



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

SYSTÉMY VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ V KANCELÁŘSKÝCH PROVOZECH

HEATING AND COOLING SYSTEMS IN OFFICE OPERATIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Dostál

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARIAN FORMÁNEK, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Petr Dostál
Název	Systémy vytápění a chlazení v kancelářských provozech
Vedoucí práce	Ing. Marian Formánek, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva.

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Volitelná část

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků - Vyhodnocení účinnosti, energetická bilance chladicího systému ledové plochy.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Marian Formánek, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem systému vytápění a chlazení, včetně přípravy teplé vody administrativní části objektu výrobní haly. První část práce stručně pojednává o historii vytápění a chlazení administrativních budov, legislativních požadavcích a aktuálních možnostech řešení. Druhá část práce obsahuje návrh celé otopné a chladicí soustavy s tepelným čerpadlem jako zdrojem tepla a chladu. Závěrečná část práce popisuje experimentální měření a vyhodnocení účinnosti zdroje chladu zimního stadionu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Systemy vytápění a chlazení, tepelné čerpadlo, přímé chlazení, tepelný výkon, plynový kondenzační kotel, čtyřtrubkový fancoil, zabezpečovací zařízení, akumulční nádoba, příprava teplé vody, měření objemového průtoku, ultrazvukový průtokoměr, chladicí faktor EER.

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of the heating and cooling system, including hot water preparation for the administrative part of the production hall. The first part of the thesis briefly discusses the history of heating and cooling of office buildings, legislative requirements and current solutions. The second part contains the design of the entire heating and cooling system with heat pump as a source of heat and cold. The final part of the thesis describes the experimental measurement and evaluation of the efficiency of the ice rink source.

KEYWORDS

Heating and cooling systems, heat pump, direct cooling, heat output, gas condensing boiler, four-pipe fancoil, safety device, storage tank, hot water preparation, volumetric flow measurement, ultrasonic flowmeter, cooling factor EER.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Petr Dostál *Systemy vytápění a chlazení v kancelářských provozech*. Brno, 2020. 111 s., 233 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Systémy vytápění a chlazení v kancelářských provozech* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Petr Dostál
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Systémy vytápění a chlazení v kancelářských provozech* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Petr Dostál
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Marianu Formánkovi, Ph.D. za jeho ochotu, čas a odborné konzultace. Dále pak děkuji panu Ing. Janu Doležalovi za zprostředkování možnosti experimentálního měření. Velký dík patří také mé partnerce a rodině za významnou podporu v průběhu celého studia.

Obsah

Titulní list.....	- 1 -
Zadání VŠKP.....	- 3 -
Abstrakt.....	- 5 -
Klíčová slova.....	- 5 -
Bibliografická citace.....	- 6 -
Prohlášení o shodě.....	- 7 -
Prohlášení o původnosti.....	- 7 -
Poděkování.....	- 8 -
Obsah	- 9 -
ÚVOD	- 14 -
A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ.....	- 15 -
A.1 Analýza zadaného tématu.....	- 15 -
A.1.1 Historie vytápění.....	- 15 -
A.1.2 Historie chlazení.....	- 17 -
A.2 Systémy vytápění kancelářských budov	- 20 -
A.2.1 Zdroje tepla.....	- 20 -
A.2.1.1 Plynový kondenzační kotel	- 20 -
A.2.1.2 Tepelné čerpadlo.....	- 20 -
A.2.1.3 Centrální zásobování teplem.....	- 22 -
A.2.2 Otopné soustavy	- 22 -
A.2.3 Otopné plochy.....	- 23 -
A.2.3.1 Otopná tělesa	- 23 -
A.2.3.2 Sálavé otopné plochy.....	- 24 -
A.2.3.3 Fan coil jednotky	- 25 -
A.3 Systémy chlazení kancelářských budov	- 26 -
A.3.1 Zdroje chladu.....	- 26 -
A.3.1.1 Kompresorový okruh.....	- 27 -
A.3.1.2 Adsorpce a absorpce	- 28 -
A.3.1.3 Volné chlazení (free cooling).....	- 28 -
A.3.1.4 Trigenerace	- 29 -
A.3.2 Systémy klimatizačních zařízení	- 29 -

A.3.2.1	Vzduchové systémy.....	- 29 -
A.3.2.2	Kombinované systémy	- 30 -
A.3.2.3	Chladivové systémy	- 30 -
A.3.3	Chladicí plochy	- 32 -
A.3.3.1	Chladicí systémy nepřímé (kombinované systémy klimatizace).....	- 32 -
A.3.3.2	Chladicí systémy přímé (chladivové systémy).....	- 33 -
A.4	Normové a legislativní požadavky	- 34 -
A.5	Cíl práce	- 34 -
A.6	Aktuální technická řešení v praxi	- 34 -
A.7	Zvolené metody řešení	- 35 -
A.8	Experimentální řešení.....	- 35 -
A.9	Řešení využívající výpočetní techniku a modelování.....	- 36 -
B.	APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ.....	- 37 -
B.1	Analýza objektu	- 37 -
B.2	Výpočet součinitelů prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí.....	- 37 -
B.2.1	Ruční kontrolní výpočet a posouzení součinitele prostupu tepla	- 37 -
B.2.2	Výpočet a posouzení součinitele prostupu tepla.....	- 38 -
B.3	Výpočet tepelného výkonu.....	- 38 -
B.3.1	Ruční kontrolní výpočet	- 38 -
B.3.2	Výpočet tepelných výkonů dle softwaru	- 41 -
B.3.3	Souhrn tepelných výkonů jednotlivých místností	- 42 -
B.4	Výpočet tepelné zátěže.....	- 46 -
B.4.1	Ruční kontrolní výpočet	- 46 -
B.4.2	Výpočet tepelné zátěže dle softwaru	- 48 -
B.4.3	Souhrn tepelné zátěže jednotlivých místností	- 49 -
B.5	Návrh otopných a chladících ploch.....	- 50 -
B.5.1	Návrh otopných ploch.....	- 51 -
B.5.2	Návrh chladících ploch.....	- 53 -
B.6	Příprava teplé vody	- 55 -
B.6.1	Stanovení potřeby teplé vody a tepla pro její ohřev.....	- 55 -
B.6.2	Příprava teplé vody tepelným čerpadlem	- 55 -
B.6.3	Příprava teplé vody plynovými kotli	- 56 -
B.7	Návrh zdroje tepla a chladu – kompaktní tepelné čerpadlo vzduch - voda	- 57 -

B.7.1	Potřeba tepelného výkonu	- 57 -
B.7.2	Potřeba chladícího výkonu	- 57 -
B.8	Návrh bivalentního zdroje tepla – plynová kotelna.....	- 57 -
B.9	Návrh zařízení kotelny	- 58 -
B.9.1	Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků (HVDT)	- 58 -
B.9.2	Návrh trubkového rozdělovače a sběrače systému vytápění	- 58 -
B.9.3	Neutralizační box	- 58 -
B.9.4	Automatické dopouštění vody do systému UT	- 59 -
B.9.5	Návrh úpravy vody	- 59 -
B.10	Návrh zařízení strojovny chlazení	- 60 -
B.10.1	Akumulační nádoba chladu.....	- 60 -
B.10.2	Akumulační nádoba tepla.....	- 60 -
B.10.3	Návrh trubkového rozdělovače a sběrače systému chlazení.....	- 60 -
B.11	Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí	- 61 -
B.11.1	Dimenzování potrubí otopné soustavy	- 61 -
B.11.1.1	Příklad ručního kontrolního výpočtu části soustavy	- 63 -
B.11.1.2	Příklad výpočtu části soustavy dle softwaru	- 65 -
B.11.2	Podrobné dimenzování potrubí systému vytápění	- 68 -
B.11.3	Podrobné dimenzování potrubí systému chlazení.....	- 74 -
B.12	Návrh zabezpečovacího zařízení	- 77 -
B.12.1	Otopná soustava.....	- 77 -
B.12.2	Chladicí soustava	- 78 -
B.12.3	Rekuperace tepla	- 79 -
B.13	Technická zpráva	- 81 -
B.13.1	Úvod.....	- 81 -
B.13.2	Popis objektu.....	- 81 -
B.13.3	Podklady pro zpracování	- 81 -
B.13.4	Výpočet tepelného výkonu, zátěže, potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody.....	- 82 -
B.13.5	Technické řešení	- 82 -
B.13.5.1	Zdroj tepla a chladu	- 82 -
B.13.5.2	Bivalentní zdroj tepla.....	- 82 -
B.13.5.3	Příprava teplé vody	- 83 -

B.13.5.4	Expanzní a pojistné zařízení	- 83 -
B.13.5.5	Sekundární okruhy systému vytápění a chlazení	- 84 -
B.13.5.6	Otopné a chladicí plochy	- 85 -
B.13.5.7	Úprava vody a doplňování vody do otopné a chladicí soustavy	- 87 -
B.13.5.8	Rozvody potrubí a tepelné izolace.....	- 87 -
B.13.5.9	Montáž, provedení a tlakové zkoušky	- 88 -
B.13.5.10	Obsluha a bezpečnost provozu	- 88 -
B.13.5.11	Bezpečnost a ochrana zdraví	- 89 -
B.13.5.12	Požadavky na profese	- 89 -
B.14	Výkresová dokumentace	- 90 -
B.15	Ideové řešení navazujících profesí TZB	- 91 -
B.15.1	Zdravotně technické instalace	- 91 -
B.15.2	Vzduchotechnická zařízení	- 91 -
B.16	Koncepce alternativní varianty řešení vytápění a chlazení zadaného objektu... -	93 -
B.17	Porovnání mezi popsány mi variantami	- 93 -
B.17.1	Tvorba vnitřního prostředí	- 93 -
B.17.2	Uživatelský komfort.....	- 93 -
B.17.3	Prostorové nároky	- 93 -
B.17.4	Ekonomika provozu.....	- 94 -
B.17.5	Dopad na životní prostředí.....	- 94 -
B.17.6	Souhrnné porovnání	- 94 -
C.	Experimentální část	- 96 -
C.1	Cíl experimentu	- 96 -
C.2	Popis objektu a koncepce systému chlazení	- 96 -
C.3	Měřicí technika.....	- 97 -
C.3.1	Ultrazvukový průtokoměr TransPort PT878	- 97 -
C.3.2	Infračervený teploměr Testo 830-T4.....	- 98 -
C.4	Popis měření	- 99 -
C.4.1	Příprava	- 99 -
C.4.2	Měření na místě	- 99 -
C.4.3	Postup měření.....	- 100 -
C.5	Zpracování naměřených hodnot.....	- 101 -

C.5.1	Chladící faktor EER bez využití odpadního tepla.....	- 101 -
C.5.2	Chladící faktor EER s využitím odpadního tepla.....	- 101 -
C.6	Vyhodnocení experimentu.....	- 101 -
D.	ZÁVĚR.....	- 103 -
E.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	- 104 -
E.1	Seznam použité literatury	- 104 -
E.2	Seznam internetových zdrojů.....	- 104 -
F.	SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK.....	- 109 -
F.1	Seznam obrázků	- 109 -
F.2	Seznam tabulek	- 110 -
G.	SEZNAM PŘÍLOH.....	- 111 -
G.1	Seznam příloh ve vazbě.....	- 111 -
G.2	Seznam volných příloh	- 111 -

ÚVOD

Předmětem této diplomové práce je řešení systému vytápění a chlazení a příprava teplé vody administrativní části objektu výrobní haly. Jedná se o tří-podlažní objekt obdélníkového půdorysu s plochou střechou.

Formálně je práce členěna na tři části:

První část práce pojednává o způsobech vytápění a chlazení administrativních budov se stručnou historickou zmínkou, přes vývojový skok během posledních dvou století až do dnešní doby rozsáhlých možností. Dále jsou zmíněny legislativní požadavky, popis hlavního cílu práce, volba metody řešení tématu s ohledem na aktuální způsoby technických řešení v praxi a jejich fyzikální podstata.

Druhá část práce obsahuje krok po kroku návrh celé otopné a chladicí soustavy včetně řešení přípravy teplé vody. Pro porovnání vhodnosti podrobně řešené varianty technického řešení je pak navržen i koncept alternativního běžně užívaného řešení a následně jsou obě varianty porovnány.

Třetí (experimentální) část práce se zabývá vyhodnocením účinnosti a energetické bilance zdroje chladu zimního stadionu.

A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

A.1 Analýza zadaného tématu

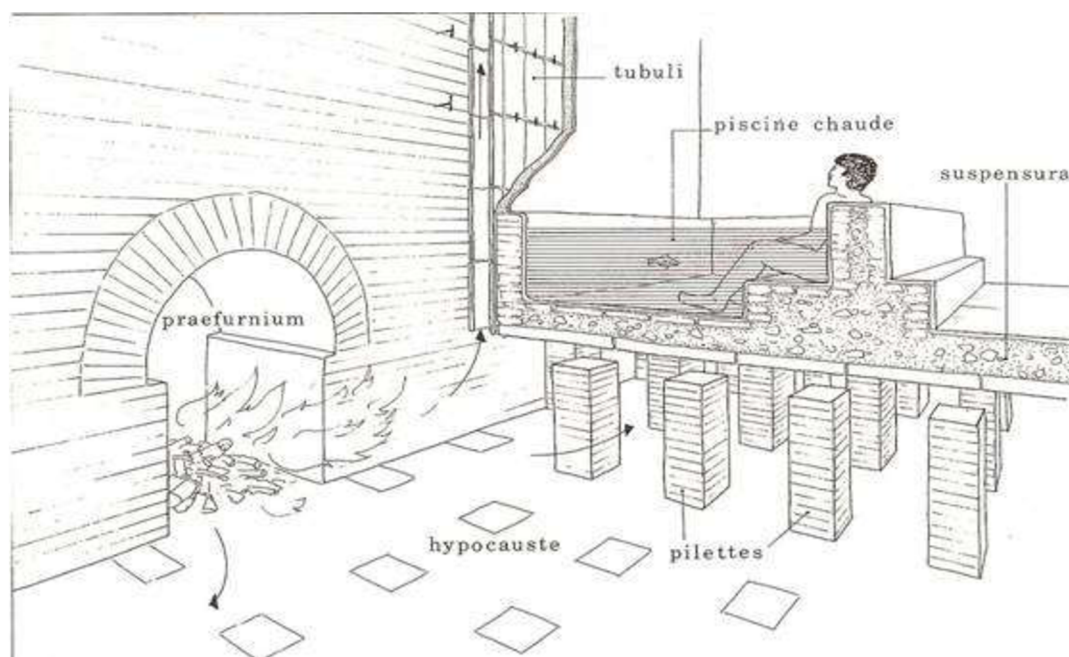
Kapitola se zabývá zmínkou o historii vytápění a chlazení a následně pak výčtem aktuálních možností technických řešení dané problematiky.

A.1.1 Historie vytápění

Za prvopočátek vytápění lze jednoznačně označit objevení ohně v pravěku, kdy člověk překonal prvotní strach z něj a začal jej využívat, nejdřív k zahánění divoké zvěře pak osvětlení, úpravě potravy a v neposlední řadě také k vyhřátí jeskyně, či obydlí. Postupně se člověk naučil oheň rozdělávat a celkově vylepšovat ohniště (např. vyložení kameny, které sálaly teplo ještě i po vyhasnutí ohně). V následujících tisíciletích si člověk podmanil oheň k vypalování hliněných nádob a tavení měkkých kovů.

Významným historickým skokem využití ohně k vytápění bylo vynalezení starořímského Hypokausta, jež se dá považovat za první ústřední vytápění. Zdroj tepla se nacházel mimo vytápěnou místnost, teplonosnou látkou byly kouřové plyny, přenos tepla probíhal převážně sáláním a jedním topeništěm se mohlo vytápět i několik místností. Používalo se v budovách lázeňských, reprezentativních i obytných. V obytných budovách bylo Hypokaustum považováno za luxusní způsob vytápění. Kouřové plyny z topeniště byly kanálem vedeny do dutiny pod podlahou, vyvýšenou díky sloupům o 80 až 100 cm. Poté, co plyny dutinou propluly, byly vypuštěny do venkovního prostředí. Odvádění plynů mohlo být řešeno dvěma způsoby, buď otvorem připomínajícím komín, nebo dutinami ve svislých stěnách, čímž byla vytvořena kombinace podlahového a stěnového vytápění.

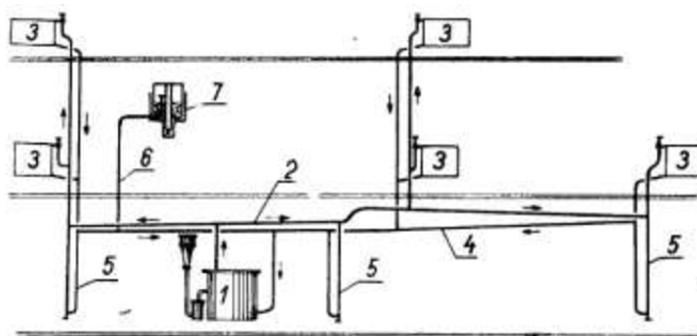
[1]



Obr. 1: Princip Hypokausta [7]

Nicméně zánikem Římské říše upadlo Hypokaustum v zapomnění stejně jako téměř veškeré vědomosti a znalosti té doby. V Evropě se tak dále v obydlích udržovala otevřená ohniště, z nichž kouř odcházel netěsnostmi ve střeše. Až od 6. století n. l. se začaly objevovat kouřové odtahy v podobě vyvýšených střížek nebo věžiček v hřebenech střech. Plnohodnotné komíny byly objeveny cca ve 12. století a to především z toho důvodu, že se začaly stavět vícepodlažní budovy. V průběhu následujících století byl pokrok ve vytápění založen na zdokonalování konstrukce komína, vynálezu a zlepšování kachlových kamen a mnoha druhů i přenosných kamínek.

Významným milníkem, nejen v oblasti vytápění, se stala průmyslová revoluce s rozvojem parní techniky. Na přelomu 17. a 18. se v Anglii začaly objevovat první parní soustavy zaměřené na vytápění především továren a skleníků. Otopnou plochou však tvořily jenom potrubí a trubkové registry. Až v polovině 19. století byl vyroben Franzem Karlovičem San-Gallim první radiátor a společně s využitím páry tak začaly vznikat první otopné soustavy podobné těm, jak je známe dnes. Většinou se jednalo o vysokotlaká zařízení 1,5 až 2 Bar. Současně se začaly objevovat i první pokusy o teplovodní vytápění, vzhledem k problémům s tlakem soustav a neznalostem hydraulických ztrát byly teplovodní soustavy navrhovány jen sporadicky. [2]



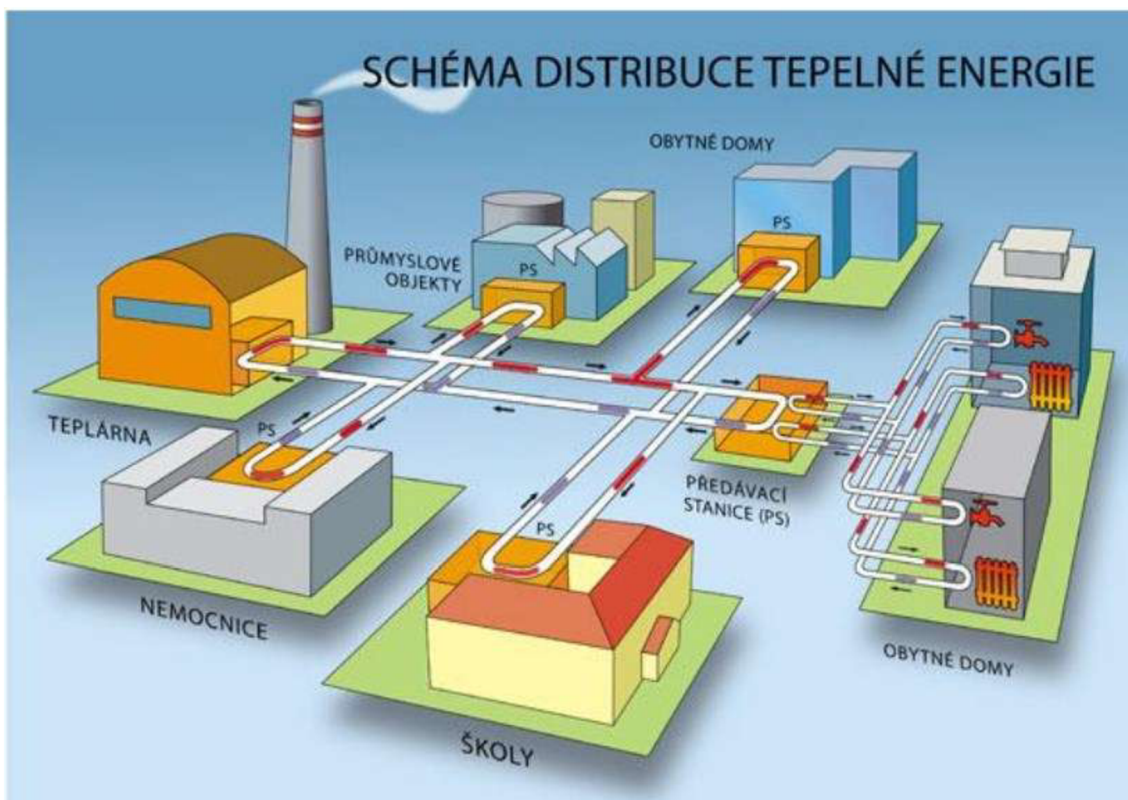
Obr. 2. Nízkotlaké parní vytápění s regulačními ventily u otopných těles, vyráběné firmou Käuffer a spol. v Mohuči (1 — kotel, 2 — parní potrubí, 3 — otopná tělesa, 4 — kondenzátní potrubí, 5 — pojistné smyčky, 6 — odvodušňovací potrubí, 7 — odvodušňovací nádoba s plovákovým vodním uzávěrem).

Obr. 2: Schéma parního vytápění [2]

Prostor tak dostala výroba parních kotlů dostupných i pro menší soustavy. Byly velice oblíbené zvláště pak litinové článkové, které se daly sestavovat na požadované velikosti, dle potřeby objektu.

Na přelomu 19. a 20. století se však postupně do popředí dostávaly teplovodní kotle a teplovodní otopné soustavy, které prošly svým vlastním, z počátku neúspěšným vývojem, úspěšně však pokrývaly nevýhody parních soustav. Během několika let tak ve městech měla většina objektů (od rodinných a bytových domů až po velké správní budovy) svou vlastní kotelnu a ústřední vytápění. Brzo se to ovšem ukázalo jako problém, jelikož kotle jako palivo používaly uhlí, což mělo za následek prudké zhoršení kvality ovzduší.

Situaci pomohlo vyřešit až systém centrálního zásobování tepla (CZT), kdy město nebo jednotlivé části města měli svou vlastní teplárnu. První systém CZT byl úspěšně postaven už v roce 1877 v New Yorku. K nám se však CZT dostalo až ve 20. letech minulého století.



Obr. 3: Schéma centrálního zásobování teplem [8]

V té samé době byly vynalezeny i první plynové kolty na svítiplyn. Vlivem nízké plynofikace však bylo jejich použití na vytápění značně omezené a ve vesnicích a menších městech se tak stále topilo kotli na tuhá paliva. Ve druhé polovině 20. století proběhla druhá vlna výstavby CZT a to i v krajských a některých menších okresních městech. Postupně se také už pomalu přecházelo na horkovodní CZT, jelikož je méně náročnější na údržbu a provoz, a zároveň v potrubí nedochází k tak velkým tepelným ztrátám, jako u páry.

Dalším významným milníkem v oblasti vytápění byly u nás až 70. léta minulého století, kdy začala výstavba tranzitního plynovodu a postupná plynofikace území. Do popředí se tak i nejen ve městech dostává vytápění plynovými kotli. Zároveň se také objevují první systémy s elektrokotli a tepelnými čerpadly. Celkově vývoj tepelné techniky ještě před přelomem tisíciletí značně pokročil a pokračuje nadále do dnešní doby plné možností.

A.1.2 Historie chlazení

Historie chlazení je podstatně kratší než vytápění. Pro člověka jako takového je už z fyzické podstaty mnohem důležitější teplo než chlad. Chladné prostředí bylo pro člověka daleko důležitější z důvodu skladování a trvanlivosti potravin, než kvůli osobnímu komfortu. Nicméně, počátky komfortního chlazení jsou opět doloženy ze starého Říma, kdy si zámožní lidé nechávali vést kolem svých budov menší akvadukty, případně i malé fon-

tánky. Voda tak sloužila k částečnému odebírání tepla z konstrukcí a okolí, a to jak svým prouděním, tak i odparem. Použití chladné vody a adiabatického ochlazení (odpařování vody z volné plochy nebo rozprašování vody do okolí) tak bylo dlouhou dobu jediným možným způsobem jak cíleně dosáhnout snížení teploty prostoru.

Za otce principu klimatizace v moderním pojetí je považován britský vědec Michael Faraday, který v roce 1820 zjistil, že stlačený amoniak (NH₃) v kapalném stavu dokáže chladit, pokud je postupně vypouštěno. Za skutečného vynálezce klimatizace je považován americký inženýr Willis Carrier, který instaloval 17. července 1902 první klimatizační systém. Tato klimatizace byla instalována v americkém New Yorku v tiskárně Sackett-Wilhelm, která si jej objednala, jelikož měla velké problémy s usycháním barev a mačkáním papíru kvůli vysoké teplotě a vlhkosti vzduchu. Carrierova klimatizace pracovala na principu vzduchu hnaného kolem trubek se studenou vodou. Tím docházelo ke srážení vodních par na těchto trubkách, čímž se ochlazoval okolní prostor. [9]

Chlazení po svém objevení bylo nejprve využíváno v oblasti průmyslu (v podobě vzduchové klimatizace) a to převážně pro odvedení velké tepelné zátěže z výrobních objektů, respektive zlepšení pracovních podmínek dělníků, kteří tak byli v práci výkonnější. Nicméně ve 20. letech 20. století se chlazení začalo převážně využívat v kancelářských budovách. V dalším desetiletí se objevily první instalace i v domácnostech. Další rozmach chlazení nastal v 50. letech minulého století a to díky nahrazení dosavadního chladiva – propanu za freony, a zároveň se také jednotlivá zařízení výrazně zmenšila. Převážná většina administrativních budov včetně mrakodrapů v USA byla v poválečné době standartě vybavena systémem vzduchové nebo kombinované klimatizace s indukčními jednotkami.

Dalším milníkem v oblasti chlazení se stal příchod multisplitových jednotek (společnosti Daikin) na začátku 70. let, kdy klimatizace mohla sloužit i jako zdroj tepla a na jednu venkovní jednotku mohlo být napojeno více vnitřních. Společně pak



Pohodlí i ve výškách

Instalace centrálního chladicího systému Carrier v suterénu a klimatizační jednotky na střeše budovy T.W.Pattersona ve Fresnu v Kalifornii se stala první aplikací pro více podlažní budovu, když chladila vzduch pro nájemníky od druhého do sedmého patra.

Obr. 4: První administrativní budova se systémem chlazení, rok 1926 [10]

s příchodem systému VRV v 80. letech byla možná větší variabilita užití chlazení a možnost decentralizace. Zároveň s tímto rozmachem chladivových systémů se také začal klást důraz na používání méně ekologicky závadnějších druhů chladiv.

Průkopníkem v technické vybavenosti kancelářských budov po stránce klimatizace a celkově tvorbě komfortního vnitřního prostředí byla u nás budova Elektrických podniků v Praze (výstavba 1927 - 1935) v Holešovicích. Jednalo se o Ústřední budovu Elektrických podniků, její stavba byla dokončena v roce 1935 na oslavu 85. narozenin T. G. Masaryka. Tato budova byla navržena, jako plně klimatizovaná vzduchovým systémem pomocí 45 ks vzduchotechnických jednotek umístěných v 21 strojovnách, neboť správní rada rozhodla, že se nebude používat větrání okny, jelikož by se do budovy dostávalo množství prachu a hluku z ulice. Čerstvý vzduch byl nasáván do vzduchotechnické jednotky, kde pomocí parního ohřívače byl v zimě dotápěn a pomocí vodního chladiče v létě ochlazován. Dále byla upravována také vlhkost přiváděného vzduchu pomocí adiabatického chlazení. Chladnou vodu pro chladiče vzduchotechnických jednotek vyráběly dva čpavkové pístové kompresory Carrier (jednalo se první chladicí zařízení takového rozsahu ve střední Evropě). Parní radiátorové topení se v této budově používalo pouze na sociálních zařízeních a v některých podřadných místnostech.

V rámci probíhající rekonstrukce a nového využití objektu však bohužel většina tohoto technické vybavení byla demontována a zachováno zbylo pouze pár prvků strojovny v suterénu.



Obr. 5: Budova Elektrických podniků [11]

A.2 Systémy vytápění kancelářských budov

A.2.1 Zdroje tepla

A.2.1.1 Plynový kondenzační kotel

Respektive kotelna tvořená kaskádou plynových kondenzačních kotlů. Jak vyplývá z názvu, jedná se o kotle, který využívají tzv. režim kondenzace vodní páry obsažené ve spalinách. Kondenzační kotel využívá i teplo obsažené ve spalinách, které by jinak odešlo komínem ven. Pokud snížíme teplotu spalin v kotli pod rosný bod spalin (tzv. bod kondenzace), uvolní se ve výměníku kotle skupenské teplo kondenzace vodní páry. Zjednodušeně řečeno, ochlazená otopná voda, vracející se ze soustavy se při vstupu do kotle předehřívá od teploty spalin, čímž je zákonitě ochlazuje. Při teplotě vratné vody přibližně do 55 °C pracuje kotel v kondenzačním režimu. Následně od spalin předehřátá topná voda se v kotli dohřeje na požadovanou teplotu.

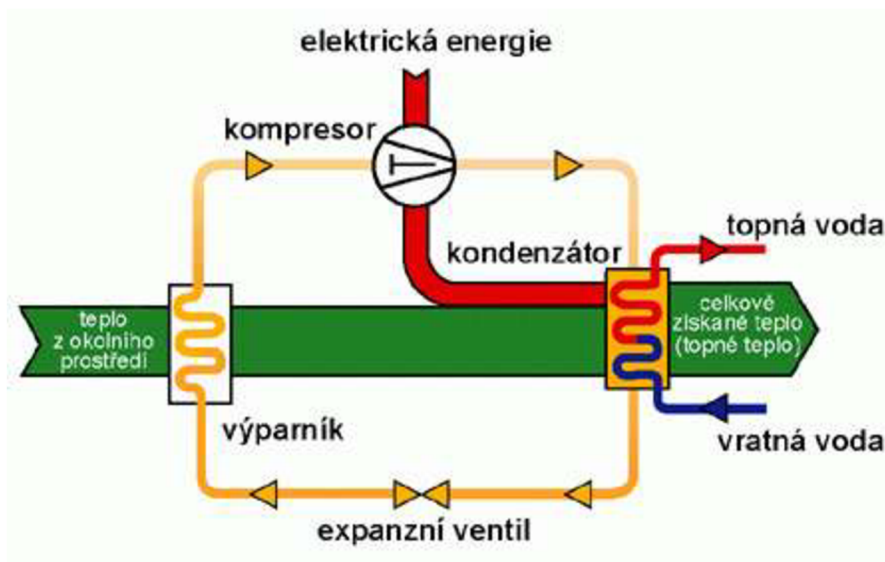


Obr. 6: Příklad plynové kotelny [12]

Plynová kotelna je standartním řešením v případě nenáročného požadavku na zdroj tepla a jeho cenu. Nevýhodou jsou poměrně vysoké náklady za plyn.

A.2.1.2 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla obecně převádí přírodní tzv. nízkopotencionální teplo na teplo vhodné pro vytápění, předehřev teplé vody nebo větrání. Nízkopotencionální teplo je také zároveň obnovitelným a ekologickým zdrojem energie, která je obsažena v zemním masivu, podzemní a povrchové vodě a okolním vzduchu. Funkce tepelného čerpadla je založena na chladivovém kompresorovém okruhu.



Obr. 7: Schéma principu tepelného čerpadla [13]

Vzduch – voda

Tepelné čerpadlo vzduch - voda odebírá energii přímo z venkovního vzduchu, což je neomezený a nejsnáze dostupný zdroj nízkopotenciálního tepla. Zároveň je tahle skutečnost také největší nevýhodou tohoto typu TČ, jelikož s klesající venkovní teplotou klesá také topný faktor TČ, respektive jeho výkon. Dále také při venkovní teplotě nižší než 7°C dochází na výparníku, vlivem podchlazení vzduchu ke kondenzaci vzdušné vlhkosti, který na výparníku namrzá. TČ se tak přepne do reverzního chodu, aby mohlo dojít k odtání výparníku. Současně s nižšími teplotami se připíná bivalentní zdroj tepla. V létě je rovněž možné použít TČ také i jako zdroj chladu.

Země – voda

Nízkopotencionálním zdrojem tepla je v tomto případě zemní kolektor nebo geotermální vrty. Tento typ tepelných čerpadel patří mezi velmi významné systémy. Vzhledem k jeho provozu vůči venkovním klimatickým podmínkám můžeme tento systém hodnotit jako „nejstabilnější“. Tepelná čerpadla typu země/voda jsou většinou provozována v bivalentním provozu, to znamená, že pod bodem bivalence (teplota kolem -5°C až -8°C) připíná doplňkový zdroj tepla (zpravila elektrokotel) a tepelnou pohodu zajišťují oba zdroje současně. V některých případech je možné provozovat i monovalentně, což má svoje výhody a nevýhody. Teplo z plošného kolektoru či vrtu je možné odebírat po celý rok, tzn. i v letních měsících, kdy využíváme tepelné čerpadlo hlavně pro ohřev teplé vody. V případě volby geotermálního vrtu je možné využití jeho chladicího výkonu. [14]

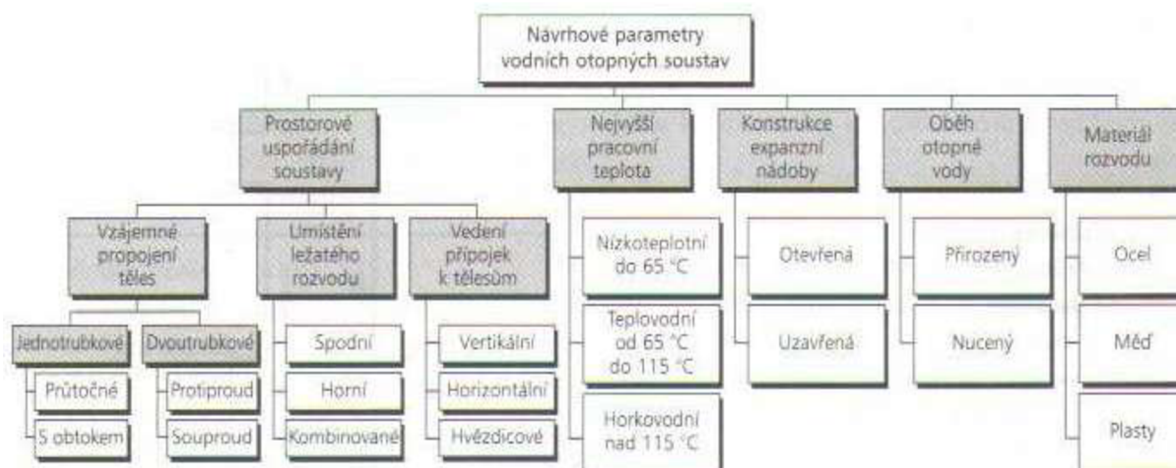
Aplikace tepelných čerpadel v moderních administrativních budovách jsou čím dál častější, především z toho důvodu, že jsou jak obnovitelným zdrojem energie, tak je lze použít jako zdroj tepla i chladu.

A.2.1.3 Centrální zásobování teplem

Centrální zásobování teplem (CZT) je systém zajišťující centrální výrobu tepla v jednom nebo více zdrojích a následný rozvod vyrobeného tepla tepelnými sítěmi odběratelům do větších územních celků – města, městské čtvrti, sídliště, obchodní nebo průmyslové zóny. V České republice je dle Teplárenského sdružení České republiky zásobováno teplem z CZT téměř 1,5 milionu domácností. Pro uspokojování potřeb všech odběratelů je v České republice využíváno celkem 10 000 km tepelných sítí. Výroba tepla v rámci CZT probíhá v několika typech zdrojů tepla – výtopna, teplárna, paroplynová teplárna a kogenerace. V rozvodech tepla se jako teplonosné médium používá pára, horká nebo teplá voda. Takto je teplo dopravováno jak do domácností, tak průmyslovým odběratelům. Ve vytápěném objektu je instalována domovní předávací stanice, ve které přivedené teplo ohřívá vodu pro topný okruh s radiátory a pro okruh teplé užitkové vody v domě. Tento systém rozvodu se nazývá dvoutrubkový. Ve starším čtyřtrubkovém systému není přívodní potrubí vedeno až do zásobovaných objektů, ale pouze do centrální výměňkové stanice. Ta zásobuje více domů a vycházejí z ní dva okruhy. Jeden dodává po celý rok teplou vodu do vodovodních baterií. Druhý okruh je v provozu pouze od září do května následujícího roku a dodává teplo pro vytápění. [15]

A.2.2 Otopné soustavy

Otopná soustava je založena na principu vzájemného propojení zdroje tepla a otopných ploch. Návrh otopné soustavy je v podstatě založen na volbě jednotlivých prvků soustavy, tak aby splňovaly specifické podmínky daného objektu a zároveň bylo dosaženo optimálních investičních a provozních nákladů.



Obr. 8: Návrhové parametry otopných soustav [3]

Pro otopné soustavy administrativních budov se používají standartně dvoutrubkové protiproudé potrubní systémy s nuceným oběhem teplonosné látky. Dle složitosti a možností objektu je vhodné využití i soupproudého systému.

A.2.3 Otopné plochy

Účelem otopných ploch je dodání tepelné energie do vytápěného prostoru způsobem, aby v něm byla tvořena tepelná pohoda. Volba typu otopné plochy vychází z tepelné ztráty prostoru, jeho provozní potřeby a konstrukční možnosti apod.

A.2.3.1 Otopná tělesa

Článeková

Jedná se o tělesa složená z jednotlivých článků, bez ohledu na jejich tvar. Jsou vyráběna z různých materiálů a různým technologickým postupem jako je např. lisování plechů, odlévání a tlakové lití. Nejčastěji používaným materiálem pro výrobu článkových těles je ocelový plech, litina a slitiny hliníku. Jednotlivé články se spojují do souprav buď závitovými vsuvkami s pravým a levým závitem nebo svařováním. Jednotlivé články se spojují u litinových článkových otopných těles vsuvkami. U ocelových článkových otopných těles se spojují vsuvkami svařované soupravy s počtem 3, 4, 5, 7 a 10 článků. Do obchodní sítě jsou tělesa dodávána ve skladebních celcích či v konečné velikosti, která je dána výrobní řadou. [16]

Desková

Desková otopná tělesa dnes patří mezi nejčastěji používaná tělesa. Za desková otopná tělesa pokládáme souvislé hladké desky, popř. se zvětšením povrchu zvlněním nebo konvekčním plechem v různém montážním uspořádání. Za deskové těleso však nelze pokládat těleso vyskládané z jednotlivých článků přesto, že výsledný výrobek vykazuje tvar desky. Základní částí je horní rozvodná a dolní sběrná komora situovaná ve směru délky tělesa, obvykle stejného neproměnného průřezu. Obě komory spojují prolisy tvořící kanálky. Celé těleso tak tvoří dvě prolisované desky z ocelového plechu, které jsou po obvodě švově svařeny a mezi jednotlivými kanálky jsou svařeny bodově. Plech používaný na výlisky má tloušťku 1,25 až 1,3 mm. Pokud je čelní deska rovná, zcela hladká, používá se plech o tloušťce 2 mm a dochází tak ke zmenšení průtočného průřezu kanálku na polovinu, či se na deskové těleso standardního tvaru upevňuje lepícím tmelem hladká deska o tloušťce plechu 1,25 mm. Pro připojení na potrubní rozvod mají tělesa buď osový, nebo boční výstup se závitem. V případě tzv. kompaktního provedení mají tělesa zabudování propojovací garnituru s ventilovou vložkou nebo přímo s ventilem s napojením spodem vlevo, vpravo či uprostřed. [16]

Trubková

Podstatou řešení trubkových těles jsou rozvodné a sběrné komory, navzájem spojené řadou trubek menších průřezů. Trubky jsou kruhového, čtvercového, obdélníkového či obecně kombinovaného průřezu. Trubky bývají uspořádány různým způsobem. [16]

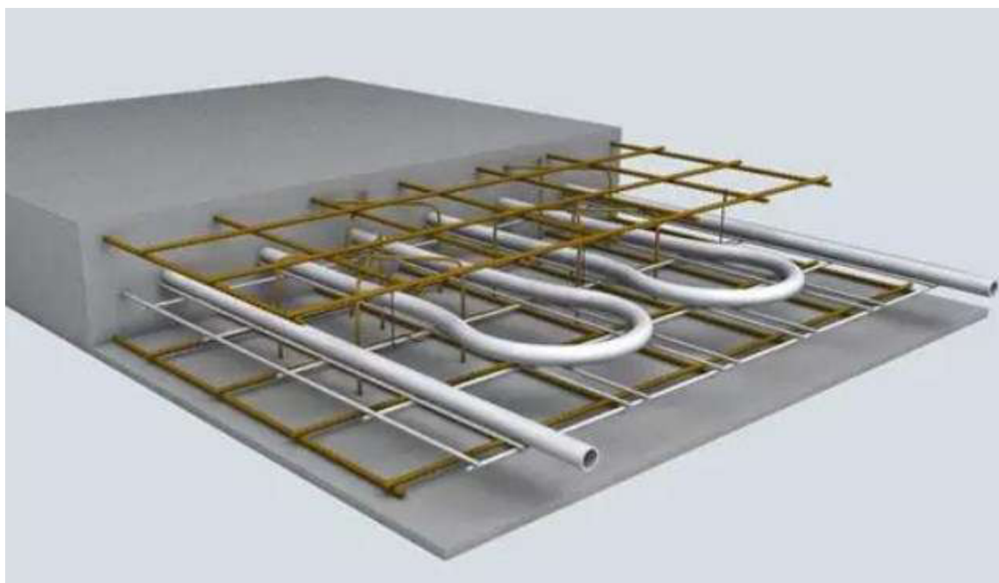
Konvektory

Konvektor je otopné těleso, které sdílí teplo do vytápěného prostoru převážně konvekcí. Skládá se obvykle z výměníku tepla a skříně, opatřené v horní části výdechovou mřížkou. Konvektory jsou pojmenovány podle toho, kde je umístěn otopný článek (výměník tepla). Konvektory tak lze rozdělit na skříňové, soklové a zapuštěné. Úkolem výměníku je převést dodané teplo teplotonosnou látkou do vytápěného prostoru přes okolo proudící vzduch. Pohyb vzduchu probíhá buď díky přirozenému vztlaku či díky práci ventilátoru. Konstruktivní řešení výměníku tak bývá různé. Většinou se vyskytují výměníky tepla trubkové, kde trubky jsou převážně kruhového průřezu. Používají se však i trubky eliptické či zploštělé. Materiál trubek je nejen ocel, ale i měď či slitiny hliníku. Tloušťka stěny žebrované trubky nesmí být menší než 0,8 mm. [16]

A.2.3.2 Sálavé otopné plochy

Sálavými otopnými plochami se rozumí stavební konstrukce se zabudovanými teplovodními trubními rozvody nebo elektrickými topnými kabely. Podle typu stavební konstrukce, v níž se topné prvky nachází, můžeme takové vytápění rozdělit na podlahové, stěnové, případně stropní. Dle samotného způsobu provedení pak sálavé plochy dělíme na suché a mokré systémy. U suchého systému se pokládka potrubí provádí mezi jednotlivé skládané vrstvy systémových desek, bez použití pojiva. Mokrá systém pokládka potrubí je založen na zalití potrubí do betonové zálivky podlahy eventuelně zaomítáním v případě stěny a stropu.

Za samostatnou zmínku v rámci sálavého vytápění stojí i znovuobjevený systém tepelné aktivace betonového jádra. Trubní rozvody jsou v tomto případě zabudovány do nosných vodorovných konstrukcí objektu.



Obr. 9: Aktivace betonového jádra [17]

Oproti konvenčním přístupům k chlazení a vytápění lze u TABS, díky velké tepelné kapacitě betonové konstrukce a velké ploše, která je využita k přestupu tepla/chladu do jednotlivých místností, využít i nízkých teplot otopné vody resp. vyšších teplot pro chlazení k zajištění dostatečného tepelného komfortu. Pro případ vytápění lze použít nízkoteplotní zdroje s teplotou jen do 35 °C (například u tepelných čerpadel lze tuto výstupní teplotu získat s velmi příznivým topným faktorem *COP*), ale je možné uvažovat i o využití odpadního tepla nebo jiných zdrojů tepla. Naopak pro chlazení v našich podmínkách stačí teploty okolo 18 °C, což lze získat i pouhým pasivním protékáním chladicí vody horizontálním zemním výměníkem tepla nebo vrtem. [4]

A.2.3.3 Fan coil jednotky

Jednotky fan-coil (označovány zkratkou FC) jsou zařízení na bázi konvektoru. Fan coily se dají použít jak na topení, tak i na chlazení. Ke své funkci potřebují centrální zdroj buď studené vody (režim klimatizování) nebo otopné (režim topení). Jednotky FC se vyrábějí v mnoha provedeních a variantách. Zde je přehled nejčastějších variant a typů jednotek FC:

- neopláštěné jednotky fan coil - jsou určeny pro "skrytou" instalaci např. do mezi prostoru, nebo do příčky
- opláštěné jednotky fan coil - jsou vybaveny krytem a určeny přímo do požadovaného prostoru. Vyrábí se v mnoha provedeních a variantách dle přání a požadavků zákazníka
- nástěnné jednotky fan coil - klasická nástěnná klimatizace, pouze médiem je zde voda
- kazetové jednotky fan coil - klasická kazetová klimatizace, pouze médiem je zde voda
- podlahové fan coily - jsou určeny pro montáž do podlahy

Fan coily se skládají z ventilátoru a výměníku tepla. Do výměníku je přiváděna teplá nebo studená voda z centrálního zdroje (kotelna - topení, strojovna chlazení - klimatizace). Ventilátor má za úkol hnát vzduch do místnosti přes výměník, kde se vzduch ohřeje či ochladí dle zvoleného režimu. V případě, kdy jsou fan coily využity na chlazení, musí být zajištěn odvod kondenzátu.

Jednotky fan coily se nejčastěji používají v administrativních budovách nebo v hotelích, kde jsou vysoké nároky jak na vytápění, tak i na chlazení. Velmi často se také používají fan coily v podlahovém provedení ve velkých moderních budovách pod velké prosklené obvodové konstrukce, aby nedocházelo k rosení skla. Využití ale najdou fan coily i v bytech a rodinných domcích, kde mohou být využity k vytápění spolu s kondenzačními kotle, jelikož pracují s nižšími teplotami než klasické radiátory. Jsou také velice vhodné v kombinaci s tepelnými čerpadly. [18]



FOURWAY CASSETE-TYPE FAN COIL UNIT



ONE WAY CASSETTE- TYPE FAN COIL UNIT



CEILING CONCEALED FAN COIL UNIT



HI-WALL MOUNTED FAN COIL UNIT



FLOOR MOUNTED FAN COIL UNIT

Obr. 10: Typy fan coil jednotek [19]

A.3 Systémy chlazení kancelářských budov

V dnešní době a stylu architektury, kdy se budují rozsáhlé objekty, jejichž obálku tvoří ve většině případů téměř úplné prosklené plochy, se zkrátka systémy chlazení stávají nezadatelnou součástí staveb. Mnohdy také potřeba chladu je tou největší energetickou zátěží budov. Měla by tak fungovat snaha o určitý kompromis mezi architektonickou podobou objektu a náročností na technologie a systémy technických zařízení budov.

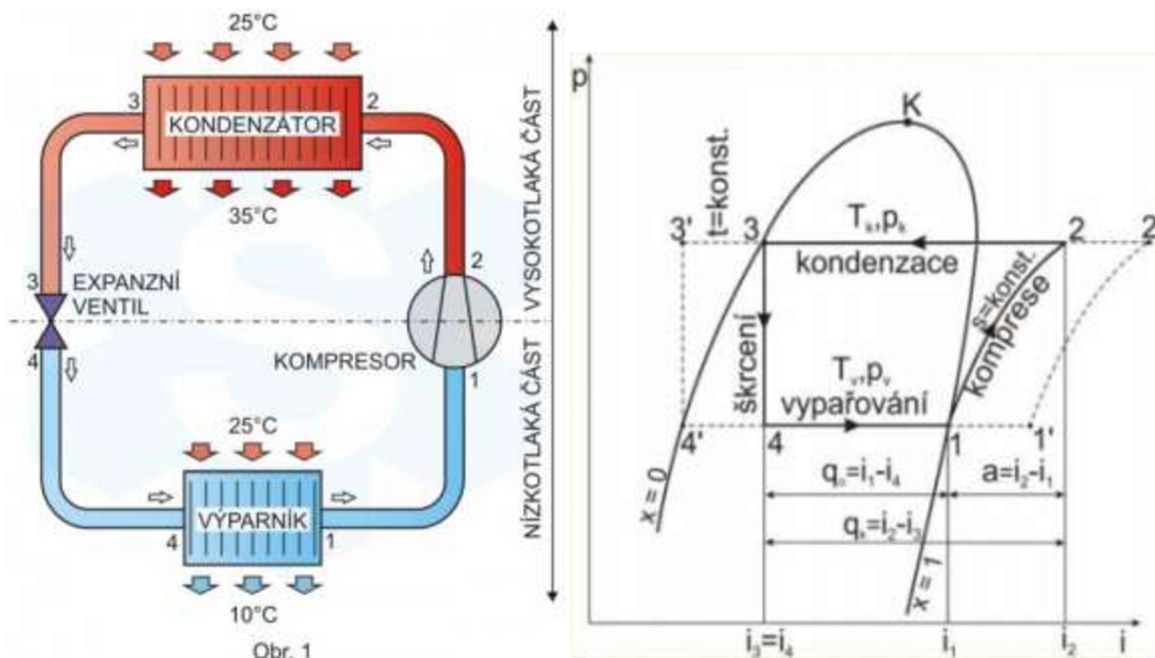
A.3.1 Zdroje chladu

Chlad lze získat z podstaty několika fyzikálních procesů.

- Kompresorový okruh – využití změn skupenství chladiva pro získání chladu
- Adsorpce – tvorba chladu pomocí adsorpce kapaliny do tuhé látky
- Absorpce – tvorba chladu pomocí roztoku obsahující chladivo a zdroje tepla
- Volné chlazení – využití chladného klima ve venkovním prostředí

A.3.1.1 Kompresorový okruh

Kompresorový okruh je základním a také nejčastějším způsobem výroby chladu většiny chladících zařízení. Princip spočívá v cyklickém oběhu chladiva okruhem, kde se skupenskou změnou odebírá a přijímá teplo. Základními prvky kompresorového okruhu jsou: výparník, kompresor, kondenzátor a škrtící (expanzní) ventil.



Obr. 11: Schéma kompresorového okruhu [20] Obr. 12: p-h diagram kompresorového okruhu [21]

Princip funkce:

1-2 Komprese

Kompresor zajišťuje odsávání par chladiva z výparníku při tlaku výparném a jejich stlačování na tlak kondenzační.

2-3 Kondenzace

Probíhá ve výměníku tepla, v němž je teplo ze stlačených par odváděno sdílením zpravidla do okolí, při čemž páry chladiva kondenzují.

3-4 Škrcení

Uskutečňuje se v průtočném orgánu, kde v důsledku podstatného zúžení průtočného průřezu dochází k izoentalpické ($h = \text{konst.}$) expanzi z tlaku kondenzačního na tlak výparný.

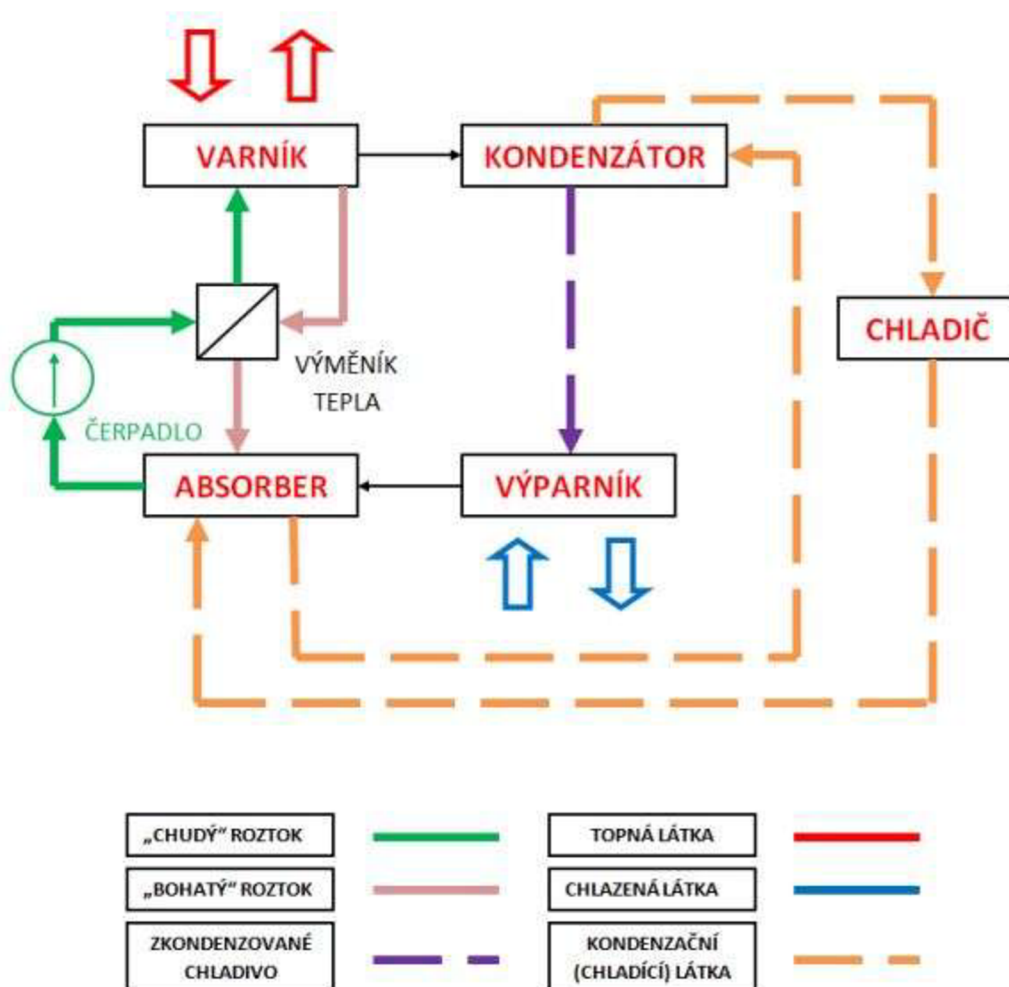
4-1 Vypařování

Vypařování chladiva ve výparníku je spojeno s odvodem tepla z vychlazovaného prostoru. Tímto izotermicko - izobarickým pochodem při výparném tlaku přechází chladivo z mokré páry na páru sytou. Takto je do chladiva sdílen tepelný příkon, který je v chladicí technice označován jako chladicí výkon.

Z výparníku jsou páry chladiva zpět nasávány kompresorem a takto je celý oběh uzavřen. [20]

A.3.1.2 Adsorpce a absorpce

U adsorpčního a absorpčního chlazení se pro výrobu chladu používá tepelná energie. Nejvíce se tento způsob využívá ve speciálních provozech, kde vzniká velké množství přebytečného odpadního tepla. Pro správné fungování těchto procesů je nutné zajistit u zdroje tepla vysokou teplotu (cca 75°C a více). S výhodou je tak možné spojit adsorpční a absorpční chlazení například s kogeneračními jednotkami používanými v různých průmyslových odvětvích. Pro chlazení datových center je tedy z důvodů nízkých teplot tento způsob nevhodný. [22]



Obr. 13: Schéma sorpčního okruhu [23]

A.3.1.3 Volné chlazení (free cooling)

Free cooling (volné chlazení) je využívání nízkých venkovních teplot pro výrobu chladu (chladicí vody) v chladných obdobích bez nutnosti používání kompresorového chlazení. Provoz Free coolingu je z energetického hlediska velice nenáročný. Při tomto druhu chlazení fungují pouze ventilátory, které nasávají vzduch skrz lamelový výměník s nemrznoucí kapalinou, ta své teplo odevzdává do vzduchu a tím se ochlazuje. Velkou ener-

getickou nevýhodou standardního kompresorového chlazení je, že při výrobě chladu fungují spolu s ventilátory i kompresory, které spotřebovávají několika násobně více energie než ventilátory. Free cooling se vyplatí pro budovy, kde je nutné chladit celoročně. [24]

A.3.1.4 Trigenerace

Trigenerace znamená kombinovanou výrobu elektřiny, tepla a chladu. Technologicky se pak jedná o spojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou. To je výhodné zejména z pohledu provozu kogenerační jednotky, protože umožňuje využít teplo i v létě, mimo topnou sezónu, a tím dosáhnout prodloužení ročního chodu jednotky.

Právě snížené možnosti využití tepla z kogenerační jednotky v letních měsících vedou často k nasazení menších jednotek, než by bylo jinak vhodné. Pokud tedy dovedeme přeměnit teplo na chlad, nic nestojí v cestě tomu, aby kogenerační jednotka mohla naplno pracovat i přes léto. Vyroběný chlad může být využit všude tam, kde je zapotřebí, např. v klimatizaci. [25]

A.3.2 Systémy klimatizačních zařízení

Klimatizací (úplnou) se v rámci tvorby vnitřního mikroklimatu budovy rozumí výměna, distribuce a řízená úprava vzduchu v podobě filtrace, ohřevu, chlazení, vlhčení a odvlhčování. Za dílčí klimatizaci je pak označováno zařízení, které dokáže alespoň topit chladit a odvlhčovat.

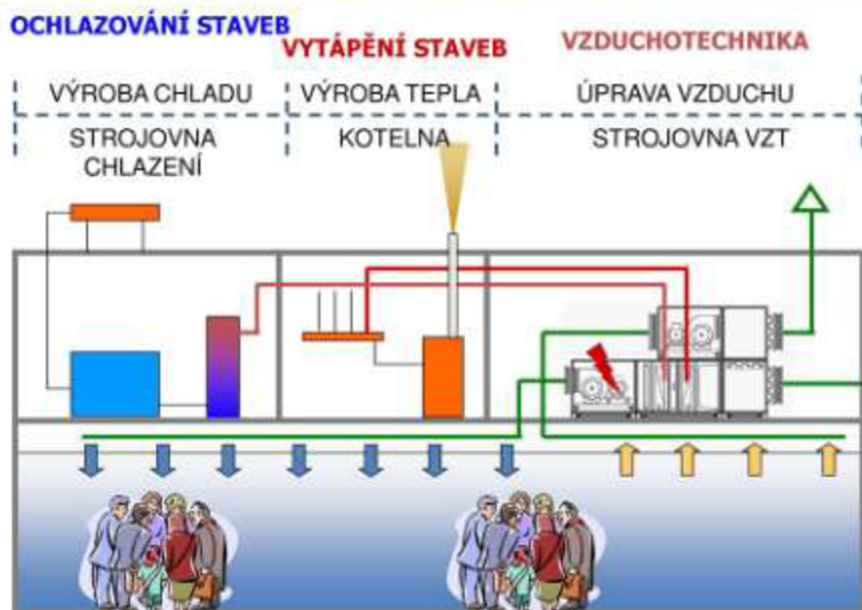
Podle technického provedení a teplonosné látky tvořící interní mikroklima se klimatizační systémy dělí na:

- Vzduchové
- Kombinované
- Chladivové

A.3.2.1 Vzduchové systémy

Vzduchové systémy představují klasická technická řešení. Teplonosnou látkou zprostředkující přenos tepla a chladu mezi zdroji a klimatizovanou místností k pokrytí tepelné zátěže a ztrát je vzduch vedený vzduchovody. Z důvodu malé tepelné kapacity vzduchu jsou k přenosu tepelné energie nutné větší průtoky. Z uvedené skutečnosti vyplývá, že k zajištění vnitřního prostředí jsou nutné větší výměny vzduchu v místnostech, s nimi spojená vyšší rychlost proudění vzduchu vnitřním prostorem a zejména rozměrná potrubí vedená mezi místem úpravy vzduchu (strojovnou) a klimatizovanou místností. Vzduchové systémy se vyskytují v řadě variant provedení. Převažující jsou systémy s ústřední strojovnou, méně časté jsou systémy jednotkové. Užívají se zejména pro velké místností občanských a průmyslových budov. [5]

Vzduchové systémy - skladba, energetické zdroje



Obr. 14: Vzduchový systém klimatizace [26]

A.3.2.2 Kombinované systémy

Kombinované systémy klimatizace se vyznačují kombinovaným přenosem chladu a tepla k pokrytí tepelné zátěže a ztrát klimatizovaných místností. Zmíněný přenos u těchto systémů zprostředkuje voda a vzduch. Podstatnou část potřeb tepla a chladu přenáší voda. K větrání prostorů se upravený čerstvý vzduch dopraví potrubní sítí ze strojovny do koncových prvků osazených do jednotlivých klimatizovaných místností budovy. Dle koncových prvků základní provedení tvoří: kombinované indukční, kombinované s fan coils a chladící stropy. [5]

A.3.2.3 Chladivové systémy

Lze charakterizovat specifickým přenosem chladu a tepla k pokrytí tepelné zátěže klimatizovaných místností. Teplonosnou látkou k přenosu tepelné energie mezi zdrojem a klimatizovanou místností k pokrytí tepelné zátěže event. tepelných ztrát tvoří chladivo umožňující přenos tepla pomocí skupenských změn. Systémy pracují běžně v režimu chlazení, některé mohou sloužit i k vytápění v režimu provozu tepelného čerpadla. [5]

Chladivové systémy lze rozdělit do tří kategorií:

Split

Obsahují jednu vnitřní jednotku a jednu venkovní jednotku. Vhodné pro chlazení lokálních samostatných prostor.

Multi split

Na jednu venkovní jednotku lze připojit až šest vnitřních (dle možností výrobce)



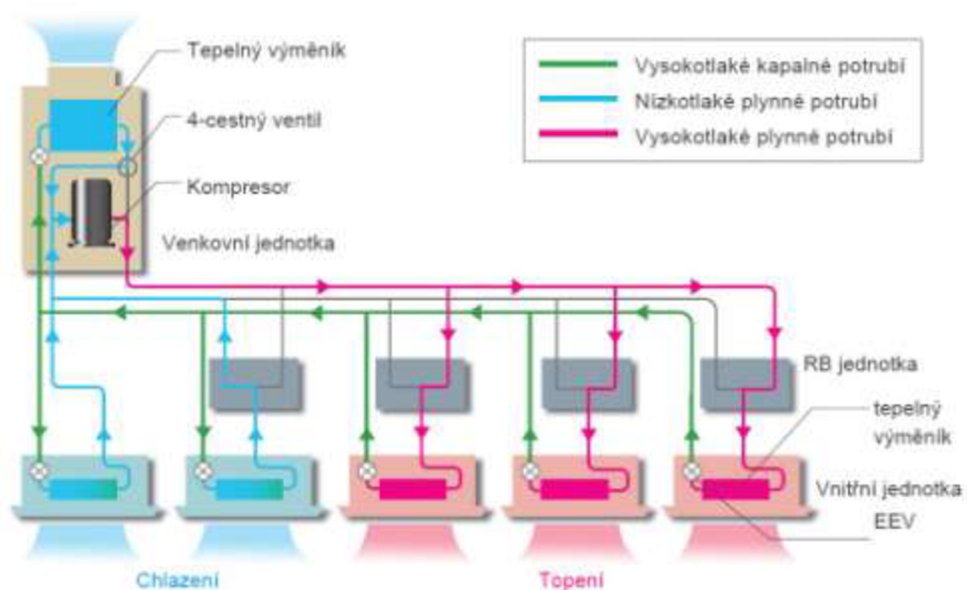
Obr. 15: Split systém [27]

Obr. 16: Multi split systém [28]

Velkou nevýhodou systémů split a multi split jsou omezené délky chladivového potrubí a převýšení mezi vnitřními a venkovními jednotkami.

VRV/VRF

Systémy VRV/VRF (Variable Refrigerant Volume - proměnlivý průtok chladiva) umožňují připojení až 80 ks vnitřních jednotek na jednu venkovní (dle výrobce). Venkovní jednotky jsou schopny pracovat v režimu chlazení nebo jako tepelné čerpadlo, případně mohou rekuperovat teplo mezi jednotlivými vnitřními jednotkami. Zároveň mají daleko vyšší limity v omezení délky potrubí a převýšení mezi vnitřními a venkovními jednotkami.



Obr. 17: VRV/VRF systém [29]

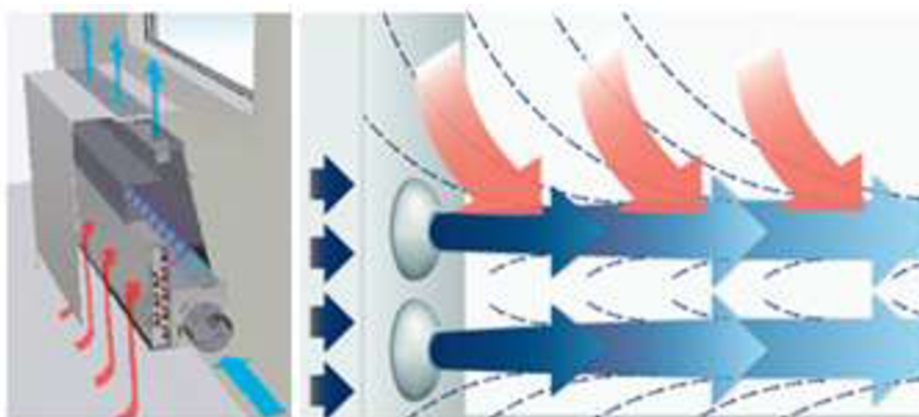
A.3.3 Chladicí plochy

Chladicí plochy můžeme obecně rozdělit dle systémů klimatizačního zařízení.

A.3.3.1 Chladicí systémy nepřímé (kombinované systémy klimatizace)

Indukční jednotky

Primární průtok čerstvého vzduchu, který je přiváděn přes trysky vytváří volný proud a podtlakem strhává do proudu okolní vrstvy vzduchu, čímž dochází k přisávání sekundárního vzduchu z místnosti. Tato „indukce“ probíhá uvnitř indukční jednotky. Speciální konstrukce umožňuje nasávání sekundárního vzduchu z místnosti přes tepelný výměník, kde dochází k jeho úpravě. Uvnitř jednotky dojde ke smíšení primárního a sekundárního vzduchu, který je následně distribuován do místnosti. [30]



Obr. 18: Indukční jednotka [30]

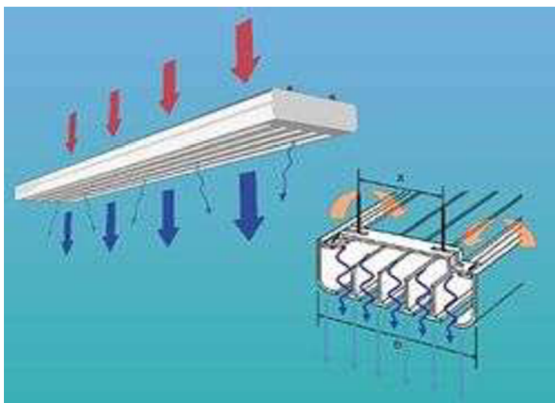
Fan coil jednotky

Viz kapitola A.2.3.3

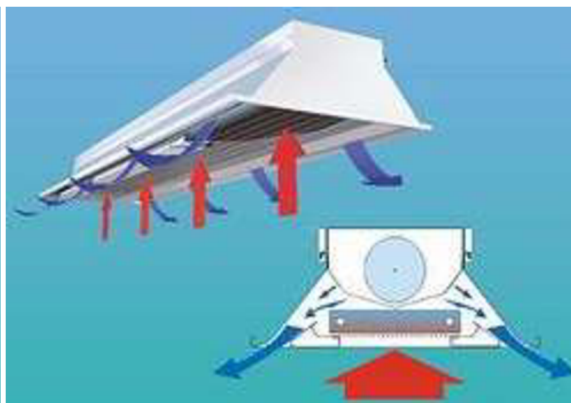
Chladicí trámy

Systém chlazení prostorů použitím chladicích trámů (CB - chilled beam) není úplně nový, jeho rozšíření nastalo v posledních letech s jejich dalším vývojem. Principem je umístění chladicích trámů do prostoru podhledu nebo pod strop, kde je vždy nejteplejší vrstva vzduchu vzniklá tepelnými zisky v daném prostoru. Jde o vodorovně umístěný lamelový výměník tepla napojený na přívod chladicí vody. Aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti na jeho povrchu, bývá minimální teplota přiváděné chladicí vody v rozmezí 16 až 18 °C.

Chladicí trámy rozdělujeme na pasivní (bez přívodu vzduchu) a aktivní (s přívodem upraveného vzduchu). [31]



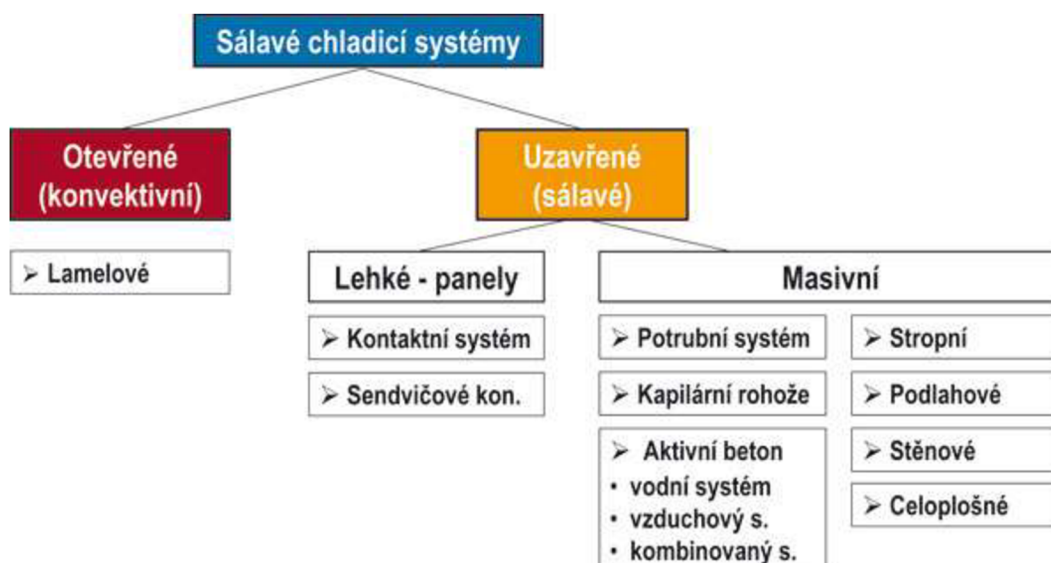
Obr. 19: Pasivní chladící trám [32]



Obr. 20: Aktivní chladící trám [32]

Chladící stropy

Jedná se v podstatě o obdobný systém jako u stropního vytápění. Z hlediska tvorby vnitřního prostředí se jedná o jedinečný systém, bez negativních projevů jako je průvan a hluk. Strop odvádí pouze citelnou teplenou zátěž rovnoměrně po celé místnosti. Odvedení latentního tepla a vlhkostní zátěže je řešeno systémem vzduchotechniky (klimatizace). Povrchová teplota chladícího stropu nesmí nikdy klesnout pod teplotu rosného bodu v místnosti, což je dost omezující pro chladící výkon, který tak dosahuje maximálních hodnot 70 - 80 W/m². Důsledně musí být při instalaci provedeny také vlhkostní čidla, aby při zvýšené vlhkosti prostoru byl chladící strop včas odstaven z provozu.



Obr. 21: Druhy sálavých chladících systémů [6]

A.3.3.2 Chladící systémy přímé (chladiivé systémy)

Chladícími plochami v tomto případě jsou výparníky vnitřních jednotek. Vnitřní jednotky jako takové se vyrábějí v identických variantách jako jednotky fan coilů viz kapitola A.2.3.3 obr. 10., tzn. nástěnné, podstropní kazetové, podstropní kanálové (potrubní) a parapetní.

A.4 Normové a legislativní požadavky

ČSN 73 0540-2	Tepelně technické vlastnosti budov – Požadavky
ČSN 73 0548	Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
ČSN EN 12831	Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu
ČSN EN 12828	Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních tepelných soustav
ČSN 06 0310	Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
ČSN 06 0830	Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
ČSN 06 0320	Ohřívání užitkové vody - Navrhování a projektování
ČSN EN 14511	Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru.
ČSN EN 378	Chladicí zařízení a tepelná čerpadla, bezpečnostní a environmentální požadavky
TPG 704 01	Odběrná plynová zařízení v budovách
Vyhláška 193/2007 Sb.	kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
NV 9/2013 Sb. (úprava NV 361/2007 Sb.)	– podmínky ochrany zdraví při práci
Vyhláška č. 6/2003 Sb.	kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb

A.5 Cíl práce

Cílem práce je návrh dvou variant technického řešení systému vytápění a chlazení administrativní budovy, z nichž jedna varianta je zpracovaná na úrovni téměř dokumentace pro provedení stavby a druhá varianta v podobě koncepce. Obě varianty jsou pak vzájemně porovnány z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu a dopadu na životní prostředí.

Cílem experimentální části práce je z výsledků měření dokázat význam využití odpadního tepla na efektivitě provozu zdroje chladu a poukázat tak na nezanedbatelné množství energie, které ještě donedávna bylo standartně odváděno nevyužito do venkovního prostředí.

A.6 Aktuální technická řešení v praxi

Aktuální technická řešení systémů vytápění a chlazení v praxi lze komplexně pojmut jen velmi těžko. Budování staveb a tvorba jejich vnitřního mikroklimatu je činnost závislá na obrovském množství faktorů. Od požadavků a finančních možností investora, přes architektonicky stavební řešení, projektovou přípravu, výstavbu nebo rekonstrukci objektů, jejich samotný rozsah až po finální provoz. Můžeme se tak i dnes setkat s administrativními objekty, kde v zimě není teplená pohoda a v létě je nesnesitelné horko. Během posledních let však už lze pozorovat snahu a o zlepšení a důraz na tvorbu

vnitřního mikroklimatu budov s ohledem na skutečnost, že je prokázána souvislost pracovní výkonnosti člověka s prostředím, ve kterém se nachází. Stejně tak se čím dál víc klade důraz na navrhování úsporných provozů, eliminaci energetických ztrát a využívání obnovitelných zdrojů energie. Je možné se tak setkat s realizacemi ve stylu objektu s přirozeným větráním, vytápěným deskovými tělesy se zdrojem tepla plynovým kotlem a přímým chlazením v podobě splitových jednotek. Lze se ale také setkat i s objekty, které jsou navrženy po stavební stránce tak, aby v zimě byly maximálně využity dostupné tepelné zisky a v létě byla naopak minimalizována tepelná zátěž, nároky na technologie můžou být tak i minimální. Celkově, při zanedbání nejlevnějších a nejdražších technických řešení, se ve většině případů jedná o volbu vytápění otopnými tělesy, případně vytápění a chlazení fancoily nebo jednotkami přímého chlazení s využitím různých zdrojů tepla a chladu.

A.7 Zvolené metody řešení

Varianta 1 – podrobně zpracovaná

Zdrojem tepla a chladu bude kompaktní tepelné čerpadlo vzduch-voda s reverzibilním chodem. Bivalentním zdrojem tepla bude plynová kotelna, sloužící také v letním období pro přípravu teplé vody.

Otopnými plochami budou otopná tělesa, dvou a čtyřtrubkové parapetní a podstropní kazetové FCU a v části objektu také podlahové vytápění.

Distribuční soustava bude řešena jako čtyřtrubková (otopná a chladicí) protiproudá s nuceným oběhem teplotnosné látky (vody).

Varianta 2 – návrh alternativní koncepce

Zdrojem tepla bude plynová kotelna.

Otopnými plochami budou otopná tělesa a v části objektu podlahové vytápění.

Distribuční soustava bude řešena jako dvoutrubková protiproudá s nuceným oběhem teplotnosné látky (vody).

Chlazení objektu bude řešeno přímým způsobem systémy split, multisplit, případně VRV/VRF.

Koncovými jednotkami chlazení budou nástěnné a podstropní kazetové jednotky.

A.8 Experimentální řešení

Stanovení chladicího faktoru zdroje chladu zimního stadionu bylo provedeno na základě výstupů ze systému MaR (příkon zdroje chladu, teplota přívodu a vratu teplotnosné látky ledové plochy) a měření průtoků a teplot využití odpadního tepla. Z naměřených hodnot pak jsou vypočteny přenášené výkony a následně stanoven chladicí faktor.

Pro měření průtoků byl použit ultrazvukový průtokoměr TransPort PT878 s příložným čidlem.

Teploty byly odečteny z běžných bimetalových teploměrů, osazených v jímkách v potrubí a zkontrolovány pomocí infračerveného teploměru Testo 830-T4.

A.9 Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

Pro většinu výpočtů v této práci byl použit software firmy Protech. V jednotlivých případech užití programu byla vždy provedena kontrola ručním výpočtem pro ověření správného zadání dílčích vstupů a konečných číselných výstupů.

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

B.1 Analýza objektu

Řešeným objektem je rekonstrukce a přístavba administrativní budovy výrobní haly v Boskovicích. Stávající objekt administrativní budovy tvoří dvě nadzemní podlaží vybudované při výstavbě výrobní haly v roce 2007. Konstrukčně je administrativa řešena jako zděná budova s monolitickými železobetonovými stropy. Nově bude část stávajícího objektu zdemolována (především vnitřní nosné i nenosné konstrukce) a dostavěna dle navržené dispozice. V rámci stavby bude na jižní straně objektu přistavěn reprezentativní vstup s kanceláři vedení firmy. Přístavba bude řešena také v severní části budovy a vedle stávající plynové kotelny na střeše bude dostavěno celé 3.NP

V 1. NP se nachází reprezentativní vstup, kancelářské prostory a příruční provozní prostory výrobní haly. Ve 2. NP jsou opět kanceláře, vedení podniku a oddělení výzkumu se zkušebnou a laboratoří. V novém 3. NP je pak umístěna kuchyň, jídelna, šatny s hygienickým zázemím pro zaměstnance celého podniku, plynová kotelna a strojovna chlazení.

B.2 Výpočet součinitelů prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí

B.2.1 Ruční kontrolní výpočet a posouzení součinitele prostupu tepla

Tepelný odpor konstrukce:

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

d_i – tloušťka i -té vrstvy konstrukce v m

λ_i – návrhový součinitel tepelné vodivosti materiálu i -té vrstvy konstrukce ve $W/(m \cdot K)$

Tepelný odpor konstrukce při prostupu tepla:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $[(m^2 \cdot K)/W]$

R_{se} – odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $[(m^2 \cdot K)/W]$

Součinitel prostupu tepla:

$$U = \frac{1}{R_T} \leq U_N \quad [(W/m^2 \cdot K)]$$

U_N – požadavek na hodnotu součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540 [4]

Konstrukce: SO450 – Obvodové zdivo nové PHT + IZ

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} = \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,3}{0,180} + \frac{0,010}{0,8} + \frac{0,150}{0,039} + \frac{0,003}{0,8} + \frac{0,003}{0,75} = 5,548 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} = 0,13 + 5,548 + 0,04 = 5,718 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,718} = 0,174 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \leq U_N = 0,30 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \text{ VYHOVUJE}$$

B.2.2 Výpočet a posouzení součinitele prostupu tepla

SO452	V1	Obvodové zdivo nové PHT + IZ
--------------	-----------	-------------------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnější (těžká)**

UN,20 = **0,30** Urec,20 = **0,25** Upas,20,h = **0,18** Upas,20,d = **0,12** W/(m².K)

θ_i = **20 °C** UN = **0,30** Urec = **0,25** Upas,h = **0,18** Upas,d = **0,12** W/(m².K)

Korekční činitel ΔU_{tbk} = **0,000** W/(m².K),

Vypočítaná hodnota U = **0,173** W/(m².K) **VYHOVUJE**

Složení konstrukce

č.v.			d mm	λ W/(m.K)	Z _{TM}	λ _{ekv} W/(m.K)	R _v (m ² .K)/W	U W/(m ² .K)
R _{si}		Odpor při přestupu					0,130	
1	105-02	Omítka vápenocement.	15,00	0,990	0,00	0,990	0,015	
2	217e-003	POROTHERM 30 Profi Dryfix	300,00	0,180	0,00	0,180	1,700	
3	601-001	weber tmel 700	10,00	0,800	0,00	0,800	0,012	
4	256-022	EPS 100 F	150,00	0,037	0,05	0,039	3,861	
5	601-001	weber tmel 700	3,00	0,800	0,00	0,800	0,004	
6	600-005	weber.pas silikon plus	3,00	0,750	0,00	0,750	0,004	
R _{se}		Odpor při přestupu					0,040	= (1/R _T)+ΔU _{tbk}
		Odpor celkem R _T					5,766	0,173

Stanovení hodnoty Z_{TM}

č.v.	Materiál	λ W/(m.K)	Podíl %	Z _{TM} Vlhkost	Z _{TM} Kotvení	Z _{TM} Nehomogenní vrstvy	Z _{TM} Celkem
4	EPS 100 F	0,037		0,00	0,05	0,00	0,05

Poznámka:

Z_{TM} – činitel tepelných mostů. Je určen k přepočítání výrobci uváděné λ na λ_{ekv}, která pak zohledňuje vliv nasákavosti stavebních izolací. Hodnota Z_{TM} může být pro různé druhy izolačních materiálů předepsána metodikou výpočtu.

Součinitel Z_{TM} umožňuje také zohlednit vliv kotvení, přerušení izolační vrstvy kroklemi, rámovou konstrukcí atd.

Jednotlivé hodnoty Z_{TM} se sečtou a zadají jednou hodnotou do sloupce Z_{TM}. Pro výpočet platí vztah λ_{ekv} = λ · (1 + λ · Z_{TM})

Kompletní výpočet všech konstrukcí je v příloze [P1]

B.3 Výpočet tepelného výkonu

B.3.1 Ruční kontrolní výpočet

Ozn. místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitř. teplota θ _i [°C]
205	Kancelář laborantů	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí
--

Stavební konstrukce							
Ozn. kce.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO 450	Stávající obvodová stěna	13,44	0,30	0,00	0,30	1,00	4,03
OD2219	Okno stávající s dvojsklem	4,27	1,10	0,00	1,10	1,00	4,70
OD1119	Okno stávající s dvojsklem	2,09	1,10	0,00	1,10	1,00	2,30
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venk. prostř. $H_{T,ie1} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							11,03

Tepelná ztráta vlivem lineární vazby							
Stavební konstrukce							
Ozn. kce.	Popis	Ψ_i	l_i	e_i	$\Psi_i \cdot l_i \cdot e_i$		
SOS	Stavební otvor stávající	0,20	14,30	1,00	2,86		
VD	Vodorovná vazba dolní	0,02	6,00	1,00	0,12		
VH	Vodorovná vazba horní	0,08	6,00	1,00	0,48		
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ie2} = \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i$ (W/K)							3,46

Tepelná ztráta z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
Ozn. kce.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$		
PDL2	Podlaha 2.NP	5,77	0,80	0,03	0,14		
SN301	Stávající vnitřní stěna tl. 300 mm	18,20	0,57	0,06	0,62		
DN820	Dvěře neochlazované 800	1,60	2,50	0,06	0,24		
STR2	Strop 2.NP	6,36	0,81	0,03	0,15		
STR2	Strop 2.NP	33,54	0,81	-0,06	-1,63		
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							-0,47

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie1} + H_{T,ie2} + H_{T,ij}$					14,01
Θ_i	Θ_e	$\Theta_i - \Theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztr. prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	
20	-15	35	14,01	490	

Výpočet tepelných ztrát větráním				
Objem místnosti V_i [m ³]	Výpočtová venkovní teplota θ_e	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$	Hygienické požadavky	
			n [h ⁻¹]	$V_{min,i}$ [m ³ /h]
106,18	-15	20	1,00	106,18
Počet nechrán. otvorů	n_{50}	Činitel zaclonění e	Výšk, korek. činitel ϵ	Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,f}$ [m ³ /h]
2,00	1,00	0,03	1,00	6,37
max. z $V_{min,i}$, $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	Návrhová ztr. větráním $\Phi_{v,i}$ [W]	
6,37	2,17	35	76	

Celková návrhová tepelná ztráta Φ_i [W]	566
--	-----

Celková návrhová tepelná ztráta dle softwaru

$\Phi_i = 567$ W

Ozn. místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitř. teplota Θ_i [°C]
223	Kancelář účetní	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Ozn. kce.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO 450	Stávající obvodová stěna	16,64	0,30	0,00	0,30	1,00	4,99
OD2319	Okno stávající s dvoj-sklem	4,27	1,10	0,00	1,10	1,00	4,70
OD1519	Okno stávající s dvoj-sklem	2,85	1,10	0,00	1,10	1,00	3,14
SCH10	Střecha 2.NP - střed	34,78	0,11	0,00	0,11	1,00	3,65
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venk. prostř. $H_{T,ie1} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							16,48

Tepelná ztráta vlivem lineární vazby						
Stavební konstrukce						
Ozn. kce.	Popis	Ψ_i	l_i	e_i	$\Psi_i \cdot l_i \cdot e_i$	
SOS	Stavební otvor stávající	0,20	15,10	1,00	3,02	
VD	Vodorovná vazba dolní	0,02	7,20	1,00	0,14	
VH	Vodorovná vazba horní	0,08	7,20	1,00	0,58	
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ie2} = \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i$ (W/K)						3,67

Tepelná ztráta z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Ozn. kce.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$
SN10	Skleněná přička	22,16	1,30	0,06	1,73
DN820	Dvěře neochlazované 800	1,60	2,50	0,06	0,24
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)					1,97

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie1} + H_{T,ie2} + H_{T,ij}$					22,18
Θ_i	Θ_e	$\Theta_i - \Theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztr. prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	
20	-15	35	22,18	776	

Výpočet tepelných ztrát větráním				
Objem místnosti V_i [m ³]	Výpočtová venkovní teplota θ_e	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$	Hygienické požadavky	
			n [h ⁻¹]	$V_{min,i}$ [m ³ /h]
92,65	-15	20	1,00	92,65
Počet nechrán. otvorů	n_{50}	Činitel zaclonění e	Výšk. korek. činitel ϵ	Množství vzduchu infiltračí $V_{inf,f}$ [m ³ /h]
3,00	1,00	0,03	1,00	5,56
max. z $V_{min,i}$, $V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	Návrhová ztr. větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	
5,56	1,89	35	66	

Celková návrhová tepelná ztráta Φ_i [W]

843

Celková návrhová tepelná ztráta dle softwaru **$\Phi_i = 839$ W****B.3.2 Výpočet tepelných výkonů dle softwaru****205 Kancelář laborantů** $t_i = 20$ °C $t_e = -15$ °C $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m ²	AO m ²	AR m ²	H W·K ⁻¹
PDL4	Z	5,94	1,00	0,796	0	0,00	0	5,9	0,0	5,9	0,0
PDL4	Z	18,67	1,00	0,796	0	0,00	0	18,7	0,0	18,7	0,0
PDL4	Z	5,77	1,00	0,796	1	0,03	0	5,8	0,0	5,8	0,1
PDL4	Z	9,71	1,00	0,796	0	0,00	0	9,7	0,0	9,7	0,0
SN301	Z	6,00	3,30	0,568	2	0,06	1	19,8	1,6	18,2	0,6
DN820	0	0,80	2,00	2,500	2	0,06	1	1,6	1,6	1,6	0,2
SN151	Z	6,65	3,30	1,267	0	0,00	0	21,9	0,0	21,9	0,0
SO450	Z	6,00	3,30	0,297	35	1,00	2	19,8	6,4	13,4	4,0
OD2319	0	2,25	1,90	1,100	35	1,00	1	4,3	4,3	4,3	4,7
OD1119	0	1,10	1,90	1,100	35	1,00	1	2,1	2,1	2,1	2,3
SOS		14,30		0,200	35	1,00					2,9
SN151	Z	6,65	3,30	1,267	0	0,00	1	21,9	1,6	20,3	0,0
DN820	0	0,80	2,00	2,500	0	0,00	1	1,6	1,6	1,6	0,0
STR1	Z	6,36	1,00	0,807	1	0,03	0	6,4	0,0	6,4	0,2
STR1	Z	33,54	1,00	0,807	-2	-0,06	0	33,5	0,0	33,5	-1,5
VD		6,00		0,020	35	1,00					0,1
VH		6,00		0,080	35	1,00					0,5

Výměna vzduchuHygienický požadavek V_{np} 106,2 m³·h⁻¹Infiltrace pláštěm V_{n50} 6,4 m³·h⁻¹**Součinitel tepelné ztráty**Prostupem H_{Tm} 14,0 W·K⁻¹Výměnou vzduchu H_{Vm} 2,2 W·K⁻¹**Tepelná ztráta**Prostupem Φ_{Tm} 491 WVýměnou vzduchu Φ_{Vm} 76 WZátopová Φ_{RHm} 0 W**Celkem** Φ_{HLM} 567 WTepelný zisk Q_z 0 W**223 Kancelář účetní** $t_i = 20$ °C $t_e = -15$ °C $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m ²	AO m ²	AR m ²	H W·K ⁻¹
PDL4	Z	19,64	1,00	0,796	0	0,00	0	19,6	0,0	19,6	0,0
PDL4	Z	15,30	1,00	0,796	0	0,00	0	15,3	0,0	15,3	0,0
SN10	0	7,20	3,30	1,300	2	0,06	1	23,8	1,6	22,2	1,7
DN820	0	0,80	2,00	2,500	2	0,06	1	1,6	1,6	1,6	0,2
SN10	0	4,83	3,30	2,000	0	0,00	1	15,9	1,6	14,3	0,0
DN820	0	0,80	2,00	2,500	0	0,00	1	1,6	1,6	1,6	0,0
SO450	Z	7,20	3,30	0,265	35	1,00	2	23,8	7,1	16,6	5,0
OD1519	0	1,50	1,90	1,100	35	1,00	1	2,8	2,8	2,8	3,1
OD2319	0	2,25	1,90	1,100	35	1,00	1	4,3	4,3	4,3	4,7
SOS		15,10		0,200	35	1,00					3,0
SN10	0	4,83	3,30	2,000	0	0,00	1	15,9	1,6	14,3	0,0
DN820	0	0,80	2,00	2,500	0	0,00	1	1,6	1,6	1,6	0,0

OK	ZZ	x m	y m	U_i, Ψ_{eq}	Δt K	b	PO	A m^2	AO m^2	AR m^2	H $W \cdot K^{-1}$
SCH1	Z	7,20	4,83	0,106	35	1,00	0	34,8	0,0	34,8	3,7
VD		7,20		0,020	35	1,00					0,1
VH		7,20		0,080	35	1,00					0,6

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek V_{np} 92,7 $m^3 \cdot h^{-1}$
 Infiltrace pláštěm V_{n50} 5,6 $m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem H_{Tm} 22,4 $W \cdot K^{-1}$
 Výměnou vzduchu H_{Vm} 1,9 $W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem Φ_{Tm} 773 W
 Výměnou vzduchu Φ_{Vm} 66 W
 Zátopová Φ_{RHm} 0 W
Celkem Φ_{HLm} 839 W
 Tepelný zisk Q_z 0 W

Kompletní výpočet všech místností je v příloze [P2]

B.3.3 Souhrn tepelných výkonů jednotlivých místností

podl.	č.m.	účel	úsek	t_i °C	n_p	V_{np} $m^3 \cdot h^{-1}$	V_{n50} $m^3 \cdot h^{-1}$	V_{mech} $m^3 \cdot h^{-1}$	f_{RH}
ÚSEK 0									
1	101	Chodba	N	18	0,3	52,5	7,0	200,0	0
1	103	Chodba	N	13	0,3	15,3	2,0	350,0	0
1	106	Schodiště	N	15	0,3	11,5	1,5	150,0	0
1	107	Rozvodna+el. dílna	N	13	0,5	38,3	3,1	38,0	0
1	111	Chodba	N	19	0,3	16,0	3,2	150,0	0
1	118	Úklidová místnost	N	18	0,3	3,6	0,0	100,0	0
1	124	Sklad	N	15	0,3	6,9	0,0	80,0	0
1	130	předsíňka	N	18	0,5	9,2	0,0	290,0	0
1	131	WC invalidé	N	18	0,5	7,6	0,0	80,0	0
1	134	Šatna	N	20	0,5	6,7	0,0	50,0	0
2	201	Chodba	N	15	0,5	7,7	0,6	0,0	0
2	211	Kuchyňka	N	19	0,5	14,1	0,0	150,0	0
2	212	Schodiště	N	15	0,3	10,0	0,0	160,0	0
2	213	Chodba	N	18	0,3	4,2	0,0	160,0	0
2	214	serverovna	N	16	0,5	25,1	0,0	50,0	0
2	215	Archiv	N	16	0,5	89,7	0,0	330,0	0
2	216	předsíňka	N	18	0,5	21,2	0,0	600,0	0
2	219	Kuchyňka	N	18	0,5	16,0	0,0	110,0	0
2	220	Sklad	N	15	0,3	4,1	0,0	100,0	0
3	301	Chodba	N	19	0,5	50,0	6,0	80,0	0
3	306	Chodba	N	19	1,0	29,5	1,2	390,0	0
3	312	Schodiště	N	15	0,3	10,1	0,0	150,0	0
3	313	Sklad	N	15	0,3	12,4	0,0	80,0	0
3	314	Vstup na střechu	N	13	0,5	4,3	0,3	4,0	0
ÚSEK 1									
1	104	Sklad dílny	1	15	0,5	72,9	8,7	350,0	0
1	105	Dílna	1	18	0,5	135,4	16,2	540,0	0
1	108	Kompresorovna+náhr.	1	15	0,3	49,8	6,6	50,0	0
1	109	Kancelář	1	20	1,0	80,7	4,8	250,0	0
1	110	Kancelář	1	20	1,0	102,8	6,2	200,0	0
1	112	Kancelář	1	20	1,0	33,2	2,0	150,0	0
1	113	Kancelář ředitele vý	1	20	1,0	33,7	2,0	200,0	0
1	114	Kancelář	1	20	1,0	57,4	3,4	100,0	0
1	115	Kuchyňka	1	20	0,3	8,6	0,0	100,0	0

podl.	č.m.	účel	úsek	t _i °C	n _p	V _{np} m ³ .h ⁻¹	V _{n50} m ³ .h ⁻¹	V _{mech} m ³ .h ⁻¹	f _{RH}
1	116	wc muži	1	18	1,0	43,4	0,0	240,0	0
1	117	WC ženy	1	18	1,0	47,5	0,0	320,0	0
1	119	šatna	1	22	1,0	22,9	0,0	80,0	0
1	120	umývárna-šatna	1	24	1,0	11,6	0,0	80,0	0
1	121	Kancelář	1	20	0,5	38,2	0,0	140,0	0
1	122	Kancelář	1	20	0,3	22,6	0,0	140,0	0
1	123	Kuchyňka	1	20	0,5	25,7	0,0	200,0	0
1	125	Kancelář tech. ředit	1	20	1,0	51,7	2,1	100,0	0
1	126	Kancelář	1	20	1,0	56,7	3,4	100,0	0
1	127	Obchod. oddělení	1	20	1,0	69,6	4,2	100,0	0
1	128	Invest. oddělení	1	20	1,0	128,9	7,7	250,0	0
1	129	Vstupní hala	1	18	0,5	215,1	25,8	400,0	0
1	132	WC muži	1	18	0,5	13,1	1,0	130,0	0
1	133	Wc ženy	1	18	0,5	13,9	1,7	160,0	0
1	135	malá zasedačka	1	20	1,0	57,8	3,5	400,0	0
1	136	malá zasedačka	1	20	1,0	57,8	3,5	400,0	0
2	202	Chodba	1	18	0,3	94,6	12,6	370,0	0
2	203	Mikroskop	1	22	1,0	42,3	0,0	100,0	0
2	204	IT oddělení	1	20	1,0	51,7	2,1	200,0	0
2	205	Kancelář laborantů	1	20	1,0	106,2	6,4	200,0	0
2	206	Zkušebna	1	20	1,0	214,7	12,9	440,0	0
2	207	kancelář	1	20	1,0	95,0	5,7	200,0	0
2	208	Zkušebna	1	20	1,0	238,2	14,3	250,0	0
2	209	Pece	1	18	0,5	33,8	2,7	250,0	0
2	210	Sklad měřidel a přís	1	18	0,3	35,0	7,0	150,0	0
2	217	WC muži	1	18	0,5	12,5	0,0	400,0	0
2	218	WC ženy	1	18	0,5	13,1	0,0	200,0	0
2	221	Kancelář	1	20	0,5	26,1	2,1	150,0	0
2	222	Kancelář konstrukce	1	20	1,0	63,3	3,8	100,0	0
2	223	Kancelář účetní	1	20	1,0	92,7	5,6	150,0	0
2	224	Kancelář pers. odděl	1	20	1,0	80,3	4,8	100,0	0
2	225	Kancelář jednatele	1	20	1,0	82,8	3,3	150,0	0
2	226	Kancelář jednatele	1	20	1,0	82,0	4,9	150,0	0
2	227	Kancelář EKO. ředite	1	20	1,0	59,0	2,4	150,0	0
2	228	Velká zasedačka	1	20	1,0	179,5	7,2	700,0	0
2	229	prostor asistentky	1	20	1,0	56,3	2,3	150,0	0
2	230	Galerie	1	18	0,5	132,2	15,9	1 000,0	0
3	302	Šatna ženy	1	22	0,5	94,5	0,0	1 540,0	0
3	303	Umývárny ženy	1	24	0,5	43,6	0,0	1 540,0	0
3	304	Jídelna	1	20	1,0	474,5	28,5	3 130,0	0
3	305	výdej jídel	1	20	0,5	60,1	0,0	450,0	0
3	309	Úklidová místnost	1	18	0,5	7,2	0,6	100,0	0
3	310	WC muži	1	20	0,5	5,5	0,4	60,0	0
3	311	WC ženy	1	20	0,5	5,5	0,4	60,0	0
3	313	Šatna muži	1	22	1,0	213,0	0,0	1 740,0	0
3	316	Umývárna muži	1	24	1,0	122,9	0,0	1 660,0	0
3	320	Kotelna	1	15	0,5	38,5	3,1	0,0	0
3	321	Strojovna chlazení	1	10	0,5	67,6	8,1	67,6	0

č.m.	úsek	V _{mi} m ³	A _{pi} m ²	H _{Tm} W/K	H _{Vm} W/K	Φ _{Tm} W	Φ _{Vm} W	Φ _{RHm} W	Φ _{HLm} W	Q _{cm} W	Q _z W
ÚSEK 0											
101	N	174,9	53,0	5	2	174	78	0	252	252	0
103	N	50,9	15,4	-1	1	-15	19	0	5	5	0
106	N	38,4	11,6	5	1	149	16	0	165	165	0
107	N	76,7	23,2	-1	1	-39	29	0	0	0	0
111	N	53,2	16,1	-2	1	-54	37	0	0	0	0
118	N	12,0	3,6	0	0	-2	0	0	0	0	0
124	N	23,0	7,0	-1	0	-33	0	0	0	0	0
130	N	18,3	5,1	0	0	-2	0	0	0	0	0
131	N	15,2	4,2	0	0	6	0	0	6	6	0
134	N	13,4	3,7	2	0	58	0	0	58	58	0
201	N	15,5	5,2	-1	3	-34	79	0	45	45	0
211	N	28,1	9,4	3	0	106	0	0	106	106	0
212	N	33,3	11,1	0	0	7	0	0	7	7	0
213	N	14,2	4,7	0	0	16	0	0	16	16	0
214	N	50,1	16,7	-2	0	-52	0	0	0	0	0
215	N	179,4	59,8	-1	0	-44	0	0	0	0	0
216	N	42,5	14,2	-1	0	-17	0	0	0	0	0
219	N	31,9	10,6	0	0	7	0	0	7	7	0
220	N	13,6	4,5	0	0	8	0	0	8	8	0
301	N	99,9	33,3	-3	2	-88	69	0	0	0	0
306	N	29,5	9,8	4	0	138	14	0	151	151	0
312	N	33,6	11,2	1	0	38	0	0	38	38	0
313	N	41,3	13,8	3	0	98	0	0	98	98	0
314	N	8,7	2,9	1	0	37	3	0	40	40	0
Σ úsek N		1 097,6	350,3	14	11	464	345	0	1 005	1 005	0
ÚSEK 1											
104	1	145,8	44,2	3	3	99	89	0	188	188	0
105	1	270,8	82,0	42	6	1 389	182	0	1 572	1 572	0
108	1	165,9	50,3	14	5	407	144	0	551	551	0
109	1	80,7	24,5	10	2	343	58	0	400	400	0
110	1	102,8	31,2	20	2	688	73	0	762	762	0
112	1	33,2	10,1	5	1	174	24	0	197	197	0
113	1	33,7	10,2	5	1	187	24	0	211	211	0
114	1	57,4	17,4	13	1	449	41	0	490	490	0
115	1	28,6	8,7	6	0	212	0	0	212	212	0
116	1	43,4	13,1	8	0	270	0	0	270	270	0
117	1	47,5	14,4	4	0	136	0	0	136	136	0
119	1	22,9	6,9	4	0	156	0	0	156	156	0
120	1	11,6	3,5	5	3	182	109	0	290	290	0
121	1	76,3	23,1	7	0	247	0	0	247	247	0
122	1	75,3	22,8	9	0	308	0	0	308	308	0
123	1	51,4	15,6	10	0	348	0	0	348	348	0
125	1	51,7	15,7	13	1	468	25	0	493	493	0
126	1	56,7	17,2	13	1	458	40	0	499	499	0
127	1	69,6	21,1	16	1	561	50	0	611	611	0
128	1	128,9	39,1	28	3	983	92	0	1 075	1 075	0
129	1	430,3	119,5	79	9	2 591	290	0	2 880	2 880	0
132	1	26,1	7,3	5	0	159	12	0	170	170	0
133	1	27,7	7,7	5	1	149	19	0	167	167	0
135	1	57,8	16,1	13	1	442	41	0	483	483	0
136	1	57,8	16,1	17	1	592	41	0	633	633	0

č.m.	úsek	V_{mi} m ³	A_{pi} m ²	H_{Tm} W/K	H_{Vm} W/K	Φ_{Tm} W	Φ_{Vm} W	Φ_{RHm} W	Φ_{HLm} W	Q_{cm} W	Q_z W
202	1	315,4	105,1	18	4	588	142	0	730	730	0
203	1	42,3	14,1	8	0	310	0	0	310	310	0
204	1	51,7	17,2	7	1	252	25	0	277	277	0
205	1	106,2	35,4	14	2	491	76	0	567	567	0
206	1	214,7	71,6	41	4	1 433	153	0	1 587	1 587	0
207	1	95,0	31,7	16	2	561	68	0	629	629	0
208	1	238,2	79,4	35	5	1 209	170	0	1 379	1 379	0
209	1	67,7	22,6	8	1	273	30	0	304	304	0
210	1	116,7	38,9	2	2	52	79	0	131	131	0
217	1	24,9	8,3	3	0	94	0	0	94	94	0
218	1	26,2	8,7	3	0	103	0	0	103	103	0
221	1	52,2	17,4	15	1	512	25	0	537	537	0
222	1	63,3	21,1	13	1	438	45	0	483	483	0
223	1	92,7	30,9	22	2	773	66	0	839	839	0
224	1	80,3	26,8	24	2	841	57	0	898	898	0
225	1	82,8	24,3	16	1	568	39	0	607	607	0
226	1	82,0	24,1	26	2	898	59	0	957	957	0
227	1	59,0	17,4	19	1	657	28	0	685	685	0
228	1	179,5	52,8	49	2	1 726	85	0	1 812	1 812	0
229	1	56,3	16,6	17	1	586	27	0	612	612	0
230	1	264,4	77,8	32	5	1 056	178	0	1 234	1 234	0
302	1	189,0	63,0	20	28	723	1 047	0	1 770	1 770	0
303	1	87,3	29,1	14	27	533	1 047	0	1 580	1 580	0
304	1	474,5	158,2	82	10	2 853	339	0	3 192	3 192	0
305	1	120,1	40,0	13	0	471	0	0	471	471	0
309	1	14,3	4,8	4	0	138	6	0	144	144	0
310	1	11,0	3,7	3	0	101	5	0	106	106	0
311	1	11,0	3,7	3	0	92	5	0	97	97	0
313	1	213,0	71,0	36	32	1 342	1 183	0	2 525	2 525	0
316	1	122,9	41,0	28	29	1 074	1 129	0	2 203	2 203	0
320	1	76,9	25,6	2	13	70	392	0	463	463	0
321	1	135,2	38,6	33	30	834	759	0	1 593	1 593	0
Σ úsek 1											
ÚSEK 1		5 920,7	1 858,3	977	249	33 647	8 619	0	42 266	42 266	0
Σ budovy		7 018,3	2 208,6	991	260	34 111	8 964	0	43 270	43 270	0

Legenda

V_{np} - hygienická výměna vzduchu

V_{n50} - výměna vzduchu pláštěm budovy

f_{RH} - zátopový součinitel

Φ_{Tm} - tepelná ztráta místnosti prostupem tepla

Φ_{Vm} - tepelná ztráta místnosti větráním

tepelný výkon místnosti pro vyrovnání účinků přerušovaného

Φ_{RHm} - vytápění

Φ_{HLm} - celkový návrhový tepelný výkon místnosti

$Q_{cm} = \Phi_{HLm} + Q_z$

B.4 Výpočet tepelné zátěže

B.4.1 Ruční kontrolní výpočet

Místnost č. 205 – Kancelář laborantů

Výpočet proveden pro 21. červenec v čase 15:00

a) Tepelná zátěž okny

— Tepelná zátěž sluneční radiací

- azimut stěny $\gamma = 225^\circ$
- azimut slunce $\alpha = 246^\circ$
- výška slunce $h = 44^\circ$
- úhel azimutu slunce vůči normále okna $\beta = |\alpha - \gamma| = 21^\circ$
- slunolam (ostění okna) $c, d = 0,15 \text{ m}$
- I_o – celková intenzita sluneční radiace = 615 W/m^2
- I_{odif} – difúzní intenzita sluneční radiace = 153 W/m^2
- c_o – znečištění atmosféry = $1,00$
- s – stínící součinitel = $0,405$ (okno s dvojsklem + vnitřní světlé žaluzie sklon 45°)

- svislý stín

$$e_1 = c \cdot \text{tg } \beta = 0,15 \cdot \text{tg } 21^\circ = \underline{0,058 \text{ m}} < f = 0,12 \text{ m} \Rightarrow \text{stín dopadá na rám okna}$$

- vodorovný stín

$$e_2 = d \cdot (\text{tg } h / \cos \beta) = 0,15 \cdot (\text{tg } 44^\circ / \cos 21^\circ) = \underline{0,155 \text{ m}} > g = 0,12 \text{ m} \Rightarrow \text{stín dopadá na sklo}$$

Okno s dvojsklem $2,25 \times 1,9 \text{ m}$ (šířka rámu a sloupku 120 mm)

$$S_{o1} = l_a \cdot l_b = (2,25 - 3 \cdot 0,12) \cdot (1,9 - 2 \cdot 0,12) = \underline{3,14 \text{ m}^2}$$

$$S_{os1} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] = (1,89 - 0) \cdot [1,66 - (0,155 - 0,12)] = \underline{3,07 \text{ m}^2}$$

Okno s dvojsklem $1,1 \times 1,9 \text{ m}$ (šířka rámu 120 mm)

$$S_{o2} = l_a \cdot l_b = (1,1 - 2 \cdot 0,12) \cdot (1,9 - 2 \cdot 0,12) = \underline{1,42 \text{ m}^2}$$

$$S_{os2} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)] = (0,86 - 0) \cdot [1,66 - (0,155 - 0,12)] = \underline{1,40 \text{ m}^2}$$

$$Q_{\text{or}} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{\text{odif}}] \cdot s$$

$$Q_{\text{or}} = [(3,07 + 1,40) \cdot 615 \cdot 1,00 + (3,14 + 1,42 - 3,07 - 1,40) \cdot 153] \cdot 0,405$$

$$\underline{Q_{\text{or}} = 1119 \text{ W}}$$

— Tepelná zátěž oken prostupem

$$Q_{\text{ok}} = U \cdot S \cdot (t_e - t_i)$$

$$Q_{\text{ok}} = 1,1 \cdot 6,37 \cdot (30 - 26)$$

$$\underline{Q_{\text{ok}} = 28 \text{ W}}$$

— Celková tepelná zátěž okny

$$Q_o = Q_{or} + Q_{ok} = 1119 + 28 = \underline{1147 \text{ W}}$$

b) Tepelná zátěž vnějších stěn (stěna středně těžká)

- součinitel zmenšení teplotního kolísání

$$m = (1 + 7,6 \cdot \delta) / 2500 \delta = (1 + 7,6 \cdot 0,45) / 2500 \cdot 0,45 = 0,1307$$

- fázové posunutí teplotních kmitů

$$\Psi = 32 \cdot \delta - 0,5 = 32 \cdot 0,45 - 0,5 = 13,9 \text{ h}$$

$$Q_s = U \cdot S \cdot [(trm - t_i) + m \cdot (tr\Psi - trm)]$$

$$Q_s = 0,3 \cdot 13,44 \cdot [(30,2 - 26) + 0,1307 \cdot (16,9 - 30,2)]$$

$$\underline{Q_s = 10 \text{ W}}$$

Celková tepelná zátěž osluněním:

$$Q_{osl} = Q_o + Q_s = 1147 + 10 = \underline{1157 \text{ W}}$$

c) Produkce tepla lidmi

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i)$$

$$Q_l = 4 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26)$$

$$\underline{Q_l = 248 \text{ W}}$$

d) Tepelná produkce svítidel

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2$$

$$Q_{sv} = 35,4 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\underline{Q_{sv} = 708 \text{ W}}$$

e) Tepelná produkce el. vybavení – PC sestavy

$$Q_{PC} = n \cdot P_{PC}$$

$$Q_{PC} = 4 \cdot 130$$

$$\underline{Q_{PC} = 520 \text{ W}}$$

f) Vodní zisky

$$M_w = n_l \cdot M_s$$

$$M_w = 4 \cdot 95$$

$$\underline{M_w = 380 \text{ g/h}}$$

Souhrn:

Tepelná zátěž osluněním $Q_{osl} = 1157 \text{ W}$

Tepelná produkce lidí $Q_l = 248 \text{ W}$

Tepelná produkce svítidel $Q_{sv} = 708 \text{ W}$

Tepelná produkce el. vybavení $Q_{PC} = 520 \text{ W}$

Celková tepelná zátěž**Q = 2 633 W****B.4.2 Výpočet tepelné zátěže dle softwaru**

Místnost č. 205 – Kancelář laborantů

Výpočet proveden pro 21. červenec v čase 15:00

OK	U	SR	tzk	SS	s	So	e1	e2	Sos	lo	Idif	Qp	Qr
	W/m ² K	m ²	°C		-	m ²	m	m	m ²	W/m ²	W/m ²	W	W
PDL4	0,80	5,94	26										
PDL4	0,80	18,67	26										
PDL4	0,80	5,77	26										
PDL4	0,80	9,71	26										
SN301	0,57	18,20	26										
DN820	2,50	1,60	26										
SN151	1,27	21,95	26										
SO450	0,30	13,44	V	JZ								10,4	
OD2319	1,10	4,28	V	JZ	0,405	3,14	0,06	0,16	3,07	615	130	17,7	775,4
OD1119	1,10	2,09	V	JZ	0,405	1,42	0,06	0,16	1,40	615	130	8,6	342,9
SN151	1,27	20,35	26										
DN820	2,50	1,60	26										
STR1	0,81	6,36	26										
STR1	0,81	33,54	26										

Legenda

- OK Označení konstrukce
- U Součinitel prostupu tepla
- SR Plocha konstrukce
- tzk Teplota za konstrukcí
- SS Světová strana – azimut konstrukce
- s Stínící součinitel
- So Plocha výplně okna
- Sos Osluněná plocha výplně
- e1 Svislý stín
- e2 Vodorovný stín
- lo Celková intenzita sluneční radiace
- Idif Difúzní intenzita sluneční radiace
- Qp Tepelná zátěž konstrukce prostupem
- Qr Tepelná zátěž okna sluneční radiací

Celková tepelná zátěž osluněním:

$$Q_{osl} = Q_p + Q_r = (10,4 + 17,7 + 8,6) + (775,4 + 342,9) = \underline{1155 \text{ W}}$$

Vnitřní tepelná zátěž:

Činnost lidí		Ct	Muži	Ženy	Děti	
Sedící, mírně aktivní	62 W	počet	4	0	0	248,0 W
Svítlidla	Tepelný tok		Plocha			
Žárovky	0	W/m ²	35,4	m ²		0,0 W
Zářivky	20	W/m ²	35,4	m ²		708,0 W
Jiná	0	W/m ²	35,4	m ²		0,0 W
Výpočet zisků z přívodu venkovního vzduchu						
<input type="radio"/> t _{emax}	<input checked="" type="radio"/> zadat	t _e	26,0 °C	t _i	26 °C	200 m ³ /h
						0,0 W
Zisk od technologie						520,0 W
Jiné zisky						0,0 W

Obr. 22: Zadání tepelné zátěže v softwaru

Souhrn:

Tepelná zátěž osluněním $Q_{osl} = 1155 \text{ W}$

Tepelná produkce lidí $Q_l = 248 \text{ W}$

Tepelná produkce svítidel $Q_{sv} = 708 \text{ W}$

Tepelná produkce el. vybavení $Q_{PC} = 520 \text{ W}$

Celková tepelná zátěž $Q = 2631 \text{ W}$

B.4.3 Souhrn tepelné zátěže jednotlivých místností

měsíc: červenec $t_{emax} = 30,0^\circ\text{C}$ opravný činitel $c_0 = 1,00$

č.m.	název	t _v °C	τ _{max} h	s	Q _{osl} W	Q _{lidé} W	Q _{osv.} W	Δt _v K	Q _v W	Q _{tech} W	Q _{celkem} W
110	Kancelář	26	15	0,405	2 652	248	624	0,0	0	520	4 044
114	Kancelář	26	15	0,405	1 148	124	348	0,0	0	260	1 880
125	Kancelář tech. ředit	26	15	0,405	806	62	322	0,0	0	130	1 320
126	Kancelář	26	15	0,405	387	53	342	0,0	0	130	911
127	Obchod. oddělení	26	15	0,405	785	124	414	0,0	0	260	1 583
128	Invest. oddělení	26	15	0,405	1 431	291	781	0,0	0	650	3 154
129	Vstupní hala	26	15	0,365	6 739	53	2 362	0,0	0	130	9 283
135	Malá zasedačka	26	7	0,365	2043	477	346	0,0	0	0	2 866
136	Malá zasedačka	26	7	0,365	2028	477	346	0,0	0	0	2 851
203	Mikroskop	22	15	-	289	62	280	4,0	133	300	1 064
204	IT oddělení	26	15	0,365	802	248	344	0,0	0	520	1 915
205	Kancelář laborantů	26	15	0,365	1 155	248	708	0,0	0	520	2 631
206	Zkušebna	26	15	0,365	1 620	342	2 506	0,0	0	650	5 118
207	kancelář	26	15	0,365	1 267	248	648	0,0	0	520	2 682
208	Zkušebna	26	15	0,365	1 295	229	2 897	0,0	0	600	5 021
221	Kancelář	26	15	0,405	805	62	371	0,0	0	130	1 368

č.m.	název	t_v °C	τ_{max} h	s	Q_{osl} W	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Δt_v K	Q_v W	Q_{tech} W	Q_{celkem} W
222	Kancelář konstrukce	26	15	0,405	569	124	492	0,0	0	260	1 445
223	Kancelář účetní	26	15	0,405	1 342	158	618	0,0	0	390	2 507
224	Kancelář pers. odděl.	26	15	0,405	1 335	105	488	0,0	0	260	2 188
225	Kancelář jednatele	26	7	0,365	681	62	503	0,0	0	130	1 376
226	Kancelář jednatele	26	8	0,365	1 630	62	503	0,0	0	130	2 325
227	Kancelář EKO. ředit.	26	15	0,365	1 897	62	427	0,0	0	130	2 516
228	Velká zasedačka	26	15	0,365	3 883	1 147	970	0,0	0	250	6 250
230	Galerie	26	12	0,277	6 695	53	1 512	0,0	0	130	8 389
304	Jídelna	26	15	0,365	10 490	3 534	3 360	0,0	0	0	17 384
305	Výdej jídel	26	15	-	47	291	780	0,0	0	2 000	3 119

Celkový potřebný výkon zdroje chladu

τ_{max} h	Q_{osl} W	$Q_{lidé}$ W	$Q_{osv.}$ W	Q_v W	Q_{tech} W	Q_{celkem} W
15	53 794	8 954	23 292	133	9 000	95 172

Legenda

- t_v Vnitřní výpočtová teplota
- τ_{max} Doba maxima zisků z oslunění
- s Stínící součinitel
- Q_{osl} Tepelná zátěž osluněním
- $Q_{lidé}$ Tepelná produkce lidmi
- $Q_{osv.}$ Tepelná produkce osvětlením
- Δt_v Rozdíl teplot mezi teplotou přiváděného vzduchu a vnitřní výpočtovou teplotou
- Q_v Potřebný výkon pro dochlazení vzduchu na jinou než přiváděnou teplotu
- Q_{tech} Tepelná produkce elektrickým a technologickým vybavením
- Q_{celkem} Celková tepelná zátěž

B.5 Návrh otopných a chladících ploch

V celém objektu jsou navrženy převážně čtyřturbkové parapetní a podstropní fan coils pro vytápění i chlazení. Vytápění pak doplňují místy otopná tělesa a podlahové vytápění.

B.5.1 Návrh otopných ploch

Provozní skupina číslo 1a ÚSEK 1 $t_{w1} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta t = 10,0 \text{ K}$

Č.m.	Popis	t_i °C	Q_{cm} W	Q_{tr} W	Q %	Číslo	Model	Specifikace	Q W	L_T mm
104	Sklad dílny	15	188	308	163,9	104-01	RADIK KLASIK	11-060060-50	308	600
105	Dílna	18	1 572	1 888	120,1	105-01	RADIK KLASIK	22-060160-50	1162	1 600
						105-02	RADIK KLASIK	22-060100-50	726	1 000
108	Kompresorovna	15	551	783	142,1	108-01	RADIK KLASIK	21-060120-50	783	1 200
109	Kancelář	20	400	502	125,4	109-01	RADIK KLASIK	21-060100-50	502	1 000
110	Kancelář	20	762	1 082	142,0	110-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	1082	1 135
112	Kancelář	20	197	238	120,7	112-01	RADIK KLASIK	11-060060-50	238	600
113	Kancelář ředitele vý	20	211	238	112,7	113-01	RADIK KLASIK	11-060060-50	238	600
114	Kancelář	20	490	1 082	221,0	114-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	1082	1 135
115	Kuchyňka	20	212	238	112,4	115-01	RADIK KLASIK	11-060060-50	238	600
116	Wc muži	18	270	308	113,9	116-01	RADIK KLASIK	11-060070-50	308	700
117	WC ženy	18	136	176	129,7	117-01	RADIK KLASIK	11-060040-50	176	400
119	šatna	22	156	177	113,8	119-01	RADIK KLASIK	11-060050-50	177	500
							KORALUX LIN. CLAS.-			
120	umývárna-šatna	24	290	310	106,9	120-01	M	KLC-1820600-00M	310	600
121	Kancelář	20	247	278	112,6	121-01	RADIK KLASIK	11-060070-50	278	700
122	Kancelář	20	308	318	103,4	122-01	RADIK KLASIK	11-060080-50	318	800
123	Kuchyňka	20	348	357	102,5	123-01	RADIK KLASIK	11-060090-50	357	900
125	Kancelář tech. ředit	20	493	748	151,8	125-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
126	Kancelář	20	499	748	150,0	126-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
127	Obchod. oddělení	20	611	1 082	177,2	127-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	1082	1 135
128	Invest. oddělení	20	1 075	2 164	201,2	128-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	1082	1 135
						128-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	1082	1 135
129	Vstupní hala	18	2 880	3 200	111,1	129-01	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-750C4	1600	950
						129-02	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-750C4	1600	950
132	WC muži	18	170	220	129,2	132-01	RADIK VK	11-060050-60	220	500
133	Wc ženy	18	167	176	105,2	133-01	RADIK VKL	11-060040-E0	176	400
135	malá zasedačka	20	483	550	113,9	135-01	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-500C4	550	650
136	malá zasedačka	20	633	700	110,6	136-01	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-500C4	700	650
202	Chodba	18	730	880	120,6	202-01	RADIK KLASIK	11-060100-50	440	1 000
						202-02	RADIK KLASIK	11-060100-50	440	1 000
203	Mikroskop	22	310	680	219,1	203-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	680	935
204	IT oddělení	20	277	748	270,4	204-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935

Č.m.	Popis	t _i °C	Q _{cm} W	Q _{tr} W	Q %	Číslo	Model	Specifikace	Q W	L _T mm
205	Kancelář laborantů	20	567	748	132,0	205-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
206	Zkušebna	20	1 587	1 496	94,3	206-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
						206-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
207	kancelář	20	629	748	119,0	207-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
208	Zkušebna	20	1 379	2 830	205,3	208-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 800-4T	1415	1 335
						208-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 800-4T	1415	1 335
209	Pece	18	304	391	128,8	209-01	RADIK KLASIK	21-060070-50	391	700
210	Sklad měřidel a přís	18	131	176	134,5	210-01	RADIK KLASIK	11-060040-50	176	400
217	WC muži	18	94	176	186,9	217-01	RADIK KLASIK	11-060040-50	176	400
218	WC ženy	18	103	176	171,7	218-01	RADIK KLASIK	11-060040-50	176	400
221	Kancelář	20	537	748	139,3	221-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
222	Kancelář kce.	20	483	748	154,7	222-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
223	Kancelář účetní	20	839	1 496	178,2	223-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
						223-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
224	Kancelář person.	20	898	1 496	166,6	224-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
						224-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	748	935
225	Kancelář jednatele	20	607	900	148,3	225-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-300C4	900	650
226	Kancelář jednatele	20	957	1 100	114,9	226-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-400C4	1100	650
227	Kancelář ek. ředit.	20	685	750	109,5	227-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-400C4	750	650
228	Velká zasedačka	20	1 812	2 000	110,4	228-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	1 000	950
						228-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	1 000	950
229	prostor asistentky	20	612	684	111,7	229-01	PANEL-PLUS hor. stěn.	PPHW0.06218011	684	1 800
230	Galerie	18	1 234	1 420	115,1	230-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	710	950
						230-02	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	710	950
302	Šatna ženy	22	1 770	1 775	100,3	302-01	RADIK KLASIK	11-060120-50	425	1 200
								Podlaha Sm	1689	
								Podlaha Pr	66	
303	Umývárny ženy	24	1 580	1 671	105,8	303-01	RADIK KLASIK	22-060140-50	719	700
								Podlaha Sm	942	
								Podlaha Pr	10	
304	Jídelna	20	3 192	3 600	112,8	304-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	1 200	950
						304-02	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	1 200	950
						304-03	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	1 200	950
305	výdej jídel	20	471	1 415	300,3	305-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 800-4T	1415	1 335
309	Úklidová místnost	18	144	176	122,3	309-01	RADIK KLASIK	11-060040-50	176	400
310	WC muži	20	106	159	149,5	310-01	RADIK KLASIK	11-060040-50	159	400

Č.m.	Popis	t_i °C	Q_{cm} W	Q_{tr} W	Q %	Číslo	Model	Specifikace	Q W	L_T mm
311	WC ženy	20	97	159	164,0	311-01	RADIK KLASIK	11-060040-50	159	400
313	Sklad	15	98	256	259,9	313-01	RADIK KLASIK	11-060050-50	256	500
315	Šatna muži	22	2 525	2 346	104,3	315-01	RADIK KLASIK	21-060080-50 Podlaha Sm Podlaha Pr	358 2176 100	800
316	Umývárna muži	24	2 203	1 477	101,8	316-01	RADIK KLASIK	22-060160-50 Podlaha Sm Podlaha Pr	822 1372 49	600
321	Strojovna chlazení	10	1 593	1668	105,0		RADIK KLASIK	22-060160-50	1668	1 600

Celkový tepelný výkon otopných těles: 36 815 W

Celkový tepelný výkon podlahového vytápění: 6 413 W

B.5.2 Návrh chladících ploch

Provozní skupina číslo 1a ÚSEK 1 $t_{w1,C} = 7,0$ °C $\Delta t,C = 5,0$ K

Č.m.	Popis	t_i,C °C	$Q_{cm,C}$ W	$Q_{tr,C}$ W	$Q_{Mi,C}$ %	Číslo	Model	Specifikace	Q,C W	L_T mm
110	kancelář	26	4 044	4 564	112,9	110-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-2T	2 282	1 135
						110-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
114	kancelář	26	1 880	2 282	121,4	114-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
125	Kancelář tech. ředit	26	1 320	1 527	115,7	125-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
126	kancelář	26	911	1 527	167,6	126-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
127	Obchod. oddělení	26	1 583	2 282	144,2	127-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
128	Invest. oddělení	26	3 154	4 564	144,7	128-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
						128-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
129	Vstupní hala	26	9 283	9 400	101,3	129-01	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-750C4	4 700	950
						129-02	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-750C4	4 700	950
135	malá zasedačka	26	2 866	2 900	101,2	135-01	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-500C4	2 900	650
136	malá zasedačka	26	2 851	2 900	101,7	136-01	Fancoil SF-4T	Sinclair-SF-500C4	2 900	650
203	Mikroskop	22	1 064	1 527	143,5	203-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
204	IT oddělení	26	1 915	2 282	119,2	204-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
205	Kancelář laborantů	26	2 631	3 054	116,1	205-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
						205-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-2T	1 527	935
206	Zkušebna	26	5 118	6 108	119,3	206-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-2T	1 527	935

Č.m	Popis	t_i, C °C	Q_{cm}, C W	Q_{tr}, C W	Q_{Mi}, C %	Číslo	Model	Specifikace	Q, C W	L_T mm
207	kancelář	26	2 862	3 054	106,7	206-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
						206-03	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-2T	1 527	935
						206-04	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
						207-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
						207-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-2T	1 527	935
208	Zkušebna	26	5 021	6 091	121,3	208-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
						208-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-2T	1 527	935
						208-03	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 600-4T	2 282	1 135
221	kancelář	26	1 368	1 527	111,6	221-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
222	Kancelář kce.	26	1 445	1 527	105,7	222-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
223	Kancelář účetní	26	2 507	3 054	121,8	223-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
						223-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
224	Kancelář person.	26	2 188	3 054	139,6	224-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
						224-02	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI 400-4T	1 527	935
225	Kancelář jednatele	26	1 376	1 640	119,2	225-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-300C4	1 640	650
226	Kancelář jednatele	26	2 325	2 590	111,4	226-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-400C4	2 590	650
227	Kancelář ek. ředit.	26	2 516	2 590	102,9	227-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-400C4	2 590	650
228	Velká zasedačka	26	6 250	9 400	150,4	228-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 700	950
						228-02	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 700	950
230	Galerie	26	8 389	9 400	112,1	230-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 700	950
						230-02	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 700	950
304	Jídelna	26	17 384	22 500	129,4	304-01	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 500	950
						304-02	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 500	950
						304-03	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 500	950
						304-04	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 500	950
						304-05	Fancoil SF-4T	Sinclair SF-750C4	4 500	950
305	výdej jídel	26	3 119	3 168	101,6	305-01	Fancoil SL-4T	IVAR.SLI1000-4T	3 168	1 535

Celkový chladicí výkon:

94 215 W

B.6 Příprava teplé vody

B.6.1 Stanovení potřeby teplé vody a tepla pro její ohřev

Příprava teplé vody je přednostně navržena pro pokrytí špičkové potřeby (konec pracovní směny výrobní haly), kdy bude 3x během hodiny v provozu až 12 sprch současně.

Potřeba teplé vody během dne (provoz hygienických zázemí, výdej jídla a úklid) je ve srovnání se špičkou zanedbatelná.

Max. potřeba teplé vody za hodinu (při potřebě 25 l teplé vody na jedno sprchování):

$$V = n \cdot V_p = 36 \cdot 0,025 = 0,9 \text{ m}^3$$

Teplo odebrané:

$$Q_t = V \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV}) / 3600 = 0,9 \cdot 4186 \cdot (55 - 10) / 3600 = 47,09 \text{ kWh}$$

Teplo ztracené (tepelné ztráty zásobníku a rozvodu s cirkulací TV):

$$Q_z = Q_t \cdot 0,20 = 47,09 \cdot 0,20 = 9,42 \text{ kWh}$$

Teplo celkem:

$$Q = Q_t + Q_z = 47,09 + 9,42 = 56,51 \text{ kWh}$$

Požadavek výkonu (včetně ztraceného tepla):

$$Q = Q / \eta_{\text{hod}} = 56,51 / 1 = \underline{56,51 \text{ kW}}$$

B.6.2 Příprava teplé vody tepelným čerpadlem

Pro přípravu teplé vody bude využita možnost rekuperace tepla (desuperheater). Jde o tepelný výměník odebírající energii o vysoké teplotě na výstupu horkých par z kompresoru. Tato tepelná energie je předávána samostatným hydraulickým okruhem do zásobníkového ohříváče (dohřev). Jedná se o 10 - 20 % z celkového výkonu tepelného čerpadla tj. 12,7 kW – viz návrh zdroje tepla a chladu.

Střední logaritmičkový rozdíl teplot pro předeřev:

$$\begin{aligned} \Delta t &= (T_2 - t_{SV}) - (T_1 - t_{TV}) / [\ln (T_2 - t_{SV}) / (T_1 - t_{TV})] = \\ &= (40 - 10) - (50 - 40) / [\ln (40 - 10) / (50 - 40)] = 18,20 \text{ K} \end{aligned}$$

Potřebná teplosměnná plocha (50/40):

$$A = (Q \cdot 10^3) / (U \cdot \Delta t) = 43\,810 / (420 \cdot 18,20) = \underline{5,73 \text{ m}^2}$$

Navrhuji monovalentní nepřímotopný zásobník REFLEX STORATHERM AQUA HEAT PUMP AH 500/1 o objemu 469 litrů s teplosměnnou plochou 6,2 m².

Střední logaritmičkový rozdíl teplot pro dohřev:

$$\Delta t = (T_2 - t_{SV}) - (T_1 - t_{TV}) / [\ln (T_2 - t_{SV}) / (T_1 - t_{TV})] =$$

$$= (50 - 40) - (60 - 55) / [\ln (50 - 40) / (60 - 55)] = 7,21 \text{ K}$$


Potřebná teplosměnná plocha (60/50):

$$A = (Q \cdot 10^3) / (U \cdot \Delta t) = 12\,700 / (420 \cdot 7,21) = \underline{4,19 \text{ m}^2}$$

Navrhuji monovalentní nepřímotopný zásobník REFLEX STORATHERM AQUA HEAT PUMP AH 400/1 o objemu 400 litrů s teplosměnnou plochou 5,0 m².

Storatherm Aqua Heat Pump

- velmi výkonný zásobníkový ohřivač s větší topnou spirálou, speciálně pro použití v zařízeních s tepelným čerpadlem
- smaltování podle DIN 4753 T3
- s hořčikovou anodou a teploměrem
- čistící otvor a návarek 1 1/2" pro doplňkovou instalaci elektrického topného tělesa nebo přidavného topného tělesa ze žebrované trubky
- Tepelná izolace: do 500 litrů tvrzená PU pěna s bílou plastovou krycí fólií od 750 litrů měkčená PU pěna, snímatelná, s bílou krycí plastovou fólií (samostatná objednávka, montáž je dodávkou stavby)
- typ AH/1 s jedním výměníkem tepla z hladké trubky
- typ AH/2 se dvěma výměníky tepla z hladké trubky
- maximální provozní tlak: topná voda 10 bar, pitná voda 10 bar
- maximální provozní teplota: topná voda 110 °C, pitná voda 95 °C



Typ zásobníku	Obj. číslo	Ø D ^h mm	Výška mm	Hmotnost kg	Překlápěcí rozměr ^h mm	Tep. výměník horní/dolní m ²
AH 300/1	7772310	700	1294	139	1393	3,2
AH 400/1	7772410	700	1591	170	1672	5,0
AH 500/1	7772510	700	1921	222	1990	6,2
AH 750/1	7782200	990	2050	263	1972 (2173)	7,0
AH 1000/1	7782900	1090	2083	335	2010 (2226)	9,2

Obr. 23: Zásobníkový ohřivač Reflex Storatherm Aqua Heat Pump [34]

B.6.3 Příprava teplé vody plynovými kotli

V případě poklesu venkovní teploty pod -10 °C, dochází k vypnutí tepleného čerpadla a potřebu tepla pro přípravu teplé vody musí pokrýt plynová kotelná. K celému ohřevu vody bude sloužit pouze zásobník předeřevu.

Střední logaritmický rozdíl teplot pro ohřev (70/50):

$$\Delta t = (T_2 - t_{sv}) - (T_1 - t_{Tv}) / [\ln (T_2 - t_{sv}) / (T_1 - t_{Tv})] =$$

$$= (50 - 10) - (70 - 55) / [\ln (50 - 10) / (70 - 55)] = 25,49 \text{ K}$$

Teplosměnná plocha (6,2 m²) přenesese výkon:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta t = 6,2 \cdot 420 \cdot 25,49 = \underline{66,38 \text{ kW}}$$

B.7 Návrh zdroje tepla a chladu – kompaktní tepelné čerpadlo vzduch - voda

B.7.1 Potřeba tepelného výkonu

Potřebný topný výkon tepelného čerpadla vychází v tomto případě z tepelné ztráty objektu při -5°C venkovní teploty (bod bivalence), potřebného výkonu k přípravě teplé vody a dohřevu vzduchotechnických jednotek.

Celková tepelná ztráta objektu: 30,65 kW (při -5°C)

Výkon pro přípravu teplé vody: 43,81 kW

Výkon pro dohřev VZT: 78 kW

Jmenovitý topný výkon zdroje se pak stanoví jako:

$$Q_T = 0,7 \cdot Q_{VTP} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 30,65 + 0,7 \cdot 78 + 43,81 = \underline{\underline{119,87 \text{ kW}}}$$

Potřebný chladicí výkon tepelného čerpadla vychází z tepelné zátěže objektu a potřeby chladu pro VZT jednotky.

B.7.2 Potřeba chladicího výkonu

Celková tepelná zátěž objektu: 85,65 kW (uvažováno s 90% celkové potřeby, vzhledem k orientaci objektu ke světovým stranám)

Výkon pro chlazení VZT: 36,6 kW (dle projektu VZT)

Jmenovitý chladicí výkon zdroje se pak stanoví jako:

$$Q_{\text{CHL}} = Q_Z + Q_{VZT} = 85,65 + 36,6 = \underline{\underline{122,25 \text{ kW}}}$$

Navrhuji kompaktní tepelné čerpadlo vzduch – voda TRANE CXAX 046 o jmenovitém topném výkonu 127 kW a jmenovitém chladicím výkonu 131 kW (při topném teplotním spádu $50/40^{\circ}\text{C}$ a chladicím teplotním spádu $7/12^{\circ}\text{C}$) [P5].

B.8 Návrh bivalentního zdroje tepla – plynová kotelna

Při -5°C venkovní teploty se bude spouštět jako bivalentní zdroj plynová kotelna a při -10°C , kdy se vypne tepelné čerpadlo, pokrývá kotelna celou potřebu tepla.

Celková tepelná ztráta objektu: 43,27 kW

Výkon pro přípravu teplé vody: 66,38 kW

Výkon pro dohřev VZT: 78 kW

Jmenovitý topný výkon zdroje se pak stanoví jako:

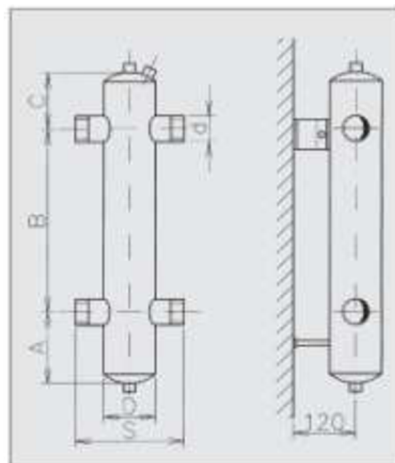
$$Q_T = 0,7 \cdot Q_{VTP} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 43,27 + 0,7 \cdot 78 + 66,38 = \underline{\underline{151,27 \text{ kW}}}$$

Stávající kaskáda dvou kotlů o celkovém výkonu 78,6 kW (Buderus Logamax plus GB112-43) bude doplněna o třetí kotel a to Buderus Logamax plus GB162 – 85 o výkonu 80 kW. [P6].

B.9 Návrh zařízení kotelny

B.9.1 Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků (HVDT)

HVDT slouží k hydraulickému oddělení primárního a sekundárního okruhu otopné soustavy, aby nedocházelo k vzájemnému ovlivňování oběhových čerpadel v těchto jednotlivých okruzích. Dále zaručuje, že sekundárním okruhem bude vždy zaručen potřebný průtok jednotlivými větvemi, nezávisle na průtoku v primárním okruhu (přes zdroj). HVDT je navržen dle průtoku otopné vody tj. 13,63 m³/h (dle max. výkonu kotelny).



Obr. 24: HVDT [35]

Navrhuji HVDT - TYP IV - 20 m³/hod, o průměru 219 mm, s přířbovým připojením DN100, výrobce: ETL-EKOTHERM.

TYP HVDT	MAX. PRŮTOK (m ³ /hod)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	L (mm)	S (mm)	d (mm)	e (mm)	f
24B	1,8	100	300	65	89	485	169	5/4"	-	-
63B	2,5	110	380	80	108	600	208	6/4"	-	-
1B	4,0	110	400	100	108	600	208	2"	-	-
I	4,0	100	400	100	108	1050	400	57	1"	5/4"
II	8,0	150	500	100	159	1200	400	76	1"	5/4"
III	12,0	200	700	200	219	1550	500	89	1"	5/4"
IV	20,0	200	700	200	219	1550	500	108	5/4"	5/4"
V	30,0	250	900	200	273	1800	560	133	6/4"	6/4"
VI	50,0	300	1000	200	324	1950	620	159	6/4"	6/4"
VIa	80,0	400	1300	250	424	2400	750	219	2"	6/4"
VII	100,0	450	1500	250	508	2650	800	219	2 1/2"	6/4"

Obr. 25: Rozměry navrženého HVDT [35]

B.9.2 Návrh trubkového rozdělovače a sběrače systému vytápění

Rozdělovač a sběrač se navrhuje na požadovaný průtok otopné vody (13,63 m³/h = 3,78 · 10⁻³ m³/s) na maximální průtočné rychlosti 0,2 – 0,5 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{M}{w} \cdot 4} = \sqrt{\frac{0,00378}{0,3} \cdot 4} = 0,1268 \text{ m}$$

Navrhuji trubkový rozdělovač a sběrač DN125 (133x4,5) – viz výrobní výkres.

B.9.3 Neutralizační box

Kondenzát, vzniklý v plynových kondenzačních kotlích podchlazením odváděných spalin za účelem získání latentního tepla, je mírně kyselý (pH 4 - 5). Správce kanalizace většinou

neumožňuje vypustit neupravený kondenzát do kanalizace. Proto je třeba kondenzát neutralizovat (zvýšit jeho pH min na 6).

Navrhuji neutralizační box Deto NB 100 pro plynové kotelny do 500 kW o jmenovitém výkonu 90 l/hod.

B.9.4 Automatické dopouštění vody do systému UT

Pro doplňování vody do systému UT a CHL je výhodné použití automatických popouštěcích sestav armatur. U doplňování je v podstatě systém topení a chlazení na vodovodní řád pitné vody. Vždy proto musí být v přípojovací sestavě armatur také potrubní oddělovač typu BA.

Navrhuji zařízení Reflex Fillcontrol Compact DN15

Fillcontrol Plus Compact

- kompaktní automatické doplňovací zařízení¹⁾ použitelné pro soustavy s membránovými tlakovými expanzními nádobami v souladu s DIN 1988 a DIN EN 1717
- včetně systémového oddělovače, typ BA
- kontrolované doplňování
- výkon doplňování cca. 0,5 m³/h při Δp = 1,5 bar



Obj. číslo	6811500
Hmotnost (bez vody)	3 kg
Připojení vstup/výstup	R 1/2/R 1/2
Min. tlak na přítoku ²⁾	p ₀ + 1,3 bar
Výstupní tlak ³⁾	0,5 - 5 bar
Vstupní tlak	max. 10 bar
Napájecí napětí	230 V/50 Hz

¹⁾ Při kombinaci se změkčovacím zařízením Fillsoft je nutné použít externí tlakové čidlo
²⁾ p₀ = p_{st} + 0,2 baru (doporučení)
 statický tlak p_{st} = statická výška (m) / 10
³⁾ Výstupní tlak nastavený z výroby na redukčním ventilu 3 bar

Obr. 26: Reflex Fillcontrol Compact [36]

B.9.5 Návrh úpravy vody

Výrobce plynových kotlů požaduje upravenou (demineralizovanou) vodu, výrobce tepelného čerpadla požaduje jen změkčenou – demineralizovaná voda je vyhovující.

Navrhuji demineralizační kolonu s konduktometrem Aquaproduct DKC39

Společná technická data													
Připojení – vnější závit	G	3/4"											
Pracovní tlak	bar	2,5 - 6											
Teplota vody	°C	2 - 45											

Technická data	DKC4	DKC5	DKC7	DKC11	DKC19	DKC25	DKC31	DKC39	DKC50	DKC63	DKC80	DKC105
Kapacita 1°dH	m ³	3,3	4,1	5,6	7,3	14	19	30,8	38,6	50,4	65	84
Kapacita 1mmol/l	m ³	0,6	0,7	1,0	1,3	2,5	3,4	5,5	6,9	9	11,6	15
Objem náplně	li	4	5	7	9	17	23	37	46	60	77	100
Průtok cca	m ³ /h	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
Tlaková nádoba		0613	0713	0717	0817	0735	0835	1035	1044	1054	1248	1354
Průměr	mm	156	178	178	206	182	206	257	257	257	305	330
Výška	mm	430	430	630	630	1100	1100	1100	1370	1570	1420	1570
Obj. č. DKC		2.9.1.4	2.9.2.4	2.9.3.4	2.9.4.4	2.9.5.4	2.9.4.4	2.9.8.4	2.9.9.4	2.9.10.4	2.9.11.4	2.9.12.4

Obr. 27: Zařízení Aquaproduct [37]

B.10 Návrh zařízení strojovny chlazení

B.10.1 Akumulační nádoba chladu

Varianta 1

$$O_{\min} = Q_{\text{ch,skutečný}} \cdot N \cdot R = 131 \cdot 10 \cdot 0,22 = \underline{288,2 \text{ l}}$$

N – množství vody na kW výkonu zdroje chladu: 10 l/kW

R - minimální regulační stupeň zdroje chladu: 22 % – 100 %

Varianta 2

Stanovení dle minimálního průtoku (3,1 l/s) při minimálním 5-ti minutovém chodu TČ:

$$O_{\min} = V \cdot t = 3,1 \cdot 5 \cdot 60 = \underline{930 \text{ l}}$$

Varianta 3

Vzhledem k možnostem prostoru strojovny chladu navrhuji akumulaci chladu Reflex Storatherm Heat H 2000 o objemu 2 m³. V době provozu mimo špičkový obděl tak bude snížena četnost spínání tepelného čerpadla a prodloužena jeho životnost.

B.10.2 Akumulační nádoba tepla

Obdobný postup jako v případě akumulace chladu.

Varianta 1

Stanovení dle minimálního průtoku (3,1 l/s) při minimálním 5-ti minutovém chodu TČ:

$$O_{\min} = V \cdot t = 3,1 \cdot 5 \cdot 60 = \underline{930 \text{ l}}$$

Varianta 2

Vzhledem k možnostem prostoru strojovny chladu navrhuji akumulaci tepla Reflex Storatherm Heat HF 2000 o objemu 2 m³. V době provozu mimo špičkový obděl tak bude snížena četnost spínání tepelného čerpadla a prodloužena jeho životnost.

B.10.3 Návrh trubkového rozdělovače a sběrače systému chlazení

Rozdělovač a sběrač se navrhuji na požadovaný průtok chladicí vody (24,08 m³/h = 6,69 · 10⁻³ m³/s) na maximální průtočné rychlosti 0,2 – 0,5 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{M}{w} \cdot 4} = \sqrt{\frac{0,00669}{0,3} \cdot 4} = 0,1685 \text{ m}$$

Navrhuji trubkový rozdělovač a sběrač DN150 (159x4,5) – viz výrobní výkres.

B.11 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí

Rozvody vytápění a chlazení jsou navrženy jako dvoutrubkový protiproudý systém s převážně horizontálním páteřním rozvodem, vedeným pod stropem 2.NP. Z důvodu relativní velikosti a vhodné orientaci objektu vůči světovým stranám je distribuční systém vytápění rozdělen na 2 větve – severní a jižní.

Dimenze jednotlivých potrubí jsou stanoveny na základě metody výpočtu efektivní rychlosti v potrubí (0,15 – 0,5 m/s pro přípojovací potrubí a potrubí vedená v obytných místnostech, 0,5 – 1,0 m/s pro vertikální potrubí, horizontální rozvod a potrubí v technické místnosti).

Potrubí systému vytápění a chlazení v objektu je navrženo z tenkovrstvé, uhlíkové, vně pozinkované oceli spojovaného lisováním pomocí tvarovek s těsnícími o-kroužky.

Hydraulickou stabilitu systému chlazení i vytápění zajišťují tlakově nezávislé ventily. Vyvažovací ventily na patách jednotlivých větví u rozdělovačů a sběračů slouží k nastavení a měření požadovaných průtoků.



Obr. 28: IMI Heimeier Eclipse - termostatický radiátorový ventil s automatickým omezením průtoku (vlevo), IMI TA - Modulator - Tlakově nezávislý regulační a vyvažovací ventil pro plynulou regulaci (vpravo) [39] [40]

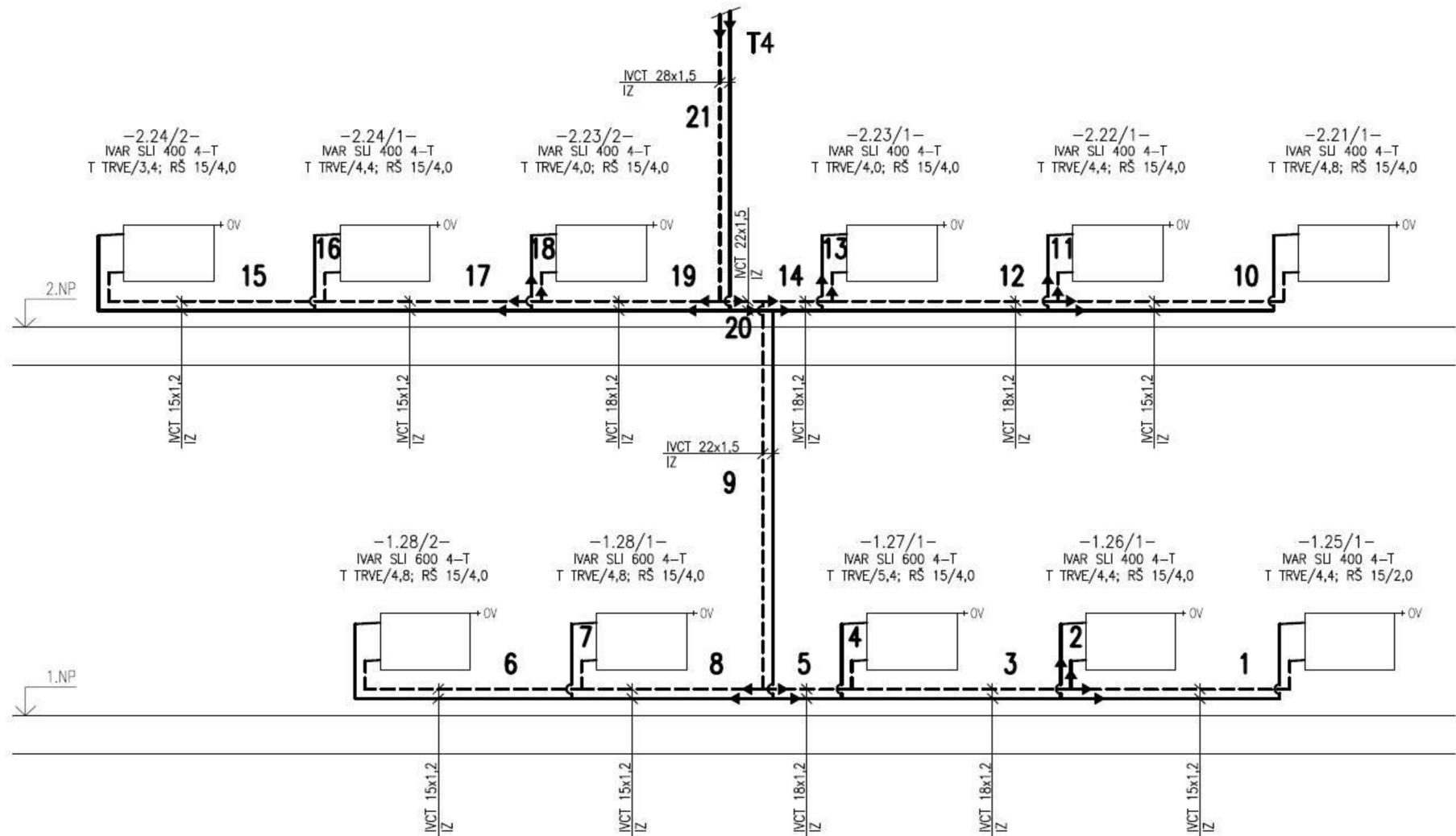
B.11.1 Dimenzování potrubí otopné soustavy

Ruční kontrolní výpočet je proveden na stoupacím potrubí T4

Výsledkem ručního výpočtu je dispoziční tlak stoupacího potrubí $\Delta p_{dis} = 17\,178\text{ Pa}$

Dle softwaru je dispoziční tlak $\Delta p_{dis} = \Delta p_{min} = 17\,066\text{ Pa}$, tj. rozdíl 112 Pa

Tento rozdíl mezi výsledkem ručního výpočtu a výsledkem dle softwaru, stejně tak jako vypočtené rozdílné tlakové ztráty jednotlivých úseků, jsou v řádu desítek, max. stovek Pa, což je způsobeno nepřesností v zaokrouhlování mezivýsledků, odečítání hodnot z grafů a v případě softwaru přesnějším výpočtem tlakové ztráty vřazenými odpory.



Obr. 29: Schéma úseků pro dimenzování stoupacího potrubí T4

B.11.1.1 Příklad ručního kontrolního výpočtu části soustavy

FCU v místnosti č. 125-01															
Z. ú.	K. ú.	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\Sigma\xi [-]$	Z [Pa]	Δp_s [Pa]	Δp_{rv} [Pa]		R.l+Z+ Δp_s [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
1	3	493	42,4	9,20	15x1,2	10,5	0,096	96,60	11	50,7	123	15 TRVE/4,4	15000	15376	15376
												15 RŠ/4,0	106		
3	5	992	85,4	9,0	18x1,2	56,7	0,193	510,48	3	55,9				566	15943
5	9	1603	138,0	2,0	18x1,2	47,2	0,303	94,34	3	137,7				232	16175
9	20	2678	230,5	6,0	22x1,5	45,0	0,229	270,06	6	157,3				427	16602
20	21	4138	356,1	1,4	22x1,5	95,8	0,354	134,15	3	188,0				322	16924
21	0	5470	470,7	6,0	28x1,6	42,4	0,270	254,22	0	0,0				254	17178
FCU v místnosti č. 126-01															
2	3	499	42,9	1,0	15x1,2	10,7	0,096	10,70	11	50,7	126	15 TRVE/4,4	15080	187	15376
												15 RŠ/4,0	109		
15 TRVE/4,4 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 15376 - 187 - 109 = 15\ 080\ Pa$															
FCU v místnosti č. 127-01															
4	5	611	52,6	1,0	15x1,2	15,3	0,119	15,30	11	77,9	228	15 TRVE/5,4	15458	321	15943
												15 RŠ/4,0	163		
15 TRVE/5,4 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 15943 - 321 - 163 = 15\ 458\ Pa$															
FCU v místnosti č. 128-02															
6	8	538	46,3	5,0	15x1,2	11,8	0,105	59,00	11	60,6	177	15 TRVE/4,8	15361	297	15784
												15 RŠ/4,0	126		
8	9	1075	92,5	5,0	15x1,2	65,1	0,209	325,50	3	65,5				391	16175

15 TRVE/4,8 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 15784 - 297 - 126 = \mathbf{15\ 361\ Pa}$															
FCU v místnosti č. 128-01															
7	8	537	46,2	1,0	15x1,2	11,8	0,105	11,80	11	60,6	176	15 TRVE/4,8	<u>15409</u>	248	15784
												15 RŠ/4,0	126		
15 TRVE/4,8 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 15784 - 248 - 126 = \mathbf{15\ 409\ Pa}$															
FCU v místnosti č. 221-01															
10	12	537	46,2	5,0	15x1,2	11,8	0,105	59,00	11	60,6	146	15 TRVE/4,8	<u>15778</u>	266	16170
												15 RŠ/4,0	126		
12	14	1020	87,8	7,0	18x1,2	18,8	0,129	131,60	2	12,5				144	16314
14	20	1460	125,6	5,0	18x1,2	40,2	0,209	201,00	4	87,4				288	16602
15 TRVE/4,8 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 16170 - 266 - 126 = \mathbf{15\ 778\ Pa}$															
FCU v místnosti č. 222-01															
11	12	483	41,6	1,0	15x1,2	10,3	0,093	10,30	11	47,6	118	15 TRVE/4,4	<u>15892</u>	176	16170
												15 RŠ/4,0	102		
15 TRVE/4,4 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 15892 - 176 - 102 = \mathbf{15\ 892\ Pa}$															
FCU v místnosti č. 223-01															
13	14	440	37,9	1,0	15x1,2	9,4	0,086	9,41	11	40,7	98	15 TRVE/4,0	<u>16082</u>	148	16314
												15 RŠ/4,0	84		
15 TRVE/4,0 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 16314 - 148 - 84 = \mathbf{16\ 082\ Pa}$															
FCU v místnosti č. 224-02															
15	17	389	33,5	6,2	15x1,2	8,3	0,076	51,46	11	31,8	76	15 TRVE/3,4	<u>16141</u>	159	16367

												15 RŠ/4,0	66		
17	19	893	76,9	7,0	15x1,5	46,7	0,174	326,90	2	22,7				350	16716
19	21	1332	114,6	4,4	18x1,2	34,3	0,169	150,92	4	57,1				208	16924
15 TRVE/3,4 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 16346 - 159 - 66 = \mathbf{16\ 141\ Pa}$															
FCU v místnosti č. 224-01															
16	17	508	43,7	1,0	15x1,2	10,9	0,099	10,90	11	53,9	130	15 TRVE/4,4	<u>16059</u>	195	16367
												15 RŠ/4,0	113		
15 TRVE/4,4 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 16059 - 195 - 113 = \mathbf{16\ 059\ Pa}$															
FCU v místnosti č. 223-02															
18	19	439	37,8	1,0	15x1,2	9,4	0,086	9,41	11	40,7	98	15 TRVE/4,0	<u>16484</u>	148	16716
												15 RŠ/4,0	84		
15 TRVE/4,0 - Dispoziční tlak ventilu $\Delta p_{rv} = 16716 - 148 - 84 = \mathbf{16\ 484\ Pa}$															

Při použití termostatických ventilů IMI Heimeier Eclipse s automatickým omezením průtoku není potřeba hydraulický výpočet pro zjištění přednastavení. Ventil reguluje průtok nezávisle na diferenčním (dispozičním) tlaku.

B.11.1.2 Příklad výpočtu části soustavy dle softwaru

Výpočet - větve. Metoda výpočtu: po větvích. Kapalina: voda, $\rho = 987,50\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Větev	Typ	tw1 °C	Δt K	tw2 °C	Δp_{min1} Pa	Q W	M ₁ kg·h ⁻¹
V2	D	50,0	10,0	40,0	17066	5474	471,8

Výpočet úseků větve V2 - $t_{w1} = 50,0$ °C; výkon požadovaný

Fcu-pravá

Větev	čů	O.S.	Q W	L m	DN	$d_1 \times s$	M $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	w $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	ΣZ	Δp_s Pa	Δp_u Pa	1.a2.RP	DNv	N/P	kv $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	DT_{RS} Pa
V2	1	125-01	493	4,60	15	15x1,2	42,5	0,096	6,92	123	80	Eclipse (A)	15	4,40		15 106
V2	1z			4,60	15	15x1,2	42,5	0,095	7,05		88	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	2	126-01	499	0,50	15	15x1,2	43,0	0,097	6,85	126	37	Eclipse (A)	15	4,40		15 210
V2	2z			0,50	15	15x1,2	43,0	0,097	3,80		24	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	3		992	4,50	15	15x1,2	85,5	0,193	1,84		289					
V2	3z			4,50	15	15x1,2	85,5	0,192	1,61		272					
V2	4	127-01	611	0,50	15	15x1,2	52,7	0,119	5,83	228	49	Eclipse (A)	15	5,40		15 651
V2	4z			0,50	15	15x1,2	52,7	0,118	3,13		30	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	5		1 603	1,00	18	18x1,2	138,2	0,203	1,57		79					
V2	5z			1,00	18	18x1,2	138,2	0,202	2,05		91					
V2	6	128-02	538	2,50	15	15x1,2	46,4	0,105	4,63	177	54	Eclipse (A)	15	4,80		15 322
V2	6z			2,50	15	15x1,2	46,4	0,104	4,99		60	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	7	128-01	537	0,50	15	15x1,2	46,3	0,104	6,91	176	43	Eclipse (A)	15	4,80		15 367
V2	7z			0,50	15	15x1,2	46,3	0,104	3,80		27	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	8		1 075	2,50	15	15x1,2	92,7	0,209	3,50		239					
V2	8z			2,50	15	15x1,2	92,7	0,208	4,93		276					
V2	9		2 678	3,00	22	22x1,5	230,8	0,229	3,29		220					
V2	9z			3,00	22	22x1,5	230,8	0,228	1,68		183					
V2	10	221-01	537	2,50	15	15x1,2	46,3	0,104	4,45	146	53	Eclipse (A)	15	4,80		15 763
V2	10z			2,50	15	15x1,2	46,3	0,104	4,61		58	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	11	222-01	483	0,50	15	15x1,2	41,6	0,094	4,80	118	26	Eclipse (A)	15	4,40		15 856
V2	11z			0,50	15	15x1,2	41,6	0,093	3,23		20	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	12		1 020	3,50	18	18x1,2	87,9	0,129	1,34		77					
V2	12z			3,50	18	18x1,2	87,9	0,129	1,05		65					
V2	13	223-01	440	7,00	15	15x1,2	37,9	0,086	7,59	98	93	Eclipse (A)	15	4,00		15 885
V2	13z			7,00	15	15x1,2	37,9	0,085	2,74		86	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	14		1 460	2,50	18	18x1,2	125,8	0,185	8,24		240					
V2	14z			2,50	18	18x1,2	125,8	0,184	7,03		223					
V2	15	224-02	389	6,20	15	15x1,2	33,5	0,076	6,60	76	71	Eclipse (A)	15	3,40		15 481
V2	15z			6,20	15	15x1,2	33,5	0,075	6,32		78	Regulux	15	4,00	1,31	
V2	16	224-01	508	0,50	15	15x1,2	43,8	0,099	6,02	130	34	Eclipse (A)	15	4,60		15 518

Větev	čů	O.S.	Q W	L m	DN	d _i x s	M kg·h ⁻¹	w m·s ⁻¹	ΣZ	Δps Pa	Δpu Pa	1.a2.RP	DNv	N/P	kv m ³ ·h ⁻¹	DT _{RS} Pa		
V2	16z	223-02	897	0,50	15	15x1,2	43,8	0,098	3,77	97	24	Regulux	15	4,00	1,31	16 139		
V2	17			6,20	15	15x1,2	77,3	0,174	1,51		317							
V2	17z			6,20	15	15x1,2	77,3	0,174	1,22		259							
V2	18			0,50	15	15x1,2	37,8	0,085	6,84		30						Eclipse (A) Regulux	
V2	18z			0,50	15	15x1,2	37,8	0,085	2,93		16							
V2	19			1 336	2,20	18	18x1,2	115,1	0,169		18,0						4	332
V2	19z				2,20	18	18x1,2	115,1	0,169		15,7						9	303
V2	20			4 138	0,70	22	22x1,5	356,7	0,354		1,48						159	
V2	20z				0,70	22	22x1,5	356,7	0,352		1,04						133	
V2	21			5 474	3,00	28	28x1,5	471,8	0,270								127	
V2	21z				3,00	28	28x1,5	471,8	0,269								132	

Δpu – tlaková ztráta daného úseku třením a vřazenými odpory [Pa]

Δps – tlaková ztráta spotřebiče [Pa]

N/P – nastavení regulačního prvku otopné plochy

DT_{RS} – dispoziční tlak pro regulaci spotřebiče [Pa]

dif – odchylka od požadovaného nastavení regulace (u otopných ploch způsobená nastavením reg. prvku po půl stupni regulační schopnosti) [Pa]

SkDT1 – dispoziční tlak na patě větve bez vyvažovacího ventilu [Pa]

SkDT2 - dispoziční tlak na patě větve včetně vyvažovacího ventilu [Pa]

DTPV - dispoziční tlak pro vyvažovací ventil [Pa]

Δp_{VP} - tlaková ztráta vyvažovacího ventilu [Pa]

N_{pVP} - nastavení vyvažovacího ventilu

B.11.2 Podrobné dimenzování potrubí systému vytápění

Výpočet - větve. Metoda výpočtu: po větvích. Kapalina: voda, $\rho = 987,50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Větev	Typ	tw1 °C	Δt K	tw2 °C	Δp_{min1} Pa	Q W	M_1 kg·h ⁻¹	V_V dm ³	SKDT2 Pa
V1->V3	FCU + OT Levá strana	50,0	10,0	40,0	25660	15728	1 355,6	240,4	
V2->V3	FCU + OT Pravá strana	50,0	10,0	40,0	26214	19943	1 718,9	228,8	
V3	R+S	50,0	10,0	40,0	270	186485	15 782,9	14,7	
V4->V3	VZT	50,0	10,0	40,0	46539	78000	6 722,8	263,8	
V6->V8	R+S pdl. Ž	35,0	9,0	26,0	5212	2717	285,5	50,4	22 465
V7->V8	R+S pdl. M	35,0	9,0	26,0	14472	3697	417,4	73,7	22 599
V8->V3	Sběrná pdl.	35,0	5,0	30,0	25953	6414	702,9	13,3	
V9->V3	Ohřev TV	50,0	10,0	40,0	18074	66400	5 723,0	40,9	
V10	Primár kotlů	50,0	10,0	40,0	14666	166000	14 307,4	45,4	
V11	Primár AKN	50,0	10,0	40,0	7953	127000	10 946,0	674,2	45 000
V12	Primár TČ	50,0	10,0	40,0	1975	127000	10 946,0	139,3	
V13	Rekup. tepla	60,0	10,0	50,0	9641	12700	1 094,1	105,7	25 000

Celkový vodní objem $V = 1\,890,5 \text{ dm}^3$

Podrobný výpočet jednotlivých větví vytápění je součástí přílohy [P3]

Paty větví - vyvažovací ventily

Vyvažovací ventily VP

Větev	M ₁ kg·h ⁻¹	Pata	KC	Typ	DN	SkDT1 Pa	DTVP Pa	NpVP	kv m ³ ·h ⁻¹	ΔpVP Pa	Zdvih %	SkDT2 Pa
V6->V8	285,5	12	IMI 21102	STAD	10	5 212	13 451	2,80	0,690	17 245	70	22 465
V7->V8	417,4	12	IMI 21102	STAD	10	14 472	0	4,00	1,470	8 109	100	22 599
V11	10 946,0	41	IMI 21102	STAD	50	7 953	4 315	3,62	28,017	15 457	90	45 000
V12	10 946,0	41	IMI 21102	STAD	50		0	4,00	32,999	11 142	100	
V13	1 094,1	41	IMI 21102	STAD	25	9 641	1 604	2,77	6,157	3 214	69	25 000

Vyvažovací ventily VS

Větev	M ₁ , kg·h ⁻¹	Pata	KC	Typ	DN	SkDT1 Pa	DTVS Pa	NpVS	kv m ³ ·h ⁻¹	ΔpVS Pa	Zdvih %	SkDT2 Pa
V1->V3	1 355,6	31	IMI 21102	STAD	32	25 660	6 500	2,07	5,007	7 423	52	
V2->V3	1 718,9	31	IMI 21102	STAD	32	26 214	2 789	2,76	8,368	4 273	69	
V4->V3	6 722,8	34	IMI 21102	STAD	50	46 539	2 452	3,47	26,224	6 655	87	
V8->V3	702,9	32	IMI 21102	STAD	20	25 953	4 860	2,49	2,789	6 390	62	
V9->V3	5 723,0	34	IMI 21102	STAD	40	18 074	3 855	3,51	16,065	12 852	88	

Vyvažovací ventily v obtoku VO1 a VO2

Větev	M ₁ kg·h ⁻¹	M ₂ kg·h ⁻¹	MVO kg·h ⁻¹	Pata	KC	Typ	DN	DTVO Pa	NpVO	kv m ³ ·h ⁻¹	ΔpVO Pa	Zdvih %
V8->V3	702,9	262,7	440,2	32	IMI 21102	STAD	15	13 913	2,80	1,183	13 913	70

Paty větví - seznam armatur

Větev	Popis	Značka	Provedení	Typ	Účel	DN	kvs m ³ ·h ⁻¹	M kg·h ⁻¹	Nastavení	kv m ³ ·h ⁻¹
V1	FCU + OT Levá strana	IMI - TA 1_Obecné ventily	P - přímý	STAD DN 25 obecný	VS RV3	32 25/2	14,200 4,000	1 355,6 1 355,6	2,07	5,007

Větev	Popis	Značka	Provedení	Typ	Účel	DN	kvs m ³ ·h ⁻¹	M kg·h ⁻¹	Nastavení	kv m ³ ·h ⁻¹
V2	FCU + OT Pravá strana	GIACOMINI	P - přímý	R74A	OA	40	20,900	1 355,6	2,76	8,368
		GIACOMINI	P - přímý	R60	OA	40	40,410	1 355,6		
		COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 355,6		
		COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 355,6		
		COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 355,6		
		COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 355,6		
		IMI - TA		STAD	VS	32	14,200	1 718,9		
		1_Obecné ventily	P - přímý	DN 25 obecný	RV3	25/2	4,000	1 718,9		
		GIACOMINI	P - přímý	R60	OA	40	40,410	1 718,9		
		GIACOMINI	P - přímý	R74A	OA	40	20,900	1 718,9		
V3	R+S	COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 718,9	3,47	26,224
		COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 718,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 718,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	40	230,000	1 718,9		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	15 782,9		
		KSB	P - přímý	BOA - H	UA	80	116,700	15 782,9		
		IMI - TA		STAD	VS	50	33,000	6 722,8		
		KSB	P - přímý	BOA-S 16/jemné	OA	65	81,100	6 722,8		
V4	VZT	KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 722,8	2,80	0,690
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 722,8		
		KSB		BOA - RVK /PN 6	OA	65	65,000	6 722,8		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 722,8		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 722,8		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 722,8		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 722,8		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 722,8		
		IMI - TA		STAD	VP	10	1,470	285,5		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	285,5		
V6	R+S pdl. Ž	COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	285,5	4,00	1,470
		IMI - TA		STAD	VP	10	1,470	417,4		
V7	R+S pdl. M	COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	417,4		
		IMI - TA		STAD	VP	10	1,470	417,4		

Větev	Popis	Značka	Provedení	Typ	Účel	DN	kvs m ³ ·h ⁻¹	M kg·h ⁻¹	Nastavení	kv m ³ ·h ⁻¹
V8	Sběrná podlaha	COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	417,4		
		IMI - TA		STAD	VO2	15	2,520		2,80	1,183
		1_Obecné ventily	P - přímý	DN 15 obecný	RV3	15/5	1,000	262,7		
		IMI - TA		STAD	VS	20	5,700	702,9	2,49	2,789
		GIACOMINI	P - přímý	R74A	OA	25	10,000	702,9		
		GIACOMINI	P - přímý	R60	OA	25	10,690	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
V9	Ohřev TV	COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	262,7		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
		COMAP	P - přímý	640	UA	25	43,000	702,9		
V10	Primár - plynové kot.	COMAP	P - přímý	640	UA	50	265,000	5 723,0		
		IMI - TA		STAD	VS	40	19,200	5 723,0	3,51	16,065
		COMAP	P - přímý	640	UA	50	265,000	5 723,0		
		COMAP	P - přímý	640	UA	50	265,000	5 723,0		
		GIACOMINI	P - přímý	R60	OA	50	59,760	5 723,0		
		COMAP	P - přímý	640	OA	50	265,000	5 723,0		
		GIACOMINI	P - přímý	R74A	OA	50	32,000	5 723,0		
		COMAP	P - přímý	640	UA	50	265,000	5 723,0		
		COMAP	P - přímý	640	UA	50	265,000	5 723,0		
V11	Primár akumulace TČ	KSB	P - přímý	BOA - H	UA	80	116,700	14 307,4		
		KSB	P - přímý	BOA - H	UA	80	116,700	14 307,4		
		KSB	P - přímý	BOA-S 16/jemné	OA	80	119,000	14 307,4		
		KSB	P - přímý	BOA - H	UA	80	116,700	14 307,4		
V11	Primár akumulace TČ	KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB	P - přímý	BOA-S 16/jemné	OA	80	119,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB		BOA - RVK /PN 6	OA	80	85,000	10 946,0		
		IMI - TA		STAD	VP	50	33,000	10 946,0	3,62	28,017
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		

Větev	Popis	Značka	Provedení	Typ	Účel	DN	kvs m ³ ·h ⁻¹	M kg·h ⁻¹	Nastavení	kv m ³ ·h ⁻¹
V12	Primár TČ	KSB	P - přímý	BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB		BOA-S 16/jemné	OA	80	119,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		ESBE		Typ 3F	OA	80	150,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
V13	Rekuperace tepla	ESBE	P - přímý	Typ 3F	OA	80	150,000	10 946,0	4,00	32,999
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		ESBE		Typ 3F	OA	80	150,000	10 946,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	10 946,0		
		IMI - TA		STAD	VP	50	33,000	10 946,0		
		COMAP		640	UA	32	89,000	1 094,1		
		IMI - TA		STAD	VP	25	8,700	1 094,1		
		COMAP		640	UA	32	89,000	1 094,1		
		COMAP		640	UA	32	89,000	1 094,1		
		GIACOMINI		R74A	OA	32	18,200	1 094,1		
		GIACOMINI		R60	OA	32	17,930	1 094,1		
		COMAP		640	UA	32	89,000	1 094,1		
		COMAP		640	UA	32	89,000	1 094,1		
COMAP	640	UA	25	43,000	1 094,1					
								2,77	6,157	

Paty větví - seznam čerpadel

Větev	Značka	Název	Nastavení	Hvpož Pa	Hv Pa	Vvpož m ³ ·h ⁻¹	Vv m ³ ·h ⁻¹
V1	WILO 2017	Yonos PICO 25/1- 8	na prac. bod	43 500	50 000	1,37	1,37
V2	WILO 2017	Yonos PICO 30/1- 8	na prac. bod	52 211	55 000	1,74	1,74
V4	WILO 2017	Stratos 32/1-12	na prac. bod	57 548	60 000	6,81	6,81
V8	WILO 2017	Yonos PICO 25/1- 6	na prac. bod	40 140	45 000	0,71	0,71
V9	WILO 2017	Stratos 32/1-10	na prac. bod	36 145	40 000	5,80	5,80
V11	WILO 2019	Stratos MAXO 40/0,5-8	na prac. bod	40 685	45 000	11,08	11,08

Větev	Značka	Název	Nastavení	Hvpož Pa	Hv Pa	Vvpož m ³ ·h ⁻¹	Vv m ³ ·h ⁻¹
V12	WILO 2017	POZNÁMKA	na prac. bod	14 387	25 000	11,08	11,08
V13		Yonos PICO 25/1- 4	na prac. bod	23 396		1,11	1,11

POZNÁMKA: Čerpadlo je součástí hydromodulu TČ – pracovní bod bude nastaven na ovládacím panelu samotného TČ.

Smyčky větve V6

ČV vývod	Č.M.	ČS	Specifikace	Rozteče				Délka smyčky m	Délka celkem m	M kg·h ⁻¹	V l·min ⁻¹	Povrch
				PZ mm	APZ m ²	OZ mm	AOZ m ²					
1	302	302-02s/f1	Sm 16x2,0 (54,0/67,6 m)	200	10,80			54,00	67,60	48,22	0,80	epoxid stěrka
2	302	302-03s/f1	Sm 16x2,0 (54,0/54,0 m)	200	10,80			54,00	54,00	44,58	0,74	epoxid stěrka
3	302	302-04s/f1	Sm 16x2,0 (54,0/64,0 m)	200	10,80			54,00	64,00	45,54	0,76	epoxid stěrka
4	302	302-01s/f1	Sm 16x2,0 (48,5/72,5 m)	200	9,70			48,50	72,50	42,25	0,70	epoxid stěrka
5	303	303-01s/f1	Sm 16x2,0 (84,7/88,7 m)	150	12,70			84,67	88,67	53,85	0,90	epoxid stěrka
6	303	303-02s/f1	Sm 16x2,0 (88,0/92,0 m)	150	13,20			88,00	92,00	51,07	0,85	epoxid stěrka

Smyčky větve V7

ČV vývod	Č.M.	ČS	Specifikace	Rozteče				Délka smyčky m	Délka celkem m	M kg·h ⁻¹	V l·min ⁻¹	Povrch
				PZ mm	APZ m ²	OZ mm	AOZ m ²					
1	315	315-01s/f1	Sm 16x2,0 (60,0/87,0 m)	150	9,00			60,00	87,00	48,18	0,80	epoxid stěrka
2	315	315-02s/f1	Sm 16x2,0 (100,7/104,7 m)	150	15,10			100,67	104,67	80,23	1,34	epoxid stěrka
3	315	315-03s/f1	Sm 16x2,0 (50,7/51,7 m)	150	7,60			50,67	51,67	39,19	0,65	epoxid stěrka
4	315	315-04s/f1	Sm 16x2,0 (100,7/112,3 m)	150	15,10			100,67	112,27	84,73	1,41	epoxid stěrka
5	316	316-01s/f1	Sm 16x2,0 (140,0/152,0 m)	150	21,00			140,00	152,00	92,37	1,54	epoxid stěrka
6	316	316-02s/f1	Sm 16x2,0 (117,3/137,8 m)	150	17,60			117,33	137,83	72,68	1,21	epoxid stěrka

Výpočet smyček

Číslo	ČR	ČV	tr °C	As m ²	RPZ mm	σ K	qpz W/m ²	QAs W	Lc m	M kg/h	ΔpS Pa	tpz °C
302-01s/f1	6	4	35,0	9,7	200	9,0	40,3	391,2	72,5	42,2	1 341,0	25,9
302-02s/f1	6	1	35,0	10,8	200	9,0	40,3	435,6	67,6	48,2	1 428,0	25,9
302-03s/f1	6	2	35,0	10,8	200	9,0	40,3	435,6	54,0	44,6	1 054,0	25,9

Číslo	ČR	ČV	tr °C	As m ²	RPZ mm	σ K	qpz W/m ²	QAs W	Lc m	M kg/h	ΔpS Pa	tpz °C
302-04s/f1	6	3	35,0	10,8	200	9,0	40,3	435,6	64,0	45,5	1 276,0	25,9
303-01s/f1	6	5	35,0	12,7	150	8,4	37,2	472,4	88,7	53,8	2 075,0	27,7
303-02s/f1	6	6	35,0	13,2	150	9,0	35,6	469,3	92,0	51,1	2 057,0	27,5
315-01s/f1	7	1	35,0	9,0	150	9,0	46,5	418,5	87,0	48,2	1 835,0	26,5
315-02s/f1	7	2	35,0	15,1	150	9,0	46,5	702,1	104,7	80,2	4 930,0	26,5
315-03s/f1	7	3	35,0	7,6	150	9,0	46,5	353,4	51,7	39,2	887,0	26,5
315-04s/f1	7	4	35,0	15,1	150	9,0	46,5	702,1	112,3	84,7	6 155,0	26,5
316-01s/f1	7	5	35,0	21,0	150	9,0	35,6	746,7	152,0	92,4	10 806,0	27,5
316-02s/f1	7	6	35,0	17,6	150	9,0	35,6	625,8	137,8	72,7	5 077,0	27,5

B.11.3 Podrobné dimenzování potrubí systému chlazení

Výpočet - větve. Metoda výpočtu: po větvích. Kapalina: voda, $\rho = 999,94 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Větev	Typ	tw1 °C	Δt K	tw2 °C	Δpmin1 Pa	Q W	M ₁ kg·h ⁻¹	V _v dm ³
V1->V3	FCU + OT Levá strana	7,0	5,0	12,0	37009	50158	8 596,2	704,2
V2->V3	FCU + OT Pravá strana	7,0	5,0	12,0	43008	55297	9 476,9	870,7
V3	R+S	7,0	5,0	12,0	572	142055	24 345,6	178,1
V4->V3	VZT	7,0	5,0	12,0	33727	36600	6 272,6	514,3
V5	Primár TČ	7,0	5,0	12,0	7010	131000	22 451,0	88,3

Celkový vodní objem $V = 2\,355,7 \text{ dm}^3$

Podrobný výpočet jednotlivých větví chlazení je součástí přílohy [P4]

Paty větví - vyvažovací ventily

Vyvažovací ventily VP

Větev	M ₁ kg·h ⁻¹	Pata	KC	Typ	DN	SkDT1 Pa	DTVP Pa	NpVP	kv m ³ ·h ⁻¹	ΔpVP Pa	Zdvih %
V5	22 451,0	41	IMI 21106	STAF	65		0	8,00	84,999	6 977	100

Vyvažovací ventily VS

Větev	M ₁ , kg·h ⁻¹	Pata	KC	Typ	DN	SkDT1 Pa	DTVS Pa	NpVS	kv m ³ ·h ⁻¹	ΔpVS Pa	Zdvih %
V1->V3	8 596,2	34	IMI 21102	STAD	50	37 009	2 394	3,64	28,372	9 180	91
V2->V3	9 476,9	34	IMI 21102	STAD	50	43 008	4 204	3,53	26,857	12 452	88
V4->V3	6 272,6	34	IMI 21102	STAD	50	33 727	453	3,85	31,108	4 066	96

9 Paty větví - seznam armatur

Větev	Popis	Značka	Provedení	Typ	Účel	DN	kvs m ³ ·h ⁻¹	M kg·h ⁻¹	Nastavení	kv m ³ ·h ⁻¹
V1	FCU levá	KSB	P - přímý	BOAX - N	UA	65	275,000	8 596,2	3,64	28,372
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	8 596,2		
		KSB		BOA - RVK /PN 6	OA	65	65,000	8 596,2		
		IMI - TA		STAD	VS	50	33,000	8 596,2		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	8 596,2		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	8 596,2		
		KSB		BOA-S 16/jemné	OA	65	81,100	8 596,2		
V2	FCU pravá	KSB	P - přímý	BOAX - N	UA	65	275,000	9 476,9	3,53	26,857
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	9 476,9		
		KSB		BOA - RVK /PN 6	OA	65	65,000	9 476,9		
		IMI - TA		STAD	VS	50	33,000	9 476,9		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	9 476,9		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	9 476,9		
		KSB		BOA-S 16/jemné	OA	65	81,100	9 476,9		

Větev	Popis	Značka	Provedení	Typ	Účel	DN	kvs m ³ ·h ⁻¹	M kg·h ⁻¹	Nastavení	kv m ³ ·h ⁻¹
V3	R+S	KSB		BOAX - N	UA	100	750,000	24 345,6		
		KSB		BOAX - N	UA	100	750,000	24 345,6		
V4	VZT	KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 272,6		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 272,6		
		KSB		BOA - RVK /PN 6	OA	65	65,000	6 272,6		
		IMI - TA		STAD	VS	50	33,000	6 272,6	3,85	31,108
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 272,6		
		KSB		BOAX - N	UA	65	275,000	6 272,6		
V5	Primár - TČ	KSB	P - přímý	BOA-S 16/jemné	OA	65	81,100	6 272,6		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	22 451,0		
		ESBE		Typ 3F	OA	80	150,000	22 451,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	22 451,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	22 451,0		
		ESBE		Typ 3F	OA	80	150,000	22 451,0		
		KSB		BOAX - N	UA	80	500,000	22 451,0		
		IMI - TA		STAF	VP	65	85,000	22 451,0	8,00	84,999

Paty větví - seznam čerpadel

Větev	Značka	Název	Nastavení	Hypož Pa	Hv Pa	Vypož m ³ ·h ⁻¹	Vv m ³ ·h ⁻¹
V1	WILO 2019	Stratos MAXO 40/0,5-8	na prac. bod	47 606	50 000	8,60	8,60
V2	WILO 2019	Stratos MAXO 40/0,5-8	na prac. bod	55 796	60 000	9,48	9,48
V4	WILO 2019	Stratos MAXO 32/0,5-8	na prac. bod	39 547	40 000	6,27	6,27
V5		POZNÁMKA	na prac. bod	19 275		22,45	22,45

POZNÁMKA: Čerpadlo je součástí hydromodulu TČ – pracovní bod bude nastaven na ovládacím panelu samotného TČ.

B.12 Návrh zabezpečovacího zařízení

Zabezpečovací zařízení – expanzní nádoba a pojistný ventil, jsou nezbytnou součástí každé tepelné soustavy. Expanzní nádoba vyrovnává objemové změny teplotněsytých kapalin a zabraňuje tak výraznému kolísání tlaku, ke kterému by bez expanzní nádoby docházelo. Pojistný ventil zabraňuje poškození jednotlivých prvků soustav nadměrným tlakem v případě poruchy expanzní nádoby, poruchy doplňování nebo jiném havarijním stavu, jako např. přetopení soustavy, způsobeným různými důvody (porucha řídicí elektroniky, apod.).

B.12.1 Otopná soustava

Návrh expanzní nádoby a expanzního potrubí

Větev	V_V dm ³
V1->V3	240,4
V2->V3	228,8
V3	14,7
V4->V3	263,8
V6->V8	50,4
V7->V8	73,7
V8->V3	13,3
V9->V3	40,9
V10	45,4
V11	674,2
V12	139,3
Akumulace	2000,0

Celkový objem otopné soustavy V_o :	3 784,8 l
Výška otopné soustavy h :	11,5 m
Maximální teplota otopné vody:	50 °C
Výška manometrické roviny h_{MR} :	1,5 m
Součinitel zvětšení objemu n :	0,01169
Hustota vody ρ při teplotě 50 °C:	988,0 kg/m ³
Pojistný výkon Q_p :	127 kW
Maximální kční. přetlak soustavy p_k :	300 kPa (otevírací přetlak pojistného ventilu TČ a plynových kotlů)

Nejnižší dovolený provozní přetlak:

$$p_{d,dov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} + (\Delta p_z) = 1,1 \cdot 11,5 \cdot 988 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} + 20 = 142,6 \text{ kPa}$$

Navrhuji $p_{d,dov} = 150 \text{ kPa}$

Nejvyšší dovolený přetlak:

$$p_{h,dov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) = 300 - (1,5 \cdot 988 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}) = 285,5 \text{ kPa}$$

Navrhuji $p_{h,dov} = 280 \text{ kPa}$

Expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 3784,8 \cdot 0,01169 = 57,52 \text{ l}$$

Minimální objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = V_e \cdot [(p_{h,dov} + 100)/(p_{h,dov} - p_{d,dov})] = 57,52 \cdot [(280 + 100)/(280 - 150)] = \underline{\underline{168,1 \text{ l}}}$$

Navrhuji tlakovou expanzní nádobu Reflex NG 200/6 o objemu 200l.

Návrh expanzního potrubí:

$$d = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 127^{0,5} = 16,76 \text{ mm} \Rightarrow \underline{\underline{DN 20}}$$

B.12.2 Chladicí soustava

Návrh expanzní nádoby a expanzního potrubí

Větev	VV dm ³
V1->V3	704,2
V2->V3	870,7
V3	178,1
V4->V3	514,3
V5	88,3
Akumulace	2000,0

Celkový objem otopné soustavy V_o : 4 355,6 l

Výška chladicí soustavy h: 11,5 m

Maximální teplota otopné vody: 40 °C => nahřátá soustava chlazení před spuštěním TČ

Výška manometrické roviny h_{MR} : 1,5 m

Součinitel zvětšení objemu n: 0,00749

Hustota vody ρ při teplotě 40 °C: 992,2 kg/m³

Pojistný výkon Q_p : 131 kW

Maximální kční. přetlak soustavy p_k : 300 kPa (otevírací přetlak pojistného ventilu TČ)

Nejnižší dovolený provozní přetlak:

$$p_{d,dov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} + (\Delta_{pz}) = 1,1 \cdot 11,5 \cdot 992,2 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} + 20 = 143 \text{ kPa}$$

Navrhuji $p_{d,dov} = 150 \text{ kPa}$

Nejvyšší dovolený přetlak:

$$p_{h,dov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) = 300 - (1,5 \cdot 992,2 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}) = 285,4 \text{ kPa}$$

Navrhuji $p_{h,dov} = 280 \text{ kPa}$

Expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 4355,6 \cdot 0,00749 = 42,41 \text{ l}$$

Minimální objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = V_e \cdot [(p_{h,dov} + 100)/(p_{h,dov} - p_{d,dov})] = 42,41 \cdot [(280 + 100)/(280 - 150)] = \underline{\underline{124 \text{ l}}}$$

Navrhuji tlakovou expanzní nádobu Reflex NG 140/6 o objemu 140l.

Návrh expanzního potrubí:

$$d = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 131^{0,5} = 16,87 \text{ mm} \Rightarrow \underline{\text{DN 20}}$$

B.12.3 Rekuperace tepla

Návrh expanzní nádoby a expanzního potrubí

Větev	V _V
	dm ³
V13	105,7

Celkový objem otopné soustavy V _o :	105,7 l
Výška soustavy h:	2,5 m
Maximální teplota otopné vody:	60 °C
Výška manometrické roviny h _{MR} :	1,5 m
Součinitel zvětšení objemu n:	0,01672
Hustota vody ρ při teplotě 12 °C:	983,2 kg/m ³
Pojistný výkon Q _p :	12,7 kW
Maximální kční. přetlak soustavy p _k :	200 kPa (otevírací přetlak pojistného ventilu)

Nejnižší dovolený provozní přetlak:

$$p_{d,dov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} + (\Delta_{pz}) = 1,1 \cdot 2,5 \cdot 983,2 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} + 20 = 46,5 \text{ kPa}$$

Navrhuji p_{d,dov} = 100 kPa

Nejvyšší dovolený přetlak:

$$p_{h,dov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) = 200 - (1,5 \cdot 983,2 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}) = 185,5 \text{ kPa}$$

Navrhuji p_{h,dov} = 180 kPa

Expanzní objem:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 105,7 \cdot 0,01672 = 2,3 \text{ l}$$

Minimální objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = V_e \cdot [(p_{h,dov} + 100)/(p_{h,dov} - p_{d,dov})] = 2,3 \cdot [(180 + 100)/(180 - 100)] = \underline{\underline{8,1 \text{ l}}}$$

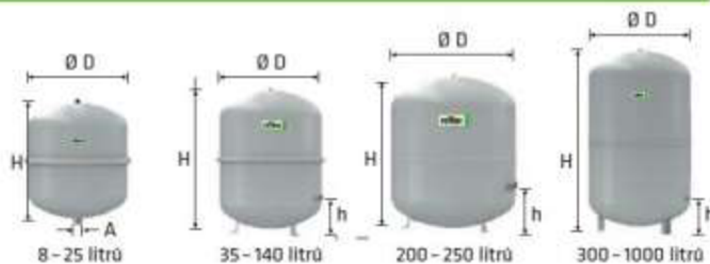
Navrhuji tlakovou expanzní nádobu Reflex NG 12/6 o objemu 12l.

Návrh expanzního potrubí:

$$d = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 12,7^{0,5} = 12,14 \text{ mm} \Rightarrow \underline{\text{DN 15}}$$

Reflex NG, N

- pro uzavřené soustavy topení a chlazení
- závitové připojení
- od 35 litrů stojaté provedení
- membrána podle DIN EN 13831
- přípustná teplota 70 °C
- koncentrace glykolu max 30 %
- schválení podle směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EG



Typ *	Obj. číslo	Počet	Hmotnost	Ø D	H	h	A	Přetlak plynu
6 bar / 120 °C	šedá	na paletě	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)		(bar)
NG 8/6	8230100 7230107	96	1,6	206	285	-	R 3/4	1,5
NG 12/6	8240100 7240107	72	2,4	280	275	-	R 3/4	1,5
NG 18/6	8250100 7250107	56	3,4	280	345	-	R 3/4	1,5
NG 25/6	8260100 7260107	42	4,2	280	465	-	R 3/4	1,5
NG 35/6	8270100 7270107	24	4,8	354	460	130	R 3/4	1,5
NG 50/6	8001011 7001100	24	5,7	409	493	175	R 3/4	1,5
NG 80/6	8001211 7001300	12	8,7	480	565	175	R 1	1,5
NG 100/6	8001411 7001500	10	11,4	480	670	175	R 1	1,5
NG 140/6	8001611 7001700	6	13,1	480	912	175	R 1	1,5
N 200/6	8213300 -	4	22,0	634	758	205	R 1	1,5
N 250/6	8214300 -	4	24,7	634	888	205	R 1	1,5
N 300/6	8215300 -	-	27,0	634	1092	235	R 1	1,5
N 400/6	8218000 -	-	47,0	740	1102	245	R 1	1,5
N 500/6	8218300 -	-	52,0	740	1321	245	R 1	1,5
N 600/6	8218400 -	-	66,0	740	1531	245	R 1	1,5
N 800/6	8218500 -	-	96,0	740	1996	245	R 1	1,5
N 1000/6	8218600 -	-	118,0	740	2406	245	R 1	1,5

Obr. 30: Tlakové expanzní nádoby Reflex NG, N [41]

B.13 Technická zpráva

B.13.1 Úvod

Předložená projektová dokumentace řeší systém vytápění, chlazení a přípravu teplé vody administrativní budovy výrobní haly a v rámci její rekonstrukce a přístavby.

B.13.2 Popis objektu

Nově bude část stávajícího objektu zdemolována (především vnitřní nosné i nenosné konstrukce) a dostavěna dle navržené dispozice. V rámci stavby bude na jižní straně objektu přistavěn reprezentativní vstup s kanceláři vedení firmy. Přístavba bude řešena také v severní části a celkově bude přistavěno i 3.NP. V 1. NP se nachází reprezentativní vstup, kancelářské prostory a příruční provozní prostory výrobní haly. Ve 2. NP jsou opět kanceláře, vedení podniku a oddělení výzkumu se zkušebnou a laboratoří. V novém 3. NP je pak umístěna kuchyň, jídelna, šatny s hygienickým zázemím pro zaměstnance celého podniku, kotelna a strojovna chlazení.

B.13.3 Podklady pro zpracování

Zadání VŠKP a dokumentace stavební části.

Projektová dokumentace byla zpracována v souladu s příslušnými normami, technickými pravidly a prováděcími vyhláškami, především dle:

ČSN 73 0540-2	Tepelně technické vlastnosti budov – Požadavky
ČSN 73 0548	Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
ČSN EN 12831	Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu
ČSN EN 12828	Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních tepelných soustav
ČSN 06 0310	Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
ČSN 06 0830	Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
ČSN 06 0320	Ohřívání užitkové vody - Navrhování a projektování
ČSN EN 14511	Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru.
ČSN EN 378	Chladicí zařízení a tepelná čerpadla, bezpečnostní a environmentální požadavky
TPG 704 01	Odběrná plynová zařízení v budovách
Vyhláška 193/2007 Sb.	kteou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
NV 9/2013 Sb. (úprava NV 361/2007 Sb.)	– podmínky ochrany zdraví při práci
Vyhláška č. 6/2003 Sb.	kteou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb

B.13.4 Výpočet tepelného výkonu, zátěže, potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody

Objekt se nachází v lokalitě s venkovní výpočtovou teplotou $t_e = -15^\circ\text{C}$ (Svitavy) v nadmořské výšce 447 m. n. m s roční průměrnou teplotou $t_{me} = 4,8^\circ\text{C}$

Výpočet tepelné zátěže je proveden pro 21. červenec s venkovní výpočtovou teplotou $t_e = 30^\circ\text{C}$.

Celková tepelná ztráta objektu:	43,27 kW
Výkon pro přípravu teplé vody:	66,38 kW
Výkon pro dohřev VZT:	78 kW (dle projektu VZT)
Celková tepelná zátěž objektu:	95,17 kW
Výkon pro chlazení VZT:	36,6 kW (dle projektu VZT)

B.13.5 Technické řešení

B.13.5.1 Zdroj tepla a chladu

Zdrojem tepla a chladu bude kompaktní tepelné čerpadlo vzduch voda s reverzibilním chodem Trane CXAX 046 o jmenovitém topném výkonu 127 kW a jmenovitém chladícím výkonu 131 kW. Tepelné čerpadlo bude umístěno na střeše stávající výrobní haly hned vedle strojovny chlazení (úroveň 3.NP. Teplonosnou kapalinou systému nebude nemrznoucí směs, ale voda. Potrubí mezi TČ a strojovnou chlazení tak bude opatřeno pod izolací topným kabelem, zabezpečujícím potrubí proti zamrznutí. Hydraulický modul TČ disponuje svou vlastní ochranou proti zamrznutí. Po vstupu potrubí od TČ do strojovny chlazení bude potrubí rozděleno pomocí trojcestných přepínacích ventilů na systém vytápění a chlazení, dle aktuálního sezonního požadavku. V letním provozu bude TČ s akumulací chladu (Reflex Storatherm Heat H 2000 o objemu 2 m^3) tvořit primární okruh systému chlazení, kdy akumulární nádoba bude zároveň sloužit i jako hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků systému chlazení, pracujícího na teplotním spádu $7/12^\circ\text{C}$. V zimním provozu bude TČ propojeno se samostatnou akumulární nádobou systému vytápění (Reflex Storatherm Heat HF 2000 o objemu 2 m^3), umístěnou rovněž ve strojovně chlazení. Samostatným okruhem s oběhovým čerpadlem a sestavou armatur pak bude akumulace tepla napojena do souproutého zapojení primárního okruhu plynových kotlů v kotelně. Systém vytápění je navržen na teplotní spát $50/40^\circ\text{C}$. Pro přípravu teplé vody bude u TČ využita možnost rekuperace tepla (desuperheater) z chladivového okruhu – jedná se o samostatný potrubní okruh mimo celý systém vytápění.

B.13.5.2 Bivalentní zdroj tepla

Jako bivalentní a záložní zdroj tepla pro vytápění, přípravu teplé vody a dohřev vzduchotechnických jednotek jsou navrženy dva stávající kondenzační plynové závěsné kotle Buderus Logamax plus GB112-43 o jmenovitém výkonu v regulovaném rozsahu 11,8-39,3 kW ($75/60^\circ\text{C}$) nově doplněny o třetí kotel Buderus Logamax plus GB162-85 o jmenovitém výkonu v regulovaném rozsahu 18,9-80 kW ($80/60^\circ\text{C}$). Kotle budou instalovány v prostoru plynové kotelny ve 3.NP. Z hlediska ČSN 07 0703 a Vyhlášky č. 91/1993 Sb. už je míst-

nost klasifikována jako kotelná III. kategorie dle členění kotelen na kategorie - instalovaný výkon kotlů v jedné místnosti přesahuje 100 kW. Palivem bude zemní plyn 2,0 kPa. Zařízení splňují emisní limity pro označení ekologicky šetrný výrobek.

Kotle budou v provedení s uzavřenou spalovací komorou a z hlediska členění plynových spotřebičů typ „C33“ se samostatným odkouřením svisle přes střešní kci. Kotle budou zapojeny v kotlovém (primárním), souproutém okruhu. Hydraulické oddělení kotlového okruhu a sekundárního okruhu vytápění bude zajištěno hydraulickým vyrovnávačem dynamických tlaků (ETL Ekotherm HVDT typ IV) $V_{\max} = 20 \text{ m}^3/\text{hod}$.

Větrání kotelný bude 0,5x /h příčně, křížně. Větrání kotelný zajistí profese VZT. Větrání kotelný musí splňovat požadavky čl. 6.3.2, ČSN 07 0703.

Dveře do kotelný musí být označeny bezpečnostními tabulkami v souladu s ČSN ISO 3864.

Prostor kotelný bude zajištěn bezpečnostním detekčním systémem s automatickým uzávěrem plynu, který samočinně uzavře přívod plynného paliva do kotelný při překročení mezních parametrů indikovaných detekčním systémem.

Hlavní uzávěr kotelný musí odpovídat ČSN EN 1775, ČSN 38 6420 nebo ČSN 38 6462 v závislosti na výši provozního přetlaku, umístění regulačního zařízení a kategorii kotelný. Hlavní uzávěr musí být umístěn mimo kotelnu na snadno přístupném místě a označen tabulkou.

Veškeré prostupy rozvodů budou utěsněny v souladu s čl. 6.2, ČSN 73 0810.

Kotle mohou obsluhovat jen odborně způsobilé a pověřené osoby. V kotelnách se provádí kontrola funkce zařízení kotlů nejméně 1x za rok. Kontrola funkce detekčních systémů a detektorů se provádí ve lhůtách podle pokynů jejich výrobce a podle zásad uvedených v provozním řádu.

B.13.5.3 Příprava teplé vody

Systém přípravy teplé vody je řešen stupňovitě dvěma nepřímotopnými zásobníkovými ohřívači. První zásobník (REFLEX STORATHERM AQUA HEAT PUMP AH 500/1) je napojen na rozdělovač a sběrač topné vody a slouží jako předehřev teplé vody na 40 °C. Ve druhém zásobníku (REFLEX STORATHERM AQUA HEAT PUMP AH 400/1) pak bude teplá voda dohřívána na požadovaných 55 °C pomocí samostatného okruhu napojeného přímo na TČ s využitím rekuperace tepla z chladivového okruhu TČ.

V případě vypnutí TČ (porucha, servis, pracovní limit venkovní teploty v zimě) bude příprava teplé vody řešena pouze v prvním zásobníku plynovými kotli.

B.13.5.4 Expanzní a pojistné zařízení

Systém vytápění a chlazení bude pracovat v rozmezí pracovního přetlaku 120 – 280 kPa. Objemové změny otopné a chladicí vody vlivem teplotní roztažnosti budou vyrovnávat tlakové expanzní membránové nádoby. V případě systému vytápění Reflex NG 140/6 objemu 140 litrů a v případě systému chlazení Reflex NG 50/6 objemu 50 litrů, obě o jmenovité tlakové odolnosti 6 Bar.

Nádoba systému vytápění bude umístěna v plynové kotelně a do systému napojena na vratné potrubí primárního okruhu. Nádoba systému chlazení bude umístěna ve strojovně chlazení a do systému napojena na vratné potrubí mezi akumulací nádobou chladu a rozdělovačem a sběračem. Nádoby musí být a instalovány tak, aby byly na systémy připojeny neuzavíratelně (pomocí servisní armatury).

Jištění zdrojů tepla (TČ a tři plynové kotle) bude provedeno pomocí pojistných ventilů s otevíracím přetlakem 3 Bar, které jsou jejich součástí. Odvod kondenzátu od kotlů bude proveden přes neutralizační zařízení Deto NB100 do kanalizace.

Objemové změny systému přípravy teplé vody bude vyrovnávat tlaková průtočná expanzní membránová nádoba umístěna na podlaze v prostoru plynové kotelny. Expanzní nádoba bude do systému napojena na potrubí přivádějícím studenou pitnou vodu do zásobníkového ohříváče prvního stupně ohřevu. Návrh a dodávku této expanzní nádoby řeší specializace ZTI. Jištění nabíjecího okruhu bude provedeno pomocí pojistného ventilu s otevíracím přetlakem 6 Bar.

B.13.5.5 Sekundární okruhy systému vytápění a chlazení

Otopná soustava je navržena jako teplovodní, dvoutrubková, protiproudá, s nuceným oběhem otopné vody s teplotním spádem 50/40 °C. Sekundární okruh otopné soustavy se za HVDT dělí v trubkovém rozdělovači a sběrači DN125 (133x4,5) na 5 větví:

Větev 1 – Vzduchotechnika	50/40 °C
Větev 2 – Podlahové vytápění	35/26 °C
Větev 3 – Otopná tělesa + FCU – jih	50/40 °C
Větev 4 – Otopná tělesa + FCU – sever	50/40 °C
Větev 5 – Příprava TV	70/50 °C (50/40 °C v případě chodu TČ)

Větev „V1“ bude provozována s regulací na konstantní teplotu otopné vody. Jedná se o větev pro VZT jednotky, příslušná teplota pro danou jednotku se bude regulovat u VZT jednotky pomocí dvoucestného vstřikovacího zapojení. Oběh otopné vody bude zajišťovat oběhové čerpadlo, pata větve bude také osazena měřicí a regulační armaturou.

Větev „V2“ pro podlahové vytápění bude regulována dle požadavku vytápění místností – viz výkresová dokumentace. V přívodním potrubí je navržena třícestná směšovací armatura a propoj mezi přívodním potrubím a vratným potrubím. R+S podlahových okruhů budou osazeny termopohony a budou regulovány dle teploty v místnosti – termopohony s termostaty jsou dodávkou profese MaR. Oběh otopné vody bude zajišťovat oběhové čerpadlo, zaregulování větve bude zajišťovat měřicí a regulační armatura.

Větev „V3“ bude řízena ekvitermně dle venkovní teploty. Teplota topné vody bude regulována pomocí třícestné směšovací armatury s pohonem. Oběh otopné vody bude zajišťovat oběhové čerpadlo, pata větve bude také osazena měřicí a regulační armaturou.

Větev „V4“ bude řízena ekvitermně dle venkovní teploty. Teplota topné vody bude regulována pomocí třicestné směšovací armatury s pohonem. Oběh otopné vody bude zajišťovat oběhové čerpadlo, pata větve bude také osazena měřicí a regulační armaturou.

Větev „V5“ bude provozována s regulací na konstantní teplotu otopné vody. Jedná se o větev pro přípravu teplé vody. Oběh otopné vody bude zajišťovat oběhové čerpadlo, zaregulování větve bude zajišťovat měřicí a regulační armatura.

Chladicí soustava je navržena jako dvoutrubková, protiproudá, s nuceným oběhem chladicí vody s teplotním spádem 7/12 °C. Sekundární okruh chladicí soustavy se za akumulaci chladu dělí v trubkovém rozdělovači a sběrači DN150 (159x4,5) na 3 větve:

Větev CH1 – FCU – sever	7/12 °C
Větev CH2 – FCU – jih	7/12 °C
Větev CH3 – Vzduchotechnika	7/12 °C

Větev „CH1“ - oběh chladicí vody a kvantitativní regulaci bude zajišťovat elektronicky řízené oběhové čerpadlo, pata větve bude také osazena měřicí a regulační armaturou.

Větev „CH2“ - oběh chladicí vody a kvantitativní regulaci bude zajišťovat elektronicky řízené oběhové čerpadlo, pata větve bude také osazena měřicí a regulační armaturou.

Větev „CH3“ bude provozována s regulací na konstantní teplotu chladicí vody. Jedná se o větev pro VZT jednotky, příslušná teplota pro danou jednotku se bude regulovat u VZT jednotky pomocí dvoucestného vstřikovacího zapojení. Oběh chladicí vody větve bude zajišťovat oběhové čerpadlo, pata větve bude také osazena měřicí a regulační armaturou.

Systém vytápění i chlazení bude řízen systémem nadřazeného měření a regulace signálem 0 – 10 V.

Systém vytápění i chlazení bude v nejvyšších místech odzdušněn – na otopných tělesech a pomocí odzdušňovacích nádobek. Pro možnost vypouštění budou v nejnižším místě osazeny kulové vypouštěcí kohouty.

B.13.5.6 Otopné a chladicí plochy

Otopná tělesa

Část otopných ploch je tvořena deskovými a trubkovými otopnými tělesy s bočním, případně spodním připojením. Otopná tělesa budou osazena na přívodu termostatickým ventilem s automatickým omezením průtoku v provedení přímý a termostatickou hlavicí s protizámrznou ochrannou. Na vratném potrubí bude osazeno regulační šroubení, které slouží pro uzavírání a vypouštění OT, včetně regulace. Upevnění jednotlivých otopných těles je provedeno pomocí standardních prvků výrobce.

Otopné Fancoily

Otopná plocha je tvořena pomocí čtyřtrubkového výměníku s hliníkovými lamelami osazených na registru potrubí. Navrženy jsou dva typy FCU. Jedny jsou určeny k zabudování do stavební kce. (ta je dodávkou profese stavba) - parapetní FCU a druhé jsou určeny k zabudování pod strop do konstrukce pohledu – kazetové FCU. Parapetní FCU budou osazeny na přívodu termostatickým ventilem s automatickým omezovačem průtoku v provedení přímý a ovládány budou pomocí termopohonů s termostaty v dodávce profese MaR. Na vratném potrubí bude osazeno regulační šroubení, které slouží pro uzavírání a vypouštění FCU. Podstropní kazetové FCU budou osazeny na přívodu tlakově nezávislým regulačním a vyvažovacím ventilem s pohonem a ovládány budou termostaty v dodávce profese MaR. Na vratném potrubí bude osazen kulový kohout. Systém MaR také bude blokovat možnost vytápění při režimu chlazení a naopak.

Podlahové vytápění

Pro okruh podlahového vytápění je navrženo podlahové vytápění se zabetonovanými trubkami s kyslíkovou bariérou, \varnothing 16x2 eval PEX-a. Otopné trubky budou vedeny v systémové desce 30-2 a 10 (30 mm resp. 10 mm polystyrénu součásti systémové desky). Rozteč potrubí je uvedena ve výkresové dokumentaci. Jednotlivé topné hady podlahového vytápění budou napojeny na rozdělovač a sběrač pomocí přípojovacích armatur, které jsou součástí systému. Dále je navržena jemná regulace s měřením průtoku vody. Rozdělovače a sběrače budou umístěny na svislou stavební konstrukci. V místě přechodu trubek do betonové vrstvy a dilatačního celku bude nutné uložit trubky do flexibilních plastových chrániček. Betonová otopná plocha musí být zhotovena podle pokynů pro provádění podlahového systému vytápění. Položené podlahové vytápění se zalije cementovým potěrem s přísadou plastifikátoru o tl. min. 65 mm. Při pokládání keramické dlažby v místě dilatace je nutné pokládat dlaždice se spárami, které se vyplní trvale elastickým materiálem. Při použití jiných materiálů je nutno řídit se postupy a doporučeními výrobce podlahové krytiny určené pro podlahové topení.

Jednotlivé okruhy podlahového vytápění budou po naplnění vodou a odvzdušnění odzkoušeny. Po provedené zkoušce je možno provést betonáž ploch.

Po dokonalém vytvrnutí betonu je možno uvést vytápění do provozu tak, že teplotu topné vody je nutné zvyšovat max. o 5 °C denně. Ventily jednotlivých okruhů podlahového vytápění budou vybaveny hlavicemi umožňující uzavření jednotlivých otopných okruhů podlahového vytápění – dodávka nadřazeného systému řízení.

Rozdělovače a sběrače budou osazeny termopohony a budou regulovány dle teploty v místnosti – termopohony s termostaty jsou dodávkou profese MaR

Montáž podlahového vytápění musí provádět odborná firma, jejíž pracovníci jsou řádně proškoleni v pokládání podlahového vytápění.

Použité materiály podlahové krytiny musí splňovat svými parametry pro použití pro podlahové vytápění.

VZT jednotky - dohřev

VZT jednotky slouží k pokrytí tepelné ztráty větráním. Všechny jsou v exteriérovém provedení a připojení topné vody se směšovacím uzlem a veškerými armaturami je prove-

deno ve volné komoře samotných jednotek. Při vedení potrubí ve venkovním prostředí však musí být potrubí oplechováno a opatřeno el. topným kabelem, který je dodávkou profese MaR.

Chladicí Fancoily

Chladicí plocha je tvořena pomocí čtyřtrubkového výměníku s hliníkovými lamelami osazených na registru potrubí. Navrženy jsou dva typy FCU. Jedny jsou určeny k zabudování do stavební kce. (ta je dodávkou profese stavba) - parapetní FCU a druhé jsou určeny k zabudování pod strop do konstrukce pohledu – kazetové FCU. Oba typy FCU budou osazeny na přívodu tlakově nezávislým regulačním a vyvažovacím ventilem s pohonem a ovládnány budou termostaty v dodávce profese MaR. Na vratném potrubí bude osazen kulový kohout. Systém MaR také bude blokovat možnost vytápění při režimu chlazení a naopak.

VZT jednotky - chlazení

VZT jednotky slouží k pokrytí tepelného zisku větráním. Všechny jsou v exteriérovém provedení a připojení chladicí vody se směšovacím uzlem a veškerými armaturami je provedeno ve volné komoře samotných jednotek. Při vedení potrubí ve venkovním prostředí však musí být potrubí oplechováno a opatřeno el. topným kabelem, který je dodávkou profese MaR.

B.13.5.7 Úprava vody a doplňování vody do otopné a chladicí soustavy

Voda pro napuštění systému vytápění a chlazení musí splňovat příslušné normy a především požadavky výrobce kotlů a TČ (požadavek výrobců kotlů na demineralizovanou vodu). Montážní firma naplní soustavy upravenou. Doplňování vody bude automatické přes automatické zařízení se systémovým oddělovač typu BA. Demineralizační kolona s konduktometrem Aquaproduct DKC39 je navržena pouze pro doplňování ne pro napuštění. Přívodní potrubí studené vody bude osazeno uzavírací armaturou, jemným filtrem a domovním vodoměrem.

B.13.5.8 Rozvody potrubí a tepelné izolace

Potrubí systému vytápění a chlazení v objektu je navrženo z tenkovrstvé, uhlíkové, vně pozinkované oceli spojovaného lisováním pomocí tvarovek s těsníci o-kroužky. Páteřní rozvody budou vedeny v podhledu ve 2.NP. Dílčí rozvody budou vedeny za fancoily v konstrukci vytvořenou profesí staba, pod stropem v podhledu případně volně nebo zakryty lištami. Rozvody vedené v kotelně a strojovně chlazení budou vedeny pod stropem a volně po svislé stavební konstrukci. Potrubní rozvody pro dopojení otopných těles na R+S bude provedeno také potrubím ocelovým vně pozinkovaným. Rozvody podlahového vytápění budou provedeny plastovým potrubím PEX-a.

Rozvody, které neslouží pro podlahové vytápění, budou vedeny v podlaze pod systémovou deskou podlahového vytápění.

Změny tras vedení potrubí budou provedeny pomocí kolen a oblouků a U, L a Z kompenzátorů.

Všechny rozvody budou opatřeny tepelnými izolacemi dle vyhlášky č.193/2007 Sb. (viz tabulky izolací ve výkresové dokumentaci). Trubkový rozdělovač a sběrač otopného systému bude izolován minerální náplekovou izolací Rockwool 800 tl. 50 mm. Potrubní rozvody vytápění budou opatřeny tepelnou izolací Armacell Tubolit DG a izolací z minerální vlny Rockwool 800.

Potrubí, trubkový rozdělovač a sběrač chladicího systému a akumulční nádoba chladu budou izolovány nenasákavou kaučukovou izolací s uzavřenou buněčnou strukturou Armacell ACE plus.

Při vedení potrubí ve venkovním prostředí musí být potrubí oplechováno a opatřeno el. topným kabelem, který je dodávkou profese MaR.

B.13.5.9 Montáž, provedení a tlakové zkoušky

Při montážích je nutno dodržovat montážní předpisy výrobců všech potrubí, armatur a zařízení. Potrubí musí být vždy řádně upevněno, opět dle montážních předpisů výrobce. Kompenzace teplotních délkových roztažností bude řešena přirozenými kompenzátor L a Z a U kompenzátoři s rozměry a umístěním dle výkresové dokumentace.

Před uvedením otopné a chladicí soustavy do provozu se musí provést proplach potrubí a patřičné zkoušky. Proplach se provádí při demontovaných zařízeních, u kterých by mohlo dojít k ucpání. Proplach zajišťuje oběhové čerpadlo 24 hodin, přičemž se musí soustava pravidelně odkalovat. Provádí se před zarděním drážek a před zaizolováním potrubí. Otopná a chladicí soustava se zkouší na nejvyšší dovolený přetlak. Při zkoušce se všechny spoje a zařízení prohlédnou, přičemž se nesmějí projevit netěsnosti po dobu min. 6 hodin. Zkouška bude úspěšná, pokud se neobjeví netěsnosti nebo nedojde k zřetelnému poklesu tlaku.

Provedena musí být i dilatační zkouška. Topná voda v otopné soustavě se zahřeje na nejvyšší pracovní teplotu a pak se nechá vychladnout na okolní teplotu. Tento postup se ještě jednou opakuje a během zkoušky nesmí dojít k netěsnostem nebo jiným závadám. Tato zkouška se provádí ještě před zkouškou těsnosti.

Topná zkouška se provádí za účelem zjištění funkce nastavení a seřízení zařízení, ohřívání otopných těles, výkonu zdroje tepla, funkce regulace a dodržení projektových parametrů. Zkouška je úspěšná při rovnoměrném prohřívání všech otopných těles.

O všech provedených zkouškách musí být sepsán protokol!

B.13.5.10 Obsluha a bezpečnost provozu

Přítomnost obsluhy bude omezena automatizací provozu.

Obsluha instalovaných zařízení může být pracovník starší 18-ti let, který je svým duševním a fyzickým stavem způsobilý pro tuto práci, musí být řádně obeznámen, prakticky zacvičen v obsluze zařízení a prokazatelně přezkoušen. O zacvičení a prověření znalostí

musí být učiněn zápis podepsaný zkušebním orgánem provozovatele a pracovníkem pověřeným obsluhou.

Obsluhu elektrického zařízení mohou provádět dle Vyhl. 50/78 Sb. jen pracovníci poučení, tzn., že byli organizací v rozsahu své činnosti seznámeni s předpisy pro činnost na elektrických zařízeních, školeni v této činnosti, upozorněni na možné ohrožení elektrickými zařízeními a seznámeni s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem. O poučení a seznámení se pořídí zápis podepsaný oprávněným pracovníkem a pracovníkem poučeným.

Při montáži, údržbě a obsluze je nutno bezpodmínečně dodržovat všechny bezpečnostní předpisy a normy. V průběhu montáže bude též nutno provádět kontrolu z hlediska požární bezpečnosti.

B.13.5.11 Bezpečnost a ochrana zdraví

Při provádění prací na staveništi, montáži zařízení a uvádění do provozu musí být dodrženy pravidla bezpečnosti a ochrany zdraví na pracovišti (viz zákon 309/2006 Sb. zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a nařízení vlády č. 362/2005 Sb. Nařízení vlády o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky)!

B.13.5.12 Požadavky na profese

- Stavba
 - Prostupy pro potrubní rozvody ve stavební konstrukci
 - Konstrukce pro vedení potrubí za FCU a pro osazení fancoilů bez krytů

- Plynovodní instalace
 - Přívod plynového potrubí a napojení plynových kotlů

- Zdravotně technické instalace
 - Zhotovení odbočky pro dopouštění vody do otopné soustavy DN20
 - Napojení neutralizačního boxu, přepadů pojistných ventilů a odkouření
 - Návrh a dodávka expanzní tlakové nádoby na pitnou vodu na vstupu studené pitné vody pro přípravu teplé vody
 - Připojení a propojení zásobníkových ohřivačů teplé vody
 - Odvod kondenzátu od chladících parapetních a kazetových FCU

- Vzduchotechnická zařízení
 - Zajištění větrání plynové kotelny

- Měření a regulace – MaR + elektroinstalace
 - Elektrické připojení a ovládání výkonu plynových kondenzačních kotlů
 - Čidlo venkovní teploty
 - Sledování stavu a spouštění/ vypínání tepelného čerpadla

- Řízení kaskády plynových kotlů
- Elektrické připojení oběhových čerpadel otopných větví a jejich ovládání
- Ekvitermní regulace otopných větví – ovládání třícestných armatur těchto větví (cca 3x trojcestný směšovací ventil)
- Ovládání čerpadlových sestav VZT jednotek (protimrazová ochrana)
- Zabezpečení kotelny III. kategorie
- Propojení jednotlivých funkčních prvků
- Napájení a ovládání doplňovacího zařízení
- Řízení směšovacích uzlů u VZT jednotek
- Řízení systému přípravy teplé vody
- Dodávka a ovládání el. topných kabelů na potrubí UT a CHL pro VZT

B.14 Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace je samostatnou přílohou

Obsah výkresové dokumentace

Název výkresu	Číslo výkresu
PŮDORYS 1.NP	D.1.4.2.01
PŮDORYS 2.NP	D.1.4.2.02
PŮDORYS 3.NP	D.1.4.2.03
SCHÉMA ZAPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES A FCU - SEVER	D.1.4.2.04
SCHÉMA ZAPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES A FCU - JIH	D.1.4.2.05
SCHÉMA ZAPOJENÍ R+S PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	D.1.4.2.06
SCHÉMA ZAPOJENÍ FCU CHLAZENÍ - SEVER	D.1.4.2.07
SCHÉMA ZAPOJENÍ FCU CHLAZENÍ - JIH	D.1.4.2.08
SCHÉMA ZAPOJENÍ VZT JEDNOTEK	D.1.4.2.09
SCHÉMA ZAPOJENÍ PLYNOVÉ KOTELNY	D.1.4.2.10
SCHÉMA ZAPOJENÍ STROJOVNÝ CHLAZENÍ	D.1.4.2.11
VÝROBNÍ VÝKRES ROZDĚLOVAČŮ A SBĚRAČŮ	D.1.4.2.12

B.15 Ideové řešení navazujících profesí TZB

B.15.1 Zdravotně technické instalace

Objekt bude napojen na stávající přívod vody z prostoru výrobní haly. Zde bude také osazena nová vodoměrná sestava s filtrem jemných nečistot a odbočka s kontrolovatelnou zpětnou armaturou typu EA dle ČSN EN 1717 pro rozvod požární vody.

Systém je navržen jako větvený s horizontálním páteřním rozvodem studené, teplé a cirkulací teplé vody vedeným v podhledu. Rozvod zabezpečuje přívod studené pitné a teplé vody po celém objektu k jednotlivým odběrným místům (hygienická zázemí, kuchyňky, laboratoř, umývárny apod.).

Rozvody studené, teplé a cirkulace teplé vody budou provedeny z vícevrstvého plastového potrubního systému (PE-RT/AL/PE-RT) UPONOR MLC-Systém spojovaného lisováním pomocí tvarovek.

Rozvod požární vody bude proveden z ocelových přesných trub pozinkovaných vně i uvnitř spojovaných lisováním pomocí tvarovek.

Příprava teple vody bude řešena stupňovitě ve dvou nepřímotopných zásobníkových ohřívačích (v případě provozu TČ), kdy první zásobník bude sloužit jako předehřev a druhý jako dohřev. V případě přípravy teplé vody plynovou kotelnou bude teplá voda ohřívána na požadovanou teplotu v zásobníku předehřevu a zásobník dohřevu pak bude sloužit jenom jako akumulace.

Vnitřní kanalizace je řešena jako oddílná. Jednotlivé zařizovací předměty jsou připojovacími potrubími napojeny na svislé odpadní potrubí a svedeny pod podlahu 1.NP do svodných potrubí. Potrubí jsou vedena převážně v předstěrách a instalačních šachtách, případně volně v podhledu. Obdobně je řešeno potrubí dešťové kanalizace.

Připojovací i odpadní potrubí splaškové i dešťové kanalizace budou provedena ze systému tiché kanalizace Geberit DB20 spojovaného svařováním natupo, šroubovanými objímkami, případně elektrotvarovkami.

Přechod odpadního potrubí do svodného bude proveden pomocí 2 ks kolen s úhlem 45° a uklidňovací muzikusem o délce 250 mm. Odpadní potrubí budou odvětrána min. 0,5 m nad úroveň střechy. Na odpadních potrubích v 1.NP a ve 2.NP a před zalomením budou cca 1,0 - 1,5 m nad pdl. za účelem čištění osazeny čistící tvarovky.

Svodná potrubí vedená v zemi budou provedena ze systému PVC-U (KG). Vedlejší svodná potrubí budou napojena na hlavní pomocí odboček s úhlem 45°. Hlavní svodné potrubí pak bude osazeno revizními šachtami a zakončeno v areálové splaškové kanalizaci. Hlavní svodné potrubí dešťové kanalizace bude zakončeno v areálové dešťové kanalizaci zakončené v nedalekém retenčním poldru.

B.15.2 Vzduchotechnická zařízení

Systém řízeného větrání je v tomto případě navržen pro zajištění komfortního mikroklimatu z pohledu kvality vzduchu. Primárně zajišťuje přívod čerstvého vzduchu pro osoby nacházející se v budově a odvod „znečistěného“ vzduchu (odéry, vlhkost, vyšší kon-

centrace CO₂ apod.). Zároveň slouží v letním období k pokrývání tepelných zisku a v zimě tepelných ztrát větráním.

Vzhledem k relativní velikosti objektu není systém vzduchotechniky řešen s jednou centrální jednotkou, ale rozdělen na čtyři části. Samostatné VZT jednotky obsluhují severní a jižní kanceláře, jídelnu s výdejem jídla a šatny s umývárny, vždy včetně přilehlých hygienických zázemí.

Na požadavek investora jsou jednotky navrženy ve venkovním provedení. Přívod tepla a chladu se směšovacími uzly a armaturami pro VZT jednotky je řešen do volné komory.

Rozvody VZT potrubí budou vedeny v podhledech a instalačních šachtách.

Koncovými prvky jsou převážně vířivé anemostaty, štěrbínové, případně dvouřadé vyústky a talířové ventily.

Potrubí bude provedeno z čtyřhranných průřezových profilů z pozinkovaného plechu s trapézovým prolisem, z kruhového spiro potrubí a napojení koncových elementů z flexibilního potrubí.

B.16 Koncepce alternativní varianty řešení vytápění a chlazení zadaného objektu

Jako alternativní varianta řešení výše popsaného objektu je pro porovnání zvolena koncepce systému vytápění a chlazení, která se ve výstavbě, nejen administrativních budov, bohužel vyskytuje častěji.

Systém vytápění je řešen obdobně ovšem s tím rozdílem, že plynová kotelna je jediným a hlavním zdrojem tepla. Otopné plochy tvoří převážně otopná tělesa, podlahové vytápění, případně podlahové konvektory.

Systém chlazení je řešen chladivovými jednotkami a to v podobě jednotek typu split a multisplit, eventuálně VRV/VRF. Vnitřní jednotky pak mají podobu nejčastěji kazetových a kanálových koncových jednotek, v případě místností bez volného prostoru v podhledu pak nástěnných jednotek. Přímým chlazením split jednotkami je také řešeno chlazení VZT jednotek.

B.17 Porovnání mezi popsány variantami

B.17.1 Tvorba vnitřního prostředí

Požadované kvality vnitřního prostředí lze více méně dosáhnout oběma variantami. V případě přímého chlazení však může spíše docházet, vzhledem k nižší teplotě výparníku vnitřních jednotek, k tvorbě studeného průvanu, zvláště pak v případě nástěnných jednotek, kdy nelze efektivně využít Coandova efektu. Dále také hrozí, že v přechodových obdobích může nastat situace, kdy se v místnosti bude vytápět a současně chladit nebo se tyto stavy budou míjet cca v hodinovém rozestupu. Systémy split a multisplit mají svůj vlastní řídicí autonomní modul, který by musel být doplněn o komunikační modul pro propojení s nadřazeným systémem MaR, aby bylo možné v jednotlivých místnostech blokovat současný provoz vytápění a chlazení.

B.17.2 Uživatelský komfort

Uživatelský komfort je v obou případech srovnatelný vzhledem k řízení vytápění i chlazení nadřazeným systémem MaR srovnatelné. V případě alternativní varianty řešení v zimním období i lepší s ohledem na použitá desková otopná tělesa místo parapetních FCU. Na druhou stranu v letním období ale horší, vzhledem k problému u nástěnných jednotek popsaném v předchozím odstavci.

B.17.3 Prostorové nároky

V případě nároků na prostor je jednoznačně výhodnější alternativní varianta přímého chlazení. Venkovní jednotky jsou podstatně menší a lehčí než tepelné čerpadlo (i v případě, že by byla použita jen jedna jednotka VRV/VRF). Současně odpadá také celá strojovna chlazení s akumulací. Prostorově úspornější je i vedení chladivového potrubí k vnitřním jednotkám, jelikož se jedná o potrubí s podstatně menšími průměry. Problémem je však délkové omezení chladivového potrubí a limity objemu chladiva v zařízení

v návaznosti na prostor, kam by chladivo v případě havárie nebo netěsnosti mohlo uniknout.

B.17.4 Ekonomika provozu

Co se týká ekonomiky provozu, tak je výhodnější varianta s tepelným čerpadlem, jelikož dodavatel elektrické energie poskytuje odběrateli levnější tarif za spotřebovanou energii (ikdyž se v případě tarifní kategorie C jedná pouze o připojení samotného TČ). V porovnání se systémem přímého chlazení v letním období má sice TČ menší chladicí faktor EER, ale provozní náklady jsou opět výhodnější z důvodu již zmíněného nižšího tarifu za elektřinu. V případě TČ je možné částečně akumulovat chlad v nočních hodinách s výrazně vyšším EER.

B.17.5 Dopad na životní prostředí

Dalo by se říct, že tím, že se tepelné čerpadlo a de facto i systém přímého chlazení řadí mezi obnovitelné zdroje energie, tak jsou oproti plynové kotelně s ohledem na dopad na životní prostředí vhodnější. Problém je ovšem v ČR ten, že stále téměř polovina celkové produkce elektrické energie pochází z tepelných elektráren spalujících uhlí. Emisní faktor znečišťujících látek při výrobě elektrické energie, v porovnání se zemním plynem, je nerosrovnatelně vyšší. Je tedy otázkou, která z variant je ekologičtější. U kompresorových chladivových oběhů se dále posuzuje ekologická zátěž chladiva. Donedávna by i po této stránce na tom bylo lépe také TČ, jelikož obsahuje menší množství chladiva (než systém přímého chlazení pro řešený objekt), a to pouze v rámci samotného zařízení. Je také méně náchylné i na případné úniky chladiva. Se zpřísnujícími se požadavky na ekologii chladiv se do popředí dostávají ty ekologičtější, například znovuobjevené R32 (GWP = 675). V případě varianty s přímým chlazením, lze tak i přes větší množství chladiva v systému dosáhnout nižší ekologické zátěže, než při použití TČ obsahující chladivo R410a (GWP = 2088).

B.17.6 Souhrnné porovnání

Obě zde popsané varianty mají své výhody i nevýhody a v rámci řešeného objektu jsou více méně srovnatelné. Záleží však vždy na konkrétní aplikaci a to nejen u administrativních budov. Například v případě, že by investor požadoval, aby dílčí části objektu, bylo možné samostatně fakturovat nájemcům, tak systém přímého chlazení VRV/VRF na celý objekt odpadá, protože není možné měřit odběry energie na určitých částech chladivového systému. Většinou tak dochází k instalaci velkého množství multisplitových jednotek, jelikož se jedná o levnější variantu oproti jednomu centrálnímu zdroji chladu, případně tepelnému čerpadlu, přičemž nárůst přípojného elektrického výkonu a množství chladiva v celém objektu se nebere vůbec v potaz.

V rámci projektové přípravy veškerých budov s požadavkem na chlazení by tak vždy měla být věnována dostatečná pozornost volbě koncepce systému s ohledem na výše nastíněnou problematiku včetně předběžné kalkulace nákladů.

Příklad kalkulace nákladů při volbě systému chlazení (vychází z rozpočtových cen podobného objektu a obdobného rozsahu.

Centrální systém přímého chlazení (VRV/VRF)

Venkovní (3 ks) + vnitřní jednotky (44 ks) a chladiče VZT včetně ovládání + montáž	3 410 000 Kč
Potrubí celkem (850m)+Cu rozbočky	1 156 000 Kč
Celkem	4 566 000 Kč

Decentrální systém přímého chlazení (multisplit)

Venkovní (13 ks) + vnitřní jednotky (44 ks) a chladiče VZT včetně ovládání + montáž	1 269 000 Kč
Potrubí celkem (1105 m)	1 270 750 Kč
Celkem	2 539 750 Kč

Centrální systém vodního chlazení (tepelné čerpadlo)

Zdroj Chladu	1 100 000 Kč
Strojovna chlazení	320 000 Kč
TČ - zpětné získávání tepla - Dohřev TV	90 000 Kč
Izolace potrubí komplet	378 000 Kč
Potrubí komplet	1 350 000 Kč
Fcu (44ks*10000/kus)	440 000 Kč
Ventily k Fcu + pohony (44ks*16000/kus)	704 000 Kč
Připojení VZT jednotek	85 000 Kč
Celkem	4 467 000 Kč

C. Experimentální část

C.1 Cíl experimentu

Cílem experimentální části je vyhodnocení účinnosti a energetické bilance zdroje chladu zimního stadionu na základě výpočtu chladicího faktoru z naměřených hodnot. Jedná se především o míru navýšení efektivity zdroje chladu při využívání odpadního tepla.

C.2 Popis objektu a koncepce systému chlazení

Jedná se nový zimní stadion v Jihomoravském kraji, rozkládá se na necelých 4 000 m². Samotná hala je tvořena ocelovou samonosnou obloukovou konstrukcí. Prostory šaten, hygienických a technických zázemí (1.NP), restaurace a tribuna (2.NP) kolem haly jsou pak řešeny jako běžně zděné.

Systém chlazení je řešen jako nepřímý s odděleným kondenzátorem (zkrápěný - adiabatický chladič). Vyrobený chlad slouží primárně k udržování teploty ledové plochy, dále pak pro chlazení vzduchotechniky haly a chladicí fancoily restaurace a zázemí. Systém je navržen tak, aby bylo pokud možno využito co největší množství odpadního tepla, vznikající chodem zdroje chladu, které by jinak bylo odvedeno přes adiabatický chladič do venkovního prostředí.



Obr. 31: Zdroj chladu Sinop CB – CW-M-CSH8593

Odpadní teplo je z větší části využito na vyhřívání podloží ledové plochy. Zbytek tepla je odveden na rozdělovač a sběrač se samostatnými větvemi pro ohřev vzduchotechniky, technologii sněžné jámy a tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo v tomto případě slouží ke zvýšení teploty teplotnosné kapaliny, aby jej bylo možné využít na vytápění a přípravu teplé vody objektu. Adiabatický chladič je do systému zařazen až na vratném potrubí se sběrače, kde se teprve zmaří případné nevyužité teplo.



Obr. 32: Tepelné čerpadlo Sinop CB – Heat Pump HP115

C.3 Měřící technika

C.3.1 Ultrazvukový průtokoměr TransPort PT878

Měřící sestava se skládá ze samotné přenosné stanice, příložného čidla a propojovacích vodičů.

Průtokoměr používá k měření tzv. Tranzit-Time flow metodu. Kdy, dva snímače přiložené na potrubí slouží jako generátory a přijímače ultrazvukového signálu. Tzn., že oba vysílají ultrazvukový signál, ale každý z nich přijímá pouze signál toho druhého. Časový interval mezi vysláním a příjmem ultrazvukového signálu je tedy měřen v obou dvou směrech. Když tekutina v potrubí neproudí, tranzitní doba obou signálů je stejná. Když potrubím tekutina proudí, časy jsou rozdílné a tranzitní doba signálů, který putoval proti proudu, je delší. Rozdíl tranzitní doby po proudu a proti proudu je úměrný rychlosti proudění

kapaliny. Pokud je rozdíl záporný znamená to, že kapalina proudí směrem od čidla 2 k čidlu 1. Lze tak tedy i určit směr proudění kapaliny v potrubí.

Technické parametry:

- Měření objemových průtoků a rychlostí proudící vody případně glykolových směsí
- Měřitelné potrubí od \varnothing 12,7 mm do \varnothing 7,6 m s maximální tloušťkou stěny 76,2 mm
- Materiál potrubí – všechny běžně používaná tzn. ocelová, nerezová, plastová i skleněná a to včetně bližší typové volby
- Rychlostní rozsah měření: od - 12,2 m/s do 12,2 m/s
- Teplotní rozsah měření: od - 40 °C do 150 °C
- Rozsah pracovní teploty okolí: od - 20 °C do 55 °C
- Přesnost měření: $\pm 2 \%$ (u potrubí doDN 150)

C.3.2 Infračervený teploměr Testo 830-T4

Tento univerzálně použitelný infračervený teploměr slouží pro rychlé a precizní měření povrchové teploty v řemeslné a průmyslové oblasti. Průměr měřeného místa je při vzdálenosti 1 m pouhých 36 mm, což také umožňuje měření malých, pohybujících se nebo nebezpečných cílů z bezpečné vzdálenosti. Nový procesor s vysokým rozlišením umožňuje výsledky s neuvěřitelnou přesností. Hraniční hodnoty se dají pomocí vybavení funkcí Min. / Max. individuálně nastavit a díky optickému a akustickému signálu také ihned zkontrolovat. [42]

Technické parametry:

- Teplotní rozsah měření: od - 30 °C do 400 °C
- Rychlostní měření: 0,5 s
- Infračervené rozlišení: 0,1 °C
- Rozsah pracovní teploty okolí: od - 20 °C do 50 °C
- Přesnost měření: $\pm 1.5 \text{ °C}$ (-20 do 0 °C)
 $\pm 2 \text{ °C}$ (-30 do -20.1 °C)
 $\pm 1 \text{ °C}$ nebo $\pm 1 \%$ z mv (Zbývající rozsah)



Obr. 33: Ultrazvukový průtokoměr TransPort PT878 a nfračervený teploměr Testo 830-T4 [42]

C.4 Popis měření

C.4.1 Příprava

Před samotným měřením bylo zjištěno, že ze systému MaR je možné exportovat data týkající se měření aktuálního příkonu zdroje chladu, tepelného čerpadla a teploty teplosnosných látek okruhu ledové plochy a využití odpadního tepla.

Dále byla provedena kontrola měřících přístrojů a prověřena jejich správná funkčnost.

C.4.2 Měření na místě

Měření bylo provedeno dne 22. 7. 2019 v rozmezí 10:00 – 12:00 dopoledne. Byl to slunečný den s venkovními teplotami v daném čase mezi 23 °C až 25 °C.

Zdroj chladu a teplné čerpadlo byli v provozu a měření objemových průtoků teplosnosných látek okruhů chlazení ledové plochy, vyhřívání podloží a využití odpadního tepla mohlo být provedeno. Pro okamžitou kontrolu správné funkce průtokoměru, bylo provedeno navíc měření objemového průtoku na výstupu tepelného čerpadla a porovnáno s údajem nastaveném na oběhovém čerpadle tohoto okruhu.



Obr. 34: Porovnání naměřeného průtoku (v l/hod) a průtoku oběhového čerpadla (v m³/hod) okruhu tepelného čerpadla

Současně s měřením průtoků byly také odečteny, případně doměřeny infračerveným teploměrem, hodnoty z teploměrů jednotlivých měřených okruhů.

C.4.3 Postup měření

Při každém měření bylo provedeno odříznutí tepelné izolace a změřeno průměru potrubí. V datové stanici se nastavil typ teplotnosné látky, materiál a průměr potrubí. Dle průměru potrubí se také na příložném snímači nastavila vzdálenost vysílacího a přijímacího čidla a po nanesení vodivého gelu na plochy čidel se celý snímač připevnil na potrubí. Po propojení datové stanice a snímače vodiči bylo možné hned odečíst aktuální objemový průtok a rychlost proudění teplotnosné látky. Na přístupných místech byly dále infračerveným teploměrem změřeny teploty nebo byly přímo odečteny z bimetalových teploměrů. Následně byla provedena kontrola naměřených hodnot objemového průtoku a rychlosti na datové stanici průtokoměru, jestli nevykazují výraznou odchylku nebo kolísání měření. V případě uspokojivého výsledku bylo měření následně ukončeno, snímač sejmuto s potrubí a tepelná izolace potrubí patřičně přilepena a zapravena. Stejným způsobem byla provedena všechna čtyři měření.



Obr. 35: Měření objemového průtoku okruhu ledové plochy

C.5 Zpracování naměřených hodnot

Naměřené hodnoty byly zapsány do tabulky a dopočteny přenášené výkony měřeními okruhy.

	Teplonosná látka	Potrubí	c [kJ/kg.K]	ρ [kg/m ³]	w [m/s]	$t_{př}$ [°C]	t_{vr} [°C]	V [m ³ /hod]	Q [kW]
Tepelné čerpadlo	Voda	Nerez 84x2,0	4,19	995,6	0,94	59,7	53,5	17,09	122,78
Ledová plocha	Freezium 25%	Nerez 204x2,0	3,30	1160	1,66	-7,5	-5,6	188,13	380,09
Vyhřívání podloží	Etylenglykol 35%	PPR 75x6,8	3,60	1060	1,65	34,5	31,2	17,69	61,88
Využití odpadního tepla	Etylenglykol 35%	Nerez 129x2,0	3,60	1060	1,37	34,5	31,2	56,67	198,23

Tab. 1: Tabulka naměřených a dopočtených hodnot výkonů ze zimního stadionu

Příkon zdroje chladu v době měření činil 119 kW.

Parametry zdroje chladu - Sinop CB – CW-M-CSH8593 dle výrobce:

Jmenovitý el. příkon:	125 kW
Jmenovitý topný výkon:	513 kW
Jmenovitý chladicí výkon:	388 kW
EER:	3,1

C.5.1 Chladicí faktor EER bez využití odpadního tepla

Chladicí faktor zdroje chladu v případě, že by veškeré odpadní teplo bylo odváděno a mařeno na adiabatickém chladiči.

$$EER_1 = Q_{CHL} / P = 380,09 / 119 = \underline{\underline{3,19}}$$

C.5.2 Chladicí faktor EER s využitím odpadního tepla

Chladicí faktor zdroje chladu s využitím odpadního tepla systémem popsaným v kapitole C.2.

$$EER_2 = (Q_{CHL} + Q_{podloží} + Q_{odp. tepla}) / P = (380,09 + 61,88 + 198,23) / 119 = \underline{\underline{5,37}}$$

C.6 Vyhodnocení experimentu

Výpočet EER v obou případech je vztažen pouze na zdroj chladu samotný. Mnohem více vypovídající by bylo, kdyby ve výpočtu byly k příkonu zdroje chladu přičteny i příkony ostatních funkčních zařízení (oběhova čerpadla, pohony ventilů, systém MaR apod.), které jsou samozřejmě nedílnou součástí celého systému. Bohužel to však nebylo proveditelné. V případě, že by do výpočtů byly zahrnuty i příkony ostatních zařízení, tak by ho-

noty EER v obou variantách byly nižší, přičemž u varianty s využitím odpadního tepla i výrazněji (vzhledem k rozsáhlosti celého systému). Každopádně i přes náročnost celého systému s využitím odpadního tepla zdroje chladu (po stránce prostoru, množství zařízení, složitosti ovládání apod.) se jedná o nezanedbatelné zvýšení efektivity využití energie.

D. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh a vypracování projektu systému vytápění a chlazení na úrovni téměř prováděcí dokumentace a návrh koncepce alternativního způsobu řešení pro vzájemné porovnání.

V analýze tématu jsem zpracoval stručně historii a současný přehled o možnostech a způsobech řešení vytápění a chlazení administrativních budov.

Ve výpočtové části je zpracován kompletní návrh systému vytápění a chlazení včetně přípravy teplé vody. V několika případech jsem pro výpočet, případně návrh zařízení použil software společnosti Protech a ručním výpočtem jsem ověřil jeho správnou funkci.

Experimentální část práce dokazuje na reálném objektu v provozu význam využití odpadního tepla na efektivitě (zvýšení chladicího faktoru EER) zdroje chladu.

E. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

E.1 Seznam použité literatury

- [1] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy: otopná tělesa*. 2. přeprac. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [2] CIHELKA, Jaromír. *Kapitoly z dějin vytápění: V. část: ústřední vytápění párou a teplou vodou*. Zdravotní technika a vzduchotechnika Praha,13(2)
- [3] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-8076-020-9.
- [4] Bockelman, Franziska, Stefan Plessner, and Hanna Soldaty. *Advanced system design and operation of GEOTABS buildings*. Rehva, 2013.
- [5] HIRŠ, Jiří a GEBAUER, Günter. TZB – Vzduchotechnika, modul BT02-08, Klimatizace, Brno 2005
- [6] ZMRHAL, Vladimír. *Sálavé chladicí systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04318-9.

E.2 Seznam internetových zdrojů

- [7] Erklär mal: Hypokausten-Heizung - SBZ Monteur. Blog | SBZ Monteur [online]. Copyright © 2019 SBZ Monteur [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.sbz-monteur.de/erklaer-mal/erklaer-mal-hypokausten-heizung>
- [8] Unicorn implementoval nový geografický informační systém v Pražské teplárenské | Technický týdeník. TT | *Technický týdeník* [online]. Copyright © Business Media CZ Nádražní 32, 150 [cit. 09.01.2020].
Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/unicorn-implementoval-novy-geograficky-informacni-system-v-prazske-teplarenske_45809.html
- [9] Historie klimatizace - Blue team, s.r.o.. *Klimatizace a tepelná čerpadla - Blue team, s.r.o.* [online]. Dostupné z: <http://www.blueteam.cz/klimatizace-a-chlazení/historie-klimatizace.html>
- [10] Historie. *Object moved* [online]. Copyright © Carrier Corporation 2020 [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.carrier.com/truck-trailer/cs/cz/about-carrier/history/>

- [11] Stavba roku. [online]. Copyright ©, Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství. Všechna práva vyhrazena. Nakládání s obsahem serveru stavbaroku.cz, který je chráněn autorským právem, se řídí zákonem č. 121 [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <http://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=1584&coid=79>
- [12] ProSun - Domovní kotelny a služby pro bytové a panelové domy. ProSun - Domovní kotelny a služby pro bytové a panelové domy [online]. Dostupné z: <http://www.domovni-kotelny.cz/page/126/instalace-domovni-kotelny>
- [13] Funkce TČ - Teplotechnika, Tepelná čerpadla. Tepelná čerpadla - Teplotechnika, s.r.o. [online]. Dostupné z: <http://teplotechnika.cz/funkce-tepelneho-cerpadla>
- [14] Tepelné čerpadlo země/voda princip : Abeceda tepelných čerpadel. Abeceda tepelných čerpadel: Tepelná čerpadla [online]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- [15] Jak funguje soustava centrálního zásobování teplem v ČR?. *Loading interface...* [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/jak-funguje-soustava-centralniho-zasobovani-teplem-v-cr>
- [16] Otopné plochy (II) - Druhy otopných těles [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/jak-funguje-soustava-centralniho-zasobovani-teplem-v-cr>
- [17] Uponor. *Topení, chlazení, instalace a řešení infrastruktury* [online]. Dostupné z: <https://www.uponor.cz/produkty/ceiling-heating-and-cooling/aktivace-betonoveho-jadra>
- [18] Jednotky Fan coil - Blue team, s.r.o.. *Klimatizace a tepelná čerpadla - Blue team, s.r.o.* [online]. Dostupné z: <http://www.blueteam.cz/klimatizace-a-chlazení/jednotky-fan-coil.html>
- [19] fan coil units – AACOM ENGINEERING. *AACOM ENGINEERING – Your Satisfaction Our Mission* [online]. Dostupné z: <http://aacomengineering.com/fan-coil-units/>
- [20] CHLADÍČÍ OKRUH - PRINCIP FUNKCE. *ÚVODNÍ STRANA* [online]. Copyright © 2008 [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/stranka-chladici-okruh-princip-funkce-118>
- [21] Karolína Kojecová Vzduchotechnika v motorestu. Brno, 2017. 92s., 25s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav

- technických zařízení budov [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=154788
- [22] Zdroje chladu – využití volného chlazení - NEKO KLIMA, s. r. o.. *Home - NEKO KLIMA, s. r. o.* [online]. Copyright © NEKO KLIMA, s. r. o. [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://neko.cz/zdroje-chladu-vyuziti-volneho-chlazení/>
- [23] Energeticky úsporná opatření : CHLAZENÍ - Absorpční/adsorpční chlazení . *Energeticky úsporná opatření : Úvodní strana* [online]. Dostupné z: <http://www.kataloguspor.cz/Absorpcni-adsorpcni-chlazení.html>
- [24] Co je to vlastně Free cooling? [online]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8799-co-je-to-vlastne-free-cooling>
- [25] Krátce: Co je to trigenerace? - EnviWeb.cz. EnviWeb.cz - zpravodajství o životním prostředí, profesní ekologie, odborné akce [online]. Copyright © 1999 [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/80968>
- [26] Klimatizační systémy a chlazení pro vzduchotechniku - PDF Free Download. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/5581470-Klimatizacni-systemy-a-chlazení-pro-vzduchotechniku.html>
- [27] The Top 3 Advantages of a Split System for Your Next HVAC Product. Heating & Air Conditioning | HVAC | Carolina Comfort [online]. Copyright © 2019 Carolina Comfort, Inc. All Rights Reserved. [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://carolinacomfortsc.com/the-top-3-advantages-of-a-split-system-for-your-next-hvac-product/>
- [28] External Unit Multi Split System, Hi Wall AC, Split ACs, Split Ac, Wall Mounted AC, Wall Mounted Air Conditioner - S.K. Aircon, Thane | ID: 16295715497. IndiaMART - Indian Manufacturers Suppliers Exporters Directory, India Exporter Manufacturer [online]. Copyright © 1996 [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/external-unit-multi-split-system-16295715497.html>
- [29] Airstage VRF VR-II | AIRSTAGE – VRF systémy | Klimatizace | Kostečka GROUP - klimatizace | tepelná čerpadla | úprava vody. Kostečka GROUP - klimatizace | tepelná čerpadla | úprava vody [online]. Copyright © 2017 [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.kostecka.net/klimatizace/airstage-vrf-systemy/airstage-vrf-vr-ii.html>
- [30] LTG | Indukční jednotky. [online]. Copyright © 2014 Sokra.cz, web vytvořilo Look4vision.cz [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <http://indukcni-jednotky.cz/indukcni/princip.html>

- [31] Chladicí trám nebo fan-coil? Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>
- [32] Chladicí trámy - alternativní vzduchotechnický systém. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/1277-chladici-tramy-alternativni-vzduchotechnicky-system>
- [33] Chladicí trámy - alternativní vzduchotechnický systém. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/1277-chladici-tramy-alternativni-vzduchotechnicky-system>
- [34] Download dokumentace k výrobkům : Reflex. *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohřívače vody, výměníky tepla...* [online]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/download-dokumentace-k-vyrobkum>
- [35] ETL-Ekotherm a.s. [online]. Copyright ©3 [cit. 9.01.2020]. Dostupné z: http://www.etl.cz/prilohy/ETL_511_2012%2001.pdf
- [36] Doplnovací a odplynovací zařízení, systémy a automaty : Reflex. *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohřívače vody, výměníky tepla...* [online]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/doplnovaci-a-odplynovaci-zarizeni>
- [37] 2.9.1.4 DKC demineralizační kolony s konduktometrem EC2 [online]. Dostupné z: <http://katalog.aquaproduct.cz/files/00284-2.9.1.4%20DKC%20demineralizacni%20kolony%20s%20konduktometrem%20EC2.pdf>
- [38] Doplnovací a odplynovací zařízení, systémy a automaty : Reflex. *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohřívače vody, výměníky tepla...* [online]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/doplnovaci-a-odplynovaci-zarizeni>
- [39] Eclipse Termostatické Ventily. Document Moved [online]. Copyright © [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/termostatick%3%a1-regulace/termostatick%3%a9-hlavice-a-ventily/termostatick%3%a9-ventily/Eclipse/b1813b87-4d64-4951-bb8c-2ba5d7998494>
- [40] TA-Modulator Kombinované regulační a vyvažovací ventily. Document Moved [online]. Copyright © [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/vyva%5%beov%3%a1n%3%ad-regulace-a-pohony/regula%4%8dn%3%ad-ventily/kombinovan%3%a9-regula%4%8dn%3%ad-a-vyva%5%beovac%3%ad-ventily/TA-Modulator/a2c00777-1cda-44f3-ae28-2d6f28a96c5d>
- [41] Expanzní nádoby 'Reflex NG a N' : Reflex. *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohřívače vody, výměníky tepla...* [online]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-ng-a-n>

[42] Testo 830-T4 - infračervený teploměr s dvoubodovým laserem (optika 30:1) [online]. Copyright © [cit. 09.01.2020]. Dostupné z: <https://www.testo.com/cz-CZ/testo-830-t4/p/0560-8314>

F. SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

F.1 Seznam obrázků

- Obr. 1: Princip Hypokausta [7]
- Obr. 2: Schéma parního vytápění [2]
- Obr. 3: Schéma centrálního zásobování teplem [8]
- Obr. 4: První administrativní budova se systémem chlazení, rok 1926 [10]
- Obr. 5: Budova Elektrických podniků [11]
- Obr. 6: Příklad plynové kotelny [12]
- Obr. 7: Schéma principu tepelného čerpadla [13]
- Obr. 8: Návrhové parametry otopných soustav [3]
- Obr. 9: Aktivace betonového jádra [17]
- Obr. 10: Typy fan coil jednotek [19]
- Obr. 11: Schéma kompresorového okruhu [20]
- Obr. 12: p-h diagram kompresorového okruhu [21]
- Obr. 13: Schéma sorpčního okruhu [23]
- Obr. 14: Vzduchový systém klimatizace [26]
- Obr. 15: Split systém [27]
- Obr. 16: Multi split systém [28]
- Obr. 17: VRV/VRF systém [29]
- Obr. 18: Indukční jednotka [30]
- Obr. 19: Pasivní chladicí trám [32]
- Obr. 20: Aktivní chladicí trám [32]
- Obr. 21: Druhy sálavých chladících systémů [6]
- Obr. 22: Zadání tepelné zátěže v softwaru
- Obr. 23: Zásobníkový ohřivač Reflex Storatherm Aqua Heat Pump [34]
- Obr. 24: HVDT [35]
- Obr. 25: Rozměry navrženého HVDT [35]
- Obr. 26: Reflex Fillcontrol Compact [36]
- Obr. 27: Zařízení Aquaproduct [37]
- Obr. 28: IMI Heimeier Eclipse - termostatický radiátorový ventil s automatickým omezením průtoku (vlevo), IMI TA – Modulator - Tlakově nezávislý regulační a vyvažovací ventil pro plynulou regulaci (vpravo) [39] [40]
- Obr. 29: Schéma úseku pro dimenzování stoupacího potrubí T4
- Obr. 30: Tlakové expanzní nádoby Reflex NG, N [41]
- Obr. 31: Zdroj chladu Sinop CB – CW-M-CSH8593
- Obr. 32: Tepelné čerpadlo Sinop CB – Heat Pump HP115
- Obr. 33: Ultrazvukový průtokoměr TransPort PT878 a nfračervený teploměr Testo 830-T4 [42]
- Obr. 34: Porovnání naměřeného průtoku (v l/hod) a průtoku oběhového čerpadla (v m³/hod) okruhu tepelného čerpadla

Obr. 35: Měření objemového průtoku okruhu ledové plochy

F.2 Seznam tabulek

Tab. 1: Tabulka naměřených a dopočtených hodnot výkonů ze zimního stadionu

G. SEZNAM PŘÍLOH

G.1 Seznam příloh ve vazbě

- [P1] Přehled výpočtu konstrukcí
- [P2] Přehled výpočtu místností
- [P3] Podrobný výpočet jednotlivých větví vytápění
- [P4] Podrobný výpočet jednotlivých větví chlazení
- [P5] Trane_CXAX 046
- [P6] Buderus_Logamax plus GB162_85
- [P7] Parapetní FCU Ivar
- [P8] Kazetové FCU Sinclair

G.2 Seznam volných příloh

Výkresová dokumentace projektu

Název výkresu	Číslo výkresu
PŮDORYS 1.NP	D.1.4.2.01
PŮDORYS 2.NP	D.1.4.2.02
PŮDORYS 3.NP	D.1.4.2.03
SCHÉMA ZAPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES A FCU - SEVER	D.1.4.2.04
SCHÉMA ZAPOJENÍ OTOPNÝCH TĚLES A FCU - JIH	D.1.4.2.05
SCHÉMA ZAPOJENÍ R+S PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	D.1.4.2.06
SCHÉMA ZAPOJENÍ FCU CHLAZENÍ - SEVER	D.1.4.2.07
SCHÉMA ZAPOJENÍ FCU CHLAZENÍ - JIH	D.1.4.2.08
SCHÉMA ZAPOJENÍ VZT JEDNOTEK	D.1.4.2.09
SCHÉMA ZAPOJENÍ PLYNOVÉ KOTELNY	D.1.4.2.10
SCHÉMA ZAPOJENÍ STROJOVNY CHLAZENÍ	D.1.4.2.11
VÝROBNÍ VÝKRES ROZDĚLOVAČŮ A SBĚRAČŮ	D.1.4.2.12