

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

NAVRÁTILOVÁ Jana Marie, Bc.: Kombinovaný systém vytápění a ohřevu teplé vody pro rodinný dům.

Ostrava: VŠB-TU Ostrava, katedra Energetiky, 2010, 63 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vrtek Mojmír, Ph.D.

Úkolem diplomové práce je navrhnout vhodný systém pro vytápění objektu a přípravu TUV s využitím tepelného čerpadla a solárních kolektorů. Jedná se o objekt ležící v obci Potštát a celoročně využívaný dvěma obyvateli důchodového věku. Vzhledem k věku obyvatelů byl kladen důraz na jednoduchost obsluhy celého systému a na vyšší tepelný komfort.

Diplomová práce obsahuje výpočet tepelných ztrát objektu dle normy ČSN 06 0210, výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV, návrh plochy solárních kolektorů, výkonu tepelného čerpadla. Jsou stanoveny investiční náklady, provozní náklady a enviromentální dopad daného řešení.

Klíčová slova: vytápění, příprava TUV, výpočet tepelných ztrát, ČSN 06 0210, výpočet potřeby TUV, solární kolektory, tepelné čerpadlo, topný faktor, akumulční zásobník.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

NAVRÁTILOVÁ Jana Marie, Bc.: Compositing System of Heating and Hot Water Preparation for Family House.

Ostrava: Technical University of Ostrava, Department of Power Engineering, 2010, 63 p.

Head of Thesis: Ing. Vrtek Mojmír, Ph.D.

The task of this thesis is to design an appropriate system for building heating and hot water preparation using heat pumps and solar collectors. It is an object lying in the village Potštát and used year-round population of pensionable age two milliamperes. Given the age of the inhabitants of the emphasis was on simplicity of the system and the higher thermal comfort.

The thesis contains the calculation of building heat loss according ČSN 06 0210, calculate the heat demand for heating and hot water preparation, design area of solar collectors, heat pump output, fixed capital cost, operating coast and environmental impact of the solution.

Keywords: heating, hot water preparation, heat loss calculation, ČSN 06 0210, heat demand, solar collectors, heat pump, COP, storage tray.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů:.....	10
1 Úvod.....	12
2 Teoretický rozbor.....	13
2.1 Solární kolektory pro vytápění a přípravu TUV.....	15
2.2 Tepelná čerpadla.....	17
3 Výpočet sezónní potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody.....	21
3.1 Základní informace o objektu.....	21
3.2 Výpočet potřeby tepla.....	22
3.2.1 Součinitel přestupu tepla jednotlivých konstrukcí a objektu.....	22
3.2.2 Výpočet tepelných ztrát přestupem a větráním – obálková metoda.....	28
3.3 Výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV.....	34
3.3.1 Výpočet potřeby tepla pro vytápění.....	34
3.3.2 Výpočet potřeby tepla pro přípravu TUV.....	37
3.4 Stanovení výkonu TČ a SK.....	40
3.5 Stanovení teploty bivalence.....	44
3.6 Topný faktor tepelného čerpadla v topném období.....	45
4 Technický popis zařízení.....	46
4.1 KPS11-ALP.....	46
4.2 IVT GREENLINE E6.....	49
4.3 VPAS 300/450.....	51
4.4 Hlubinný vrt a sondáž.....	53
5 Ekonomické a enviromentální vyhodnocení.....	54
5.1 Investiční náklady.....	54
5.2 Provozní náklady.....	56
5.3 Výpočet návratnosti investice.....	57
5.4 Environmentální zhodnocení.....	57
6 Závěr.....	60
7 Seznam použité literatury:.....	62
8 Přílohy:.....	63

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrná teplota vytápěných místností.....	23
Tabulka 2: Součinitel přestupu tepla - Stěna 600mm - ochlazovaná.....	25
Tabulka 3: Součinitel přestupu tepla - Stěna 350mm - ochlazovaná.....	25
Tabulka 4: Součinitel přestupu tepla - Stěna 300mm - ochlazovaná.....	26
Tabulka 5: Součinitel přestupu tepla - Podlaha s linoleem.....	26
Tabulka 6: Součinitel přestupu tepla - Dlažba.....	27
Tabulka 7: Součinitel přestupu tepla - Střecha.....	27
Tabulka 8: Součinitel prostupu tepla - Okna, dveře.....	27
Tabulka 9: Výpočet základní tepelné ztráty objektu.....	32
Tabulka 10: Výpočet celková tepelné ztráty objektu.....	33
Tabulka 11: Přehled vypočtených hodnot pro jednotlivé měsíce.....	36
Tabulka 12: Využití TUV dle činností.....	38
Tabulka 13: Potřeba tepla pro TUV v jednotlivých měsících.....	39
Tabulka 14: Potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV dle jednotlivých měsíců.....	39
Tabulka 15: Výpočet potřebné plochy kolektoru - duben.....	41
Tabulka 16: Výpočet potřebné plochy kolektoru - září.....	42
Tabulka 17: Potřeba a výroba tepla v jednotlivých měsících.....	43
Tabulka 18: Závislost topného faktoru v závislosti na okolní teplotě.....	46
Tabulka 19: Technické data kolektoru.....	47
Tabulka 20: Technické data IVT GREENLINE E6.....	50
Tabulka 21: Technická data VPAS 350/400.....	51
Tabulka 22: Rozpis investičních nákladů.....	55
Tabulka 23: Porovnání provozních nákladů na vytápění.....	56
Tabulka 24: Výpočet návratnosti investice.....	57
Tabulka 25: Produkce emisních látek.....	59

Seznam ilustrací

Ilustrace 2.1: Základní zapojení TČ a SK.....	13
Ilustrace 2.2: Zapojení systému TČ, SK a elektrokotle.....	14
Ilustrace 2.3: Zapojení TČ v bivalenci s SK.....	14

Ilustrace 2.4: Průměrný roční úhrn globálního záření za rok [MJ/m ²]	15
Ilustrace 2.5: Bazénový SK	16
Ilustrace 2.6: Solární deskový kolektor se selektivní absorpční vrstvou	16
Ilustrace 2.7: Vakuový SK	17
Ilustrace 2.8: Průběh teplot a tlaků v TČ vzduch-voda	18
Ilustrace 2.9: Tepelné čerpadlo vzduch-voda	19
Ilustrace 2.10: Tepelné čerpadlo země-voda - hlubinný vrt	19
Ilustrace 2.11: Tepelné čerpadlo země-voda - plošný kolektor	20
Ilustrace 2.12: Tepelné čerpadlo voda-voda - spodní voda	20
Ilustrace 3.1: Umístění objektu	21
Ilustrace 3.2: 3D Schéma objektu	22
Ilustrace 3.3: Označení konstrukcí	28
Ilustrace 3.4: Závislost teploty v topném okruhu na venkovní teplotě	36
Ilustrace 3.5: Graf průběhu venkovní teploty, teploty vody v obecním rozvodu a topném okruhu během roku	37
Ilustrace 3.6: Graf potřeby a maximální produkce tepla v jednotlivých měsících	43
Ilustrace 3.7: Stanovení bodu bivalence	44
Ilustrace 3.8: Četnost výskytu jednotlivých teplot v roce	45
Ilustrace 4.1: Řez kolektorem a hydraulické zapojení	46
Ilustrace 4.2: Čerpadlová skupina FlownConB	48
Ilustrace 4.3: IVT Greenline E6	49
Ilustrace 4.4: VPAS300/450 CU	51
Ilustrace 4.5: Rozměry a dimenze VPAS 300/450	52
Ilustrace 4.6: Konstrukce vrtu	53
Ilustrace 5.1: Detail vratného kolena a vystojení sondy GEROtherm	54
Ilustrace 5.2: Sankeyův diagram získání energie prostřednictvím TČ s elektrickým pohonem	58
Ilustrace 5.3: Graf produkce emisních látek	59

Seznam použitých značek a symbolů:

Značka	Veličina	Rozměr
A_k	plocha kolektoru	$[m^2]$
B	charakteristické číslo budovy	$[Pa^{0,67}]$
c	měrná tepelná kapacita	$[J/kg.K]$
d	délka	$[m]$
D	počet dennostupňů	$[K.dny]$
d	počet topných dní	$[dny]$
e_d	opravný součinitel na zkrácení doby provozu vytápění	$[-]$
e_i	opravný součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a prostupem	$[-]$
e_t	opravný součinitel na snížení vnitřní teploty	$[-]$
H_{den}	celkové množství energie dopadající na plochu kolektoru	$[W/m^2]$
H_{DK}	množství difúzní energie dopadající na plochu kolektoru	$[W/m^2]$
H_{Gk}	množství globální energie dopadající na plochu kolektoru	$[W/m^2]$
i_L	součinitel spárové provzdušnosti	$[m^3/s Pa^{0,67}]$
L	délka spár	$[m]$
M	charakteristické číslo místnosti	$[-]$
n	intenzita výměny větracího vzduchu	$[-]$
n	teplotní exponent otopné soustavy	$[-]$
η_k	účinnost kolektoru	$[-]$
$n_{v,v}$	intenzita výměny větracího vzduchu - hygienická norma	$[-]$
p	tlak	$[barr]$
p_1	přirážka na vyrovnání vlivu chladných stěn	$[-]$
p_2	přirážka na urychlení zátoku	$[-]$
p_3	přirážka na světovou stranu	$[-]$
q	měrná tepelná ztráta konstrukce	$[W/m^2]$
Q	tepelný tok	$[W]$
Q_0	základní tepelná ztráta prostupem	$[W]$
Q_c	celková tepelná ztráta objektu	$[W]$
q_c	měrná tepelná ztráta objektu	$[W/m^3]$
Q_{inf}	tepelná ztráta infiltrací spárovou propustností	$[W]$
Q_p	tepelná ztráta prostupem	$[W]$
Q_{SK}	teplo vyprodukované solárním kolektorem	$[Wh]$
$Q_{T,V}$	celková potřeba tepla	$[Wh]$
$Q_{TČ}$	teplo vyprodukované tepelným čerpadlem	$[Wh]$
Q_{TOP}	potřeba tepla pro vytápění	$[Wh]$
Q_{TUV}	potřeba tepla pro TUV	$[Wh]$

Q_v	tepelná ztráta větráním	[W]
$Q_{v,v}$	tepelná ztráta infiltrací dle hygienických norem	[W]
Q_z	tepelný zisk	[W]
R_n	tepelný odpor konstrukce - vnitřní	[m ² K/W]
R_{se}	tepelný odpor konstrukce na vnější straně	[m ² K/W]
R_{si}	tepelný odpor konstrukce na vnitřní straně	[m ² K/W]
S	plocha	[m ²]
t_{ap}	vnitřní výpočtová teplota vzduchu	[°C]
t_e	vnější výpočtová teplota místnosti	[°C]
t_i	vnitřní výpočtová teplota místnosti	[°C]
t_m	střední teplota vody v topném okruhu	[°C]
$t_{př}$	teplota přívodu topné vody	[°C]
t_{TUV}	teplota TUV	[°C]
$t_{v,v}$	teplota větracího vzduchu	[°C]
t_w	průměrná teplota vody v obecním rozvodu	[°C]
t_{zp}	teplota zpáteční topné vody	[°C]
t_{Φ}	průměrná teplota vzduchu	[°C]
U	součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
U_c	celkový součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
V_{inf}	objem větracího vzduchu - spárová propustnost	[m ³]
V_m	objemový průtok větracího vzduchu	[m ³ /hod]
V_m	hrubý objem objektu	[m ³]
V_{TUV}	množství spotřebované TUV	[m ³]
V_v	vytápěný objem	[m ³]
$V_{v,v}$	objem větracího vzduchu - hygienická norma	[m ³]
Δt	ochlazení vody v topném okruhu	[°C]
z	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci vody	[-]
α_e	součinitel přestupu tepla na venkovní stěně	[W/m ² K]
α_i	součinitel přestupu tepla na vnitřní stěně	[W/m ² K]
ε	součinitel pro nesoučasnost přírážek	[-]
η	účinnost	[-]
η_O	účinnost rozvodu	[-]
η_R	účinnost obsluhy	[-]
λ	tepelné vodivost	[W/mK]
ρ	hustota	[kg/m ³]

1 Úvod

V současné době, kdy cena energií stoupá a vzrůstají tlaky na snižování emisí, je důležité správně dimenzovat soustavy pro vytápění a přípravu TUV.

V minulých letech byly tyto potřeby řešeny separátně a ne vždy s ohledem na nejvýhodnější řešení. Rozvojem technologií, zvyšování účinnosti, správným návrhem a kombinací systému se dosahuje při získávání tepla pro potřeby vytápění a přípravy TUV velkých ekonomických úspor a snížení produkce emisí.

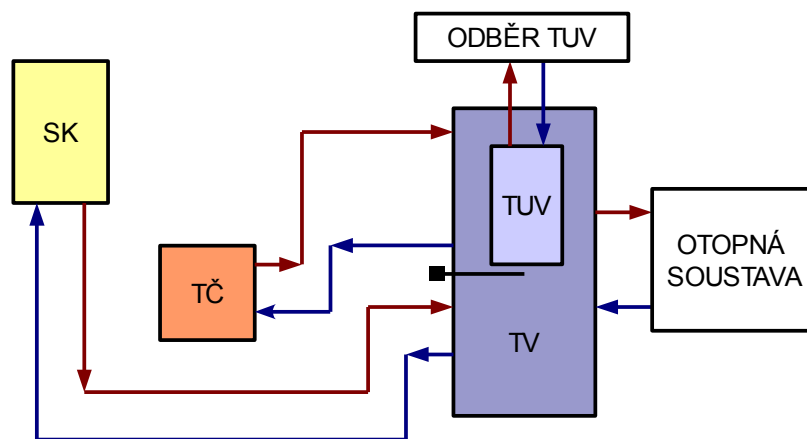
V posledních letech se klasické způsoby získávání tepla kotli na tuhá paliva, elektrokotli a plynovými kotli nahrazuje využíváním systému s tepelnými čerpadly a solárními kolektory. U těchto systému dochází k výraznému snížení spotřeby elektrické energie využité pro vytápění a přípravu TUV oproti klasickým způsobům. Taky nezanedbatelným kladným důsledkem je snížení hlavně místní produkce emisí (oproti kotlům na tuhá paliva) a také globální produkce emisí (při použití elektrokotlů, přímotopů a elektrických bojlerů).

2 Teoretický rozbor

Všechny způsoby vytápění a přípravy TUV vyžadují přísun paliva ať už pevného, kapalného, plynného nebo elektrické energie ve výši 100% potřeby. Pouze tepelné čerpadla a solární kolektory jsou schopné využívat energii i z jiných zdrojů „za které neplatíme“. Soustava TČ a SK získává cca 2/3 potřebné energie pro vytápění a TUV z okolí a pouze 1/3 energie ze sítě.

Soustavy TČ a SK mají mnoho různých způsobů provedení. Návrh vhodné soustavy se řídí tím, jestli se jedná o novostavbu, rekonstruovaný objekt či objekt před rekonstrukcí. Pro rozhodování je také směrodatné, kde se objekt nachází, jaké jsou vhodné zdroje tepla pro tepelné čerpadlo a možnosti využití solárních kolektorů. Při každém takovémto návrhu musíme zvážit zda je vůbec výhodné tuto soustavu na daném objektu provozovat.

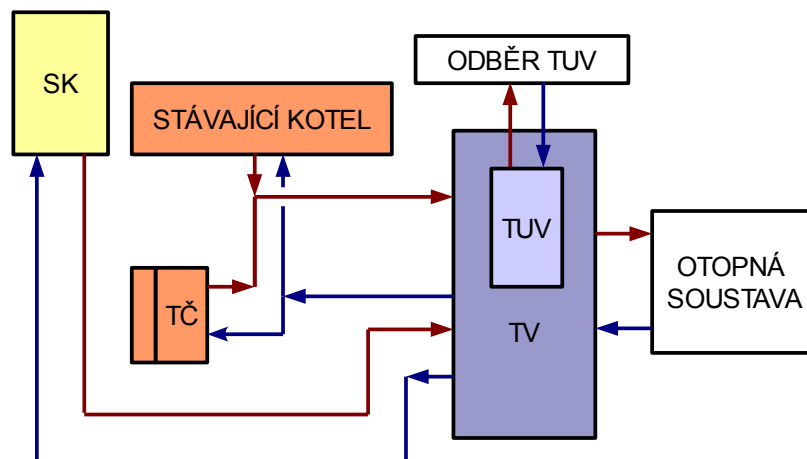
- Základním a nejčastějším způsobem zapojení systému je, že solární kolektor ohřívá topnou vodu v dolní části zásobníku. Tepelné čerpadlo pak dohřívá topnou vodu na požadovanou teplotu. V případě, že výkon tepelného čerpadla není dostatečný, sepne se okruh s topnou spirálou, která může být umístěna v zásobníku nebo přímo vestavěná v tepelném čerpadle a dohřeje vodu na požadovanou teplotu.



Ilustrace 2.1: Základní zapojení TČ a SK

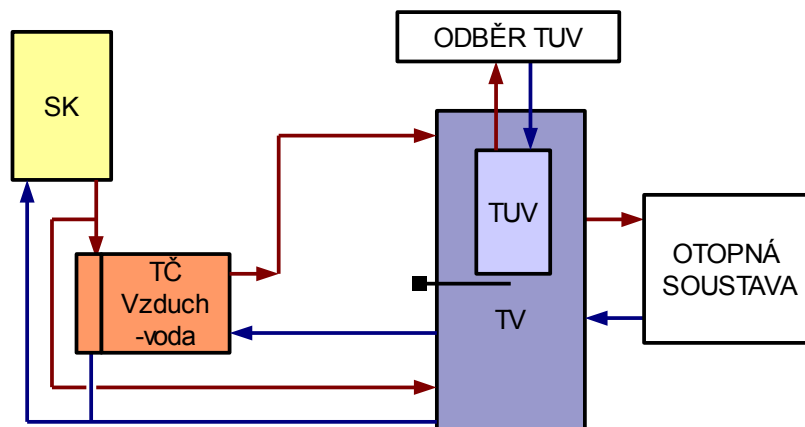
- Další možný způsob zapojení se využívá převážně v rekonstruovaných objektech v nichž je zachován stávající zdroj vytápění. V takovém případě je tento zdroj

zapojen do systému a nahrazuje nám tak potřebu topné spirály. Pro tento zdroj nejsou žádné omezení a můžeme tak využít stávající kotle na tuhá paliva, elektrokotle i plynové kotle.



Ilustrace 2.2: Zapojení systému TČ, SK a elektrokotle

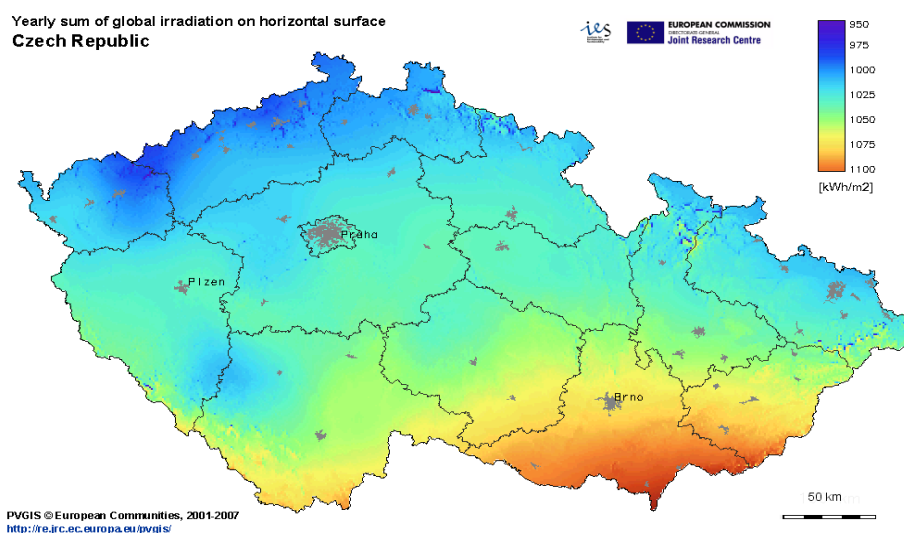
- Dalším možným zapojením je spolupráce solárního kolektoru s tepelným čerpadlem, kdy se při poklesu teploty pod bod bivalence aktivuje solární kolektor. Jeho úkolem je zvýšit teplotu na vstupu do tepelného čerpadla a tím i zvýšení topného faktoru tepelného čerpadla. Hlavní přínos takto sestaveného tepelného čerpadla je vysoká účinnost solárního kolektoru, který pracuje s teplotou nižší, než je teplota vytápěcího vzduchu. Nutnou podmínkou je pro instalaci tohoto systému je nízkoteplotní otopná soustava.



Ilustrace 2.3: Zapojení TČ v bivalenci s SK

2.1 Solární kolektory pro vytápění a přípravu TUV

Sluneční energie představuje významný alternativní a dostupný zdroj energie. Energie dopadající na zemský povrch za rok se pohybuje v rozmezí 950 - 1200 kWh/m². Sluneční kolektory představují vhodný prostředek pro její využití. Pracují na principu fototermální konverze, tedy přeměně slunečního záření na tepelnou energii a předává ho teplosměnné látce. Úspora energetických nákladů spojených s přípravou teplé užitkové vody pro domácnost představuje 55-75% nákladů a u nákladů spojených s vytápěním 25-40%. Energie získaná ze solárních kolektorů se v přechodném období využívá pro predehřátí teplé vody a v letním období je využita pro přípravu TUV. Vývoj solárních kolektorů umožnil využití sluneční energie po celý rok.



Ilustrace 2.4: Průměrný roční úhrn globálního záření za rok [MJ/m²]

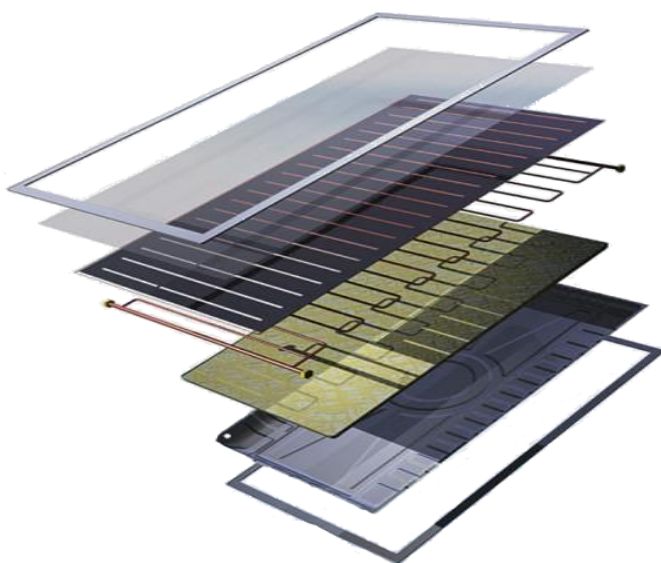
Typy solárních kolektorů:

- Bazénové kolektory: jedná se o nejjednodušší typ slunečních kolektorů. Kolektor je tvořen pouze absorberem černé barvy, bez skříně chránící teplo a bez skleněné desky. Tyto kolektory se využívají především při ohřevu bazénové vody a nejsou vhodné pro kombinaci se systémem přípravy TUV a topné vody. Nejvyšší účinnost kolektory dosahují pokud rozdíl mezi teplotou okolí a teplosměnného média nepřekračuje 10°C.



Ilustrace 2.5: Bazénový SK

- Ploché solární kolektory: u těchto kolektorů je teplo nejprve zachyceno absorberem, kde se přímo transformuje na tepelnou energii. Tato energie je pomocí teplosměnné látky odvedena do výměníku k přípravě TUV nebo vytápění. Teplosměnnou kapalinou je obvykle voda s příměsí ekologicky nezávadné nemrznoucí kapaliny (sloučeniny glykolu, solaren aj.). Ploché kolektory pro vytápění jsou vybavené selektivní absorpční vrstvou, která zvětšuje schopnost kolektoru zachytit i difúzní záření. Pro přípravu TUV je možné využít i kolektory bez selektivní absorpční vrstvy.



Pořadí komponentů shora:

horní rám

krycí sklo

selektivní absorpční vrstva

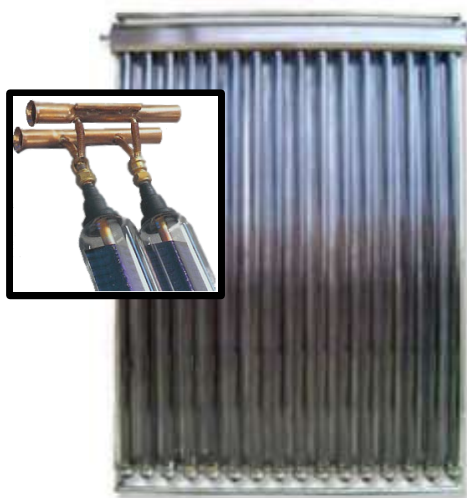
absorbér

izolace

spodní deska

spodní rám

Ilustrace 2.6: Solární deskový kolektor se selektivní absorpční vrstvou.



Ilustrace 2.7: Vakuový SK

- Vakuové solární kolektory: prostřednictvím vakuové trubice zachycují sluneční záření a přeměňují jej na tepelnou energii. Vlivem působení této energie dochází k vypařování teplosměnné kapaliny, ta přechází jako pára do kondenzátoru, kde předá teplo. Tímto se teplosměnná látka ochladí a zkondenzuje a následně se vrací zpět do kolektoru. Ve svém principu jde o zdokonalený kapalinový kolektor s nižším množstvím tepelných ztrát odstraněním vzduchu z kolektoru (princip termosky). Tyto kolektory jsou vhodné pro vytápění budov, naproti tomu jsou méně vhodné pro přípravu TUV (pouze požadujeme-li vyšší teplotu vody) a zcela nevhodné jsou pro ohřev bazénové vody.

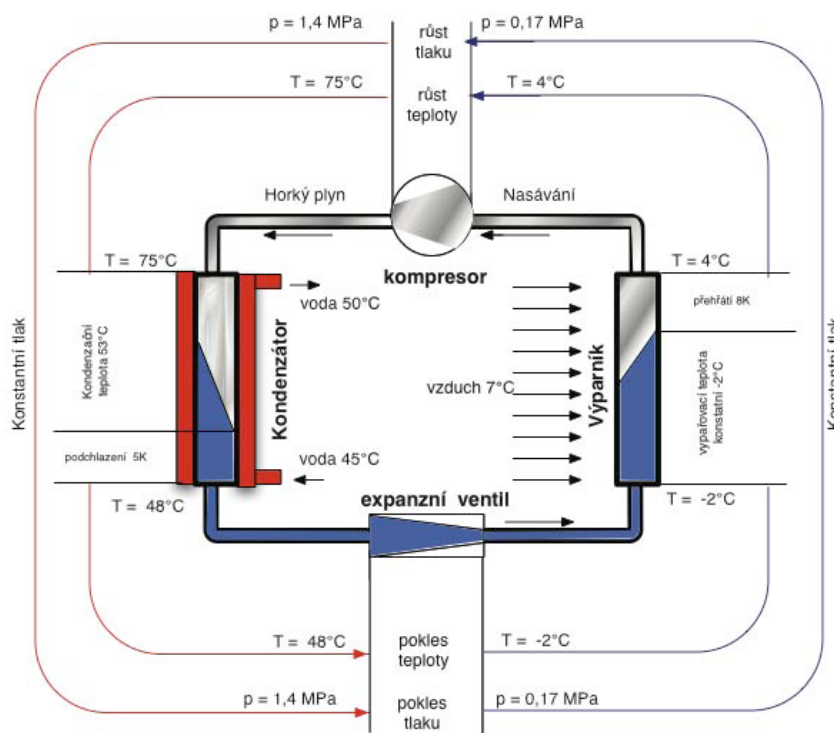
2.2 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo pracuje na principu přečerpávání nízkopotenciální tepelné energie na energii s vyšším tepelným potenciálem. Nositelem energie je v tomto případě chladivo, které při svém odpařování odnímá teplo svému okolí a teplo předává při své kondenzaci. Základní podmínkou je prostředí, ze kterého je možno trvale odebírat tepelnou energii.

Tepelné čerpadlo se skládá ze čtyř základních částí: kompresoru, kondenzátoru, expanzního ventilu a výparníku. Ve výparníku tepelného čerpadla dochází k přeměně

kapaliny na plyn - odpaření chladiva při kterém dochází k odnímání tepla z okolí. Páry chladiva jsou následně kompresorem stlačeny, čímž dojde k jejich zahřátí na teplotu, při které plyn v kondenzátoru plyn zkapalní. Při této změně skupenství předává energii svému okolí, kterou dále využíváme při vytápění nebo přípravě TUV. V expanzním ventilu se chladivo seškrtí na původní nízký tlak a oběh se opakuje.

Účinnost tepelného čerpadla je dána topným faktorem, který je dán poměrem topného výkonu (množství získaného tepla) a příkonu (energie pro pohon kompresoru). Topný faktor závisí na teplotě zdroje tepla a na výstupní teplotě z čerpadla, při které je teplo spotřebováváno.

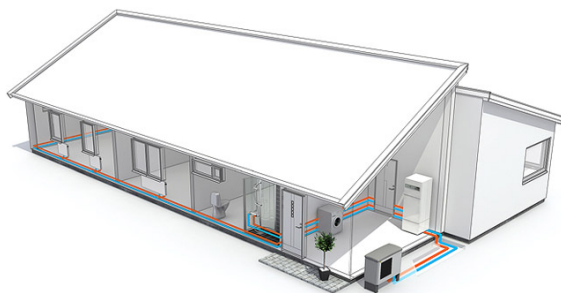


Ilustrace 2.8: Průběh teplot a tlaků v TČ vzduch-voda

Zdroje tepla pro tepelné čerpadlo:

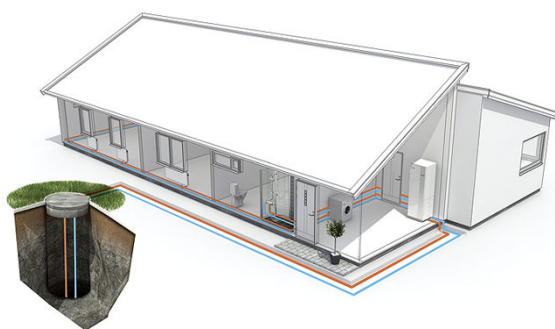
- Vzduch je nejdostupnější zdroj tepla pro tepelná čerpadla. Výhodný je především nízkými investičními náklady, bez nutnosti žádat o povolení instalace. Nevýhodou těchto čerpadel je vzhledem k výkonnému ventilátoru zvýšená hladina hluku a je

tudíž nutné zvolit vhodné místo k instalaci, tak aby nedocházelo k rušení obyvatel objektu a sousedů. U konstrukce takovýchto tepelných čerpadel musíme zohlednit velký rozsah teplot při níž musí (až $-15 - 35^{\circ}\text{C}$) pracovat, což klade vysoké nároky na jeho konstrukci, řešení vzniku námrazy na výparníku při nízkých teplotách a vhodné chladivo v okruhu.



Ilustrace 2.9: Tepelné čerpadlo vzduch-voda

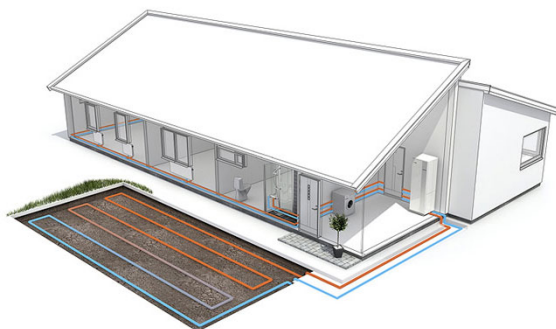
- Hlubinný vrt je druhý možný zdroj tepla pro tepelné čerpadlo. Tento zdroj je možné využívat celoročně, bez omezení, protože má v průběhu roku v podstatě konstantní teplotu. Je možno jej využít jak pro malé tak i velké objekty. Vyžaduje minimum prostoru a proto je velmi vhodný u budov s menšími parcelami. Podle projektovaného výkonu se určí počet a hloubka vrtů do kterých se uloží plastové hadice vytvarované do písmene U, které se zasypou a upěchují.



Ilustrace 2.10: Tepelné čerpadlo země-voda - hlubinný vrt

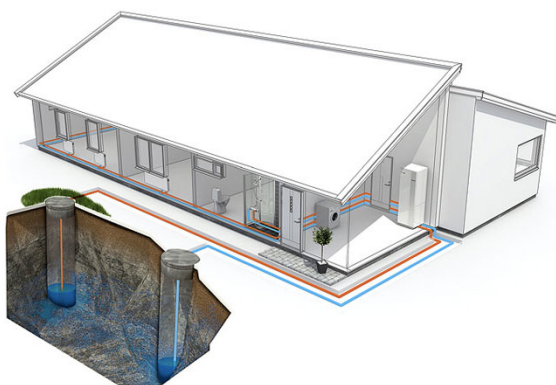
- Plošný kolektor je dalším z možných způsobů získávání tepla ze země. Slunce prohřívá povrchovou vrstvu půdy, toto teplo se v ní akumuluje buď přímou absorpcí nebo se do ní dostává prostřednictvím dešťových srážek nebo přenosem ze

vzduchu. Teplo z plůdy se získává pomocí do země uložených plastových hadic. V hadicích cirkuluje nemrznoucí směs, která neohrožuje životní prostředí. Pro instalaci zemních kolektorů se doporučuje uložení cca 20cm pod úroveň nezámrazné hloubky. Půda nad kolektory nesmí být v žádném případě neprodyšně zakrytá např. budovami, asfaltem, betonem atd. Instalační náklady na plošné kolektory jsou asi o 1/3 nižší než na hlubinný vrt, avšak oproti němu požaduje dostatečně velký pozemek pro jejich instalaci - 200-400m².



Ilustrace 2.11: Tepelné čerpadlo země-voda - plošný kolektor

- Spodní voda je poslední možná varianta zdroje tepla, protože její teplota se v průběhu celého roku pohybuje mezi 7-12°C a má velmi dobrou výtěžnost tepelné energie. Tato instalace vyžaduje povolení a musí splňovat příslušné předpisy týkající se ochrany vod. Před instalací je nutné posoudit směr toku spodní vody, aby nedošlo k tzv. Zkratování průtoku vody, je potřeba dodržet minimální vzdálenost mezi vsakovací a sací studnou 10 – 15 m. Čerpání vody se také nedoporučuje z hloubky větší než 15 m, jinak je toto řešení neúměrně nákladným.

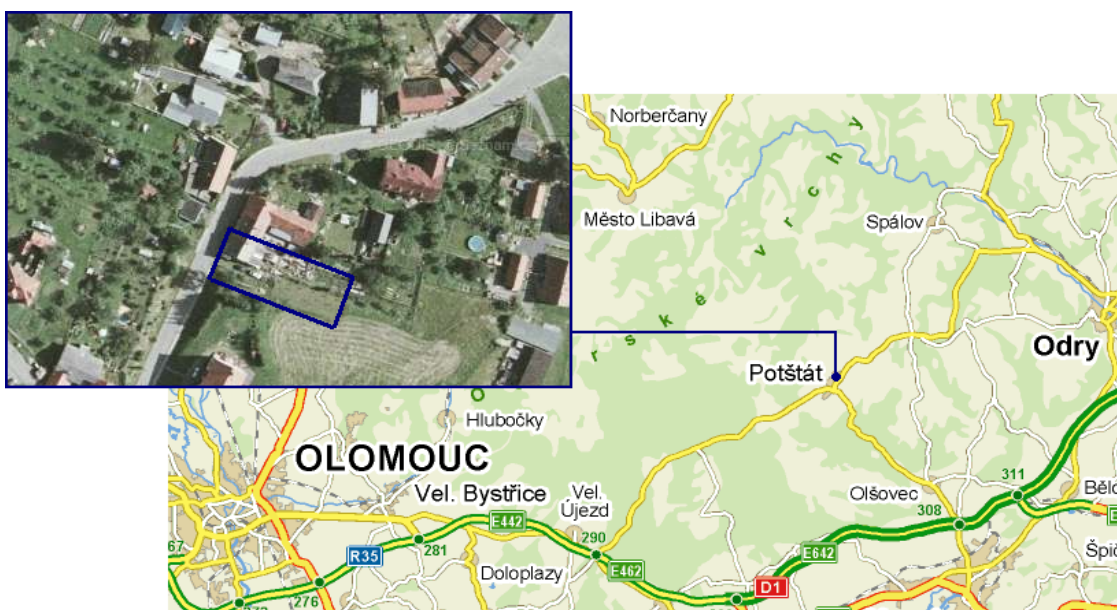


Ilustrace 2.12: Tepelné čerpadlo voda-voda - spodní voda

3 Výpočet sezónní potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody

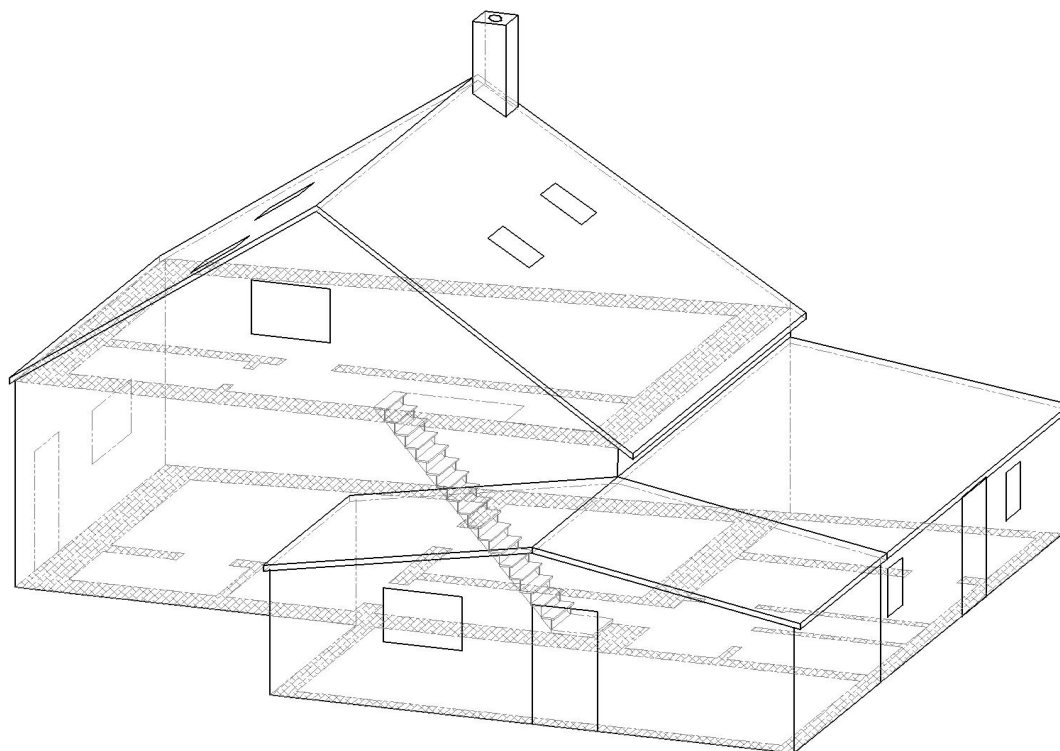
3.1 Základní informace o objektu

Jedná se o rodinný objekt, který bude využívám celoročně majitelčinými rodiči v důchodovém věku. Tento objekt je po částečné rekonstrukci. Při návrhu systému vytápění a přípravu TUV je kladen důraz na jednoduchou obslužnost systému, vzhledem k věku uživatelů.



Ilustrace 3.1: Umístění objektu

Objekt se nachází v lokalitě Potštát, ve vnitřní části města o nadmořské výšce 504m.n.m - v krajině bez intenzivních větrů. Dům je umístěn v řadové zástavbě tří domů jako koncový. Z jedné strany je tedy umístěn sousední dům a z druhé strany je z části kryt kopcem. Objekt se nachází pod kopcem a nepřevyšuje místní terén. K objektu je k dispozici zahrada o rozměrech 30x50m. Jedná se o jednopatrový dům bez podsklepení s obytným půdním prostorem. Vstup do objektu je v přízemí z hlavní cesty nebo zadním vchodem ze zahrady. V přízemí se nachází byt 3+kk se sociálním zařízením a technickou místností. V podkroví je jeden pokoj se sociálním zařízením. K objektu přiléhá kotelna s vlastním vstupem z příjezdové cesty.



Ilustrace 3.2: 3D Schéma objektu

3.2 Výpočet potřeby tepla

Výpočty tepelné ztráty rodinného domu jsou spočítány podle normy ČSN 73 0540: Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov – vlastnosti materiálů a konstrukcí a již neplatné normy ČSN 060210: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Platnost normy ČSN 060210 byla ukončena k 1.9.2008, bez náhrady. V nynější době se tepelné ztráty budov počítají dle normy ČSN EN 12831: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu, avšak tento výpočet je složitý a jsou k němu nutné softwarové programy. Proto byl výpočet proveden dle již neplatné normy.

3.2.1 Součinitel přestupu tepla jednotlivých konstrukcí a objektu

V následujících tabulkách je uveden výpočet součinitelů prostupu tepla konstrukcí pro jednotlivé typy konstrukcí.

Příklad výpočtu součinitele přestupu tepla pro vnější chlazenou izolovanou obvodovou stěnu šířky 600mm:

- Dle ČSN 06 0210 se uvažuje pro svislé stěny $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ a $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Venkovní oblastní výpočtová teplota t_e je určena jako nejnižší dlouhodobý pětidenní průměr venkovních teplot. Území ČR je rozdělena rozdělená na oblasti s $t_e = 12, -15$ a $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, a tyto hodnoty mohou být ještě korigovány vlivem nadmořské výšky.
- Vnitřní výpočtová teplota se určí buď přímým měřením kulovým teploměrem na místě nebo pro účely výpočtu obálkovou metodou se vypočítá jako průměrná teplota všech vnitřních místností vztáženou na jejich objem.
- Součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev konstrukce jsou dle ČSN 06 0210.

Místnost	Objem [m ³]	Teplota [°C]	VxT [m ³ .°C]
001	16,72	5	83,60
101	9,69	15	145,31
102	9,37	20	187,40
103	18,60	15	279,00
104	7,62	15	114,35
105	7,44	24	178,64
106	4,52	15	67,79
107	18,05	15	270,79
108	17,58	20	351,61
109	36,78	20	735,63
110	64,10	20	1281,97
201	3,22	24	77,32
202	11,39	15	170,85
203	65,63	20	1312,68
Suma	290,72		5256,95
Průměrná teplota		18,08 °C	

Tabulka 1: Průměrná teplota vytápěných místností

Výpočet průměrné teploty vytápěných místností:

$$t_e = \frac{\sum V_x \cdot T_x}{\sum V_x} = \frac{5256,95}{290,72} = 18,08^\circ C$$

Tepelný odpor konstrukce

$$R_T = R_{si} + R_N + R_{se} = R_{si} + \sum \left(\frac{d_x}{\lambda} \right) + R_{se} = 0,25 + \sum \left(\frac{0,025}{0,990} + \frac{0,5}{0,64} + \frac{0,05}{0,034} + \frac{0,025}{0,990} \right) + 0,04 = 2,59 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Součinitel prostupu tepla konstrukce

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,59} = 0,39 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Průměrné povrchové teploty na rozhraní jednotlivých vrstev

$$t_{si,x} = t_{ap} - U \cdot \left(R_{si} + \sum_{j=0}^n R_{x,j} \right) \cdot (t_{ap} - t_e) \quad [^\circ C]$$

$$t_{si,0} = t_{ap} - U \cdot (R_{si}) \cdot (t_{ap} - t_e) = 19,08 - 0,39 \cdot 0,25 \cdot (19,08 + 15) = 15,793^\circ C$$

$$t_{si,1} = t_{ap} - U \cdot (R_{si} + R_1) \cdot (t_{ap} - t_e) = 19,08 - 0,39 \cdot (0,25 + 0,025) \cdot (19,08 + 15) = 15,46^\circ C$$

$$t_{si,2} = t_{ap} - U \cdot (R_{si} + R_1 + R_2) \cdot (t_{ap} - t_e) = 19,08 - 0,39 \cdot (0,25 + 0,025 + 0,781) \cdot (19,08 + 15) = 5,19^\circ C$$

$$t_{si,3} = t_{ap} - U \cdot (R_{si} + R_1 + R_2 + R_3) \cdot (t_{ap} - t_e) = 19,08 - 0,39 \cdot (0,25 + 0,025 + 0,781 + 1,471) \cdot (19,08 + 15) = -14,14^\circ C$$

$$t_{si,4} = t_{ap} - U \cdot (R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \cdot (t_{ap} - t_e) = 19,08 - 0,39 \cdot (0,25 + 0,025 + 0,781 + 1,471 + 0,025) \cdot (19,08 + 15) = -14,47^\circ C$$

Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci						
Obvodová stěna 600 mm - izolovaná, chlazená						
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:199 t _i = 18,08 °C						
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy v okolí t _i + 1) t _{ap} = 19,08 °C						
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R _{si} = 0,125 m ² K/W t _{si,0} = 17,353 °C						
Vrstva	Materiál	d [m]	λ [W/mK]			
Interiér ↓ Exteriér	1	Omítka vápennocementová	0,025	0,990	R ₁ = 0,025 m ² K/W	t _{si,1} = 17,00 °C
	2	Cihelná hmota	0,500	0,640	R ₂ = 0,781 m ² K/W	t _{si,2} = 6,21 °C
	3	Pěnový polystyren extrudovaný - EXP	0,050	0,034	R ₃ = 1,471 m ² K/W	t _{si,3} = -14,10 °C
	4	Omítka vápennocementová	0,025	0,990	R ₄ = 0,025 m ² K/W	t _{si,4} = -14,45 °C
Σd = 0,6 m				R _n = 2,30 m ² K/W		
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R _{se} = 0,04 m ² K/W t _e = -15 °C						
Tepelný odpor konstrukce R _T = 2,47 m ² K/W						
Součinitel prostupu tepla U = 0,41 W/m²/K						
Prostup tepla konstrukcí Q = U (t _i - t _e) Q = 13,41 W/m ²						

Tabulka 2: Součinitel přestupu tepla - Stěna 600mm - ochlazovaná

Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci						
Obvodová stěna 350 mm - izolovaná, chlazená						
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:199 t _i = 18,08 °C						
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy v okolí t _i + 1) t _{ap} = 19,9 °C						
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R _{si} = 0,125 m ² K/W t _{si,0} = 17,799 °C						
Vrstva	Materiál	d [m]	λ [W/mK]			
Interiér ↓ Exteriér	1	Omítka vápennocementová	0,025	0,990	R ₁ = 0,025 m ² K/W	t _{si,1} = 17,37 °C
	2	Cihelná hmota	0,250	0,640	R ₂ = 0,391 m ² K/W	t _{si,2} = 10,81 °C
	3	Pěnový polystyren extrudovaný - EXP	0,050	0,034	R ₃ = 1,471 m ² K/W	t _{si,3} = -13,90 °C
	4	Omítka vápennocementová	0,025	0,990	R ₄ = 0,025 m ² K/W	t _{si,4} = -14,33 °C
Σd = 0,35 m				R _n = 1,91 m ² K/W		
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R _{se} = 0,04 m ² K/W t _e = -15 °C						
Tepelný odpor konstrukce R _T = 2,08 m ² K/W						
Součinitel prostupu tepla U = 0,48 W/m²/K						
Prostup tepla konstrukcí Q = U (t _i - t _e) Q = 15,93 W/m ²						

Tabulka 3: Součinitel přestupu tepla - Stěna 350mm - ochlazovaná

Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci					
Obvodová stěna 300 mm - neizolovaná, nechlazená					
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:199 t _i = 18,08 °C					
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy v ovládaných t _i + 1) t _{ap} = 19,9 °C					
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R _{si} = 0,125 m ² K/W t _{si,0} = 18,889 °C					
Vrstva	Materiál	d [m]	λ [W/mK]		
Interiér ↓ Exteriér	1 Omítka vápennocementová	0,025	0,990	R ₁ = 0,025 m ² K/W	t _{si,1} = 18,69 °C
	2 Cihelná hmota	0,250	0,640	R ₂ = 0,391 m ² K/W	t _{si,2} = 15,53 °C
	3 Omítka vápennocementová	0,025	0,990	R ₃ = 0,025 m ² K/W	t _{si,3} = 15,32 °C
		Σd = 0,3 m		R _n = 0,44 m ² K/W	
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R _{se} = 0,04 m ² K/W t _e = 15 °C					
Tepelný odpor konstrukce R _T = 0,61 m ² K/W					
Součinitel prostupu tepla U = 1,65 W/m²/K					
Prostup tepla konstrukcí Q = U (t _i - t _e) Q = 5,08 W/m ²					

Tabulka 4: Součinitel přestupu tepla - Stěna 300mm - ochlazená

Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci					
Podlaha přízemí - Linoleum					
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:199 t _i = 18,08 °C					
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy v ovládaných t _i + 1) t _{ap} = 19,9 °C					
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R _{si} = 0,125 m ² K/W t _{si,0} = 18,796 °C					
Vrstva	Materiál	d [m]	λ [W/mK]		
Interiér ↓ Exteriér	1 Linoleum	0,005	0,190	R ₁ = 0,026 m ² K/W	t _{si,1} = 18,56 °C
	2 Beton hutný	0,050	1,230	R ₂ = 0,041 m ² K/W	t _{si,2} = 18,20 °C
	3 Hydroizolační vrstva - folie z PE	0,001	0,350	R ₃ = 0,003 m ² K/W	t _{si,3} = 18,18 °C
	4 Pěnový polystyren extrudovaný - EXP	0,050	0,034	R ₄ = 1,471 m ² K/W	t _{si,4} = 5,19 °C
	5 Základová deska - beton	0,100	4,580	R ₅ = 0,022 m ² K/W	t _{si,5} = 5,00 °C
		Σd = 0,21 m		R _n = 1,56 m ² K/W	
Tepelný odpor konstrukce R _T = 1,69 m ² K/W					
Součinitel prostupu tepla U = 0,59 W/m²/K					
Prostup tepla konstrukcí Q = U (t _i - t _e) Q = 7,75 W/m ²					

Tabulka 5: Součinitel přestupu tepla - Podlaha s linoleem

Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci			
Podlaha přízemí - Dlažba			
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:199		$t_i = 20$	$^{\circ}\text{C}$
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy $v_{q,i} = t_i + 1$)		$t_{ap} = 21$	$^{\circ}\text{C}$
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce		$R_{si} = 0,125$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,0} = 19,803$ $^{\circ}\text{C}$
Vrstva	Materiál	d [m]	λ [W/mK]
Interiér ↓ Exteriér	1 Dlažba	0,010	1,010
	2 Beton hutný	0,050	1,230
	3 Hydroizolační vrstva - folie z PE	0,001	0,350
	4 Pěnový polystyren extrudovaný - EXP	0,050	0,034
	5 Základová deska - beton	0,100	4,580
		$R_1 = 0,010$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,1} = 19,71$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_2 = 0,041$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,2} = 19,32$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_3 = 0,003$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,3} = 19,29$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_4 = 1,471$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,4} = 5,21$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_5 = 0,022$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,5} = 5,00$ $^{\circ}\text{C}$
$\Sigma d = 0,21$ m		$R_n = 1,55$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_e = 5$ $^{\circ}\text{C}$
Tepelný odpor konstrukce		$R_T = 1,67$	$\text{m}^2\text{K/W}$
Součinitel prostupu tepla		$U = 0,60$	$\text{W/m}^2\text{/K}$
Prostup tepla konstrukcí $Q = U(t_i - t_e)$		$Q = 8,98$	W/m^2

Tabulka 6: Součinitel přestupu tepla - Dlažba

Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci			
Šikmá střecha			
Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:199		$t_i = 18,08$	$^{\circ}\text{C}$
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy $v_{q,i} = t_i + 1$)		$t_{ap} = 19,08$	$^{\circ}\text{C}$
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce		$R_{si} = 0,125$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,0} = 16,818$ $^{\circ}\text{C}$
Vrstva	Materiál	d [m]	λ [W/mK]
Interiér ↓ Exteriér	1 Sadrokarton	0,020	0,220
	2 Folie z PR	0,001	0,350
	3 Pěnový polystyren extrudovaný - EXP	0,050	0,034
	4 Dřevo měkké	0,025	0,180
	5 IPA 400 SH	0,003	0,200
	6 Hliníkové plechy	0,002	204,0
		$R_1 = 0,091$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,1} = 15,17$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_2 = 0,003$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,2} = 15,12$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_3 = 1,471$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,3} = -11,49$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_4 = 0,139$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,4} = -14,00$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_5 = 0,015$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,5} = -14,28$ $^{\circ}\text{C}$
		$R_6 = 0,000$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_{si,6} = -14,28$ $^{\circ}\text{C}$
$\Sigma d = 0,1$ m		$R_n = 1,72$	$\text{m}^2\text{K/W}$
Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce		$R_{se} = 0,04$	$\text{m}^2\text{K/W}$ $t_e = -15$ $^{\circ}\text{C}$
Tepelný odpor konstrukce		$R_T = 1,88$	$\text{m}^2\text{K/W}$
Součinitel prostupu tepla		$U = 0,53$	$\text{W/m}^2\text{/K}$
Prostup tepla konstrukcí $Q = U(t_i - t_e)$		$Q = 17,57$	W/m^2

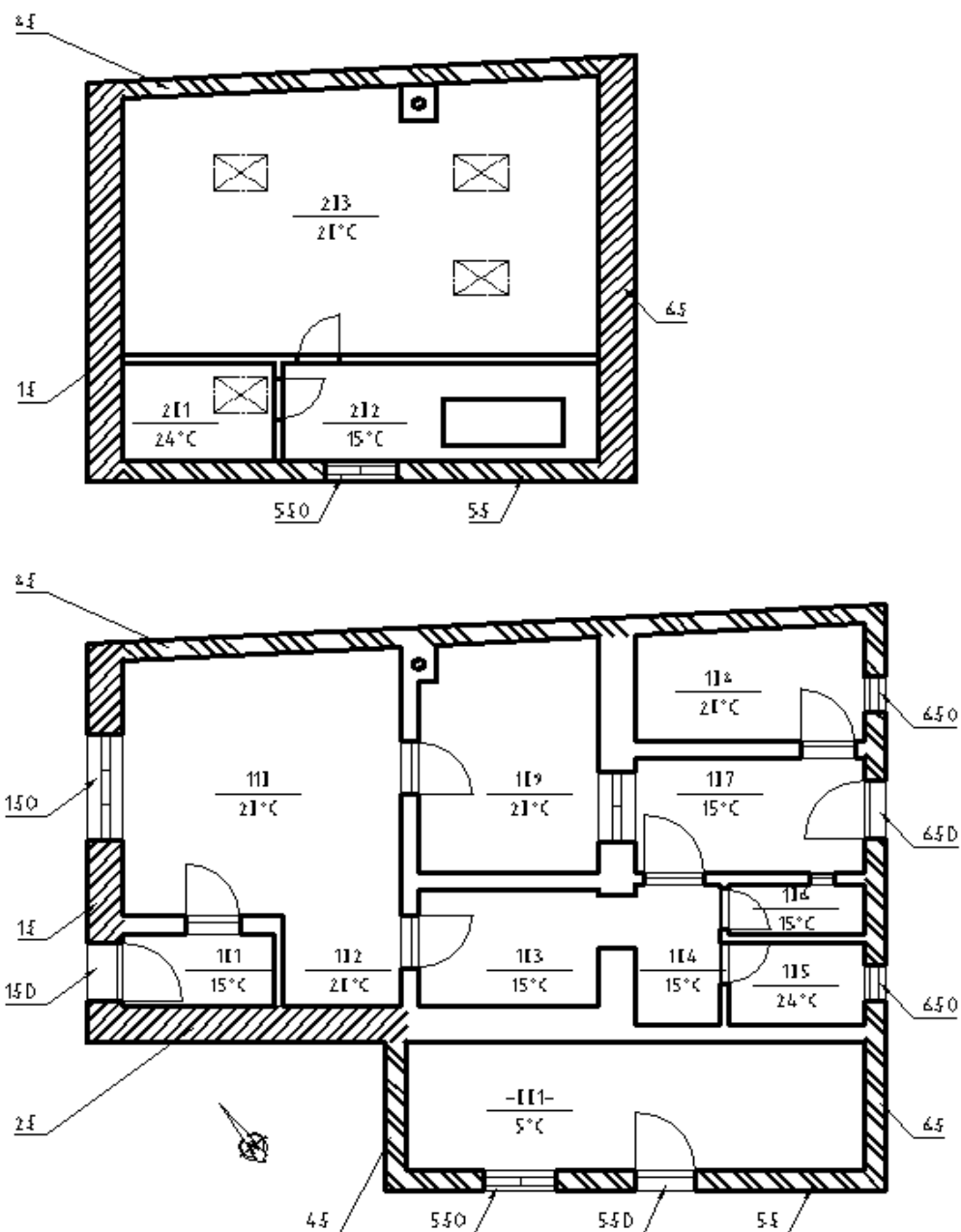
Tabulka 7: Součinitel přestupu tepla - Střecha

Popis konstrukce	Tepelný odpor konstrukce [$\text{m}^2\text{K/W}$]	Součinitel prostupu tepla [$\text{W/m}^2\text{/K}$]	Prostup tepla konstrukcí [W/m^2]
Okno s dvojsklem	0,63	1,60	62,40
Domovní dveře bez skleněné výplně	0,38	2,60	101,40

Tabulka 8: Součinitel prostupu tepla - Okna, dveře

3.2.2 Výpočet tepelných ztrát přestupem a větráním – obálková metoda

V následující kapitole je vypočtena ztráta objektu dle normy ČSN 06 0210. Dle schématu jsou spočítány velikosti jednotlivých ploch a s nimi související tepelné ztráty. Dle principu obálkové metody se v objektu neřeší vnitřní přestupy tepla, ve výpočtu jsou zahrnuty pouze konstrukce ve styku okolním prostředím.



Ilustrace 3.3: Označení konstrukcí

Výpočet tepelné ztráty objektu je značně závislé na charakteristice a umístění objektu.

- Venkovní výpočtová teplota dle normy je v dané oblasti -15°C , k jejímu snížení vlivem nadmořské výšky nedochází, protože pro tuto kategorii dochází ke snížení teploty na -18°C až od 600 m. n m.
- Poloha budovy je chráněná vzhledem k tomu, že objekt se nachází ve vnitřní části města a nepřevyšuje okolí
- Objekt je posuzován jako osaměle stojící, přestože přímo sousedí s dalšími dvěma objekty, které na něj přímo navazují. Toto posouzení vychází z toho, že celková délka zástavby je 35m a šířka 13m tzn. poměr délky a šířky zástavby je menší jak 5.
- Charakteristické číslo budovy B se stanovuje na základě intenzity větrů v dané lokalitě a druhu budovy. Pro osamělé chráněné objekty stojící v normální krajině s rychlostí větru do 4 m/s je $B=4 \text{ Pa}^{0,67}$. Zvýšení charakteristického čísla budovy se uvažuje u budov vyšších než 25m a tutíž v tomto případě bude roven 0.
- Charakteristické číslo místnosti zohledňuje vliv vnitřních dveří. Vzhledem k tomu, že v tomto případě posuzujeme objekt jako celek a neřešíme přestupy tepla v rámci objektu je $M=1$.
- Teplota v prostoru za zadávanou konstrukcí $t_{e,j}$ je také volena dle normy. U vnějších stěn je rovna venkovní výpočtově teplotě, pro podlahu je rovna $+5^{\circ}\text{C}$, pro společnou stěnu s vedlejším objektem je $+15^{\circ}\text{C}$, protože místnost za stěnou ve vedlejším objektu je chodba.
- Plochy konstrukcí S a plochy výplní v konstrukcích se počítají z vnějších rozměrů místností (platí pro výpočet tepelné ztráty budovy obálkovou metodou). Pouze u výšky se počítá s konstrukční výškou (výška od podlahy stávajícího podlaží k výšce podlahy vyššího podlaží).

- Délka okenní spáry L se počítá ze skladebných rozměrů otevíraných oken případně venkovních dveří. Do délky spáry se samozřejmě započítávají také spáry mezi jednotlivými křídly. Součinitele spárové průvzdušnosti i_L jsou zvoleny dle normy. Do součtu součinů $\sum(i_L \cdot L)$ se uvažují pouze spáry u oken a dveří na návětrné straně.
- Základní tepelná ztráta Q_o je dána součtem tepelných toků prostupem jednotlivými stěnami, ohraničující vytápěnou místnost.

$$Q_o = \sum_n^1 U_j \cdot S_j \cdot (t_{ij} - t_{ej})$$

- Celkový součinitel prostupu tepla daného objektu se určí jako tepelná ztráta objektu vztážená na plochu povrchů všech konstrukcí obklopující místnost.

$$U_c = \frac{Q_o}{\left(\sum_1^n S_j \right) \cdot (t_i - t_e)} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

- Tepelná ztráta prostupem stěnami Q_p se určí ze základní tepelné ztráty Q_o , která je korigovaná přírážkami p_1, p_2, p_3 .

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W]$$

- Přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn p_1 umožňuje zvýšení teploty t_i vnitřního vzduchu tak, aby při nižší hodnotě stěn místnosti bylo dosaženo výsledné teploty t_i .

$$p_1 = 0,15 \cdot U_c \quad [-]$$

- Přirážka na urychlení zátopy p_2 je uvažována (u bytové výstavby, nemocnic a podobně) pouze v případech, kdy ani za nejnižších venkovních teplot není možné zajistit nepřerušovanou dodávku tepla. Za normálních okolností se tato přirážka neuvažuje, protože za výpočtových podmínek (při venkovní výpočtové teplotě t_e) se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.
- Přirážka na světovou stranu p_3 . O její výši rozhoduje poloha nejvíce ochlazované konstrukce v místnosti. V případě, kdy má místnosti dvě ochlazované konstrukce, rozhoduje poloha jejich společného rohu. V případě, kdy má místnost tři nebo čtyři ochlazované konstrukce, počítáme s přirážkou nejvyšší.
- Tepelná ztráta infiltrací Q_{inf} je závislá na velikosti objemového průtoku vzduchu přes infiltrační spáry výplňových konstrukcí.

$$Q_{inf} = 1300 \cdot V_{inf} \cdot (t_i - t_e) \quad [W]$$

$$V_{inf} = (B + \Delta B) \cdot M \cdot \sum (i_L \cdot L) \quad [m^3]$$

- Tepelná ztráta infiltrací $Q_{v,v}$ je závislá na velikosti objemového průtoku větracího vzduchu nebo na intenzitě výměny vzduchu n .

$$Q_{v,v} = 1300 \cdot V_{v,v} \cdot (t_i - t_e) \quad [W]$$

$$V_{v,v} = \frac{n \cdot V_m}{3600} \quad [m^3]$$

- Tepelná ztráta větráním Q_v vzniká potřebou ohřátí větracího vzduchu a je rovna větší ze ztrát průtokem větracího vzduchu $Q_{v,v}$ a tepelná ztráta infiltrací spárami výplňových konstrukcí Q_{inf}
- Tepelný zisk Q_z je pro daný objekt zanedbán.
- Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [W]$

V následných dvou tabulkách je vypočtena základní a celková tepelná ztráta objektu na základě výše uvedených vzorců a hodnot.

Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210										
Označení konstrukce	Typ	$t_{e,j}$ [°C]	U [W/m ² /K]	Plocha			Q_0 [W]	Infiltrace		
				S [m ²]	S_d [m ²]	$S-S_d$ [m ²]		i_L [m ³ /m/s/Pa ^{0.67}]	L [m]	$i_L \cdot L$ [m ³ /s/Pa ^{0.67}]
1 S	SO	-15	0,39	23,5	3,4	20,0	270,30			
1 SO	OKN	-15	1,60	1,4		1,4	80,64	0,00012	5,0	0,00060
1 SD	DVR	-15	2,60	2,0		2,0	182,00	0,00016	6,0	0,00096
2 S	SO	-15	0,39	20,6		20,6	277,59			
3 S	SO	-15	0,45	15,1	1,1	14,1	223,35			
3 SO	OKN	-15	1,60	1,1		1,1	60,48	0,00012	4,2	0,00050
4 S	SO	-15	0,45	10,2	0,0	10,2	162,62			
5 S	SO	-15	0,45	19,0	3,1	15,9	252,76			
5 SO	OKN	-15	1,60	1,1		1,1	60,48	0,00012	4,2	0,00050
5 SD	DVR	-15	2,60	2,0		2,0	182,00	0,00016	6,0	0,00096
6 S	SO	-15	0,45	21,0	3,1	17,9	284,87			
6 SO	OKN	-15	1,60	1,1		1,1	60,48	0,00012	6,0	0,00072
6 SD	DVR	-15	2,60	2,0		2,0	182,00	0,00016	6,0	0,00096
7 S	SO	-15	0,39	4,4	0,0	4,4	59,54			
8 S	SN	15	1,37	57,4	0,0	57,4	392,75			
9 P	PDL	5	0,65	55,3		55,3	536,70			
10 P	PDL	5	0,64	38,9		38,9	373,88			
11 K	SCH	-15	0,35	77,3	2,9	74,4	913,49			
11 KO	OKN	-15	1,60	2,9		2,9	161,28	0,00012	6,8	0,00082
12 K	SCH	-15	0,35	39,4	0,0	39,4	484,13			
13 K	SCH	-15	0,35	9,3	0,0	9,3	114,68			
SUMA						391,5	5316,01			

Tabulka 9: Výpočet základní tepelné ztráty objektu

Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210			
Lokalita a vlastnosti budovy			
Lokalita:	Potštát	Krajina:	Normální
Nadmořská výška:	550 m. n.m.	Poloha budovy:	Chráněná
		Druh budovy:	Osamělá
Charakteristické číslo budovy $B = 4 \text{ Pa}^{0.67}$		Orientace objektu	SZ
Zvětšení char. čísla budovy $\Delta B = 0 \text{ Pa}^{0.67}$		Venkovní výpočtová $t_e = -15 \text{ °C}$	
Charakteristické číslo místnosti $M = 1$		Vnitřní výpočtová $t_{ei} = 18,08 \text{ °C}$	
Počet netěsných dveří	-	Teplota větracího vzduchu $t_{vv} = -15 \text{ °C}$	
Počet těsných dveří	-	Tepelný zisk $Q_z = 0 \text{ W}$	
Rozměry			
Celkový objem $V_m = 408 \text{ m}^3$		Vytápěný objem $V_v = 281 \text{ m}^3$	
Vypočtená plocha obálkových konstrukcí		$S = 392 \text{ m}^2$	
Tepelná ztráta prostupem			
Součet ztrát prostupem tepla přes stěny		$\Sigma Q_0 = 5316 \text{ W}$	
Průměrný součinitel prostupu tepla		$U_c = 0,41 \text{ W/m}^2/\text{K}$	
Přirážka za vliv chladných konstrukcí		$p_1 = 0,06$	
Přirážka na urychlení zátoku		$p_2 = 0$	
Přirážka za světovou stranu		$p_3 = 0,05$	
Tepelná ztráta prostupem		$Q_p = 5909 \text{ W}$	
Tepelná ztráta větráním			
Tepelná ztráta infiltrací		$Q_{inf} = 784 \text{ W}$	
Vypočtená intenzita výměny vzduchu		$n_{vyp} = 0,16$	
Hygienická intenzita výměny vzduchu		$n_{hyg} = 0,5$	
Tepelná ztráta větráním - dle hygienického požad.		$Q_{v, hyg.} = 2437 \text{ W}$	
Tepelná ztráta větráním		$Q_v = 2437 \text{ W}$	
Celková tepelná ztráta objektu			
Tepelná ztráta objektu		$Q_c = 8346 \text{ W}$	
Měrná tepelná ztráta objektu		$q_c = 29,72 \text{ W/m}^3$	

Tabulka 10: Výpočet celková tepelné ztráty objektu

Pro další výpočty jsem zaokrouhlila tepelnou ztrátu na 8,5kW. Toto zaokrouhlení je vhodné provést vzhledem k tomu, že tepelná ztráta byla řešena pro celý objekt bez vlivu vnitřních přestupů tepla mezi jednotlivými místnostmi.

3.3 Výpočet potřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV

3.3.1 Výpočet potřeby tepla pro vytápění

Pro výpočet spotřeby tepla po dobu vytápěcí sezóny jsem použila dennostupňovou metodu – měsíční. Výpočet touto metodou je založen na předpokladu, že tepelné ztráty se odehrávají v režimu, kdy je v obvodových konstrukcích ustálený teplotní průběh odpovídající okamžité vnitřní a venkovní teplotě a také, že platí lineární vztah mezi tepelnou ztrátou objektu a rozdílem teplot mezi vnitřní a venkovní teplotou. Počet dní topné sezóny je dle dlouhodobých meteorologických sledování stanoven normou pro jednotlivé lokality. Průměrná venkovní teplota a teplota vody v obecním rozvodu je stanovena z meteorologických měření jenž jsou součástí přílohy.

- Počet topných dnů je dle normy 263 dní v roce.
- Stanovení vytápěcích dennostupňů $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) [K \cdot dny]$
- Koeficient nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem e_i v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0.8 až 0.9.
- Koeficient snížení teploty v místnosti během dne respektive noci e_t se volí v případech je-li vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Volí se v rozmezí 0.8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1.0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin.
- Koeficient zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu e_d podle využití budov v průběhu týdne. Volí se v rozmezí od 1.0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0.9 pro budovy se šestidenním a 0.8 pro budovy s pětidenním provozem.
- Součinitel ε je možné určit z odborné literatury nebo dle vzorce $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d [-]$

- Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy η_0 se volí v rozmezí 0.9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1.0 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací.
- Účinnost rozvodu vytápění η_r se volí se v rozmezí 0.95 až 0.98 podle provedení.
- Potřeba tepla pro vytápění $Q_{TOP} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \left[\frac{MWh}{rok} \right]$
- Maximální teplota přívodu topné vody $t_{př, max}$ je 55°C; maximální teplota zpáteční topné vody je 45°C. Těchto teplot dosahuje otopná voda při minimální venkovní výpočtové teplotě.
- Teplotní exponent otopné soustavy se volí dle příslušných topných těles. Pro desková otopná tělesa se pohybuje v rozmezí 1,26-1,33. Ve výpočtu je použita střední hodnota 1,3.
- Teplota přívodu a zpátečky otopné plochy se vypočte dle následujících vztahů:

$$\Delta t = (t_{př, max} - t_{zp, max}) \cdot \frac{t_\Phi - t_i}{t_e - t_i} \quad [K]$$

$$t_m = t_i + \left(\frac{t_{př, max} + t_{zp, max}}{2} - t_i \right) \cdot \left(\frac{t_\Phi - t_i}{t_e - t_i} \right)^{\frac{1}{n}} \quad [^\circ C]$$

$$t_{př} = t_m + \frac{\Delta t}{2} \quad [^\circ C]$$

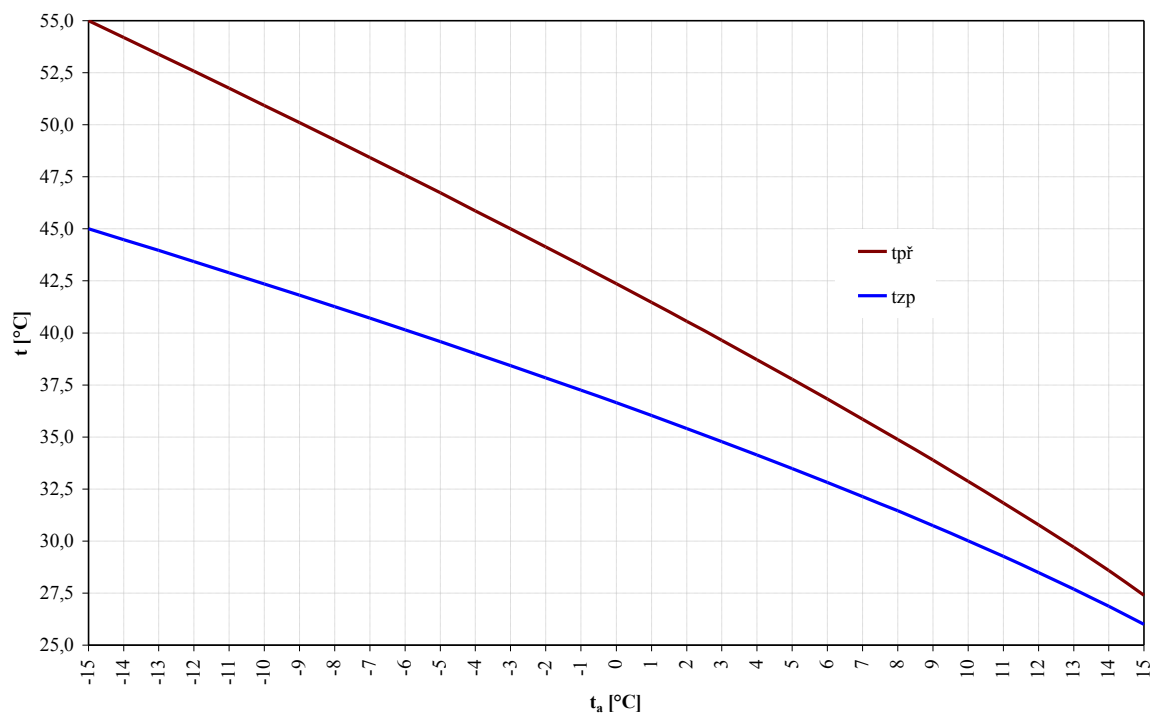
$$t_{zp} = t_m - \frac{\Delta t}{2} \quad [^\circ C]$$

Období	t_{Φ} °C	t_{sv} °C	$t_{př}$ °C	t_{zp} °C	N dny	d dny	D Kdny	Q_{TOP} kWh/měs.
Leden	-1,9	8,3	43,9	37,7	31	31	349	3592
Únor	-0,1	7,7	42,3	36,5	28	28	265	2949
Březen	3,3	8,1	38,9	34,2	31	31	189	2663
Duben	8,6	9,4	30,8	27,6	30	30	24	1651
Květen	14,4	11,4	14,5	13,3	31	21	-104	455
Září	13,3	15,0	20,6	18,9	30	30	-118	829
Říjen	9,3	13,6	30,3	27,4	31	31	2	1572
Listopad	4,2	11,7	37,9	33,4	30	30	157	2421
Prosinec	-1,1	9,7	43,2	37,2	31	31	325	3449
Rok	5,1	10,5	34,2	31,0	273	263	1120	19581

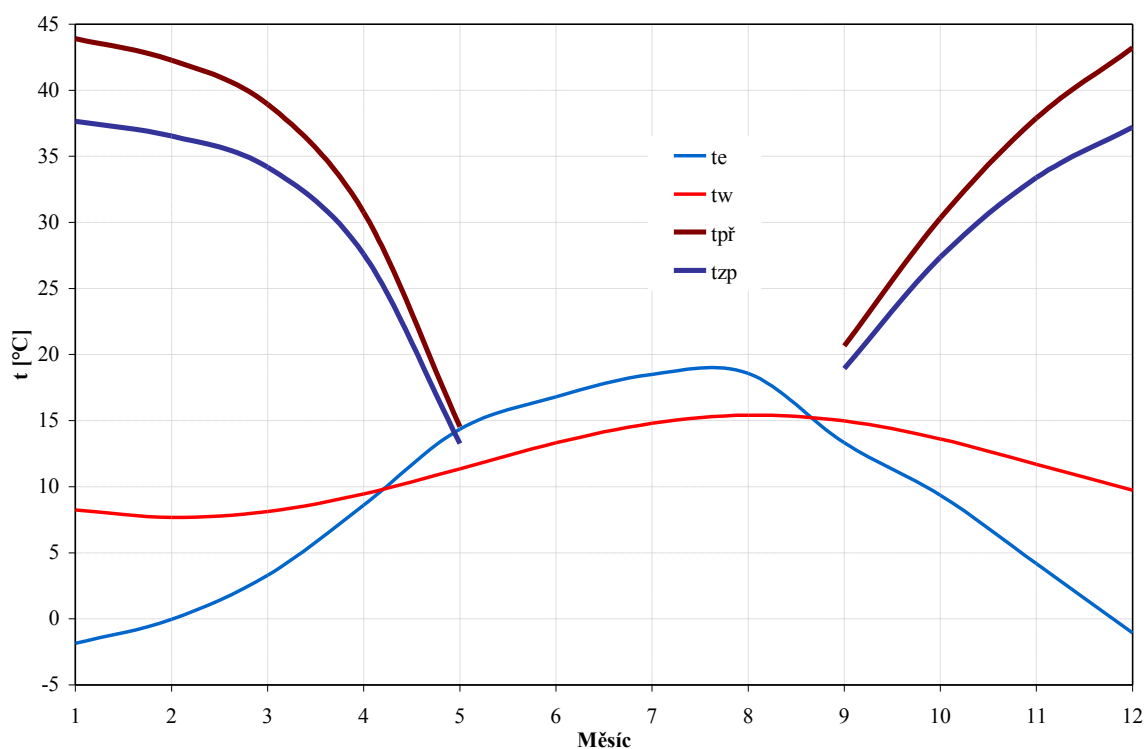
Tabulka 11: Přehled vypočtených hodnot pro jednotlivé měsíce

V následujících grafech jsem znázornila změnu teplot vody na vstupu a výstupu z topného okruhu v závislosti na venkovní teplotě a průběh teploty okolí, teploty vody v obecním rozvodu spolu se ekvitemní změnou teploty v topném okruhu.

Celková potřeba tepla pro vytápění je 19,4 MWh za rok



Ilustrace 3.4: Závislost teploty v topném okruhu na venkovní teplotě



Ilustrace 3.5: Graf průběhu venkovní teploty, teploty vody v obecním rozvodu a topném okruhu během roku

3.3.2 Výpočet potřeby tepla pro přípravu TUV

U stávajících budov je nutné vycházet ze skutečné spotřeby teplé vody v objektu. Tu je možné zjistit dlouhodobým měřením na patě objektu. V případě, že tyto data nejsou k dispozici je nutné vyjádřit potřebu teplé vody v objektu dle příslušných norem. Návrhové hodnoty uvedené v normě jsou určeny pro návrh zdroje teplé vody a jsou vyšší než hodnoty dosahované v reálu. Z tohoto důvodu bylo provedeno dotazování na využití TUV během dne a hodnoty zaznamenány do následující tabulky.

- Výpočet množství spotřebované vody o teplotě t_{TUV} .

$$V_{TUV} = V_{TUV, MIX} \cdot \frac{t_{TUV, MIX} - t_w}{t_{TUV} - t_w} \quad [l]$$

Činnost	$t_{TUV,MIX}$ °C	t_w °C	$V_{TUV,MIX}$ l/činnost	Počet činností za den	$\Sigma V_{TUV,MIX}$ l/den	V_{TUV} $t_{TUV}=55^\circ\text{C}$ l/den
Raní mytí	37	9,4	5	2	10	6,1
Mytí rukou	37	9,4	4	2	8	4,8
Mytí nádobí	45	9,4	10	1	10	7,8
Denní úklid	40	9,4	5	1	5	3,4
Mytí nádobí	45	9,4	15	1	15	11,7
Mytí rukou	37	9,4	4	2	8	4,8
Večerní úklid	40	9,4	10	1	10	6,7
Sprcha/Koupel	42	9,4	120	2	240	171,6
Večerní mytí	37	9,4	5	1	5	3,0
Suma:					311	219,9

Tabulka 12: Využití TUV dle činností

Dle norem je výpočtová minimální hodnota 200 l/osoba/objekt. Potřeba 220l/den se může jevit jako nadměrná s porovnáním praktických hodnot spotřeby TUV u bytových jednotek (střední standart je 20-40 l/os/den). Vzhledem k tomu, že objekt obývají manželé v důchodovém věku, objekt je využívám v průběhu celého dne, jsou zde zvýšené práce na zahradě a v objektu, je tato hodnota plně odpovídající.

- Koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody z uvažujeme v rozmezí 50-100%, podle provedení rozvodů a doby cirkulace. Koeficient v nových stavbách je $z = \max. 0,5$. Protože rozvod teplé vody byl v objektu rekonstruován a zateplen volím $z=0,3$.
- Výpočet denní potřeby tepla pro TUV

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_{TUV} - t_w)}{3600} =$$

$$= (1 + 0,3) \cdot \frac{998 \cdot 4186 \cdot 219,9 \cdot (55 - 9,4)}{3600 \cdot 1000 \cdot 1000} = 15,1 \text{ kWh}$$

Dle průběhu spotřeby vody byly do přílohy č.1 doplněny údaje potřebě tepla pro ohřátí TUV v závislosti na denní době.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Počet dní	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
t_w °C	8,25	7,68	8,11	9,44	11,35	13,31	14,80	15,41	14,97	13,60	11,69	9,73
V_{TUV} l/měsíc	6817	6157	6817	6597	6817	6597	6817	6817	6597	6817	6597	6817
Q_{TUV} kWh/m	481	440	482	453	449	415	413	407	398	426	431	466

Tabulka 13: Potřeba tepla pro TUV v jednotlivých měsících.

Dle předchozích výpočtů jsme zjistili, že objekt má celkovou roční potřebu tepla 24,5 MWh, z toho je 19,2 MWh spotřebováno na vytápění a 5,3 MWh na přípravu TUV. Sumace potřeby tepla pro vytápění a TUV za jednotlivé měsíce jsou pak uvedeny v následující tabulce.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q_{vyt} kWh/m	3520	2890	2610	1618	446	0	0	0	812	1541	2373	3380
Q_{TUV} kWh/m	481	440	482	453	449	415	413	407	398	426	431	466
$Q_{T,V}$ kWh/m	4001	3330	3092	2071	895	415	413	407	1210	1967	2804	3846

Tabulka 14: Potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV dle jednotlivých měsíců

3.4 Stanovení výkonu TČ a SK

Vzhledem k tomu, že podíl výkon solárních kolektorů na krytí celkové potřeby tepla je menší a nestálý, musíme jako první navrhnout vhodnou plochu kolektorů a dle zbývající potřeby tepla dimenzovat tepelné čerpadlo. Výkon kolektorů se v tomto případě dimenzuje pro potřeby přípravy teplé vody v měsících duben a září. Z výsledných hodnot plochy kolektoru určených pro oba měsíce se stanoví průměr. Při volbě větší plochy kolektoru než je výpočet je nutné zajistit smysluplné využití letních přebytků. Návrh zajišťuje pokrytí potřeby teplé vody ze 60-70%.

Výpočet hodnot potřebných k stanovení plochy kolektoru:

- Úhel naklonění kolektoru od vodorovné plochy je 60°. Tento sklon je nejvhodnější pro zvýšení zisku energie z kolektorů během zimních měsíců.
- Celková energie dopadající na nakloněnou plochu kolektoru za den H_{den} je stanovena jako součet globální a difúzní energie dopadající na plochu kolektoru.
- Střední teplota v kolektoru je průměr mezi teplotou na vstupu do kolektoru – teploty vody v obecním rozvodu a teplotou TUV.
- Účinnost kolektoru n_k je závislá na okolní teplotě a stanoví se z následujícího vztahu, kde n_0 ; k_1 a k_2 jsou koeficienty závislé na konstrukci a typu kolektoru.

$$n_k = n_0 - k_1 \cdot \left(\frac{t_e - t_m}{H_{den}} \right) - k_2 \cdot \left(\frac{(t_e - t_m)^2}{H_{den}} \right)$$

- Potřebná plocha kolektoru se stanoví jako průměrná plocha kolektoru potřebná k zajištění přípravy TUV v jednotlivých dnech.

$$A_k = \frac{Q_{TUV}}{n_k \cdot H_{den}} \quad [m^2]$$

Měsíc Den	H_{Gk} Wh/m ²	H_{Dk} W/m ²	t_e °C	t_w °C	t_t °C	t_m °C	n_k -	H_{den} kWh/m ²	Q_{TUV} kWh/den	A_k m ²
4 1	354	354	5,0	8,7	55,0	31,9	78,53	0,708	15,370	27,6
4 2	2231	2069	5,9	8,7	55,0	31,9	78,76	4,300	15,370	4,5
4 3	372	372	-0,3	8,8	55,0	31,9	78,49	0,744	15,337	26,3
4 4	3637	2757	8,0	8,8	55,0	31,9	78,78	6,394	15,337	3,0
4 5	3081	2103	13,0	8,9	55,0	32,0	78,78	5,184	15,304	3,7
4 6	3937	2884	12,1	8,9	55,0	32,0	78,78	6,821	15,304	2,8
4 7	7034	1837	14,1	9,0	55,0	32,0	78,79	8,871	15,271	2,2
4 8	5140	2807	13,6	9,0	55,0	32,0	78,79	7,947	15,271	2,4
4 9	6031	2586	12,6	9,1	55,0	32,1	78,79	8,617	15,237	2,2
4 10	6847	2162	15,2	9,1	55,0	32,1	78,79	9,009	15,237	2,1
4 11	2452	2015	16,3	9,2	55,0	32,1	78,78	4,467	15,204	4,3
4 12	2456	2288	11,6	9,2	55,0	32,1	78,77	4,744	15,204	4,1
4 13	7307	1820	10,7	9,3	55,0	32,2	78,79	9,127	15,171	2,1
4 14	5861	2746	11,2	9,3	55,0	32,2	78,79	8,607	15,171	2,2
4 15	4171	3021	8,9	9,4	55,0	32,2	78,78	7,192	15,138	2,7
4 16	3583	2874	8,4	9,4	55,0	32,2	78,78	6,457	15,138	3,0
4 17	3930	2794	9,7	9,5	55,0	32,3	78,78	6,724	15,105	2,9
4 18	2988	2709	6,3	9,6	55,0	32,3	78,77	5,697	15,071	3,4
4 19	1441	1428	3,2	9,6	55,0	32,3	78,73	2,869	15,071	6,7
4 20	5989	2731	5,5	9,7	55,0	32,4	78,78	8,720	15,038	2,2
4 21	6450	2579	4,2	9,7	55,0	32,4	78,78	9,029	15,038	2,1
4 22	1830	1782	7,1	9,8	55,0	32,4	78,75	3,612	15,005	5,3
4 23	4174	2964	9,2	9,9	55,0	32,5	78,78	7,138	14,972	2,7
4 24	6450	2667	6,8	9,9	55,0	32,5	78,79	9,117	14,972	2,1
4 25	6004	2912	9,3	10,0	55,0	32,5	78,79	8,916	14,939	2,1
4 26	1829	1797	8,8	10,0	55,0	32,5	78,75	3,626	14,939	5,2
4 27	2313	2209	10,2	10,1	55,0	32,6	78,77	4,522	14,905	4,2
4 28	2326	2232	7,6	10,2	55,0	32,6	78,76	4,558	14,872	4,1
4 29	2447	2309	2,4	10,2	55,0	32,6	78,76	4,756	14,872	4,0
4 30	7579	1823	1,4	10,3	55,0	32,7	78,78	9,402	14,839	2,0
Průměrné hodnoty	4008,1	2254,4	8,6	9,4	55,0	32,2	78,8	6,3	15,1	4,8

Tabulka 15: Výpočet potřebné plochy kolektoru - duben

Měsíc Den	G_{Gk} W/m ²	G_{Dk} W/m ²	t_e °C	t_w °C	t_t °C	t_m °C	η_k -	H_T kWh/m ²	Q_{TUV} kWh/den	A_k m ²
9 1	3251	2675	17,0	15,4	55,0	35,2	78,78	5,926	13,146	2,8
9 2	7067	1868	17,6	15,3	55,0	35,2	78,79	8,935	13,179	1,9
9 3	985	985	18,1	15,3	55,0	35,2	78,74	1,970	13,179	8,5
9 4	1340	1330	19,8	15,3	55,0	35,2	78,76	2,670	13,179	6,3
9 5	2375	2211	19,0	15,3	55,0	35,2	78,78	4,586	13,179	3,6
9 6	3015	1756	16,3	15,3	55,0	35,2	78,78	4,771	13,179	3,5
9 7	6874	1918	11,9	15,2	55,0	35,1	78,79	8,792	13,212	1,9
9 8	3633	1982	13,0	15,2	55,0	35,1	78,78	5,615	13,212	3,0
9 9	2603	2335	11,0	15,2	55,0	35,1	78,77	4,938	13,212	3,4
9 10	2750	1533	10,6	15,2	55,0	35,1	78,77	4,283	13,212	3,9
9 11	2165	2021	7,9	15,1	55,0	35,1	78,75	4,186	13,246	4,0
9 12	4299	1867	9,3	15,1	55,0	35,1	78,78	6,166	13,246	2,7
9 13	4704	2332	9,8	15,1	55,0	35,1	78,78	7,036	13,246	2,4
9 14	2353	2161	15,4	15,1	55,0	35,1	78,77	4,514	13,246	3,7
9 15	2872	2314	14,0	15,0	55,0	35,0	78,77	5,186	13,279	3,3
9 16	4235	2423	13,5	15,0	55,0	35,0	78,78	6,658	13,279	2,5
9 17	5648	2129	8,7	15,0	55,0	35,0	78,78	7,777	13,279	2,2
9 18	4609	2502	12,9	14,9	55,0	35,0	78,78	7,111	13,312	2,4
9 19	3262	2355	11,5	14,9	55,0	35,0	78,77	5,617	13,312	3,0
9 20	2428	2078	11,2	14,9	55,0	35,0	78,76	4,506	13,312	3,8
9 21	4146	1513	13,1	14,8	55,0	34,9	78,78	5,659	13,345	3,0
9 22	7099	1119	12,1	14,8	55,0	34,9	78,79	8,218	13,345	2,1
9 23	582	582	14,3	14,7	55,0	34,9	78,67	1,164	13,378	14,6
9 24	2154	1621	15,8	14,7	55,0	34,9	78,77	3,775	13,378	4,5
9 25	4377	2281	15,0	14,7	55,0	34,9	78,78	6,658	13,378	2,6
9 26	618	618	12,5	14,6	55,0	34,8	78,67	1,236	13,412	13,8
9 27	2271	1347	12,3	14,6	55,0	34,8	78,76	3,618	13,412	4,7
9 28	5144	2126	10,3	14,5	55,0	34,8	78,78	7,270	13,445	2,3
9 29	2786	2135	13,4	14,5	55,0	34,8	78,77	4,921	13,445	3,5
9 30	724	724	12,5	14,5	55,0	34,8	78,69	1,448	13,445	11,8
Průměrné hodnoty	3345,6	1828,0	13,3	15,0	55,0	35,0	78,8	5,2	13,3	4,4

Tabulka 16: Výpočet potřebné plochy kolektoru - září

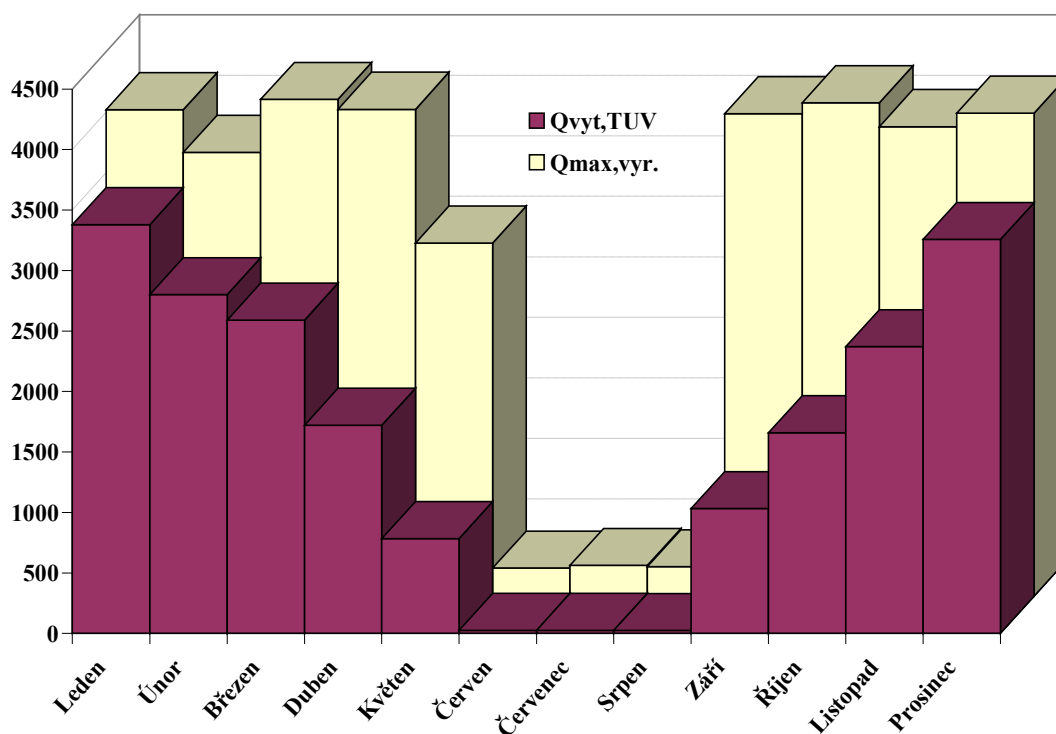
Volená plocha pro solární kolektory by se měla pohybovat v rozmezí 4,4-4,8m². Z nabídky firmy Regulus jsem zvolila pro pokrytí spotřeby dva panely solárního kolektoru KPS11ALP o celkové ploše apertury 4,52m².

V příloze č.1 jsou vypočteny zisky solárního kolektoru a vyjádřen potřebný výkon tepelného čerpadla na pokrytí potřebného množství tepla. Dle toho je zvolen adekvátní

výkon tepelného čerpadla. V následující tabulce jsou uvedeny měsíční potřeby tepla a vyprodukované teplo solárními kolektory a tepelným čerpadlem. V posledním sloupci je uvedeno procentuální využití instalovaného tepelného výkonu.

Měsíc	Q_{vyt} kWh/měsíc	Q_{TUV} kWh/měsíc	$Q_{celk.}$ kWh/měsíc	Q_{SK} kWh/měsíc	$Q_{TČ}$ kWh/měsíc	$Q_{SK+TČ}$ kWh/měsíc	Využití
Leden	3 350	359,3	3 709	79	3 943	4 023	92,2%
Únor	2 774	324,5	3 098	109	3 562	3 671	84,4%
Březen	2 560	359,3	2 919	165	3 943	4 108	71,1%
Duben	1 692	347,7	2 040	209	3 816	4 025	50,7%
Květen	756	359,3	1 116	253	2 666	2 919	38,2%
Červen	0	347,7	348	234	114	348	100,0%
Červenec	0	359,3	359	256	103	359	100,0%
Srpen	0	359,3	359	244	115	359	100,0%
Září	1 007	347,7	1 355	173	3 816	3 989	34,0%
Říjen	1 634	359,3	1 993	136	3 943	4 080	48,9%
Listopad	2 344	347,7	2 692	67	3 816	3 883	69,3%
Prosinec	3 228	359,3	3 587	51	3 943	3 994	89,8%
Rok	19 345	4230,4	23 576	1 977	33 781	35 757	65,9%

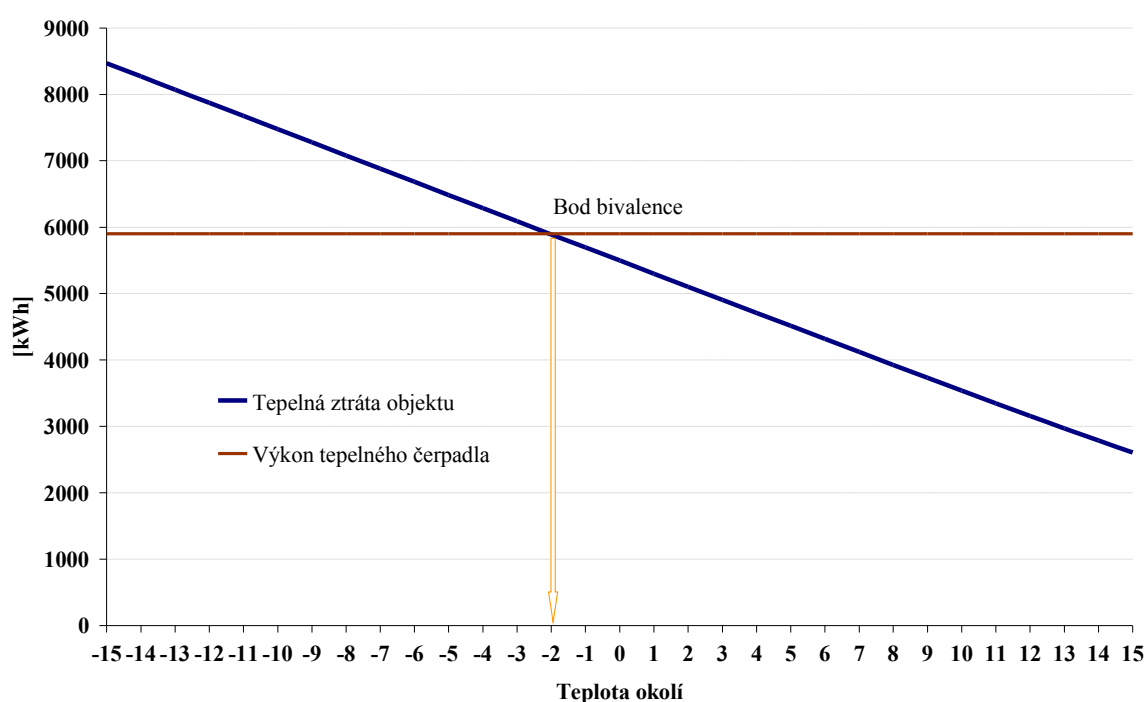
Tabulka 17: Potřeba a výroba tepla v jednotlivých měsících



Ilustrace 3.6: Graf potřeby a maximální produkce tepla v jednotlivých měsících

3.5 Stanovení teploty bivalence

U tepelných čerpadel se stanovení bodu bivalence provádí na základě porovnání tepelných ztrát objektu a výkonu tepelného čerpadla v závislosti na okolní teplotě. Při teplotě bivalence již tepelné čerpadlo nestačí pokrýt tepelné ztráty objektu a je nutné zapojit tzv. bivalentní zdroj energie. Vzhledem k tomu, že tepelné čerpadlo je vybaveno kaskadně spínaným elektrokotlem o výkonu 3-6-9 kW, dojde k jeho sepnutí a dodání potřebné energie.



Ilustrace 3.7: Stanovení bodu bivalence

Při zanesení tohoto bodu do grafu “Četnost výskytu teplot v roce“ vidíme, že elektrokotel bude využit cca v 50 dnech topné sezóny z celkových 263 dní.

Porovnáním ploch pod křivkou četnosti teplot v vidíme, že tepelné čerpadlo pokryje cca 85% potřeby tepla na vytápění. Zbýlých 15% potřeby tepla budou kryty ziskem ze solárních kolektorů a elektrokotlem zabudovaným v tepelném čerpadle.

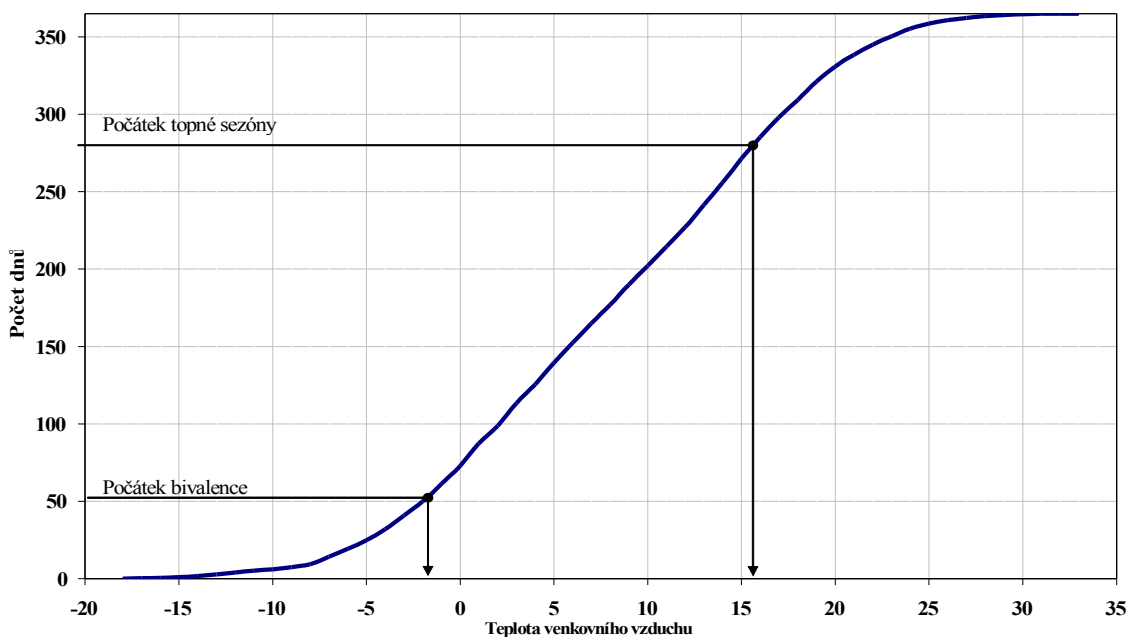
3.6 Topný faktor tepelného čerpadla v topném období

Topný faktor během roku kolísá v závislosti na vstupní a výstupní teplotě tepelného čerpadla. Průměrný roční topný faktor je poměr celoroční spotřeby energie a celoroční výroby tepla a používá se pro vyhodnocení provozu.

Topný faktor pro kompresorové TČ lze stanovit také z rozdílu mezi teplotou kondenzační a vypařovací. Přibližný vztah pro výpočet topného faktoru kompresorového

$$\text{TČ: } \epsilon = k \cdot \frac{T_k}{T_k - T_o} \quad [-]$$

V následující tabulce je uveden topný faktor v závislosti na teplotě okolí a teploty



Ilustrace 3.8: Četnost výskytu jednotlivých teplot v roce

přívodní vody v topném okruhu. Korekční faktor k je roven 0,41 dle podkladu výrobce tepelného čerpadla. U teplot pod -10°C není tepelné čerpadlo schopno pracovat a tepelná energie je získávána pomocí elektrokotle zabudovaným v tepelném čerpadle ($\epsilon = 0$).

t_e	°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
	hod.	17	36	48	111	125	134	171	210	220
t_{pr}	°C	50,46	49,54	48,61	47,67	46,72	45,77	44,81	43,84	42,86
ε	-	2,14	2,20	2,27	2,35	2,43	2,51	2,61	2,71	2,82

t_e	°C	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
	hod.	271	282	347	272	355	288	332	318	299
t_{pr}	°C	41,87	40,87	39,86	38,84	37,80	36,75	35,69	34,61	33,52
ε	-	2,94	3,07	3,22	3,39	3,57	3,78	4,03	4,30	4,63

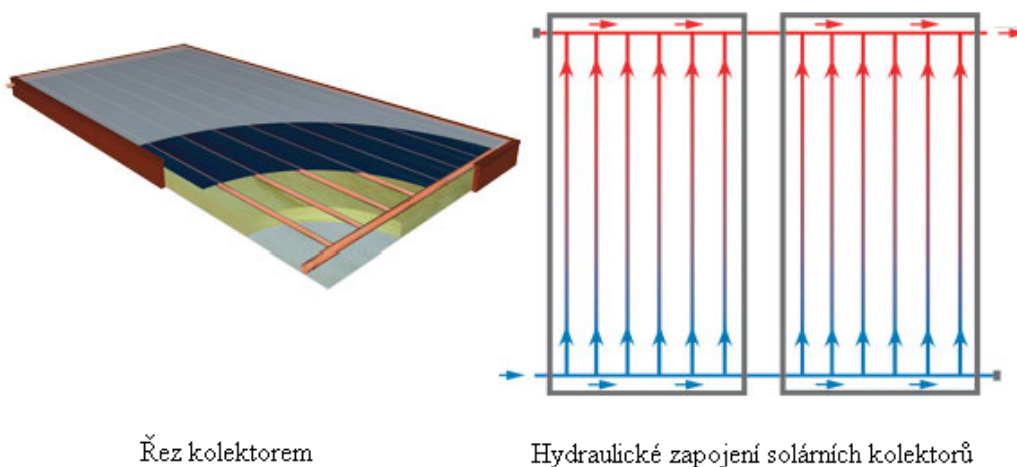
t_e	°C	8	9	10	11	12	13	14
	hod.	286	312	293	297	302	343	350
t_{pr}	°C	32,40	31,26	30,10	28,90	27,67	26,40	25,08
ε	-	5,01	5,47	6,04	6,75	7,68	8,94	10,77

Tabulka 18: Závislost topného faktoru v závislosti na okolní teplotě

Váženým průměrem topného faktoru při teplotě okolí dle provozních hodin při dané teplotě zjistíme, že tepelné čerpadlo pracuje s průměrným topným faktorem $\varepsilon = 4,73$.

4 Technický popis zařízení

4.1 KPS11-ALP



Řez kolektorem

Hydraulické zapojení solárních kolektorů

Ilustrace 4.1: Řez kolektorem a hydraulické zapojení

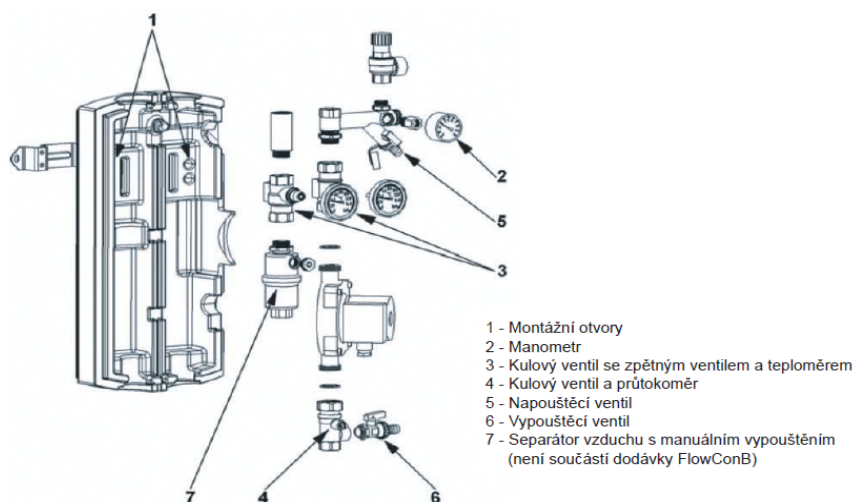
Ploché deskové sluneční kolektory REGULUS jsou určeny pro ohřev teplé vody domácnosti, přitápění a ohřev bazénu z energie slunečního záření. Sluneční záření prochází sklem a zachytává se účinnou absorpční vrstvou nanesenou na celoměděném absorbéru. Z něj se teplo předává do teplotnosné kapaliny. Absorbér je uzavřen v kompaktním rámu s kvalitní tepelnou izolací. Kolektory jsou určeny pro celoroční provoz, a proto pracují v odděleném primárním okruhu naplněném nemrznoucí teplotnosnou kapalinou. Kolektory nejsou určeny na přímý ohřev vody.

Model	KPS11 - ALP
Rozměry š x d x v	1247 x 2000 x 95 mm
Plocha kolektoru	2,49 m ²
Připojovací rozměry	4 x trubka Cu 22
Absorbér	měď / lyrový
Povrch absorbéru	Eta plus
Tloušťka izolace	5 cm
Pracovní tlak	6 bar
Obsah kapaliny	2,2 l
Hmotnost	45 kg
Sklo	4 mm solární prizmatické

Tabulka 19: Technické data kolektoru

- Průměr připojovacího potrubí CU 18x1 spojované tvrdým pájením. Při propojení dvou kolektorů není nutné použít na propojení kompenzátor. Maximální průtok při zapojení kolektorů z jedné strany je 1l/min/kolektor.
- Doporučená velikost expanzní nádoby 18, maximální délka výstupního a vstupního potrubí 30m.
- Teplotní čidlo se umísťuje do jímky T-kusu nebo kříže na výstup posledního kolektoru. Používá se splétaný vodič 2x1mm², nestíněný a oddělený od silových vodičů. Maximální délka je 100m
- Přetlak v solární soustavě je $p = 1,3 + (0,1 \cdot h) = 1,3 + 0,1 \cdot 5,5 = 1,85$ barr přednastavený tlak pro expanzní nádobu je 0,5 barů nižší tzn. 1,35 barr.

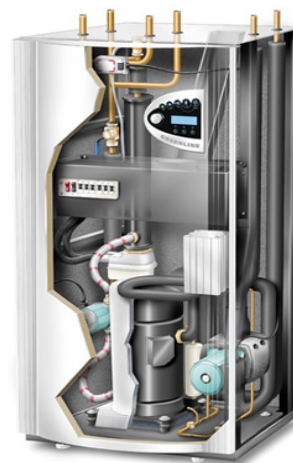
- Odvzdušnění se provádí v nejvyšším bodě. Potrubí se vybavuje místním rozšířením potrubí pro uklidnění proudění a separaci bublinek v kapalině.
- U solární soustavy je doporučováno použití čerpadlové skupiny FlownConB. Skupina obsahuje oběhové čerpadlo, teploměr pro vratnou i topnou větev, vratnou větev s kulovým ventilem a zpětným ventilem, integrovaný průtokoměr, pojistný ventil, tlakoměr a připojení expanzní nádoby, napouštěcí a vypouštěcí ventil a tepelnou izolaci.
- Solární systém pracuje bez obsluhy a téměř bez potřeby údržby. Přesto je důležité v prvních dnech po uvedení do provozu zkontrolovat správnou funkci systému. Kontroluje se zejména teplota, tlak v systému a chod čerpadla. Jednou ročně, nejlépe za slunečného dne, je nutné zkontrolovat funkčnost a upevnění kolektoru, těsnost a tlak v systému (včetně tlaku v expanzní nádobě), chod čerpadla. Minimálně jednou za dva roky se musí provést kontrola mrazuvzdornosti solární kapaliny. Doplnění systému se musí provést stejnou teplotonosnou kapalinou, jakou byl systém naplněn.
- Montáž solárních kolektorů se provede za pomoci háků a trojúhelníkové podpěry se zavětrovacím křížem. Jedná se o originální příslušenství k solárním kolektorům dodávaného firmou Regulus.



Ilustrace 4.2: Čerpadlová skupina FlownConB

4.2 IVT GREENLINE E6

Tepelné čerpadlo určené pro odběr tepla z vrtu, plošného kolektoru nebo spodní vody. Je určeno pro rodinné domy a menší objekty. Tepelná čerpadla IVT Greenline, jsou vybavena scroll kompresory Mitsubishi, používají standardní oběhová čerpadla WILO a ekvitermní regulaci Rego 637. Maximální výstupní teplota je až 65°C. Model E je dodáván bez vnitřního zásobníku teplé vody. Tepelné čerpadlo je vybaveno elektrickým kotlem s kaskádním spínáním o výkonu 3-6-9 kW a trojcestným ventilem pro ohřev TUV.



Ilustrace 4.3: IVT Greenline E6

Vybavení tepelného čerpadla:

- Oběhová čerpadla primárního a sekundárního oběhu instalované uvnitř
- Expanzní nádoba a pojistný ventil primárního okruhu, 2x filterball – v příslušenství
- Ekvitermní regulátor REGI 637 s řízením dotopového kotle, řízením ohřevu TUV v bojleru, diagnostiku poruch a dalšími funkcemi – instalováno uvnitř.
- Venkovní čidlo pro ekvitermní regulátor
- Elektrický kotel a výkonu 3 – 6 – 9 kW instalovaný v TČ
- Integrovaný trojcestný ventil v TČ pro ohřev TUV
- Pružné hadice pro tlumení chvění TČ.

TEPELNÉ ČERPADLO		E6
Výkon při 0 °C / 35 °C	kW	5,9
Příkon kW	kW	1,3
Topný faktor při 0 °C / 35 °C	kW	4,5
Výkon při 0 °C / 50 °C	kW	5,4
Příkon	kW	1,7
Topný faktor při 0 °C / 50 °C		3,2
Vestavěný elektrický kotel		3-6-9
Nominální průtok na studeném okruhu	l/s	0,3
Vestavěné čerpadlo – externí tlak	kPa	49,0
Nominální průtok na teplém okruhu	l/s	0,2
Vestavěné čerpadlo – externí tlak	kPa	36,0
Pojistka při dotopu 6 kW	A	16,0
Pojistka při dotopu 9 kW	A	20,0
Startovací proud (se sořstartérem)	A	27 (27)
Hladina akustického výkonu Lw	dB(A)	44,8
Hmotnost	kg	146,0
Připojení na studeném okruhu	Cu	28,0
Připojení na teplém okruhu	Cu	22,0
Množství chladiva	kg	1,4
Chladicí medium		R 407 C
Rozměry	mm	600x600x1520
Elektrické zapojení		400 V, N3 fáze
Výměníky		Nerezové deskové
Kompresor		Mitsubishi Scroll
Max. vstupní teplota primárního okruhu		20 °C
Max. výstupní teplota topné vody		65°C
Vestavěná regulace		Ekvitermní REGO 63

Tabulka 20: Technické data IVT GREENLINE E6

4.3 VPAS 300/450

Zásobníky VPAS jsou speciálně vyvinuté pro kombinaci tepelných čerpadel a solárních systémů. Zásobník VPAS obsahuje vnitřní nádrž teplé užitkové vody umístěný v nádrži ve které je akumulována topná voda která teplou užitkovou vodu ohřívá. Ve spodní části zásobníku je umístěn trubkový výměník pro napojení solárního systému. Antikorozní ochrana zásobníku je v měděném vypláštění nebo v provedení smaltovaném. Tepelná polyuretanová izolace s plastovým povrchem je odnímatelná ze zásobníku pro zajištění snadné manipulace užšími prostory. V zásobníku jsou umístěny dvě jímky pro teplotní čidla pro regulaci celého systému.



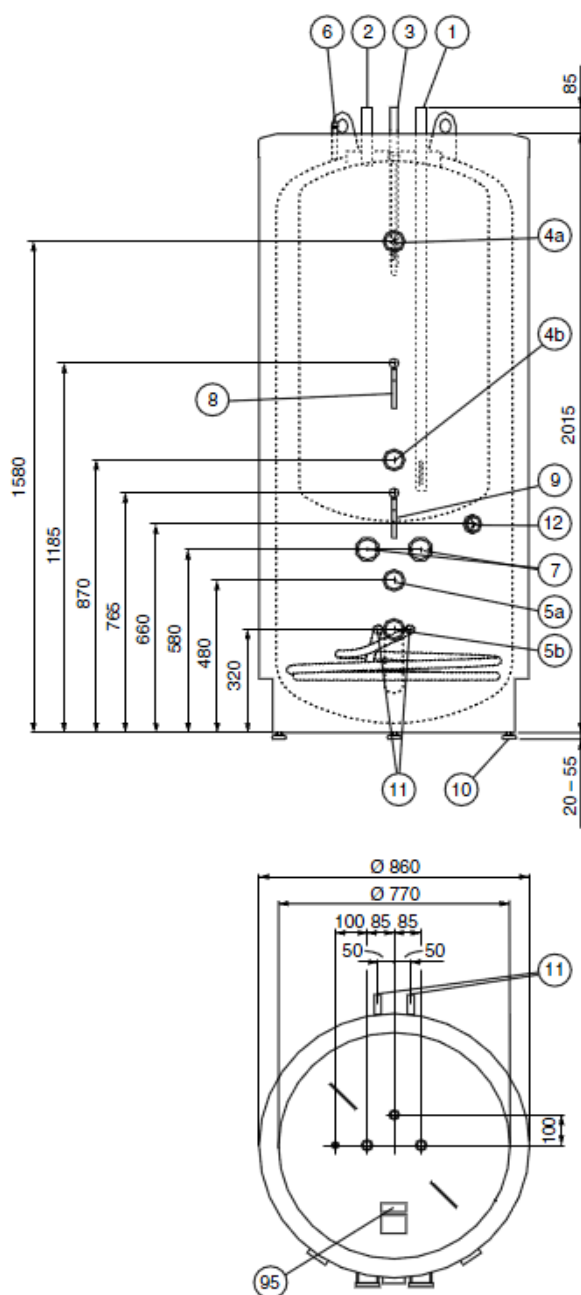
Ilustrace 4.4: VPAS300/450 CU

Typ	VPAS 350/400 CU	
Antikorozní ochrana		Měď
Objem vnitřní nádrže na TUV	l	300,0
Objem vnější nádrže , topná voda	l	450,0
Hmotnost	kg	315,0
Přenos tepla při 50°C	kWh	17,4
Využitelné množství TUV při 40°C	l	370,0
Objem solárního výměníku	l	2,1
Plocha solárního výměníku	m ²	2,3
Maximální délka elektrického topného tělesa	mm	750,0

Tabulka 21: Technická data VPAS 350/400

Popis komponentů a vývodů:

Pozice	Popis	Dia.
1	Studená voda přívod	28 mm
2	Teplá voda výstup	28 mm
3	Cirkulace teplé vody	15 mm
4a	Topná voda, výstup tepelného čerpadla, vnitřní režim ohřevu TUV	G2 [“]
4b	Topná voda, vratná do tepelného čerpadla, vnitřní režim ohřevu TUV	G2 [“]
5a	Topná voda, výstup tepelného čerpadla, vnitřní režim ohřevu vytápění	G2 [“]
5b	Topná voda, vratná do tepelného čerpadla, vnitřní režim ohřevu vytápění	G2 [“]
6	Odvzdušňovací šroub	
7	Vstupy pro elektrické topné těleso	G2 [“]
8	Jímka pro teplotní čidlo, režim TUV	11 mm
9	Jímka pro teplotní čidlo, režim vytápění	11 mm
10	Nastavitelné nožky	
11	Připojení solárního systému	22 mm
12	připojení směšovacího ventilu	
95	Výrobní štítek	

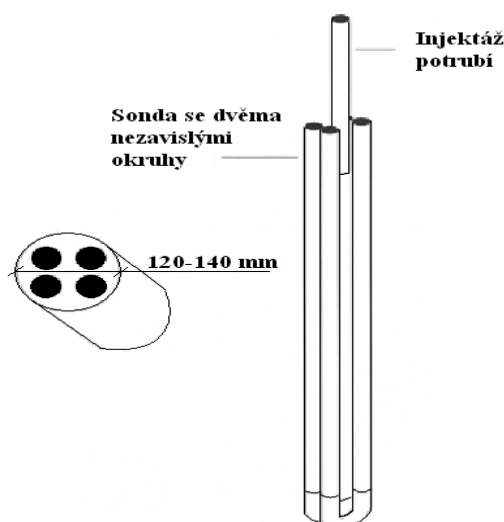


Ilustrace 4.5: Rozměry a dimenze VPAS 300/450

4.4 Hlubinný vrt a sondáž

Pro stanovení potřebné hloubky a počtu vrtů je vhodné na daném místě provést sondáž hornin a průběhu teplot horniny v daném místě vrtu. Pro přesné dimenzování je vhodné využít výpočetní programy pro tyto návrhy např. EED 2.0. Pro předběžné stanovení je také možné použít podklady jednotlivých firem zabývajících se danou problematikou. Při následný návrh jsem použila data firmy G-TERM.

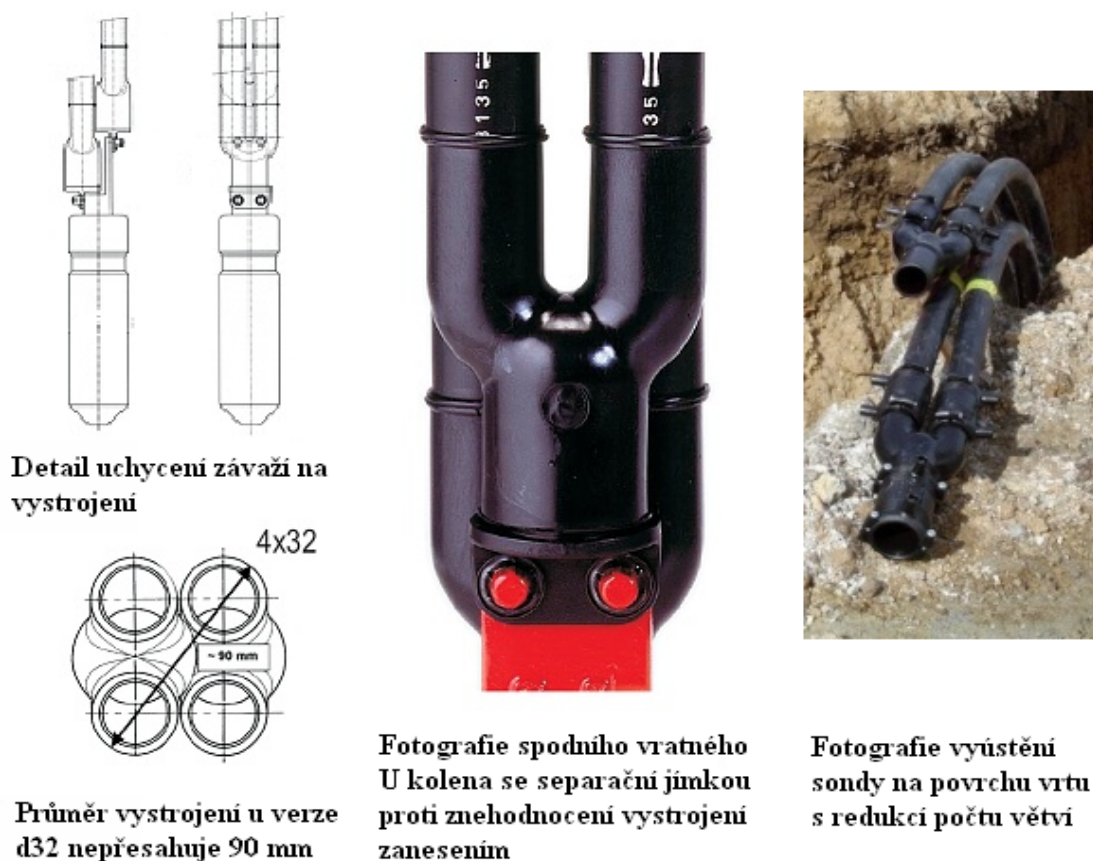
Minimální počet a hloubka vrtů pro danou lokalitu je 1 x 72m. Celková délka potrubí PE 32 x 4,4mm je 288 m. Průtok jednou smyčkou vrtu 600 l/hod.



Ilustrace 4.6: Konstrukce vrtu

Vrty pro umístění vertikálních sond se vrtají bezjádrově s min. průměry 120 – 140 mm. Nejčastěji se nasazují vrtné soupravy s nárazově otáčivými vrtnými kladivy poháněnými stlačeným vzduchem. Vrtání probíhá se vzduchovým výplachem. To znamená, že vrtná drť je vynášena stlačeným vzduchem z vrtu na povrch. K odstranění znečištění prachem bývá tato vrtná drť smáčena vodou. Bezjádrové vrtání uvedenými soupravami je velmi výkonné, za 24 hodin se dá odvrtat v příznivých geologických podmínkách až kolem 100 m.

Pro vystožení vrtu bude použit systém GEROtherm průměru 32mm ve standardní délce 80m. Jedná se o dvouokruhový systém, jenž je v porovnání se systémem jednookruhovým o 10% účinnější. Tyto sondy umožňují rychlou a bezpečnou instalaci do vrtu o průměru 110mm.



Ilustrace 5.1: Detail vratného kolena a vystožení sondy GEROtherm

5 Ekonomické a enviromentální vyhodnocení

5.1 Investiční náklady

V následující tabulce je uveden soupis jednotlivých nákladů na instalaci systému vytápění tepelným čerpadlem a solárními kolektory dle návrhu. Ceny jsou určeny dle internetových nabídek a jsou uvedeny včetně DPH.

Zařízení	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem
Ploché solární kolektor KPS11-ALP	2	13 189	26 378
Montážní sada pro uchycení na střechu	2	2 635	5 270
Propojovací sada	1	280	280
Regulátor solárního systému REGULUS R7139	1	1 591	1 591
Čerpadlová skupina pro solární okruh	1	6 700	6 700
Expanzní nádoba Dukla B18 pro SO	1	744	744
Solaren	20	80	1 600
Spojovací materiál	1	500	500
Tepelné čerpadlo IVT Greenline E6	1	177 000	177 000
- elektrický kotel s kaskádním spínáním			0
- trojcestný ventil pro ohřev TUV			0
- Ekvitermní regulátor REDO 1000 s připojením SK			0
- Oběhová čerpadla WILO pro I a II okruh			0
- Pružné hadice pro ulunení chvění TČ			0
- Tlumící kryt kompresoru			0
- Ochranná anoda pro zásobník			0
- Expanzní nádoba a pojistný ventil prim. okruhu			0
- Filtry pro primární i sekundární okruh			0
- Plnicí sestava			0
Vrtné práce a sondáž	1	107 500	107 500
Expanzní nádoba B18 II. okruhu TČ	1	744	744
Pojistný ventil II. okruhu TČ	1	120	120
Teplosměnná kapalina I. okruhu STABILfrost	185	24	4 440
Akumulační zásobník VPAS 300/450 měď	1	70 224	70 224
Expanzní nádoba Dukla B25 pro TO	1	849	849
Čerpadlová skupina pro TO	1	6 700	6 700
Čerpadlová skupina pro TUV	1	6 700	6 700
Potrubí	130	180	23 400
Izolace	130	105	13 650
Ekvitermní regular TO	1	4 236	4 236
Ostatní armatury	1	5 000	5 000
Radiátor KORADo Radik 21R - 1600	1	3 464	3 464
Radiátor KORADo Radik 21R - 600	9	1 941	17 469
Připojovací armatury pro radiátory	10	999	9 990
Konzole stěnová jednoduchá	10	69	690
Stavební práce a úpravy	1	20 000	20 000
Investiční náklady celkem			515 239

Tabulka 22: Rozpis investičních nákladů

5.2 Provozní náklady

V následující tabulce je uvedeno porovnání ročních nákladů na vytápění dle druhu paliva a zařízení. Vzhledem k tomu, že cena paliva se různí dle dodavatelů stejně jako účinnost je závislá na použitém zařízení, jsou pro výpočet provozních nákladů zvolené průměrné hodnoty. Náklady na vytápění byly vypočteny dle on-line výpočtové pomůcky na www.tzb-info.cz.

Druh paliva (Výhřevnost)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení Účinnost	Cena tepla Kč/kWh	Spotřeba paliva za rok	Náklady na vytápění Kč / rok
Hnědé uhlí 18 MJ/kg	0 Kč/měsíc 2,5 /kg	Klasický kotel 0,55	0,91	8576 kg	21439,-
Černé uhlí 23,1 MJ/kg	0 Kč/měsíc 4 /kg	Klasický kotel 0,55	1,13	6682 kg	26730,-
Dřevo 14,6 MJ/kg	0 Kč/měsíc 1,9 /kg	Krbová kamna s vložkou 0,5	0,94	11630 kg	22097,-
Zemní plyn 37,82 MJ/m ³	320,5 Kč/měsíc 1,053 /kWh	Běžný kotel 0,89	1,48	2802 m ³	34847,-
Elektrická akumulace D26d	393,6 Kč/měsíc 1,65 /kWh	S akumulární nádrží 0,93	1,98	25358 kWh	46698,-
Elektrický přímotop D45d	390 Kč/měsíc 2,19 /kWh	Přímotopné panely 0,98	2,44	24065 kWh	57480,-
Tepelné čerpadlo D56d	321,6 Kč/měsíc 2,199 /kWh	Roční topný faktor 3	0,9	7861 kWh	21145,-

Tabulka 23: Porovnání provozních nákladů na vytápění

Tepelné čerpadlo je nejlevnějším způsobem vytápění a přípravy TUV pomocí elektrického proudu a oproti nákladům při použití zemního plynu, přímotopného nebo akumulárního vytápění dochází k úspoře 50-70% provozních nákladu ročně. Při srovnání s využitím dřeva nebo uhlí se sice dostáváme na stejné náklady, ale za cenu snížení komfortu uživatelů při obsluze systému.

5.3 Výpočet návratnosti investice

Investiční náklady pro způsoby vytápění a přípravy TUV elektrickým kotlem s akumulací a přímotopy byli odhadnuti vzhledem k aktuálním cenám. Provozní náklady byly vypočteny v předchozí kapitole. Vzhledem k tomu, že v dané lokalitě není možnost vytápění plynem, nebyla tato varianta ani zahrnuta do porovnávání.

Způsob vytápění	Investiční náklady	Provozní náklady za rok	Doba návratnosti
Elektrický kotel s akumulací	220000	46700	11,6
Přímotopy s průtočným ohřevem TUV	45000	57500	13,0
Tepelné čerpadlo + solární kolektory	515500	21200	0

Tabulka 24: Výpočet návratnosti investice

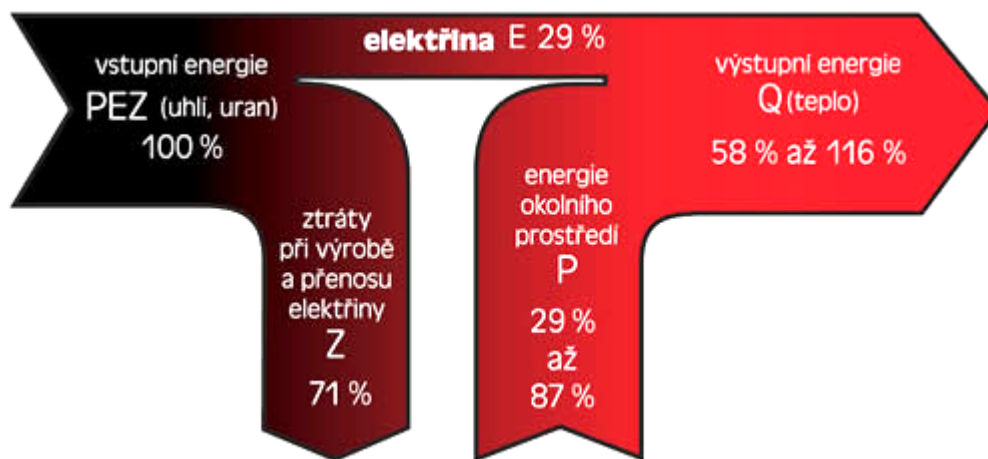
Vypočtená návratnost u systému TČ+SK se pohybuje v rozmezí 11-13 let. V obvyklých případech se u těchto systému pohybuje doba návratnosti v rozmezí 4-8let. Prodloužení doby návratnosti je způsobeno i nutnou úpravou otopných těles a rozvodů topného okruhu a TUV. V reálných podmínkách se doba návratnosti bude zkracovat úměrně vývoji ceny elektrické energie, která v posledních letech neustále vzrůstá. V případě využití státní dotace „zelená úsporám“ dojde ke zkrácení doby návratnosti až o 2,5-3,5 roku.

5.4 Environmentální zhodnocení

Produkce emisí znečišťujících látek a CO₂ při výrobě tepla se u většiny způsobů projevuje v místě výroby elektřiny a množství závisí na použitém palivu a výrobním zařízení. V případě užití tepelného čerpadla nebo elektřiny nedochází k místní produkci emisí. Tento efekt je vhodné využít v lokalitách se zvýšeným výskytem emisí především popílků.

Environmentální přínos však je třeba hodnotit z globálního hlediska nejen dle místa spotřeby energie. K využití nízkopotencionální energie z okolního prostředí tepelné čerpadlo

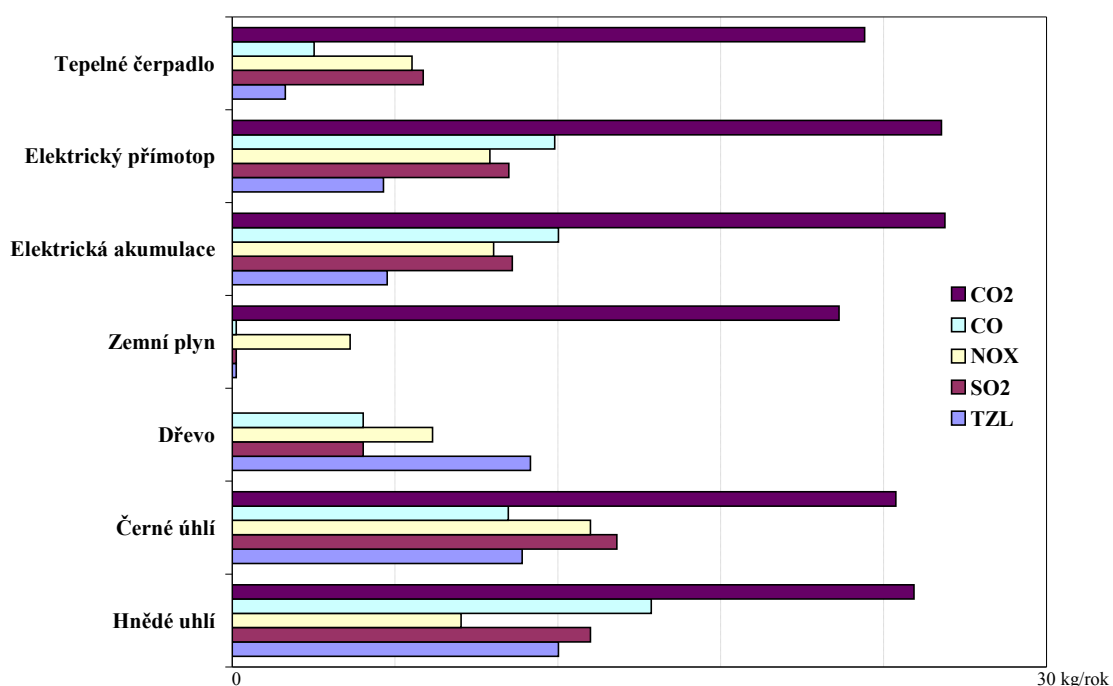
využívá kompresor poháněný elektřinou. Elektrická energie je v místě spotřeby snížena o ztráty při její výrobě a rozvodu a dosahuje výše cca 29% primární energie. I přes nepříznivou účinnost výroby elektrické energie nejsou emise při její výrobě oproti jiným palivům obecně špatné. Elektrárny jsou na rozdíl od malých zdrojů vybaveny odsiřovacími, odprašňovacími technologiemi a řízení spalovacího procesu omezuje tvorbu oxidu uhelnatého. Na výrobě elektrické energie se navíc podílí zdroje nevytvářející emise znečišťujících látek jako jsou jaderné elektrárny, vodní elektrárny a v menší míře větrné a fotovoltaické elektrárny.



Ilustrace 5.2: Sankeyův diagram získání energie prostřednictvím TČ s elektrickým pohonem

Vyhodnocení enviromentálního přínosu daného řešení bylo provedeno na základě emisních faktorů pro jednotlivé druhy paliva. V porovnání vidíme, že roční přínos v úspoře produkcí emisí je značný. Pouze v případě využití zemního plynu by byla produkce emisí nižší. Bohužel vzhledem k lokalitě objektu je toto řešení nemožné.

Pro lepší porovnání je produkce jednotlivých emisních látek zobrazena graficky v následujícím grafu. Hodnoty produkce emisních látek jsou zobrazeny v logaritmickeém měřítku.



Ilustrace 5.3: Graf produkce emisních látek

V následující tabulce je uvedeno množství vyprodukovaných emisních látek v tunách za rok a vyjádřeny v procentech vůči produkci emisních látek tepelným čerpadlem.

Druh paliva (Výhřevnost)	Spotřeba paliva	Emise (t/rok)				
		TZL	SO2	NOX	CO	CO2
Hnědé uhlí 18 MJ/kg	8576 kg	0,1008 4750%	0,1581 1064%	0,0255 200%	0,3746 11767%	15,3881 201%
Černé uhlí 23,1 MJ/kg	6682 kg	0,0605 2850%	0,2300 1548%	0,1582 1242%	0,0495 1556%	11,9134 156%
Dřevo 14,6 MJ/kg	11630 kg	0,0679 3200%	0,0064 43%	0,0170 133%	0,0064 200%	0,0000 0%
Zemní plyn 37,82 MJ/m3	2802 m3	0,0011 50%	0,0011 7%	0,0053 42%	0,0011 33%	5,3063 69%
Elektrická akumulace D26d	25358 kWh	0,0089 421%	0,0526 354%	0,0403 316%	0,1006 3161%	23,8192 312%
Elektrický přímotop D45d	24065 kWh	0,0085 400%	0,0499 336%	0,0382 300%	0,0955 3000%	22,6046 296%
Tepelné čerpadlo D56d	7861 kWh	0,0021 100%	0,0149 100%	0,0127 100%	0,0032 100%	7,6410 100%

Tabulka 25: Produkce emisních látek

6 Závěr

Cílem této diplomové práce byl návrh vhodného systému pro vytápění a přípravu TUV pro rodinný dům s využitím tepelného čerpadla a termických solárních kolektorů.

Před samotným návrhem systému bylo nutné provést výpočet tepelných ztrát objektu a stanovit potřebu tepla pro vytápění a přípravu TUV. Vzhledem k tomu, že objekt je již po částečné rekonstrukci, nebylo nutné provádět další opatření pro snížení tepelných ztrát objektu.

Vzhledem k stávajícím radiátorovému otopnému systému a celoroční stálosti topného faktoru bylo zvoleno tepelné čerpadlo země-voda. Výkon tepelného čerpadla byl dimenzovaný na pokrytí cca 85% potřeby tepla, zbylých 15% potřeby tepla bude kryto solárními kolektory a elektrokotlem integrovaným tepelným čerpadem. Pro akumulaci tepla bude sloužit akumulční zásobník s vnořeným zásobníkem TUV. V objektu se nachází křbový kotel s teplosměnnou vložkou, který bude sloužit jen jako záložní zdroj tepla při výpadku tepelného čerpadla.

Bivalentní bod tepelného čerpadla je při teplotě -2°C a topný faktor $\varepsilon_t = 3,2$. Topný faktor je značně ovlivněn tím, že objekt bude vytápěn radiátorovou otopnou soustavou o teplotním spádu $55/45^{\circ}\text{C}$.

Investiční náklady na instalaci tohoto systému jsou velmi vysoké – 450tis a návratnost investice se pohybuje v rozmezí 9-14 let, ale i přesto je instalace tohoto systému pro daný objekt vhodná. Vzhledem k investičním a nynějším provozním nákladů a enviromentálním přínosům by pro objekt bylo nejvhodnější zajistit potřebu tepla plynovým kotlem nebo tuhými palivy. Obě tyto možnost jsou ale pro daný objekt nevhodné. Příprava tepla plynovým kotlem není u daného objektu možná vzhledem k tomu, že v obci není plynová přípojka a ani v následných letech o její realizaci v Potštátě neuvažuje. Příprava tepla za pomoci tuhých paliv taky není pro daný objekt a hlavně vzhledem k osobám jej využívajícím vhodná, protože sebou přináší zvýšenou zátěž na obsluhu, přípravu a skladování paliva.

Při realizaci tohoto systému přípravy tepla pro vytápění a TUV je možné v dnešní době žádat o dotaci z programu „Zelená úsporám“ a to v programu C.1 - Výměna neekologického zdroje vytápění za tepelné čerpadlo země - voda, voda – voda až do výše 30% z investičních nákladů, maximálně pak 75 000 Kč a C.3.2 - Solární systémy pro přípravu teplé vody a přitápění až do výše 50% z investičních nákladů, maximálně pak 80 000 Kč.

7 Seznam použité literatury:

- [1] **BAŠTA J. a kol.: Výkresová dokumentace ve vytápění** – sešit projektanta č. 2, STP, Praha 2001. 54 s. ISBN 80-02-01465-0.
- [2] **BAŠTA J., BROŽ K., CIKHART J., ŠTORKAN M., VALENTA V. :** **Topenářská příručka** – svazek 1, Praha: GAS s.r.o., 2001. 1120s ISBN 80-86176-82-7
- [3] **CIHELKA J.: Sluneční vytápěcí systémy**, SNTL, Praha 1984. 128 s. ISBN 80-7169-401-0
- [4] **DVOŘÁK Z., KLAZAR L., PETRÁK J.: Tepelná čerpadla**, Vyd. 1. SNTL, Praha 1987. 339 s.
- [5] **HUMM, O. Nízkoenergetické domy**, Grada, Praha 1999. 353 s. ISBN 80–7169–657–9.
- [6] **KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. Obnovitelné zdroje energie**. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80–7078–445–8.
- [7] **MATUŠKA T.,: Sešit projektanta – Solární tepelné soustavy**, STP, 2009. ISBN: 978-80-02-02186-5 .
- [8] **SMOLÍK, J. Technika prostředí**, Praha : SNTL/ALFA, 1985. 317 s.
- [9] **TRNOBRANSKÝ K., A SPOL.: Využití a efektivnost tepelných čerpadel v klimatických podmínkách ČR**, ČEA, Praha 2001. 90 s.
- [10] **ŽERAVÍK A.,: Stavíme tepelné čerpadlo**, Vyd. 1. EURO-PRINT, Přerov 2009. ISBN: 80-239-0275-X.

[11] **ČSN 06 0210**: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, ČNI, Praha 1994

[12] **ČSN 73 0540-3**: Tepelná ochrana budov, část 3: Výpočtové hodnoty veličin pronavrhování a ověřování, ČNI, Praha 2006

[13] **ČVUT Praha - K11125**: Projekční podklady a pomůcky [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&typ=0>

[14] **IVT tepelná čerpadla** [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>

[15] **Ing. Tomáš MATUŠKA, Ph.D.** - podklady ke stažení a prezentace [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.fsid.cvut.cz/~matustom/stt.htm> a <http://www.fsid.cvut.cz/~matustom/aze.htm>

[16] **NIBE tepelná čerpadla**: Grafika [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.nibe.cz/grafika/>

[17] **Regulus – solární kolektory** [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.regulus.cz/ploche-slunecni-kolektory.html>

[18] **TZB-info: Vytápění** [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=1&i=5>

[19] **Zelená úsporám** [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.zelenausporam.cz>

8 Přílohy:

[1] Schéma systému vytápění a přípravy teplé vody

[2] Dispoziční uspořádání v rámci objektu