

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**Vytápění mateřské školy
Bakalářská práce**

TECHNICKÁ ZPRÁVA

Vypracoval: **Ondřej Mašát**

Vedoucí práce: **prof. Ing. Karel Kabele, CSc.**

2017/2018

Obsah

1. ÚVOD	3
2. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU	3
2.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	3
2.2. POPIS BUDOVY	3
3. ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE	4
3.1. PODKLADY	4
3.2. SKLADBY KONSTRUKCÍ	4
3.4. TEPELNÁ BILANCE	7
3.5. PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	8
4. OTOPNÁ SOUSTAVA	8
4.1. TYP SOUSTAVY	8
4.2. VEDENÍ ROZVODŮ	9
4.3. DILATAČNÍ POTRUBÍ	9
4.4. OTOPNÁ TĚLESA	9
4.5. ARMATURY A REGULACE	9
5. ZAŘÍZENÍ OTOPNÉ SOUSTAVY	10
5.1. ZDROJ TEPLA	10
5.2. PŘÍVOD VZDUCHU A ODVOD SPALIN	10
5.3. VĚTRÁNÍ KOTELNY	10
5.4. EXPANZNÍ NÁDOBA	10
5.5. OBĚHOVÉ ČERPADLO	10
6. ZÁVĚR	11
7. SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY	11

Seznam příloh:

- Příloha 1 – výstup tepelných ztrát z programu TechCON
- Příloha 2 – výstup bilancí otopné soustavy z programu TechCON

Seznam výkresů:

- Výkres 1 – půdorys 1.PP
- Výkres 2 – půdorys 1.NP
- Výkres 3 – půdorys 2.NP
- Výkres 4 – rozvinutý řez
- Výkres 5 – schéma kotelny

1. ÚVOD

Předmětem technické zprávy je návrh způsobu zásobení teplem objekt mateřské školy. K výpočtu tepelných ztrát, roční potřeby tepla a tepelného výkonu, návrhu otopné soustavy byl použit program RAUCAD TechCON od firmy Rehau, s.r.o. Součástí návrhu jsou výpočty a výkresová dokumentace znázorňující zapojení jednotlivých prvků otopné soustavy.

2. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

2.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Účel stavby:	Mateřská škola	
Umístění stavby:	Město:	Roztoky
	Ulice a č. p.:	Tiché Údolí 125
	PSČ:	252 63
	Č. pozemku:	2192

2.2. POPIS BUDOVY

Jedná se o zrekonstruovanou vilu s jedním podzemním podlažím, dvěma nadzemními podlažímí a jedním podkrovím podlažím. 1. nadzemním podlaží se nachází učebna, kuchyně, jídelna, kabinet a terasa. Ve 2. nadzemním podlaží se nachází dvě herny, kuchyňka umývárny a terasa. Podzemní podlaží bude z většiny využito jako skladovací prostory, dále je zde umístěna technická místnost (kotelna) a WC přístupné zvenčí. Vertikální komunikace mezi jednotlivými podlažímí je zajištěna dvou-ramenným schodištěm. Konstrukční výška v nadzemních podlažích je rovna 4200 mm a v podzemním podlaží výšce 3200 mm. Celkový půdorysný rozměr objektu je přibližně 255 metrů čtvereční. Střecha je valbová, odvodněná po obvodu čtyřmi svody. Objekt je umístěn ve svahu, svažujícím se k přilehlé komunikaci. Pod komunikací se napojují přípojky veřejné rozvody (voda, kanalizace, plyn, elektřina). Hlavní a zároveň jediný přístup k objektu je z ulice Tiché Údolí.

Předpokládaný počet osob v budově je 25.

3. ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

3.1. PODKLADY

- Venkovní návrhové výpočtové teploty dle ČSN EN 12831
- Vnitřní návrhové výpočtové teploty dle ČSN EN 12831
- Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 730540-2

3.2. SKLADBY KONSTRUKCÍ

Obvodová stěna v 1.PP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² K/W]
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058
Cihla plná pálená	0,750	0,6000	1,2500
Asfaltové pásy	0,008	0,2100	0,0381
Styrodur 3000 CS	0,100	0,0330	3,0303
Soklová omítka	0,005	0,8200	0,0061

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Obvodová stěna v 1.NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² K/W]
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058
Cihla plná pálená	0,600	0,6000	1,0000
Isover EPS 70 F	0,150	0,0390	3,8462
Silikonová omítka	0,005	0,7400	0,0068

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 5,029 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Obvodová stěna v 2.NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² K/W]
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058
Cihla plná pálená	0,450	0,6000	0,7500
Isover EPS 70 F	0,150	0,0390	3,8462
Silikonová omítka	0,005	0,7400	0,0068

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 4,779 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Nosná stěna v PP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058
Cihla plná pálená	0,600	0,6000	1,0000
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 1,182 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Nosná stěna v NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058
Cihla plná pálená	0,450	0,6000	0,7500
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 1,02 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,98 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Nosná stěna v NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Keramický obklad	0,005	0,2400	0,0208
Cihla plná pálená	0,450	0,6000	0,7500
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 1,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Nenosná stěna v NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058
YTONG 150 příčkovka	0,150	0,1370	1,0949
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 1,37 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Nenosná stěna v NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Keramický obklad	0,005	0,2400	0,0208
YTONG 150 příčkovka	0,150	0,1370	1,0949
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Sigma R = 1,38 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Podlaha v kontaktu se zeminou	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Keramická dlažba	0,009	1,0100	0,0089
Cementová mazanina	0,065	1,2000	0,0542
Styrodur 3000 CS	0,100	0,0330	3,0303
Železobeton 2400	0,150	1,5800	0,0949
Asfaltové pásy	0,008	0,2100	0,0381
Podkladní beton	0,150	2,1000	0,0714

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\sum R = 3,47 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Podlaha/strop mezi 1.PP a 1.NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Laminátová podlaha	0,008	0,1143	0,0700
Izolační podložka	0,003	0,0460	0,0652
Perlit-beton	0,150	0,0800	1,8750
Betonové stropní vložky	0,300	0,0900	3,3333
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\sum R = 5,69 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK} \quad (\text{pro 2.NP: } \leq U_{N,20} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK})$$

Podlaha/strop mezi 1.PP a 1.NP	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Keramická dlažba	0,009	1,0100	0,0089
Izolační podložka	0,003	0,0460	0,0652
Perlit-beton	0,150	0,0800	1,8750
Betonové stropní vložky	0,300	0,0900	3,3333
Vápenocementová omítka	0,005	0,8600	0,0058

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\sum R = 5,63 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK} \quad (\text{pro 2.NP: } \leq U_{N,20} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK})$$

Podlaha/strop mezi 2.NP a půdou	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Sádrokarton	0,012	0,1600	0,0750
Isover MAXIL	0,350	0,0340	10,2941
Vzduchová mezera	0,250	0,0632	0,3956
OSB desky	0,018	0,1300	0,1385

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\sum R = 11,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

Střecha	d [m]	λ [W/m.K]	R [m²K/W]
Isover 70 F	0.2	0,0390	5,1282
OSB desky	0,018	0,1300	0,1385
Asfaltové pásy	0,008	0,2100	0,0381
Střešní krytina	-	-	-

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\sum R = 5,45 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{OK}$$

3.3. TEPELNÉ ZTRÁTY

Venkovní výpočtová teplota byla vzhledem k poloze objektu stanovena na $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ a průměrná roční venkovní teplota na $4,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Vnitřní teploty místností byly stanoveny podle typu objektu a účelů jednotlivých místností. Tepelná ztráta tepla odpovídá okamžité hodnotě tepelné energie, která z objektu uniká prostupem skrz konstrukce a větráním, vypočtená hodnota tepelných ztrát je následně použita pro návrh otopných těles. K výpočtu tepelných ztrát byl použit program RAUCAD TechCON. Součet tepelných ztrát všech vytápěných prostorů je $9\,454 \text{ W}$, součet ztrát větráním je $7\,113 \text{ W}$, celková tepelná ztráta (tj. projektovaný tepelný příkon pro celou budovu) je $16,567 \text{ kW}$. Jednotlivé tabulky tepelných ztrát místností viz. Příloha 1.

3.4. TEPELNÁ BILANCE

- Roční potřeba tepla na vytápění (denostupňová metoda):
(Spočteno v programu RAUCAD TechCON)
 - Opravný součinitel korigující celoroční působení infiltrace (provětrávání)
 $\varepsilon = 0,765$
 - Průměrná teplota vzduchu ve vytápěném objektu
 $t_{i,s} = 20,1 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Průměrná teplota venkovního vzduchu
 $t_{e,s} = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Počet topných dnů v roce
 $d = 225 \text{ dnů}$

$$\underline{Q_{r,vyt} = 37,4 \text{ MWh/rok} = 134,75 \text{ GJ/rok}}$$

- Roční náklady na vytápění:
(vypočteno pomocí <https://kalkulator.tzb-info.cz/>)
Roční náklady se pohybují od $32\,427 \text{ Kč}$ do $61\,206 \text{ Kč}$ v závislosti na dodavateli.

3.5. PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

- Stanovení potřeby teplé vody (TV)
 $V_{2p} = 0,452 \approx 0,5 \text{ m}^3$
- Stanovení potřeby tepla na přípravu TV
 $Q_{1p} = 39,15 \text{ kWh}$
- Roční potřeba tepla na přípravu TV:
 - Teplota studené vody v létě
 $t_{svl} = 15 \text{ °C}$
 - Teplota studené vody v zimě
 $t_{svz} = 5 \text{ °C}$
 - Počet pracovních dní v soustavě
 $N = 356 \text{ dní}$

$$\underline{Q_{TV,r} = 12,3 \text{ MWh/rok} = 44,4 \text{ GJ/rok}}$$

(výpočet potřeby teplé vody, přiložen na konci technické zprávy)

- Roční náklady na přípravu TV:
(vypočteno pomocí <https://kalkulator.tzb-info.cz/>)
Roční náklady se pohybují od 11 981 Kč do 22 259 Kč v závislosti na dodavateli.

4. OTOPNÁ SOUSTAVA

4.1. TYP SOUSTAVY

Otopná soustava je navržena jako varianta horizontálního rozvodu. Jedná se o dvoutrubkovou protiproudou soustavu se spodním umístěním ležatého rozvodu. Soustava je nízkoteplotní s teplotní spádem 55/45 °C, oběh vody je nucený, na rozvod jsou použity trubky ze zesíleného plastu RAUTITAN stabil od firmy REHAU. Otopná voda je od zdroje tepla, umístěného v podzemním podlaží, vedena pod stropem ke dvěma stoupacím potrubím, dále do jednotlivých pater a ležatými rozvody umístěných v podlaží k jednotlivým otopným tělesům. Soustava je vedena ve spádu 0,3 % a je odzdušněna pomocí odzdušňovacích ventilů na jednotlivých tělesech a v nejvyšších bodech spodního rozvodu. Vypouštění soustavy je možné vypouštěcích uzávěrů v technické místnosti.

4.2. VEDENÍ ROZVODŮ

Spodní ležatý rozvod ke stoupacím potrubím v 1.PP je veden pod stropem. Stoupací potrubí je vedeno ve drážce ve stěně a přípojovací potrubí k jednotlivým otopným tělesům v podlaze. V podlaze je potrubí uloženo do izolační vrstvy. Pro rozvody je použito ocelové potrubí závitové, bezešvé. Rozvody vytápění jsou opatřeny termoizolačními trubicemi ARMACEL Tubolit DG. Ve vytápěcích místnostech je tloušťka tepelné izolace 25 mm, tloušťka tepelné izolace pro vnitřní rozvod tepelné energie je stanovena dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

4.3. DILATACE POTRUBÍ

Rozdíl teplot při montáži a při provozu, kdy je v potrubí dopravováno médium s odlišnou teplotou, než byla teplota při montáži, způsobuje délkové změny – prodloužení nebo zkrácení (Δl). Kompenzace teplotních roztažností je vzhledem k malým rozměrům řešena tvarovou kompenzací.

4.4. OTOPNÁ TĚLESA

Na základě výpočtu tepelných ztrát jednotlivých místností dle ČSN EN 12831 jsou navržena otopná tělesa od společnosti Korado. Všechna tělesa v projektu jsou desková tělesa RADIK ventil kompakt. Tělesa jsou ve všech případech kotvena na stěnu prvky předepsanými výrobcem, v místnostech s okny jsou rozměry těles a umístění navrženy rozmístěny pod okna.

Podrobné informace o tělesech viz. Výkresová dokumentace.

4.5. ARMATURY A REGULACE

Pro hydraulické zregulování otopné soustavy byl použit program RAUCAD TechCON. Soustava je regulována armaturami na jednotlivých tělesech. Na deskových OT je použito regulační a uzavírací šroubení od firmy REHAU a ventilová vložka. Výsledné hodnoty dimenzí a tlakových ztrát potrubí jsou ve výstupu z programu TechCON viz. Příloha 2.

5. ZAŘÍZENÍ OTOPNÉ SOUSTAVY

5.1. ZDROJ TEPLA

V 1.PP objektu se nachází technická místnost, kde dochází k přípravě teplé vody pro vytápění i TV pro zásobení objektu. Potřebný výkon kotle na základě celkových tepelných ztrát objektu je 16,57 kW. Zvolen je nástěnný plynový kondenzační kotel Baxi Luna Duo tec+ 1.35 s výkonem 5 – 34 kW od výrobce BDR Therma.

5.2. PŘÍVOD VZDUCHU A ODVOD SPALIN

Navržený plynový kondenzační kotel spadá do kategorie C plynových spotřebičů. Vzduch pro provoz spotřebiče je přiváděn z venkovního prostoru a spaliny jsou rovněž odváděny do venkovního prostoru, je zde zvolen koaxiální systém odvodu spalin DN 80/125. Účinná výška komínu je kolem 11 metrů, což vyhovuje maximální přípustné délce vertikálního vedení, která je $15 - 2 \times 0,5$ (2x koleno 90°) = 14 metrů, uvedené v podkladech výrobce.

5.3. VĚTRÁNÍ KOTELNY

Pro kotle v provedení C se veškerý spalovací vzduch do ohniště dopravuje potrubím z venkovního prostoru a nepodílí se na větrání kotelny. Ve všech kotelnách s kotlí v provedení C musí být za všech provozních podmínek zajištěna půlnásobná výměna vzduchu za hodinu dle ČSN 07 0703. Výměna vzduchu bude zajištěna nuceným přetlakovým větráním pomocí ventilátoru, aby průtok přiváděného vzduchu byl za všech provozních podmínek vyšší než průtok odváděného vzduchu. Blíže se tímto úkolem bude zabývat vzduchotechnik. Spalinová cesta musí být navržena tak, aby byla po celé délce kontrolovatelná a čistitelná, musí být zajištěn trvalý a bezpečný přístup k jejímu vyústění.

5.4. EXPANZNÍ NÁDOBA

Návrh expanzní nádoby je proveden v programu TechCON. Dle parametrů soustavy byla navržena expanzní nádoba Flexcon C 25 litrů.

5.5. OBĚHOVÉ ČERPADLO

Návrh oběhového čerpadla je proveden pomocí online programu společnosti GRUNDFOS. Z celkové bilance, vypočítané programem RAUCAD TechCON, je potřebný tlak 15,8 kPa (0,158 bar) a průtok 1,55 m³/h.

Navrženo je čerpadlo ALPHA2 L 25-60.

6. ZÁVĚR

Veškeré výpočty a práce jsou prováděny dle příslušných norem platných pro Českou Republiku.

Před uvedením soustavy do provozu budou provedeny následující zkoušky potrubí:

- vizuální prohlídka potrubí
- tlaková zkouška těsnosti potrubí
- konečná tlaková zkouška

7. SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY

ČSN 73 0540	Tepelná ochrana budov
ČSN 06 0210	Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápěním
ČSN 06 0310	Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
ČSN 06 0320	Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
ČSN EN 12 831	Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu
ČSN EN 12 828	Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních tepelných soustav
ČSN 07 0703	Kotelny se zařízeními na plynná paliva

Příprava teplé vody

- Stanovení potřeby teplé vody (TV)

Potřeba TV pro mytí osob v dané periodě V_o :

$$V_o = n_i \cdot \sum V_d$$

n_i ... počet uživatelů [per^{-1}]

V_d ... objem dávky [m^3]

$$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot p_d)$$

n_d ... počet dávek [per^{-1}]

U_3 ... objemový průtok TV o teplotě θ_3 [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

t_d ... doba dávky [h]

p_d ... součinitel prodloužení doby dávky [-]

$$\sum V_d = 1 \cdot 0,14 \cdot 0,014 \cdot 1 + 1 \cdot 0,14 \cdot 0,071 \cdot 1 = 0,012 \text{ m}^3$$

$$V_o = 25 \cdot 0,012 = 0,300 \text{ m}^3$$

Potřeba TV pro mytí nádobí v dané periodě V_j :

$$V_j = n_j \cdot V_d$$

n_j ... počet jídel [per^{-1}]

$$V_j = 25 \cdot 0,002 = 0,050 \text{ m}^3$$

Potřeba TV pro úklid a mytí podlah v dané periodě V_u :

$$V_u = n_u \cdot V_d$$

n_u ... počet (výměr) ploch [per^{-1}]

$$V_u = \frac{512}{100} \cdot 0,02 = 0,102 \text{ m}^3$$

Celková potřeba TV v dané periodě V_{2p} :

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u = 0,3 + 0,05 + 0,102 = 0,452 \approx 0,5 \text{ m}^3$$

- Stanovení potřeby tepla na přípravu TV

Potřeba tepla odebraného z ohřívače v TV během jedné periody:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z}$$

- Q_{2p} ... teplo dodané ohřivačem do TV během periody [kWh]
 Q_{2t} ... teoretické teplo odebrané z ohřivače v době periody [kWh]
 Q_{2z} ... teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV během periody [kWh]

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z$$

- c ... měrná tepelná kapacita vody $c = 4\,180 \text{ [J/(kg.K)]} = 0,00116 \text{ [kWh/(kg.K)]}$
 V_{2p} ... potřeba TV v dané periodě $V_{2p} = 0,5 \text{ [m}^3\text{]} = 500 \text{ [kg]}$
 θ_1 ... teplota studené vody (předpokládá se $\theta_1 = 10 \text{ [}^\circ\text{C]})$
 θ_2 ... teplota ohřáté vody (předpokládá se $\theta_2 = 55 \text{ [}^\circ\text{C]})$
 z ... poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci vody (předpokládá se $z = 0,5 \text{ [-]}$)

$$Q_{2t} = 0,00116 \cdot 500 \cdot (55 - 10) = 26,1 \text{ kWh}$$

$$Q_{2z} = 26,1 \cdot 0,5 = 13,05 \text{ kWh}$$

$$Q_{2p} = 26,1 + 13,05 = 39,15 \text{ kWh}$$

$$Q_{1p} = Q_{2p}$$

- Q_{1p} ... teplo dodané ohřivačem do TV během periody

$$\mathbf{Q_{1p} = 39,15 \text{ kWh}}$$