

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Elektrické otopné systémy

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na řešení elektrických otopných systémů s porovnáním jednotlivých druhů vytápění rodinných domů včetně konkrétních návrhů provedení. V práci jsou zahrnuty návrhy konvenčních i nových způsobů vytápění s porovnáním energetické náročnosti rodinného domu zatepleného a nezatepleného.

Klíčová slova

Elektrické otopné systémy, tepelná pohoda, energetická náročnost, teplovzdušné vytápění, sálavé vytápění, přímotop, tepelné čerpadlo, plynový kotel, akumulční kamna, výpočet ztrát, kritérium 3E

Abstract

This diploma thesis is focused on the solution of electric heating systems with comparison of individual types of heating of family houses including concrete designs. In the paper are included proposals of conventional and new heating methods, comparing the energy performance of a family house insulated and non-insulated.

Key words

Electrical heating systems, thermal comfort, energy efficiency, hot air heating, radiant heating, direct heating, heat pump, gas boiler, storage stove, loss calculation, criterion 3E

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 10.4.2018

Jiří Bízek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Jiřímu Koženému, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

ABSTRACT	4
KEY WORDS	4
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 TEPELNÁ POHODA	10
1.1 FYZIOLOGICKÉ REAKCE ČLOVĚKA NA OKOLNÍ PROSTŘEDÍ.....	10
1.2 REAKCE LIDSKÉHO TĚLA NA TEPLÉ PROSTŘEDÍ:.....	12
1.3 REAKCE LIDSKÉHO TĚLA NA CHLADNÉ PROSTŘEDÍ:	12
1.4 SUBJEKTIVNÍ VNÍMÁNÍ TEPELNÉ POHODY:	12
2 ELEKTRICKÉ OTOPNÉ SYSTÉMY	13
2.1 PŘÍMÉ OTOPNÉ SYSTÉMY	13
2.1.1 Elektrické sálavé topné panely.....	13
2.1.2 Topné kabely.....	18
2.1.3 Přímotopy.....	19
2.2 AKUMULAČNÍ OTOPNÉ SYSTÉMY	19
2.2.1 Akumulační kamna.....	19
2.2.2 Tepelné čerpadlo.....	19
2.2.3 Tradiční zdroje vytápění	30
2.2.4 Plány rodinného domu	33
3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST NA VYTÁPĚNÍ MODELOVÉHO RODINNÉHO DOMU NEZATEPLENÉHO A ZATEPLENÉHO	37
3.1 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU	37
3.1.1 Výpočet a stanovení parametrů pro kalkulačku z tzb-info	37
3.1.2 Výpočet a stanovení parametrů kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM	39
3.2 NÁVRH SÁLAVÉHO VYTÁPĚNÍ – PROGRAM HEFAISTOS	45
3.2.1 Sálavé panely SMART.....	45
3.2.2 Sálavé panely FENIX.....	46
3.2.3 Program Hefaistos	47
3.3 NÁVRH TEPLOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ PROGRAMEM HERMES	55
4 POROVNÁNÍ KRITÉRIEM 3E	60
5 DOTAČNÍ PROGRAMY	62
5.1 PRVNÍ KOLO KOTLÍKOVÝCH DOTACÍ	64
5.2 DRUHÉ KOLO KOTLÍKOVÝCH DOTACÍ	64
ZÁVĚR PRO PRAXI	65
ZÁVĚR	67
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	68
PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratk

COP – topný faktor tepelného čerpadla

TČ – tepelná čerpadla

Úvod

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na řešení elektrických otopných systémů s porovnáním jednotlivých druhů vytápění rodinných domů včetně konkrétních návrhů provedení. V práci jsou zahrnuty návrhy konvenčních i nových způsobů vytápění s porovnáním energetické náročnosti rodinného domu zatepleného a nezatepleného.

Text je rozdělen do pěti částí; první se zabývá významem „tepelné pohody“ pro otopné systémy, druhá uvádí druhy otopných systémů pro rodinné domy s porovnáním výhod a nevýhod jednotlivých systémů. Třetí část řeší energetickou náročnost na vytápění modelového rodinného domu nezatepleného a zatepleného, čtvrtá část se zabývá hodnocením podle kritéria 3E. Pátá a poslední část se zabývá dotačními programy na zateplení objektů vedoucí k úspoře energie a programy určené k výměně stávajících zdrojů vytápění za ekologičtější.

Téma otopných systémů jsem si zvolil proto, že při výstavbě nových objektů nebo při prodeji starších nemovitostí je v dnešní době kladen hlavní důraz na energetickou třídu objektu. V současnosti jsou při výstavbě používány nové technologie a v mojí práci jsem se pokusil porovnat novou zástavbu s nezatepleným a po té plně zatepleným rodinným domem z roku 1902, v němž jsme v souvislosti s kotlíkovou dotací Plzeňského kraje vyměnili starý kotel na pevná paliva Variant za nový automatický kotel Ekoefekt 24. Kromě nového kotle máme zabudované tepelné čerpadlo, které by bylo v budoucnu vhodné provozovat v paralelním chodu s kotlem. Tato možnost propojení a spolupráce obou zdrojů je popsána v kapitole 2.2.2 Tepelné čerpadlo.

1 Tepelná pohoda

Popisuje se jako fyziologická reakce člověka na tepelné podmínky prostředí, ve kterém se člověk nachází. Tepelnou pohodu a nepohodu člověka popisuje rovnice tepelné bilance lidského těla.

Okolo roku 400 př. n. l. se o této problematice již zmiňoval Sokrates, ale v jeho době ještě nebylo mnoho nástrojů, jež by tepelnou pohodu člověka mohly ovlivnit. Pokrok nastal až v době průmyslové revoluce. V 18. století se již začaly zdokonalovat otopné systémy a ve 20. století bylo možné vnitřní prostory už i chladit pomocí klimatizace, a to dalo impuls k hlubšímu zkoumání tepelné pohody.

1.1 FYZIOLOGICKÉ REAKCE ČLOVĚKA NA OKOLNÍ PROSTŘEDÍ

Lidské tělo je nepřetržitým zdrojem tepla. Tato metabolická tepelná produkce může být rozdělena do dvou skupin:

- a) Bazální metabolismus, kdy je teplo produkováno na základě biologických procesů
- b) Svalový metabolismus, jenž vzniká při činnosti člověka

V tab. 1 jsou některé typické hodnoty metabolismu, které mohou být vyjádřeny jako tepelný výkon průměrného člověka (W), jako měrný tepelný výkon na jednotku povrchu lidského těla ($W \cdot m^{-2}$) nebo jednotkou vytvořenou pro studium tepelné pohody met ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W} \cdot m^{-2}$). Pro průměrnou velikost povrchu člověka $1,72 \text{ m}^2$ to odpovídá zhruba 100 W .

Teplo produkované organismem se musí odvést do okolí nebo dojde ke změně tělesné teploty. Teplota uvnitř lidského těla je okolo $37 \text{ }^\circ\text{C}$, zatímco teplota kůže se může pohybovat v rozmezí 31 až $34 \text{ }^\circ\text{C}$, podle okolního prostředí. Rozdíly vznikají v průběhu času (denní doba), ale i podle částí lidského těla (závisí na pokrytí oblečením a na množství krve, které protéká periferními kapilárami v podkoží). V lidském těle dochází k nepřetržitému procesu dopravy tepla z vnitřních tkání k povrchu kůže, odkud je teplo odváděno sáláním, prouděním, vedením a vypařováním.

Tab. 1 Hodnoty metabolismu

Činnost	W	W.m ⁻²	met
Spaní	70	40	0,7
Odpočívání, ležení na posteli	80	46	0,8
Sezení, odpočívání	100	58	1,0
Stání, práce v sedě	120	70	1,2
Velmi lehká práce (učitel, nakupování, vaření)	160	93	1,6
Lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200	116	2,0
Středně těžká práce (tanec)	300	175	3,0
Těžká práce (tenis)	600	350	6,0
Velmi těžká práce (squash, práce v hutích)	700	410	7,0

Tepelná bilance lidského těla:

$$M \pm R \pm C_v \pm C_d - E_{\text{diff}} - E_{\text{rsw}} - E_{\text{resp}} - L = \Delta S \quad (\text{W}) \quad (1.1)$$

kde je M - hodnota metabolismu

R - tepelná ztráta (zisk) sáláním

C_v - tepelná ztráta (zisk) prouděním

C_d - tepelná ztráta (zisk) vedením

E_{diff} - tepelná ztráta difuzí pokožky

E_{rsw} - tepelná ztráta běžným pocením

E_{resp} - tepelná ztráta dýcháním (latentní)

L - tepelná ztráta dýcháním (citelná)

ΔS - změna tepelné kapacity.

Jestliže ΔS je kladné, teplota lidského těla stoupá, je-li ΔS záporné, teplota lidského těla klesá. Odvod tepla z lidského těla závisí na parametrech okolí, ale lidské tělo není pasivní, je *homoiotermické*, to znamená, že má několik fyziologických regulačních mechanismů jak docílit tepelné rovnováhy, kdy ΔS je rovné nule.

[1]

1.2 Reakce lidského těla na teplé prostředí:

Pokud je nám v místnosti příliš velké horko, tělo na to začne reagovat nadměrným pocením, a to až 4 litry za hodinu, ale ne dlouhodobě. Po čase se hodnota vypařování vody z těla ustálí na jednom litru vody za hodinu, to odpovídá 2,4 MJ odvedeného tepla.

1.3 Reakce lidského těla na chladné prostředí:

Pokud je nám v místnosti příliš velká zima, tělo na to začne reagovat snížením rychlosti krevního oběhu, kůže se stáhne a vzniká tzv. „husí kůže“. Tento způsob je ale málo efektivní, proto se tělo začne třást, a tím zvyšuje teplotu těla tak, že některé tělesné části jako ušní lalůčky jsou podchlazeny až na 20°C a přitom vnitřek těla zůstává vyhřátý na cca 37°C.

1.4 Subjektivní vnímání tepelné pohody:

Vnímání tepelné pohody ovlivňuje mnoho subjektivních i objektivních faktorů:

Subjektivní:

- Tlak krevního oběhu
- Zdravotní stav jedince
- Vnitřní termoregulace člověka

Objektivní:

- Teplota vzduchu
- Radiační teplota
- Vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu

2 Elektrické otopné systémy

2.1 Přímé otopné systémy

2.1.1 Elektrické sálavé topné panely

Sálavé panely pracují na podobném principu jako kachlová kamna. Karbonové vlákno uvnitř panelu ohřívá procházejícím proudem aktivní povrch panelu, které je zdrojem sálavého tepla. Sálavé panely, podobně jako slunce ohřívají pouze pevné předměty, ale neohřívá vzduch, což je jedna z mnoha výhod. V praxi to představuje rozdíl teploty pouze jeden stupeň Celsia podlahy oproti stropu. Tento efekt pomáhá při vysoušení stěn budovy a zabraňuje tak tvorbě plísní. Sálavé teplo zlepšuje tepelnou pohodu v místnosti. Panely vyzařují infračervené teplo, které nijak člověku neškodí. Provozní náklady jsou nižší než u konvenčního vytápění.

Elektrické sálavé panely se výhodně uplatňují všude tam, kde je vyžadováno vytápění s vysokým uživatelským komfortem. Lze je však použít i k velmi úspornému temperování v podmínkách, kde standardní konvenční topidla jsou méně vhodná. Sálavá topidla doporučených typů jsou použitelná pro montážní výšky od 2,5 m do 8 m. Lze je velmi dobře kombinovat i na příklad s topenými podlahami nebo konvektory. Mohou sloužit i jako přídatné topení.

Podle typu otopného režimu rozlišujeme uplatnění sálavých panelů:

- v převážně soustavném režimu vytápění, který lze použít v objektech, kde očekáváme poměrně vysoký stupeň pohodlí, a které jsou dostatečně dobře tepelně izolovány.
- veřejné a správní úřady, sídla firem, školy
- kulturní zařízení, výstavní síně
- zdravotnická zařízení
- obchodní a prodejní centra
- výrobní a skladové prostory
- haly (výstavní, sportovní)

V přerušovaném topném režimu, kdy v mezidobí dochází ke snížení teploty stěn, stropu a podlahy na relativně nízké hodnoty. Jsou to objekty méně tepelně izolované a často s velkou tepelnou jímavostí stěn. Jsou využívány jen občas a bylo by nevhodné vytápět prostor standardním způsobem včetně naakumulování tepla do obvodových konstrukcí. V takových případech přináší sálavé topení po uvedení do provozu, téměř okamžitý účinek pocitu tepla přímým

sáláním na oděv a exponované části těla. Pocit menšího komfortu v důsledku studených stavebních konstrukcí je kompenzován mimořádnou úsporností provozu, což je zvláště významné u objektů s vysokými stropy. Typickými objekty v režimu přerušovaného vytápění jsou např. kostely, kaple, koncertní a přednáškové sítě.

Typická provedení

Sálavé panely jsou vyráběny ve dvou základních provedeních:

- 1) Vysokoteplotní panely - jsou vybaveny rovnou vyzařovací aktivní plochou, která zajišťuje záření v úhlu až 180°C (tzv. hemisferické záření). Teplota na povrchu sálavých lamel je cca 350°C . Tato vysoká teplota zajišťuje poměrně vysokou hustotu sálavého toku. Proto jsou tyto panely určeny pro zavěšení do větších výšek 5 - 8m.
- 2) Nízkoteplotní panely – mají rovněž rovnou vyzařovací plochu. Na rozdíl od vysokoteplotních panelů je povrchová plocha vyzařovací plochy max. 1100°C . Hustota sálavého toku je nižší. Doporučená výška umístění panelů je 2,5 – 3m.

Přednosti sálavého vytápění

- nižší energetické náklady v porovnání s konvenčním vytápěním
- nedochází k víření prachu
- rovnoměrné rozložení teploty v vertikálním směru (rozdíl teplot mezi podlahou a stropem pouze $1-20^\circ\text{C}$).
- zdravější prostředí s vyšší vlhkostí vzduchu, nedochází k vysušování sliznic a k respiračním nemocem
- příznivě působí na postižené kloubními nemocemi
- volná dispozice interiéru pro rozmístování strojů, nábytku apod.
- žádná údržba sálavých panelů
- vysoká životnost
- žádné emise, šetrný způsob vytápění k životnímu prostředí
- vysoký tepelný komfort

Podstata přenosu tepla sáláním

- Každé těleso o určité teplotě má nějakou vnitřní tepelnou energii.
- Tepelná energie se průběžně mění v elektromagnetické vlnění, které se šíří prostorem. Pokud tělesu není dodáváno teplo, chladne.
- Jakmile elektromagnetické vlnění zasáhne jiné těleso, je jeho povrchem pohlcováno a průběžně se mění v tepelnou energii. Pokud tělesu není odebíráno teplo, ohřívá se.

- Elektromagnetické vlnění není vázáno na vnější prostředí (medium), může probíhat i v absolutním vakuu.
- Nejznámější přenos tepla sáláním je přírodní sluneční záření ohřívající povrch země.

Zářivost tělesa (intenzitu vyzařování) vyjadřuje STEFAN – BOLTZMANNŮV zákon.

$$E = \varepsilon * C_0 * (T/100)^4 \quad (2.1)$$

Energie vysálaná jednotkou povrchu tělesa je úměrná čtvrté mocnině absolutní teploty.

E..... sálavost tělesa (W/m²)

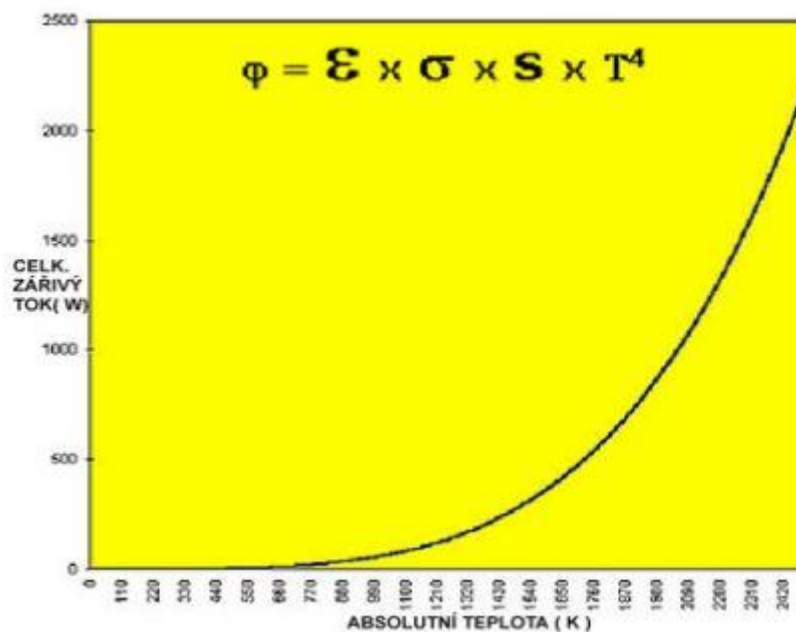
ε poměrná sálavost – emisní schopnost

C_0 ... součinitel sálavosti dokonale černého tělesa (5,67 W/m² . K⁴) – Stefan – Boltzmannova konstanta

T.... teplota absolutní (K)

Celkový zářivý tok – výkon sálání tělesa o ploše povrchu S (m²) $P = E \times S$ (W)

$$P = E * S \quad (2.2)$$



Obr. 2.1 Závislost zářivého toku na teplotě

2.1.1.1 Návrh sálavého topení

Při navrhování výkonu, počtu a rozmístění sálavých panelů je vhodné postupovat následovně:

- 1) vypočítat tepelnou ztrátu daného prostoru Q [W]
- 2) Zvolit topný režim v závislosti na charakteru budoucího provozu objektu

- **Trvalý topný režim s dobrou úrovní tepelného komfortu:**

- - součinitel prostupu tepla k (U) : stěny $< 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- podlahy na terénu $< 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- stropy $< 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vyšší hodnoty k (U) zvyšují provozní náklady a snižují topný komfort

- celkový příkon všech topidel stanovit až o 20% vyšší proti vypočtené tepelné ztrátě z důvodu vyšší dynamiky topného systému

$$P = 1,2 Q \text{ [W]} \quad (2.3)$$

- zkontrolovat velikost příkonu na jednotku plochy, přičemž platí

$$P/S < 150 \text{ W/m}^2 \quad S \dots \dots \text{podlahová plocha prostoru [m}^2\text{]}$$

- stanovit minimální počet topných jednotek n pro vytvoření homogenního zářivého pole

$$n > S/H^2 \quad H \dots \dots \dots \text{předpokládaná výška instalace [m]}$$

Větší počet topných jednotek zlepšuje topný komfort, zvyšuje však pořizovací náklady.

- Vypočítat průměrný příkon jedné topné jednotky a z výkonové řady příslušného typu vybrat nejbližší jmenovitou hodnotu.

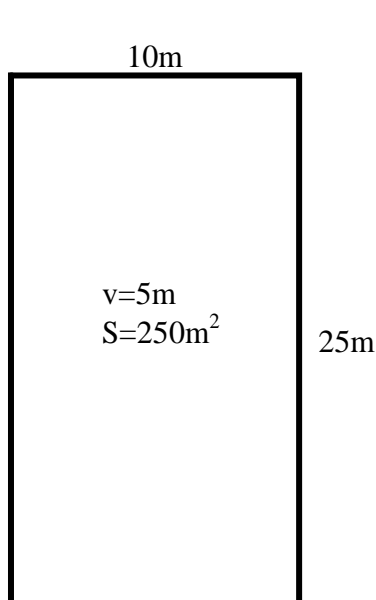
- Upřesnit počet topidel vzhledem k celkovému příkonu

$$P_n = P/n \approx P_{jm}$$

$$n = P/P_{jm}$$

- Navrhnout schéma rovnoměrného rozmístění jednotlivých panelů. Je nutno respektovat přitom rámcově odstupové a vzájemné vzdálenosti panelů dle schematického vyobrazení [2]

Návrh sálavého vytápění – příklad



$$Q = 27\,940\text{W}$$

$$P = 1,2 * Q$$

$$P = 1,2 * 27\,940$$

$$\underline{P = 33\,528\text{W}}$$

$$P/S < 150\text{W/m}^2$$

$$33\,528 < 150\text{W/m}^2$$

$$\underline{134 < 150}$$

$$\text{Minimální množství panelů (n):} \quad H=v$$

$$n > S/H^2$$

$$n > 250/5^2$$

$$n > 10$$

$$\underline{n_{\min} = 11}$$

$$P_n = P/n$$

$$P_n = 33\,528/11$$

$$\underline{P_n = 3048\text{W (nejblíže S30 } P_{jm} = 3000\text{W)}}$$

$$n = P/P_{jm} \quad n = 33\,528/3000 \quad n = 11,18$$

$$\underline{n = 11}$$

$P_{jm} =$	S09 = 900W
	S12 = 1200W
	S18 = 1800W
	S24 = 2400W
	S30 = 3000W
	S36 = 3600W

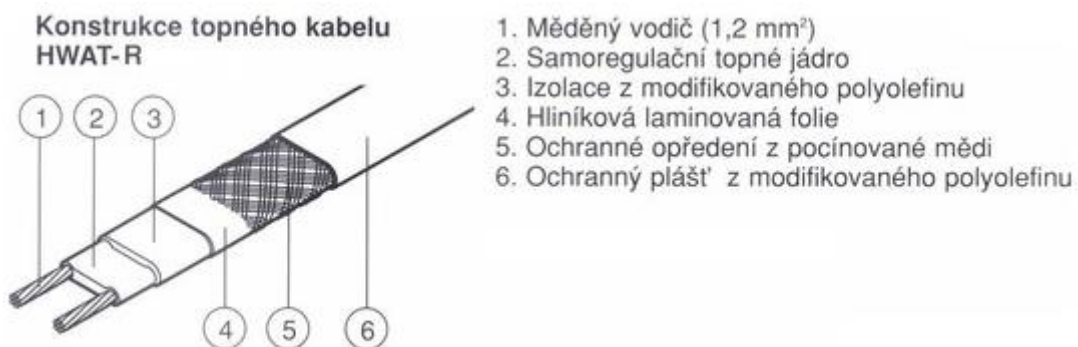
K vytápění objektu je nutné použít minimálně 11ks panelů S30.

[2]

2.1.2 Topné kabely

Samoregulační topný kabel pracuje na principu proměnné hustoty vodivých uhlíkových cest v můstku topného kabelu. Této proměnlivosti je dosaženo umístěním částic uhlíku do můstku (mezi napájecími vodiči) tvořeného polymerovým jádrem. Toto polymerové jádro pracuje tak, že teplem se roztahuje, čímž se přeruší téměř všechny vodivé cesty přes uhlíkové částice a takto dojde ke snížení topného výkonu téměř na nulu. Pokud však klesne teplota, smrštěním polymeru dojde k vytvoření velkého počtu vodivých cest z uhlíkových částic a tím i ke zvýšení topného výkonu. [3]

Výhoda tohoto systému je ve velké úspoře provozních nákladů. Také se pomocí těchto kabelů může přehřívát vodovodní potrubí, které je od bojleru hodně vzdálené, vyhneme se tak zbytečnému odtáčení vody a také zničíme chloru odolné mikroorganismy legionely, které se eliminují po překročení teploty nad 60°C.



Obr. 2.1.1 Konstrukce topného kabelu

2.1.3 Přímotopy

Nasávají chladný vzduch ve spodní části zařízení, který se průchodem přímotopem ohřívá a vystupuje ohřevem horní částí zařízení do okolí. Většinou přímotop obsahuje přídatný ventilátor pro lepší proudění vzduchu topidlem. Přímotopy jsou spíše doplňková topidla, nejsou tedy určena pro nepřetržité vytápění objektů. Výhodou jsou poměrně malé náklady v poměru cena/výkon, dynamika/rozměry. Velká nevýhoda vychází již ze samotného principu topidla. Zařízení svým provozem neustále víří prach a proto je velice nevhodný například pro alergiky. Další nevýhoda plyne z primárního ohřívání okolního vzduchu, kde pro zajištění tepelné pohody je také nutné ohřívát povrchy nábytku a stěn, což vede k velké spotřebě elektrické energie. Zakrývání povrchu topných těles může způsobit nebezpečné přehřátí topných článků.

2.2 Akumulační otopné systémy

2.2.1 Akumulační kamna

Rozdělují se na dvě skupiny:

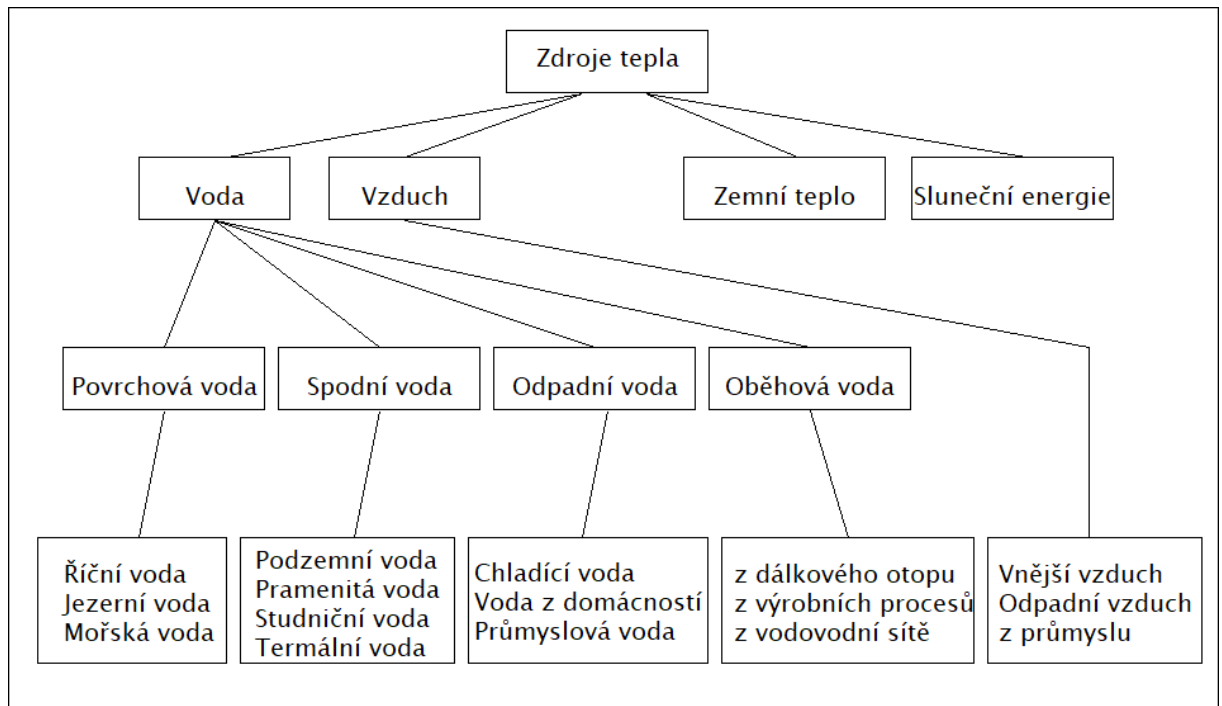
- 1) Akumulační kamna se statickým vybíjením – přirozenou konvekci
- 2) Akumulační kamna s dynamickým vybíjením – ventilátorem

Akumulační kamna pracují na principu akumulace tepelné energie do magnezitových cihel s velkou tepelnou akumulací. Topné těleso předává tepelnou energii do magnezitových cihel, nahřívání probíhá zpravidla při nízké sazbě elektřiny, dříve „noční proud“, dnes při přebytku energie. Během akumulace jsou klapky výdechů uzavřené. Pro uvolnění tepla se klapky otevrou a sepne se ventilátor zajišťující účinnější cirkulaci vzduchu.

2.2.2 Tepelné čerpadlo

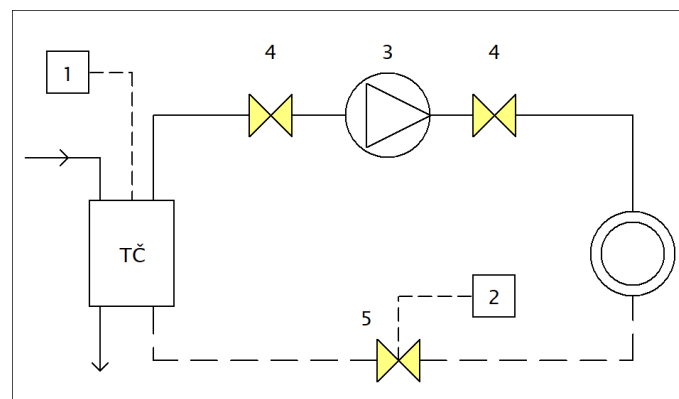
První literatura k tepelným čerpadlům byla vydána už v roce 1985. Vydána byla tehdejším ministerstvem paliv a energetiky ve spolupráci s vedoucím ČKD Dukla Praha. Tato literatura sloužila hlavně pro představení tepelných čerpadel veřejnosti bez doposud dlouhodobých zkušeností z využívání tepelných čerpadel. Tepelná čerpadla jsou rozdělena do čtyř základních typů na tepelná čerpadla vzduch/vzduch, vzduch/voda, země/voda (zde jsou možná dvě provedení a) tepelné čerpadlo se zemním kolektorem, b) tepelné čerpadlo s hlubinným vrtem) a posledním typem je tepelné čerpadlo voda/voda. Převod tepla bez

dotávky elektrické energie může probíhat pouze tehdy, pokud má zdroj tepla vyšší teplotu než ohřivané těleso. Takové teplo nejčastěji získáváme spalováním fosilních paliv a odpadové teplo se jen zřídka využívá. Přívodem elektrické energie je však možné zvýšit potenciál tepla na využitelnou úroveň.

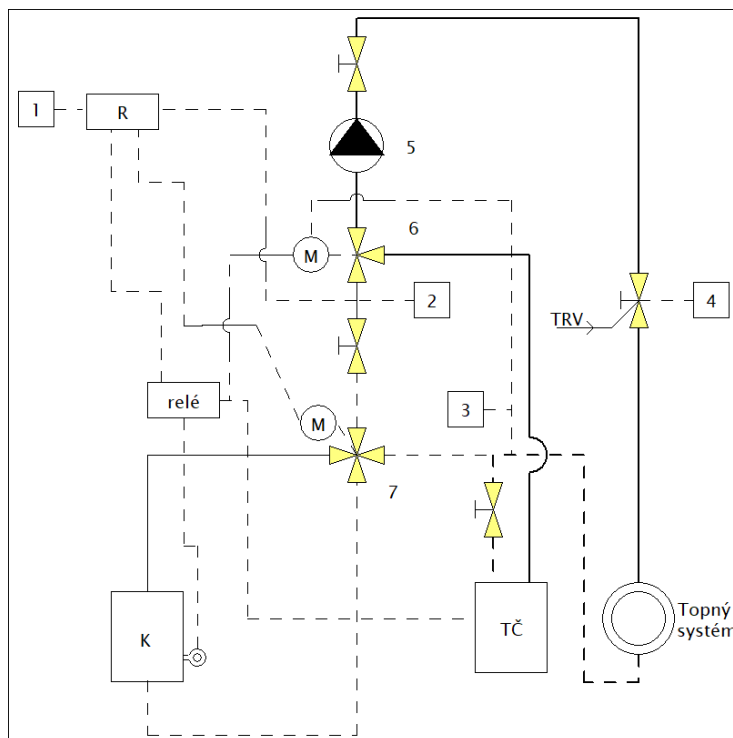


Obr. 2.2.1 zdroje tepla pro tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla se mohou provozovat samostatně v otopném okruhu (Obr. 2.2.2), nebo paralelně zapojená s kotlem na fosilní paliva. Pokud se oba zdroje provozují paralelně (Obr. 2.2.3), je vhodné propojení s regulátorem, který hlídá venkovní teplotu. Pokud venkovní teplota vzroste, regulátor vypne ventilátor kotle a sepne tepelné čerpadlo. Tento způsob zajistí zároveň stálou tepelnou pohodu ve vytápěném objektu a zároveň maximalizuje využití tepelného čerpadla v době vysoké účinnosti.



Obr. 2.2.2 Schéma zapojení samostatného TČ v otopném okruhu



Obr. 2.2.3 Schéma paralelního zapojení TČ a kotle v otopném okruhu

Původní velikosti schémat zapojení tepelných čerpadel jsou k dispozici v příloze.

Tepelná čerpadla ke zvýšení potenciálu tepla využívají chladicí kapaliny s nízkým bodem varu. Nejvhodnějšími chladivými látkami jsou látky, které mají bod varu pod bodem mrazu 0°C při normálním atmosférickém tlaku. Tyto látky nesmějí porušovat materiál zařízení a nesmějí být hořlavé a jedovaté. Obchodním názvem jsou freony, které obsahují skupinu halogenových derivátů metanu. Příkladem je R11 trichlormonofluorometan CCl_3F . Freony jsou však od roku 1990 v průmyslu zakázané z důvodu poškozování ozónové vrstvy a také jsou řazeny mezi skleníkové plyny, jenž mají za následek globální oteplování planety. Největší koncentrace freonů jsou nad Antarktidou vlivem vzdušných proudů. Zeslabená ozónová vrstva umožňuje vstup ultrafialového záření na planetu, které ve větší míře může způsobit vážná onemocnění lidí a zvířat.

Freony byly nahrazeny plyny HFC (hydrofluorovodík). Podle novějších studií plyny HFC neničí ozónovou vrstvu planety, jsou ale zároveň silnějšími skleníkovými plyny než samotné freony. Vědci varují před masovým využíváním HFC plynů, kumulujícími se v atmosféře díky jejich dlouhé životnosti. Dlouhá životnost plynů určuje jejich koncentraci v atmosféře. Plyny mající životnost delší jak několik let se hromadí v atmosféře více a ovlivňují tak globální klima. Nejvyspělejší státy se proto setkaly na konferenci ve Rwandě,

kde podepsaly dohodu o snížení plynů HFC. Spojené státy a většina evropských států se zavázaly snížit využívání plynů HFC do roku 2019 o deset procent a do roku 2036 až o osmdesát pět procent.

Tab. 2 Používaná chladiva v tepelných čerpadlech

Chladivo	Krit. teplota t_{krit} [°C]	Krit. tlak P_{krit} [Mpa]	Bod varu při 0,1013 Mpa t_s [°C]	Bod tuhnutí t_t [°C]	Kond. tlak při 50°C P_k [Mpa]	Výpar. teplo při 0,1013 Mpa r [kJ/kg]	Tlak. poměr P_k/P_v	Objem. topný výkon [kJ/m ³]	Výkon. číslo ε
R 11	196	4,38	23,65	-111	0,24	182,54	5,88	443	5,53
R 12	111,5	4,01	-29,8	-155	1,22	167,47	3,96	2 290	5,16
R 13	28,78	3,87	-81,5	-181		150,72	3,3	1 784	4,11
R 21	178,5	5,17	89	-135	0,4	259,58	5,68	636	4,64
R 22	96	4,94	-40,8	-160	2	247,02	3,85	3 761	5,14
R 113	214,1	3,41	47,5	-36,5		144,02			4,79
R 114	145,7	3,27	4,1	-94	0,45	127,7	5,06	784	4,61
R 502	82,7	4,12	-45,6		2,1		3,68	3 676	4,35
NH ₃ (R 717)	132,4	11,67	-33,4	-77,9	2,06	1 368	4,96	4 275	5,53

Tyto kapaliny se průchodem odpadního tepla z okolního vzduchu začnou vypařovat a vzniklé páry jsou poté stlačeny kompresorem, který zajistí nárůst teploty až na 80°C. Každé tepelné čerpadlo v principu funguje jako chladnička, s tím rozdílem, že nás nezajímá chladicí výkon výparníku, ale tepelný výkon kondenzátoru. Z hlediska termodynamiky představuje tepelné čerpadlo obrácený Carnotův cyklus (tzv. levotočivý Carnotův cyklus. Pro Carnotův levotočivý cyklus platí:

$$Q_k = Q_v + Q_{ekv} \quad (2.4)$$

Kde Q_k je teplo odevzdávané při vyšší teplotě, Q_v výparníkem přijaté teplo, Q_{ekv} zvětšená tepelná hodnota o vnitřní práci přivedenou kompresorem.

Efekt levotočivého Carnotova cyklu, označený jako topný faktor

$$\varepsilon_{car} = \frac{Q_k}{Q_{ekv}} = \frac{Q_k}{Q_k - Q_v} = \frac{T_k}{T_k - T_v} \quad (2.5)$$

je tedy větší než 1 a vyjadřuje, kolikanásobné množství tepla se dopraví prací kompresoru do pracovního média s vyšší teplotou T_k

$$Q_k = \varepsilon_{car} * Q_{ekv} \quad (2.6)$$

Z rovnice efektu levotočivého Carnotova cyklu vyplývá, že topný faktor roste se zmenšujícím se rozdílem teplot mezi topnými hladinami.

$$\varepsilon_{car} = \frac{Q_k}{Q_{ekv}} = \frac{i_2 - i_3}{i_2 - i_1} > 1 \quad (2.7)$$

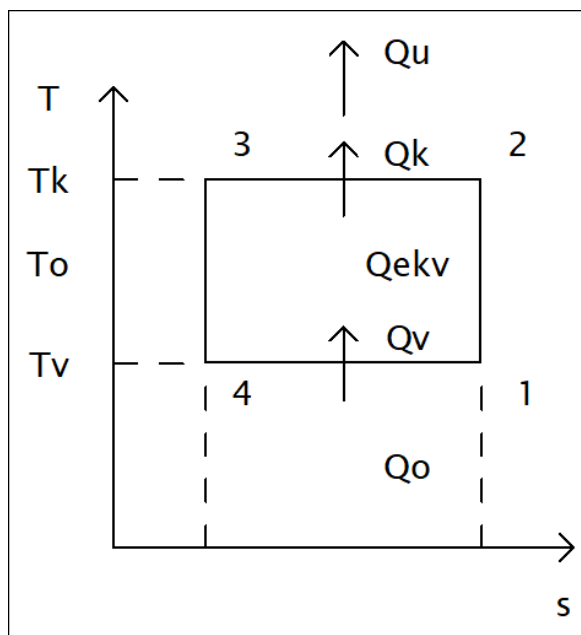
Skutečné efektivní hodnoty reálných oběhů bývají pak podstatně nižší, takže

$$\varepsilon_{ef} = \eta * \varepsilon_{car} \quad (2.8)$$

kde η = účinnost skutečného cyklu oproti Carnotovu a obsahuje v sobě

$$\eta = \eta_m * \eta_{el} * \eta_i \quad (2.9)$$

tj. mechanickou účinnost η_m , beroucí zřetel na mechanické ztráty, elektrickou účinnost η_{el} , zohledňující ztráty pohonu motoru i pomocných zařízení, indukovanou účinnost η_i , zohledňující odlišnosti průběhu skutečného cyklu oproti Carnotovu.

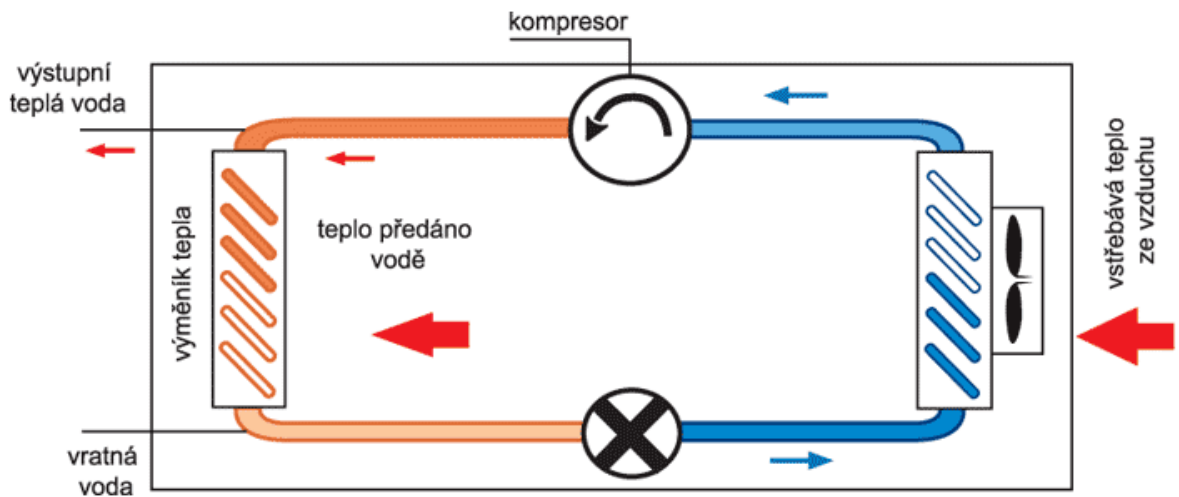


Obr. 2.2.4 Carnotův cyklus

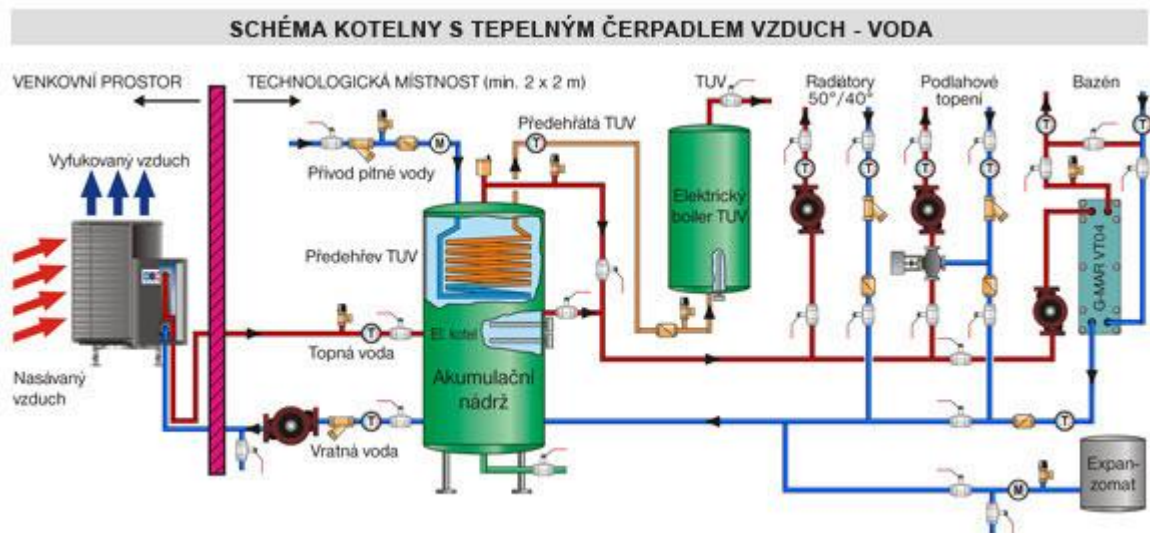
2.2.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

První a nejdostupnější všem zákazníkům je systém vzduch/voda. Tento systém využívá nízkopotenciálního tepla z okolí, tzn., že 70% energie získá z okolí, kde je umístěno a jen 30% energie čerpá z elektrické sítě. Princip je podobný chladničce, která odebírá teplo z vnitřního prostoru chladničky, kde jsou uloženy potraviny a tímto nízkopotenciálním teplem „vytápí“ místnost ve které je umístěna. Protože nízkopotenciální teplo není přímo využitelné k ohřevu topné vody v radiátorech, využívá se principu tepelného čerpadla, které díky teplotnímu rozdílu mezi nízkým bodem varu získané teplo převede na nižší teplotu a přes výměník ohřívá vodu topné soustavy. Teplota bodu varu musí být nižší, než teplota okolí, ze kterého se čerpá teplo. Chladivo se díky nízkému bodu varu při styku s teplotou okolního prostředí vypařuje a v momentě, kdy dosáhne plně plynného skupenství, je kompresorem stlačeno a tím se zvýší teplota na úroveň možnou k ohřevu topné vody. Jakmile chladivo pomocí výměníku předá své teplo topné vodě, ochlazuje se a následně kapalní. Celý cyklus se pak stále dokola opakuje. Tepelné čerpadlo vzduch voda je schopné vodu ohřát na cca 50°C. Lepší využitelnost a účinnost zvyšuje akumulární nádoba o velikosti z pravidla alespoň 300 litrů. Výhodou je nižší cena než u ostatních typů tepelných čerpadel a poměrně snadná instalace. Výrobci tepelných čerpadel uvádějí účinné vytápění i při teplotách dosahujících -15°C. Topný faktor COP tepelných čerpadel je ale závislý na teplotě okolního vzduchu. Z vlastní zkušenosti vím, že v reálných podmínkách je možné efektivně využít tepelné

čerpadlo pouze do cca -5°C a to pouze za předpokladu nízké vlhkosti vzduchu. Pokud je vlhkost vzduchu vyšší, žebrovaní tepelného čerpadla zcela zamrzá a v tom okamžiku už prakticky přestává topit a být finančně výhodné. Pomoci se mu dá přitápěním pomocí takzvané tepelné patrony umístěné uvnitř akumulární nádoby. Tato patrona sice vodu dostatečně ohřeje, ale díky její značné spotřebě elektrického proudu už nedochází téměř k žádné finanční úspoře například vůči nákladům na plyn. Z důvodu již zmíněných nedostatků, bych doporučil tepelné čerpadlo k vytápění pouze přechodného období podzim/zima a zima/jaro s možností kombinace tepelného čerpadla a jiného zdroje. V současnosti jsou krajské dotace i na automatické kotle na hnědé uhlí. Tyto kotle jsou plně automatizované a mohou přerušit hoření až na 24 hodin aniž by vyhasnuly.



Obr. 2.2.5. Princip tepelného čerpadla vzduch/voda



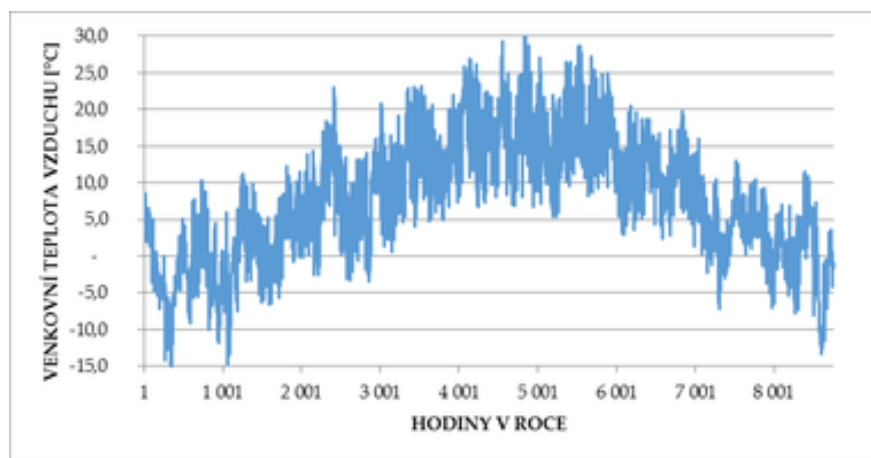
Obr. 2.2.6. Schéma kotelny s tepelným čerpadlem vzduch/voda

Pro hodnocení otopné soustavy s tepelným čerpadlem se používá faktor sezónní účinnosti SPF (Seasonal Performance Factor).

$$SPF = \frac{\text{dodaná energie zdrojem (TČ + bivalentní zdroj)}}{\text{potřeba el. energie (pohon TČ + pomocná zařízení v OS + el. bivalentní zdroj)}} \quad (2.4)$$

Hodnocení systému s tepelným čerpadlem pro přípravu TV a vytápění a výpočet SPF se provádí intervalovou metodou.

Hodnocené období je ve výpočtu rozděleno do časových úseků, tzv. teplotních intervalů. Každý teplotní interval je definován střední teplotou a dobou trvání. Výpočet soustavy s tepelným čerpadlem byl proveden s hodinovým časovým krokem. Hodinová intervalová metoda využívá jako vstupní informace hodinové údaje o venkovní teplotě (celkem 8760 intervalů o délce jedna hodina). Průběh teplot v hodnoceném roce je znázorněn na obrázku č. 2.2.7. Z tohoto průběhu se dále zjišťuje skutečná doba provozu tepelného čerpadla, spotřebovaná elektrická energie v režimu vytápění a přípravy teplé vody v každém intervalu a v neposlední řadě spotřeba elektrické energie pro provoz pomocných zařízení v otopné soustavě (např. oběhových čerpadel) by byla stanovena jako součin doby provozu tepelného čerpadla [hod] a příkonu pomocných zařízení [kW].



Obr. 2.2.7. Průběh teplot venkovního vzduchu v hodnoceném roce [14]

Potřeba energie na předehřev TV z 10 °C na 45 °C (tepelné čerpadlo):

$$Q_{\text{předehřev}} = c \cdot \Delta t \cdot V_p = 1,163 [\text{Wh} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}] \cdot (45 - 10) [\text{K}] \cdot 82 [\text{l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}] = 3,34 [\text{kWh} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}]$$

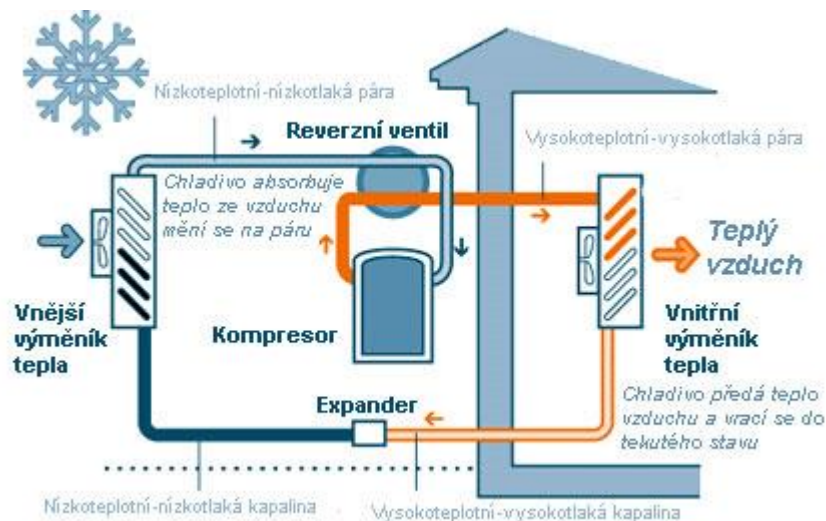
Pokud potřebujeme získat teplejší vodu než jakou je TČ schopné dodat, musíme mít k dispozici přídavný elektrokotel. Např. vestavěnou elektrickou patronu přímo v akumulární nádrži TČ.

Potřeba energie na dohřev TV z 45 °C na 60 °C (elektrokotel):

$$Q_{\text{dohřev}} = c \cdot \Delta t \cdot V_p = 1,163 [\text{Wh} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}] \cdot (60 - 45) [\text{K}] \cdot 82 [\text{l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}] = 1,43 [\text{kWh} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}]$$

2.2.2.2 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch (obr. 2.2.8) je v podstatě klimatizace, která se dá využít obrácením cyklu k přehřívání vzduchu v domě v přechodných obdobích. Dá se využít v nízkoenergetických domech s řízenou ventilací. Toto tepelné čerpadlo se dá využít pouze jako doplňkový zdroj ke konvenčnímu vytápění, např.: automatický kotel na hnědé uhlí. Tento kotel máme již krátce spuštěný a popíšeme jeho funkci později, také v krátké pasáži.

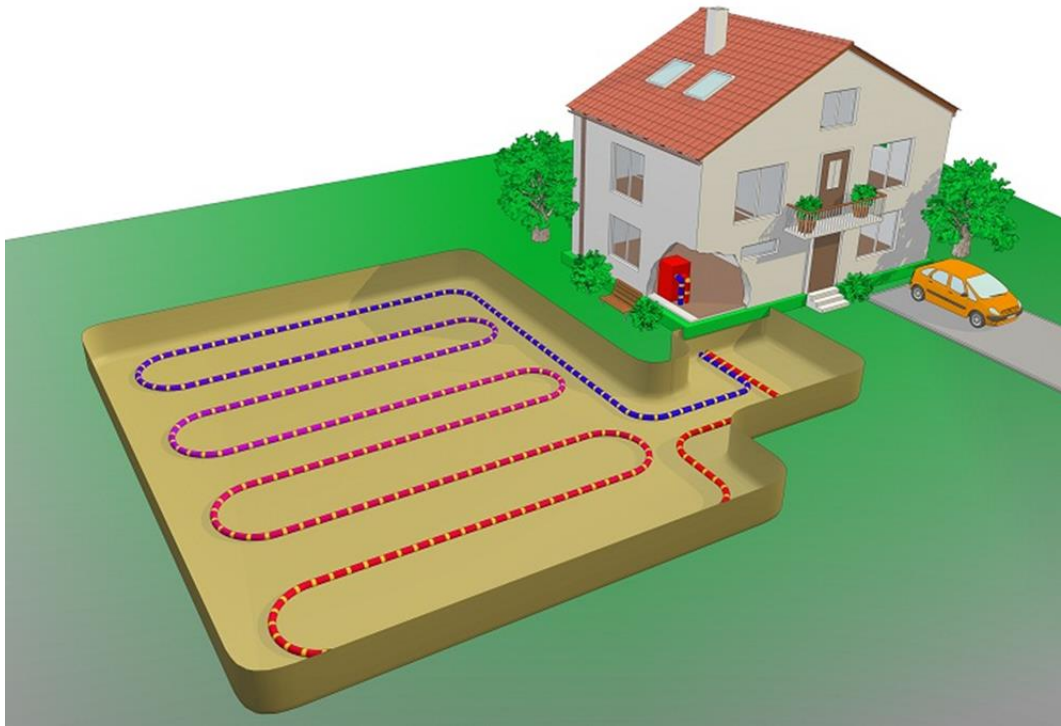


Obr. 2.2.8. Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch

2.2.2.3 Tepelné čerpadlo země/voda – plošný kolektor

Tepelné čerpadlo země/voda může být realizováno ve dvou základních provedeních a to buď jako plošný zemní kolektor (obr. 2.2.9), nebo jako hlubinný vrt (obr. 2.2.10). Plošný zemní kolektor se instaluje do nezamrzné hloubky, která zajišťuje stabilní teplotu 4°C. Stálá teplota zajistí konstantní topný faktor COP, který je právě závislý na teplotě prostředí, ze kterého se čerpá nízkopotencionální teplo. To je výhoda tohoto systému například oproti systému vzduch/voda, kde se okolní prostředí mění velice rychle, tím i topný faktor COP a posléze i účinnost celého systému. Konstantní topný faktor pomáhá lépe navrhnout topnou

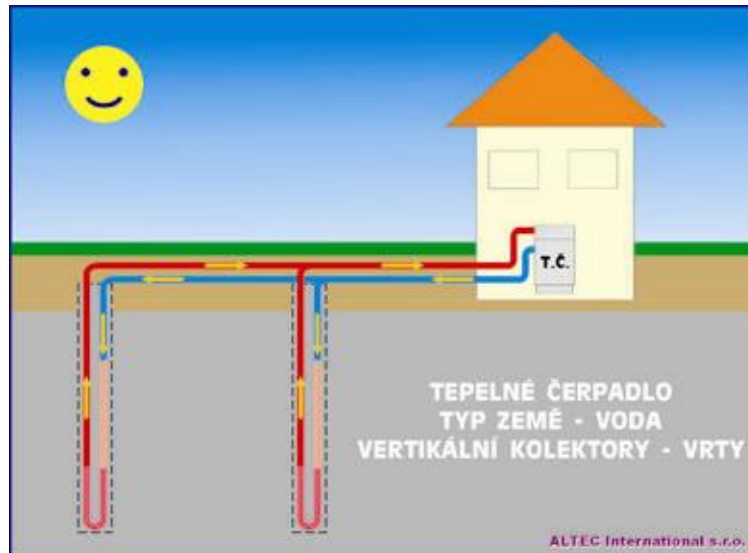
soustavu a také výkon tepelného čerpadla. To je výhoda oproti systému vzduch/voda, který je dnes nejvíce rozšířený pro svoji jednoduchou instalaci a nižší pořizovací náklady. Naopak nevýhodou systému země/voda s plošným kolektorem je potřeba poměrně velkého pozemku, který je tímto pro další použití znehodnocen.



Obr. 2.2.9. Tepelné čerpadlo země/voda (plošný kolektor)

2.2.2.4 Tepelné čerpadlo země/voda – hlubinný vrt

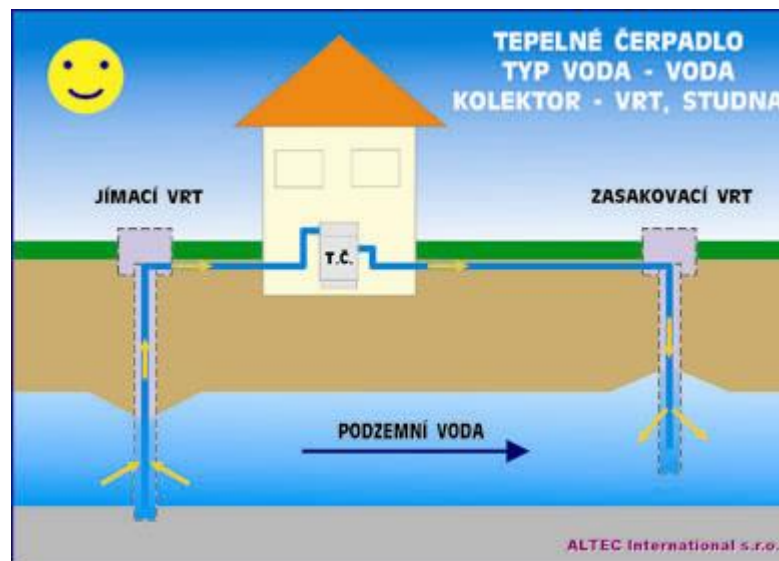
Tepelné čerpadlo země/voda s hlubinným vrtem (obr. 2.2.10) pracuje v principu stejně jako tepelné čerpadlo s plošným zemním kolektorem, ale výhodou je úspora plochy pozemku. Dále už jsou, alespoň z mého pohledu, jenom nevýhody jako potíže se získáním povolení pro vrt, jak od úřadů, tak od sousedů. Také cena samotného vrtu je vysoká a musí se hlídat spotřebované teplo, neboť velkým množstvím odčerpaného tepla hrozí zámraz vrtu, což má za následek nemožnost vrt dále využívat.



Obr. 2.2.10. Tepelné čerpadlo země/voda (hlubinný vrt)

2.2.2.5 Tepelné čerpadlo voda/voda

Tepelné čerpadlo voda/voda (obr. 2.2.11) získává teplo z vody, nejčastěji ze studny. Je potřeba mít dvě studny čerpací a vsakovací. Voda se převádí z jedné studny do druhé přes výparník. Tento způsob se u nás v podstatě nepoužívá vzhledem k jeho náročnosti na podmínky a údržbu. Může dojít k vyčerpání studny.



Obr. 2.2.11. Tepelné čerpadlo voda/voda

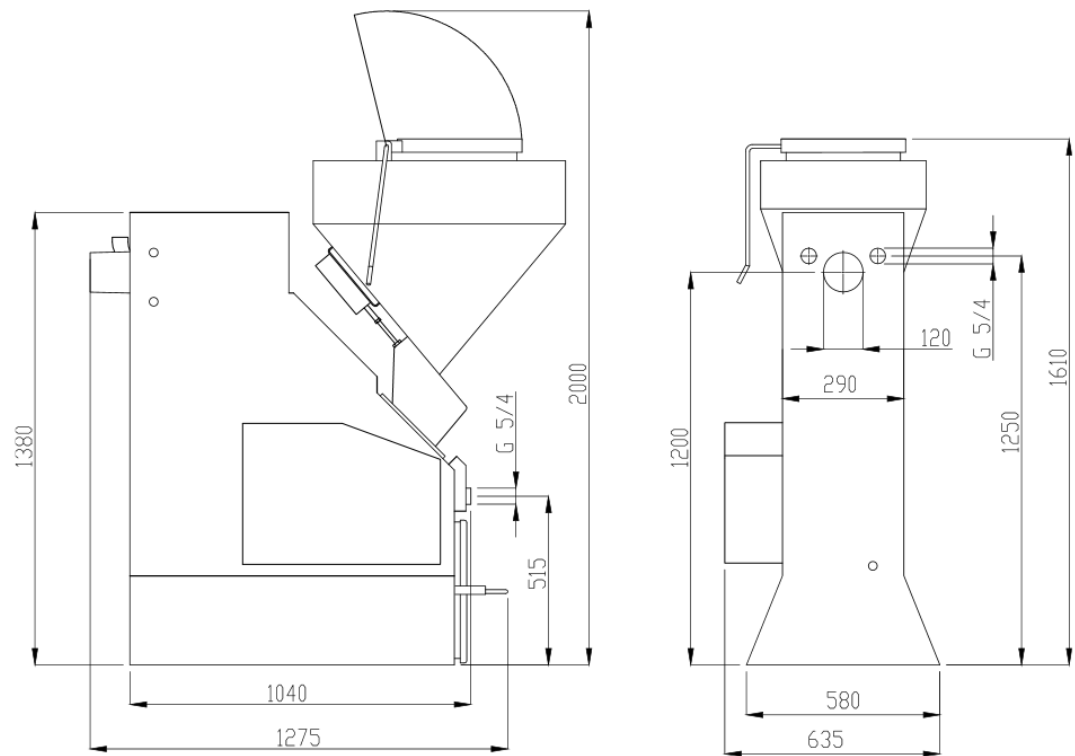
2.2.3 Tradiční zdroje vytápění

2.2.3.1 Hnědouhelný kotel Ekoefekt 24L

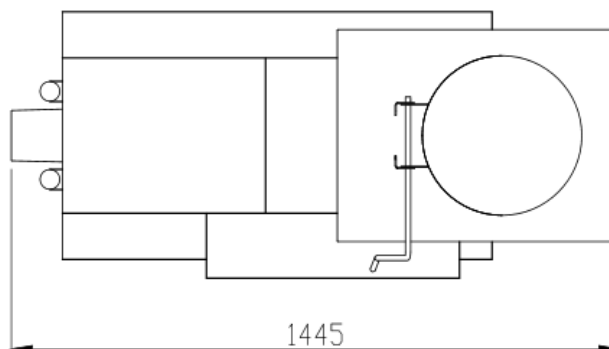
Následující popis funkce tohoto kotle vychází z mé vlastní zkušenosti, kterou jsem získal po instalaci a uvedení do provozu. Největší předností tohoto systému je, že samotné topení je již plně automatizované, tzn. pouze na začátku topné sezóny se zapálí pomocí plynového hořáku a dále se každý den doplní určité množství uhlí. Množství uhlí je závislé na požadované teplotě vody k vytápění. Tuto regulaci zajišťuje čtyřcestný ventil Duomix, který v závislosti na hydrostatických tlacích řídí teplotu topného okruhu např. na 38°C. Kotlový okruh musí mít stálou teplotu mezi 55°C-60°C a to z důvodu zamezení kondenzace páry v kotli. Tuto teplotu řídí termostat kotle, který při spínání spouští zároveň ventilátor kotle. Kotel je tedy podtlakový a komín přetlakový, což zajišťuje nejlepší možný tah a účinnost. Proto je nutné mít při každé manipulaci zapnutý ventilátor a po dokončení manipulace s kotlem musí být všechny pracovní otvory kotle utěsněny, jinak by kotel nasával falešný vzduch a účinnost by prudce klesla. Tato nutnost zapnutého ventilátoru, obvykle nutí uživatele k provedení úpravy kotle v jeho elektrické části. Výrobce totiž není zabudován samostatný spouštěč ventilátoru a ten se tak pouze spouští díky termostatu, což je uživatelsky nevýhodné. Znamenalo by to pokaždé na termostatu přidat stupně a po dokončení manipulace zase ubrat. Proto se přidávají nové dva okruhy. První samostatně spouští ventilátor a druhý po dobu sepnutí vyřadí spouštěcí impuls automatického přikládání. Zabránit přikládání je velice potřebné, pokud se čistí trubkovnice spalin do komína. Jak jsem výše zmiňoval při každé manipulaci musí být v chodu ventilátor, což v praxi znamená, že kotel pracuje na plný výkon a přitom se musí sejmut víko trubkovnic a začít čistit. Tím, že se vyřadí přikládání a syrové uhlí trochu odhoří, sníží se tak míra kouře jdoucího do komína a tím méně kouře se dostává do kotelny. Toto opatření je velice nutné protože čištění se musí provádět minimálně jednou v týdnu. Pak lze vyslovit výhody a nevýhody tohoto typu kotle. Velkou výhodou je, že kotel topí i bez zásahu po celou noc a jeho provoz je alespoň vůči vytápění plynem ekonomičtější. Ale jak jsem zde popsal, stále se tento systém neobejde bez celkem časově náročné každotýdenní údržby související také se silným znečištěním pracovního oděvu sazemi. Z uživatelského pohledu zase dobře navržený systém elektrického vytápění vychází lépe. Na úplné hodnocení po ekonomické stránce je zatím příliš brzy, celkové zhodnocení bude provedeno až po první topné sezóně.



Obr. 2.2.12. Hnědouchelný kotel ekoefekt24 (29 kW)



Obr. 2.2.13. Ekoefekt 24 s horní násypkou



Obr. 2.2.14. Ekoefekt 24 s horní násypkou - bokorys

2.2.3.2 Plynový kotel

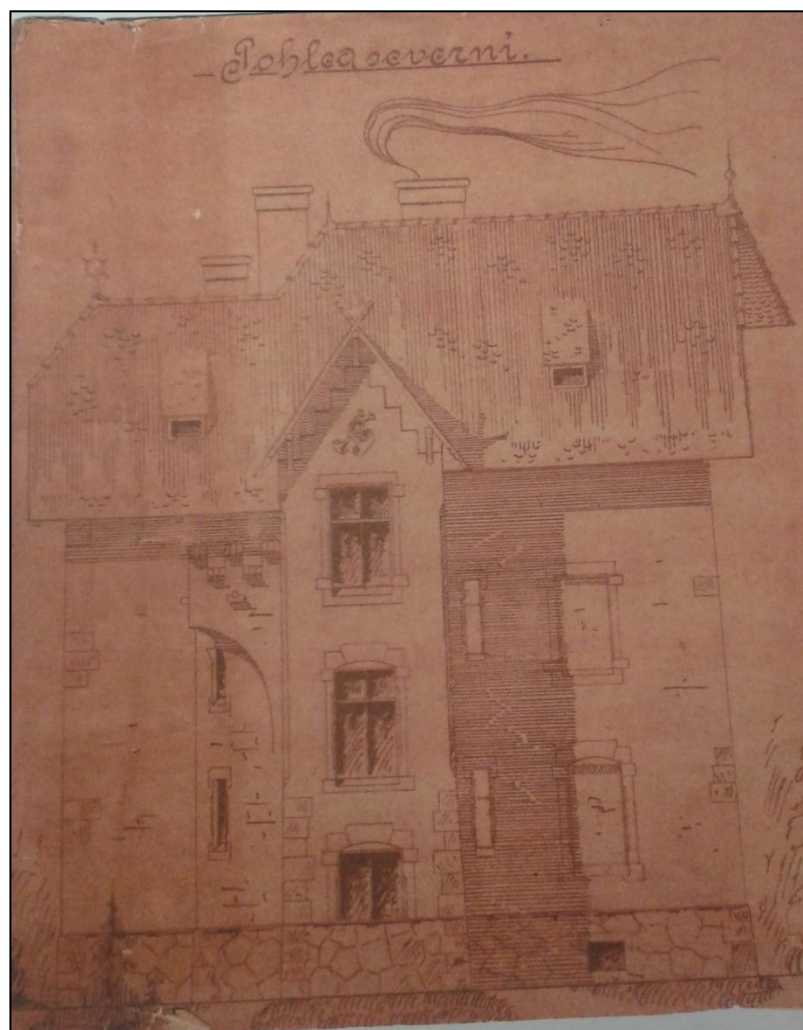
V porovnání s ostatními druhy vytápění se plynový kotel jeví jako nejvíce ekonomicky náročný zdroj vytápění pro rodinný dům. Tady vycházím hlavně z vlastní zkušenosti s plynovým kotlem Viadrus. Tento kotel byl ještě klasické koncepce se stále hořícím plamínkem. Podle platné legislativy se tento typ nebude moci provozovat. Jedinou alternativou bude kotel kondenzační. Tento typ jistě přinese finanční úsporu, ale přesto si myslím, že ostatní z porovnávaných systémů se ukáží jako finančně zajímavější. Dnes se do plynu přimíchávají různé látky včetně vodních par, které velmi snižují životnost kotle a v neposlední řadě i účinnost vytápění. Výhodou oproti kotli na uhlí a jiná pevná paliva jsou mnohem nižší nároky na údržbu. Doposud jsem jednotlivé systémy hodnotil z vlastní zkušenosti. Konkrétní výsledky a závěry při porovnání jednotlivých systémů budou zřejmé z konkrétních delších a podrobnějších návrhů otopných soustav pro zvolený rodinný dům.



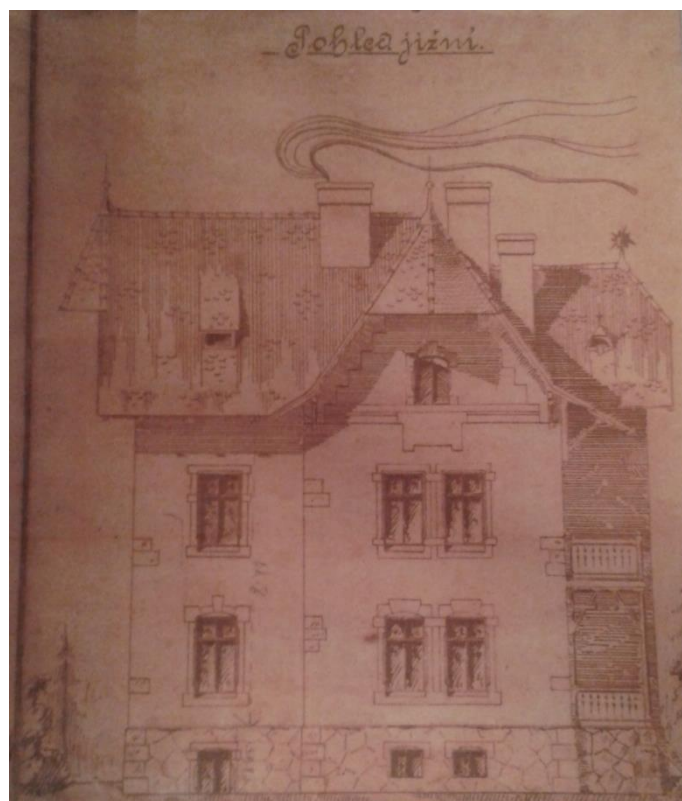
Obr. 2.2.15. Plynový kotel Viadrus

2.2.4 Plány rodinného domu

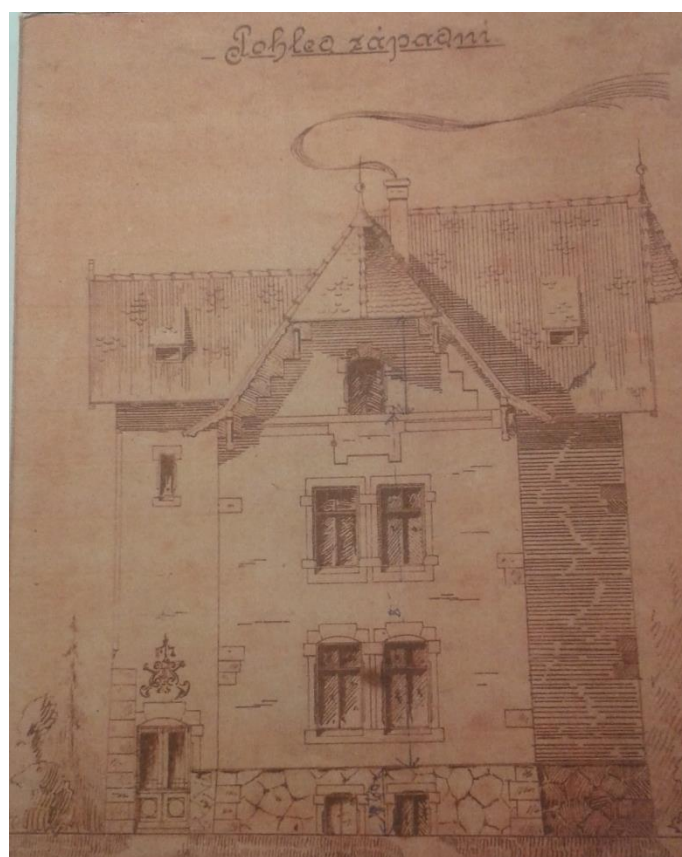
Zde přikládám plány rodinného domu, pro který bude dále vytvořen návrh otopné soustavy. Plány obsahují pohledy ze všech světových stran – sever, jih, západ, východ a půdorysy jednotlivých pater domu. Návrh bude zahrnovat řešení se třemi nejběžnějšími zdroji současnosti – tepelným čerpadlem, plynovým kondenzačním kotlem a automatickým kotlem na hnědé uhlí (ořech 2). Větší fotografie původních nákresů jsou k dispozici v příloze diplomové práce.



Obr. 2.2.16. Severní pohled



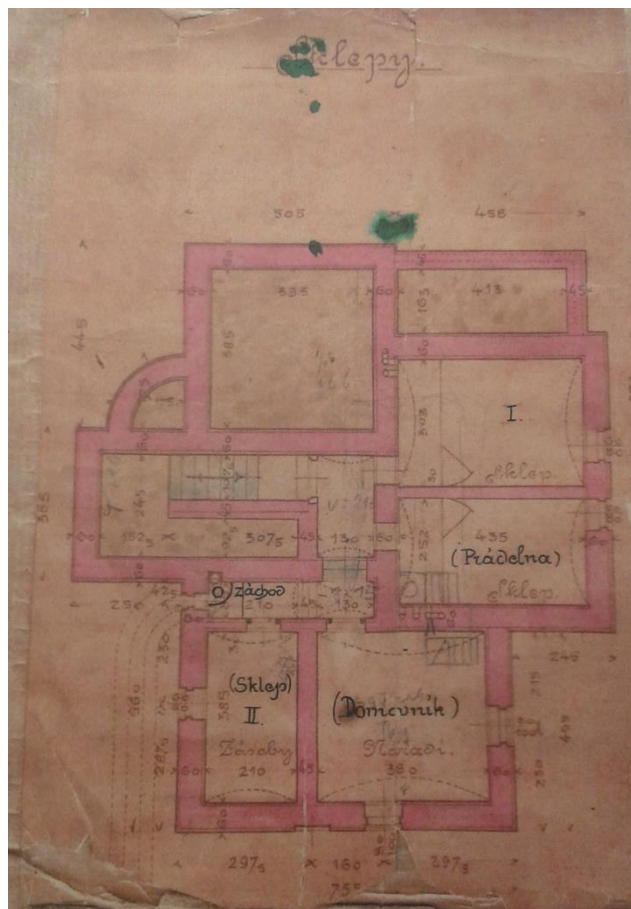
Obr. 2.2.17. Severní pohled



Obr. 2.2.18. Západní pohled



Obr. 2.2.19. Východní pohled



Obr. 2.2.20. Sklepní prostory

3 Energetická náročnost na vytápění modelového rodinného domu nezatepleného a zatepleného

3.1 Výpočet tepelných ztrát objektu

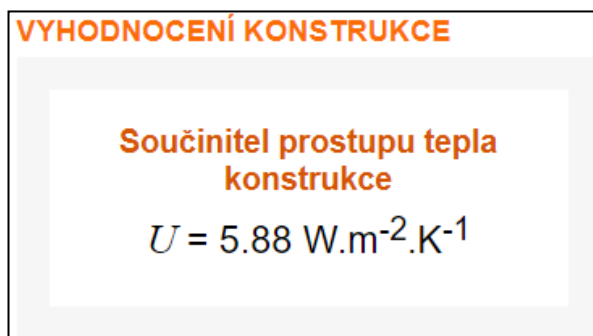
Výpočet tepelných ztrát v modelovém rodinném domě byl proveden pomocí dvou nezávislých výpočtových nástrojů (kalkulaček). První byla kalkulačka z webové stránky www.tzb-info.cz, ale nyní již není platná z důvodu vypršení platnosti normy ČSN 06 0210, pro kterou byla navržena, přesto pro porovnání výsledků byl proveden výpočet i na této verzi. Nová kalkulačka byla navržena pro projekt ZELENÁ ÚSPORÁM, jedná se o dotační program na zateplení rodinných domů. Z tohoto důvodu je tato kalkulačka oproti původní verzi zjednodušená, aby si na ní mohli provádět orientační výpočty i žadatelé mimo technické obory. Nová kalkulačka vypočítává nejen tepelnou ztrátu, ale i samotnou procentuální úsporu po započítání tepelné izolace a přepočítání energetické náročnosti budovy.

3.1.1 Výpočet a stanovení parametrů pro kalkulačku z tzb-info

V kalkulačce se nejprve nastaví lokalita a vlastnosti budovy. Venkovní výpočtová teplota byla nastavena na -15°C pro možnost co nejdůvěhodnějšího porovnání výsledků obou výpočtových nástrojů. U kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM je tato hodnota nastavena automaticky podle dané lokality. Stejně tak byla volena vnitřní výpočtová teplota 20°C . Samotný výpočet je nutno provádět pro každou stěnu objektu zvlášť. Po výběru počítané plochy například venkovní ochlazované zdi, nebo stropu na sklepem, je nutné zjistit činitel prostupu tepla pro danou plochu. Činitel prostupu tepla se určí pomocí nástroje, který vypočítá koeficient podle zadaných materiálů, které počítaná plocha obsahuje viz obr. 3.1.1.

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}						
j	Materiál	d [m]	λ_u [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	R_j [$\text{m}^2\text{K/W}$]	θ_j [$^{\circ}\text{C}$]	
				0.13 $\text{m}^2\text{K/W}$	$\theta_0 = -6.62^{\circ}\text{C}$?
1	<input checked="" type="checkbox"/> Sklo tažené obyčejné		0,76	0	-	↓
2	<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo		0,13	0	-	↑ ↓
3	<input type="checkbox"/> Malta vápenocementová		0,97	-	-	↑ ↓
4	<input type="checkbox"/> Omítka vápenocementová		0,99	-	-	↑
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}						
				0.04 $\text{m}^2\text{K/W}$	$\theta_e = -15^{\circ}\text{C}$	

obr. 3.1.1. Materiály konstrukčních ploch pro stanovení činitele prostupu tepla



obr. 3.1.2. Součinitel prostupu tepla

Jakmile je vložen správný činitel prostupu tepla, stačí zadat rozměry délky, výšky a odečíst plochy přidavných otvorů jako jsou okna a dveře. Tento postup se opakuje pro každou další plochu. Okna a dveře se počítají zvlášť, protože mají jiný činitel prostupu tepla.

Parametry obálkové konstrukce (místnosti / budovy)

	Typ ??? konstr.	Počet	$t_{e,i}$??? [°C]	U ??? [W/m ² K]	Plocha konstrukce						Q _o [W]	Infiltrace	
					d ??? [m]	v ??? [m]	S ??? [m ²]	S _d ??? [m ²]	S _v ??? [m ²]	S-S _d -S _v [m ²] ???		i _L (Tabulka) [m ³ /m.s.Pa ^{0.67}]	L ??? [m]
1.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	7.4	3.9	28.86	5.52	0	46.6€	9606.7	x 10 ⁻⁴	
2.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	4.45	3.9	17.36	2.76	0	29.2	6009.4	x 10 ⁻⁴	
3.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	5.6	3.9	21.84	0.991	0	41.6€	8581.4	x 10 ⁻⁴	
4.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	2.45	3.9	9.56	0	0	19.12	3934.9	x 10 ⁻⁴	
5.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	6.9	3.9	26.91	5.52	0	42.7€	8804.1	x 10 ⁻⁴	
6.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	4.95	3.9	19.31	1.95	0	34.72	7145.4	x 10 ⁻⁴	
7.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	2.2	3.9	8.58	0	0	17.1€	3531.5	x 10 ⁻⁴	
8.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	4.9	3.9	19.11	2.76	0	32.7	6729.7	x 10 ⁻⁴	
9.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	4.45	3.9	17.36	0	0	34.72	7145.4	x 10 ⁻⁴	
10.	vložit smazat SO	4	-15	5.88	2.5	3.9	9.75	0.84	0	35.64	7334.7	x 10 ⁻⁴	
11.	vložit smazat SO	2	-15	5.88	3.5	3.9	13.65	1.7	34.16	-10.2	-2111.5	x 10 ⁻⁴	
12.	vložit smazat OD	2	-15	5.88	0.49	1.07	0.52	0	0	1.04	214	x 10 ⁻⁴	

obr. 3.1.3. Část výpočetní kalkulačky

Na konci kalkulačka ukáže celkovou tepelnou ztrátu ve wattech viz obr. 3.1.4.

ΣQ_o	115200 W	???
Průměrný součinitel prostupu tepla k_c	4,324 W/m ² K	???
Přirážka p_1	0,65	???
Přirážka p_2	0	???
Přirážka p_3	-0,05	???
Q_p	184158 W	???

obr. 3.1.4. Tepelná ztráta prostupem tepla

Celková tepelná ztráta prostupem tepla $Q_p = 184158 \text{ W} = 184,2 \text{ kW}$

3.1.2 Výpočet a stanovení parametrů kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM

Prvním krokem je zadání lokality, ale na rozdíl od první kalkulačky vybíráme pouze oblast a ostatní parametry, jako je venkovní teplota, délka otopného období a průměrná venkovní teplota v otopném období, se volí automaticky bez možnosti změny. Pro charakteristiku objektu se musí vypočítat objem vytápěné zóny budovy V , který nezahrnuje nevytápěné podkroví, garáž, sklepy, lodžie, římsy, atiky a základy budovy. Dalším parametrem je celková podlahová plocha A_c . Je to podlahová plocha všech podlaží budovy vymezená vnitřním lícem obvodových stěn bez neobyvatelných sklepů a oddělených nevytápěných prostor. Posledním parametrem do charakteristiky objektu je trvalý tepelný zisk H^+ . Obvyklý tepelný zisk zahrnuje teplo od spotřebičů cca 100 W/byt a teplo od lidí cca 70 W/osobu.

LOKALITA / UMÍSTĚNÍ OBJEKTU

Město / obec / lokalita	<input type="text" value="Plzeň"/> ▼ ?
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	<input type="text" value="-15"/> °C
Délka otopného období d	<input type="text" value="233"/> dní
Průměrná venkovní teplota v otopném období θ_{em}	<input type="text" value="3.3"/> °C

obr. 3.1.5. Volba lokality

CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

Převažující vnitřní teplota v otopném období ϑ_{im} obvyklá teplota v interiéru se uvažuje 20 °C	20 °C
Objem budovy V vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje nevytápěné podkrovní, garáž, sklepy, lodžie, římsy, atiky a základy	862.2 m ³
Celková plocha A součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy (automaticky, z níže zadaných konstrukcí)	985.96999 m ²
Celková podlahová plocha A_c podlahová plocha všech podlaží budovy vymezená vnitřním lícem obvodových stěn (bez neobyvatelných sklepů a oddělených nevytápěných prostor)	236 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	1.14 m ⁻¹
Trvalý tepelný zisk H^+ Obvyklý tepelný zisk zahrnuje teplo od spotřebičů (cca 100 W/byt), teplo od lidí (70 W/os.) apod.	410 W
Solární tepelné zisky H_s^+ <input checked="" type="radio"/> Použít velice přibližný výpočet dle vyhlášky č. 291/2001 Sb <input type="radio"/> Zadat vlastní hodnotu vypočtenou ve specializovaném programu	2328 kWh / rok

obr. 3.1.6. Charakteristika objektu

3.1.2.1 Výpočet objemu vytápěné zóny

Modelový rodinný dům obsahuje dvě zcela totožná patra, proto stačí vypočítat objemy pouze jednoho patra, celkový výsledek vynásobit dvěma a odečíst objem jednoho schodiště, které už je součástí nevytápěného půdního prostoru.

Ložnice

$$V_{lo} = (400 + 45 * 650 + 2 * 45) * 390 = 128\,427\,000 \text{ cm}^3 = 128,427 \text{ m}^3$$

Obývací pokoj

$$V_{ob} = (450 + 90 * 600 + 90) * 390 = 145\,314\,000 \text{ cm}^3 = 145,314 \text{ m}^3$$

Kuchyně

$$V_{ku} = (400 + 90 * 400 + 90) * 390 = 93\,639\,000 \text{ cm}^3 = 93,639 \text{ m}^3$$

Předsíň + Schodiště + Mezipatro

$$V_{psm} = (260 + 90(250 + 45 + 225 + 160)) * 390 = 98\,820\,000 \text{ cm}^3 = 98,820 \text{ m}^3$$

První patro celkem

$$V_{1.patro} = 466\,200\,000 \text{ cm}^3 = 466,200 \text{ m}^3$$

Celkový objem obou pater

$$V_c = V_{1.\text{patro}} * 2 - 350 * 520 * 390 = 932\,400\,000 - 70\,980\,000 = 861\,420\,000 \text{ cm}^3 = 861,420 \text{ m}^3$$

3.1.2.2 Výpočet celkové podlahové plochy

Ložnice

$$S_{lo} = (400 + 45 * 650 + 2 * 45) = 329\,300 \text{ cm}^2 = 32,93 \text{ m}^2$$

Obývací pokoj

$$S_{ob} = (450 + 90 * 600 + 90) = 372\,600 \text{ cm}^2 = 37,26 \text{ m}^2$$

Kuchyně

$$S_{ku} = (400 + 90 * 400 + 90) = 240\,100 \text{ cm}^2 = 24,01 \text{ m}^2$$

Předsíň + Schodiště + Mezipatro

$$S_{psm} = (260 + 90(250 + 45 + 225 + 160)) = 238\,000 \text{ cm}^2 = 23,8 \text{ m}^2$$

První patro celkem

$$S_{1.\text{patro}} = 1\,180\,000 \text{ cm}^2 = 118 \text{ m}^2$$

Celkový obsah obou pater

$$S_c = S_{1.\text{patro}} * 2 - 350 * 520 = 2\,360\,000 - 182\,000 = 2\,178\,000 \text{ cm}^2 = 217,8 \text{ m}^2$$

3.1.2.3 Výpočet trvalého tepelného zisku

Teplo od osob

$$v_{os} = 3 * 70 = 210 \text{ W}$$

Teplo od spotřebičů

$$v_{spot} = 2 * 100 = 200 \text{ W}$$

Celkový trvalý tepelný zisk

$$v_c = 210 + 200 = 410 \text{ W}$$

3.1.2.4 Stanovení parametrů konstrukce modelového domu

Výpočet celkové měrné ztráty prostupem tepla je rozdělen na jednotlivé sekce, jako jsou stěny, podlahy, stropy, okna, dveře a střecha. Původní výpočtový nástroj (kalkulačka) z tzb.info počítala každou stěnu, okno, dveře, atd. zvlášť a jednotlivé výsledky se sčítaly. U kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM se počítají všechny stěny stejného materiálového složení a tloušťky najednou, stejně je tomu u dalších sekcí jako jsou již zmíněná okna. To znamená, že za celkovou plochu stěn A_i se dosazují všechny sečtené plochy obálkové konstrukce objektu s odečtením konstrukčních otvorů, jako jsou okna, dveře, atd. Podle stejného principu se sčítají všechny plochy zbývajících sekcí. U každé sekce se volí jako první součinitel prostupu tepla před zateplením podle příslušné tabulky. Například u stěny si můžeme vybrat ze šesti přednastavených možností. Modelový dům má cihlové zdi s tloušťkou 45 cm, což odpovídá přímo možnosti z nabídky - stěna cihelná tl. 45 cm $U = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dalším krokem je volba uvažované tloušťky zateplení v milimetrech. Po zkoušení různých variant v poměru nákladů, úspory tepla a návratnosti vyšla nejpříznivěji tloušťka tepelné izolace 150 mm. Již zmiňovaná plocha A_i se dosazuje jako součet dílčích ploch jednotlivých stěn. Stejný postup se opakuje pro všechny další sekce.

OCHLAZOVANÉ KONSTRUKCE OBJEKTU / ZATEPLENÍ, VÝMĚNA OKEN

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení d [mm] ? / nová okna U_i [W/m ² K]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-] ?		Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T1} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]	
				Před úpravami	Po úpravách	Před úpravami	Po úpravách
Stěna 1	1.40	150 mm	361.71	1.00	1.00	506.4	81
Stěna 2				1.00	1.00	0	0
Podlaha na terénu	3.10			0.40	0.40	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep je celý pod terénem)				0.45	0.45	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep částečně nad terénem)	3.10	150 mm	143.3	0.65	0.65	288.7	22.9
Střeška	2.20	150 mm	300	1.00	1.00	660	71.4
Strop pod půdou	1.40	150 mm	143.3	0.80	0.95	160.5	30.5
Okna - typ 1	2.35	1.0	34.3	1.00	1.00	80.6	34.3
Okna - typ 2				1.00	1.00	0	0
Vstupní dveře	1.2	1.2	3.36	1.00	1.00	4	4
Jiná konstrukce - typ 1		?		1.00	1.00	0	0
Jiná konstrukce - typ 2		?		1.00	1.00	0	0

obr. 3.1.7. Konstrukce objektu

Poslední uživatelem volené hodnoty jsou pro lineární tepelné mosty, kde se opět zadávají parametry před úpravami a po úpravách.

LINEÁRNÍ TEPELNÉ MOSTY (KONKRÉTNÍ HODNOTY TEPELNÝCH MOSTŮ)

Před úpravami	$\Delta U = 0.10$ W/m ² K - konstrukce s běžnými tepelnými mosty (standardní řešení)
Po úpravách	$\Delta U = 0.02$ W/m ² K - konstrukce téměř bez tepelných mostů (optimalizované řešení)

obr. 3.1.8 Lineární tepelné mosty

Po dosažení všech zmíněných parametrů je již automaticky provedeno stavebně - technické vyhodnocení a výpočet úspory tepelné energie v procentech. Výsledky výpočtů ukázaly, že měrná spotřeba energie před zateplením je 633.1 kWh/m² a po zateplení 116.8 kWh/m².

ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

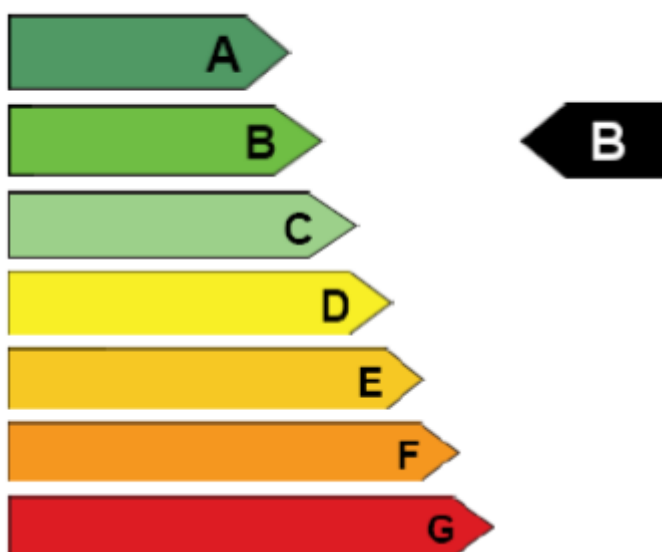
Stav objektu	Měrná potřeba energie
Před úpravami (před zateplením)	633.1 kWh/m ²
Po úpravách (po zateplení)	116.8 kWh/m ²

obr. 3.1.9 Roční spotřeba energie

Úspora tedy činí 82%. Vzhledem k těmto výsledkům vznikl nárok na dotaci v rámci části programu A.2 – částečné zateplení. V tomto modelovém příkladu dotace činí 850 Kč/m² podlahové plochy, to je 200 600 Kč.

Z pohledu energetického štítku obálky budovy se modelový dům dostal z původního stupně F až na stupeň B, to odpovídá moderní výstavbě pasivních domů, například dřevostavbám.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY



obr. 3.1.10 Energetický štítek

Celková tepelná ztráta určená kalkulačkou ZELENÁ ÚSPORÁM činí 67 319 (W) a podle původní kalkulačky z tzb.info vyšla celková tepelná ztráta na 184 158 (W).

STAVEBNĚ - TECHNICKÉ HODNOCENÍ

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	17 724
Podlaha	10 106
Střecha	28 717
Okna, dveře	2 962
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	3 451
Větrání	4 359
--- Celkem ---	67 319

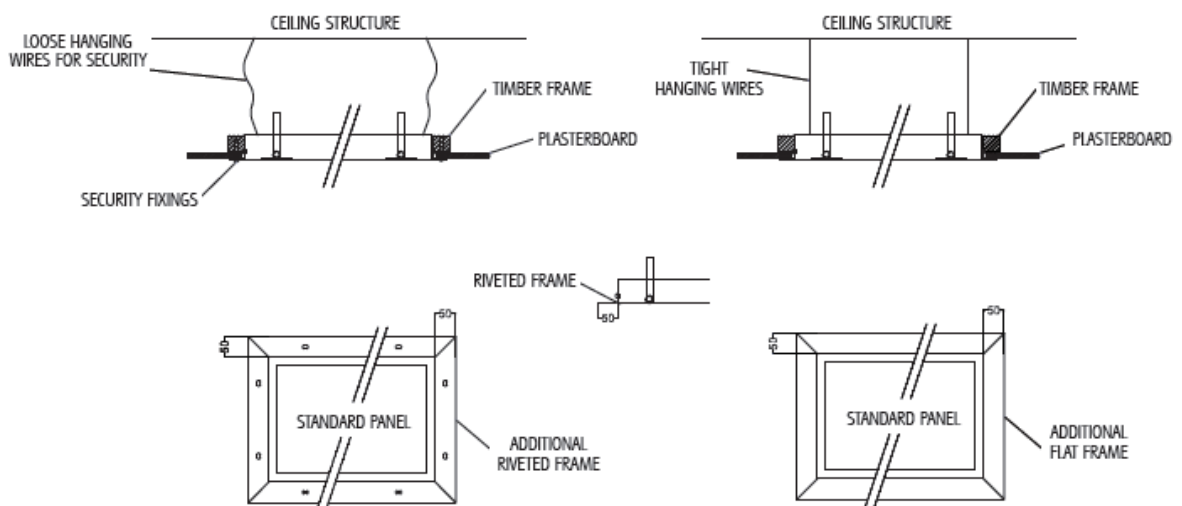
obr. 3.1.11 Stavebně technické hodnocení

Tento významný rozdíl je způsoben mnohými zjednodušenými u kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM. Tato kalkulačka zanedbává mnoho parametrů oproti původní kalkulačce. Největší problém je, že původní činitel prostupu tepla z tzb.info u všech oblastí vyšel na 5.88 (W/m²K) u kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM byl přednastaven například u stěny na 1.4 (W/m²K). Tento rozdíl je již na první pohled ohromný.

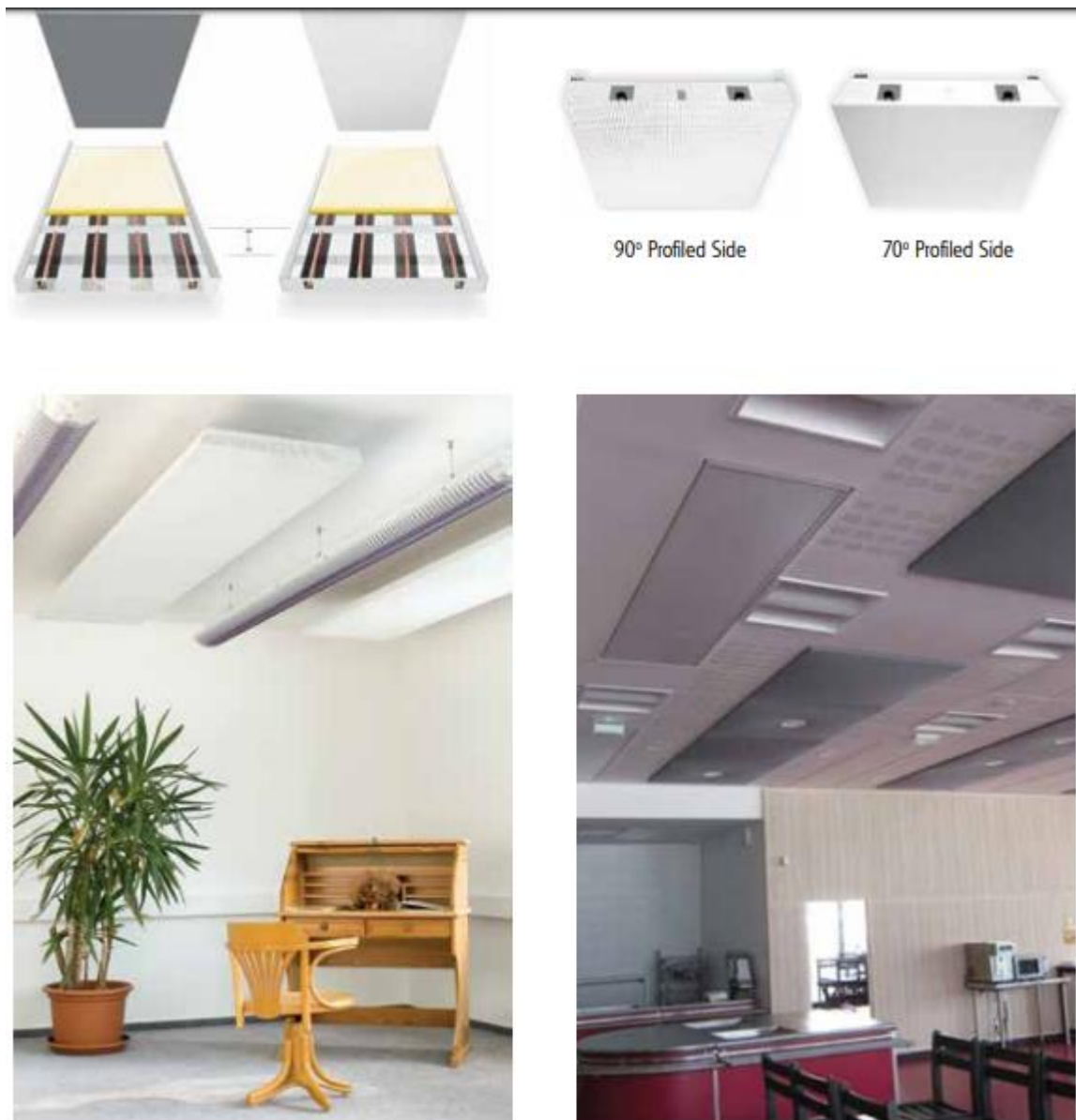
3.2 Návrh sálavého vytápění – program Hefaistos

3.2.1 Sálavé panely SMART

Firma z Velké Británie Merriott nabízí SMART sálavé panely testované pro normu EN14037. Oproti klasickému teplovzdušnému vytápění je u těchto panelů udávána energetická úspora až o 40%. SMART panely umí nejen vytápět ale také chladit, což zvyšuje jejich univerzálnost. Merriott dále nabízí možnost formátů sálavých panelů ve velikosti dlaždic a je tak možno příslušný počet dlaždic přímo nahradit sálavými panely. Panely jsou také možné osadit světly, reproduktory, atd.



obr. 3.2.1 Struktura sálavých panelů řady SMART plus



obr. 3.2.2 Panely SMART plus se sklonem bočního panelu 70° a 90°

3.2.2 Sálavé panely FENIX

Předním českým výrobcem sálavých panelů je firma FENIX group. Český výrobce nabízí širokou škálu nejen sálavých panelů, ale i ostatních řešení vytápění s využitím elektrické energie jako jsou například topné kabely a rohože. Základní skupinou jsou skleněné sálavé panely s možností potisku, které se tak zároveň mohou stát jak zdrojem tepla, tak i zajímavým obrazem a uměleckým dílem.



obr. 3.2.3 Panel ECOSUN G s potiskem

Kromě skleněných panelů se také vyrábějí panely s bílým práškovým nástřikem plastu. Pro reprezentační prostory, koupelny či obytné prostory nabídka také zahrnuje mramorové panely řady MR. Tyto panely jsou velmi estetické, avšak díky váze kamene se mohou instalovat pouze na stěnu na výšku nebo na šířku. Tohle omezení ale nedovoluje využít největší výhody sálavých panelů a to maximální účinnosti panelu.

3.2.3 Program Hefaistos

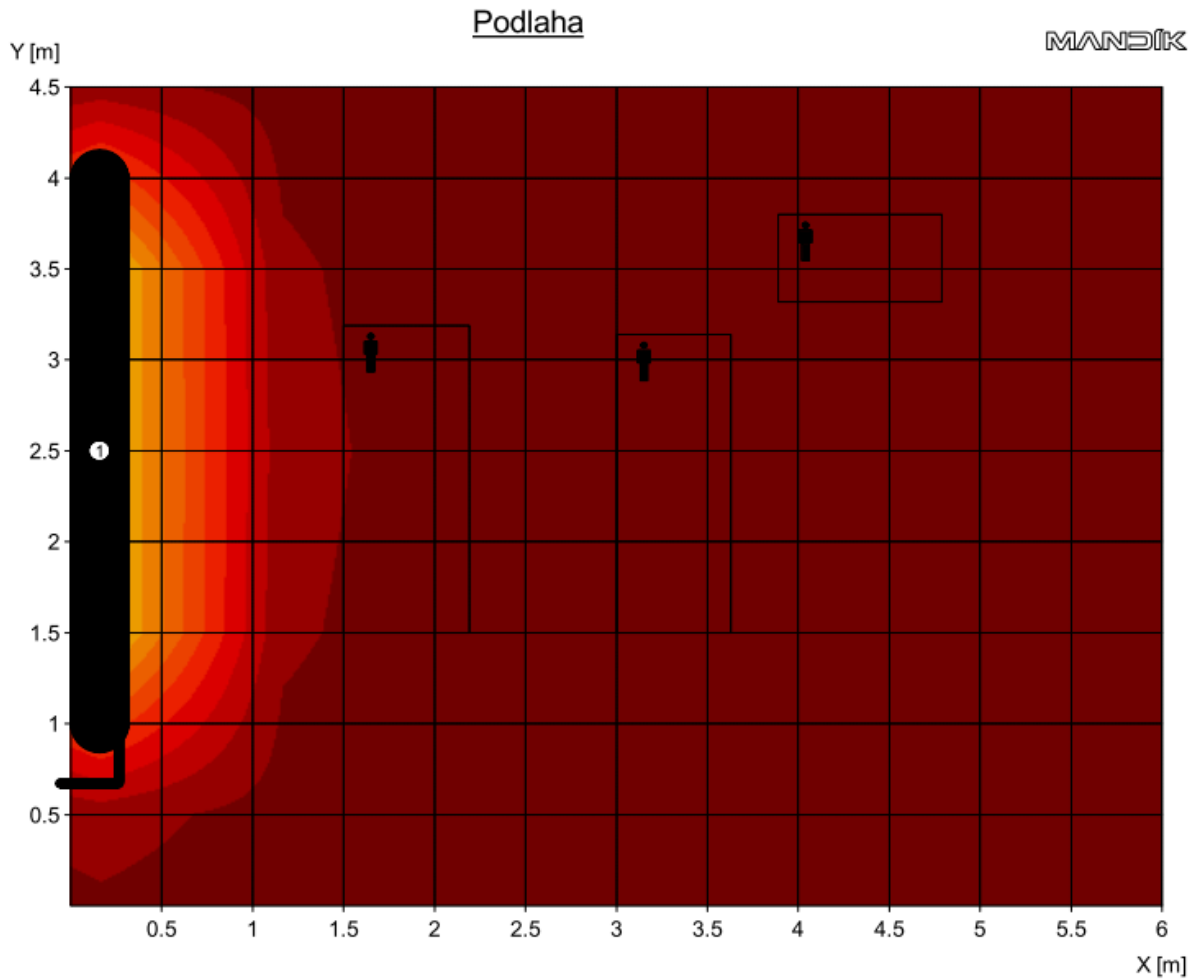
Program Hefaistos je nástroj přímo určený pro návrhy sálavého vytápění objektů. Tato verze programu je volně šiřitelná a dá se stáhnout přímo z webových stránek výrobce www.mandik.cz v sekci ke stažení. Tento software používá k návrhu katalogové plynové infrazářiče firmy Mandík. Program nabízí různé varianty instalací. Instalační balíčky obsahují varianty v češtině, angličtině, němčině, ruštině a polštině. Pro některé jazyky jsou ještě knihovní nabídky rozděleny na západní a východní instalaci. Při zakládání nového návrhu se nastaví rozměry vytápěné místnosti. V záložce dokument se nejprve vybere „otopné období“, zde se nastaví počet dnů otopného období, průměrná teplota, výpočtová teplota a parametry provozu jako například počet dnů vytápění v týdnu, atd. Po nastavení parametrů otopného období se volí konstrukční parametry objektu, zdroje tepla, pracovních podmínek.

Po zadání všech parametrů se přejde k vlastnímu návrhu. Program je navržen tak, že každá stěna včetně podlahy a stropu se upravuje zvlášť. U jednotlivých stěn se modelují

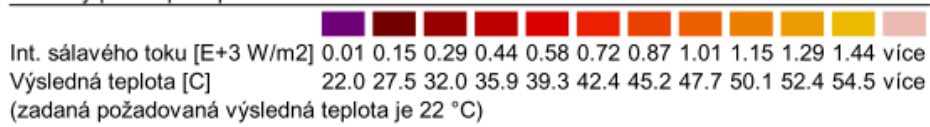
konstrukční otvory jako okna, dveře a světlíky. Na ploše „podlaha“ se zakresluje pohyb osob. Pohyb osob není podmínkou pro správný výpočet rozložení tepla, ale udává lepší představu o tepelné pohodě. V ploše podlahy se rovněž umisťují návrhy sálavých panelů. Pro co nejlepší efektivitu zařízení a zajištění dobré tepelné pohody by se měly dodržovat následující zásady. Nejrovnoměrnější teplotní rozdělení by se měly sálavé panely umisťovat na kratší stranu místnosti do výšky 50 centimetrů nad zemí. Zároveň je dobré další panely instalovat na protější stranu venkovní zdi, protože tato zeď se potom bude vysušovat a zajistí se tak příjemná tepelná pohoda. Posledním krokem je výpočet výsledných hodnot modelu. Program vykreslí pomocí barevné škály rozložení tepla v místnosti a vypočítá ztráty tepla místnosti a náklady na roční vytápění. Pro demonstraci jsem vybral největší místnost modelového domu obývací pokoj.

Návrh sálavého vytápění - Obývací pokoj

PODLAHA		STROP	
Koeficient prostupu	0.6 Wm ⁻² K ⁻¹	Koeficient prostupu	0.6 Wm ⁻² K ⁻¹
Teplota země	5 °C	Externí teplota	14 °C
STĚNY		VÝMĚNA VZDUCHU	
Koeficient prostupu	1.6 Wm ⁻² K ⁻¹	Násobek objemu haly	0.5
Externí teplota	14 °C	Teplota vzduchu	-15 °C
KLIMATICKÉ ÚDAJE		PALIVO	
Dnů otopného období	233	Druh paliva	Zemní plyn
Stř. venkovní teplota	3.3 °C	Účinnost regulace	0.9
Výpoč. venk. teplota	-15 °C	Cena	10 Kč/m ³
PROVOZNÍ REŽIM		TRVALÝ ZISK TEPLA	
Provoz. dnů /týden	7	Technologiemi	0.4 kW
Provoz. hodin /den	24	ROZMĚRY HALY	
Provoz. tepl. vzduchu	20 °C	Půdorys	6 × 4.5 m
Požad. výsled. teplota	22 °C	Výška	3.2 m
Tlum. teplota vzduchu	18 °C		

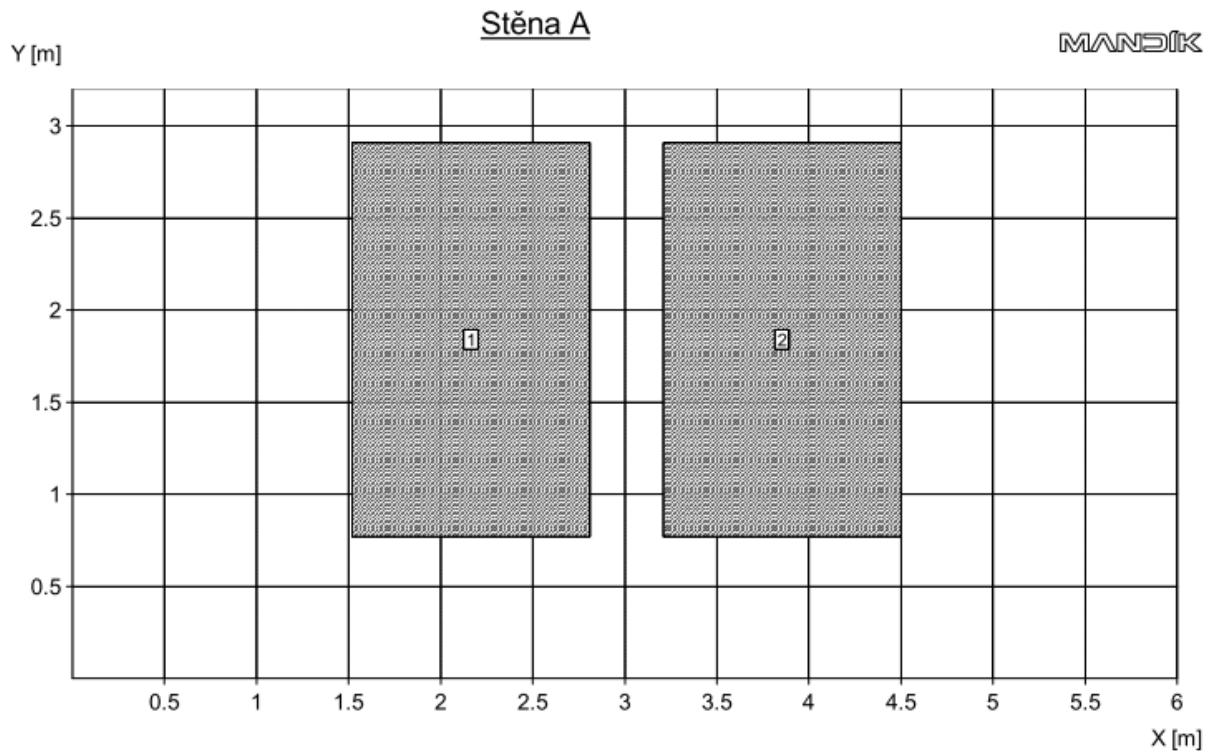


Hodnoty platné při teplotě vzduchu 22.0 °C

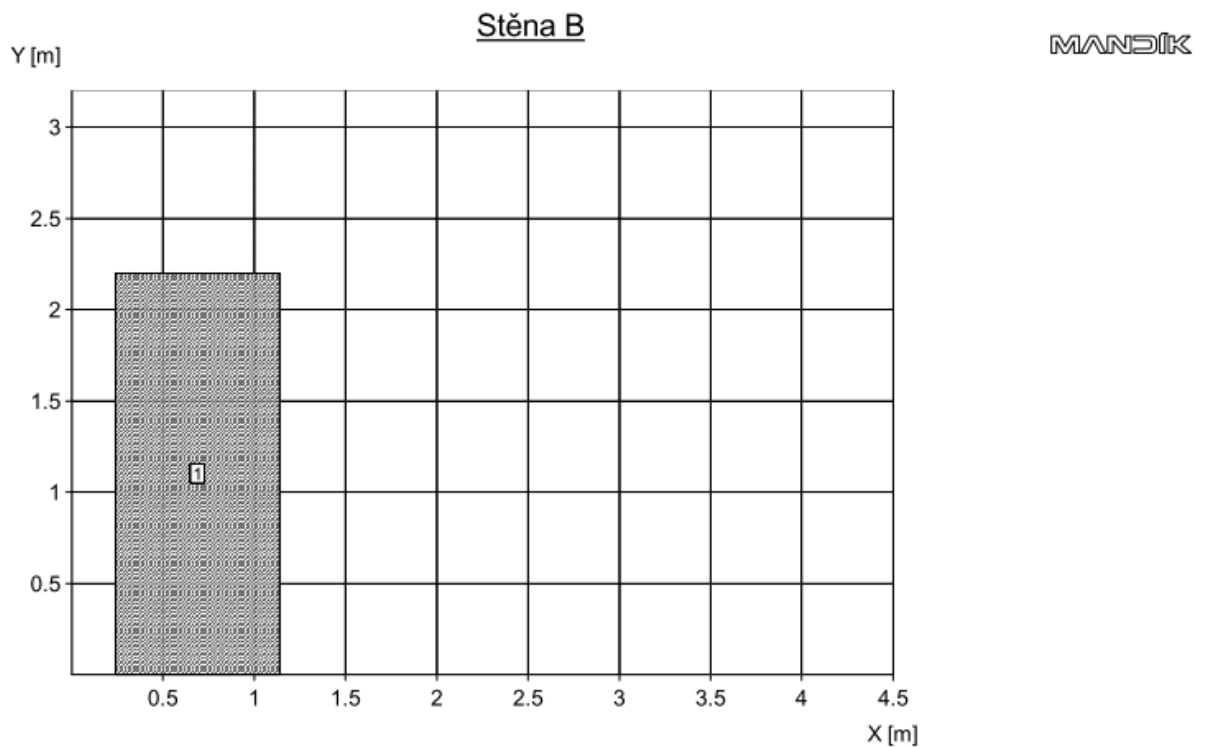


Výpis infrazářičů

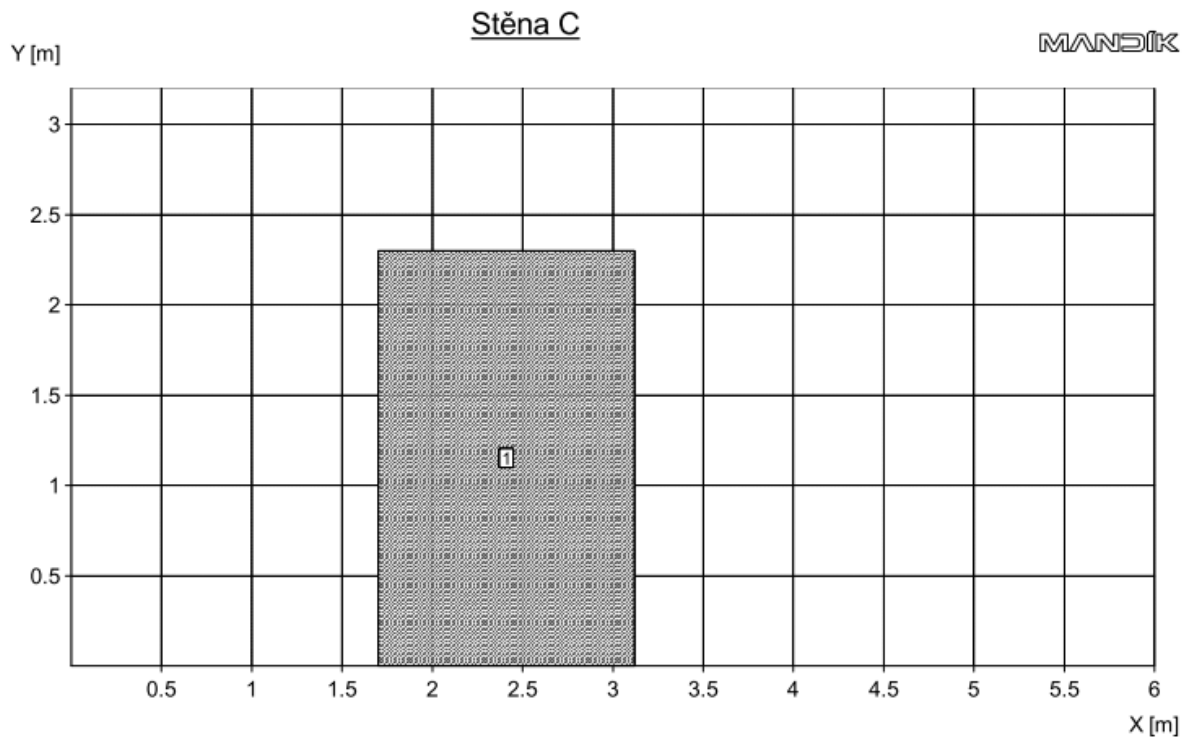
#	model	výkon [W]	poloha (x, y, z [m])			natoč.	naklop.[deg]
1	Helios10UD+	6100	0.16	2.50	0.50	-90	0

**Výpis stavebních otvorů**

#	K [Wm ⁻² K ⁻¹]	t _s [°C]	S [m ²]	šířka [m]	výška [m]	popis
1	2.700	14.00	2.76	1.29	2.14	okno, dvojité dřevěné
2	2.700	14.00	2.76	1.29	2.14	okno, dvojité dřevěné

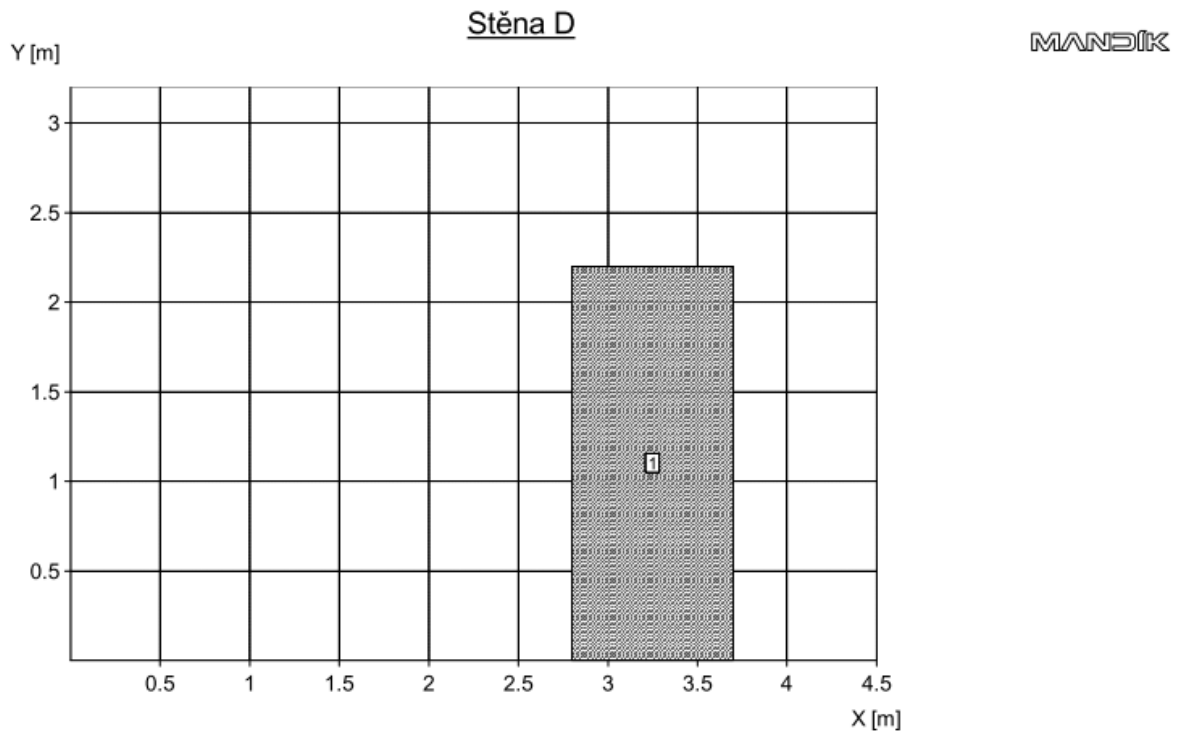
**Výpis stavebních otvorů**

#	K [Wm ⁻² K ⁻¹]	t _s [°C]	S [m ²]	šířka [m]	výška [m]	popis
1	1.500	14.00	1.98	0.90	2.20	vrata, comp.



Výpis stavebních otvorů

#	K [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]	t_e [°C]	S [m^2]	šířka [m]	výška [m]	popis
1	4.100	14.00	3.27	1.42	2.30	vrata, dřevěná



Výpis stavebních otvorů

#	K [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]	t_e [°C]	S [m^2]	šířka [m]	výška [m]	popis
1	4.100	14.00	1.98	0.90	2.20	vrata, dřevěná

Vyhodnocení

Ke zpracování dokumentu byla použita volně šiřitelná verze programu Hefaistos, resp. verze 6.2 FX.

V mapě ozáření není zohledněn možný negativní vliv stavebních otvorů apod. (viz nápověda). Pro komplexní zpracování výchozího dokumentu jej zašlete na adresu "hefaistos@mandik.cz", kde bude zpracován v plné verzi programu a obratem zaslán zpět.

HALA		INSTALOVANÝ VÝKON	
Tepelné ztráty haly	1642 W	Infrazářiče	6100 W
Plocha podlahy	27 m ²	Teplovzdušné agregáty	0 W
Objem haly	86.4 m ³	Celkem	6100 W

SPOTŘEBA PALIVA		MAPA OZÁŘENÍ	
Maximální	1.33 m ³ /h	Výška (nad podlahou)	0.5 m
Odhadovaná	276 m ³ /rok	Min. intenzita	7.9 W/m ²
Pozn: odhad. cena	3 tis.Kč/rok	Max. intenzita	1436.5 W/m ²

TEPLOTA VZDUCHU		MAPA OZÁŘENÍ	
Max. dosažitelná	47.8 °C	Stř. intenzita	156.2 W/m ²
Navržená	22 °C	Rozptyl intenzit	192 %
Pozn: teploty z výšky 1.5 m			

Jsme rádi, že jste ke zpracování vašeho návrhu použili program Hefaistos. Jakékoliv připomínky a náměty zašlete na adresu "hefaistos@mandik.cz".

Hygienické posouzení

PRACOVNÍŠTĚ		PŘEDPOKLADY	
Třída práce	I	Tepelný odpor oděvu	0.75 - 1 clo
Poloha člověka	sedící	Energetický výdej	0 - 80 W/m ²
		Rychl. proudění vzduchu	0 - 0.2 m/s
		Rel. vlhkost vzduchu	30 - 70 %

Výsledky hygienického posouzení naleznete v komplexním zpracování, které obdržíte (jak je výše uvedeno) po zaslání výchozího dokumentu na adresu "hefaistos@mandik.cz".

Závěr

Dne 25.2.2018, vypracoval: Jiří Bízek

Příloha - Třídy práce v hygienickém posouzení

Jedním z parametrů hygienického posouzení je energetický výdej pracovníka. Třídy práce přiřazují k jeho hodnotám popis pracovní činnosti (formou příkladů), podle kterého je obvykle posuzovaná práce zařazena do některé z tříd (namísto obtížného určování energetického výdeje).

V následujícím seznamu jsou uvedeny třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje na efektivní dobu práce.

Třída I (0 - 80 W/m²)

Sezení s mírnou aktivitou, uvolněné stání (kancelářské práce, práce v dozornách, šití, montáž malých lehkých dílců, jeřábničníci).

Třída IIa (81 - 105 W/m²)

Činnost vstoje nebo při chůzi spojená s přenášením lehkých břemen nebo překonáváním malých odporů (laboratorní práce, vaření, strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, práce nástrojářů a mechaniků, prodavači, práce vsedě s pohybem obou paží - např. obsluha lisů, výstupní kontrola, montáž TV baněk).

Třída IIb (106 - 130 W/m²)

Činnost spojená s přenášením středně těžkých břemen (mechanici, prodavači při silné frekvenci zákazníků, strojní opracování a montáž středně těžkých dílců, práce na ručním rotačním lisu, řidiči autobusů, řidiči traktorů, lakýrníci, svařování, soustružení, mytí nádobí, strojové vrtání, obsluha koksové baterie, dělník v ocelárně, valciř hutních materiálů).

Třída IIIa (131 - 160 W/m²)

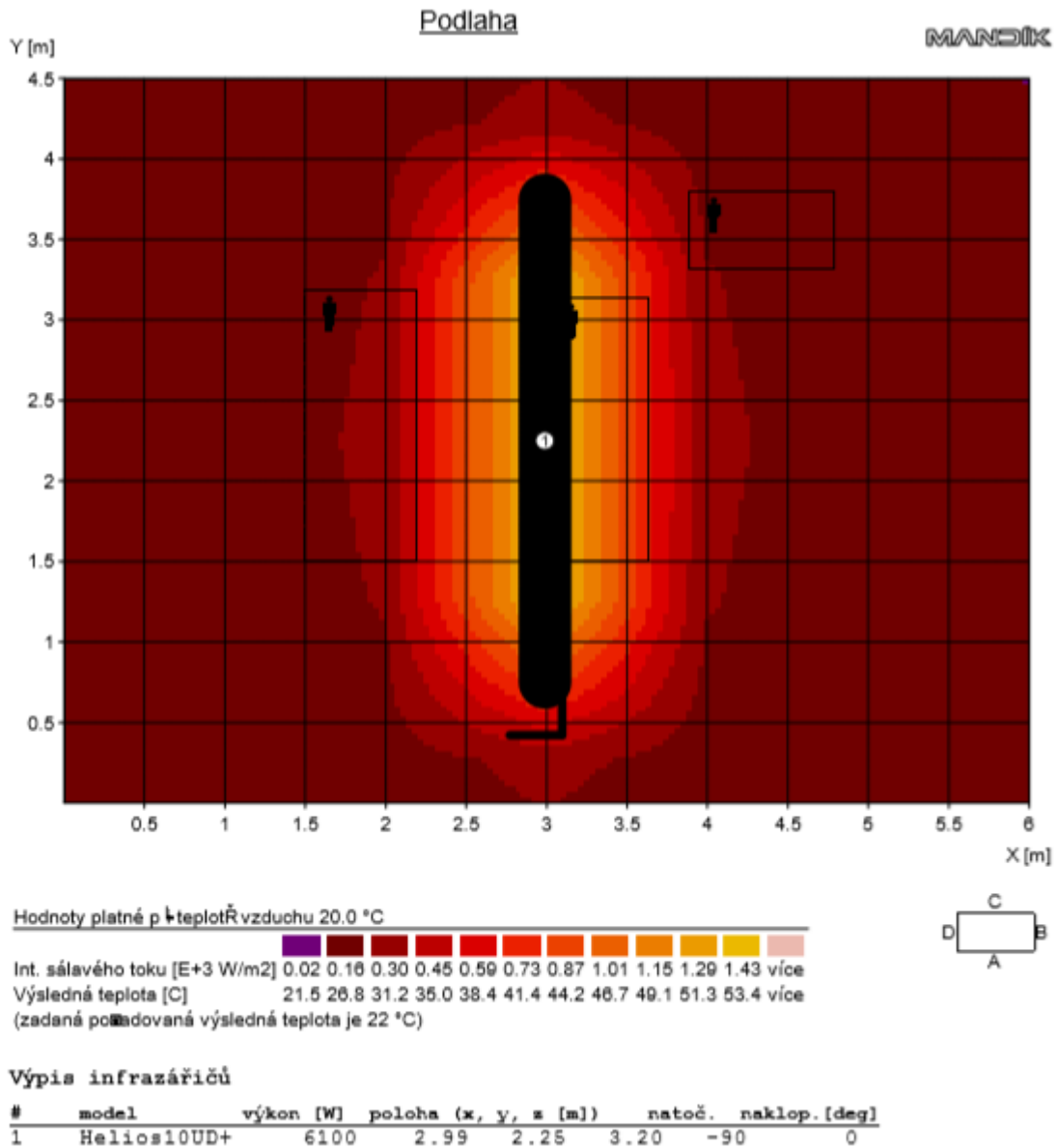
Práce především vstoje, občas v předklonu nebo vkleče, chůze, zapojení obou paží (údržba strojů, mechanici, ukládání panelů na stavbách pomocí mechanizace, prodavači v železářství, skladníci s občasným přenášením břemen do 15 kg, řezníci na jatkách, pekaři, malíři pokojů, operátoři poloautomatických strojů, vystrojování vnitřku karoserií v automobilovém průmyslu, obsluha válcovacích tratí v kovoprůmyslu, výroba autokol, hutní údržba, broušení TV baněk, průmyslové žehlení prádla, čištění oken, běžný úklid v hotelových pokojích, dělnice v cukrářské výrobě - výroba zákusků, textil - výroba úpletového zboží, strojní výroba dveří, vaření ve společném stravování, zpracování masa).

Třída IIIb (161 - 200 W/m²)

Práce vstoje, předklon, chůze, zapojení svalstva obou paží a trupu (kladání cihel při tradiční výstavbě, skládání cihel, práce pomocného obkladače při nošení dlaždic, chůze po zvlněném terénu bez zátěže, čištění menších odlitek sbíječkou a broušením, příprava forem na 15 až 50 kg odlitky, nasazování jader do forem, většina zahradnických prací a prací v zemědělství, skladníci v hutích, foukači skla - větší kusy, obsluha gumárenských lisů, žehlení prádla na lisu, práce na lisu v kovárnách).

První návrh sálavého vytápění znázorňuje rozložení teploty při instalaci sálavého panelu na kratší straně místnosti ve výšce 0,5 m nad zemí. Ve druhém návrhu byly zachovány stejné parametry a celý návrh byl proveden pro stejnou místnost jako v prvním případě. Ve druhém případě byl sálavý panel umístěn přímo ke stropu vytápěné místnosti doprostřed plochy místnosti. Pro porovnání je přiložen obrázek rozložení teplot pro druhý případ

umístění. Nejvíce se uplatní výhody sálavých panelů, pokud jsou panely zavěšené právě ze stropu zářivou plochou dolů. Při takto instalovaných panelech je možné dosáhnout maximální sálavé účinnosti panelu, ať již jde o panely elektrické nebo plynové. Pocit tepla a tepelné pohody nepochází z teploty vzduchu, ale z tepelného záření, které vzduch neohřívá. Díky tomuto principu dochází k veliké úspoře financí.



3.3 Návrh teplovzdušného vytápění programem Hermes

Program Hermes je stejně jako program Helios produktem společnosti Mandík. Klasické teplovzdušné vytápění je dodnes nejčastěji řešeno soustavou radiátorů v každé samostatné místnosti v propojení s otopnou soustavou jejíž zdrojem je kotel. Pro vytápění výrobních hal existují i jiné možnosti teplovzdušného vytápění. Jednu z těchto možností představuje program Hermes od společnosti Mandík. Stejně jako v ostatních programech podobného typu se nejprve nastaví všechny parametry vytápěného objektu či haly včetně doby, po kterou zvolený zdroj má pracovat. Ve výrobní hale je například nastaveno vytápění pět dnů v týdnu na osm hodin denně. Po nastavení těchto základních parametrů program vypočítá potřebný topný výkon. Následně nabídne seznam výrobní řady teplovzdušných jednotek, kde si uživatel může zkombinovat jednotky tak, aby se pokryl požadovaný topný výkon. Nakonec se volí umístění jednotek, k dispozici je sedm variant umístění.



Hermes

Název studie:

Návrh vytápění modelové místnosti teplovzdušnými jednotkami

Investor / zadavatel:

Jiří Bízek

Popis studie:

Vypracoval:

Jiří Bízek

Datum vypracování:

4.3.2018 20:51:38

Klimatické údaje:

Oblast:	Plzeň
Pocet dnů otopného období:	233
Střední venkovní teplota:	3,3 °C
Výpočtová venkovní teplota T_e :	-15 °C
Teplota země pod podlahou:	5 °C

Provozní režim:

Pocet provozních dnů za týden:	7
Pocet provozních hodin za den:	24
Požadovaná vnitřní teplota T_i :	20 °C
Tlumená vnitřní teplota:	18 °C

Zdroje tepla:

Druh paliva:	zemní plyn
Cena:	10 CZK/m ³
Účinnost regulace:	1

Trvalé tepelné zisky:

Technologiemi:	0,4 kW
Jiným vytápěcím systémem:	0 kW
Ostatní:	0 kW

Pracovní podmínky:

Trída práce:	I
Poloha člověka:	sedící
Energetický výdej:	0 - 80 W/m ²
Tepelný odpor oděvu:	1 clo
Rychlost proudění vzduchu:	0 - 0,2 m/s
Relativní vlhkost vzduchu:	30 - 70 %
Výška dýchací zóny:	1.1 m

Sezení s mírnou aktivitou, uvolněné stání (kancelářské práce, práce v dozornách, šití, montáž malých lehkých dílců, jerábníci).

Rozměry vytápěné budovy:

Typ strechy:	sedlová strecha
Délka A:	6 m
Šířka B:	4,5 m
Výška H1:	2,5 m
Výška H2:	2,5 m
Objem budovy:	101,25 m ³

Rozměry světlíku:

Typ světlíku:	Hala bez světlíku
---------------	-------------------

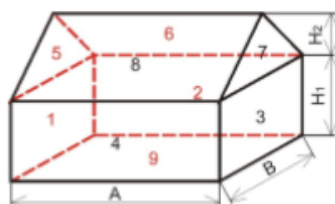


Hermes

Rekapitulace výpočtu tepelných ztrát

Typ budovy:

Typ světlíku:



Parametry stavební konstrukce a stavebních otvorů

Stěna	Plocha [m ²]	Materiál	U [W/m ² K]	Ti [°C]	Te [°C]	Ztráty konstrukcí [kW]
Stěna 1	11,25	Cihla plná, tloušťka 150 mm	2,90	20	-15	0,94
Stěna 2	15	Cihla plná, tloušťka 150 mm	2,90	20	-15	0,96
Stěna 3	11,25	Cihla plná, tloušťka 150 mm	2,90	20	-15	0,96
Stěna 4	15	Cihla plná, tloušťka 150 mm	2,90	20	-15	1,17
Štít 5	5,63	Cihla plná, tloušťka 150 mm	2,90	20	-15	0,57
Střecha 6	20,18	Panel nezateplený	2,20	20	-15	1,55
Štít 7	5,63	Cihla plná, tloušťka 150 mm	2,90	20	-15	0,57
Střecha 8	20,18	Panel nezateplený	2,20	20	-15	1,55
Podlaha 9	27	Škvárový zásep	0,60	20	5	0,24

Stavební otvory

Stavební otvory: Stěna 1

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Pocet	Ti [°C]	Te [°C]	Ztráta [kW]
Dveře dřevěné/plastové těsné	4,10	2,2	0,9	1	20	-15	0,28

Stavební otvory: Stěna 2

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Pocet	Ti [°C]	Te [°C]	Ztráta [kW]
Okno dvojité dřevěné	2,70	2,14	1,29	2	20	-15	0,52

Stavební otvory: Stěna 3

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Pocet	Ti [°C]	Te [°C]	Ztráta [kW]
Dveře dřevěné/plastové netěsné	4,10	2	0,9	1	20	-15	0,26



Hermes

Stavební otvory: Stěna 4

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Pocet	Ti [°C]	Te [°C]	Ztráta [kW]
Dvere dřevěné/plastové netěsné	4,10	2,3	1,5	1	20	-15	0,5

Tepelné ztráty budovy:

Tepelná ztráta prostupem a infiltrací:

Běžný provoz

11,24 kW

Tlumený provoz

10,58 kW

Tepelná ztráta větráním:

0 kW

0 kW

Trvalé tepelné zisky:

0,4 kW

0,4 kW

(infiltrace 1,16 kW)

Tepelná ztráta celkem:

10,84 kW

10,18 kW

Tepelné ztráty budovy byly určeny výpoctem.

Celkový vytápěný objem:

101,25 m³

Potřebný topný výkon:

10,84 kW

Cirkulační výkon:

506,25 m³/h

Ventilační výkon (vytápění/větrání):

978,38 m³/h**Provozní náklady:**

Denní náklady na vytápění (během otopného období):

122,- Kc

Měsíční náklady na vytápění (během otopného období):

3 653,- Kc

Celkové roční náklady na vytápění:

28 371,- Kc

Vytápění a větrání s jehličnatými stromy

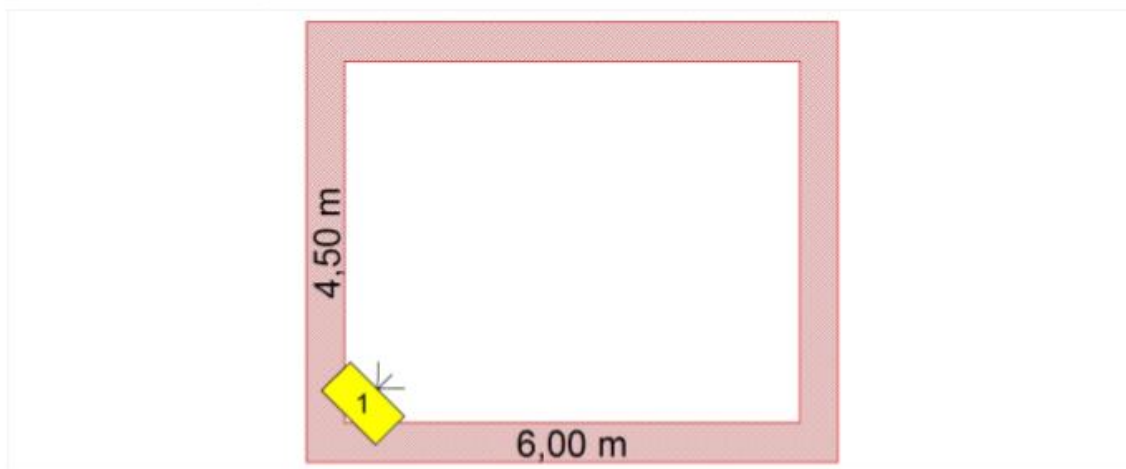


Hermes

Rozmístění teplovzdušných jednotek v budově

Pocet teplovzdušných jednotek Monzun k zajištění vytápění / větrání: 1

Pocet destratifikátorů k zajištění cirkulace vzduchu: 0



Rozměry budovy (D x Š x V): 6 x 4,5 x 2,5 m

Seznam a umístění teplovzdušných jednotek v budově:

#	Typ jednotky	Tepelný výkon [kW]	Průtok vzduchu [m ³ /h]	El. příkon [W]	Dosah [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	Úhel [°]
1	Monzun VH 130	15	1 300	200	12	0,25	0,25	0,5	45

Detailní rozpis použitých jednotek:

#	Typ jednotky	Umístění jednotky	Odvod spalin	Prívod vzduchu	Způsob regulace
1	Monzun VH 130	konzole pevná + otočná	horizontální - varianta 1	z haly	jednostupňová s termostatem



Hermes

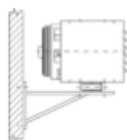
Legenda - detailní rozpis použitých jednotek

Způsob umístění jednotek:

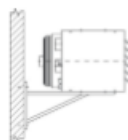
Agregáty MONZUN VH 130 až 700 lze připevnit na konzole, a to za čtyři závěsné body umístěné na spodním nebo horním panelu zařízení. Po nainstalování zařízení musí být zajištěn volný přívod vzduchu k ventilátoru.

Agregáty MONZUN VH 130 až 520 lze připevnit na otočnou konzoli, umožňující natocení zařízení při montáži o maximálně 20° na obě strany. Takto se agregát upevňuje pouze za závěsné body umístěné na spodním panelu. Po nainstalování zařízení musí být zajištěn volný přívod vzduchu k ventilátoru.

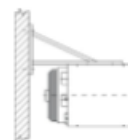
Konzole pevná + otočná:



Konzole pevná spodní:



Konzole pevná horní:



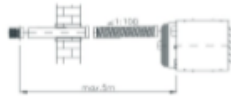
Způsob regulace:

Při snižování provozních nákladů hraje významnou roli regulace. Pro naše agregáty nabízíme 3 druhy regulace:
 1stupňová regulace: Jednotky VH,CV - E s jednostupňovým výkonem pracují v režimu "zapnuto - vypnuto"
 2stupňová regulace: Jednotky VH,CV - ED s dvoustupňovým výkonem pracují v režimu "max - min - vypnuto"
 Modulovaná regulace: Jednotky VH,CV - EM s plynule modulovaným výkonem v rozsahu "max - min - vypnuto".

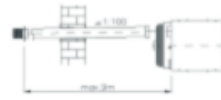
Odvod spalin:

Provedení a montáž spalinovodu musí respektovat normy ESN 73 4201 a ESN 73 4210 a TPG G 800 01. Spalinovod musí být zakončen volně v nezakryté pozici tak, aby vystupujícím spalinám nebyl kladen odpor a zároveň, aby spaliny nemohly vnikat okny zpět do objektu. Navržený spalinovod by měl minimalizovat tvorbu kondenzátu, avšak jeho provedení musí zabránit pronikání kondenzátu do odťahového ventilátoru.

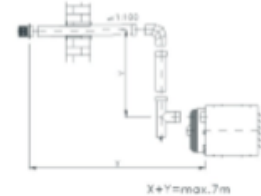
Horizontální - varianta 1



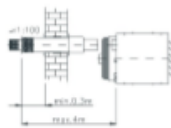
Horizontální - varianta 2



Horizontální - varianta 3



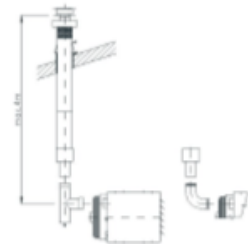
Horizontální koax. komín



Do strechy - var. 1



Do strechy - var. 2



4 Porovnání kritériem 3E

Kritériem 3E se rozumí pohled na celý projekt, jehož základními body jsou hospodárnost, účelnost, efektivnost. Zkratka 3E vznikla z anglického ekvivalentu těchto zásad tedy economy, efficiency, effectiveness.

Hospodárnost = economy

Hledisko hospodárnosti se zaměřuje na minimalizaci výdajů při respektování cílů projektů. V návrhu otopné soustavy je největší prostor pro úsporu financí zejména u zdrojů tepelné energie, jak dokazují jednotlivé návrhy.

Účelnost = efficiency

Vyjadřuje použití takových prostředků k realizaci, které zajistí optimální míru dosažení cílů. Jinými slovy hodnotí, do jaké míry řešení splňuje všechny požadavky projektu jako je v první řadě funkčnost. Otopný systém musí být navržen tak, aby zajistil požadovanou tepelnou pohodu ve všech vytápěných prostorech.

Efektivnost = effectiveness

Efektivnost hledá nejlepší kompromis mezi náklady dosažení nejvyšší kvality provedení. Vzniká snaha o optimalizaci nákladů při volbě jednotlivých komponent návrhu.

Takto je kritérium nastaveno v obecné rovině, ale nejen pro účely elektrotechniky hodnotíme tímto kritériem jiná hlediska. Kritérium 3E pro elektrotechniku hodnotí hledisko **energetické, ekonomické, ekologické.**

Energetické kritérium

Z pohledu energetických ztrát modelového rodinného domu byly provedeny dva návrhy pomocí moderních výpočtových nástrojů „kalkulaček“. První návrh byl vytvořen kalkulačkou z tzb.info.cz. Tato kalkulačka již není platná, protože již vypršela platnost normy ČSN 06 0210 podle které byla tato kalkulačka navržena. Proto byl vytvořen druhý návrh respektující novou normu v rámci dotačního programu ZELENÁ ÚSPORÁM. Výsledky prvního návrhu byly následující. Celková tepelná ztráta prostupem tepla $Q_{p1} = 184158$ (W) = 184,2 (kW). Ve druhém návrhu se výsledky značně lišily. Celková tepelná ztráta prostupem tepla $Q_{p2} = 67\,319$ (W) = 67,32 (kW). Velký rozdíl výsledků obou návrhů je dán zjednodušeními kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM. Největší rozdíly byly u volby činitele prostupu tepla u obou verzí návrhů. Jak již říká název ZELENÁ ÚSPORÁM, hlavním cílem tohoto výpočetního nástroje je vytvořit orientační výpočet, který ukáže jaké energetické tepelné, a finanční úspory je možné dosáhnout. Nejlepší varianta vycházela s tloušťkou izolace 150 mm. Při této tloušťce došlo k neefektivnějšímu poklesu energetické náročnosti a zároveň vyšší investiční návratnosti. Návrh pro nezateplený a plně zateplený rodinný dům ukázal, že roční náklady jsou u domu nezatepleného o 82% vyšší než u domu plně zatepleného. Měrná spotřeba energie před zateplením byla 633.1 kWh/m^2 a po zateplení 116.8 kWh/m^2 . V tomto modelovém příkladu dotace činí 850 Kč/m^2 podlahové plochy, to je 200 600 Kč. Díky zateplení se modelový dům dostal z energetické třídy F do energetické třídy B energetického štítku obálky budovy.

Ekonomické kritérium

Porovnání nákladů na sálavé vytápění a teplovzdušné vytápění prokázalo, že náklady na vytápění jsou u sálavého vytápění několikanásobně nižší, než u vytápění teplovzdušného. U obou návrhů vytápění byla pro jasné porovnání zvolena jedna totožná místnost. Náklady na vytápění sálavými panely pro tuto místnost činily 3 000 Kč/rok a náklady na vytápění pomocí

teplovzdušného vytápění vyšly na 28 371 Kč/rok. Výsledky se dají považovat za věrohodné, protože oba programy vyrobila firma Mandík a návrhy byly vytvořeny pro stejnou místnost. Ze všech výše popsaných výsledků je jasné, že neekonomičtější řešením je plně zateplený objekt se sálavým vytápěním.

Ekologické kritérium

Ekologické kritérium úzce souvisí s kritérii energetickým a ekonomickým. Díky zateplenému objektu a tím i nižším energetickým ztrátám dochází k šetření životního prostředí u jakéhokoliv z možných zdrojů vytápění, které se v dnešní době používají. Ekologicky nejčistším způsobem je vytápění elektrické, ať už sálavými panely nebo tepelnými čerpadly či topnými kabely a fóliemi. Přesto by se mělo s elektrickou energií šetřit, protože podstatná výroba elektrické energie je stále závislá na spalování fosilních paliv.

5 Dotační programy

Vzhledem k dlouhodobému znečištění ovzduší v Evropě, které velkou měrou způsobuje lokální vytápění domácností, se Evropská unie rozhodla proti tomuto fenoménu zakročit. V České republice se konkrétně jedná o projekt „Kotlíková dotace 2015-2020“, který spravuje Ministerstvo životního prostředí v rámci Operačního programu Životní prostředí – opatření 2.1, díky němuž mohou dotace z evropského fondu čerpat přímo občané. Dotace jsou určeny na výměnu starých neekologických kotlů na tuhá paliva za moderní nízkoemisní kotle na biomasu, uhlí nebo jejich kombinaci, za tepelné čerpadlo, plynový kotel nebo solární systém. Cílem tohoto programu je vyměnit minimálně 80 000 kotlů po celé České republice do konce roku 2020. Těchto starých ručně plněných uhelných kotlů, které představují vážné zdravotní potíže spojené s dýchacím ústrojím je, podle odhadu MŽP, 350 000.

Po roce 2022 již nebude možné dle platného zákona ČR o ochraně ovzduší provozovat kotle 1. a 2. emisní třídy. Od roku 2014 na český trh můžou být uváděny kotle nejméně 3. emisní třídy. Po roce 2018 se budou moci prodávat pouze kotle 4. a vyšší emisní třídy. Po roce 2020 emisní třídy nahradí jednotné požadavky na ekodesign a zároveň byla zavedena možnost kontroly kotlů v domácnostech.

Dotaci lze získat na:

- tepelný zdroj včetně nákladů na jeho instalaci vč. souvisejících stavebních prací
- nová otopná soustava vč. souvisejících stavebních prací
- rekonstrukce otopné soustavy včetně nezbytné regulace a měření, úpravy spalinových cest
- projektová dokumentace

Tab. 2 Maximální dotace pro jednotlivé typy podporovaných zdrojů (druhé kolo)

Typ nového zdroje	max. % podpory	Podpora (max. limit dotace v Kč)	
		Ostatní oblasti	Prioritní oblasti
Kotle na biomasu se samočinnou dodávkou paliva (peletové kotle)	80 %	120 000	127 500
Tepelná čerpadla (všechny typy)	80 %	120 000	127 500
Kotle na biomasu s ruční dodávkou paliva	80 %	100 000	107 500
Plynové kondenzační kotle	75 %	95 000	102 500
Kombinované kotle na uhlí a biomasu se samočinnou dodávkou paliva	75 %	75 000	82 500

Podporovaná zařízení jsou uvedena v závazném seznamu vedeném SFŽP.

Pozn.:

1. Dotační bonus 7500 Kč je možno získat při výměně zdroje v oblastech se zhoršenou kvalitou ovzduší
2. Solárně-termické soustavy nejsou podporovány samostatně, ale pouze v kombinaci s výměnou zdroje tepla pro vytápění (kotel na pevná paliva, tepelné čerpadlo nebo plynový kondenzační kotel).

(zdroj pro tabulku i poznámky: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti>)

Dotace poskytují občanům kraje. Na nich pak také záleží, jakým způsobem bude dotace vyplacena, zda přímo žadateli, nebo dodavateli. Na jejich rozhodnutí je dále to, zda podpoří výměnu celé nabídky zdrojů nebo pouze některý. Naopak neměnnými podmínkami jsou např. výše dotace a povinné minimální parametry u dotovaných zdrojů tepla.

Výše dotace, jak ukazuje tabulka výše, je odstupňována podle typu kotle (na kombinovaný kotel uhlí-pelety je dotace nejnižší, na automatický kotel na pelety a na tepelné čerpadlo je dotace nejvyšší).

Dotace nebude uznána v případě, že tepelné zdroje využívající obnovitelnou energii (kotle

na biomasu – pelety nebo dřevo, solární systémy, tepelná čerpadla) nebudou instalovány kvalifikovanými topenáři s platným osvědčením.

5.1 První kolo kotlíkových dotací

První vlna kotlíkových dotací odstartovala v roce 2015. Konkrétně v Plzeňském kraji byla na základě usnesení Rady Plzeňského kraje č. 4244/15 dne 15. 12. 2015 vyhlášena první výzva k podávání žádostí o poskytnutí dotace z dotačního titulu "*Pořízení ekologického vytápění v domácnostech I/1*". Výše podpory se pohybovala mezi 70-85% podle typu pořizovaného zdroje.

Velkým rozdílem oproti druhému kolu byla ještě výměna zdrojů tepla na pevná paliva s ručním přikládáním za moderní kotel na pevná paliva s automatickým přikládáním (kotle čistě na uhlí), což ve druhém kole už možné nebylo (pouze kombinovaný kotel na uhlí a pelety).

Musela se taktéž realizovat tzv. mikroenergetická opatření, pod něž spadá:

1. zateplení střechy nebo půdních prostor
2. zateplení stropu sklepních prostor nebo podlahy
3. dílčí zateplení dalších konstrukcí (např. severní fasáda apod.)
4. oprava fasády, např. prasklin a dalších poruch fasády – eliminace tepelných mostů
5. oddělení vytápěného prostoru objektu od venkovního (např. zádveří)
6. dílčí výměna oken
7. výměna vstupních a balkonových dveří
8. instalace těsnění oken a dveří, dodatečná montáž prahů vstupních dveří
9. výměna zasklení starších oken za moderní dvojskla s vysokou tepelnou izolací

5.2 Druhé kolo kotlíkových dotací

Druhé kolo kotlíkových dotací bylo spuštěno 30.8.2017 a rozdělí se 3,4 miliardy Kč na výměny kotlů přímo v domácnostech, což vyjednal ministr životního prostředí Richard Brabec se svým týmem v roce 2014 v Evropské komisi. Jak bylo avizováno dříve, v tomto kole nebude již možné dotaci použít na pořízení uhelných kotlů, jako tomu bylo v kole prvním. Všechny důležité informace jsou uvedeny v tabulce výše na předchozí straně.

V tomto kole sice nejsou vyžadovány mikroenergetická opatření (viz výše), je ale možné kombinovat kotlíkovou dotaci s programem Nová zelená úsporám. Při výměně oken, dveří, zateplení stropu nad nevytápěnou půdou je možné získat bonus ve výši 20 000 Kč, v případě

instalace nového kombinovaného kotle dokonce až 40 000 korun, dodává Petr Valdman (ředitel Státního fondu životního prostředí ČR).

Závěr pro praxi

Předkládaná diplomová práce se zabývá elektrickými otopnými systémy včetně návrhů sálavého vytápění a teplovzdušného vytápění. Dále práce zahrnuje výpočet měrných tepelných ztrát s pomocí dvou výpočetních nástrojů „kalkulaček“. V první části práce jsem popisoval pojem tepelné pohody, její význam a způsoby jejího dosažení. Ve druhé části jsem se věnoval představení jednotlivých druhů otopných systémů, a to nejen všech elektrických, ale pro názorné porovnání i dvou konvenčních. Mezi hlavní elektrické systémy patří sálavé panely, kterými se především tato diplomová práce zabývá. Další varianty přímých elektrických otopných systémů současnosti jsou topné kabely a fólie s udávanou minimální životností od výrobce 50 let. Druhou velkou skupinou elektrických otopných systémů jsou akumulační systémy pro vytápění. První z této skupiny jsou akumulační kamna, která měla v minulosti velké uplatnění, protože využívala tzv. noční proud. Noční proud byla snížená sazba elektřiny. Toto přepínání se provádělo dálkově z rozvodny pomocí samostatného stykače HDO. Dnes už se od tohoto typu vytápění upouští a naopak na vzestup se dostává druhá skupina akumulačních otopných systémů, kterými jsou tepelná čerpadla. Je pět nejznámějších typů tepelných čerpadel, a to vzduch/vzduch, vzduch/voda, země/voda (hlubinný vrt), země/voda (plošný kolektor) a voda/voda. Z hlediska efektivity, ekonomičnosti a legislativy se nejčastěji používají pouze dva z těchto typů. Tepelné čerpadlo vzduch/voda se často využívá pro svoji snadnou instalaci a nižší pořizovací náklady. Naproti tomu tepelné čerpadlo země/voda (plošný kolektor) se využívá pro svoji vlastnost stálého topného faktoru. Stálý topný faktor je zajištěn uložením kolektoru v nezámrazné hloubce 120 cm, kde jsou stabilní 4°C. Ostatní typy se využívají jen zřídka pro překážky spojené s jejich instalací a u některých typů i s provozem. Tyto překážky jsem popsal v kapitole 2.2.2 Tepelné čerpadlo.

Pro kompletní srovnání jsem uvedl ještě dva typy konvenčního vytápění. Prvním typem je vytápění plynové. Vzhledem k cenám plynu velká část obyvatel hledá jinou možnost vytápění, a tím se dostáváme k druhému typu, kterým je kotel na tuhá fosilní paliva. Mohlo by se sice zdát, že jde o návrat k neekologickému typu vytápění, má však svoje nesporné ekonomické výhody a při správném seřízení kotle z komína nevychází v podstatě vůbec žádný kouř. Ministerstvo životního prostředí se tento problém snaží řešit takzvanou

„KOTLÍKOVOU“ dotací. Tato dotace má přispívat k pořízení nového zdroje pro vytápění. Poslední kolo dotací přispívalo i na automatické kotle na hnědé uhlí (ořech 2) s emisní třídou 4. Do této skupiny patří i kotel Ekoefekt 24L popsany v kapitole 2.2.3.1 Hnědouhelný kotel Ekoefekt 24L.

Nové kolo dotací by však už napříště nemělo podporovat žádné kotle na uhlí. Výhoda ale u nového kola je, že peníze by krajský úřad měl vyplácet již před realizací a ne až zpětně, jak tomu bylo doposud, a navíc odpadá i podmínka alespoň částečného zateplení objektů, jako výměna starších vchodových dveří za nové plastové. Náklady na tyto dveře jsou okolo 30 000,- Kč. Další nabídkou pomoci státu na snížení nákladů vytápění jsou dotace „ZELENÁ ÚSPORÁM“. Tato dotace poskytuje příspěvek na zateplení objektů.

Součástí této práce je také výpočet měrných tepelných ztrát modelového rodinného domu. Původně jsem tyto ztráty chtěl počítat pouze léty prověřeným výpočetním nástrojem „kalkulačkou“ z webové stránky tzb.info.cz. Nyní ale výpočet pomocí tohoto nástroje již není platný z důvodu vypršení platnosti normy ČSN 06 0210. Přímou na této stránce je odkaz na platnou verzi kalkulačky. Tato nová verze byla právě sestavena pro dotační titul ZELENÁ ÚSPORÁM. Z důvodu ukázky změn nové kalkulačky oproti původní jsem provedl výpočty v obou verzích.

Výsledky prvního návrhu byly následující: celková tepelná ztráta prostupem tepla $Q_{p1} = 184158 \text{ (W)} = 184,2 \text{ (kW)}$. Ve druhém návrhu se výsledky značně lišily. Celková tepelná ztráta prostupem tepla $Q_{p2} = 67\,319 \text{ (W)} = 67,32 \text{ (kW)}$. Velký rozdíl výsledků obou návrhů je dán zjednodušeními kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM. Největší rozdíly byly u volby činitele prostupu tepla u obou verzí návrhů. Jak již říká název ZELENÁ ÚSPORÁM, hlavním cílem tohoto výpočetního nástroje je vytvořit orientační výpočet, který ukáže, jaké energetické, tepelné, a finanční úspory je možné dosáhnout.

Třetí částí je samotný návrh na vytápění sálavými panely a návrh na vytápění teplovzdušné. Porovnání nákladů na sálavé a teplovzdušné vytápění prokázalo, že náklady na sálavé vytápění jsou několikanásobně nižší, než u vytápění teplovzdušného. U obou návrhů byla pro jasné porovnání zvolena jedna totožná místnost. Náklady na vytápění sálavými panely pro tuto místnost činily 3 000,- Kč/rok a náklady na teplovzdušné vytápění vyšly na 28 371,- Kč/rok. Přestože náklady na teplovzdušné vytápění vyšly 9x vyšší oproti nákladům na vytápění sálavými panely, výsledky se dají považovat za věrohodné, protože oba programy vyrobila firma Mandík a návrhy byly vytvořeny pro stejnou místnost se stejnými parametry jako je otopné období, které je normou stanoveno na 233 dnů, průměrná venkovní teplota v otopném období 3.3 °C a venkovní návrhová teplota v zimním období -15 °C. Ze všech

výše popsaných výsledků je jasné, že nejekonomičtější řešením je plně zateplený objekt se sálavým vytápěním.

Čtvrtou částí je porovnání celého návrhu kritériem 3E. Toto kritérium zahrnuje hlediska energetická, ekonomická a ekologická. Celé porovnání tímto kritériem jsem popsal v kapitole 4. Porovnání kritériem 3E.

Pátou a poslední částí mé práce je bližší představení dotačních titulů. O této problematice jsem se již zmiňoval i v tomto závěru pro praxi. Bližší informace jsou k dispozici v kapitole 5. Dotační programy.

Závěr

Téma otopných systémů pro diplomovou práci jsem si zvolil proto, že při výstavbě nových objektů nebo při prodeji starších nemovitostí je v dnešní době kladen hlavní důraz na energetickou třídu objektu. V současnosti jsou při výstavbě objektů používány nové technologie a ve své práci jsem se pokusil porovnat novou zástavbu s nezatepleným a po té plně zatepleným rodinným domem z roku 1902, v němž jsme v souvislosti s kotlíkovou dotací Plzeňského kraje vyměnili starý kotel na pevná paliva Variant za nový automatický kotel Ekoefekt 24. Kromě nového kotle máme zabudované tepelné čerpadlo, které by bylo v budoucnu vhodné provozovat v paralelním chodu s kotlem. Tato možnost propojení a spolupráce obou zdrojů je popsána v kapitole 2.2.2 Tepelné čerpadlo. Podle výsledků z kalkulačky ZELENÁ ÚSPORÁM vyšlo, že po zateplení našeho rodinného domu by se energetický štítek obálky budovy dostal ze třídy F až na třídu B, která odpovídá dnešním moderním pasivním dřevostavbám.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] CENTNEROVÁ, Lada. *Tepelná pohoda a nepohoda*. [online]. Poslední změna 13. 12. 2000. [Cit. 15. 10. 2017]. TZB – info. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [2] HALAMA, Pavel. RYDVAN, Milan. *Vytápění elektrickými sálavými panely* [online; pdf]. Poslední změna 21. 1. 2002. [Cit. 16. 10. 2017]. © 2018 FENIX. Dostupné z: https://www.fenixgroup.cz/sites/default/files/07_cz_teorie_salaveho_vytapeni.pdf
- [3] DVOŘÁČEK, Karel. *Elektrické vytápění topnými kabely I.* [online]. Poslední změna 20. 2. 2016. [Cit. 18. 10. 2017]. TZB – info. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/13822-elektricke-vytapeni-topnymi-kabely-i>
- [4] Usby. *Infratopení a infrapanely* [online]. [Cit. 25. 11. 2017]. © Copyright 2017 USBY.cz. Dostupné z: <http://usby.cz/o-infratopeni-wellina-vyhody-nevyhody-princip-zapojeni-umisteni-regulace-pouziti/princip-topeni-a-uspory-vytapeni-infrapanely-popis-prehledne-jasne/>
- [5] Přimotopy.eu. *Přimotopy teorie* [online]. [Cit. 10. 12. 2017]. Copyright © 2018. Primotopy.eu. Dostupné z: <https://www.primotopy.eu/primotopy-teorie-a88>
- [6] CS Wikipedia. *Akumulační kamna* [online]. Poslední změna 14. 1. 2018. [Cit. 12. 12. 2017]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Akumula%C4%8Dn%C3%AD_kamna
- [7] SLANINKA, Fridolín. *Tepelná čerpadla a možnosti jejich využití*. 1. vyd. Praha : Federální ministerstvo paliv a energetiky, 1985. 47 s.
- [8] SLANINKA, Fridolín. *Metodické pokyny pro projektování tepelných čerpadel*. 1. vyd. Praha : Ministerstvo paliv a energetiky, 1985. 28 s.
- [9] BLÜMELOVÁ, Kristina. *Plyn, který nahradil freony, způsobuje globální oteplování* [online]. Poslední změna 21. 11. 2011. [Cit. 15. 12. 2017]. E15.cz. © 2001 - 2018 Copyright CN Invest a.s. ISSN 1213-8991. Dostupné z: <http://magazin.e15.cz/veda-a-technika/plyn-ktery-nahradil-freony-zpusobuje-globalni-oteplovani-719166>
- [10] ČTK. *Svět se dohodl na omezení plynů HFC, náhrady freonů v ledničkách* [online]. Poslední změna 15. 10. 2016. [Cit. 19. 12. 2017]. Idnes.cz. © 1999–2018 MAFRA, a. s. Dostupné z: https://zpravy.idnes.cz/klimaticka-konference-ve-rwande-dn3-zahranicni.aspx?c=A161015_074340_zahranicni_cen
- [11] LCGroup. *Tepelná čerpadla vzduch-voda* [online]. [Cit. 19. 12. 2017]. © 2018 LCGroup s.r.o. Dostupné z: <http://www.lcgroup.cz/divize-elektro/divize-energie/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>

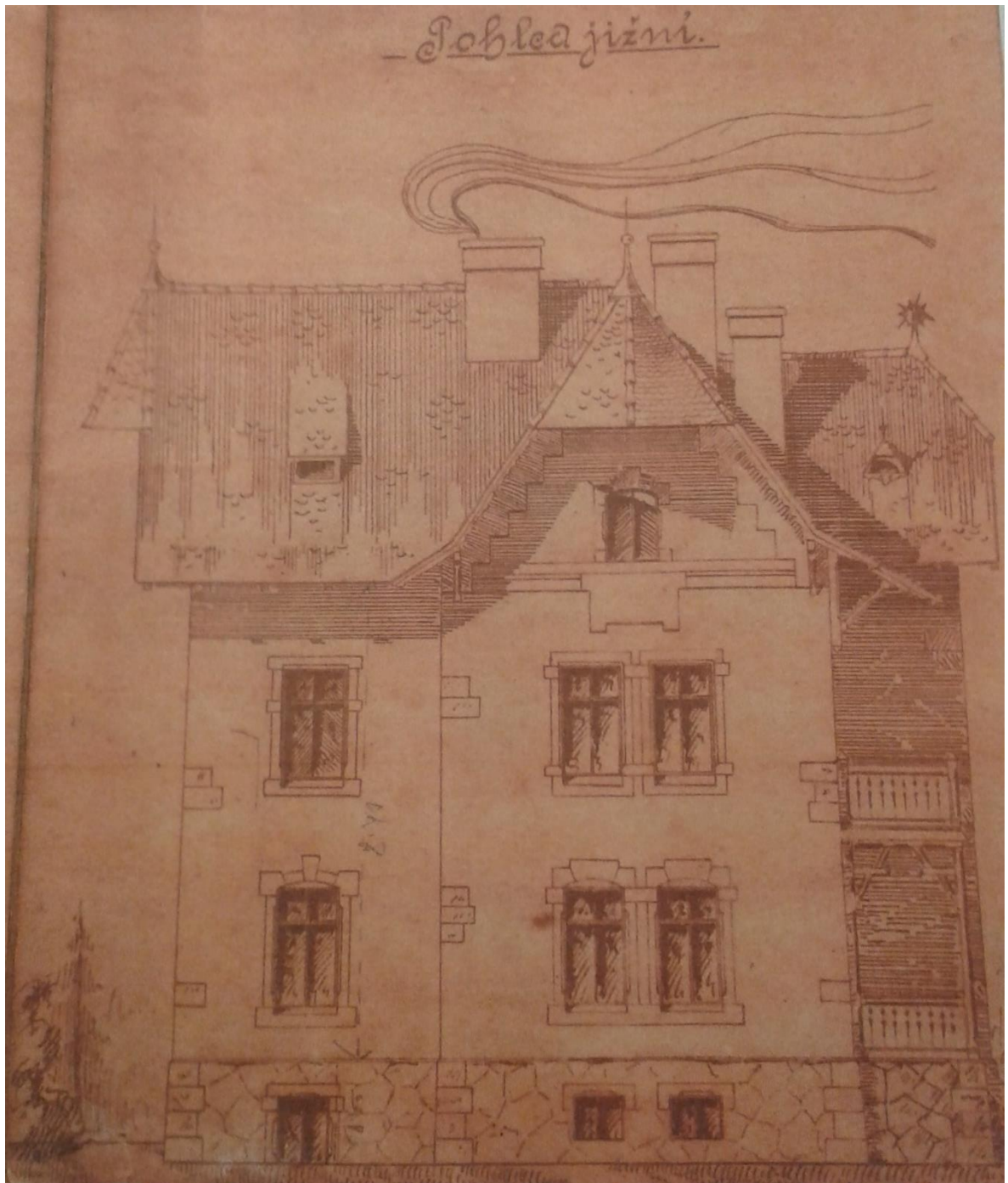
- [12] G-MAR. *Tepelná čerpadla vzduch-voda* [online]. [Cit. 22. 12. 2017]. © 2014 G-MAR s.r.o. Dostupné z: <http://www.g-mar.cz/tc-vzduch-voda/>
- [13] Topenáři EKOMPLEX. *Tepelná čerpadla vzduch-vzduch* [online]. [Cit. 5. 1. 2018]. © 2018 Topenáři EKOMPLEX. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla/vzduch-vzduch.php>
- [14] LINHARTOVÁ, Vladimíra. *Výpočet potřeby elektrické energie v otopné soustavě s tepelným čerpadlem vzduch-voda*. [online]. Poslední změna 6. 7. 2015. [Cit. 20. 11. 2017]. TZB – info. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12941-vypocet-potreby-elektricke-energie-v-otopne-soustave-s-tepelnym-cerpadlem-vzduch-voda>
- [15] Energetické služby PRE. *Vybíráme tepelné čerpadlo* [online]. Poslední změna 16. 2. 2012. [Cit. 5. 1. 2018]. TZB-info. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/8295-vybirame-tepelne-cerpadlo>
- [16] ALTEC International, s. r. o. *Princip a funkce tepelných čerpadel* [online]. [Cit. 6. 1. 2018]. Dostupné z: <http://ekoenergie.altec-int.cz/certifikaty.htm>
- [17] Ekoefekt, a. s. *Ekoefekt 24 třída 4* [online]. [Cit. 9. 1. 2018]. Dostupné z: <http://ekoefekt.cz/index.php/cs/>
- [18] REINBERK, Zdeněk. *Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210* [online]. [Cit. 15. 1. 2018]. TZB – info. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-ztraty-objektu-dle-csn-06-0210>
- [19] REINBERK, Zdeněk. ŠUBRT, Roman. ZELENÁ, Lucie. *On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám* [online]. [Cit. 26. 1. 2018]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [20] Merriott Radiators. *Radiant Panel* [online]. [Cit. 27. 1. 2018]. © Copyright 2018 QRL Radiator Group. Dostupné z: <http://merriottuk.com/product/radiant-panel/>
- [21] Fenix Group. *Sálavé topné panely ECOSUN* [online]. Poslední změna 16. 3. 2018. [Cit. 2. 2. 2018]. © 2018 FENIX. Dostupné z: <https://www.fenixgroup.cz/cs/salave-topne-panely>
- [22] Mandik.cz. *Programy* [online]. [Cit. 3. 2. 2018]. Copyright © MANDÍK, a.s. 2015 – 2018. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/ke-stazeni/programy>
- [23] ZILVAR, Jiří; STUPAVSKÝ, Vladimír. *Kotlíková dotace 2015-2020* [online]. Poslední změna 16. 7. 2015. [Cit. 14. 2. 2018]. TZB-info. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti>

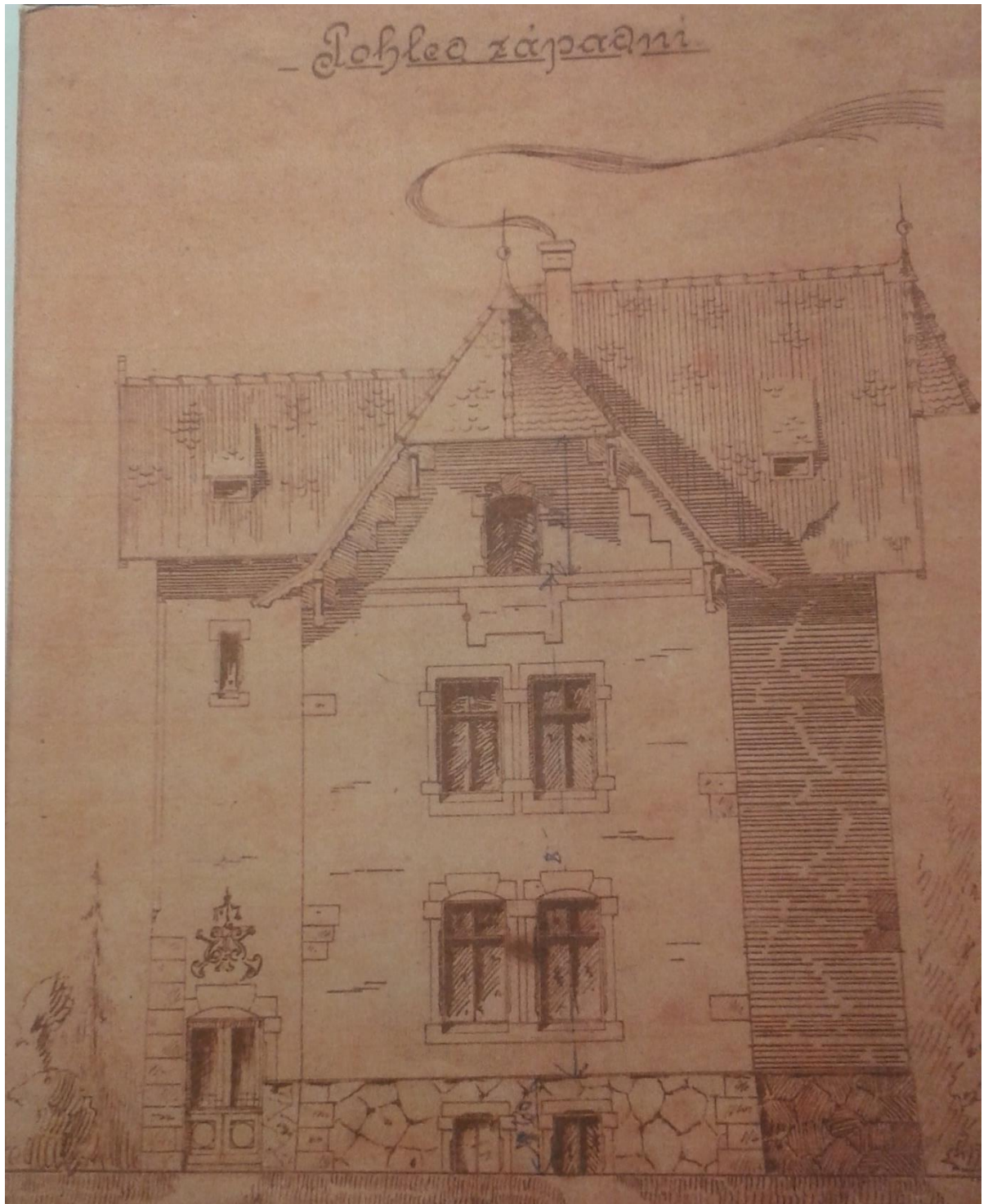
- [24] ZEITHAML, René. *Kotlíkové dotace v Plzeňském kraji 2015-2018* [online]. Poslední změna 23. 8. 2016. [Cit. 14. 2. 2018]. Dostupné z: <http://www.plzensky-kraj.cz/cs/clanek/kotlikove-dotace-v-plzenskem-kraji-2015-2018-0>
- [25] Redakce dle tiskové zprávy MŽP. *Oficiální podmínky pro kotlíkové dotace 2017* [online]. Poslední změna 16. 3. 2017. [Cit. 26. 2. 2018]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2018. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/15500-oficialni-podminky-pro-kotlikove-dotace-2017>
- [26] ŠUBRTOVÁ, Jana. *Způsobilé výdaje v kontextu pravidel 3E* [online; pdf]. [Cit. 19. 3. 2018]. Evropské strukturální a investiční fondy. © 2012 Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. Dostupné z: http://www.strukturalni-fondy.cz/getmedia/864b7323-e271-4326-8b52-ec184b585039/prezentace_PRINCIP-3E_864b7323-e271-4326-8b52-ec184b585039.pdf

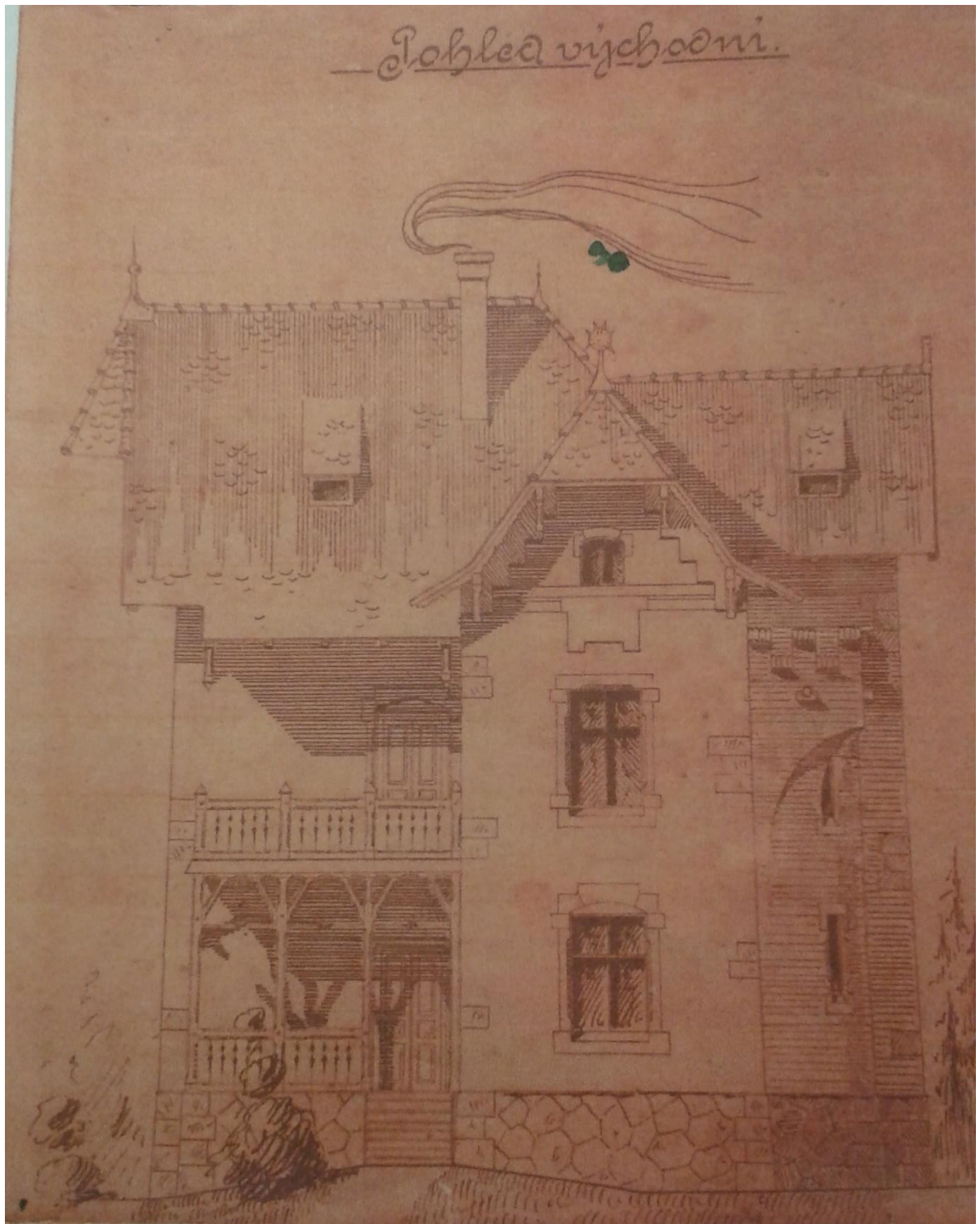
Přílohy

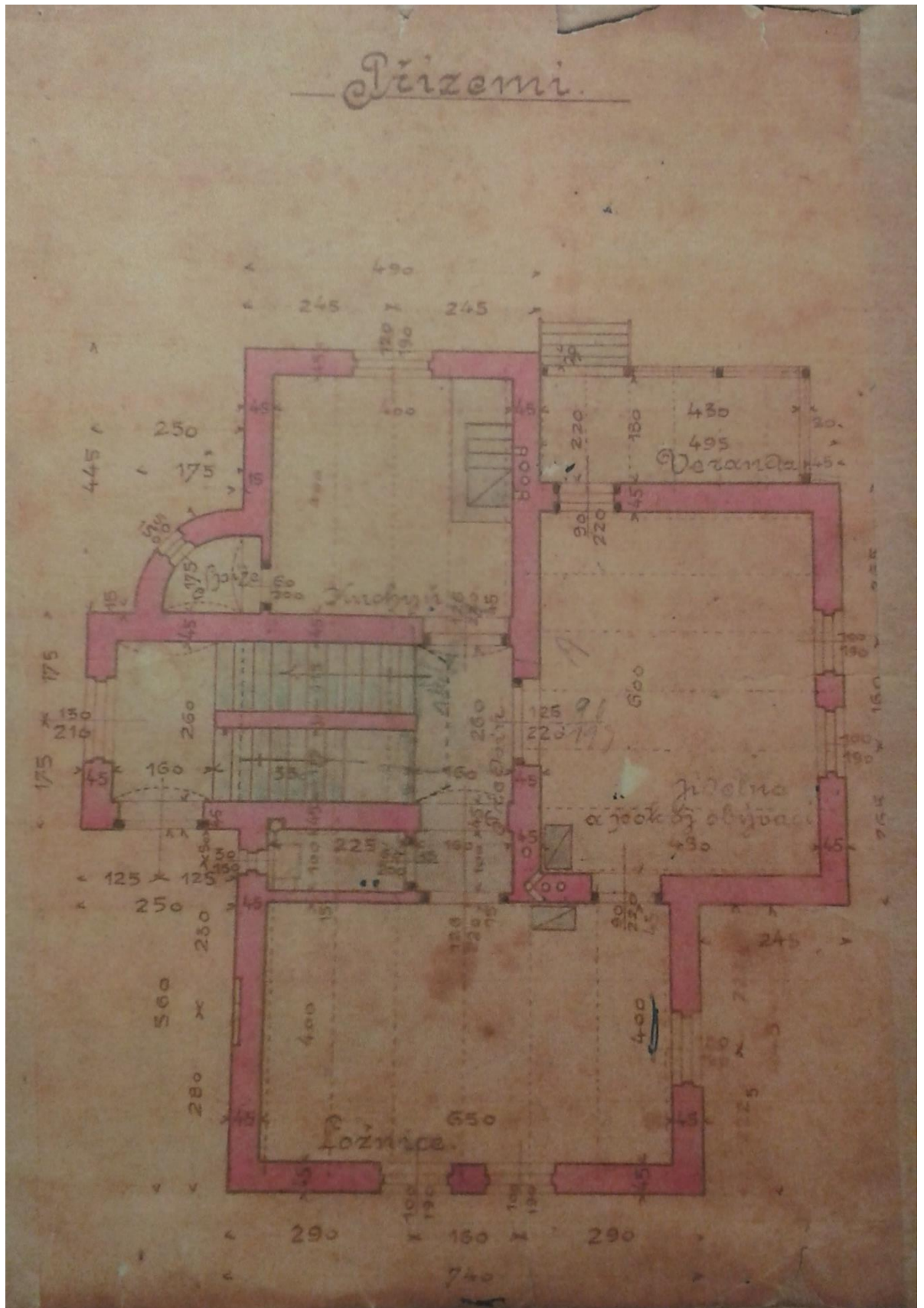
Příloha A – plány rodinného modelového domu

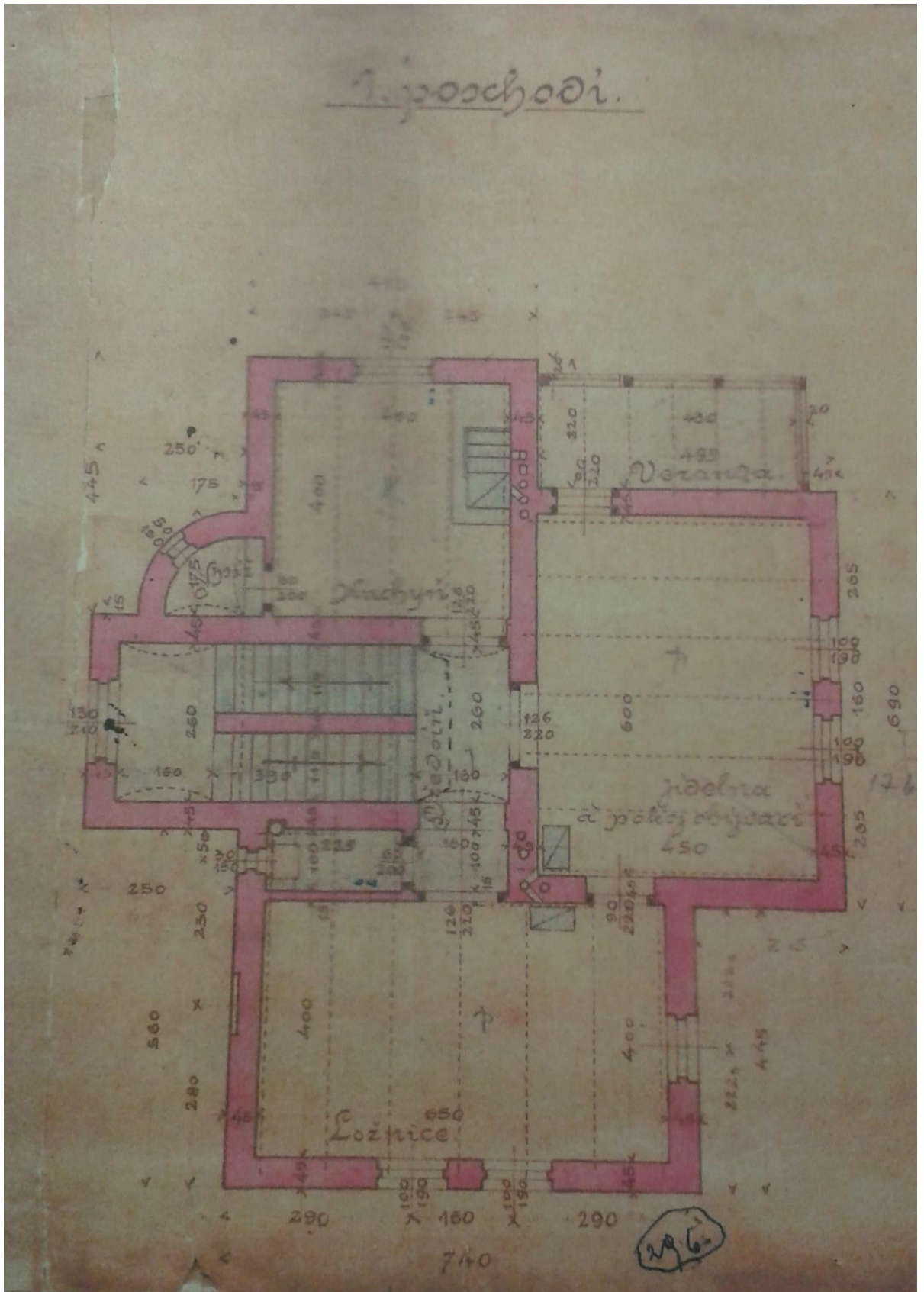


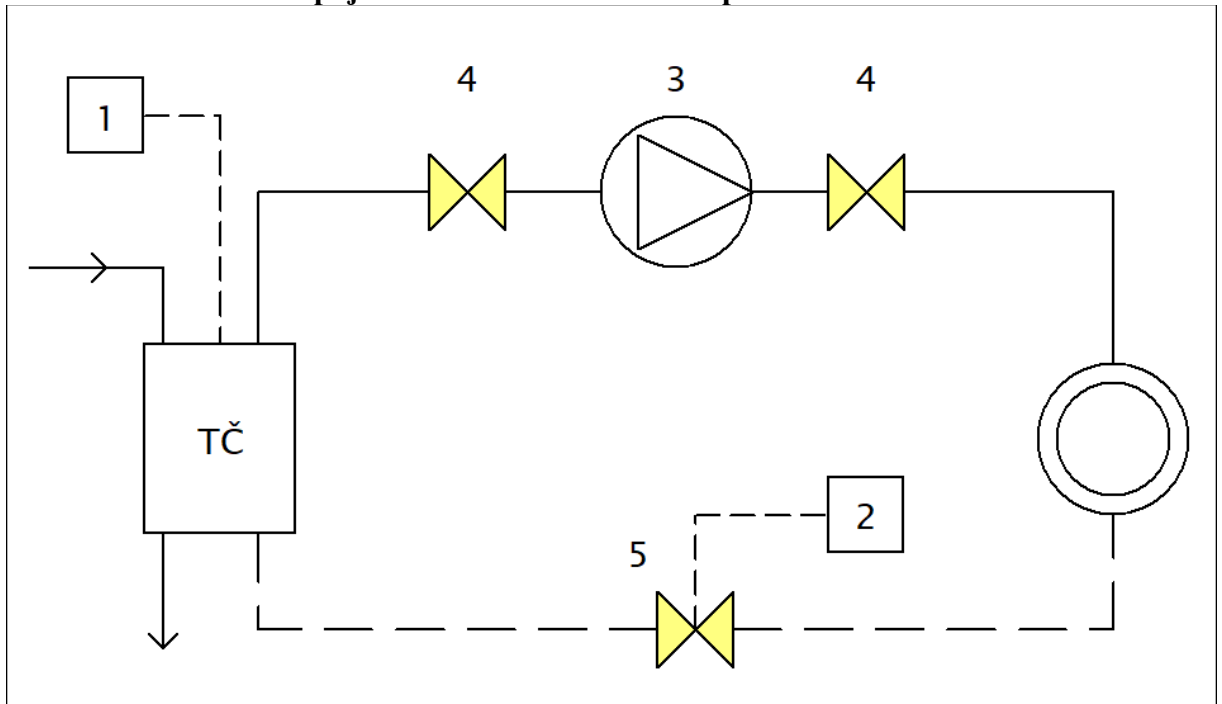
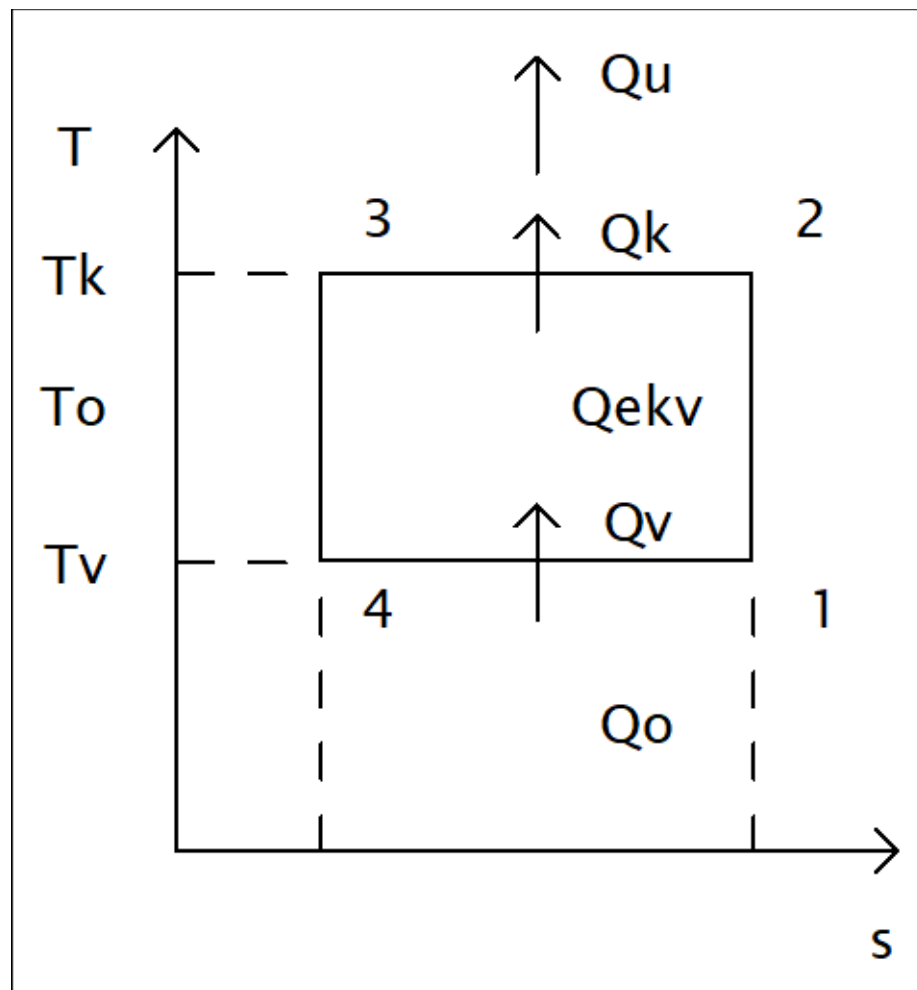










Příloha B – Schéma zapojení samostatného TČ v otopném okruhu**Příloha C – Carnotův cyklus**

Příloha D – Schéma kotel - čerpadlo

