém průtoku vzduchu  $q_{V,i}$ . Dále pak ve výpočtu hraje roly hustota vzduchu a měrná tepelná kapacita vzduchu, tyto hodnoty jsou normou považovány za konstantní, a tudíž je možné celý vztah zjednodušit a tyto hodnoty nahradit měrnou objemovou tepelnou kapacitou  $c_{eff} = 0,34 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ .

### • Měrný objemový průtok vzduchu $q_{V,i}$ [m<sup>3</sup>/h]

Množství vyměněného vzduchu závisí na způsobu větrání. Rozlišují se dva základní typy: přirozené a nucené. Dále pak můžeme rozlišovat větrání na rovnotlaké a nerovnotlaké. V zadaném rodinném domě dochází pouze k rovnotlakému přirozenému větrání, tudíž se hodnota měrného objemového průtoku vzduchu  $q_{V,i}$  zjistí ze vztahu (2.14). Z tohoto vzorce vyplývá, že měrný objemový tok vzduchu závisí na objemu místnosti  $V_i$  a minimální intenzitě větrání  $n_{min,i}$ , jejíž hodnotu udává norma.

$$q_{V,i} = V_i \cdot n_{min,i} \quad (2.14)$$

Pro výpočet tepelných ztrát větráním byla použita zjednodušená metoda pro jednotlivé místnosti objektu, z této metody vychází vztah (2.14). Rozdílem oproti obecné metodě je zanedbání objemového průtoku vzduchu netěsnostmi objektu.

Tabulka 2.9 – Měrná tepelná ztráta větráním pro koupelnu v patře

Místnost	$V_i$	$n_{\min,i}$	$q_{v,i}$	$H_{v,i}$
	[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	[W/K]	[W/K]
Koupelna (patro)	13,59	0,50	6,79	2,31

## 2.2.6 Celková tepelná ztráta

- Celková tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_T = \sum_i \Phi_{T,i} \quad (2.15)$$

Jak již bylo zmíněno tepelné ztráty prostupem pro jednotlivé místnosti  $\Phi_{T,i}$  se určí pomocí rovnice (2.5), celkové ztráty prostupem pak vychází z rovnice (2.15). Veškeré tepelné ztráty pro vytápěné místnosti v objektu jsou uvedeny v Tabulka 2.10.

Tabulka 2.10 – Celkové tepelná ztráta objektu prostupem

Místnost	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$	$(\theta_{\text{inner},i} - \theta_e)$	$\Phi_{T,i}$
	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[K]	[W]
Obývací pokoj	12,87	8,03	-	7,48	32	908,16
Koupelna (přízemí)	3,47	3,84	7,19	2,71	36	619,56
WC	2,00	-0,36	-	1,02	32	85,12
Ložnice	9,31	0,56	-	4,47	32	458,88
Pokoj (přízemí)	9,31	0,56	6,32	0,74	32	541,76
Předsíň	2,62	0,00	4,51	-	27	192,51
Kuchyně	12,66	0,53	38,36	-	32	1649,60
Chodba (přízemí)	-	-7,56	2,95	1,08	27	-95,31
Pokoj I (patro)	6,67	-0,08	0,69	-	32	232,96
Pokoj II (patro)	4,18	2,22	6,93	-	32	426,56
Koupelna (patro)	3,08	2,92	1,27	-	36	261,72
Chodba (patro)	0,33	-1,71	3,58	-	27	59,40
<b>Celková tepelná ztráta prostupem z domu do okolí <math>\Phi_T</math></b>						<b>5341,92</b>

- **Celková tepelná ztráta větráním**

$$\Phi_V = \sum_i \Phi_{V,i} \quad (2.16)$$

Tepelné ztráty větráním pro celou stavbu se spočítají pomocí rovnice (2.16). Hodnoty pro tento výpočet, včetně celkové tepelné ztráty, jsou uvedeny v Tabulka 2.11.

Tabulka 2.11 – Celková tepelná ztráta objektu větráním

Místnost	$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$n_{min,i}$ [h <sup>-1</sup> ]	$H_{T,iea}$ [W/K]	$q_{V,i}$ [W/K]	$(\theta_{inner,i} - \theta_e)$ [K]	$\Phi_{V,i}$ [W]
Obývací pokoj	59,28	0,50	29,64	10,08	32	322,48
Koupelna (přízemí)	19,34	0,50	9,67	3,29	36	118,36
WC	8,11	0,50	4,06	1,38	32	44,13
Ložnice	29,12	0,50	14,56	4,95	32	158,41
Pokoj (přízemí)	29,12	0,50	14,56	4,95	32	158,41
Předsíň	6,94	0,50	3,47	1,18	27	31,86
Kuchyně	40,79	0,50	20,40	6,93	32	221,92
Pokoj I (patro)	25,95	0,50	12,97	4,41	32	141,16
Pokoj II (patro)	27,85	0,50	13,93	4,73	32	151,52
Koupelna (patro)	13,59	0,50	6,79	2,31	36	83,16
<b>Celková tepelná ztráta objektu větráním</b>						<b>1431,43</b>

- **Celkové tepelné ztráty objektu**

$$\Phi_{HL,buid} = \Phi_T + \Phi_V \quad (2.17)$$

Tabulka 2.12 – Celkové tepelné ztráty rodinného domu

Tepelné ztráty	Značka	Hodnota	Jednotka
Prostupem	$\Phi_T$	5340,92	
Větráním	$\Phi_V$	1431,43	[W]
Celkové	$\Phi_{HL,buid}$	6772,35	

## 2.2.7 Celková roční potřeba tepla

Pro určení ročních nákladů na samotné vytápění je třeba znát množství tepla, které je potřeba k celo sezónnímu vytápění. Tutu hodnotu získáme z rovnice (2.18) [12].

$$\Phi_{\text{VYT},r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot D \cdot \Phi_{\text{HL,buidt}}}{(\theta_{m,i} - \theta_e)} \quad (2.18)$$

Rovnice (2.18) obsahuje hodnotu zvanou denostupeň, který udává závislost teploty na délce topné sezóny viz rovnice (2.19) a opravný součinitel  $\varepsilon$ , který získáme ze vztahu (2.20)

$$D = d \cdot (\theta_{m,i} - \theta_{m,e}) \quad (2.19)$$

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad (2.20)$$

Tabulka 2.13 – Zvolené hodnoty pro výpočet roční spotřeby tepla

Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	$e_i = 0,85$
Snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci	$e_t = 0,9$
Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	$e_d = 1$
Účinnost možnosti regulace soustavy	$\eta_o = 0,95$
Účinnost rozvodu vytápění	$\eta_r = 0,98$
Průměrná teplota vytápěných místností	$\theta_{m,i} = 19,41 \text{ }^\circ\text{C}$

### Denostupeň

$$D = d \cdot (\theta_{m,i} - \theta_{m,e}) = 226 \cdot (19,41 - 3,9) = 3505,26 \text{ K} \cdot \text{dny}$$

### Opravný součinitel

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765$$

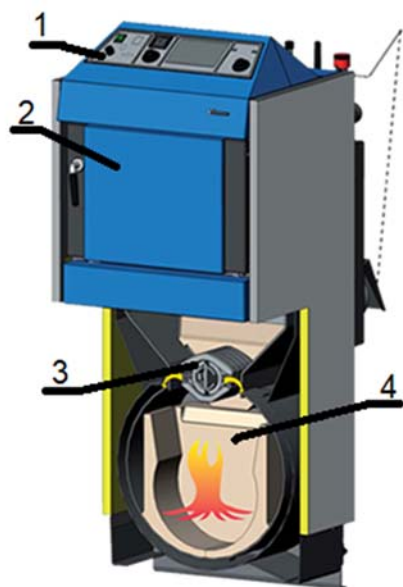
### Roční spotřeba tepla

$$\Phi_{\text{VYT},r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot D \cdot \Phi_{\text{HL,buidt}}}{(\theta_{m,i} - \theta_e)} = \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,98} \cdot \frac{24 \cdot 3505,26 \cdot 6,77}{(19,41 - (-12))} = 14,9 \text{ MWh/rok}$$

### 3 Porovnání zdrojů tepla

#### 3.1 ATMOS Kombi C30s

Původním zdrojem tepla u daného objektu (rodinného domu) byl zplynovací kotel od firmy ATMOS. Tento typ kotle je primárně určen ke spalování hnědého uhlí s možností použití kusového dřeva nebo případně dřevěných pelet. Tělo kotle je svařenec z plechů a skládá se ze dvou vertikálně uložených komor, přičemž horní komora slouží k zátopu a jako zásobník paliva. Ve spodní komoře dochází ke spalování a je v ní ukládán popel. Obě komory jsou rozděleny otočným roštem (viz obrázek 3.1). V zadní části kotle se nachází spalínový kanál, který má v horní části zatápěcí klapku a přípojku na komín, pod kterou se také nachází odťahový ventilátor. Kotel je také vybaven chladicí smyčkou, která zabraňuje přehřátí [13].



obrázek 3.1 - Kotel ATMOS Kombi C30s;  
1 - ovládací panel, 2 - příkladací dvířka, 3 - otočný rošt, 4 – popelník [13]

Tabulka 3.1 - Parametry kotle ATMOS Kombi C30s [13]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Jmenovitý výkon	32	[kW]
Obsah násypky	110	[dm <sup>3</sup> ]
Účinnost	85	[%]
Výstupní teplota	80-90	[°C]
Třída energetické účinnosti	C	[-]

### 3.2 NUKLEON HPAW 13+

Od roku 2014 je jako zdroj tepla využívána kombinace tepelného čerpadla a solárních kolektorů (viz obrázek 3.2). Kromě dodávání tepla do otopné soustavy v době topné sezony slouží tento systém k ohřevu užitkové vody přes trubkový výměník. Jak tepelné čerpadlo, tak i kolektory byly pořízeny a instalovány firmou NUKLEON s.r.o..



obrázek 3.2 - Sestava tepelného čerpadla a kolektorů pro rodinný dům [14]

Tepelné čerpadlo je typ vzduch-voda, venkovní vzduch je na lamelový výparník přiváděn ventilátorem. Chladivo označené R 407C je v čerpadle dopravováno pomocí spirálového kompresoru. Z kompresoru je chladivo vedeno do deskového výměníku (akumulační nádoby AVC Smart SLME 400), která se nachází ve sklepě rodinného domu [14].

Tabulka 3.2 – Parametry tepelného čerpadla NUKLEON HPAW 13+ [14]

Parametry	Hodnota	Jednotka
Topný výkon	10,6	[kW]
Topný faktor (COP)	3,5	[-]
Příkon ventilátoru	194	[W]
Příkon kompresoru	3	[kW]

### 3.3 Technicko-ekonomická bilance

#### 3.3.1 Technické srovnání zdrojů tepla

Z technického hlediska porovnáváme celkové tepelné ztráty objektu získané z rovnice (2.20) a jmenovitých výkonů obou zdrojů tepla (viz Tabulka 3.1, Tabulka 3.2). Z těchto dat vyplývá, že obě zařízení mají dostatečný výkon potřebný k pokrytí požadavků na vytopení rodinného domu.

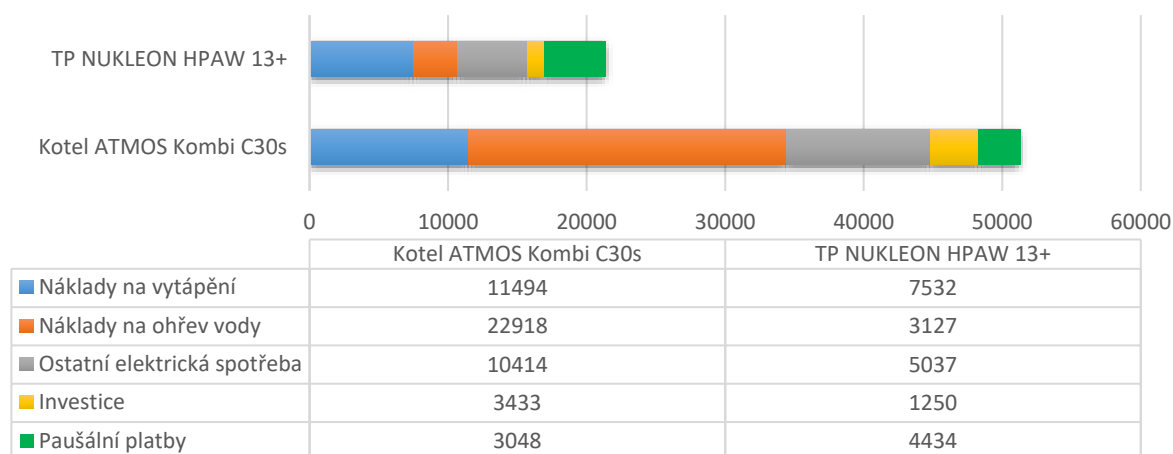
#### 3.3.2 Ekonomické srovnání zdrojů tepla

Při ekonomické bilanci porovnáváme pořizovací cenu a roční náklady na provoz zdroje tepla, tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3 – Ekonomické údaje o zdrojích tepla

Zdroj tepla	Pořizovací cena [Kč]	Roční náklady [Kč]
Kotel ATMOS Kombi C30s	37 000	48667
TP NUKLEON HPAW 13+	250 000	15662

Pro výpočet ročních nákladů byl proveden za pomoci online kalkulačky pro porovnání nákladů na vytápění [15]. Při výpočtu nákladů na vytápění (viz obrázek 3.3) byla uvažována roční spotřeba tepla na vytápění  $\Phi_{\text{VYT},r} = 14,9 \text{ MWh/rok}$  (viz strana 28). Pro kotel ATMOS bylo jako palivo uvažováno smrkové dřevo s průměrnou cenou 3,4 Kč/kg. Pro tepelné čerpadlo jsou pak roční náklady na provoz počítány z cen elektřiny s tarifem D56d.



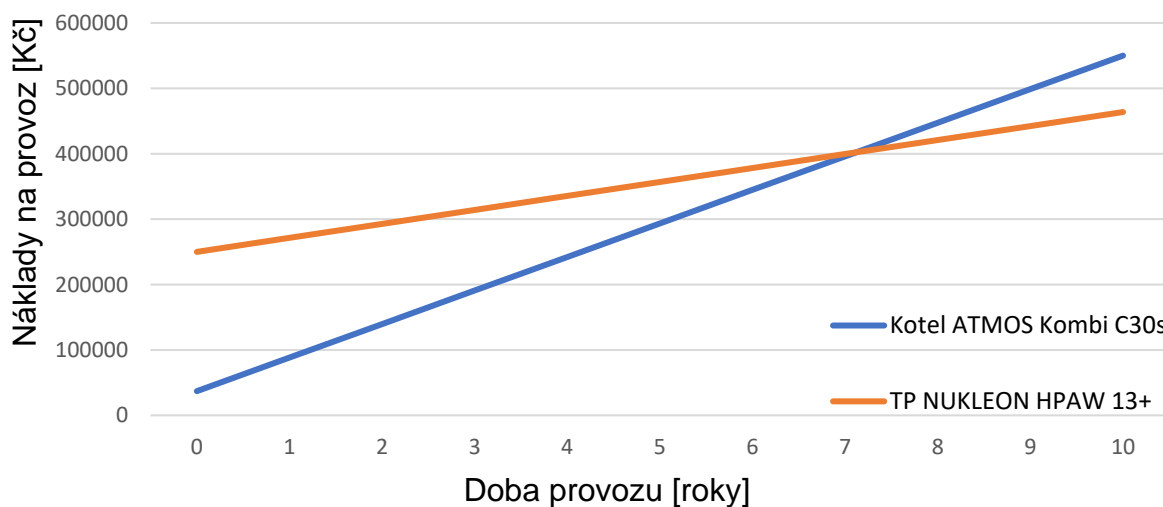
obrázek 3.3 – Roční náklady na provoz

Hlavním rozdílem v hodnotě provozních nákladů je distribuční sazba pro odběr elektrické energie (viz obrázek 3.3). V době, kdy byl jako primární zdroj tepla užíván kotel na tuhá paliva, byla využívána sazba D25d, která je nabízena domácnostem, které mají nižší

spotřebou elektrické energie a jsou vybavené akumulací pro ohřev vody, tato sazba také určuje množství hodin tzv. nízkého tarifu, který je díky této sazbě možné čerpat 8 hodin denně. S instalací tepelného čerpadla došlo k přechodu na zvýhodněnou sazbu D56d, která byla vytvořena za účelem vyrovnaní nákladů za zvýšený odběr elektřiny. Tato sazba umožňuje čerpání nízkého tarifu až 22 hodin denně, zbylé dvě hodiny pak platí klasický vysoký tarif. Tato změna je patrná na podílu nákladů na ostatní elektrickou spotřebu (viz obrázek 3.3).

Dalším důležitým rozdílem je podíl nákladů na ohřev vody (viz obrázek 3.3). Zatímco tepelné čerpadlo slouží jak k vytápění, tak i ohřevu vody, kotel ATMOS fungoval pouze jako zdroj tepla domu. K ohřevu vody byla využívána akumulací nádrž tzv. boiler. V současné době je pro ohřev vody využíváno tepelné čerpadlo (v zimním období) a celoročně (za přivětivých podmínek) tuto funkci plní solární panely (viz obrázek 3.2).

Dále jsou pak do ročních nákladů započteny položky jako paušální platby za elektřinu nebo ceny oprav a jiné výdaje spojené s provozem zdroje (např. revize komínu), tyto výlohy jsou obsaženy v investicích do zdroje (viz obrázek 3.3)



obrázek 3.4 – Porovnání zdrojů tepla

Návratnost investice vyplývá z grafu na obrázek 3.4. Oba zdroje tepla vycházejí ze své pořizovací ceny a jejich náklady rostou s dobou využívání. Z grafu vyplývá, že investice do tepelného čerpadla, i když z počátku dosti převyšuje tu do kotle na pevná paliva, se do sedmi let provozu vrátí, díky výhodnější sazbě na elektrickou energii.

## **ZÁVĚR**

Tato bakalářská práce je rozdělena do tří základních oddílů. Teoretická část obsahuje rešerši zdrojů tepla pro rodinné domy a bytové jednotky a seznámení se s principem jejich funkce a s některými jejich výhodami a nevýhodami. Praktická část se pak zabývá výpočtem tepelných ztrát daného rodinného domu. Celou práci uzavírá ekonomické srovnání původního kotle na dřevo a současně využívaného tepelného čerpadla.

V první části se práce zabývá základními zdroji tepla pro rodinné domy. Jsou v ní popsány klasické spalovací kotle na pevná paliva a plyn. Dále se pak práce věnuje modernějším zdrojům tepla, jako jsou solární panely nebo tepelná čerpadla, u kterých je popsán jak princip transformace tepla z nízké potenciální energie na výtopné teplo, tak i základní rozdělení dle prostředí, ze kterého je teplo odebíráno.

Cílem druhé části této práce bylo spočítat tepelné ztráty na reálném rodinném domě dle normy ČSN EN 12831-1 s pomocí původní technické dokumentace, ze které vycházeli vstupní údaje výpočtu jako jsou rozměry místností a materiál stěn. S výslednou tepelnou ztrátou byli porovnány jmenovité výkony kotle a tepelného čerpadla. Tímto srovnáním bylo zjištěno, že oba zdroje tepla vyhovují požadavkům na vytápění domu.

Při ekonomickém porovnávání kotle a tepelného čerpadla se jako rozhodující faktor ukázal výhodnější tarif na elektrickou energii D56d a spojení systému pro topení a ohřev vody v jeden. Možným alternativním řešením by bylo pořízení pouze akumulční nádoby a solárních panelů bez tepelného čerpadla, tím by se lépe využil několikanásobně větší výkon kotle ATMOS. V budoucnu by další možností byl rozvoj elektrické soběstačnosti pomocí fotovoltaických panelů instalovaných na zbytek střechy. V současné situaci je ovšem ekonomicky výhodnější provoz tepelného čerpadla oproti kotli s návratností investice přibližně do sedmi let provozu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005, 246 s.: il. ISBN 80-8076-020-9.
- [2] LULKVIČOVÁ, Otília. *Zdroje tepla a domovní kotelny*. Bratislava: Jaga, 2004, 223 s.: il., plány; 31 cm. ISBN 80-8076-002-0.
- [3] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s.: il. (některé barev.); 31 cm. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [4] LYČKA, Zdeněk. Jak vybírat nový kotel na pevná paliva. In: *TZB-info.cz* [online]. Praha: Topinfo, 2013 [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- [5] VOTOUPAL, Adam. *Zplyňovací kotle* [online]. Brno, 2017 [cit. 2019-12-30]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/67180>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Energetický ústav. Vedoucí práce Marek Baláš.
- [6] KUČYHNKA, Lubomír. AC Heating: Faktory ovlivňující účinnost tepelných čerpadel. In: *TZB-info.cz* [online]. Praha: Topinfo, 2012 [cit. 2020-02-28]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9147-ac-heating-faktory-ovlivnujici-ucinnost-tepelnych-cerpadel>
- [7] ŽERAVÍK, Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]*. Přerov: Antonín Žeravík, 2003, 311 s.: il. ISBN 80-239-0275-X.
- [8] ČSN EN 12831-1. Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2017.
- [9] ŠTĚTINA, Josef. *Základy přenosu tepla*, 2018. Dostupné z: [https://moodle.vutbr.cz/pluginfile.php/101141/mod\\_label/intro/TT-JS2018-19Z-23-PrenosTepla.pdf](https://moodle.vutbr.cz/pluginfile.php/101141/mod_label/intro/TT-JS2018-19Z-23-PrenosTepla.pdf)
- [10] Názvosloví tepelných izolací, hlavní parametry | *Izolace-info.cz*. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | *Izolace-info.cz* [online]. Copyright © 2008 [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/nazvoslovi-tepelnych-informaci/>
- [11] KAŇKA, Jan a Zbyněk SVOBODA. *Stavební fyzika 31*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02861-5.

[12] *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. TZB-info.cz: Topinfo [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

[13] ATMOS. *Zplynovací kotle na uhlí (dřevo)* [online]. [cit. 2020-01-15] Dostupné z: <https://www.atmos.eu/zplynovaci-kotle-na-uhli-drevo>

[14] McRAI s.r.o.. *Nukleon tepelná čerpadla: HPAW 13+* [online]. [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <http://www.nukleon.cz/hpaw/hpaw-13-/>

[15] *Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii: Výpočet a grafické porovnání včetně investičních a provozních nákladů* [online]. TZB-info.cz: Topinfo, 2001 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
COP	Topný faktor	[-]
$A_G$	Plocha podlahy v kontaktu se zemí	[m <sup>2</sup> ]
$A_k$	Plocha stavební části	[m <sup>2</sup> ]
$B'$	Charakteristické číslo	[-]
$c_{eff}$	Měrná objemová tepelná kapacita	[W·h/m <sup>3</sup> ·K]
$c_p$	Tepelná kapacita vzduchu	[J/kg·K]
$d$	Délka otopného období	[dny]
$D$	Denostupeň	[K·dny]
$d_k$	Tloušťka stěny	[m]
$e_d$	Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	[-]
$e_i$	Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	[-]
$e_t$	Snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci	[-]
$f_{GW}$	Součinitel vlivu spodní vody	[-]
$f_{ie,k}$	Opravný teplotní opravný součinitel	[-]
$f_{ig,k}$	Opravný teplotní součinitel pro prostup do zeminy	[-]
$f_{\theta_{ann}}$	Součinitel změny venkovní teploty v průběhu roku	[-]
$H_{T,ia}$	Měrný tepelný tok do vytápěného prostoru	[W/K]
$H_{T,ie}$	Měrný tepelný tok do okolí	[W/K]
$H_{T,iea}$	Měrný tepelný tok do nevytápěného prostoru	[W/K]
$H_{T,ig}$	Měrný tepelný tok do zeminy	[W/K]
$H_{V,i}$	Měrná tepelná ztráta větráním	[W/K]
$l_l$	Délka tepelné vazby	[m]
$n_{min,i}$	Minimální intenzita větrání	[h <sup>-1</sup> ]
$P$	Nechráněný obvod podlahové desky	[m]
$P_{21}$	Energie spotřebovaná pohonem	[J/kg]
$Q_{23}$	Získané teplo	[J/kg]
$q_{V,i}$	Měrný objemový průtok vzduchu	[m <sup>3</sup> /h]
$R_k$	Tepelný odpor stavební části	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$R_{se}$	Navrhovaný tepelný odpor na vnější straně	[m <sup>2</sup> ·K/W]

$R_{sk}$	Navrhovaný tepelný odpor na vnitřní straně	$[m^2 \cdot K/W]$
$R_{total,k}$	Celkový tepelný odpor	$[m^2 \cdot K/W]$
$U_{equiv,k}$	Ekvivalentní součinitel prostupu	$[W/m^2 \cdot K]$
$U_k$	Součinitel prostupu tepla stavební součásti	$[W/m^2 \cdot K]$
$V_i$	Objem místnosti	$[m^3]$
$\varepsilon$	Opravný součinitel	$[-]$
$\eta_o$	Účinnost možnosti regulace soustavy	$[-]$
$\eta_r$	Účinnost rozvodu vytápění	$[-]$
$\theta_e$	Venkovní výpočtová teplota	$[^\circ C]$
$\theta_{inner,i}$	Výpočtová teplota místnosti	$[^\circ C]$
$\theta_{m,e}$	Průměrná roční teplota	$[^\circ C]$
$\theta_{m,i}$	Průměrná teplota vytápěných místností	$[^\circ C]$
$\theta_x$	Teplota sousední místnosti	$[^\circ C]$
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti	$[W/(K \cdot m)]$
$\rho$	Hustota vzduchu	$[kg/m^3]$
$\Phi_{HL,buidt}$	Celková tepelná ztráta	$[W]$
$\Phi_T$	Tepelná ztráta objektu prostupem	$[W]$
$\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta místnosti prostupem	$[W]$
$\Phi_V$	Tepelná ztráta objektu větráním	$[W]$
$\Phi_{V,i}$	Tepelná ztráta místnosti větráním	$[W]$
$\Phi_{VYT,r}$	Roční spotřeba tepla	$[MWh/rok]$
$\psi_l$	Lineární součinitel tepelné vazby	$[W/m \cdot K]$

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

OBRÁZEK 1.1 - SCHÉMA PROHOŘÍVACÍHO KOTLE [1] .....	12
OBRÁZEK 1.2 - SCHÉMA ODHOŘÍVACÍHO KOTLE [1] .....	13
OBRÁZEK 1.3 - ZPLYNOVACÍ KOTEL [4] .....	13
OBRÁZEK 1.4 - TŘÍ TAHOVÝ PLYNOVÝ KOTEL S TLAKOVÝM HOŘÁKEM [2] .....	15
OBRÁZEK 1.5 - REÁLNÝ RANKINŮV OBĚH [6] .....	16
OBRÁZEK 1.6 - SCHÉMA TEPELNÉHO ČERPADLA [7] .....	16
OBRÁZEK 3.1 - KOTEL ATMOS KOMBI C30s;.....	29
OBRÁZEK 3.2 - SESTAVA TEPELNÉHO ČERPADLA A KOLEKTORŮ PRO RODINNÝ DŮM [14] ....	30
OBRÁZEK 3.3 – ROČNÍ NÁKLADY NA PROVOZ.....	31
OBRÁZEK 3.4 – POROVNÁNÍ ZDROJŮ TEPLA .....	32

## SEZNAM TABULEK

TABULKA 2.1- KLIMATICKÉ ÚDAJE (OBLAST ZNOJMO) .....	19
TABULKA 2.2 – VÝPOČTOVÉ PARAMETRY BUDOVY.....	20
TABULKA 2.3 – DODATKOVÉ PARAMETRY PRO NEVYTÁPĚNÉ PROSTORY.....	20
TABULKA 2.4 – SOUČinitele prostupu tepla pro jednotlivé části objektu .....	22
TABULKA 2.5 – SOUČINITELE TEPELNÝCH ZTRÁT DO OKOLÍ PRO KOUPELNU (PŘÍZEMÍ) .....	23
TABULKA 2.6 – SOUČINITELE TEPELNÝCH ZTRÁT DO SOUSEDÍCÍCH VYTÁPĚNÝCH PROSTOT PRO KOUPELNU (PŘÍZEMÍ) .....	23
TABULKA 2.7 – SOUČINITELE TEPELNÝCH ZTRÁT DO SOUSEDNÍHO NEVYTÁPĚNÉHO PROSTORU PRO KOUPELNU (PŘÍZEMÍ) .....	24
TABULKA 2.8 – SOUČINITELE TEPELNÝCH ZTRÁT DO ZEMĚ PRO KOUPELNU (PŘÍZEMÍ) .....	25
TABULKA 2.9 – MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM PRO KOUPELNU V PATŘE .....	26
TABULKA 2.10 – CELKOVÉ TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU PROSTUPEM .....	26
TABULKA 2.11 – CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU VĚTRÁNÍM .....	27
TABULKA 2.12 – CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY RODINNÉHO DOMU .....	27
TABULKA 2.13 – ZVOLENÉ HODNOTY PRO VÝPOČET ROČNÍ SPOTŘEBY TEPLA .....	28
TABULKA 3.1 - PARAMETRY KOTLE ATMOS KOMBI C30s [13].....	29
TABULKA 3.2 – PARAMETRY TEPELNÉHO ČERPADLA NUKLEON HPAW 13+ [14].....	30
TABULKA 3.3 – EKONOMICKÉ ÚDAJE O ZDROJÍCH TEPLA .....	31

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha A

Příloha B

Příloha C

TABULKA P. 1 – TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO OBÝVÁK .....	41
TABULKA P. 2 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO KOUPELNU (PŘÍZEMÍ).....	41
TABULKA P. 3 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO WC .....	42
TABULKA P. 4 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO LOŽNICI.....	42
TABULKA P. 5 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO POKOJ .....	43
TABULKA P. 6 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO PŘEDSÍŇ .....	43
TABULKA P. 7 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO KUCHYNI .....	44
TABULKA P. 8 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO CHODBU (PŘÍZEMÍ) .....	44
TABULKA P. 9 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO POKOJ I.....	45
TABULKA P. 10 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO POKOJ II.....	45
TABULKA P. 11 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO KOUPELNU (PATRO) .....	46
TABULKA P. 12 - TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM PRO CHODBU (PATRO).....	46

## PŘÍLOHY

Tabulka P. 1 – Tepelné ztráty prostupem pro obývací

Místnost: Obývací						Vnitřní teplota: 20 °C			
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$	
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	
Vnější stěna	-12	22,33	0,3	1,00	6,70	-	-	-	
Okna	-12	3,15	1,50	1,00	4,73	-	-	-	
Nosná stěna	20	13,3	1,32	0,00	-	0,00	-	-	
	24	6,24	1,32	-0,13	-	-2,19	-	-	
Vnitřní dveře	15	1,58	1,6	0,16	-	0,39	-	-	
Podlaha	3,9	22,80	0,45	0,50	-	-	-	7,48	
Strop	-3	22,80	0,60	0,72	-	9,83	-	-	
Tepelné mosty	-	-	-	1,00	1,44	-	-	-	
<b>Měrné tepelné toky</b>					12,87	8,03	0,00	7,48	

Tabulka P. 2 - Tepelné ztráty prostupem pro koupelnu (přízemí)

Místnost: Koupelna (přízemí)						Vnitřní teplota: 24 °C			
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$	
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	
Vnější stěna	-12	7,46	0,3	1,00	2,24	-	-	-	
Okna	-12	0,60	1,50	1,00	0,90	-	-	-	
Nosná stěna	20	6,24	1,32	0,11	-	0,92	-	-	
	20	6,24	1,05	0,11	-	0,73	-	-	
Příčky	15	5,98	1,05	0,25	-	1,57	-	-	
	15	1,58	1,6	0,25	-	0,63	-	-	
Podlaha	3,9	7,44	0,45	0,56	-	-	-	2,71	
Strop	24	3,70	0,60	0,00	-	0,00	-	-	
	-3	3,74	2,56	0,75	-	-	7,19	-	
Tepelné mosty	-	-	-	1,00	0,60	-	-	-	
<b>Měrné tepelné toky</b>					3,74	3,84	7,19	2,71	

Tabulka P. 3 - Tepelné ztráty prostupem pro WC

Místnost: WC					Vnitřní teplota: 20 °C			
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	2,90	0,3	1,00	0,87	-	-	-
Okna	-12	0,48	1,50	1,00	0,72	-	-	-
Nosná stěna	20	6,24	1,32	0,00	-	0,00	-	-
Příčka	24	6,24	1,05	-0,13	-	-0,82	-	-
	15	1,80	1,05	0,16	-	0,30	-	-
Vnitřní dveře	15	1,58	1,6	0,16	-	0,39	-	-
Podlaha	3,9	3,12	0,45	0,50	-	-	-	1,02
Strop	24	3,12	0,60	-0,13	-	-0,23	-	-
Tepelné mosty	-	-	-	1,	0,87	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					2,01	-0,36	0,00	1,02

Tabulka P. 4 - Tepelné ztráty prostupem pro ložnici

Místnost: Ložnice					Vnitřní teplota: 20 °C			
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	15,95	0,3	1,00	4,79	-	-	-
Okna	-12	2,25	1,50	1,00	3,38	-	-	-
Nosná stěna	20	6,24	1,32	0,00	-	0,00	-	-
Příčka	20	9,10	1,05	0,00	-	0,00	-	-
	15	1,024	1,05	0,16	-	0,17	-	-
Vnitřní dveře	15	1,58	1,6	0,16	-	0,39	-	-
Podlaha	3,9	12,25	0,50	0,50	-	-	-	4,47
Strop	20	12,25	0,60	0,00	-	0,00	-	-
Tepelné mosty	-	-	-	1,00	1,15	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					9,31	0,56	0,00	4,47

Tabulka P. 5 - Tepelné ztráty prostupem pro pokoj

Místnost: Pokoj						Vnitřní teplota: 20 °C		
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	15,95	0,3	1,00	4,79	-	-	-
Okna	-12	2,25	1,50	1,00	3,38	-	-	-
Nosná stěna	10	6,5	1,32	0,31	-	-	2,68	-
Příčky	20	9,10	1,05	0,00	-	0,00	-	-
	15	1,02	1,05	0,16	-	0,17	-	-
Vnitřní dveře	15	1,58	1,6	0,16	-	0,39	-	-
Strop	20	12,25	0,60	0,00	-	0,00	-	-
Podlaha	3	10,50	0,45	0,53	-	-	3,64	-
	3,9	1,75	0,58	0,50	-	-	-	0,74
Tepelné mosty	-	-	-	1,00	1,15	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					<b>9,31</b>	<b>0,56</b>	<b>6,32</b>	<b>0,74</b>

Tabulka P. 6 - Tepelné ztráty prostupem pro předsíň

Místnost: Předsíň						Vnitřní teplota: 15 °C		
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	1,02	0,3	1,00	0,31	-	-	-
Vnější dveře	-12	1,58	1,40	1,00	2,21	-	-	-
Vnitřní dveře	15	1,58	1,60	0,00	-	0,00	-	-
Nosná stěna	5	5,46	1,32	0,37	-	-	2,67	-
Strop	-3	2,67	0,60	0,67	-	-	1,07	-
Podlaha	3,00	2,67	0,45	0,44	-	-	0,77	-
Tepelné mosty	-	-	-	1,00	0,11	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					<b>2,62</b>	<b>0,00</b>	<b>4,51</b>	<b>0,00</b>

Tabulka P. 7 - Tepelné ztráty prostupem pro kuchyni

Místnost: Kuchyně					Vnitřní teplota: 20 °C			
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	16,70	0,30	1,00	5,01	-	-	-
Okna	-12	4,23	1,50	1,00	6,35	-	-	-
Nosná stěna	20	14,75	1,32	0,00	-	0,00	-	-
Příčka	5	7,93	1,05	0,47	-	-	3,90	-
	15	1,58	1,60	0,16	-	0,40	-	-
Vnitřní dveře	15	15,69	0,79	0,53	-	-	6,58	-
Podlaha	3	15,69	2,56	0,72	-	-	28,87	-
Strop	-3	0,764	1,05	0,16	-	0,13	-	-
Tepelné mosty	-	-	-	1,00	1,31	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					12,66	0,53	39,36	0,00

Tabulka P. 8 - Tepelné ztráty prostupem pro chodbu (přízemí)

Místnost: Chodba (přízemí)					Vnitřní teplota: 15 °C			
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Nosná stěna	10	3,9	1,32	0,19	-	-	0,95	-
Příčka	20	4,86	1,05	-0,19	-	-0,76	-	-
	24	6,484		-0,33	-	-	-	-
Vnitřní dveře	24	1,58	1,60	-0,33	-	-0,84	-	-
	20	7,88	1,60	-0,19	-	-2,33	-	-
Podlaha	10	1,58	1,60	0,19	-	-	0,47	-
	3	5,28	0,45	0,44	-	-	1,53	-
Strop	3,9	6,98	0,26	0,41	-	-	-	1,08
	20	12,25	0,60	-0,19	-	-1,36	-	-
Tepelné mosty	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					-	-5,29	2,95	1,08

Tabulka P. 9 - Tepelné ztráty prostupem pro pokoj I

Místnost: Pokoj I						Vnitřní teplota: 20 °C		
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	10,11	0,30	1,00	3,03	-	-	-
Okna	-12	1,08	1,50	1,00	1,62	-	-	-
Příčka	20	8,42	1,03	0,00	-	0,00	-	-
	15	0,72	1,03	0,16	-	0,12	-	-
	24	4,56	1,03	-0,13	-	-0,59	-	-
Vnitřní dveře	15	1,58	1,60	0,16	-	0,39	-	-
Podlaha	20	12,81	0,60	0,00	-	0,00	-	-
Strop	-12	7,36	0,14	1,00	1,03	-	-	-
	-3	6,84	0,14	0,72	-	-	0,69	-
Tepelné mosty	-	-	-	-	0,99	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					6,67	-0,08	0,69	-

Tabulka P. 10 - Tepelné ztráty prostupem pro pokoj II

Místnost: Pokoj II						Vnitřní teplota: 20 °C		
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	6,53	0,30	1,00	1,96	-	-	-
Okna	-12	1,08	1,50	1,00	1,62	-	-	-
Nosná stěna	-3	5,86	1,32	0,72	-	-	5,56	-
	20	8,42	1,03	0,00	-	0,00	-	-
Příčka	15	0,72	1,03	0,16	-	0,12	-	-
	10	5,31	1,03	0,31	-	1,71	-	-
Vnitřní dveře	15	1,58	1,6	0,16	-	0,39	-	-
Podlaha	20	13,10	0,60	0,00	-	0,00	-	-
Strop	-12	0,00	0,14	1,00	0,00	-	-	-
	-3	13,59	0,14	0,72	-	-	1,37	-
Tepelné mosty	-	-	-	-	0,60	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					4,18	2,22	6,93	-

Tabulka P. 11 - Tepelné ztráty prostupem pro koupelnu (patro)

Místnost: Koupelna (patro)						Vnitřní teplota: 24 °C		
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Vnější stěna	-12	3,34	0,30	1,00	1,00	-	-	-
Okna	-12	0,59	1,50	1,00	0,89	-	-	-
Příčka	20	4,56	1,03	0,11	-	0,52	-	-
	15	6,85	1,03	0,25	-	1,76	-	-
	-3	4,56	0,30	0,75	-	-	1,03	-
Vnitřní dveře	15	1,58	1,60	0,25	-	0,63	-	-
Podlaha	24	7,15	0,60	0,00	-	0,00	-	-
Strop	-12	6,00	0,14	1,00	0,84	-	-	-
	-3	2,29	0,14	0,75	-	-	0,24	-
Tepelné mosty	-	-	-	-	0,34	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					3,08	2,92	1,27	-

Tabulka P. 12 - Tepelné ztráty prostupem pro chodbu (patro)

Místnost: Chodba (patro)						Vnitřní teplota: 15 °C		
Stavební část	$\theta_x$	$A_k$	$U_k$	$f_{ie,k}$	$H_{T,ie}$	$H_{T,ia}$	$H_{T,iea}$	$H_{T,iea}$
	[°C]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ·K]	[-]	[W/K]	[W/K]	[W/K]	[W/K]
Příčka	20	1,45	1,03	-0,19	-	-0,28	-	-
	10	7,95	1,03	0,19	-	-	1,52	-
	-3	6,67	0,30	0,67	-	-	1,33	-
	24	5,27	1,03	-0,33	-	-1,81	-	-
Vnitřní dveře	20	3,15	1,60	-0,19	-	-0,93	-	-
	10	1,58	1,60	0,19	-	0,47	-	-
	24	1,58	1,60	-0,33	-	-0,84	-	-
	-3	1,58	1,60	0,67	-	1,68	-	-
Podlaha	15	9,07	0,60	0,00	-	0,00	-	-
Strop	-12	1,42	0,14	1,00	0,20	-	-	-
	-3	7,85	0,14	0,67	-	-	0,73	-
Tepelné mosty	-	-	-	-	0,13	-	-	-
<b>Měrné tepelné toky</b>					0,33	-1,71	3,58	-