

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Petráka, CSc. a že jsem čerpal pouze z uvedené literatury.

V Praze dne 30.5.2018

.....

Filip Nesvadba

Anotační list

Jméno autora:	Bc. Filip Nesvadba
Název BP/DP:	Ekonomické hodnocení průmyslového tepelného čerpadla
Anglický název:	Economic Assessment of Industrial Heat Pump
Akademický rok:	2017/2018
Ústav/Odbor:	Ústav energetiky
Vedoucí BP/DP:	prof. Ing. Jiří Petrák, CSc.
Konzultant:	
Bibliografické údaje:	Počet stran: 108 Počet obrázků: 52 Počet tabulek: 43 Počet příloh: 15
Klíčová slova:	Tepelné čerpadlo, vytápění, tepelná ztráta, chladio
Keywords:	Heat pump, heating, heat loss, refrigerant
Anotace:	Práce se zabývá posouzením výhodnosti investice do průmyslového tepelného čerpadla a jeho použití pro vytápění objektů s různou tepelnou ztrátou. Porovnání je provedeno pro tři modely tepelných čerpadel a pro otopné soustavy 35/30, 45/40, 55/47 a 75/65 °C.
Abstract:	This work deals with evaluation of investment in an industrial heat pump and its use for heating a building with different heat loss. The comparison is made for three models of heat pumps and for 35/30, 45/40, 55/47 and 75/65 °C heating systems.

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu prof. Ing. Jiřímu Petrákovi, CSc. za poskytnutí důležitých rad a informací k vypracování této diplomové práce.

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Tepelná čerpadla	12
2.1	Historie a vývoj	12
2.2	Princip funkce tepelného čerpadla	13
2.2.1	Reálný oběh	15
2.3	Topný faktor	16
2.4	Pracovní látky	17
2.4.1	Značení chladiv.....	17
2.4.2	Rozdělení směsí chladiv podle fyzikálních vlastností.....	18
2.4.3	Koeficienty vlivu na životní prostředí.....	18
2.4.4	Rozdělení chladiv podle chemického složení.....	19
2.4.5	Mazací oleje	20
2.4.6	Vlastnosti některých chladiv používaných v TČ	20
3	Konstrukce tepelných čerpadel	21
3.1	Kompresory	22
3.1.1	Pístové kompresory	23
3.1.2	Kompresory typu SCROLL.....	24
3.1.3	Šroubové kompresory.....	25
3.1.4	Turbokompresory	26

3.2	Výměníky tepla	27
3.2.1	Konstrukce vybraných výměníků tepla	28
3.3	Expanzní ventily.....	30
3.3.1	Termostatické expanzní ventily	30
3.3.2	Elektronický expanzní ventil	32
4	Zdroje tepla pro TČ	33
4.1	Venkovní vzduch.....	33
4.2	Voda.....	36
4.2.1	Povrchová voda.....	36
4.2.2	Podzemní voda.....	37
4.2.3	Geotermální voda	37
4.3	Půda.....	37
4.4	Sluneční záření	38
5	Výběr a popis jednotek.....	39
5.1	Porovnání jednotlivých jednotek v zapojení jako TČ	42
5.1.1	Otopná soustava 35/30 °C	44
5.1.2	Otopná soustava 45/40 °C	47
5.1.3	Otopná soustava 55/47 °C	48
5.1.4	Otopná soustava 75/65 °C	49
5.2	Možnosti regulace	51
6	Ekonomické zhodnocení použití TČ k vytápění	54

6.1	Varianta 1).....	55
6.1.1	Otopná soustava 35/30 °C	57
6.1.2	Otopná soustava 45/40 °C	59
6.1.3	Otopná soustava 55/47 °C	61
6.1.4	Otopná soustava 75/65 °C	62
6.1.5	Shrnutí varianty 1).....	63
6.2	Varianta 2).....	64
6.2.1	Otopná soustava 35/30 °C	65
6.2.2	Otopná soustava 45/40 °C	67
6.2.3	Otopná soustava 55/47 °C	69
6.2.4	Otopná soustava 75/65 °C	71
6.2.5	Shrnutí varianty 2).....	72
6.3	Varianta 3).....	73
6.3.1	Otopná soustava 35/30 °C	73
6.3.2	Otopná soustava 45/40 °C	74
6.3.3	Otopná soustava 55/47 °C	76
6.3.4	Otopná soustava 75/65 °C	77
6.3.5	Shrnutí varianty 3).....	79
7	Použití TČ pro vytápění a ohřev TUV	80
8	Závěr	81
9	Seznam použité literatury.....	83

10	Seznam obrázků	85
11	Seznam tabulek	89
12	Seznam příloh.....	92
13	Přílohy	94

Seznam použitých symbolů

Symbol	Veličina	Jednotka
COP	Topný faktor	1
Q	Tepelný tok	W
<i>m</i>	Hmotnostní průtok	kg/s
t_i	Vnitřní výpočtová teplota	°C
t_{e,N}	Vnější výpočtová teplota	°C
t_e	Vnější teplota	°C
t_{PŘ}	Teplota přiváděné vody do otopné soustavy	°C
t_{OD}	Teplota odváděné vody z otopné soustavy	°C
n	Exponent otopného tělesa	1
c_p	Měrná tepelná kapacita	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹

Seznam použitých zkratek

CZT	Centrální zásobování teplem
EEV	Elektronický expanzní ventil
GWP	Global warming potential
ODP	Ozone depletion potential
TEV	Termostatický expanzní ventil
TUV	Teplá užitková voda
TČ	Tepelné čerpadlo

1 Úvod

Cílem této diplomové práce je ekonomické zhodnocení průmyslového tepelného čerpadla při vytápění objektu s různými teplotami otopné soustavy. Tato práce má objasnit, za jakých podmínek je investice do tepelného čerpadla výhodná a jeho nasazení vede ke snížení cen za dodávané teplo.

V úvodní části je pojednáno o historii vývoje tepelných čerpadel. Dále je vysvětlen princip činnosti a rozdíly mezi ideálním a reálným oběhem. Dále jsou popsány vlastnosti vybraných chladiv. V dalších kapitolách je čtenář blíže seznámen s konstrukcí tepelných čerpadel a s jejich komponenty. V závěru teoretické části jsou uvedeny druhy nízkopotenciálních zdrojů tepla, které lze pro tepelná čerpadla využít.

V praktické části jsou nejprve vybrány tři modely tepelných čerpadel dle zadání. Následně je provedeno jejich ekonomické zhodnocení při vytápění objektu s různou tepelnou ztrátou a s variantami teplot otopné soustavy 35/30, 45/40, 55/47 a 75/65 °C. Dále je zde uvedeno, jaký vliv má ohřev teplé užitkové vody na použití tepelného čerpadla.

2 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je v principu chladicí zařízení, s tím rozdílem, že chladicím zařízením odebíráme chlazené látce nebo z chlazeného prostoru teplo, zatímco z tepelného čerpadla využíváme teplo, které dodáváme ohřívání látce nebo do ohřívání prostoru. Technické rozdíly související s provozem chladicích zařízení a tepelných čerpadel mohou být značné, ale termodynamické principy zůstávají stejné. [1]

2.1 Historie a vývoj

Vývoj tepelných čerpadel je úzce spjatý s vývojem chladicích zařízení. Myšlenku fungování tepelného čerpadla formuloval prvně lord Kelvin (William Thomson) v roce 1852 v rámci 2. Termodynamického zákona. Tato myšlenka zněla tak, že „obráceně fungujícího tepelného motoru je možno použít nejen k chlazení, ale i k ohřívání“. Využití kondenzačního tepla jako zdroje tepla se objevilo až mezi lety 1927-28 kdy T. Haldane instaloval tepelná čerpadla k vytápění jeho domu ve Skotsku a kanceláře v Londýně. Důvodem, proč do té doby

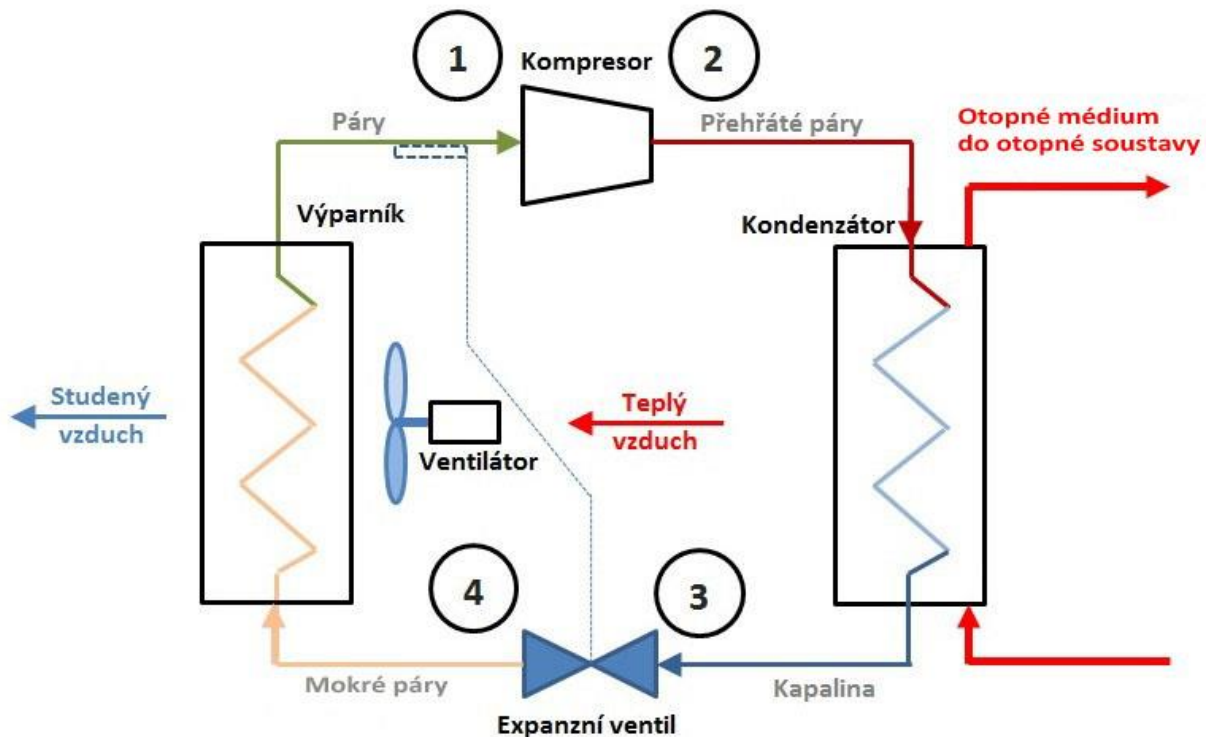
TČ nebyla využívána, nebyla technická náročnost, ale ekonomická nevýhodnost TČ a dostatek levných paliv.

Změna nastala s příchodem druhé světové války. Zásadní milník ve vývoji TČ přišel v roce 1938, kdy bylo tepelné čerpadlo použito k vytápění radnice v Curychu. Toto TČ mělo výkon 100 kW a mohlo být použito také ke klimatizování a s inovacemi je používáno dodnes. V období druhé světové války byla ve Švýcarsku instalována ještě řada dalších tepelných čerpadel, např. k vytápění plaveckého bazénu za současného ochlazování ledové plochy umělého kluziště. Důvodem tohoto rozmachu byl nedostatek veškerých paliv a nutnost jejich dovozu.

Další rozvoj, výzkum a vývoj tepelných čerpadel nastal až začátkem tzv. energetické krize v 70. letech, kdy podmínky pro jejich využití byly značně příznivější v důsledku zvýšení cen fosilních paliv, a také kvůli dohlednému vyčerpání jejich zásob. S příchodem nových technologií kolem devadesátých let se hojně začaly využívat deskové výměníky, což snížilo potřebný prostor pro výstavbu a zároveň zvýšilo účinnost. V této době také začalo využívání počítačového řízení chodu TČ, což opět vedlo ke zvýšení účinnosti. Během posledních let se výrobci vrací k použití přírodních chladiv, jako je oxid uhličitý nebo čpavek. Tato chladiva mají minimální dopad na životní prostředí, zároveň ale přinášejí bezpečnostní rizika a musí se dbát na důkladnou konstrukci tepelného čerpadla. [1][2][3]

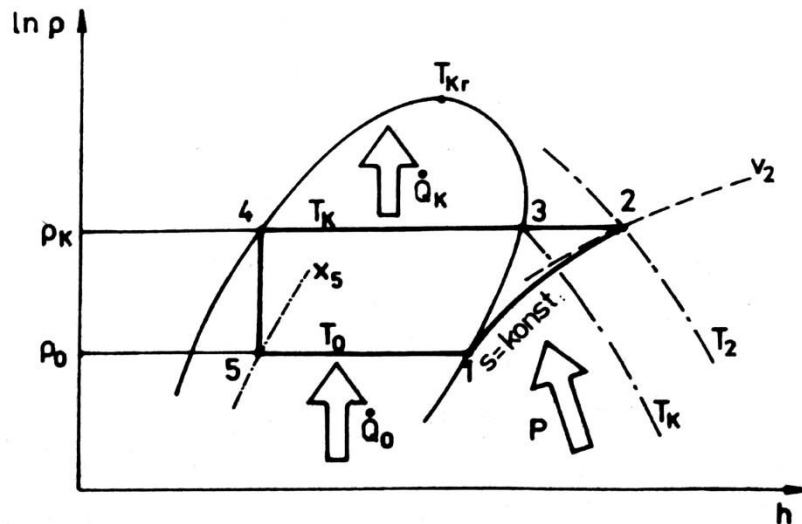
2.2 Princip funkce tepelného čerpadla

Základní oběh tepelného čerpadla je principiálně stejný jako parní chladicí oběh, s tím rozdílem, že zde využíváme kondenzačního tepla z kondenzátoru. Na následujícím obrázku (Obr. 1) je naznačeno uspořádání jednostupňového parního oběhu, obsahujícího pouze nezbytně nutné komponenty k zajištění funkce.



Obr. 1 Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch-voda [4]

Idealizací oběhu (zanedbání všech tepelných a tlakových ztrát) dostaneme oběh Rankinův. Parní cyklus probíhá tak, že nejprve se páry chladiva nasají do kompresoru (1). Kompresor páry izoentropicky stlačí na kondenzační tlak p_k a stlačením se páry ohřejí na teplotu T_c (1-2). Stlačené páry poté putují do kondenzátoru, kde se ochladí a izobaricky kondenzují při kondenzační teplotě T_c a tlaku p_c a předávají tak kondenzační teplo otopnému médium (2-3), které se tím ohřeje. Zkondenzované chladivo je pak seškrčeno na nižší tlak průchodem přes expanzní ventil (3-4). Prudkým snížením tlaku dochází k vypařování chladiva ve výparníku při teplotě T_e (4-1). Ve výparníku je teplo z ochlazované látky (např. vzduch, voda, atd.) předáno chladivu, které poté putuje zpět do kompresoru a celý proces se opakuje. Na následujícím obrázku je znázorněn ideální oběh v diagramu závislosti tlaku na entalpii. [2] [4]

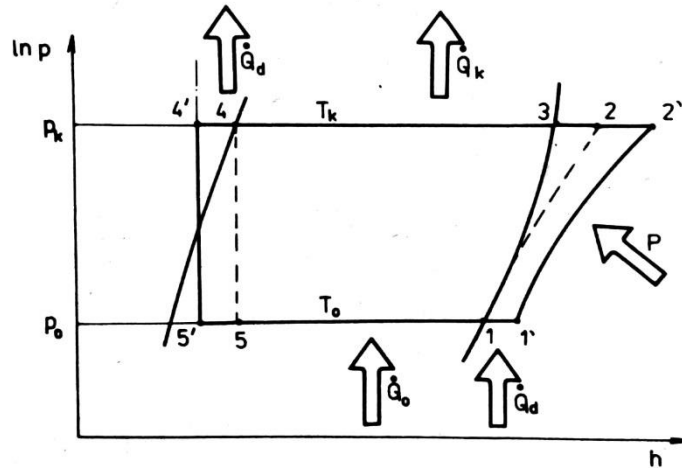


Obr. 2 Ideální oběh [1]

2.2.1 Reálný oběh

Reálný oběh má oproti ideálnímu několik odlišností. Během stlačování chladiva v kompresoru dochází k tepelným ztrátám a ziskům způsobených sdílením tepla mezi chladivem a kompresorem. Stlačení par neprobíhá izoentropicky, ale polytropicky. Z toho důvodu je křivka stlačení (1-2) odkloněna a při stlačení dochází k nárůstu entropie (viz Obr. 3).

V reálných obězích často dochází k podchlazení kapalného chladiva. Podchlazení znamená odvedení tepla Q_d z výměníku zařazeného za kondenzátor a tím izobarické snížení teploty chladiva. Význam podchlazení je dvojitý. Funkční význam spočívá v zajištění přítoku podchlazené nebo syté kapaliny ke škrticímu ventilu, a tím jeho plného výkonu, stabilizované funkce a delší životnosti v případech, kdy by se bez podchlazení tvořily v potrubí před ventilem parní bubliny vlivem snížení tlaku nebo přítoku tepla. Z tohoto důvodu je výhodné používat přesný elektronicky řízený expanzní ventil (EEV). Druhý význam je tepelný, kdy se ovlivňuje hospodárnost oběhu. [2] [4]



Obr. 3 Reálný oběh [1]

Další odlišností od ideálního oběhu je přehřátí nasávaných par. Teoretický Rankinův oběh předpokládá nasávání sytých par do kompresoru. Reálně ale může kompresor nasávat páru přehřátou. K přehřátí dochází z jedné nebo více příčin:

- V samotném výparníku, kde přehřátí je nezbytnou podmínkou správné funkce termostatického expanzního ventilu.
- V potrubí mezi výparníkem a kompresorem přívodem tepla z okolí.
- V tělese hermetického kompresoru teplem odváděným z motoru.
- Ve zvláštním výměníku za výparníkem, kde se pára přehřívá vnějším zdrojem, například odpadním teplem. U chladicích zařízení nemá toto zapojení smysl, u TČ může být užitečné pro zvětšení přehřívacího tepla nebo jeho stabilizaci.
- Ve zvláštním výměníku za výparníkem, kde se párou podchlazuje kapalné chladivo – vnitřní výměna tepla. [2]

Do reálného oběhu může být také zařazen výměník před kondenzátor. Tím se odvede část přehřívacího tepla a toto teplo se využije k dosažení vyšší teploty ohřívané látky, než je možné v kondenzátoru. [2]

2.3 Topný faktor

Topný faktor je měřítkem energetické hospodárnosti TČ. Je to poměr získaného tepla a energie do systému přivedené. Dnes se topný faktor značí převážně jako COP (z angl.

Coefficient of performance). Pro zvolené teploty kondenzační a vypařovací je ideálním oběhem Carnotův s topným faktorem: [2]

$$COP_{id} = \frac{T_k}{T_k - T_o}$$

Kde T_k je teplota kondenzační a T_o teplota vypařovací. Tento topný faktor (COP_{id}) je maximální COP. V reálných podmínkách je ale tento COP_{id} nedosažitelný a reálný COP tedy dosahuje nižších hodnot.

$$COP = \frac{Q}{E}$$

Kde Q je teplo získané z TČ a E je veškerá energie spotřebovaná na provoz TČ. V této energii je zahrnuta například energie na pohon oběhových čerpadel, ventilátorů, atd.

Topný faktor závisí na rozdílu teplotních hladin mezi zdrojem a ohřívanou látkou a je žádoucí, aby tento rozdíl byl co nejmenší. Proto se TČ využívá zejména u nízkoteplotních vytápěcích systémů, kde je požadovaná teplota v rozmezí 30-50°C. Dále je žádoucí, aby teplota zdroje byla co nejvyšší. Je výhodné používat TČ například v průmyslových aplikacích, například k přípravě TUV, kde je možnost využití odpadního tepla z technologií. Při bivalentním řešení se do příkonu musí započítat i příkon doplňkového zdroje. [9] [10]

2.4 Pracovní látky

Pracovní látky jak tepelných čerpadel, tak chladicích zařízení se nazývají chladiva. Chladiv je celá řada a jejich počet stále roste s vývojem nových typů. Pro použití v TČ jsou ale vhodná jen některá z nich. Chladiva mohou být jednosložková, či směsí dvou nebo více sloučenin. Rozdělují se podle různých charakteristických vlastností. [5]

2.4.1 Značení chladiv

Chladiva se označují písmenem „R“ (z angl. „refrigerant = chladivo“) a dvoj až čtyřmístným číslem. U halogenovaných uhlovodíků je trojčíslí ABCD, kde A značí počet atomů uhlíku minus jeden, B značí počet atomů vodíku plus jeden a C značí počet atomů fluoru. Pokud byly atomy chlóru nahrazeny atomy bromu, uvede se za číslo písmeno “B”. Čtvrtá

číslice D uvádí počet dvojných vazeb. Pokud sloučenina neobsahuje žádné dvojně vazby, toto číslo se neuvádí. [5] [6]

Pokud je chladivo značeno písmeny „RC“ znamená to, že je chladivo cyklické. V následující tabulce jsou uvedeny skupiny chladiv, rozdělené podle jejich chemického složení, a jejich značení. [5]

R10 až R50	skupina na bázi metanu
R110 až R170	skupina na bázi etanu
R216 až R290	propanová skupina
RC316 až RC318	skupina cyklických uhlovodíků
R400 až R411B	zeotropní směsi chladiv
R500 až R509	azeotropní směsi chladiv
R600 až R620	ostatní organické sloučeniny
R630 až R631	sloučeniny dusíku
R702 až R764	anorganické sloučeniny
R1112 až R1270	nenasycené uhlovodíky

Tab. 1 Značení chladiv [5]

2.4.2 Rozdělení směsí chladiv podle fyzikálních vlastností

Podle fyzikálních vlastností a poměru složek chladiva je lze rozdělit na azeotropní a zeotropní.

Azeotropní chladiva jsou taková, která se chovají jako čisté, jednosložkové látky. Během fázové přeměny z páry na kapalinu se složení par a kapaliny nemění. Příkladem azeotropní směsi vhodné pro TČ je například R502.

Zeotropní (neazeotropní) chladiva jsou směsi dvou a více chladiv, která mají během fázové přeměny páry na kapalinu proměnné složení. Pokud je rozdíl teplot nasycených par složek velmi malý, nazývají se blízce azeotropními. Zeotropní chladivo je například R407A. U zeotropních chladiv se projevuje tzv. teplotní skluz (glide), což znamená, že při konstantním tlaku kondenzace nebo vypařování není konstantní teplota. [5]

2.4.3 Koeficienty vlivu na životní prostředí

Vliv chladiv na životní prostředí se popisuje dvěma různými koeficienty ODP a GWP.

Vliv plynů a par na poškozování ozónové vrstvy je popsán koeficientem ODP (Ozone Depletion Potential). Je to relativní číslo, za jehož základ bylo vzato chladivo R11. Jeho koeficient ODP byl stanoven jako 1. Čím je poměrné číslo látky menší, tím je vliv na poškozování vrstvy nižší a opačně.

Vliv látek na skleníkový efekt, který je jednou z příčin dlouhodobého oteplování Země, se označuje pomocí koeficientu GWP (Global Warming Potential). Číslo je vztahováno k CO₂ na 100 let, u kterého je stanoven GWP=1. Vyšší číslo znamená vyšší negativní vliv. [5]

2.4.4 Rozdělení chladiv podle chemického složení

Podle chemického složení se chladiva rozdělují na skupiny CFC, HCFC, HCF a HC.

CFC jsou plně halogenované uhlovodíky a jejich směsi. Plně halogenované znamená, že všechny atomy vodíku v molekule jsou nahrazeny atomy prvků ze skupiny halogenů, tedy chlorem, fluorem nebo bromem. Tato chladiva se také nazývají „tvrdé freony“. Mezi tvrdé freony patří například R11, R12, R13, R113, R114, R502, R503, atd. Tato chladiva mají vysoký ODP i GWP a mají tedy velmi negativní vliv na životní prostředí. [5]

HCFC jsou chlorofluorované uhlovodíky a mají v molekule i atomy vodíku (nejsou tedy plně halogenované). Říká se jim také „měkké freony“. Mezi tato chladiva patří R21, R22, R141b, R142b, R123, R124. Jejich ODP je relativně nízký, GWP střední až vysoký. [5]

HFC nemají v molekule atomy chloru, jen fluor. Jejich ODP je rovno nule, ale mohou mít vysoké GWP. Mezi HFC patří například R134a, R152a, R125, R32, R218, R407c, R404a. [5]

HC jsou přírodní uhlovodíky a jejich směsi. Jsou zcela bez halogenů, ale jsou hořlavé. Nemají žádný škodlivý vliv na ozónovou vrstvu a minimální vliv na skleníkový efekt. Jejich ODP je tedy rovno nule a GWP se pohybuje od 3 do 20. [5]

Existují další skupiny, jako například anorganická chladiva (CO₂ – R744, vzduch – R725, voda – R718), nebo sloučeniny dusíku, například čpavek (NH₃ – R717). Čpavek je jedovatý, ale pro své výhodné termodynamické vlastnosti a nízkou cenu se používá ve velkých chladicích systémech. Čpavek a oxid uhličitý se poslední dobou vrací díky zpříšňování regulací na halogenová chladiva a jejich malému dopadu na životní prostředí. [5] [7]

2.4.5 Mazací oleje

Pro každé chladivo se hodí jiný mazací prostředek. Olej je nezbytný pro zajištění správné funkce kompresoru. Dříve se hojně užívaly minerální oleje (M) nebo akrylbenzenové oleje (AB). Tyto oleje se hodí pro chlorovaná nebo některá alternativní chladiva. Jiná alternativní chladiva vyžadují polyolesterové oleje (POE). [5]

2.4.6 Vlastnosti některých chladiv používaných v TČ

Chladivo R134a – tetrafluoretan, patří do skupiny bezchlorových chladiv typu HFC. Bod varu při atmosférickém tlaku je $-26,3^{\circ}\text{C}$. Jeho $\text{GWP}=1430$ a $\text{ODP}=0$. Toto chladivo je nejedovaté, nehořlavé a nevýbušné. Bezbarvé v kapalně i plynné formě. Používá se jako náhrada chladiva R12. Používá se v TČ voda-voda, v chladicích a mrazicích boxech. Pro své vysoké GWP ale není považováno za ekologické a perspektivní. [5][7]

Chladivo R404a – patří do skupiny HFC. Je to zeotropní směs chladiv R125/R134a/R143a v poměrech 44/4/52 %. Používá se jen s oleji POE. Bod varu při atmosférickém tlaku je $-46,4^{\circ}\text{C}$. Jeho teplotní skluz je jen 0,5K. Díky tomu jde téměř o azeotropní chladivo. $\text{ODP}=0$ a $\text{GWP}=4540$. [5][7]

Chladivo R407c – patří do skupiny HFC. Je to zeotropní směs chladiv R32/R125/R134a v poměrech 23/25/52 %. Bod varu při atmosférickém tlaku je $-43,8^{\circ}\text{C}$. Jeho teplotní skluz se pohybuje kolem 6K. Jeho $\text{ODP}=0$ a $\text{GWP}=1774$. Teplotní skluz se dá eliminovat použitím deskových výměníků s velkým poměrem délky a šířky. Toto chladivo je poměrně často používané v TČ země-voda a voda-voda. [5][7]

Chladivo R410a – patří do skupiny HFC. Je to zeotropní směs látek R32/R125 v poměru 50/50 %. Bod varu při atmosférickém tlaku je $-51,6^{\circ}\text{C}$. Teplotní skluz je jen 0,1K. Jedná se tedy o téměř azeotropní směs. Jeho $\text{ODP}=0$, $\text{GWP}=2088$. Je to nehořlavé, nevýbušné a nejedovaté chladivo. Má podobné termodynamické vlastnosti jako R22 a R407c. vyžaduje ale vyšší tlaky, až 4 MPa. Díky vyšším tlakům vychází systémy s R410a pro stejný výkon rozměrově menší. [5][7]

Chladivo R290 – propan, patří do skupiny HC. Bod varu při atmosférickém tlaku je $-42,1^{\circ}\text{C}$. $\text{ODP}=0$, $\text{GWP}=3$. Je hořlavý, ve směsi se vzduchem výbušný. Zápalná teplota je asi

510°C. Je to „znovuobjevené“ chladivo, které lze použít jako přímou náhradu za R22 bez výměny oleje. Jeho použitím je možné zvýšit kondenzační teplotu až na +65°C místo +57°C u R22 (při stejném kondenzačním tlaku 2,5 MPa). Používá se u TČ vzduch-voda zejména s pístovými kompresory. [5] [8]

Chladivo R600a – izobutan, patří do skupiny HC. Přírodní chladivo s atmosférickým bodem varu -11,7°C. Jeho ODP=0 a GWP=3. Je hořlavé a ve směsi se vzduchem výbušné. Bezpečná koncentrace ve vzduchu je do 9,5 g/m³. Zápalná teplota je asi 460°C. Přes svou hořlavost se hojně používá v chladicích boxech a domácích chladničkách. Lze jej použít s oleji M, AB i POE. [5]

Chladivo R744 – oxid uhličitý. Toto chladivo bylo používáno od samých počátků strojního chlazení a bylo oblíbeno pro svou bezpečnost a netečnost. Kolem padesátých let bylo od jeho používání opuštěno díky nástupu nových chladiv s lepšími termodynamickými vlastnostmi, ale poslední dobou se vrací díky svému téměř minimálnímu dopadu na životní prostředí (GWP=1). Používá se hlavně pro nadkritické chladicí okruhy a tepelná čerpadla. [8]

Chladivo R717 – čpavek (NH₃). Čpavek je jedním z nejstarších a nejpoužívanějších chladiv především v průmyslovém chlazení. Je levný, má velké výparné teplo, hmotnostní i objemovou chladivost. Je ale výbušný, hořlavý a prudce jedovatý a již při nízkých koncentracích silně zapáchá. Působí korozivně na stříbro a zinek (v pájkách) a za přítomnosti vlhkosti napadá i měď a její slitiny. Na tuto skutečnost je třeba dbát při projektování čpavkového okruhu. Čpavek je hlavně používán ve velkých průmyslových chladicích jednotkách a tepelných čerpadlech. [2] [8]

3 Konstrukce tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo se stejně jako chladicí zařízení skládá z několika základních komponent, a to z kompresoru, kondenzátoru, expanzního ventilu a výparníku. TČ se prodávají jako kompletní jednotky. Také je možno pořídit kondenzační jednotku obsahující kondenzátor (+ostatní části vysokotlaké strany) a kompresor s motorem, nebo výparníkovou jednotku, která obsahuje kompresor s motorem, výparník se škrtícím orgánem (+ostatní části nízkotlaké strany).

3.1 Kompresory

Kompresor slouží ke stlačení par chladiva vzniklých ve výparníku. Stlačením par vzroste jejich teplota a páry poté zkondenzují v kondenzátoru, kde předají teplo topnému médiu. Kompresor v TČ by měl vyhovovat několika požadavkům:

- a) Musí pracovat v celém požadovaném rozsahu teplot a tlaků. Pracovní podmínky jsou dány zvoleným chladivem a potřebnými teplotami. Obecně se sací tlaky pohybují kolem 0,1 až 0,5 MPa a teploty -20 až +10°C. Výtlačné tlaky mezi 2 až 3 MPa a teploty 60 až 100°C.
- b) Kompresor by měl mít dlouhodobou životnost a provozní spolehlivost pro zajištění dlouhodobého bezporuchového provozu s minimální obsluhou a údržbou.
- c) Minimální spotřeba energie, tedy co nejvyšší možná účinnost.
- d) Možnost regulace pro přizpůsobení výkonu kompresoru změně potřeby tepelného výkonu.
- e) Kompresory pro tepelná čerpadla je vhodné na rozdíl od chladírenských kompresorů navrhovat tak, aby co nejméně tepla odcházelo do okolí, protože tepelné ztráty snižují využitelný tepelný výkon. [1] [2] [5]

Kompresory používané v TČ jsou zejména pístové, šroubové, lamelové, s rotačním pístem, scroll a turbokompresory (pro vysoké výkonnosti). Dále se kompresory dělí na hermetické, polohermetické a otevřené (ucpávkové).

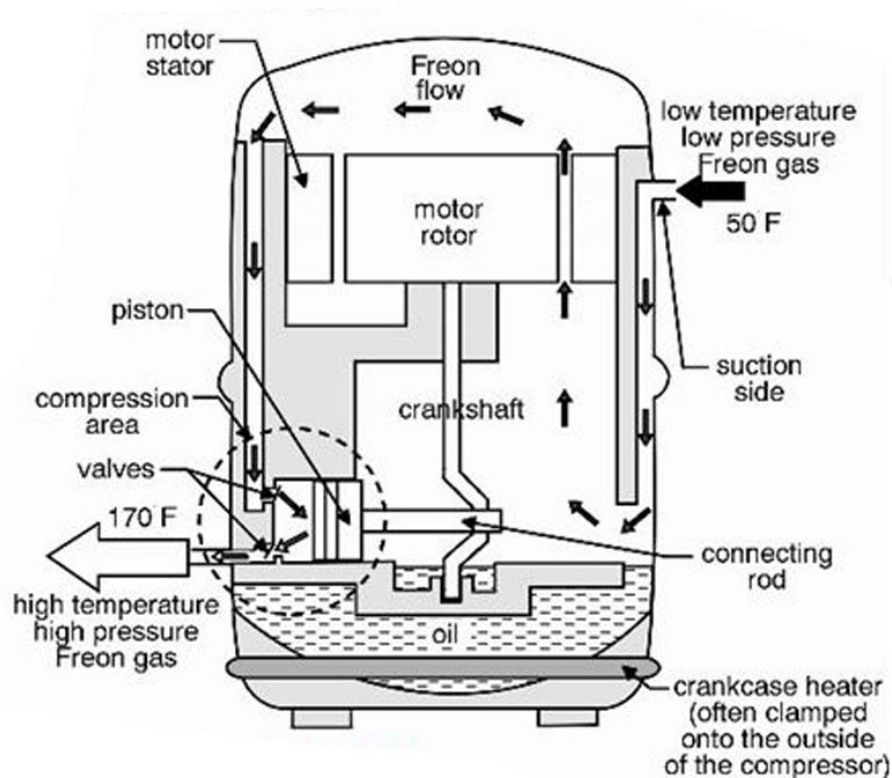
Hermetické – kompresor i elektromotor jsou na společné hřídeli a uzavřené ve společné nádobě. Olejová náplň je také společná. Z nádoby vede jen sací a výtlačné potrubí. Jejich výhodou je naprostá těsnost, a tedy nemožnost úniku chladiva do okolí.

Polohermetické – kompresor i elektromotor jsou také na společné hřídeli v hermetické nádobě. Elektromotor, ventilová deska kompresoru i kliková skříň jsou ale přístupné pomocí demontovatelných vík. Polohermetické kompresory bývají většinou pístové a používají se pro větší chladicí zařízení.

Otevřené (ucpávkové) – toto provedení představuje jen samotný kompresor. Jeho hřídel je proti úniku chladiva utěsněn ucpávkou. S pohonem je spojena hřídelovou spojkou. V tomto provedení může být pohon nejen elektromotor, ale také spalovací motor, turbína, atd. [5]

3.1.1 Pístové kompresory

Chladivové pístové kompresory jsou vhodné pro výkonnosti asi do 600 m³/h v jednom stroji a pro široký rozsah tlakových poměrů. Pístové kompresory jsou nejrozšířenější chladivové kompresory. Používají se téměř ve všech typech chladniček a mrazicích pultů. Jejich příkony mohou být od cca 50W až do několika kW. Maximální tlakový poměr v jednom stupni bývá 6 až 8.



Obr. 4 Schéma hermetického pístového kompresoru [12]

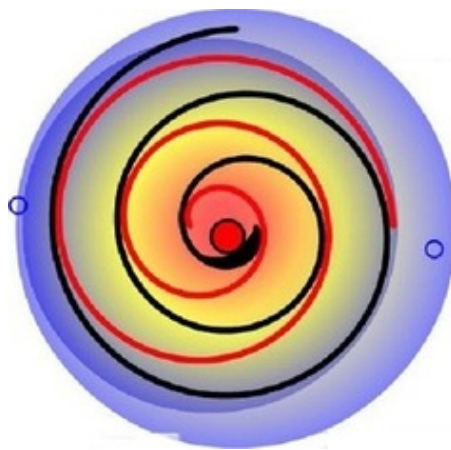
U hermetických pístových kompresorů je elektromotor chlazen parami chladiva a olejová náplň je společná. Mezi jejich nevýhody patří vyšší hlučnost a nebezpečí poškození při nasátí kapalného paliva. Tomu lze zabránit například zařazením odlučovače kapalného chladiva před sání. Výkonnější kompresory bývají vybaveny i vnitřní tepelnou ochranou

vinutí motoru a přetlakovou pojistkou, která spojí při překročení nastaveného tlaku výtlak se sáním. [1] [2] [5]

3.1.2 Kompresory typu SCROLL

Kompresor typu scroll (neboli spirálový) byl vyvinut počátkem 20. století. Dnes se běžně využívá ve většině TČ.

Kompresor scroll je složen ze dvou kovových spirál, které jsou vloženy do sebe. Jedna je pevná a má uprostřed výtláčny otvor (viz Obr. 5). Druhá spirála krouží pomocí excentrického uložení na hřídeli motoru. Krouživým pohybem se směrem od sání (z kraje spirál) k výtlaku zmenšuje prostor mezi spirálami a tím dochází ke stlačení plynu. Spirály je třeba nepřetržitě mazat olejem, aby nedocházelo k úniku chladiva.



Obr. 5 Spirály scroll kompresoru [11]

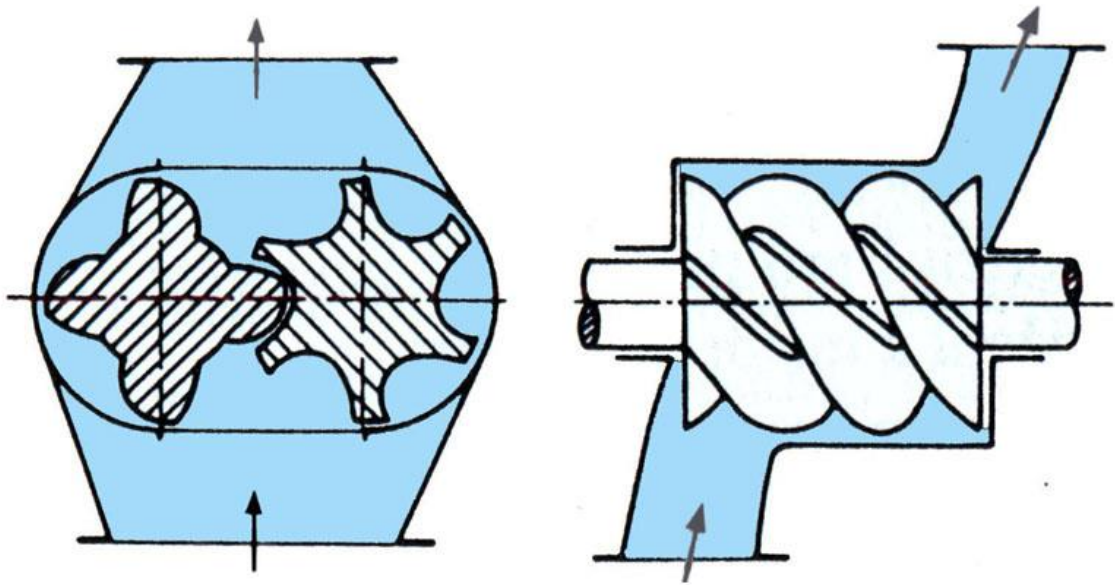
Výhodou scroll kompresorů oproti pístovým je jejich vyšší objemová účinnost a nižší vibrace a tím i tišší chod. Mají jednodušší konstrukci a jsou odolné proti nasátí kapalného chladiva. Nemají žádné ventily, a tedy nemají žádný škodlivý prostor jako kompresory pístové. Scroll kompresory se vyrábí výhradně jako hermetické. Na následující obrázku (Obr. 6) je zobrazen řez hermetickým scroll kompresorem. [5] [11]



Obr. 6 Řez kompresorem scroll [11]

3.1.3 Šroubové kompresory

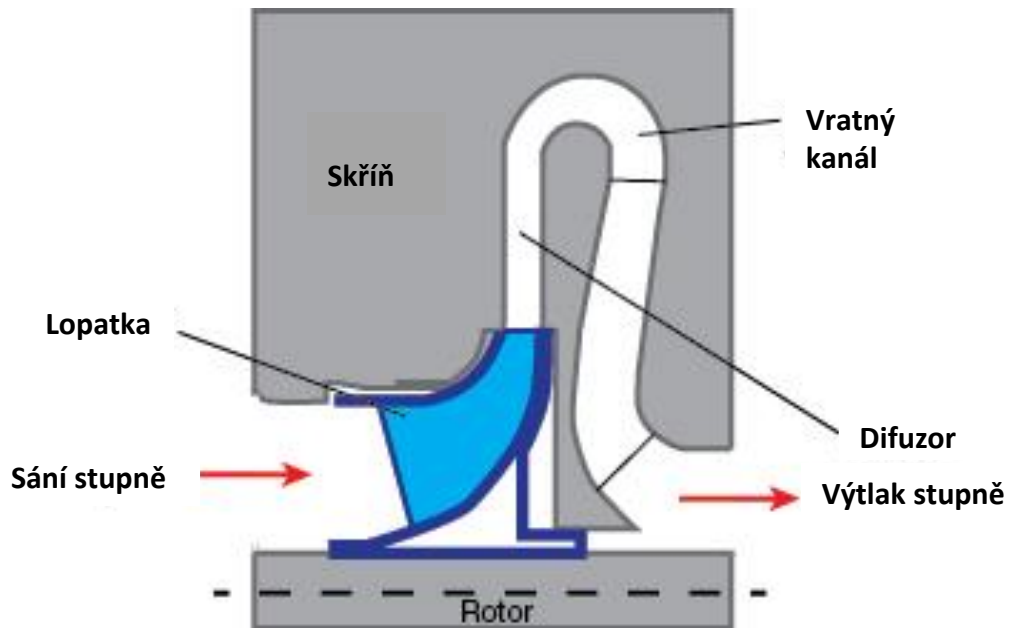
V chladicí technice se používají šroubové kompresory mazané s jedním poháněným rotorem. Tvary rotorů jsou řešeny tak, aby do sebe navzájem zapadaly (viz Obr. 7). Olej těsní mezeru mezi rotory, odvádí část kompresního tepla a umožňuje téměř bezztrátové odvalování rotorů. Dopravní účinnost je vyšší než u pístového kompresoru díky prakticky nulovému škodlivému prostoru. Mezi další výhody patří malé rozměry, nízká hmotnost, provozní spolehlivost a dlouhá životnost. Nevýhodou je pokles hospodárnosti při práci mimo vestavěný tlakový poměr, nutnost odlučování a chlazení oleje a nutnost tlumit hluk. [2]



Obr. 7 Schéma šroubového kompresoru [13]

3.1.4 Turbokompresory

Pro tepelná čerpadla vysokých výkonů (až do jednotek MW) se nejčastěji používají turbokompresory radiální. Provozní vlastnosti turbokompresorů umožňují typizaci pouze pro úzký rozsah vypařovacích a kondenzačních teplot a pro jeden druh chladiva. Pro všechny ostatní případy je třeba vytvořit individuální konstrukci. Princip turbokompresoru je takový, že se plynu dodá vysoká obvodová rychlost, která vyvolá působením odstředivé síly na plyn jeho stlačení. Z oběžného kola vystupuje plyn do difuzoru, kde se přeměnou jeho kinetické energie na energii tlakovou dále stlačuje. Do dalšího stupně je plyn přiváděn vratným kanálem. Na následujícím obrázku (Obr. 8) je znázorněn jeden stupeň vícestupňového radiálního turbokompresoru. [2] [6]



Obr. 8 Jeden stupeň víceetapňového radiálního kompresoru [14]

3.2 Výměníky tepla

Výměník tepla je prvek, který zprostředkovává přenos tepla mezi médii. Ve výparníku probíhá přenos tepla ze zdroje tepla do chladiva a v kondenzátoru probíhá přenos tepla z chladiva do topného média. Další výměníky v TČ mohou být například dochlazovače, výměníky tepla pro vnitřní výměnu tepla, absorbéry, parogenerátory, akumulátory tepla, atd. Výměníky tepla v TČ mají výrazný vliv na hospodárnost provozu, protože přímo ovlivňují účinnost přeměny. Při výběru tepelného výměníku je na jednu stranu třeba uvést v potaz jeho cenu, a na druhou stranu jeho provozní vlastnosti.

Každý výměník tepla je charakterizován řadou parametrů. Jedním z důležitých parametrů je teplosměnná plocha. Je to plocha, přes kterou se média stýkají. Dalším parametrem je závislost tlakových ztrát na rychlosti průtoku média. Tato charakteristika se většinou udává grafickou závislostí.

Existuje celá řada různých druhů výměníků. Pro přenos tepla mezi kapalinou a chladivem se nejčastěji používají výměníky deskové nebo trubkové a pro přenos tepla mezi vzduchem a chladivem se většinou používají trubkové lamelové, doplněné ventilátorem. [1] [5]

Podle pracovního procesu lze výměníky dělit na:

- 1) *Rekuprační* – látky, mezi kterými nastává přenos tepla, jsou odděleny teplosměnnou plochou. Přenos tepla probíhá nepřetržitě při nepřerušovaném toku látek.
- 2) *Regenerační* – tyto výměníky pracují v cyklech. V prvním cyklu se prouděním teplé látky akumuluje teplo ve výměníku, které se poté ve druhém cyklu předá látce studenější.
- 3) *Směšovací* – v nich současně nastává přenos tepla a hmoty při směšování teplého a studeného média.

V chladicích zařízeních a tepelných čerpadlech se používají výměníky rekuprační. [1]

3.2.1 Konstrukce vybraných výměníků tepla

Konstrukčních řešení výměníků tepla je celá řada. V této kapitole jsou popsány některé vybrané druhy výměníků tepla, používaných pro TČ.

- a) **Dvoutrubkový výměník** je tvořen dvěma sousými trubkami, které jsou řazeny buď paralelně do svislého svazku s propojenými konci, nebo jsou svinuty do spirály. Obě trubky mohou být buď hladké, nebo může být vnitřní trubka žebrovaná. Výhodou dvoutrubkového výměníku je dosažení čistého protiproudu a dobrý prostup tepla.
- b) **Kotlový ležatý výměník** je tvořen svazkem hladkých nebo žebrovaných trubek, které jsou upevněny v trubkovnicích spojených s pláštěm. Víka mohou být připojena buď přímo na trubkovnici, nebo pomocí tzv. vodní komory umožňující čištění nebo výměnu trubek bez demontáže potrubí. Tento typ je ze všech trubkových výměníků nejkompaktnější s výhodným parametrem hmotnosti na jednotku teplosměnné plochy. Lze je používat jako kondenzátory i výparníky.
- c) **Kotlový stojatý výměník** je tvořen svazkem svislých trubek v pevných trubkovnicích a v plášti. Existují i v provedení s trubkami čtvercového průřezu, kdy se výměník svou funkcí blíží deskovému. Výhodou je snadná čistitelnost a malá půdorysná plocha s možností umístění vně budovy. Mohou být používány jako kondenzátory i výparníky.
- d) **Svazkový výměník** je tvořen svazky, které jsou umístěné v nádrži s kapalinou. Tento typ výměníku se používá výhradně jako výparník. Tyto výparníky jsou

rozměrné a těžké. Mají také nízký součinitel přestupu tepla, proto se do nich instalují míchadla, která zajišťují prodění kapaliny skrz svazky. Díky velkému objemu kapaliny se také používají jako akumulátory.

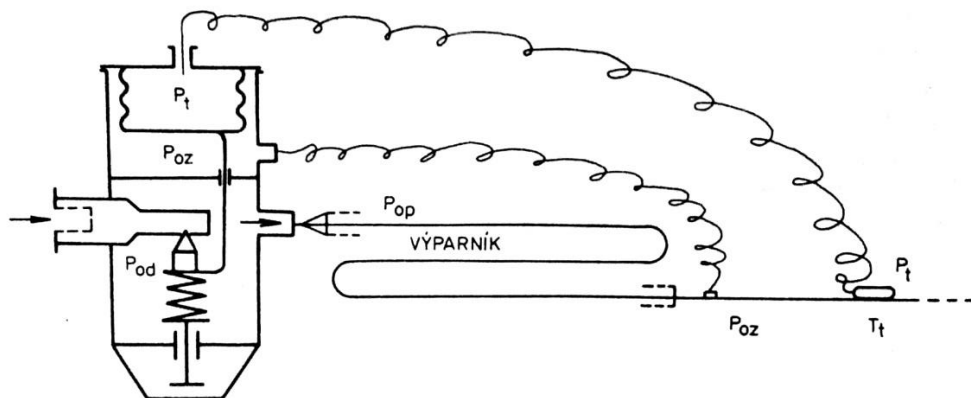
- e) **Svazkový sprchovaný výměník** má svazky, které jsou sprchovány chlazenou kapalinou. Výhodou je snadná čistitelnost.
- f) **Deskový sprchový výměník** se používá jako výparník pro odebrání tepla znečištěným vodám. Pro tyto účely je obvykle umístěn v izolované nádrži nebo skříni a je vybaven trubkami pro omytí vzniklých usazenin.
- g) **Spirální (vinutý) výměník** je trubka svinutá do spirály (hladká nebo žebrovaná) usazená v nádobě. Jsou vhodné pro použití jako výměník plyn (v trubce) – kapalina nebo vroucí chladivo (v nádobě), například jako chladič velkého množství vzduchu.
- h) **Svazkový příčně ofukovaný výměník** je tvořen plochými hady kruhových nebo zploštělých trubek s navlékanými žebry. Vzduch proudí kolmo na svazek s pomocí ventilátoru. Ventilátor je buď společný pro celý systém vedení vzduchu, nebo je individuálně připojen k výměníku ve společné skříni. Malé chladiče mají axiální ventilátory, velké chladiče pak radiální, kde je motor mimo proud vzduchu. Tyto výměníky jsou většinou používány pro chlazení nebo ohřev vzduchu.
- i) **Deskožebrový výměník** se skládá z desek, mezi kterými jsou žebra různých tvarů. Tyto výměníky se nejčastěji používají jako vzduch-vzduch, ale jsou použitelné i pro kapaliny, dokonce i velice viskózní.
- j) **Deskový výměník** je tvořen několika obvykle nerezovými deskami, které mají speciálně tvarované prolisy. Ty jsou tvarovány tak, že při složení desek na sebe vzniknou dvě skupiny průtočných ploch, kterými pak proudí teplotonosné látky. Desky jsou k sobě spájeny mědí nebo niklem, nebo jsou svařeny. Existují i rozebíratelné výměníky, které se dají snadno čistit. Mezi výhody patří velká účinnost a vysoký přenášený výkon při malých rozměrech. Jsou velice kompaktní, snesou velké tlaky (až 7 MPa) a jsou chemicky odolné. Nevýhodou jsou vyšší tlakové ztráty. [2] [5]

3.3 Expanzní ventily

Expanzní ventil je orgán, který zajišťuje seškrcení chladiva na vypařovací tlak a jeho dopravu do výparníku. Pracovní látka do něj vstupuje v kapalně fázi a během expanze přechází do stavu mokré páry. Úkolem expanzního (škrtícího) ventilu je také regulovat přísun chladiva do výparníku tak, aby byla využita celá jeho teplosměnná plocha a zároveň aby se výparník nepřehřel a do kompresoru se nedostala kapalná fáze. [1]

3.3.1 Termostatické expanzní ventily

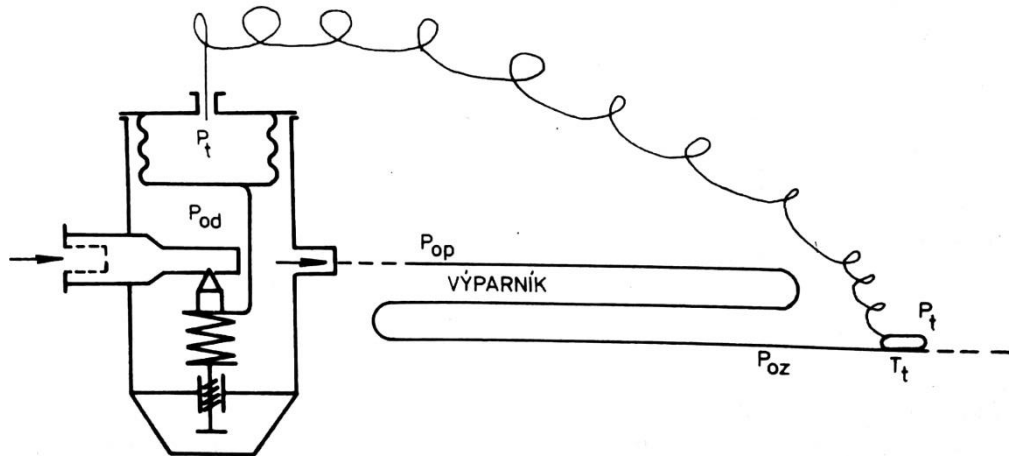
Expanzních ventilů je několik druhů. Nejrozšířenějším typem je termostatický expanzní ventil (TEV). TEV jsou dva typy, a to s vnitřním vyrovnáním tlaku a s vnějším vyrovnáním tlaku. Hlavní částí je tryska, která je otevírána silou, která se skládá z tlaku plynů na membránu ventilu. Důležitou částí je teplotní čidlo nazývané tykavka. Je to nádobka s chladivem, která se přiloží k potrubí na výstupu z výparníku a s TEV je spojena kapilárou. S rostoucí teplotou T_t roste i tlak uvnitř tykavky p_t a tím se zvyšuje síla působící na membránu. Tlak pod membránou závisí na teplotě vypařování. Rozdíl těchto tlaků odpovídá teplotě přehřátí chladiva a vytváří sílu působící proti síle pružiny. Na následujících obrázcích (Obr. 9 a Obr. 10) jsou znázorněny TEV s vnějším a vnitřním vyrovnáním tlaku. [1] [5]



Obr. 9 Schéma TEV s vnějším vyrovnáním tlaku [1]

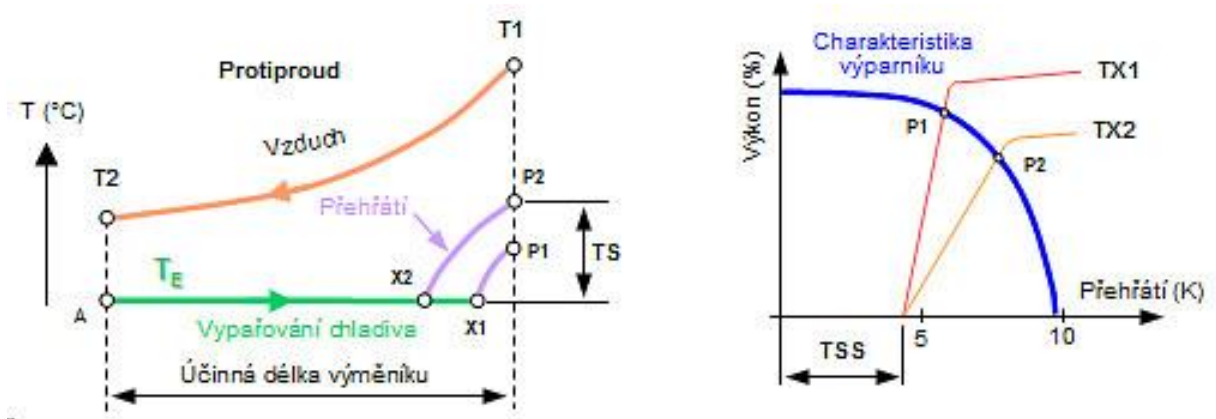
TEV s vnějším vyrovnáním tlaku sleduje rozdíl mezi teplotou přehřátí T_t a teplotou nasycení pracovní látky T_{oz} , která odpovídá tlaku p_{oz} na konci výparníku. TEV s vnitřním

vyrovnáním tlaku sleduje rozdíl teplot mezi teplotou nasycení T_{od} , která odpovídá tlaku p_{od} po seškrvení a teplotou přehřátí T_t .



Obr. 10 Schéma TEV s vnitřním vyrovnáním tlaku [1]

Pokud má použitý výparník pouze malou tlakovou ztrátu, tedy že tlak po škrvení a tlak na konci výparníku jsou stejné nebo se liší jen nepatrně, používá se TEV s vnitřním vyrovnáním tlaku. Pro výparníky s větší tlakovou ztrátou, například výparníky s rozdělovačem chladiva, se používá TEV s vnějším vyrovnáním tlaku, protože ten snímá tlak až na konci výparníku. Tím se tak předejde situaci, kdy by TEV s vnitřním vyrovnáním tlaku propouštěl méně chladiva, než by bylo potřeba (kvůli většímu tlaku na začátku výparníku než na konci) a došlo by k většímu přehřátí chladiva a tím ke snížení výkonu výparníku, tedy i celého oběhu TČ. Na následujícím obrázku (Obr. 11) je znázorněno, jak nárůst přehřátí ovlivňuje výkon výparníku. [1] [5]



Obr. 11 Vliv přehřátí na výkon výparníku [15]

Ochlazovaná látka (v tomto případě vzduch) je chlazená z teploty T_1 na teplotu T_2 . Z pravého grafu je patrné, že pokud je použitý TEV TX1, který má nastavený pracovní bod v bodě P1, je výkon výparníku velký. Pokud se použije TEV TX2, dosahuje přehřátí vyšších hodnot. Tím není teplosměnná plocha výparníku plně využita, protože páry mají výrazně nižší tepelnou kapacitu. Chladicí výkon výparníku je tedy výrazně nižší než při použití ventilu TX1. Hodnota TSS je hodnota statického přehřátí nastavená výrobcem ventilu. Od této hodnoty začíná ventil otevírat.

Obvyklá hodnota přehřátí u TEV se pohybuje kolem 6-7 K. Použitím elektronického expanzního ventilu EEV se dá dosáhnout přehřátí kolem 4-5 K. [15]

TEV s MOP

V některých případech, například při spouštění velkých zařízení, může dojít ke zvýšení vypařovacího tlaku a to může způsobit přetížení elektromotoru kompresoru. Také by mohlo dojít i k nárůstu kondenzačního tlaku nad přípustnou hodnotu a presostat by tento stav vyhodnotil jako poruchu. Pro eliminaci těchto stavů se proto používá TEV s MOP (Maximum Operating Pressure). MOP je vypařovací tlak, při kterém TEV uzavře vstřikování chladiva do výparníku a tím zabrání nárůstu vypařovacího tlaku. Růst teploty, potažmo tlaku v tykavce už nezpůsobí otevření ventilu. Vlastnosti MOP se dosáhne speciální náplní tykavky. [5]

3.3.2 Elektronický expanzní ventil

Elektronicky ovládané expanzní ventily (EEV) se liší od TEV tím, že pro jeho ovládání není použita tykavka a membrána, ale tryska je otevírána a zavírána pomocí elektromagnetu.

Množství vstříkovaného chladiva se řídí pomocí intervalu otevírání. Perioda otevírání bývá nastavena na cca 6 sekund. Ovládací elektromagnet je řízen řídicí jednotkou na základě údajů ze snímačů teplot za ventilem a výparníkem. Další variantou ovládní EEV je pomocí krokového motoru, kterým lze dosáhnout přesnější regulace než EEV s elektromagnetem, který umí jenom polohy otevřeno a zavřeno. [5]

4 Zdroje tepla pro TČ

Zdrojů tepla využitelných pro tepelná čerpadla je celá řada. Prakticky je lze rozdělit do dvou skupin, a to odpadní tepla z technologií a přírodní zdroje.

Odpadní teplo je obsaženo v látkách vystupujících z technologických pochodů, pokud je jejich teplota vyšší než teplota okolí. Je-li jejich teplota vyšší než pro použití v TČ (TČ mají spodně i svrchně omezenou teplotu vypařování), je vhodné toto teplo využít nejprve k rekuperaci a až po ochlazení látek jej případně využít v TČ. Použitelnost odpadního tepla dále závisí na množství látek, jejich chemických a fyzikálních vlastnostech, časové dostupnosti vzhledem k potřebě, vzdálenosti od TČ, ekologie.

Mezi přírodní zdroje patří vzduch, povrchová a spodní voda, půda a sluneční záření. Jejich teploty se vzájemně ovlivňují a během roku i dne kolísají. TČ se dělí podle využití zdrojů:

- vzduch-voda – teplo je odebíráno okolnímu vzduchu a předáváno do topné vody
- voda-voda – teplo je odebíráno vodnímu zdroji, kde voda protéká výparníkem a po ochlazení putuje dál. Primární okruh je otevřený
- země-voda – teplo je odebíráno z půdy, kde jsou uloženy kolektory, v nichž proudí nemrznoucí směs. Primární okruh je uzavřený. [2] [5]

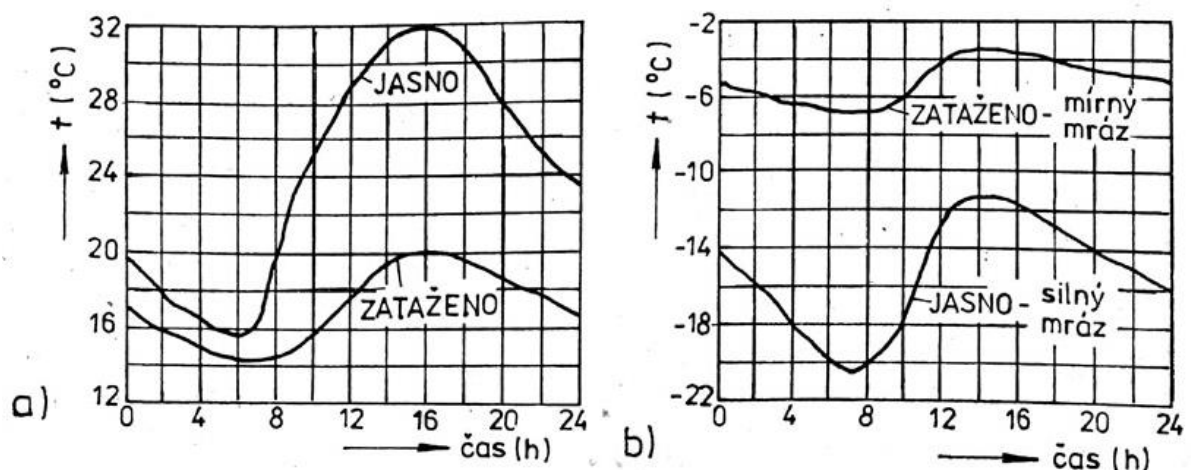
4.1 Venkovní vzduch

Výhodou venkovního vzduchu je ta, že ho je prakticky neomezené množství. Také z ekologického hlediska je vzduch nejvýhodnějším zdrojem tepla. Kvůli nízké hustotě a tepelné kapacitě jsou ale velké požadavky na rozměry výparníku a na příkon ventilátorů,

kteřý není zanedbatelný a je nutné jej společně s příkonem kompresoru započítat do topného faktoru.

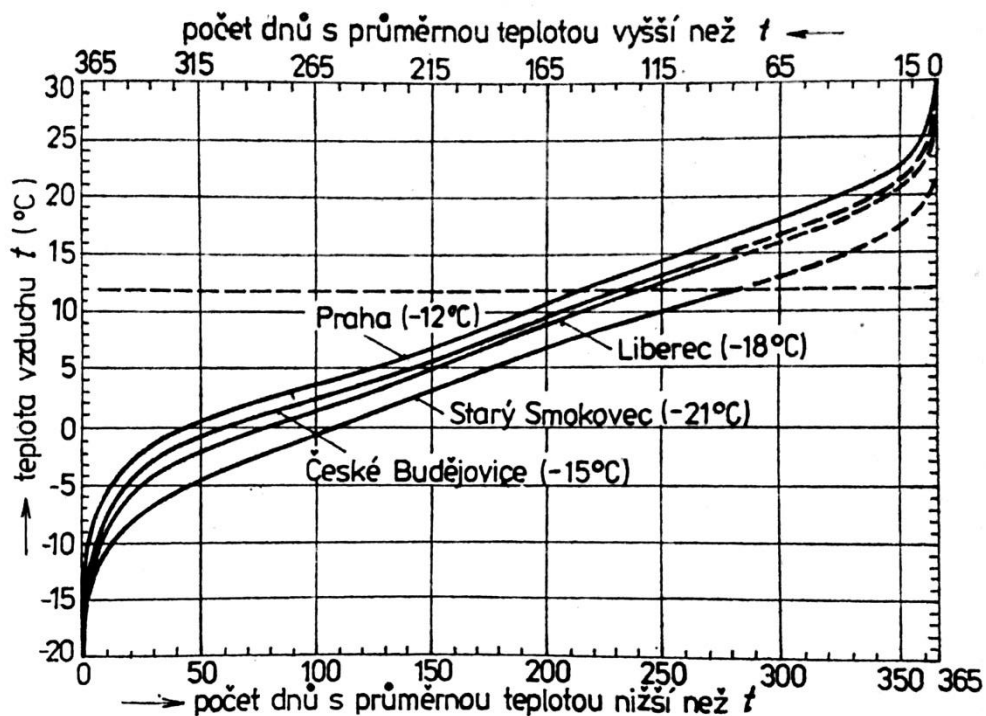
Nevýhodou také je, že venkovní vzduch není suchý a obsahuje určité procento vodní páry, která na povrchu výparníku kondenzuje. Při teplotách vyšších než 0°C zkondenzovaná pára zvyšuje přestup tepla (o 50 až 100%). Jakmile ale teploty klesnou pod 0°C, zkondenzovaná pára začne namrzat a tím se výrazně sníží přestup tepla a vzroste průtočný odpor vzduchu přes výměník. Z tohoto důvodu musí být námraza odtávána, často obrácením chodu TČ, což jej zdražuje a zhoršuje hodnotu COP. [1] [2]

Další nevýhodou venkovního vzduchu jako zdroje tepla pro TČ je kolísání jeho teploty během dne a během roku a také skutečnost, že v zimě, kdy je největší potřeba tepla, je nejnižší teplota venkovního vzduchu. Na následujícím obrázku (Obr. 12) jsou znázorněny průběhy teplot typického letního a zimního dne.



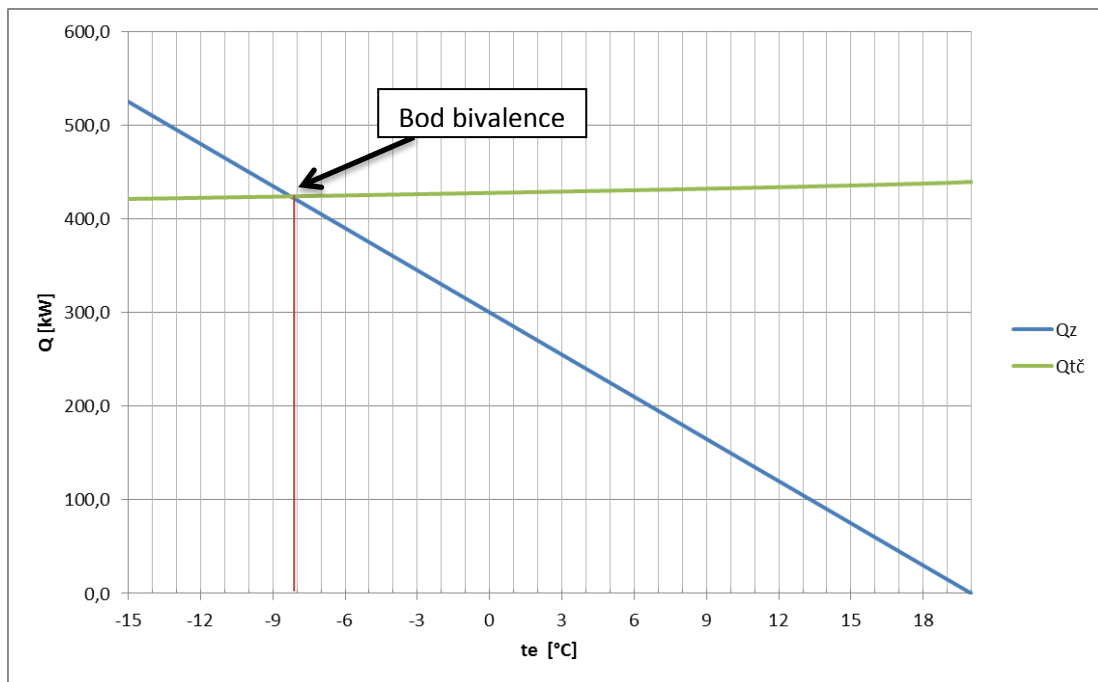
Obr. 12 Průběh denních teplot v a) létě a v b) zimě [2]

Další obrázek (Obr. 13) pak ukazuje celoroční četnost výskytu určitých teplot ve vybraných lokalitách různých klimatických oblastí.



Obr. 13 Četnost teplot vzduchu pro vybraná města ČR a SR [2]

Znalost průběhu teplot je nezbytná pro správný návrh TČ vzduch-voda. Z důvodu výše uvedené skutečnosti, že v zimě, kdy je největší potřeba tepla, je nejnižší teplota venkovního vzduchu, se často používá bivalentní zapojení a TČ se dimenzuje jen na 60-70% tepelných ztrát objektu při nejnižších teplotách. Další potřeba tepla při nízkých teplotách je pokryta jiným zdrojem, například elektrokotlem nebo kotlem plynovým, které přehřívají výstupní vodu z TČ. Pokud by TČ bylo dimenzováno jako monovalentní zdroj pro pokrytí celé potřeby tepla, nebylo by při vyšších teplotách vzduchu plně využito. Následující obrázek (Obr. 14) ukazuje příklad bivalentního zapojení TČ s doplňkovým zdrojem. [5]



Obr. 14 Bivalentní zapojení TČ

4.2 Voda

Voda je z hlediska vysoké tepelné kapacity a dobrých vlastností přenosu tepla nejlepším zdrojem tepla pro TČ. Voda pro TČ se využívá povrchová, podzemní a geotermální. Dostupnost vody, ať už povrchové, podzemní, nebo geotermální, záleží na konkrétní lokalitě.

4.2.1 Povrchová voda

Nevýhodou využití povrchových vod pro TČ velkých výkonů je velké potřebné průtočné množství a nemožnost využití zdrojů kolem 3 a 4 °C z důvodu zamrznání výparníku. Povrchové vody jak v podobě vodního toku (řeky, potoky), tak ve formě stojatých vod (jezer, přehrad, nádrží), jsou tedy vhodné jako zdroj pro TČ zejména tehdy, jsou-li oteplovány vlivem průmyslových a energetických děl.

Pro využití povrchových vod v TČ existují dva způsoby, přímý a nepřímý. U přímého systému je voda odváděna z toku čerpadlem a přiváděna přímo k výparníku. Nevýhodou přímého systému je možnost zanášení a namrzání výparníku při nízkých teplotách. U nepřímého je ve vodě umístěn výměník, který odebírá její teplo a přes nemrznoucí směs

předává teplo chladivu ve výparníku. Nevýhodou tohoto zapojení je, že kvůli vícenásobnému přestupu tepla musí TČ pracovat s nižší vypařovací teplotou a tím pádem horšími parametry. Výhodou je možnost pracovat i při teplotách blízkých 0 °C a nezanášení teplosměnné plochy výparníku TČ.

Při využívání povrchových vod jako zdroj tepla pro TČ je také nutno brát v potaz ekologický aspekt vratné vody do toku. Z biologických důvodů musí mít vratná voda minimálně 2 °C. DO topného faktoru je nutné započítat také příkony čerpadel. [1] [2]

4.2.2 Podzemní voda

Využití podzemní vody jako zdroje tepla pro TČ je výhodné díky své téměř konstantní teplotě během celého roku. V našich podmínkách se její teplota pohybuje kolem 10 °C. Musí se ale uvážit, že její odběr, který závisí na výkonu TČ a stupni ochlazení je většinou mnohem větší než běžná spotřeba vody. Pramen musí být tedy dostatečně vydatný. Výhodnost využití podzemní vody je zejména u monovalentních TČ, a to díky její stálé teplotě i při nízkých teplotách okolního vzduchu.

Pro TČ se většinou budují dvě studny, jedna čerpací, ze které se voda čerpá a druhá vsakovací, do které se voda vrací. Obě study musí být v dostatečné vzdálenosti a pokud možno vyhloubeny po směru toku podzemní vody. Při větším odběru vody se může stát, že se kvůli zvýšenému průtoku zanesou vodní cesty, což může ovlivnit vydatnost pramene. Využívání podzemních vod ve větší míře je poněkud problematické z ekologického hlediska. [1] [2]

4.2.3 Geotermální voda

Oblastí v ČR s výskytem geotermálních vod není mnoho, proto se geotermální energie u nás využívá jen omezeně. Geotermální vody o teplotě vyšší než 40 °C se většinou využívají přímo pro výrobu teplé vody. Jako zdroj tepla pro TČ lze využít tuto vodu již ochlazenou.

4.3 Půda

Zemská kůra je výhodným zdrojem nízkopotenciálního tepla pro TČ hlavně díky téměř stálé teplotě a své velké teplené kapacitě. V našich podmínkách již teplota půdy v hloubce

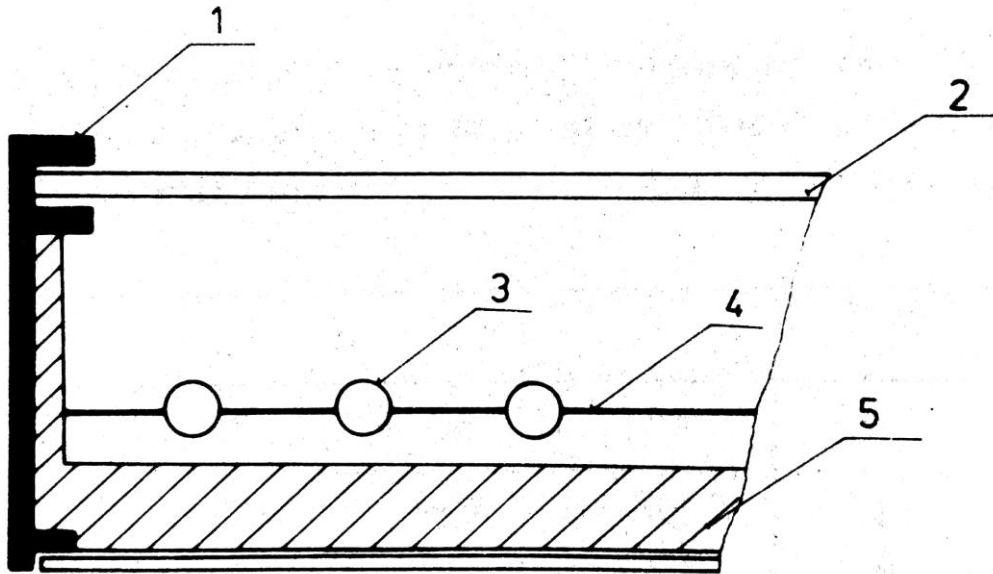
0,8 až 1 m neklesá pod 0 °C. Do půdy se ukládají tzv. kolektory, svazky trubek, vyrobené většinou z polyetylenu, kterými proudí nemrznoucí teplotonosná látka, která odebírá teplo půdě a předává jej chladivu ve výparníku.

Kolektory pro odnímání tepla z půdy mohou být buď horizontální, nebo vertikální. Horizontální neboli plošné kolektory se ukládají do hloubky kolem 1,2-1,5 m. Jsou náročné na zemní práce a na potřebnou plochu pozemku. V případě použití horizontálních kolektorů je třeba také počítat s poklesem teplot povrchu v oblasti ovlivněné kolektory. To může způsobit namrzání vody na povrchu trubek.

Vertikální kolektory se ukládají do vrtů o hloubce 50-120 metrů. Hloubka vrtu závisí na požadovaném výkonu, geografické poloze, složení podloží a množství podzemní vody. Vrty jsou po uložení hadic vyplněny vhodnou tepelně vodivou směsí pro zlepšení přenosu tepla. Toto řešení se vyznačuje malými nároky na prostor a používá se nejčastěji jako monovalentní TČ. Vytvoření vrtu a vložení kolektorů je ale poměrně finančně náročné. [2] [5]

4.4 Sluneční záření

Sluneční záření může být dobrým zdrojem tepla pro TČ. Dokonce jako jediný zdroj (kromě geotermální vody) může být, pokud je solární systém dostatečně velký, zejména v letním období využit pro přímý odběr tepla. Kombinace solárního systému a TČ vede ke zlevnění solárního systému a prodloužení jeho životnosti. Nejčastěji bývají použity kolektory ploché, méně často koncentrující a vakuované. Podle použití pracovních látek lze kolektory rozdělit na kapalinové a vzduchové. Na následujícím obrázku (Obr. 15) je uveden řez kapalinovým kolektorem, kde: 1 – rám, 2 – krycí sklo, 3 – trubka s pracovní kapalinou, 4 – absorbér, 5 – tepelná izolace.



Obr. 15 Řez plochým kapalinovým slunečním kolektorem [1]

V našich zeměpisných podmínkách jsou nejlepší podmínky získávání energie ze slunečního záření na jižně orientovaných plochách.

5 Výběr a popis jednotek

Dle zadaného požadovaného jmenovitého výkonu TČ 410 kW při ohřevu vody ze 40 na 45 °C a chlazení vody z 10 na 5 °C byly vybrány tři jednotky od firmy Daikin, jejichž topný výkon se nejvíce blíží požadovanému. Všechny tři jednotky jsou typu kapalina-kapalina a lze je použít jako tepelná čerpadla nebo chladicí jednotky.

Jednotka EWWD 380G-XS

Tato jednotka obsahuje dva jednorotorové polohermetické šroubové kompresory, které jsou regulovány šoupátkem, jímž lze dosáhnout regulace v rozsahu 100 až 25% výkonu (tedy celá jednotka může pracovat až na 12,5% výkonu). Regulace je řízena regulátorem MicroTech III. Jednotka obsahuje dva chladivové okruhy a náplní je chladivo R134a. Kondenzátor i výparník jsou kotlové výměníky, kde ve výparníku proudí chladivo v trubkách a chlazená látka v prostoru kolem trubek a v kondenzátoru proudí v trubkách ohřívána voda a chladivo proudí v prostoru kolem trubek. Expanzní ventil je elektronicky ovládaný.



Obr. 16 Jednotka EWWQ 360G-SS []

Provozní parametry pro zadané jmenovité podmínky:

- Chladicí výkon: 311 kW
- Příkon: 100 kW
- Topný výkon: 411 kW

Jednotka EWWQ 360G-SS

Tato jednotka obsahuje dva scroll kompresory. Tyto kompresory lze regulovat pouze způsobem start-stop a kvůli tomu může jednotka pracovat buď na 100% výkonu, nebo na 50%. Jednotka obsahuje jeden chladivový okruh a naplní je chladivo R410A. Kondenzátor i výparník jsou deskové výměníky, Expanzní ventil je elektronicky ovládaný.



Obr. 17 Jednotka EWWQ 360G-SS

Provozní parametry pro zadané jmenovité podmínky:

- Chladicí výkon: 312 kW
- Příkon: 100 kW
- Topný výkon: 411 kW

Jednotka EWWQ 380L-SS

Tato jednotka obsahuje čtyři scroll kompresory. Tyto kompresory lze také regulovat pouze způsobem start-stop. Jednotku lze tedy provozovat 100, 75, 50 nebo 25% výkonu. Jednotka obsahuje dva chladivové okruhy a náplní je chladivo R410A. Kondenzátor i výparník jsou deskové výměníky, Expanzní ventil je elektronicky ovládaný.



Obr. 18 Jednotka EWWQ 380L-SS

Provozní parametry pro zadané jmenovité podmínky:

- Chladicí výkon: 324 kW
- Příkon: 104 kW
- Topný výkon: 426 kW

V následující tabulce (Tab. 2) je uvedeno porovnání parametrů uvedených jednotek.

Model	EWWD 380G-XS	EWQ 360G-SS	EWQ 380L-SS
Chladicí výkon (kW)	311	312	324
Topný výkon (kW)	411	411	426
Příkon (kW)	100	100	104
Minimální možný výkon	12,5%	50%	25%
Výška (mm)	1880	1186	1970
Šířka (mm)	860	928	928
Délka (mm)	4305	2432	2801
Hmotnost (kg)	3020	1311	1723
Výparník	Kotlový	Deskový	Deskový
Kondenzátor	Kotlový	Deskový	Deskový
Typ kompresoru	Jednovřetenový ŠK	Scroll	Scroll
Počet kompresorů	2	2	4
Chladivo	R134a	R410A	R410A
Množství chladiva (kg)	130	20	30
Počet okruhů	2	1	2
Cena (Kč)	1642000	870000	1180000

Tab. 2 Srovnání parametrů vybraných jednotek

5.1 Porovnání jednotlivých jednotek v zapojení jako TČ

V této kapitole budou porovnány jednotlivé jednotky využitě na vytápění, za různých podmínek pro objekty s různou tepelnou ztrátou při venkovní výpočtové teplotě -15 °C a při vnitřní výpočtové teplotě 20 °C . Porovnání bude provedeno pro otopné soustavy $35/30\text{ °C}$, $45/40\text{ °C}$, $55/47\text{ °C}$ a $75/65\text{ °C}$. Jako zdroj nízkopotenciálního tepla bude uvažována voda s konstantní teplotou. Její ochlazení ve výparníku je uvažováno 5 K. Otopné období je uvažováno do průměrné denní teploty 13 °C .

Průběh potřebné teploty přiváděné vody do otopného tělesa v závislosti na venkovní teplotě byl spočítán dle následujícího vztahu, dostupného z [2, str. 182].

$$t_{p\check{r}} = t_i + \frac{\Delta t_{w,N} \cdot \frac{\Delta t_w}{\Delta t_{w,N}} \cdot \exp \left[\kappa_N \left(\frac{\Delta t_w}{\Delta t_{w,N}} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]}{\exp \left[\kappa_N \left(\frac{\Delta t_w}{\Delta t_{w,N}} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] - 1} \quad (3)$$

Kde

t_i vnitřní výpočtová teplota [°C]

$\Delta t_{w,N} = t_i - t_{e,N}$ rozdíl vnitřní a vnější jmenovité výpočtové teploty [°C]

$\Delta t_w = t_i - t_e$ rozdíl vnitřní a aktuální vnější teploty [°C]

$\kappa_N = \ln \frac{t_{p\check{r},N} - t_i}{t_{OD,N} - t_i}$ $t_{p\check{r},N}$ je jmenovitá teplota přiváděné vody do otopné soustavy a $t_{OD,N}$ je jmenovitá teplota vody odváděné

n exponent, jehož hodnota závisí na typu otopného tělesa. Pro podlahové vytápění byla uvažována hodnota $n = 1,25$, pro ostatní případy byla uvažována hodnota $n = 1,33$..

Hodnoty teploty vratné vody z otopné soustavy t_{od} byl spočítán z tepelné bilance výměníku.

$$Q = \dot{m} \cdot c_{pw} \cdot (t_{p\check{r}} - t_{od}) \quad (4)$$

Kde

Q tepelný tok do/z otopné vody [kW]

\dot{m} hmotnostní průtok otopné vody [kg/s]

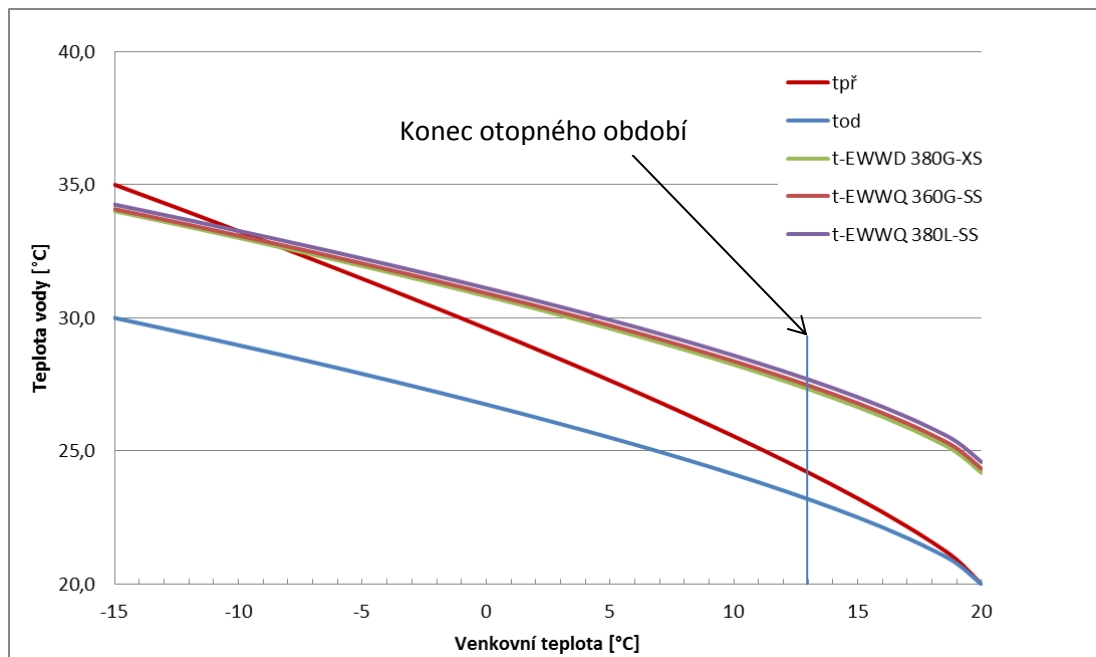
$c_{pw} = 4,18$ kJ/kg*K..... měrná tepelná kapacita vody

$t_{p\check{r}}$ teplota přiváděné vody do otopné soustavy [°C]

t_{od} teplota odváděné vody z otopné soustavy [°C]

5.1.1 Otopná soustava 35/30 °C

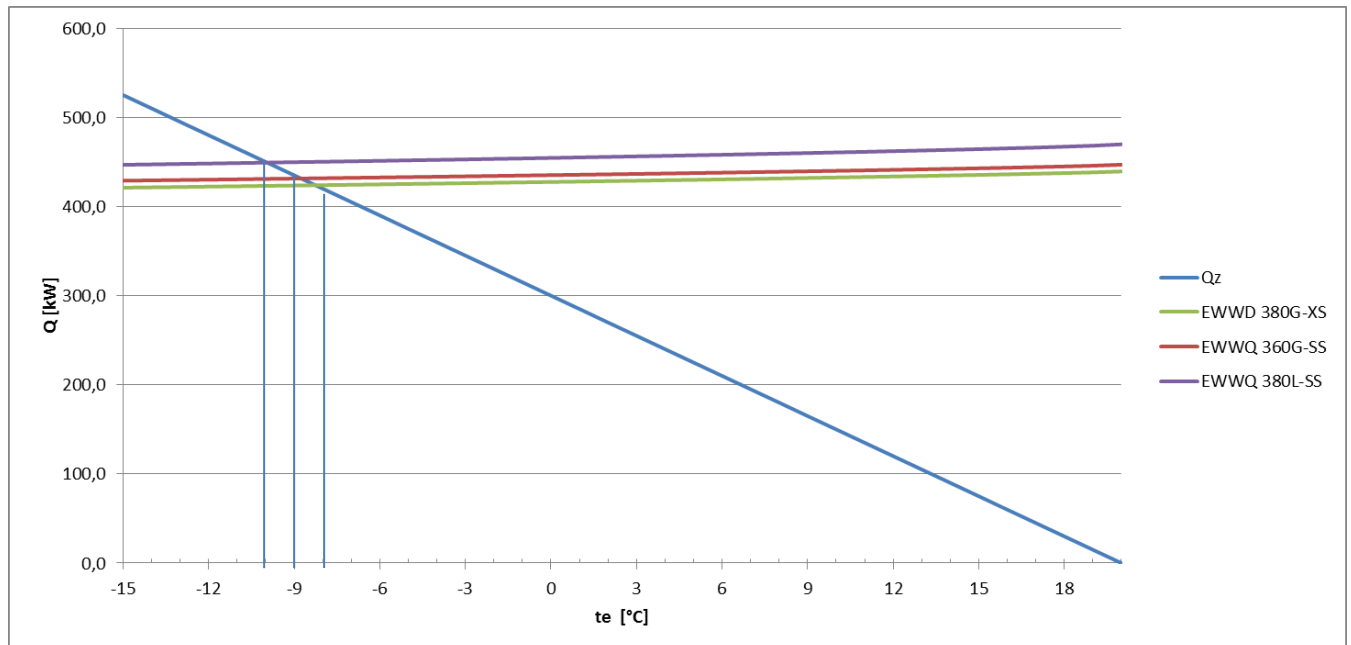
Teploty 35/30 °C se nejčastěji používají v otopných soustavách s velkými otopnými plochami, například v soustavách s podlahovým vytápěním. Předpokladem provozu TČ v těchto teplotách je tedy to, že daný objekt již podlahová otopná tělesa má instalovaná. Může se jednat například o novostavbu bytového domu. Na následujícím grafu (Obr. 19) je znázorněn průběh teplot přívodní a odváděné vody v závislosti na venkovní teplotě. Hmotnostní průtok vody v otopné soustavě byl vypočítán z tepelné ztráty objektu (525 kW) při venkovní výpočtové teplotě (-15 °C) a rozdílu teplot přiváděné a odváděné vody z otopné soustavy (5 K) a je uvažován konstantní, v tomto případě 25,1 kg/s. Teploty přívodní vody byly spočítány dle (3) a teploty vody odváděné dle (4). Teploty dodávané TČ byly spočítány také dle (4).



Obr. 19 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 35/30 °C

Z podkladů od výrobce byla pro každé TČ vynesena závislost topného výkonu TČ na vstupní teplotě vody do kondenzátoru (tj. teplotě odváděné vody z otopné soustavy, která je závislá na venkovní teplotě). Z této závislosti byly dopočítány ostatní hodnoty výkonu TČ pro

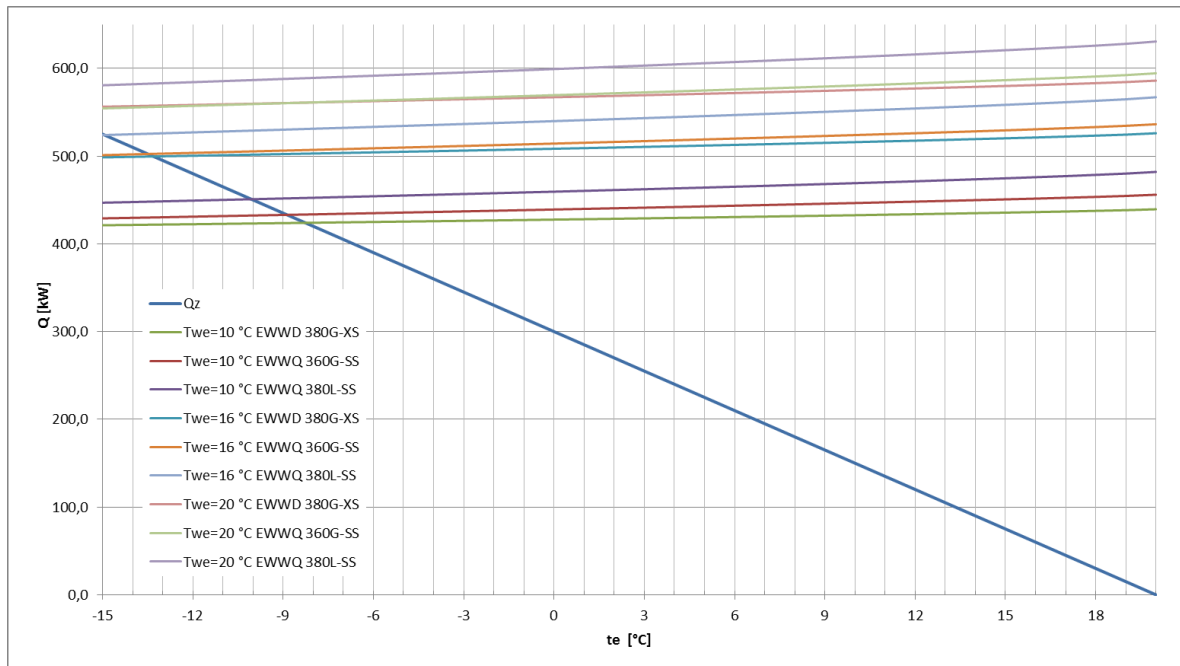
dané teploty vstupní vody. Tepelná ztráta objektu při venkovní teplotě byla zvolena 525 kW. Na následujícím grafu (Obr. 20) je vynesena tepelná ztráta objektu v závislosti na venkovní teplotě a výkony jednotlivých TČ v závislosti na venkovní teplotě.



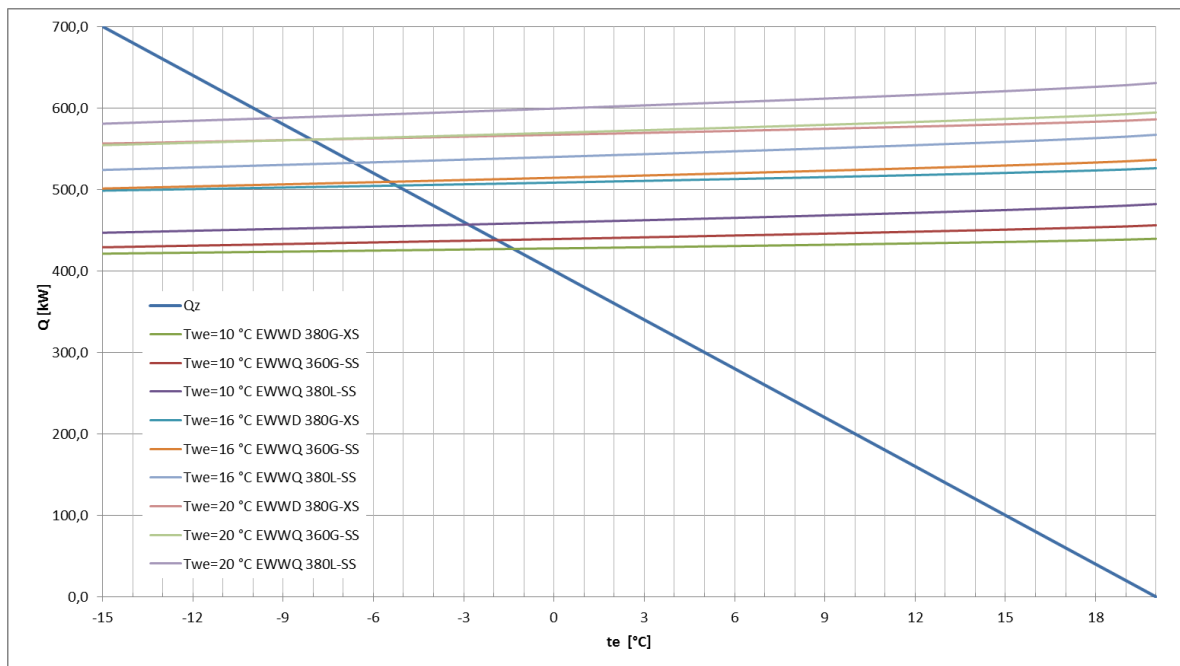
Obr. 20 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 35/30 °C a teploty vody na straně výparníku 10 °C

Z této závislosti vyplývá, že pro model EWWD 380G-XS vychází bod bivalence při -8 °C, pro model EWWQ 360G-SS je bod bivalence -9 °C a pro EWWQ 380L-SS bod bivalence -10 °C.

Na následujícím obrázku (Obr. 21) jsou znázorněny průběhy topných výkonů pro vodu na vstupu do výparníku při teplotě 10, 16 a 20 °C. Z obrázku je patrné, že se zvyšující se teplotou vody na vstupu do výparníku roste výkon TČ. Pokud by byla k dispozici voda o teplotě například 16 °C, šlo by provozovat model EWWQ 380L-SS v objektu s touto tepelnou ztrátou jako monovalentní. Při teplotě vody na vstupu do výparníku 20 °C (např. odpadní voda) by již tato TČ byla pro tento objekt předimenzovaná. Na Obr. 22 je znázorněno použití TČ v objektu s větší tepelnou ztrátou (např. 700kW). Pokud by byla možnost využití vyšší teploty vody vstupující do výparníku, bylo by výhodné TČ nasadit.



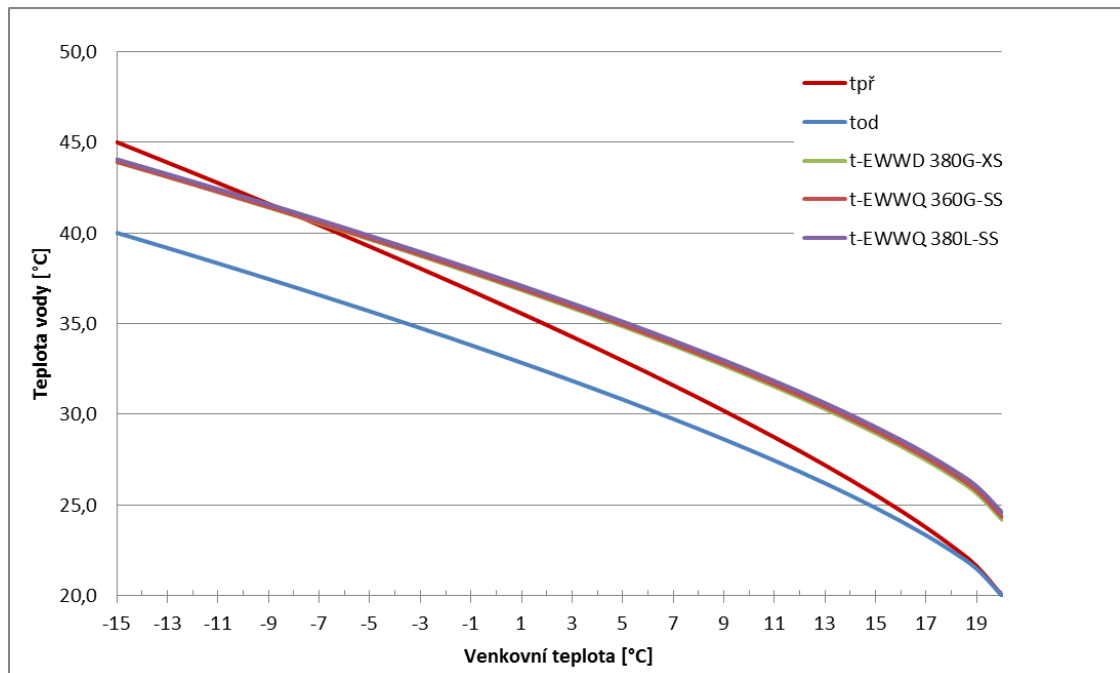
Obr. 21 Průběhy topných výkonů při teplotě vody na vstupu do výparníku 10, 16 a 20 °C v objektu s tepelnou ztrátou 525 kW



Obr. 22 Průběhy topných výkonů při teplotě vody na vstupu do výparníku 10, 16 a 20 °C v objektu s tepelnou ztrátou 700 kW

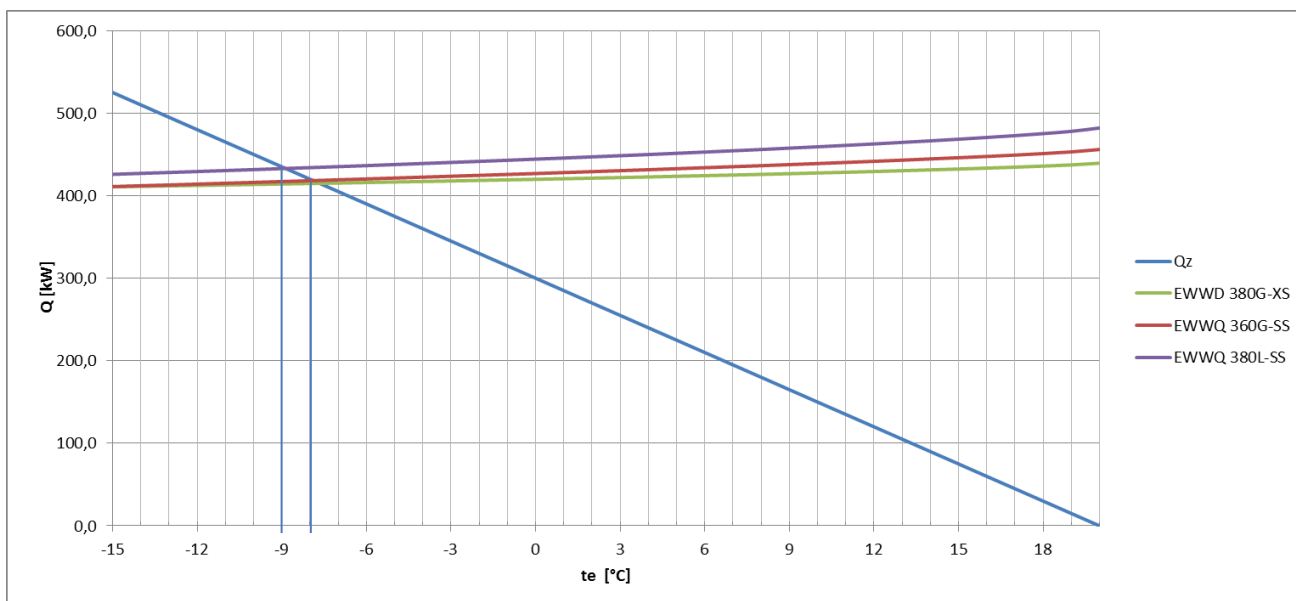
5.1.2 Otopná soustava 45/40 °C

K provozování otopné soustavy s teplotami 45/40 °C je zapotřebí velkoplošných otopných těles, například stropního vytápění. Následující graf (Obr. 23) zobrazuje průběh potřebné teploty přiváděné a odváděné vody z otopné soustavy a průběh teploty vody dodávané TČ. Průtok vody je v tomto případě také 25,1 kg/s.



Obr. 23 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 45/40 °C

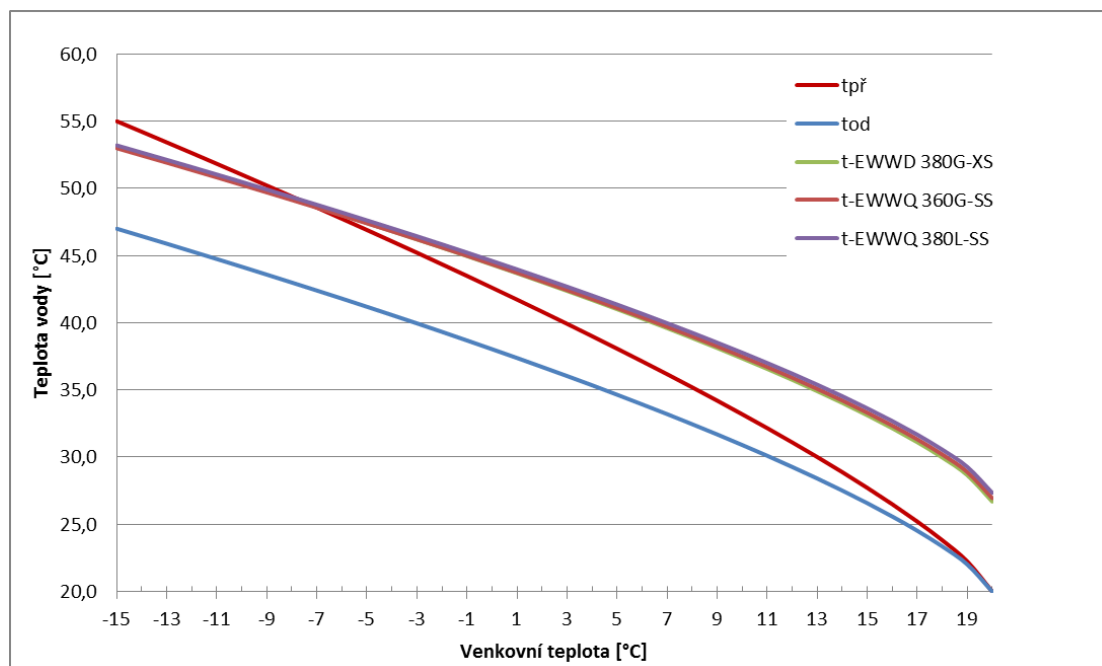
Z vypočtených výkonů TČ byly opět zjištěny body bivalence pro otopnou soustavu 45/40 °C. Při uvažování pouze vytápění je bivalentní bod pro model EWWD 380G-XS při -8 °C, model EWWQ 360G-SS má bivalentní bod také při -8 °C a model EWWQ 380L-SS má bivalentní bod při -9 °C (viz Obr. 24).



Obr. 24 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 45/40 °C

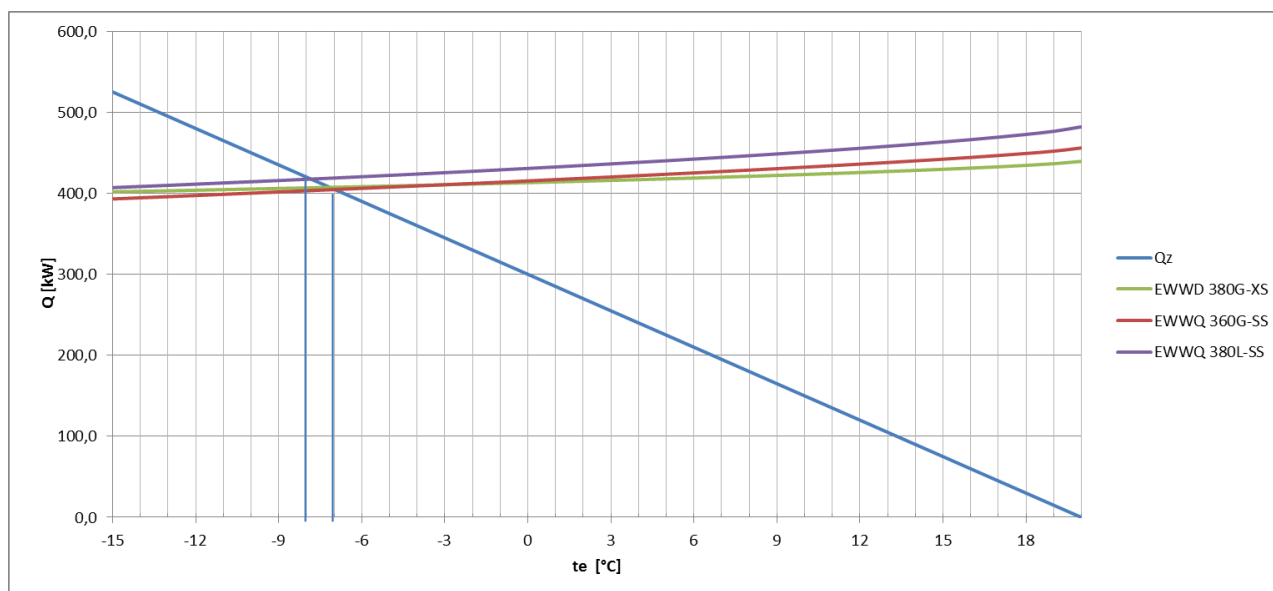
5.1.3 Otopná soustava 55/47 °C

Průběh potřebných teplot vody přiváděné do otopné soustavy a průběh teplot vody odváděné z otopné soustavy v závislosti na venkovní teplotě a průběh teplot dodávaných TČ je vyneseno na následujícím grafu (Obr. 25).



Obr. 25 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 55/47 °C

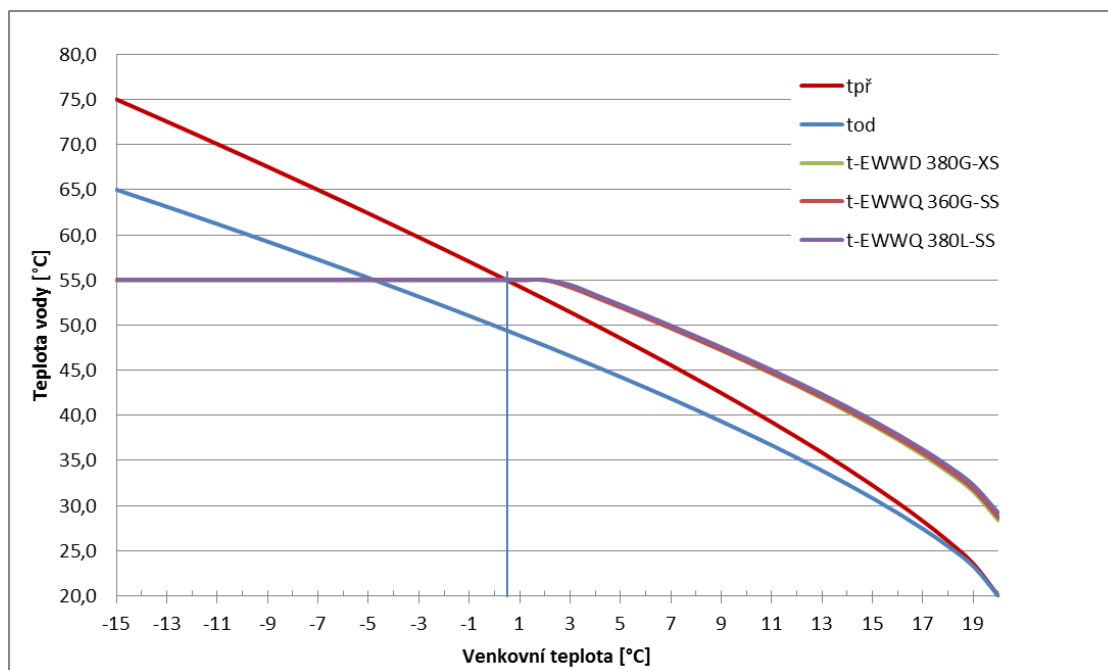
Z vypočtených výkonů TČ byly opět zjištěny body bivalence pro otopnou soustavu 55/47 °C. Při uvažování pouze vytápění, se bivalentní body pro modely EWWQ 380G-XS a EWWQ 360G-SS přesouvají na -7°C. U modelu EWWQ 380L-SS bod bivalence leží na hodnotě -8 °C.



Obr. 26 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 55/47 °C

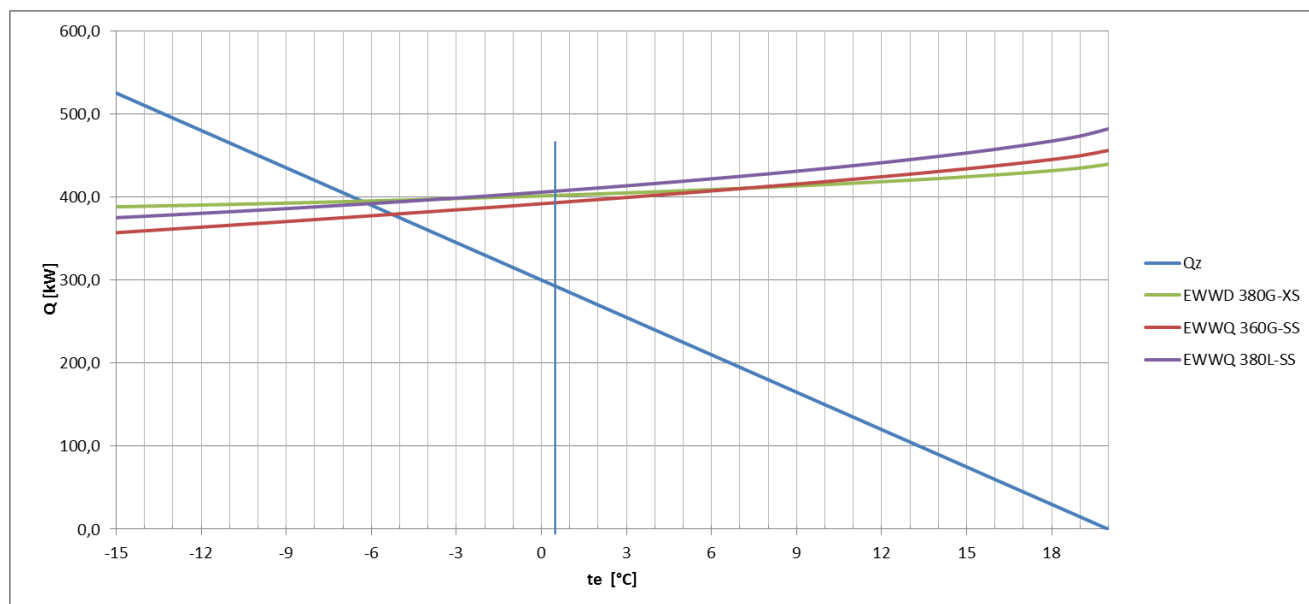
5.1.4 Otopná soustava 75/65 °C

V následujícím grafu (Obr. 27) jsou vyneseny potřebné teploty vody přiváděné do otopné soustavy a potřebné teploty vody odváděné z otopné soustavy pro provoz při jmenovitých teplotách 75/65 °C. Tyto teploty je možno použít pro klasická článková otopná tělesa. V tomto případě je bivalentní bod určený maximální teplotou 55 °C, kterou je schopno TČ dle podkladů firmy Daikin dosáhnout. Bod bivalence je tedy pro všechny tři modely stejný, a to 1 °C. Od teplot nižších než -5 °C se již TČ vypíná, protože vratná voda z otopné soustavy má vyšší teplotu než 55 °C. Pro tuto variantu by muselo TČ být doplněno dalším zdrojem, který by vodu dohříval na požadovanou teplotu 75 °C.



Obr. 27 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 75/65 °C

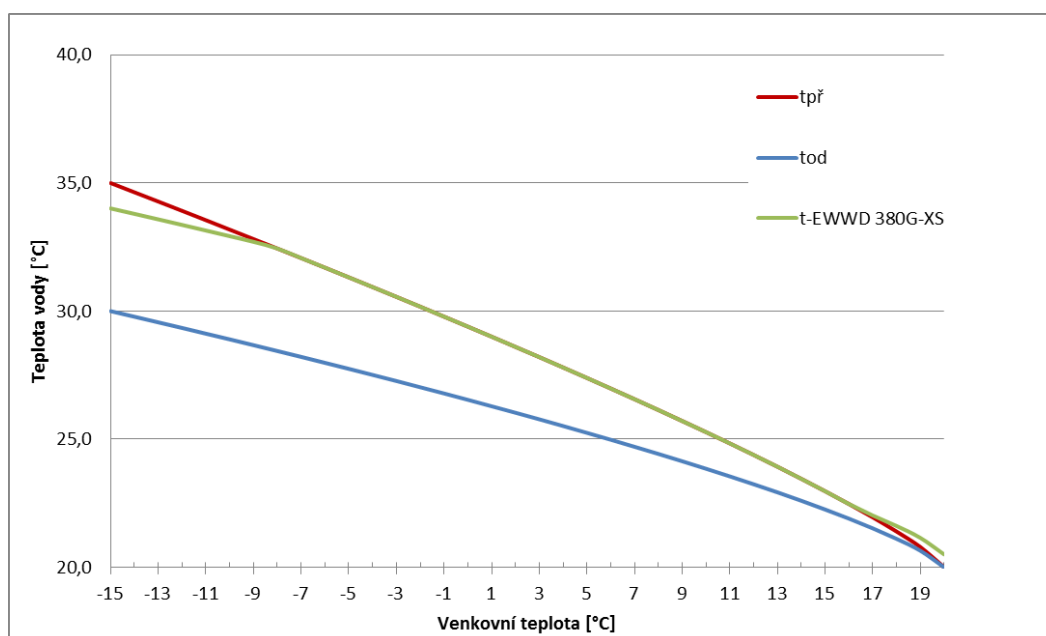
Jak je patrné z následujícího grafu, při teplotě +0,5 °C danou maximální dosažitelnou teplotou TČ, mají všechna TČ přebytek výkonu a bylo by tedy vhodné je instalovat do objektu s větší tepelnou ztrátou, než má tento zkoumaný objekt, aby průsečík křivky tepelné ztráty objektu a tepelného výkonu TČ nastal při +0,5 °C.



Obr. 28 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 75/65 °C

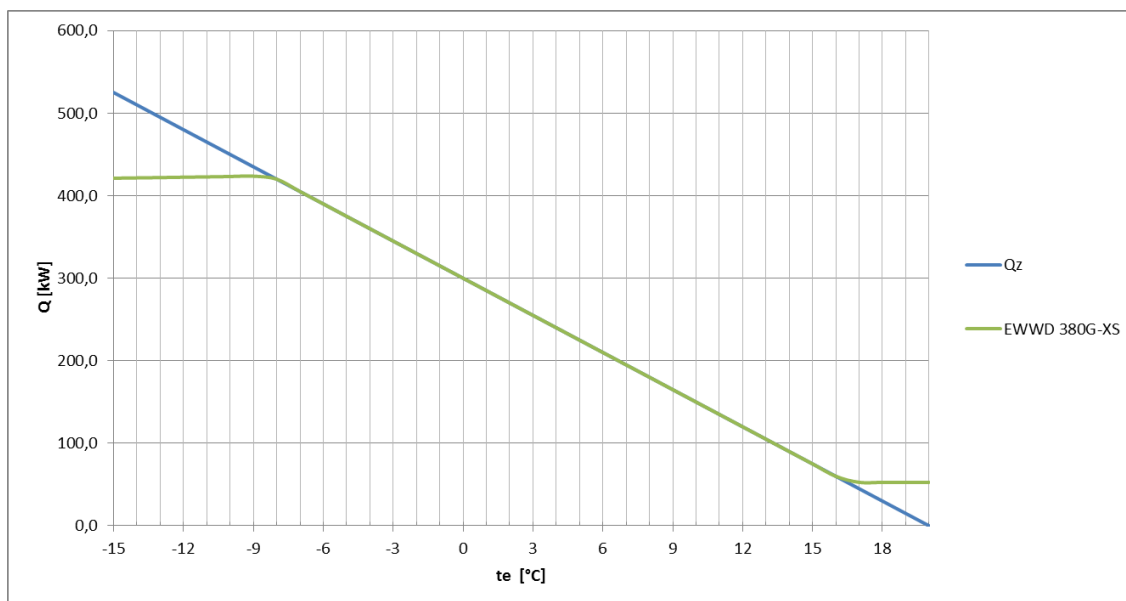
5.2 Možnosti regulace

Z grafů pro všechny varianty je také patrné, že TČ při vyšších teplotách vzduchu dosahuje větších výkonů a teplot než je potřeba objektu. Z tohoto hlediska je použití modelu EWWD 380G-XS výhodné díky možnosti plynulé regulace výkonu v rozsahu 100 až 12,5 %. U modelu EWWQ 360G-SS lze výkon regulovat pouze vypnutím jednoho z kompresoru a tím se dostat na 50 % výkonu. Model EWWQ 380L-SS obsahuje čtyři kompresory a lze ho regulovat mezi hodnotami 100, 75, 50 a 25 %. Při stavech s přebytkem výkonu, zejména u TČ, která nemají možnost plynulé regulace, by bylo vhodné využít akumulace tepla zařazením akumulární nádrže mezi kondenzátor a otopnou soustavu. Na Obr. 29 je znázorněn průběh teplot dodávaných TČ s plynulou regulací (EWWD 380G-XS) v otopné soustavě 35/30 °C, zatímco na Obr. 31 je znázorněn průběh teplot dodávaných TČ s možností regulace výkonu pouze na 50% (EWWQ 360G-SS).



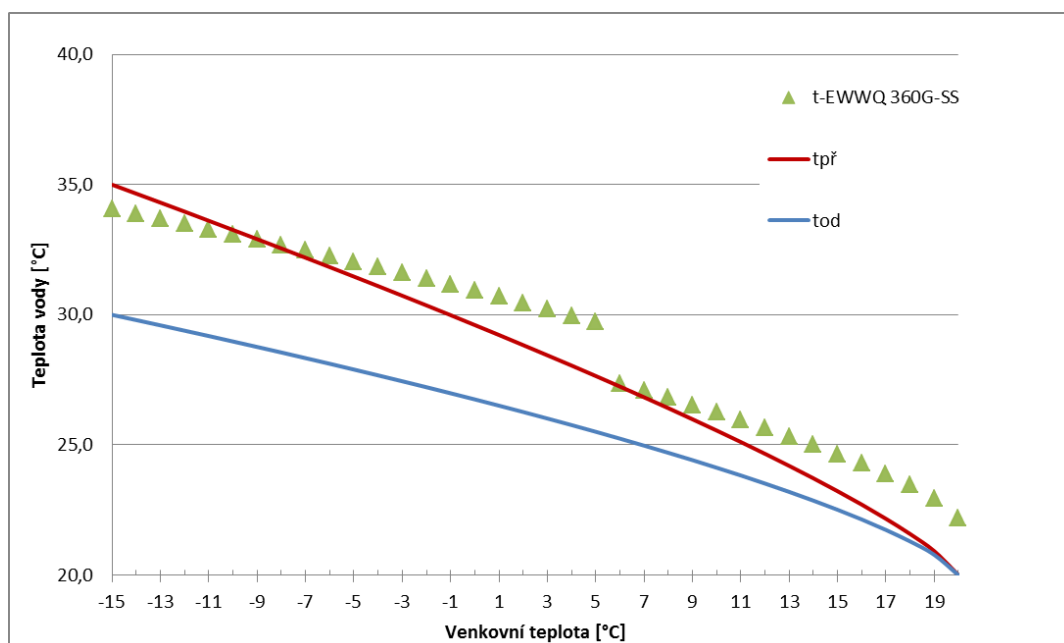
Obr. 29 Průběh teplot dodávaných TČ s plynulou regulací

Na Obr. 30 je znázorněn průběh topného výkonu TČ s plynulou regulací v závislosti na venkovní teplotě. Z průběhu výkonu je patrné, že při plynulé regulaci výkonu TČ dodává požadované množství tepla a nevznikají žádné přebytky.

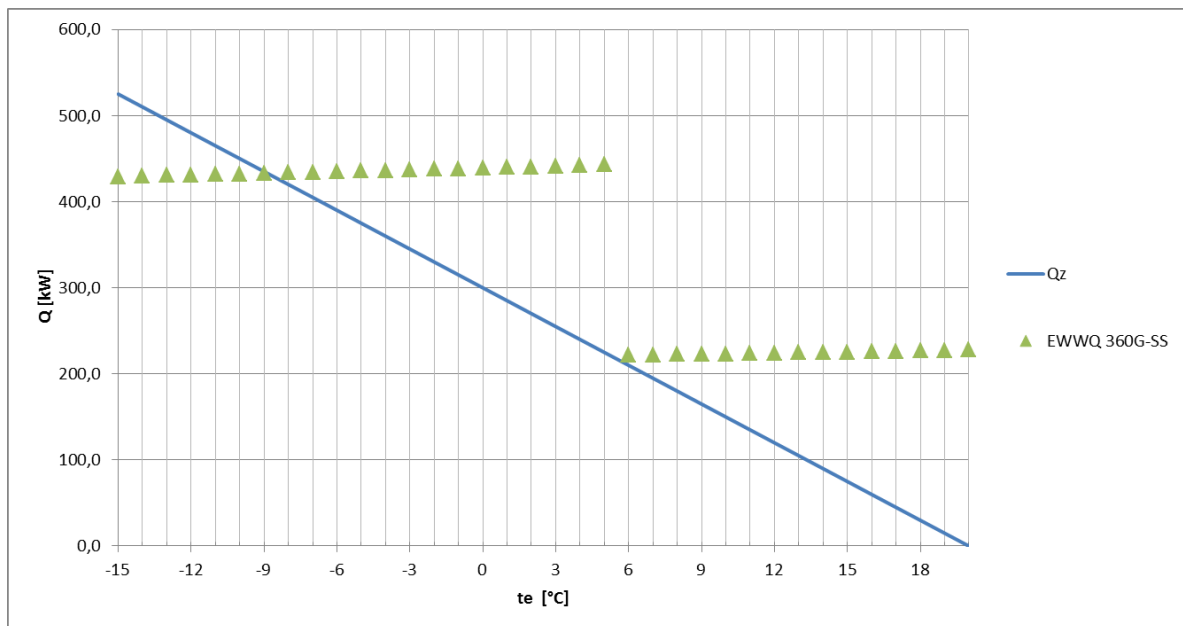


Obr. 30 Průběh výkonu TČ s plynulou regulací

Teploty vyšší než potřebné, které jsou zobrazeny na Obr. 31 lze řešit zařazením akumulční nádrže a směřováním otopné vody s vratnou vodou trojcestným ventilem na požadovanou teplotu.

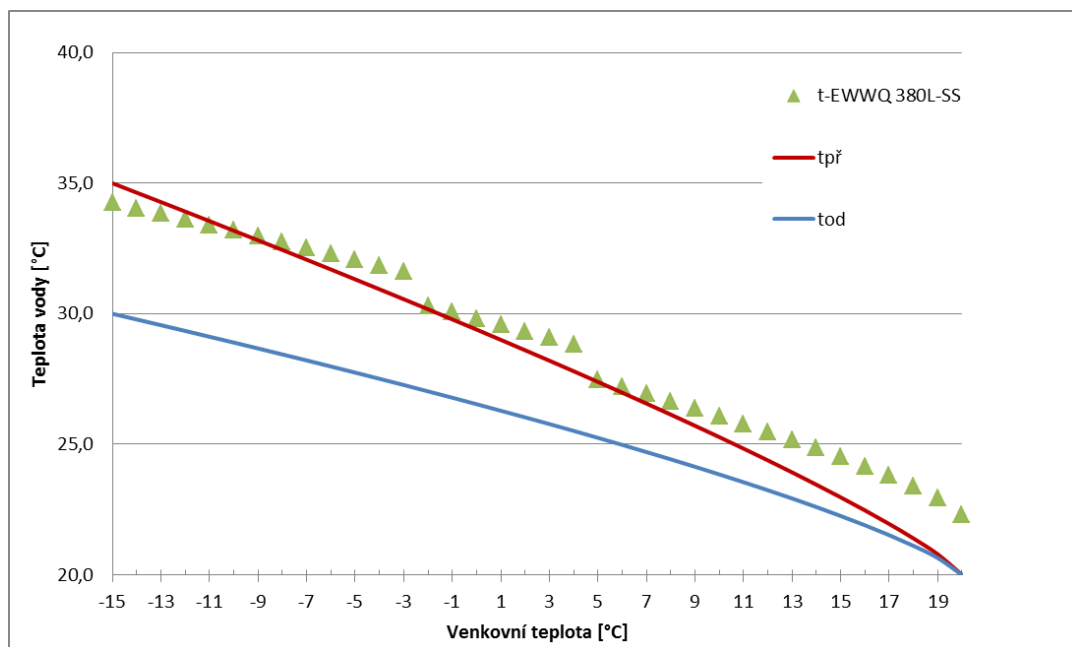


Obr. 31 Průběh teplot dodávaných TČ s možností regulace výkonu na 50 %

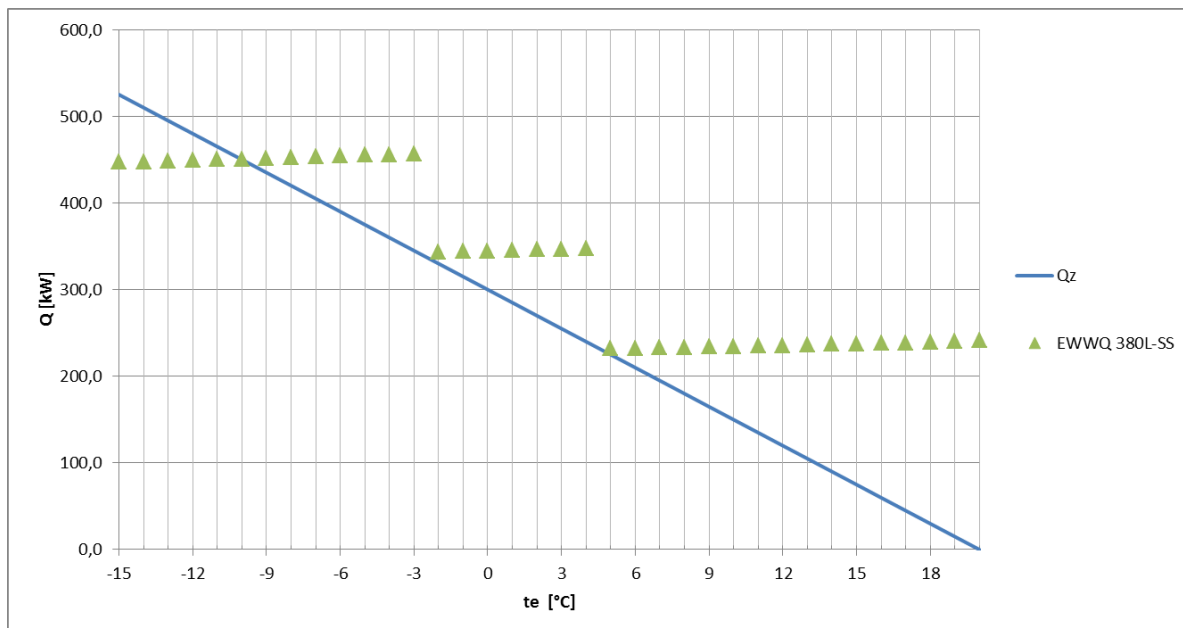


Obr. 32 Průběh výkonu TČ s možností regulace výkonu na 50%

Při použití modelu EWWQ 380L-SS lze vidět na Obr. 33, že díky regulaci na 75% a 50% lze dosáhnout malých rozdílů teploty potřebné a teploty dodávané. Tyto rozdíly jsou ještě menší u soustav 45/40 a 55/47 °C.



Obr. 33 Průběh teplot dodávaných TČ s možností regulace výkonu na 75 a 50 %



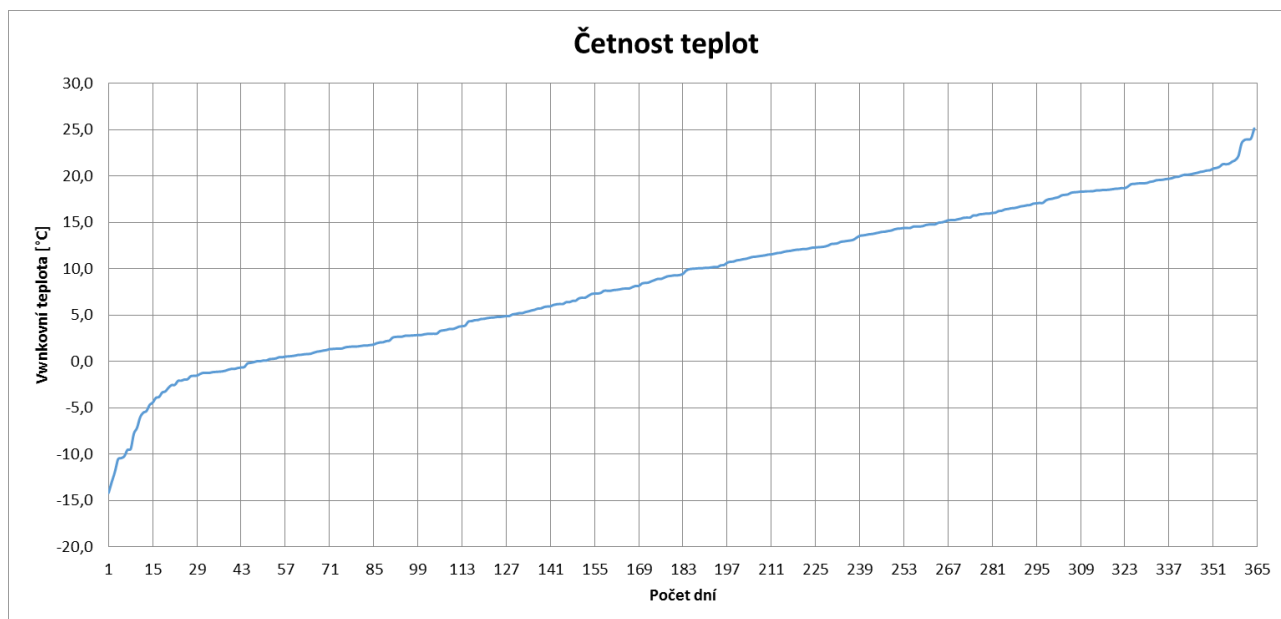
Obr. 34 Průběh výkonu TČ s možností regulace výkonu na 75 a 50%

6 Ekonomické zhodnocení použití TČ k vytápění

V této kapitole bude provedeno ekonomické zhodnocení jednotlivých jednotek pracujících v otopné soustavě v teplotách uvedených v předchozí kapitole. Hodnocení bude provedeno pro více variant:

- Varianta 1) – Tepelná ztráta objektu 525 kW, teplota vody na vstupu do výparníku $t_{we} = 10^{\circ}\text{C}$
- Varianta 2) - Tepelná ztráta objektu 1050 kW, teplota vody na vstupu do výparníku $t_{we} = 10^{\circ}\text{C}$
- Varianta 3) - Tepelná ztráta objektu 1050 kW, teplota vody na vstupu do výparníku $t_{we} = 20^{\circ}\text{C}$

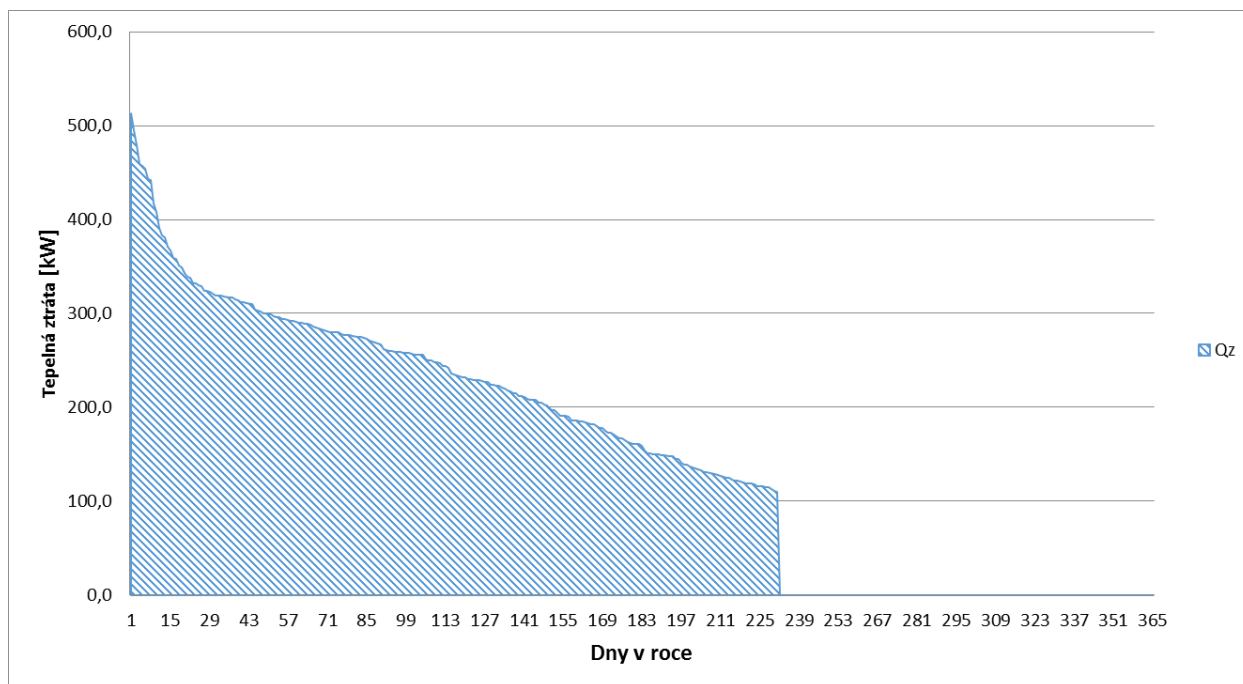
Pro výpočty byly využity podklady o průměrných denních teplotách v lokalitě Mošnov, okres Nový Jičín. Četnost denních teplot je znázorněna na následujícím diagramu (Obr. 35).



Obr. 35 Četnost výskytu teplot v lokalitě Mošnov, Nový Jičín

6.1 Varianta 1)

Tepelná ztráta objektu při vnější výpočtové teplotě -15 °C byla uvažována 525 kW. Pro jednotlivé průměrné denní teploty byla dále vypočítána konkrétní tepelná ztráta objektu. Z těchto ztrát byl sestaven diagram trvání potřeby tepla pro posuzovaný objekt během topné sezony, která činí pro tento případ 231 dní (Obr. 36). Plocha vyznačená šrafy představuje potřebu tepla po dobu otopné sezony, která vychází 1322514 kWh/rok, což je 4761,1 GJ/rok.



Obr. 36 Diagram trvání potřeby tepla pro objekt s tepelnou ztrátou 525 kW

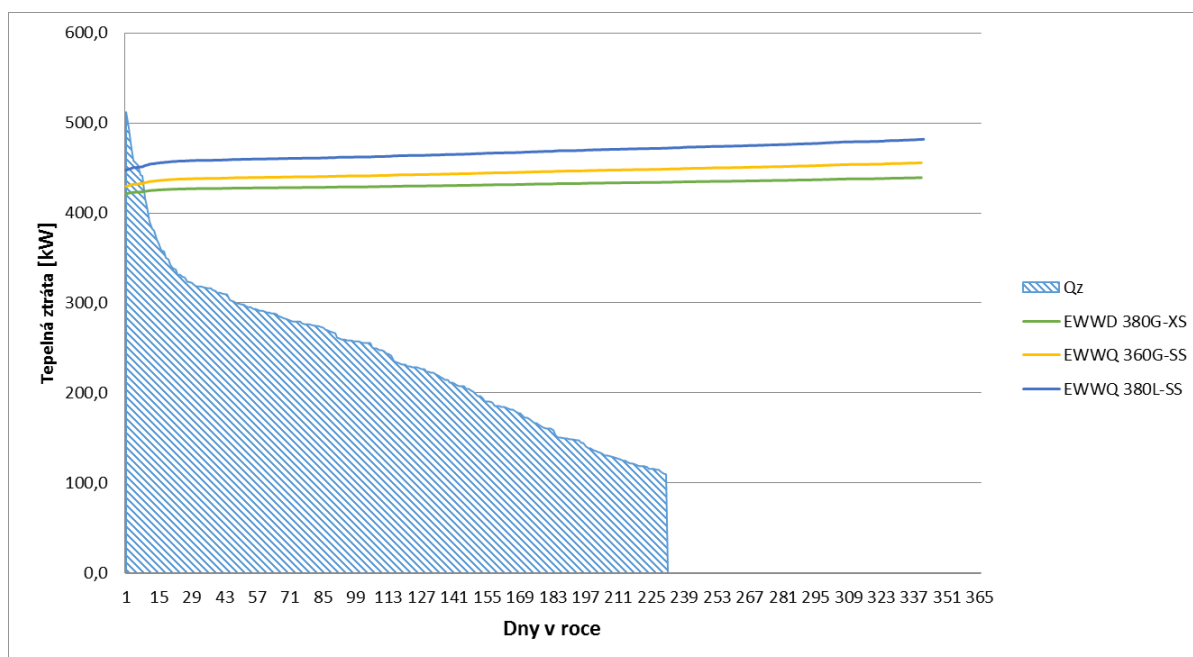
V této části bude předpokládáno, že se TČ bude využívat pouze k otopu a nikoliv k ohřevu TUV. Porovnávána byla opět TČ v otopných soustavách s teplotami 35/30, 45/40, 55/47 a 75/65 °C. Pro soustavy 35/30, 45/40 a 55/47 °C bylo uvažováno paralelně bivalentní zapojení, kde je TČ provozováno i pod bodem bivalence a bivalentní zdroj kryje ztráty, které nestačí pokrýt výkon TČ. Jako bivalentní zdroj byl uvažován elektrokotel a plynový kotel. Cena elektrické energie byla určena z podkladů firmy ČEZ dle tarifu D57d (tarif určen pro vytápění elektrokotlem). Do ceny za kWh nebyla započtena stálá platba, neboť nás zde zajímá pouze cena spotřebované energie na samotné vytápění. Cena plynu byla určena také z ceníku firmy ČEZ. Cena tepla z CZT byla určena z ceníku Pražské teplárenské. Ceny energií a celkové ceny pro pokrytí tepelné potřeby objektu (4761,1 GJ/rok) při vytápění elektrokotlem, plynovým kotlem, nebo odběru tepla z CZT, jsou uvedeny v Tab. 3.

Cena	Kč/kWh	Kč/GJ	Cena za rok [Kč]
Plyn	1,09	302,7	1 441 284
Elektřina	1,98	550,3	2 621 026
CZT	2,11	587	2 794 373

Tab. 3 Ceny tepla při vytápění objektu s tepelnou ztrátou 525 kW

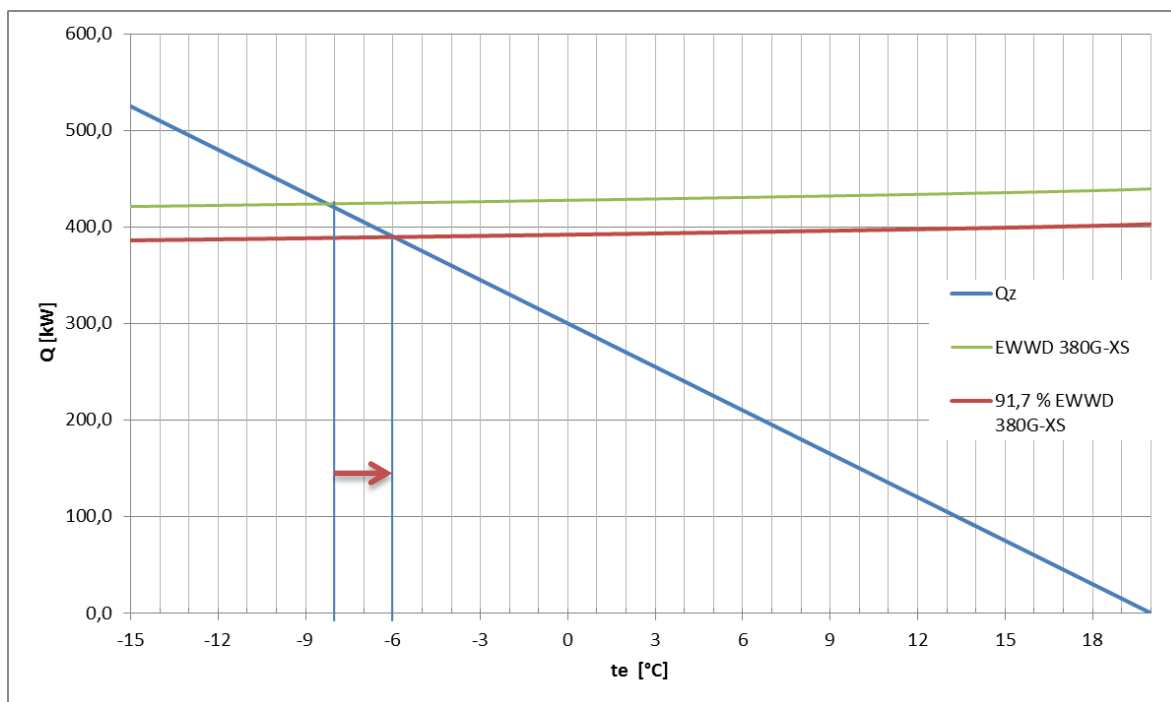
6.1.1 Otopná soustava 35/30 °C

Na následujícím obrázku (Obr. 37) jsou zobrazeny výkony TČ v diagramu roční potřeby tepla. Z tohoto obrázku vyplývá, že TČ bude v tomto objektu provozováno na plný výkon pouze několik dní v roce.



Obr. 37 Výkony TČ v otopné soustavě 35/30 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Bivalentní bod bude oproti bodu na Obr. 20 posunutý na vyšší teplotu kvůli nemožnosti provozovat TČ 24 hodin denně (nízký tarif je pouze 22h). Tento posun je pro TČ EWWQ 380G-XS znázorněn na Obr. 38. Pro znázornění v diagramu výkonu závislého na venkovní teplotě byl původní výkon vynásoben 22/24, což činí 91,7 % původního výkonu. Takto jsou zvýšeny všechny body bivalence v následujících variantách.



Obr. 38 Zvýšení teploty bivalence kvůli nemožnosti provozu TČ 24 hodin

Cena elektrické energie pro TČ byla vypočítána z podkladů firmy ČEZ dle tarifu D56d, který je určen pro vytápění pomocí TČ a bylo předpokládáno používání TČ v nízkém tarifu, který je pro tuto sazbu 22h. Cena za kWh elektřiny je v tomto případě 1,9 Kč/kWh. V Tab. 4 je zobrazena roční spotřeba elektrické energie TČ a spotřeba bivalentního zdroje pro provoz v otopné soustavě 35/30°C.

EWW 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie TČ [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie TČ [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie TČ [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
208 665	16 485	220 378	14 491	211 113	10601

Tab. 4 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 35/30 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

Porovnání ročních úspor a doby návratnosti při nasazení TČ s bivalentním zdrojem oproti vytápění bez TČ pro otopnou soustavu se jmenovitými teplotami 35/30 °C, tedy pro objekt s podlahovým vytápěním, je zobrazeno v následující tabulce (Tab. 5).

Při výpočtu doby návratnosti však nebyla uvažována investice do nákupu bivalentního zdroje, pouze investice do TČ. Roční náklady na provoz byly spočítány vynásobením roční spotřeby elektrické energie TČ cenou elektřiny uvedenou v Tab. 3 a sečtením se spotřebou energie bivalentního zdroje vynásobenou cenou příslušné energie (elektřina nebo plyn).

Model TČ		EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	2 189 650	2 203 269	2 173 847	2 185 588	2 198 841	2 207 431
	Plyn	1 009 908	1 023 527	995 033	1 006 773	1 020 027	1 028 616
	CZT	2 363 361	2 376 979	2 348 485	2 360 226	2 373 479	2 382 069
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,75	0,75	0,40	0,40	0,54	0,53
	Plyn	1,63	1,60	0,87	0,86	1,16	1,15
	CZT	0,69	0,69	0,37	0,37	0,50	0,50

Tab. 5 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 35/30 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

Z této tabulky vyplývá, že nejkratší doby návratnosti lze dosáhnout použitím TČ EWWQ 360G-SS oproti vytápění objektu teplem z CZT, ale největších úspor lze dosáhnout použitím modelu EWWQ 380L-SS. Také je možné pozorovat, že volba bivalentního zdroje nijak zásadně dobu návratnosti neovlivňuje. Cenu za dodaný GJ tepla volba bivalentního zdroje taktéž příliš neovlivňuje. Ceny tepla (Kč/GJ) jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 6).

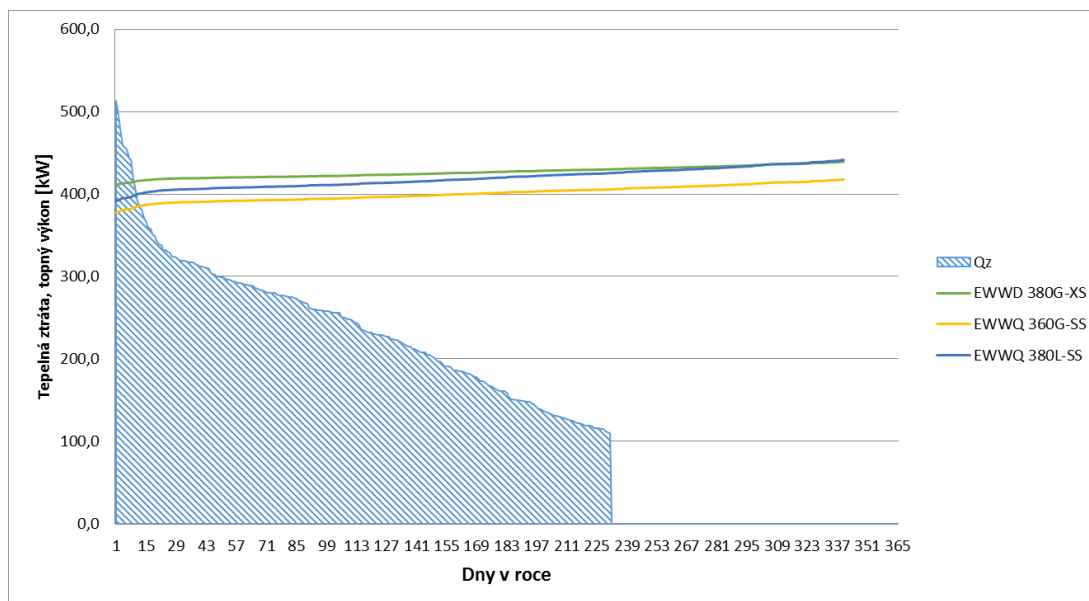
Model TČ		EWWQ 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	90,6	93,7	88,5
	TČ + plynový kotel	87,7	91,3	86,7

Tab. 6 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 35/30 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

Ve všech případech je tedy cena dodaného GJ tepla nižší než při vytápění jen elektrokotlem, plynovým kotlem, nebo odběru tepla z CZT (viz Tab. 3). Při použití elektrokotle i plynového kotle jako bivalentního zdroje vychází nejnižší cena tepla pro model EWWQ 380L-SS.

6.1.2 Otopná soustava 45/40 °C

Na následujícím obrázku je zobrazena potřeba tepla objektu a výkony jednotlivých modelů TČ v otopné soustavě 45/40 °C.



Obr. 39 Výkony TČ v otopné soustavě 45/40 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Spotřeba energií TČ a bivalentního zdroje pro soustavu 45/40 °C je zobrazena v Tab. 7.

EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
245 637	18 847	250 561	18 208	241 252	14 681

Tab. 7 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 45/40°C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

Pro teploty 45/40 °C jsou roční úspory a doby návratnosti zobrazeny v Tab. 8. Nejkratší doba návratnosti je dosažena použitím modelu EWWQ 360G-SS.

Model TČ		EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Cena TČ [Kč]		1 642 000		870 000		1 180 000	
Bivalentní zdroj		TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	2 114 289	2 129 859	2 109 439	2 124 190	2 133 827	2 145 721
	Plyn	934 547	950 117	930 624	945 376	955 013	966 907
	CZT	2 287 999	2 303 570	2 284 077	2 298 828	2 308 465	2 320 359
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,78	0,77	0,41	0,41	0,55	0,55
	Plyn	1,76	1,73	0,93	0,92	1,24	1,22
	CZT	0,72	0,71	0,38	0,38	0,51	0,51

Tab. 8 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 45/40 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

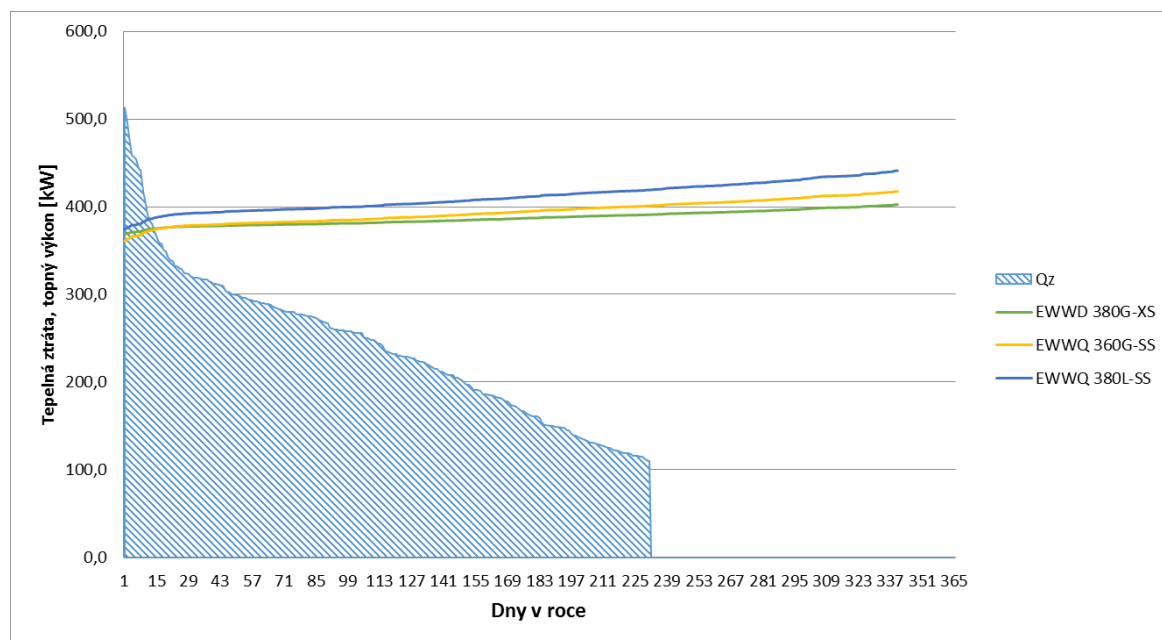
Ceny za GJ jsou uvedeny v Tab. 9. V tomto případě nasazením TČ EWWQ 380L-SS lze dosáhnout nejnižších cen u obou variant bivalentního zdroje.

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWQ 360G-SS	EWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	106,4	107,3	102,1
	TČ + plynový kotel	103,2	104,2	99,6

Tab. 9 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 45/40 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

6.1.3 Otopná soustava 55/47 °C

Na obr je znázorněna potřeba tepla objektu a jednotlivé výkony TČ v otopné soustavě 55/47 °C.



Obr. 40 Výkony TČ v otopné soustavě 55/47 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Spotřeba energií TČ a bivalentního zdroje pro otopnou soustavu 55/47 °C je zobrazena v Tab. 10.

EWWD 380G-XS		EWQ 360G-SS		EWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
284 844	21 174	286 080	22 475	276 526	18 651

Tab. 10 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 55/47 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

Pro otopnou soustavu 55/47 °C jsou roční úspory a doby návratnosti uvedeny v Tab. 11. Nejkratší doby návratnosti jako v předchozích případech dosahuje model EWQ 360G-SS.

Model TČ		EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	2 034 712	2 052 205	2 033 845	2 052 054	2 059 264	2 074 374
	Plyn	854 970	872 462	855 030	873 239	880 449	895 560
	CZT	2 208 423	2 225 915	2 208 483	2 226 692	2 233 902	2 249 012
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,81	0,80	0,43	0,42	0,57	0,57
	Plyn	1,92	1,88	1,02	1,00	1,34	1,32
	CZT	0,74	0,74	0,39	0,39	0,53	0,52

Tab. 11 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 55/47 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

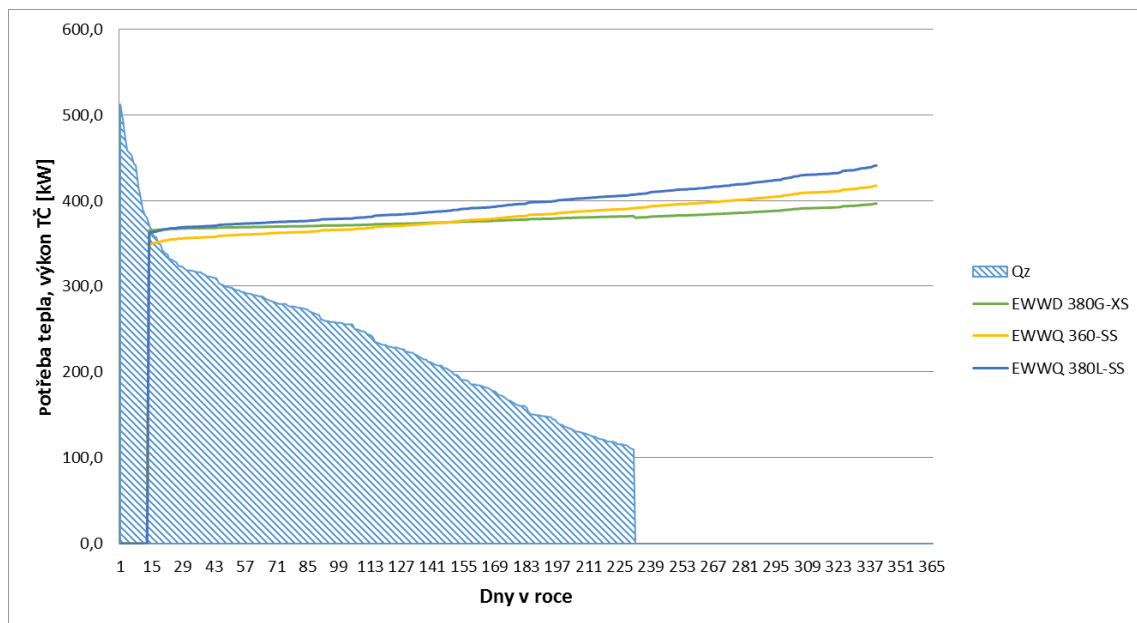
Ceny za GJ tepla jsou uvedeny v Tab. 12. V tomto případě, stejně jako v případě s otopnou soustavou 45/40 °C, dosahuje nejlepších cen za GJ tepla model EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWQ 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	123,1	123,1	117,8
	TČ + plynový kotel	119,5	119,3	114,6

Tab. 12 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 55/47 °C, Qz = 525 kW, t_{we} = 10 °C

6.1.4 Otopná soustava 75/65 °C

Na obr je zobrazena potřeba tepla objektu pro otopné období a výkony jednotlivých TČ. Zde lze pozorovat, že TČ nepracuje po celou dobu otopného období kvůli maximální dosažitelné teplotě 55 °C (viz Obr. 27).



Obr. 41 Výkony TČ v otopné soustavě 75/65 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Spotřeba energií TČ a bivalentního zdroje pro otopnou soustavu 75/65 °C je uvedena v Tab. 13.

EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
333 049	246 565	337 088	249 541	325 818	246 676

Tab. 13 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 75/65 °C, Q_z = 525 kW, t_{we} = 10 °C

Doby návratnosti a roční úspory jsou zobrazeny v Tab. 14. V tomto případě bude TČ pracovat pouze do teploty -5 °C. Pak je vratná teplota z otopné soustavy vyšší než 55 °C, a tedy TČ již nelze použít ani pro předehřev vody. Při teplotách nižších než -5 °C musí být celé tepelné ztráty pokryty bivalentním zdrojem.

Nejkratší doba návratnosti nastane při použití modelů EWWD 380G-XS a EWWQ 360G-SS s plynovým kotlem, oproti vytápění teplem z CZT.

Model TČ		EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	1 518 830	1 718 596	1 505 501	1 707 678	1 532 359	1 732 215
	Plyn	340 015	539 781	326 687	528 864	353 545	553 401
	CZT	1 693 468	1 893 233	1 680 139	1 882 316	1 706 997	1 906 853
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,57	0,51	0,58	0,51	0,77	0,68
	Plyn	2,56	1,61	2,66	1,65	3,34	2,13
	CZT	0,51	0,46	0,52	0,46	0,69	0,62

Tab. 14 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C, Q_z = 525 kW, t_{we} = 10 °C

V Tab. 15 jsou uvedeny ceny za GJ tepla při použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C. Nejnižších cen za GJ tepla lze dosáhnout použitím modelu EWWQ 380L-SS s plynovým kotlem.

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	231,3	234,1	228,5
	TČ + plynový kotel	189,3	191,6	186,5

Tab. 15 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 75/65 °C, Q_z = 525 kW, t_{we} = 10 °C

6.1.5 Shrnutí varianty 1)

Z hlediska krátkodobého by pro variantu 1) vycházel nejlépe model EWWQ 360G-SS, protože zejména díky jeho ceně, která je nejnižší ze všech třech hodnocených modelů, má ve

všech variantách nejkratší dobu návratnosti. Z dlouhodobějšího hlediska, kterým je cena za dodaný GJ tepla, nejlépe vychází ve všech případech model EWWQ 380L-SS s plynovým kotlem jako bivalentním zdrojem. Velká výhoda modelu EWWQ 380L-SS, jak již bylo uvedeno v kapitole 5, je možnost plynulé regulace výkonu v rozsahu 100 až 12,5% a tím pádem přesné dodání požadovaného tepelného výkonu. Bylo by tedy vhodné nasadit model EWWQ 380L-SS do objektu, který nemá k dispozici akumulční nádrž nebo tam, kde není možnost ji umístit. Modely EWWQ 360G-SS a EWWQ 380L-SS, jež nedisponují plynulou regulací, by bylo vhodné doplnit akumulční nádrží, aby byla zajištěna požadovaná dodávka tepla do objektu. Obecně je výhodnější TČ nasazovat do objektů přizpůsobených k nízkoteplotnímu vytápění, například v objektech s podlahovým vytápěním, neboť v těchto případech budou ceny za GJ tepla nejnižší (viz Tab. 16). Nasazením TČ v otopné soustavě 75/65 °C je sice nákladnější oproti TČ v otopných soustavách s nižšími teplotami, ale oproti vytápění elektřinou a CZT je cena za GJ tepla zhruba o polovinu levnější, takže se investice do TČ vyplatí. V otopné soustavě 75/65 °C je také nutný bivalentní zdroj, který je schopen krýt celou tepelnou ztrátu objektu, kvůli maximální teplotě TČ (viz Obr. 27). Na druhou stranu toto řešení může být výhodné, protože by mohl být původní plynový nebo elektrický kotel zachován.

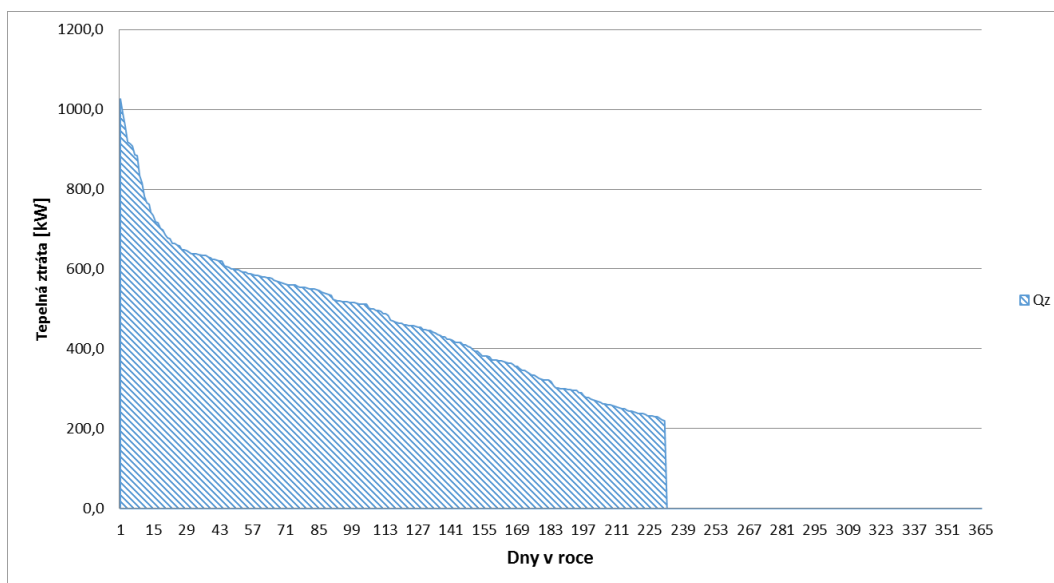
Cena tepla [Kč/GJ]	TČ + Bivalentní zdroj	Otopná soustava	Model TČ		
			EWWQ 380L-SS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
	TČ + elektrokotel	35/30 °C	90,6	93,7	88,5
	TČ + plyn. kotel		87,7	91,3	86,7
	TČ + elektrokotel	45/40 °C	106,4	107,3	102,1
	TČ + plyn. kotel		103,2	104,2	99,6
	TČ + elektrokotel	55/47 °C	123,1	123,1	117,8
	TČ + plyn. kotel		119,5	119,3	114,6
	TČ + elektrokotel	75/65 °C	231,3	234,1	228,5
	TČ + plyn. kotel		189,3	191,6	186,5

Tab. 16 Srovnání cen za GJ tepla pro jednotlivé otopné soustavy a bivalentní zdroje, Qz = 525, t_{we} = 10 °C

6.2 Varianta 2)

Tato varianta ukazuje, jak by vypadal provoz TČ v objektu s dvojnásobnou tepelnou ztrátou než ve variantě 1). Tepelná ztráta je tedy v tomto případě 1050 kW. Voda na vstupu do výparníku je v tomto případě také uvažována 10 °C. Následující obrázek (Obr. 42) zobrazuje diagram potřeby tepla, kde plocha vyznačená šrafy je celková potřeba tepla

objektu na vytápění. V tomto případě to po dobu otopné sezony (231 dní) činí 2 645 028 kWh/rok, neboli 9 522,1 GJ/rok.



Obr. 42 Diagram trvání potřeby tepla pro objekt s tepelnou ztrátou 1050 kW

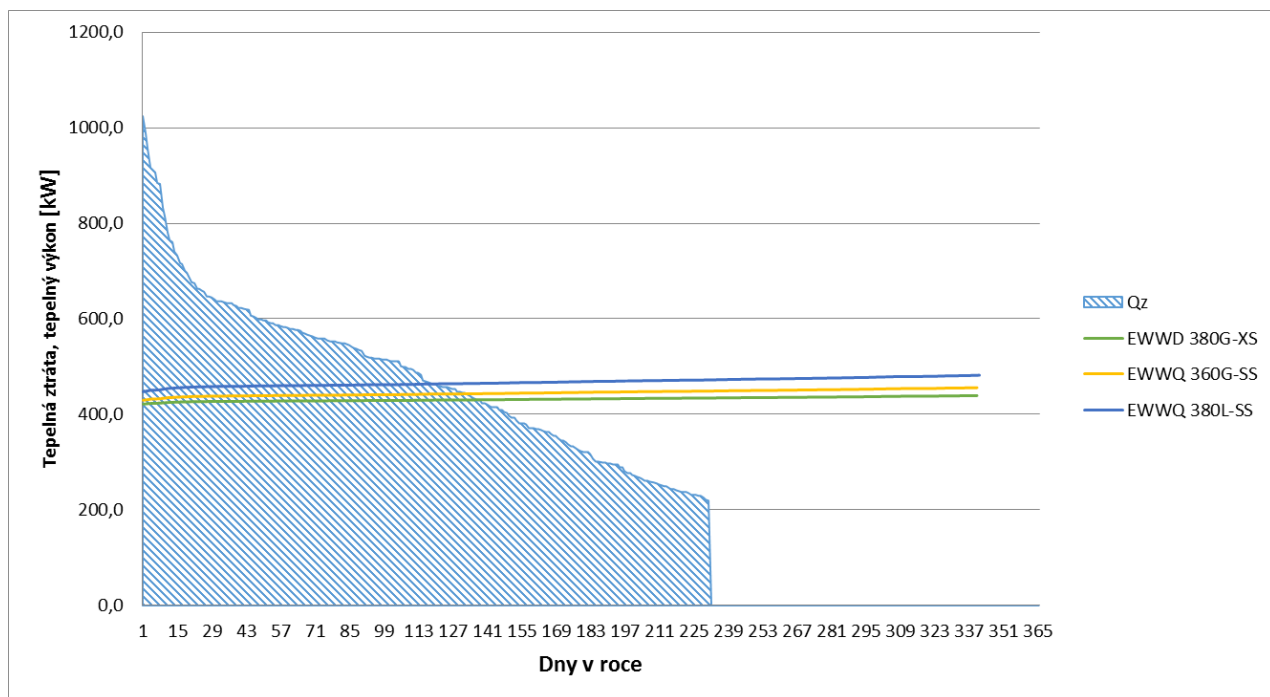
Ceny za vytápění bez TČ jsou zobrazeny v následující tabulce (Tab. 17).

Cena	Kč/kWh	Kč/GJ	Cena za rok [Kč]
Plyn	1,09	302,7	2 882 568
Elektřina	1,98	550,3	5 240 197
CZT	2,11	587	5 589 473

Tab. 17 Ceny tepla při vytápění objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW

6.2.1 Otopná soustava 35/30 °C

Roční tepelná potřeba objektu a výkony jednotlivých TČ v otopné soustavě 35/30 °C jsou zobrazeny v Obr. 43. Oproti variantě 1) je zde patrné, že plný výkon TČ bude využit po více než polovinu otopné sezony.



Obr. 43 Výkony TČ v otopné soustavě 35/30 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Následující tabulka (Tab. 18) zobrazuje spotřebu energie jednotlivých modelů TČ a bivalentního zdroje při použití TČ v otopné soustavě 35/30°C.

EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
314 688	649 785	339 462	611 591	350 618	407 946

Tab. 18 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C

V Tab. 19 jsou zobrazeny roční úspory oproti vytápění bez TČ a doby návratnosti jednotlivých modelů TČ. Nejkratší doby návratnosti opět dosahuje model EWWQ 360G-SS díky své nejnižší pořizovací ceně.

Model TČ		EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	3 393 242	3 930 058	3 433 198	3 928 705	3 798 925	4 129 441
	Plyn	1 034 685	1 571 501	1 075 569	1 571 075	1 441 296	1 771 811
	CZT	3 741 590	4 278 406	3 782 474	4 277 981	4 148 201	4 478 717
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,48	0,42	0,25	0,22	0,31	0,29
	Plyn	1,59	1,04	0,81	0,55	0,82	0,67
	CZT	0,44	0,38	0,23	0,20	0,28	0,26

Tab. 19 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 35/30 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

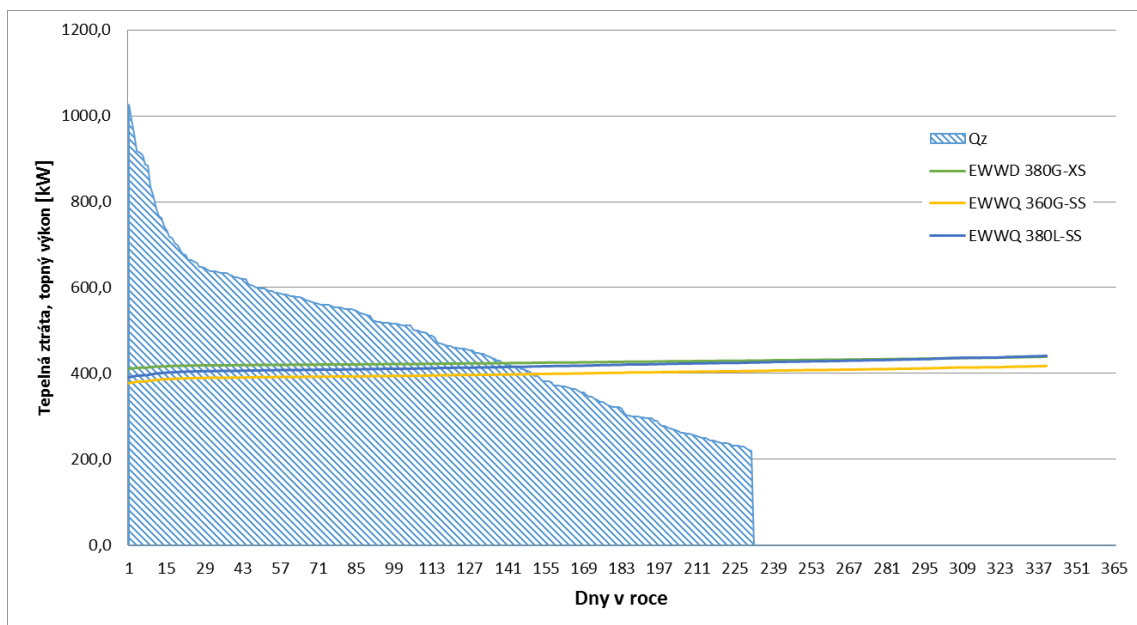
Následující tabulka (Tab. 20) ukazuje cenu za dodaný GJ tepla pro jednotlivé modely TČ a doplňkové zdroje. V tomto případě se již více liší ceny na základě použitého bivalentního zdroje. To je dáno vyšší teplotou bivalence než v případě varianty 1) a tím pádem většího využití bivalentního zdroje.

Model TČ		EWWQ 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	194,1	189,8	151,4
	TČ + plynový kotel	137,7	137,7	116,7

Tab. 20 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 35/30 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

6.2.2 Otopná soustava 45/40 °C

Na následujícím obrázku (Obr. 44) je zobrazena potřeba tepla objektu po dobu otopné sezony a výkony jednotlivých modelů TČ.



Obr. 44 Výkony TČ v otopné soustavě 45/40 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Spotřeba energií TČ a bivalentního zdroje při použití TČ v otopné soustavě 45/40 °C je uvedena v Tab. 21.

EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
363 705	674 698	376 707	650 118	372 027	593 195

Tab. 21 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C

V následující tabulce (Tab. 22) jsou uvedeny roční úspory a doby návratnosti pro jednotlivé modely TČ s bivalentním zdrojem. Nejkratší doby návratnosti lze opět dosáhnout použitím modelu EWWQ 360G-SS.

Model TČ		EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	3 251 596	3 808 994	3 289 230	3 815 952	3 406 274	3 886 877
	Plyn	893 039	1 450 436	931 601	1 458 323	1 048 645	1 529 248
	CZT	3 599 944	4 157 342	3 638 506	4 165 228	3 755 550	4 236 153
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,50	0,43	0,26	0,23	0,35	0,30
	Plyn	1,84	1,13	0,93	0,60	1,13	0,77
	CZT	0,46	0,39	0,24	0,21	0,31	0,28

Tab. 22 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C

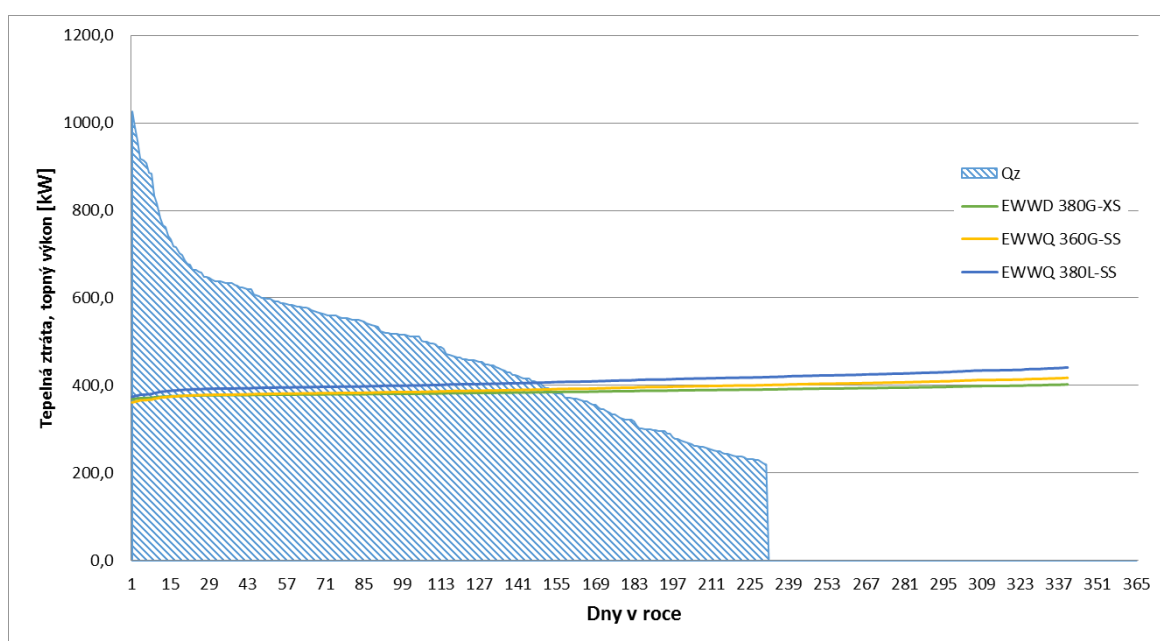
V Tab. 23 jsou uvedeny ceny za GJ tepla jednotlivých modelů s jednotlivými bivalentními zdroji. Nejnižších cen dosahuje model EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	208,9	204,9	192,6
	TČ + plynový kotel	150,4	149,6	142,1

Tab. 23 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 45/40 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

6.2.3 Otopná soustava 55/47 °C

V následujícím grafu (Obr. 45) je zobrazena potřeba tepla a výkony jednotlivých modelů TČ v otopné soustavě 55/47 °C.



Obr. 45 Výkony TČ v otopné soustavě 55/47 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Roční spotřeba energií jednotlivých TČ a bivalentních zdrojů při použití v otopné soustavě jsou zobrazeny v Tab. 24.

EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
414 713	696 402	419 716	686 852	415 205	635 089

Tab. 24 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 55/47 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 55/47°C jsou zobrazeny v Tab. 25. Nejkratší dobu návratnosti, jako v předchozích případech, má model EWWQ 360G-SS.

Model TČ		EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	3 112 285	3 687 613	3 137 719	3 694 202	3 244 637	3 759 183
	Plyn	753 728	1 329 056	780 089	1 336 572	887 008	1 401 553
	CZT	3 460 633	4 035 961	3 486 995	4 043 478	3 593 913	4 108 459
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,53	0,45	0,28	0,24	0,36	0,31
	Plyn	2,18	1,24	1,12	0,65	1,33	0,84
	CZT	0,47	0,41	0,25	0,22	0,33	0,29

Tab. 25 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 55/47 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

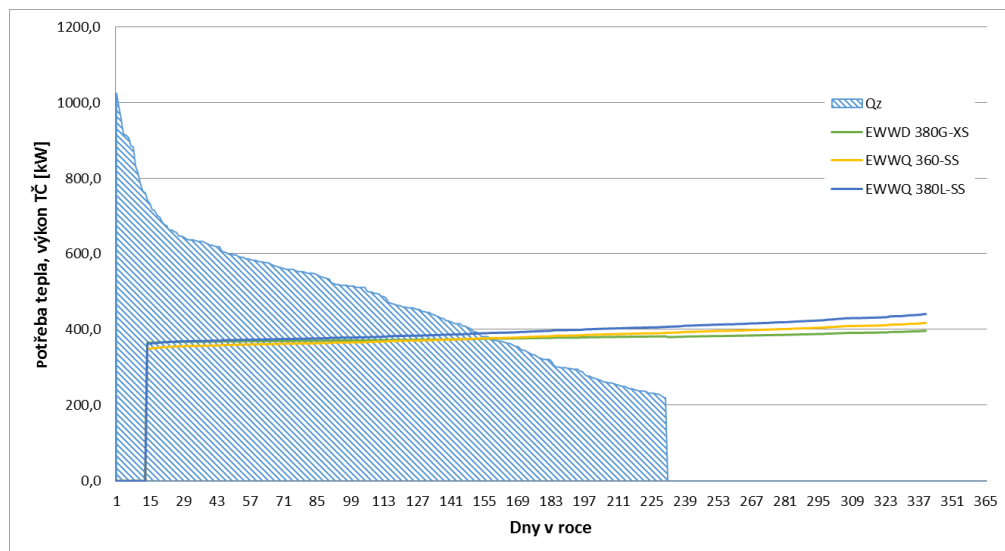
Ceny za GJ tepla při použití TČ a bivalentního zdroje v otopné soustavě 55/47 °C jsou uvedeny v Tab. 26. Nejlepších cen dosahuje opět model EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	223,6	220,8	209,6
	TČ + plynový kotel	163,1	162,4	155,5

Tab. 26 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 55/47 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

6.2.4 Otopná soustava 75/65 °C

V následujícím grafu () je zobrazena potřeba tepla a topné výkony jednotlivých modelů TČ v otopné soustavě 75/60 °C.



Obr. 46 Výkony TČ v otopné soustavě 75/65 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C

Spotřeba energie TČ a bivalentního zdroje pro otopnou soustavu 75/65 °C je zobrazena v následující tabulce (Tab. 27)

EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
492 716	846 906	487 823	868 483	483 437	824 698

Tab. 27 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C

V Tab. 28 jsou zobrazeny roční úspory a doby návratnosti pro použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C. Zde, na rozdíl od předchozích případů, dosáhne nejkratší doby návratnosti model EWWQ 380G-XS.

Model TČ		EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	2 694 916	3 381 074	2 663 217	3 366 856	2 754 742	3 422 907
	Plyn	337 286	1 023 444	305 587	1 009 227	397 112	1 065 277
	CZT	3 044 192	3 730 350	3 012 493	3 716 132	3 104 018	3 772 183
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,32	0,26	0,33	0,26	0,43	0,34
	Plyn	2,58	0,85	2,85	0,86	2,97	1,11
	CZT	0,29	0,23	0,29	0,23	0,38	0,31

Tab. 28 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

V Tab. 29 jsou zobrazeny ceny za GJ dodaného tepla při použití TČ a bivalentního zdroje. Nejnižších cen dosahuje v tomto případě opět model EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	267,3	270,6	261,0
	TČ + plynový kotel	195,2	196,7	190,8

Tab. 29 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 75/65 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

6.2.5 Shrnutí varianty 2)

Ve variantě 2) byl uvažován objekt s tepelnou ztrátou 1050 kW a voda na vstupu do výparníku o teplotě 10 °C. TČ v tomto případě pracují na plný výkon po delší dobu než v případě objektu se ztrátou 525 kW. V tomto případě, stejně jako v případě předešlém, vychází cenami za GJ tepla nejlépe model EWWQ 380L-SS. V této variantě se již značně projevuje rozdíl cen elektřiny a plynu, protože je zde využíván bivalentní zdroj mnohem více než ve variantě 1). Srovnání cen pro všechny otopné soustavy ve variantě 2) je uvedeno v Tab. 30.

		Model TČ		
TČ + Bivalentní zdroj	Otopná soustava	EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	35/30 °C	194,1	189,8	151,4
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		137,7	137,7	116,7
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	45/40 °C	208,9	204,9	192,6
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		150,4	149,6	142,1
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	55/47 °C	223,6	220,8	209,6
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		163,1	162,4	155,5
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	75/65 °C	267,3	270,6	261,0
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		195,2	196,7	190,8

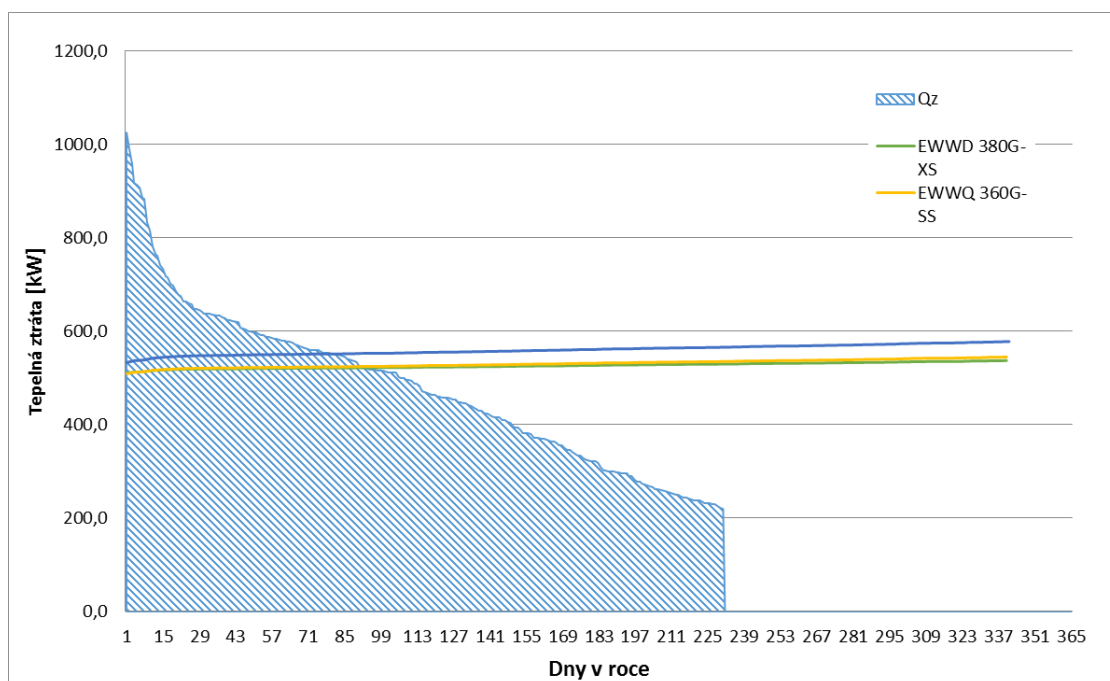
Tab. 30 Srovnání cen za GJ tepla pro jednotlivé otopné soustavy a bivalentní zdroje, Q_z = 1050, t_{we} = 10 °C

6.3 Varianta 3)

V této variantě bude provedeno ekonomické zhodnocení pro případ, kdy bude v objektu se ztrátou 1050 kW dostupná například odpadní voda s teplotou 20 °C, která bude využita jako zdroj nízkopotenciálního tepla pro TČ.

6.3.1 Otopná soustava 35/30 °C

Průběh výkonů v otopné soustavě 35/30 °C jsou zobrazeny v následujícím diagramu potřeby tepla (Obr. 47). Oproti variantě 2) je zde patrné, že díky vyšším výkonům jsou body bivalence posunuty do nižších teplot.



Obr. 47 Výkony TČ v otopné soustavě 35/30 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C

Spotřeba energií TČ a bivalentního zdroje je zobrazena v následující tabulce (Tab. 31).

EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
299 159	271 111	340 316	267 208	345 811	161 200

Tab. 31 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20$ °C

V Tab. 32 jsou zobrazeny roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v daném objektu. Nejkratší doby návratnosti dosahuje jako v předchozích případech model EWWQ 360G-SS. Největších úspor se dosáhne nasazením modelu EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWQ 380G-SS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	4 148 517	4 372 494	4 085 903	4 302 393	4 276 878	4 407 481
	Plyn	1 789 960	2 013 936	1 728 274	1 944 764	1 919 249	2 049 852
	CZT	4 496 865	4 720 842	4 435 179	4 651 669	4 626 154	4 756 757
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,40	0,38	0,21	0,20	0,28	0,27
	Plyn	0,92	0,82	0,50	0,45	0,61	0,58
	CZT	0,37	0,35	0,20	0,19	0,26	0,25

Tab. 32 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 35/30 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

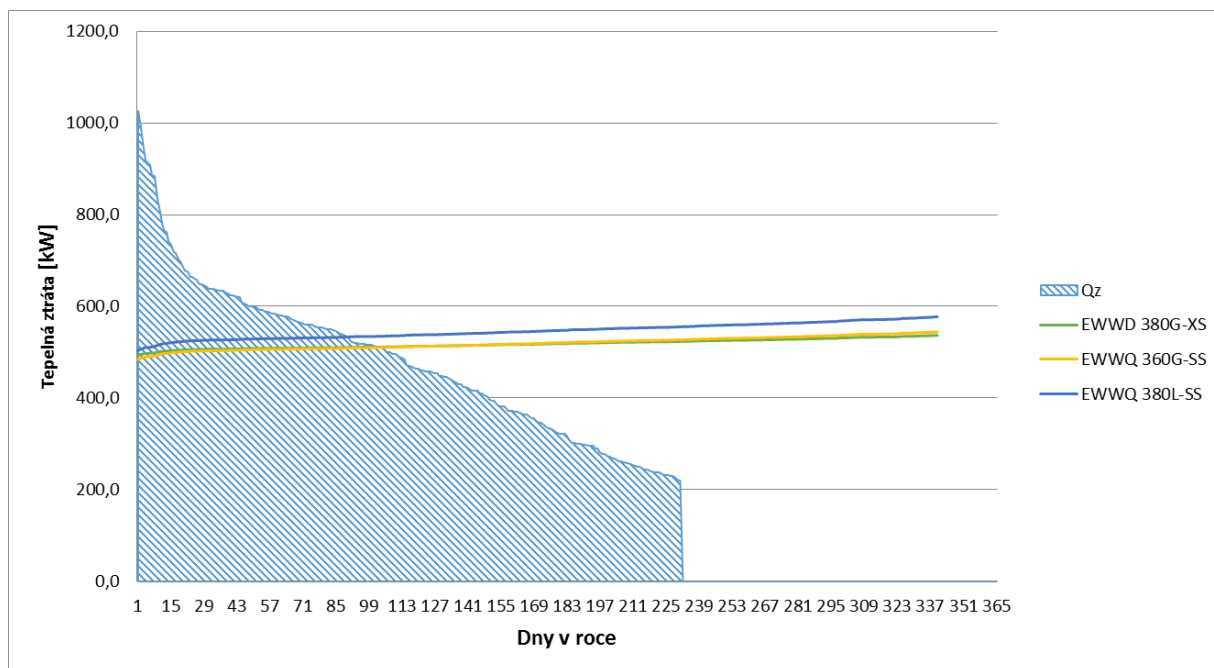
V Tab. 33 jsou zobrazeny ceny za dodaný GJ tepla při použití TČ a bivalentního zdroje. Nejnižších cen lze dosáhnout použitím modelu EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWQ 380G-SS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	114,7	121,2	101,2
	TČ + plynový kotel	91,2	98,5	87,5

Tab. 33 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 35/30 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

6.3.2 Otopná soustava 45/40 °C

Průběhy výkonů TČ v otopné soustavě 45/40 °C při použití v objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW jsou zobrazeny v Obr. 48.



Obr. 48 Výkony TČ v otopné soustavě 45/40 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C

V Tab. 34 je zobrazena spotřeba energie jednotlivých TČ a bivalentních zdrojů.

EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
352 366	299 676	373 670	307 384	376 271	255 375

Tab. 34 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20$ °C

V následující tabulce (Tab. 35) jsou uvedeny roční úspory a doby návratnosti jednotlivých modelů TČ. Z tabulky opět vyplývá, že nejkratší doby návratnosti lze dosáhnout pořízením modelu EWWQ 360G-SS. Největších úspor pak lze dosáhnout použitím modelu EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	3 991 845	4 239 420	3 946 195	4 195 236	4 040 070	4 246 973
	Plyn	1 633 288	1 880 863	1 588 566	1 837 606	1 682 440	1 889 344
	CZT	4 340 193	4 587 768	4 295 471	4 544 512	4 389 345	4 596 249
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,41	0,39	0,22	0,21	0,29	0,28
	Plyn	1,01	0,87	0,55	0,47	0,70	0,62
	CZT	0,38	0,36	0,20	0,19	0,27	0,26

Tab. 35 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 45/40 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

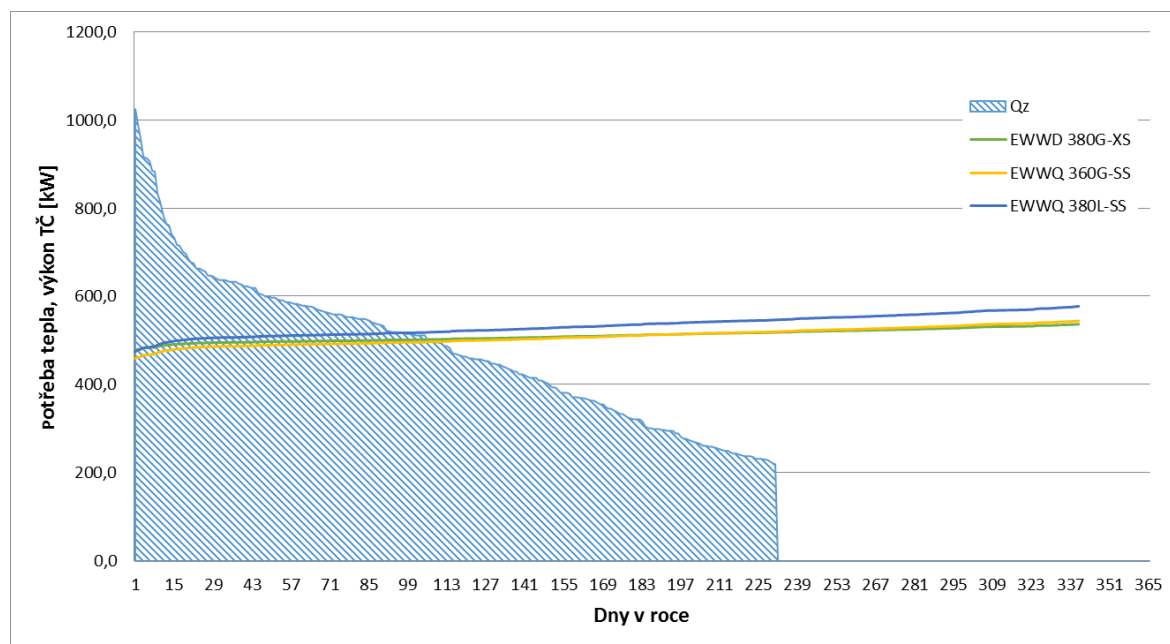
Ceny za dodaný GJ tepla pro jednotlivé modely TČ jsou uvedeny v Tab. 36. Nejnižších cen za dodaný GJ lze dosáhnout použitím modelu EWWQ 380L-SS.

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	131,2	135,9	126,0
	TČ + plynový kotel	105,2	109,7	104,3

Tab. 36 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 45/40 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

6.3.3 Otopná soustava 55/47 °C

Průběh výkonů TČ při použití v otopné soustavě 55/47 °C je znázorněn na Obr. 49.



Obr. 49 Výkony TČ v otopné soustavě 55/47 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C

V následující tabulce (Tab. 37) jsou uvedeny spotřeby TČ a bivalentního zdroje.

EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
404 912	273 000	413 213	349 642	420 332	299 424

Tab. 37 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 55/47 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

V Tab. 38 jsou uvedeny roční úspory a doby návratnosti při použití TČ. Nejkratší doby návratnosti lze v tomto případě, oproti minulým případům dosáhnout použitím modelu EWWD 380G-XS.

Model TČ		EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	3 952 165	4 173 295	3 790 773	4 073 983	3 872 660	4 115 194
	Plyn	1 595 048	1 816 178	1 433 144	1 716 354	1 515 031	1 757 564
	CZT	4 301 440	4 522 570	4 140 049	4 423 259	4 221 936	4 464 470
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,22	0,21	0,23	0,21	0,30	0,29
	Plyn	0,55	0,48	0,61	0,51	0,78	0,67
	CZT	0,20	0,19	0,21	0,20	0,28	0,26

Tab. 38 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 55/47 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

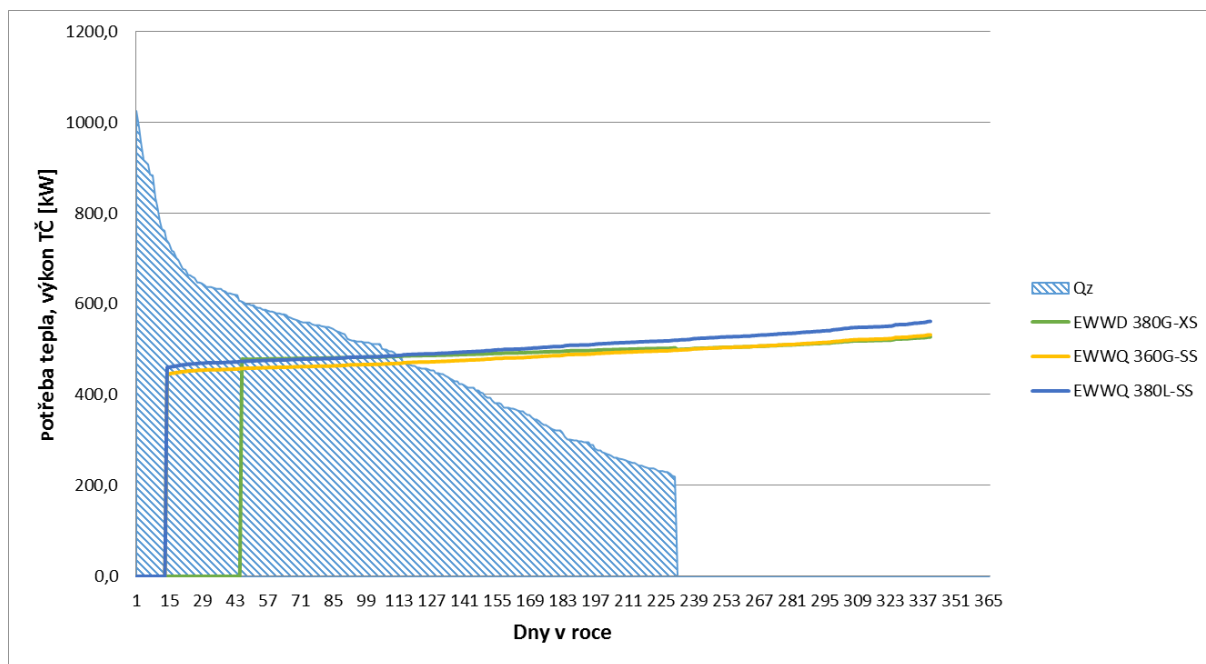
V Tab. 39 jsou uvedeny ceny za dodaný GJ tepla. V této variantě má nejlevnější ceny za GJ model EWWD 380G-XS.

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	146,2	152,2	143,6
	TČ + plynový kotel	118,3	122,5	118,1

Tab. 39 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 55/47 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

6.3.4 Otopná soustava 75/65 °C

Průběh výkonů TČ při použití v otopné soustavě 55/47 °C je znázorněn na Obr. 50. Z obrázku je patrné, že kvůli maximální teplotě, kterou jsou schopna TČ dodávat, nemohou TČ pracovat po celou dobu otopné sezony, protože vratná voda z otopné soustavy je teplejší než maximální teplota vyvíjená TČ. V tomto případě je to pro model EWWD 380G-XS 50 °C a u modelů EWWQ 360G-SS a EWWQ 380L-SS 55 °C.



Obr. 50 Výkony TČ v otopné soustavě 75/65 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C

V následující tabulce (Tab. 40) jsou uvedeny spotřeby energie TČ a bivalentního zdroje. Kvůli omezení použití TČ maximální teplotou je zde patrné, že u modelu EWWQ 380G-XS bude mít bivalentní zdroj větší spotřebu, protože bude muset být déle provozováno.

EWWQ 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]	Spotřeba el. Energie [kWh/rok]	Spotřeba bivalentního zdroje [kWh/rok]
382 751	888 082	475 326	569 622	488 967	530 649

Tab. 40 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20$ °C

V následující tabulce (Tab. 41) jsou uvedeny roční úspory při použití TČ a doby návratnosti pro jednotlivé modely. Nejkratší doby návratnosti lze dosáhnout použitím modelu EWWQ 360G-SS.

Model TČ		EWWD 380G-XS		EWWQ 360G-SS		EWWQ 380L-SS	
	Cena TČ [Kč]	1 642 000		870 000		1 180 000	
	Bivalentní zdroj	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel	TČ + el. Kotel	TČ + plyn. Kotel
Úspory za rok [Kč]	Elektřina	2 825 614	3 545 133	3 254 795	3 716 300	3 302 927	3 732 856
	Plyn	467 985	1 187 503	897 166	1 358 670	945 298	1 375 226
	CZT	3 174 890	3 894 408	3 604 071	4 065 576	3 652 203	4 082 132
Doba návratnosti [roky]	Elektřina	0,31	0,25	0,27	0,23	0,36	0,32
	Plyn	1,86	0,73	0,97	0,64	1,25	0,86
	CZT	0,27	0,22	0,24	0,21	0,32	0,29

Tab. 41 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

V Tab. 42 jsou uvedeny ceny za dodaný GJ tepla pro jednotlivé modely. Nejlepších cen dosahuje opět model EWWQ 380L-SS. Znatelně vyšší ceny tepla u modelu EWWD 380G-XS jsou způsobeny nemožností provozu TČ po celou dobu otopné sezony (viz Obr. 50).

Model TČ		EWWD 380G-XS	EWWQ 360G-SS	EWWQ 380L-SS
Cena za GJ tepla [Kč/GJ]	TČ + elektrokotel	253,6	208,5	203,4
	TČ + plynový kotel	178,0	160,0	158,3

Tab. 42 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 75/65 °C, Q_z = 1050, t_{we} = 20 °C

6.3.5 Shrnutí varianty 3)

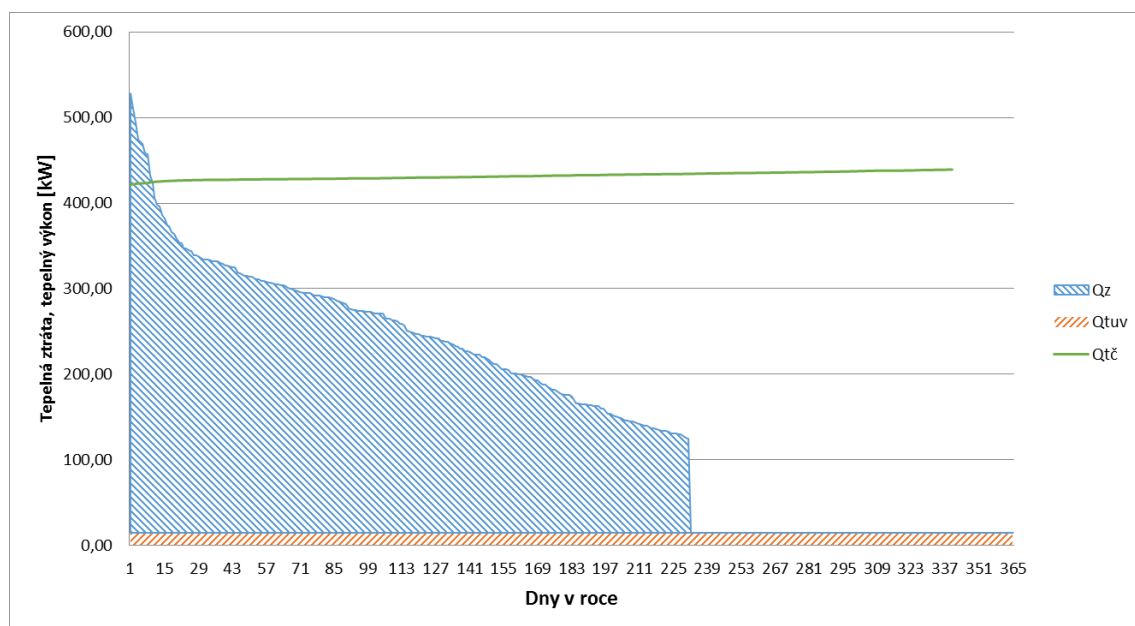
Ve variantě 3) byla opět uvažována tepelná ztráta objektu 1050 (jak ve var. 2), ale tentokrát teplota vody vstupující do výparníku, tedy teplota zdroje nízkopotenciálního tepla, byla 20 °C. Ve všech otopných soustavách bude nejlevnější cena dodaného GJ při použití modelu EWWQ 380L-SS. O poznání vyšší cena za GJ při použití modelu EWWD 380G-XS oproti ostatním modelům je způsobena maximální teplotou, kterou je schopno TČ dodávat. V tomto případě je to pouze 50 °C. V porovnání s cenami ve variantě 2) je zde patrné, že pokud by byla k dispozici voda o teplotě 20 °C jako zdroj nízkopotenciálního tepla, mělo by to za následek snížení cen. Podobně jako u ostatních variant, je zde výhodou, že pokud v objektu již je elektrokotel nebo plynový kotel a otopný tělesa jsou dimenzována na teploty 75/65 °C, může původní kotel zůstat a být využíván jako bivalentní zdroj, protože část otopného období nelze TČ provozovat kvůli maximálním teplotám, které je schopno TČ dodávat.

TČ + Bivalentní zdroj	Otopná soustava	EWWD 380G-XS	EWQ 360G-SS	EWQ 380L-SS
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	35/30 °C	114,7	121,2	101,2
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		91,2	98,5	87,5
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	45/40 °C	131,2	135,9	126,0
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		105,2	109,7	104,3
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	55/47 °C	146,2	152,2	143,6
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		118,3	122,5	118,1
TČ + elektrokotel [Kč/GJ]	75/65 °C	253,6	208,5	203,4
TČ + plynový kotel [Kč/GJ]		178,0	160,0	158,3

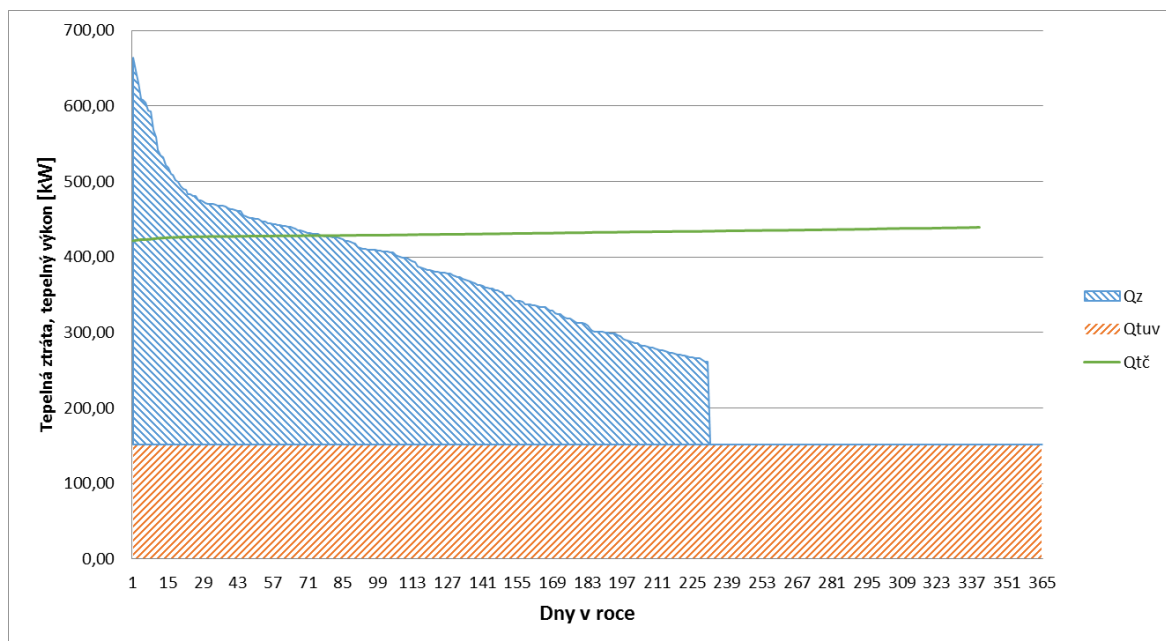
Tab. 43 Srovnání cen za GJ tepla pro jednotlivé otopné soustavy a bivalentní zdroje, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20$ °C

7 Použití TČ pro vytápění a ohřev TUV

Při použití TČ na vytápění i na ohřev TUV záleží na množství odebírané vody. Pokud jde o nízkoenergetický objekt, může být velké množství odebírané TUV a tím pádem teplo potřebné na její ohřev až 100% z celkové potřeby tepla objektu. Pokud by se nejednalo o nízkoenergetický objekt, ale naopak například o starší stavbu s velkými tepelnými ztrátami, může být potřeba tepla na ohřev TUV například jen 10% z celkové potřeby tepla objektu na vytápění. Srovnání těchto dvou mezních stavů, které mohou nastat pro objekt se stejnou tepelnou ztrátou (nikoliv však pro stejný objekt, jeden je nízkoenergetický) je znázorněno na Obr. 51 a Obr. 52.



Obr. 51 Diagram roční potřeby tepla a ohřevu vody pro objekt s velkými tepelnými ztrátami



Obr. 52 Diagram roční potřeby tepla a ohřevu vody pro nízkoenergetický objekt

Z těchto dvou diagramů je patrné, že bod bivalence se v případě, kdy spotřeba tepla na přípravu TUV činí 100% potřeby tepla objektu, posouvá do vyšších teplot. Z toho plyne, že velmi záleží na množství odebírané (ohřívané) vody, respektive na druhu objektu, do kterého je plánováno TČ nasadit.

8 Závěr

Tato práce se zabývá výběrem a ekonomickým hodnocením tepelných čerpadel typu voda-voda od firmy Daikin. V teoretické části je shrnuta stručná historie vývoje TČ a přiblížení jejich funkce. V této části jsou také popsána vybraná chladiva a jejich rozdělení a vlastnosti. Dále je zde popsána konstrukce tepelných čerpadel a jsou zde popsány jednotlivé komponenty, ze kterých se TČ skládá. Jsou zde také popsány možné zdroje nízkopotenciálního tepla pro TČ, jako je vzduch, voda, půda a sluneční záření.

V praktické části jsou nejprve vybrány tři jednotky, které nejvíce odpovídají zadanému požadovanému topnému výkonu 410 kW. Z katalogu firmy Daikin byly vybrány jednotky EWWQ 380L-SS, EWWQ 360G-SS a EWWQ 380G-SS. Jejich největším rozdílem je použití chladiva, kde v jednotce EWWQ 380G-SS je použito chladivo R134a, zatímco v jednotkách EWWQ 360G-SS a EWWQ 380L-SS je použito chladivo R410A. Další významný rozdíl je v typu použitých kompresorů, a tedy i možnosti jejich regulace. Model EWWQ 380G-SS disponuje

možností plynulé regulace výkonu v rozsahu 100 až 12,5%. Model EWWQ 360G-SS lze provozovat pouze ve dvou polohách 100%, nebo 50%. To je dáno tím, že v tomto modelu jsou použity dva kompresory typu scroll, které lze regulovat pouze způsobem on/off. Model EWWQ 380L-SS má čtyři scroll kompresory a lze jej tedy provozovat v polohách 100%, 75%, 50% a 25%.

Tato tři TČ byla porovnávána ve třech variantách, které by se daly uvažovat jako tzv. „extrémy“. Porovnávány byly otopné soustavy 35/30, 45/40, 55/47 a 75/65 °C. Pro daný objekt byly hodnoceny doby návratnosti investic do jednotek a ceny za GJ dodaného tepla oproti ceně tepla dodávaného elektrokotlem, plynovým kotlem a CZT. Ve variantě 1) byl uvažován objekt s tepelnou ztrátou 525 kW při venkovní teplotě -15 °C a vnitřní výpočtové teplotě 20 °C a teplota vody na vstupu do výparníku byla uvažována 10 °C. Ve variantě 2) byla hodnocena TČ v objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW a voda na vstupu do výparníku měla také 10 °C. Objekt ve variantě 3) měl stejnou ztrátu jako ve variantě 2) (1050 kW), ale teplota vody na vstupu do výparníku byla uvažována 20 °C. Díky vyšší teplotě vody ve výparníku měla TČ vyšší topný výkon. Z hlediska doby návratnosti je nejlepší model EWWQ 360G-SS díky jeho ceně, která je nejnižší ze třech hodnocených modelů. Z hlediska ceny za dodávaný GJ nejlépe vychází model EWWQ 380L-SS. Při zapojení TČ do soustavy 75/65 °C je limitující maximální teplota, na kterou je schopno TČ vodu ohřívat, která je ve všech případech 55 °C (dle katalogu). Pokud má tedy vratná voda teplotu vyšší než 55 °C, nelze již TČ pro topení používat a celá tepelná ztráta objektu musí být pokryta bivalentním zdrojem. Proto pokud by bylo TČ instalováno do objektu, který byl původně vytápěn teplem z CZT, musel by se bivalentní zdroj dimenzovat na pokrytí celkové tepelné ztráty objektu, což by mohlo značně prodražit investici.

U modelu EWWQ 380G-SS bude muset být prováděna kontrola těsnosti každých 6 měsíců, kvůli většímu množství chladiva. U modelů EWWQ 360G-SS a EWWQ 380L-SS každých 12 měsíců.

Pokud v objektu není k dispozici akumulční nádrž, vyplatí se i přes nepatrně vyšší ceny za GJ tepla použití modelu EWWQ 380G-SS díky jeho možnosti plynulé regulace výkonu. Pokud v objektu akumulční nádrž je, nebo je v plánu jí spolu s TČ pořídit, vyplatí se investovat do levnějšího modelu EWWQ 360G-SS. Při použití TČ na ohřev TUV a na vytápění

záleží na spotřebě TUV, což má vliv na hodnotu bivalentního bodu a tím pádem na spotřebu energie bivalentního zdroje.

9 Seznam použité literatury

[1] MEČÁRIK, Karol, Belo FÜRI a Václav HAVELSKÝ. *Tepelné čerpadlá*. Bratislava: Alfa, 1988. Edícia energetickej literatúry (Alfa).

[2] DVOŘÁK, Zdeněk, Jiří PETRÁK a Luděk KLAZAR. *Tepelná čerpadla*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987.

[3] ZOGG, Martin. *History of Heat Pumps: Swiss Contributions and International Milestones* [online]. Swiss Federal Office of Energy SFOE Section Energy Efficiency and Renewable Energies, 2008 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://zogg-engineering.ch/publi/HistoryHP.pdf>. Článek.

[4] KUCHYNKA, Lubomír. AC Heating: *Faktory ovlivňující účinnost tepelných čerpadel* [online]. 10.10.2012 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9147-ac-heating-factory-ovlivnujici-ucinnost-tepelnych-cerpadel>

[5] ŽERAVÍK, Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo: návratnost i za jeden rok*. Přerov: Antonín Žeravík, 2003. ISBN 80-239-0275-X.

[6] DVOŘÁK, Zdeněk. *Základy chladicí techniky*. Dot. Praha: České vysoké učení technické, 1984.

[7] KRAINER, Robert a Jiří DUDA. *Chladiva používaná v tepelných čerpadlech*. TZBinfo [online]. 4.5.2015 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12647-chladiva-pouzivana-v-tepelnych-cerpadlech>

[8] BENSAFI, Ahmed a Bernard THONON. *Transcritical R744 (CO2) heat pumps: Technician's Manual* [online]. 2007, 8-10 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.cetiat.fr/docs/newsdocs/166/doc/R744%20Technicians%20Manual%20CETIAT%20GRETH.pdf>

[9] KLAZAR, Luděk. *Jak je to vlastně s topným faktorem (II)*. TZBinfo [online]. 4.4.2005 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2443-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-ii>

- [10] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-02-0.
- [11] DAVID, Petr. *Kompresory pro tepelná čerpadla*. In: TZBinfo [online]. 26.11.2015 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>
- [12] KURUP, Ramesh. *Hermetic compressors* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://b10aircool.com/hermetic-compressors/>
- [13] Šroubový kompresor. *O kompresorech* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.okompresorech.cz/sroubovy-vzduchovy-kompresor/>
- [14] HARVEY, Shane. *Centrifugal Compressors in Ethylene Plants* [online]. 2017 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.aidche.org/resources/publications/cep/2017/february/centrifugal-compressors-ethylene-plants>
- [15] Expanzní ventily. *JDK* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/cs/produkty/expanzni-ventily>
- [16] DŘÍMAL, Petr. *Tepelná čerpadla, geotermální energie* [online]. Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016 [cit. 2018-04-24]. ISBN 978-80-88058-05-2.
- [17] *Water cooled screw chillers EWWD-G*, Belgium: Daikin, 2014
- [18] *Water cooled chiller cooling EWWQ-G/L*, Belgium: Daikin, 2015

10 Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch-voda [4]	14
Obr. 2 Ideální oběh [1]	15
Obr. 3 Reálný oběh [1]	16
Obr. 4 Schéma hermetického pístového kompresoru [12].....	23
Obr. 5 Spirály scroll kompresoru [11]	24
Obr. 6 Řez kompresorem scroll [11]	25
Obr. 7 Schéma šroubového kompresoru [13].....	26
Obr. 8 Jeden stupeň vícestupňového radiálního kompresoru [14]	27
Obr. 9 Schéma TEV s vnějším vyrovnáním tlaku [1].....	30
Obr. 10 Schéma TEV s vnitřním vyrovnáním tlaku [1]	31
Obr. 11 Vliv přehřátí na výkon výparníku [15]	32
Obr. 12 Průběh denních teplot v a) létě a v b) zimě [2]	34
Obr. 13 Četnost teplot vzduchu pro vybraná města ČR a SR [2]	35
Obr. 14 Bivalentní zapojení TČ	36
Obr. 15 Řez plochým kapalinovým slunečním kolektorem [1]	39
Obr. 16 Jednotka EWWD 380G-XS [].....	40
Obr. 17 Jednotka EWWQ 360G-SS	41
Obr. 18 Jednotka EWWQ 380L-SS	41

Obr. 19 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 35/30 °C	44
Obr. 20 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 35/30 °C a teploty vody na straně výparníku 10 °C	45
Obr. 21 Průběhy topných výkonů při teplotě vody na vstupu do výparníku 10, 16 a 20 °C v objektu s tepelnou ztrátou 525 kW	46
Obr. 22 Průběhy topných výkonů při teplotě vody na vstupu do výparníku 10, 16 a 20 °C v objektu s tepelnou ztrátou 700 kW	46
Obr. 23 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 45/40 °C	47
Obr. 24 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 45/40 °C	48
Obr. 25 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 55/47 °C	48
Obr. 26 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 55/47 °C	49
Obr. 27 Závislost teploty přiváděné vody do otopné soustavy na venkovní teplotě a teploty vody odváděné z otopné soustavy na venkovní teplotě při parametrech 75/65 °C	50
Obr. 28 Závislost tepelné ztráty a výkonů TČ na venkovní teplotě při teplotách v otopné soustavě 75/65 °C	50
Obr. 29 Průběh teplot dodávaných TČ s plynulou regulací.....	51
Obr. 30 Průběh výkonu TČ s plynulou regulací	52

Obr. 31 Průběh teplot dodávaných TČ s možností regulace výkonu na 50 %	52
Obr. 32 Průběh výkonu TČ s možností regulace výkonu na 50%	53
Obr. 33 Průběh teplot dodávaných TČ s možností regulace výkonu na 75 a 50 %.....	53
Obr. 34 Průběh výkonu TČ s možností regulace výkonu na 75 a 50%	54
Obr. 35 Četnost výskytu teplot v lokalitě Mošnov, Nový Jičín	55
Obr. 36 Diagram trvání potřeby tepla pro objekt s tepelnou ztrátou 525 kW	56
Obr. 37 Výkony TČ v otopné soustavě 35/30 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	57
Obr. 38 Zvýšení teploty bivalence kvůli nemožnosti provozu TČ 24 hodin	58
Obr. 39 Výkony TČ v otopné soustavě 45/40 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	60
Obr. 40 Výkony TČ v otopné soustavě 55/47 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	61
Obr. 41 Výkony TČ v otopné soustavě 75/65 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 525 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	62
Obr. 42 Diagram trvání potřeby tepla pro objekt s tepelnou ztrátou 1050 kW	65
Obr. 43 Výkony TČ v otopné soustavě 35/30 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	66
Obr. 44 Výkony TČ v otopné soustavě 45/40 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	68
Obr. 45 Výkony TČ v otopné soustavě 55/47 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	69
Obr. 46 Výkony TČ v otopné soustavě 75/65 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 10 °C	71

Obr. 47 Výkony TČ v otopné soustavě 35/30 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C	73
Obr. 48 Výkony TČ v otopné soustavě 45/40 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C	75
Obr. 49 Výkony TČ v otopné soustavě 55/47 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C	76
Obr. 50 Výkony TČ v otopné soustavě 75/65 °C a potřeba tepla objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW při teplotě vody vstupující do výparníku 20 °C	78
Obr. 51 Diagram roční potřeby tepla a ohřevu vody pro objekt s velkými tepelnými ztrátami	80
Obr. 52 Diagram roční potřeby tepla a ohřevu vody pro nízkoenergetický objekt	81

11 Seznam tabulek

Tab. 1 Značení chladiv [5].....	18
Tab. 2 Srovnání parametrů vybraných jednotek.....	42
Tab. 3 Ceny tepla při vytápění objektu s tepelnou ztrátou 525 kW	56
Tab. 4 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 35/30 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	58
Tab. 5 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 35/30 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	59
Tab. 6 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 35/30 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	59
Tab. 7 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 45/40°C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	60
Tab. 8 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 45/40 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	60
Tab. 9 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 45/40 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	61
Tab. 10 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 55/47°C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	61
Tab. 11 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 55/47 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	62
Tab. 12 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 55/47 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	62
Tab. 13 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 75/65 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	63
Tab. 14 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	63

Tab. 15 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 75/65 °C, $Q_z = 525$ kW, $t_{we} = 10$ °C	63
Tab. 16 Srovnání cen za GJ tepla pro jednotlivé otopné soustavy a bivalentní zdroje, $Q_z = 525$, $t_{we} = 10$ °C	64
Tab. 17 Ceny tepla při vytápění objektu s tepelnou ztrátou 1050 kW	65
Tab. 18 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	66
Tab. 19 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	67
Tab. 20 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C	67
Tab. 21 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	68
Tab. 22 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	68
Tab. 23 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C	69
Tab. 24 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 55/47 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	69
Tab. 25 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 55/47 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	70
Tab. 26 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 55/47 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C	70
Tab. 27 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	71
Tab. 28 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C.....	72
Tab. 29 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10$ °C	72

Tab. 30 Srovnání cen za GJ tepla pro jednotlivé otopné soustavy a bivalentní zdroje, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 10\text{ °C}$	72
Tab. 31 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	73
Tab. 32 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	74
Tab. 33 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 35/30 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	74
Tab. 34 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	75
Tab. 35 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	76
Tab. 36 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 45/40 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	76
Tab. 37 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 55/47 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	77
Tab. 38 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 55/47 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	77
Tab. 39 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 55/47 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	77
Tab. 40 Roční spotřeby energií TČ a bivalentního zdroje v soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	78
Tab. 41 Roční úspory a doby návratnosti při použití TČ v otopné soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	79
Tab. 42 Ceny za GJ tepla v otopné soustavě 75/65 °C, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	79
Tab. 43 Srovnání cen za GJ tepla pro jednotlivé otopné soustavy a bivalentní zdroje, $Q_z = 1050$, $t_{we} = 20\text{ °C}$	80

12 Seznam příloh

PŘÍLOHA 1: *Katalogový list jednotky EWWD 380G-XS*

PŘÍLOHA 2: *Katalogový list jednotky EWWQ 360G-SS.*

PŘÍLOHA 3: *Katalogový list jednotky EWWQ 380L-SS.*

PŘÍLOHA 4: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 35/30 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).*

PŘÍLOHA 5: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 45/40 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).*

PŘÍLOHA 6: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 55/47 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).*

PŘÍLOHA 7: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 75/65 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).*

PŘÍLOHA 8: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 35/30 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).*

PŘÍLOHA 9: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 45/40 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).*

PŘÍLOHA 10: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 55/47 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).*

PŘÍLOHA 11: *Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 75/65 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).*

PŘÍLOHA 12: *Výkon TČ při t_{we} = 20 °C v soustavě 35/30 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).*

PŘÍLOHA 13: *Výkon TČ při t_{we} = 20 °C v soustavě 45/40 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).*

PŘÍLOHA 14: Výkon TČ při $t_{we} = 20 \text{ °C}$ v soustavě 55/47 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).

PŘÍLOHA 15: Výkon TČ při $t_{we} = 20 \text{ °C}$ v soustavě 75/65 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).

13 Přílohy

PŘÍLOHA 1

Katalogový list jednotky EWWD 380G-XS

EWWD G-XS

		380						
Twe	Twc	30	35	40	45	50	55	
5	CC	kW	357	342	327	311	295	279
	PI	kW	71,0	80,1	89,9	100	112	124
	qwe	l/s	17,0	16,3	15,6	14,9	14,1	13,3
	dpwe	kPa	26	25	23	21	19	17
	HC	kW	427	421	416	411	406	402
	qwc	l/s	10,3	10,2	10,0	9,9	9,9	9,8
	dpwc	kPa	14	13	13	13	13	12
	7	CC	kW	381	365	349	333	316
PI		kW	71,8	81,1	90,9	102	113	125
qwe		l/s	18,2	17,5	16,7	15,9	15,1	14,3
dpwe		kPa	30,0	28,0	25,0	23,0	21,0	19,0
HC		kW	452	445	439	433	428	423
qwc		l/s	10,9	10,7	10,6	10,5	10,4	10,3
dpwc		kPa	15	15	14	14	14	14
9		CC	kW	407	390	373	355	338
	PI	kW	72,7	82,0	92,0	103	114	127
	qwe	l/s	19,5	18,7	17,9	17,0	16,2	15,3
	dpwe	kPa	34	31	29	26	24	22
	HC	kW	479	471	464	457	451	445
	qwc	l/s	11,5	11,4	11,2	11,1	10,9	10,8
	dpwc	kPa	17	16	16	16	15	15
	11	CC	kW	434	417	398	380	360
PI		kW	73,5	83,1	93,2	104	116	115
qwe		l/s	20,8	20,0	19,1	18,2	17,3	
dpwe		kPa	38	35	32	30	27	
HC		kW	507	499	490	482	475	114
qwc		l/s	12,2	12,0	11,8	11,7	11,5	
dpwc		kPa	18	18	18	17	17	
13		CC	kW	462	444	425	405	385
	PI	kW	74,4	84,1	94,4	105	117	116
	qwe	l/s	22,2	21,3	20,4	19,4	18,5	
	dpwe	kPa	42	39	36	34	31	
	HC	kW	535	527	518	510	501	115
	qwc	l/s	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	
	dpwc	kPa	20	20	19	19	18	
	15	CC	kW	492	472	452	432	411
PI		kW	75,3	85,2	95,7	107	118	117
qwe		l/s	23,6	22,7	21,7	20,8	19,7	
dpwe		kPa	48	44	41	38	34	
HC		kW	566	556	547	538	529	116
qwc		l/s	13,6	13,4	13,2	13,0	12,8	
dpwc		kPa	22	22	21	21	20	

PŘÍLOHA 2

Katalogový list jednotky EWWQ 360G-SS.

EWWQ G-SS

		360						
Twe	Twc	30	35	40	45	50	55	
5	CC	kW	364	348	331	312	293	272
	PI	kW	75.9	82.9	91	100	111	123
	qwe	l/s	17.4	16.6	15.8	14.9	14.0	13.0
	dpwe	kPa	45	41	37	33	29	25
	HC	kW	438	429	420	411	402	393
	qwc	l/s	21.1	20.7	20.3	19.9	19.5	19.1
	dpwc	kPa	67	64	62	59	57	54
7	CC	kW	387	370	352	333	312	291
	PI	kW	77.2	84	92	101	112	124
	qwe	l/s	18.6	17.7	16.9	15.9	14.9	13.9
	dpwe	kPa	51.3	46.8	42.3	37.8	33.3	28.8
	HC	kW	462	452	442	432	422	412
	qwc	l/s	22	22	21	21	21	20
	dpwc	kPa	74	71	68	65	63	60
9	CC	kW	411	394	375	354	333	310
	PI	kW	78.5	85.2	93.1	102	113	125
	qwe	l/s	19.7	18.9	18.0	17.0	15.9	14.9
	dpwe	kPa	58	53	48	43	38	33
	HC	kW	487	476	465	454	443	433
	qwc	l/s	23.5	23.0	22.5	22.0	21.5	21.0
	dpwc	kPa	83	79	76	72	69	66
11	CC	kW	436	418	398	377	355	331
	PI	kW	80.1	86.6	94.4	103	114	126
	qwe	l/s	21.0	20.1	19.1	18.1	17.0	15.9
	dpwe	kPa	65	60	54	49	43	37
	HC	kW	513	501	489	478	466	454
	qwc	l/s	24.7	24.2	23.7	23.1	22.6	22.1
	dpwc	kPa	92	88	84	80	76	72
13	CC	kW	462	443	422	400	377	352
	PI	kW	81.7	88.1	95.7	105	115	127
	qwe	l/s	22.2	21.3	20.3	19.2	18.1	16.9
	dpwe	kPa	74	67	61	55	49	43
	HC	kW	540	527	514	502	489	476
	qwc	l/s	26.0	25.4	24.9	24.3	23.7	23.1
	dpwc	kPa	102	97	92	88	84	80
15	CC	kW	489	469	447	424	400	374
	PI	kW	83.6	89.8	97.2	106	116	128
	qwe	l/s	23.6	22.6	21.5	20.4	19.2	18.0
	dpwe	kPa	83	76	69	62	55	48
	HC	kW	568	554	541	527	513	499
	qwc	l/s	27.4	26.8	26.1	25.5	24.9	24.3
	dpwc	kPa	112	107	102	97	92	87

PŘÍLOHA 3

Katalogový list jednotky EWWQ 380L-SS.

EWWQ L-SS

		380						
Twe	Twc	30	35	40	45	50	55	
5	CC	kW	381	363	344	324	303	281
	PI	kW	78.6	85.9	94.3	104	115	128
	qwe	l/s	18.2	17.3	16.4	15.5	14.5	13.4
	dpwe	kPa	31	28	25	22	20	17
	HC	kW	458	447	436	426	416	407
	qwc	l/s	11.1	10.8	10.6	10.4	10.1	10.0
	dpwc	kPa	52	50	48	45	43	42
	7	CC	kW	406	387	367	345	323
PI		kW	79.8	87	95.4	105	116	129
qwe		l/s	19.4	18.5	17.5	16.5	15.4	14.3
dpwe		kPa	35.2	31.9	28.7	25.4	22.2	19.2
HC		kW	483	472	460	448	437	427
qwc		l/s	11.7	11.4	11.1	10.9	10.7	10.4
dpwc		kPa	58	55	53	50	48	46
9		CC	kW	432	412	390	368	344
	PI	kW	81.1	88.3	96.5	106	117	130
	qwe	l/s	20.7	19.7	18.7	17.6	16.5	15.3
	dpwe	kPa	40	36	33	29	25	22
	HC	kW	510	497	484	472	459	448
	qwc	l/s	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	10.9
	dpwc	kPa	65	62	59	56	53	50
	11	CC	kW	459	437	415	391	366
PI		kW	82.5	89.6	97.8	107	118	131
qwe		l/s	22.0	21.0	19.9	18.8	17.6	16.3
dpwe		kPa	45	41	37	33	29	25
HC		kW	538	524	510	496	482	469
qwc		l/s	13.0	12.7	12.4	12.1	11.8	11.5
dpwc		kPa	72	68	65	62	58	55
13		CC	kW	486	464	441	416	390
	PI	kW	84	91.1	99.2	109	120	132
	qwe	l/s	23.4	22.3	21.1	20.0	18.7	17.4
	dpwe	kPa	51	46	42	37	33	28
	HC	kW	567	552	537	521	507	492
	qwc	l/s	13.7	13.3	13.0	12.7	12.3	12.0
	dpwc	kPa	80	76	72	68	64	61
	15	CC	kW	515	492	467	441	414
PI		kW	85.6	92.6	101	110	121	134
qwe		l/s	24.8	23.6	22.5	21.2	19.9	18.5
dpwe		kPa	57	52	47	42	37	32
HC		kW	597	581	564	548	532	516
qwc		l/s	14.4	14.0	13.7	13.3	12.9	12.6
dpwc		kPa	88	84	79	75	71	67

PŘÍLOHA 4

Výkon TČ při t_{we} = 10 °C v soustavě 35/30 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).

						EWWQ 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
te	ti	Qz	dtw/	tpr	tod	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč
[°C]	[°C]	[kW]	dtw	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]
-15	20	525	1,0	35,0	30,0	34,0	421,2	80,0	34,1	430,8	82,7	34,3	446,8	85,8
-14	20	510	1,0	34,6	29,8	33,8	421,6	79,6	33,9	431,2	82,4	34,0	447,6	85,4
-13	20	495	0,9	34,3	29,6	33,6	422,0	79,1	33,7	431,6	82,1	33,8	448,4	85,1
-12	20	480	0,9	33,9	29,3	33,4	422,4	78,7	33,4	431,9	81,8	33,6	449,2	84,8
-11	20	465	0,9	33,6	29,1	33,1	422,8	78,3	33,2	432,3	81,4	33,4	450,0	84,4
-10	20	450	0,9	33,2	28,9	32,9	423,2	77,9	33,0	432,7	81,1	33,2	450,9	84,1
-9	20	435	0,8	32,8	28,7	32,7	423,6	77,5	32,8	433,1	80,8	33,0	451,7	83,8
-8	20	420	0,8	32,4	28,4	32,5	424,0	77,1	32,6	433,5	80,5	32,8	452,5	83,4
-7	20	405	0,8	32,1	28,2	32,3	424,5	76,7	32,4	433,9	80,2	32,5	453,4	83,1
-6	20	390	0,7	31,7	28,0	32,0	424,9	76,3	32,1	434,3	79,8	32,3	454,2	82,8
-5	20	375	0,7	31,3	27,7	31,8	425,3	75,8	31,9	434,8	79,5	32,1	455,1	82,4
-4	20	360	0,7	30,9	27,5	31,6	425,8	75,4	31,7	435,2	79,2	31,9	455,9	82,1
-3	20	345	0,7	30,6	27,3	31,3	426,2	75,0	31,4	435,6	78,9	31,6	456,8	81,8
-2	20	330	0,6	30,2	27,0	31,1	426,7	74,6	31,2	436,0	78,6	31,4	457,7	81,4
-1	20	315	0,6	29,8	26,8	30,9	427,1	74,1	31,0	436,5	78,2	31,2	458,6	81,1
0	20	300	0,6	29,4	26,5	30,6	427,6	73,7	30,7	436,9	77,9	30,9	459,5	80,7
1	20	285	0,5	29,0	26,3	30,4	428,1	73,3	30,5	437,3	77,6	30,7	460,4	80,4
2	20	270	0,5	28,6	26,0	30,1	428,5	72,8	30,2	437,8	77,3	30,4	461,3	80,1
3	20	255	0,5	28,2	25,8	29,9	429,0	72,4	30,0	438,2	76,9	30,2	462,2	79,7
4	20	240	0,5	27,8	25,5	29,6	429,5	71,9	29,7	438,7	76,6	29,9	463,2	79,4
5	20	225	0,4	27,4	25,3	29,3	430,0	71,5	29,5	439,2	76,3	29,7	464,1	79,0
6	20	210	0,4	27,0	25,0	29,1	430,5	71,0	29,2	439,7	75,9	29,4	465,1	78,7
7	20	195	0,4	26,6	24,7	28,8	431,0	70,5	28,9	440,1	75,6	29,1	466,1	78,3
8	20	180	0,3	26,1	24,4	28,5	431,6	70,1	28,7	440,6	75,3	28,9	467,1	78,0
9	20	165	0,3	25,7	24,1	28,3	432,1	69,6	28,4	441,1	74,9	28,6	468,1	77,6
10	20	150	0,3	25,3	23,8	28,0	432,6	69,1	28,1	441,7	74,6	28,3	469,1	77,3
11	20	135	0,3	24,8	23,6	27,7	433,2	68,6	27,8	442,2	74,2	28,0	470,2	76,9
12	20	120	0,2	24,4	23,2	27,4	433,7	68,1	27,5	442,7	73,9	27,7	471,3	76,6
13	20	105	0,2	23,9	22,9	27,1	434,3	67,6	27,2	443,3	73,5	27,4	472,4	76,2
14	20	90	0,2	23,5	22,6	26,7	434,9	67,1	26,9	443,9	73,2	27,1	473,5	75,8
15	20	75	0,1	23,0	22,3	26,4	435,5	66,5	26,6	444,5	72,8	26,8	474,7	75,4
16	20	60	0,1	22,5	21,9	26,1	436,2	65,9	26,2	445,1	72,4	26,4	475,9	75,0
17	20	45	0,1	22,0	21,5	25,7	436,9	65,3	25,8	445,8	72,0	26,1	477,2	74,6
18	20	30	0,1	21,4	21,1	25,3	437,6	64,7	25,4	446,5	71,6	25,7	478,6	74,2
19	20	15	0,0	20,8	20,6	24,8	438,4	64,0	25,0	447,3	71,1	25,2	480,1	73,7
20	20	0	0,0	20,0	20,0	24,2	439,4	63,0	24,3	448,5	70,5	24,6	482,0	73,1

PŘÍLOHA 5

Výkon TČ při $t_{we} = 10\text{ °C}$ v soustavě 45/40 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).

						EWWQ 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
te	ti	Qz	dtw/	tpr	tod	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč
[°C]	[°C]	[kW]	dtw	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]
-15	20	525	1,0	45,0	40,0	43,9	410,8	100,3	43,9	411,0	100,2	44,1	425,9	104,1
-14	20	510	1,0	44,4	39,6	43,5	411,3	99,4	43,5	412,0	99,4	43,7	427,0	103,2
-13	20	495	0,9	43,9	39,2	43,1	411,9	98,5	43,1	413,0	98,5	43,2	428,1	102,3
-12	20	480	0,9	43,3	38,7	42,7	412,4	97,5	42,7	414,0	97,7	42,8	429,3	101,5
-11	20	465	0,9	42,7	38,3	42,3	413,0	96,6	42,3	415,1	96,9	42,4	430,4	100,6
-10	20	450	0,9	42,2	37,9	41,8	413,6	95,7	41,9	416,1	96,1	42,0	431,6	99,7
-9	20	435	0,8	41,6	37,5	41,4	414,1	94,8	41,4	417,1	95,2	41,6	432,8	98,9
-8	20	420	0,8	41,0	37,0	41,0	414,7	93,9	41,0	418,2	94,4	41,1	434,0	98,0
-7	20	405	0,8	40,4	36,6	40,5	415,3	92,9	40,6	419,2	93,6	40,7	435,2	97,2
-6	20	390	0,7	39,8	36,1	40,1	416,0	92,0	40,1	420,3	92,8	40,3	436,4	96,3
-5	20	375	0,7	39,2	35,7	39,6	416,6	91,1	39,7	421,4	92,0	39,8	437,7	95,5
-4	20	360	0,7	38,6	35,2	39,2	417,2	90,1	39,2	422,4	91,2	39,4	439,0	94,6
-3	20	345	0,7	38,0	34,8	38,7	417,9	89,2	38,8	423,5	90,4	38,9	440,3	93,8
-2	20	330	0,6	37,4	34,3	38,3	418,5	88,3	38,3	424,6	89,6	38,5	441,6	92,9
-1	20	315	0,6	36,8	33,8	37,8	419,2	87,3	37,9	425,7	88,8	38,0	442,9	92,1
0	20	300	0,6	36,2	33,3	37,3	419,9	86,4	37,4	426,9	88,0	37,6	444,3	91,2
1	20	285	0,5	35,6	32,8	36,8	420,5	85,4	36,9	428,0	87,2	37,1	445,6	90,4
2	20	270	0,5	34,9	32,3	36,4	421,3	84,4	36,4	429,1	86,4	36,6	447,0	89,6
3	20	255	0,5	34,3	31,8	35,9	422,0	83,5	35,9	430,3	85,6	36,1	448,4	88,7
4	20	240	0,5	33,6	31,3	35,4	422,7	82,5	35,4	431,5	84,8	35,6	449,9	87,9
5	20	225	0,4	33,0	30,8	34,8	423,5	81,5	34,9	432,7	84,0	35,1	451,4	87,0
6	20	210	0,4	32,3	30,3	34,3	424,2	80,5	34,4	433,9	83,2	34,6	452,9	86,2
7	20	195	0,4	31,6	29,7	33,8	425,0	79,5	33,9	435,1	82,3	34,1	454,4	85,4
8	20	180	0,3	30,9	29,2	33,2	425,8	78,5	33,3	436,4	81,5	33,5	456,0	84,5
9	20	165	0,3	30,2	28,6	32,7	426,7	77,4	32,8	437,7	80,7	33,0	457,6	83,7
10	20	150	0,3	29,5	28,0	32,1	427,5	76,4	32,2	439,0	79,9	32,4	459,3	82,8
11	20	135	0,3	28,7	27,4	31,5	428,4	75,3	31,6	440,3	79,1	31,8	461,0	82,0
12	20	120	0,2	28,0	26,8	30,9	429,3	74,2	31,0	441,6	78,3	31,2	462,8	81,1
13	20	105	0,2	27,2	26,2	30,3	430,3	73,1	30,4	443,1	77,5	30,6	464,6	80,3
14	20	90	0,2	26,4	25,5	29,6	431,2	71,9	29,8	444,5	76,6	30,0	466,5	79,4
15	20	75	0,1	25,6	24,8	29,0	432,3	70,8	29,1	446,0	75,8	29,3	468,5	78,5
16	20	60	0,1	24,7	24,1	28,2	433,4	69,5	28,4	447,6	74,9	28,6	470,6	77,6
17	20	45	0,1	23,8	23,3	27,5	434,5	68,2	27,6	449,2	74,0	27,8	472,8	76,7
18	20	30	0,1	22,8	22,5	26,6	435,8	66,8	26,8	451,0	73,0	27,0	475,2	75,7
19	20	15	0,0	21,6	21,5	25,6	437,3	65,3	25,8	453,1	72,0	26,0	478,0	74,6
20	20	0	0,0	20,0	20,0	24,2	439,4	63,0	24,3	456,0	70,5	24,6	482,0	73,1

PŘÍLOHA 6

Výkon TČ při $t_{we} = 10\text{ °C}$ v soustavě 55/47 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).

						EWWD 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
te	ti	Qz	dtw/	tpr	tod	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč
[°C]	[°C]	[kW]	dtw	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]
-15	20	525	1,0	55,0	47,0	53,1	401,8	116,5	53,0	393,0	115,5	53,2	406,9	120,2
-14	20	510	1,0	54,2	46,4	52,6	402,4	115,1	52,5	394,4	114,2	52,7	408,3	118,8
-13	20	495	0,9	53,4	45,9	52,0	403,1	113,8	51,9	395,8	112,9	52,1	409,8	117,4
-12	20	480	0,9	52,6	45,3	51,5	403,8	112,4	51,4	397,3	111,6	51,6	411,2	116,0
-11	20	465	0,9	51,8	44,7	50,9	404,5	111,1	50,8	398,7	110,3	51,0	412,7	114,7
-10	20	450	0,9	51,0	44,2	50,3	405,2	109,7	50,3	400,2	109,0	50,5	414,2	113,3
-9	20	435	0,8	50,2	43,6	49,8	405,9	108,4	49,7	401,6	107,7	49,9	415,8	112,0
-8	20	420	0,8	49,4	43,0	49,2	406,6	107,0	49,1	403,1	106,4	49,4	417,3	110,6
-7	20	405	0,8	48,6	42,4	48,6	407,4	105,7	48,6	404,6	105,2	48,8	418,9	109,3
-6	20	390	0,7	47,7	41,8	48,0	408,2	104,3	48,0	406,1	103,9	48,2	420,5	107,9
-5	20	375	0,7	46,9	41,2	47,4	408,9	102,9	47,4	407,6	102,6	47,6	422,1	106,6
-4	20	360	0,7	46,1	40,6	46,8	409,7	101,6	46,8	409,1	101,4	47,0	423,8	105,3
-3	20	345	0,7	45,2	40,0	46,2	410,6	100,2	46,2	410,6	100,1	46,4	425,5	104,0
-2	20	330	0,6	44,4	39,3	45,6	411,4	98,8	45,6	412,2	98,8	45,8	427,2	102,6
-1	20	315	0,6	43,5	38,7	45,0	412,2	97,4	45,0	413,7	97,6	45,2	428,9	101,3
0	20	300	0,6	42,6	38,0	44,3	413,1	96,0	44,4	415,3	96,4	44,6	430,7	100,0
1	20	285	0,5	41,7	37,4	43,7	414,0	94,6	43,7	416,9	95,1	44,0	432,5	98,7
2	20	270	0,5	40,8	36,7	43,0	414,9	93,2	43,1	418,5	93,9	43,3	434,4	97,4
3	20	255	0,5	39,9	36,0	42,4	415,9	91,8	42,4	420,1	92,6	42,7	436,3	96,1
4	20	240	0,5	39,0	35,3	41,7	416,8	90,4	41,8	421,8	91,4	42,0	438,2	94,9
5	20	225	0,4	38,1	34,6	41,0	417,8	89,0	41,1	423,5	90,2	41,4	440,2	93,6
6	20	210	0,4	37,1	33,9	40,3	418,8	87,6	40,4	425,2	89,0	40,7	442,2	92,3
7	20	195	0,4	36,2	33,2	39,6	419,9	86,1	39,7	426,9	87,8	40,0	444,3	91,0
8	20	180	0,3	35,2	32,5	38,9	420,9	84,6	39,0	428,6	86,5	39,3	446,4	89,8
9	20	165	0,3	34,2	31,7	38,1	422,0	83,2	38,3	430,4	85,3	38,5	448,6	88,5
10	20	150	0,3	33,2	30,9	37,4	423,2	81,7	37,5	432,2	84,1	37,8	450,8	87,2
11	20	135	0,3	32,2	30,1	36,6	424,4	80,2	36,7	434,1	82,9	37,0	453,1	85,9
12	20	120	0,2	31,1	29,3	35,8	425,6	78,6	35,9	436,0	81,7	36,2	455,5	84,7
13	20	105	0,2	30,0	28,4	34,9	426,9	77,0	35,1	438,0	80,4	35,4	458,0	83,4
14	20	90	0,2	28,9	27,5	34,0	428,2	75,4	34,2	440,0	79,2	34,5	460,6	82,1
15	20	75	0,1	27,7	26,6	33,1	429,6	73,8	33,3	442,1	78,0	33,6	463,3	80,8
16	20	60	0,1	26,5	25,6	32,2	431,1	72,0	32,4	444,3	76,7	32,7	466,2	79,5
17	20	45	0,1	25,2	24,5	31,1	432,7	70,2	31,3	446,6	75,4	31,7	469,3	78,1
18	20	30	0,1	23,8	23,4	30,0	434,5	68,3	30,2	449,1	74,0	30,6	472,6	76,7
19	20	15	0,0	22,2	22,0	28,7	436,5	66,1	28,9	452,0	72,5	29,3	476,5	75,2
20	20	0	0,0	20,0	20,0	26,7	439,4	63,0	26,9	456,0	70,5	27,3	482,0	73,1

PŘÍLOHA 7

Výkon TČ při $t_{we} = 10\text{ °C}$ v soustavě 75/65 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 1).

te [°C]	ti [°C]	Qz [kW]	dtw/ dtw	tpr [°C]	tod [°C]	EWWD 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
						ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]
-15	20	525	1,0	75,0	65,0	55,0	388,1	165,6	55,0	357,0	166,6	55,0	375,0	174,1
-14	20	510	1,0	73,8	64,1	55,0	388,8	162,8	55,0	359,2	163,6	55,0	376,7	170,8
-13	20	495	0,9	72,5	63,1	55,0	389,5	160,0	55,0	361,4	160,5	55,0	378,5	167,6
-12	20	480	0,9	71,3	62,2	55,0	390,2	157,2	55,0	363,6	157,5	55,0	380,3	164,4
-11	20	465	0,9	70,1	61,2	55,0	391,0	154,4	55,0	365,9	154,5	55,0	382,2	161,2
-10	20	450	0,9	68,8	60,2	55,0	391,7	151,6	55,0	368,2	151,5	55,0	384,0	158,0
-9	20	435	0,8	67,5	59,3	55,0	392,6	148,8	55,0	370,4	148,5	55,0	386,0	154,9
-8	20	420	0,8	66,3	58,3	55,0	393,4	146,0	55,0	372,7	145,5	55,0	388,0	151,8
-7	20	405	0,8	65,0	57,3	55,0	394,3	143,2	55,0	375,0	142,6	55,0	390,0	148,7
-6	20	390	0,7	63,7	56,3	55,0	395,2	140,4	55,0	377,4	139,7	55,0	392,1	145,6
-5	20	375	0,7	62,4	55,2	55,0	396,1	137,6	55,0	379,7	136,8	55,0	394,2	142,6
-4	20	360	0,7	61,1	54,2	55,0	397,1	134,9	55,0	382,1	133,9	55,0	396,4	139,6
-3	20	345	0,7	59,7	53,2	55,0	398,1	132,1	55,0	384,5	131,1	55,0	398,7	136,6
-2	20	330	0,6	58,4	52,1	55,0	399,1	129,3	55,0	386,9	128,3	55,0	401,0	133,6
-1	20	315	0,6	57,0	51,0	55,0	400,2	126,6	55,0	389,3	125,5	55,0	403,3	130,7
0	20	300	0,6	55,7	49,9	55,0	401,3	123,8	55,0	391,8	122,7	55,0	405,7	127,7
1	20	285	0,5	54,3	48,8	55,0	402,4	121,0	55,0	394,3	120,0	55,0	408,2	124,8
2	20	270	0,5	52,9	47,7	55,0	403,6	118,3	55,0	396,8	117,2	55,0	410,8	122,0
3	20	255	0,5	51,5	46,6	54,3	404,8	115,5	54,2	399,4	114,5	54,5	413,4	119,1
4	20	240	0,5	50,0	45,4	53,2	406,1	112,7	53,1	402,0	111,9	53,4	416,1	116,3
5	20	225	0,4	48,6	44,3	52,0	407,4	110,0	52,0	404,6	109,2	52,2	418,9	113,5
6	20	210	0,4	47,1	43,1	50,9	408,8	107,2	50,8	407,3	106,6	51,1	421,8	110,8
7	20	195	0,4	45,6	41,9	49,7	410,2	104,4	49,7	410,0	104,0	49,9	424,7	108,1
8	20	180	0,3	44,0	40,6	48,5	411,7	101,6	48,5	412,7	101,4	48,8	427,8	105,4
9	20	165	0,3	42,5	39,3	47,2	413,2	98,8	47,3	415,5	98,9	47,5	431,0	102,7
10	20	150	0,3	40,9	38,0	45,9	414,9	96,0	46,0	418,4	96,3	46,3	434,3	100,0
11	20	135	0,3	39,3	36,7	44,6	416,6	93,2	44,7	421,3	93,8	45,0	437,7	97,4
12	20	120	0,2	37,6	35,3	43,3	418,3	90,3	43,4	424,3	91,4	43,7	441,2	94,8
13	20	105	0,2	35,9	33,9	41,9	420,2	87,5	42,0	427,4	88,9	42,4	444,9	92,2
14	20	90	0,2	34,1	32,4	40,4	422,2	84,5	40,6	430,6	86,4	40,9	448,8	89,6
15	20	75	0,1	32,3	30,8	38,9	424,2	81,5	39,1	433,9	84,0	39,5	452,9	87,1
16	20	60	0,1	30,3	29,2	37,3	426,5	78,5	37,5	437,4	81,6	37,9	457,3	84,5
17	20	45	0,1	28,3	27,4	35,6	428,9	75,3	35,8	441,1	79,1	36,2	462,0	82,0
18	20	30	0,1	26,1	25,5	33,7	431,6	71,9	34,0	445,0	76,6	34,4	467,2	79,4
19	20	15	0,0	23,6	23,3	31,6	434,8	68,2	31,9	449,5	74,0	32,3	473,2	76,6
20	20	0	0,0	20,0	20,0	28,4	439,4	63,0	28,7	456,0	70,5	29,2	482,0	73,1

PŘÍLOHA 8

Výkon TČ při $t_{we} = 10\text{ °C}$ v soustavě 35/30 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).

						EWWQ 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
te	ti	Qz	dtw/	tpr	tod	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč
[°C]	[°C]	[kW]	dtw	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]
-15	20	1050	1,0	35,0	30,0	32,0	421,2	80,0	32,0	429,0	82,7	32,1	446,8	85,8
-14	20	1020	1,0	34,6	29,8	31,8	421,6	79,6	31,8	429,6	82,4	31,9	447,6	85,4
-13	20	990	0,9	34,3	29,6	31,6	422,0	79,1	31,6	430,3	82,1	31,7	448,4	85,1
-12	20	960	0,9	33,9	29,3	31,4	422,4	78,7	31,4	431,0	81,8	31,5	449,2	84,8
-11	20	930	0,9	33,6	29,1	31,1	422,8	78,3	31,2	431,6	81,4	31,3	450,0	84,4
-10	20	900	0,9	33,2	28,9	30,9	423,2	77,9	31,0	432,3	81,1	31,0	450,9	84,1
-9	20	870	0,8	32,8	28,7	30,7	423,6	77,5	30,7	432,9	80,8	30,8	451,7	83,8
-8	20	840	0,8	32,4	28,4	30,5	424,0	77,1	30,5	433,6	80,5	30,6	452,5	83,4
-7	20	810	0,8	32,1	28,2	30,2	424,5	76,7	30,3	434,3	80,2	30,4	453,4	83,1
-6	20	780	0,7	31,7	28,0	30,0	424,9	76,3	30,1	434,9	79,8	30,1	454,2	82,8
-5	20	750	0,7	31,3	27,7	29,8	425,3	75,8	29,8	435,6	79,5	29,9	455,1	82,4
-4	20	720	0,7	30,9	27,5	29,5	425,8	75,4	29,6	436,3	79,2	29,7	455,9	82,1
-3	20	690	0,7	30,6	27,3	29,3	426,2	75,0	29,4	437,0	78,9	29,4	456,8	81,8
-2	20	660	0,6	30,2	27,0	29,1	426,7	74,6	29,1	437,7	78,6	29,2	457,7	81,4
-1	20	630	0,6	29,8	26,8	28,8	427,1	74,1	28,9	438,4	78,2	29,0	458,6	81,1
0	20	600	0,6	29,4	26,5	28,6	427,6	73,7	28,6	439,1	77,9	28,7	459,5	80,7
1	20	570	0,5	29,0	26,3	28,3	428,1	73,3	28,4	439,8	77,6	28,5	460,4	80,4
2	20	540	0,5	28,6	26,0	28,1	428,5	72,8	28,1	440,5	77,3	28,2	461,3	80,1
3	20	510	0,5	28,2	25,8	27,8	429,0	72,4	27,9	441,2	76,9	28,0	462,2	79,7
4	20	480	0,5	27,8	25,5	27,6	429,5	71,9	27,6	442,0	76,6	27,7	463,2	79,4
5	20	450	0,4	27,4	25,3	27,3	430,0	71,5	27,4	442,7	76,3	27,5	464,1	79,0
6	20	420	0,4	27,0	25,0	27,0	430,5	71,0	27,1	443,4	75,9	27,2	465,1	78,7
7	20	390	0,4	26,6	24,7	26,8	431,0	70,5	26,8	444,2	75,6	26,9	466,1	78,3
8	20	360	0,3	26,1	24,4	26,5	431,6	70,1	26,5	444,9	75,3	26,7	467,1	78,0
9	20	330	0,3	25,7	24,1	26,2	432,1	69,6	26,3	445,7	74,9	26,4	468,1	77,6
10	20	300	0,3	25,3	23,8	25,9	432,6	69,1	26,0	446,5	74,6	26,1	469,1	77,3
11	20	270	0,3	24,8	23,6	25,6	433,2	68,6	25,7	447,3	74,2	25,8	470,2	76,9
12	20	240	0,2	24,4	23,2	25,3	433,7	68,1	25,4	448,1	73,9	25,5	471,3	76,6
13	20	210	0,2	23,9	22,9	25,0	434,3	67,6	25,1	448,9	73,5	25,2	472,4	76,2
14	20	180	0,2	23,5	22,6	24,7	434,9	67,1	24,7	449,8	73,2	24,9	473,5	75,8
15	20	150	0,1	23,0	22,3	24,3	435,5	66,5	24,4	450,6	72,8	24,5	474,7	75,4
16	20	120	0,1	22,5	21,9	24,0	436,2	65,9	24,1	451,5	72,4	24,2	475,9	75,0
17	20	90	0,1	22,0	21,5	23,6	436,9	65,3	23,7	452,5	72,0	23,8	477,2	74,6
18	20	60	0,1	21,4	21,1	23,2	437,6	64,7	23,3	453,5	71,6	23,4	478,6	74,2
19	20	30	0,0	20,8	20,6	22,7	438,4	64,0	22,8	454,6	71,1	22,9	480,1	73,7
20	20	0	0,0	20,0	20,0	22,1	439,4	63,0	22,2	456,0	70,5	22,3	482,0	73,1

PŘÍLOHA 9

Výkon TČ při $t_{we} = 10\text{ °C}$ v soustavě 45/40 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).

						EWWQ 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
te	ti	Qz	dtw/	tpr	tod	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč
[°C]	[°C]	[kW]	dtw	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]
-15	20	1050	1,0	45,0	40,0	42,0	410,8	100,3	42,0	411,0	100,2	42,0	425,9	104,1
-14	20	1020	1,0	44,4	39,6	41,5	411,3	99,4	41,5	412,0	99,4	41,6	427,0	103,2
-13	20	990	0,9	43,9	39,2	41,1	411,9	98,5	41,1	413,0	98,5	41,2	428,1	102,3
-12	20	960	0,9	43,3	38,7	40,7	412,4	97,5	40,7	414,0	97,7	40,8	429,3	101,5
-11	20	930	0,9	42,7	38,3	40,3	413,0	96,6	40,3	415,1	96,9	40,4	430,4	100,6
-10	20	900	0,9	42,2	37,9	39,9	413,6	95,7	39,9	416,1	96,1	39,9	431,6	99,7
-9	20	870	0,8	41,6	37,5	39,4	414,1	94,8	39,4	417,1	95,2	39,5	432,8	98,9
-8	20	840	0,8	41,0	37,0	39,0	414,7	93,9	39,0	418,2	94,4	39,1	434,0	98,0
-7	20	810	0,8	40,4	36,6	38,6	415,3	92,9	38,6	419,2	93,6	38,6	435,2	97,2
-6	20	780	0,7	39,8	36,1	38,1	416,0	92,0	38,1	420,3	92,8	38,2	436,4	96,3
-5	20	750	0,7	39,2	35,7	37,7	416,6	91,1	37,7	421,4	92,0	37,8	437,7	95,5
-4	20	720	0,7	38,6	35,2	37,2	417,2	90,1	37,2	422,4	91,2	37,3	439,0	94,6
-3	20	690	0,7	38,0	34,8	36,7	417,9	89,2	36,8	423,5	90,4	36,8	440,3	93,8
-2	20	660	0,6	37,4	34,3	36,3	418,5	88,3	36,3	424,6	89,6	36,4	441,6	92,9
-1	20	630	0,6	36,8	33,8	35,8	419,2	87,3	35,8	425,7	88,8	35,9	442,9	92,1
0	20	600	0,6	36,2	33,3	35,3	419,9	86,4	35,4	426,9	88,0	35,4	444,3	91,2
1	20	570	0,5	35,6	32,8	34,8	420,5	85,4	34,9	428,0	87,2	35,0	445,6	90,4
2	20	540	0,5	34,9	32,3	34,4	421,3	84,4	34,4	429,1	86,4	34,5	447,0	89,6
3	20	510	0,5	34,3	31,8	33,9	422,0	83,5	33,9	430,3	85,6	34,0	448,4	88,7
4	20	480	0,5	33,6	31,3	33,3	422,7	82,5	33,4	431,5	84,8	33,5	449,9	87,9
5	20	450	0,4	33,0	30,8	32,8	423,5	81,5	32,9	432,7	84,0	33,0	451,4	87,0
6	20	420	0,4	32,3	30,3	32,3	424,2	80,5	32,3	433,9	83,2	32,4	452,9	86,2
7	20	390	0,4	31,6	29,7	31,8	425,0	79,5	31,8	435,1	82,3	31,9	454,4	85,4
8	20	360	0,3	30,9	29,2	31,2	425,8	78,5	31,3	436,4	81,5	31,4	456,0	84,5
9	20	330	0,3	30,2	28,6	30,7	426,7	77,4	30,7	437,7	80,7	30,8	457,6	83,7
10	20	300	0,3	29,5	28,0	30,1	427,5	76,4	30,1	439,0	79,9	30,2	459,3	82,8
11	20	270	0,3	28,7	27,4	29,5	428,4	75,3	29,5	440,3	79,1	29,6	461,0	82,0
12	20	240	0,2	28,0	26,8	28,9	429,3	74,2	28,9	441,6	78,3	29,0	462,8	81,1
13	20	210	0,2	27,2	26,2	28,2	430,3	73,1	28,3	443,1	77,5	28,4	464,6	80,3
14	20	180	0,2	26,4	25,5	27,6	431,2	71,9	27,6	444,5	76,6	27,8	466,5	79,4
15	20	150	0,1	25,6	24,8	26,9	432,3	70,8	27,0	446,0	75,8	27,1	468,5	78,5
16	20	120	0,1	24,7	24,1	26,2	433,4	69,5	26,2	447,6	74,9	26,3	470,6	77,6
17	20	90	0,1	23,8	23,3	25,4	434,5	68,2	25,5	449,2	74,0	25,6	472,8	76,7
18	20	60	0,1	22,8	22,5	24,5	435,8	66,8	24,6	451,0	73,0	24,7	475,2	75,7
19	20	30	0,0	21,6	21,5	23,6	437,3	65,3	23,6	453,1	72,0	23,8	478,0	74,6
20	20	0	0,0	20,0	20,0	22,1	439,4	63,0	22,2	456,0	70,5	22,3	482,0	73,1

PŘÍLOHA 10

Výkon TČ při $t_{we} = 10\text{ °C}$ v soustavě 55/47 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).

te [°C]	ti [°C]	Qz [kW]	dtw/ dtw	tpr [°C]	tod [°C]	EWWD 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
						ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]
-15	20	1050	1,0	55,0	47,0	50,1	401,8	116,5	50,0	393,0	115,5	50,1	406,9	120,2
-14	20	1020	1,0	54,2	46,4	49,5	402,4	115,1	49,4	394,4	114,2	49,6	408,3	118,8
-13	20	990	0,9	53,4	45,9	49,0	403,1	113,8	48,9	395,8	112,9	49,0	409,8	117,4
-12	20	960	0,9	52,6	45,3	48,4	403,8	112,4	48,3	397,3	111,6	48,4	411,2	116,0
-11	20	930	0,9	51,8	44,7	47,8	404,5	111,1	47,8	398,7	110,3	47,9	412,7	114,7
-10	20	900	0,9	51,0	44,2	47,3	405,2	109,7	47,2	400,2	109,0	47,3	414,2	113,3
-9	20	870	0,8	50,2	43,6	46,7	405,9	108,4	46,6	401,6	107,7	46,8	415,8	112,0
-8	20	840	0,8	49,4	43,0	46,1	406,6	107,0	46,1	403,1	106,4	46,2	417,3	110,6
-7	20	810	0,8	48,6	42,4	45,5	407,4	105,7	45,5	404,6	105,2	45,6	418,9	109,3
-6	20	780	0,7	47,7	41,8	44,9	408,2	104,3	44,9	406,1	103,9	45,0	420,5	107,9
-5	20	750	0,7	46,9	41,2	44,3	408,9	102,9	44,3	407,6	102,6	44,4	422,1	106,6
-4	20	720	0,7	46,1	40,6	43,7	409,7	101,6	43,7	409,1	101,4	43,8	423,8	105,3
-3	20	690	0,7	45,2	40,0	43,1	410,6	100,2	43,1	410,6	100,1	43,2	425,5	104,0
-2	20	660	0,6	44,4	39,3	42,5	411,4	98,8	42,5	412,2	98,8	42,6	427,2	102,6
-1	20	630	0,6	43,5	38,7	41,8	412,2	97,4	41,8	413,7	97,6	42,0	428,9	101,3
0	20	600	0,6	42,6	38,0	41,2	413,1	96,0	41,2	415,3	96,4	41,3	430,7	100,0
1	20	570	0,5	41,7	37,4	40,5	414,0	94,6	40,6	416,9	95,1	40,7	432,5	98,7
2	20	540	0,5	40,8	36,7	39,9	414,9	93,2	39,9	418,5	93,9	40,0	434,4	97,4
3	20	510	0,5	39,9	36,0	39,2	415,9	91,8	39,2	420,1	92,6	39,4	436,3	96,1
4	20	480	0,5	39,0	35,3	38,5	416,8	90,4	38,6	421,8	91,4	38,7	438,2	94,9
5	20	450	0,4	38,1	34,6	37,8	417,8	89,0	37,9	423,5	90,2	38,0	440,2	93,6
6	20	420	0,4	37,1	33,9	37,1	418,8	87,6	37,2	425,2	89,0	37,3	442,2	92,3
7	20	390	0,4	36,2	33,2	36,4	419,9	86,1	36,5	426,9	87,8	36,6	444,3	91,0
8	20	360	0,3	35,2	32,5	35,7	420,9	84,6	35,7	428,6	86,5	35,9	446,4	89,8
9	20	330	0,3	34,2	31,7	34,9	422,0	83,2	35,0	430,4	85,3	35,1	448,6	88,5
10	20	300	0,3	33,2	30,9	34,1	423,2	81,7	34,2	432,2	84,1	34,3	450,8	87,2
11	20	270	0,3	32,2	30,1	33,3	424,4	80,2	33,4	434,1	82,9	33,6	453,1	85,9
12	20	240	0,2	31,1	29,3	32,5	425,6	78,6	32,6	436,0	81,7	32,7	455,5	84,7
13	20	210	0,2	30,0	28,4	31,7	426,9	77,0	31,8	438,0	80,4	31,9	458,0	83,4
14	20	180	0,2	28,9	27,5	30,8	428,2	75,4	30,9	440,0	79,2	31,0	460,6	82,1
15	20	150	0,1	27,7	26,6	29,9	429,6	73,8	29,9	442,1	78,0	30,1	463,3	80,8
16	20	120	0,1	26,5	25,6	28,9	431,1	72,0	29,0	444,3	76,7	29,1	466,2	79,5
17	20	90	0,1	25,2	24,5	27,8	432,7	70,2	27,9	446,6	75,4	28,1	469,3	78,1
18	20	60	0,1	23,8	23,4	26,7	434,5	68,3	26,8	449,1	74,0	27,0	472,6	76,7
19	20	30	0,0	22,2	22,0	25,3	436,5	66,1	25,5	452,0	72,5	25,6	476,5	75,2
20	20	0	0,0	20,0	20,0	23,3	439,4	63,0	23,5	456,0	70,5	23,7	482,0	73,1

PŘÍLOHA 11

Výkon TČ při $t_{we} = 10\text{ °C}$ v soustavě 75/65 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 2).

te [°C]	ti [°C]	Qz [kW]	dtw/ dtw	tpr [°C]	tod [°C]	EWWD 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
						ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]
-15	20	1050	1,0	75,0	65,0	55,0	388,1	165,6	55,0	357,0	166,6	55,0	375,0	174,1
-14	20	1020	1,0	73,8	64,1	55,0	388,8	162,8	55,0	359,2	163,6	55,0	376,7	170,8
-13	20	990	0,9	72,5	63,1	55,0	389,5	160,0	55,0	361,4	160,5	55,0	378,5	167,6
-12	20	960	0,9	71,3	62,2	55,0	390,2	157,2	55,0	363,6	157,5	55,0	380,3	164,4
-11	20	930	0,9	70,1	61,2	55,0	391,0	154,4	55,0	365,9	154,5	55,0	382,2	161,2
-10	20	900	0,9	68,8	60,2	55,0	391,7	151,6	55,0	368,2	151,5	55,0	384,0	158,0
-9	20	870	0,8	67,5	59,3	55,0	392,6	148,8	55,0	370,4	148,5	55,0	386,0	154,9
-8	20	840	0,8	66,3	58,3	55,0	393,4	146,0	55,0	372,7	145,5	55,0	388,0	151,8
-7	20	810	0,8	65,0	57,3	55,0	394,3	143,2	55,0	375,0	142,6	55,0	390,0	148,7
-6	20	780	0,7	63,7	56,3	55,0	395,2	140,4	55,0	377,4	139,7	55,0	392,1	145,6
-5	20	750	0,7	62,4	55,2	55,0	396,1	137,6	55,0	379,7	136,8	55,0	394,2	142,6
-4	20	720	0,7	61,1	54,2	55,0	397,1	134,9	55,0	382,1	133,9	55,0	396,4	139,6
-3	20	690	0,7	59,7	53,2	55,0	398,1	132,1	55,0	384,5	131,1	55,0	398,7	136,6
-2	20	660	0,6	58,4	52,1	55,0	399,1	129,3	55,0	386,9	128,3	55,0	401,0	133,6
-1	20	630	0,6	57,0	51,0	54,8	400,2	126,6	54,7	389,3	125,5	54,9	403,3	130,7
0	20	600	0,6	55,7	49,9	53,8	401,3	123,8	53,7	391,8	122,7	53,8	405,7	127,7
1	20	570	0,5	54,3	48,8	52,7	402,4	121,0	52,6	394,3	120,0	52,7	408,2	124,8
2	20	540	0,5	52,9	47,7	51,6	403,6	118,3	51,5	396,8	117,2	51,6	410,8	122,0
3	20	510	0,5	51,5	46,6	50,4	404,8	115,5	50,4	399,4	114,5	50,5	413,4	119,1
4	20	480	0,5	50,0	45,4	49,3	406,1	112,7	49,3	402,0	111,9	49,4	416,1	116,3
5	20	450	0,4	48,6	44,3	48,1	407,4	110,0	48,1	404,6	109,2	48,3	418,9	113,5
6	20	420	0,4	47,1	43,1	47,0	408,8	107,2	47,0	407,3	106,6	47,1	421,8	110,8
7	20	390	0,4	45,6	41,9	45,8	410,2	104,4	45,8	410,0	104,0	45,9	424,7	108,1
8	20	360	0,3	44,0	40,6	44,5	411,7	101,6	44,5	412,7	101,4	44,7	427,8	105,4
9	20	330	0,3	42,5	39,3	43,3	413,2	98,8	43,3	415,5	98,9	43,4	431,0	102,7
10	20	300	0,3	40,9	38,0	42,0	414,9	96,0	42,0	418,4	96,3	42,2	434,3	100,0
11	20	270	0,3	39,3	36,7	40,7	416,6	93,2	40,7	421,3	93,8	40,9	437,7	97,4
12	20	240	0,2	37,6	35,3	39,3	418,3	90,3	39,4	424,3	91,4	39,5	441,2	94,8
13	20	210	0,2	35,9	33,9	37,9	420,2	87,5	38,0	427,4	88,9	38,1	444,9	92,2
14	20	180	0,2	34,1	32,4	36,4	422,2	84,5	36,5	430,6	86,4	36,7	448,8	89,6
15	20	150	0,1	32,3	30,8	34,9	424,2	81,5	35,0	433,9	84,0	35,2	452,9	87,1
16	20	120	0,1	30,3	29,2	33,3	426,5	78,5	33,4	437,4	81,6	33,6	457,3	84,5
17	20	90	0,1	28,3	27,4	31,5	428,9	75,3	31,6	441,1	79,1	31,8	462,0	82,0
18	20	60	0,1	26,1	25,5	29,6	431,6	71,9	29,8	445,0	76,6	30,0	467,2	79,4
19	20	30	0,0	23,6	23,3	27,4	434,8	68,2	27,6	449,5	74,0	27,8	473,2	76,6
20	20	0	0,0	20,0	20,0	24,2	439,4	63,0	24,3	456,0	70,5	24,6	482,0	73,1

PŘÍLOHA 12

Výkon TČ při $t_{we} = 20\text{ °C}$ v soustavě 35/30 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).

te [°C]	ti [°C]	Qz [kW]	dtw/ dtwn	tpr [°C]	tod [°C]	EWWQ 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
						ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]
-15	20	1050	1,0	35,0	30,0	32,6	556,2	85,3	32,6	554,3	89,7	32,8	580,7	92,5
-14	20	1020	1,0	34,6	29,8	32,4	556,7	84,9	32,4	554,9	89,4	32,6	581,4	92,2
-13	20	990	0,9	34,3	29,6	32,2	557,1	84,4	32,2	555,5	89,1	32,3	582,1	91,9
-12	20	960	0,9	33,9	29,3	32,0	557,5	84,0	32,0	556,1	88,8	32,1	582,8	91,6
-11	20	930	0,9	33,6	29,1	31,8	557,9	83,5	31,8	556,7	88,5	31,9	583,6	91,2
-10	20	900	0,9	33,2	28,9	31,6	558,3	83,1	31,6	557,3	88,2	31,7	584,3	90,9
-9	20	870	0,8	32,8	28,7	31,3	558,8	82,6	31,3	557,9	87,9	31,5	585,0	90,6
-8	20	840	0,8	32,4	28,4	31,1	559,2	82,1	31,1	558,5	87,6	31,2	585,8	90,3
-7	20	810	0,8	32,1	28,2	30,9	559,6	81,7	30,9	559,2	87,4	31,0	586,5	89,9
-6	20	780	0,7	31,7	28,0	30,7	560,1	81,2	30,7	559,8	87,1	30,8	587,3	89,6
-5	20	750	0,7	31,3	27,7	30,4	560,5	80,7	30,4	560,4	86,8	30,6	588,1	89,3
-4	20	720	0,7	30,9	27,5	30,2	561,0	80,3	30,2	561,1	86,5	30,3	588,9	89,0
-3	20	690	0,7	30,6	27,3	30,0	561,5	79,8	30,0	561,7	86,2	30,1	589,7	88,7
-2	20	660	0,6	30,2	27,0	29,7	561,9	79,3	29,7	562,4	85,9	29,9	590,5	88,3
-1	20	630	0,6	29,8	26,8	29,5	562,4	78,8	29,5	563,0	85,6	29,6	591,3	88,0
0	20	600	0,6	29,4	26,5	29,2	562,9	78,3	29,3	563,7	85,4	29,4	592,1	87,7
1	20	570	0,5	29,0	26,3	29,0	563,4	77,8	29,0	564,4	85,1	29,1	592,9	87,4
2	20	540	0,5	28,6	26,0	28,7	563,9	77,3	28,8	565,0	84,8	28,9	593,7	87,1
3	20	510	0,5	28,2	25,8	28,5	564,4	76,8	28,5	565,7	84,5	28,6	594,6	86,7
4	20	480	0,5	27,8	25,5	28,2	564,9	76,3	28,2	566,4	84,2	28,4	595,5	86,4
5	20	450	0,4	27,4	25,3	28,0	565,4	75,7	28,0	567,2	83,9	28,1	596,3	86,1
6	20	420	0,4	27,0	25,0	27,7	565,9	75,2	27,7	567,9	83,6	27,9	597,2	85,8
7	20	390	0,4	26,6	24,7	27,4	566,4	74,7	27,5	568,6	83,3	27,6	598,1	85,4
8	20	360	0,3	26,1	24,4	27,2	567,0	74,1	27,2	569,4	83,1	27,3	599,1	85,1
9	20	330	0,3	25,7	24,1	26,9	567,6	73,6	26,9	570,1	82,8	27,1	600,0	84,8
10	20	300	0,3	25,3	23,8	26,6	568,1	73,0	26,6	570,9	82,5	26,8	601,0	84,4
11	20	270	0,3	24,8	23,6	26,3	568,7	72,4	26,3	571,7	82,2	26,5	602,0	84,1
12	20	240	0,2	24,4	23,2	26,0	569,3	71,8	26,0	572,5	81,9	26,2	603,0	83,8
13	20	210	0,2	23,9	22,9	25,7	569,9	71,2	25,7	573,4	81,6	25,9	604,1	83,4
14	20	180	0,2	23,5	22,6	25,4	570,6	70,6	25,4	574,3	81,3	25,5	605,1	83,1
15	20	150	0,1	23,0	22,3	25,0	571,3	69,9	25,1	575,2	81,0	25,2	606,3	82,7
16	20	120	0,1	22,5	21,9	24,7	572,0	69,2	24,7	576,1	80,6	24,9	607,5	82,3
17	20	90	0,1	22,0	21,5	24,3	572,7	68,5	24,3	577,1	80,3	24,5	608,7	82,0
18	20	60	0,1	21,4	21,1	23,9	573,6	67,7	23,9	578,2	79,9	24,1	610,1	81,5
19	20	30	0,0	20,8	20,6	23,4	574,5	66,8	23,5	579,5	79,6	23,6	611,7	81,1
20	20	0	0,0	20,0	20,0	22,8	575,8	65,6	22,8	581,2	79,0	23,0	613,8	80,5

PŘÍLOHA 13

Výkon TČ při $t_{we} = 20\text{ °C}$ v soustavě 45/40 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).

te [°C]	ti [°C]	Qz [kW]	dtw/ dtwn	tpr [°C]	tod [°C]	EWWQ 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
						ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]
-15	20	1050	1,0	45,0	40,0	42,6	537,8	106,8	42,5	526,9	105,9	42,6	548,1	110,3
-14	20	1020	1,0	44,4	39,6	42,2	538,6	105,9	42,1	528,0	105,1	42,2	549,4	109,5
-13	20	990	0,9	43,9	39,2	41,7	539,3	104,9	41,7	529,2	104,3	41,8	550,8	108,6
-12	20	960	0,9	43,3	38,7	41,3	540,1	104,0	41,3	530,4	103,6	41,4	552,2	107,8
-11	20	930	0,9	42,7	38,3	40,9	540,8	103,1	40,9	531,6	102,8	41,0	553,5	106,9
-10	20	900	0,9	42,2	37,9	40,5	541,6	102,1	40,4	532,7	102,0	40,5	554,9	106,1
-9	20	870	0,8	41,6	37,5	40,0	542,4	101,2	40,0	533,9	101,2	40,1	556,3	105,2
-8	20	840	0,8	41,0	37,0	39,6	543,2	100,2	39,6	535,1	100,5	39,7	557,8	104,4
-7	20	810	0,8	40,4	36,6	39,2	544,0	99,2	39,1	536,4	99,7	39,3	559,2	103,6
-6	20	780	0,7	39,8	36,1	38,7	544,8	98,3	38,7	537,6	99,0	38,8	560,6	102,7
-5	20	750	0,7	39,2	35,7	38,3	545,7	97,3	38,3	538,8	98,2	38,4	562,1	101,9
-4	20	720	0,7	38,6	35,2	37,8	546,5	96,3	37,8	540,1	97,4	37,9	563,6	101,1
-3	20	690	0,7	38,0	34,8	37,4	547,3	95,3	37,4	541,4	96,7	37,5	565,1	100,3
-2	20	660	0,6	37,4	34,3	36,9	548,2	94,3	36,9	542,6	95,9	37,0	566,6	99,4
-1	20	630	0,6	36,8	33,8	36,4	549,1	93,3	36,4	543,9	95,2	36,5	568,2	98,6
0	20	600	0,6	36,2	33,3	36,0	550,0	92,3	36,0	545,3	94,4	36,1	569,8	97,8
1	20	570	0,5	35,6	32,8	35,5	550,9	91,3	35,5	546,6	93,7	35,6	571,4	97,0
2	20	540	0,5	34,9	32,3	35,0	551,8	90,2	35,0	547,9	93,0	35,1	573,0	96,2
3	20	510	0,5	34,3	31,8	34,5	552,8	89,2	34,5	549,3	92,2	34,6	574,6	95,4
4	20	480	0,5	33,6	31,3	34,0	553,7	88,1	34,0	550,7	91,5	34,1	576,3	94,6
5	20	450	0,4	33,0	30,8	33,5	554,7	87,0	33,5	552,1	90,8	33,6	578,0	93,7
6	20	420	0,4	32,3	30,3	33,0	555,7	85,9	33,0	553,6	90,0	33,1	579,7	92,9
7	20	390	0,4	31,6	29,7	32,4	556,7	84,8	32,4	555,0	89,3	32,6	581,5	92,1
8	20	360	0,3	30,9	29,2	31,9	557,8	83,7	31,9	556,5	88,6	32,0	583,3	91,3
9	20	330	0,3	30,2	28,6	31,3	558,9	82,5	31,3	558,1	87,9	31,5	585,2	90,5
10	20	300	0,3	29,5	28,0	30,7	560,0	81,3	30,8	559,6	87,1	30,9	587,1	89,7
11	20	270	0,3	28,7	27,4	30,2	561,1	80,1	30,2	561,2	86,4	30,3	589,1	88,9
12	20	240	0,2	28,0	26,8	29,5	562,3	78,9	29,6	562,9	85,7	29,7	591,1	88,1
13	20	210	0,2	27,2	26,2	28,9	563,5	77,6	28,9	564,6	85,0	29,1	593,2	87,3
14	20	180	0,2	26,4	25,5	28,3	564,8	76,3	28,3	566,4	84,2	28,4	595,4	86,4
15	20	150	0,1	25,6	24,8	27,6	566,2	74,9	27,6	568,3	83,5	27,8	597,7	85,6
16	20	120	0,1	24,7	24,1	26,9	567,6	73,5	26,9	570,2	82,7	27,0	600,1	84,7
17	20	90	0,1	23,8	23,3	26,1	569,2	72,0	26,1	572,3	81,9	26,3	602,7	83,9
18	20	60	0,1	22,8	22,5	25,2	570,9	70,3	25,3	574,6	81,1	25,4	605,6	82,9
19	20	30	0,0	21,6	21,5	24,3	572,8	68,4	24,3	577,3	80,3	24,5	608,9	81,9
20	20	0	0,0	20,0	20,0	22,8	575,8	65,6	22,8	581,2	79,0	23,0	613,8	80,5

PŘÍLOHA 14

Výkon TČ při $t_{we} = 20\text{ °C}$ v soustavě 55/47 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).

						EWWD 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
te	ti	Qz	dtw/	tpr	tod	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč	ttč	Qtč	Ptč
[°C]	[°C]	[kW]	dtwn	[°C]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kW]
-15	20	1050	1,0	55,0	47,0	50,0	525,6	122,8	50,8	507,4	120,6	50,9	525,6	126,2
-14	20	1020	1,0	54,2	46,4	50,0	526,6	121,5	50,3	508,9	119,4	50,4	527,4	124,8
-13	20	990	0,9	53,4	45,9	49,9	527,5	120,2	49,7	510,5	118,1	49,9	529,2	123,5
-12	20	960	0,9	52,6	45,3	49,3	528,5	118,9	49,2	512,1	116,8	49,3	531,0	122,1
-11	20	930	0,9	51,8	44,7	48,8	529,5	117,6	48,6	513,7	115,6	48,8	532,9	120,8
-10	20	900	0,9	51,0	44,2	48,2	530,5	116,2	48,1	515,3	114,3	48,2	534,7	119,4
-9	20	870	0,8	50,2	43,6	47,6	531,5	114,9	47,5	516,9	113,1	47,6	536,6	118,1
-8	20	840	0,8	49,4	43,0	47,0	532,5	113,6	46,9	518,6	111,9	47,1	538,5	116,8
-7	20	810	0,8	48,6	42,4	46,5	533,6	112,2	46,3	520,2	110,6	46,5	540,4	115,5
-6	20	780	0,7	47,7	41,8	45,9	534,6	110,8	45,8	521,9	109,4	45,9	542,3	114,1
-5	20	750	0,7	46,9	41,2	45,3	535,7	109,5	45,2	523,6	108,2	45,3	544,3	112,8
-4	20	720	0,7	46,1	40,6	44,7	536,8	108,1	44,6	525,3	107,0	44,7	546,2	111,5
-3	20	690	0,7	45,2	40,0	44,1	537,9	106,7	44,0	527,0	105,8	44,1	548,2	110,2
-2	20	660	0,6	44,4	39,3	43,4	539,0	105,3	43,4	528,8	104,6	43,5	550,3	108,9
-1	20	630	0,6	43,5	38,7	42,8	540,2	103,9	42,7	530,5	103,5	42,9	552,3	107,6
0	20	600	0,6	42,6	38,0	42,2	541,3	102,4	42,1	532,3	102,3	42,3	554,4	106,4
1	20	570	0,5	41,7	37,4	41,5	542,5	101,0	41,5	534,1	101,1	41,6	556,6	105,1
2	20	540	0,5	40,8	36,7	40,9	543,7	99,6	40,8	536,0	100,0	41,0	558,7	103,8
3	20	510	0,5	39,9	36,0	40,2	545,0	98,1	40,2	537,8	98,8	40,3	560,9	102,6
4	20	480	0,5	39,0	35,3	39,5	546,2	96,6	39,5	539,7	97,7	39,7	563,2	101,3
5	20	450	0,4	38,1	34,6	38,8	547,5	95,1	38,8	541,7	96,5	39,0	565,5	100,1
6	20	420	0,4	37,1	33,9	38,1	548,9	93,6	38,1	543,6	95,4	38,3	567,8	98,8
7	20	390	0,4	36,2	33,2	37,4	550,2	92,0	37,4	545,6	94,3	37,6	570,2	97,6
8	20	360	0,3	35,2	32,5	36,7	551,6	90,4	36,7	547,6	93,1	36,9	572,6	96,4
9	20	330	0,3	34,2	31,7	35,9	553,0	88,8	35,9	549,7	92,0	36,1	575,1	95,1
10	20	300	0,3	33,2	30,9	35,2	554,5	87,2	35,2	551,9	90,9	35,4	577,7	93,9
11	20	270	0,3	32,2	30,1	34,4	556,0	85,6	34,4	554,0	89,8	34,6	580,3	92,7
12	20	240	0,2	31,1	29,3	33,6	557,6	83,8	33,6	556,3	88,7	33,8	583,1	91,5
13	20	210	0,2	30,0	28,4	32,7	559,3	82,1	32,7	558,6	87,6	33,0	585,9	90,2
14	20	180	0,2	28,9	27,5	31,8	561,0	80,3	31,9	561,0	86,5	32,1	588,8	89,0
15	20	150	0,1	27,7	26,6	30,9	562,8	78,4	31,0	563,6	85,4	31,2	591,9	87,8
16	20	120	0,1	26,5	25,6	30,0	564,7	76,4	30,0	566,2	84,3	30,2	595,2	86,5
17	20	90	0,1	25,2	24,5	28,9	566,8	74,3	28,9	569,1	83,2	29,2	598,7	85,2
18	20	60	0,1	23,8	23,4	27,8	569,1	72,0	27,8	572,2	82,0	28,1	602,6	83,9
19	20	30	0,0	22,2	22,0	26,4	571,8	69,4	26,5	575,8	80,7	26,8	607,1	82,5
20	20	0	0,0	20,0	20,0	24,5	575,8	65,6	24,5	581,2	79,0	24,8	613,8	80,5

PŘÍLOHA 15

Výkon TČ při $t_{we} = 20\text{ °C}$ v soustavě 75/65 °C a tepelné ztráty objektu pro variantu 3).

te [°C]	ti [°C]	Qz [kW]	dtw/ dtwn	tpr [°C]	tod [°C]	EWWQ 380G-XS			EWWQ 360G-SS			EWWQ 380G-SS		
						ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]	ttč [°C]	Qtč [kW]	Ptč [kW]
-15	20	1050	1,0	75,0	65,0	50,0	496,8	168,0	55,0	455,8	171,1	55,0	469,2	180,1
-14	20	1020	1,0	73,8	64,1	50,0	498,2	165,5	55,0	458,5	168,0	55,0	472,1	176,8
-13	20	990	0,9	72,5	63,1	50,0	499,6	163,0	55,0	461,3	165,0	55,0	475,0	173,6
-12	20	960	0,9	71,3	62,2	50,0	501,1	160,5	55,0	464,0	161,9	55,0	478,0	170,4
-11	20	930	0,9	70,1	61,2	50,0	502,6	158,0	55,0	466,8	158,9	55,0	481,0	167,2
-10	20	900	0,9	68,8	60,2	50,0	504,1	155,5	55,0	469,6	156,0	55,0	484,0	164,0
-9	20	870	0,8	67,5	59,3	50,0	505,6	152,9	55,0	472,5	153,0	55,0	487,0	160,9
-8	20	840	0,8	66,3	58,3	50,0	507,2	150,4	55,0	475,3	150,1	55,0	490,1	157,7
-7	20	810	0,8	65,0	57,3	50,0	508,7	147,9	55,0	478,2	147,2	55,0	493,2	154,6
-6	20	780	0,7	63,7	56,3	50,0	510,3	145,3	55,0	481,1	144,3	55,0	496,4	151,6
-5	20	750	0,7	62,4	55,2	50,0	512,0	142,8	55,0	484,0	141,5	55,0	499,6	148,5
-4	20	720	0,7	61,1	54,2	50,0	513,6	140,2	55,0	487,0	138,6	55,0	502,8	145,5
-3	20	690	0,7	59,7	53,2	50,0	515,3	137,6	55,0	489,9	135,8	55,0	506,1	142,5
-2	20	660	0,6	58,4	52,1	50,0	517,1	135,1	55,0	492,9	133,1	55,0	509,5	139,6
-1	20	630	0,6	57,0	51,0	50,0	518,8	132,5	55,0	496,0	130,3	55,0	512,9	136,6
0	20	600	0,6	55,7	49,9	50,0	520,7	129,8	54,7	499,0	127,6	54,8	516,3	133,7
1	20	570	0,5	54,3	48,8	50,0	522,5	127,2	53,6	502,2	125,0	53,8	519,8	130,9
2	20	540	0,5	52,9	47,7	50,0	524,4	124,6	52,5	505,3	122,3	52,7	523,3	128,0
3	20	510	0,5	51,5	46,6	50,0	526,3	121,9	51,4	508,5	119,7	51,6	526,9	125,2
4	20	480	0,5	50,0	45,4	50,0	528,3	119,2	50,3	511,7	117,1	50,5	530,6	122,4
5	20	450	0,4	48,6	44,3	49,3	530,3	116,5	49,2	515,0	114,6	49,4	534,4	119,7
6	20	420	0,4	47,1	43,1	48,2	532,4	113,7	48,0	518,3	112,0	48,2	538,2	117,0
7	20	390	0,4	45,6	41,9	47,0	534,5	111,0	46,9	521,7	109,5	47,1	542,1	114,3
8	20	360	0,3	44,0	40,6	45,8	536,7	108,2	45,7	525,2	107,1	45,9	546,1	111,6
9	20	330	0,3	42,5	39,3	44,5	539,0	105,3	44,4	528,7	104,7	44,6	550,2	109,0
10	20	300	0,3	40,9	38,0	43,2	541,4	102,4	43,2	532,3	102,3	43,4	554,5	106,4
11	20	270	0,3	39,3	36,7	41,9	543,8	99,5	41,9	536,0	99,9	42,1	558,8	103,8
12	20	240	0,2	37,6	35,3	40,6	546,3	96,5	40,5	539,8	97,6	40,8	563,3	101,3
13	20	210	0,2	35,9	33,9	39,2	549,0	93,5	39,1	543,8	95,3	39,4	568,0	98,7
14	20	180	0,2	34,1	32,4	37,7	551,7	90,3	37,7	547,8	93,0	38,0	572,8	96,3
15	20	150	0,1	32,3	30,8	36,2	554,7	87,1	36,2	552,1	90,8	36,5	577,9	93,8
16	20	120	0,1	30,3	29,2	34,6	557,8	83,7	34,6	556,5	88,6	34,9	583,3	91,3
17	20	90	0,1	28,3	27,4	32,9	561,1	80,1	32,9	561,3	86,4	33,2	589,1	88,9
18	20	60	0,1	26,1	25,5	31,0	564,9	76,3	31,0	566,5	84,2	31,3	595,5	86,4
19	20	30	0,0	23,6	23,3	28,8	569,2	71,9	28,9	572,4	81,9	29,2	602,8	83,8
20	20	0	0,0	20,0	20,0	25,6	575,8	65,6	25,7	581,2	79,0	26,0	613,8	80,5