

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav techniky prostředí

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno studenta: Roman MIKOLÁŠEK

Studijní program: Teoretický základ strojního inženýrství

Obor: bez oboru

Název česky: Vytápění rodinného domu

Název anglicky: Heating of a Family House

Zásady pro vypracování:

Stanovte tepelnětechnické parametry stávajícího dvoupodlažního rodinného domu a bude-li potřeba navrhnete opatření tak, aby bylo vyhověno normativním požadavkům. Pro nové tepelnětechnické parametry objektu navrhnete optimální otopnou soustavu a zdroj tepla pro vytápění.

Rozsah grafických prací: Výkresová dokumentace

Rozsah průvodní zprávy: Dle potřeby k vyčerpání tématu

Seznam odborné literatury:

- 1) Bašta, J., Kabele, K.: Otopné soustavy teplovodní – sešit projektanta. Druhé přepracované vydání. STP 2001, ISBN 80-02-01426-X, 77 s.
- 2) Bašta, J. a kol.: Výkresová dokumentace ve vytápění – sešit projektanta. Druhé přepracované vydání. STP 2001, ISBN 80-02-01465-0, 54 s.
- 3) Bašta, J.: Hydraulika a řízení otopných soustav. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2003. – 252 s., 209 obr., ISBN 80-01-02808-9.
- 4) Bašta, J.: Otopné plochy. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2001. – 328 s. – ISBN 80-01-02365-6.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Bašta. Ph.D.**

Konzultant: -

Datum zadání bakalářské práce: **18.4. 2016**


Termín odevzdání bakalářské práce: **29.6. 2016**

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu a tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.


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

Zadání bakalářské práce převzal dne:

Mikolášek
.....
student


Doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
Vedoucí ústavu




Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
Děkan fakulty

V Praze dne 18.4. 2016

SOUHRN

Bakalářská práce se zabývá návrhem vytápění dvoupodlažního nepodsklepeného rodinného domu. Návrh otopné soustavy vyplývá z projektové dokumentace objektu a platných norem. Otopná soustava je řešena jako dvoutrubková protiproudá s rozvodem vedeným v podlaze a nuceným oběhem vody. Jako otopná plocha byla použita konvekční desková otopná tělesa. V koupelnách se vyskytují trubková otopná tělesa. Výkon otopných těles byl navržen na teplotní ztrátu budovy. Jako zdroj tepla bylo zvoleno tepelné čerpadlo typu vzduch voda s příslušným nízkoteplotním spádem.

SUMMARY

Bachelor thesis deals with design of heating system in two storey family house. Heating system design follows from project documentation and valid standards. Heating system is dealt as two-pipe counterflow system, with forced water circulation conducted in the floor. As a heating units are chosen panel radiators in residential rooms. In bathroom, there are tubular radiators designed. Power of the radiators is proposed according to the heat loss. Heat source is an air-water with low temperature gradient heat pump.

PROHLÁŠENÍ

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

V Praze 7. 7. 2016

Roman Mikolášek

PODĚKOVÁNÍ

Dovolte abych následujících pár vět věnoval těm bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Opravdu veliký dík patří rodině za psychickou ale především materiální podporu. Velice také musím poděkovat za odborné vedení a velkou dávku trpělivosti, kterou jsem byl obdařen od vedoucího bakalářské práce pana profesora Ing. Jiřího Bašty Ph.D.

Obsah:

1. Úvod	11
2. Charakterizace lokality objektu	12
2.1 Specifikace konstrukce budovy.....	12
2.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla složenou konstrukcí.....	13
2.2 Princip výpočtu tepelných ztrát.....	14
2.3 Podklady pro výpočet tepelných ztrát	15
2.4 Výpočet tepelných ztrát.....	16
3. Otopná soustava.....	18
3.1 Rozvržení otopné soustavy	18
3.2 Volba teplotního spádu soustavy	18
3.3 Rozvody otopné vody	19
3.4 Otopná tělesa.....	20
3.4.1 Konstrukce otopných těles.....	21
3.4.2 Návrh otopných těles	21
3.4.1 Přepočet tělesa na odlišné provozní podmínky.....	22
3.4.2 Princip výpočtu výkonu tělesa	23
4. Hydraulické výpočty	25
4.1 Návrh dimenze potrubí v otopné soustavě.....	25
4.2 Tlaková ztráta třením	27
4.3 Tlakové ztráty místními odpory	29
4.3.1 Stanovení tlakové ztráty otopného tělesa.....	30
4.4 Celková tlaková ztráta.....	31
4.5 Hydraulické vyvážení soustavy.....	32
5. Zdroj tepla	33
6. Závěr.....	34
Použité zdroje	35

SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ

U	Součinitel prostupu tepla	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
λ_s	Součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W}/\text{m}^1 \cdot \text{K}]$
c	Měrná tepelná kapacita	$[\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}]$
α_e	Součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
α_i	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně stěny	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
s	Tloušťka konstrukce	$[\text{m}]$
g	Gravitační zrychlení	$[\text{m}/\text{s}^2]$
\dot{Q}_P	Tepelná ztráta prostupem tepla	$[\text{W}]$
p_1	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	$[-]$
p_2	Přirážka na urychlení zátoku	$[-]$
p_3	Přirážka na světovou stranu	$[-]$
\dot{Q}_0	Základní tepelná ztráta prostupem	$[\text{W}]$
S	Plocha stěny	$[\text{m}^2]$
t_i	Vnitřní výpočtová teplota	$[\text{°C}]$
t_e	Venkovní výpočtová teplota	$[\text{°C}]$
\dot{Q}_V	Tepelná ztráta větráním	$[\text{W}]$
\dot{V}	Objemový průtok	$[\text{m}^3/\text{s}]$
n	Násobnost výměny vzduchu v místnosti	$[1/\text{h}]$
V_m	Objem vzduchu v místnosti	$[\text{m}^3]$
ρ_{vz}	Hustota vzduchu	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
c	Měrná tepelná kapacita	$[\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}]$
\dot{Q}_{inf}	Tepelná ztráta vlivem infiltrace	$[\text{W}]$
i	Součinitel spárové provzdušnosti oken	$[\text{m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}]$
l	Délka spáry oken	$[\text{m}]$
B	Charakteristické číslo budovy	$[\text{Pa}^{0,67}]$

M	Charakteristické číslo místnosti	[–]
Q_C	Celková tepelná ztráta objektu	[W]
c^*	Tepelní podílový součinitel	[–]
t_{w2}	Teplota vstupní vody	[°C]
t_{w1}	Teplota výstupní vody	[°C]
Q	Tepelná ztráta dané místnosti	[W]
Q_n	Návrhový tepelný výkon tělesa	[W]
Δt_{ln}	Logaritmický rozdíl teplot při provozních podmínkách	[–]
$\Delta t_{n,ln}$	Logaritmický rozdíl teplot při jmenovitých podmínkách	[–]
$f_{\Delta t,ln}$	Opravný součinitel na teplotní rozdíl	[–]
\dot{m}	Hmotnostní průtok otopné vody	[kg/s]
n	Tepelní exponent otopného tělesa	[–]
Δp_t	Tlaková ztráta třením	[Pa]
λ	Součinitel tlakové ztráty třením	[–]
d	Vnitřní průměr potrubí	[m]
l	Délka potrubí	[m]
k	Absolutní drsnost potrubí	[m]
ρ_{vo}	Hustota vody	[kg/m ³]
Re	Reynoldsovo číslo	[–]
w	Střední rychlost	[m/s]
d	Vnitřní průměr potrubí	[m]
ν	Kinematická viskozita	[m ² /s]
$\Delta p_{m,Z}$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
ζ_i	Součinitel místního odporu	[–]
n_o	Počet místních odporů v úseku	[–]
w_{ek}	Ekonomická střední rychlost	[m/s]

w_{sk}	Skutečná střední rychlost	[m/s]
$\Delta p_{v,ot}$	Tlaková ztráta otopného tělesa	[Pa]
Δp_o	Tlaková ztráta okruhu	[Pa]
k_{vs}	Jmenovitý průtok armaturou	[m ³ /h]
Δp_c	Celková tlaková ztráta	[Pa]

1. Úvod

Člověk již od pradávna vyhledával úkryt a posléze si sám za účelem ochrany před působením vnějších vlivů začal stavět obydlí. Obydlí lidem poskytovalo ochranu nejen před změnami počasí jako střídání teplot, ale i působení větru, deště a sněhu, ale toto obydlí mu zajišťovalo ochranu i před psovíťmi šelmami a hmyzem. S vývojem člověka postupovali i nároky na komfort obydlí. S tím to jevem je úzce spjat rozvoj výroby tepla.

Vytápění má za úkol v zimním období udržovat ideální teplotu v domě od primitivního způsobu vytápění až po sofistikované systémy výroby tepla.

V místnostech s vyšší teplotou dochází k tepelným ztrátám prostupem tepla konstrukcemi do místností nebo okolí s menší teplotou. To je zapříčiněno snahou (přírody) okolí docílit rovnováhy. Tento jev má za následek snižování teploty v dané místnosti, čemuž se snažíme zabránit izolací, abychom co nejvíce snížili tepelný tok do okolí. To je ovšem stále nedostačující, proto musíme teplo dodávat. Z tohoto důvodu je zapotřebí instalovat v dané místnosti vytápění, které uhradí uniklé tepelná ztráty a zajistí tak tepelnou pohodu v místnosti.

„Tepelná pohoda znamená, že je dosaženo takových tepelných poměrů, kdy člověku není ani chladno, ani příliš teplo - člověk se cítí příjemně.“ [1]

V současné době, kdy je stále navyšována cena energií, se klade stále větší důraz na zateplování objektů, výměny oken a v neposlední řadě také na regulaci celé otopné soustavy. V těchto odvětvích se nachází poměrně značná rezerva úspor spotřeby energie ve vytápění.

Při zateplení objektu na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dostáváme nízkoenergetické domy a při zateplení součinitele prostupu tepla na doporučené hodnoty pro pasivní domy dostáváme pasivní domy, které mají poměrně značné pořizovací náklady, ale jedná se o výraznou úsporu provozních nákladů. V těchto domech je nutné počítat i s návrhem vzduchotechniky, aby nedocházelo k vzniku plísní a hromadění škodlivin z důvodu minimální infiltrace vzduchu těsnými okny. Takové domy mají malou potřebu energie, proto minimálně zatěžují ovzduší znečišťujícími látkami při svém provozu, což je vítaný jev při nutnosti ochrany životního prostředí.

2. Charakterizace lokality objektu

Návrh systému vytápění je koncipován do dvoupodlažního rodinného domu se sedlovou střechou opatřenou vikýři. Mezi oběma patry je instalováno vytápěné schodiště. Objekt je nepodsklepený. Budova je umístěna v oblasti Hradce Králové s nadmořskou výškou 244 m. n. m. s venkovní výpočtovou teplotou $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nachází se v normální krajině. Budova je vůči větru nechráněná, osaměle stojící. Z těchto parametrů z normy ČSN 06 0210 vyplývá charakteristické číslo budovy B , které v tomto případě nabývá hodnoty $B=8\text{ Pa}^{0,67}$.

2.1 Specifikace konstrukce budovy

Výrobci udávají v katalogu produktů součinitel prostupu tepla U například výrobce stropních předepjatých panelů Spiroll. Pro konstrukce složené z více vrstev je nutné vyhledat v dostupných materiálech součinitel tepelné vodivosti λ a případně odečíst sílu jednotlivé části skladby konstrukce z výkresu řezu. Součinitel přestupu tepla α_e nabývá hodnoty $23\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ při venkovním styku stěny se vzduchem, α_i nabývá hodnoty $8\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ pro veškeré vnitřní prostory. Pokud počítáme součinitel prostupu tepla mezi dvěma vnitřními místnostmi použijeme α_i místo α_e . V případě, že konstrukce přiléhá na venkovní straně k zemině, počítáme pouze s α_i .

2.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla složenou konstrukcí

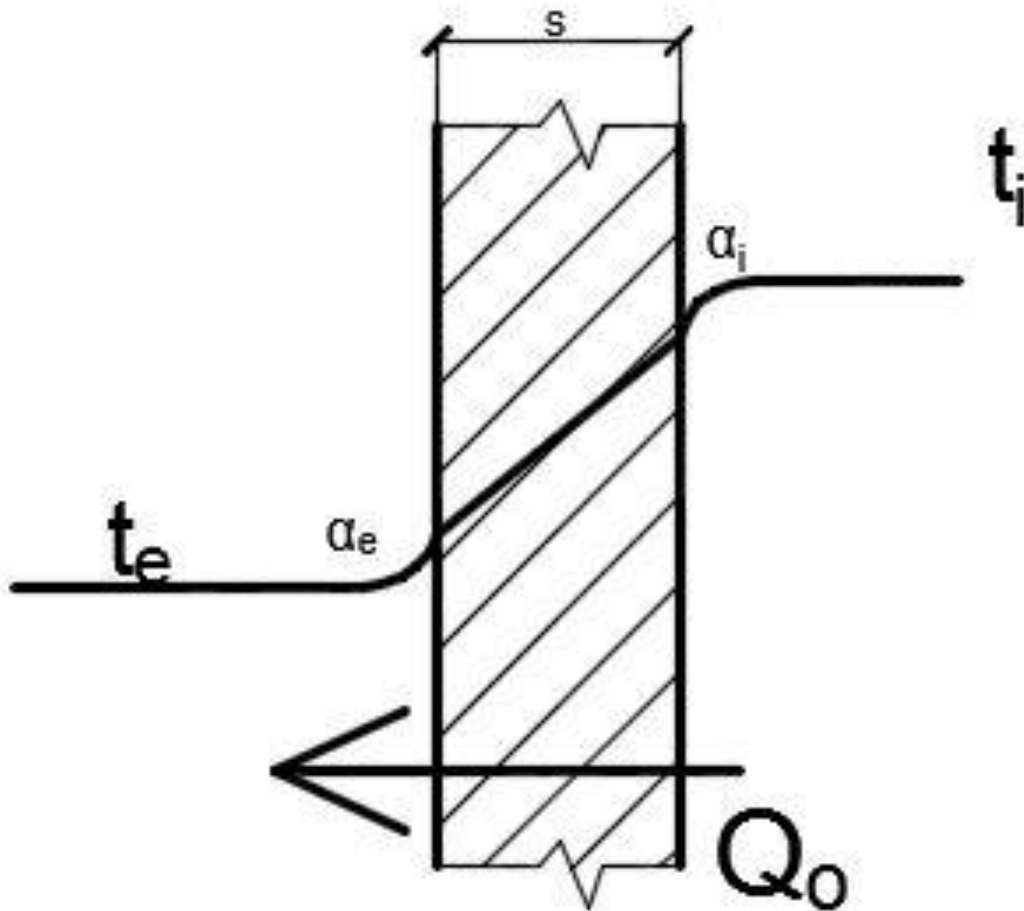
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad (1)$$

U	Součinitel prostupu tepla	[W/m ² . K]
λ_s	Součinitel tepelné vodivosti	[W/m ¹ . K]
s	Tloušťka konstrukce	[m]
α_e	Součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny (23)	[W/m ² . K]
α_i	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně stěny (8)	[W/m ² . K]

Obvodové zdivo je realizováno z broušené cihly Porotherm 44 profi o tloušťce zdiva 440mm se součinitelem prostupu tepla $U=0,26 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Strop mezi podlažími je konstruován jako předepjatý stropní panel Spiroll o tloušťce 200mm se součinitelem prostupu tepla $U=2,77 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Stropní konstrukce u druhého nadzemního podlaží je tvořena sádkartonovými podhledy, minerální izolací isover, dřevěnou nosnou konstrukcí a betonovou střešní krytinou, kde u skladby těchto materiálů nabývá součinitel prostupu tepla hodnoty $U=0,201 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Skladba podlahy dosahuje součinitele prostupu tepla $U=0,306 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ kde se pod základy nachází zemina pod hladinou spodní vody. Na budově jsou instalována plastová okna s izolačním dvojsklem, které spolu s balkonovými dveřmi (také s izolačním dvojsklem), dosahují hodnoty součinitele prostupu tepla $U=1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Vchodové dveře jsou použity s hodnotou součinitele prostupu tepla $U=1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Veškeré hodnoty vyhovují požadované hodnotě součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2.

2.2 Princip výpočtu tepelných ztrát

Výpočet tepelných ztrát byl proveden podle normy ČSN 06 0210. Po tento dům, kdy se nejedná o nízkoenergetický nebo pasivní dům je tato norma dostačující z hlediska dosažené přesnosti výpočtu. Celkový výpočet tepelných ztrát Q_c je roven součtu tepelných ztrát prostupem tepla Q_p s tepelnou ztrátou větráním Q_v a trvalým tepelným ziskem Q_z . Základní tepelná ztráta prostupem Q_o je složena z přestupu tepla na stěně vnitřní, vnější a z vedení tepla. „ Podle ČSN 06 0210 jsou celkové tepelné ztráty dány jako součet tepelných ztrát prostupem stěnami Q_p a tepelných ztrát větráním Q_v .“ [2]



Obr. 1 Schéma zobrazení prostupu tepla stěnou

2.3 Podklady pro výpočet tepelných ztrát

Informace o umístění budovy vůči okolí poskytne výkres situace dané lokality. Na výkres situace navazuje výkres půdorysu jednotlivých podlaží budovy s příslušnými řezy. Pro výpočet tepelných ztrát prostupem podlahou v prvním nadzemním podlaží uvažujeme průměrnou teplotu u nepodsklepeného objektu $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Do půdorysu budovy je zanesena v jednotlivých místnostech výpočtová vnitřní teplota na základě druhu vytápěné místnosti, respektive za jakým účelem je tato místnost užívána, tyto hodnoty jsou stanovené normou ČSN 06 0210. V tomto konkrétním objektu byla stanovena vnitřní výpočtová teplota na $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v každé obytné místnosti a na $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ v koupelnách. Garáž uvažuji s vnitřní výpočtovou teplotou $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a z hlediska výpočtu tepelných ztrát tuto místnost zanedbáváme. Garáž nebude vytápěná. „Plochy stropů, podlah a svislých stěn se vypočítávají z vnitřních rozměrů místností, pouze u výšky se počítá s konstrukční výškou podlaží.“ [2]

2.4 Výpočet tepelných ztrát

Prvním zásadním výpočtem tepelných ztrát je výpočet ztrát místnosti prostupem tepla. Ten je definován vztahem:

$$\dot{Q}_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \text{ [W]} \quad (2)$$

$$\dot{Q}_p \quad \text{Tepelná ztráta prostupem} \quad \text{[W]}$$

$$p_1 \quad \text{Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí} \quad \text{[-]}$$

$$p_2 \quad \text{Přirážka na urychlení zátoku} \quad \text{[-]}$$

$$p_3 \quad \text{Přirážka na světovou stranu} \quad \text{[-]}$$

$$\dot{Q}_0 = \sum U \cdot S \cdot (t_i + t_e) \text{ [W]} \quad (3)$$

$$\dot{Q}_0 \quad \text{Základní tepelná ztráta} \quad \text{[W]}$$

$$U \quad \text{Součinitel prostupu tepla stěnou} \quad \text{[W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

$$S \quad \text{Plocha stěny} \quad \text{[m}^2\text{]}$$

$$t_i \quad \text{Vnitřní výpočtová teplota} \quad \text{[}^\circ\text{C]}$$

$$t_e \quad \text{Vnější výpočtová teplota} \quad \text{[}^\circ\text{C]}$$

Tepelná ztráta větráním určuje, jaké množství tepla je ztraceno při požadované výměně vzduchu, která je určena intenzitou výměny vzduchu v místnosti, která činí $n=0,5$ 1/h. Aby tato požadovaná výměna vzduchu v místnosti byla zajištěna, jsou v rámu oken instalovány větrací klapky. Instalace těchto klapek je zásadní z důvodu případné tvorby plísně na omítce v místnosti, pokud není zajištěna dostatečná výměna vzduchu v místnosti. Vztah pro výpočet tepelné ztráty větráním \dot{Q}_V [W] je určen jako:

$$\dot{Q}_V = \dot{V} \cdot \rho_{vz} \cdot c \cdot (t_i + t_e) \quad (4)$$

$$\dot{V} \quad \text{Objemový průtok vzduchu} \quad \text{[m}^3\text{/h]}$$

$$\dot{V} = \frac{n \cdot V_m}{3600} \quad (5)$$

$$n \quad \text{Intenzita výměny vzduchu} \quad \text{[1/hod]}$$

$$V_m \quad \text{Objem místnosti} \quad \text{[m}^3\text{]}$$

$$\rho_{vz} \quad \text{Hustota vzduchu (1,2 kg/m}^3\text{)} \quad \text{[kg/m}^3\text{]}$$

$$c \quad \text{Měrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg. K)} \quad \text{[J/kg. K]}$$

Tepelná ztráta větráním místnosti číslo 104 je $Q_V = 593 \text{ W}$. Větrání musí být krátké, ale intenzivní, aby nedocházelo k ochlazování naakumulovaných stěn místnosti.

Tepelná ztráta infiltrací je tepelná ztráta vzniklá vlivem netěsností spár oken a dveří, kterými do místnosti proniká venkovní vzduch. V současné době je tato ztráta velice malá z důvodu kvalitní konstrukce těsnosti oken. Výpočet tepelné ztráty infiltrací Q_{inf} je dán vztahem: $Q_{inf} = 1300 \cdot (\sum i \cdot l) \cdot M \cdot (B + \Delta B) \cdot (t_i - t_e)$, (6)

i	Součinitel spárové pro vzdušnosti oken	$[\text{m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}]$
l	Délka spáry oken	[m]
M	Charakteristické číslo místnosti	[-]
B	Charakteristické číslo budovy	[Pa]

Tepelná ztráta infiltrací místnosti číslo 104 je $Q_{inf} = 5 \text{ W}$.

Místnost číslo 104 jsem zvolil jako příklad z důvodu největšího počtu oken a to má za důsledek, že v této místnosti je největší tepelná ztráta infiltrací ze všech místností v objektu. Pro výpočet celkové tepelné ztráty jsem zvolil větší hodnotu tepelné ztráty větrání o hodnotě $Q_V = 592 \text{ W}$ oproti zanedbatelné tepelné ztrátě infiltrací $Q_{inf} = 5 \text{ W}$.

Tab. 1 Přehled tepelných ztrát v jednotlivých místnostech

Místnost	Celková (W)
101	-----
102	160
103	400
104	1710
105	240
106	280
107	30
201	620
202	140
203	410
204	330
205	590
206	600

Celková tepelná ztráta budovy je 5,5 kW.

3. Otopná soustava

„Otopná soustava zajišťuje přenos tepla ze zdroje do jednotlivých vytápěných místností.“ [3] Soustava se skládá z několika komponentů nezbytných k distribuci tepla do jednotlivých místností v domě. Nejdůležitější komponent v otopné soustavě je zdroj tepla, dále soustava obsahuje potrubní síť, oběhová čerpadla, otopné plochy, pojišťovací a zabezpečovací zařízení, uzavírací armatury a regulační zařízení. Cílem je dosáhnout tepelné pohody ve všech vytápěných místnostech. Z toho důvodu je nutné pečlivé hydraulické vyrovnaní a kvalitní projektové práce.

3.1 Rozvržení otopné soustavy

Otopná soustava je uspořádána jako horizontální dvoutrubková protiproudá s nuceným oběhem vody se spodním rozvedem vedeným v kanálu v podlaze. Jednotlivá otopná tělesa jsou umístěna na stěnách. V případě, kdy to konstrukční řešení dovolí, v prostorech pod okny. Pokud možno v jejich celé délce z důvodu zamezení chladných proudů v oblasti nohou a zamezení tak vzniku tepelné nepohody. Soustava dále musí být vybavena pojistným a zabezpečovacím zařízením. Pojistné zařízení zajišťuje, aby nedošlo k překročení nejvyššího dovoleného přetlaku v soustavě. Zabezpečovací zařízení je v soustavě osazeno z důvodu změny tlaku a objemu v závislosti na teplotní roztažnosti vody.

3.2 Volba teplotního spádu soustavy

„Rozdíl teploty výpočtové otopné vody na vstupu do otopné soustavy a výpočtové teploty otopné vody na výstupu z otopné soustavy se nazývá teplotní spád otopné soustavy.“ [3] Při volbě teplotního spádu je rozhodující volba zdroje tepla, teplotních ploch a typu otopné soustavy. V našem případě byl zvolen zdroj tepla jako tepelné čerpadlo, z tohoto důvodu jsem zvolil teplotní soustavu jako nízkoteplotní s nuceným oběhem a teplotním spádem 45/35 °C. Otopná tělesa byla zvolena jako desková nebo koupelňová trubková. Zvoleným teplotním spádem dosáhneme nižší teploty otopných ploch a tím je i výrazně nižší riziko vzniku popálenin nebo požáru při kontaktu s otopnými plochami. Nevýhodou jsou rozměrnější otopná tělesa, než jaká bychom použili u vyššího teplotního spádu.

3.3 Rozvody otopné vody

V době tvorby návrhu vytápění, konkrétně potrubní sítě, je nutné vzít v potaz vhodnou volbu materiálu, ze kterého bude potrubní síť zhotovena. Z tohoto důvodu se již od prvopočátku musíme zabývat odlišnými mechanickými vlastnostmi jednotlivých materiálů. Jedná se zejména o opatření, která zabrání mechanickému poškození například u plastových materiálů, které mají menší mechanickou odolnost proti ocelovým materiálům. Požadavky na kvalitu vody, kterou bude systém teplovodní otopné soustavy napouštěn, stanovuje ČSN 07 7401.

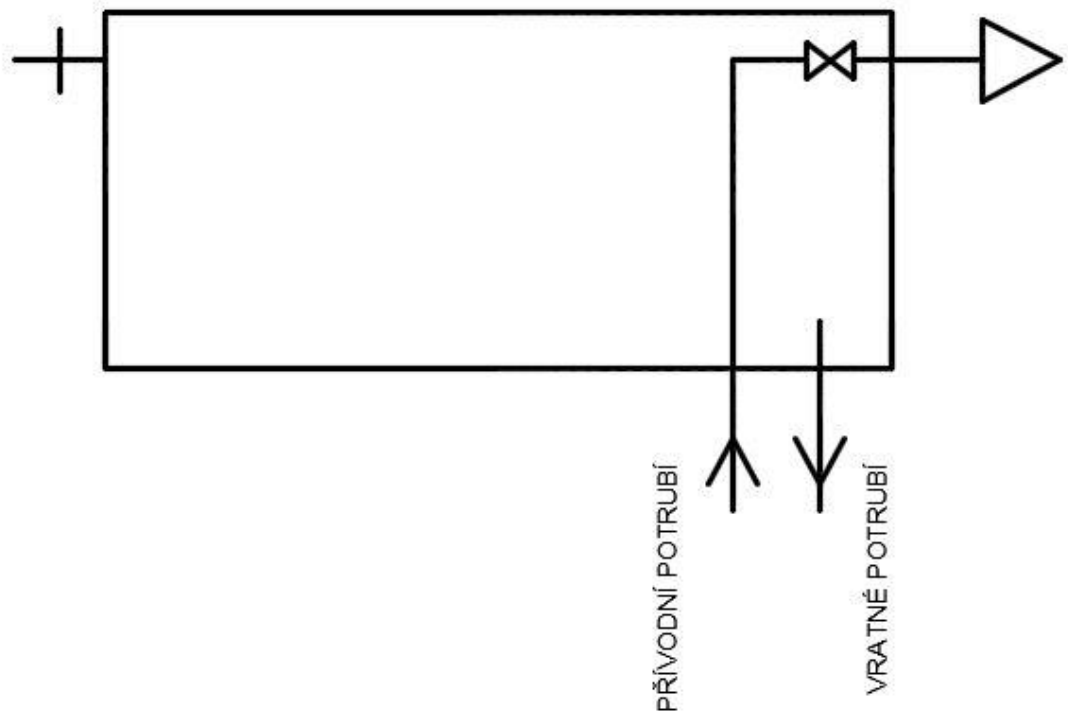
V projektu jsou použita potrubí měděná. Měď dobře odolává stárnutí, difuzivitě, má vysokou pevnost. Kvůli vysoké pevnosti si můžeme dovolit malé tloušťky stěny, čímž je dosaženo výrazně nižší hmotnosti, než tomu je u potrubí vyrobených z oceli. Potrubí vyrobené z mědi se snáze spojuje i tvaruje oproti potrubí z oceli. Spojování potrubí se provádí nejběžněji kapilárním pájením, při připojování armatur nebo potrubí z odlišného materiálu se používá závitové spojení. Velikost použitého potrubí v projektu se liší podle hmotnostního průtoku v jednotlivých úsecích. Úsekem se rozumí část potrubí o stejném průřezu a hmotnostním průtoku otopné vody. Největší potrubí je instalováno za zdrojem tepla 28x1,5 mm, poté se redukuje na 22x1 mm a na 18x1 mm. Veškeré ostatní rozvody potrubí jsou zhotoveny z potrubí 15x1 mm. Detailní výpočet je proveden v kapitole 4.1 Návrh dimenze potrubní sítě. Pro měděné potrubí se velikost udává jako vnější průměr trubky x tloušťka stěny. Veškeré rozvodné potrubí je opatřeno návlekovou izolací z důvodu zamezení tepelných ztrát a umožnění tepelné dilatace potrubí. Termoizolační trubice Mirelon Pro je instalována ve velikostech „15/9 mm, 18/9 mm, 22/9 mm, 28/9 mm.“ [4] Jednotlivá provedení termoizolační trubice jsou dodávána po dvoumetrových kusech.

3.4 Otopná tělesa

„Otopná tělesa jsou otopné plochy, které jsou volně umístěny ve vytápěném prostoru tak, aby vhodným způsobem kryly tepelnou ztrátu a zajistily tepelnou pohodu.“[5] Jako otopná tělesa byla v projektu použita desková otopná tělesa, u kterých je majoritní část tepelného výkonu tvořena konvekční složkou. U těchto těles se vyskytuje i sálavá složka, ale je výrazně menší než konvekční složka. K tomu to účelu jsou tělesa konstruována, například některé typy jsou osazeny konvekčními plechy pro zvětšení přestupní plochy. V projektu jsou použita otopná tělesa od firmy Korado. Jako otopná tělesa v obytných místnostech byl použit typ Radik Ventil kompakt s pravým spodním připojením nebo Radik Ventil kompakt s levým spodním připojením. V koupelnách byla osazena koupelňová trubková tělesa Koralux linear max v místnosti číslo 107 a Koralux linear comfort v místnosti 204. Spolu s tělesem Koralux linear comfort bylo instalováno v druhém patře v místnosti 204 i těleso Radik Ventil kompakt z důvodu nedostatečného výkonu trubkového tělesa.

3.4.1 Konstrukce otopných těles

Otopná tělesa Radik ventil kompakt jsou osazena integrovaným termostatickým ventilem. V projektu byla zachována jednotná výška tělesa 500 mm. Osová rozteč přívodního a vratného potrubí je 50 mm, osová vzdálenost vratného potrubí od okraje tělesa je 32 mm. Každé otopné těleso je vybaveno vypouštěcí a odvzdušňovací armaturou. Připojovací závit přívodního a vratného potrubí je G1/2 vnitřní. Těleso smí být vystaveno nejvyšším provozním přetlakem 1,0 MPa, nejvyšší provozní přípustná teplota je 110 °C.



Obr. 2 Schéma zapojení otopného tělesa Radik Ventil kompakt

3.4.2 Návrh otopných těles

Otopná tělesa jsou navržena na tepelnou ztrátu podle tepelné ztráty příslušné místnosti. V místnosti číslo 107 vyšla tepelná ztráta 30 W. Tuto tepelnou ztrátu jsem přičetl k tepelné ztrátě místnosti číslo 106 z důvodu příliš malé tepelné ztráty místnosti 107. Obdobný problém je v druhém patře objektu u místnosti číslo 202 s tepelnou ztrátou 140 W. Tato tepelná ztráta byla rozdělena do místnosti číslo 201 a 203, kde byla o hodnotu 70 W navýšená stávající tepelná ztráta místností číslo 201 a 203.

Tab. 2 Přehled upravených tepelných ztrát

místnost	číslo místnosti	Vnitřní výpočtová teplota (°C)	celková tepelná ztráta (W)
Garáž	101	-----	-----
Předsíň	102	20	160
Chodba	103	20	400
Obývací pokoj	104	20	1710
Technická místnost	105	20	240
Koupelna	106	24	310
WC	107	20	-----
Pokoj	201	20	690
WC	202	20	-----
Chodba	203	20	480
Koupelna	204	24	330
Pokoj	205	20	590
Pokoj	206	20	600

3.4.1 Přepočet tělesa na odlišné provozní podmínky

Výkon otopných těles výrobci udávají pro definované podmínky, jako jsou teplotní spád 75/65 °C a teplota místnosti 20 °C. Pro tyto podmínky jsou výrobcem stanoveny výkonové parametry otopného tělesa z laboratorního měření. „Měření tepelných výkonů všech otopných těles Korado je realizováno v akreditovaných zkušebnách podle harmonizované normy ČSN EN 442.“ [6] Pokud dojde ke změně provozních parametrů soustavy vzhledem k podmínkám definovaným při měření v laboratoři, mění se i výkon jednotlivých otopných těles v závislosti na změně okolního prostředí. Z důvodu zvoleného teplotního spádu soustavy jako nízkoteplotního spádu 45/35 °C je nutné přepočítat výkonové parametry otopných těles na tento nízkoteplotní spád otopné soustavy.

3.4.2 Princip výpočtu výkonu tělesa

V následujícím odstavci bude proveden princip výpočtu návrhu velikosti otopného tělesa při změně z jmenovitých podmínek na provozní. Přepočet výkonů za definovaných podmínek na přepočet výkonů za provozních podmínek závisí na teplotním podílovém součiniteli c .

$$c * = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i} = \frac{35 - 20}{45 - 20} = 0,6 < 0,7, \quad (7)$$

c^* Teplotní rozdílový součinitel [–]

t_{w2} Teplota vstupní vody [°C]

t_{w1} Teplota výstupní vody [°C]

t_i Vnitřní výpočtová teplota [°C]

pokud platí $c * < 0,7$

mohu použít vztah pro výpočet výkonu ve tvaru:

$$Q = Q_n \cdot \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{n,ln}} \right)^n = Q_n \cdot f_{\Delta t,ln} \quad (8)$$

Q Tepelná ztráta dané místnosti [W]

Q_n Návrhový tepelný výkon tělesa [W]

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i}} = \frac{45 - 35}{\ln \frac{45 - 20}{35 - 20}} = 19,57 \quad (9)$$

Δt_{ln} Logaritmičeský rozdíl teplot při provozních podmínkách

$$\Delta t_{n,ln} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\ln \frac{t_{w1} - t_i}{t_{w2} - t_i}} = \frac{75 - 65}{\ln \frac{75 - 20}{65 - 20}} = 49,83 \quad (10)$$

$\Delta t_{n,ln}$ Logaritmičeský rozdíl teplot při jmenovitých podmínkách

$$f_{\Delta t,ln} = \left(\frac{\Delta t_{ln}}{\Delta t_{n,ln}} \right)^n = \left(\frac{19,57}{49,83} \right)^{1,27} = 0,305 \quad (11)$$

$f_{\Delta t,ln}$ Opravný součinitel na rozdíl teplot [–]

n Teplotní exponent otopného tělesa 1,27 [–]

$$Q_n = \frac{Q}{f_{\Delta t,ln}} = \frac{160}{0,305} = 524 \text{ W} \quad (12)$$

Výkon tělesa byl hledán v tabulce pro teplotní spád 75/65/20. Tomuto výkonu odpovídá těleso o velikosti 20x500x700 s výkonem 584 W. V současné době výrobce otopných těles poskytuje aplikaci nebo webové rozhraní, ve kterém je možnost nastavení požadovaných provozních podmínek, výkonů a rozměrů. V tabulce dojde k přepočtení výkonů daných typů těles a vyfiltrování nepožadovaných typů. Pro vhodnou volbu tělesa je zcela postačující velikost tepelné ztráty dané místnosti a vnitřní výpočtové teploty v místnosti. Na základě tepelné ztráty například 160 W v místnosti 102 byly stanoveny rozměry otopného tělesa 20x500x700. [7] Provedené výpočty se navzájem shodují, výše odvozený vztah byl užit pouze pro kontrolu z důvodu časové náročnosti a pracnosti. Stanovení velikosti koupelnových trubkových těles bylo provedeno stejným způsobem, pouze za využití jiného výpočtového rozhraní na webu firmy Korado. [8]

Tab. 3 Přehled použitých otopných těles

Otopné těleso	Výkon tělesa (W)	Hmotnostní průtok k tělesu (m ³ /s)
20/500/700	174	0,00416
21/500/1400	452	0,0108
21/500/800	259	0,00619
21/500/1100	355	0,00848
21/500/1100 (pro24°C)	260	0,00621
22/500/1000	418	0,0100
22/500/1600	668	0,0160
21/500/1000	323	0,00772
22/500/1100	459	0,0110
KLM750x1820 (pro24°C)	319	0,00762
KLRC600X1220 (pro24°C)	142	0,00339

4. Hydraulické výpočty

Pro dopravu teplotnosné látky, v našem případě vody, od zdroje k otopným tělesům, slouží potrubní síť. „Cílem výpočtu je navrhnout průměry potrubí, jmenovité průměry armatur, popřípadě nastavení regulačních orgánů tak, aby při požadovaném průtoku byla celková tlaková ztráta okruhu stejně velká jako tlak, který máme k dispozici (dispoziční rozdíl tlaků, dopravní tlak čerpadla).“ [9]

4.1 Návrh dimenze potrubí v otopné soustavě

Volba vhodné dimenze dopravního potrubí v otopné soustavě nutně musí zabezpečit dopravu dostatečného množství otopné kapaliny k otopnému tělesu. Metoda pro návrh vhodné dimenze potrubí byla v tomto projektu užita ve formě ekonomické rychlosti. V této metodě volíme předběžnou rychlost v hlavních úsecích systému na hodnotu $w=0,6$ m/s. Taková rychlost nebude dosažena ve větvích systému k jednotlivým tělesům z důvodu dodržení minimální dimenze potrubí 15x1 mm. Pro hodnotu průřezu 15x1 mm je v tomto případě nutné přepočítat rychlost proudění na skutečnou hodnotu. Množství kapaliny, které je zapotřebí přivést k tělesu, je stanoveno:

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t} \quad (13)$$

$$\dot{m} \quad \text{Hmotnostní průtok otopné vody} \quad [\text{kg/s}]$$

$$\Delta t \quad \text{Teplotní spád (10 °C)} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$c \quad \text{Měrná tepelná kapacita vody (4186 J/kg. K)} \quad [\text{J/kg. K}]$$

Ze vztahu (12) dostaneme potřebné množství otopné kapaliny, v našem případě vody, pro dané těleso. Výslednou hodnotu použijeme do vztahu (13), který upravíme na výraz (14).

$$\dot{m} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot w_{ek} \cdot \rho_{vo} \quad (14)$$

$$w_{ek} \quad \text{Ekonomická střední rychlost v potrubí (0,6 m/s)} \quad [\text{m/s}]$$

$$\rho_{vo} \quad \text{Hustota vody} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot \rho \cdot w_{ek}}} \quad (15)$$

$$d \quad \text{Průměr potrubí} \quad [\text{m}]$$

Hodnota průměru pro rychlost v potrubí 0,6 m/s většinou nevyhovuje minimálnímu volenému průměru 15x1 mm. Z tohoto důvodu je nutné přepočítat skutečnou rychlost na volený rozměr potrubí.

Vztah pro skutečnou rychlost v potrubí:

$$w_{sk} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot \rho_{vo} \cdot d^2}} \quad (16)$$

w_{sk} Skutečná střední rychlost v potrubí [m/s]

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

ρ_{vo} Hustota vody [kg/m³]

Velikost potrubí se mění v závislosti na množství otopné vody potřebné k přenosu výkonu od zdroje do tělesa. V projektu jsou užitá potrubí o velikosti 15x1 mm, 18x1 mm, 20x1 mm a 28x1,5 mm.

4.2 Tlaková ztráta třením

Při proudění tekutiny v potrubí dochází mezi proudící kapalinou nebo mediem a stojící stěnou potrubí k tlakovým ztrátám vlivem tření. Velikost této ztráty třením je ovlivněna především vnitřním průměrem potrubí, volbou materiálů a stářím rozvodného potrubí. Při provozu se mohou v některých místech systému usazovat vápenaté usazení obsažené v proudící vodě zejména při ohřevu teplé užitkové vody. Je také nezbytné, aby potrubí bylo odolné vůči korozi. Těmto jevům se snažíme zabránit tím, že můžeme před napuštěním otopné soustavy vodu chemicky upravit nebo při vypuštění otopné soustavy vodu jímáme a opět jí napustíme do systému. Hustota vody pro teplotu 45 °C je

990 kg/m³. Třecí ztráta pro úsek potrubí je dána vztahem:

$$\Delta p_t = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (17)$$

Δp_t	Tlaková ztráta třením	[Pa]
λ	Součinitel tření	[–]
w	Střední rychlost proudění v potrubí	[m/s]
d	Vnitřní průměr potrubí	[m]
l	Délka potrubí	[m]
ρ_{vo}	Hustota vody	[kg/m ³]

Komplikovanější vyjádření může být za určitých podmínek součinitele tření λ . Součinitel závisí na 5 proměnných, kterými jsou: průměr potrubí d , rychlost proudění w , hustota ρ , absolutní povrchové drsnosti k a dynamické viskozity. Z důvodu vhodné volby výpočtu součinitele tření je nutné nejprve určit, o jaký druh proudění se jedná - zda o laminární nebo turbulentní pomocí Reynoldsova čísla. Dle tohoto poznatku určíme vhodnost použití jednoho ze dvou vztahů pro výpočet součinitele tření.

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (18)$$

Re	Reynoldsovo číslo	[–]
w	Střední rychlost	[m/s]
d	Vnitřní průměr potrubí	[m]
ν	Kinematická viskozita	[m ² /s]

Hodnota kinematické viskozity pro vodu $\nu = 6,039 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Laminární oblast proudění je pro $\text{Re} < 2300$. V této oblasti použijeme vztah pro výpočet součinitele tření λ ve tvaru:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (19)$$

Přechodová oblast proudění je $2300 < \text{Re} < 3500$. V této oblasti použijeme vztah pro výpočet součinitele tření λ ve tvaru:

$$\lambda_{\text{př}} = \frac{\frac{64}{2300} \cdot (3500 - \text{Re}) + \lambda_{\text{tu}} \cdot (\text{Re} - 2300)}{1200} \quad (20)$$

Turbulentní oblast proudění je $3500 < \text{Re}$. V této oblasti použijeme vztah pro výpočet součinitele tření λ ve tvaru:

$$\lambda_{\text{př}} = \frac{1}{\left[2 \cdot \log \frac{3,715}{\frac{k}{d_i}} \right]^2} + \left[\frac{0,938}{\log \text{Re}} \right]^{2,393} \cdot e^{-0,44 \left[\text{Re} \cdot \frac{k}{d_i} \right]^{0,33}} \quad (21)$$

k Absolutní drsnost potrubí [mm]

Z důvodu pracnosti výpočtu při turbulentním a přechodovém proudění byl pro výpočet tlakové ztráty použit internetový řešič na portálu TZB-info. [10]

4.3 Tlakové ztráty místními odpory

Tlaková ztráta místními odpory vzniká při průchodu otopné kapaliny armaturou, přechodkou, kolenem, odbočkou a podobně. Druh armatury vyhledáme v tabulce, kde odečteme hodnotu součinitele místního odporu ζ_i kterou zaneseme do níže uvedeného vzorce. Tlakové ztráty místními odpory jsou určeny vztahem:

$$\Delta p_m = \sum_{i=1}^n \zeta \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = Z \quad (22)$$

$\Delta p_m, Z$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
ζ_i	Příslušný součinitel místního odporu	[–]
w	Střední rychlost	[m/s]
n_o	počet místních odporů v úseku	[–]
ν	Kinematická viskozita	[m ² /s]
ρ	Hustota vody	[kg/m ³]

Tab. 4 Přehled použitých součinitelů místního odporu ζ_i v projektu

místní odpor		ζ
koleno 90°		1,5
tvarovka T	odbočení rozdělení	1,5
	odbočení spojení	1,5
	průchod rozdělení	0,5
	průchod spojení	3
	protiproud	3
	rozšíření potrubí	1
	zúžení potrubí	0,5

4.3.1 Stanovení tlakové ztráty otopného tělesa

Stanovení tlakové ztráty otopného tělesa lze provést dvěma způsoby - graficky a početně. Na otopných tělesech jsou osazeny ventily s možností až osmistupňové regulace. Výpočet tlakové ztráty tělesa je stanoven z početní metody pomocí k_v hodnoty, kterou odečteme z tabulky pro plně otevřený ventil. Plně otevřený ventil je v tabulce označen číslicí 8 a značí počet otáček z uzavřené polohy. Hodnota k_v je jmenovitý průtok armaturou v m^3/h a tlakové ztrátě $\Delta p_0 = 10^5 Pa$ při maximálním otevření, v našem případě je $k_v = 0,75 m^3/h$.

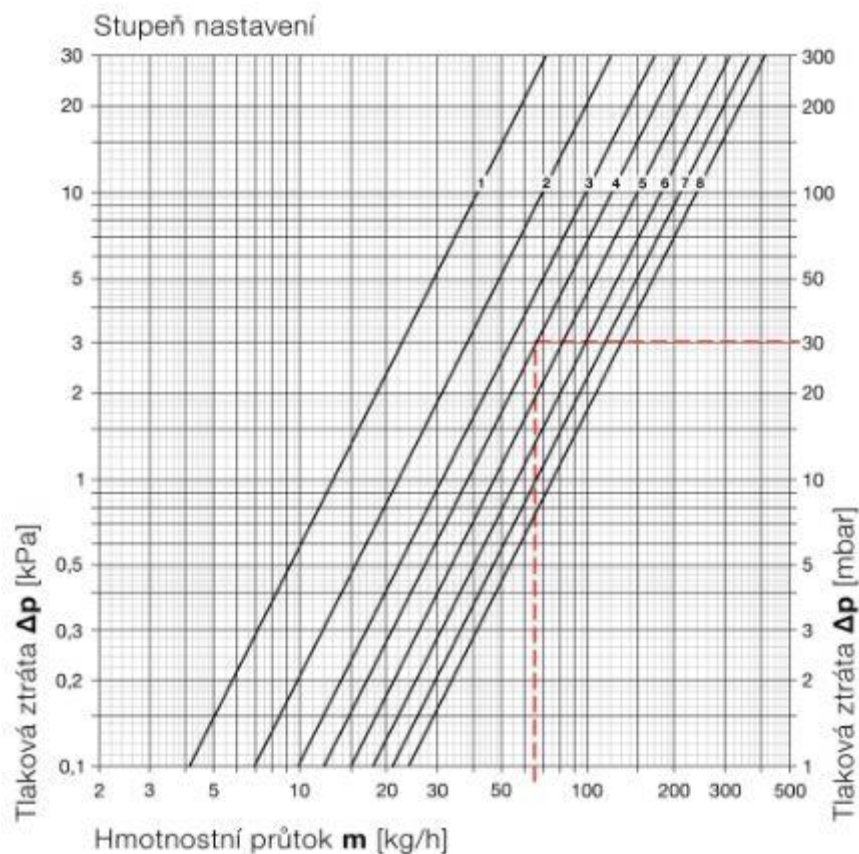
Vztah pro výpočet tlakové ztráty tělesa:

$$\Delta p_{v,ot} = \Delta p_0 \cdot \left(\frac{\dot{V}}{k_v}\right)^2 \quad (23)$$

$\Delta p_{v,ot}$	Tlaková ztráta otopného tělesa	[Pa]
Δp_0	Tlaková ztráta	[Pa]
\dot{V}	Objemový průtok	[m ³ /h]
k_v	Jmenovitý průtok armaturou	[m ³ /h]

Tlaková ztráta stanovená graficky:

Na vodorovnou osu vyneseme hodnotu hmotnostního průtoku protékajícího tělesem, v tomto bodě vyneseme kolmici v bodě, které protne přímkou označenou číslicí 8 pro plně otevřený ventil. Vyneseme rovnoběžku s vodorovnou osou a na svislé ose odečítáme hodnotu tlakové ztráty. Jenda se o triviální metodu, ovšem s výraznou chybou, které se dopouštíme při vynášení do grafu a odečítání hodnot. Z tohoto důvodu jsem použil metodu početní, odvozenou v přecházejícím odstavci.



Obr. 3 Diagram stupně přednastavení ventilu

4.4 Celková tlaková ztráta

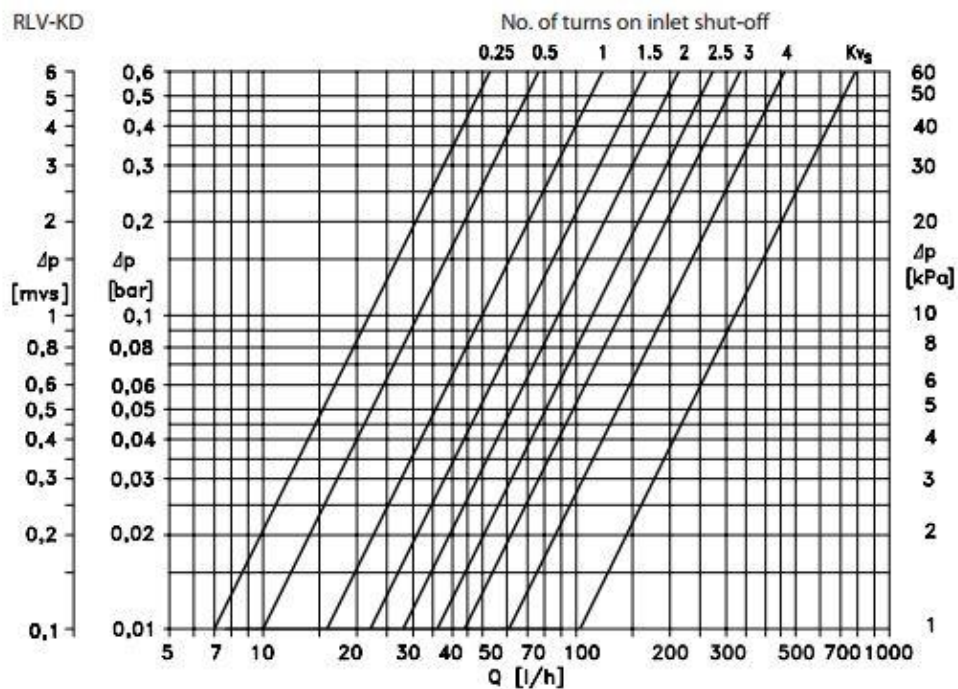
Výsledná tlaková ztráta daného úseku otopné soustavy se skládá ze součtu tlakové ztráty třením a místními odpory.

$$\Delta p_c = \Delta p_t + \Delta p_m = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho + \sum_{i=1}^n \zeta \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (24)$$

4.5 Hydraulické vyvážení soustavy

Pro docílení požadovaného topného výkonu na jednotlivých tělesech je zapotřebí hydraulické vyvážení otopné soustavy. Hydraulická nerovnováha vznikne rozdílnou délkou mezi jednotlivými okruhy těles a různým počtem místních odporů. Tlaková ztráta se v jednotlivých okruzích liší a tím pádem by okruh s největší tlakovou ztrátou nedával požadovaný výkon a získali bychom tak tepelnou nepohodu. Hydraulické vyrovnaní spočívá v umělém navýšení tlakové ztráty jednotlivých okruhů takovým způsobem, aby byla jejich tlaková ztráta podobná s okruhem dosahující největší tlakové ztráty. V projektu byl řešen tento problém instalací přípojovací armatury H regulačního šroubení, která umožní nastavení jednotné tlakové ztráty jak na přívodním tak na vratném potrubí. Tlakovou ztrátu H regulačního šroubení nastavujeme až po proplachu systému. Při proplachování systému jsou veškeré armatury plně otevřeny.

Jako referenční těleso bylo v projektu zvoleno těleso 22x500x1600 mm v místnosti 203 s největší tlakovou ztrátou. Celková tlaková ztráta tělesa je 11,9 kPa při plně otevřeném regulačním šroubení. Rozdíl mezi referenční tlakovou ztrátou tělesa v místnosti 203 a celkovou tlakovou ztrátou šetřeného tělesa je nutné seškrtnit. Hodnotu přednastavení H regulačního šroubení odečteme z grafu poskytovaného výrobcem firmou Danfoss. Na výkresech se uvádí míra škrcení z polohy uzavřeno počtem otáček.



Obr. 4 Diagram stupně přednastavení H regulačního šroubení

5. Zdroj tepla

Zdroj tepla byl v projektu zvolen formou bivalentního zdroje tepla. Bivalentní zdroj tepla znamená, že kromě tepelného čerpadla typu vzduch-voda je v jednotce instalován i elektro kotel. V případě nepříznivých klimatických podmínek, kdy výkon tepelného čerpadla není dostatečně efektivní, je spuštěn elektrokotel na dohřátí, aby byla dosažena požadovaná hodnota teplé vody. Tepelné čerpadlo se skládá ze dvou části-vnitřní a venkovní jednotky, z primárního a sekundárního oběhu. Venkovní jednotku tvoří výměník vzduch-voda, opatřený ventilátorem pro zlepšení proudění kolem výměníku. Ventilátor generuje hluk, je proto nutné vhodně zvolit umístění venkovní jednotky tak, aby nedocházelo k rušení sousedů nebo příjemného posezení na zahradě. Venkovní jednotka se nachází u stěny garáže mimo dosah terasy, aby nedocházelo k nepříjemnému rušení od hluku ventilátoru. Vnitřní jednotka obsahuje nerezový zásobník teplé vody, elektrokotel, oběhové čerpadlo a řídicí jednotku.

Pro tepelnou ztrátu 5,5 kW bylo navrženo jako zdroj tepla tepelné čerpadlo vzduch/ voda AIR x 50 s vnitřní jednotkou AirModul E9. Instalovaný výkon tepelného čerpadla je při 7 /35 °C 5 kW, instalovaný výkon elektrokotle je 6 kW. Topný faktor při 7 /35 °C je 4,57. „Topný faktor je poměr vyprodukovaného množství tepla a vynaložené hnací energie.“ [11] Cenová nabídka od firmy IVT TEPELNÁ ČERPADLA na model AIR x 50 se pohybuje okolo 266 000 Kč včetně DPH. Cena zahrnuje: montáž, dopravu, instalaci zabezpečovacího, pojišťovacího zařízení a oběhová čerpadla.

6. Závěr

Po vypočtení prostupu tepla a tepelných ztrát byla stanovena celková tepelná ztráta objektu 5,5 kW. Zvolený teplotní spád má hodnotu 45/35 °C z důvodu použití tepelného čerpadla vzduch-voda jako zdroje tepla. Na nízkoteplotní spád 45/35 °C byla navržena velikost otopných těles. Otopná tělesa použitá v projektu byla volena z katalogu výrobce Korado. Jedná se o desková otopná tělesa typu Radik Ventil kompakt s pravým nebo levým spodním připojením. V koupelnách byla osazena koupelňová trubková tělesa Koralux linear max v místnosti číslo 107 a Koralux linear comfort v místnosti 204. Rozvody otopné vody a rozmístění těles je zaneseno ve výkresech půdorysu objektu a v rozvinutém schéma. Pro hmotností průtok k jednotlivým tělesům a volbu rychlosti 0,6 m/s byla navržena potrubí vyrobená z mědi o velikosti 15x1 mm, 18x1 mm, 20x1 mm a 28x1,5 mm. Následovaly výpočty tlakových ztrát třením a místními odpory, které jsem sečetl, abych stanovil celkovou tlakovou ztrátu okruhu daného tělesa. Ze všech těles bylo stanoveno jedno s největší celkovou tlakovou ztrátou, které bylo určeno jako referenční pro další hydraulické vyrovnání. Hydraulické vyrovnání spočívalo v kompenzaci rozdílů tlakových ztrát mezi jednotlivými tělesy vytvořením tlakové ztráty na škrťícím ventilu nebo regulačním šroubení.

Zdroj tepla byl vybrán jako tepelné čerpadlo vzduch-voda. Jedná se o poměrně moderní způsob vytápění s vysoce atraktivním postavením na trhu. Vysoké pořizovací náklady jsou ovšem rychle zúročeny pohodlným a levným provozem. Po jednání s dodavatelem elektrické energie o výhodnějším tarifu dokážeme náklady na provoz tepelného čerpadla snížit.

Použité zdroje

- [1] Technická zařízení budov (oline). Tepelná pohoda a nepohoda
článek z 13. 10. 2000
<http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [2] Řehák J.: Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov. Praha. Grada Publishing a.s. 2002. ISBN 80-7169-582-3.
- [3] Bašta J.,Kabele K.: Otopné soustavy teplovodní. Nakladatelství: Společnost pro techniku prostředí 1998. ISBN 80-02-01254-2.
- [4] Elektronický katalog výrobce Mirel Vratimov a.s.
<http://www.mirelon.com/cz/termoizolacni-trubice-mirelon-pro-wp000031.html>
- [5] Bašta J.: Otopné plochy- otopná tělesa: Vydalo České vysoké učení technické v Praze Česká technika. 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [6] Stránky výrobce otopných těles Korado, a.s
<https://www.korado.cz/spolecnost-korado/kvalita-a-certifikace.html>
- [7] Elektronický katalog deskových otopných těles Korado
<https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-vk.html>
- [8] Elektronický katalog trubkových otopných těles Korado
<https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-vk.html>
- [9] Bašta J.:Hydraulika a řízení otopných soustav: Vydalo České vysoké učení technické v Praze Česká technika.10263, 2003. ISBN 80-01-02808-9.
- [10] Výpočet tlakových ztrát pro turbulentní proudění pomocí řešiče na portálu TZB
<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/87-vypocet-tlakove-zraty-trenim-v-potrubi>
- [11] Topný faktor TZB: <http://www.tzb-info.cz/2432-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-i>