

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**STUDIE VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO
DOMU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ONDŘEJ VYTLAČIL

4 – BS – 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vytlačil** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **491534**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Studie vytápění rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky:

Study of a Family House Heating

Pokyny pro vypracování:

Určete tepelné technické parametry rodinného domu a pokud je potřeba navrhnete opatření v souladu s ČSN 73 0540. Navrhnete optimální otopnou soustavu. Zabývejte se regulací otopné soustavy a jejím hydraulickým vyvážením. Jako bivalentní zdroj tepla navrhnete tepelné čerpadlo vzduch/voda. V rámci svého zadání řešte pro objekt zdravotně technické instalace.

Seznam doporučené literatury:

Bašta, J.: Velkoplošné sálavé vytápění. Grada Publishing, a.s., Praha 2010, 128 s., ISBN 978-80-247-3524-5.
Bašta, J.: Regulace v technice prostředí staveb. Česká technika, nakladatelství ČVUT. Praha 2014, 194 s., ISBN 978-80-01-05455-0.
Bašta, J.: Otopné plochy, otopná tělesa. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2016. ? 204 s., ISBN 978-80-01-05943-2.
Bašta, J., Kabele, K.: Otopné soustavy teplovodní, sešit projektanta. Třetí přepracované vydání. STP 2008, ISBN 978-80-02-02064-6, 96 s.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D. ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

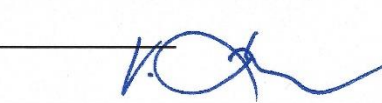
Datum zadání bakalářské práce: **20.03.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14.06.2023**

Platnost zadání bakalářské práce:



prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce



doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

20.3.2023

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

SOUHRN

Tématem bakalářské práce byl návrh vytápění a zdravotně technických instalací u staršího objektu. Nejdříve byly posouzeny stávající tepelně technické parametry a navržena opatření pro splnění požadovaných hodnot dle současných norem. Následně byly vypočteny tepelné ztráty objektu, navržena vhodná otopná soustava a zdroj tepla v podobě tepelného čerpadla vzduch/voda. Dále byl proveden návrh zásobníku na teplou vodu a návrh potrubní sítě vodovodu a kanalizace.

SUMMARY

The topic of the bachelor thesis was the design of heating and health technical installations in an older building. First, the existing thermal technical parameters were assessed, and measures were proposed to meet the required values according to current standards. Subsequently, the heat losses of the building were calculated, and a suitable heating system and heat source were designed. Furthermore, the design of the domestic hot water storage tank and the design of the water and sewerage pipe network was carried out.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci s názvem: „Studie vytápění rodinného domu“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Bašty, PhD., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne 14. 6. 2023

.....

Ondřej Vytlačil

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Jiřímu Baštovi, Ph. D. za trpělivost a užitečné rady při vypracovávání této bakalářské práce.

Obsah

1	ÚVOD	11
1.1.	Popis budovy	12
2	ČÁST VYTÁPĚNÍ	13
2.1.	Tepelné ztráty	13
2.2.	Zdroj tepla	17
2.2.1.	Volba zdroje tepla	17
2.2.2.	Funkce tepelného čerpadla	18
2.2.3.	Bivalentní bod tepelného čerpadla	21
2.2.4.	Druhy tepelných čerpadel	22
2.3.	Otopná soustava	27
2.3.1.	Dělení otopné soustavy	27
2.3.2.	Návrh otopných těles	28
2.4.	Návrh potrubní sítě	30
2.4.1.	Materiály potrubní sítě	30
2.4.2.	Dimenzování potrubí	31
2.4.3.	Hydraulické vyvážení soustavy	34
2.4.4.	Kontrola a návrh tlakové expanzní nádoby	35
3	ČÁST ZDRAVOTNĚ TECHNICKÉ INSTALACE	36
3.1.	Zásobník teplé vody	36
3.2.	Dimenzování vnitřního vodovodu	38
3.3.	Udržování teplé vody v rozsáhlých rozvodech	40
3.4.	Dimenzování kanalizace	42
4	ŘEŠENÍ ZADANÉHO OBJEKTU	44
4.1.	Konstrukce v objektu a jeho tepelné ztráty	44
4.2.	Volba zdroje tepla pro zadaný objekt	46
4.3.	Otopná tělesa	47
4.4.	Kontrola expanzní nádoby	48
4.5.	Dimenzování a hydraulické vyvážení otopné soustavy	49
4.6.	Návrh zásobníku teplé vody	52

4.7.	Vnitřní vodovod v daném objektu.....	54
4.8.	Návrh kanalizace v zadaném objektu.....	58
5	ZÁVĚR.....	59
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
7	SEZNAM PŘÍLOH	65
8	SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	66

SOUPIS POUŽITÉHO OZNAČENÍ

\dot{Q}	tepelný výkon otopného tělesa	[W]
Q_{zdroj}	tepelný výkon ohřívače TV	[W]
\dot{V}	objemový průtok	[m ³ /s]
V_{et}	objem expanzní tlakové nádoby	[l]
V_o	objem vody v celé otopné soustavě	[l]
c^*	měrná tepelná kapacita	[kWh/m ³ ·K]
\dot{m}	hmotnostní průtok tělesa	[kg/s]
$p_{h,dov,A}$	nejvyšší dovolený absolutní tlak	[kPa]
p_B	barometrický tlak	[kPa]
$p_{d,dov,A}$	nejnižší dovolený absolutní tlak	[kPa]
t_{SV}	teplota studené vody	[°C]
t_{TV}	teplota teplé vody	[°C]
τ_i	čas	[s]
ΔQ_{max}	maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky a odběru tepla	[kWh]
$\Delta Q_{S,i}$	maximální sklon křivky dodávky tepla během periody	[kWh]
C_t	teplotní podílový součinitel	[-]
c	měrná tepelná kapacita	[J/kg·K]
d	vnitřní průměr potrubí	[m]
D	vnější průměr potrubí včetně izolace	[m]
d_{iz}	vnitřní průměr izolace	[m]
DU	výpočtový odtok	[l/s]
h	výška vodního sloupce nad EN	[m]
K	součinitel odtoku	[l ^{0,5} /s ^{0,5}]
k_v	jmenovitý průtok armaturou	[m ³ /h]
l	délka úseku	[m]
n	teplotní exponent otopného tělesa	[-]
p_{zm}	tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
p_{zt}	tlaková ztráta třením	[Pa]
Q	tepelné ztráty potrubí pro daný úsek	[W]
$Q_{TV,celk}$	teplo dodané ohřívačem teplé vody	[kWh/perioda]
Q_{ww}	průtok splaškových vod	[l/s]

R	měrná tlaková ztráta	[Pa/m]
t_a	teplota okolí	[°C]
t_i	teplota vzduchu	[°C]
t_p	požadovaná teplota vody	[°C]
t_{w1}	teplota vstupní vody	[°C]
t_{w2}	teplota výstupní vody	[°C]
V_i	celková potřeba teplé vody	[m ³ /perioda]
V_z	velikost zásobníku TV	[m ³]
w	rychlost proudění kapaliny v potrubí	[m/s]
Z	tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
z	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody	[-]
Δp_o	tlaková ztráta	[kPa]
Δp_v	tlaková ztráta ventilu	[kPa]
λ	součinitel tření	[-]
λ_v	součinitel tepelné vodivosti	[W/m·K]
ρ	hustota vody	[kg/m ³]
Q_N	jmenovitý tepelný výkon	[W]
$Q_{sk,OT}$	skutečný tepelný výkon OT	[W]
g	tíhové zrychlení	[m/s ²]
n	součinitel zvětšení objemu	[-]
p_{budova}	součet tlakových ztrát v potrubí vodovodu uvnitř budovy	[kPa]
$p_{další prvky}$	tlakové ztráty dalších zařízení např. průtokové ohřivače vody	[kPa]
p_{disp}	dispoziční přetlak který je v místě vstupu potrubí do budovy	[kPa]
p_g	tlaková ztráta způsobená rozdílem mezi nejvýše položenou výtokovou armaturou a místem napojení vodovodní přípojky	[kPa]
$p_{min,FL}$	hydrodynamický přetlak u nejvyšší armatury	[kPa]
$p_{přípojka}$	tlaková ztráta ve vodovodní přípojce	[kPa]
$p_{vodoměr}$	tlaková ztráta vodoměru	[kPa]
Δp_c	celková tlaková ztráta	[Pa]
Δp_{zm}	tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
Δp_{zt}	tlaková ztráta třením	[Pa]
Δt	teplotní rozdíl	[K]
Δt_N	rozdíl teplot pro jmenovité podmínky	[K]

η	stupeň využití expanzní nádoby	[-]
λ	součinitel tlakové ztráty třením	[-]
ξ	součinitel místních odporů	[-]

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá vytápěním a projektem zdravotně technické instalace pro rekonstrukci rodinného domu. V projektu jsou řešeny tepelné ztráty objektu a návrh dostatečně výkonných otopných těles, aby byla splněna tepelná pohoda osob žijících v objektu. Řešený objekt byl postaven před více než 50 lety, proto nesplňoval podmínky pro dlouhodobé užívání z hlediska spotřeby energie a zajištění tepelné pohody ve všech místnostech objektu. Jedním z kritérií pro splnění komfortu ve vnitřním prostředí budovy je dostatečný přívod čerstvého vzduchu z venkovního prostředí.

Při návrhu jsem dbal na ekonomickou stránku řešení, aby projekt nebyl investičně a provozně nákladný. Jako zdroj objektu jsem zvolil tepelné čerpadlo, jelikož je v této době pro rodinný dům provozně výhodné.

V projektu jsem dále řešil návrh zásobníku teplé vody a zajištění dodávky teplé vody. Následně bylo potřeba navrhnout kanalizaci v zadaném objektu. Z důvodu velkých vzdáleností mezi technickou místností a zařizovacími předměty, jsem musel řešit nahrazení tepelných ztrát potrubí teplé vody.

1.1. Popis budovy

Objekt řešený v bakalářské práci se nachází ve vesnici Drahenice, která se nachází v okrese Příbram, kde se počítá s venkovní výpočtovou teplotou $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jedná se o rodinný dům, který má před plánovanou rekonstrukcí zařízené pouze první nadzemní patro a využívá kamna na tuhá paliva.

V projektu se zabývá rekonstrukcí prvního nadzemního patra a následně návrhem druhého nadzemního patra pro vytápění a přívod teplé a studené vody s kanalizací. Technická místnost se nachází v levé části objektu v prvním nadzemním patře, místnost je přístupná pouze z venkovního prostoru. V technické místnosti se nachází vnitřní jednotka tepelného čerpadla, akumulární nádoba a příprava teplé vody, ve venkovním prostoru před technickou místností se nachází venkovní jednotka tepelného čerpadla.

Tab.1.1 Seznam místností v 1 N.P.

1. N. P.		
číslo	název	plocha [m ²]
101	Technická místnost	17,6
102	Garáž	20,1
103	Ložnice	23,2
104	Kuchyně	24,8
105	Spíž	2,6
106	Koupelna	5,2
107	Pokoj	30,8
108	Chodba	7,7
109	Předsíň	8
110	WC	1,4
111	WC	1,5

Tab. 1.2 Seznam místností v 2 N.P.

2. N. P.		
číslo	název	plocha [m ²]
201	Technická místnost	28,1
202	Ložnice	34,9
203	Kuchyň	24,6
204	Koupelna	6,5
205	Chodba	3,9
206	WC	5,3
207	Pokoj	27,7



Obr. 1.1. Řešený objekt

2 ČÁST VYTÁPĚNÍ

2.1. Tepelné ztráty

Pro výpočet tepelných ztrát lze využít program od firmy PROTECH spol. s r.o. Tato společnost nabízí program pro výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831 a program pro posouzení stavebních konstrukcí dle norem ČSN 73 0540:2011 a STN 73 0540:2002. Jedná se o jeden z nejpoužívanějších programů v České republice pro výpočet tepelných ztrát a dimenzování otopných soustav. Dále společnost nabízí program pro hodnocení energetické náročnosti budov a program pro rozvod kapalin, vnitřní vodovody a pro návrh větrání kotelen. Je-li to potřeba programy mohou být mezi sebou propojeny, aby umožnili rychlý přesun dat mezi sebou bez nutnosti hodnoty přepisovat. [1][2]

Programy umožňují výběr z široké databáze výrobků od různých dodavatelů, někteří dodavatelé ve spolupráci s firmou PROTECH si nechali zhotovit firemní verze programů, které obsahují pouze výrobky jejich firmy. Pro využití programů je třeba hardware klíč, který se zapojí do usb portu, aby počítač zkontroloval platný licenční klíč. [2]

V programu je nejdříve potřeba zvolit umístění objektu, podle kterého se zvolí venkovní výpočtová teplota, roční průměrná teplota a nadmořská výška. Dále nastavíme, zda se jedná o nový objekt nebo rekonstruovaný objekt a pomocné teploty, které budeme v projektu nejčastěji počítat, např. teplotu pro obytné místnosti, koupelnu, chodbu, garáž a teplotu prostupem do zeminy. Poté můžeme nastavit určení budovy, zátopový součinitel a intenzitu výměny vzduchu. [3]

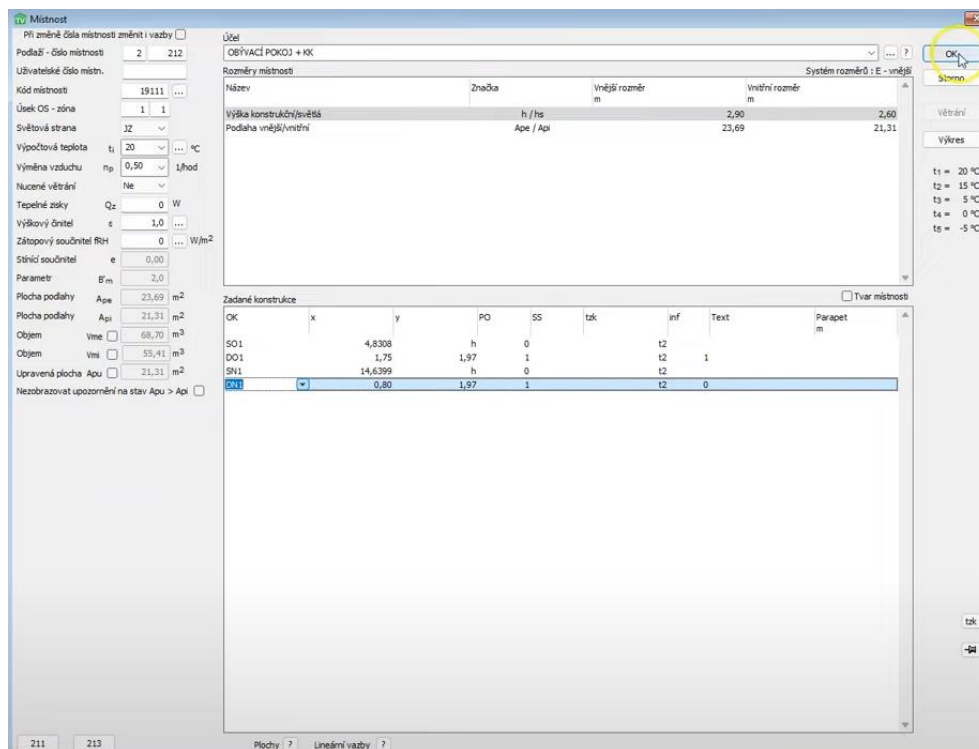
Obr. 2.1 Záložka údaje o budově [4]

V další záložce je třeba nastavit konstrukce stěn, podlah, stropů, oken a dveří. Nejdříve zvolíme, zda se jedná o stěnu ochlazovanou nebo neochlazovanou, dále zda se jedná o stěnu vnější, vnitřní a zda je to stěna lehká nebo těžká. Poté volíme způsob zadání, zda přímo zadáme součinitel prostupu U nebo zda si konstrukci stěny složíme sami z katalogu výrobců přímo v programu.

Obr. 2.2 Záložka zadání konstrukce [4]

Poté co definujeme všechny konstrukce v objektu včetně dveří a oken tak začneme do programu definovat místnosti. Nejdříve nastavíme podlaží, číslo místnosti a v případě že počítáme tepelné zisky tak nastavíme na jakou světovou stranu je místnost orientovaná. Dále nastavíme vnitřní výpočtovou teplotu místnosti a výměnu vzduchu, pokud počítáme s rekuperací.

Při definování místnosti musíme zadat její konstrukční a světlou výšku, následně plochu podlahy vnější a vnitřní a poté zadáme rozměry stěn které se v místnosti nacházejí a vzniká skrz ně tepelná ztráta prostupem. Také nastavíme počet otvorů ve stěně a o jaké otvory se jedná např. dveře a okna, které jsme si předtím definovali. Poté co definujeme všechny místnosti objektu, můžeme zobrazit celkovou tepelnou ztrátu objektu.

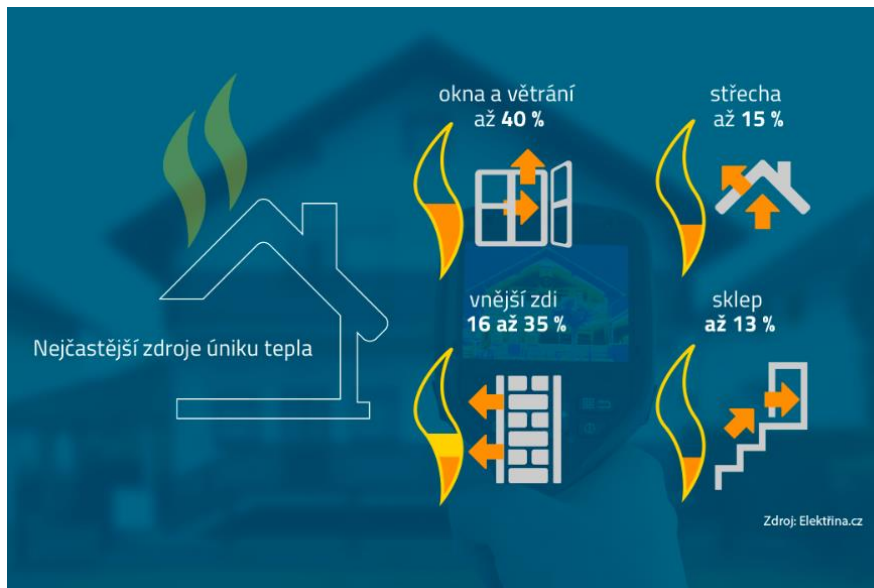


Obr. 2.3 Záložka místnosti [4]

Nejvíce tepla z objektů uniká dveřmi, okny a vnějšími zdi. Teplo může unikat i na jiných místech v tomto případě můžeme využít termovizní měření díky kterému můžeme zjistit v jakém místě je potřeba zvýšit tepelnou izolaci nebo kde je například poškozena, dále lze pomocí termovize zjistit kde se nachází místa s vyšší vlhkostí. Toto měření je nejvýhodnější provádět v zimních měsících.

Tepelné ztráty mohou také unikat sklepem nebo střechou která je třeba také zateplit, nejlépe se zateplují střechy s nízkým sklonem. Další možností je zateplit nevytápěné půdní prostory. V případě sklepů je třeba zateplit podlahu izolací nebo využít koberec s izolační podložkou. Jelikož nejvíce tepla uniká okny je třeba investovat do kvalitnějších oken například s trojsklem a pokovením.

Obvodovými zdi uniká až 35% tepla, z tohoto důvodu je potřeba řádného zateplení například polystyrenem, který při dvacetimetrové tloušťce dokáže snížit vstup tepla až o 85 %. Důležité je také dbát na vznik tepelných mostů, které vznikají v místě spojení odlišných stavebních konstrukcí. [5]

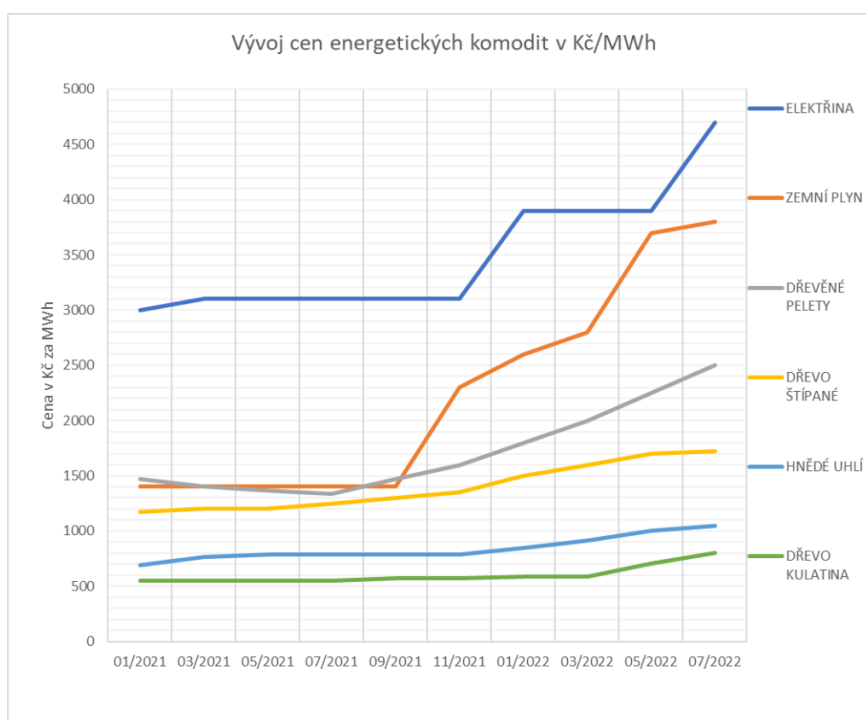


Obr. 2.4 Nejčastější zdroje úniku tepla [5]

2.2. Zdroj tepla

2.2.1. Volba zdroje tepla

Při výběru zdroje tepla musíme hledět na několik kritérií. Mezi ně patří: investiční náklady, provozní náklady, konvergenční faktor paliva, pomocí kterého se stanovuje ekologická zátěž, životnost zdroje, a nakonec manipulace a uskladnění paliva. [6]

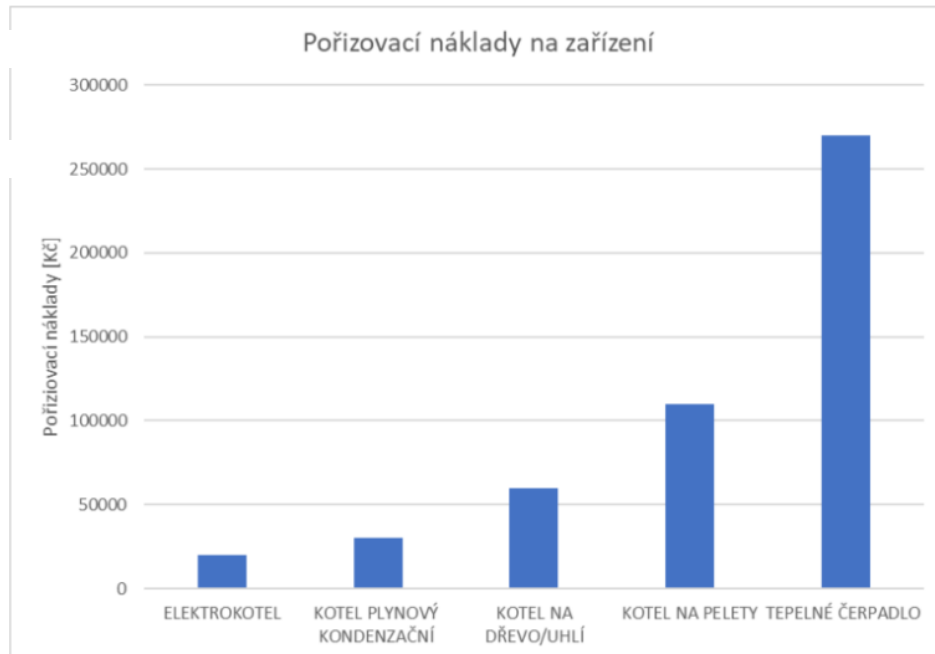


Obr. 2.5 Vývoj cen energetických komodit [6]

Kotel na uhlí a dřevo je ohledně pořizovacích a provozních nákladů nejlevnější ale jejich velkou nevýhodou je skladování paliva, práce s přikládáním a manipulací paliva. Dále jednou z možností je tepelné čerpadlo, které je méně výhodné ohledně pořizovacích nákladů ale v případě, že je dům řádně zateplen a jeho bod bivalence správně navržen tak aby nemusel spínat elektrický nebo jiný doplňkový zdroj velmi často, tak jsou jeho provozní náklady levné.

Plynový kotel je na tom ohledně investičních nákladů lépe, než tepelné čerpadlo ale z důvodu výkyvu cen plynu jsou jeho provozní náklady dražší a cenově nejisté. Alternativou je také kotel na pelety, který je o něco dražší ale pelety jsou lehce dostupné a ohledně provozních nákladů levnější oproti plynu. [6][7]

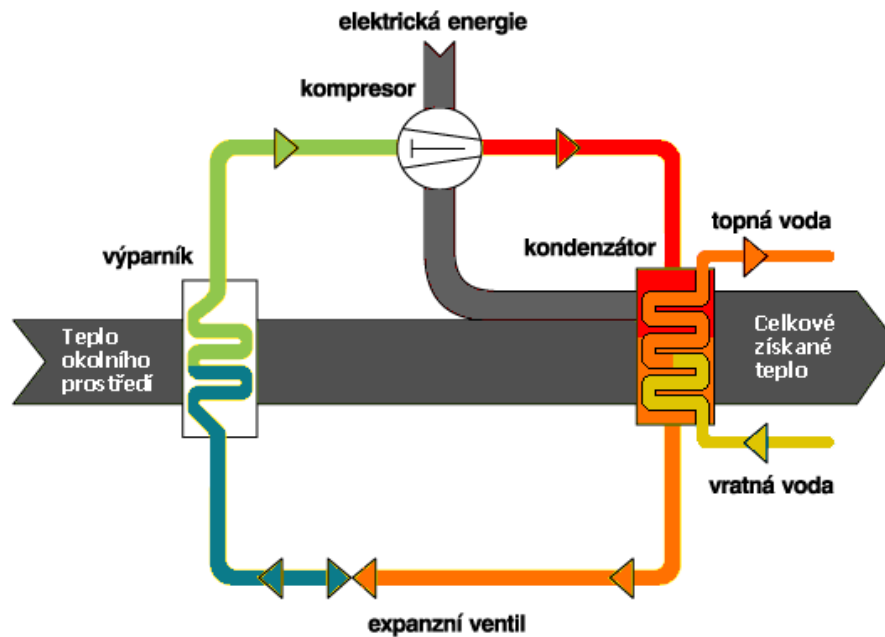
Posledním zdrojem tepla je elektrický kotel, který je provozně nákladný ale pokud je dům řádně zateplen a využívá se například pouze příležitostně tak může být vhodnou alternativou, hlavně z důvodu nízkých investičních nákladů. [6][7]



Obr. 2.6 Pořizovací náklady [6]

2.2.2. Funkce tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla jsou v současné době jedním z nejpoužívanějších zdrojů pro vytápění rodinného domu. Tepelné čerpadlo odebírá teplo z okolního prostředí, nejčastěji ze vzduchu a získané teplo poté využije pro ohřev teplé vody a vytápění místností v objektu nebo například pro ohřev vody do bazénu. Tepelné čerpadlo funguje následovně: nejdříve se díky stlačení kompresoru ohřejí páry chladiva a teplo se v kondenzátoru předá do otopné vody, čímž se páry ochladí a zkondenzují. Následně se kapalina vrací do expanzního ventilu, kde dochází k poklesu tlaku, díky kterému dojde k vypařování kapaliny a jejímu ochlazení. Vzniklá pára má velmi nízkou teplotu, která poté putuje do výparníku kde se o okolní vzduch ohřeje a tím z něj získá teplo. Poté se celý cyklus opakuje. [8]



Obr. 2.7 Princip funkce tepelného čerpadla [8]

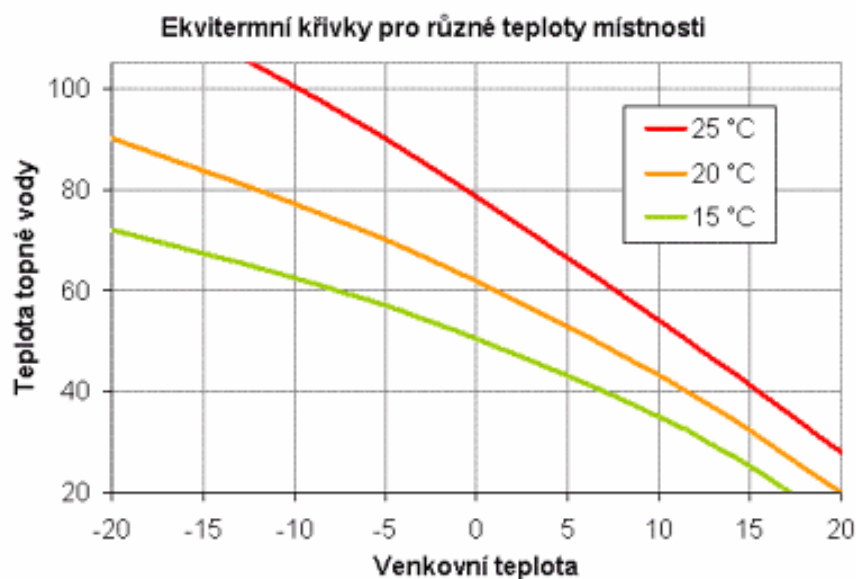
Provoz tepelného čerpadla vyžaduje elektrickou energii, která následně pohání kompresor a další součásti. Z tohoto důvodu se zavedl termín topný faktor, jedná se o poměr dodaného tepla a odebrané elektrické energie tepelného čerpadla. Topný faktor se dá přirovnat k účinnosti a je bezrozměrný. Výrobci často udávají topný faktor samotné venkovní jednotky, pokud chceme stanovit úsporu nákladů na provoz tepelného čerpadla je důležité zjistit celkový topný faktor ve kterém je započítána spotřeba oběhových čerpadel, řízení a elektrického dohřevu nebo jiného doplňkového zdroje tepla. [8][9]

Při měření topného faktoru se stanovuje teplota nasávaného vzduchu a topné vody, při které tepelné čerpadlo pracuje. Protože vycházíme z venkovní teploty, která se během roku mění určujeme skutečný topný faktor z váženého průměru venkovních teplot během roku. [9]

Topný faktor je ovlivňován konstrukcí venkovní jednotky tepelného čerpadla, zvětšením výparníku a kondenzátoru lze zvýšit topný faktor ale také tím zvyšujeme investiční náklady, proto se musí komponenty navrhovat tak aby splňovali co nejlepší poměr cena/výkon. Uspořit také lze díky elektronicky řízenému expanznímu ventilu, který zajišťuje optimální využití výparníku. [9]

Dalším aspektem, který ovlivňuje topný faktor jsou provozní podmínky, v tomto případě venkovní teplota a teplota dodávané vody. Použitím vhodného topného systému ovlivníme teplotu dodávané vody, nejvhodnější je nízkoteplotní systém, v případě otopných těles je třeba instalovat dostatečně velkou plochu těles, abychom dosáhli co nejnižší teploty otopné vody, proto je nejvhodnější podlahové vytápění. Venkovní teplotu můžeme ovlivnit pouze vhodným umístěním tepelného čerpadla. [9]

Pomocí optimální regulace lze využít tepelné setrvačnosti objektu, kdy lze krátkodobě snížit dodávaný výkon bez podstatné změny teploty v objektu, díky tepelné setrvačnosti můžeme využít inteligentní řídicí jednotku, která zajišťuje, aby tepelné čerpadlo pracovalo v době, kdy je venkovní teplota nejvyšší. Také můžeme využít ekvitermní regulaci, která zajišťuje zvýšení a snížení otopné vody dle venkovních podmínek tak aby tepelné čerpadlo dosahovalo optimálního topného faktoru. [9][10]



Obr. 2.8 Ekvitermní křivky [11]

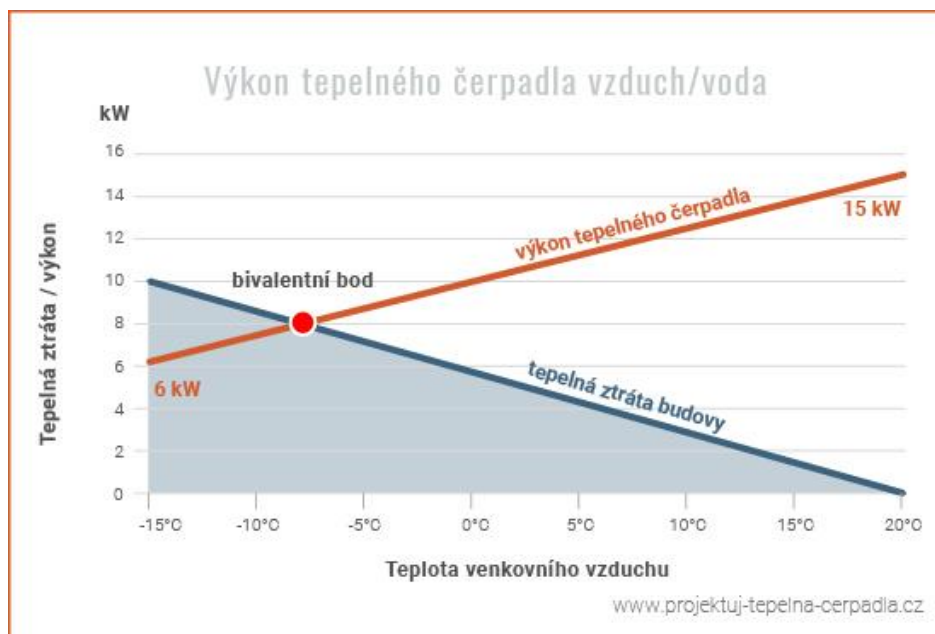
Pro optimální topný faktor je potřeba správně navrhnout topný okruh, tak aby venkovní jednotka pracovala co nejdéle při nízké teplotě vody. Proto kondenzátorem musí protékat dostatečné množství vody. Úsporné oběhové čerpadlo v kombinaci s tepelným čerpadlem není vhodné, jelikož úspora spotřeby oběhového čerpadla oproti sníženému výkonu a zvýšené spotřebě tepelného čerpadla je nižší z důvodu nedostatečného průtoku topné vody. [9]

2.2.3. Bivalentní bod tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla se z důvodu vysoké ceny na kW výkonu nepředimenzovávají, ale spíše se poddimenzují a doplní bivalentním zdrojem tepla, který se sepne v případě kdy je potřeba dodat větší výkon, než tepelné čerpadlo dokáže zajistit. Bivalentní zdroj tepla sepne pouze v pár dnech v roce, kdy teplota klesne pod tzv. bivalentní bod, který se ve většině případů pohybuje mezi -3 a -10 stupni Celsia. Z důvodu tepelné zátěže od osob a technologie s kterou se při návrhu bodu bivalence nepočítá, nemusí bivalentní zdroj tepla během topné sezóny sepnout.

V případě, že máme provozně levný bivalentní zdroj tepla např. plynový kotel tak by se měl spínat o něco dříve než například elektrický kotel, který je provozně dražší a který by měl spínat při nižší venkovní teplotě.

Regulátor tepelného čerpadla vyhodnocuje teplotu topné vody v systému a sepne bivalentní zdroj tepla až při jejím poklesu kdy tepelné čerpadlo nestačí dodávat dostatečný výkon. Z důvodu akumulace tepla v budově, rezervám při výpočtu tepelných ztrát a vnitřním tepelným ziskům, se neurčuje konkrétní teplota, při které má bivalentní zdroj tepla sepnout. [12]



Obr. 2.9 Určení bodu bivalence [12]

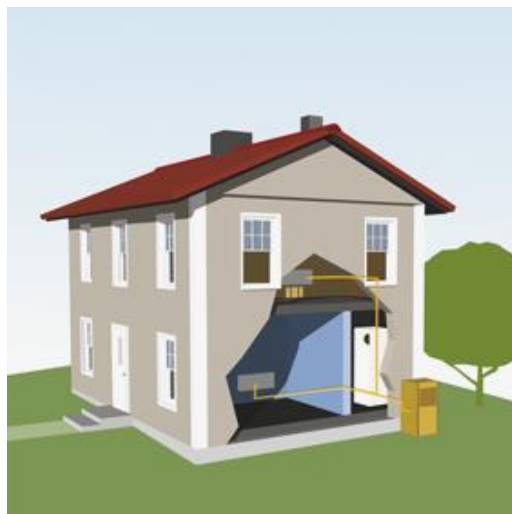
2.2.4. Druhy tepelných čerpadel

Vzduch/voda

Tepelné čerpadlo vzduch/voda získává teplo z okolního vzduchu, které následně ohřívá vodu v zásobníku teplé vody nebo vodu, která následně putuje do otopných těles nebo jiného systému vytápění. Účinnost tepelných čerpadel vzduch/voda s klesající venkovní teplotou klesá až k bodu bivalence, kdy tepelné čerpadlo potřebuje k dodání dostatečného výkonu do soustavy doplňkový zdroj tepla. Tepelné čerpadla se dělí na dva hlavní typy, monoblok, kde je uzavřený chladivový okruh nacházející se jen ve venkovní jednotce, která je propojena s vnitřní jednotkou pomocí potrubí s topnou vodou. Druhým typem je split, která se plní chladivem v místě instalace a vnitřní jednotka s vnější je propojena pomocí chladivového okruhu.

Výhodou těchto tepelných čerpadel je jednoduchá a rychlá instalace, bez potřeby vyhrazení většího prostoru pro tepelné čerpadlo, dále mají nižší investiční náklady oproti tepelným čerpadlům, které čerpají teplo ze země.

Nevýhodami těchto tepelných čerpadel je vyšší spotřeba elektřiny oproti tepelným čerpadlům země/voda, další ze zásadních nevýhod je hluchost tepelného čerpadla z tohoto důvodu musíme myslet na umístění tepelného čerpadla tak, aby nepřiměřeně nerušilo sousedy nebo lidi žijící v objektu. Z důvodu využívání tepla z venkovního vzduchu je také jednou z nevýhod nižší výkon při velkých mrazech. Oproti tepelným čerpadlům země/voda mají také kratší životnost kompresoru. [13]



Obr. 2.10 Tepelné čerpadlo vzduch/voda [13]

Vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch získává teplo z venkovního vzduchu a předává teplo přímo do vzduchu uvnitř budovy. V podstatě se jedná o zařízení obdobné klimatizaci, která ovšem odebírá teplo ze vzduchu uvnitř budovy a toto teplo předává ven. Většina dnešních klimatizací umožňuje zpětný chod.

Tyto čerpadla mají nejnižší pořizovací cenu v porovnání s ostatními druhy tepelných čerpadel. Dají se rychle a lehce nainstalovat a jsou obvykle vybaveny funkcí chlazení, také mohou mít další doplňkové funkce jako čištění nebo ionizaci vzduchu.

Nevýhodou těchto tepelných čerpadel je hlučnost vnitřní jednotky během provozu na vysoký výkon, dále tímto druhem tepelných čerpadel nelze ohřívat vodu a systém není vhodný do objektů s velkým počtem menších místností. [13]



Obr. 2.11 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch [13]

Země/voda

Tepelná čerpadla země/voda čerpají teplo ze země a skládají se z vnitřní jednotky a zemních kolektorů nebo vrtů. Čerpané teplo ze země ohřeje nemrznoucí kapalinu, která proudí potrubím do výměníku, ve kterém předá teplo chladivu. V případě čerpání tepla z vrtů se jedná o vrty v hloubce 80 až 250 metrů, které je v případě menšího rozměru pozemku možno umístit pod základovou desku. [13][14]

Výhodou čerpání tepla z vrtů je jejich stabilní výkon a vysoký topný faktor i v případě velmi nízkých venkovních teplot, také lze využít vrtu k chlazení objektu. Jejich spotřeba elektřiny je nižší než u čerpadel čerpajících teplo ze vzduchu a mají dlouhou životnost. Nemusí se u nich řešit jejich hlučnost. Nevýhodou je jejich cena a nutnost stavebního povolení pro vrt. [13]

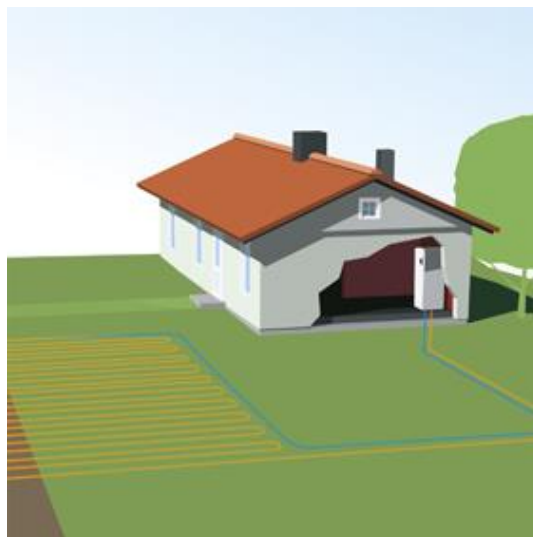


Obr. 2.12 Tepelné čerpadlo země/voda – vrt [13]

Pro tepelná čerpadla čerpající teplo ze zemních kolektorů je potřeba vhodná a dostatečně velká plocha zahrady, tepelné čerpadlo odebírá přibližně 2% energie ze země pod kolektorem a 98% energie ze země nad ním. Za rok plošný kolektor odebere přibližně 2,5% energie, které získá ze slunce, z tohoto důvodu se nemůže ani z dlouhodobějšího horizontu energeticky vyčerpat, jelikož se během léta regeneruje.

Výhodami těchto čerpadel je stejně jako u vrtů jejich bezhlučnost, dlouhodobá životnost a nižší spotřeba elektřiny oproti vrtům mají ale nižší investiční náklady.

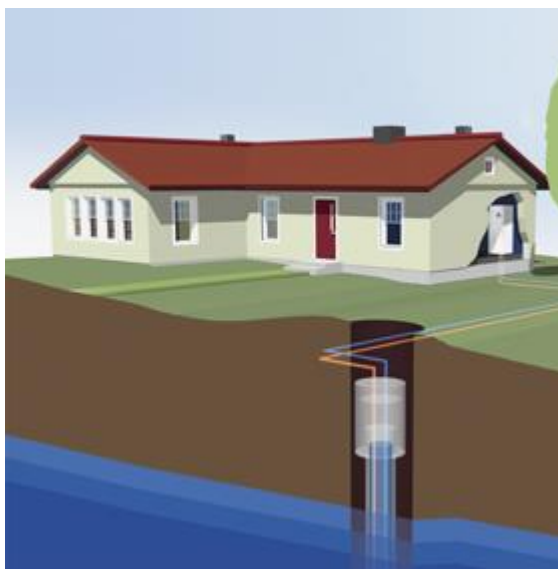
Jejich nevýhodou jsou nároky na plochu pozemku, která se obvykle pohybuje v rozmezí 200 až 400 m². Zemina také musí umožňovat provedení výkopů do potřebné hloubky, dále se musí myslet na budoucí rozmístění bazénu a garáže, aby se jím kolektor mohl vyhnout. [13]



Obr. 2.13 Tepelné čerpadlo země/voda – plocha [13]

Voda/voda

Tepelná čerpadla voda/voda čerpají teplo z povrchové nebo spodní vody. Jelikož jsou spodní vody teplejší je vhodné pro ně vytvořit vrt nebo studnu, jejich nalezení ale může být obtížné, nebo se na daném pozemku vůbec nemusí nacházet. Voda ze studny je čerpána do výměníku a následně vrácena zpět do země.



Obr. 2.14 Tepelné čerpadlo Voda/voda (studny) [13]

Další možností jsou povrchové zdroje vody, kdy je pro jejich využití potřeba povolení správce a do okruhu čerpadla je nutné přidat nemrznoucí směs. Kolektory se dají pokládat z ložky, nebo poté co se voda vypustí tak je položit na dno. Další možností je zabudovat hadice do dna při výstavbě nové vodní plochy. Z důvodu, že hadice mohou vyplavat je nutné, aby byly něčím zatíženy.[13][15]

Výhodou tepelných čerpadel voda/voda je vysoká hodnota topného faktoru a vyšší účinnost oproti systému vzduch/voda. Dále mají vyšší životnost, jelikož se tepelné čerpadlo umísťuje do technické místnosti. Při čerpání tepla z vodní plochy jsou náklady na vybudování kolektorů nízké. V případě vrtů není potřeba doplňkového zdroje energie z důvodu stálejší teploty vody.

Nevýhodou tepelných čerpadel voda/voda je potřeba průtoku vody se stálou teplotou vody. U vrtů je jejich instalace náročnější a investičně dražší. Z důvodu údržby a úpravy vody je jejich provoz nákladnější. [13][15]

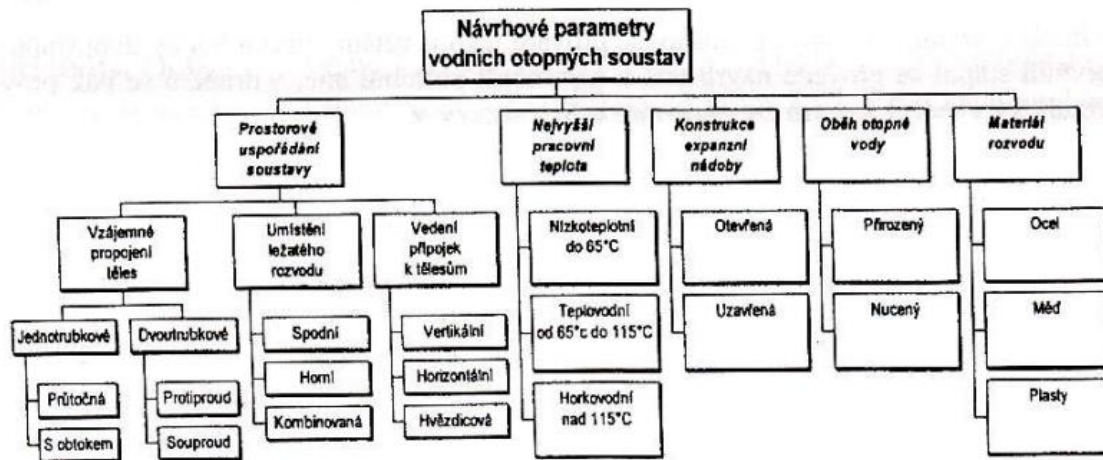


Obr. 2.15 Tepelné čerpadlo Voda/voda (vodní plocha) [13]

2.3. Otopná soustava

Výchozími parametry pro návrh otopných soustav je rozmístění a druh otopných ploch dále také umístění stavby, účel objektu, intenzita využití objektu, konstrukce objektu z pohledu tepelných ztrát a skladeb zdí. Při návrhu je důležité dbát na návrh otopné soustavy z hlediska minimálních provozních a investičních nákladů.

Parametry, které definují otopnou soustavu jsou geometrické, teplotní, tlakové a materiálové. V následujícím diagramu jsou vyobrazeny návrhové parametry vodních otopných soustav.



Obr. 2.16 návrhové parametry vodních otopných soustav.[16]

2.3.1. Dělení otopné soustavy

Otopná tělesa dle propojení rozlišujeme na jednotrubkové a dvoutrubkové. Dvoutrubkové otopné soustavy pracují se stejnými teplovodními parametry otopné vody. Tělesa jsou propojena paralelně, proto můžeme rozlišit potrubí přívodní a vratné, také se dvoutrubkové otopné soustavy častěji využívají. Dále se dělí dle zapojení na protiproudé a souproudé.

U dvoutrubkového protiproudého zapojení je vratné potrubí vedeno vedle potrubí přívodního, ve kterém proudí otopná voda opačným směrem. Z důvodu měnící se délky jednotlivých otopných okruhů může nastat problém u těles umístěných na vzdálenějších místech od zdroje z důvodu velkých tlakových ztrát třením a hydraulického zaregulování těles. [16]

Souproudé dvoutrubkové zapojení tento vliv eliminuje z důvodu vzdálenosti vratného a přívodního potrubí bez rozdílu jejich délky. Toto zapojení se využívá v místech, kde lze rozvod zokruhovat a nevznikají místa ve kterých by vedli tři trubky vedle sebe. Z důvodu stejných tlakových poměrů lze zajistit vysokou hydraulickou stabilitu soustavy.

Jednotrubkové otopné soustavy mají tělesa zapojeny sériově. Proto otopná voda postupně protéká každým tělesem pouze jedním potrubím, ve kterém je směs přiváděné a vratné vody, proto nelze potrubí rozdělit, zda se jedná o přívodní či vratné potrubí. Z tohoto důvodu teplota přiváděné vody do tělesa s každým dalším zapojeným tělesem klesá. Tyto soustavy dále dělíme na vertikální a horizontální. [16]

2.3.2. Návrh otopných těles

Výkon otopného tělesa je třeba přepočítat z výchozího teplotního spádu na skutečný teplotní spád otopné vody využitý v otopné soustavě. Například tělesa navržená pro teplotní spád 75/65 °C by neměla dostatečný výkon pro tělesa navržená pro tepelný spád 55/45 °C který se například využívá u tepelných čerpadel. Proto je nutné využít otopná tělesa o větších rozměrech.

Základní rovnice pro návrh otopných těles: [17]

$$\frac{Q_{sk,OT}}{Q_{N,OT}} = \left[\frac{\Delta t}{\Delta t_N} \right]^n \quad (1)$$

kde

Δt	rozdíl teplot pro skutečné podmínky,	[K]
Δt_N	rozdíl teplot pro jmenovité podmínky,	[K]
$Q_{sk,OT}$	skutečný tepelný výkon OT,	[W]
Q_N	jmenovitý tepelný výkon,	[W]
n	teplotní exponent otopného tělesa.	[-]

Přepočítání výkonu závisí na podílu rozdílu teplot c_t :

$$c_t = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i} \quad [-], \quad (2)$$

kde

c_t	teplotní podílový součinitel,	[-]
t_{w1}	teplota vstupní vody,	[°C]
t_{w2}	teplota výstupní vody,	[°C]
t_i	teplota vzduchu.	[°C]

V případě že teplotní podílový součinitel vyjde větší nebo rovno 0,7 využijeme pro výpočet aritmeticky určený rozdíl teplot:

$$\Delta t = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i \quad [\text{K}], \quad (3)$$

kde

t_{w1}	teplota vstupní vody,	[°C]
t_{w2}	teplota výstupní vody,	[°C]
t_i	teplota vzduchu.	[°C]

Pokud teplotní podílový součinitel vyjde menší než 0,7 počítáme pomocí středního logaritmického rozdílu: [17]

$$\Delta t = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{\ln(t_{w1} - t_i)}{t_{w2} - t_i}} \quad [\text{K}], \quad (4)$$

kde

t_{w1}	teplota vstupní vody,	[°C]
t_{w2}	teplota výstupní vody,	[°C]
t_i	teplota vzduchu.	[°C]

Jmenovitý výkon, dle kterého budeme hledat těleso v technických podkladech: [17][18]

$$Q_{N,OT} = \frac{Q_{sk,OT}}{\left[\frac{\Delta t}{\Delta t_N}\right]^n} \text{ [W]}, \quad (5)$$

kde

Δt	rozdíl teplot pro skutečné podmínky,	[K]
Δt_N	rozdíl teplot pro jmenovité podmínky,	[K]
$Q_{sk,OT}$	skutečný tepelný výkon OT,	[W]
$Q_{N,OT}$	jmenovitý tepelný výkon,	[W]
n	teplotní exponent otopného tělesa.	[-]

2.4. Návrh potrubní sítě

2.4.1. Materiály potrubní sítě

Nejpoužívanějšími materiály pro potrubní sítě jsou plasty, ocel a měď. Každý z těchto materiálů má své výhody a nevýhody a dle těchto parametrů volíme vhodný materiál pro zvolený objekt.

Ocelové potrubí se spojuje nejčastěji svařováním elektrickým obloukem nebo plamenem, dále se dělí na rozebíratelné a nerozebíratelné. U potrubí je nutné dbát na protikorozní ochranu, nejvhodnější pH vody je u ocelového potrubí z tohoto důvodu 10. Nejčastější ocelí je 11.353.0. U větších průměrů potrubí se využívají hladké bezešvé trubky. [16]

Potrubí z mědi je velice odolné proti korozi a jedná se o baktericidní materiál. Má vysokou pevnost, proto je možné využívat potrubí o nižších tloušťkách stěny a dosahovat nižších hmotností potrubí. Měděné trubky se dělí dle pevnosti na měkké, polotvrdé a tvrdé. Oproti ocelovým trubkám mají výhodu, že spotřeba trubního materiálu je nižší až o 20 %. Stejně jako ocelové potrubí se dělí na spoje rozebíratelné a nerozebíratelné. Spojují se nejčastěji kapilárním pájením, svářením nebo lisováním. [16]

U potrubí z plastů je jejich výhodou snazší a rychlejší montáž, spojování se nejčastěji provádí mechanickými spojkami nebo svařováním. Životnost je dána teplotou otopné vody, přetlakem v soustavě, délkou otopného období a průměrem potrubí. Nejpoužívanější plasty pro rozvody teplovodních soustav jsou: síťovaný polyetylén, polybuten, statický polypropylen, chlorované PVC a vrstvená potrubí s kovou vložkou.

Jejich nevýhodou je jejich vysoká teplotní roztažnost a nižší pevnost, z tohoto důvodu je oproti měděnému a ocelovému potrubí třeba ochrany proti mechanickému poškození. [16]

2.4.2. Dimenzování potrubí

Při návrhu průměru potrubí lze využít několik způsobů výpočtu mezi ně patří metoda přímé volby dopravního tlaku čerpadla, metoda předběžné měrné tlakové ztráty, metoda ekonomické (optimální) měrné tlakové ztráty a metoda ekonomických (optimálních) rychlostí. [16]

U metody ekonomických (optimálních) volíme optimální rychlost (okolo 0,5 - 0,7 m/s) podle které navrhujeme průměr potrubí nejdelšího nebo nejvýkonnějšího úseku okruhu. Poté dopočítáme tlakovou ztrátu okruhu dle vzorce: [16]

$$\Delta p_c = \Delta p_{zt} + \Delta p_{zm} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} + \sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} = R \cdot l + Z \text{ [Pa]}, \quad (6)$$

Kde

Δp_{zt}	tlaková ztráta třením,	[Pa]
Δp_{zm}	tlaková ztráta místními odpory,	[Pa]
λ	součinitel tlakové ztráty třením,	[-]
l	délka potrubí v úseku,	[m]
d	vnitřní průměr potrubí v úseku,	[m]
w	střední rychlost proudění podle průtoku,	[m/s]
ρ	hustota vody při dané teplotě,	[kg/m ³]
ξ	součinitel místních odpor,	[-]
R	měrná tlaková ztráta,	[Pa/m]
Z	tlaková ztráta místními odpory.	[Pa]

Střední rychlost proudění podle průtoku lze získat ze vztahu:

$$w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot d^2} \text{ [m/s]}, \quad (7)$$

kde

w	střední rychlost proudění podle průtoku,	[m/s]
d	vnitřní průměr potrubí v úseku,	[m]
ρ	hustota vody při dané teplotě,	[kg/m ³]
\dot{m}	hmotnostní průtok tělesa.	[kg/s]

Pro získání hmotnostní průtoku tělesa se vychází z následujícího vzorce:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} = \dot{V} \cdot \rho \text{ [kg/s]}, \quad (8)$$

kde

\dot{m}	hmotnostní průtok tělesa,	[kg/s]
\dot{Q}	tepelný výkon otopného tělesa,	[W]
c	měrná tepelná kapacita vody,	[J/kg.K]
Δt	teplotní rozdíl vody v tělese,	[°C]
\dot{V}	objemový průtok,	[m ³ /s]
ρ	hustota vody při dané teplotě.	[kg/m ³]

Pro výsledný průměr úseku, při kterém uvažujeme s materiálem potrubí můžeme využít tabulku:

Tab. 2.1 průměry potrubí pro PE-Xa [19]

Q _v [l/s]	m [kg/h]	12x2.0		17x2.0		20x2.0		25x2.3		32x2.9	
		R [Pa/m]	w [m/s]	R [Pa/m]	w [m/s]	R [Pa/m]	w [m/s]	R [Pa/m]	w [m/s]	R [Pa/m]	w [m/s]
0.00	0.0	-	0.000	-	0.000	-	0.000	-	0.000	-	0.000
0.00	1.0	1.53	0.006	0.22	0.002	0.10	0.001	0.04	0.001	0.01	0.001
0.00	2.0	3.06	0.011	0.44	0.004	0.19	0.003	0.07	0.002	0.03	0.001
0.00	3.0	4.58	0.017	0.66	0.006	0.29	0.004	0.11	0.003	0.04	0.002
0.00	4.0	6.11	0.022	0.88	0.008	0.38	0.006	0.14	0.003	0.05	0.002
0.00	5.0	7.64	0.028	1.10	0.011	0.48	0.007	0.18	0.004	0.07	0.003
0.00	6.0	9.17	0.034	1.31	0.013	0.57	0.008	0.22	0.005	0.08	0.003
0.00	7.0	10.7	0.039	1.53	0.015	0.67	0.010	0.25	0.006	0.09	0.004
0.00	8.0	12.2	0.045	1.75	0.017	0.76	0.011	0.29	0.007	0.11	0.004
0.00	9.0	13.7	0.050	1.97	0.019	0.86	0.013	0.33	0.008	0.12	0.005
0.00	10.0	15.3	0.056	2.19	0.021	0.95	0.014	0.36	0.009	0.13	0.005
0.00	12.0	18.3	0.067	2.63	0.025	1.15	0.017	0.43	0.010	0.16	0.006
0.00	14.0	21.4	0.078	3.07	0.030	1.34	0.020	0.51	0.012	0.19	0.007
0.00	16.0	24.4	0.090	3.51	0.034	1.53	0.022	0.58	0.014	0.21	0.008
0.01	18.0	27.5	0.101	3.94	0.038	1.72	0.025	0.65	0.015	0.24	0.009
0.01	20.0	30.6	0.112	4.38	0.042	1.91	0.028	0.72	0.017	0.27	0.010
0.01	25.0	38.2	0.140	5.48	0.053	2.39	0.035	0.90	0.022	0.33	0.013
0.01	30.0	49.5	0.168	6.57	0.064	2.86	0.042	1.08	0.026	0.40	0.016
0.01	35.0	75.1	0.196	7.67	0.074	3.34	0.049	1.26	0.030	0.46	0.018
0.01	40.0	108.2	0.224	8.76	0.085	3.82	0.056	1.45	0.034	0.53	0.021
0.01	45.0	149.7	0.252	9.86	0.095	4.30	0.063	1.63	0.039	0.60	0.023
0.01	50.0	198.1	0.280	12.3	0.106	4.77	0.070	1.81	0.043	0.66	0.026
0.02	60.0	271.7	0.336	20.1	0.127	6.18	0.084	2.17	0.052	0.80	0.031
0.02	70.0	355.3	0.392	30.6	0.148	9.33	0.098	2.53	0.060	0.93	0.037
0.02	80.0	448.7	0.448	44.3	0.169	13.4	0.112	3.36	0.069	1.06	0.042
0.03	90.0	551.6	0.503	54.4	0.191	18.5	0.126	4.60	0.077	1.20	0.047
0.03	100.0	664.1	0.559	65.3	0.212	24.4	0.140	6.11	0.086	1.47	0.052
0.03	120.0	916.8	0.671	89.5	0.254	33.4	0.168	10.0	0.103	2.40	0.063
0.04	140.0	1205.9	0.783	117.1	0.297	43.6	0.196	13.8	0.120	3.64	0.073
0.04	160.0	1530.8	0.895	147.8	0.339	54.9	0.224	17.3	0.138	5.24	0.083
0.05	180.0	1891.0	1.007	181.7	0.381	67.4	0.252	21.2	0.155	6.49	0.094
0.06	200.0	2286.1	1.119	218.7	0.424	81.0	0.280	25.5	0.172	7.78	0.104
0.06	220.0	2715.7	1.231	258.8	0.466	95.7	0.308	30.1	0.189	9.17	0.115

2.4.3. Hydraulické vyvážení soustavy

Poté co známe tlakové ztráty soustavy, výkony a hmotnostní průtoky těles, musíme správně určit hodnoty k_v pro správné nastavení regulačního a termostatického ventilu. Tyto regulační ventily musí mít vhodné vlastnosti pro dané použití, jejich vlastnosti jsou dány jmenovitým tlakem, přípustným rozdílem tlaků, k_v hodnotou ventilu, autoritou ventilu P_v a charakteristikou ventilu. [20]

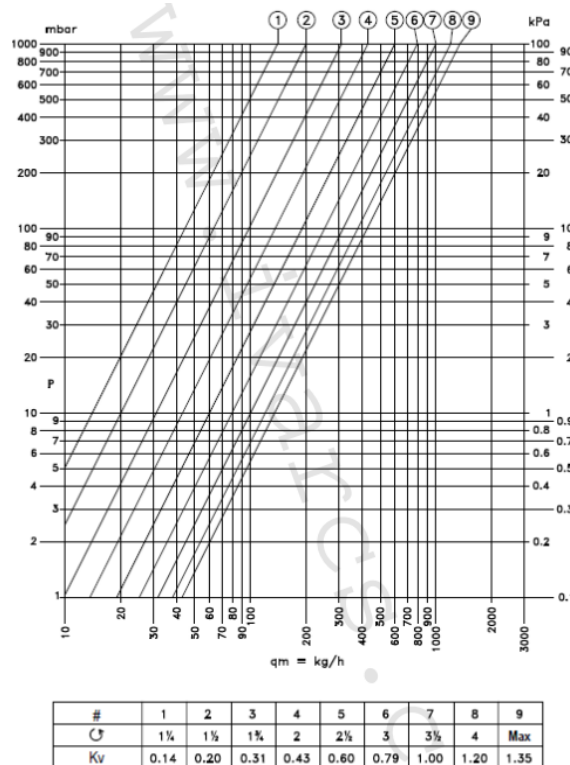
k_v hodnota určuje vztah mezi nastavením ventilu a protékajícím množstvím. Při využití vody jako teplotonosné látky počítáme se zjednodušeným vztahem:

$$k_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_o}{\Delta p_v}} \quad [m^3/h], \quad (9)$$

kde

k_v	jmenovitý průtok armaturou,	$[m^3/h]$
\dot{V}	objemový průtok armaturou,	$[m^3/h]$
Δp_v	tlaková ztráta ventilu,	$[kPa]$
Δp_o	= 100 kPa.	$[kPa]$

Výrobce dále udává o kolik je třeba otočit šroubení dle výsledné k_v hodnoty zpravidla to bývá například od 1 a ¼ otáčky až po maximální otevření ventilu.



Obr. 2.17 Příklad hydraulických charakteristik a výsledných k_v hodnot pro DN15 [21]

2.4.4. Kontrola a návrh tlakové expanzní nádoby

Expanzní nádobu je důležité navrhnout na dostatečný objem, jelikož brání výrazným změnám přetlaků na tlakoměrech a neúčelnému otevírání pojistného ventilu, také nám zajistí měkkou otopnou soustavu. Zabezpečovací zařízení zabezpečuje otopnou soustavu proti náhlým změnám teplot mezi ně se řadí tlaková membránová nebo vaková expanzní nádoba, otevřená expanzní nádoba a automatické expanzní zařízení. [22]

Objem expanzní tlakové nádoby lze navrhnout pomocí následujícího vzorce:

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} [l], \quad (10)$$

kde

V_{et}	objem expanzní tlakové nádoby,	[l]
V_o	objem vody v celé otopné soustavě včetně zdroje tepla,	[l]
n	součinitel zvětšení objemu (získáme z tabulky),	[-]
η	stupeň využití expanzní nádoby.	[-]

Stupeň využití expanzní nádoby se dopočítá pomocí vzorce:

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,dov,A}}{p_{h,dov,A}} [-], \quad (11)$$

kde

$p_{h,dov,A}$	nejvyšší dovolený absolutní tlak = otevírací absolutní tlak pojistného ventilu ($p_{h,dov,A} = p_{h,dov} + 100 \text{ kPa}$),	[kPa]
$p_{d,dov,A}$	nejnižší dovolený absolutní tlak.	[kPa]

$$p_{d,dov,A} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B [kPa], \quad (12)$$

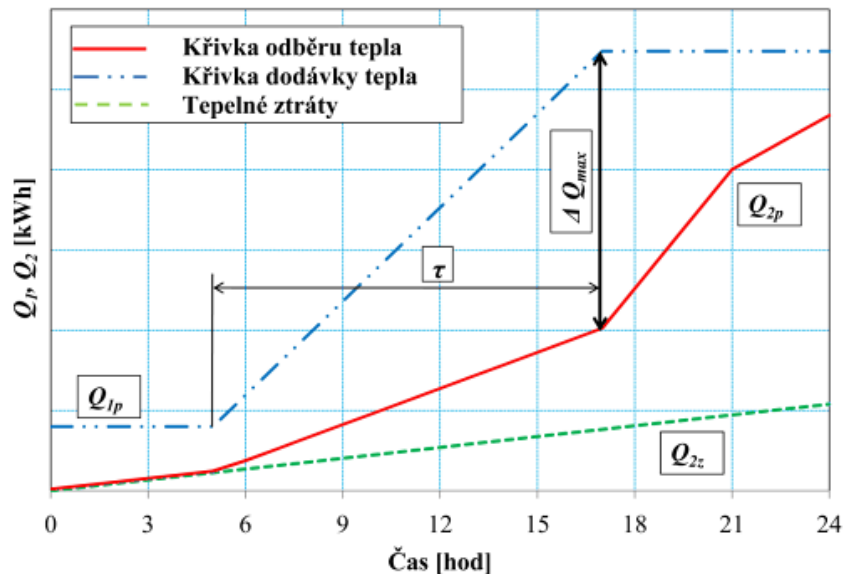
kde

$p_{d,dov,A}$	nejnižší dovolený absolutní tlak,	[kPa]
ρ	hustota vody,	[kg/m ³]
g	tíhové zrychlení,	[m/s ²]
h	výška vodního sloupce nad EN,	[m]
p_B	barometrický tlak = 100 kPa,	[kPa]
1,1	bezpečnostní součinitel.	[-]

3 ČÁST ZDRAVOTNĚ TECHNICKÉ INSTALACE

3.1. Zásobník teplé vody

Při návrhu velikosti zásobníku teplé vody a požadovaného tepelného výkonu můžeme využít normu ČSN 06 0320 a zkonstruovat tzv. kumulativní graf, tento graf vyjadřuje závislost přírůstku odběru energie a času v průběhu dne, proto křivka nemůže klesat. Tento graf obsahuje křivku tepelných ztrát, křivku odběru, která vyjadřuje kumulativní odběr vody a křivku dodávky, tedy křivku, která vyjadřuje kumulativní odběr teplé vody v ohřívači teplé vody. [23]



Obr. 3.1 Křivky odběru a dodávky tepla s časově omezenou dodávkou tepla do zásobníku TV [24]

Celkové teplo dodané ohřívačem teplé vody získáme ze vztahu: [25]

$$Q_{TV,celk} = \frac{V_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3600 \cdot 1000} \cdot (1 + z) \quad [\text{kWh/perioda}], \quad (13)$$

kde

$Q_{TV,celk}$	teplo dodané ohřívačem teplé vody,	[kWh/perioda]
z	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody,	[-]
V_i	celková potřeba teplé vody,	[m ³ /perioda]
ρ	hustota vody při střední teplotě zásobníku,	[kg/m ³]
c	měrná tepelná kapacita,	[J/kg·K]
t_{SV}	teplota studené vody (nejčastěji 10 °C),	[°C]
t_{TV}	teplota teplé vody (nejčastěji 55 °C).	[°C]

Velikost zásobníku TV se získá z následujícího vzorce: [25]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c^* \cdot (t_{TV} - t_{SV})} \quad [\text{m}^3], \quad (14)$$

kde

V_z	velikost zásobníku TV,	$[\text{m}^3]$
ΔQ_{max}	maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky a odběru tepla, [kWh]	
c^*	měrná tepelná kapacita,	$[\text{kWh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}]$
t_{SV}	teplota studené vody (nejčastěji 10 °C),	$[\text{°C}]$
t_{TV}	teplota teplé vody (nejčastěji 55 °C).	$[\text{°C}]$

Tepelný výkon ohřívače TV se určí ze vzorce: [25]

$$Q_{zdroj} = \left(\frac{\Delta Q_{s,i}}{\tau_i} \right)_{max} \quad [\text{W}], \quad (15)$$

kde

Q_{zdroj}	Tepelný výkon ohřívače TV,	$[\text{W}]$
$\Delta Q_{s,i}$	maximální sklon křivky dodávky tepla během periody, [kWh]	
τ_i	čas.	$[\text{s}]$

3.2. Dimenzování vnitřního vodovodu

Dimenzování vnitřního vodovodu probíhá pomocí normy ČSN EN 806-3 při které se jedná o zjednodušenou metodu pro dimenzování. Touto metodou nemůžeme dimenzovat požární cirkulační potrubí.

Abychom mohli využít normu ČSN EN 806-3 musí budova splňovat tyto podmínky: potrubí na vstupu do budovy musí mít takový hydrodynamický přetlak vody, aby tlakové ztráty vnitřního vodovodu mohli dosahovat až 150 kPa a nejméně 100kPa hydrodynamického přetlaku před výtokovou armaturou, pro splnění této podmínky nesmí být potrubí uvnitř budovy moc dlouhé. [26]

Splnění podmínky lze vyjádřit nerovností: [27]

$$P_{disp} \geq p_{min,FL} + p_g + p_{vodoměr} + p_{další\ prvky} + p_{přípojka} + p_{budova} \text{ [kPa]}, \quad (16)$$

kde

p_{disp}	dispoziční přetlak který je v místě vstupu potrubí do budovy,	[kPa]
$p_{min,FL}$	hydrodynamický přetlak u nejvyšší armatury,	[kPa]
p_g	tlaková ztráta způsobená rozdílem mezi nejvýše položenou výtokovou armaturou a místem napojení vodovodní přípojky,	[kPa]
$p_{vodoměr}$	tlaková ztráta vodoměru,	[kPa]
$p_{další\ prvky}$	tlakové ztráty dalších zařízení např. průtokové ohříváče vody,	[kPa]
$p_{přípojka}$	tlaková ztráta ve vodovodní přípojce,	[kPa]
p_{budova}	součet tlakových ztrát v potrubí vodovodu uvnitř budovy (ztráty třením a místními odpory).	[kPa]

Pro získání tlakových ztrát potrubí uvnitř budovy musíme sečíst ztráty třením a místními odpory.

Ztráty třením potrubí lze vypočítat přes vztah:

$$p_{zt} = \frac{\lambda}{d} \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \cdot l \text{ [Pa]}, \quad (17)$$

kde

p_{zt}	tlaková ztráta třením,	[Pa]
λ	součinitel tlakové ztráty třením,	[-]
d	vnitřní průměr potrubí - dle rozměrové řady potrubí,	[m]
ρ	hustota vody,	[kg/m ³]
w	rychlost proudění kapaliny v potrubí,	[m/s]
l	délka potrubí pro výpočet měrného tlakového spádu $l = 1 \text{ m}$.	[m]

Ztráty místními odpory lze dopočítat přes vztah:

$$p_{zm} = \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]}, \quad (18)$$

kde

p_{zm}	tlaková ztráta místními odpory,	[Pa]
ρ	hustota vody,	[kg/m ³]
w	rychlost proudění kapaliny v potrubí,	[m/s]
ξ	součinitel místního odporu.	[-]

Při dimenzování potrubí dále sčítáme výtokové jednotky LU, které připadají na jednotlivé úseky potrubí podle těchto jednotek dále navrhujeme průměr potrubí v daném úseku.

Tab. 3.1 Návrhové parametry potrubí [28]

Tabulka 3.6 – Potrubí z PP													
Max. součty	LU	1	2	3	3	4	6	13	30	70	200	540	970
Největší hodnoty	LU			2			4	5	8				
$d_a \times s$	mm	16 × 2,7		20 × 3,4		25 × 4,2		32 × 5,4	40 × 6,7	50 × 8,4	63 × 10,5	75 × 12,5	
d_i	mm	10,6		13,2		16,6		21,2	26,6	33,2	42	50	
Max. délka potrubí	m	20	12	8	15	9	7						

3.3. Udržování teplé vody v rozsáhlých rozvodech

Pro udržení teplé vody v rozsáhlých rozvodech lze využít samoregulační topné kabely, které se instalují přímo na vodovodní potrubí, po instalaci topných kabelů je potřeba vytápěné potrubí zaizolovat tepelnou izolací a topné kabely fixovat samolepicí hliníkovou páskou. Výhodou topných kabelů je že jsou jednoduché a levné na instalaci. Výkon topných kabelů je závislý na okolní teplotě, se stoupající teplotou klesá výkon samoregulačního topného kabelu a naopak. Další alternativou zajištění dodávky teplé vody je cirkulační potrubí, které se v menším objektu rodinného domu investičně nevyplatí. [29]

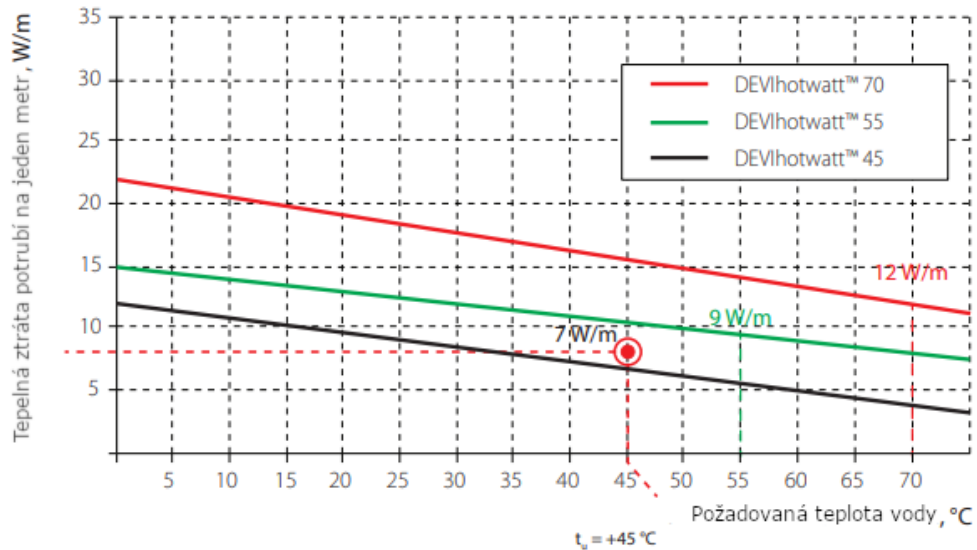
Výkon topného kabelu, který se instaluje na potrubí teplé vody, by měl být minimálně stejný jako je tepelná ztráta potrubí. Tepelné ztráty potrubí závisí na: průměru potrubí, tloušťce izolace, teplotě vody a okolní teplotě. V případě vysokých tepelných ztrát je třeba instalace dvou a více topných kabelů. Tepelné ztráty potrubí pro celý úsek lze vypočítat přes vzorec:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_v \cdot l \cdot (t_a - t_p)}{\ln(D/d_{iz})} \cdot 1,3 \text{ [W]}, \quad (19)$$

kde

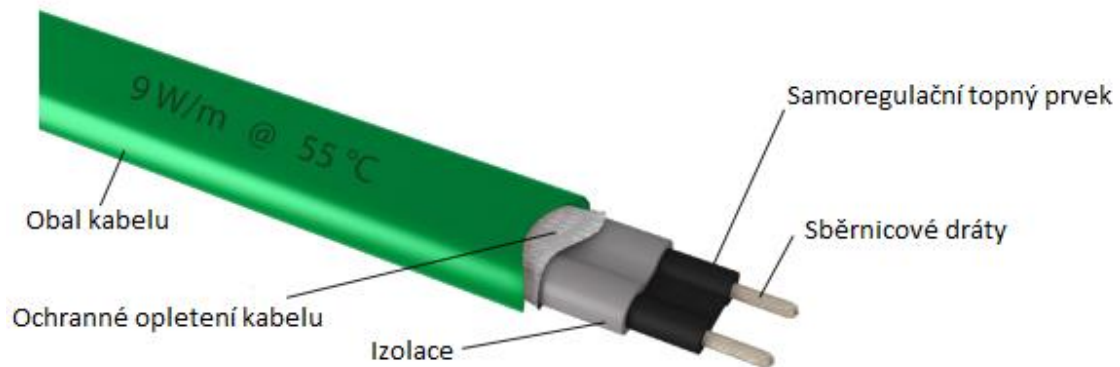
Q	tepelné ztráty potrubí pro daný úsek,	[W]
D	vnější průměr potrubí včetně izolace,	[m]
d_{iz}	vnitřní průměr izolace,	[m]
l	délka úseku,	[m]
t_p	požadovaná teplota vody,	[°C]
t_a	teplota okolí,	[°C]
λ_v	součinitel tepelné vodivosti,	[W/m·K]
1,3	ochranný faktor.	

Pro návrh správného typu topného kabelu lze využít návrhový graf v závislosti tepelné ztráty potrubí na jeden metr a požadované teplotě vody. [30]



Obr. 3.2 Návrhový graf samoregulačních topných kabelů [30]

Samoregulační schopnost kabelu zajišťuje regulaci výkonu topného kabelu v závislosti na okolní teplotě. [30]

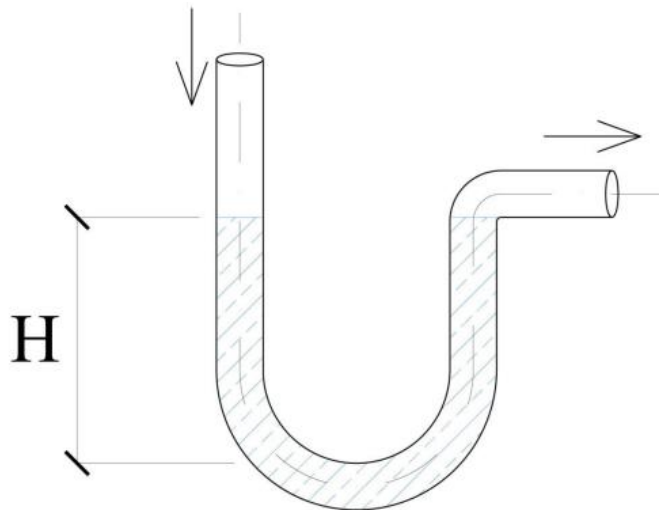


Obr. 3.3 Skladba samoregulačního topného kabelu [30]

3.4. Dimenzování kanalizace

Kanalizace se dělí dle potrubí na: Odtokové, přípojovací, odpadní, větrací a svodné. Dále příslušenství kanalizace obsahuje vpusti, armatury, záchodové uzávěrky a další příslušenství.

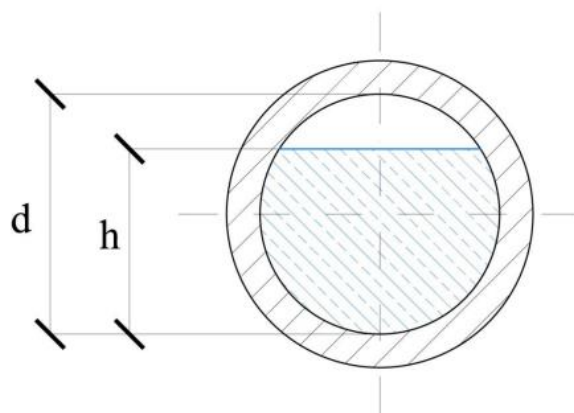
Zápachové uzávěry je nutné osadit ke každému zařizovacímu předmětu nebo vpusti či odvodňovacího zařízení uvnitř objektu. [31]



Obr. 3.4 Předepsané výšky H u zápachové uzávěry [31]

Nejmenší předepsaná výška H je u splaškové vody 50 mm a u dešťové vody 80 mm.

Dále musíme řešit stupeň plnění přípojovacího a ležatého potrubí H/d které se pohybuje v hodnotách 0,5 ; 0,7 ; 1,0. [31]



Obr. 3.5 Stupeň plnění přípojovacího a ležatého potrubí [31]

Také musíme zajistit větrání kanalizace pomocí větracího potrubí, které zároveň zajišťuje přísátí vzduchu, který je nutný pro zabránění odsávání zápachových uzávěrek a vyrovnání tlaku při průtoku vody v přípojovacím nebo odpadním potrubí.

Návrh vnitřní kanalizace probíhá pomocí normy ČSN 75 6760.

Výpočet průtoku odpadních vod se vypočítá přes vzorec: [32]

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU} \text{ [l/s]}, \quad (20)$$

kde

Q_{ww}	průtok splaškových vod,	[l/s]
K	součinitel odtoku,	[l ^{0,5} /s ^{0,5}]
DU	výpočtový odtok.	[l/s]

Výpočtový odtok DU získáme z tabulek pro jednotlivé zařizovací předměty. Průměr potrubí dále navrhujeme dle Q_{ww} nebo dle DU_{max} . Pokud je v daném úseku $Q_{ww} < DU_{max}$ uvažujeme průtok největší hodnoty výpočtového odtoku. Průměr potrubí dále určíme dle výsledného Q_{max} z následující tabulky: [32]

Tab. 3.2 návrh průměru potrubí dle hydraulické kapacity Q_{max} [32]

Hydraulická kapacita Q_{max} [l/s]	Největší spádová výška [m]	Jmenovitá světlost přípojovací potrubí DN	Jmenovitá světlost větrací potrubí DN	Poznámky
0,80	3,0	50	40	Nejvíce dvě pisoárové mísy
1,50	3,0	60	40	Nejvíce pět pisoárových mís, nebo jeden velkokuchyňský dřez
2,25	3,0	70	50	Žádná záchodová mísa
3,40	1,5	90	60	Nejvíce dvě záchodové mísy
3,75	2,0	100	60	-

4 ŘEŠENÍ ZADANÉHO OBJEKTU

4.1. Konstrukce v objektu a jeho tepelné ztráty

Jelikož se jedná o starý dům, který nikdy nebyl rekonstruován bylo nutné navrhnout dostatečnou tepelnou izolaci. Původní stěny objektu jsou z plných cihel, které jsou okolo 75 cm tlusté. Původní součinitel prostupu tepla vyšel $0,95 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ po přidání 20 cm fasádního polystyrenu EPS 70 vyšel součinitel prostupu tepla $0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Veškeré hodnoty součinitelů prostupu tepla, vyhovují hodnotám dle normy ČSN 73 0540-2:2011.

Tab. 4.1 Výsledné součinitele prostupu tepla

	U
	[W/m ² .K]
Obvodová stěna - původní	0,95
Obvodová stěna s izolací	0,16
Příčka 140mm	1,33
Příčka 300mm cihly	1,63
Příčka 140mm + izolace	0,17
Příčka 300mm cihly + izolace	0,17
Střecha	0,19
Podlaha	0,26
Podlaha 2NP	0,24

Z důvodu zlepšení tepelných ztrát objektu bylo potřeba navrhnout nové dveře a okna. Výsledné hodnoty součinitelů prostupu tepla navržených v objektu jsou:

Tab. 4.2 Výsledné součinitele prostupu tepla dveří a oken

	U
	[W/m ² .K]
Okno 90x110	1,5
Okno 120x110	1,1
Okno 170x110	1,5
Okno 210x110	1,3
Střešní okno 74x118	1,1
Střešní okno 114x118	1,1
dveře 60	1,3
dveře 80	1,3
dveře 90	1,3

Podrobný popis konstrukcí obsahuje příloha č. 1.

Při výpočtu tepelných ztrát je potřeba nejdříve zjistit venkovní výpočtovou teplotu, jelikož se objekt nachází ve vesnici Drahenice v okrese Příbram, tak počítám s teplotou $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Výpočet tepelných ztrát proběhl v aplikaci od společnosti PROTECH spol. s r.o. a celková tepelná ztráta objektu vyšla 9,5 kW.

Tab. 4.3 Výsledné tepelné ztráty

podl.	č.m.	účel	úsek	t_i $^{\circ}\text{C}$	η_p	V_{np} $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	V_{n50} $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	V_{mech} $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	f_{RH}
ÚSEK 1									
1	103	Ložnice	1	20	0,5	34,9	7,0	0,0	0
1	104	Kuchyň	1	20	1,5	111,1	11,1	0,0	0
1	105	Spíž	1	15	0,5	4,0	0,0	0,0	0
1	106	Koupelna	1	24	1,5	22,6	1,5	0,0	0
1	107	Pokoj	1	20	0,5	45,5	9,1	0,0	0
1	108	Chodba	1	18	0,5	11,6	0,0	0,0	0
1	109	Předsíň	1	15	0,5	16,9	5,1	0,0	0
2	202	Ložnice	1	20	0,5	32,7	9,8	0,0	0
2	203	Obývací pokoj + kk	1	20	1,5	69,8	7,0	0,0	0
2	204	Koupelna	1	24	1,5	27,1	1,8	0,0	0
2	205	Chodba	1	20	0,5	6,7	0,0	0,0	0
2	206	Záchod	1	20	0,5	6,7	1,3	0,0	0
2	207	Pokoj	1	20	0,5	27,0	8,1	0,0	0

č.m.	úsek	V_{mi} m^3	A_{pi} m^2	H_{Tm} W/K	H_{Vm} W/K	Φ_{Tm} W	Φ_{Vm} W	Φ_{RHm} W	Φ_{HLM} W	Q_{cm} W	Q_z W
ÚSEK 1											
103	1	69,7	23,2	15	12	516	415	0	931	931	0
104	1	74,1	24,7	19	38	682	1 323	0	2 005	2 005	0
105	1	8,1	2,7	-11	1	-320	41	0	0	0	0
106	1	15,0	5,0	16	8	609	299	0	908	908	0
107	1	90,9	30,3	20	15	712	541	0	1 253	1 253	0
108	1	23,1	7,7	-3	4	-84	130	0	45	45	0
109	1	33,8	11,3	8	6	239	172	0	411	411	0
202	1	65,5	35,0	20	11	698	390	0	1 087	1 087	0
203	1	46,6	24,9	10	24	356	831	0	1 187	1 187	0
204	1	18,1	4,5	8	9	320	359	0	679	679	0
205	1	13,5	4,5	-2	2	-72	80	0	8	8	0
206	1	13,4	5,3	3	2	118	80	0	197	197	0
207	1	54,0	27,7	13	9	468	321	0	790	790	0
Σ úsek 1 ÚSEK 1		525,7	206,8	118	142	4 241	4 982	0	9 502	9 502	0

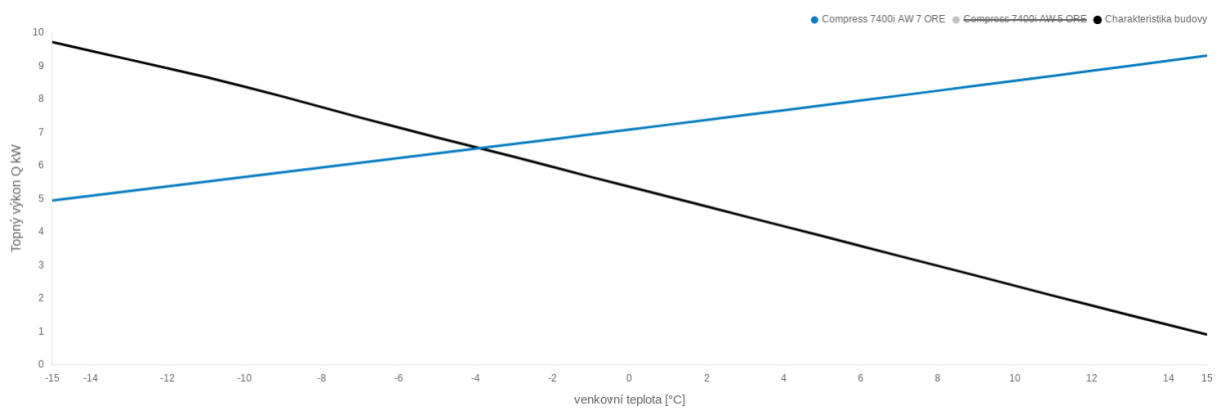
Výstup z programu od společnosti PROTECH spol. s r.o. se nachází v příloze č.2.

4.2. Volba zdroje tepla pro zadaný objekt

Pro zadaný objekt jsem volil tepelné čerpadlo vzduch-voda z důvodu nízkých provozních nákladů. Tepelné čerpadlo jsem navrhoval pro pokrytí tepelné ztráty 9,5 kW.

Tepelné čerpadlo jsem navrhl pomocí formuláře na stránkách firmy BOSCH dle požadovaných hodnot. Nejvhodněji pro daný objekt vyšlo tepelné čerpadlo Compress 7400i AW 7 ORE od firmy BOSCH o výkonu 7 kW které je vhodné pro modernizaci topného systému a zároveň je navrženo pro ohřev teplé vody pro 8 lidí. Výsledný bod bivalence tohoto tepelného čerpadla vyšel $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ který, pokrývá 95 % času během roku. V případě, že venkovní teplota klesne pod bod bivalence, tak sepne elektrická topná patrona v tepelném čerpadle o výkonu 4 kW.

Údaje o výkonu



Obr. 4.1 Výsledný bod bivalence

Objem expanzní nádoby tohoto tepelného čerpadla je 8 l, akumulční zásobník jsem volil BH-120-5 který je doporučený k tomuto typu tepelného čerpadla a má objem 120 l.

Technické informace tohoto čerpadla se nachází v příloze č. 3.

4.3. Otopná tělesa

Typ otopných těles jsem volil Radik klasik, které umožňuje levé i pravé boční napojení. Jedná se o dvoutrubkovou, protiproudou soustavu s nuceným oběhem. Ve všech místnostech jsem volil jednotnou výšku těles 500 mm. Do koupelen jsem volil trubková otopná tělesa Koralux linear max, která umožňují krajní spodní připojení. Teplotní spád otopné soustavy se zdrojem tepelného čerpadla jsem zvolil 55/45. Z tohoto důvodu jsem musel přepočítat tepelný výkon těles z teplotního spádu 75/65. Příklad výpočtu pro místnost 103:

$$c_t = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i} = \frac{45 - 20}{55 - 20} = 0,71.$$

Součinitel c_t vyšel větší než 0,7 proto počítám s aritmeticky určeným rozdílem teplot:

$$\Delta t_{sk} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_i = \frac{55 + 45}{2} - 20 = 30 \text{ K.}$$

Pro jmenovité podmínky:

$$\Delta t_N = \frac{t_{w1n} + t_{w2n}}{2} - t_i = \frac{75 + 65}{2} - 20 = 50 \text{ K.}$$

Výkon, dle kterého budeme hledat těleso v technických podkladech vychází:

$$Q_{N,OT} = \frac{Q_{sk,OT}}{\left[\frac{\Delta t}{\Delta t_N}\right]^n} = \frac{930}{\left[\frac{30}{50}\right]^{1,32}} = 1830 \text{ W.}$$

Dle výsledného výkonu nejlépe vyšel Radik klasik 20 o výkonu 1927 W o rozměrech: 500x2300x66 (V x Š x H).

Výsledná otopná tělesa se nachází v příloze č. 1.

4.4. Kontrola expanzní nádoby

Expanzní nádoba ve zvoleném tepelném čerpadle má objem 8 l, jelikož nevíme, zda bude pro zvolený objekt dostatečná, bylo třeba expanzní nádobu v tepelném čerpadle zkontrolovat.

Nejdříve bylo potřeba dopočítat nejnižší dovolený absolutní tlak ze vzorce (12):

$$p_{d,dov,A} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B = 1,1 \cdot 990,2 \cdot 9,81 \cdot 2,9 \cdot 10^{-3} + 100 = 131 \text{ kPa}.$$

Dále stupeň využití expanzní nádoby (11):

$$p_{h,dov,A} = p_{h,dov} + 100 = 250 + 100 = 350 \text{ kPa},$$

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,dov,A}}{p_{h,dov,A}} = \frac{350 - 131}{350} = 0,63.$$

Výsledný objem expanzní nádoby získáme ze vzorce (10):

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} = 1,3 \cdot 0,39 \cdot 0,01413 \cdot \frac{1}{0,63} = 0,1145 \text{ m}^3 = 11,5 \text{ l} > 8 \text{ l}.$$

Z důvodu, že objem vyšel vyšší, než 8 l bylo třeba přidat dodatečnou expanzní nádobu. Expanzní nádobu jsem zvolil HS005, která má objem 5 l.

4.5. Dimenzování a hydraulické vyvážení otopné soustavy

Při návrhu potrubní sítě v objektu jsem zvolil jako materiál plast PE-Xa a použil metodu ekonomických tedy optimálních rychlostí. Při této metodě je třeba pokud možno dodržet rozsah rychlostí 0,5 – 0,7 m/s. Z důvodu užšího výběru možných průměrů potrubí nebylo tento rozsah vždy možné dodržet. Postup výpočtu úseku č. 1 pro těleso 107, které vyšlo hydraulicky nejzatíženější:

Při návrhu jsem nejdříve vypočítal hmotnostní průtok pro daný úsek dle vzorce (8):

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} = \frac{20\,000}{4186 \cdot 10} \cdot 3600 = 1720 \text{ kg/h.}$$

Z výsledné hodnoty v tabulce pro materiál PE-Xa najdeme vhodnou dimenzi potrubí a hodnotu R, w.

Pro výpočet celkových tlakových ztrát jsem použil vzorec (6):

$$\Delta p_c = R \cdot l + Z = 376,6 \cdot 2 + 4 \cdot \frac{0,939^2 \cdot 988}{2} = 2495 \text{ Pa.}$$

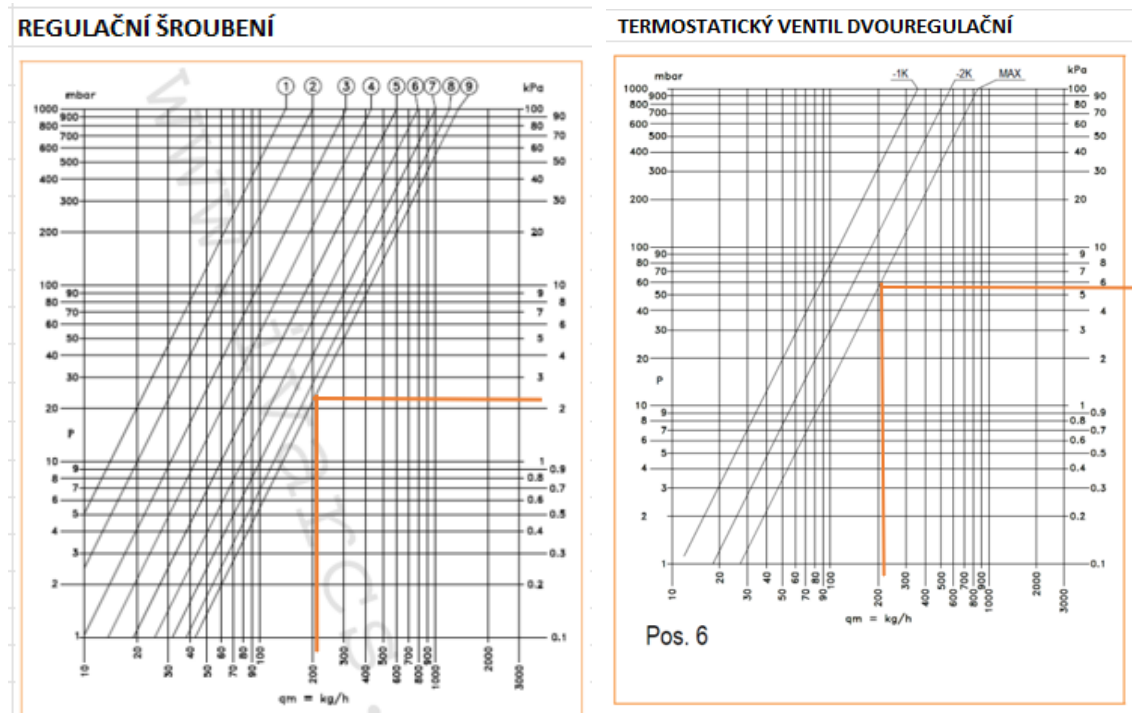
Tab. 4.4 Výsledné hodnoty pro těleso 107

INP										
Těleso 107		Mot= 221			kg/h					
ÚSEK	VÝKON	PRŮTOK	DÉLKA	Ø	R	w	Σ ξ	Z	R*L	Z+R*L
	W	kg/h	m		Pa/m	m/s	-	Pa	Pa	Pa
1	20000	1720,0	2	32x2,9	376,6	0,939	4	1742,281	753,2	2495
2	11493	988,4	7,1	32x2,9	130,7	0,522	4,5	605,7319	927,97	1534
3	9566	822,7	2,1	25x2,3	293,6	0,688	3,5	818,4118	616,56	1435
4	7533	647,8	0,6	25x2,3	231,1	0,602	3,5	626,5965	138,66	765
5	5500	473,0	5	20x2,0	409,5	0,699	2	482,7378	2047,5	2530
6	2149	184,8	3,1	20x2,0	81	0,28	4	154,9184	251,1	406
7	782	67,3	1,9	20x2,0	9,33	0,1	1,5	7,41	17,727	25
8	3351	288,2	1,6	20x2,0	165,1	0,42	2	174,2832	264,16	438
9	782	67,3	6,4	20x2,0	9,33	0,1	3	14,82	59,712	75
10	2569	220,9	4,6	20x2,0	95,7	0,308	1,5	70,29422	440,22	511
10'	2569	220,9	4,6	20x2,0	95,7	0,308	1,5	70,29422	440,22	511
9'	782	67,3	6,4	20x2,0	9,33	0,1	2,5	12,35	59,712	72
8'	3351	288,2	1,6	20x2,0	165,1	0,42	1,5	130,7124	264,16	395
7'	782	67,3	1,9	20x2,0	9,33	0,1	1,5	7,41	17,727	25
6'	2149	184,8	3,1	20x2,0	81	0,28	3	116,1888	251,1	367
5'	5500	473,0	5	20x2,0	409,5	0,699	1,5	362,0533	2047,5	2410
4'	7533	647,8	0,6	25x2,3	231,1	0,602	3	537,0827	138,66	676
3'	9566	822,7	2,1	25x2,3	293,6	0,688	3	701,4958	616,56	1318
2'	11493	988,4	7,1	32x2,9	130,7	0,522	2,5	336,5177	927,97	1264
1'	20000	1720,0	1	32x2,9	376,6	0,939	9	3920,132	376,6	4297
									Σ[Z+R*L]=	21549
									RŠ	2300
									TRV	5700

Výsledné tlakové ztráty pro všechny úseky lze najít v příloze č.1.

Celková tlaková ztráta po přičtení tlakové ztráty RŠ a TRV úseku vyšla 29 549 Pa. Pro těleso 107 vyšla nejvyšší celková tlaková ztráta, proto jsme podle této tlakové ztráty regulovali ostatní otopná tělesa.

Tlakové ztráty pro RŠ a TRV lze získat z grafů hydraulických charakteristik od výrobce IVARCS pro DN15:



Obr. 4.2 Výsledná tlaková ztráta RŠ a TRV [21][33]

Následně jsem dimenzoval hodnoty k_V pro regulační šroubení a termostatický ventil, dle vzorce (9):

Regulační ventil:

$$k_V = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_O}{\Delta p_V}} = 0,221 \cdot \sqrt{\frac{100}{2,3}} = 1,46 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Termostatický ventil:

$$k_V = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_O}{\Delta p_V}} = 0,221 \cdot \sqrt{\frac{100}{5,7}} = 0,93 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Výsledné nastavení lze najít v technických listech výrobce.

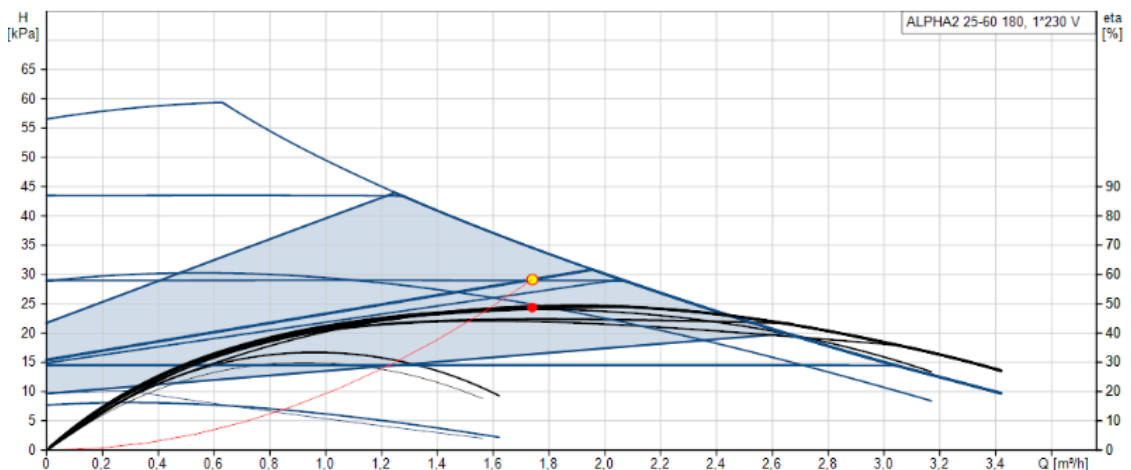
Tab. 4.5 Výsledné nastavení RŠ podle výsledné k_v hodnoty [21]

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9
☺	1¼	1½	1¾	2	2½	3	3½	4	Max
k_v	0.14	0.20	0.31	0.43	0.60	0.79	1.00	1.20	1.35

V případě regulačního ventilu vyšlo maximální nastavení, v případě termostatického ventilu nastavení 6.

Výsledné k_v hodnoty se nachází v příloze č.1.

Dále bylo potřeba navrhnout oběhové čerpadlo dle celkové tlakové ztráty. Pro pokrytí celkové tlakové ztráty jsem použil oběhové čerpadlo ALPHA2 25-60 180. Výkonovou křivku oběhového čerpadla lze vidět na obrázku 4.3.



Obr. 4.3 Výkonová křivka oběhového čerpadla [34]

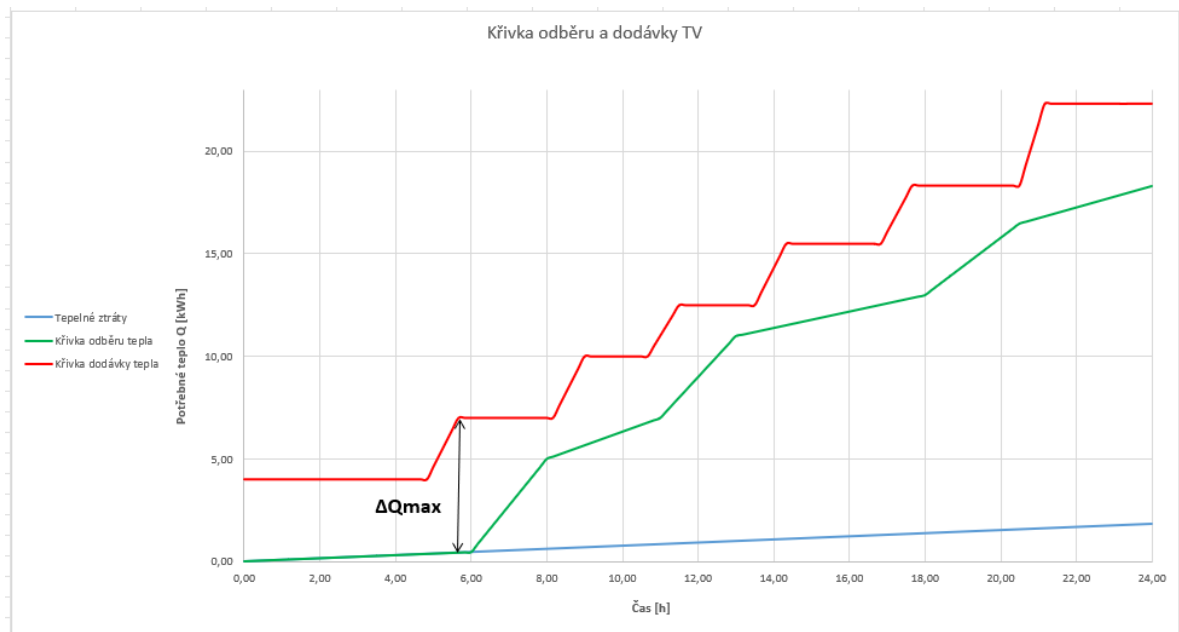
4.6. Návrh zásobníku teplé vody

Při návrhu zásobníku teplé vody jsem uvažoval spotřebu pro 8 lidí, tedy 40 l/os.den, nejdříve jsem vypočítal celkové teplo dodané ohřivačem teplé vody ze vzorce (13):

$$Q_{TV,celk} = \frac{V_i \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3600 \cdot 1000} \cdot (1 + z) = \frac{8 \cdot 0,04 \cdot 995 \cdot 4187 \cdot (55 - 10)}{3600 \cdot 1000} \cdot (1 + 0,1) =$$

$$= 18,33 \text{ kWh/den.}$$

Největší odběry teplé vody jsem uvažoval v ranních hodinách, v době oběda a večerních hodinách kdy se všichni sprchují a připravuje se večere. Dále jsem uvažoval 10% tepelné ztráty. Výslednou křivku odběru a dodávky teplé vody lze vidět na obrázku 4.4.



Obr. 4.4 Výsledná křivka odběru a dodávky TV

Výsledný objem zásobníku získáme ze vzorce (14):

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c^* \cdot (t_{TV} - t_{SV})} = \frac{6,57}{1,163 \cdot (55 - 10)} \cdot 1000 = 125,53 \text{ l.}$$

Dále jsem vypočítal tepelný výkon ohříváče, pro který je potřeba z křivky odběru a dodávky teplé vody zjistit maximální sklon dodávky teplé vody a čas tohoto úseku, tento úsek vyšel ve večerních hodinách, kdy se všichni sprchují a vaří se večere. Poté postupujeme pomocí vzorce (15):

$$Q_{zdroj} = \left(\frac{\Delta Q_{s,i}}{\tau_i} \right)_{max} = \frac{4}{0,83} = 4,8 \text{ kW}.$$

Z výsledného objemu a výkonu jsem následně zvolil nepřímo ohřívavý zásobník teplé vody BOSCH WD 160 B o objemu 149 l. Pro dohřev teplé vody jsem k zásobníku teplé vody přidal elektrickou topnou jednotku o výkonu 2,5 kW.

4.7. Vnitřní vodovod v daném objektu

V projektu jsem řešil rozvody teplé a studené vody, rodinný dům je připojen na vodovodní řád, který je veden vedle pozemku pod silnicí. Ohřev vody v zásobníku teplé vody zajišťuje tepelné čerpadlo. V prvním nadzemním podlaží bylo nutné rozvést vodu do kuchyně, koupelny a ke dvěma záchodům, ve druhém nadzemním podlaží do kuchyně, koupelny a záchodu.

Seznam zařizovacích předmětů v 1.NP

- Myčka na nádobí (MN),
- Dřez dvojitý (DD),
- Sprcha (S),
- Umyvadlo (U),
- 2x Toaleta (WC),
- Automatická pračka (AP),
- Zahradní kohout (ZK).

Seznam zařizovacích předmětů v 2.NP

- Myčka na nádobí (MN),
- Dřez dvojitý (DD),
- Sprcha (S),
- Toaleta (WC),
- 2x Umyvadlo (U),
- Automatická pračka (AP).

Do domu je voda připojena vodovodní přípojkou, která je vedena nad podlahu v prvním nadzemním podlaží v technické místnosti, kde je následně osazena vodoměrná soustava. Veškeré rozvody jsou vedeny potrubím PPR S 2,5 (PN20). Sklon vodovodního potrubí musí být minimálně 3 % od zařizovacích předmětů směrem ke stoupačkám. [35]

Pomocí normy ČSN EN 806-3 jsem dále navrhoval průměr potrubí, abych splnil podmínku pro maximální dispoziční přetlak 450kPa. K výpočtu jsem použil následující rovnici (16):

$$P_{\text{disp}} \geq p_{\text{min,FL}} + p_g + p_{\text{vodoměr}} + p_{\text{další}} + p_{\text{přípojka}} + p_{\text{budova}} [\text{kPa}].$$

Tab. 4.6 Výsledné a zvolené hodnoty jednotlivých přetlaků

P_{budova}	236kPa
$P_{\text{vodoměr}}$	38kPa
$P_{\text{přípojka}}$	10kPa
P_g	54kPa
$P_{\text{min,fl}}$	100kPa
$P_{\text{další prvky}}$	5kPa
P_{disp}	443kPa

450 kPa \geq 443 kPa \rightarrow tlaková rovnice je splněna

Příklad dimenzování potrubí studené vody úseku č.1 kde se nachází zahradní kohout: LU jednotka pro daný úsek se rovná 5, následně dle výpočtové jednotky navrhuji průměr potrubí podle normy. Pomocí průměru potrubí, následně získáme rychlost proudění kapaliny v potrubí a měrnou tlakovou ztrátu z podkladů výrobce.

Ztráty potrubí lze vypočítat přes vztah (17) (18):

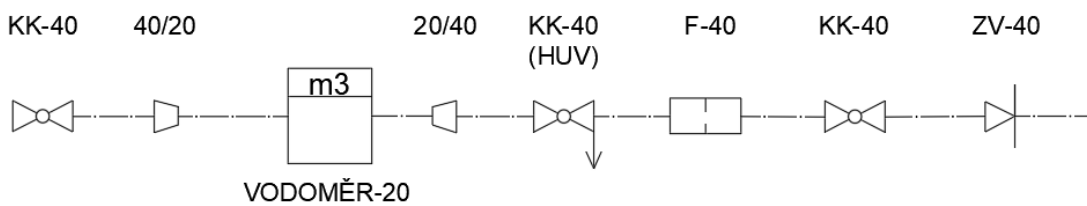
$$p_z = R \cdot l + \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 1,26 \cdot 0,5 + 1,5 \cdot \frac{1,4^2}{2} \cdot 998/1000 = 2.1 \text{ kPa.}$$

Celková tlaková ztráta pro potrubí studené vody vyšla 155 kPa a pro potrubí teplé vody 81 kPa.

Výpočty pro jednotlivé úseky lze najít v příloze č. 4.

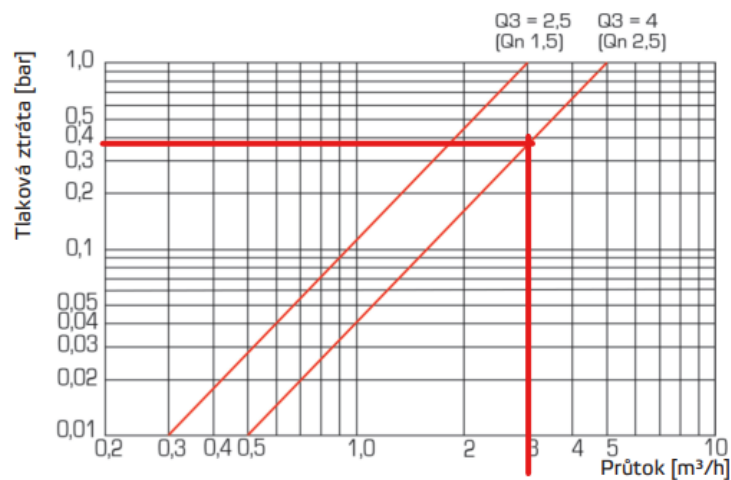
Vodovodní přípojka je vedena potrubím o průměru 40x6,7 které je z materiálu PPR S 2,5 (PN20).

Vodoměrná sestava je umístěna 0,5 m nad podlahou v prvním nadzemním patře v technické místnosti, ihned za vstupem potrubí stěnou. Umístění musí být volně přístupné, tak aby bylo možné manipulovat s ventily a vodoměrem při případné poruše nebo výměně. Schéma vodoměrné sestavy:



Obr. 4.5 Vodoměrná sestava

Vodoměr jsem navrhl od firmy APZ ZENNER pro průtok 3 m³/h vyšla tlaková ztráta 38 kPa.




Obr. 4.6 Průtoková křivka [36]

Z důvodu velké vzdálenosti mezi zásobníkem teplé vody a zbytkem zařizovacích předmětů bylo nutné do garáže, ložnice a kuchyně přidat samoregulační topné kabely. Samoregulační topné kabely se instalují přímo na vodovodní potrubí, po instalaci topných kabelů je potřeba vytápěné potrubí zaizolovat tepelnou izolací a topné kabely fixovat samolepící hliníkovou páskou.

Pro návrh samoregulačních topných kabelů jsem využil Excell od firmy Danfoss. [37]

Jako izolaci pro rozvody teplé vody jsem zvolil minerální vatu tloušťky 30 mm. Součinitel tepelné vodivosti minerální vaty je 0,037 W/m.K. Délka potrubí, na kterém se budou nacházet topné kabely je 15 m a vnější průměr 32 mm. Nejvýhodnější parametry z důvodu spotřeby elektrické energie vyšly dva topné kabely DEVIhotwatt 45 pro dohřev vody na teplotu 52 °C.

Tab. 4.7 Výsledné hodnoty

System Calculation		
Heat loss, q (with safety factor)	12,0	W/m
Select cable type	Self-limiting cable	
DEVIhotwatt 45	6,07	W/m @ 52 °C
Number of cable lines on pipe	2	
Number of valves, flanges, etc.	0	pcs.
Calculated cable length	30	m
Calculated total output	182,00	W
Alutape, fixing element	60	m
Control system	DEVIreg™ 330 (+5 ... +45°C)	

4.8. Návrh kanalizace v zadaném objektu

V zadaném objektu je na každé stoupačce umístěna větrací hlavice, která je na konci potrubí vyvedeného potrubí nad střechu. Pro vnitřní potrubí jsem zvolil jako materiál polypropylen a všechny venkovní rozvody jsou z PVC.

Před objektem se nachází dvě šachty, jedna s čistící tvarovkou a druhá s armaturou proti vzdučné vodě.

Seznam zařizovacích předmětů v 1 NP:

- 1x Kuchyňský dvojdřez
- 1x Myčka na nádobí
- 1x Sprchový kout
- 1x Umyvadlo
- 1x Automatická pračka
- 2x WC

Seznam zařizovacích předmětů 2 NP:

- 1x Sprchový kout
- 1x Automatická pračka
- 1x Kuchyňský dvojdřez
- 2x Umyvadlo
- 1x WC

Příklad výpočtu pro úsek č.1:

V tomto úseku se nachází pouze pračka, která má výpočtový odtok $DU=0,8$ l/s. Nejdříve jsem vypočítal průtok splaškových vod Q_{ww} dle vzorce (20):

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU} = 0,5 \cdot \sqrt{0,8} = 0,45 \text{ l/s.}$$

Z důvodu že $DU_{max} = 0,8$ je větší než $Q_{ww} = 0,45$ dimenzuji potrubí na větší hodnotu, tedy 0,8. Z tabulek dále volím průměr DN50.

Výpočty pro jednotlivé úseky lze najít v příloze č. 5.

5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo určit tepelné ztráty budovy, navrhnout vhodnou otopnou soustavu, dostatečně výkonný zdroj tepla a řešit zdravotně technickou instalaci. Z důvodu, že se jednalo o rekonstrukci již postaveného rodinného domu tak jsem musel navrhnout dostatečnou tloušťku tepelné izolace, která pro splnění normy vyšla 20 cm, dále jsem musel navrhnout nové dveře a okna z důvodu špatných tepelněizolačních vlastností současných dveří a oken. Následně jsem musel určit venkovní výpočtovou teplotu. Objekt se nachází ve vesnici Drahenice nacházející se v okrese Příbram, pro kterou se počítá s venkovní výpočtovou teplotou $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Díky navrženým konstrukcím a venkovní výpočtové teplotě jsem následně vypočítal tepelné ztráty pomocí programu od společnosti PROTECH, které vyšly 9,5kW. V objektu jsem počítal pouze s tepelnými ztrátami přirozeným větráním. Pomocí získané tepelné ztrátě objektu následně navrhuji otopnou soustavu. V objektu jsem pro vytápění zvolil otopná tělesa. V koupelnách jsem k deskovým otopným tělesům přidal trubková otopná tělesa pro dostatečné pokrytí tepelných ztrát. Při návrhu otopných těles jsem musel vypočítat výkon těles pro teplotní spád 55/45 $^{\circ}\text{C}$. Jako zdroj tepla pro vytápění a pro ohřev teplé vody jsem zvolil tepelné čerpadlo vzduch-voda Compress 7400i AW 7 ORE, jehož výkon je 7 kW. Bod bivalence tohoto čerpadla vyšel $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, v případě že teplota klesne pod bod bivalence, tak sepne elektrická topná patrona v tepelném čerpadlu o výkonu 4 kW. Objem expanzní nádoby tohoto tepelného čerpadla je 8 l, zvolený akumulární zásobník má objem 120 l. Z důvodu, že objem expanzní nádoby tohoto čerpadla nemusel být dostatečný, byl potřeba kontrolní výpočet, díky kterému se zjistilo, že objem expanzní nádoby je nedostatečný. Z tohoto důvodu je potřeba přidat dodatečnou 5 l expanzní nádobu. Následně bylo potřeba dimenzovat a hydraulicky vyvážit otopnou soustavu. Potrubní síť otopné soustavy je z materiálu PE-Xa a pro návrh jsem použil metodu ekonomických rychlostí. Celková tlaková ztráta vyšla 29,5 kPa, pomocí které jsem následně určil k_v hodnoty pro regulační šroubení a termostatický ventil. Dále jsem provedl návrh zásobníku na teplou vodu, který byl navržen pro 8 lidí se spotřebou 40 l/os.den. Celkové teplo dodané ohříváčem vyšlo 18,33 kWh/den. Následně jsem sestrojil křivku odběru a dodávky TV, kde jsem uvažoval s 10 % tepelnou ztrátou a s největším odběrem teplé vody v ranních hodinách, v době oběda a večerních hodinách kdy se všichni sprchují a připravuje se večere. Ze sestrojené křivky jsem odečetl potřebné hodnoty pro návrh zásobníku teplé vody a jeho tepelný výkon. Potřebný objem zásobníku teplé vody vyšel 125 l a tepelný výkon ohříváče

4,8 kW. Z těchto výsledků jsem navrhl zásobník WD 160 B o objemu 149 l. Pro dohřev teplé vody jsem k zásobníku teplé vody přidal elektrickou patronu o výkonu 2,5 kW. Dále bylo potřeba navrhnout oběhové čerpadlo dle celkové tlakové ztráty. Pro pokrytí celkové tlakové ztráty jsem použil oběhové čerpadlo ALPHA2 25-60 180. V projektu jsem následně řešil rozvod teplé a studené vody. Pro návrh bylo potřeba, aby součet tlakových ztrát vyšel menší než dispoziční přetlak v místě vstupu potrubí do budovy, který se rovnal 450 kPa. Součet tlakových ztrát v potrubí vodovodu uvnitř budovy vyšel 236 kPa a konečná celková tlaková ztráta vyšla 443 kPa, z tohoto důvodu rozvod vyhovuje. Rozvody vodovodu jsou z materiálu PPR S 2,5 (PN20). Dále jsem provedl návrh kanalizace, u které jsem navrhl pro vnitřní potrubí materiál polypropylen a pro venkovní rozvody PVC. Před objektem jsem navrhl dvě šachty, jednu s čistící tvarovkou a druhou s armaturou proti vzduť vodě.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *PROTECH Aktuální ceník* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.protech.cz/aktualni-cenik>
- [2] *PROTECH Produkty* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.protech.cz/produkty>
- [3] *PROTECH TV - Tepelný výkon* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.protech.cz/soubory/doc/tv.pdf>
- [4] *Otopná soustava: Výpočet v programech PROTECH TV* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=zSYpz3cn3JU>
- [5] *Kudy uniká teplo* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://energiebezemisi.cz/novinky-v-oboru/kudy-unika-teplo-zjistit-termovize/>
- [6] *Jaký zvolit zdroj vytápění* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.slokov.cz/2022/08/17/jaky-zvolit-zdroj-vytapeni-a-nezchudnout/#:~:text=At%20se%20již%20rozhodnete%20pro,daného%20zařízení%20do%20konkrétní%20budovy.>
- [7] *Výběr zdroje tepla pro rodinný dům* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: [https://vytapani.tzb-info.cz/19499-vyber-zdroje-tepla-pro-rodinny-dum-s-ohledem-na-energetickou-narocnost-a-dalsi-faktory#:~:text=ad%20c\)%20Pokud%20bychom%20vybírali,kotel%20a%20nakonec%20teplné%20čerpadlo.](https://vytapani.tzb-info.cz/19499-vyber-zdroje-tepla-pro-rodinny-dum-s-ohledem-na-energetickou-narocnost-a-dalsi-faktory#:~:text=ad%20c)%20Pokud%20bychom%20vybírali,kotel%20a%20nakonec%20teplné%20čerpadlo.)
- [8] *Princip funkce tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.a1solar.cz/teplna-cerpadla>
- [9] *Topný faktor tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <http://www.ekovy.cz/topny-faktor-tepelneho-cerpadla.htm#topny-faktor>
- [10] *Ekvitermní regulace tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <http://www.ekovy.cz/ekvitermni-regulace.htm>
- [11] *Ekvitermní regulace* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>

- [12] *BIVALENTNÍ ZAPOJENÍ TEPELNÉHO ČERPADLA* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/bivalentni-zapojeni-tepelneho-cerpadla-s-dotopovym-kotlem#:~:text=Bivalentní%20bod%20je%20teoretická%20hodnota,C%20do%20-10°C>.
- [13] *Typy tepelných čerpadel* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [14] *VÝHODY A NEVÝHODY SYSTÉMU ZEMĚ–VODA* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: https://www.alpha-innotec.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zeme-voda/?gad=1&gclid=CjwKCAjw9J2iBhBPEiwAErwpeXVtKhUjwi91aH6e0jHU2efBAWeFDOspugXdTLXW8dJuTXnXViz5TxoC0UYQAvD_BwE
- [15] *Jak funguje tepelné čerpadlo voda–voda* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.woltair.cz/blog/tepelna-cerpadla/voda-voda>
- [16] BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. *Otopné soustavy teplovodní*. 3., přeprac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, odborná sekce vytápění, 2008. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02064-6.
- [17] *Koncepční návrh vytápění RD* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Oborovy_projekt_1/Oborovy%20projekt%20I_VYT_2.pdf
- [18] *Přepočet výkonu otopného tělesa optimálně a podle EN 442* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/12498-prepocet-vykonu-otopneho-telesa-optimalne-a-podle-en-442>
- [19] *Tlakové ztráty třením* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/reinberk/vypocty/dimtab.php>
- [20] BAŠTA, Jiří. *Regulace vytápění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2582-9.
- [21] *Regulační šroubení* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: https://www.ivarcs.cz/storage/Folder_File/58001-60000/59697-file-CSTL-IVAR.DD-301.pdf
- [22] *Návrh tlakové expanzní nádoby* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>

- [23] *Odběrové křivky ohřivačů teplé vody* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/24175-odberove-krivky-ohrivacu-teple-vody>
- [24] *Metody návrhu zásobníku teplé vody* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody#:~:text=Pro%20praxi%20to%20znamená%2C%20že,m3%2Fosoba.den>
- [25] *Příprava teplé vody* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/004_TV_1.pdf
- [26] *Nová norma ČSN EN 806-3 pro dimenzování vnitřních vodovodů* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/4181-nova-norma-csn-en-806-3-pro-dimenzovani-vnitrnich-vodovodu>
- [27] *Vnitřní vodovod – 1.díl* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/006_SV_1.pdf
- [28] *Tabulka návrhu LU* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/tabulka%20navrhu%202.jpg>
- [29] *Udržování teploty na potrubí TUV* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://www.elmaterm.cz/udrzovani-teploty-na-potrubi-tuv.html#:~:text=Samoregulační%20topné%20kabely%20se%20díky,nepotřebují%20v e%20většině%20případů%20regulaci>
- [30] *Domestic Hot Water - Application guide* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://assets.danfoss.com/documents/latest/239875/AB381952809354en-010201.pdf>
- [31] *Vnitřní kanalizace – 1.díl* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/008_OD_1.pdf
- [32] *Vnitřní kanalizace – 2.díl* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/009_OD_2.pdf
- [33] *Termostatický ventil dvouregulační* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: https://www.ivarcs.cz/storage/Folder_File/58001-60000/59679-file-CSTL-IVAR.VD-2101-N.pdf
- [34] *ALPHA2 25-60 180* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://product-selection.grundfos.com/cz/products/alpha/alpha2/alpha2-25-60-180-99411175?pumpsystemid=2113826669&tab=variant-sizing-results>
- [35] *Tabulky tlakových ztrát* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://orbia.blob.core.windows.net/assets/F-33032-0.pdf>

[36] *Bytový vodoměr* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: https://www.vodomery.cz/images/2019/dokumenty/bytove_vodomery/zenner_apz/Produktovy_list_APZ_ZENNER_Wireless_M-Bus.pdf

[37] *Heat loss calculation of pipeline and heating system selection* [online]. [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: <https://assets.danfoss.com/documents/latest/206227/AJ424530218954en-010101.xlsx>

7 SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy na přiloženém CD:

Příloha č. 1 – Výpočet součinitele prostupu tepla, otopných těles a hydraulického vyvážení soustavy

Příloha č. 2 - Výsledné tepelné ztráty

Příloha č. 3 – Technické parametry tepelného čerpadla

Příloha č. 4 – Výpočet vnitřního vodovodu

Příloha č. 5 – Výpočet kanalizace

8 SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

Výkres č. 1 - Půdorys 1.NP - vytápění

Výkres č. 2 - Půdorys 2.NP - vytápění

Výkres č. 3 - Rozvinuté schéma otopné soustavy

Výkres č. 4 - Situace

Výkres č. 5 - Půdorys 1.NP - vodovod

Výkres č. 6 - Půdorys 2.NP - vodovod

Výkres č. 7 - Půdorys 1.NP - kanalizace

Výkres č. 8 - Půdorys 2.NP - kanalizace

Výkres č. 9 - Rozvinuté schéma kanalizace