

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ A NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU S KLASICKÝM A KONDENZAČNÍM PLYNOVÝM KOTLEM

DESIGN OF HEATING SYSTEM FOR FAMILY HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ DAVID

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KATOLICKÝ, PhD.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): David Ondřej

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Ekonomické zhodnocení a návrh otopné soustavy pro vytápění rodinného domu s klasickým a kondenzačním plynovým kotlem.

v anglickém jazyce:

Design of heating system for family house.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce bude obsahovat výpočet tepelných ztrát, návrh a výpočet variant otopné soustavy pro klasický a kondenzační plynový kotel, zpracování výkresové dokumentace a ekonomické zhodnocení variant.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je návrh teplovodního vytápění rodinného domu pro variantu s klasickým a kondenzačním plynovým kotlem a ekonomické zhodnocení těchto variant.

Seznam odborné literatury:

BROŽ,K.: Vytápění, Skripta ČVUT 1998

BAŠTA, KABELÉ: Otopné soustavy, Sešit projektanta 1, SPT 1998

BAŠTA: Výkresové dokumentace ve vytápění, Sešit projektanta č. 2, SPT 1999

ŠÍMA: Příprava teplé užitkové vody, Sešit projektanta 3, SPT 1999


Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 17.10.2007



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Ondřej David

Bytem: K Hvězdárně 1686, Hradec Králové 8, 50008

Narozen/a (datum a místo): 1.4.1984, Hradec Králové

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství

se sídlem Technická 2896/2, 616 69, Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
 - diplomová práce
 - bakalářská práce
 - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Ekonomické zhodnocení a návrh otopné soustavy pro vytápění rodinného domu s klasickým a kondenzačním plynovým kotlem

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jaroslav Katolický, PhD.

Ústav: Energetický ústav

Datum obhajoby VŠKP: 17.6. 2008

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- x tištěné formě – počet exemplářů 2
- x elektronické formě – počet exemplářů 2

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 21.5. 2008

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Nabyvatel

Ondřej David
Autor

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá návrhem a ekonomickým zhodnocením otopné soustavy pro vytápění rodinného domu klasickým plynovým kotlem a kondenzačním plynovým kotlem. Diplomová práce obsahuje návrh těchto dvou otopných soustav, včetně výkresové dokumentace uvedené v příloze. Dále práce obsahuje výpočet spotřeby zemního plynu u obou variant otopných soustav s výpočtem ceny zemního plynu protopeného za otopné období a investiční náklady na tyto otopné soustavy a výsledkem je ekonomické porovnání těchto dvou otopných soustav.

Klíčová slova:

vytápění, ekonomické zhodnocení, klasický plynový kotel, kondenzační plynový kotel

Synopsis:

Diploma thesis deal with design and economic valorize heating system for heating family house classical gas boiler and condensing gas boiler. Diploma thesis includes design these two heating systems, inclusive graphical documentation mentioned enclosed. Further thesis includes calculation consumption natural gas in both variants heating systems with pricing natural gas spent behind heating period and investment charge upon this heating system and result is economics comparison these two heating systems.

Keywords:

heating, economics estimation, classical gas boiler, condensing gas boiler

Bibliografická citace:

DAVID, O. *Ekonomická zhodnocení a návrh otopné soustavy pro vytápění rodinného domu s klasickým a kondenzačním plynovým kotlem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 71 s. Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Katolický, PhD

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že tuto diplomovou práci jsem vypracoval samostatně bez cizí pomoci. Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury, uvedené v seznamu.

V Brně dne 21.května 2008

.....
podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jaroslavu Katolickému, PhD. za ochotu a velmi vstřícné jednání a odbornou pomoc, kterou mi poskytl při zpracování diplomové práce.

V Brně dne 21. května 2008

.....
podpis

OBSAH

1. ÚVOD	15
2. POPIS RODINNÉHO DOMU	16
3. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	19
3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí	19
3.2 Postup výpočtu tepelných ztrát podle normy ČSN 06 0210	21
4. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	25
4.1 Umístění otopných těles	25
4.2 Návrh otopných těles – varianta s tepelným spádem 55/45°C, kondenzační kotel	25
4.3 Návrh otopných těles – varianta s tepelným spádem 70/55°C, klasický kotel	27
5. NÁVRH KOTLE	30
5.1 Návrh závěsného kondenzačního plynového kotle	30
5.2 Návrh závěsného klasického plynového kotle	32
6. NÁVRH ROZVODŮ	34
6.1 Postup výpočtu tlakových ztrát	34
6.2 Návrh potrubní trasy pro kondenzační plynový kotel	37
6.3 Návrh nastavení čerpadla kondenzačního plynového kotle	42
6.4 Návrh potrubní trasy pro klasický plynový kotel	45
6.5 Návrh nastavení čerpadla klasického plynového kotle	51
7. NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ	52
7.1 Postup výpočtu tlakové expanzní nádoby	52
7.2 Výpočet expanzní nádoby otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem	54
7.3 Výpočet expanzní nádoby otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem	55
7.4 Výpočet pojistného ventilu pro kondenzační plynový kotel	56
7.5 Výpočet pojistného ventilu pro klasický plynový kotel	56
8. NÁVRH REGULACE	58
9. SPOTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE A ZEMNÍHO PLYNU	59
9.1 Výpočet spotřeby tepla	59
9.2 Výpočet spotřeby zemního plynu pro kondenzační plynový kotel	60
9.3 Výpočet spotřeby zemního plynu pro klasický plynový kotel	60
10. PROVOZNÍ NÁKLADY NA ZEMNÍ PLYN	61
10.1 Provozní náklady na zemní plyn varianty otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem	61
10.2 Provozní náklady na zemní plyn varianty otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem	61
11. INVESTIČNÍ NÁKLADY	62
11.1 Investiční náklady varianty otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem	62
11.2 Investiční náklady varianty otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem	62
12. ZHODNOCENÍ	63
13. ZÁVĚR	66
14. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
15. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	68
16. SEZNAM PŘÍLOH	71

1. ÚVOD

Cílem této závěrečné práce je návrh a ekonomické zhodnocení dvou variant vytápění patrového rodinného domu, který se nachází v nové zástavbě rodinných domů v Českých Budějovicích. Ekonomickým zhodnocením je myšleno porovnání investičních a provozních nákladů na vytápění (spotřeba zemního plynu) rodinného domu pro dvě varianty otopných soustav s rozdílnými zdroji tepla. První variantou je otopná soustava s klasickým plynovým kotlem při použití teplotního spádu na tělesech 70/55°C. Druhou variantou je otopná soustava s kondenzačním kotlem při teplotním spádu na tělesech 55/45°C.

Součástí diplomové práce je výpočet tepelných ztrát, návrh otopných těles pro obě varianty otopných soustav, návrh rozvodu a dimenzí potrubí pro obě varianty otopných soustav, návrh expanzních nádob a pojistných ventilů pro oba typy otopných soustav, výkresovou dokumentaci pro každou variantu otopné soustavy, výpis materiálu s cenami pro zhodnocení investičních nákladů obou otopných soustav a výpočet spotřeby tepla, spotřeby plynu a ceny spotřebovaného plynu za otopné období pro porovnání provozních nákladů variant otopných soustav s klasickým plynovým a kondenzačním plynovým kotlem. Výsledkem diplomové práce je vyhodnocení zjištěných poznatků.

2. POPIS RODINNÉHO DOMU

Řešeným objektem je patrový rodinný dům bez podsklepení o půdorysné rozloze 176,02 m². Rodinný dům se nachází na okraji plánované nové zástavby rodinných domů v Českých Budějovicích, které jsou v nadmořské výšce 384 m. Pro České Budějovice je venkovní výpočtová teplota, dle normy ČSN 06 0210 [1], $t_e = -15^{\circ}\text{C}$. Při výpočtu tepelných ztrát je uvažováno nepřerušované vytápění. Podle mapy oblastí nejnižších teplot, v níž jsou naznačeny oblasti krajín s intenzivními větry, v [1] v příloze C se České Budějovice nenacházejí v krajíně s intenzivními větry, proto jsem při odečtu charakteristického čísla budovy B [$\text{Pa}^{0,67}$] uvažoval Normální krajínu. Dále jsem při odečtu charakteristického čísla budovy B [$\text{Pa}^{0,67}$] uvažoval polohu budovy v krajíně nechráněnou a osaměle stojící, jelikož rodinný domek se nachází na okraji plánované nové zástavby rodinných domů. Pro tyto parametry umístění rodinného domu je v normě [1] v tabulce A.4 udáno charakteristické číslo budovy $B = 8 \text{ Pa}^{0,67}$. Vnitřní výpočtové teploty v jednotlivých vytápěných místnostech jsem zvolil podle tabulky A.3 v normě [1]. Výpočtovou teplotu pro garáž, která je nevytápěná jsem zvolil podle tabulky A.2 v normě [1]. Zvolené výpočtové teploty jsou uvedeny v tabulce 2.1.

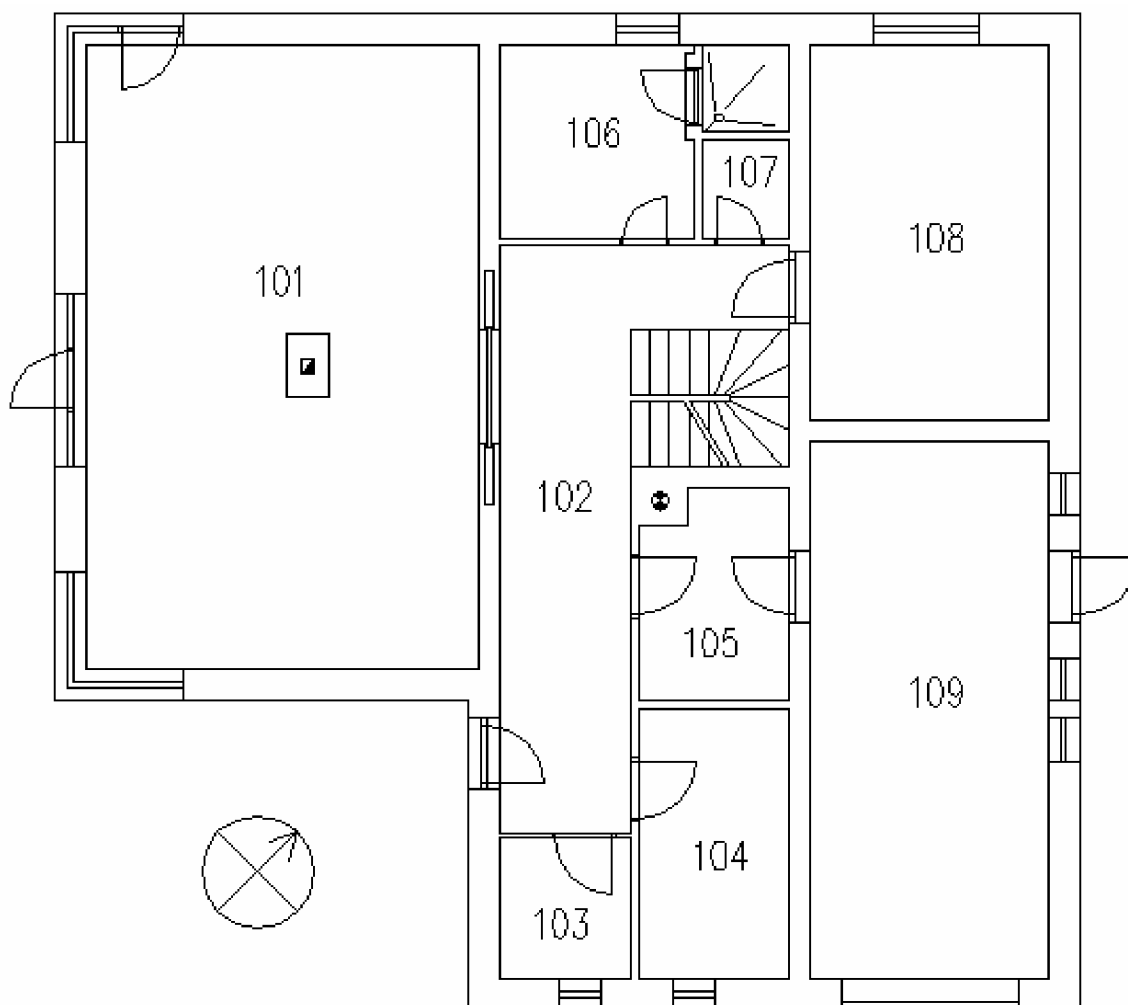
Tabulka 2.1: Vnitřní výpočtové teploty

místnost	Účel místnosti	Vnitřní výpočtová teplota t_i [$^{\circ}\text{C}$]
101	Obývací pokoj + jídelna + kuchyň	20
102	Chodba	20
103	Šatna	15
104	Komora	15
105	Technická místnost	15
106	Koupelna	24
107	WC	20
108	Pokoj rodičů	20
109	Garáž	0
201	Chodba	20
202	Koupelna	24
203	Dětský pokoj I	20
204	Dětský pokoj II	20
205	Ložnice + pracovna	20
206	šatna	18

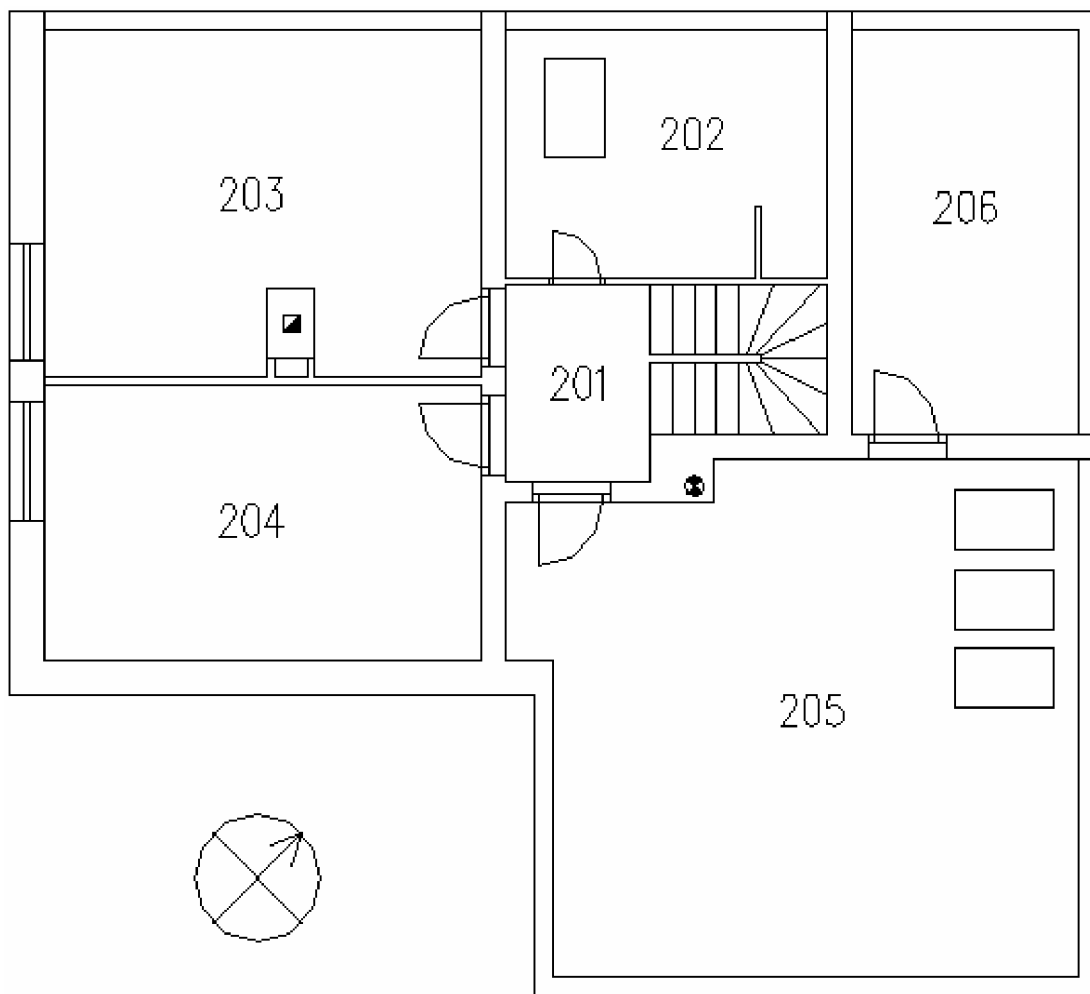
Dispozice přízemí rodinného domu, včetně směrové růžice, ze které je patrné natočení rodinného domu vůči světovým stranám, je vidět na obrázku 2.1. Na obrázku 2.2 je vidět dispozice místností v 1. patře.

Obvodová zeď rodinného domu je postavena z cihlových bloků POROTHERM P+D 44 a je opatřena z obou stran vápennocementovou omítkou. Obvodová stěna v 1. patře je zhotovena z tepelné izolace ROCKWOOL, která je vyztužena dřevěnými latěmi, z vnější strany je tepelná izolace chráněna deskami CETRIS a z vnitřní strany sádkartonem. Střešní konstrukce je izolována tepelnou izolací ROCKWOOL a z vnitřní strany je opatřena sádkartonem. Střešní krytina je od firmy BRAMAC. Vnitřní nosná zeď je zhotovena z cihelných bloků POROTHERM P+D 30 a je rovněž opatřena oboustranně vápennocementovou omítkou. Příčky v domě jsou zhotoveny z cihelných bloků

POROTHERM a to typů: P+D 24; P+D 11,5 a P+D 6,5 a všechny jsou oboustranně opatřeny vápenocementovou omítkou. Podlaha v přízemí je tvořena podkladním betonem, hydroizolací a vrchní betonovou mazaninou. Strop přízemí je tvořen stropní konstrukcí MIAKO 250mm, betonovou mazaninou a kročejovou izolací od firmy ROCKWOOL typ STEPROCK ND. Povrchovou úpravou podlah v rodinném domě je buď keramická dlažba, nebo parkety (vlysy). Vchodové dveře rodinného domu jsou plastová s tvarovanou výplní PERITO Classic typ Jana v barvě Oregon od firmy Vekra, klasická i francouzská okna jsou plastová od firmy Vekra v barvě Oregon. Střešní okna jsou od firmy Velux model GGL. Garážová vrata jsou sekční ocelová tepelně izolovaná od firmy HÖRMANN. Vnitřní dveře jsou od firmy SAPELI model Klára.



Obrázek 2.1: Dispozice přízemí rodinného domu



Obrázek 2.2: Dispozice 1.patru rodinného domu

3. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Výpočet tepelných ztrát jsem provedl dle normy [1]. Fyzikální vlastnosti stavebních materiálů jsem stanovil z technických listů výrobců a z normy ČSN 73 0540-3 [2]. Vypočetl a vyhledal jsem součinitele prostupu tepla k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]. Z vypočtených součinitelů prostupu tepla k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] jednotlivých stavebních konstrukcí a nalezených součinitelů prostupu tepla k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] oken a dveří jsem vypočetl tepelné ztráty celého rodinného domu. Postup výpočtu součinitele prostupu tepla k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] je popsán v kapitole 3.1, kde je uveden i přehled součinitelů prostupu tepla k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]. Postup výpočtu tepelných ztrát podle normy [1] je uveden v kapitole 3.2.

3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

Vzorec pro výpočet součinitele prostupu tepla stěnou k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3.1)$$

- kde: $\alpha_i = 8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ – součinitel přestupu tepla pro vnitřní povrch svislé konstrukce
 $\alpha_i = 8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ – součinitel přestupu tepla pro vnitřní povrch vodorovné konstrukce při tepelném toku zdola nahoru
 $\alpha_i = 6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ – součinitel přestupu tepla pro vnitřní povrch vodorovné konstrukce při tepelném toku shora dolů
 $\alpha_e = 23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ – součinitel přestupu tepla pro vnější povrch konstrukce
 s [m] – tloušťka vrstvy
 λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] – tepelná vodivost vrstvy

Někteří výrobci neuvádějí tepelnou vodivost λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] svého výrobku a namísto toho uvádějí v technickém listu výrobku tepelný odpor R [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$].

Při výpočtu prostupu tepla konstrukcí obklopenou zeminou, uvažujeme

místo $\frac{1}{\alpha_e}$ tepelný odpor přilehlé zeminy R_z [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]

$R_z = 1,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ – pro sypkou zeminu a písek nad hladinou spodní vody

$R_z = 0,42 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ – pro kompaktní skálu

$R_z = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ – pro zeminu nebo skálu pod hladinou spodní vody

V tabulce 3.1 je uveden přehled použitých výplní otvorů. [12], [14] U jednotlivých výplní otvorů je uveden součinitel prostupu tepla k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] a součinitel spárové provzdušnosti i_{LV} [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$].

Tabulka 3.1: Výplně otvorů

	souč. prostupu tepla k [W. m ⁻² . K ⁻¹]	souč. spárové provzdušnosti i_{LV} [m ² . s ⁻¹ . Pa ^{-0,67}]
okno	1,3	0,25 . 10 ⁻⁴
francouzské okno	1,3	0,25 . 10 ⁻⁴
střešní okno	1,4	0,14 . 10 ⁻⁴
dveře vchodové	1,4	0,25 . 10 ⁻⁴
garážová vrata	1,1	0,14 . 10 ⁻⁴
vnitřní dveře plné	2	-
vnitřní dveře ze 2/3 proskl.	3	-

V tabulce 3.2 je uveden přehled všech konstrukcí rodinného domku potřebných pro výpočet tepelných ztrát a hodnoty jejich součinitele prostupu tepla k [W. m⁻². K⁻¹].

Složení jednotlivých konstrukcí a podrobný výpočet jednotlivých součinitelů prostupu tepla k [W. m⁻². K⁻¹] je uveden v příloze P1.

Tabulka 3.2: Stavební konstrukce

	Součinitel prostupu tepla k [W. m ⁻² . K ⁻¹]
obvodová stěna 450	0,304
obvodová stěna 250	0,215
vnitřní stěna 300	0,676
vnitřní stěna 250	1,076
vnitřní stěna 125	1,617
vnitřní stěna 100	1,982
podlaha přízemí – dlažba	0,318
podlaha přízemí – vlysy	0,313
podlaha I. Patro – dlažba	0,485
podlaha I. Patro – vlysy	0,474
strop přízemí – dlažba	0,495
strop přízemí – vlysy	0,484
strop I. patro	0,192

3.2 Postup výpočtu tepelných ztrát podle normy ČSN 06 0210

Základní tepelná ztráta prostupem Q_0 :

$$Q_0 = \sum_{i=1}^n k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_{ei}) \quad [\text{W}] \quad (3.2)$$

kde: k_i [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] – součinitel prostupu tepla
 S_i [m^2] – ochlazovaná část stavební konstrukce
 t_i [$^{\circ}\text{C}$] – výpočtová vnitřní teplota
 t_{ei} [$^{\circ}\text{C}$] – výpočtová teplota v sousední místnosti, nebo výpočtová venkovní teplota

Tepelná ztráta prostupem Q_p :

$$Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (3.3)$$

kde: Q_0 [W] – základní tepelná ztráta prostupem tepla
 p_1 [-] – přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
 p_2 [-] – přírážka na urychlení zátoku
 p_3 [-] – přírážka na světovou stranu

přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad [-] \quad (3.4)$$

k_c [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] – průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3.5)$$

kde: Q_0 [W] – základní tepelná ztráta prostupem tepla
 $\sum S$ [m^2] – celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost
 t_i [$^{\circ}\text{C}$] – výpočtová vnitřní teplota
 t_e [$^{\circ}\text{C}$] – výpočtová venkovní teplota

Tepelná ztráta větráním Q_v :

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3.6)$$

kde: V_v [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] – objemový tok větracího vzduchu
– za V_v se dosadí větší z hodnot V_{vH} a V_{vP}
 t_i [$^{\circ}\text{C}$] – výpočtová vnitřní teplota
 t_e [$^{\circ}\text{C}$] – výpočtová venkovní teplota

objemový tok větracího vzduchu V_{vH} :

$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.7)$$

kde: n_h [h^{-1}] – potřebná intenzita výměny vzduchu
 V_m [m^3] – vnitřní objem místnosti

objemový tok vzduchu infiltrací V_{vp} :

$$V_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.8)$$

kde: i_{LV} [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$] – součinitel spárové provzdušnosti
 L [m] – délka spar otvíratelných částí oken a venkovních dveří
 B [$\text{Pa}^{0,67}$] – charakteristické číslo budovy
 M [-] – charakteristické číslo místnosti

Celková tepelná ztráta Q_c :

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [\text{W}] \quad (3.9)$$

kde: Q_p [W] – tepelná ztráta prostupem tepla
 Q_v [W] – tepelná ztráta větráním
 Q_z [W] – trvalý tepelný zisk

Vypočtené tepelné ztráty jednotlivých místností a celková tepelná ztráta rodinného domu jsou uvedeny v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3: Tepelné ztráty rodinného domu

místnost	tep. ztr. prostupem Q_p [W]	tep. ztr. větráním Q_v [W]	celk. tep. ztr. místnosti Q_c [W]
101	1714,5	781,7	2496,2
102	412,7	360,7	773,4
103	92,9	50,9	143,8
104	164	111,6	275,6
105	52,9	0	52,9
106	453,6	164,8	618,4
107	-42,6	0	-42,6
108	785,5	286,9	1072,4
109	-296,2	176,7	-119,5
201	-19,6	0	-19,6
202	372	169	541
203	430,2	323,6	753,8
204	366,3	280,6	646,9
205	1018,3	511,5	1529,8
206	189,6	0	189,6
Celková tepelná ztráta objektu			8912,1

Tabulka 3.4 na další straně ukazuje vypočtenou tepelnou ztrátu místnosti 104. Tuto místnost jsem zvolil jako ukázkovou a výpočty tepelných ztrát ostatních místností rodinného domu jsou uvedeny v příloze P2.

4. NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Tato kapitola řeší návrh otopných těles pro variantu otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem, s tepelným spádem vody v soustavě 55/45°C a pro variantu otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem, s tepelným spádem vody v soustavě 70/55°C, pro obě varianty je nutné provést návrh otopných těles zvlášť.

Pro návrh jsem použil desková otopná tělesa a trubková otopná tělesa firmy KORADO a.s. a podlahové konvektory bez ventilátoru, vana z oboustranně pozinkovaného plechu s nátěrem, s dřevěnou mřížkou, firmy BOKI a.s.. Technické parametry jednotlivých těles jsem vyhledal v katalogích jednotlivých výrobců, [8], [9].

4.1 Umístění otopných těles

Desková otopná tělesa jsou umístěna 15 cm nad podlahou, kromě deskových těles v místnosti 102 (chodbě) a místnosti 106 (koupelně) u varianty otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem a v místnosti 205 (ložnice + pracovna) u varianty s kondenzačním plynovým kotlem i s klasickým plynovým kotlem, kde jsou desková tělesa umístěna 17 cm nad podlahou z důvodu použití stojánkové konzoly vnější. Shora nejsou desková tělesa nijak překryta parapetem, trubková otopná tělesa jsou umístěna 27,5 cm nad podlahou a konvektory mají hloubku 9 cm a musí být zapuštěny v podlaze, proto se s tím musí při pokládání podlahy počítat a nechat dostatečně místa jen se základní výškou betonu, tak aby vrchní hrana konvektoru byla zároveň s finální výškou podlahy. Desková otopná tělesa jsou upevněna na zeď pomocí navrtávací konzole 15/120, kromě deskových těles typu 10 VKM, která jsou upevněna pomocí navrtávací konzole 15/100/70, u varianty otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem tělesa 11 VKM 500x500, 11 VKM 500x900 a 11 VKM 500x2000 a u varianty s klasickým plynovým kotlem těleso 20 VKM 600x1800, jsou upevněna pomocí stojánkových konzol vnějších, tyto navrtávací a stojánkové konzoly jsou originálním příslušenstvím výrobce radiátorů KORADO a.s. Trubková otopná tělesa jsou upevněna na zeď pomocí upevňovacích souprav, které se liší podle typu trubkového tělesa. Horizontální rozmístění těles je též patrné z výkresů, pro variantu s kondenzačním plynovým kotlem na výkrese DP 1-03 a pro variantu s klasickým plynovým kotlem na výkrese DP 2-03.

Půdorysné rozmístění otopných těles je patrné z výkresů, pro variantu s kondenzačním plynovým kotlem ve výkresech DP 1-01 a DP 1-02 a pro variantu s klasickým plynovým kotlem ve výkresech DP 2-01 a DP 2-02.

4.2 Návrh otopných těles - varianta s tepelným spádem 55/45°C, kondenzační kotel

Místnost 101:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 2496,2 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- podlahový konvektor FMK-29 250-09-01; $Q_t = 279,3 \text{ W}$; 1 ks
(z důvodu použití dřevěné mřížky byl výkon konvektoru snížen o 5%)
- podlahový konvektor FMK-18 100-09-01; $Q_t = 72,2 \text{ W}$; 4 ks
(z důvodu použití dřevěné mřížky byly výkony konvektorů sníženy o 5%)
- deskové otopné těleso 22 VKM 600 x 900; $Q_t = 763 \text{ W}$; 1 ks
- deskové otopné těleso 22 VKM 600 x 1400; $Q_t = 1186 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 2517,1 \text{ W}$

Velký počet otopných těles v místnosti je z důvodu velkého prosklení francouzskými okny u nichž by bylo neestetické použití klasických deskových otopných těles, proto jsou navrženy podlahové konvektory. Ty dosahují bohužel nízkých výkonů a proto je nutné osadit ochlazovanou stěnu deskovými otopnými tělesy, aby byla pokryta tepelná ztráta místnosti.

Místnost 102:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 773,4 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 11 VKM 500 x 1000; $Q_t = 429 \text{ W}$; 1 ks

- deskové otopné těleso 11 VKM 500 x 900; $Q_t = 386 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 815 \text{ W}$

Místnost 103:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 15^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 143,8 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 10 VKM 500 x 500; $Q_t = 179 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 179 \text{ W}$

Místnost 104:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 15^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 275,6 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 10 VKM 500 x 800; $Q_t = 287 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 287 \text{ W}$

Místnost 106:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 24^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 618,4 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 11 VKM 500 x 500; $Q_t = 177 \text{ W}$; 1 ks

- trubkové otopné těleso KRM 1200.750; $Q_t = 450 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 627 \text{ W}$

Místnost 108:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 1072,4 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 22 VKM 500 x 1600; $Q_t = 1176 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 1176 \text{ W}$

Místnost 202:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 24^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 541 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- trubkové otopné těleso KLPM 1820.750; $Q_t = 559 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 559 \text{ W}$

Místnost 203:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 753,8 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 20 VKM 500 x 1600; $Q_t = 766 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 776 \text{ W}$

Místnost 204:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 646,9 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 11 VKL 500 x 1600; $Q_t = 702 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 702 \text{ W}$

Místnost 205:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 1529,8 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 11 VKM 500 x 1600; $Q_t = 686 \text{ W}$; 1 ks

- deskové otopné těleso 11 VKM 500 x 2000; $Q_t = 857 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 1543 \text{ W}$

Místnost 206:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 18^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 189,6 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 10 VKM 500 x 600; $Q_t = 192 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 192 \text{ W}$

Celkový instal. výkon otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem je 9363,1 W.

4.3 Návrh otopných těles - varianta s tepelným spádem 70/55°C, klasický kotel**Místnost 101:**

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 2496,2 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- podlahový konvektor FMK-29 250-09-01; $Q_t = 452,2 \text{ W}$; 1 ks

(z důvodu použití dřevěné mřížky byl výkon konvektoru snížen o 5%)

- podlahový konvektor FMK-18 100-09-01; $Q_t = 116,9 \text{ W}$; 4 ks

(z důvodu použití dřevěné mřížky byly výkony konvektorů sníženy o 5%)

- deskové otopné těleso 22 VKM 600 x 1200; $Q_t = 1622 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 2541,8 \text{ W}$

Velký počet otopných těles v místnosti je z důvodu velkého prosklení francouzskými okny u nichž by bylo neestetické použití klasických deskových otopných těles, proto jsou navrženy podlahové konvektory. Ty dosahují bohužel nízkých výkonů a proto je nutné osadit ochlazovanou stěnu deskovým otopným tělesem, aby byla pokryta tepelná ztráta místnosti.

Místnost 102:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 773,4 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 11 VKM 600 x 1000; $Q_t = 791 \text{ W}; 1 \text{ ks}$

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 791 \text{ W}$

Místnost 103:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 15^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 143,8 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 10 VKM 300 x 500; $Q_t = 175 \text{ W}; 1 \text{ ks}$

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 175 \text{ W}$

Místnost 104:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 15^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 275,6 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 10 VKM 500 x 600; $Q_t = 321 \text{ W}; 1 \text{ ks}$

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 321 \text{ W}$

Místnost 106:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 24^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 618,4 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- trubkové otopné těleso KRM 1200.750; $Q_t = 723 \text{ W}; 1 \text{ ks}$

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 723 \text{ W}$

Místnost 108:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 1072,4 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 11 VKM 500 x 1600; $Q_t = 1077 \text{ W}; 1 \text{ ks}$

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 1077 \text{ W}$

Místnost 202:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 24^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 541 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- trubkové otopné těleso KLPM 1204.750; $Q_t = 590 \text{ W}; 1 \text{ ks}$

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 590 \text{ W}$

Místnost 203:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 753,8 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 11 VKM 500 x 1200; $Q_t = 808 \text{ W}; 1 \text{ ks}$

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 808 \text{ W}$

Místnost 204:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 646,9 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 10 VKL 500 x 1600; $Q_t = 665 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 665 \text{ W}$

Místnost 205:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 20^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 1529,8 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 20 VKM 600 x 2000; $Q_t = 1570 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 1570 \text{ W}$

Místnost 206:

Vnitřní výpočtová teplota: $t_i = 18^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta místnosti: $Q_c = 189,6 \text{ W}$

Instalovaná tělesa:

- deskové otopné těleso 10 VKM 300 x 600; $Q_t = 193 \text{ W}$; 1 ks

Instalovaný tepelný výkon: $Q_i = 193 \text{ W}$

Celkový instal. výkon otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem je 9454,8 W.

5. NÁVRH KOTLE

V mé diplomové práci se věnuji návrhu a ekonomickému srovnání otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem a otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem, tudíž musím navrhnout dva odlišné zdroje. Jelikož se zabývám hlavně ekonomickým srovnáním, tak jsem zvolil oba kotle od stejného výrobce, aby byl cenový rozdíl způsoben pouze jinou technologií a nikoliv cenovým rozdílem mezi jednotlivými výrobci. Rozhodl jsem se pro závěsné plynové kotle od firmy JUNKERS [15].

Oba kotle musí být navrženy tak, aby oba dokázali svým výkonem Q_k [W] pokrýt tepelnou ztrátu rodinného domu a zároveň aby měli pokud možno co největší rozsah pracovního výkonu, aby byla možná dobrá regulace výkonu a nedocházelo k častému zapínání a vypínání kotle při venkovních teplotách vyšších, než která byla uvažována při výpočtu tepelných ztrát, jelikož této hodnoty venkovní teploty je během otopného období dosaženo jen velmi málo dní a tudíž je otopná soustava většinu otopného období předimenzována.

5.1 Návrh závěsného kondenzačního plynového kotle

Kondenzační plynový kotel je od firmy JUNKERS. Kotel je určen pouze pro vytápění, ohřev TUV je řešen samostatně a nezávisle na zdroji tepla pro vytápění. Celková tepelná ztráta rodinného domu je 8943,9 W a pro tuto hodnotu jsem v katalogových listech výrobce hledal vhodný model kotle a vybral typ CERAPUR ZSBR 3-16 A. Základní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce 5.1 a nákres kotle se základními rozměry na obrázku 5.1 [15]. Výrobce neuvádí hodnoty tepelných výkonů pro tepelný spád soustavy 55/45°C, proto jsem musel tepelné výkony přepočítat z hodnot tepelných výkonů uvedených výrobcem, tabulka 5.2. Přepočet jsem provedl pomocí rovnice 5.1 pro zjištění maximálního jmenovitého tepelného výkonu $Q_{k \max}$ [kW] a pomocí rovnice 5.2 pro zjištění minimálního jmenovitého tepelného výkonu $Q_{k \min}$ [kW]. Rovnice jsem stanovil pomocí grafů sestavených z výrobcem udávaných hodnot tepelných výkonů v závislosti na tepelném spádu. Křivku závislosti výkonu na střední teplotě otopné vody t_w [°C] jsem proložil lineární spojnicí trendu při výpočtu $Q_{k \max}$ [kW] a exponenciální spojnicí trendu při výpočtu $Q_{k \min}$ [kW]. Pro tyto spojnice trendu jsem stanovil rovnice regrese, rovnice 5.1 a 5.2.

$$Q_{k \max} = -0,04 \cdot t_w + 17,5 \text{ [kW]} \quad (5.1)$$

kde:

t_w [°C] – střední teplota otopné vody

$$Q_{k \max} = -0,04 \cdot t_w + 17,5 = -0,04 \cdot 50 + 17,5 = \underline{\underline{15,5 \text{ kW}}}$$

$$Q_{k \min} = 4,8403e^{-0,0035 \cdot t_w} \text{ [kW]} \quad (5.2)$$

kde:

t_w [°C] – střední teplota otopné vody

$$Q_{k \min} = 4,8403e^{-0,0035 \cdot t_w} = 4,8403e^{-0,0035 \cdot 50} = \underline{\underline{4,05 \text{ kW}}}$$

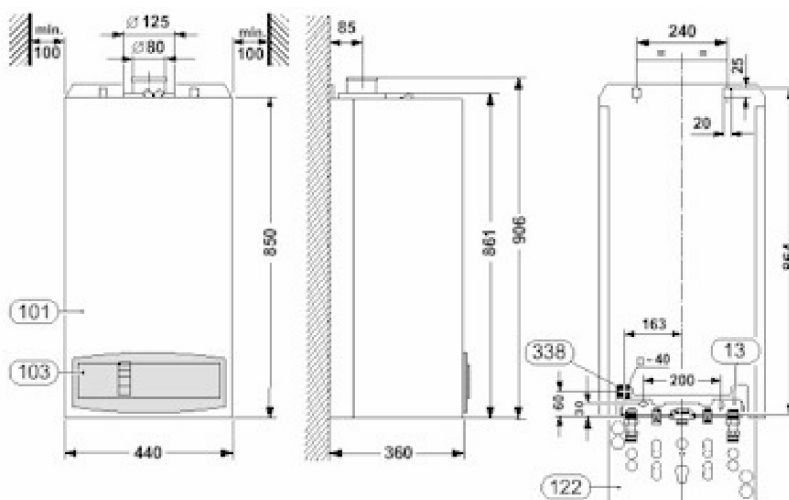
Účinnost pro tento teplotní spád jsem určil z grafu, který v katalogu udává výrobce kotle, tento graf znázorňuji níže na obrázku 5.2 a v něm jsem naznačil, jak jsem dostal normovaný stupeň využití (účinnost) kotle.

Tabulka 5.1: základní parametry kotle CERAPUR ZSBR 3-16 A

	jednotky	hodnota
Max. jmenovitý tepelný výkon 55/45°C	kW	15,5
Min. jmenovitý tepelný výkon 55/45°C	kW	4,05
Max. jmenovitý tepelný příkon	kW	15,0
Min. jmenovitý tepelný příkon	kW	3,9
Účinnost kotle	%	106,6
Objem expanzní nádoby	l	18
Vstupní tlak expanzní nádoby	bar	0,75
Max. přípustný provozní tlak	bar	3

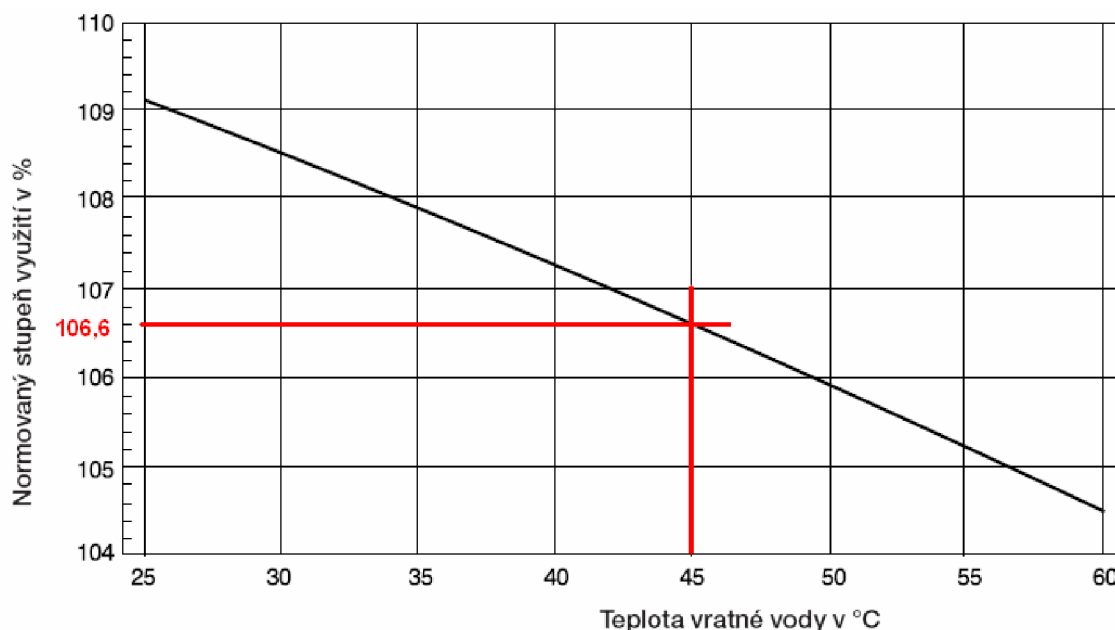
Tabulka 5.2: tabulka tepelných výkonů udaných výrobcem

	jednotky	hodnota
Max. jmenovitý tepelný výkon 40/30°C	kW	16,1
Max. jmenovitý tepelný výkon 50/30°C	kW	15,9
Max. jmenovitý tepelný výkon 80/60°C	kW	14,7
Min. jmenovitý tepelný výkon 40/30°C	kW	4,3
Min. jmenovitý tepelný výkon 50/30°C	kW	4,2
Min. jmenovitý tepelný výkon 80/60°C	kW	3,8



Obrázek 5.1: Náčrtes kondenzačního plynového kotle CERAPUR ZSBR 3-16 A

Kotel je umístěn v místnosti 105, ve výšce 1,2 m nad podlahou a půdorysné umístění kotle v místnosti je zakótované na výkrese DP 1-01. Odkouření kotle je kouřovodem do komína., který se nachází v rohu místnosti 105.



Obrázek 5.2: Závislost normovaného stupně využití na teplotě vratné vody

5.2 Návrh závěsného klasického plynového kotle

Klasický plynový kotel je od firmy JUNKERS. Kotel je určen pouze pro vytápění, ohřev TUV je řešen samostatně a nezávisle na zdroji tepla pro vytápění. Celková tepelná ztráta rodinného domu je 8943,9 W a pro tuto hodnotu jsem v katalogových listech výrobce hledal vhodný model kotle a vybral typ CERAMINI ZSN 5/11-6 KE s ATB. Základní parametry kotle jsou uvedeny v tabulce 5.3 a přikládám i nákres kotle se základními rozměry na obrázku 5.3 [15]. Účinnost kotle η_k [%] není v katalogových listech kotle udávána, proto jsem ji vypočítal z maximálního tepelného příkonu kotle a maximálního tepelného výkonu kotle, pomocí rovnice 5.3.

$$\eta_k = \frac{Q_{k \max}}{P_k} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5.3)$$

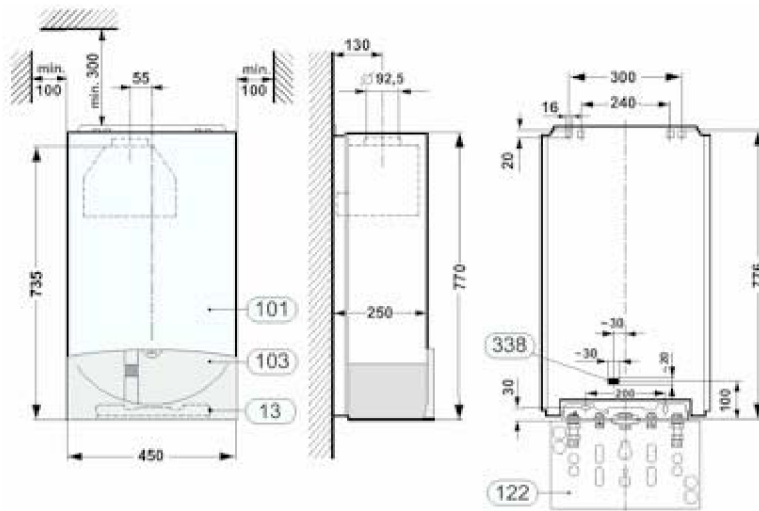
kde:

$Q_{k \max}$ [kW] – maximální jmenovitý tepelný výkon kotle
 P_k [kW] – maximální jmenovitý tepelný příkon kotle

$$\eta_k = \frac{Q_{k \max}}{P_k} \cdot 100 = \frac{10,9}{12,1} \cdot 100 = \underline{\underline{90,1 \quad \%}}$$

Tabulka 5.3: Základní parametry kotle CERAMINI ZSN 5/11-6 KE s ATB

	jednotky	hodnota
Max. jmenovitý tepelný výkon	kW	10,9
Min. jmenovitý tepelný výkon	kW	5,5
Max. jmenovitý tepelný příkon	kW	12,1
Min. jmenovitý tepelný příkon	kW	6,1
Účinnost kotle	%	90,1
Objem expanzní nádoby	l	7,5
Vstupní tlak expanzní nádoby	bar	0,75
Max. přípustný provozní tlak	bar	3



Obrázek 5.3: Návrh klasického plynového kotle CERAMINI ZSN 5/11-6 KE s ATB

Kotel je umístěn v místnosti 105, ve výšce 1,2 m nad podlahou a přesné půdorysné umístění kotle v místnosti je zakótované na výkrese DP 2-01. Odkouření kotle je kouřovodem do komína., který se nachází v rohu místnosti 105.

6. NÁVRH ROZVODŮ

Rozhodl jsem se pro měděné potrubí a při vedení trasy jsem vycházel z rozmístění jednotlivých otopných těles, jejich přípojovacích míst a roztečí, a umístění kotle, zároveň jsem musel potrubní trasu navrhnout tak, aby byla, pokud možno, co nejlépe montážní firmou vyrobitelná. Potrubí je převážně vedeno v podlaze, ale na tělesa je napojeno ze svislých konstrukcí a to z estetických a hygienických důvodů. Veškeré potrubí musí být izolováno, aby nedocházelo k nežádoucím unikům tepla do jednotlivých konstrukcí.

Součástí návrhu potrubní trasy je výpočet tlakových ztrát a návrh zaregulování potrubní trasy, aby nedocházelo k tomu, že některá tělesa nebudou správně plnit svou funkci.

Jelikož počítám variantu s kondenzačním plynovým kotlem a variantu s klasickým plynovým kotlem, musím provést dva návrhy, poněvadž tyto varianty se liší v počtu a typu použitých těles, teplotě proudícího média a průtoku média.

6.1 Postup výpočtu tlakových ztrát

Při výpočtu tlakových ztrát jsem postupoval tak, že jsem si nejprve spočítal všechny okruhy přes otopná tělesa. Celý výpočet jsem provedl pomocí výpočetní tabulky v programu Microsoft Excel. Nejdříve jsem změřil všechny úseky a očísloval je. Potom jsem v každém úseku stanovil hmotnostní průtok \dot{m} [kg·s⁻¹].

$$\dot{m} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6.1)$$

kde:

Q [W] – přenášený výkon
 c [kJ·kg⁻¹·K⁻¹] – měrná tepelná kapacita
 Δt [°C] – tepelný spád topné vody

Poté jsem volil průměry potrubí a kontroloval aby vycházela rychlost v potrubí na začátku u kotle okolo $w = 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a směrem k tělesům se zmenšovala.

$$w = \frac{\dot{m}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho_w} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6.2)$$

kde:

\dot{m} [kg · s⁻¹] – hmotnostní průtok
 d [m] – průměr potrubí
 ρ_w [kg · m⁻³] – hustota vody

Po vypočtení rychlosti jsem vypočítal tlakový spád R [Pa · m⁻¹] v jednotlivých úsecích, který je potřebný k vypočtení tlakové ztráty třením v potrubí.

$$R = \frac{\lambda_t}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_w \quad [\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (6.3)$$

kde:

λ_t [-] – součinitel tření

d [m] – průměr potrubí
 w [m · s⁻¹] – rychlost v potrubí
 ρ_w [kg · m⁻³] – hustota vody

Nejprve jsem musel vypočítat Reynoldsovo číslo Re [-], na kterém závisí, který vztah použiji pro výpočet součinitele tření λ_t [-].

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad [-] \quad (6.4)$$

kde:

w [m · s⁻¹] – rychlost v potrubí
 d [m] – průměr potrubí
 ν [m² · s⁻¹] – kinematická viskozita

Pro $Re \geq 4000$ jsem součinitel tření λ_t [-] vypočítal aproximací ze vztahu:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_t}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda_t}} + \frac{k_h}{3,72 \cdot d} \right) \quad (6.5)$$

kde:

Re [-] – Reynoldsovo číslo
 k_h [m] – absolutní hydraulická drsnost v potrubí
 – $k_h = 0,0063$ m; pro měděné potrubí
 d [m] – průměr potrubí

Pro $2320 < Re < 4000$ jsem součinitel tření λ_t [-] vypočítal ze vztahu:

$$\lambda_t = \lambda_{t2320} + \frac{\lambda_{t4000} - \lambda_{t2320}}{4000 - 2320} \cdot (Re - 2320) \quad [-] \quad (6.6)$$

kde:

Re [-] – Reynoldsovo číslo
 λ_{t2320} [-] – součinitel tření pro $Re = 2320$
 λ_{t4000} [-] – součinitel tření pro $Re = 4000$

Pro $Re \leq 2320$ jsem součinitel tření λ_t [-] vypočítal ze vztahu:

$$\lambda_t = \frac{64}{Re} \quad [-] \quad (6.7)$$

kde:

Re [-] – Reynoldsovo číslo

Po vypočtení tlakového spádu R [Pa · m⁻¹] pro každý úsek jsem spočítal pro každý úsek tlakovou ztrátu třením $\Delta p_{z \text{ třením}}$ [Pa].

$$\Delta p_{z \text{ třením}} = R \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (6.8)$$

kde:

R [Pa · m⁻¹] – tlakový spád
 l [m] – délka potrubí

Pro výpočet tlakových ztrát místními vřazenými odpory jsem stanovil pro jednotlivé úseky všechny součinitele místních ztrát ξ [-] jednotlivých vřazených odporů [3]. Po nalezení a sečtení všech součinitelů místních ztrát ξ [-] jsem vypočetl pro každý úsek tlakovou ztrátu místními vřazenými odpory $\Delta p_{z\ mistni}$ [Pa].

Součinitele místních ztrát ξ [-] s popisem jsou uvedeny v tabulce 6.2, pro variantu s kondenzačním plynovým kotlem, a v tabulce 6.6, pro variantu s klasickým plynovým kotlem.

$$\Delta p_{z\ mistni} = \sum \xi \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot w^2 \quad [\text{Pa}] \quad (6.9)$$

kde:

$\sum \xi$ [-] – součet součinitelů místních ztrát v daném úseku
 ρ_w [kg · m⁻³] – hustota vody
 w [m · s⁻¹] – rychlost v potrubí

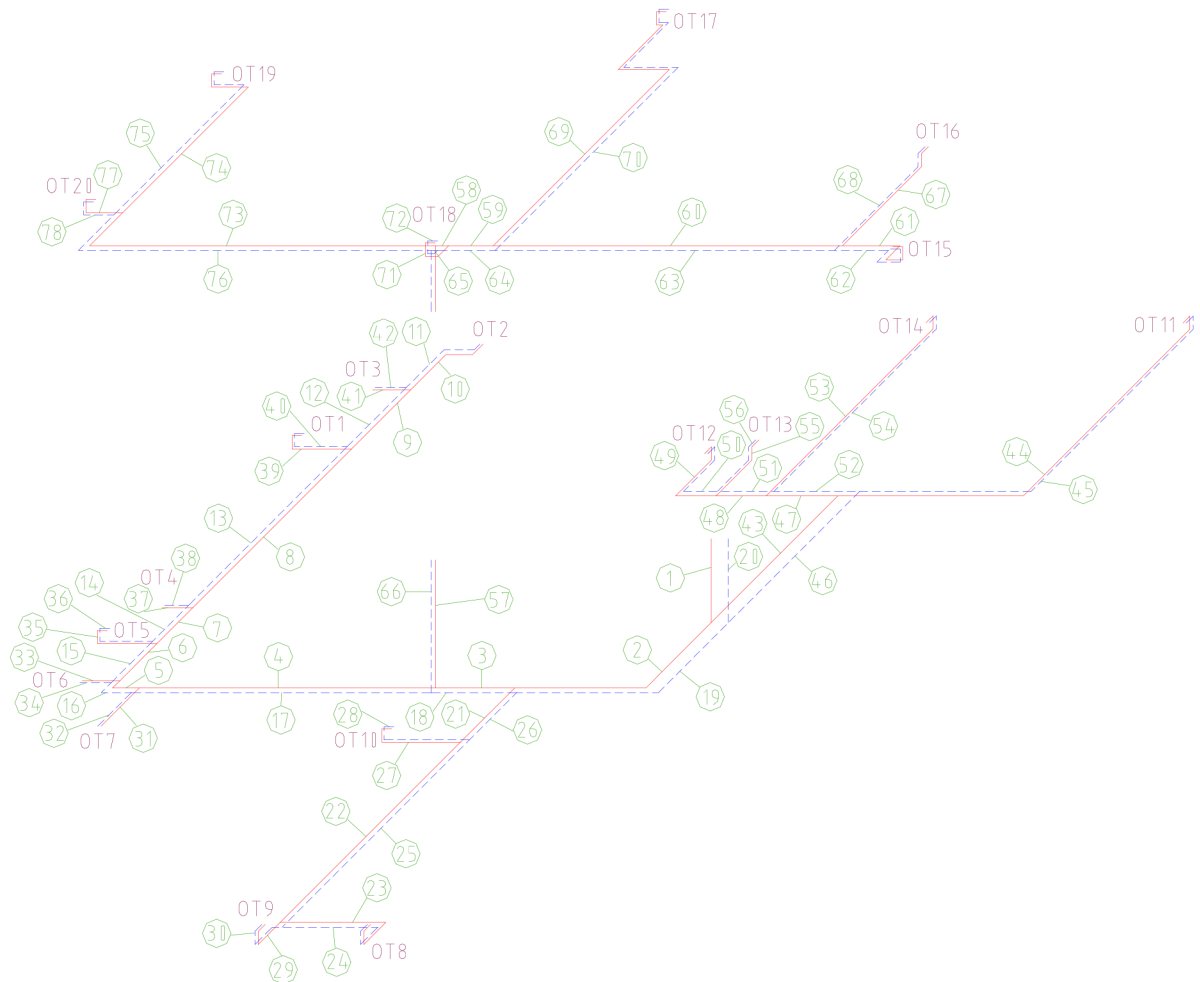
Celková tlaková ztráta úseku Δp_z [Pa] se skládá z tlakové ztráty třením v potrubí $\Delta p_{z\ trenim}$ [Pa] a tlakové ztráty způsobené místními vřazenými odpory $\Delta p_{z\ mistni}$ [Pa].

$$\Delta p_z = \Delta p_{z\ trenim} + \Delta p_{z\ mistni} \quad [\text{Pa}] \quad (6.10)$$

Po vypočtení tlakových ztrát všech úseků všech okruhů jsem okruh s nejvyšší ztrátou vzal jako referenční a ostatní okruhy přes otopná tělesa zareguloval na stejnou tlakovou ztrátu. Zaregulování jsem provedl u deskových těles pomocí vestavěného termostatického regulačního ventilu. Desková otopná tělesa jsem připojil na potrubí pomocí přípojovacího šroubení Vekotec od firmy Heimeier [7]. Trubková otopná tělesa jsou zaregulována a k potrubí napojena pomocí termostatického ventilu od firmy Danfoss, typem VHS-F rohový [10]. Podlahové konvektory jsou napojeny na přívodu přes termostatický ventil, který je dodáván jako příslušenství výrobcem konvektoru, pomocí tohoto ventilu jsou rovněž zaregulovány okruhy přes podlahové konvektory, na odvodu jsou připojena klasickým rohovým ventilem. Pro maximální tlakovou ztrátu, na kterou jsem zareguloval celý otopný systém, jsem poté našel vhodné nastavení čerpadla v katalogových listech výrobce kotlů JUNKERS [15], protože u obou počítaných variant je čerpadlo součástí kotle.

6.2 Návrh potrubní trasy pro kondenzační plynový kotel

Před započítím výpočtu jsem nakreslil axonometr (obrázek 6.1), ve kterém jsem očísloval jednotlivé úseky a ze kterého je patrné rozmístění těles. Jednotlivé typy těles jsou uvedeny v tabulce 6.3.



Obr. 6.1: Axonometr potrubní sítě varianty kondenzačního plynového kotle

Očísloval jsem úseky a vypočítal hmotnostní průtoky \dot{m} [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$] proudící jednotlivými úseky, změřil jejich délky l [m] a zanesl tyto údaje do tabulky 6.1. Dále jsem do tabulky 6.1 zapsal zvolené průměry potrubí d [mm].

Tabulka 6.1: Hmotnostní toky, délky a průměry potrubí v jednotlivých úsecích

číslo úseku	hmotnostní průtok \dot{m}	délka úseku l	průměr potrubí d
[-]	[$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]	[m]	[mm]
1	805,2355	1,275	20
2	616,9795	3,39	20
3	540,0086	1,195	20
4	216,473	4,495	13
5	210,2637	0,566	13
6	204,0545	0,79	13

Tabulka 6.1 - pokračování

7	138,4357	0,77	13
8	114,4157	3,401	13
9	12,41854	1,269	13
10	6,209269	1,386	13
11	6,209269	1,386	13
12	12,41854	1,269	13
13	114,4157	3,401	13
14	138,4357	0,77	13
15	204,0545	0,89	13
16	210,2637	0,666	13
17	216,473	4,545	13
18	540,0086	1,295	20
19	616,9795	3,65	20
20	805,2355	1,275	20
21	76,97086	1,16	13
22	40,07645	3,865	13
23	24,68227	2,415	13
24	24,68227	2,165	13
25	40,07645	4,015	13
26	76,97086	1,01	13
27	36,89441	1,545	13
28	36,89441	1,645	13
29	15,39417	0,82	13
30	15,39417	0,87	13
31	6,209269	0,82	13
32	6,209269	0,72	13
33	6,209269	0,574	13
34	6,209269	0,474	13
35	65,61873	1,25	13
36	65,61873	1,15	13
37	24,02007	0,464	13
38	24,02007	0,364	13
39	101,9971	1,25	13
40	101,9971	1,15	13
41	6,209269	0,574	13
42	6,209269	0,474	13
43	188,2561	2,715	13
44	101,1371	6,735	13
45	101,1371	6,425	13
46	188,2561	2,815	13
47	87,11897	1,088	13
48	48,41854	0,759	13
49	36,89441	1,736	13
50	36,89441	1,536	13
51	48,41854	0,859	13
52	87,11897	1,298	13

Tabulka 6.1 - pokračování

53	38,70043	4,016	13
54	38,70043	3,916	13
55	15,22217	1,11	13
56	15,22217	1,01	13
57	323,5356	3	16
58	197,2862	0,195	13
59	138,2895	0,675	13
60	90,215	5,295	13
61	73,70282	1,774	13
62	73,70282	1,774	13
63	90,215	5,145	13
64	138,2895	0,875	13
65	197,2862	0,095	13
66	323,5356	3	16
67	16,51218	2,055	13
68	16,51218	2,155	13
69	48,07453	6,039	13
70	48,07453	6,289	13
71	58,99666	0,771	13
72	58,99666	0,521	13
73	126,2494	5,954	13
74	65,87673	3,596	13
75	65,87673	3,596	13
76	126,2494	6,104	13
77	60,37267	0,906	13
78	60,37267	0,806	13

Tabulka 6.2: Součinitelé místních odporů

číslo úseku	typ odporu	$\Sigma\xi$
1	kulový kohout DN20	0,5
2	rozdělení+koleno DN20	4,04
3	rozdělení	0,325
4	rozdělení+zúžení	10,1
5	rozdělení+koleno DN13	2,06
6	rozdělení	0,06
7	rozdělení	1,014
8	rozdělení	0,57
9	rozdělení	42,4
10	rozdělení+3x koleno DN13	10,9
11	rohový ventil DN13+2x koleno DN13+spojení	12,5
12	spojení	92,6
13	spojení	0,5
14	spojení	1,176
15	spojení	0,06
16	koleno DN13+spojení	2,06
17	rozšíření+spojení	5,5

Tabulka 6.2 - pokračování

18	Spojení	0,3
19	koleno DN20+spojení	4,036
20	2x kulový kohout	1
21	rozdělení	82,15
22	rozdělení	4,46
23	rozdělení+3x koleno DN13	9,572
24	spojení+3x koleno DN13	7,7
25	spojení	2,75
26	spojení	-28,35
27	rozdělení+2x koleno DN13	9,36
28	2x koleno DN13+spojení	5,78
29	rozdělení+2x koleno DN13	10,068
30	3x koleno DN13+spojení	15,12
31	rozdělení+koleno DN13	177,6
32	rohový ventil DN13+spojení	-64
33	rozdělení+koleno DN13	176,25
34	rohový ventil DN13+spojení	-63,4
35	rozdělení+2x koleno DN13	15,04
36	2x koleno DN13+spojení	4,9
37	rozdělení+koleno DN13	47,4
38	rohový ventil DN13+spojení	-6,08
39	rozdělení+2x koleno DN13	6,14
40	2x koleno DN13+spojení	5,32
41	rozdělení+koleno DN13	6,9
42	rohový ventil DN13+spojení	7,3
43	Rozdělení+zúžení	22,074
44	rozdělení+3x koleno DN13	9,856
45	3x koleno DN13+spojení	10,482
46	rozšíření+spojení	30,38
47	rozdělení	5,151
48	rozdělení	3,724
49	rozdělení+3x koleno DN13	7,004
50	spojení+3x koleno DN13	6,752
51	spojení	2,328
52	spojení	6,11
53	rozdělení+2x koleno DN13+KRM	18,688
54	2x koleno DN13+spojení	5,744
55	rozdělení+2x koleno DN13	15,328
56	spojení+2x koleno DN13	4,84
57	rozdělení	2
58	rozdělení+zúžení	4,52
59	rozdělení	1,5
60	rozdělení	2,124
61	rozdělení+4x koleno DN13	8,615
62	4x koleno DN13+spojení	8,532
63	spojení	1,384
64	spojení	1

Tabulka 6.2 - pokračování

65	spojení+rozšíření	3,62
66	spojení	1,2
67	rozdělení+2x koleno DN13	42,65
68	2x koleno DN13+spojení	-5,21
69	rozdělení+5x koleno DN13+KLPM	28,196
70	5x koleno DN13+spojení	11,18
71	rozdělení+3x koleno DN13	18,139
72	spojení+3x koleno DN13	6,657
73	rozdělení+zúžení+koleno DN13	10,58
74	rozdělení+3x koleno DN13	10,48
75	spojení+3x koleno DN13	8,76
76	koleno+rozšíření+spojení	10,8
77	rozdělení+2x koleno DN13	9,406
78	spojení+2x koleno DN13	5,778

Vřazeným odporem je také filtr, který se nachází na vratném potrubí před kotlem (úsek číslo 20) mezi kulovými kohouty, aby byla možná jeho snadná výměna. Filtr je od firmy GIACOMINI [11], typ R74A DN20 a jeho tlaková ztráta je 1228 Pa.

Z jednotlivých úseků jsem sestavil okruhy přes jednotlivá otopná tělesa a vypočítal tlakové ztráty jednotlivých okruhů, našel jsem okruh s nejvyšší tlakovou ztrátou, okruh přes otopné těleso 22 VKM 600x1400 v místnosti 101, a na celkovou tlakovou ztrátu (tlaková ztráta třením, tlaková ztráta místními vřazenými odpory a tlaková ztráta plně otevřeného termostatického ventilu tohoto tělesa) tohoto okruhu jsem zareguloval celkové tlakové ztráty ostatních okruhů. Jednotlivé okruhy přes otopná tělesa s výpisem úseků patřících do jednotlivých okruhů, tlakové ztráty okruhů a nastavení termostatických ventilů (TRV) jsou uvedeny v tabulce 6.3.

Tabulka 6.3: Tlakové ztráty okruhů

označení	okruh přes	úseky	tlak. ztr. Δp_z	TRV
	[-]	[-]	[Pa]	[-]
OT1	22 VKM 600x1400	1;2;3;4;5;6;7;8;39;40;13; 14;15;16;17;18;19;20	14372,3	6
OT2	FMK-18-100-09-01 (A)	1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12; 13;14;15;16;17;18;19;20	11407	2
OT3	FMK-18-100-09-01 (B)	1;2;3;4;5;6;7;8;9;41;42;12; 13;14;15;16;17;18;19;20	11403,8	2
OT4	FMK-29-250-09-01	1;2;3;4;5;6;7;37;38;14;15; 16;17;18;19;20	10827,9	4
OT5	22 VKM 600x900	1;2;3;4;5;6;35;36;15;16;17; 18;19;20	10755,7	4
OT6	FMK-18-100-09-01 (C)	1;2;3;4;5;33;34;16;17; 18;19;20	10112,6	2
OT7	FMK-18-100-09-01 (D)	1;2;3;4;31;32;17;18; 19;20	9418,1	2
OT8	10 VKM 500x800	1;2;21;22;23;24;25;26; 19;20	6054,6	2

Tabulka 6.3 - pokračování

OT9	10 VKM 500x500	1;2;21;22;29;30;25;26; 19;20	6023,4	2
OT10	11 VKM 500x1000	1;2;21;27;28;26;19;20	5957,4	3
OT11	22 VKM 500x1600	1;43;44;45;46;20	8967,8	5
OT12	11 VKM 500x900	1;43;47;48;49;50;51;52; 46;20	8076,1	3
OT13	11 VKM 500x500	1;43;47;48;55;56;51;52; 46;20	8025,2	2
OT14	KRM 1200.750	1;43;47;53;54;52;46;20	8095,1	2
OT15	11 VKM 500x2000	1;2;3;57;58;59;60;61;62; 63;64;65;66;18;19;20	9001,8	4
OT16	10 VKM 500x600	1;2;3;57;58;59;60;67;68; 63;64;65;66;18;19;20	8695,2	2
OT17	KLPM 1820.750	1;2;3;57;58;59;69;70;64; 65;66;18;19;20	8456,8	3
OT18	11 VKM 500x1600	1;2;3;57;58;71;72;65;66; 18;19;20	7968,1	3
OT19	20 VKM 500x1600	1;2;3;57;73;74;75;76;66; 18;19;20	9324,8	4
OT20	11 VKL 500x1600	1;2;3;57;73;77;78;76;66; 18;19;20	9077,6	3

Potrubní trasu jsem zakreslil a okótoval na výkresech DP 1-01, DP 1-02 a DP 1-03 a k tělesům ve výkresech napsal na jaký stupeň mají být nastaveny termostatické ventily. Na stránce č. 44 je tabulka 6.4 s výpočtem tlakových ztrát okruhu přes těleso 22 VKM 600x1400, tuto tabulku jsem zvolil jako ukázkovou, v ní je možnost vidět jednotlivé úseky tohoto okruhu, jejich tlakové ztráty třením $\Delta p_{z \text{ trenim}}$ [Pa], tlakové ztráty místními vřazenými odpory $\Delta p_{z \text{ místni}}$ [Pa], je možné v ní nalézt rychlosti proudění topné vody jednotlivými úseky a součet součinitele místních odporů $\sum \xi$ [-] v jednotlivých úsecích. Tabulky s ostatními okruhy přes jednotlivá otopná tělesa pro variantu výpočtu s kondenzačním plynovým kotlem jsou uvedeny v příloze P3.

6.3 Návrh nastavení čerpadla kondenzačního plynového kotle

Po zaregulování tlakových ztrát jednotlivých okruhů na tlakovou ztrátu okruhu tlakově nejnepříznivějšího jsem přepočítal hmotnostní průtok čerpadlem \dot{m} [kg.s⁻¹] dle rovnice 6.11 na průtok čerpadlem Q_l [l . h⁻¹], protože výrobce udává v grafu tuto hodnotu se závislostí na tlakové ztrátě Δp_z [bar] a z toho plynoucí nastavení čerpadla.

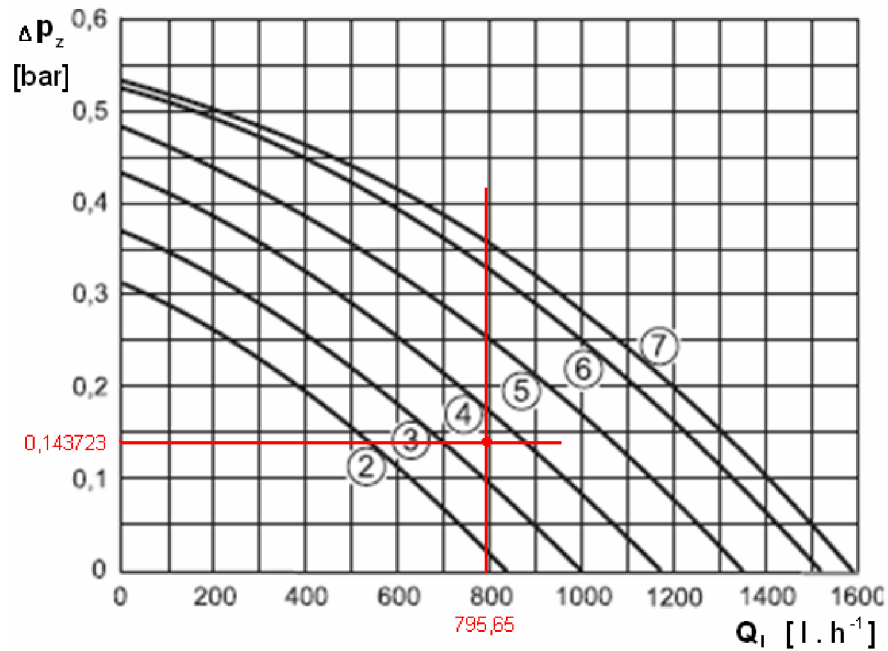
$$Q_l = \frac{\dot{m} \cdot \rho_w}{1000} \quad [\text{l} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (6.11)$$

kde:

\dot{m} [kg . s⁻¹] – hmotnostní průtok
 ρ_w [kg . m⁻³] – hustota vody

$$Q_l = \frac{\dot{m} \cdot \rho_w}{1000} = \frac{805,2355 \cdot 988,1}{1000} = \underline{\underline{795,65 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}}}$$

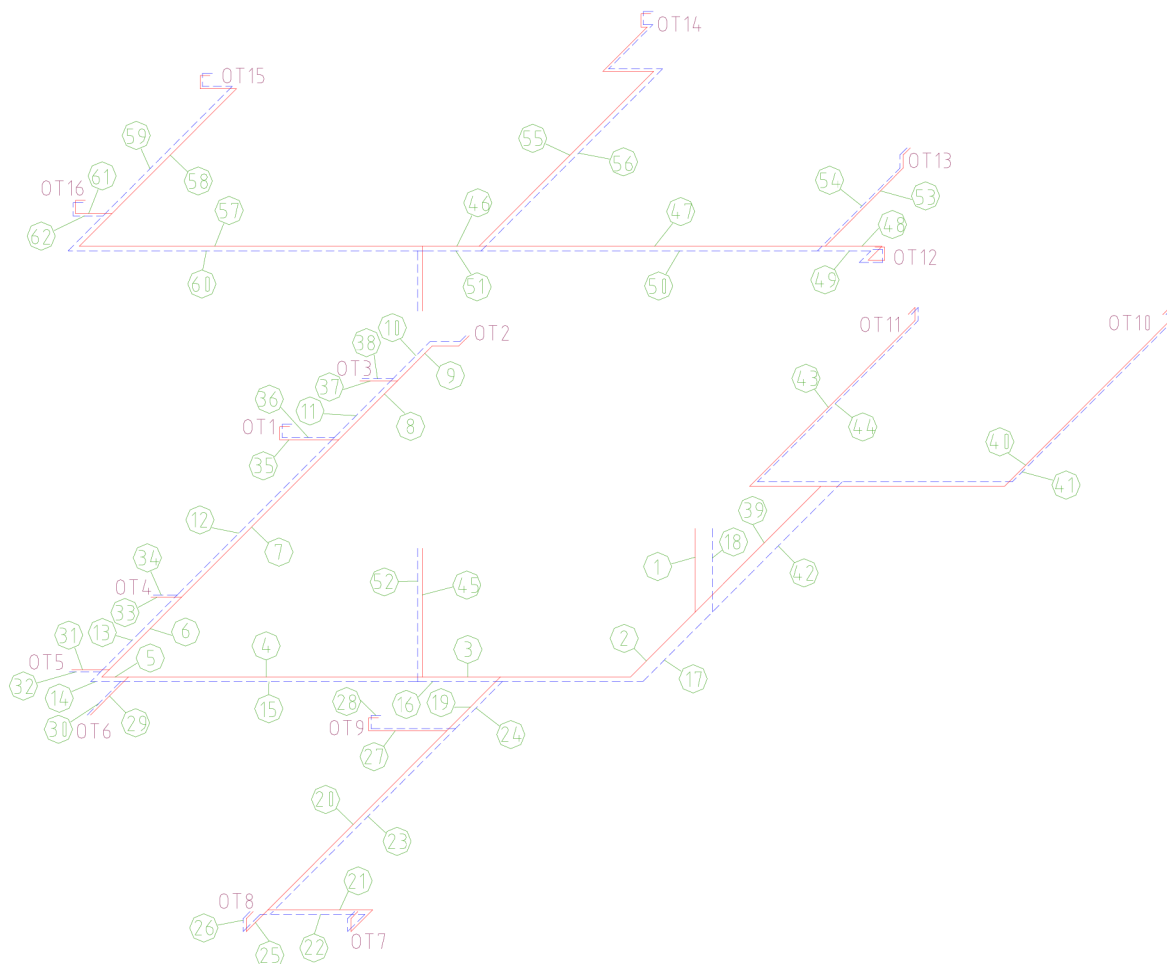
Do grafu s charakteristikami čerpadla jsem vynesl přepočtenou hodnotu průtoku čerpadlem Q_l [$\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$] a vynesením této hodnoty do grafu společně s hodnotou tlakové ztráty Δp_z [bar] jsem v grafu dostal průsečík a odečetl, že čerpadlo je potřeba nastavit na charakteristiku číslo 4, jak je patrné z obrázku 6.2.



Obrázek 6.2: Charakteristiky čerpadla kondenzačního plynového kotle – nastavení čerpadla

6.4 Návrh potrubní trasy pro klasický plynový kotel

Před započítáním výpočtu jsem nakreslil axonometr (obrázek 6.3), ve kterém jsem očísloval jednotlivé úseky a ze kterého je patrné rozmístění těles. Jednotlivé typy těles jsou uvedeny v tabulce 6.7.



Obrázek 6.3: Axonometr potrubní sítě varianty klasického plynového kotle

Očísloval jsem úseky a vypočítal hmotnostní průtoky \dot{m} [kg.s⁻¹] proudící jednotlivými úseky, změřil jejich délky l [m] a zanesl tyto údaje do tabulky 6.5. Dále jsem do tabulky 6.5 zapsal zvolené průměry potrubí d [mm].

Tabulka 6.5: Hmotnostní toky, délky a průměry potrubí v jednotlivých úsecích

číslo úseku	hmotnostní průtok \dot{m}	délka úseku l	průměr potrubí d
[-]	[kg.s ⁻¹]	[m]	[mm]
1	542,0812	1,275	20
2	438,8801	3,39	20
3	365,0913	1,195	20
4	145,7315	4,495	13
5	139,0291	0,566	13
6	132,3268	1,56	13
7	106,4004	3,401	13
8	13,40468	1,269	13

Tabulka 6.5 - pokračování

9	6,702341	1,386	13
10	6,702341	1,386	13
11	13,40468	1,269	13
12	106,4004	3,401	13
13	132,3268	1,66	13
14	139,0291	0,666	13
15	145,7315	4,545	13
16	365,0913	1,295	20
17	438,8801	3,649	20
18	542,0812	1,275	20
19	73,78882	1,16	13
20	28,43765	3,865	13
21	18,4042	2,415	13
22	18,4042	2,165	13
23	28,43765	4,015	13
24	73,78882	1,01	13
25	10,03344	0,82	13
26	10,03344	0,87	13
27	45,35117	1,545	13
28	45,35117	1,645	13
29	6,702341	0,82	13
30	6,702341	0,72	13
31	6,702341	0,574	13
32	6,702341	0,474	13
33	25,92642	0,464	13
34	25,92642	0,364	13
35	92,9957	1,25	13
36	92,9957	1,15	13
37	6,702341	0,574	13
38	6,702341	0,474	13
39	103,2011	2,715	13
40	61,74869	6,735	13
41	61,74869	6,425	13
42	103,2011	2,815	13
43	41,45246	5,104	13
44	41,45246	5,214	13
45	219,3598	3	16
46	134,9068	0,87	13
47	101,0798	5,295	13
48	90,01433	1,774	13
49	90,01433	1,774	13
50	101,0798	5,145	13
51	134,9068	0,97	13
52	219,3598	3	16
53	11,06546	2,055	13
54	11,06546	2,155	13
55	33,82704	6,039	13

Tabulka 6.5 - pokračování

56	33,82704	6,289	13
57	84,45294	5,954	13
58	46,32585	3,596	13
59	46,32585	3,596	13
60	84,45294	6,104	13
61	38,12709	0,906	13
62	38,12709	0,806	13

Tabulka 6.6: Součinitele místních odporů

číslo úseku	typ odporu	$\Sigma\xi$
1	kulový kohout DN20	0,5
2	rozdělení+koleno DN20	3,36
3	rozdělení	0,55
4	rozdělení+zúžení	10,1
5	rozdělení+koleno DN13	2,1
6	rozdělení	0,1
7	rozdělení	0,7
8	rozdělení	38,7
9	rozdělení+3x koleno DN13	10,9
10	rohový ventil+2x koleno DN13+spojení	12,5
11	spojení	79,5
12	spojení	0,6
13	spojení	0,1
14	spojení+koleno DN13	2,1
15	spojení+rozšíření	5,5
16	spojení	0,48
17	koleno DN20+spojení	3,9
18	2x kulový kohout DN20	1
19	rozdělení	49,9
20	rozdělení	9,35
21	rozdělení+3x koleno DN13	9,324
22	3x koleno DN13+spojení	9,224
23	spojení	6,02
24	spojení	-14,16
25	rozdělení+2x koleno DN13	14,95
26	3x koleno DN13+spojení	17,29
27	rozdělení+2x koleno DN13	7,62
28	2x koleno DN13+spojení	5,71
29	rozdělení+koleno DN13	155,9
30	rohový ventil+spojení	-54,3
31	rozdělení+koleno DN13	153,5
32	rohový ventil+spojení	-53,3
33	rozdělení+koleno DN13	30,9
34	rohový ventil+spojení	0,58
35	rozdělení+2x koleno DN13	6,22
36	2x koleno DN13+spojení	5,63

Tabulka 6.6 - pokračování

37	rozdělení+koleno DN13	6,9
38	rohový ventil+spojení	7,3
39	rozdělení+zúžení	34,3
40	rozdělení+3x koleno DN13	9,1
41	3x koleno DN13+spojení	9,6
42	spojení+rozšíření	51,7
43	rozdělení+3x koleno DN13+KRM	21,1
44	3x koleno DN13+spojení	14
45	rozdělení	2
46	rozdělení	1,35
47	rozdělení	1,1
48	rozdělení+4x koleno DN13	8,25
49	4x koleno DN13+spojení	8,24
50	spojení	0,8
51	spojení	1,9
52	spojení	1,2
53	rozdělení+2x koleno DN13	97,4
54	2x koleno DN13+spojení	-29,3
55	rozdělení+5x koleno DN13+KLPM	37,45
56	5x koleno DN13+spojení	8,55
57	Rozdělení+koleno DN13	9,32
58	rozdělení+3x koleno DN13	9,87
59	3x koleno DN13+spojení	8,41
60	koleno DN13+spojení	11,05
61	rozdělení+2x koleno DN13	10,05
62	2x koleno DN13+spojení	5,75

Vřazeným odporem je také filtr, který se nachází na vratném potrubí před kotlem (úsek číslo 20) mezi kulovými kohouty, aby byla možná jeho snadná výměna. Filtr je od firmy GIACOMINI, typ R74A DN20 a jeho tlaková ztráta je 559 Pa.

Z jednotlivých úseků jsem sestavil okruhy přes jednotlivá otopná tělesa a vypočítal tlakové ztráty jednotlivých okruhů, našel jsem okruh s nejvyšší tlakovou ztrátou, okruh přes otopné těleso 22 VKM 600x1200 v místnosti 101, a na celkovou tlakovou ztrátu (tlaková ztráta třením, tlaková ztráta místními vřazenými odpory a tlaková ztráta plně otevřeného termostatického ventilu tohoto tělesa) tohoto okruhu jsem zareguloval celkové tlakové ztráty ostatních okruhů. Jednotlivé okruhy přes otopná tělesa s výpisem úseků patřících do jednotlivých okruhů, tlakové ztráty okruhů a nastavení termostatických ventilů (TRV) jsou uvedeny v tabulce 6.7.

Tabulka 6.7: Tlakové ztráty okruhů

označení	okruh přes	úseky	tlak. ztr. Δp_z	TRV
	[-]	[-]	[Pa]	[-]
OT1	22 VKM 600x1200	1;2;3;4;5;6;7;35;36; 12;13;14;15;16;17;18	8197,3	6
OT2	FMK-18-100-09-01 (A)	1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11; 12;13;14;15;16;17;18	5698,5	2
OT3	FMK-18-100-09-01 (B)	1;2;3;4;5;6;7;8;37;38; 11;12;13;14;15;16;17;18	5695,5	2
OT4	FMK-29-250-09-01	1;2;3;4;5;6;33;34;13; 14;15;16;17;18	5203,6	4
OT5	FMK-18-100-09-01 (C)	1;2;3;4;5;31;32;14;15; 16;17;18	4816,3	2
OT6	FMK-18-100-09-01 (D)	1;2;3;4;29;30;15;16;17;18	4500,7	2
OT7	10 VKM 500x600	1;2;19;20;21;22;23;24;17; 18	3037,7	2
OT8	10 VKM 300x500	1;2;19;20;25;26;23;24;17; 18	3018,6	1
OT9	11 VKM 600x1000	1;2;19;27;28;24;17;18	3052,2	3
OT10	11 VKM 500x1600	1;39;40;41;42;18	4048,2	4
OT11	KRM 1200.750	1;39;43;44;42;18	3807,5	2
OT12	20 VKM 600x1800	1;2;3;45;46;47;48;49; 50;51;52;16;17;18	4870,5	5
OT13	10 VKM 300x600	1;2;3;45;46;47;53;54; 50;51;52;16;17;18	4416,4	2
OT14	KLPM 1204.750	1;2;3;45;46;55;56;51; 52;16;17;18	3881	2
OT15	11 VKM 500x1200	1;2;3;45;57;58;59;60; 52;16;17;18	4453,7	3
OT16	10 VKL 500x1600	1;2;3;45;57;61;62;60; 52;16;17;18	4322,5	3

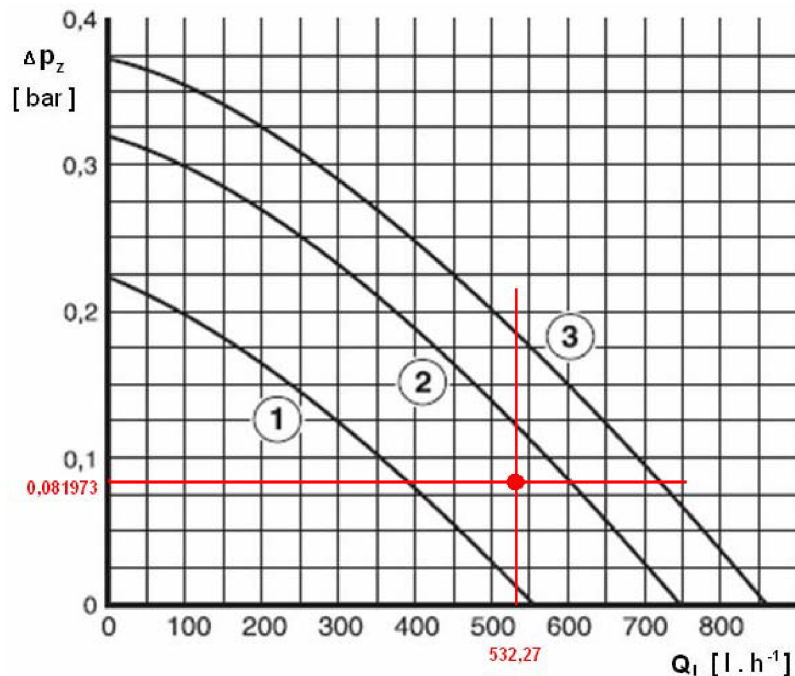
Potrubní trasu jsem zakreslil a okótoval do výkresů DP 2-01, DP 2-02 a DP 2-03 a k tělesům napsal na jaký stupeň mají být nastaveny termostatické ventily. Na stránce č. 50 je tabulka 6.8 s výpočtem tlakových ztrát okruhu přes těleso 22 VKM 600x1200, tuto tabulku jsem zvolil jako ukázkovou, v ní je možnost vidět jednotlivé úseky tohoto okruhu, jejich tlakové ztráty třením $\Delta p_{z \text{ třením}}$ [Pa], tlakové ztráty místními vřazenými odpory $\Delta p_{z \text{ místní}}$ [Pa], je možné v ní nalézt rychlosti proudění topné vody jednotlivými úseky a součet součinitele místních odporů $\sum \xi$ [-] v jednotlivých úsecích. Tabulky se všemi okruhy přes jednotlivá otopná tělesa pro variantu výpočtu s klasickým plynovým kotlem jsou uvedeny v příloze P4.

6.5 Návrh nastavení čerpadla klasického plynového kotle

Po zaregulování všech tlakových ztrát jednotlivých okruhů na tlakovou ztrátu okruhu tlakově nejnepříznivějšího jsem přepočítal hmotnostní průtok čerpadlem \dot{m} [kg·s⁻¹] dle rovnice 6.11 na průtok čerpadlem Q_l [l · h⁻¹], protože výrobce udává v grafu tuto hodnotu se závislostí na tlakové ztrátě Δp_z [bar] a z toho plynoucí nastavení čerpadla.

$$Q_l = \frac{\dot{m} \cdot \rho_w}{1000} = \frac{542,0812 \cdot 981,9}{1000} = \underline{\underline{532,27 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}}}$$

Do grafu s charakteristikami čerpadla jsem vynesl přepočtenou hodnotu průtoku čerpadlem Q_l [l · h⁻¹] a vynesením této hodnoty do grafu společně s hodnotou tlakové ztráty Δp_z [bar] jsem v grafu dostal průsečík a odečetl, že čerpadlo je potřeba nastavit na charakteristiku číslo 2, jak je patrné z obrázku 6.4.



Obrázek 6.4: Charakteristiky čerpadla klasického plynového kotle – nastavení čerpadla

7. NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

V této kapitole se věnuji návrhu expanzních nádob a návrhu pojistných ventilů soustav. Expanzní nádoby se rozlišují na expanzní nádoby otevřené, používají se hlavně u soustav s přirozeným oběhem vody, a na tlakové expanzní nádoby, tzv. expanzomaty. Úkolem expanzní nádoby je vyrovnávat tlakové změny v soustavě, ke kterým dochází vlivem změny teploty vody v otopném systému. Musí být dostatečně objemná, aby pohltila zvětšení objemu vody v soustavě vlivem této změny. Pojistný ventil slouží k tomu, aby nedošlo k překročení maximálního pracovního přetlaku soustavy. Pojistňovací ventil, je nastaven na určitý tlak a při překročení tohoto tlaku ventil upustí vodu ze systému a tím se tlak v soustavě sníží, proto musí být pojistňovací ventil napojen na odpadní systém. Bez těchto zabezpečovacích zařízení není možno provozovat otopnou soustavu.

Zabezpečovací zařízení navrhuji pro dvě různé otopné soustavy s rozdílnými zdroji tepla. Oba zdroje tepla mají vlastní vestavěné expanzní nádoby. Po výpočtu potřebného objemu tlakové expanzní nádoby jsem zhodnotil, jestli vestavěné expanzní nádoby budou postačující a nebo bude nutno přidat ještě externí tlakovou expanzní nádobu z důvodu nedostatečného objemu tlakové expanzní nádoby montované výrobcem kotlů přímo do kotle.

7.1. Postup výpočtu tlakové expanzní nádoby

Před započítáním samotného výpočtu tlakové expanzní nádoby jsem vypočetl objem vody v celé soustavě V [l] dle rovnice 7.1, což znamenalo spočítat objem vody v potrubí V_p [l], objem vody v otopných tělesech V_t [l], který jsem stanovil pomocí katalogových listů výrobců otopných těles, a v katalogových listech výrobce kotlů jsem našel objem vody v kotlech V_k [l].

$$V = V_p + V_t + V_k \quad [l] \quad (7.1)$$

kde:

V_p [l] – objem vody v potrubí
 V_t [l] – objem vody v tělesech
 V_k [l] – objem vody v kotli

Z vypočteného celkového vodního objemu soustavy V [l] jsem vypočítal hmotnost vody v otopné soustavě G [kg] dle rovnice 7.2.

$$G = \frac{V \cdot \rho_w}{1000} \quad [kg] \quad (7.2)$$

kde:

V [l] – vodní objem celé otopné soustavy
 ρ_w [kg · m⁻³] – hustota vody

Vypočetl jsem zvětšení objemu vody v soustavě V' [l], podle rovnice 7.3

$$V' = 1,3 \cdot G \cdot \Delta v \quad [l] \quad (7.3)$$

kde:

1,3 [-] – bezpečnostní přírážka na přesnost určení objemu vody v soustavě
 G [kg] – hmotnost vody v soustavě
 Δv [l · kg⁻¹] – roztažnost vody v otopné soustavě (tabulka 7.1)

Tabulka 7.1: Roztažnost vody v otopné soustavě v závislosti na teplotním rozdílu, [4]

Δt_{max}	Δv
[K]	[l . kg ⁻¹]
45	0,0141
60	0,0224
80	0,0355
85	0,0392
90	0,0431
100	0,0511
120	0,0693
140	0,0902
170	0,1271

Pro stanovení potřebného objemu tlakové expanzní nádoby O [l], jsem vypočítal absolutní tlak p_l [Pa] v nádobě za studeného stavu, dle vzorce 7.4, a z katalogových listů výrobce kotlů zjistil přípustný absolutní tlak v nádobě p_A [Pa], při nejvyšší pracovní teplotě. Pro výpočet absolutního tlaku p_l [Pa] v nádobě za studeného stavu, jsem vypočítal hydrostatický tlak p_h [Pa], daný výškovým rozdílem mezi nejvyšším bodem v otopné soustavě a hladinou v expanzní nádobě, dle vzorce 7.5.

$$p_l = p_h + p_a \quad [\text{Pa}] \quad (7.4)$$

kde:

p_h [Pa] – hydrostatický tlak, daný výškovým rozdílem mezi nejvyšším bodem v otopné soustavě a hladinou v expanzní nádobě

p_a [Pa] – atmosférický tlak

$$p_h = h \cdot \rho_w \cdot g \quad [\text{Pa}] \quad (7.5)$$

kde:

h [m] – výškový rozdíl mezi nejvyšším bodem v otopné soustavě a hladinou v expanzní nádobě

ρ_w [kg . m⁻³] – hustota vody

g [m . s⁻²] – tíhové zrychlení

Z vypočteného absolutního tlaku v nádobě za studeného stavu p_l [Pa] a z vyhledaného přípustného absolutního tlaku v nádobě p_A [Pa], jsem vypočetl potřebný objem tlakové expanzní nádoby O [l], dle vzorce 7.6

$$O = V' \cdot \frac{p_A}{p_A - p_l} \quad [\text{l}] \quad (7.6)$$

kde:

V' [l] – zvětšení objemu vody v soustavě

p_A [Pa] – přípustný absolutní tlak v nádobě

p_l [Pa] – absolutní tlak v nádobě za studeného stavu

Z vypočteného potřebného objemu tlakové expanzní nádoby jsem zhodnotil jestli expanzní nádoba obsažená v kotli je vyhovující.

7.2 Výpočet expanzní nádoby otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem

Stanovil jsem jednotlivé objemy v soustavě, jsou uvedeny v tabulce 7.2.

Tabulka 7.2: Objemy vody v jednotlivých částech otopné soustavy s kondenzačním kotlem

název	objem [l]
Objem vody v potrubí V_p	24,25
Objem vody v tělesech V_t	81,02
Objem vody v kotli V_k	3,5

Vypočetl jsem objem vody v celé soustavě V [l], dle rovnice 7.1

$$V = V_p + V_t + V_k = 24,25 + 81,02 + 3,5 = \underline{\underline{108,77 \text{ l}}}$$

Vypočetl jsem hmotnost vody v soustavě G [kg], dle rovnice 7.2.

$$G = \frac{V \cdot \rho_w}{1000} = \frac{108,77 \cdot 988,1}{1000} = \underline{\underline{107,5 \text{ kg}}}$$

Z vypočtené hmotnosti vody v soustavě G [kg] jsem stanovil zvětšení objemu vody v soustavě V' [l], dle vzorce 7.3.

$$V' = 1,3 \cdot G \cdot \Delta v = 1,3 \cdot 107,5 \cdot 0,0141 = \underline{\underline{1,97 \text{ l}}}$$

Vypočetl jsem hydrostatický tlak p_h [Pa], dle vzorce 7.5, z něj absolutní tlak v nádobě za studeného stavu p_l [Pa], dle vzorce 6.4 a v katalogových listech výrobce kotle jsem našel jaký je přípustný absolutní tlak v expanzní nádobě p_A [Pa].
Výrobce udává $p_A = 300000 \text{ Pa}$.

$$p_h = h \cdot \rho_w \cdot g = 4 \cdot 988,1 \cdot 9,81 = \underline{\underline{38773 \text{ Pa}}}$$

$$p_l = p_h + p_a = 38773 + 98100 = \underline{\underline{136873 \text{ Pa}}}$$

Z vypočteného absolutního tlaku v nádobě za studeného stavu p_l [Pa] jsem podle rovnice 7.6 vypočetl potřebný objem tlakové expanzní nádoby O [l].

$$O = V' \cdot \frac{p_A}{p_A - p_l} = 1,97 \cdot \frac{300000}{300000 - 136873} = \underline{\underline{3,62 \text{ l}}}$$

Expanzní nádoba, která je součástí kondenzačního kotle má objem 18 l a tedy vyhovuje vypočtenému potřebnému objemu tlakové expanzní nádoby O [l] a není zapotřebí další expanzní nádoby externí.

7.3 Výpočet expanzní nádoby otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem

Vypočetl jsem vodní objemy v soustavě a vypočtené hodnoty zanesl do tabulky 7.3.

Tabulka 7.3: Objemy vody v jednotlivých částech otopné soustavy s klasickým kotlem

název	objem [l]
Objem vody v potrubí V_p	22,83
Objem vody v tělesech V_t	58,42
Objem vody v kotli V_k	1,2

Vypočetl jsem objem vody v celé soustavě V [l], dle rovnice 7.1

$$V = V_p + V_t + V_k = 22,83 + 58,42 + 1,2 = \underline{\underline{82,45 \text{ l}}}$$

Vypočetl jsem hmotnost vody v soustavě G [kg], dle rovnice 7.2.

$$G = \frac{V \cdot \rho_w}{1000} = \frac{82,45 \cdot 981,9}{1000} = \underline{\underline{80,96 \text{ kg}}}$$

Z vypočtené hmotnosti vody v soustavě G [kg] jsem vypočetl zvětšení objemu vody v soustavě V' [l], dle vzorce 7.3.

$$V' = 1,3 \cdot G \cdot \Delta v = 1,3 \cdot 80,96 \cdot 0,0224 = \underline{\underline{2,36 \text{ l}}}$$

Spočetl jsem hydrostatický tlak p_h [Pa], dle vzorce 7.5, z něj absolutní tlak v nádobě za studeného stavu p_l [Pa], dle vzorce 7.4 a v katalogových listech výrobce kotle jsem našel jaký je přípustný absolutní tlak v expanzní nádobě p_A [Pa].
Výrobce udává $p_A = 300000 \text{ Pa}$.

$$p_h = h \cdot \rho_w \cdot g = 3,9 \cdot 981,9 \cdot 9,81 = \underline{\underline{37566,5 \text{ Pa}}}$$

$$p_l = p_h + p_a = 38773 + 98100 = \underline{\underline{135666,5 \text{ Pa}}}$$

Z vypočteného absolutního tlaku v nádobě za studeného stavu p_l [Pa] jsem podle rovnice 7.6 vypočetl potřebný objem tlakové expanzní nádoby O [l].

$$O = V' \cdot \frac{p_A}{p_A - p_l} = 2,36 \cdot \frac{300000}{300000 - 135666,5} = \underline{\underline{4,3 \text{ l}}}$$

Expanzní nádoba, která je součástí klasického plynového kotle má objem 7,5 l a tedy vyhovuje a není zapotřebí další expanzní nádoby.

7.4 Výpočtu pojistného ventilu pro kondenzační plynový kotel

Vypočítal jsem pojistný výkon \dot{Q}_p [kW] podle vzorce 7.7

$$\dot{Q}_p = Q_k \quad [\text{kW}] \quad (7.7)$$

kde:

Q_k [kW] – jmenovitý tepelný výkon kotle

$$\dot{Q}_p = Q_k = \underline{\underline{15,5 \text{ kW}}}$$

Jelikož u kondenzačního kotle nedochází k vývinu páry, použil jsem pro výpočet průměru pojistného potrubí d_v [mm] vzorec 7.8.

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \dot{Q}_p^{0,5} \quad [\text{mm}] \quad (7.8)$$

kde:

\dot{Q}_p [kW] – pojistný výkon

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \dot{Q}_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 15,5^{0,5} = \underline{\underline{12,36 \text{ mm}}}$$

Pro vypočtený průměr pojistného potrubí d_v [mm] jsem zvolil nejvyšší bližší vyráběný rozměr potrubí, tedy 1/2" a podle něj i velikost pojistného ventilu 1/2". Kotel má už v sobě pojistný ventil zabudovaný a jeho otevírací tlak $p_{ot} = 300$ [kPa].

Otevírací tlak pojistného ventilu p_{ot} [Pa] musí ještě splňovat podmínku vůči tlakové ztrátě nejzatíženějšího okruhu Δp_z [Pa] dle nerovnice 7.9

$$\Delta p_z < 0,1 \cdot p_{ot} \quad (7.9)$$

$$\Delta p_z < 0,1 \cdot p_{ot}$$

$$14,3723 < 0,1 \cdot 300$$

$$14,3723 < 30$$

=> ventil podmínku splňuje a může být použit

7.5 Výpočet pojistného ventilu pro kondenzační plynový kotel

Vypočetl jsem pojistný výkon \dot{Q}_p [kW] podle vzorce 7.7

$$\dot{Q}_p = Q_k = \underline{\underline{10,9 \text{ kW}}}$$

Jelikož u kondenzačního kotle nedochází k vývinu páry, použil jsem pro výpočet průměru pojistného potrubí d_v [mm] vzorec 7.8.

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \dot{Q}_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 10,9^{0,5} = \underline{\underline{11,98 \text{ mm}}}$$

Pro vypočtený průměr pojistného potrubí d_v [mm] jsem zvolil nejvyšší bližší vyráběný rozměr potrubí, tedy 1/2" a podle něj i velikost pojistného ventilu 1/2". Kotel má už v sobě pojistný ventil zabudovaný a jeho otevírací tlak $p_{ot} = 300$ [kPa].

Otevírací tlak pojistného ventilu p_{ot} [Pa] musí ještě splňovat podmínku vůči tlakové ztrátě nejzatíženějšího okruhu Δp_z [Pa] dle nerovnice 7.9

$$\Delta p_z < 0,1 \cdot p_{ot}$$

$$14,3723 < 0,1 \cdot 300$$

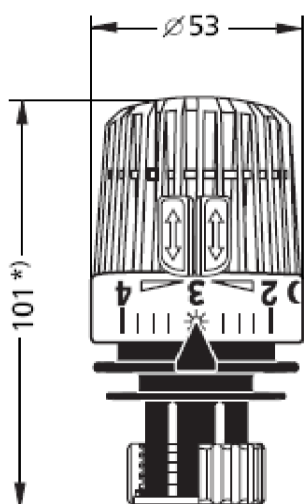
$$14,3723 < 30$$

=> ventil podmínku splňuje a může být použit.

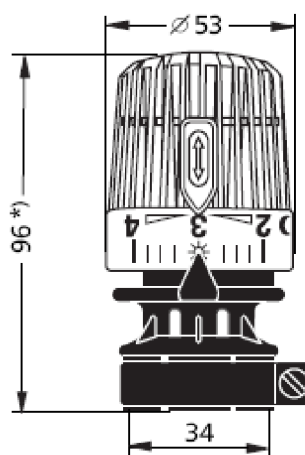
8. NÁVRH REGULACE

Rozhodl jsem se pro ekvitermní regulaci výkonu kotle s použitím termostatických hlavic na otopných tělesech. Výrobce kotlů JUNKERS nabízí vlastní systémy regulace jako příslušenství. Pro obě navržené otopné soustavy s rozdílnými zdroji tepla jsem použil stejný typ regulátoru. Jedná se o ekvitermní regulátor řady CERACONTROL, typ TA 250. Součástí dodávky regulátoru je CAN-BUS modul BM 1 a venkovní čidlo. Montáž zařízení je na omítku. CAN-BUS modul BM 1 je umístěn v místnosti 105 a venkovní čidlo teploty je umístěno na severní straně rodinného domu, obvodové zdi garáže. Umístění modulu a čidla je patrná z výkresů DP 1-01 a DP 1-03, pro variantu s kondenzačním plynovým kotlem a DP 2-01 a DP 2-03, pro variantu s klasickým plynovým kotlem.

Desková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ VK (obrázek 8.1) [7], která umožňuje nastavení teplot v rozmezí 6 až 28°C. Trubková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ K s přímým připojením na radiátorové ventily Danfoss (obrázek 8.2) [7] a umožňující nastavení teplot 6 až 28°C. Podlahové konvektory jsou regulovány pomocí termostatické hlavice s dálkovým nastavováním (obrázek 8.3) [9]. Jedná se o výrobek nabízený výrobcem konvektorů jako příslušenství (obj. č. PTH-01). Tato termostatická hlavice umožňuje nastavení teplot v rozmezí 8 až 28°C a délka kapiláry je 2m.



Obr. 8.1: termostatická hlavice HEIMEIER typ VK



Obr. 8.2: termostatická hlavice HEIMEIER typ K, S přímým připojením Na radiátorové ventily Danfoss



Obr. 8.3: Termostatická hlavice S dálkovým nastavováním

9. SPOTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE A ZEMNÍHO PLYNU

9.1 Výpočet spotřeby tepla

Výpočet spotřeby tepla za otopné období Q_d [J] jsem provedl pro celodenní vytápění, podle vzorce 9.1. Při výpočtu jsem využil zdrojů [4], [5] a [6].

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot Q_c \cdot (d - d_n) \cdot \frac{(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_e} \quad [\text{J}] \quad (9.1)$$

kde:

- ε [-] – opravný součinitel
- Q_c [W] – celková tepelná ztráta objektu
- d [dny] – počet dnů otopného období (tab. A.3.1; [4])
- d_n [dny] – počet dnů v otopném období, ve kterých se budova nevytápí
- t_{is} [°C] – průměrná teplota vnitřního vzduchu v budově
(volí se v rozmezí 14 až 21,5 °C, pro obytné budovy uvažujeme 18,2 až 19,1 °C)
- t_{es} [°C] – průměrná venkovní teplota v otopném období (tab. A.3.1; [4])
- t_e [°C] – venkovní výpočtová teplota
- η_o [-] – účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy
(Volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1,0 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací.)
- η_r [-] – účinnost rozvodu vytápění
(Volí se v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení.)

Nejdříve jsem však musel vypočítat opravný součinitel ε [-] podle vzorce 9.2; [5]

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [-] \quad (9.2)$$

kde:

- e_i [-] – nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem
(Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0,8 až 0,9.)
- e_t [-] – snížení teploty v místnosti během dne respektive noci
(Volí se v rozmezí 0,8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1,0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin.)
- e_d [-] – zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
(Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel v rozmezí od 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem.)

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = \underline{\underline{0,765}}$$

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot Q_c \cdot (d - d_n) \cdot \frac{(t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_e}$$

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,95} \cdot 8912 \cdot (244 - 0) \cdot \frac{(19 - 3,8)}{19 - (-15)}$$

$$\underline{\underline{Q_d = 7,12 \cdot 10^{10} \text{ J} = 71,2 \text{ GJ}}}$$

Z vypočtené spotřeby tepla Q_d [J] vypočítám spotřebu zemního plynu při použití kondenzačního kotle a klasického kotle.

9.2 Výpočet spotřeby zemního plynu pro kondenzační plynový kotel

Nejprve jsem si našel ve zdroji [6] výhřevnost zemního plynu $q_{ZP} = 33,48 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ a poté podle vzorce 9.3 vypočetl spotřebu zemního plynu kondenzačního plynového kotle za otopné období $U_{d \text{ kond.}}$ [m^3].

$$U_{d \text{ kond.}} = \frac{Q_d}{\eta_{k \text{ kond.}} \cdot q_{ZP}} \quad [\text{m}^3] \quad (9.3)$$

kde:

- Q_d [MJ] – spotřeba tepla za otopné období
- $\eta_{k \text{ kond.}}$ [-] – účinnost kondenzačního plynového kotle
- q_{ZP} [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$] – výhřevnost zemního plynu

$$U_{d \text{ kond.}} = \frac{Q_d}{\eta_{k \text{ kond.}} \cdot q_{ZP}} = \frac{71200}{1,066 \cdot 33,48} = \underline{\underline{1995 \text{ m}^3}}$$

9.3 Výpočet spotřeby zemního plynu pro klasický plynový kotel

Spotřebu zemního plynu za otopné období $U_{d \text{ klas.}}$ [m^3] klasického plynového kotle jsem vypočetl podle vzorce 9.4.

$$U_{d \text{ klas.}} = \frac{Q_d}{\eta_{k \text{ klas.}} \cdot q_{ZP}} \quad [\text{m}^3] \quad (9.4)$$

kde:

- Q_d [MJ] – spotřeba tepla za otopné období
- $\eta_{k \text{ klas.}}$ [-] – účinnost klasického plynového kotle
- q_{ZP} [$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$] – výhřevnost zemního plynu

$$U_{d \text{ klas.}} = \frac{Q_d}{\eta_{k \text{ klas.}} \cdot q_{ZP}} = \frac{71200}{0,901 \cdot 33,48} = \underline{\underline{2360,3 \text{ m}^3}}$$

Spotřeba plynu u klasického plynového kotle vyšla tedy o $365,3 \text{ m}^3$ vyšší.

10. PROVOZNÍ NÁKLADY NA ZEMNÍ PLYN

Rodinný dům se nachází v Českých Budějovicích, proto při výpočtu ceny plynu vycházím z hodnot udávaných dodavatelem pro tento region.

10.1 Provozní náklady varianty otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem

Pro výpočet provozních nákladů na vytápění pro variantu s kondenzačním kotlem jsem vycházel z výpočtu spotřeby zemního plynu, uvedeného v kapitole 9.2. Vypočtené množství bylo ale nutné přepočítat na spotřebu plynu $Q_{plynu\ kond}$ [kWh], podle rovnice 10.1 [20], protože dodavatel zemního plynu udává cenu zemního plynu v Kč . kWh⁻¹

$$Q_{plynu\ kond} = U_{d\ kond} \cdot k_{pok} \cdot H_s \quad [kWh] \quad (10.1)$$

kde:

- $U_{d\ kond}$ [m³] – spotřeba zemního plynu kondenzačního kotle
 k_{pok} [-] – přepočtový objemový koef., který slouží pro přepočet objemu změřeného u odběratele na objem za standardních podmínek, za normálních podmínek $k_{pok} = 1$
 H_s [kWh . m⁻³] – objemové spalné teplo, u tranzitního plynu $H_s = 10,5$ kWh . m⁻³

$$Q_{plynu\ kond} = U_{d\ kond} \cdot k_{pok} \cdot H_s = 1995 \cdot 1 \cdot 10,5 = \underline{\underline{20947,5\ kWh}}$$

Dodavatel zemního plynu udává pro roční odběr plynu v rozmezí 20000 až 25000 kWh cenu 1, 06285 Kč . kWh⁻¹. Cena za roční spotřebu zemního plynu u varianty otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem tedy činí 22264,1 Kč včetně DPH.

10.2 Provozní náklady varianty otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem

Pro výpočet provozních nákladů na vytápění pro variantu s klasickým kotlem jsem vycházel z výpočtu spotřeby zemního plynu, uvedeného v kapitole 9.3. Vypočtené množství bylo nutné přepočítat na spotřebu plynu $Q_{plynu\ klas}$ [kWh], podle rovnice 10.2 [20], protože dodavatel zemního plynu udává cenu zemního plynu v Kč . kWh⁻¹

$$Q_{plynu\ klas} = U_{d\ klas} \cdot k_{pok} \cdot H_s \quad [kWh] \quad (10.2)$$

kde:

- $U_{d\ klas}$ [m³] – spotřeba zemního plynu kondenzačního kotle
 k_{pok} [-] – přepočtový objemový koef., který slouží pro přepočet objemu změřeného u odběratele na objem za standardních podmínek, za normálních podmínek $k_{pok} = 1$
 H_s [kWh . m⁻³] – objemové spalné teplo, u tranzitního plynu $H_s = 10,5$ kWh . m⁻³

$$Q_{plynu\ klas} = U_{d\ klas} \cdot k_{pok} \cdot H_s = 2360,3 \cdot 1 \cdot 10,5 = \underline{\underline{24783,2\ kWh}}$$

Dodavatel zemního plynu udává pro roční odběr plynu v rozmezí 20000 až 25000 kWh cenu 1, 06285 Kč . kWh⁻¹. Cena za roční spotřebu zemního plynu u varianty otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem tedy činí 26340,8 Kč včetně DPH.

11. INVESTIČNÍ NÁKLADY

11.1 Investiční náklady varianty otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem

V tabulce 11.1 uvádím stručný přehled položek s cenami, detailní výpis materiálu s cenami a počty jednotlivých položek je uveden v příloze P5. Ceny jednotlivých výrobků jsem bral převážně od výrobců, ceny potrubí a některých prvků otopné soustavy jsem našel v internetových cenících u dodavatelů.

Tabulka 11.1: ceny zařízení

	cena v Kč, vč. 9% DPH
kotel Junkers CERAPUR ZSBR 3-16	58304,1
otopná tělesa a upevňovací prvky	80227,3
potrubí, armatury, tvarovky, tepelná izolace potrubí	22828,4
přípojovací armatury a termostatické hlavice	19140,4
regulace a odkouření	15238,2

Celková cena za otopnou soustavu s kondenzačním kotlem je 195738,4 Kč.

11.2 Investiční náklady varianty otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem

V tabulce 11.2 uvádím stručný přehled položek s cenami, detailní výpis materiálu s cenami a počty jednotlivých položek je uveden v příloze P6. Ceny jednotlivých výrobků jsem bral převážně od výrobců, ceny potrubí a některých prvků otopné soustavy jsem našel v internetových cenících u dodavatelů.

Tabulka 11.2: ceny zařízení

	cena v Kč, vč. 9% DPH
kotel Junkers CERAMINI ZSN 5/11-6 KE	39229,1
otopná tělesa a upevňovací prvky	62419,9
potrubí, armatury, tvarovky, tepelná izolace potrubí	21288,3
přípojovací armatury a termostatické hlavice	16524,4
regulace a odkouření	14148,2

Celková cena za otopnou soustavu s kondenzačním kotlem je 153609,9 Kč.

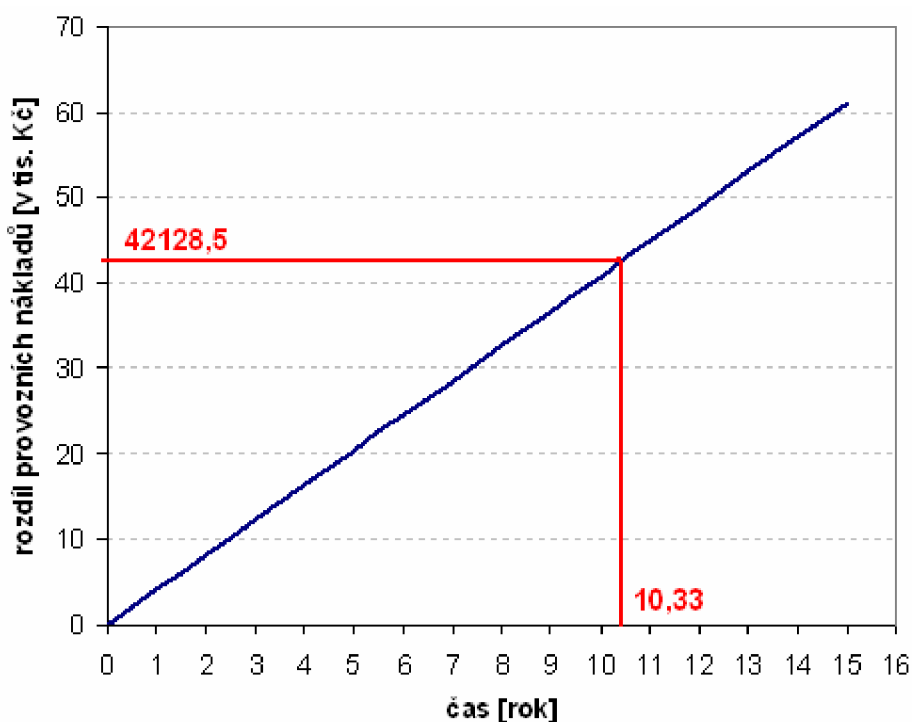
Zařízení otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem je o 42128,5 Kč levnější než zařízení pro otopnou soustavu s kondenzačním plynovým kotlem.

Neuvažoval jsem práci montážní firmy, jelikož rozdíl mezi variantami by byl vzhledem k celkovým cenám malý.

12. ZHODNOCENÍ

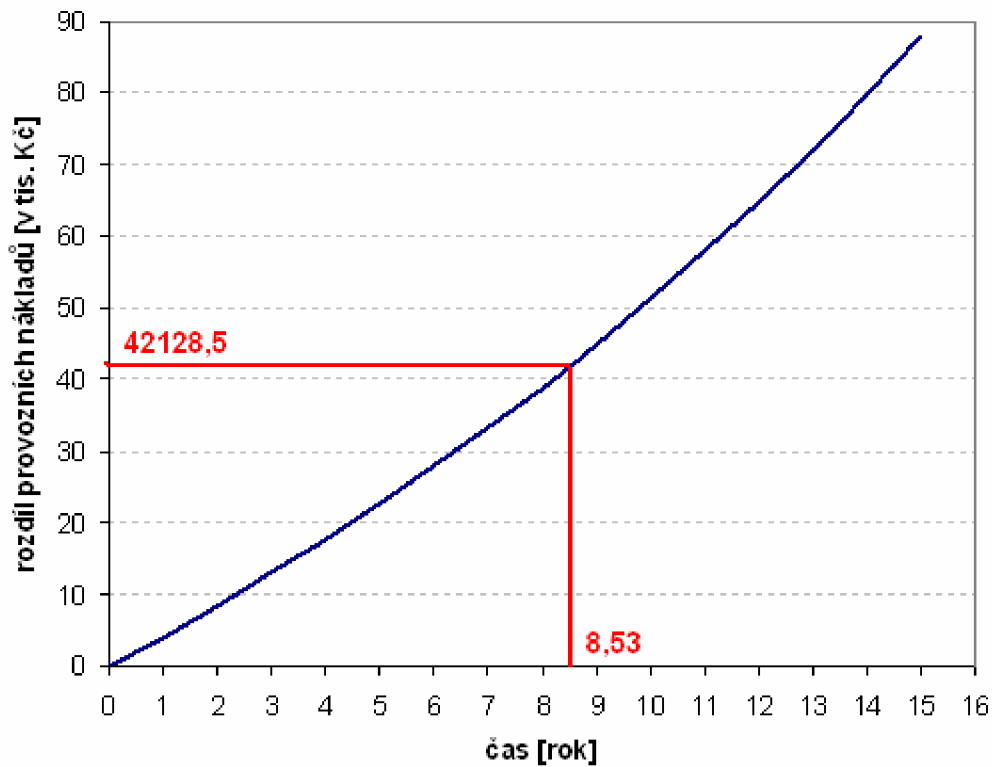
Z vypočtených hodnot cen jasně vyplývá, že provoz kondenzačního plynového kotle oproti klasickému plynovému kotli je ekonomičtější, ale jeho nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady na zařízení otopné soustavy. Tento výsledek jsem předpokládal, otázkou bylo, zda náklady vynaložené navíc do zdroje tepla a otopné soustavy jsou rentabilní, za jak dlouhou dobu provozu zařízení se investice vrátí. Při výpočtu jsem zvolil jednu z několika možných variant provedení otopných soustav pro rozdílné zdroje tepla a pro tuto volbu provedl návrh a ekonomické zhodnocení. Při zvolení jiné varianty použitých otopných těles, teplotních spádů, atd., bych se dobral k jiným výsledkům a proto zhodnocení porovnání rozdílných zdrojů tepla je nemožné brát komplexně, ale jen pro mnou zvolenou variantu.

Provozní náklady (cena za spotřebovaný zemní plyn) jsou u kondenzačního kotle o 4076,7 Kč ročně nižší. Investiční náklady na variantu otopné soustavy s kondenzačním kotlem jsou o 42128,5 Kč vyšší. Z těchto vypočtených hodnot vyplývá, že pokud by nerostla cena zemního plynu, tak by se investice vynaložená navíc oproti variantě s klasickým plynovým kotlem vrátila za 10,33 roku jak je patrné z grafu 12.1

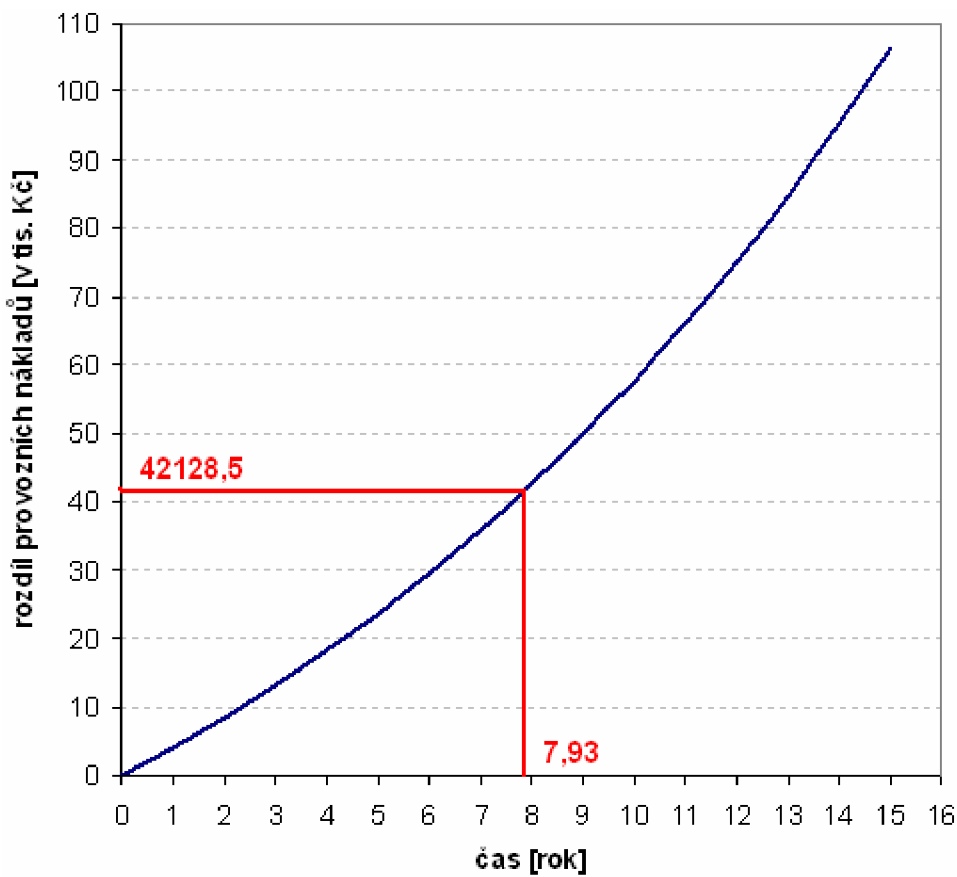


Graf 12.1: Graf návratnosti investic při nerostoucí ceně plynu

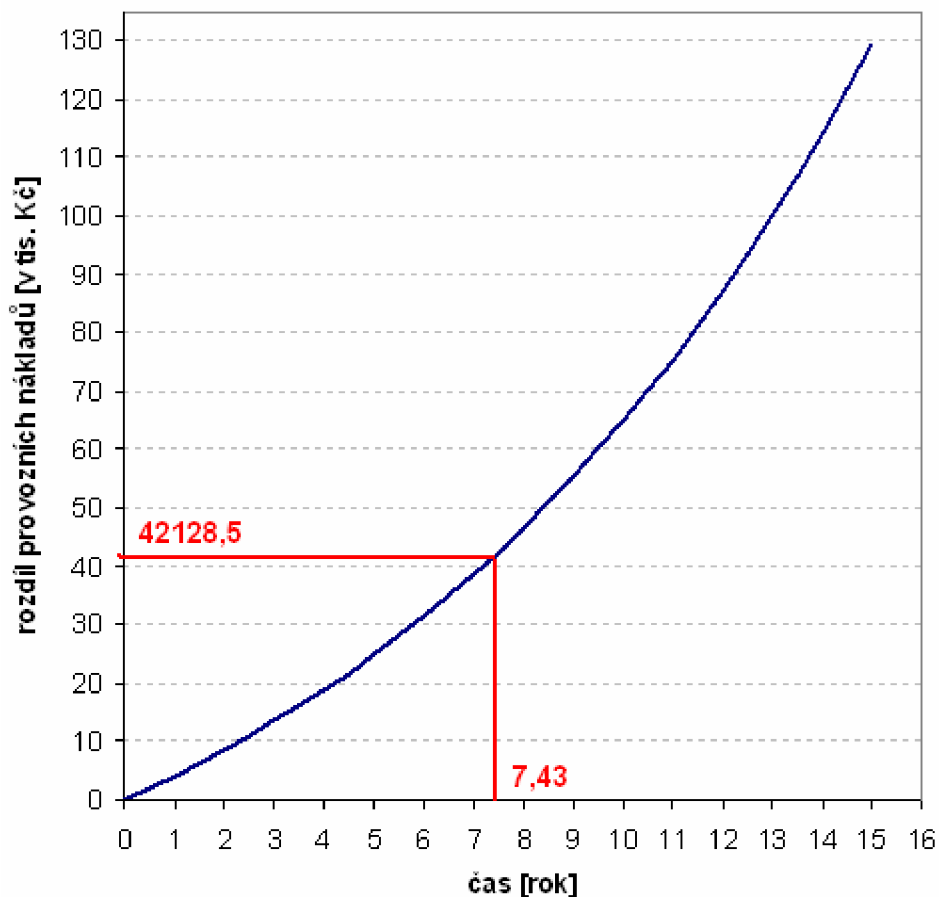
Jelikož cena zemního plynu neustále roste vlivem růstu ceny ropy, dojde k návratnosti investice dříve. Růst cen plynu se dá bohužel těžko předvídat a proto jsem udělal výhled, jak by to s návratností investic bylo při růstu cen zemního plynu o 5% ročně (graf 12.2), o 7,5% ročně (graf 12.3) a o 10% ročně (graf 12.4). Pro meziroční růst zemního plynu ceny o 5% vychází návratnost investičních nákladů za 8,53 roku, pro 7,5% vychází návratnost investičních nákladů za 7,93 roku a pro 10% vychází návratnost investičních nákladů za 7,43 roku.



Graf 12.2: Graf návratnosti investic při meziročním růstu cen plynu o 5%



Graf 12.3: Graf návratnosti investic při meziročním růstu cen plynu o 7,5%



Graf 12.4: Graf návratnosti investic při meziročním růstu cen plynu o 10%

Při výpočtu návratnosti jsem neuvažoval s možností pořizování rodinného domu pomocí půjčky a z toho vyplývajícího splácení úroku, který by se na návratnosti investic do vytápění projevil prodloužením doby návratnosti. Vzhledem k pořizovací ceně takto velkého rodinného domu, tvoří náklady na vytápění jen malou část a tudíž vliv úvěru by byl na rozdíl investic malý a tudíž by k nedošlo k velkému nárůstu doby návratnosti.

13. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh a porovnání investičních a provozních nákladů dvou variant otopných soustav s rozdílnými zdroji tepla. Porovnával jsem variantu vytápění rodinného domu prostřednictvím otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem pracující při tepelném spádu 55/45°C a otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem při tepelném spádu 70/55°C. Došel jsem k závěru, že pro tuto variantu porovnání vytápění tohoto rodinného domu dojde k návratnosti v závislosti na meziročním růstu ceny plynu mezi 7 až 11 rokem provozu.

Problémem tohoto porovnání je, že existuje mnoho variant použitelných zdrojů tepla, použitelných těles, možnosti použití různých tepelných spádů, roli ve srovnání má i typ objektu, jeho tepelná ztráta, atd. Je tedy mnoho možných řešení z důvodu mnoha ovlivňujících faktorů a podrobný propočet všech by byl velice obsáhlý. Já jsem zvolil soustavy s rozdílnými teplotními spády, nepoužíval jsem podlahové vytápění, které by podle mého soudu zvýhodňovalo variantu otopné soustavy s kondenzačním kotlem. Vystihnout porovnání výhodnosti nebo nevýhodnosti použití kondenzačního plynového kotle oproti klasickému plynovému kotli komplexně pro všechny možné varianty je na základě jedné vypočtené varianty návrhu otopných soustav a jejich porovnání zcela nemožné. Pokud by někdo chtěl postihnout tento problém komplexněji, musel by propočítat co nejvíce možných řešení a až poté vyvozovat nějaké komplexnější závěry ohledně této problematiky.

14. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN 06 0210 *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. 1994
- [2] ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování*. 1994
- [3] [<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=24&h=38&obor=5>] (hodnoty součinitelů místních ztrát)
- [4] Štěchovský, J. *Vytápění pro střední školy se studijním oborem TZB nebo obdobným*. Praha: SOBOTALES, 2005. 492 str.
- [5] [<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=47&h=38&obor=5>] (výpočet spotřeby tepla)
- [6] [<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=11&h=38&obor=5>] (výhřevnost paliv)
- [7] firemní podklady firmy HEIMEIER [<http://www.imi-internationalcee.com/cz/>]
- [8] firemní podklady firmy KORADO a.s. [www.korado.cz]
- [9] firemní podklady firmy BOKI-GROUP [<http://www.bokigroup.cz/>]
- [10] firemní podklady firmy Danfoss [http://www.danfoss.com/Czech_Republic]
- [11] firemní podklady firmy GIACOMINI [<http://www.arnema.cz/>]
- [12] firemní podklady firmy HORMANN [www.hormann.cz]
- [13] firemní podklady firmy WIENERBERGER [www.wieneberger.cz]
- [14] firemní podklady firmy VEKRA [<http://www.vekra.cz/>]
- [15] firemní podklady firmy JUNKERS [www.junkers.cz]
- [16] [<http://www.azflex.cz/cenik.php?modul=mirel&list=pro>] (cena tepelné izolace)
- [17] [<http://www.instal.cz/ceniky/vsechny/Cu.pdf>] (cena měděných tvarovek)
- [18] [[http://shop.ok-top.cz/kategorie/medene-trubky-topenarske-\(-cu-trubky\)/](http://shop.ok-top.cz/kategorie/medene-trubky-topenarske-(-cu-trubky)/)] (cena potubí)
- [19] [<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=13&h=3>] (cena zemního plynu)
- [20] [<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=95&h=38&obor=5>] (přepočet spotřeby plynu)
- [21] firemní podklady firmy ROCKWOOL [www.rockwool.cz]
- [22] firemní podklady firmy VELUX [www.velux.cz]

15. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Název veličiny
B	[Pa ^{0,67}]	charakteristické číslo budovy
G	[kg]	hmotnost vody v otopné soustavě
H_s	[kWh · m ⁻³]	objemové spalné teplo
L	[m]	délka spar otevíratelných částí oken a venkovních dveří
M	[-]	charakteristické číslo místnosti
O	[l]	potřebný objem tlakové expanzní nádoby
P_k	[W]	maximální jmenovitý tepelný příkon kotle
Q	[W]	přenášený výkon
Q_0	[W]	základní tepelná ztráta prostupem
Q_c	[W]	celková tepelná ztráta
	[W]	celková tepelná ztráta místnosti
	[W]	celková tepelná ztráta objektu
Q_d	[J]	spotřeba tepla za otopné období
Q_i	[W]	instalovaný tepelný výkon
Q_k	[W]	výkon kotle
$Q_{k \max}$	[kW]	maximální jmenovitý tepelný výkon kotle
$Q_{k \min}$	[kW]	minimální jmenovitý tepelný výkon kotle
Q_l	[l · h ⁻¹]	průtok čerpadlem
Q_p	[W]	tepelná ztráta prostupem
\dot{Q}_p	[W]	pojistný výkon
$Q_{\text{plynu klas}}$	[kWh]	spotřeba zemního plynu klasického plynového kotle za otopné období
$Q_{\text{plynu kond}}$	[kWh]	spotřeba zemního plynu kondenzačního plynového kotle za otopné období
Q_t	[W]	výkon tělesa
Q_v	[W]	tepelná ztráta větráním
Q_z	[W]	trvalý tepelný zisk
R	[m ² · K ¹ · W ⁻¹]	tepelný odpor
	[Pa · m ⁻¹]	tlakový spád
R_z	[m ² · K ¹ · W ⁻¹]	tepelný odpor zeminy
Re	[-]	Reynoldsovo číslo
S	[m ²]	ochlazovaná část stavební konstrukce
ΣS	[m ²]	celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost
$U_d \text{ klas}$	[m ³]	spotřeba zemního plynu klasického plynového kotle za otopné období
$U_d \text{ kond}$	[m ³]	spotřeba zemního plynu kondenzačního plynového kotle za otopné období
V	[l]	objem vody v celé soustavě
V'	[l]	zvětšení objemu vody v soustavě
V_k	[l]	objem vody v kotli
V_m	[m ³]	vnitřní objem místnosti
V_p	[l]	objem vody v potrubí
V_t	[l]	objem vody v tělesech
V_v	[m ³ · s ⁻¹]	objemový tok větracího vzduchu

V_{vH}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	objemový tok větracího vzduchu
V_{vP}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	objemový tok vzduchu infiltrací
c	$[kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$	měrná tepelná kapacita
d	$[m]$	průměr potrubí
	$[dny]$	počet dnů otopného období
d_n	$[dny]$	počet dnů v otopném období, ve kterých se budova nevytápí
d_v	$[m]$	průměr pojistného potrubí
e_i	$[-]$	nesoučasnost tepelné ztráty infilrací a tepelné ztráty prostupem
e_t	$[-]$	snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci
e_d	$[-]$	zkrácení doby vytápění objektu s přestávkami v provozu
g	$[m \cdot s^{-2}]$	tíhové zrychlení
h	$[m]$	výškový rozdíl mezi nejvyšším bodem v otopné soustavě a hladinou v expanzní nádobě
i_{LV}	$[m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0.67}]$	součinitel spárové provzdušnosti
k	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel prostupu tepla
k_c	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí v místnosti
k_h	$[m]$	absolutní hydraulická drsnost v potrubí
k_{pok}	$[-]$	přepočtový objemový koeficient
l	$[m]$	délka potrubí
\dot{m}	$[kg \cdot s^{-1}]$	hmotnostní průtok
n_h	$[h^{-1}]$	potřebná intenzita výměny vzduchu
p_1	$[-]$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
	$[Pa]$	absolutní tlak v nádobě za studeného stavu
p_2	$[-]$	přirážka na urychlení zátopu
p_3	$[-]$	přirážka na světovou stranu
p_A	$[Pa]$	přípustný absolutní tlak v nádobě
p_a	$[Pa]$	atmosferický tlak
p_h	$[Pa]$	hydrostatický tlak
p_{ot}	$[Pa]$	otevírací tlak pojistného ventilu
Δp_z	$[Pa]$	celková tlaková ztráta úseku
	$[Pa]$	tlaková ztráta nejzatíženějšího okruhu
$\Delta p_{z \text{ místní}}$	$[Pa]$	tlaková ztráta vřazenými odpory
$\Delta p_{z \text{ třením}}$	$[Pa]$	tlaková ztráta třením
q_{ZP}	$[MJ \cdot m^{-3}]$	výhřevnost zemního plynu
s	$[m]$	tloušťka vrstvy
t_e	$[^\circ C]$	venkovní výpočtová teplota
	$[^\circ C]$	výpočtová teplota v sousední místnosti
t_{es}	$[^\circ C]$	průměrná venkovní teplota v otopném období
t_i	$[^\circ C]$	vnitřní výpočtová teplota
t_{is}	$[^\circ C]$	průměrná teplota vnitřního vzduchu v budově
t_w	$[^\circ C]$	střední teplota otopné vody
Δt	$[^\circ C]$	tepelný spád topné vody
Δv	$[l \cdot kg^{-1}]$	roztažnost vody v otopné soustavě
w	$[m \cdot s^{-1}]$	rychlost v potrubí
α_e	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla pro vnější povrch konstrukce
α_i	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla pro vnitřní povrch konstrukce
ε	$[-]$	opravný součinitel
η_k	$[\%]$	účinnost kotle

$\eta_{k\text{ klas}}$	[-]	účinnost klasického plynového kotle
$\eta_{k\text{ kond}}$	[-]	účinnost kondenzačního plynového kotle
η_o	[-]	účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy
η_r	[-]	účinnost rozvodu vytápění
λ	[W. m ⁻¹ . K ⁻¹]	tepelná vodivost vrstvy
λ_t	[-]	součinitel tření
λ_{t2320}	[-]	součinitel tření pro Re = 2320
λ_{t4000}	[-]	součinitel tření pro Re = 4000
ν	[m ² . s ⁻¹]	kinematická viskozita
ξ	[-]	součinitel místních ztrát
$\sum \xi$	[-]	součet součinitelů místních ztrát v daném úseku
ρ_w	[kg . m ⁻³]	hustota vody

16. SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHY:

- | | |
|----|---|
| P1 | Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí |
| P2 | Výpočet tepelných ztrát |
| P3 | Výpočet tlakových ztrát v potrubí pro variantu otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem |
| P4 | Výpočet tlakových ztrát v potrubí pro variantu otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem |
| P5 | Výpis materiálu s cenami pro variantu otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem |
| P6 | Výpis materiálu s cenami pro variantu otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem |

VÝKRESY:

Pro variantu otopné soustavy s kondenzačním plynovým kotlem:

- | | |
|---------|-----------------|
| DP 1-01 | Půdorys I. NP |
| DP 1-02 | Půdorys II. NP |
| DP 1-03 | Schéma zapojení |

Pro variantu otopné soustavy s klasickým plynovým kotlem:

- | | |
|---------|-----------------|
| DP 2-01 | Půdorys I. NP |
| DP 2-02 | Půdorys II. NP |
| DP 2-03 | Schéma zapojení |

Příloha P1: Výpočet součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

Obvodová stěna 450:

- Složení: - vnější vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
- cihla POROTHERM P+D 44; $s = 0,44$ m; $\lambda = 0,1425$ W. m⁻¹. K⁻¹
- vnitřní vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,44}{0,1425} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{1}{23}} = \underline{\underline{0,304 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Obvodová stěna 250:

- Složení: - CETRIS deska; $s = 0,014$ m; $\lambda = 0,222$ W. m⁻¹. K⁻¹
- ROCKWOOL; $s = 0,17$ m; $\lambda = 0,039$ W. m⁻¹. K⁻¹
- ROCKWOOL + dřevěné latě; $s = 0,05$ m; $R = 0,9448$ m². K. W⁻¹
- sádkokarton; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,22$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,014}{0,222} + \frac{0,17}{0,039} + 0,9448 + \frac{0,015}{0,22} + \frac{1}{23}} = \underline{\underline{0,215 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Vnitřní stěna 300:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
- cihla POROTHERM P+D 30; $s = 0,3$ m; $\lambda = 0,25$ W. m⁻¹. K⁻¹
- vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,3}{0,25} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{0,676 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Vnitřní stěna 250:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
- cihla POROTHERM P+D 24; $s = 0,24$ m; $\lambda = 0,37$ W. m⁻¹. K⁻¹
- vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,24}{0,37} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{1,076 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Vnitřní stěna 125:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
- cihla POROTHERM P+D 11,5; $s = 0,115$ m; $\lambda = 0,34$ W. m⁻¹. K⁻¹
- vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,115}{0,34} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{1,617 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Vnitřní stěna 100:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - cihla POROTHERM P+D 6,5; $s = 0,065$ m; $\lambda = 0,29$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,065}{0,29} + \frac{0,015}{0,99} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{1,982 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Podlaha přízemí, dlažba:

- Složení: - podkladní beton; $s = 0,15$ m; $\lambda = 1,3$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - bitagit (hydroizolace); $s = 0,0035$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - ROCKWOOL – STEPPOCK; $s = 0,06$ m; $\lambda = 0,037$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - IPA (hydroizolace); $s = 0,0051$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - betonová mazanina; $s = 0,1$ m; $\lambda = 1,23$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - dlažba; $s = 0,009$ m; $\lambda = 1,01$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + R_z} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0,15}{1,3} + \frac{0,0035}{0,21} + \frac{0,06}{0,037} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,1}{1,23} + \frac{0,009}{1,01} + 1,11} = \underline{\underline{0,318 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Podlaha přízemí, vlysy:

- Složení: - podkladní beton; $s = 0,15$ m; $\lambda = 1,3$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - bitagit (hydroizolace); $s = 0,0035$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - ROCKWOOL – STEPPOCK; $s = 0,06$ m; $\lambda = 0,037$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - IPA (hydroizolace); $s = 0,0051$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - betonová mazanina; $s = 0,1$ m; $\lambda = 1,23$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - vlysy; $s = 0,01$ m; $\lambda = 0,18$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + R_z} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0,15}{1,3} + \frac{0,0035}{0,21} + \frac{0,06}{0,037} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,1}{1,23} + \frac{0,01}{0,18} + 1,11} = \underline{\underline{0,313 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Podlaha 1. patro, dlažba:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - POROTHERM – MIAKO 250mm; $s = 0,25$ m; $R = 0,29$ m². K . W⁻¹
 - ROCKWOOL – STEPPOCK; $s = 0,05$ m; $\lambda = 0,037$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - IPA (hydroizolace); $s = 0,0051$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - betonová mazanina; $s = 0,1$ m; $\lambda = 1,23$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - dlažba; $s = 0,009$ m; $\lambda = 1,01$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0,015}{0,99} + 0,29 + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,1}{1,23} + \frac{0,009}{1,01} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{0,485 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Podlaha 1. patro, vlysy:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - POROTHERM – MIAKO 250mm; $s = 0,25$ m; $R = 0,29$ m². K .W⁻¹
 - ROCKWOOL – STEP ROCK; $s = 0,05$ m; $\lambda = 0,037$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - IPA (hydroizolace); $s = 0,0051$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - betonová mazanina; $s = 0,1$ m; $\lambda = 1,23$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - vlysy; $s = 0,01$ m; $\lambda = 0,18$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0,015}{0,99} + 0,29 + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,1}{1,23} + \frac{0,01}{0,18} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{0,474 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Strop přízemí, dlažba:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - POROTHERM – MIAKO 250mm; $s = 0,25$ m; $R = 0,29$ m². K .W⁻¹
 - ROCKWOOL – STEP ROCK; $s = 0,05$ m; $\lambda = 0,037$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - IPA (hydroizolace); $s = 0,0051$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - betonová mazanina; $s = 0,1$ m; $\lambda = 1,23$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - dlažba; $s = 0,009$ m; $\lambda = 1,01$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,99} + 0,29 + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,1}{1,23} + \frac{0,009}{1,01} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{0,495 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Strop přízemí, vlysy:

- Složení: - vápenocementová omítka; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,99$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - POROTHERM – MIAKO 250mm; $s = 0,25$ m; $R = 0,29$ m². K .W⁻¹
 - ROCKWOOL – STEP ROCK; $s = 0,05$ m; $\lambda = 0,037$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - IPA (hydroizolace); $s = 0,0051$ m; $\lambda = 0,21$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - betonová mazanina; $s = 0,1$ m; $\lambda = 1,23$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - vlysy; $s = 0,01$ m; $\lambda = 0,18$ W. m⁻¹. K⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,99} + 0,29 + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,1}{1,23} + \frac{0,01}{0,18} + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{0,484 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Strop 1.patro:

- Složení: - sádrokarton; $s = 0,015$ m; $\lambda = 0,22$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - parotěsná izolace; $s = 0,001$ m; $\lambda = 0,16$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - ROCKWOOL; $s = 0,12$ m; $\lambda = 0,039$ W. m⁻¹. K⁻¹
 - ROCKWOOL + krokve; $s = 0,1$ m; $R = 1,8895$ m². K .W⁻¹

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,22} + \frac{0,001}{0,16} + \frac{0,12}{0,039} + 1,8895 + \frac{1}{23}} = \underline{\underline{0,192 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

PŘÍLOHA P2

Tabulka tepelných ztrát pro místnost 101

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl teplot	k · Δt	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chlazených stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	I + p ₁ + p ₂ + p ₃	
								prostupu tepla								
cm	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²	W·m ⁻² ·K ⁻¹	K	W·m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃	W		
SO1	45	19,75	3	59,250	3	17,160	42,090	0,304	35	10,650	448,2	p ₁ = 0,0356 p ₂ = 0,1 p ₃ = 0 k _c = 0,237				
OZ1		2,7	2,2	5,940				1,300	35	45,500	270,3					
OZ2		2,4	2,2	5,280				1,300	35	45,500	240,2					
OZ3		2,7	2,2	5,940				1,300	35	45,500	270,3					
SN1	30	2,725	2,6	7,085				0,676	-4	-2,702	-19,1					
Pdl				47,585				0,313	15	4,700	223,7					
Str				4,400				0,495	35	17,318	76,2					
													ΣQ ₀ =	1509,7		
													Q _p =	1714,4		
													Q _v =	781,7		
													Q _z =			
													Q _c =	2496,2		
V _{VH} =		0,0172	m ³ ·h ⁻¹													
V _{VP} =		0,0071	m ³ ·h ⁻¹		V _v =	0,0172	m ³ ·h ⁻¹									
					V _{dig} =	0,0073	m ³ ·h ⁻¹									

Tabulka tepelných ztrát místnosti 103

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky			Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$			
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	$k \cdot \Delta t$	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátěpu	Na světovou stranu		$1 + p_1 + p_2 + p_3$		
	k							Δt	Q_0		p_1				p_2		p_3	W
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W								
SO1	45	3,8	3	11,400	1	0,360	11,040	0,304	30	9,128	100,8							
OZ1		0,6	0,6	0,360			0,360	1,300	30	39,000	14,0	$p_1 = 0,0145$						
SN1	7,5	1,825	2,6	4,745	1	1,576	3,169	1,982	-5	-9,912	-31,4	$p_2 = 0,1$						
DN1		0,8	1,97	1,576			1,576	2,000	-5	-10,000	-15,8	$p_3 = -0,05$						
PdI		1,825	1,975	3,604			3,604	0,318	10	3,180	11,5							
Str1		1,625	1,225	1,991			1,991	0,484	-5	-2,418	-4,8	$k_c = 0,097$						
Str2				0,874			0,874	0,495	30	14,844	13,0							
											87,3							
												$\Sigma Q_0 =$	87,3					
												$Q_p =$	92,9					
												$Q_v =$	50,9					
												$Q_z =$						
												$Q_c =$	143,8					

$$V_{VH} = 0,0013 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$V_{VP} = 0,0003 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad V_v = 0,0013 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Tabulka tepelných ztrát místnosti 105

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky			Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$	
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	$k \cdot \Delta t$	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu		$I + p_1 + p_2 + p_3$
								k	Δt						Q_0	
		cm	m	m	m ²	m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃	W	
SN1	30	1,425	2,6	3,705	1	1,576	3,705	0,676	-5	-3,378	-12,5	p ₁ = 0,0056	p ₂ = 0,1	p ₃ = 0	k _c = 0,037	$\Sigma Q_0 = 47,8$ $Q_p = 52,9$ $Q_v = 0,0$ $Q_z =$ Q_c = 52,9
SN2	30	3	7,800	0,676				15	10,133	63,1						
DN2		0,8	1,97	1,576	1,576	2,000	15	30,000	47,3							
SN3	12,5	2,45	2,6	6,370	1,576	4,794	1,617	-5	-8,084	-38,8						
DN3		0,8	1,97	1,576	1,576	2,000	-5	-10,000	-15,8							
PdI				5,930	5,930	0,318	10	3,180	18,9							
Str				5,930	5,930	0,484	-5	-2,418	-14,3	47,8						

Tabulka tepelných ztrát místnosti 106

Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přírázky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl teplot	k. Δt	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chlazených stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	1 + p ₁ + p ₂ + p ₃	
								prostup tepla								
	cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	Δt	W.m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃		
OS1	45	4,05	3	12,150	1	0,540	11,610	0,304	39	11,867	137,8					
OZ1		0,9	0,6	0,540			0,540	1,300	39	50,700	27,4	p ₁ = 0				
SN1	30	1,2	2,6	3,120			3,120	0,676	4	2,702	8,4	p ₂ = 0,1				
SN2	12,5	2,85	2,6	7,410			7,410	1,617	4	6,467	47,9	p ₃ = 0,05				
SN3	7,5	2,725	2,6	7,085	1	1,182	5,903	1,982	4	7,930	46,8					
DN3		0,6	1,97	1,182			1,182	2,000	4	8,000	9,5	k _c = 0,185				
DN4	30	2,725	2,6	7,085			7,085	0,676	4	2,702	19,1					
Str				2,230			2,230	0,495	39	19,297	43,0					
PdI				9,020			9,020	0,318	19	6,042	54,5					
											394,4					
															ΣQ ₀ =	394,4
															Q _p =	453,6
															Q _v =	164,8
															Q _z =	
															Q_c =	618,4

$V_{VH} = 0,0033 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
 $V_{VP} = 0,0003 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
 $V_v = 0,0033 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
 $V_{vent} = 0,0017 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Tabulka tepelných ztrát místnosti 107

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$		
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl teplot	$k \cdot \Delta t$	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátěpu	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$			
								prostupu tepla	Δt		Q_0							
	cm	m	m	m ²	m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃	W				
SN1	12,5	2,6	2,6	6,760		6,760	1,617	-4	-6,467	-43,7								
Pdl		1,4	1,2	1,680		1,680	0,318	15	4,770	8,0	p ₁ =	-0,0088						
Str		1,4	1,2	1,680		1,680	0,495	-4	-1,979	-3,3	p ₂ =	0,1						
										-39,0	p ₃ =	0						
											k _c =	-0,059						
														$\Sigma Q_0 =$	-39,0			
														Q _p =	-42,6			
														Q _v =	0,0			
														Q _z =				
														Q_c =	-42,6			
V _{VH} =		0	m ³ .h ⁻¹															
V _{VP} =		0	m ³ .h ⁻¹		V _v =	0	m ³ .h ⁻¹											

Tabulka tepelných ztrát místnosti 108

Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	k. Δt	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vířvu chlazených stěn	Na urychlení zátopu	Na světovou stranu	1 + p ₁ + p ₂ + p ₃	
								k	Δt		Q ₀					W
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃			
SO1	45	8,575	3	25,725	1	2,250	23,475	0,304	35	10,650	250,0					
OZ1		1,5	1,5	2,250			2,250	1,300	35	45,500	102,4	p ₁ =	0,0316			
SN1	30	3,325	2,6	8,645			8,645	0,676	20	13,511	116,8	p ₂ =	0,1			
SN2	30	1,2	2,6	3,120			3,120	0,676	-4	-2,702	-8,4	p ₃ =	0,1			
Pdl		3,325	5,25	17,456			17,456	0,313	15	4,700	82,0					
Str1		2,85	4,45	12,683			12,683	0,484	2	0,967	12,3	k _c =	0,211			
Str2				4,774			4,774	0,495	35	17,318	82,7					
											637,7					
															ΣQ ₀ =	637,7
															Q _p =	785,4
															Q _v =	286,9
															Q _z =	
															Q _c =	1072,4
V _{VH} =		0,0063	m ³ .h ⁻¹													
V _{VP} =		0,0008	m ³ .h ⁻¹	V _v =	0,0063	m ³ .h ⁻¹										

Tabulka tepelných ztrát místnosti 201

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$				
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	$k \cdot \Delta t$	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$					
								k	Δt							Q_0	p_1	p_2	p_3	
		cm	m	m	m ²	m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W					W				
SN1	7,5	4,05	2,6	10,530	1	1,182	9,348	1,982	-4	-7,930	-74,1									
DN1		0,6	1,97	1,182					1,182	2,000	-4							-8,000	-9,5	$p_1 =$ -0,001
SN2	30	1,9	2,6	4,940					4,940	0,676	2							1,351	6,7	$p_2 =$ 0,1
Str				8,790					8,790	0,192	35							6,719	59,1	$p_3 =$ 0
											-17,9	$k_c =$ -0,007								
															$\sum Q_0 =$	-17,9				
															$Q_p =$	-19,6				
															$Q_v =$	0,0				
															$Q_z =$					
															$Q_c =$	-19,6				
		$V_{VH} =$	0	m ³ .h ⁻¹			$V_{VP} =$	0	m ³ .h ⁻¹			$V_v =$	0	m ³ .h ⁻¹						

Tabulka tepelných ztrát místnosti 202

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_b + Q_v - Q_z$
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl teplot	$k \cdot \Delta t$	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátěpu	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$	
								k	Δt		Q_0					
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W					W	
SO1	25	4,05	0,9	3,645			3,645	0,215	39	8,371	30,5					
SN1	30	3,125		6,340			6,340	0,676	6	4,053	25,7	$p_1 = 0$				
SN2	7,5	4,05	2,6	10,530	1	1,182	9,348	1,982	4	7,930	74,1	$p_2 = 0,1$				
DN2		0,6	1,97	1,182			1,182	2,000	4	8,000	9,5	$p_3 = 0,05$				
SN3	30	3,125		6,340			6,340	0,676	4	2,702	17,1					
Str1				15,090	1	0,938	14,153	0,192	39	7,487	106,0	$k_c = 0,164$				
OZ1		0,75	1,25	0,938			0,938	1,400	39	54,600	51,2					
Pdl				4,860			4,860	0,485	4	1,939	9,4					
											323,5					
											$\Sigma Q_0 =$	323,5				
											$Q_p =$	372,0				
											$Q_v =$	169,0				
											$Q_z =$					
											$Q_c =$	541,0				
$V_{VH} =$		0,0033	$m^3 \cdot h^{-1}$													
$V_{VP} =$		0,0003	$m^3 \cdot h^{-1}$	$V_v =$	0,0033	$m^3 \cdot h^{-1}$										
				$V_{vent} =$	0,0017	$m^3 \cdot h^{-1}$										

Tabulka tepelných ztrát místnosti 203

Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - \dot{Q}_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel průstupu tepla	Rozdíl teplot	k. Δt	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chlazených stěn	Na urychlení zátopu	Na světovou stranu	1 + p ₁ + p ₂ + p ₃	
								k	Δt		Q ₀					
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃	W		
SO1	45	4,375		9,590	1	2,250	7,340	0,304	35	10,650	78,2					
OZ1		1,5	1,5	2,250			2,250	1,300	35	45,500	102,4	p ₁ = 0,0191				
SO2	25	5,5	0,9	4,950			4,950	0,215	35	7,513	37,2	p ₂ = 0,1				
SN1	30	3,125		6,340			6,340	0,676	-4	-2,702	-17,1	p ₃ = 0				
Str				27,363			27,363	0,192	35	6,719	183,8		k _c = 0,128			
														$\Sigma Q_0 = 384,4$		
														Q _p = 430,2		
														Q _v = 323,6		
														Q _z =		
														Q_c = 753,8		
V _{VH} =		0,0071		m ³ .h ⁻¹												
V _{VP} =		0,0008		m ³ .h ⁻¹		V _v =		0,0071		m ³ .h ⁻¹						

Tabulka tepelných ztrát místnosti 204

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky			Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$	
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostup tepla	Rozdíl teplot	k. Δt	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátopy	Na světovou stranu		I + p ₁ + p ₂ + p ₃
								k	Δt		Q _o					
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W					W	
SO1	45	8,975	1,5	12,200	1	2,250	9,950	0,215	35	7,513	74,8	p ₁ = 0,0179 p ₂ = 0,1 p ₃ = 0 k _c = 0,119				
OZ1		1,5		2,250				1,300	35	45,500	102,4					
Str				22,413				0,192	35	6,719	150,6					327,7
													$\Sigma Q_o =$	327,7		
													Q _p =	366,3		
													Q _v =	280,6		
													Q _z =			
													Q _c =	646,9		
V _{VH} =		0,0062	m ³ .h ⁻¹													
V _{VP} =		0,0008	m ³ .h ⁻¹		V _v =	0,0062	m ³ .h ⁻¹									

Tabulka tepelných ztrát místnosti 205

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$	
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel průstupu tepla	Rozdíl teplot	k. Δt	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátopy	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$		
								k	Δt		Q ₀					p ₁	p ₂
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃				
SO1	45	0,6	0,9	0,540	1	1,576	0,540	0,304	35	10,650	5,8	p ₁ = 0,0276 p ₂ = 0,1 p ₃ = 0,05 k _c = 0,184					
SO2	25	17,15	0,9	15,435			15,435	0,215	35	7,513	116,0						
SN1	30	2,85		5,625			4,049	0,676	2	1,351	5,5						
DN1		0,8	1,97	1,576			1,576	2,000	2	4,000	6,3						
Pdl1		1,65	1,275	2,104			2,104	0,474	5	2,370	5,0						
Pdl2		2,25	3,45	7,763			7,763	0,474	5	2,370	18,4						
Pdl3				6,338			6,338	0,474	5	2,370	15,0						
Pdl4		2,9	6,55	18,995			18,995	0,474	20	9,482	180,1						
Str				58,605			3	2,813	55,793	0,192	35					6,719	374,9
OZ1		0,75	1,25	0,938			0,938	1,400	35	49,000	45,9						
OZ2		0,75	1,25	0,938	0,938	1,400	35	49,000	45,9								
OZ3		0,75	1,25	0,938	0,938	1,400	35	49,000	45,9								
										864,7							
														ΣQ ₀ =	864,7		
														Q _p =	1018,3		
														Q _v =	511,5		
														Q _z =			
														Q _c =	1529,8		
V _{VH} =		0,0112	m ³ .h ⁻¹														
V _{VP} =		0,0009	m ³ .h ⁻¹		V _v =	0,0112	m ³ .h ⁻¹										

Tabulka tepelných ztrát místnosti 206

Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	k. Δt	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chlazených stěn	Na urychlení zátopy	Na světovou stranu	I + p ₁ + p ₂ + p ₃	
								k	Δt		Q ₀					
	cm	m	m	m ²	m ²	m ²	W.m ⁻² .K ⁻¹	K	W.m ⁻²	W	p ₁	p ₂	p ₃	W		
SO1	25	7,95	0,9	7,155	1	1,576	7,155	0,215	33	7,084	50,7	p ₁ = 0,0114 p ₂ = 0,1 p ₃ = 0,1 k _c = 0,076				
SN1	30	2,85		5,625			4,049	0,676	-2	-1,351	-5,5					
DN1		0,8	1,97	1,576			1,576	2,000	-2	-4,000	-6,3					
SN2	30	1,9	2,6	4,940			4,940	0,676	-2	-1,351	-6,7					
SN3	30	3,125		6,340			6,340	0,676	-6	-4,053	-25,7					
PdI1		2,85	4,6	13,110			13,110	0,474	-2	-0,948	-12,4					
PdI2		2,85	0,5	1,425			1,425	0,474	18	8,534	12,2					
Str				23,715			23,715	0,192	33	6,335	150,2					
															156,5	
															$\Sigma Q_0 =$	156,5
															Q _p =	189,6
															Q _v =	0,0
															Q _z =	
															Q_c =	189,6

$$V_{VH} = 0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$V_{VP} = 0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad V_v = 0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

PŘÍLOHA 3

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (A)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
4	2517,1	216,4730053	4,495	13	0,458483552	249,0815035	1119,621358	10,1	1048,913797	2168,535155
5	2444,9	210,2637363	0,566	13	0,445332501	236,6781253	133,9598189	2,06	201,8398462	335,7996651
6	2372,7	204,0544673	0,79	13	0,432181449	224,566685	177,4076812	0,06	5,536743392	182,9444246
7	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,014	43,06707019	130,9677746
8	1330,4	114,4156713	3,401	13	0,242329076	82,07200148	279,126877	0,57	16,5370033	295,6638803
9	144,4	12,41853798	1,269	13	0,026302104	2,76707917	3,511423467	42,4	14,49164638	18,00306985
10	72,2	6,209268992	1,386	13	0,013151052	1,383539585	1,917585865	10,9	0,931361708	2,848947573
11	72,2	6,209268992	1,386	13	0,013151052	1,383539585	1,917585865	12,5	1,068075353	2,985661218
12	144,4	12,41853798	1,269	13	0,026302104	2,76707917	3,511423467	92,6	31,64920885	35,16063232
13	1330,4	114,4156713	3,401	13	0,242329076	82,07200148	279,126877	0,5	14,50614325	293,6330203
14	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,176	49,94760804	137,8483124
15	2372,7	204,0544673	0,89	13	0,432181449	224,566685	199,8643497	0,06	5,536743392	205,4010931
16	2444,9	210,2637363	0,666	13	0,445332501	236,6781253	157,6276314	2,06	201,8398462	359,4674776
17	2517,1	216,4730053	4,545	13	0,458483552	249,0815035	1132,075433	5,5	571,1906818	1703,266115
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										10177,48206
těleso:	1,5	Pa								
								celková ztráta:	11406,982	Pa
filtr:	1228	Pa						nutno seškrtnit:	2965,2834	Pa
vodní objem Vt:		0,33	l					nastavení ventilu:	2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (B)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
4	2517,1	216,4730053	4,495	13	0,458483552	249,0815035	1119,621358	10,1	1048,913797	2168,535155
5	2444,9	210,2637363	0,566	13	0,445332501	236,6781253	133,9598189	2,06	201,8398462	335,7996651
6	2372,7	204,0544673	0,79	13	0,432181449	224,566685	177,4076812	0,06	5,536743392	182,9444246
7	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,014	43,06707019	130,9677746
8	1330,4	114,4156713	3,401	13	0,242329076	82,07200148	279,126877	0,57	16,5370033	295,6638803
9	144,4	12,41853798	1,269	13	0,026302104	2,76707917	3,511423467	42,4	14,49164638	18,00306985
41	72,2	6,209268992	0,574	13	0,013151052	1,383539585	0,794151722	6,9	0,589577595	1,383729317
42	72,2	6,209268992	0,474	13	0,013151052	1,383539585	0,655797763	7,3	0,623756006	1,279553769
12	144,4	12,41853798	1,269	13	0,026302104	2,76707917	3,511423467	92,6	31,64920885	35,16063232
13	1330,4	114,4156713	3,401	13	0,242329076	82,07200148	279,126877	0,5	14,50614325	293,6330203
14	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,176	49,94760804	137,8483124
15	2372,7	204,0544673	0,89	13	0,432181449	224,566685	199,8643497	0,06	5,536743392	205,4010931
16	2444,9	210,2637363	0,666	13	0,445332501	236,6781253	157,6276314	2,06	201,8398462	359,4674776
17	2517,1	216,4730053	4,545	13	0,458483552	249,0815035	1132,075433	5,5	571,1906818	1703,266115
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										10174,31073
těleso:	1,5	Pa								
								celková ztráta:	11403,811	Pa
filtr:	1228	Pa						nutno seškrtnit:	2968,4547	Pa
vodní objem Vt:		0,33	l					nastavení ventilu:	2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 22 VKM 600x1400

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
4	2517,1	216,4730053	4,495	13	0,458483552	249,0815035	1119,621358	10,1	1048,913797	2168,535155
5	2444,9	210,2637363	0,566	13	0,445332501	236,6781253	133,9598189	2,06	201,8398462	335,7996651
6	2372,7	204,0544673	0,79	13	0,432181449	224,566685	177,4076812	0,06	5,536743392	182,9444246
7	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,014	43,06707019	130,9677746
8	1330,4	114,4156713	3,401	13	0,242329076	82,07200148	279,126877	0,57	16,5370033	295,6638803
39	1186	101,9971333	1,25	13	0,216026973	67,31590826	84,14488533	6,14	141,5647852	225,7096705
40	1186	101,9971333	1,15	13	0,216026973	67,31590826	77,4132945	5,32	122,658739	200,0720335
13	1330,4	114,4156713	3,401	13	0,242329076	82,07200148	279,126877	0,5	14,50614325	293,6330203
14	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,176	49,94760804	137,8483124
15	2372,7	204,0544673	0,89	13	0,432181449	224,566685	199,8643497	0,06	5,536743392	205,4010931
16	2444,9	210,2637363	0,666	13	0,445332501	236,6781253	157,6276314	2,06	201,8398462	359,4674776
17	2517,1	216,4730053	4,545	13	0,458483552	249,0815035	1132,075433	5,5	571,1906818	1703,266115
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										10544,26545
těleso:	2600	Pa								
							celková ztráta:		14372,265	Pa
filtr:	1228	Pa					nutno seškrtnit:		0	Pa
							nastavení ventilu:		6	
těleso VK s Vekotec										
vodní objem Vt:		8,68	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-29 250-09-01

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
4	2517,1	216,4730053	4,495	13	0,458483552	249,0815035	1119,621358	10,1	1048,913797	2168,535155
5	2444,9	210,2637363	0,566	13	0,445332501	236,6781253	133,9598189	2,06	201,8398462	335,7996651
6	2372,7	204,0544673	0,79	13	0,432181449	224,566685	177,4076812	0,06	5,536743392	182,9444246
7	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,014	43,06707019	130,9677746
37	279,3	24,02006689	0,464	13	0,050873806	5,352113658	2,483380737	47,4	60,60908089	63,09246162
38	279,3	24,02006689	0,364	13	0,050873806	5,352113658	1,948169372	-6,08	-7,77432936	-5,82615999
14	1609,7	138,4357382	0,77	13	0,293202882	114,156759	87,9007044	1,176	49,94760804	137,8483124
15	2372,7	204,0544673	0,89	13	0,432181449	224,566685	199,8643497	0,06	5,536743392	205,4010931
16	2444,9	210,2637363	0,666	13	0,445332501	236,6781253	157,6276314	2,06	201,8398462	359,4674776
17	2517,1	216,4730053	4,545	13	0,458483552	249,0815035	1132,075433	5,5	571,1906818	1703,266115
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										9586,453149
těleso:	13,4	Pa								
								celková ztráta:	10827,853	Pa
filtr:	1228	Pa						nutno seškrtit:	3544,4123	Pa
vodní objem Vt:		0,83	l					nastavení ventilu:	4	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 22 VKM 600x900

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
4	2517,1	216,4730053	4,495	13	0,458483552	249,0815035	1119,621358	10,1	1048,913797	2168,535155
5	2444,9	210,2637363	0,566	13	0,445332501	236,6781253	133,9598189	2,06	201,8398462	335,7996651
6	2372,7	204,0544673	0,79	13	0,432181449	224,566685	177,4076812	0,06	5,536743392	182,9444246
35	763	65,6187291	1,25	13	0,138978567	32,12127675	40,15159594	15,04	143,5206515	183,6722475
36	763	65,6187291	1,15	13	0,138978567	32,12127675	36,93946827	4,9	46,75872291	83,69819117
15	2372,7	204,0544673	0,89	13	0,432181449	224,566685	199,8643497	0,06	5,536743392	205,4010931
16	2444,9	210,2637363	0,666	13	0,445332501	236,6781253	157,6276314	2,06	201,8398462	359,4674776
17	2517,1	216,4730053	4,545	13	0,458483552	249,0815035	1132,075433	5,5	571,1906818	1703,266115
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										9527,741199
							celková ztráta:		10755,741	Pa
filtr:	1228	Pa					nutno seškrtit:		3616,5243	Pa
	těleso VK s Vekotec						nastavení ventilu:		4	
	vodní objem Vt:	5,58	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (C)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
4	2517,1	216,4730053	4,495	13	0,458483552	249,0815035	1119,621358	10,1	1048,913797	2168,535155
5	2444,9	210,2637363	0,566	13	0,445332501	236,6781253	133,9598189	2,06	201,8398462	335,7996651
33	72,2	6,209268992	0,574	13	0,013151052	1,383539585	0,794151722	176,25	15,05986247	15,85401419
34	72,2	6,209268992	0,474	13	0,013151052	1,383539585	0,655797763	-63,4	-5,41727819	-4,76148043
16	2444,9	210,2637363	0,666	13	0,445332501	236,6781253	157,6276314	2,06	201,8398462	359,4674776
17	2517,1	216,4730053	4,545	13	0,458483552	249,0815035	1132,075433	5,5	571,1906818	1703,266115
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										8883,117776
těleso:	1,5	Pa								
							celková ztráta:		10112,618	Pa
filtr:	1228	Pa					nutno seškrtit:		4259,6477	Pa
vodní objem Vt:		0,33	1				nastavení ventilu:		2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (D)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
4	2517,1	216,4730053	4,495	13	0,458483552	249,0815035	1119,621358	10,1	1048,913797	2168,535155
31	72,2	6,209268992	0,82	13	0,013151052	1,383539585	1,13450246	177,6	15,17521461	16,30971707
32	72,2	6,209268992	0,72	13	0,013151052	1,383539585	0,996148501	-64	-5,46854581	-4,4723973
17	2517,1	216,4730053	4,545	13	0,458483552	249,0815035	1132,075433	5,5	571,1906818	1703,266115
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										8188,595419
těleso:	1,5	Pa								
							celková ztráta:		9418,0954	Pa
filtr:	1228	Pa					nutno seškrtnit:		4954,17	Pa
vodní objem Vt:		0,33	1				nastavení ventilu:		2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 10 VKM 500x500

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
21	895	76,97085523	1,16	13	0,163022041	41,80472933	48,49348603	82,15	1078,626593	1127,120079
22	466	40,07644529	3,865	13	0,08488075	13,44064704	51,9481008	4,46	15,87538174	67,82348254
29	179	15,39417105	0,82	13	0,032604408	2,191173232	1,79676205	10,068	5,28769935	7,084461401
30	179	15,39417105	0,87	13	0,032604408	2,191173232	1,906320712	15,12	7,9410026	9,847323312
25	466	40,07644529	4,015	13	0,08488075	13,44064704	53,96419786	2,75	9,788632239	63,7528301
26	895	76,97085523	1,01	13	0,163022041	41,80472933	42,22277663	-28,35	-372,234497	-330,01172
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	203,0715788	741,2112625	4,036	607,7947176	1349,00598
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	325,7207061	415,2939003	1	256,5135052	671,8074055
										4795,36991
							celková ztráta:		6023,3699	Pa
filtr:	1228	Pa					nutno seškrtit:		8348,8955	Pa
	těleso VK s Vekotec						nastavení ventilu:		2	
	vodní objem Vt:	1,35	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 11 VKM 500x1000

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*I	$\Sigma\xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
21	895	76,97085523	1,16	13	0,163022041	41,80472933	48,49348603	82,15	1078,626593	1127,120079
27	429	36,89440994	1,545	13	0,078141291	11,5450745	17,8371401	9,36	28,2363085	46,0734486
28	429	36,89440994	1,645	13	0,078141291	11,5450745	18,99164755	5,78	17,43652384	36,42817139
26	895	76,97085523	1,01	13	0,163022041	41,80472933	42,22277663	-28,35	-372,234497	-330,01172
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	203,0715788	741,2112625	4,036	607,7947176	1349,00598
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	325,7207061	415,2939003	1	256,5135052	671,8074055
										4729,363433
								celková ztráta:	5957,3634	Pa
filtr:	1228	Pa						nutno seškrtit:	8414,902	Pa
	těleso VK s Vekotec							nastavení ventilu:	3	
	vodní objem Vt:	2,7	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 22 VKM 500x1600

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
43	2189	188,2560917	2,715	13	0,398720947	195,0236298	529,489155	22,074	1733,764261	2263,253416
44	1176	101,1371237	6,735	13	0,214205497	66,34106025	446,8070408	9,856	223,4255437	670,2325845
45	1176	101,1371237	6,425	13	0,214205497	66,34106025	426,2413121	10,482	237,61633	663,8576421
46	2189	188,2560917	2,815	13	0,398720947	195,0236298	548,991518	30,38	2386,144707	2935,136225
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										7739,803861
								celková ztráta:	8967,8039	Pa
filtr:	1228	Pa						nutno seškrtit:	5404,4616	Pa
	těleso VK s Vekotec							nastavení ventilu:	5	
	vodní objem Vt:	8,48	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 11 VKM 500x500

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*I	$\Sigma \xi$	Z	R*I + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
43	2189	188,2560917	2,715	13	0,398720947	195,0236298	529,489155	22,074	1733,764261	2263,253416
47	1013	87,11896799	1,088	13	0,18451545	51,33228109	55,84952182	5,151	86,64189165	142,4914135
48	563	48,41853798	0,759	13	0,10254906	18,92292775	14,36250216	3,724	19,34835054	33,7108527
55	177	15,22216914	1,11	13	0,032240113	3,391779869	3,764875655	15,328	7,87135518	11,63623083
56	177	15,22216914	1,01	13	0,032240113	3,391779869	3,425697668	4,84	2,485474887	5,911172555
51	563	48,41853798	0,859	13	0,10254906	18,92292775	16,25479494	2,328	12,09531688	28,35011182
52	1013	87,11896799	1,298	13	0,18451545	51,33228109	66,62930085	6,11	102,7726573	169,4019582
46	2189	188,2560917	2,815	13	0,398720947	195,0236298	548,991518	30,38	2386,144707	2935,136225
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										6797,215374
									celková ztráta:	8025,2154 Pa
filtr:	1228	Pa							nutno seškrtit:	6347,0501 Pa
	těleso VK s Vekotec								nastavení ventilu:	2
	vodní objem Vt:	1,35	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso KRM 1200.750

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma \xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
43	2189	188,2560917	2,715	13	0,398720947	195,0236298	529,489155	22,074	1733,764261	2263,253416
47	1013	87,11896799	1,088	13	0,18451545	51,33228109	55,84952182	5,151	86,64189165	142,4914135
53	450	38,70043	4,016	13	0,081966389	8,623169159	34,63064734	18,688	62,03050803	96,66115538
54	450	38,70043	3,916	13	0,081966389	8,623169159	33,76833043	5,744	19,06588389	52,83421432
52	1013	87,11896799	1,298	13	0,18451545	51,33228109	66,62930085	6,11	102,7726573	169,4019582
46	2189	188,2560917	2,815	13	0,398720947	195,0236298	548,991518	30,38	2386,144707	2935,136225
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										6867,102376
									celková ztráta:	8095,1024 Pa
filtr:	1228	Pa							nutno seškrtit:	6277,1631 Pa
vodní objem Vt:		9,8	1						nastavení ventilu:	2

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 11 VKM 500x1600

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma \xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
57	3762	323,5355948	3	16	0,452364818	187,0398385	561,1195156	2	202,1987851	763,3183006
58	2294	197,2861921	0,195	13	0,417846438	211,6797862	41,27755831	4,52	389,8905841	431,1681424
71	686	58,99665552	0,771	13	0,124953207	26,78495267	20,65119851	18,139	139,9197619	160,5709604
72	686	58,99665552	0,521	13	0,124953207	26,78495267	13,95496034	6,657	51,35045232	65,30541267
65	2294	197,2861921	0,095	13	0,417846438	211,6797862	20,10957969	3,62	312,2575032	332,3670829
66	3762	323,5355948	3	16	0,452364818	187,0398385	561,1195156	1,2	121,319271	682,4387866
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										6740,125515
									celková ztráta:	7968,1255 Pa
filtr:	1228	Pa							nutno seškrtit:	6404,1399 Pa
	těleso VK s Vekotec								nastavení ventilu:	3
	vodní objem Vt:	4,32	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 11 VKL 500x1600

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	0,5	128,2567526	539,5336203
2	7174,1	616,9794553	3,39	20	0,552099597	200,8877158	681,0093567	4,04	608,397091	1289,406448
3	6279,1	540,0086001	1,195	20	0,483222785	158,6705907	189,6113559	0,325	37,49290331	227,1042592
57	3762	323,5355948	3	16	0,452364818	187,0398385	561,1195156	2	202,1987851	763,3183006
73	1468	126,2494028	5,954	13	0,267392577	97,30079706	579,3289457	10,58	373,7276792	953,0566249
77	702	60,37267081	0,906	13	0,127867567	27,8705943	25,25075843	9,406	75,97954417	101,2303026
78	702	60,37267081	0,806	13	0,127867567	27,8705943	22,463699	5,778	46,67337936	69,13707836
76	1468	126,2494028	6,104	13	0,267392577	97,30079706	593,9240653	10,8	381,4989542	975,4230194
66	3762	323,5355948	3	16	0,452364818	187,0398385	561,1195156	1,2	121,319271	682,4387866
18	6279,1	540,0086001	1,295	20	0,483222785	158,6705907	205,478415	0,3	34,60883383	240,0872488
19	7174,1	616,9794553	3,65	20	0,552099597	200,8877158	733,2401628	4,036	607,7947176	1341,03488
20	9363,1	805,2355471	1,275	20	0,720559197	322,5700923	411,2768677	1	256,5135052	667,7903729
										7849,560942
									celková ztráta:	9077,5609 Pa
filtr:	1228	Pa							nutno seškrtit:	5294,7045 Pa
									nastavení ventilu:	3
těleso VK s Vekotec										
vodní objem Vt:		4,32	l							

PŘÍLOHA P4

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (A)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,4920349	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,649324	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,185259	120,382595
4	2541,8	145,7314859	4,495	13	0,310604001	119,2145286	535,8693059	10,1	478,379687	1014,248993
5	2424,9	139,0291448	0,566	13	0,296319003	109,8064063	62,15042596	2,1	90,5264663	152,6768923
6	2308	132,3268036	1,56	13	0,282034006	100,7446473	157,1616498	0,1	3,90517244	161,0668222
7	1855,8	106,4003822	3,401	13	0,22677587	68,96977692	234,5662113	0,7	17,6737614	252,2399727
8	233,8	13,40468227	1,269	13	0,028569996	2,455349389	3,115838374	38,7	15,5084568	18,62429518
9	116,9	6,702341137	1,386	13	0,014284998	1,227674694	1,701557126	10,9	1,09200374	2,793560868
10	116,9	6,702341137	1,386	13	0,014284998	1,227674694	1,701557126	12,5	1,25229787	2,953854995
11	233,8	13,40468227	1,269	13	0,028569996	2,455349389	3,115838374	79,5	31,8584578	34,97429616
12	1855,8	106,4003822	3,401	13	0,22677587	68,96977692	234,5662113	0,6	15,1489383	249,7151496
13	2308	132,3268036	1,66	13	0,282034006	100,7446473	167,2361145	0,1	3,90517244	171,1412869
14	2424,9	139,0291448	0,666	13	0,296319003	109,8064063	73,13106659	2,1	90,5264663	163,6575329
15	2541,8	145,7314859	4,545	13	0,310604001	119,2145286	541,8300323	5,5	260,50379	802,3338225
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,4707715	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,057251	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,98407	312,7092326
										5137,98992
těleso:	1,5	Pa								
								celková ztráta:	5698,4899	Pa
filtr:	559	Pa						nutno seškrtit:	2498,8355	Pa
	objem tělesa Vt:		0,33	1				nastavení ventilu:	2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (B)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
4	2541,8	145,7314859	4,495	13	0,310604001	119,2145286	535,8693059	10,1	478,3796875	1014,248993
5	2424,9	139,0291448	0,566	13	0,296319003	109,8064063	62,15042596	2,1	90,5264663	152,6768923
6	2308	132,3268036	1,56	13	0,282034006	100,7446473	157,1616498	0,1	3,905172435	161,0668222
7	1855,8	106,4003822	3,401	13	0,22677587	68,96977692	234,5662113	0,7	17,67376138	252,2399727
8	233,8	13,40468227	1,269	13	0,028569996	2,455349389	3,115838374	38,7	15,50845681	18,62429518
37	116,9	6,702341137	0,574	13	0,014284998	1,227674694	0,704685275	6,9	0,691268424	1,395953698
38	116,9	6,702341137	0,474	13	0,014284998	1,227674694	0,581917805	7,3	0,731341956	1,313259761
11	233,8	13,40468227	1,269	13	0,028569996	2,455349389	3,115838374	79,5	31,85845779	34,97429616
12	1855,8	106,4003822	3,401	13	0,22677587	68,96977692	234,5662113	0,6	15,14893832	249,7151496
13	2308	132,3268036	1,66	13	0,282034006	100,7446473	167,2361145	0,1	3,905172435	171,1412869
14	2424,9	139,0291448	0,666	13	0,296319003	109,8064063	73,13106659	2,1	90,5264663	163,6575329
15	2541,8	145,7314859	4,545	13	0,310604001	119,2145286	541,8300323	5,5	260,5037902	802,3338225
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										5134,951717
těleso:	1,5	Pa								
								celková ztráta:	5695,4517	Pa
filtr:	559	Pa						nutno seškrtit:	2501,8737	Pa
objem tělesa Vt:		0,33	l					nastavení ventilu:	2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 22 VKM 600x1200

číslo úseku	Q		l	d	w	R	R*1	$\Sigma \xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
4	2541,8	145,7314859	4,495	13	0,310604001	119,2145286	535,8693059	10,1	478,3796875	1014,248993
5	2424,9	139,0291448	0,566	13	0,296319003	109,8064063	62,15042596	2,1	90,5264663	152,6768923
6	2308	132,3268036	1,56	13	0,282034006	100,7446473	157,1616498	0,1	3,905172435	161,0668222
7	1855,8	106,4003822	3,401	13	0,22677587	68,96977692	234,5662113	0,7	17,67376138	252,2399727
35	1622	92,99569995	1,25	13	0,198205874	54,63649517	68,29561896	6,22	119,9666939	188,2623129
36	1622	92,99569995	1,15	13	0,198205874	54,63649517	62,83196945	5,63	108,5872165	171,419186
12	1855,8	106,4003822	3,401	13	0,22677587	68,96977692	234,5662113	0,6	15,14893832	249,7151496
13	2308	132,3268036	1,66	13	0,282034006	100,7446473	167,2361145	0,1	3,905172435	171,1412869
14	2424,9	139,0291448	0,666	13	0,296319003	109,8064063	73,13106659	2,1	90,5264663	163,6575329
15	2541,8	145,7314859	4,545	13	0,310604001	119,2145286	541,8300323	5,5	260,5037902	802,3338225
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										5438,325411
těleso:	2200	Pa								
									celková ztráta:	8197,3254 Pa
filtr:	559	Pa							nutno seškrtit:	0 Pa
									nastavení ventilu:	6
těleso VK s Vekotec										
objem tělesa Vt:		7,44	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-29 250-09-01

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
4	2541,8	145,7314859	4,495	13	0,310604001	119,2145286	535,8693059	10,1	478,3796875	1014,248993
5	2424,9	139,0291448	0,566	13	0,296319003	109,8064063	62,15042596	2,1	90,5264663	152,6768923
6	2308	132,3268036	1,56	13	0,282034006	100,7446473	157,1616498	0,1	3,905172435	161,0668222
33	452,2	25,9264214	0,464	13	0,055258136	6,237680692	2,894283841	30,9	46,32209593	49,21637978
34	452,2	25,9264214	0,364	13	0,055258136	6,237680692	2,270515772	0,58	0,869476234	3,139992006
13	2308	132,3268036	1,66	13	0,282034006	100,7446473	167,2361145	0,1	3,905172435	171,1412869
14	2424,9	139,0291448	0,666	13	0,296319003	109,8064063	73,13106659	2,1	90,5264663	163,6575329
15	2541,8	145,7314859	4,545	13	0,310604001	119,2145286	541,8300323	5,5	260,5037902	802,3338225
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										4629,045162
těleso:	15,5	Pa								
								celková ztráta:	5203,5452	Pa
filtr:	559	Pa						nutno seškrtit:	2993,7802	Pa
objem tělesa Vt:		0,83	l					nastavení ventilu:	4	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (C)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
4	2541,8	145,7314859	4,495	13	0,310604001	119,2145286	535,8693059	10,1	478,3796875	1014,248993
5	2424,9	139,0291448	0,566	13	0,296319003	109,8064063	62,15042596	2,1	90,5264663	152,6768923
31	116,9	6,702341137	0,574	13	0,014284998	1,227674694	0,704685275	153,5	15,37821783	16,08290311
32	116,9	6,702341137	0,474	13	0,014284998	1,227674694	0,581917805	-53,3	-5,33979811	-4,75788031
14	2424,9	139,0291448	0,666	13	0,296319003	109,8064063	73,13106659	2,1	90,5264663	163,6575329
15	2541,8	145,7314859	4,545	13	0,310604001	119,2145286	541,8300323	5,5	260,5037902	802,3338225
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										4255,805704
těleso:	1,5	Pa								
								celková ztráta:	4816,3057	Pa
filtr:	559	Pa						nutno seškrtit:	3381,0197	Pa
objem tělesa Vt:		0,33	1					nastavení ventilu:	2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes podlahový konvektor FMK-18 100-09-01 (D)

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
4	2541,8	145,7314859	4,495	13	0,310604001	119,2145286	535,8693059	10,1	478,3796875	1014,248993
29	116,9	6,702341137	0,82	13	0,014284998	1,227674694	1,006693249	155,9	15,61865902	16,62535227
30	116,9	6,702341137	0,72	13	0,014284998	1,227674694	0,88392578	-54,3	-5,43998194	-4,55605616
15	2541,8	145,7314859	4,545	13	0,310604001	119,2145286	541,8300323	5,5	260,5037902	802,3338225
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										3940,215552
těleso:	1,5	Pa								
							celková ztráta:		4500,7156	Pa
filtr:	559	Pa					nutno seškrtit:		3696,6099	Pa
objem tělesa Vt:		0,33	l				nastavení ventilu:		2	

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 10 VKM 500x600

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*l	$\Sigma\xi$	Z	R*l + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
19	1287	73,78881988	1,16	13	0,157269396	36,67923987	42,54791825	49,9	605,9352884	648,4832067
20	496	28,43764931	3,865	13	0,060610428	5,208953366	20,13260476	9,35	16,86333898	36,99594374
21	321	18,40420449	2,415	13	0,0392257	3,371116997	8,141247547	9,324	7,043377017	15,18462456
22	321	18,40420449	2,165	13	0,0392257	3,371116997	7,298468298	9,224	6,967836723	14,26630502
23	496	28,43764931	4,015	13	0,060610428	5,208953366	20,91394776	6,02	10,85746531	31,77141307
24	1287	73,78881988	1,01	13	0,157269396	36,67923987	37,04603227	-14,16	-171,944763	-134,898731
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										2478,683923
							celková ztráta:		3037,6839	Pa
filtr:	559	Pa					nutno seškrtit:		5159,6415	Pa
	těleso VK s Vekotec						nastavení ventilu:		2	
	objem tělesa Vt:	1,62	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 10 VKM 300x500

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
19	1287	73,78881988	1,16	13	0,157269396	36,67923987	42,54791825	49,9	605,9352884	648,4832067
20	496	28,43764931	3,865	13	0,060610428	5,208953366	20,13260476	9,35	16,86333898	36,99594374
25	175	10,03344482	0,82	13	0,021384727	1,837836369	1,507025822	14,95	3,356494163	4,863519985
26	175	10,03344482	0,87	13	0,021384727	1,837836369	1,598917641	17,29	3,881858467	5,480776108
23	496	28,43764931	4,015	13	0,060610428	5,208953366	20,91394776	6,02	10,85746531	31,77141307
24	1287	73,78881988	1,01	13	0,157269396	36,67923987	37,04603227	-14,16	-171,944763	-134,898731
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										2459,57729
								celková ztráta:	3018,5773	Pa
filtr:	559	Pa						nutno seškrtit:	5178,7481	Pa
	těleso VK s Vekotec							nastavení ventilu:	1	
	objem tělesa Vt:	0,95	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 11 VKM 600x1000

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
19	1287	73,78881988	1,16	13	0,157269396	36,67923987	42,54791825	49,9	605,9352884	648,4832067
27	791	45,35117057	1,545	13	0,096658968	16,18369425	25,00380762	7,62	34,9523632	59,95617081
28	791	45,35117057	1,645	13	0,096658968	16,18369425	26,62217704	5,71	26,19133778	52,81351482
24	1287	73,78881988	1,01	13	0,157269396	36,67923987	37,04603227	-14,16	-171,944763	-134,898731
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										2493,235323
									celková ztráta:	3052,2353 Pa
filtr:	559	Pa							nutno seškrtit:	5145,0901 Pa
									nastavení ventilu:	3
objem tělesa Vt:		3,1	1							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 11 VKM 500x1600

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
39	1800	103,2011467	2,715	13	0,219957197	65,41713034	177,6075089	34,3	814,7187972	992,3263061
40	1077	61,7486861	6,735	13	0,131607723	27,26322969	183,6178519	9,1	77,38225924	261,0001112
41	1077	61,7486861	6,425	13	0,131607723	27,26322969	175,1662507	9,6	81,63403172	256,8002825
42	1800	103,2011467	2,815	13	0,219957197	65,41713034	184,1492219	51,7	1228,016379	1412,165601
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										3489,218731
									celková ztráta:	4048,2187 Pa
filtr:	559	Pa							nutno seškrtit:	4149,1067 Pa
									nastavení ventilu:	4
objem tělesa Vt:		4,32	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso KRM 1200.750

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*l	$\Sigma\xi$	Z	R*l + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
39	1800	103,2011467	2,715	13	0,219957197	65,41713034	177,6075089	34,3	814,7187972	992,3263061
43	723	41,45246058	5,104	13	0,088349474	13,81426599	70,50801362	21,1	80,85886783	151,3668814
44	723	41,45246058	5,214	13	0,088349474	13,81426599	72,02758288	14	53,65043363	125,6780165
42	1800	103,2011467	2,815	13	0,219957197	65,41713034	184,1492219	51,7	1228,016379	1412,165601
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										3248,463236
									celková ztráta:	3807,4632 Pa
filtr:	559	Pa							nutno seškrtit:	4389,8622 Pa
objem tělesa Vt:		9,8	l						nastavení ventilu:	2

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 20 VKM 600x1800

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
45	3826	219,3597707	3	16	0,308643671	90,55297602	271,6589281	2	93,53669312	365,1956212
46	2353	134,9068323	0,87	13	0,287532935	104,194438	90,64916107	1,35	54,79566843	145,4448295
47	1763	101,0797898	5,295	13	0,215435854	63,10665133	334,1497188	1,1	25,06489652	359,2146153
48	1570	90,01433349	1,774	13	0,191851555	51,64733803	91,62237767	8,25	149,0808498	240,7032274
49	1570	90,01433349	1,774	13	0,191851555	51,64733803	91,62237767	8,24	148,9001457	240,5225234
50	1763	101,0797898	5,145	13	0,215435854	63,10665133	324,6837211	0,8	18,22901565	342,9127367
51	2353	134,9068323	0,97	13	0,287532935	104,194438	101,0686049	1,9	77,11982964	178,1884345
52	3826	219,3597707	3	16	0,308643671	90,55297602	271,6589281	1,2	56,12201587	327,7809439
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										4311,526372
							celková ztráta:		4870,5264	Pa
filtr:	559	Pa					nutno seškrtit:		3326,799	Pa
	těleso VK s Vekotec						nastavení ventilu:		5	
objem tělesa Vt:		11,16	l							

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso KLPM 1204.750

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
45	3826	219,3597707	3	16	0,308643671	90,55297602	271,6589281	2	93,53669312	365,1956212
46	2353	134,9068323	0,87	13	0,287532935	104,194438	90,64916107	1,35	54,79566843	145,4448295
55	590	33,82704252	6,039	13	0,072097081	6,196134044	37,41845349	37,45	95,57063059	132,9890841
56	590	33,82704252	6,289	13	0,072097081	6,196134044	38,967487	8,55	21,81919604	60,78668304
51	2353	134,9068323	0,97	13	0,287532935	104,194438	101,0686049	1,9	77,11982964	178,1884345
52	3826	219,3597707	3	16	0,308643671	90,55297602	271,6589281	1,2	56,12201587	327,7809439
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										3321,949036
									celková ztráta:	3880,949 Pa
filtr:	559	Pa							nutno seškrtit:	4316,3764 Pa
objem tělesa Vt:		8,1	1						nastavení ventilu:	2

Tabulka výpočtu tlakových ztrát přes otopné těleso 11 VKM 500x1200

číslo úseku	Q	\dot{m}	l	d	w	R	R*1	$\Sigma\xi$	Z	R*1 + Z
	[W]	[kg.h ⁻¹]	[m]	[mm]	[m.s ⁻¹]	[Pa.m ⁻¹]	[Pa]	-	[Pa]	[Pa]
1	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	0,5	58,49203487	254,2171977
2	7654,8	438,8800764	3,39	20	0,39520846	105,5900209	357,9501707	3,36	257,6493236	615,5994943
3	6367,8	365,0912566	1,195	20	0,32876214	76,31576239	91,19733605	0,55	29,18525899	120,382595
45	3826	219,3597707	3	16	0,308643671	90,55297602	271,6589281	2	93,53669312	365,1956212
57	1473	84,45293837	5,954	13	0,179998306	46,26790483	275,4791054	9,32	148,2483991	423,7275045
58	808	46,32584806	3,596	13	0,098736342	16,79516035	60,39539662	9,87	47,23984679	107,6352434
59	808	46,32584806	3,596	13	0,098736342	16,79516035	60,39539662	8,41	40,25198698	100,6473836
60	1473	84,45293837	6,104	13	0,179998306	46,26790483	282,4192911	11,05	175,7666105	458,1859016
52	3826	219,3597707	3	16	0,308643671	90,55297602	271,6589281	1,2	56,12201587	327,7809439
16	6367,8	365,0912566	1,295	20	0,32876214	76,31576239	98,82891229	0,48	25,47077148	124,2996838
17	7654,8	438,8800764	3,649	20	0,39520846	105,5900209	385,2979861	3,9	299,0572506	684,3552367
18	9454,8	542,0812231	1,275	20	0,488140375	153,5099316	195,7251628	1	116,9840697	312,7092326
										3894,736038
									celková ztráta:	4453,736 Pa
filtr:	559	Pa							nutno seškrtit:	3743,5894 Pa
									nastavení ventilu:	3
objem tělesa Vt:		4,32	1							

PŘÍLOHA P5

číslo položky	popis	jednotková cena v Kč bez DPH	množství	jedn. mn.	cena v Kč bez DPH
potrubí, armatury a tvarovky					
1	měděné potrubí 22x1	143,5	12,1	[m]	1736,35
2	měděné potrubí 18x1	113,65	6	[m]	681,9
3	měděné potrubí 15x1	96,43	145,1	[m]	13991,993
4	koleno DN 20	17,6	2	[ks]	35,2
5	koleno DN 13	7,4	92	[ks]	680,8
6	T-kus DN 20/20/20	39	2	[ks]	78
7	T-kus DN 20/20/16	31,4	2	[ks]	62,8
8	T-kus DN 13/13/13	11,7	30	[ks]	351
9	T-kus DN 16/16/16	22,5	2	[ks]	45
10	redukce DN 20/ DN13	34,4	4	[ks]	137,6
11	redukce DN 20/ DN16	23	2	[ks]	46
12	T-kus DN 20/20/13	31,4	2	[ks]	62,8
13	kulový kohout DN 20	176	3	[ks]	528
14	vypouštěcí ventil niklovaný	82	2	[ks]	164
15	filtr	252	1	[ks]	252
tělesa, přípojovací armatury, termostatické hlavice					
16	podl. konvektor FMK-18 100-09-01	2797	4	[ks]	11188
17	krycí mřížka-buk přírodní PML 100	1260	4	[ks]	5040
18	podl. konvektor FMK-29 250-09-01	5806	1	[ks]	5806
19	krycí mřížka-buk přírodní PML 250	3247	1	[ks]	3247
20	termostatický rohový ventil DN15	246	5	[ks]	1230
21	termostatická hl. s dálkovým nast.	1128	5	[ks]	5640
22	22 VKM 600x900	3482	1	[ks]	3482
23	22 VKM 600x1400	4411	1	[ks]	4411
24	11 VKM 500x1000	2409	1	[ks]	2409
25	11 VKM 500x900	2302	1	[ks]	2302
26	10 VKM 500x500	1677	1	[ks]	1677
27	10 VKM 500x800	1892	1	[ks]	1892
28	11 VKM 500x500	1867	1	[ks]	1867
29	KRM 1200.750	3361	1	[ks]	3361
30	22 VKM 500x1600	4610	1	[ks]	4610
31	KLPM 1820.750	4538	1	[ks]	4538
32	20 VKM 500x1600	3383	1	[ks]	3383
33	11 VKL 500x1600	2910	1	[ks]	2910
34	11 VKM 500x1600	3059	1	[ks]	3059
35	11 VKM 500x2000	3494	1	[ks]	3494
36	10 VKM 500x600	1747	1	[ks]	1747
37	přípojovací šroubení Vekotec	275	13	[ks]	3575
38	termostatický ventil VHS-F rohový	908	2	[ks]	1816
39	kryt ventilu VHS-F	212	2	[ks]	424
40	termostatická hlavice typ VK	325	13	[ks]	4225
41	termostatická hlavice typ K	325	2	[ks]	650
42	upevňovací souprava pro LINEAR	128	1	[ks]	128
43	upevňovací souprava pro RONDO	128	1	[ks]	128
44	navrtávací konzola 15/120	46	14	[ks]	644
45	navrtávací konzola 15/100/70	44	6	[ks]	264
46	stojánková konzola vnější	182	7	[ks]	1274
47	nosný profil Z-U240	106	7	[ks]	742

Příloha P5 - pokračování

kotel, regulátor					
48	Junkers CERAPUR ZSBR 3-16	53490	1	[ks]	53490
49	CERACONTROL TA 250	8990	1	[ks]	8990
50	odkouření AZB 600/2	4990	1	[ks]	4990
tepelná izolace potrubí					
51	MIRELON PRO 15, tl.13mm	12,4	145,1	[m]	1799,24
52	MIRELON PRO 18, tl. 13mm	15,4	6	[m]	92,4
53	MIRELON PRO 22, tl. 13mm	16,4	12,1	[m]	198,44
celková cena bez DPH					179576,523
celková cena s 9% DPH					195738,4

PŘÍLOHA P6

číslo položky	popis	jednotková cena v Kč bez DPH	množství	jedn. mn.	cena v Kč bez DPH
potrubí, armatury a tvarovky					
1	měděné potrubí 22x1	143,5	12,1	[m]	1736,35
2	měděné potrubí 18x1	113,65	6	[m]	681,9
3	měděné potrubí 15x1	96,43	134,2	[m]	12940,906
4	koleno DN 20	17,6	2	[ks]	35,2
5	koleno DN 13	7,4	74	[ks]	547,6
6	T-kus DN 20/20/20	39	2	[ks]	78
7	T-kus DN 20/20/16	31,4	2	[ks]	62,8
8	T-kus DN 13/13/13	11,7	22	[ks]	257,4
9	T-kus DN 16/16/16	22,5	2	[ks]	45
10	redukce DN 20/ DN13	34,4	4	[ks]	137,6
11	redukce DN 20/ DN16	23	2	[ks]	46
12	T-kus DN 20/20/13	31,4	2	[ks]	62,8
13	kulový kohout DN 20	176	3	[ks]	528
14	vypouštěcí ventilek niklovaný	82	2	[ks]	164
15	filtr	252	1	[ks]	252
tělesa, přípojovací armatury, termostatické hlavice					
16	podl. konvektor FMK-18 100-09-01	2797	4	[ks]	11188
17	krycí mřížka-buk přírodní PML 100	1260	4	[ks]	5040
18	podl. konvektor FMK-29 250-09-01	5806	1	[ks]	5806
19	krycí mřížka-buk přírodní PML 250	3247	1	[ks]	3247
20	termostatický rohový ventil DN15	246	5	[ks]	1230
21	termostatická hl. s dálkovým nast.	1128	5	[ks]	5640
22	22 VKM 600x1200	4041	1	[ks]	4041
23	11 VKM 600x1000	2628	1	[ks]	2628
24	10 VKM 300x500	1379	1	[ks]	1379
25	10 VKM 500x600	1747	1	[ks]	1747
26	11 VKM 500x1600	3059	1	[ks]	3059
29	KRM 1200.750	3361	1	[ks]	3361
31	KLPM 1204.750	3137	1	[ks]	3137
32	11 VKM 500x1200	2626	1	[ks]	2626
33	10 VKL 500x1600	2351	1	[ks]	2351
34	20 VKM 600x2000	4314	1	[ks]	4314
36	10 VKM 300x600	1445	1	[ks]	1445
37	přípojovací šroubení Vekotec	275	9	[ks]	2475
38	termostatický ventil VHS-F rohový	908	2	[ks]	1816
39	kryt ventilu VHS-F	212	2	[ks]	424
40	termostatická hlavice typ VK	325	9	[ks]	2925
41	termostatická hlavice typ K	325	2	[ks]	650
42	upevňovací souprava pro LINEAR	128	1	[ks]	128
43	upevňovací souprava pro RONDO	128	1	[ks]	128
44	navrtávací konzola 15/120	46	8	[ks]	368
45	navrtávací konzola 15/100/70	44	8	[ks]	352
46	stojánková konzola vnější	182	3	[ks]	546
47	nosný profil Z-U250	125	3	[ks]	375
kotel, regulátor					
48	Junkers CERAMINI ZSN 5/11-6 KE	35990	1	[ks]	35990
49	CERACONTROL TA 250	8990	1	[ks]	8990
50	odkouření AZ 184	3990	1	[ks]	3990
tepelná izolace potrubí					
51	MIRELON PRO 15, tl.13mm	12,4	134,2	[m]	1664,08
52	MIRELON PRO 18, tl. 13mm	15,4	6	[m]	92,4
53	MIRELON PRO 22, tl. 13mm	16,4	12,1	[m]	198,44
celková cena bez DPH					140926,476
celková cena s 9% DPH					153609,9

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Autor: Ondřej David

Název závěrečné práce: Ekonomické zhodnocení a návrh otopné soustavy pro vytápění rodinného domu s klasickým a kondenzačním plynovým kotlem.

Název závěrečné práce ENG: Design of heating system for family house.

Anotace závěrečné práce: Diplomová práce se zabývá návrhem a ekonomickým zhodnocením otopné soustavy pro vytápění rodinného domu klasickým plynovým kotlem a kondenzačním plynovým kotlem. Diplomová práce obsahuje návrh těchto dvou otopných soustav, včetně výkresové dokumentace uvedené v příloze. Dále práce obsahuje výpočet spotřeby zemního plynu u obou variant otopných soustav s výpočtem ceny zemního plynu protopeného za otopné období a investiční náklady na tyto otopné soustavy a výsledkem je ekonomické porovnání těchto dvou otopných soustav.

Anotace závěrečné práce ENG: Diploma thesis deal with design and economic valorize heating system for heating family house classical gas boiler and condensing gas boiler. Diploma thesis includes design these two heating systems, inclusive graphical documentation mentioned enclosed. Further thesis includes calculation consumption natural gas in both variants heating systems with pricing natural gas spent behind heating period and investment charge upon this heating system and result is economics comparison these two heating systems.

Klíčová slova: vytápění, ekonomické zhodnocení, klasický plynový kotel, kondenzační plynový kotel

Klíčová slova ENG: heating, economics estimation, classical gas boiler, condensing gas boiler

Typ závěrečné práce: diplomová práce

Datový formát elektronické verze: pdf

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Jazyk závěrečné práce: čeština

Přidělovaný titul: Ing.

Vedoucí závěrečné práce: Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

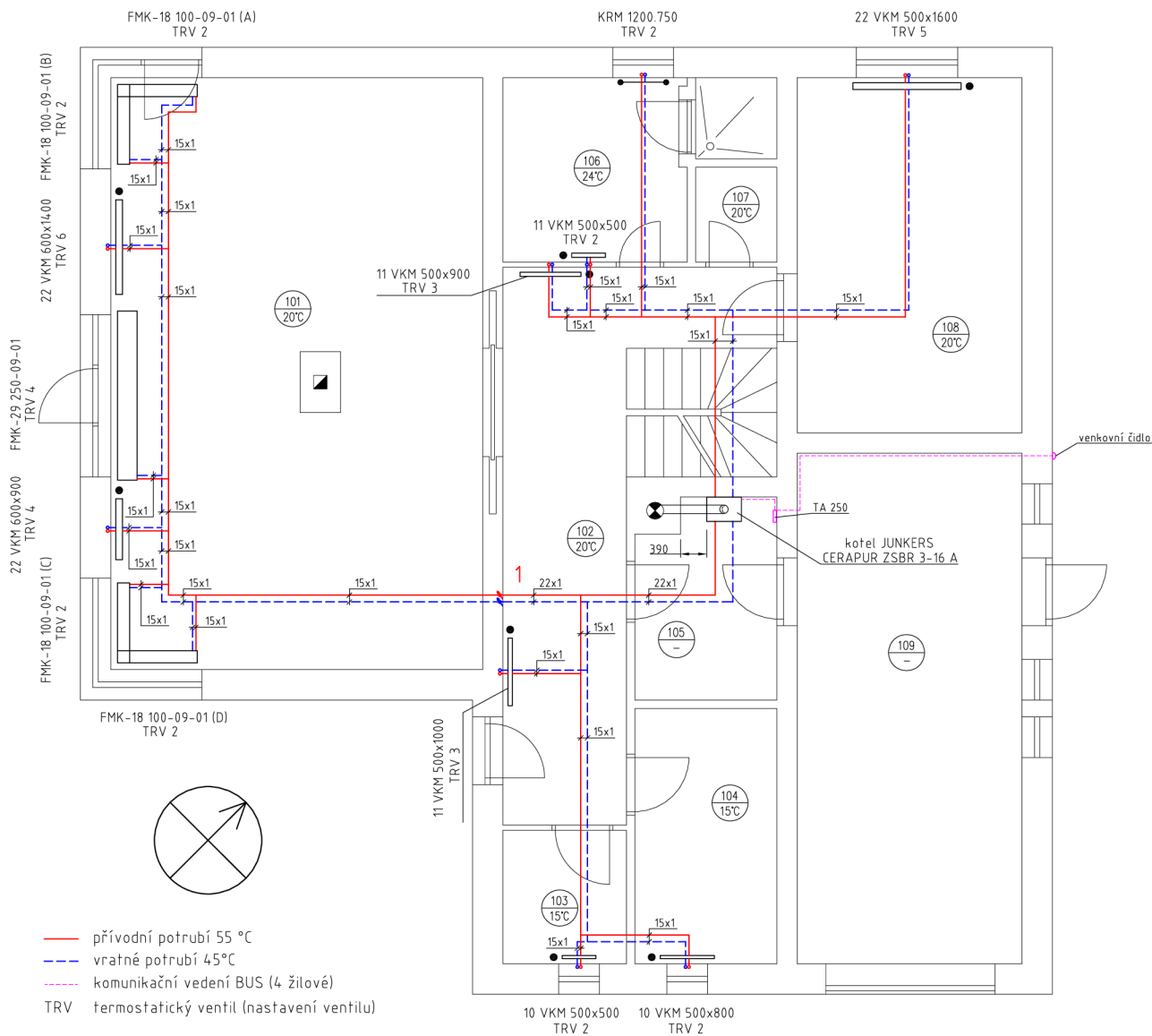
Škola: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta: Fakulta strojního inženýrství

Ústav / ateliér: Energetický ústav

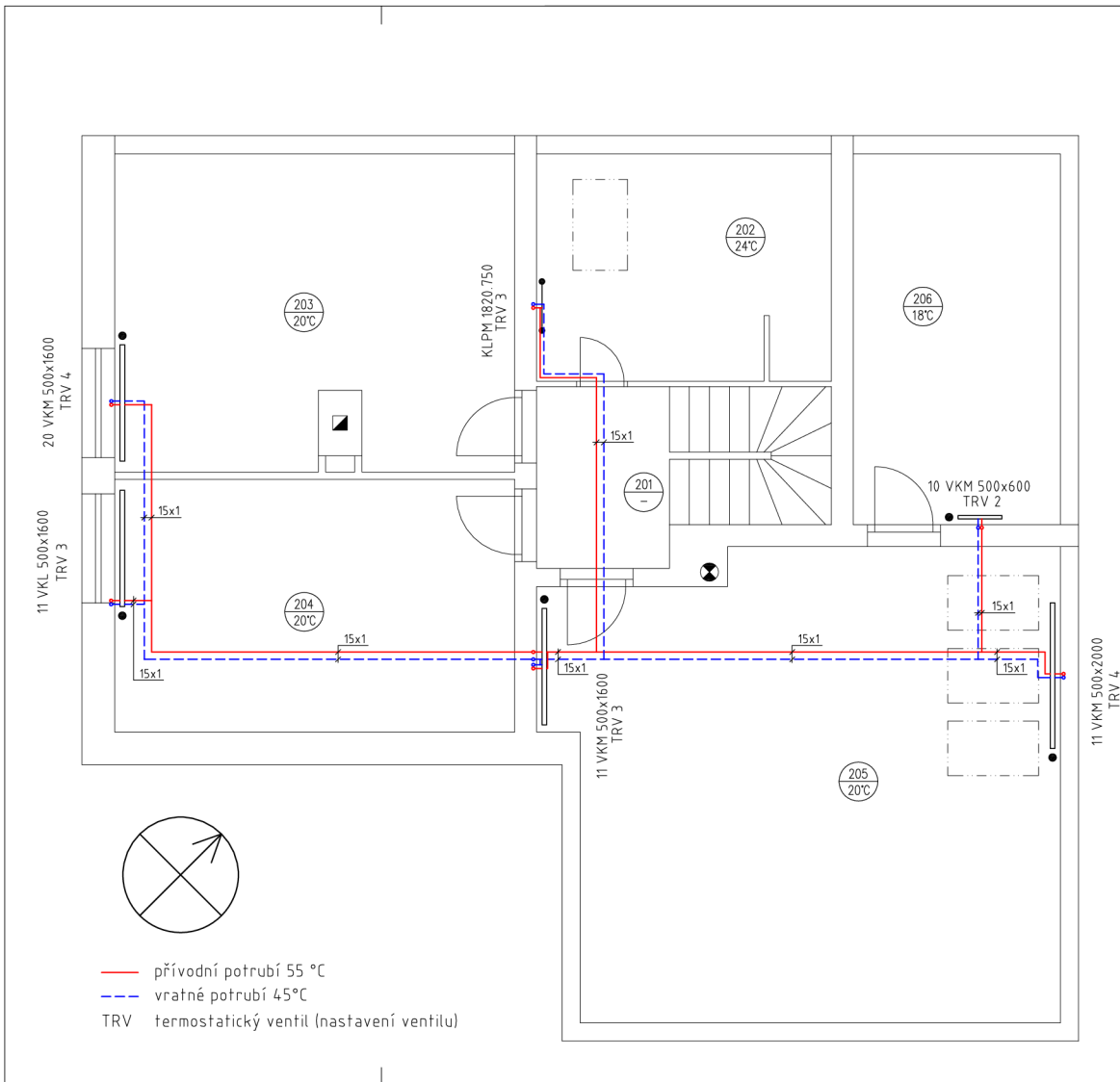
Studijní program: Strojní inženýrství

Studijní obor: Technika prostředí



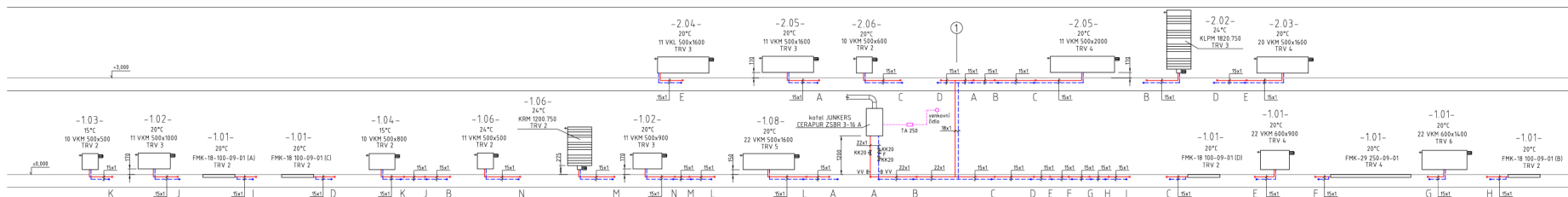
potrubí vedené v podlaze a ve stěnách je izolováno
 otopná tělesa VK jsou připojena přípojovacími šroubením Vekolux od fy HEIMEIER
 trubková tělesa jsou opatřena termostatickým ventilem fy DANFOSS typ VHS-F rohovým
 podlahové konvektory jsou opatřeny termostatickými ventily od firmy BOKI
 desková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ VK
 trubková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ K s přímým připojením
 na radiátorové ventily Danfoss
 podlahové konvektory jsou regulovány pomocí termostatické hlavice s dálkovým nastavením
 Desková otopná tělesa jsou upevněna na zeď pomocí navrtávací konzole 15/120,
 kromě deskových těles typu 10 VKM, která jsou upevněna pomocí navrtávací konzole 15/100/70
 tělesa 11 VKM 500x500 a 11 VKM 500x900 jsou upevněna pomocí stojánkové konzoly vnější

VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
		Ondřej David		FORMÁT	4 A 4
INVESTOR				DATUM	15.5.2008
VYTÁPĚNÍ RD KONDENZAČNÍ KOTEL				STUPEŇ	
				ČZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS I.N.P.				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘÍTKO	1:50
				Č.VÝKRESU	DP 1-01



potrubí vedené v podlaze a ve stěnách je izolováno
 otopná tělesa VK jsou připojena přípojovacím šroubením Vekolux od fy HEIMEIER
 trubková tělesa jsou opatřena termostatickým ventilem fy DANFOSS typ VHS-F rohovým
 desková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ VK
 trubková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ K s přímým připojením
 na radiátorové ventily Danfoss
 Desková otopná tělesa jsou upevněna na zeď pomocí navrtávací konzole 15/120,
 kromě deskových těles typu 10 VKM, která jsou upevněna pomocí navrtávací konzole 15/100/70
 těleso 11 VKM 500x2000 je upevněno pomocí stojánkové konzoly vnější

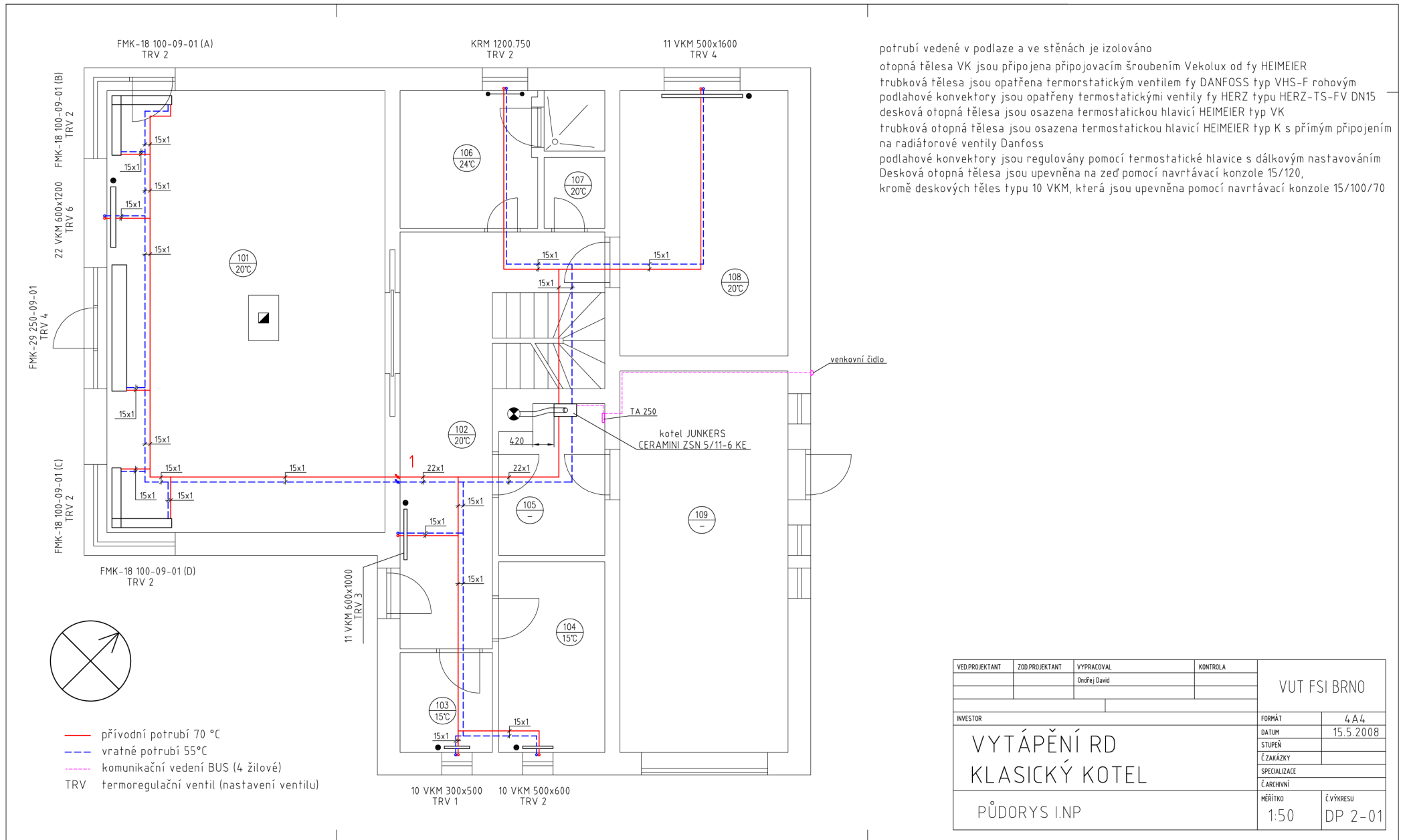
VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
		Dvořej David			
INVESTOR				FORMÁT	3A4
VYTÁPĚNÍ RD KONDENZAČNÍ KOTEL				DATUM	15.5.2008
				STUPEŇ	
				Č. ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS II.NP				MĚŘÍTKO	Č. VÝKRESU
				1:50	DP 1-02



— přívodní potrubí 55 °C
 — vratné potrubí 42°C
 — komunikační vedení BUS (4 žilové)
 TRV termostatický ventil (nastavení ventilu)
 K kulový kohout
 F filtr
 -B VV vypouštěcí ventil
 potrubí vedené v podlaze a ve stěněch je izolováno
 otopná tělesa VK jsou připojena přípojnicím šroubovaním Vekolux od fy HEIMEIER
 trubkové tělesa jsou opalována termostatickým ventilem fy DANFOSS typ VHS-F rohovým
 podlahové konvektory jsou opatřeny termostatickými ventily od firmy BOKI

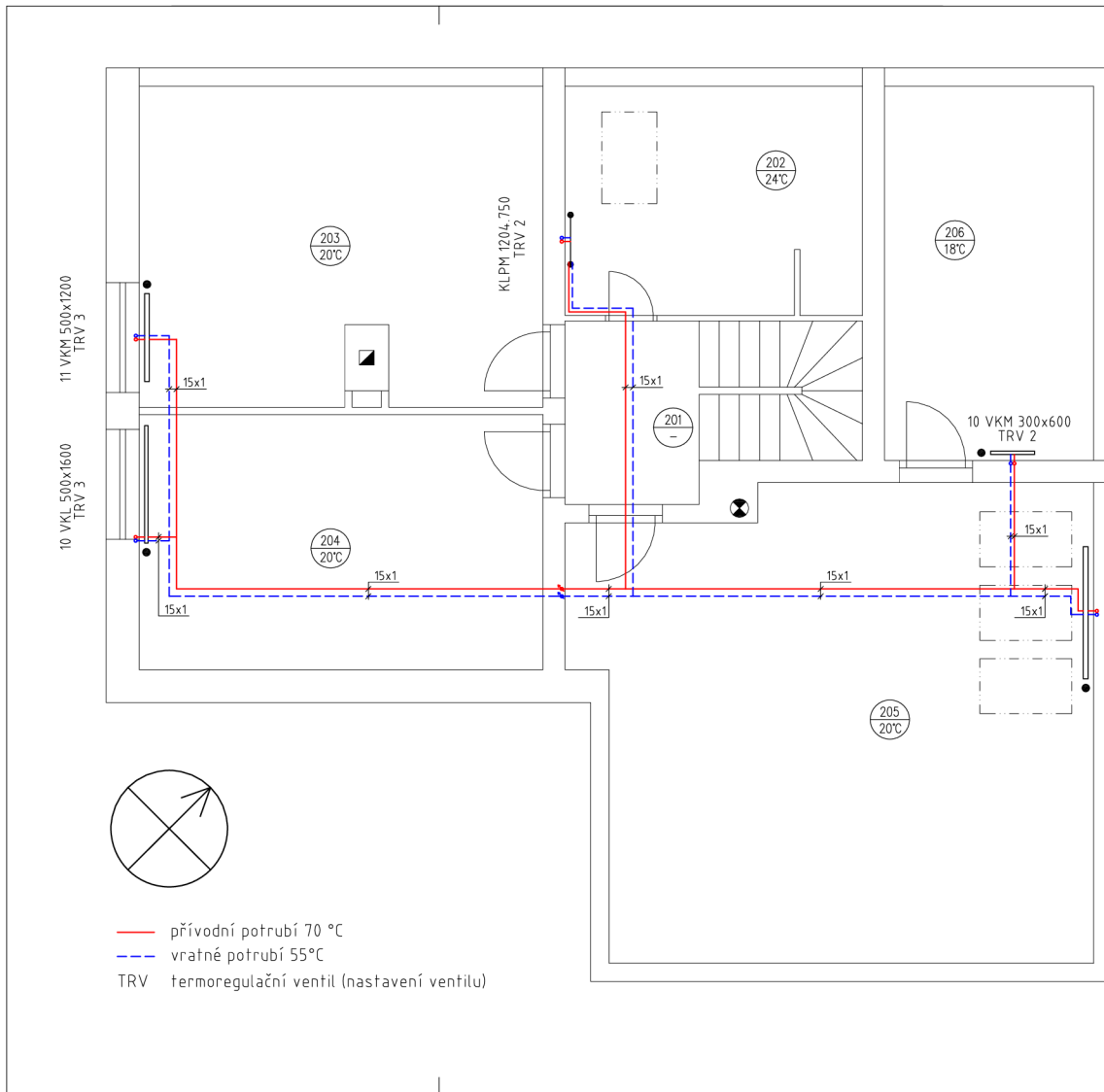
desková otopná tělesa jsou osazena Termostatickou hlavici HEIMEIER typ VK
 Trubková otopná tělesa jsou osazena Termostatickou hlavici HEIMEIER typ K s přímým připojením
 na radiátorové ventily Danfoss
 podlahové konvektory jsou regulovány pomocí Termostatické hlavice s dálkovým nastavením
 Desková otopná tělesa jsou upevněna na zeď pomocí naviřávací konzole 15/120,
 kromě deskových těles typu 10 VKM, která jsou upevněna pomocí naviřávací konzole 15/100/70
 tělesa 11 VKM 500x500, 11 VKM 500x900 a 11 VKM 500x2000 jsou upevněna pomocí stejánkové konzoly vnější

VEDENÍ KABELŮ	ZOBRAZENÍ	VÝKONOVÁ	MINERÁLA
VUT FSI BRNO			
VYTÁPĚNÍ RD KONDEZAČNÍ KOTEL			
SCHÉMA ZAPOJENÍ			
VERZE	150	ČÍSLO	DP 1-03



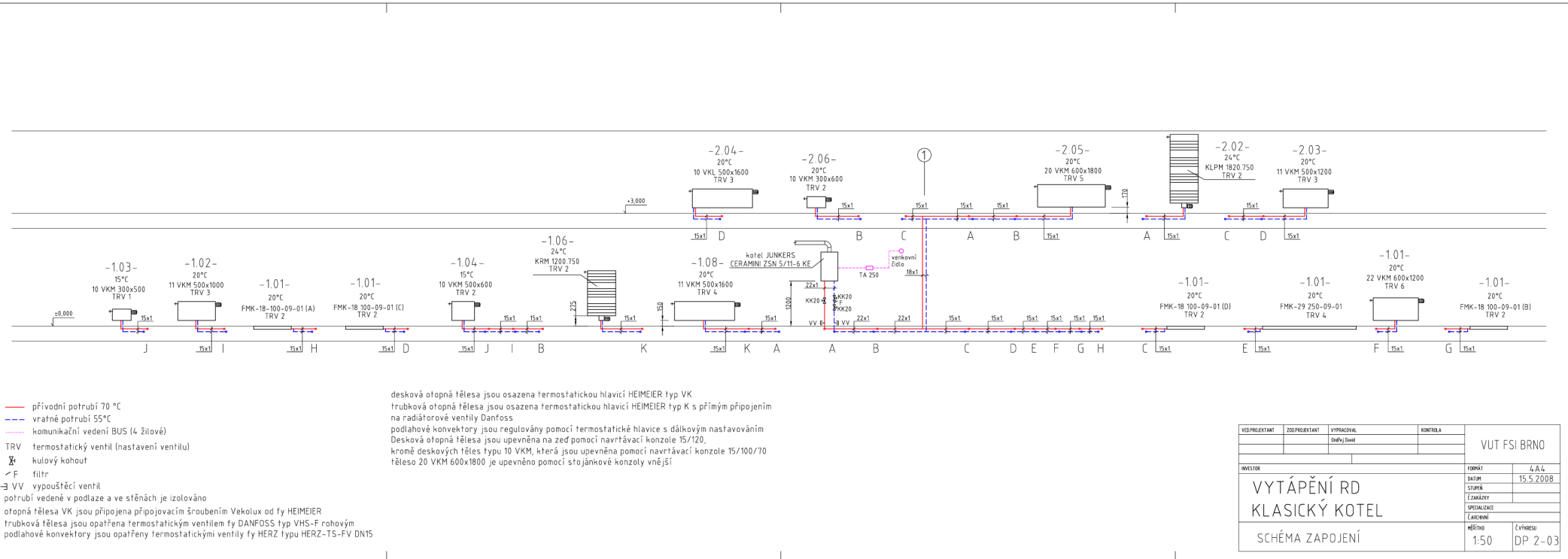
potrubí vedené v podlaze a ve stěnách je izolováno
 otopná tělesa VK jsou připojena přípojovací šroubením Vekolux od fy HEIMEIER
 trubková tělesa jsou opatřena termostatickým ventilem fy DANFOSS typ VHS-F rohovým
 podlahové konvektory jsou opatřeny termostatickými ventily fy HERZ typu HERZ-TS-FV DN15
 desková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavici HEIMEIER typ VK
 trubková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavici HEIMEIER typ K s přímým připojením
 na radiátorové ventily Danfoss
 podlahové konvektory jsou regulovány pomocí termostatické hlavice s dálkovým nastavením
 Desková otopná tělesa jsou upevněna na zeď pomocí navrtávací konzole 15/120,
 kromě deskových těles typu 10 VKM, která jsou upevněna pomocí navrtávací konzole 15/100/70

VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
		Ondřej David		FORMÁT	4 A 4
INVESTOR				DATUM	15.5.2008
VYTÁPĚNÍ RD KLASICKÝ KOTEL				STUPĚN	
				ČZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS I.NP				ČARCHVNÍ	ÉVŤKRESU
				MĚŘÍTKO	1:50
					DP 2-01



potrubí vedené v podlaze a ve stěnách je izolováno
 otopná tělesa VK jsou připojena přípojovacím šroubením Vekolux od fy HEIMEIER
 trubková tělesa jsou opatřena termostatickým ventilem fy DANFOSS typ VHS-F rohovým
 desková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ VK
 trubková otopná tělesa jsou osazena termostatickou hlavicí HEIMEIER typ K s přímým připojením
 na radiátorové ventily Danfoss
 Desková otopná tělesa jsou upevněna na zeď pomocí navrtávací konzole 15/120,
 kromě deskových těles typu 10 VKM, která jsou upevněna pomocí navrtávací konzole 15/100/70
 těleso 20 VKM 600x1800 je upevněno pomocí stojánkové konzoly vnější

VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
		Ondřej David			
INVESTOR				FORMÁT	3A4
VYTÁPĚNÍ RD KLASICKÝ KOTEL				datum	15.5.2008
				STUPEŇ	
				Č. ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS II.NP				MĚŘÍTKO	Č. VÝKRESU
				1:50	DP 2-02



VED. PROJEKTANT	ZOD. PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
		Onějš David			
INVESTOR				FORMÁT	4 A4
VYTÁPĚNÍ RD KLASICKÝ KOTEL				DATA	15.5.2008
				STUPŇ	
				LEŽÁKOVY	
				SPROJIZACE	
SCHÉMA ZAPOJENÍ				MĚŘÍTKO	1:50
				ČÍSLO	DP 2-03