VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

SYSTÉMY CHLAZENÍ A JEJICH ŘÍZENÍ V KANCELÁŘSKÝCH PROVOZECH

COOLING SYSTEMS AND THEIR MANAGEMENT IN OFFICE SETTINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE PETR KOTÁSEK
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. MARIAN FORMÁNEK, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2014

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Petr Kotásek
Název	Systémy chlazení a jejich řízení v kancelářských provozech
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Marian Formánek, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ Fakulta stavební ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ Fakulta stavební DĚKANÁT - 1 -

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 (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb
- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

a) titulní list,
b) zadání VŠKP,
c) licenční smlouva podepsaná autorem VŠKP,
d) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
e) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
f) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
g) poděkování (nepovinné),
h) obsah,
i) úvod,
j) vlastní text práce s touto osnovou:
A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
B. Výpočtová část
♣ analýza objektu – koncepční řešení chlazených prostorů, volba systému výroby chladu,
♣ výpočet tepelné zátěže a potřeby chladicího výkonu,
♣ volba odpařovací teploty a volba vhodného chladiva, chladicí okruh
♣ návrh zdroje chladu, ,
♣ návrh výměníků pro přenos chladu v chlazených prostorech,
♣ dimenzování a hydraulické posouzení potrubí,
♣ návrh čerpadel, zabezpečovacího zařízení, aj. potřebných prvků
♣ návrh systému řízení MaR
C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: půdorysy, 1:50 (1:100), schéma zapojení potrubních tras 1:50 (1:100), půdorys (1:25, 1: 20), schéma zapojení zdroje chladu a blokové schéma MaR, technická zpráva.
k) závěr,
l) seznam použitých zdrojů,
m) seznam použitých zkratek a symbolů,
n) seznam příloh,
o) přílohy – výkresy

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá systémy chlazení kancelářských prostor. Teoretická část práce se zaměřuje na princip fungování běžně používaných chladicích systémů a možnosti výroby chladu. Práce popisuje výhody a nevýhody jednotlivých systémů. Výsledkem výpočtové části je návrh optimálního systému chlazení pro administrativní budovu, který zabezpečí odvedení tepelné zátěže v letním období.

KLÍČOVÁ SLOVA

Chlazení, zdroj chladu, tepelná zátěž, fancoil, chladivo, vzduchotechnika, kancelářské prostory, měření a regulace

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the cooling systems of office spaces. The theoretical part focuses on the principle of operation of commonly used cooling systems and the possibility of cold production. This work describes the advantages and disadvantages of each system. The result of the calculation is design of optimal cooling system for the office building, which secures the removing of the heat load in the summer.

KEY WORDS

Cooling, chiller, heat load, fan coils, refrigerant, air conditioning, office space, measurement and control

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Petr Kotásek *Systémy chlazení a jejich řízení v kancelářských provozech*. Brno, 2014. 143 s., 10 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 4. 2014

.....

podpis autora

Petr Kotásek

PODĚKOVÁNÍ:

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Marianu Formánkovi Ph.D. za odbornou pomoc, ochotu a čas, který mi věnoval. Také bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu.

.

OBSAH

ÚVOD **11**

A. TEORETICKÁ ČÁST **12**

A.1 ÚVOD DO TEORETICKÉ ČÁSTI 13

A.2 CHLADICÍ SYSTÉMY 13
A.2.1 PŘÍMÉ CHLAZENÍ 13
A.2.2 NEPŘÍMÉ CHLAZENÍ 15
A.2.2.1 JEDNOTKY FAN-COIL 16
A.2.2.2 INDUKČNÍ JEDNOTKY 19
A.2.2.3 CHLADICÍ TRÁMY 20
A.2.2.4 CHLADICÍ STROPY 21
A.2.2.5 CHLAZENÍ VZDUCHOTECHNIKOU 22

A.3 ZDROJE CHLADU 22
A.3.1 KOMPRESOROVÉ CHLAZENÍ 22
A.3.1.1 BLOKOVÁ CHLADICÍ JEDNOTKA 23
A.3.1.2 CHLADICÍ JEDNOTKA S ODDĚLENÝM VZDUCHEM CHLAZENÝM KONDENZÁTOREM 24
A.3.1.3 CHLADICÍ JEDNOTKA S VODOU CHLAZENÝM KONDENZÁTOREM SE SUCHÝM CHLADIČEM 25
A.3.1.4 CHLADICÍ JEDNOTKA S VODOU CHLAZENÝM KONDENZÁTOREM A OTEVŘENOU CHLADICÍ VĚŽÍ 26
A.3.1.5 CHLADICÍ JEDNOTKA S VODOU CHLAZENÝM KONDENZÁTOREM A UZAVŘENOU CHLADICÍ VĚŽÍ 27
A.3.2 ABSORPČNÍ CHLAZENÍ 27

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST **29**

B.1 ANALÝZA OBJEKTU 30
B.1.1 POPIS OBJEKTU 30
B.1.2 KONCEPCE CHLAZENÍ 30
B.1.3 NÁVRHOVÉ PARAMETRY 32

B.2 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE A POTŘEBY CHLADICÍHO VÝKONU 33
B.2.1 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA 33
B.2.2 TEPELNÁ ZÁTĚŽ VNĚJŠÍCH STĚN 34
B.2.3 TEPELNÁ ZÁTĚŽ STŘECHOU 35
B.2.4 TEPELNÉ ZISKY OKNY RADIACÍ 36
B.2.4.1 URČENÍ DOBY VÝPOČTU 36
B.2.4.2 VÝPOČET SOUČINITELE STÍNĚNÍ 37
B.2.4.3 VÝPOČET PROSKLENÉ PLOCHY OKNA 38
B.2.4.4 VÝPOČET OSLUNĚNÉ ČÁSTI OKNA 38
B.2.4.5 TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ 41
B.2.5 TEPELNÉ ZISKY OKNY KONVEKCÍ 42
B.2.6 PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ 43
B.2.6.1 STANOVENÍ POČTU OSOB 43
B.2.6.2 PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ 43
B.2.7 PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL 44
B.2.8 PRODUKCE TEPLA OD STROJŮ 45
B.2.9 CELKOVÁ TEPELNÁ ZÁTĚŽ 46
B.2.10 VLHKOSTNÍ ZÁTĚŽ 46
B.2.11 POTŘEBA CHLADICÍHO VÝKONU 47
B.2.12 VÝPOČET VĚTRACÍHO VZDUCHU 47

B.3 NÁVRH VÝMĚNÍKŮ PRO PŘENOS CHLADU V CHLAZENÝCH PROSTORÁCH 49
B.3.1 VSTUPNÍ VELIČINY 49
B.3.2 NÁVRH TEPLOTNÍHO SPÁDU CHLADICÍ VODY 50
B.3.3 NÁVRH FANCOILŮ 50
B.3.4 POSOUZENÍ 52
B.3.4.1 STANOVENÍ TEPLOTY PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU 52
B.3.4.2 URČENÍ PARAMETRŮ SMĚSI 53
B.3.5 NÁVRH FANCOILŮ DO VŠECH MÍSTNOSTÍ 55
B.3.6 NÁVRH CHLADIČE VZT 55
B.4 NÁVRH ZDROJE CHLADU 56
B.4.1 BLOKOVÁ CHLADICÍ JEDNOTKA 56
B.4.2 NÁVRH ZDROJE CHLADU S ODDĚLENÝM KONDENZÁTOREM 57
B.4.3 CHLADICÍ JEDNOTKA S VODOU CHLAZENÝM KONDENZÁTOREM A OTEVŘENOU CHLADICÍ VĚŽI . 58
B.4.4 VYHODNOCENÍ STUDIÍ 61
B.5 VOLBA ODPAŘOVACÍ TEPLOTY A VOLBA VHODNÉHO CHLADIVA, CHLADICÍ OKRUH 62
B.5.1 VSTUPNÍ VELIČINY 62
B.5.2 VOLBA CHLADIVA 62
B.5.3 VOLBA VYPAŘOVACÍ A KONDENZAČNÍ TEPLOTY 62
B.5.4 VÝPOČET POTŘEBNÉHO VÝKONU KONDENZÁTORU 63
B.5.4.1 RUČNÍ VÝPOČET 63
B.5.4.2 VÝPOČET SOFTWAREM 64
B.5.5 NÁVRH KONDENZÁTORU 65
B.6 DIMENZOVÁNÍ A HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ POTRUBÍ 66
B.6.1 DIMENZOVÁNÍ 66
B.6.2 TLAKOVÉ ZTRÁTY TŘENÍM V POTRUBÍ 68
B.6.3 TLAKOVÉ ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY 68
B.6.4 TLAKOVÉ ZTRÁTY ZAŘÍZENÍ A ARMATUR 68
B.6.4.1 VÝMĚNÍK FANCOIL 68
B.6.4.2 REGULAČNÍ VENTIL 69
B.6.4.3 ŠKRTÍCÍ VENTIL 70
B.6.4.4 VYVAŽOVACÍ VENTIL 71
B.6.4.5 ZDROJ CHLADU 72
B.6.4.6 FILTR 72
B.6.4.7 BOČNÍ FILTRACE 73
B.6.5 NÁVRH IZOLACE POTRUBÍ 75
B.7 NÁVRH ČERPADEL, ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ A DALŠÍCH PRVKŮ 76
B.7.1 ČERPADLA 76
B.7.1.1 ČERPADLO NA VĚTVI K FANCOILŮM 76
B.7.1.2 ČERPADLO NA VĚTVI KE CHLADIČI VZT 78
B.7.1.3 ČERPADLO NA VĚTVI MEZI ZÁSOBNÍKEM A ZDROJEM CHLADU 78
B.7.1.4 ČERPADLO PRO BOČNÍ FILTRACI 78
B.7.2 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ 79
B.7.2.1 VÝPOČET OBJEMU VODY V SOUSTAVĚ 79
B.7.2.2 EXPANZNÍ NÁDOBA 79
B.7.2.3 POJISTNÝ VENTIL 81
B.7.3 AKUMULAČNÍ ZÁSOBNÍK 82
B.7.4 ROZDĚLOVAČ A SBĚRAČ 83
B.7.5 NÁVRH ÚPRAVNY VODY 84

B.8 NÁVRH SYSTÉMU ŘÍZENÍ MAR 84
B.8.1 MĚŘENÍ A REGULACE 84

C. PROJEKT 86

C.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA 87
C.1.1 ÚVOD 87
C.1.2 PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ 87
C.1.3 VÝPOČTOVÉ HODNOTY 87
C.1.4 KONCEPCE CHLAZENÍ 88
C.1.5 TEPELNÁ A VLHKOSTNÍ ZÁTĚŽ CHLAZENÝCH MÍSTNOSTÍ 89
C.1.6 JEDNOTKY FANCOIL 89
C.1.7 ZDROJ CHLADU 90
C.1.8 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ 91
C.1.9 POTRUBNÍ ROZVODY 91
C.1.10 MĚŘENÍ A REGULACE 92
C.1.11 ZAŘÍZENÍ A ARMATURY 93
C.1.12 ÚPRAVA CHLADICÍ VODY A JEJÍ DOPLŇOVÁNÍ 94
C.1.13 BEZPEČNOST PRÁCE 94
C.1.14 VŠEOBECNÉ POŽADAVKY 94
C.1.15 POŽADAVKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE 94

ZÁVĚR 96

POUŽITÉ ZDROJE 97

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ 101

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ 102

SEZNAM PŘÍLOH 106

A. VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA 107
B. TEPELNÁ ZÁTĚŽ VNĚJŠÍCH STĚN 109
C. TEPELNÉ ZISKY OKNY RADIACÍ 115
D. NÁVRH FANCOILŮ 120
E. TECHNICKÝ LIST KONDENZÁTORU 128
F. DIMENZOVÁNÍ 129
G. PARAMETRY ČERPADEL 138
G.1 ČERPADLO HLAVNÍ OKRUH 138
G.2 ČERPADLO KE CHLADIČI VZDUCHOTECHNIKY 139
G.3 ČERPADLO OKRUHU MEZI ZDROJEM CHLADU A ZÁSOBNÍKEM 140
G.4 ČERPADLO BOČNÍ FILTRACE 141
H. DOPLŇOVÁNÍ A ÚPRAVNA VODY 142

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem chladicího systému do pětipodlažní administrativní budovy, jejíž součástí jsou komerční prostory a velkokapacitní kanceláře. Cílem práce je navrhnout vhodnou variantu, která zajistí odvedení tepelné zátěže zvláště v letním období, kdy jsou tepelné zisky objektu největší. Práce také řeší požadavek na množství větracího vzduchu, který zajistí vzduchotechnika, jejíž návrh již není součástí této práce.

Teoretická část bakalářské práce pojednává o běžně používaných chladicích systémech. Jedná se o systémy přímého a nepřímého chlazení a jejich varianty. Práce dále popisuje různé možnosti výroby chladu – kompresorovým a absorpčním chlazením. Cílem teoretické části je zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých variant.

Po teoretické části následuje část výpočtová, jejímž výsledkem je návrh co nejoptimálnějšího systému chlazení pro zadanou budovu. Výpočtová část zahrnuje návrh koncepce chlazení, výpočet tepelné zátěže a stanovení potřebného chladicího výkonu, návrh výměníků chladu, návrh zdroje chladu, dimenzování potrubí, návrh dalších zařízení a v poslední řadě návrh systému řízení. V části návrhu zdroje chladu jsou vypracovány tři studie - varianty výroby chladu. Jedna vybraná varianta je dopracována do stavu prováděcího projektu.

Část nazvaná projekt zahrnuje technickou zprávu navrženého systému a projektovou dokumentaci navrženého systému.

A.TEORETICKÁ ČÁST

A.1 Úvod do teoretické části

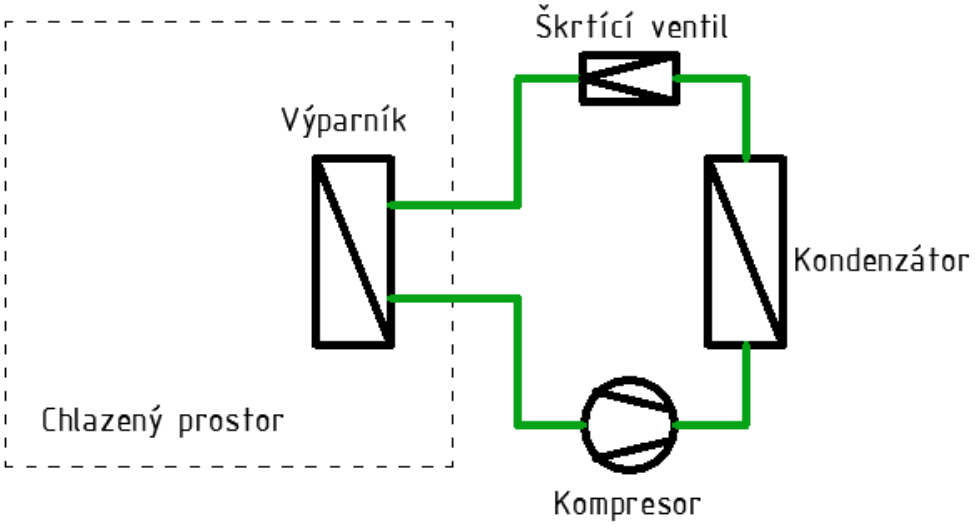
Moderní kancelářské provozy jsou v dnešní době s oblibou umisťovány do několikapodlažních kapacitních administrativních budov. Z důvodu dostatečného prosvětlení místností jsou budovy doplněny o velké prosklené plochy či dokonce celé prosklené fasády. To sebou nutně přináší potřebu chlazení v letních měsících, kdy venkovní teplota šplhá ke třiceti stupňům. Zejména jižní a západní fasády jsou vystaveny velké sluneční radiaci, která způsobuje velké tepelné zisky. Rovněž dnešní rozšíření výpočetní techniky s sebou přináší potřebu chlazení. Existuje ovšem řada možností, jak se ke chlazení těchto prostor postavit. Cílem teoretické části této práce je popsat obvyklé možnosti chlazení, jejich výhody a nevýhody.

A.2 Chladicí systémy

Chladicí systém zahrnuje veškerá potřebná zařízení a rozvody, která pomohou odvést tepelnou zátěž požadované místnosti. Podle toho, jakým médiem dosáhneme snížení teploty v požadované místnosti, rozlišujeme přímé a nepřímé chlazení.

A.2.1 Přímé chlazení

Přímé chlazení je takové, kdy teplo z ochlazené látky přechází přímo do chladiva. [1] Díky tomu dosahují tyto systémy nižších investičních i provozních nákladů. Jejich další výhodou je možnost celoročního provozu. Díky chladícímu médiu, kterým je chladivo, je možné systém používat i při teplotách exteriéru hluboko pod bodem mrazu. Systém je proto vhodný pro chlazení malých serveroven a dalších místností s potřebou celoročního chlazení. Při tomto systému rovněž odpadají problémy s dopuštěním teplonosné látky, její úpravy, filtrace apod. Naopak zásadní nevýhodou je riziko úniku chladiva do větracího vzduchu nebo přímo do místnosti. Při návrhu je potřeba dbát pokynů výrobců na maximální délky chladivového potrubí, výšku systému a další omezení. Venkovní jednotky jsou také zdrojem hluku.



Obr. 1 Schéma přímého chlazení

Systémy přímého chlazení, kterým se také říká chladivové systémy, se vyznačují chladicím zařízením děleným a tvoří tzv. „split“ systém s jednou vnější a vnitřní jednotkou, nebo s více vnitř-

ními jednotkami. Vnější a vnitřní jednotky jsou vzájemně spojeny potrubím umožňujícím cirkulaci chladiva. [2] Vnitřní jednotka obsahuje výparník, expanzní ventil, filtr a ventilátor. Ve venkovní jednotce, která se obvykle umisťuje ve venkovním prostoru, najdeme kondenzátor, kompresor a ventilátor.

Rozdělení

Split

Jedná se o nejmenší a nejběžnější chladivovou jednotku na trhu. Skládá se z jedné venkovní a jedné vnitřní jednotky. Uplatnění najde tam, kde si vystačíme s chlazením jedné místnosti.

Obr. 2 Split systém [3]

Multisplit

Jde o systém podobný split systému. Rozdíl tkví v možnosti připojit více vnitřních jednotek k jedné společné venkovní. Systém umožňuje individuální řízení každé vnitřní jednotky a je tak ideální pro více místností.

Obr. 3 Multi-split [3]

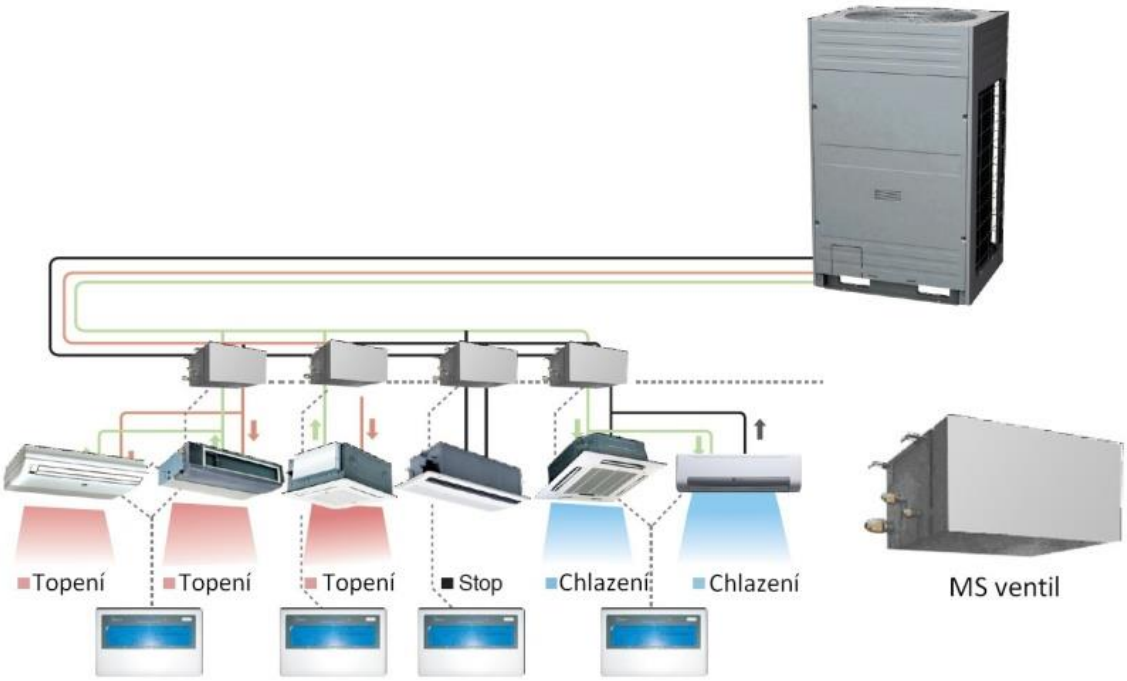
VRF systémy

Systém je ideální pro velké a náročné budovy, které vyžadují individuální přístup k řešení úpravy vnitřního prostředí. Umožňuje připojení až 50-ti vnitřních jednotek k jedinému chladicímu okruhu. Starají se o zajištění optimálního vnitřního komfortu v administrativních budovách, nákupních centrech, hotelích, v nemocnicích a jiných veřejných budovách. [3]

Typy vnitřních jednotek

Obr. 4 Typy vnitřních jednotek [4]
a – kazetová jednotka, b – nástěnná jednotka, c – kanálová jednotka, d – parapetní a podstropní jednotka

Většina moderních chladivových systémů může pracovat obráceně. Kondenzátor se v tu chvíli stává výparníkem a naopak. Díky tomu je možné pomocí chladivových systémů v přechodovém a zimním období také topit. Pokud využijeme třítrubkové VRF systémy je možné v rámci jedné budovy tento systém používat v obou režimech současně. (viz. Obr. 5)

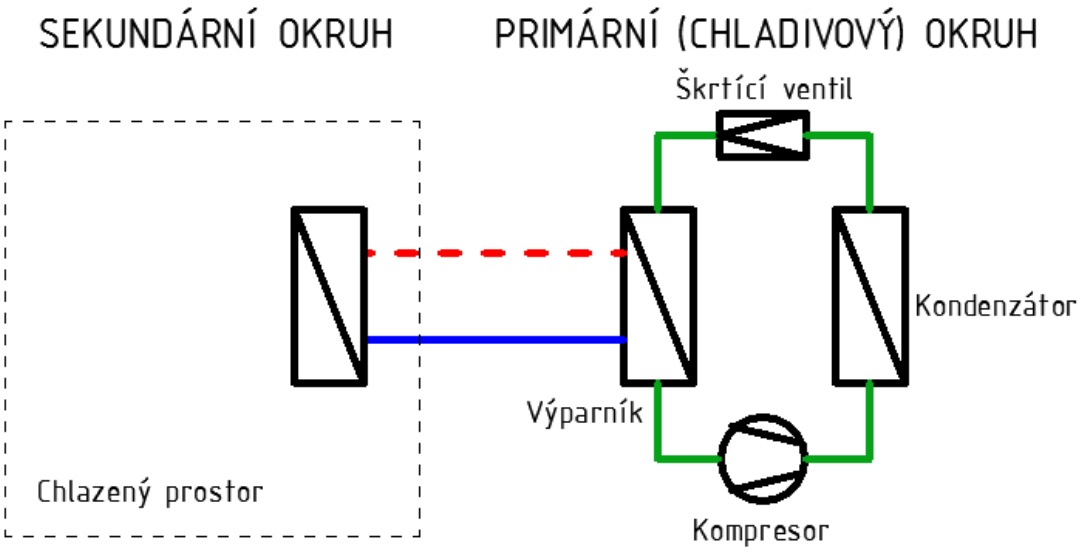


Obr. 5 Třítrubkový systém [5]

A.2.2 Nepřímé chlazení

Při nepřímém chlazení přechází teplo do cirkulující teplonosné látky a z ní teprve do chladiva. [1] Teplonosná látka, kterou je nejčastěji voda v rozsahu teplot 6 až 18°C je ochlazována ve výparníku zdroje chladu. Okruh teplonosné látky musí být vybaven pojistnými prvky (expanzní nádoba, pojistný ventil), dále zde najdeme čerpadla, akumulační zásobník, který slouží také

jako hydraulický vyrovnávač tlaků. Systém je dále vybaven armaturami na regulaci teploty (kvalitativní) nebo regulaci průtoku (kvantitativní).



Obr. 6 Schéma nepřímého chlazení

Hlavní výhodou oproti přímému systému je snadné odhalení úniku chladiva. Případný únik navíc nezpůsobí větší škody, jelikož nehrozí vzájemná kontaminace chladivového a vodního okruhu. V nepřímém systému je rovněž možné snížit tlak teplonosné látky, čímž dosáhneme snížení hluku v potrubí a armaturách. Systém je rovněž vhodný pro větší budovy či komplexy více budov s centrálním zásobováním chladu. Tím je možné výrazně snížit náklady na provoz systému.

Rozvod teplonosné látky v objektu je řešen obdobným způsobem jako u vytápění. Pro potrubí jsou používány především ocelové a měděné rozvody. Zvýšenou pozornost je nutné věnovat tepelné izolaci rozvodů chladu, která musí dostatečně účinně snižovat únik chladu do okolí a současně zabraňovat průniku vodních par z okolí k potrubí, které by na něm kondenzovaly. [6] Ve strojovně chladu používáme rozdělovač a sběrač, kterým rozdělíme teplonosnou látku do několika větví podle rozlehlosti objektu. K jednotlivým spotřebičům chladu, kterými mohou být výměníky fan-coil, indukční jednotky, chladicí stropy či chladiče vzduchotechniky pak přivádíme potrubí s chladicí a vratnou vodou s teplotním spádem v rozsahu ΔT=3 až 8 K.

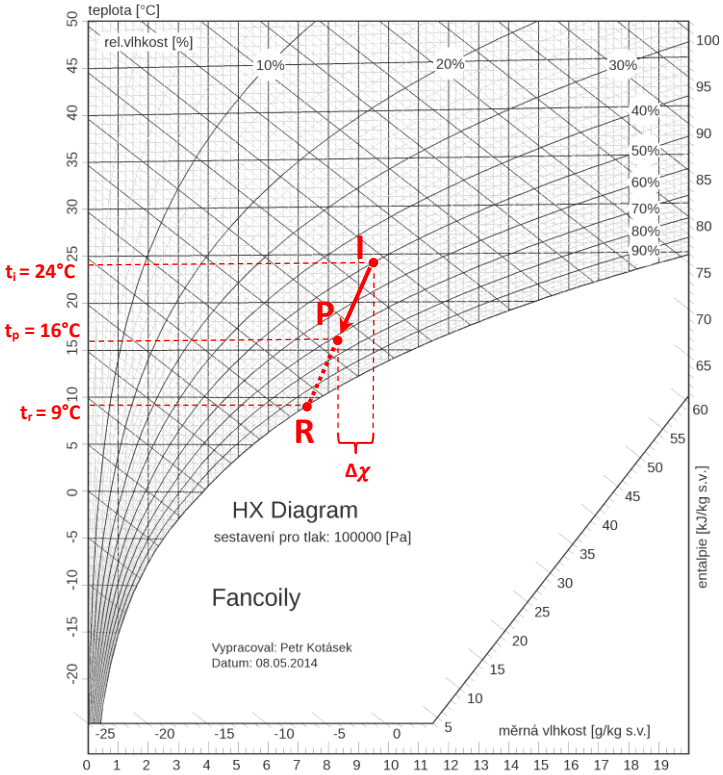
A.2.2.1 Jednotky fan-coil

Jsou nejběžnějším koncovým spotřebičem chladu. Zařízení funguje na principu konvektoru a slouží k zajištění tepelné pohody v místnostech. Jednotky existují buď ve dvou nebo čtyřtrubkovém provedení. Dvoutrubkové systémy jsou určené buď pro chlazení, nebo pro vytápění. Čtyřtrubkový systém umožňuje vytápět a chladit v různých částech budovy současně.

Jednotka fancoil má několik důležitých komponentů:

Hlavním z nich je výměník s chladicí nebo otopnou vodou, ta je přiváděna rozvody ze strojovny chlazení nebo kotelny. Výměník je zpravidla z měděných trubek s hliníkovými lamelami, díky

nimž dokáže lépe předávat teplo. Dalším klíčovým prvkem je ventilátor. Ten je obvykle radiální. Vzduch z místnosti nasává přes nasávací otvor a filtr, průchodem přes výměník se vzduch ochladí nebo ohřeje a výdechovou mřížkou se vrací zpět do místnosti. V režimu chlazení je nezbytnou součástí fancoilu kondenzační vana, která zachytí kondenzát. Výměníky fancoilů pracují nejčastěji s teplotním spádem 6/12°C (střední teplota vody je tedy 9°C). Jak je vidět z hx diagramu na Obr. 7, při chlazení na tuto teplotu vzniká kondenzát, který je v diagramu vyjádřen snížením měrné vlhkosti o $\Delta\chi$.



Obr. 7 hx diagram pro výměníky fancoil

Kondenzát je odváděn gravitačně nebo čerpadlem kondenzátu do výše položených sběrných a odpadních míst.

Typy jednotek

Parapetní/podstropní jednotky

Byly hojně využívané v minulosti. Jejich hlavní výhodou je eliminace tepelných zisků a ztrát u obvodových konstrukcí a oken, kde je zátěž největší. Jednotky můžeme zpravidla použít také jako podstropní.

Nástěnné jednotky

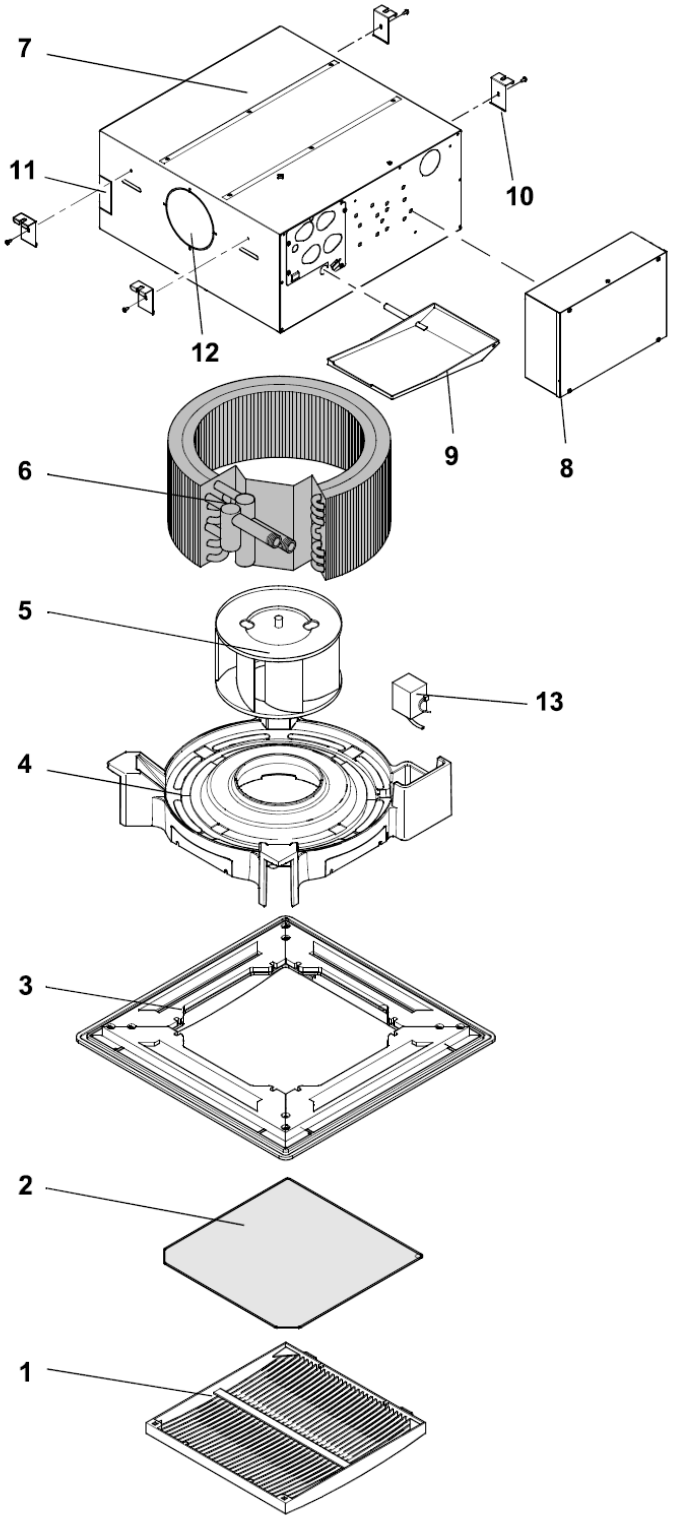
Najdou uplatnění tam, kde není možné umístit jednotky do podhledu nebo pod parapet.

Potrubní jednotky

Umožňují zabudování fan-coilu do stavební konstrukce, kde je napojen na vzduchotechnické potrubí. Běžné je umístění v podlaze nebo v podhledu.

Kazetové jednotky

Jsou dnes velmi rozšířené. Umísťují se do podhledů, čímž se začistí prostor místnosti a je možné využít celou plochu místnosti.



Obr. 8 Konstrukční díly kazetové jednotky [7]
1 – mřížka sání, 2 – filtr, 3 – čelní panel s lamelami, 4 – kondenzační vana, 5 – radiální ventilátor, 6 - výměník, 7 – skříň jednotky, 8 – elektro skříň, 9 – postranní kondenzační vana, 10 – montážní úchyty, 11 – otvor pro přívod primárního vzduchu, 12 – otvor pro kanál externí vyústky, 13 – čerpadlo kondenzátu

Důležitým prvkem při řešení klimatizace prostorů pomocí fancoilu (FCU) je přívod čerstvého teplotně upraveného vzduchu z centrální jednotky. Existují následující možnosti:

- Přívod do prostoru sání FCU (sací komora s nátrubky)
- Přívod do potrubí na výtlaku z FCU
- Samostatný přívod

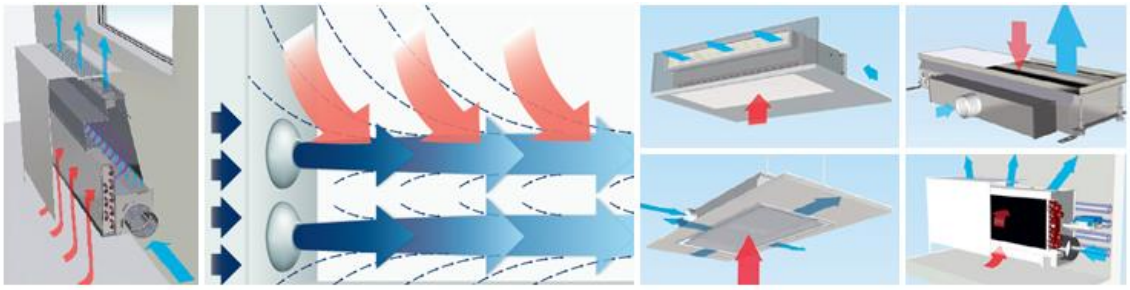
Čerstvý vzduch lze rovněž přivádět do klimatizovaných prostor přímo, bez úpravy centrální jednotkou (přirozené větrání). [7]

Hlavní výhodou jednotek fancoil je jednoduchý návrh a flexibilita. V porovnání s jednotkami pro přímé chlazení je možné snížením průtoku vzduchu snížit také hlučnost. Hlavní nevýhodou je nutnost řešení odvodu kondenzátu a potřeba samostatného řešení distribuce větracího vzduchu. V porovnání s indukčními jednotkami jsou fancoily výrazně hlučnější a také nákladnější na provoz.

Jednotky fancoil se hodí především do prostorů s předpokladem flexibilního provozu i dispozičního řešení, s flexibilním průtokem primárního vzduchu řízeného dle obsahu škodlivin (CO_2), neurčitou tepelnou zátěží a dynamickým provozováním. [7]

A.2.2.2 Indukční jednotky

Indukční jednotky jsou moderní zařízení, která umožňují zajistit změnu stavu vzduchu a jeho distribuci s minimálními energetickými nároky a nízkou hlučností. Indukční jednotka neobsahuje ventilátor, její funkce je zajištěna průtokem primárního vzduchu, který je přiváděn tryskami a vyvolaným ejekčním účinkem je přisáván sekundární vzduch z místnosti. [8]



a b c

Obr. 9 Indukční jednotky [8]
a – princip fungování indukční jednotky, b – ejekční účinek, c – různé typy indukčních jednotek

Typy jednotek

Parapetní jednotky

Stejně jako u parapetních fancoilů se umísťují k oknům nebo proskleným plochám, aby eliminovaly největší tepelné zisky nebo ztráty.

Podlahové jednotky

Je výhodné umístit přímo do podlahy k prosklené fasádě, kde by parapetní jednotky nebyly esteticky vhodné. Jsou ideální zejména pro vytápění, kde jsou schopné fungovat i bez přívodu primárního vzduchu, ale lze je použít i pro chlazení.

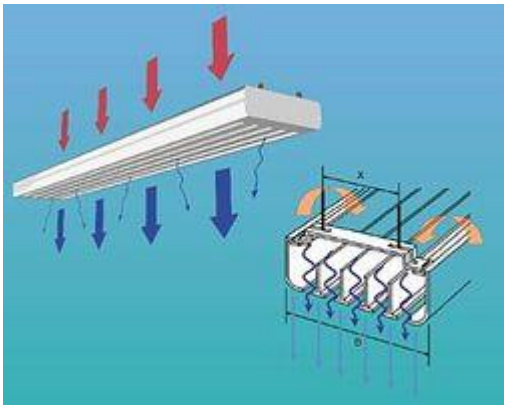
Stropní jednotky

Na rozdíl od dvou předchozích jsou stropní indukční jednotky využívány nejčastěji pro chlazení. Tyto jednotky jsou označovány jako **chladicí trámy**.

A.2.2.3 Chladicí trámy

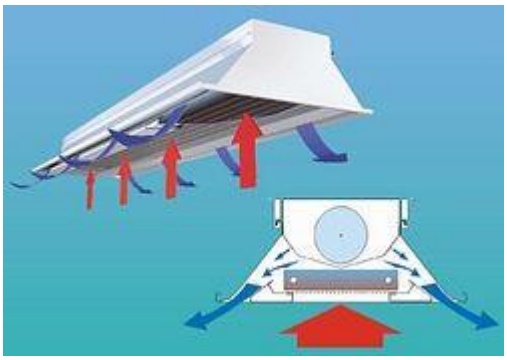
Chladicí trámy umisťujeme do podhledů nebo pod strop, kde se nachází nejteplejší vrstva vzduchu. Jedná se o vodorovný výměník, který je napojen na chladicí vodu o minimální teplotě 16-18°C tak, aby nedocházelo ke kondenzaci. Chladicí trámy můžeme rozdělit na:

- pasivní – využívají pouze volného proudění vzduchu. Výměník chladicího trámu ochlazuje teplý vzduch pod stropem, ten pak volně klesá. Přívod větracího vzduchu musí být řešen samostatně např. anemostatem.



Obr. 10 Pasivní chladicí trám [11]

- aktivní – má větší chladicí výkon. Slouží nejen pro chlazení, ale i pro přívod větracího vzduchu. Využívá přitom principu indukce, kdy primární vzduch, který je přiváděn tryskami, vyvolává ejekční účinek, díky němuž je přisáván sekundární vzduch z místnosti.
    - otevřený chladicí trám
    - uzavřený chladicí trám



Obr. 11 Aktivní chladicí trám [11]

Hlavní výhodou chladicích trámů je jejich nízká hlučnost a nízké provozní náklady. Při jeho využití je ovšem zapotřebí pečlivého návrhu, tak abychom eliminovali možnost výskytu kondenzace.

A.2.2.4 Chladicí stropy

V místnostech bez vysokých nároků na distribuci vzduchu je možné využít sálavé chladicí systémy. Mezi ty nejběžnější patří chladicí stropy.

Citelná tepelná zátěž prostoru je odváděna velkoplošnými vodou chlazenými panely, které jsou instalovány většinou do podhledů místností, ale mohou být umístěny i přímo ve stropní konstrukci, nebo na stěnách. Objemový průtok vzduchu paralelně pracujícího vzduchotechnického zařízení pak může být redukován pouze na potřebnou, minimální dávku čerstvého vzduchu. Pokud chladicí výkon stropu nepostačuje pro odvod tepelné zátěže, doporučuje se doplnit chlazení do přiváděného větracího vzduchu. [10]

Mezi hlavní výhody tohoto systému patří nízká spotřeba energie, minimální hlučnost a na rozdíl od ostatních systémů odpadá nebezpečí průvanu v místnostech. Mezi nevýhody lze zařadit: nižší výkon (do 100 W/m^2), odvedení pouze citelného tepla a riziko kondenzace, kvůli kterému se teplota přívodní vody volí od 16 do 20°C.

Typy chladicích stropů

Aktivace betonového jádra

Systém aktivace betonového jádra je tvořen potrubním systémem vloženým do betonové stropní konstrukce. Vyniká nízkými investičními a provozními náklady, disponuje však malým výkonem (do 60W/m^2) a obtížně se reguluje.

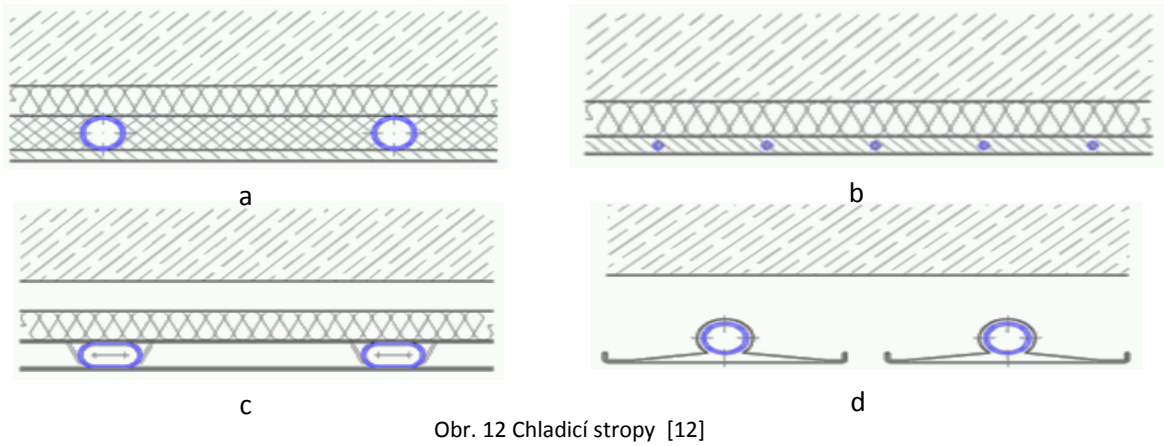
Kapilární rohože

Využívají tenkých trubiček zabudovaných do omítky nebo zabudovaných do podhledových panelů. Jejich hlavní nevýhodou je náchylnost na velký tlak. Z toho důvodu je potřeba systém tlakově rozdělovat.

Zavěšené sálavé panely

Umisťujeme zejména nad místa s vyšší tepelnou zátěží. Lze je rozdělit na uzavřené a otevřené:

- Otevřené – vzduch může obtékat obě strany chladicího panelu. Díky tomu mají větší chladicí výkon (až 100 W/m^2)
- Uzavřené – vzduch omývá panel pouze ze spodní části. Horní část panelu je izolována. Na rozdíl od otevřených panelů má lepší hygienické parametry.



Obr. 12 Chladicí stropy [12]
a – aktivace betonového jádra, b – kapilární rohože, c – uzavřené panely, d- otevřené panely

A.2.2.5 Chlazení vzduchotechnikou

Jednou z možností chlazení budov je chlazení přiváděného vzduchu ve vzduchotechnické jednotce. Do chladiče vzduchotechnické jednotky je přiváděna voda o teplotě 6 až 10°C, která ochlazuje primární vzduch na teplotu, která umožní pokrýt tepelné zisky v místnosti a současně o minimálně takové teplotě, při které nedojde ke kondenzaci. V budovách, s nízkou tepelnou zátěží a větším množstvím přiváděného vzduchu, lze tento systém provozovat samostatně, obvyklejší je ovšem kombinace s některým z předešlých systémů.

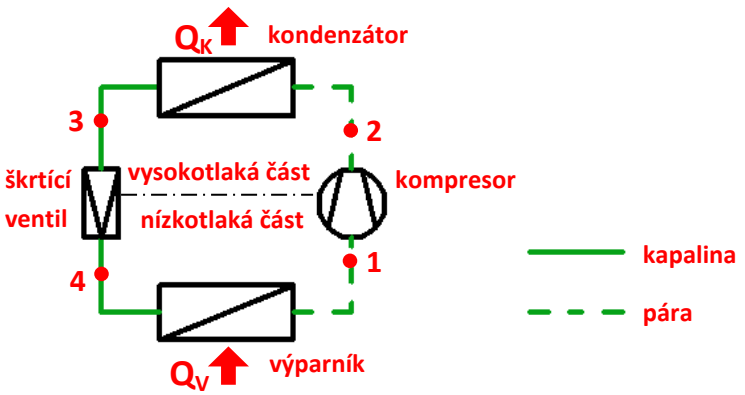
A.3 Zdroje chladu

Každé z dříve jmenovaných zařízení obvykle vyžaduje zdroj chladu, který by dokázal ochladit teplonosnou látku na požadovanou teplotu. K tomu mohou sloužit různá strojní zařízení.

A.3.1 Kompresorové chlazení

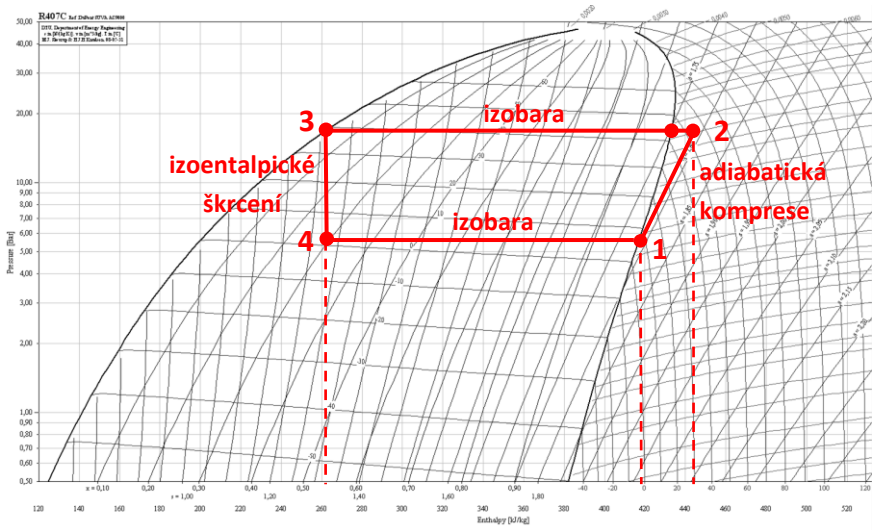
Kompresorové chlazení je nejběžnějším systémem pro výrobu chladu. Setkáváme se s ním denně v ledničce nebo v autě. Skládá se ze čtyř základních komponentů (kompresor, kondenzátor, škrtící ventil a výparník), které jsou navzájem propojeny chladivovým potrubím.

Kompresor je stroj, který zajišťuje zvýšení tlaku plynného chladiva. Kondenzátor pracuje jako tepelný výměník, ve kterém odevzdává přehřátá pára do okolí skupenské teplo a díky tomu se mění v kapalinu. Škrtící ventil společně s kompresorem rozděluje okruh na dvě tlakové části a zabraňuje okamžitému vyrovnání tlaku mezi nimi. Výparník slouží obdobně jako kondenzátor k přeměně skupenství, ale tentokrát z kapalného, při odebírání tepla z okolí, na plynné. [13]



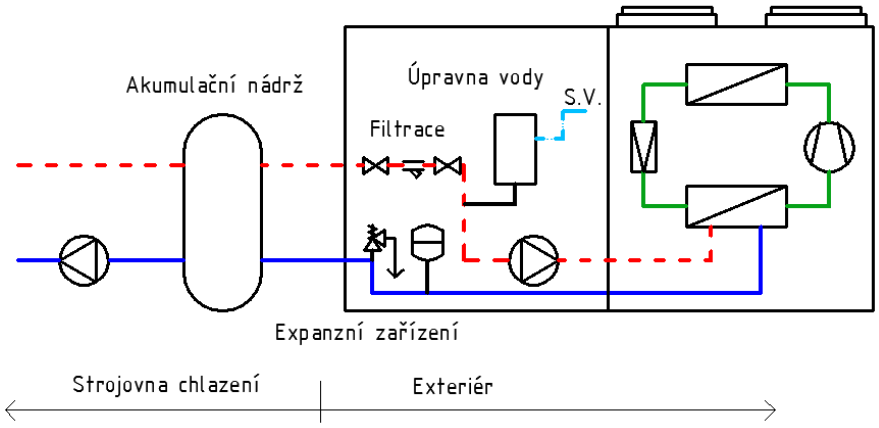
Obr. 13 Schéma kompresorového chlazení

Jak je vidět na Obr. 13 kompresorové chlazení pracuje v levotočivém tepelném oběhu. Pro zjednodušení uvažujeme s idealizovaným Clausius-Rankinovým cyklem. Skutečný chladivový cyklus se od něj nepatrně liší. Cyklus začíná kompresorem, který stlačuje páry chladiva tak, že ze syté páry vzniká pára přehřátá. Tento proces probíhá po křivce konstantní entropie – nazýváme ho tedy adiabatický. Prouděním přes kondenzátor páry chladiva odevzdávají teplo a mění se na sytou kapalinu. Ve škrtícím ventilu probíhá izoentalpické škrcení, což vede k výraznému snížení tlaku chladiva, a tím i ke snížení jeho teploty. Ve výparníku na rozdíl od kondenzátoru chladivo teplo přijímá, což způsobí odpaření chladiva. Páry chladiva pak pokračují opět do kompresoru, čímž se okruh uzavírá. Jednotlivé děje jsou vidět na Obr. 14 v diagramu p-h.



Obr. 14 p-h diagram kompresorového chlazení

A.3.1.1 Bloková chladicí jednotka



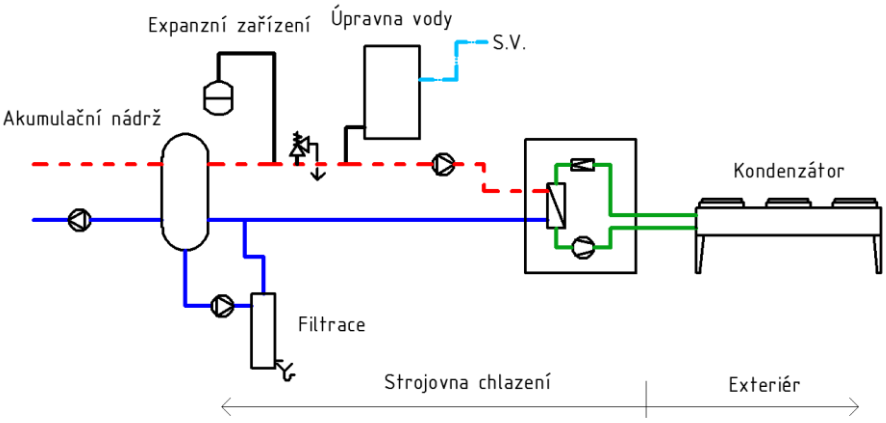
Obr. 15 Bloková chladicí jednotka

Bloková chladicí jednotka se vyznačuje jednoduchou instalací a údržbou. Jednotku tvoří jedna skříň, která se umisťuje zpravidla na střechu objektu nebo na volné prostranství na betonový základ. Její součástí jsou všechny dříve jmenované komponenty chladicího okruhu. Kompresor může být jeden, u větších výkonů jsou obvyklé dva. Kondenzátor tvoří jednu nebo více stěn jednotky. Tudy je nasáván vzduch z exteriéru, který se ohřeje a následně je vyfukován ventilátory v horní části jednotky. Výparník tvoří deskový výměník, kde se ochlazuje teplonosná látka. Jednotka může být dále vybavena hydraulickým modulem, jehož součástí jsou čerpadlo, expanzní nádoba, armatury (uzavírací, regulační odvzdušňovací a vypouštěcí ventily), manometr, pojistný ventil a filtr. Ve strojovně chlazení tak zůstává pouze akumulační nádrž, rozdělovač a sběrač, další armatury a čerpadla pro jednotlivé větve chladicího systému.

Chladicí jednotky v blokovém provedení jsou vhodné jen pro malé výkony. Nejmenší jednotky začínají na chladicím výkonu 10kW. Největší jednotky poskytují výkon kolem 200 kW. Na rozdíl od jednotek s odděleným kondenzátorem neumožňují blokové jednotky celoroční chlazení. Voda musí být přes zimní období vypouštěna nebo musí být nahrazena nemrznoucí směsí.

Obr. 16 Bloková chladicí jednotka [19]

A.3.1.2 Chladicí jednotka s odděleným vzduchem chlazeným kondenzátorem



Obr. 17 Chladicí jednotka s odděleným vzduchem chlazeným kondenzátorem

Systém můžeme podle umístění rozdělit na dvě části. Větší část tvoří samotná chladicí jednotka a další zařízení na straně teplonosné látky, která jsou umístěna ve strojovně chlazení. Chladicí jednotky menších výkonů jsou vyráběny jako kompaktní skříně. Jednotky větších výkonů využívají rám, na kterém jsou upevněny jednotlivé komponenty chladicího okruhu: kompresor, výparník (zpravidla trubkový výměník) a expanzní ventil. Kondenzátor není součástí kompaktní jednotky, ale je od zbytku jednotky oddělen.

Díky umístění strojní části jednotky v temperované strojovně chlazení je možné chladit vodou bez přídavku nemrznoucí směsi. Současně je možné využít přímé kondenzace a vyhnout se chladicímu okruhu vodou chlazeného kondenzátoru. Oddělený kondenzátor musí být se strojní částí chladicí jednotky propojen potrubím, v němž proudí chladivo. [14]

Jednotky lze běžně využít při chladicích výkonech od 10 W až do 1800 W.

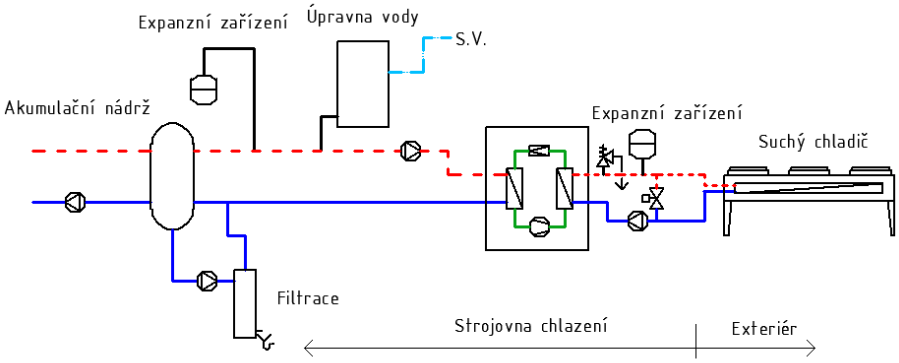
Jejich hlavní výhodou je možnost celoročního chlazení bez úpravy teplonosné látky, jednoduchá konstrukce a instalace, díky čemuž je jednotka nenáročná na údržbu. Její nevýhodou je nižší účinnost a vyšší spotřeba elektrické energie pro kompresory a ventilátory kondenzátoru.

Obr. 18 Oddělený kondenzátor

A.3.1.3 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem se suchým chladičem

Chladicí jednotky s vodou chlazeným kondenzátorem vynikají vyšší účinností. Díky investičním nákladům a větší náročnosti na údržbu se zpravidla používají na větší instalace. Obvyklé je použití jedné jednotky při požadovaném výkonu 200-2400 kW. Pro větší chladicí výkony je zapotřebí použít více paralelně zapojených jednotek.

Typická jednotka sestává z několika kompresorů, expanzního ventilu, elektrického rozvaděče a dvou trubkových výměníků. Jeden z nich plní funkci výparníku a odebírá teplo vodě, která je rozváděna po objektu. Výparník je kvůli tepelným ziskům izolován. Druhý výměník plní funkci kondenzátoru, který naopak předává teplo chladicí vodě, která je ochlazována v různých typech atmosférických chladičů: např. v otevřených a uzavřených chladicích věžích, hybridních nebo suchých chladičích.

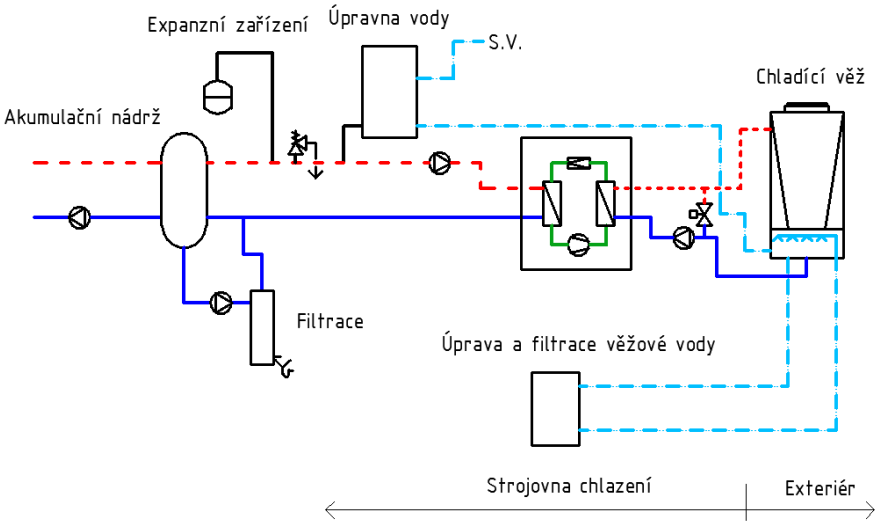


Obr. 19 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem se suchým chladičem

Suchý chladič je zařízení, které ochlazuje vodu ohřátou v kondenzátoru. K jeho provozu slouží několik ventilátorů, které ženou vzduch skrz chladič. Vzhledem k uzavřenému okruhu teplonosného média mezi kondenzátorem chladicí jednotky a suchým chladičem je zapotřebí okruh vybavit pojistným a expanzním zařízením. To klade větší nároky na instalaci a údržbu. Suchý chladič funguje na stejném principu jako oddělený kondenzátor. Rozdíl je v médiu, které chladičem proudí. V kondenzátoru je to chladivo, v suchém chladiči voda. Vzhledem k proudění

vody v exteriéru je zapotřebí okruh vybavit nemrznoucí směsí. Na rozdíl od chlazení vody v chladicích věžích nejsou zapotřebí úpravy věžové vody. Systém však má o něco nižší účinnost.

A.3.1.4 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem a otevřenou chladicí věží

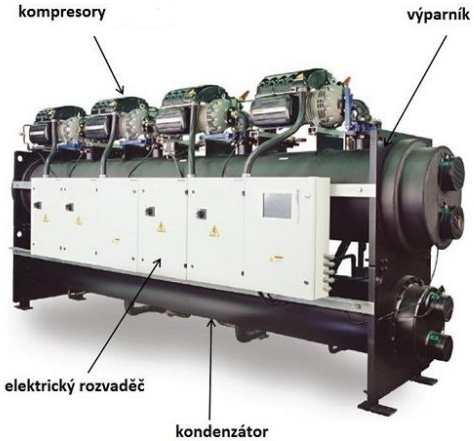


Obr. 20 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem a otevřenou chladicí věží

Otevřená chladicí věž dosahuje ze všech jmenovaných zařízení největšího chladicího výkonu. Dokáže totiž ochladit chlazenou vodu pod teplotu okolního prostředí.

Princip provozu spočívá v distribuci oteplené vody tryskami na chladicí výplň. Pomocí axiálních ventilátorů je vzduch nasáván z horizontálních vstupů skrze chladicí výplň. Část stékající vody se odpaří. Tento odpar odebere teplo ze zbývající chladicí vody a ochlazená voda je z integrované jímky čerpána zpět ke zdroji tepla. [16]

Obr. 22 Otevřená chladicí věž [17]

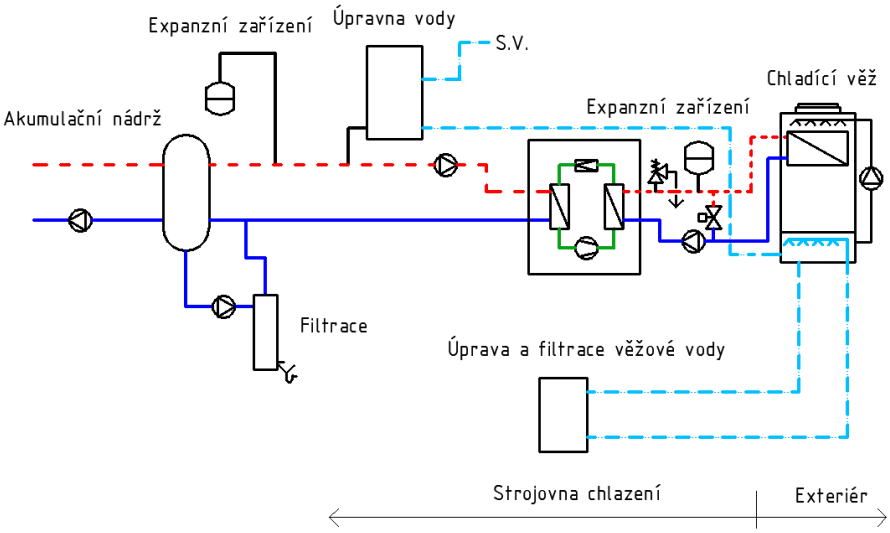


Obr. 21 Jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem [18]

Hlavní nevýhodou otevřených chladicí věží je poměrně značná spotřeba vody, která odparem uniká z okruhu a je ji proto třeba doplňovat. Vzhledem ke styku chladicí vody s okolním vzduchem je nutné vodu upravovat. Mezi prvky úpravy vody by neměly chybět: hrubá a jemná filtrace, změkčování, dávkování inhibitorů koroze a stabilizátorů tvrdosti, dávkování biocidů

a měření vodivosti chladicí vody. Na rozdíl od uzavřené věže není okruh nutné vybavovat expanzním zařízením. Otevřenou chladicí věž není možné provozovat v zimním období. Při teplotách blížících se 0°C je zapotřebí veškerou vodu vypustit.

A.3.1.5 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem a uzavřenou chladicí věží



Obr. 23 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem a uzavřenou chladicí věží

Uzavřené chladicí věže chladí vodu nebo nemrznoucí kapalinu v tlakově uzavřeném okruhu. Výměník uzavřené chladicí věže je skrápěn cirkulační vodou. Chlazená kapalina nepřichází do styku s nasávaným vzduchem. [15] Díky tomu je zamezeno vstupu nečistot do primárního okruhu a není proto třeba jej výrazněji upravovat. Na rozdíl od otevřené chladicí věže je nutné primární okruh vybavit expanzním a pojistným zařízením.

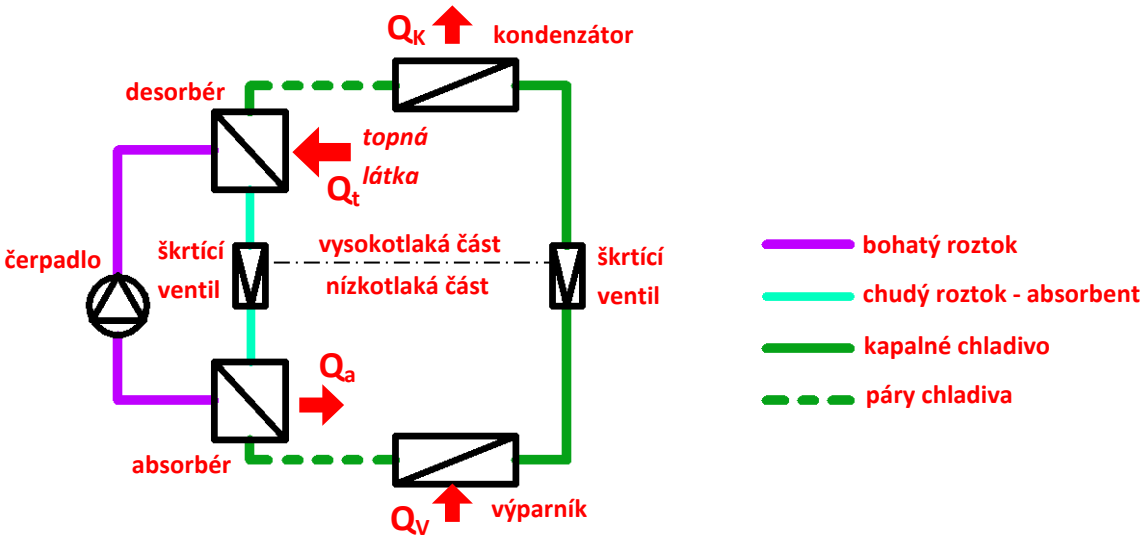
Za předpokladu, že je primární okruh naplněn nemrznoucí směsí, je možné systém provozovat i v zimním období, kdy se využívá přenosu tepla pouze konvekcí a je proto možné jej provozovat bez skrápěcího (sekundárního) okruhu.

A.3.2 Absorpční chlazení

Absorpční chladicí jednotka, oproti kompresorové, využívá k chodu především nízkopotenciálního tepla ve formě horké vody, nízkotlaké páry nebo i horkého plynu. Elektřina je spotřebována pouze k napájení oběhových čerpadel s malým výkonem, zabezpečujících cirkulaci absorbentu a zkapalněné chladicí látky. [13]

V absorpčním oběhu kolují chladivo a absorpční látka. Chladivem je nejčastěji NH_3 nebo voda, absorbentem pak voda nebo roztok H_20 a LiBr.

Páry chladiva z výparníku vstupují do absorbéru, kde jsou absorbovány do kapalné absorpční látky. Přitom je uvolňováno teplo. Směs chladiva a absorbentu je čerpadlem vháněna do desorbéru. Zde je směs zahřáta, čímž se vypudí páry chladiva, které pokračují do kondenzátoru. Další části okruhu jsou shodné s kompresorovým cyklem. Absorbent ochuzený o chladivo se průchodem přes škrtící ventil ochladí a vrací se zpět do absorbéru.



Obr. 24 Schéma absorpčního chladicího okruhu

Hnací energií absorpčního chlazení je tepelná energie dodávaná do desorbéru. Podle způsobu ohřevu lze absorpční chlazení rozdělit na:

- přímé – teplo je dodáváno přímo z kotle, ve kterém se jako palivo používá nejčastěji propan-butan, zemní plyn a biomasa,
- nepřímé – teplo je ze svého zdroje k desorbéru přenášeno pomocí teplonosného média, kterým bývá nejčastěji voda nebo mokrá pára.

Absorpční chlazení má oproti kompresorovému nižší chladicí faktor, pokud je však k dispozici přebytek levného odpadního tepla, je velmi výhodné.

B.VÝPOČTOVÁ ČÁST

B.1 Analýza objektu

B.1.1 Popis objektu

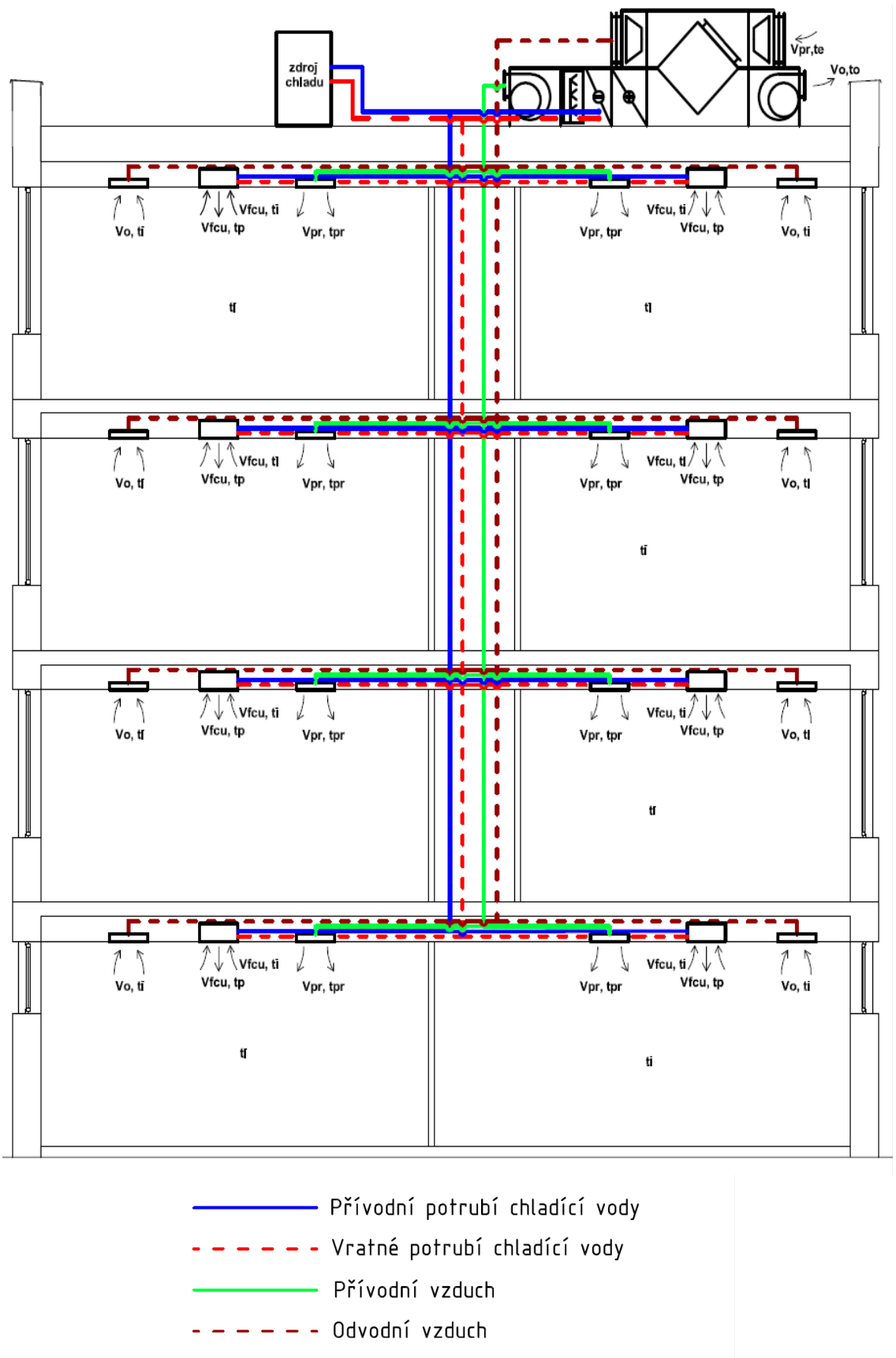
Cílem této části bakalářské práce je navrhnout optimální systém chlazení v letním období pro pětipodlažní administrativní budovu. Objekt je obdélníkového půdorysu o rozměrech 18,55x15,13m, k němu je připojeno prosklené schodiště obdélníkového půdorysu o rozměrech 4,5x6,2m. V prvním podlaží se nachází dva komerční prostory, technologická místnost, hygienická zařízení, kuchyňka a úklidová místnost. Ve druhém podlaží se po obvodu objektu nachází jedna propojená velkoprostorová kancelář. Uprostřed objektu jsou umístěny hygienická zařízení, kuchyňka a úklidová místnost. Ve druhém až čtvrtém nadzemním podlaží je dispozice shodná. Přístup do 2.NP – 4.NP je z proskleného schodiště sousedícího s JV fasádou. 5.NP je tvořeno pouze schodišťovým prostorem a strojovnou vzduchotechniky a chlazení, která zabírá jen malou část půdorysné plochy podlaží. Na zbylé části se nachází plochá střecha.

Tab. 1 Plochy místností

Podlaží	Místnosti		Plocha
	č.m.	popis	[m^2]
1.NP	1.01	schodiště + výtah	24,80
	1.02	komerční prostor	74,70
	1.03	technologická místnost	14,50
	1.04	komerční prostor	119,2
	1.05	wc muži	6,60
	1.06	chodba	15,00
	1.07	úklidová místnost	2,50
	1.08	kuchyňka	2,83
	1.09	wc ženy	7,20
2.NP 3.NP 4.NP	2.01, 3.01 a 4.01	schodiště + výtah	24,80
	2.02, 3.02 a 4.02	chodba	40,00
	2.03, 3.03 a 4.03	velkoprostorová kancelář	178,30
	2.04, 3.04 a 4.04	wc ženy	6,70
	2.05, 3.05 a 4.05	úklidová místnost	2,00
	2.06, 3.06 a 4.06	kuchyňka	3,30
	2.07, 3.07 a 4.07	wc muži	8,70

B.1.2 Koncepce chlazení

V budově je navrženo nepřímé chlazení s jednotkami fancoil. S chlazením je počítáno pouze v místnostech 1.02, 1.04, 2.03, 3.03 a 4.03, tedy tam, kde se předpokládá značná tepelná zátěž okny a kde budou trvale přítomni lidé. Schodiště je ve výpočtech považováno za temperovaný prostor, s jeho chlazením se nepočítá. Strojovna chlazení bude umístěna v místnosti 5.02. V ní je navržen zdroj chladu s odděleným kondenzátorem umístěným na ploché střeše. Jako alternativní zdroje chladu jsou v práci uvedeny také bloková chladicí jednotka a zdroj chladu s vodou chlazeným kondenzátorem, ochlazovaným v otevřené chladicí věži. Horizontální rozvody budou umístěny do podhledu, vertikální převážně v šachtě v centrální části budovy.



Obr. 25 Koncepce chlazení

Jednotky fancoil jsou navrženy tak, aby nasávaly pouze vzduch z interiéru, který ochlazený vrací zpět do místnosti. Přívod větracího vzduchu bude zajištěn vzduchotechnickou jednotkou. Odvod odpadního vzduchu bude z části řešen samostatnými ventilátory v hygienických místnostech, zbylá část bude odvedena vzduchotechnickou jednotkou. Návrh vzduchotechniky není součástí práce.

B.1.3 Návrhové parametry

Pro určení klimatických podmínek byly použity hodnoty pro město Brno.

Tab. 2 Návrhové parametry exteriéru [26]

Brno	Teplota [°C]	Entalpie [kJ/kg]
LÉTO	29	56,2

Tab. 3 Návrhové parametry interiéru

Místnosti		Požadavky vyhlášky č.6/2003 [40]		Navržené výpočtové parametry	
č.m.	popis	Teplota [°C]	Relativní vlhkost	Teplota [°C]	Relativní vlhkost
1.02	komerční prostor	23,0±2,0	nejvýše 65%	24	50%
1.04	komerční prostor	23,0±2,0	nejvýše 65%	24	50%
2.03	velkoprostorová kancelář	24,5±1,5	nejvýše 65%	24	50%
3.03	velkoprostorová kancelář	24,5±1,5	nejvýše 65%	24	50%
4.03	velkoprostorová kancelář	24,5±1,5	nejvýše 65%	24	50%

B.2 Výpočet tepelné zátěže a potřeby chladicího výkonu

B.2.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}}$$

U… součinitel prostupu tepla [W/m^2·K]

R_{si} … odpor při přestupu tepla na straně interiéru [m^2·K/W] – dle normy ČSN 73 0540-3 [21]

R_{se} … odpor při přestupu tepla na straně exteriéru [m^2·K/W] – dle normy ČSN 73 0540-3 [21]

d … tloušťka konstrukce [m]

λ … součinitel tepelné vodivosti [W.m^{-1}.K^{-1}]

Ve výpočtové části je uveden příklad výpočtu pro jednu konstrukci. Výpočty ostatních konstrukcí jsou uvedeny v Příloze A.

Výpočet pro stěnu vnější tl. 450mm

Skladba:

tl. 5mm Sádrová omítka λ=0,60 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 450mm Tepelně izolační pórobetonové tvárnice λ=0,089 W.m^{-1}.K^{-1} [23]

tl. 12mm Omítka univerzální vápenocementová λ=0,80 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum\left(\frac{0{,}005}{0{,}60} + \frac{0{,}450}{0{,}089} + \frac{0{,}012}{0{,}030}\right) + 0{,}04} = 0{,}186\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Pokud není uvedeno jinak, použité hodnoty součinitele tepelné vodivosti zdiva λ jsou převzaté z normy ČSN 73 0540-3 [21]

Výsledky

Výsledky součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4 Vypočítané hodnoty součinitele prostupu tepla

Typ konstrukce	Tloušťka kce [mm]	Součinitel prostupu tepla …U [W/m^2·K]
Stěna vnější	450	0,186
Věnec nad okny	450	0,214
Stěna vnější mezi okny	350	0,216
Stěna vnější bez tep. izolace	375	0,341
Střecha	500	0,136
Stěna vnitřní	150	0,78
Sádrokartonová příčka	100	0,89
Sádrokartonová příčka	125	0,71
Sádrokartonová příčka	150	0,59

B.2.2 Tepelná zátěž vnějších stěn

Pro tepelnou zátěž vnějšími stěnami je rozhodující plocha stěny, součinitel prostupu tepla, tloušťka stěny a orientace ke světovým stranám. Výpočet byl proveden pro jednotlivé místnosti a světové strany samostatně.

$$Q_s = U \cdot S \cdot \left[(t_{rm} - t_i) + m \cdot \left(t_{r\psi} - t_{rm}\right)\right]$$

Q_s … tepelná zátěž vnější stěny [W]

U … součinitel prostupu tepla [W/m^2·K]

S … plocha stěny [m^2]

t_{rm} … průměrná rovnocenná sluneční teplota pro konkrétní fasádu [°C] – hodnoty dle [24]

ti … návrhová teplota interiéru [°C]

$t_{r\psi}$ … rovnocenná sluneční teplota v době o ψ hodin dřív [°C] – hodnoty dle [24]

$\psi = 32\delta - 0{,}5$ [h]

m … zmenšení teplotního kolísání

$m = \frac{1+7{,}6\cdot\delta}{2500^{\delta}}$ [-]

δ … tloušťka stěny [m]

Ve výpočtové části je názorný příklad tepelné zátěže vnější stěny tl. 450mm do místnosti 1.02 na jihozápadní fasádě. Výpočty všech stěn a místností jsou uvedeny v Příloze B.

Výpočet vnější stěny tl. 450mm v místnosti 1.02 na jihozápadní fasádě

$t_{rm} = 30{,}2°C$ [24]

$U = 0{,}186\ W/m^2 \cdot K$

$S = (0{,}5 + 1{,}1) \cdot 1{,}85 = 2{,}96\ m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \qquad 14 - 14 = 24h$

$t_{r\psi} = 18{,}1°C$ [24]

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$$Q_s = U \cdot S \cdot \left[(t_{rm} - t_i) + m \cdot \left(t_{r\psi} - t_{rm}\right)\right]$$

$$Q_s = 0{,}186 \cdot 2{,}96 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}131 \cdot (18{,}1 - 30{,}2)]$$

$$Q_s = \mathbf{2{,}54\ W}$$

Výsledky

Výsledky tepelné zátěže jednotlivými stěnami všech místností jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5 Tepelná zátěž vnějšími stěnami

Místnost	Orientace stěny	Typ stěny	Tepelná zátěž [W]
1.02	JZ	Stěna vnější	2,54
		Stěna vnější mezi okny	0,98
	JV	Stěna vnější	13,91
		Stěna vnější mezi okny	1,67
		Stěna vnější bez tepelné izolace	6,2
	SV	Stěna vnější	3,35
		Stěna vnější mezi okny	0,24
	CELKEM		**28,89**
1.04	JZ	Stěna vnější	3,98
		Stěna vnější mezi okny	1,15
	SZ	Stěna vnější	11,2
		Stěna vnější mezi okny	1,71
	SV	Stěna vnější	9,67
		Stěna vnější mezi okny	1,01
	CELKEM		**28,89**
2.03 3.03 4.03	JV	Stěna vnější	6,86
		Stěna vnější bez tepelné izolace	7,0
	JZ	Stěna vnější	11,71
		Stěna vnější mezi okny	2,74
	SZ	Stěna vnější	5,03
		Stěna vnější mezi okny	2,45
	SV	Stěna vnější	6,23
		Stěna vnější mezi okny	1,0
	CELKEM		**28,89**

B.2.3 Tepelná zátěž střechou

$Q_r = U_s \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i)$

Q_r … tepelná zátěž střechou

U … součinitel prostupu tepla konstrukcí [W/m^2·K] – viz výpočty v kapitole B.2.1

S … plocha střechy [m^2]

t_{rm} … průměrná rovnocenná sluneční teplota pro horizontální směr [°C] – hodnoty dle [24]

t_i … teplota interiéru [°C]

Výpočet

$t_{rm} = 35{,}3°C$ [24]

$U = 0{,}186\ W/m^2 \cdot K$

$S = 251{,}51 m^2$

$Q_r = U_s \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) = 0{,}136 \cdot 251{,}51 \cdot (35{,}3 - 24) = \mathbf{386{,}52\ W}$

B.2.4 Tepelné zisky okny radiací

B.2.4.1 Určení doby výpočtu

V případě místností s okny na více fasádách je pro výpočet tepelných zisků okny radiací nutné určit čas výpočtu. Vybíráme čas největší zátěže pro danou místnost.

$$I_d = A \cdot I_0$$

I_d … sluneční radiace pro danou fasádu [W]

I_0 … hodnota intenzity sluneční radiace pro danou fasádu [W/m^2]

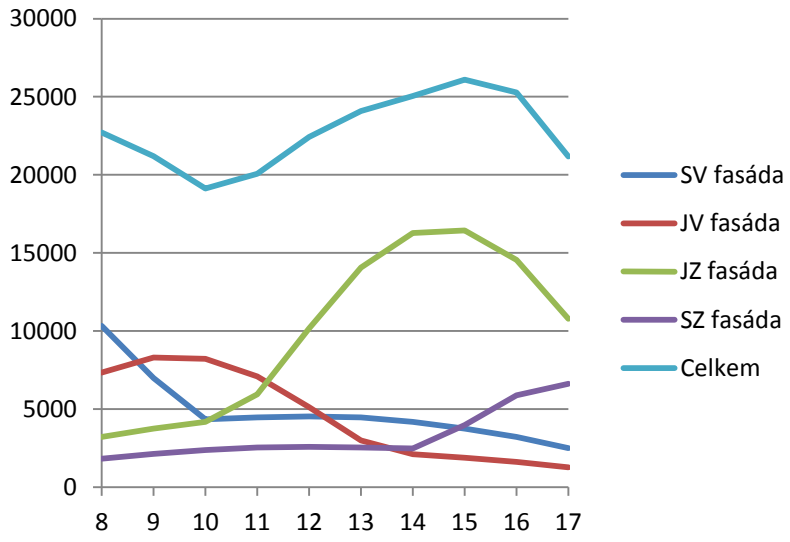
A … plocha dané fasády [m^2]

Výpočet pro místnost 2.03

Tab. 6 Určení doby výpočtu pro místnost 2.03

	čas	A	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SV fasáda	$I_{dsv} = A_{sv} \cdot I_{0sv}$	32,185	10331,39	6984,145	4344,975	4473,715	4538,085	4473,715	4184,05	3765,645	3218,5	2510,43
JV fasáda	$I_{djv} = A_{jv} \cdot I_{0jv}$	16,236	7338,672	8296,596	8215,416	7095,132	5130,576	3003,66	2110,68	1899,612	1623,6	1266,408
JZ fasáda	$I_{djz} = A_{jz} \cdot I_{0jz}$	32,185	3218,5	3765,645	4184,05	5954,225	10170,46	14064,85	16285,61	16446,54	14547,62	10781,98
SZ fasáda	$I_{dsz} = A_{sz} \cdot I_{0sz}$	18,345	1834,5	2146,365	2384,85	2549,955	2586,645	2549,955	2476,575	3980,865	5888,745	6622,545
		∑	**22723,06**	**21192,75**	**19129,29**	**20073,03**	**22425,77**	**24092,18**	**25056,92**	**26092,66**	**25278,47**	**21181,36**

Rozhodující bude 15. hodina



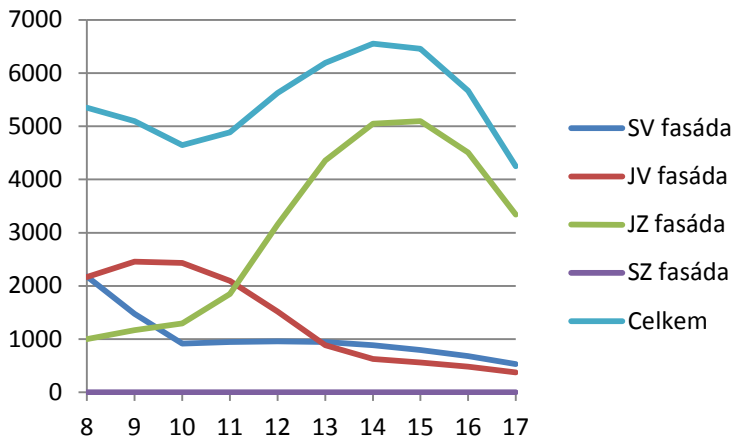
Graf 1 Intenzita sluneční radiace pro místnost 2.03

Výpočet pro místnost 1.02

Tab. 7 Určení doby výpočtu pro místnost 1.02

	čas	A	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SV fasáda	$I_{dsv} = A_{sv} \cdot I_{0sv}$	6,79	2179,59	1473,43	916,65	943,81	957,39	943,81	882,7	794,43	679	529,62
JV fasáda	$I_{djv} = A_{jv} \cdot I_{0jv}$	4,8	2169,6	2452,8	2428,8	2097,6	1516,8	888	624	561,6	480	374,4
JZ fasáda	$I_{djz} = A_{jz} \cdot I_{0jz}$	9,975	997,5	1167,075	1296,75	1845,375	3152,1	4359,075	5047,35	5097,225	4508,7	3341,625
SZ fasáda	$I_{dsz} = A_{sz} \cdot I_{0sz}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		∑	**5346,69**	**5093,305**	**4642,2**	**4886,785**	**5626,29**	**6190,885**	**6554,05**	**6453,255**	**5667,7**	**4245,645**

Rozhodující bude 14. hodina



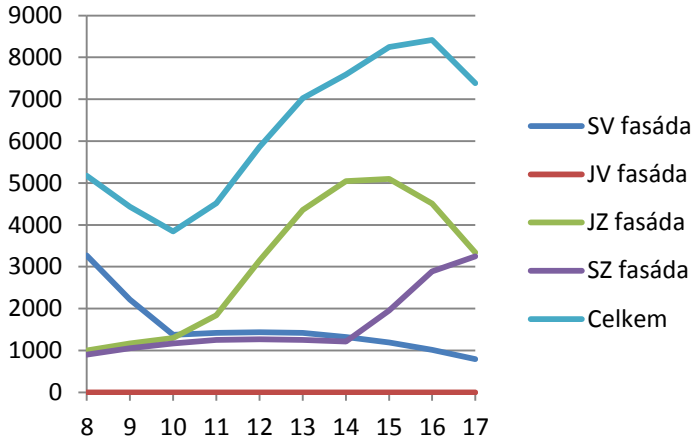
Graf 2 Intenzita sluneční radiace pro místnost 1.02

Výpočet pro místnost 1.04

Tab. 8 Určení doby výpočtu pro místnost 1.04

	čas	A	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SV fasáda	$I_{dsv} = A_{sv} \cdot I_{0sv}$	10,2	3274,2	2213,4	1377	1417,8	1438,2	1417,8	1326	1193,4	1020	795,6
JV fasáda	$I_{djv} = A_{jv} \cdot I_{0jv}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JZ fasáda	$I_{djz} = A_{jz} \cdot I_{0jz}$	9,975	997,5	1167,075	1296,75	1845,375	3152,1	4359,075	5047,35	5097,225	4508,7	3341,625
SZ fasáda	$I_{dsz} = A_{sz} \cdot I_{0sz}$	9	900	1053	1170	1251	1269	1251	1215	1953	2889	3249
		∑	**5171,7**	**4433,475**	**3843,75**	**4514,175**	**5859,3**	**7027,875**	**7588,35**	**8243,625**	**8417,7**	**7386,225**

Rozhodující bude 16. hodina



Graf 3 Intenzita sluneční radiace pro místnost 1.04

B.2.4.2 Výpočet součinitele stínění

$s = s_1 \cdot s_2$

s … součinitel stínění

s_1 … součinitel stínění skla

s_2 … součinitel stínění dalších prvků

Výpočet

Pro výpočet byla uvažována okna s dvojsklem a světlými vnitřními žaluziemi.

pro dvojsklo … $s_1 = 0{,}9$ [25]

pro vnitřní žaluzie světlé … $s_2 = 0{,}56$ [25]

$s = s_1 \cdot s_2 = 0{,}9 \cdot 0{,}56 = \mathbf{0{,}504}$

B.2.4.3 Výpočet prosklené plochy okna

$S_o = \text{počet oken} \cdot l_a \cdot l_b$

S_o … plocha prosklené části okna [m^2]

l_a, l_b … rozměry prosklené části okna [m]

Výpočet oken z místnosti 2.03

Ve výpočtové části je uveden výpočet pouze oken z místnosti 2.03. Kompletní výpočty jsou uvedeny v příloze C.

16x Otvíravá okna 1050x2050 $S_o = 16 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}85 = 25{,}16\ \mathrm{m}^2$

4x Otvíravá okna 1250x2050 $S_o = 4 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}85 = 7{,}77\ \mathrm{m}^2$

8x Neotvíravá okna 1400x2050 $S_o = 8 \cdot 1{,}30 \cdot 1{,}95 = 20{,}28\ \mathrm{m}^2$

2x Neotvíravá okna 1300x2050 $S_o = 2 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}95 = 4{,}68\ \mathrm{m}^2$

6x Otvíravé okno 1200x2050 $S_o = 6 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}85 = 11{,}1\ \mathrm{m}^2$

2x Neotvíravé okno 1200x2050 $S_o = 2 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}95 = 4{,}29\ \mathrm{m}^2$

2x Neotvíravé okno 1560x2050 $S_o = 2 \cdot 1{,}46 \cdot 1{,}95 = 5{,}694\ \mathrm{m}^2$

$\sum S_o = 78{,}974\ \mathrm{m}^2$

Výsledky

Výsledky prosklených ploch oken všech místností jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9 Prosklená část oken

Číslo místnosti	Prosklená plocha okna S_o [m^2]
1.02	17,04
1.04	18,72
2.03, 3.03 a 4.03	78,974

B.2.4.4 Výpočet osluněné části okna

$S_{os} = [l_a - (e_1 - f)] \cdot [l_b - (e_2 - g)]$

S_{os} … plocha osluněné části okna

l_a … výška zasklení [m]

l_b … šířka zasklení [m]

c … hloubka okna (venkovní nadpraží) [m]

d … hloubka okna (venkovní ostění) [m]

f … šířka rámu - svislá část [m]

g … šířka rámu - vodorovná část [m]

e1 … vodorovný stín [m]

$$e_1 = c \cdot tg|\alpha - \gamma|$$

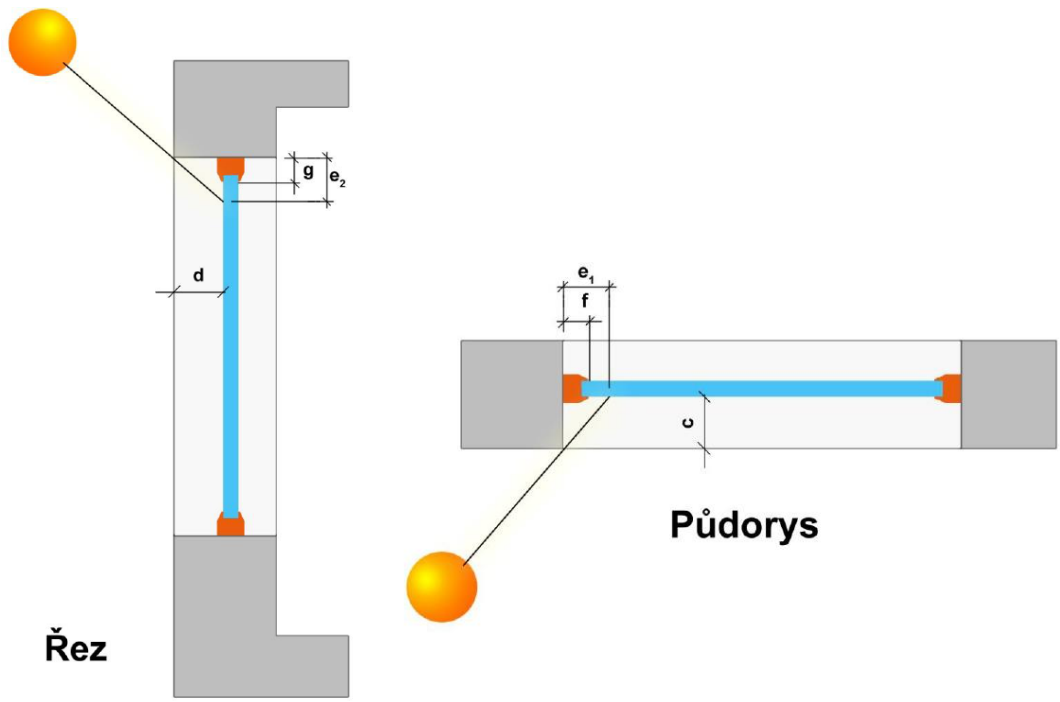
e2 … svislý stín

$$e_2 = d \cdot \frac{tg\,h}{\cos|\alpha - \gamma|}$$

α … azimut slunce – hodnoty dle [24]

h … výška slunce nad obzorem – hodnoty dle [24]

γ … azimut stěny



Obr. 26 Geometrie stínů [26]

Výpočet oken místnosti 2.03 na JZ fasádě

Ve výpočtové části je uveden ukázkový výpočet pro okna místnosti 2.03 na JZ fasádě. Kompletní výpočty jsou uvedeny v příloze C.

Čas výpočtu: 15h

h=44° α=246°

azimut jihozápadní fasády … γ=225°

d=0,2m c=0,1m

f=0,1m (pro otvíravá okna) f=0,05m (pro neotvíravá okna)

g=0,1m (pro otvíravá okna) g=0,05m (pro neotvíravá okna)

Svislý stín

$e_1 = c \cdot tg|\alpha - \gamma| = 0{,}1 \cdot tg|246 - 225| = 0{,}04 \ < 0{,}05$ … stín dopadá na rám

Vodorovný stín

$$e_2 = d \cdot \frac{tg\ h}{\cos|\alpha - \gamma|} = 0{,}2 \cdot \frac{tg\ 44}{\cos|246 - 225|} = 0{,}21$$

6x Otvíravá okna 1050x2050

$S_{os} = l_a \cdot [l_b - (e_2 - g)] = 0{,}85 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}1)] = 1{,}649\ m^2$

2x Otvíravá okna 1250x2050

$S_{os} = l_a \cdot [l_b - (e_2 - g)] = 1{,}05 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}1)] = 2{,}037\ m^2$

4x Neotvíravá okna 1400x2050

$S_{os} = l_a \cdot [l_b - (e_2 - g)] = 1{,}3 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}05)] = 2{,}457\ m^2$

1x Neotvíravá okna 1300x2050

$S_{os} = l_a \cdot [l_b - (e_2 - g)] = 1{,}2 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}05)] = 2{,}268\ m^2$

Celková osluněná plocha oken v místnosti 2.03 na JZ fasádě:

$$\sum S_{os} = 6 \cdot 1{,}649 + 2 \cdot 2{,}037 + 4 \cdot 2{,}457 + 2{,}268 = 26{,}064\ m^2$$

Výsledky

Výsledky prosklené plochy oken všech místností jsou uvedeny v Tab. 10.

Tab. 10 Plocha osluněné a prosklené části oken

Místnost	Fasáda	Plocha osluněné části oken S_{os} [m^2]	Plocha prosklené části oken S_o [m^2]
1.02	JZ	7,46	17,04
	SV	okna jsou celá ve stínu	
	JV	okna jsou celá ve stínu	
1.04	JZ	7,66	18,72
	SZ	4,82	
	SV	okna jsou celá ve stínu	
2.03 3.03 4.03	JZ	26,064	78,974
	SZ	11,4	
	SV	okna jsou celá ve stínu	
	JV	okna jsou celá ve stínu	

B.2.4.5 Tepelný zisk sluneční radiací

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_0 + (S_o - S_{os}) \cdot I_{o,dif}] \cdot s$$

Q_{or} … tepelný zisk sluneční radiací [W]

S_o … prosklená plocha oken [m^2] – viz výpočet v kapitole B.2.4.3

S_{os} … osluněná plocha oken [m^2] – viz výpočet v kapitole B.2.4.4

I_o … celková intenzita radiace [W/m^2] – hodnoty dle [24]

$I_{o,\,dif}$ … intenzita difúzní radiace [W/m^2] – hodnoty dle [24]

c_o … korekce na čistotu atmosféry c_o = 0,85 (pro městskou a průmyslovou oblast)

s … součinitel stínění – viz výpočet v kapitole B.2.4.2

Výpočty

Místnost 2.03

Doba výpočtu: 15h

I_o = 511 W/m^2 [24]

$I_{o,dif}$ = 117 W/m^2 [24]

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_0 + (S_o - S_{os}) \cdot I_{o,dif}] \cdot s$$

$$Q_{or} = [(26{,}064 \cdot 511 + 11{,}4 \cdot 217) \cdot 0{,}85 + (78{,}974 - 37{,}464) \cdot 117] \cdot 0{,}504$$

$$Q_{or} = \mathbf{9195{,}0\ W}$$

Místnost 1.02

Doba výpočtu: 15h

Celková intenzita radiace… I_o = 506 W/m^2 [24]

Intenzita difúzní radiace … $I_{o,dif}$ = 130 W/m^2 [24]

Tepelný zisk okny:

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_0 + (S_o - S_{os}) \cdot I_{o,dif}] \cdot s$$

$$Q_{or} = [\,7{,}46 \cdot 506 \cdot 0{,}85 + (17{,}04 - 7{,}46) \cdot 130] \cdot 0{,}504$$

$$Q_{or} = \mathbf{2240{,}3\ W}$$

Místnost 1.04

Doba výpočtu: 15h

Celková intenzita radiace… I_o = 452 W/m^2 [24]

Intenzita difúzní radiace … $I_{o,dif}$ = 100 W/m^2 [24]

Tepelný zisk okny:

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_0 + (S_o - S_{os}) \cdot I_{o,dif}] \cdot s$$

$$Q_{or} = [(7{,}66 \cdot 452 + 4{,}82 \cdot 321) \cdot 0{,}85 + (18{,}72 - 12{,}48) \cdot 100] \cdot 0{,}504$$

$$Q_{or} = \mathbf{2455{,}7\ W}$$

B.2.5 Tepelné zisky okny konvekcí

$Q_{ok} = S_{ok} \cdot U_o \cdot (t_e - t_i)$

Q_{ok} … tepelné zisky okny konvekcí [W]

S_{ok} … plocha okna [m^2]

U_o … součinitel prostupu tepla okna [$W/m^2 \cdot K$]

t_e … návrhová teplota exteriéru [°C]

t_i … návrhová teplota interiéru [°C]

Výpočty

Pro výpočet tepelných zisků je uvažováno se součinitelem prostupu tepla U_o = 1,2 W/(m^2.K).

t_i = 24°C

t_e = 29°C

Místnost 2.03

16x Otvíravá okna 1050x2050 $S_{ok} = 34{,}44\ m^2$

4x Otvíravá okna 1250x2050 $S_{ok} = 10{,}25\ m^2$

8x Neotvíravá okna 1400x2050 $S_{ok} = 22{,}96\ m^2$

2x Neotvíravá okna 1300x2050 $S_{ok} = 5{,}33\ m^2$

6x Otvíravé okno 1200x2050 $S_{ok} = 14{,}76\ m^2$

2x Neotvíravé okno 1200x2050 $S_{ok} = 4{,}29\ m^2$

2x Neotvíravé okno 1560x2050 $S_{ok} = 6{,}396\ m^2$

$\sum S_{ok} = 98{,}426\ m^2$

$Q_{ok} = S_{ok} \cdot U_o \cdot (t_e - t_i) = 98{,}426 \cdot 1{,}2 \cdot (29 - 24) = \mathbf{590{,}5\ W}$

Místnost 1.02

1x Vstupní dveře + okna 3500x2850 $S_{ok} = 9{,}975\ m^2$

2x Otvíravá okna 1200x1000 $S_{ok} = 2{,}4\ m^2$

2x Neotvíravá okna 1200x1000 $S_{ok} = 2{,}4\ m^2$

2x Neotvíravá okna 1050x1000 $S_{ok} = 2{,}1\ m^2$

1x Dveře + okna 1400x2850 $S_{ok} = 3{,}99\ m^2$

0,5x Neotvíravé okno 1400x1000 $S_{ok} = 0{,}7\ m^2$

$\sum S_{ok} = 21{,}565\ m^2$

$Q_{ok} = S_{ok} \cdot U_o \cdot (t_e - t_i) = 21{,}565 \cdot 1{,}2 \cdot (29 - 24) = \mathbf{129{,}4\ W}$

Místnost 1.04

1x Vstupní dveře + okna 3500x2850 $S_{ok} = 9{,}975\ m^2$

4x Otvíravá okna 1200x1000 $S_{ok} = 4{,}8\ m^2$

8x Otvíravá okna 1050x1000 $S_{ok} = 8{,}4\ m^2$

2x Otvíravá okna 1250x1000 $S_{ok} = 2{,}5\ m^2$

2,5x Neotvíravá okna 1400x1000 $S_{ok} = 3{,}5\ m^2$

$\sum S_o = 29{,}175\ m^2$

$Q_{ok} = S_{ok} \cdot U_o \cdot (t_e - t_i) = 29{,}175 \cdot 1{,}2 \cdot (29 - 24) = \mathbf{175{,}1\ W}$

B.2.6 Produkce tepla od lidí

B.2.6.1 Stanovení počtu osob

Místnost 2.03

výpočet proveden dle normy ČSN 73 5305 [27]

$$\text{počet osob} \ldots n_l = \frac{\text{plocha velkoprostorové kanceláře} - \text{komunikační koridory}}{\text{plocha jednoho kancelář. pracoviště} + \text{plocha jednacích prostorů}}$$

Plocha velkoprostorové kanceláře (2.03): **178,56 m²**

Komunikační koridory šířky 1600mm: **50,2 m²**

Plocha jednoho kancelářského pracoviště: **8 m²/os**

Plochy jednacích prostorů na jednu sedící osobu: **1,6 m²/os**

$$n_l = \frac{178{,}555 - 50{,}2}{8 + 1{,}6} \doteq 13\ \text{osob}$$

Místnost 1.02

Počet osob stanoven odhadem

n_l = 10 osob

Místnost 1.04

Počet osob stanoven odhadem

n_l = 15 osob

B.2.6.2 Produkce tepla od lidí

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

O_l … produkce tepla od lidí [W]

n_l … počet osob

t_i … teplota interiéru [°C]

Výpočty

ti = 24°C

Místnost 2.03

13 kancelářských pracovišť … n_l = 13 osob

$$Q_l = n_l \cdot 6{,}2 \cdot (36 - t_i) = 13 \cdot 6{,}2 \cdot (36 - 24) = \mathbf{967{,}2\ W}$$

Místnost 1.02

obchod … n_l = 10 osob

$$Q_l = n_l \cdot 6{,}2 \cdot (36 - t_i) = 10 \cdot 6{,}2 \cdot (36 - 24) = \mathbf{744\ W}$$

Místnost 1.04

obchod … n_l = 15 osob

$$Q_l = n_l \cdot 6{,}2 \cdot (36 - t_i) = 15 \cdot 6{,}2 \cdot (36 - 24) = \mathbf{1116\ W}$$

B.2.7 Produkce tepla od svítidel

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

Q_{sv} … produkce tepla od svítidel

n … počet svítidel

P_s … příkon svítidla [W] – hodnoty dle [26]

c_1 … součinitel současnosti používání svítidel [-] – hodnoty stanoveny odhadem

c_2 … zbytkový součinitel [-] – hodnoty stanoveny odhadem

Místnost 2.03

lampička na každém kancelářském pracovišti (P_s = 15 W)

počet svítidel … n = 13 (dle počtu kancelářských pracovišť)

c_1 = 0,7

c_2 = 1,0 (světla nejsou odsávána)

$$Q_{sv} = n \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2 = 13 \cdot 15 \cdot 0{,}7 \cdot 1 = \mathbf{136{,}5\ W}$$

Místnost 1.02

zářivkové osvětlení (P_s = 25 W/m^2)

osvětlení na celé ploše $Ss = 74{,}97\ m^2$

c_1 = 1,0

c_2 = 1,0 (světla nejsou odsávána)

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2 = 74{,}97 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 1 = \mathbf{1874{,}3\ W}$$

Místnost 1.04

zářivkové osvětlení (P_s = 25 W/m^2)

osvětlení na celé ploše $Ss = 119{,}83\ m^2$

c_1 = 1,0

c_2 = 1,0 (světla nejsou odsávána)

$Q_{sv} = S_s \cdot P_s \cdot c_1 \cdot c_2 = 119{,}83 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 1 = \mathbf{2995{,}8\ W}$

B.2.8 Produkce tepla od strojů

$$\mathbf{Q_t = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot \sum P}$$

Q_t … produkce tepla od strojů [W]

c_1 … součinitel současnosti [-] – hodnoty stanoveny odhadem

c_2 … zbytkový součinitel [-] – hodnoty stanoveny odhadem

c_3 … součinitel zatížení (využití) stroje [-] – hodnoty stanoveny odhadem

P … elektrický příkon stroje [W] - příkon elektrických zařízení stanoven dle [28]

Výpočty

Místnost 2.03

13 kancelářských pracovišť

- počítač … P = 165 W
- LCD monitor … P = 50 W
- malá laserová tiskárna … P = 75 W

c_1 = 0,7 c_2 = 1,0 c_3 = 0,8

$$\mathbf{Q_t = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot \sum P = 0{,}7 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot [13 \cdot (165 + 50 + 75)] = 2111{,}2\ W}$$

Místnost 1.02

- počítač … P = 165 W
- LCD monitor … P = 50 W
- laserová tiskárna … P = 100 W

c_1 = 1,0 c_2 = 1,0 c_3 = 0,8

$$\mathbf{Q_t = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot \sum P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot (165 + 50 + 100) = 252\ W}$$

Místnost 1.04

- počítač … P = 165 W
- LCD monitor … P = 50 W
- laserová tiskárna … P = 100 W

c_1 = 1,0 c_2 = 1,0 c_3 = 0,8

$$\mathbf{Q_t = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot \sum P = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot (165 + 50 + 100) = 252\ W}$$

B.2.9 Celková tepelná zátěž

Tab. 11 Celková tepelná zátěž

		Místnost 1.02	Místnost 1.04	Místnost 2.03	Místnost 3.03	Místnost 4.03
Tepelná zátěž vnějších stěn	Q_s [W]	28,89	28,72	43,02	43,02	43,02
Tepelná zátěž střechou	Q_r [W]	-	-	-	-	386,52
Tepelné zisky okny radiací	Q_{or} [W]	2240,3	2455,7	9195,0	9195,0	9195,0
Tepelné zisky okny konvekcí	Q_{ok} [W]	129,4	175,1	590,5	590,5	590,5
Produkce tepla od svítidel	Q_{sv} [W]	1874,3	2995,8	136,5	136,5	136,5
Produkce tepla od lidí	Q_l [W]	744	1116	967,2	967,2	967,2
Produkce tepla od strojů	Q_t [W]	252	252	2111,2	2111,2	2111,2
Celková tepelná zátěž	**Q [W]**	**5269**	**7023**	**13043**	**13043**	**13430**

Celková tepelná zátěž objektu:

$$Q = \sum Q_i = 5269 + 7023 + 13043 + 13043 + 13430 = \mathbf{51\ 808\ W}$$

B.2.10 Vlhkostní zátěž

Produkce vodní páry lidí … M_w

$M_W = n_l \cdot m_l$ [g/h]

n_l … počet osob

m_l … produkce tepla [g/h.os] – hodnoty z ČSN 73 0548 [24]

Výsledky

Výsledky vlhkostní zátěže pro jednotlivé místnosti je uveden v Tab. 12.

Tab. 12 Vlhkostní zátěž

		Místnost 1.02	Místnost 1.04	Místnost 2.03	Místnost 3.03	Místnost 4.03
počet osob	n_l [-]	10	15	13	13	13
produkce tepla	m_l [g/h.os]	116	116	98	98	98
Vlhkostní zátěž	**M_w [g/h]**	**1160**	**1740**	**1274**	**1274**	**1274**

B.2.11 Potřeba chladicího výkonu

$Q_{ch,potřebný} = Q_{ch,max} \cdot s$

$Q_{ch,\ potřebný}$ … potřebný chladicí výkon [W]

$Q_{ch,\ max}$ … celková tepelná zátěž objektu [W] – viz kapitola B.2.9

s … součinitel současnosti

$s = s_1 \cdot s_2$

s_1 … vliv nesoučasnosti zisků

s_2 … vliv nerovnoměrného obsazení místností v čase

Výpočty

$Q_{ch,max} = \mathbf{51\ 808\ W}$

$s = s_1 \cdot s_2 = 0{,}9 \cdot 1 = \mathbf{0{,}9}$

$s_1 = 0{,}9$ … počítáme s max. tepelnou zátěží, která se bude o reality lišit spíše drobně

$s_2 = 1$ … jedná se o velkokapacitní kanceláře a obchodu, předpokládáme stálé obsazení

$Q_{ch,potřebný} = Q_{ch,max} \cdot s = 51\ 808\ \cdot 0{,}9 = \mathbf{46{,}627\ kW}$

B.2.12 Výpočet větracího vzduchu

$V_{o,hm}$ … výměna vzduchu v hygienických místnostech – hodnoty dle Vyhlášky 6/2003 Sb. [40]

$V_p = D \cdot n$

V_p … průtok přiváděného vzduchu pro počet osob n [m^3/h]

D … dávka vzduchu na osobu [m^3/h] – navrženo 25m^3/os

n … počet osob

Přívod vzduchu

$V_{p,celk} = V_{o,hm} + V_p$

Odvod vzduchu

$V_{o,celk} = V_p$ … vzduch z hygienických místností odvede samostatné zařízení

Místnost 1.02

Hygienické místnosti 1.05 a 1.07

2x WC 50 m^3/h

1x umyvadlo 30 m^3/h

1x pisoár 25 m^3/h

$V_{o,hm} = 2 \cdot 50 + 30 + 25 = 155\ m^3/h$

$V_p = D \cdot n = 25 \cdot 10 = 250\ m^3/h$

$V_{p,celk} = 155 + 250 = \mathbf{405\ m^3/h}$

$V_{o,celk} = \mathbf{250\ m^3/h}$

Místnost 1.04

Hygienická místnost 1.09

2x WC 50 m^3/h

1x umyvadlo 30 m^3/h

$V_{o,hm} = 2 \cdot 50 + 30 = 130\ m^3/h$

$V_p = D \cdot n = 25 \cdot 15 = 375\ m^3/h$

$V_{p,celk} = 130 + 375 = \mathbf{505 m^3/h}$

$V_{o,celk} = \mathbf{375\ m^3/h}$

Místnost 2.03

Hygienické místnosti 2.05, 2.07 a 2.04

5x WC 50 m^3/h

2x umyvadlo 30 m^3/h

1x pisoár 25 m^3/h

$V_{o,hm} = 5 \cdot 50 + 2 \cdot 30 + 25 = 335\ m^3/h$

$V_p = D \cdot n = 25 \cdot 13 = 325\ m^3/h$

$V_{p,celk} = 335 + 325 = \mathbf{660\ m^3/h}$

$V_{o,celk} = \mathbf{325\ m^3/h}$

B.3 Návrh výměníků pro přenos chladu v chlazených prostorách

Vzhledem k předpokládanému flexibilnímu využití kancelářských prostorů byly do chlazených prostorů navrženy kazetové jednotky fancoil, které jsou jednoduše regulovatelné a umožňují bezproblémové odvedení veškeré vlhkostní zátěže. O přívod větracího vzduchu se bude starat vzduchotechnická jednotka, která bude do interiéru přivádět vzduch o teplotě interiéru.

Ve výpočtové části je uveden výpočet pro jednotky fancoil v místnosti 1.02. Výpočty všech místností jsou uvedeny v Příloze D.

B.3.1 Vstupní veličiny

Tepelná zátěž: $Q = \mathbf{5269\ W}$

Vlhkostní zátěž: $Mw = \mathbf{1160 g/h = 0,3222\ g/s}$

Parametry exteriér:

Teplota: $t_e = \mathbf{29°C}$

Entalpie: $h_e = \mathbf{56,2\ kJ/kg}$

Parametry interiér:

Teplota: $t_i = \mathbf{24°C}$

Relativní vlhkost: $\varphi_i = \mathbf{49}\%$

Relativní vlhkost interiéru volena s ohledem na výsledek měrné vlhkosti χs. Cílem je, aby se měrná vlhkost vypočtená rovnala výsledku z hx diagramu (Graf 4).

Stanovení měrné vlhkosti interiéru:

$$\chi_i = 0{,}622 \cdot \frac{p_{di}}{p - p_{di}}$$

χ_i … měrná vlhkost [g/kg]

p … atmosferický tlak (p = 100 kPa)

$$p_{di} = \varphi_i \cdot p_{di}''$$

p_{di} … parciální tlak vodních par [Pa]

φ_i … relativní vlhkost [%]

$$p_{di}'' = e^{(23{,}58 - \frac{4044{,}6}{235{,}6 + t_i})}$$

p_{di}'' … tlak syté vodní páry

t_i … teplota interiéru

Výpočet

$$p_{di}'' = e^{(23{,}58 - \frac{4044{,}6}{235{,}6 + t_i})} = e^{(23{,}58 - \frac{4044{,}6}{235{,}6 + 24})} = \mathbf{2980,6\ Pa}$$

$$p_{di} = \varphi_i \cdot p_{di}'' = 0{,}49 \cdot 2980{,}6 = \mathbf{1460,49\ Pa}$$

$$\chi_i = 0{,}622 \cdot \frac{p_{di}}{p - p_{di}} = 0{,}622 \cdot \frac{1460{,}49}{100000 - 1460{,}49} = \mathbf{9,22\ g/kg}$$

B.3.2 Návrh teplotního spádu chladicí vody

výměník VZT: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14\,°\mathrm{C}$

výměník FCU: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14\,°\mathrm{C}$

Teplotní spád je volen s ohledem na velikost chladicího výkonu. Při nižších teplotách chladicí vody by byl zbytečně předimenzovaný chladicí výkon

Střední povrchová teplota chladiče: $t_r = \frac{t_{w1}+t_{w2}}{2} = \frac{8+14}{2} = \mathbf{11°C}$

B.3.3 Návrh fancoilů

$\mathrm{Q_{FCU}} = \mathrm{Q} - \mathrm{Q_{pr}}$

Q_{FCU} … Chladicí výkon sekundárního vzduchu – fancoily [W]

Q … Celkový chladicí výkon [W]

Q_{pr} … Chladicí výkon primárního vzduchu – vzduchotechnika [W]

$\mathrm{Q_{pr}} = \mathrm{V_{pr}} \cdot \rho \cdot \mathrm{c} \cdot (\mathrm{t_i} - \mathrm{t_{pr}})$

V_{pr} … průtok primárního vzduchu [m^3/s]

ρ … hustota vzduchu [kg/m^3] (ρ = 1,2 kg/m^3)

c … měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg.K)] (c = 1010 $J/kg^{-1}.K^{-1}$)

t_i … teplota interiéru [°C]

t_{pr} … teplota přívodního vzduchu [°C]

$$\mathrm{V_{FCU}} = \frac{\mathrm{Q_{FCU}}}{\rho \cdot \mathrm{c} \cdot \Delta \mathrm{t_p}}$$

V_{FCU} … návrhový průtok vzduchu fancoily [W]

Δt_p … pracovní rozdíl teplot [K] (volíme 8 K)

Výpočet

$\mathrm{V_{pr}} = \mathbf{405\,m^3/h = 0,1125\,m^3/s}$ … je roven nutné hygienické výměně vzduchu

$\mathrm{Q_{pr}} = \mathrm{V_{pr}} \cdot \rho \cdot \mathrm{c} \cdot (\mathrm{t_i} - \mathrm{t_{pr}}) = 0{,}1125 \cdot 1{,}2 \cdot 1010 \cdot (24 - 24) = \mathbf{0\ kW}$

t_{pr} = 24°C … bude přiváděn vzduch o teplotě interiéru

$Q_{FCU} = Q - Q_{VZT} = 5269 - 0 = \mathbf{5269\,W}$

$$V_{FCU} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_p} = \frac{5269}{1{,}2 \cdot 1010 \cdot (8)} = \mathbf{0,543\,m^3/s = 1956,3\,m^3/h}$$

Návrh

Na základě požadovaného průtoku vzduchu fancoily jsou podle katalogového listu výrobce (Tab. 13) do místnosti 1.02 navrženy 3 jednotky GCS1.UW0.A05.

Tab. 13 Návrh jednotky fancoil [7]

Oběhová jednotka - chlazení

Cassette-Geko

2-trubkový systém, chladicí voda
velikost Single, Double a Big Single

PKW 6/12°C
t_{L1} = +27°C, φ_1= 46% r.v.

Velikost	Stupeň otáček	Množství vzduchu	Výkonová řada 0				Výkonová řada 1				Výkonová řada 2				Akustický výkon	Akustický tlak*
			Chladicí výkon $\dot{Q}_K$	Tlaková ztráta Δp_K	Topný výkon $\dot{Q}_H$	Tlaková ztráta Δp_H	Chladicí výkon $\dot{Q}_K$	Tlaková ztráta Δp_K	Topný výkon $\dot{Q}_H$	Tlaková ztráta Δp_H	Chladicí výkon $\dot{Q}_K$	Tlaková ztráta Δp_K	Topný výkon $\dot{Q}_H$	Tlaková ztráta Δp_H		
		m³/h	kW	kPa	kW	kPa	kW	kPa	kW	kPa	kW	kPa	kW	kPa	dB(A)	dB(A)
S	1	250	1,5	1,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	34	25
	2	310	1,8	2,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	35	26
	3	460	2,5	4,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	44	35
	1	330	–	–	–	–	2,4	3,4	–	–	–	–	–	–	35	26
	2	480	–	–	–	–	3,3	5,9	–	–	–	–	–	–	43	34
	3	660	–	–	–	–	4,2	9,4	–	–	–	–	–	–	52	43
	1	480	–	–	–	–	–	–	–	–	3,3	5,9	–	–	44	35
	2	710	–	–	–	–	–	–	–	–	4,4	10,3	–	–	54	45
	3	850	–	–	–	–	–	–	–	–	5,0	12,8	–	–	58	49
D	1	530	–	–	–	–	4,0	2,4	–	–	–	–	–	–	38	30
	2	740	–	–	–	–	5,3	4,1	–	–	–	–	–	–	47	39
	3	1000	–	–	–	–	6,8	6,3	–	–	–	–	–	–	56	47
	1	840	–	–	–	–	–	–	–	–	5,9	4,9	–	–	48	40
	2	1220	–	–	–	–	–	–	–	–	8,0	8,5	–	–	59	50
	3	1400	–	–	–	–	–	–	–	–	8,8	10,1	–	–	62	54
B	1	620	–	–	–	–	4,9	5,2	–	–	–	–	–	–	32	24
	2	920	–	–	–	–	6,7	9,2	–	–	–	–	–	–	43	35
	3	1200	–	–	–	–	8,2	13,2	–	–	–	–	–	–	50	42
	1	770	–	–	–	–	–	–	–	–	5,7	7,2	–	–	38	29
	2	1150	–	–	–	–	–	–	–	–	7,9	12,4	–	–	49	41
	3	1700	–	–	–	–	–	–	–	–	10,5	20,8	–	–	59	51
			0				1				2					
			Výkonová řada													

Tab. 14 Korekční faktor pro chladicí výkon [7]

Teplota chladící vody [°C]	Teplota vstupního vzduchu: tL_1[°C], φ_1[% r. v.]				
	32/40	30/40	27/46	26/50	24/50
6/12	1,41	1,19	1,00	0,96	0,74
7/13	1,31	1,09	0,90	0,87	0,65
8/12	1,37	1,15	0,97	0,94	0,73
8/14	1,22	1,00	0,81	0,76	0,56
10/15	1,09	0,89	0,70	0,66	0,49
12/16	0,97	0,77	0,60	0,56	0,43
12/18	0,82	0,65	0,49	0,43	0,33
14/18	0,77	0,64	0,48	0,43	0,33

$Q_{K,celkový} = n \cdot Q_K \cdot f_K$

$Q_{K,\ celkový}$ … chladicí výkon jednotky fancoilů v místnosti

n … počet navržených zařízení

Q_K … chladicí výkon tabulkový – dle Tab. 13

f_k … korekční faktor – dle Tab. 14

$Q_{K,celkový} = n \cdot Q_K \cdot f_K = 3 \cdot 4{,}2 \cdot 0{,}56 = 7{,}056kW$

B.3.4 Posouzení

B.3.4.1 Stanovení teploty přiváděného vzduchu

$V_{FCU.skut} = \mathrm{n} \cdot V_{\mathrm{FCU,skut,1}}$

$V_{FCU,\ skut}$ … navržený průtok vzduchu všemi fancoily v místnosti [m^3/h]

n … počet zařízení

$V_{FCU,\ skut,1}$ … navržený průtok vzduchu jedním fancoilem [m^3/h]

$\Delta t_{p_{skut}} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{\mathrm{FCU,skut}}}$

Q … potřebný chladicí výkon [kW]

ρ … hustota vzduchu [kg/m^3] – ρ = 1,2 kg/m^3

c … měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg.K)] (c = 1010 J/kg^{-1}.K^{-1})

$\Delta t_{p,\ skut}$ … skutečný pracovní rozdíl teplot [°C]

$t_p = t_i - \Delta t_{p_{skut}}$

t_p … skutečná teplota přívodního vzduchu [°C]

t_i … teplota interiéru [°C]

Výpočet

$V_{fcu_{skut}} = 3 \cdot 660 = \mathbf{0{,}550 m^3/s = 1980\, m^3/h}$

$\Delta t_{p_{skut}} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{fcu_{skut}}} = \frac{5269}{1{,}2 \cdot 1010 \cdot 0{,}550} = \mathbf{7{,}9°C}$

$t_p = t_i - \Delta t_{p_{skut}} = 24 - 7{,}9 = \mathbf{16{,}1°C}$

B.3.4.2 Určení parametrů směsi

$$t_s = t_i - \frac{Q}{\left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot c}$$

$$\chi_s = \chi_i - \frac{M_W}{V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho}$$

Q … potřebný chladicí výkon [kW]

M_w … vlhkostní zátěž [g/kg]

V_{pr} … průtok primárního vzduchu – vzduchotechnikou [m^3/s]

ρ … hustota vzduchu [kg/m^3] (ρ = 1,2 kg/m^3)

$V_{FCU, skut}$ … navržený průtok vzduchu všemi fancoily v místnosti [m^3/s]

c … měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg.K)] (c = 1010 J/kg^{-1}.K^{-1})

t_i … teplota interiéru [°C]

t_s … teplota směsi [°C]

Výpočet

$$t_s = t_i - \frac{Q}{\left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot c} = 24 - \frac{5269}{(0{,}1125 \cdot 1{,}2 + 0{,}550 \cdot 1{,}2) \cdot 1010} = \mathbf{17{,}4°C}$$

$$\chi_s = \chi_i - \frac{M_W}{V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho} = 9{,}22 - \frac{0{,}322}{(0{,}1125 \cdot 1{,}2 + 0{,}550 \cdot 1{,}2)} = \mathbf{8{,}81\ g/kg}$$

Posouzení

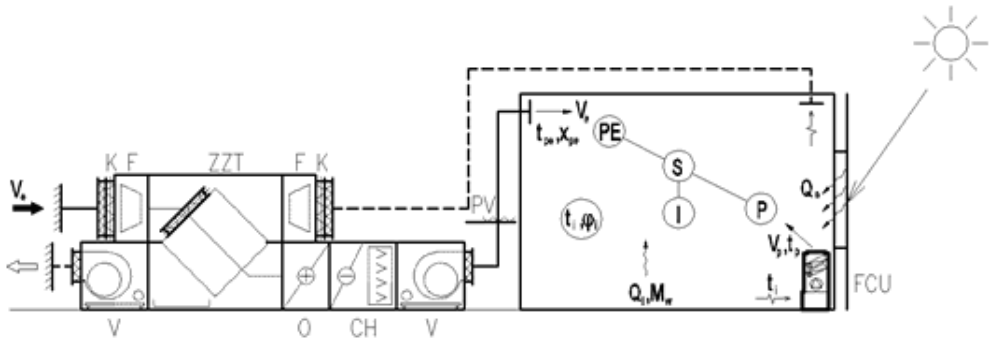
$\chi_s = \chi_{s,hx}$ → při zadané relativní vlhkosti φ_i odvedou fancoily a vzduchotechnika právě takové množství vlhkostní zátěže, které vznikne v místnosti vlivem produkce od osob

χ_s … měrná vlhkost směsi vypočítaná

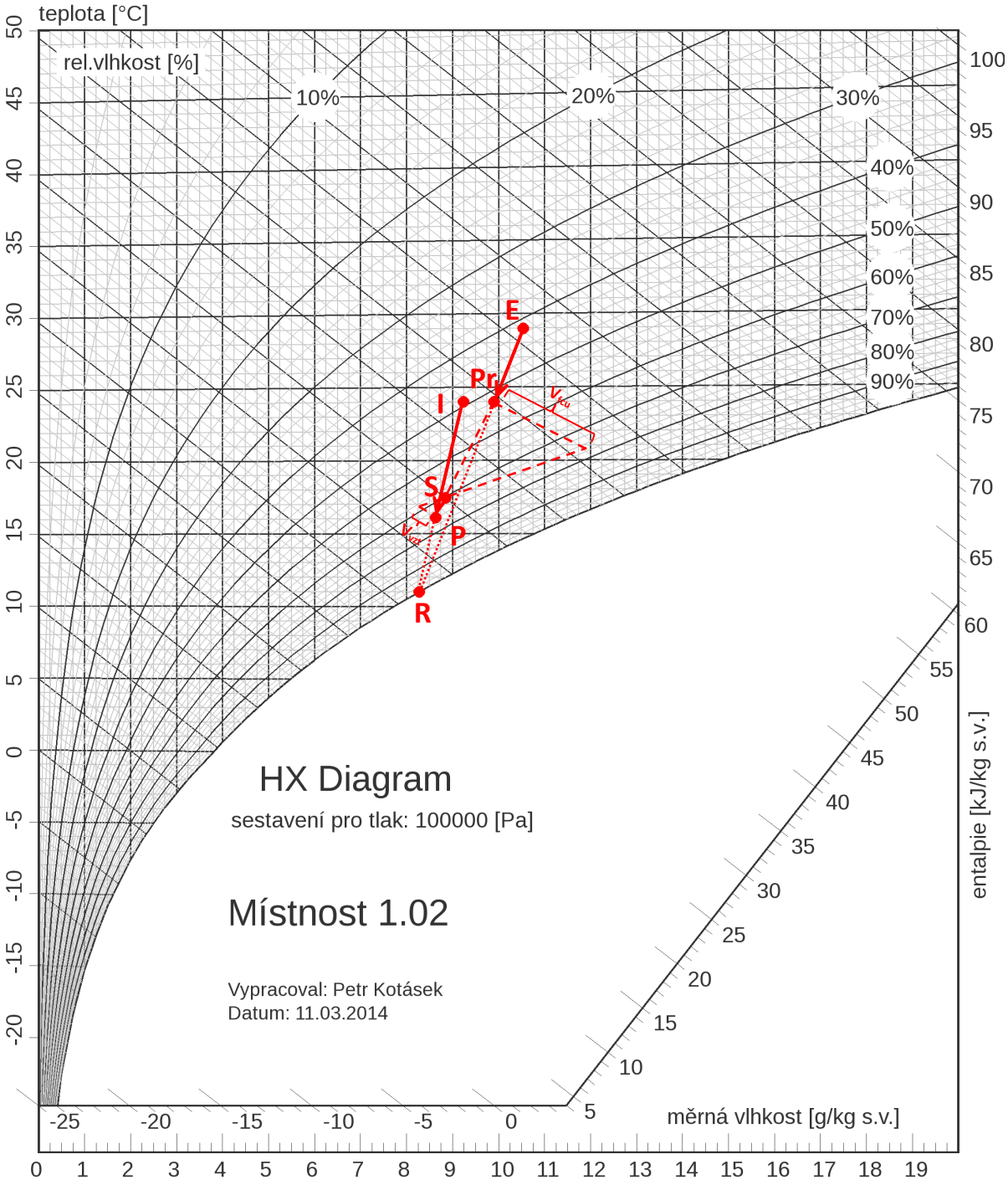
$\chi_{s,hx}$ … měrná vlhkost směsi stanovená z hx diagramu (Graf 4)

$\chi_s = \chi_{s,hx}$

$8{,}81 g/kg \doteq 8{,}8 g/kg$ → vyhovuje



Obr. 27 Schéma systému s fancoily [9]



Graf 4 hx diagram – úprava vzduchu fancoilem v místnosti 1.02

B.3.5 Návrh fancoilů do všech místností

Tab. 15 Navržené fancoily v místnostech

Číslo místnosti	Označení jednotky	stupeň otáček	ks	vypočtený objemový proud vzduchu	navržený objemový proud vzduchu	vypočtený chladicí výkon	navržený chladicí výkon
				V_{FCU}	$V_{FCU,skut}$	$Q_{,FCU}$	$Q_{,K,\ celkový}$
				[m³/h]	[m³/h]	[kW]	[kW]
1.02	GCS1.UW0.A05	3	3	1956,3	1980	5,269	7,056
1.04	GCS1.UW0.A05	3	4	2607	2640	7,023	9,408
2.03	GCS1.UW0.A05	2	11	4842,7	5280	13,043	20,328
3.03	GCS1.UW0.A05	2	11	4842,7	5280	13,043	20,328
4.03	GCS1.UW0.A05	2	11	4986,4	5280	13,430	20,328

B.3.6 Návrh chladiče VZT

Celkový přívod vzduchu VZT celého objektu

$V_{pr} = 405 + 505 + 3 \cdot 660 = \mathbf{2890 m^3/h = 0,802 m^3/s}$

Potřebný výkon chladiče

$Q_{pr} = V_{pr} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_e - t_{pr})$

Q_{pr} … potřebný výkon chladiče VZT [kW]

V_{pr} … průtok vzduchu chladičem VZT [kg/m³]

ρ … hustota vzduchu [kg/m³] (ρ = 1,2 kg/m³)

c … měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg.K)] (c = 1010 J/kg⁻¹.K⁻¹)

t_e … teplota exteriéru [°C]

t_{pr} … teplota přívodního vzduchu [°C]

$Q_{pr} = V_{pr} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_e - t_{pr}) = 0,802 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (29 - 24) = \mathbf{4860,1 W}$

$t_e = 29°C$

$t_{pr} = 24°C$ (je přiváděn vzduch o teplotě interiéru)

Potřebný průtok chladicí vody:

$$M = \frac{Q_{pr}}{c \cdot (\Delta t)}$$

M … průtok chladicí vody [kg/s]

Δt … rozdíl teplot na přívodu a zpátečce

Teplotní spád: 8/14°C (Δt=6 K)

$$M = \frac{Q_{pr}}{c \cdot (\Delta t)} = \frac{4860,1}{4180 \cdot 6} = \mathbf{0,194\ kg/s}$$

B.4 Návrh zdroje chladu

V práci jsou uvedeny tři varianty zdroje chladu: bloková chladicí jednotka, zdroj chladu s odděleným kondenzátorem a chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem ochlazovaným v otevřené chladicí věži. Ve výpočtové části je uveden návrh všech zařízení a výběr jedné z variant.

B.4.1 Bloková chladicí jednotka

Vstupní veličiny

Potřebný chladicí výkon: $Q_{ch,potřebný} = \mathbf{46,627\ kW}$

Návrh

Dle katalogu výrobce Daikin [19] navržen: DAIKIN EUWAP20KBZW1

Vybrané parametry jednotky jsou uvedeny v Tab. 16.

Tab. 16 Parametry blokové chladicí jednotky [19]

Skutečný chladicí výkon zdroje (pro $t_e = 35°C$ a $t_{m1} = 7°C$)	$Q_{ch,skutečný} = \mathbf{46,6\ kW}$
Skutečný chladicí výkon zdroje (pro $t_e = 35°C$ a $t_{m1} = 8°C$)	$Q_{ch,skutečný} = \mathbf{48,1\ kW}$
Příkon (pro $t_e = 35°C$ a $t_{m1} = 8°C$)	**17,9 kW**
Příkon (pro $t_e = 35°C$ a $t_{m1} = 7°C$)	**18,1 kW**
Počet kompresorů	**2**
Stupeň regulace	**0-50-100 %**
Průtok ochlazované vody	**134 l/min**
Objem vody	**3,9 l**
Tlaková ztráta vody na výparníku	**22 kPa**
Hladina akustického výkonu	**81 dBA**
Chladivo	**R - 407C**
Chladicí okruh - náplň	**5,9 kg**

Hydraulický modul

Čerpadlo	**CM10 - 2**		**Rozměry**	
Pojistný ventil	**3bar**		Výška	**1 541 mm**
Manometr	**Ano**		Šířka	**2 580 mm**
Vypouštěcí ventil / plnicí ventil	**Ano , ø15**		hloubka	**734 mm**
Uzavírací ventil	**Ano**			
Odvzdušňovací ventil	**Ano**			
Celkový objem vody	**10 l**			
Vyrovnávací nádrž	**ne**			
Expanzní nádoba - objem	**12 l**			

Elektrické specifikace

čerpadlo		kompresor		jednotka	
Fáze	3 ~	Fáze	3 ~	Rozběhový proud	99,2 A
Napětí	400 V	Napětí	400 V	Nominální proud	14,9 A
Maximální provozní proud	1,3 A	Rozběhový proud	95,5 A	Maximální provozní proud	18,2 A
		Jmenovitý provozní proud	10,7 A		
		Maximální provozní proud	14,0 A		

Obr. 28 Bloková chladicí jednotka

Obr. 29 Zdroj chladu s odděleným kondenzátorem

B.4.2 Návrh zdroje chladu s odděleným kondenzátorem

Návrh zdroje chladu je proveden na základě potřebného chladicího výkonu vypočteného v kapitole B.2.11. Návrh kondenzátoru je uveden v kapitole B.5.5.

Vstupní veličiny

Potřebný chladicí výkon: $Q_{ch,potřebný} = \mathbf{46,627\ kW}$

Návrh

Dle katalogu výrobce Daikin [20] navržen:

DAIKIN EWLP055KBW1N

Vybrané parametry jednotky jsou uvedeny v Tab. 17.

Tab. 17 Parametry zdroje chladu s odděleným kondenzátorem [20]

Skutečný chladicí výkon zdroje (pro $t_{m,1} = 7°C$ a $t_k = 45°C$)	$Q_{ch,skutečný}$=53,7 kW
Skutečný chladicí výkon zdroje (pro $t_{m,1} = 8°C$ a $t_k = 45°C$)	**$Q_{ch,skutečný}$=54,9 kW**
Příkon (pro $t_{m,1} = 7°C$ a $t_k = 45°C$)	17.8 kW
Příkon (pro $t_{m,1} = 8°C$ a $t_k = 45°C$)	**17.8 kW**
Počet kompresorů	**2**
Stupeň regulace	**0 – 50 - 100 %**
Průtok ochlazované vody	**154 l/min**
Objem vody	**4,524 l**
Tlaková ztráta vody na výparníku	**22 kPa**
Hladina akustického výkonu	**67 dBA**
Chladivo	**R - 407C**

Elektrické specifikace

kompresor		**jednotka**	
Fáze	3 ~	Rozběhový proud	**127 A**
Napětí	**400 V**	Nominální proud	**28,7 A**
Rozběhový proud	**109 A**	Maximální provozní proud	**36 A**
Jmenovitý provozní proud	**14,3 A**		
Maximální provozní proud	**18 A**		

Rozměry

výška	**600 mm**
šířka	**600 mm**
hloubka	**1200 mm**

B.4.3 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem a otevřenou chladicí věži

Vstupní veličiny

Potřebný chladicí výkon: $Q_{ch,potřebný} = \mathbf{46,627\ kW}$

Návrh

Dle katalogu výrobce Daikin [20] navržen: DAIKIN EUWAP20KBZW1

Vybrané parametry jednotky jsou uvedeny v Tab. 18.

Tab. 18 Parametry zdroje chladu s vodou chlazeným kondenzátorem [20]

Skutečný chladicí výkon zdroje (pro $t_{m1} = 7°C$ a $t_{w2} = 35°C$)	$Q_{ch,skutečný} = 56$ kW
Skutečný chladicí výkon zdroje (pro $\boldsymbol{t_{m1} = 8°C}$ a $\boldsymbol{t_{w2} = 38°C}$)	$\boldsymbol{Q_{ch,skutečný} = 56,2kW}$
Výkon na kondenzátoru: (pro $t_{m1} = 7°C$ a $t_{w1} = 35°C$)	$Q_{k,skutečný} = 71{,}4$ kW
Výkon na kondenzátoru: (pro $\boldsymbol{t_{m1} = 8°C}$ a $\boldsymbol{t_{w1} = 38°C}$)	$\boldsymbol{Q_{k,skutečný} = 72,7\ kW}$
Příkon (pro $t_{m1} = 7°C$ a $t_{w1} = 35°C$)	15.50 kW
Příkon (pro $\boldsymbol{t_{m1} = 8°C}$ a $\boldsymbol{t_{w1} = 38°C}$)	16,52 kW
Počet kompresorů	2x JT300D A-YE
Stupeň regulace	$0 - 50 - 100\%$
Průtok ochlazované vody (na výparníku)	161 l/min
Průtok ochlazované vody (na kondenzátoru)	205 l/min
Hladina akustického výkonu	67 dBA
Chladivo	R - 407C
Množství chladiva	4,6 kg

Hydraulický modul

Rozměry	
Výška	**1 541 mm**
Šířka	**2 580 mm**
Hloubka	**734 mm**

Elektrické specifikace

kompresor		jednotka	
Fáze	3 ~	Rozběhový proud	127 A
Napětí	400 V	Nominální proud	26,2 A
Rozběhový proud	109 A	Maximální provozní proud	36 A
Jmenovitý provozní proud	13,1 A		
Maximální provozní proud	18 A		

Návrh chladicí věže

Výkon na kondenzátoru: $Q_{k,skutečný} = \mathbf{72,7\ kW}$

Teplota exteriéru: $t_e = 35°C \;\; \varphi = 50\%$

Navržený teplotní spád kondenzátorové vody: $\mathrm{t_{k1}/t_{k2}} = 38/32\,°C$

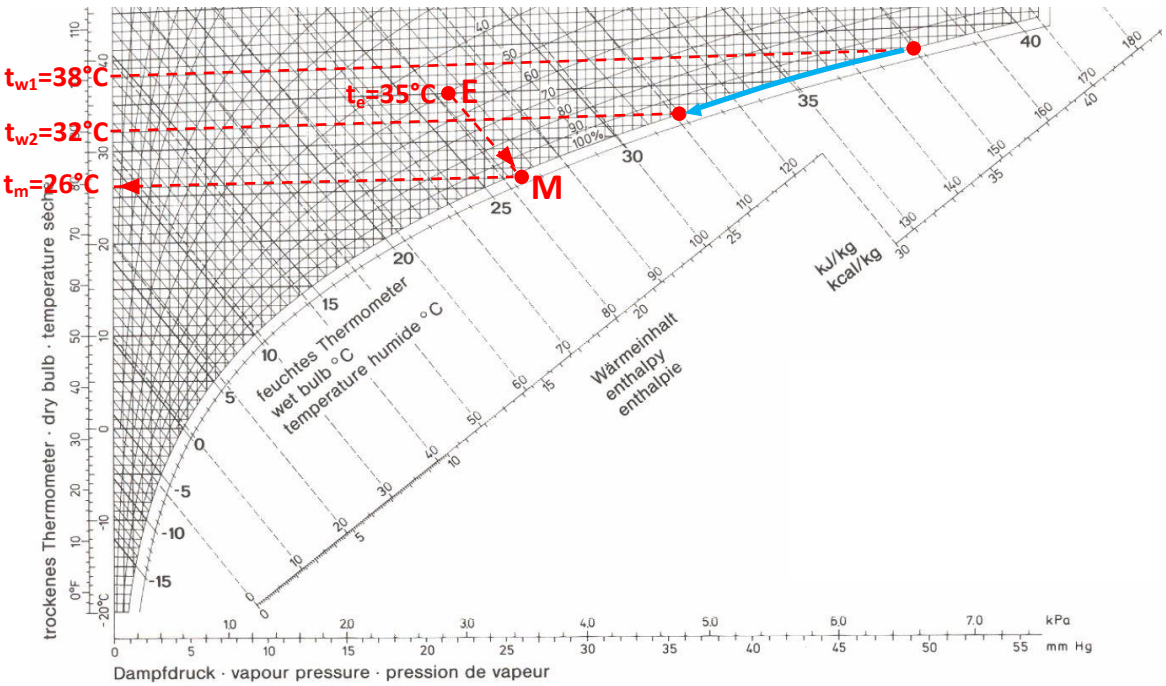
$$m_k = \frac{\mathrm{Q}_k}{c \cdot \rho \cdot (\mathrm{t}_{k1} - \mathrm{t}_{k2})}$$

m_k … minimální průtok vody kondenzátorem [l/s]

ρ … hustota vzduchu [kg/m^3] (ρ = 1,2 kg/m^3)

c … měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/(kg.K)] (c = 1010 J/kg^{-1}.K^{-1})

$$m_k = \frac{\mathrm{Q}_k}{c \cdot \rho \cdot (\mathrm{t}_{k1} - \mathrm{t}_{k2})} = \frac{72,7}{4,18 \cdot 1000 \cdot (38 - 32)} = 0,00289 m^3/s = 2,89\ l/s$$



Graf 5 Hx diagram – chladicí věž

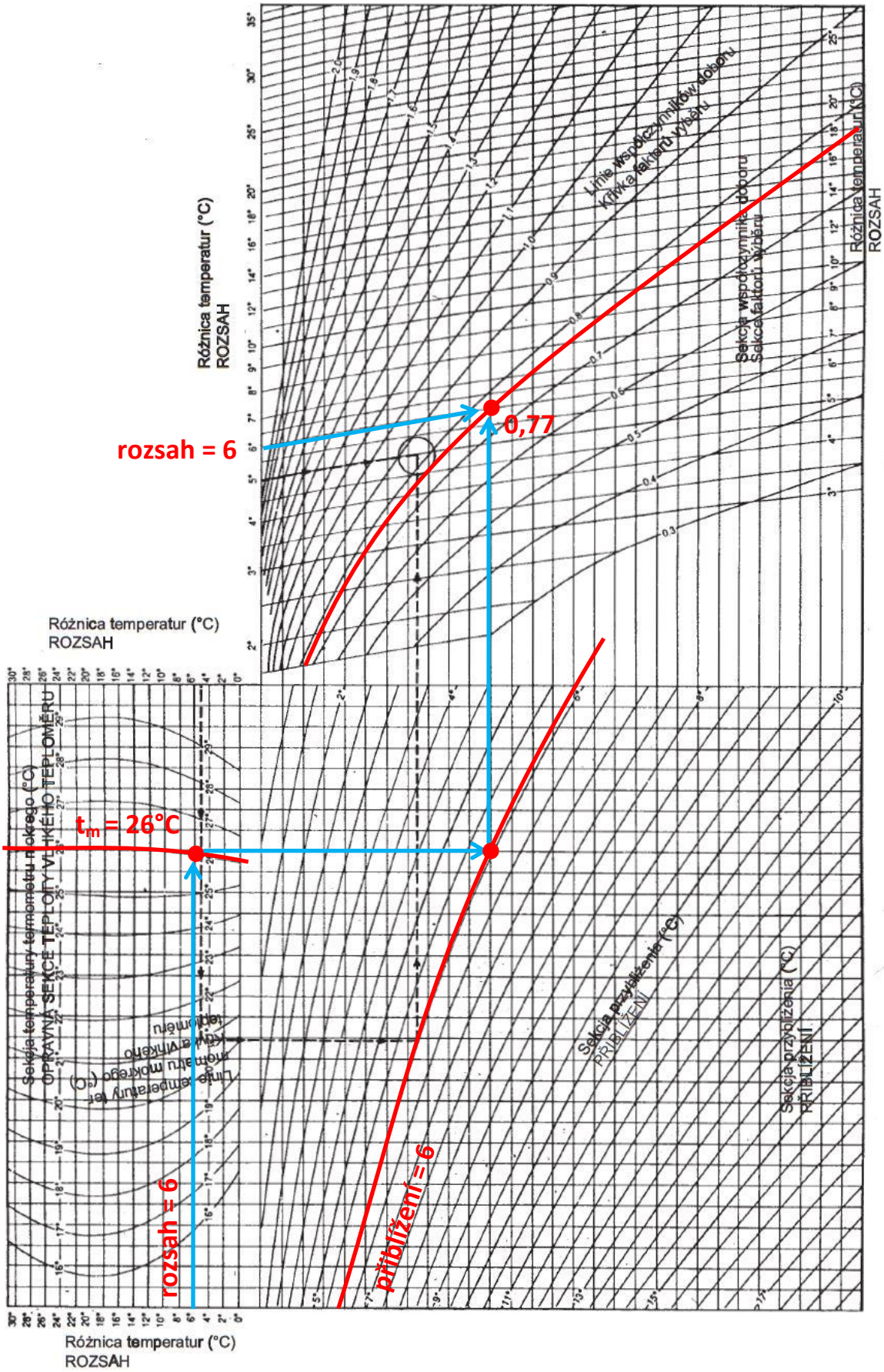
teplota mokrého teploměru: $t_m = 26°C$ - odečtena z hx diagramu (Graf 5)

$$\text{rozsah} = \mathrm{t}_{w1} - \mathrm{t}_{w2}$$

$$38 - 32°C = 6\ K$$

$$\text{přiblížení} = \mathrm{t_{w2}} - \mathrm{t_m}$$

$$32 - 26°C = 6\ K$$

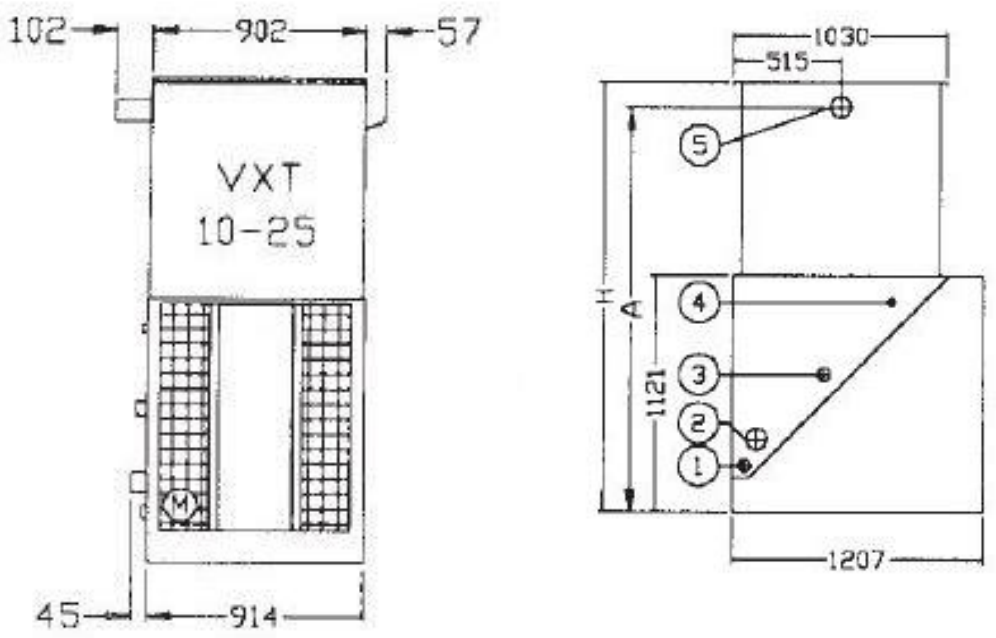


Graf 6 Návrh chladicí věže [31]

Tab. 19 Výběr chladicí věže [31]

MODEL / TYP																Współczynnik doboru / FAKT
	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1,00	1,05	1.10	1.15
VXT-10	6.62	5.87	5.30	4.73	4.23	3.85	3.47	3.22	2.84	2.59	2.27	2.08	1.89	1.64	N.A	N.A.
VXT-15	8.20	7.26	6.62	5.93	5.43	4.92	4.54	4.23	3.85	3.60	3.28	3.09	2.84	2.59	2.33	2.15
VXT-20	8.52	8.52	8.08	7.32	6.69	6.12	5.68	5<30	4.92	4.61	4.23	4.04	3.79	3.53	3.28	3.09
VXT-25	8.52	8.52	8.52	8.52	8.01	7.32	6.81	6.37	5.93	5.62	5.24	5.05	4.73	4.48	4.23	4.04
VXT-30	16.40	14.83	13.31	12.11	10.98	9.97	9.27	8.58	7.82	7.32	6.62	6.18	5.68	5.24	4.73	4.35
VXT-40	17.67	17.67	16.09	14.70	13.50	12.37	11.55	10.73	9.91	9.34	8.58	8.08	7.57	7.07	6.62	6.25
VXT-45	17.67	17.67	17.67	16.02	14.70	13.56	12.74	11.80	10.98	10.35	9.65	9.08	8.52	8.01	7.57	7.07
VXT-55	17.67	17.67	17.67	17.67	17.54	16.09	15.02	14.07	13.12	12.43	11.67	11.10	10.41	9.99	9.40	8.90
VXT-65	27.13	27.13	25.87	23.53	21.64	19.87	18.42	17.16	15.84	14.89	13.94	13.12	12.30	11.55	10.85	10.16
VXT-70	27.13	27.13	27.13	24.98	23.15	21.26	19.81	18.36	16.97	15.90	14.89	14.07	13.25	12.49	11.80	11.04
VXT-75	27.13	27.13	27.13	26.50	24.42	22.46	20.95	19.56	18.10	17.03	15.90	15.08	14.20	13.44	12.74	11.99
VXT-85	27.13	27.13	27.13	27.13	27.13	24.98	23.34	21.77	20.31	19.18	17.92	16.91	16.09	15.08	14.38	13.69

Navržena: **Otevřená chladicí věž VXT-15**



Obr. 30 Nákres otevřené chladicí věže [31]
1. Otvor pro vypouštění ND 50; 2. Výstup ochlazené vody, 3. Přepad ND 50; 4. Doplňování vody, 5. Vstup oteplené vody; 6. Vstupní dvířka

B.4.4 Vyhodnocení studií

Do objektu je navržen vzduchem chlazený zdroj chladu s odděleným kondenzátorem. Umožňuje snadnou instalaci a bezúdržbový provoz. Na rozdíl od blokové chladicí jednotky umožňuje celoroční provoz, což vzhledem k velkým proskleným plochám objektu může být zapotřebí. Vodou chlazený kondenzátor s otevřenou chladicí věží se jeví jako poměrně náročný na údržbu a pro navrhovaný výkon nebude z důvodu vysoké náročnosti na úpravu vody ekonomicky výhodný.

V dalších výpočtech a v projektové části je proto uvažováno s variantou zdroje chladu s odděleným kondenzátorem. Ostatní varianty jsou ve výkresové části přiloženy jako studie.

B.5 Volba odpařovací teploty a volba vhodného chladiva, chladicí okruh

B.5.1 Vstupní veličiny

Potřebný chladicí výkon [kW] – dle kapitoly B.2.11

$Q_{ch,potřebný} = \mathbf{46,627\ kW}$

Teplotní spád chladicí vody [°C] – dle kapitoly B.3.2

$t_{w1}/t_{w2} = 8/14\,°\mathrm{C}$

Teplota exteriéru [°C] – stanovena s ohledem na umístění kondenzátoru

$t_e = \mathbf{35°C}$ (kondenzátor umístěn na ploché střeše)

B.5.2 Volba chladiva

Na základě volby zdroje chladu v kapitole B.4 bylo zvoleno chladivo R – 407C. Jak je vidět v diagramu (Graf 7) chladivo se vyznačuje teplotním skluzem. Izobara není v oblasti mokré páry izotermou. Teplota během vypařování mírně vzrůstá a při kondenzaci klesá.

	Crankcase heater		W	33		
	Oil	Charged volume	l	1.5	2.7	
Refrigerant	Type			R-407C		
	Control			Thermostatic expansion valve		
	Circuits	Quantity		1		2
Refrigerant oil	Type			EVC68D		

Obr. 31 Volba chladiva [20]

B.5.3 Volba vypařovací a kondenzační teploty

$t_0 = t_{w,1} - \delta_{(m)}$

t_o … vypařovací teplota [°C]

$t_{w,1}$ … teplota výstupní vody [°C] – dle kapitoly B.3.2

$\delta_{(m)}$ … teplotní spád na výměníku [K] – volíme 3K

$t_0 = t_{m,1} - \delta_{(m)} = 8 - 3 = \mathbf{5°C}$

t_k … kondenzační teplota [°C] - stanovena dle ideální kondenzační teploty zdroje chladu

$t_k = \mathbf{45°C}$

B.5.4 Výpočet potřebného výkonu kondenzátoru

B.5.4.1 Ruční výpočet

Uvažujeme Clausius-Rankinův cyklus – s adiabatickou kompresí. Chladicí okruh byl sestrojen v ph diagramu (Graf 7), ze kterého byly odečteny hodnoty tlaků a entalpií.

Vstupní veličiny

Vypařovací teplota: $t_0 = \mathbf{5°}$ Vypařovací tlak: $p_0 = \mathbf{540\ kPa}$

Kondenzační teplota: $t_k = \mathbf{45°C}$ Kondenzační tlak: $p_k = \mathbf{1700\ kPa}$

Skutečný chladicí výkon na výparníku: $Q_{ch,skutečný} = \mathbf{54,9\ kW}$

Entalpie stavu 1: $h_1 = \mathbf{416\ kJ/kg}$

Entropie stavu 1 a 2: $s_1 = s_2 = \mathbf{1790\ J/kg \cdot K}$

Entalpie stavu 2: $h_2 = \mathbf{445\ kJ/kg}$

Entalpie stavu 3 a 4: $h_3(h_4) = \mathbf{263\ kJ/kg}$

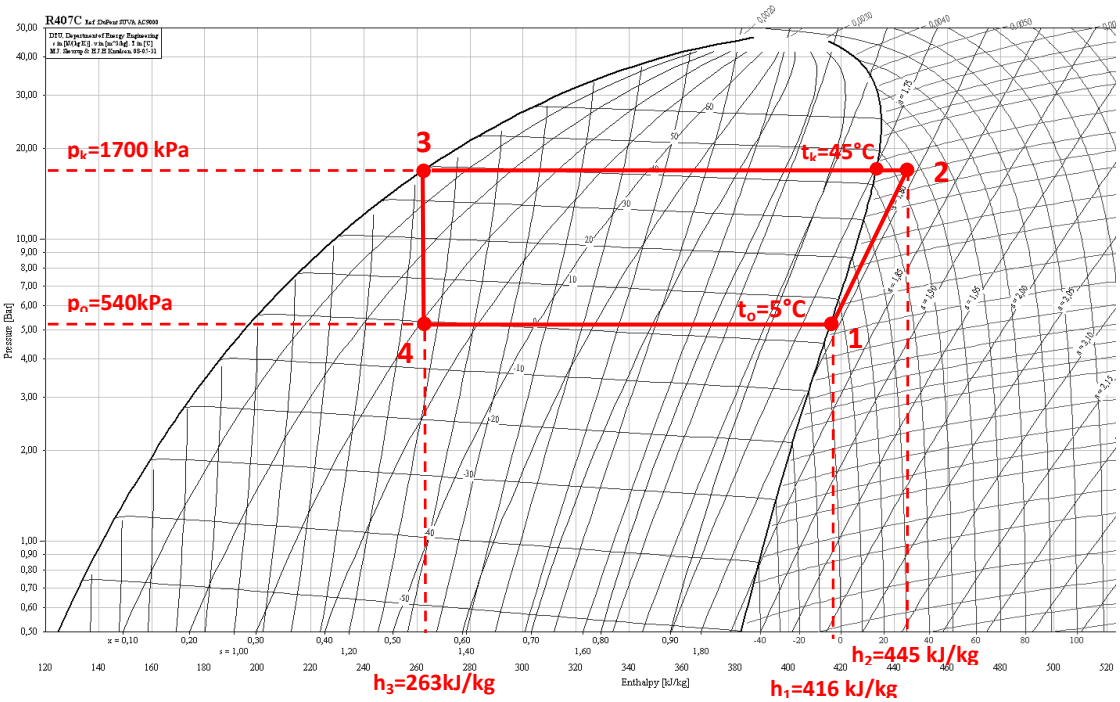
Rozdíl entalpií: $q_m = h_1 - h_3(h_4) = 416 - 263 = \mathbf{153\ kJ/kg}$

hmotnostní průtok: $m = \frac{Q_{ch,potřebný}}{q_m} = \frac{54,9}{153} = \mathbf{0,358\ kg/s}$

Měrná izoentropická práce: $a_{ie} = h_2 - h_1 = 445 - 416 = \mathbf{29\ kg/s}$

Izoentropický příkon: $P_{ie} = m \cdot a_{ie} = 0,359 \cdot 29 = \mathbf{10,411\ kg/s}$

Potřebný výkon kondenzátoru: $Q_k = Q_{ch,potřebný} + P_{ie} = 54,9 + 10,411 = \mathbf{65,311\ kg/s}$



Graf 7 ph – diagram chladicího okruhu pro ruční výpočet

B.5.4.2 Výpočet softwarem

Pro výpočet byl použit software Solkane [29]

Vstupní hodnoty

Chladivo **R - 407C**

Vypařovací teplota: $t_0 = \mathbf{5°C}$

Kondenzační teplota: $t_k = \mathbf{45°C}$

Chladicí výkon zdroje: $Q_{ch,skutečný} = \mathbf{54,9}\boldsymbol{kW}$

SOLVAY FLUOR UND DERIVATE GMBH

Solkane® 407C

Single-stage process

Evaporator

Refrigerating cap.	:	54,9 kW
Temperature	:	5,00 °C
Superheating	:	7,00 K
Pressure drop	:	0,00 bar

Condenser

Temperature	:	45,00 °C
Subcooling	:	5,00 K
Pressure drop	:	0,00 bar

Compressor

Isentr. efficiency	:	0,800

Suction line

Superheat	:	0,00 K
Pressure drop	:	0,00 bar

Discharge line

Temperature loss	:	0,00 K
Pressure drop	:	0,00 bar

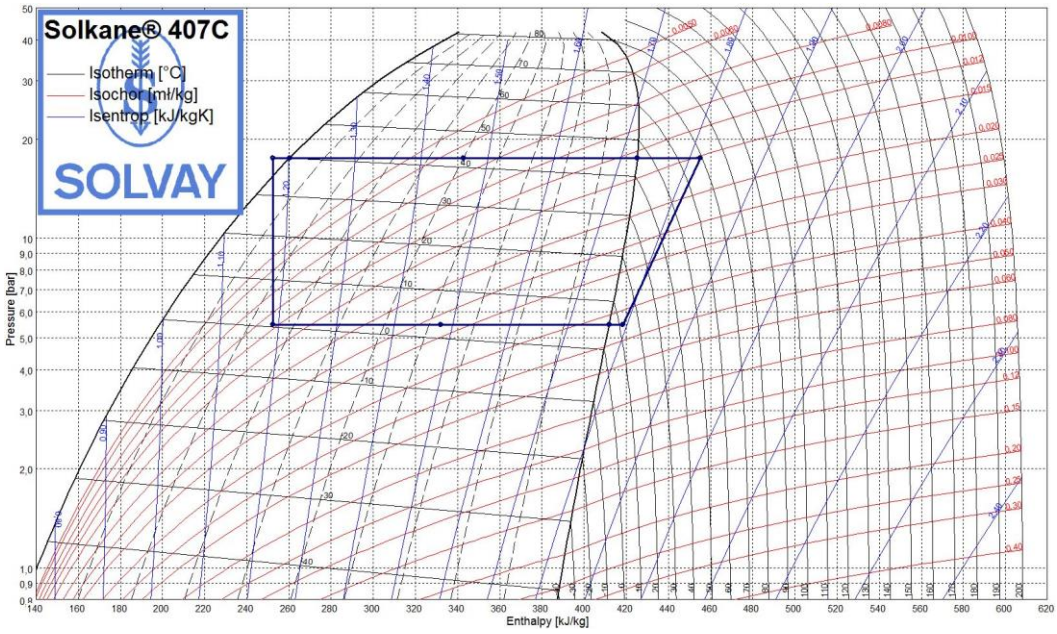
Point	p bar	t °C	v dm³/kg	h kJ/kg	s kJ/(kgK)	x --
1	5,47	12,00	44,65	418,51	1,7939	
2s	17,54	63,09	14,66	447,90	1,7939	
2	17,54	69,39	15,26	455,25	1,8156	
3	17,54	69,39	15,26	455,25	1,8156	
3'	17,54	45,00	12,69	425,29	1,7248	
3"4'm	17,54	42,56	6,82	342,84	1,4634	
4'	17,54	40,11	0,94	260,39	1,2020	
4	17,54	35,11	0,92	252,42	1,1765	
5	5,47	0,40	11,46	252,42	1,1904	0,253
56"m	5,47	2,70	27,19	332,14	1,4804	
6"	5,47	5,00	42,92	411,86	1,7703	
6	5,47	12,00	44,65	418,51	1,7939	

Power

Condenser	:	67,0 kW
Compressor	:	12,1 kW
Suction line	:	0,000 kW
Discharge line	:	0,000 kW
Pressure ratio	:	3,21
Pressure difference	:	12,07 bar
Mass flow	:	330,55 g/s
Volume flow (Suction line)	:	53,13 m³/h
Volum. capacity	:	3720 kJ/m³
COP	:	4,52

Obr. 32 Výstupy ze softwaru Solkane [29]

Potřebný výkon kondenzátoru: $Q_{k,potřebný} = \mathbf{67,0}\boldsymbol{kW}$



Graf 8 ph diagram chladicího okruhu v softwaru Solkane [29]

B.5.5 Návrh kondenzátoru

Návrh byl proveden softwarem GEA Goedhart [30]

Vstupní hodnoty

svislé proudění vzduchu

chladivo: R-407C

teplota vzduchu na vstupu: t_e=35°C

kondenzační teplota: t_k=45°C

Požadovaný výkon kondenzátoru: $Q_{k,požadovaný}$=67,0 kW

Navýšení výkonu na zános lamel kondenzátoru: 20% z $Q_{k,požadovaný}$ = 1,2 . 67,0 kW = 80,4 kW

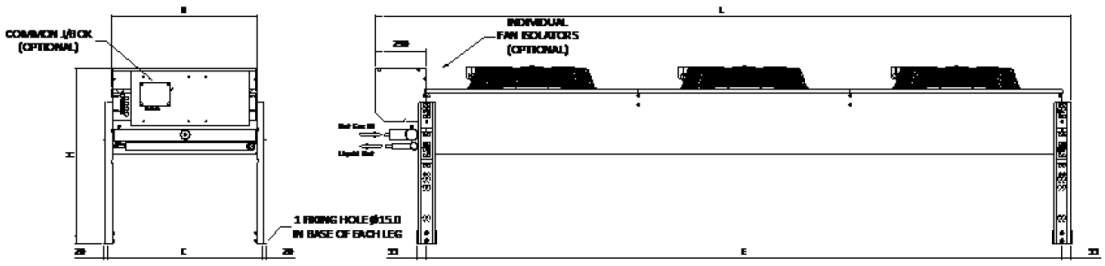
Návrh

GEA GOEDHART - KOAL-S-MEC134-N604D R-407C

Vybrané parametry navrženého kondenzátoru jsou uvedeny v Tab. 20. Další informace o zařízení jsou k dispozici v příloze E.

Tab. 20 Parametry kondenzátoru [30]

Výkon kondenzátoru		81,7 kW
Průtok vzduchu		39 168 m^3/h
Teplota vzduchu na vstupu		35,0°C
Chladivo		R - 407C
Kondenzační teplota		45°C
Hladina akustického výkonu		63 dBA
Počet ventilátorů		3
Rozměry	Délka	3944 mm
	Hloubka	1101mm
	Výška	1070 mm



Obr. 33 Nákres kondenzátoru [30]

B.6 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí

B.6.1 Dimenzování

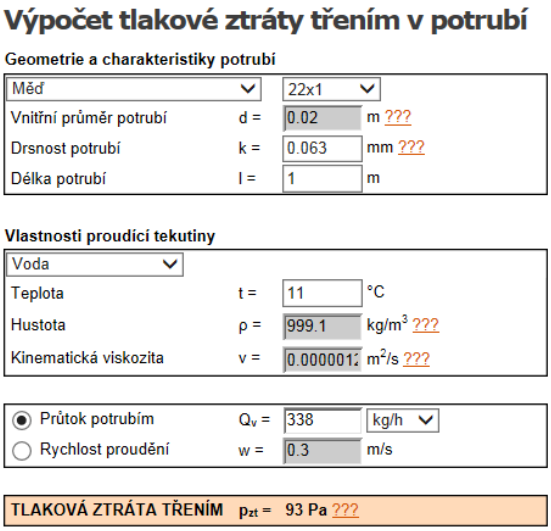
Z hlediska dimenzování jsou v objektu navrženy 4 hydraulické okruhy:

- Základní okruh - vede z rozdělovače ke všem jednotkám fancoil v objektu
- Okruh k chladiči vzduchotechnické jednotky
- Okruh mezi zásobníkem chladu a výparníkem
- Okruh boční filtrace

Základní okruh má 8 větví: (hlavní větev – místnost 1.04, Místnost 1.02, 4NP –SZ fasáda, 3NP – SZ fasáda, 2 NP – SZ fasáda, 4NP – JV fasáda, 3NP – JV fasáda, 2NP – JV fasáda)

Cílem dimenzování bylo navrhnout dimenze potrubí v jednotlivých úsecích, dále stanovit tlakové ztráty jednotlivých úseků a větví a ty vzájemně vyregulovat tak, aby tlaková ztráta ke všem spotřebičům chladu byla stejná.

Dimenze potrubí jednotlivých úseků byly navrženy s ohledem na rychlost proudění. Rychlost proudění se směrem ke zdroji chladu zvyšuje. V pobytových místnostech je rychlost max. 1,0m/s, ve strojovně pak nepřesahuje 1,5m/s. Pro stanovení rychlostí proudění pro daný průtok a dimenzi bylo použito softwaru na webu tzb-info [36] viz Obr. 34.



Obr. 34 Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí [36]

Tab. 21 Dimenzační tabulka hlavní větve základního okruhu

ZÁKLADNÍ OKRUH - Místnost 1.04

č. ú.	Q	M	l	DN	R	w	R.l	Ztráty místními odpory			Z	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních			R.l+Z+Δp	ΔpDIS
	(W)	(kg/h)	(m)	Dxt	(Pa/m)	(m/s)	(Pa)	ξ - kolena, t-kusy, redukce, ventily		∑ξ	(Pa)	Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	(Pa)	(Pa)
1	2352	338	10,30	22x1	93	0,3	**957,9**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	355,5	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1800+3300+2300	**7400**	**8713,4**	**8713,4**
2	4704	675	10,00	28x1,5	105,8	0,38	**1058,0**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	(2*1,5)+0,6+0,3+(2*1)	**5,9**	426,0				**1484,0**	**10197,4**
3	7056	1013	6,10	35x1,5	66,4	0,35	**405,0**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	275,6				**680,7**	**10878,0**
4	9408	1350	10,60	35x1,5	112,7	0,47	**1194,6**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 2x redukce, 2x kulový kohout	3+1,5+(2*1)+0	**6,5**	717,9	regulační ventil STAD (nastavení 3)	2200	**2200**	**4112,5**	**14990,6**
5	16464	2363	6,80	42x1,5	116,3	0,55	**790,8**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	(2*1,0)+0,6+0,3+(2*1)	**4,9**	741,1				**1532,0**	**16522,6**
6	25704	3690	0,20	54x2	76,6	0,52	**15,3**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	0,6+0,3+(2*1)	2,9	392,1				**407,4**	**16930,0**
7	33096	4751	7,00	57x2	92,4	0,6	**646,8**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	0,6+0,3+(2*1)	**2,9**	522,0				**1168,8**	**18098,8**
8	42336	6077	0,20	64x2	79	0,6	**15,8**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	162,0				**177,8**	**18276,6**
9	49728	7138	6,80	64x2	104,8	0,7	**712,6**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	220,5				**933,1**	**19209,7**
10	58968	8464	0,20	64x2	143,6	0,83	**28,7**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	310,0				**338,7**	**19548,4**
11	66360	9525	24,95	64x2	180,8	0,94	**4511,0**	10x koleno, 2x redukce	10*0,5+(2*2)	9	3976,2				**8487,2**	**28035,6**
12	66360	9525	5,03	DN50	427,1	1,29	**2148,3**	8x koleno, 4x kulový kohout, zpětná klapka, 2x gum. Kompenzátor, napojení na rozdělovač, napojení na sběrač	(8*0,5)+(4*0)+3,8+(2*2)+0,5+0,5	12,8	10650,2	filtr	2800	**2800**	**15598,6**	**43634,1**
13	71220,1	10223	1,62	DN50	485,7	1,38	**786,8**	3x koleno, T-kus průchod - spojení, 2x kulový kohout, 2x gum. kompenzátor, vtok do zásobníku, výtok ze zásobníku	(3*0,5)+0,6+(2*0)+(2*2)+1+1	8,1	7712,8				**8499,7**	**52133,8**

V Tab. 21 je uvedeno dimenzování hlavní větve základního okruhu - od nejvzdálenějšího výměníku fancoil v místnosti 1.04 k zásobníku chladu ve strojovně chlazení. Tlakové ztráty všech úseků včetně navržených škrtících a vyvažovacích ventilů a jejich příslušného přednastavení je uvedeny dimenzačních tabulkách v příloze F.

B.6.2 Tlakové ztráty třením v potrubí

$$\text{tlaková ztráta třením potrubí} = R \cdot l$$

R … měrná tlaková ztráta třením v potrubí [Pa/m] – hodnoty stanoveny ze softwaru na webu tzb-info [36] – viz. Obr. 34

l … délka potrubí [m] – stanovena dle výkresové dokumentace

B.6.3 Tlakové ztráty místními odpory

Ztráty místními odpory vznikají tam, kde se mění průřez nebo směr potrubí. Jedná se tedy o kolena, T-kusy, ventily, redukce a další.

$$Z = \frac{\sum \xi \cdot w^2}{2} \cdot \rho$$

Z … tlaková ztráta místními odpory třením v potrubí [Pa]

ξ … součinitel místního odporu [-] – hodnoty stanoveny dle [41]

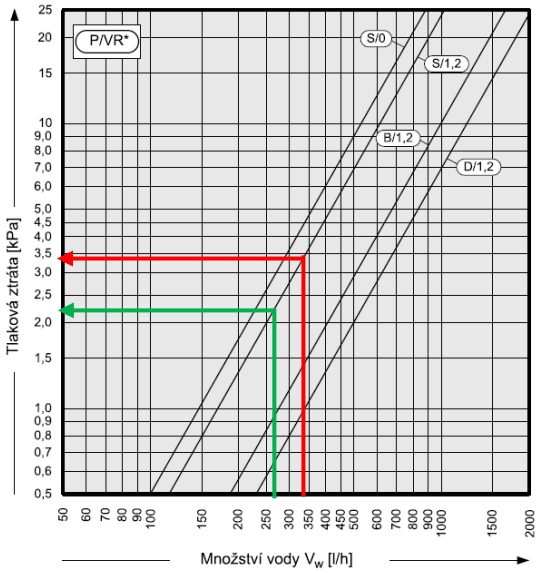
w … rychlost proudění [m/s]

ρ … hustota vody [kg/m^3] – uvažováno 1000kg/m^3

B.6.4 Tlakové ztráty zařízení a armatur

B.6.4.1 Výměník fancoil

Z diagramu v katalogu výrobce (Graf 9) odečtena talková ztráty pro dva navrhované průtoky chladicí vody.



Graf 9 Tlaková ztráta výměníku fancoil [7]

Místnost 2.03, 3.03 a 4.03

Množství vody M=338kg/h

→ Tlaková ztráta 3300Pa

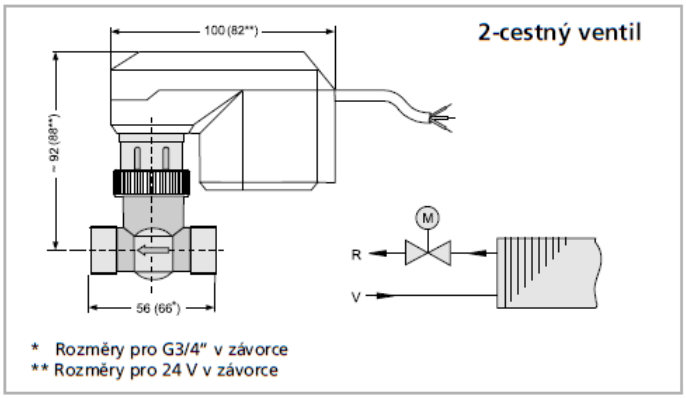
Místnost 1.02 a 1.04

Množství vody M=265kg/h

→ Tlaková ztráta 2200Pa

B.6.4.2 Regulační ventil

Na každé větvi ke spotřebiči chladu (výměník fancoil nebo chladič vzt jednotky) je z důvodu regulace navržen 2cestný regulační ventil. Ventil je řízen elektronicky pomocí systému MaR. Jeho tlaková ztráta je odečtena z katalogového listu výrobce (Graf 10)



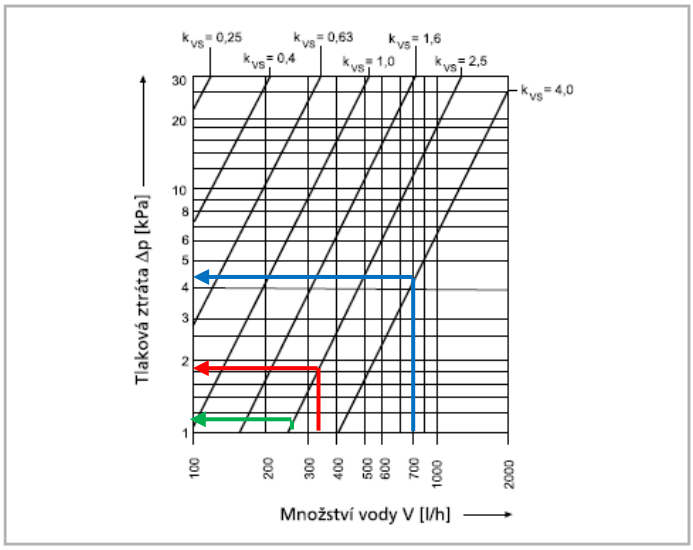
Obr. 35 Dvoucestný regulační ventil [7]

Tab. 22 Technické údaje regulačního ventilu [7]

Připojovací kabel, kryt pohonu z plastu, tělo ventilu z mosazi (G1/2"), popřípadě z červeného bronzu (G 3/4"), vřeteno a kužel z nerezové oceli.

Technické údaje	230 V~	24 V~
Jmenovitý tlak	1,6 MPa (16 bar)	
Max. přípustná teplota okolí	60 °C	
Max. teplota topné vody	110 °C	
Provozní napětí	230 V~/50/60Hz	24 V~/50/60Hz
Příkon	7 VA	0,7 VA
Krytí	IP 43	
Doba chodu	120 s / 50Hz 100 s / 60Hz	150 s / 50Hz 125 s / 60Hz

Je přípustná voda s max. 50% glykolu. Pohon nemontovat hlavicí dolů.



Graf 10 Tlaková ztráta regulačního ventilu [7]

Tab. 23 Připojovací rozměry regulačních ventilů [7]

Připojovací rozměry ventilů		
k_{vs} m³/h	Δp_{max} [1] kPa	vněj. závit ventilu
0,25	1600/800 [2]	G 1/2"
0,40	1600/800 [2]	G 1/2"
0,63	1600/800 [2]	G 1/2"
1,0	1200/250 [2]	G 1/2"
1,6	1200/250 [2]	G 1/2"
2,5	400/100 [2]	G 3/4"
4,0	400/100 [2]	G 3/4"

[1] max. přípustná tlaková diference, při níž ventil ještě proti tlaku zavírá (2-cestné ventily)
[2] pro 3-cestné ventily

Fancoly v místnostech 1.02 a 1.04: Množství vody M=338kg/h → Tlaková ztráta 1800Pa

Fancoily v místnostech 2.03, 3.03 a 4.03: Množství vody M=265kg/h → Tlaková ztráta 1100Pa

Chladič VZT jednotky: Množství vody M=698kg/h → Tlaková ztráta 4100Pa

B.6.4.3 Škrtící ventil

Umožňují hydraulické vyregulování tlakových ztrát jednotlivých úseků v rámci jedné větve chladicí soustavy mezi sebou. Škrtící ventily jsou navrženy spolu s regulačním ventilem v úseku, který vede ke spotřebiči chladu (výměník fancoil nebo chladič vzt jednotky). Tlaková ztráta při jednotlivých přednastaveních ventilu je odečtena z katalogového listu výrobce (Graf 11).

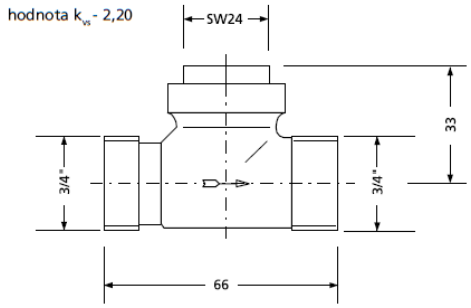
Tab. 24 Technické údaje škrtícího ventilu [7]

Podle jmenovité velikosti regulačního ventilu se montují uzavírací ventily s hodnotou k_{vs} = 1,45 nebo 2,20.

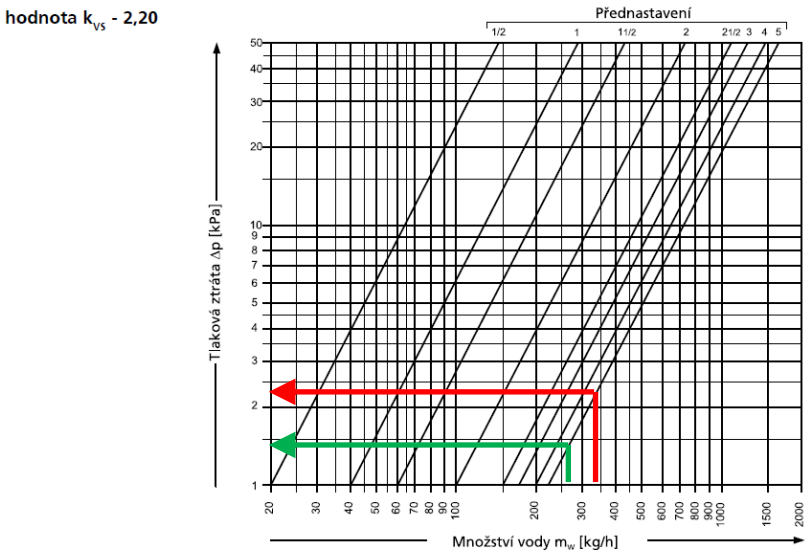
Technické údaje	
Jmenovitý tlak	1 MPa (10 bar)
Max. teplota topné vody	130 °C
Hodnota pH	8 - 9,5

Sériově se uzavírací ventily dodávají s převlečnou maticí a naplocho těsnícím vsazeným dílem (letovací vsuvkou):

Regulační ventil		Uzavírací ventil		
k_{vs} hodnota	připojovací závit	k_{vs}	připojovací závit	letovací vsuvka pro Cu-trubku
0,25-1,60	G 1/2"A	1,45	G 3/4"A	∅15
2,50-4,00	G 3/4"A	2,20	G 3/4 "A	∅15



Obr. 36 Škrtící ventil [7]



Přednastavení	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5
k_{vs} - hodnoty	0,2	0,4	0,6	1,0	1,5	1,7	2,0	2,2

Graf 11 Tlaková ztráta škrtícího ventilu [7]

Příklad tlakové ztráty

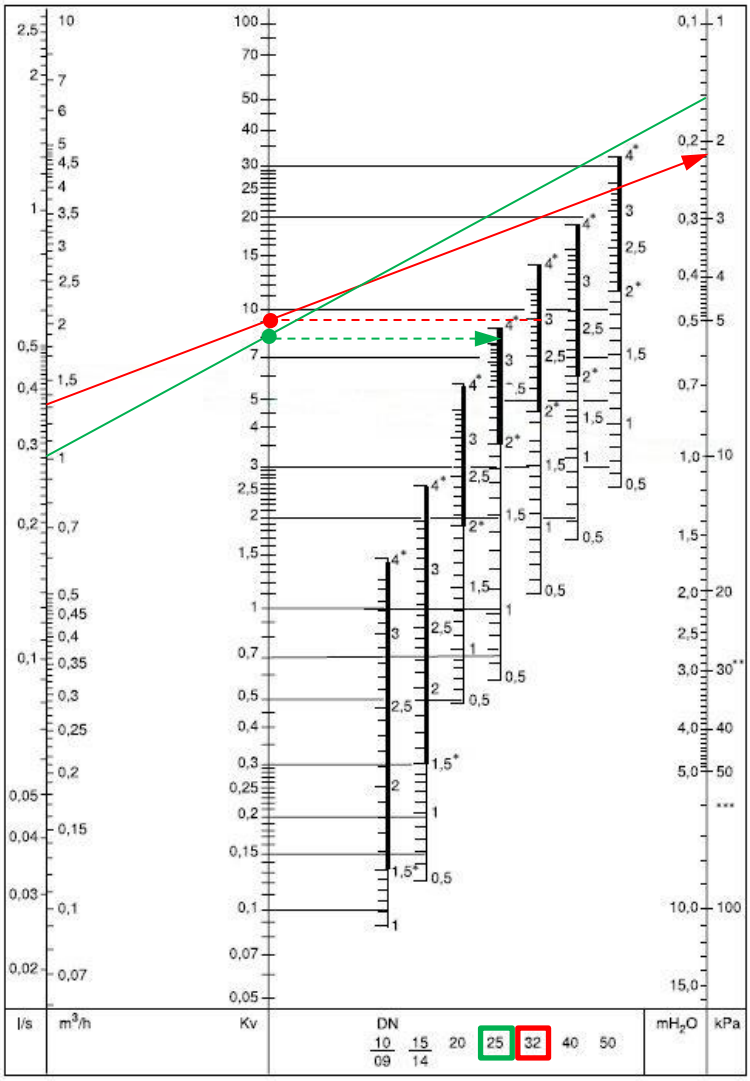
Množství vody M=338kg/h → přednastavení 5 → Tlaková ztráta 2300Pa

Množství vody M=265kg/h → přednastavení 5 → Tlaková ztráta 1450Pa

B.6.4.4 Vyvažovací ventil

Slouží pro přesné hydraulické vyregulování jednotlivých větví chladicí soustavy mezi sebou. Tlaková ztráta ventilů závisí na rozměrech potrubí, rychlosti proudění. Její velikost lze odečíst z diagramu tlakové ztráty (Graf 12).

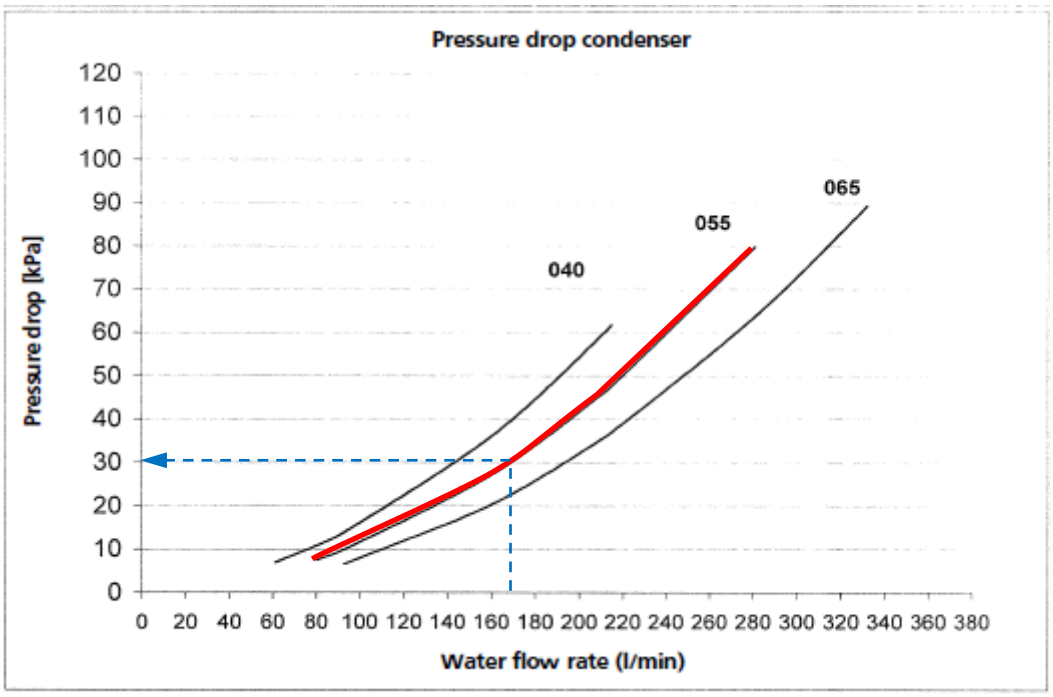
Obr. 37 Vyvažovací ventil STAD [32]



Graf 12 Tlaková ztráta vyvažovacích ventilů [32]

B.6.4.5 Zdroj chladu

Tlaková ztráta výparníku zdroje chladu potřebná pro dimenzování čerpadla v okruhu mezi zdrojem chladu a zásobníkem je určena z katalogového listu zdroje chladu (Graf 13).



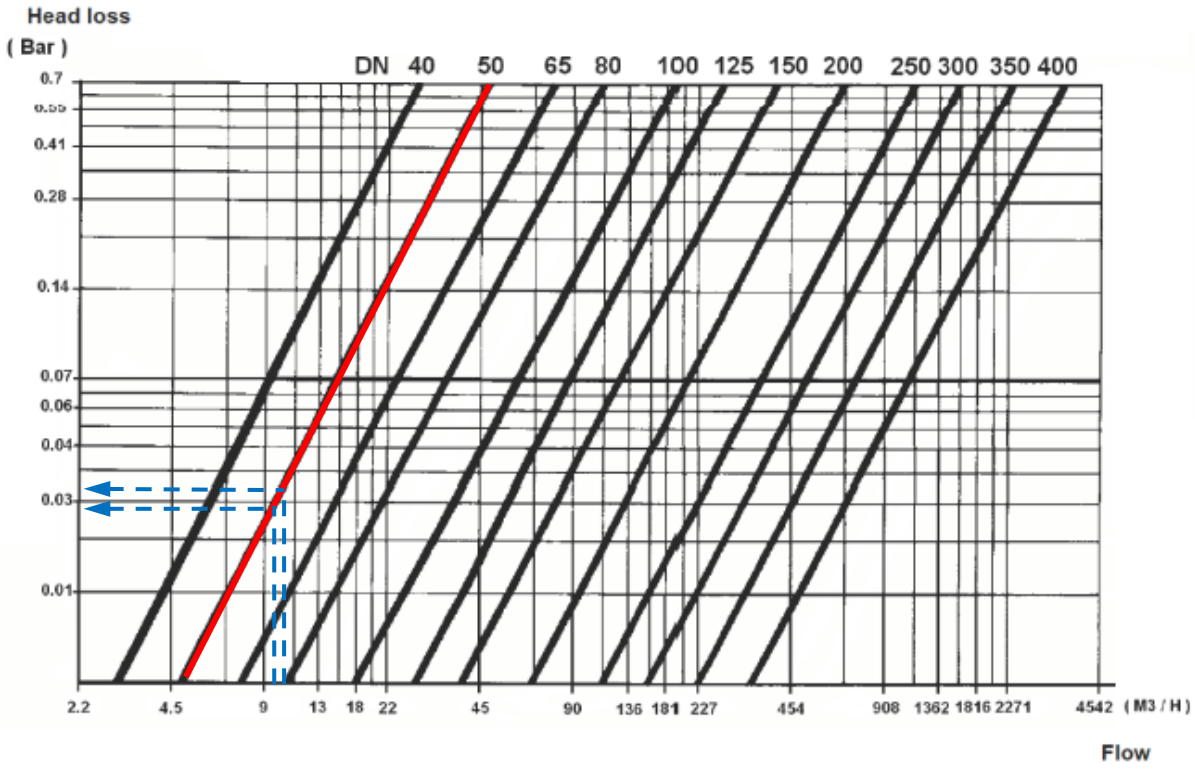
Graf 13 Tlaková ztráta výparníku zdroje chladu [20]

Průtok vody: 10223 kg/h = 170,3 l/min → Tlaková ztráta 30 kPa

B.6.4.6 Filtr

Přírubové filtry jsou v soustavě navrženy zejména tak, aby chránily čerpadla před nečistotami v potrubí. Jejich tlaková ztráta byla odečtena z katalogu výrobku (Graf 14).

Obr. 38 Přírubový filtr [33]



Graf 14 Tlaková ztráta filtru [33]

Průtok: 9525 kg/h → 0,033 bar = 3,3 kPa

Průtok: 10223 kg/h → 0,028 bar = 2,8 kPa

B.6.4.7 Boční filtrace

Boční filtrace slouží k mechanické filtraci chladicí vody, odstranění nerozpuštěných látek vniklých do chladicí vody. Filtrační okruh je napojen na vypouštěcí otvor v akumulačním zásobníku, kde se předpokládá sedimentace nečistot. Diskové filtry jsou vhodné pro instalaci do potrubí, kterým protéká kapalina, proto je okruh boční filtrace vybaven samostatným čerpadlem.

Obr. 39 Deskový filtr

Návrh

Dle stránek výrobce [34] je navržen Model 1,5“ short s parametry uvedenými v Tab. 25.

Tab. 25 Parametry deskového filtru [34]

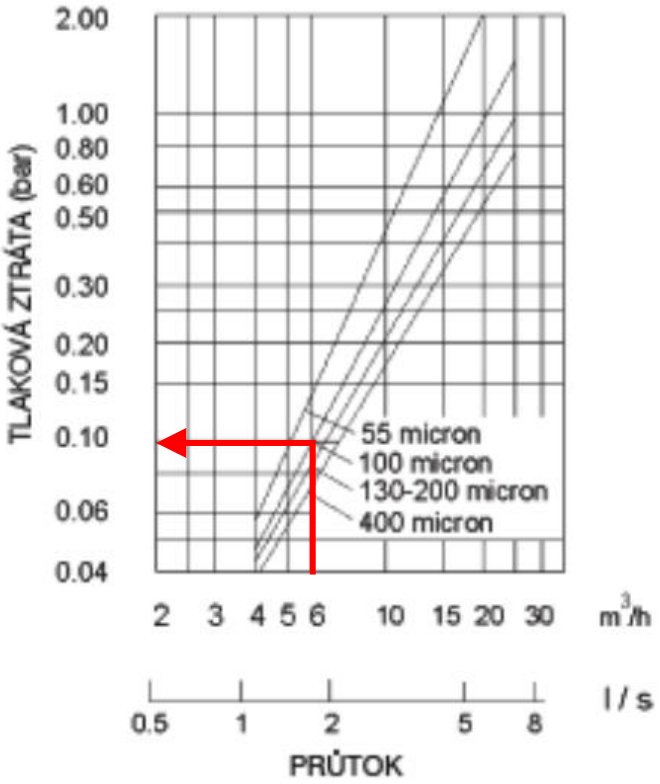
Model	Rozsah průtoků [m^3/h]	Filtrační plocha [cm^3]	Filtrační objem [cm^3]	délka filtru [mm]	průměr filtru [mm]	montážní šířka [mm]	Připojení (vnější závit), [palce]	Hmotnost prázdného filtru [kg]
1,5“ short	2 – 8	308	370	250	130	200	1,5“	1,1

Návrh filtrační selektivity disků: 110 mikronů

Návrh průtoku: 6m^3/h

Tlaková ztráta

Viz. Graf 15



Graf 15 Tlaková ztráta diskového filtru [34]

Návrhový průtok 6m^3/h → Tlaková ztráta 0,1bar = 10kPa

B.6.5 Návrh izolace potrubí

Vstupní veličiny

Teplota média: t_{in}=8°C

Teplota interiéru: t_{out}=24°C

Relativní vlhkost vzduchu: r_h=50%

Návrh

Návrh proveden pomocí softwaru na webu tzb-info [38]. Ukázkový výpočet je uveden na Obr. 40. Navržené tloušťky izolací pro jednotlivé tloušťky potrubí jsou uvedeny v Tab. 26.

Materiál

Kaučuková izolace K-FLEX EC λ_{iz} = 0,040 W/(m.K) – hodnota tepelné vodivosti určena dle technického listu výrobce [42].

Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu

Izolace

-- Vlastní hodnoty --

Rozměry izolace

Tloušťka s_{iz} = 30 mm

Souč. tepelné vodivosti λ_{iz} = 0,040 W / m K

Trubka

Měď

Rozměry trubky - 22x1

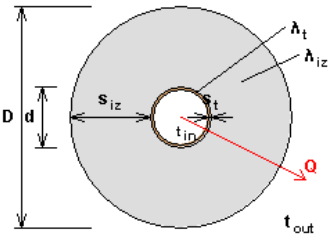
Průměr d = 22 mm

Tloušťka stěny s_t = 1 mm

Souč. tepelné vodivosti λ_t= 372 W / m K

Izolační trubice vhodná zejména pro izolování rozvodů chlazení, klimatizace a vzduchotechniky.
Izolace je vyrobena z vysoce kvalitního syntetického kaučuku s uzavřenou komůrkovou strukturou.
Montuje se pomocí lepidla PartiPren RS.
Barva černá.

Rozsah provozních teplot: od -40 °C do 105 °C



d = 22.0 mm

D = 82.0 mm

s_{iz} = 30.0 mm

D = d + 2 s_{iz} = 82 mm

Potrubí

Teplota média	t_{in} =	8	°C
Teplota v okolí potrubí	t_{out} =	24	°C
Relativní vlhkost vzduchu	rh =	50	% ???
Teplota rosného bodu	t_w =	13.5	°C
Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu	α_e =	10	W / m^2 K
Délka potrubí	l =	1	m

Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)	DN 20 - DN 32 => $U_{o,193/2007}$ = 0.18 W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	U_o = 0.178 ≤ 0.18 W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí	$t_{p,iz}$ = 22.9 °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace	q_p = -11.1 W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací	q_{iz} = -2.8 W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí	74 %
Střední spotřeba izolace	0.1634 m^2 - platí pro plošnou izolaci

Obr. 40 Výpočet tepelné izolace potrubí [38]

Tab. 26 Navržené tloušťky izolace pro jednotlivá potrubí

Potrubí	Tloušťka izolace	Součinitel prostupu tepla - vypočtený	Součinitel prostupu tepla – dle vyhl. 193/2007 [40]	Posouzení
22x1	30 mm	0,178	0,18	VYHOVUJE
28x1,5	40 mm	0,176	0,18	VYHOVUJE
35x1,5	50 mm	0,178	0,18	VYHOVUJE
42x1,5	30 mm	0,26	0,27	VYHOVUJE
54x2	40 mm	0,259	0,27	VYHOVUJE
57x2	40 mm	0,269	0,27	VYHOVUJE
64x2	50 mm	0,254	0,27	VYHOVUJE
DN50	40 mm	0,269	0,27	VYHOVUJE
DN32	55 mm	0,178	0,18	VYHOVUJE
DN40	40 mm	0,23	0,27	VYHOVUJE

B.7 Návrh čerpadel, zabezpečovacího zařízení a dalších prvků

B.7.1 Čerpadla

B.7.1.1 Čerpadlo na větvi k fancoilům

Vstupní veličiny

Dimenze potrubí: DN 50

Dispoziční přetlak: Δp_{DIS} = 52133,8 Pa = 52,13 kPa = (52,13/9,81) = 5,32 m

Průtok: M = 10223 kg/h

Návrh

Návrh proveden v aplikaci na webu výrobce [43]

Navrženo čerpadlo: MAGNA3 D 50-80 F

Technické specifikace navrženého čerpadla jsou uvedeny na Obr. 43

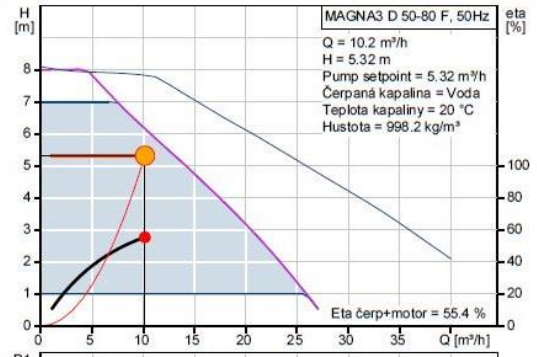
Obr. 41 MAGNA3

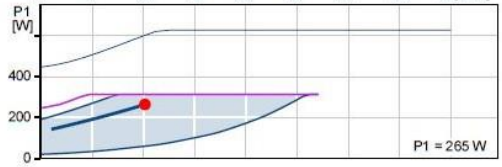
Obr. 42 MAGNA3 D

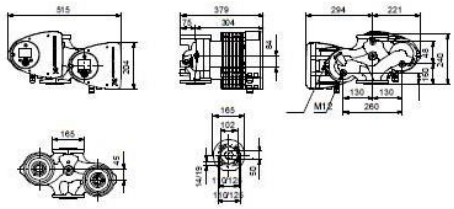
GRUNDFOS

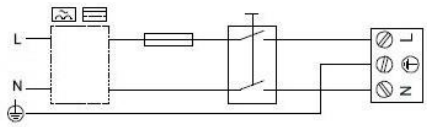
Název společnosti: -
Vypracováno kým: -
Telefon: -
Fax: -
Datum: -

Popis	Hodnota
Název výrobku::	MAGNA3 D 50-80 F
Číslo výrobku:	97924477
EAN kód::	5710626495559
Cena:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	10.2 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	5.32 m
Max. dopravní výška:	80 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,PCT
Model:	A
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Standardní příruba:	DIN
Potrubní přípojka:	DN 50
PN pro potrubní přípojku:	PN6/10
Vzdálenost mazi sacím a výtlačným hrdlem:	240 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	20 °C
Hustota:	998.2 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	21 .. 324 W
Max. spotřeba el. proudu:	0.22 .. 1.45 A
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Štítek:	Grundfos Blueflux
Energet. účinnost (EEI):	0.19
Čistá hmotnost:	34.1 kg
Hrubá hmotnost:	41.7 kg
Přepravní objem:	0.132 m³









Obr. 43 Technické parametry čerpadla na hlavní větvi

B.7.1.2 Čerpadlo na větvi ke chladiči VZT

Vstupní veličiny

Dimenze potrubí: DN32

Dispoziční přetlak: Δp_{DIS} = 22114,1 Pa = 22,114 kPa = (22,114/9,81) = 2,25 m

Průtok: M = 698 kg/h

Návrh

Návrh proveden v aplikaci na webu výrobce [43]

Navrženo čerpadlo: MAGNA3 32-40 F

Technické specifikace navrženého čerpadla jsou uvedeny v Příloze G.

B.7.1.3 Čerpadlo na větvi mezi zásobníkem a zdrojem chladu

Vstupní veličiny

Dimenze potrubí: DN50

Dispoziční přetlak: Δp_{DIS} = 59662,4 Pa = 59,66 kPa = (59,66/9,81) = 6,08 m

Průtok: M = 10223 kg/h

Návrh

Návrh proveden v aplikaci na webu výrobce [43]

Navrženo čerpadlo: MAGNA3 D 50-80 F

Technické specifikace navrženého čerpadla jsou uvedeny v Příloze G.

B.7.1.4 Čerpadlo pro boční filtraci

Vstupní veličiny

Dimenze potrubí: DN40

Dispoziční přetlak: Δp_{DIS} = 16134,0 Pa = 16,13 kPa = (16,13/9,81) = 1,65 m

Průtok: M = 6000 kg/h

Návrh

Návrh proveden v aplikaci na webu výrobce [43]

Navrženo čerpadlo: MAGNA3 40-40 F

Technické specifikace navrženého čerpadla jsou uvedeny v Příloze G.

Všechna čerpadla mají navržen způsob regulace na konstantní tlak.

B.7.2 Zabezpečovací zařízení

B.7.2.1 Výpočet objemu vody v soustavě

$O_{soustavy} = O_{FCU} + O_{VZT\ chladič} + O_{Ch} + O_{potrubí} + O_{zásobníku,potřebný} + O_{rozdělovač}$

O_{FCU} … objem vody ve fancoilech [7]

$O_{VZT\ chladič}$ … objem VZT chladiče – stanoven odhadem

O_{ch} … objem vody ve vodním výměníku [20]

$O_{potrubí}$ … objem vody v potrubí – výpočet proveden současně s dimenzováním

$O_{zásobníku,\ potřebný}$ … objem zásobníku – viz. kapitola B.7.3

$O_{rozdělovač} = S_p \cdot l$

$O_{rozdělovač}$ … objem rozdělovače a sběrače

S_p … průtokový průřez komor – viz Tab. 28

l … délka rozdělovače – viz kapitola B.7.4

$O_{FCU} = 2{,}1l \cdot 40kusů = 84\ l$

$O_{VZT\ chladič} = 3\ l$

$O_{ch} = 4{,}5\ l$

$O_{potrubí} = 328\ l$

$O_{zásobníku,potřebný} = 300\ l$

$O_{rozdělovač} = Sp \cdot l = 0{,}0040 \cdot 1 = 4\ \mathrm{l}$

$O_{soustavy} = 84 + 3 + 4{,}5 + 328 + 300 + 4 = \mathbf{723{,}5\ l}$

B.7.2.2 Expanzní nádoba

$V_e = 1{,}3 \cdot V_o \cdot n$

V_e … expanzní objem [l]

V_o … objem vody v soustavě [l] – viz. kapitola B.7.2.1

n … součinitel zvětšení objemu vody při jejím ohřátí [-] – závisí na Δt

$\Delta t = t_{max} - t_{max}$

t_{max} … maximální teplota v potrubí – je rovna teplotě interiéru (při odstávce systému) = 24°C

t_{min} … minimální teplota v potrubí = 8°C

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{(p_h + 100)}{(p_h - p_d)}$$

V_{ep} … minimální objem expanzní nádoby [l]

p_d … nejnižší provozní přetlak – protože se jedná o nástřešní strojovnu, kde nemáme zaručen přetlak vodního sloupce, je doporučeno počítat s hydrostatickým tlakem alespoň p_d = 30 až 80kPa [44]

p_h … horní provozní přetlak [kPa]

$$p_h < p_{h,dov}$$

$$p_{h,dov} = p_k + (g \cdot h_{MR})$$

$p_{h,dov}$ … maximální dovolený přetlak [kPa]

p_k … konstrukční přetlak kritického komponentu [kPa] – viz. Tab. 27

g … tíhové zrychlení [m/s^2] g = 9,81 m/s^2

h_{MR} … výška od manometrické roviny [m] – viz. Tab. 27

$$\Delta t = t_{max} - t_{max} = 24 - 8 = 16\ K$$

$n = 0{,}00401$- dle [44]

$$V_e = 1{,}3 \cdot V_o \cdot n = 1{,}3 \cdot 723{,}5 \cdot 0{,}00401 = 3{,}771\ l$$

Tab. 27 Konstrukční přetlak jednotlivých komponentů

Zařízení	konstrukční přetlak	výška od manometrické roviny
	p_k [MPa]	h_{MR} [m]
Fancoil	1,6	-11,5
Regulační ventil	1,6	-11,5
Škrtící ventil	1	-11,5
Čerpadla	1	-1
Výměník ve zdroji chladu	2,5	0
Vyvažovací ventil	2	-11,5

$$p_d = 50\ kPa$$

$$p_{h,dov} = p_k + (g \cdot h_{MR}) = 1000 + \left(9{,}81 \cdot (-11{,}5)\right) = 887{,}2\ kPa$$

$$p_h = 800\ kPa$$

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{(p_h + 100)}{(p_h - p_d)} = 3{,}771 \cdot \frac{(800 + 100)}{(800 - 50)} = 4{,}52 l$$

Návrh:

Expanzní nádoba Reflex S 8/10 – navrženo dle katalogu výrobce [45]

- max. provozní tlak: 1 MPa
- objem: 8 l
- Rozměry: průměr – 206 mm, výška – 325 mm

B.7.2.3 Pojistný ventil

Vstupní hodnoty

Výkon zdroje … Q_n= 54,9 kW

Otevírací přetlak … p_{ot} = 800 kPa – je roven hornímu provoznímu přetlaku p_h

Návrh

Návrh proveden v softwaru na webových stránkách tzb-info [46] viz. Obr. 44

Zdroj tepla:	Skupina:	Teplotní interval [°C]	vstup do PV	výstup z PV
◉ výměník tepla	◉ A1	T_1<100	voda	voda
○ kotel	○ A2	100<T_1<t_{2x}	voda	směs
	○ A3	100≤t_{2x}≤T_1	pára	pára
	B		pára	pára

T_1 - výpočtová teplota ohřívací vody na vstupu

t_{2x} - teplota ohřívané vody na mezi odparu při přetlaku p_{ot}

Výpočtové parametry pojistných ventilů: vlastní hodnoty

jmenovitá světlost **DN** [mm]	**1/2"**	**3/4"**	**1"**	**5/4"**	**6/4"**	**2"**
nejmenší průtočný průřez **S_o**[mm²]	113	176	380	804	1017	1589
výtokový součinitel **α_w** [-]	0,444	0,565	0,684	0,693	0,549	0,576

Poznámka: Přednastavené hodnoty průtočného průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

p_{ot} = 800 **kPa**	… otevírací přetlak pojistného ventilu
Q_n = 54,9 **kW**	… jmenovitý výkon zdroje tepla
S_o= 9 **mm²**	… vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu
1/2"	… navržený pojistný ventil
S_o= 113 **mm²**	… skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu
d_1 = 14 **mm**	… minimální vnitřní průměr **vstupního** pojistného potrubí
d_2 = 14 **mm**	… minimální vnitřní průměr **výstupního** pojistného potrubí

Poznámka: Na vypočtený vnitřní průměr pojistného potrubí se v případě napojení pohlíží pouze orintačně. Dimenze potrubí musí vyhovovat podmínce, aby tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem nepřesáhla hodnotu 0,03.p_{ot} a celková ztráta pojistného potrubí nepřesáhla hodnotu 0,10.p_{ot}

Obr. 44 Návrh pojistného ventilu

Výpočtové parametry pojistných ventilů převzaty z technického listu výrobce [47]

B.7.3 Akumulační zásobník

Pro návrh akumulačního zásobníku byl použit zjednodušený výpočet. Objem nádrže navržen na minimální objem vody v soustavě.

$$O_{min} = Q_{ch,skutečný} \cdot N \cdot R$$

O_{min} … minimální objem vody v soustavě [l]

$Q_{ch,\ skutečný}$ … skutečný chladicí výkon zdroje chladu [Q]– viz. kapitola B.4.2

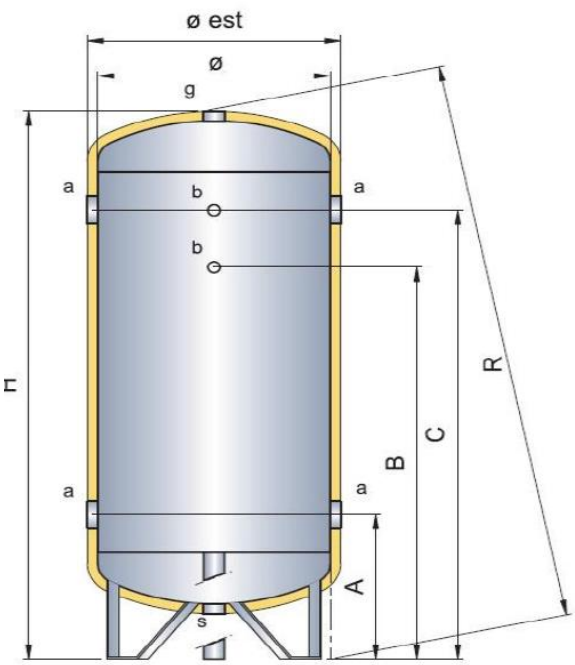
N … množství vody na kW výkonu zdroje [l/kW] – volíme 10l/kW

R … minimální regulační stupeň zdroje chladu [-] – podle počtu kompresorů

Navržený zdroj chladu obsahuje dva kompresory – R = 0,5

$$O_{min} = Q_{ch,skutečný} \cdot N \cdot R = 54{,}9 \cdot 10 \cdot 0{,}5 = \mathbf{274{,}5l}$$

Návrh akumulačního zásobníku: Tipex TXE 300 ARZ - 300 l (rozměry 550x1 425mm)



Pracovní parametry:

Maximální pracovní tlak: 6 bar

Pracovní teplota: -10 až 60 °C

Materiály:

Nádoba: Jakostní konstrukční ocel (S 235JR), pozinkováno zevnitř i vně

Připojení: Jakostní konstrukční ocel (S 235JR), pozinkováno

Izolace: PEXL 20 mm

Popis připojení:

(Hrdla opatřena vnitřními závity)

a - Vstup / výstup

b - Hrdlo pro jímku na teploměr

g - Pojistný ventil

s - Vypouštění / odkalení

Obr. 45 Schéma akumulační nádoby [35]

Tab. 28 Technické údaje akumulačních zásobníků [35]

objem [l]	Ø	H	Øest	R	A	B	C	a	b	g s	kg
100	400	960	450	990	300	610	760	1"1/2	1/2"	1"1/4	20
200	450	1375	500	1400	325	1015	1165	1"1/2	1/2"	1"1/4	33
300	550	1425	600	1460	365	1015	1165	2"	1/2"	1"1/4	41
500	650	1710	710	1750	385	1285	1435	3"	1/2"	1"1/4	59

B.7.4 Rozdělovač a sběrač

Průtok: Q=10223 l/h = 10,223 m^3/h

=> návrh MODUL 120 - Průtočný průřez komor S_p = 0,0040 m^2

Ověření rychlosti proudění

$w = Q / S_p$

w … rychlost proudění [m/h]

Q … průtok [m^3/h]

S_p … průtočná plocha [m^2]

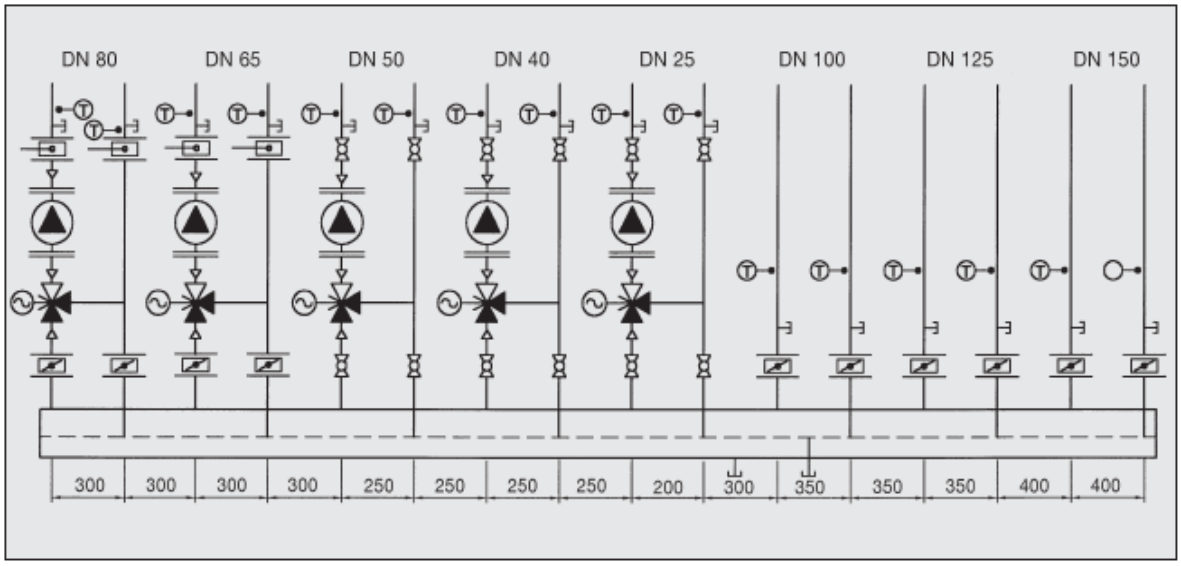
$w = Q / S_p$ = 10,223 / 0,0040 = 2555,75 m/h = 0,71 m/s < 1,0 m/s VYHOVUJE

Navržená délka: 1m

Tab. 29 Návrh rozdělovače a sběrače [37]

Qmax = [m³/hod]	6	10	15	23	42	65	95	130
do výkonu [kW] při Δt=20	120	250	350	550	1000	1500	2100	3000
MODUL	80	100	120	150	200	250	300	350
Průtok. průřez komor S_p (m²)	0,0019	0,0028	0,0040	0,0070	0,0114	0,0176	0,0271	0,0380
Max. délka (m)	1,5	2,0	3,0					

Těla všech RS KOMBI standardně PN 0,6MPa, teplota 110 °C. Maximální rychlost proudění vody v tělese je 1,0 m/s.



Obr. 46 Minimální rozteče jednotlivých hrdel v závislosti na jejich dimenzí [37]

B.7.5 Návrh úpravny vody

Chladicí soustava bude vybavena úpravnou vody dle návrhu firmy Aqua-product [48]

Katalogový list je uveden v příloze H

B.8 Návrh systému řízení MaR

B.8.1 Měření a regulace

Obecné podmínky

Systém MaR pro navrženou chladicí soustavu bude proveden na míru. Dodávku i zprovoznění regulačního systému musí provést odborná firma. Ve výkresové a výpočtové části je pouze orientační popis a blokové schéma systému MaR.

Čísla v závorkách uvedená u jednotlivých zařízení korespondují s blokovým schématem MaR uvedeným ve výkresové části.

Regulace zdroje chladu

Zdroj chladu bude regulován na základě informací o teplotě chladicí vody před a za akumulační nádrží. (6,7,8,9). Podle poptávky chladicí vody budou spínány kompresory (1) a regulován průtok vody čerpadlem (4).

Regulace chladicího výkonu kondenzátoru bude zajištěna regulací otáček ventilátorů (2).

Systém musí rovněž zajistit ochranu před poškozením výměníku pomocí armatury flowswitch. V případě přerušení průtoku chladicí vody výparníkem bude okamžitě zastaven provoz kompresorů.

Regulace fancoilů

Výměníky fancoil, jsou regulovány dle údajů o teplotě v interiéru z teplotního čidla (17). Teplota ochlazovaného vzduchu se může řídit pouze na základě teploty interiéru. Její regulaci však může provést také uživatel pokynem od těchto zařízení:

- Dálkový ovladač
- Nástěnný ovladač v místnosti

Na základě podnětů dá pokyn buď ventilátoru (15) na snížení otáček a tím snížení průtoku vzduchu, nebo regulačnímu ventilu (14), který uzavřením armatury sníží průtok chladné vody.

Pokud dojde k přivření nebo uzavření regulačních ventilů, zvýší se tlak, na což musí reagovat čerpadlo, které sníží průtok vody (12).

Regulace vzduchotechniky

Je řízena na základě teploty primárního vzduchu, a to pomocí čidla umístěného ve vzduchotechnickém potrubí (14).

Systém MaR ovládá regulační ventil (13), kterým snižuje průtok vody chladičem VZT. Reakcí na snížení průtoku v této větvi chladicí soustavy, je snížení výkonu čerpadla (11).

Ovládání boční filtrace

Systém boční filtrace je spínán v časových intervalech během dne. Systém MaR ovládá čerpadlo boční filtrace (10).

Doplňování vody

Systém MaR má za úkol hlídat tlak vody v soustavě pomocí tlakoměru (3). Při poklesu tlaku pod stanovenou hranici dojde k otevření elektromagnetického ventilu (5) a doplnění vody z vodovodního řadu.

Kontrola filtrů

Před a za každým filtrem je umístěn tlakoměr. Jejich tlakový rozdíl vyhodnocuje systém MaR a dává informaci obsluze o nutnosti vyčištění filtru.

C. PROJEKT

C.1 Technická zpráva

C.1.1 Úvod

Předmětem projektové dokumentace je návrh chlazení pro pětipodlažní administrativní budovu nacházející se ve městě Brně. V prvním podlaží se nacházejí komerční prostory. Ve druhém až čtvrtém podlaží jsou situovány velkokapacitní kanceláře. Navržený systém pokrývá tepelnou zátěž v letním období všech pobytových místností.

C.1.2 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování projektové dokumentace byly výkresy půdorysů, stavebních řezů a pohledů a příslušné vyhlášky, České technické normy a projekční podklady jednotlivých výrobců:

- Vyhláška č. 193/2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
- Vyhláška č. 6/2003, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- ČSN 73 5305 Administrativní budovy a prostory
- ČSN 01 3452 Technické výkresy – instalace – Vytápění a chlazení
- Podklady výrobců:
    - Daikin
    - GEA
    - Grundfos
    - TA Hydronics
    - EuroClean.cz
    - Thermotip
    - Reflex
    - ETL Ekotherm
    - K-Flex
    - Aqua product

C.1.3 Výpočtové hodnoty

Vnější prostředí

Brno	Teplota [°C]	Entalpie [kJ/kg]
LÉTO	29	56,2

Vnitřní prostředí

Místnosti		Navržené výpočtové parametry	
č.m.	popis	Teplota [°C]	Relativní vlhkost
1.02	komerční prostor	24	50%
1.04	komerční prostor	24	50%
2.03	velkoprostorová kancelář	24	50%
3.03	velkoprostorová kancelář	24	50%
4.03	velkoprostorová kancelář	24	50%

C.1.4 Koncepce chlazení

V budově je navrženo nepřímé chlazení s jednotkami fancoil. S chlazením je počítáno pouze v místnostech 1.02, 1.04, 2.03, 3.03 a 4.03, tedy tam, kde se předpokládá značná tepelná zátěž okny a kde budou trvale přítomni lidé. Strojovna chlazení bude umístěna v místnosti 5.02. V ní je navržen zdroj chladu s odděleným kondenzátorem umístěným na ploché střeše. Soustava je navržena jako dvoutrubková s teplotním spádem chladicí vody 8/14°C. Jednotky fancoil nezajišťují výměnu vzduchu, ale jsou navrženy tak, aby nasávaly pouze vzduch z interiéru, který ochlazený vrací zpět do místnosti. Přívod větracího vzduchu bude zajištěn vzduchotechnickou jednotkou. Odvod odpadního vzduchu bude z části řešen samostatnými ventilátory v hygienických místnostech, zbylá část bude odvedena vzduchotechnickou jednotkou.

Potřebný průtok vzduchu vzduchotechnikou

Místnost 1.02

průtok přívodního vzduchu $= \mathbf{405\ m^3/h}$

průtok odpadního vzduchu $= \mathbf{250\ m^3/h}$

Místnost 1.04

průtok přívodního vzduchu $= \mathbf{505\ m^3/h}$

průtok odpadního vzduchu $= \mathbf{375\ m^3/h}$

Místnost 2.03

průtok přívodního vzduchu $= \mathbf{660\ m^3/h}$

průtok odpadního vzduchu $= \mathbf{325\ m^3/h}$

Potřebný chladicí výkon pro chladič VZT

$Q_{pr} = \mathbf{4860,1\ W}$

Přívod chladicí vody ke chladiči vzduchotechnické jednotky je zajištěn samostatnou větví napojenou na soustavu v rozdělovači ve strojovně chlazení. Teplotní spád je stejný ve všech rozvodech. Podrobnější návrh vzduchotechniky není součástí projektu.

C.1.5 Tepelná a vlhkostní zátěž chlazených místností

		Místnost 1.02	Místnost 1.04	Místnost 2.03	Místnost 3.03	Místnost 4.03
Celková tepelná zátěž	**Q [W]**	**5269**	**7023**	**13043**	**13043**	**13430**
Vlhkostní zátěž	**M_w [g/h]**	**1160**	**1740**	**1274**	**1274**	**1274**

C.1.6 Jednotky fancoil

V objektu je navrženo celkem 40 jednotek fancoil v kazetovém provedení. Jedná se o jednotky GEA Cassette-Geko v provedení Single s rozměry 575x575 mm.

Návrh jednotek byl proveden na základě průtoku vzduchu, který u jednotek v 1.NP činí 660 m^3/h, u jednotek ve 2. - 4.NP je roven 480 m^3/h. Při těchto průtocích jednotky dosahují výkonů, které přesahují požadavek na chlazení, je tedy možné snížit otáčky ventilátorů, čímž se sníží hlučnost.

Číslo místnosti	Označení jednotky	stupeň otáček	ks	vypočtený objemový proud vzduchu	navržený objemový proud vzduchu	vypočtený chladicí výkon	navržený chladicí výkon
				V_{FCU}	$V_{FCU,skut}$	$Q_{,FCU}$	$Q_{,K,\ celkový}$
				[m^3/h]	[m^3/h]	[kW]	[kW]
1.02	GCS1.UW0.A05	3	3	1956,3	1980	5,269	7,056
1.04	GCS1.UW0.A05	3	4	2607	2640	7,023	9,408
2.03	GCS1.UW0.A05	2	11	4842,7	5280	13,043	20,328
3.03	GCS1.UW0.A05	2	11	4842,7	5280	13,043	20,328
4.03	GCS1.UW0.A05	2	11	4986,4	5280	13,430	20,328

Výměníky fancoil budou umístěny v sádrokartonovém podhledu, kde budou osazeny podle pokynů výrobce. Pro montáž těles budou použity upevňovací úchytky dodávané výrobcem, kterými se jednotka připevní k železobetonovému stropu.

Součástí fancoilu je také čerpadlo pro odvod kondenzátu zachyceného v kondenzační vaně. Čerpadlo vytlačí kondenzát do nejvyššího bodu v podhledu, kde bude napojeno na odpadní potrubí.

Všechny jednotky fancoil budou na přívodním potrubí vybaveny kulovým kohoutem pro možnost odstávky. Na zpátečním potrubí pak budou osazeny regulační ventil, pro možnost regulace škrcením průtoku a škrtící ventil pro hydraulické vyregulování soustavy.

C.1.7 Zdroj chladu

Zdroj chladu

Pro zajištění chladicího výkonu v objektu je navržen zdroj chladu s odděleným kondenzátorem DAIKIN EWLP055KBW1N o rozměrech 600x600x1200mm. Zdroj chladu bude umístěný ve strojovně chlazení v místnosti 5.02 na samostatném základě s protivibračními podložkami. Do strojovny chlazení bude dopraven po schodišti napojeným na strojovnu chlazení.

Skutečný chladicí výkon zdroje	**54,9 kW**
Příkon	**17.8 kW**
Počet kompresorů	**2**
Stupeň regulace	**0 – 50 - 100 %**
Tlaková ztráta vody na výparníku	**22 kPa**
Hladina akustického výkonu	**67 dBA**
Chladivo	**R - 407C**

Elektrické specifikace

kompresor		**jednotka**	
Fáze	3 ~	Rozběhový proud	**127A**
Napětí	**400V**	nominální proud	**28,7A**
Rozběhový proud	**109A**	Maximální provozní proud	**36A**
Jmenovitý provozní proud	**14,3A**		
Maximální provozní proud	**18A**		

Zdroj chladu obsahuje deskový výměník ve funkci výparníku, dva kompresory a škrtící ventil. Kondenzátor je umístěn samostatně na střeše objektu a je propojen se zdrojem chladivovým potrubím.

Parametry chladicího okruhu

Chladivo **R - 407C**

Vypařovací teplota: $t_0 = \mathbf{5°C}$

Kondenzační teplota: $t_k = \mathbf{45°C}$

Požadovaný výkon kondenzátoru: $Q_{k,požadovaný}$=67,0kW

Kondenzátor

Navržený kondenzátor: GEA GOEDHART - KOAL-S-MEC134-N604D bude umístěn na kovové konstrukci umístěné na střeše objektu. Doprava na místo bude řešena pomocí jeřábové techniky.

Výkon kondenzátoru		81,7 kW
Průtok vzduchu		39 168 m^3/h
Teplota vzduchu na vstupu		35,0°C
Chladivo		R - 407C
Kondenzační teplota		45°C
Hladina akustického výkonu		63 dBA
Počet ventilátorů		3
Rozměry	Délka	3944mm
	Hloubka	1101mm
	Výška	1070mm

C.1.8 Zabezpečovací zařízení

V souladu s ČSN 06 0830 je navrženo zabezpečovací zařízení soustavy, která sestává z pojistného ventilu a expanzní nádoby.

Expanzní zařízení

Jako expanzní zařízení, pro vyrovnání změn objemové roztažnosti vody a udržení tlakové hladiny chladicí soustavy v předepsaných mezích, je použita uzavřená membránová expanzní nádoba Reflex S 8/10 o objemu 8 litrů. Expanzní nádoba vyhovuje požadavkům ČSN 06 0830.

Tlak plynu v expanzní nádobě

Tlak plynu v expanzní nádobě bude nastaven dle předpisu výrobce expanzní nádoby.

Nejnižší provozní přetlak p_d = 50 kPa

Nejvyšší dovolený přetlak p_{hdov} = 887,2 kPa

Nejvyšší provozní přetlak p_h = 800 kPa

Pojistný ventil

Jako pojistné zařízení bude použit pojistný ventil IVAR.PV KB o rozměru 1/2“. Výpočet pojistných ventilů je proveden ve výpočtové části C.1.8.

Větrání strojovny chlazení

Ve strojovně chlazení bude umístěn detektor úniku chladiva. Pro zajištění bezpečnosti v případě úniku chladiva je nutné zajistit dostatečný přívod větracího vzduchu. Větrání zajistí profese vzduchotechniky přirozeným nebo nuceným větráním. Návrh větrání není součástí této práce.

C.1.9 Potrubní rozvody

Potrubí v objektu bude realizováno z měděných trubek a tvarovek. Potrubí bude spojováno nerozebíratelnými spoji, tvrdým letováním.

Potrubní rozvody ve strojovně chlazení budou provedeny z ocelového potrubí. Potrubí bude spojováno nerozebíratelnými spoji, tvrdým letováním. Alternativně lze použít lisované spoje, které bude kvalitativně srovnatelné.

Ocelové potrubí bude spojeno nerozebíratelnými spoji – svařováním a bude opatřeno ochranným nátěrem proti korozi. Armatury na ocelovém potrubí budou připevněny pomocí přírub.

Horizontální rozvody budou zavěšeny v podhledu, vertikální převážně v šachtě v centrální části budovy. Prostupy stavebními konstrukcemi budou opatřeny plastovými nebo ocelovými chráničkami vyplněnými trvale plastickým tmelem. Potrubí vedené pod stopem bude uloženo na konzolách - vzdálenost konzol 1,5 m, objímky a pouzdra budou v provedení s pryží, která zabraňuje přenosu hluku a vibrací a tření kovu o kov. Potrubí vedené volně pod stropem bude ve spádu 0,3%. V nejnižším místě soustavy budou umístěny vypouštěcí ventily

Dimenze jednotlivých potrubí jsou patrné z výkresové a výpočtové části projektu.

Odvzdušnění soustavy bude prováděno odvzdušňovacími ventily umístěnými v nejvyšších místech chladicí soustavy ve strojovně chladu.

Tepelné izolace

Veškeré trubní vedení spolu s tvarovkami bude tepelně izolováno. Návrhy tepelných izolací jsou součástí výpočtové části projektu. Navržena je kaučuková tepelné izolace K-FLEX EC s hodnotou tepelné vodivosti λ_{iz} = 0,040 W/(m.K).

Potrubí	Tloušťka izolace	Součinitel prostupu tepla - vypočtený
22x1	30mm	0,178
28x1,5	40mm	0,176
35x1,5	50mm	0,178
42x1,5	30mm	0,26
54x2	40mm	0,259
57x2	40mm	0,269
64x2	50mm	0,254
DN50	40mm	0,269
DN32	55mm	0,178
DN40	40mm	0,23

Všechny navržené tepelné izolace vyhovují vyhlášce č.193/2007.

C.1.10 Měření a regulace

Obecné podmínky

Systém MaR pro navrženou chladicí soustavu bude proveden na míru. Dodávku i zprovoznění regulačního systému musí provést odborná firma. Ve výkresové a výpočtové části je pouze orientační popis a blokové schéma systému MaR.

Čísla v závorkách uvedená u jednotlivých zařízení korespondují s blokovým schématem MaR uvedeným ve výkresové části.

Regulace zdroje chladu

Zdroj chladu bude regulován na základě informací o teplotě chladicí vody před a za akumulační nádrží. (6,7,8,9). Na základě poptávky chladicí vody budou spínány kompresory (1) a regulován průtok vody čerpadlem (4).

Regulace chladicího výkonu kondenzátoru bude zajištěna regulací otáček ventilátorů (2).

Systém musí rovněž zajistit ochranu před poškozením výměníku pomocí armatury flowswitch. V případě přerušení průtoku chladicí vody výparníkem bude okamžitě zastaven provoz kompresorů.

Regulace fancoilů
Výměníky fancoil, jsou regulovány na základě údajů o teplotě v interiéru z teplotního čidla (17). Teplota ochlazovaného vzduchu se může řídit pouze na základě teploty interiéru. Její regulaci však může provést také uživatel pokynem od těchto zařízení:

- Dálkový ovladač
- Nástěnný ovladač v místnosti

Na základě podnětů dá pokyn buď ventilátoru (15) na snížení otáček a tím snížení průtoku vzduchu nebo regulačnímu ventilu (14), který uzavřením armatury sníží průtok chladné vody.

Pokud dojde k přivření nebo uzavření regulačních ventilů, zvýší se tlak, na což musí reagovat čerpadlo, které sníží průtok vody (12).

Regulace vzduchotechniky
Je řízena na základě teploty primárního vzduchu a to pomocí čidla umístěného ve vzduchotechnickém potrubí (14).

Systém MaR ovládá regulační ventil (13), kterým snižuje průtok vody chladičem VZT. Reakcí na snížení průtoku v této větvi chladicí soustavy, je snížení výkonu čerpadla (11).

Ovládání boční filtrace
Systém boční filtrace je spínán v časových intervalech během dne. Systém MaR ovládá čerpadlo boční filtrace (10).

Doplňování vody
Systém MaR má za úkol hlídat tlak vody v soustavě pomocí tlakoměru (3). Při poklesu tlaku pod stanovenou hranici dojde k otevření elektromagnetického ventilu (5) a doplnění vody z vodovodního řadu.

Kontrola filtrů
Před a za každým filtrem je umístěn tlakoměr. Jejich tlakový rozdíl vyhodnocuje systém MaR a dává informaci obsluze o nutnosti vyčištění filtru.

C.1.11 Zařízení a armatury

Armatury na měděném potrubí jsou navrženy jako závitové. Na ocelové potrubí jsou zařízení a armatury připevňovány přírubově.

Čerpadla
Návrh čerpadel je proveden ve výpočtové části. Navržena jsou čerpadla GRUNDFOS MAGNA3 s elektronickým řízením průtoku.

	DN [mm]	Požadovaný průtok kg/h]	Navržené čerpadlo
Větev k fancoilům	50	10223	MAGNA3 D 50-80 F
Větev ke chladiči VZT	32	698	MAGNA1 32-40 F
Větev k zdroji chladu	50	10223	MAGNA3 D 50-80 F
Boční filtrace	40	6000	MAGNA1 40-40 F

Akumulační zásobník

Navržen je akumulační zásobník Tipex TXE 300 ARZ o objemu 300 l (rozměry 550 x 1 425 mm).

Zásobník současně slouží také jako hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků.

Rozdělovač a sběrač

V soustavě je navržen jeden kombinovaný rozdělovač se sběračem, a to v místě rozdělení větví k fancoilům a ke chladiči vzt jednotky. Navržen je RS kombi v modulu 120 v délce 1m. Rozdělovač bude upevněn na stojinách připevněných k podlaze. Izolace bude provedena dle pokynů výrobce.

Armatury

Před všechna čerpadla budou umístěny filtry. Navrženy jsou přírubové filtry Sferaco patřičných dimenzí.

Pro hydraulické vyregulování jednotlivých větví chladicí soustavy mezi sebou jsou navrženy vyvažovací ventily STAD, jejich přednastavení je uvedeno ve výpočtové části.

Dále budou osazeny tyto armatury: kulové kohouty, zpětné klapky, tlakoměry a teploměry a gumové kompenzátory.

C.1.12 Úprava chladicí vody a její doplňování

Chladicí soustava bude vybavena automatickou úpravnou vody firmy Aqua-product AUV 150 napojenou na rozvod studené vody. Úprava vody bude spočívat zejména v naplnění systému kvalitně upravenou vodou. Součástí úpravny bude automatický změkčovací filtr AZ, vzorkovací kohout pro kontrolu výstupní tvrdosti, elektromagnetický ventil, který umožní automatické doplňování dle pokynů MaR a dávkovací čerpadlo HC997 inhibitoru koroze, které bude proporcionálně řízeno dle průtoku vody instalovaným vodoměrem.

C.1.13 Bezpečnost práce

Při provádění instalace chlazení budou dodrženy platné bezpečnostní předpisy a předpisy o ochraně zdraví při práci. Dále je potřeba dodržet platné předpisy protipožární ochrany a to zejména při svářečských pracích.

C.1.14 Všeobecné požadavky

Realizaci chladicí soustavy musí provádět odborná firma. Zapojení všech prvků chladicí soustavy bude provedeno dle pokynů výrobce a firmou pověřenou výrobcem jednotlivých zařízení tak, aby nedošlo k porušení záručních podmínek.

C.1.15 Požadavky na související profese

Elektroinstalace

- Napájení jednotek fancoil
- Napájení zdroje chladu
- Napájení ventilátorů v odděleném kondenzátoru

- Napájení systému MaR
- Napájení zařízení v strojovně chlazení – čerpadla

Stavební

- Vyspádování podlahy strojovny do vpusti
- Zřízení základu s protivibračními podložkami pro uložení zdroje chladu
- Vytvoření ocelové konstrukce pro venkovní kondenzátor
- Prostupy stavebními konstrukcemi

Zdravotně technické instalace

- Zajištění přívodu vody
- Odpad pro pojistné ventily
- Podlahová vpust ve strojovně chlazení
- Odpadní potrubí pro odvod kondenzátu

Vzduchotechnika

- Větrání objektu – přívod a odvod větracího vzduchu
- Větrání strojovny chladu

MaR

- Osazení, zapojení a zprovoznění systému MaR

ZÁVĚR

Výsledkem bakalářské práce je projektová dokumentace navrženého systému chlazení administrativní budovy. Stupeň zpracování je na úrovni prováděcího projektu.

Teoretická část měla za cíl zhodnotit možnosti chladicích systémů a jednotlivých zařízení, která se na chlazení podílejí. Pro administrativní budovu se jako nejvhodnější jeví systém nepřímého chlazení s výměníky fancoil, které umožňují jednoduché ovládání a jsou jednoduše přizpůsobitelné změnám v prostoru. Díky tomu je možné velkokapacitní kanceláře v budoucnu přebudovat na menší, bez nutnosti výrazných změn v systému chlazení. Navržený systém navíc nehrozí únikem chladiva do chlazeného prostoru. Jako zdroj chladu byl zvolen zdroj chladu s odděleným kondenzátorem. Vybrán byl s ohledem na snadnou údržbu a na možnost použití systému i v zimním období.

Ve výpočtové části byla navržena jednotlivá zařízení s ohledem na požadovaný chladicí výkon, který byl stanoven na základě výpočtů tepelné zátěže jednotlivých chlazených místností a budovy jako celku. Dále byly navrženy rozvody chladu a další zařízení zajišťující správný a bezpečný chod systému.

Řešení celého objektu je shrnuto v technické zprávě a výkresové dokumentaci, která je v příloze této práce.

POUŽITÉ ZDROJE

[1] DVOŘÁK, Zdeněk. *Chladicí technika*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1971, 214 s.

[2] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Jiří HIRŠ. Vzduchotechnika budov. *Časopis stavebnictví: časopis stavebních inženýrů , techniků a podnikatelů.* roč. 2007, č. 11-12. ISSN: 1802-2030

[3] Dělená klimatizace - Split Systém a MultiSplit systém. *Klimatizace M-klima* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.m-klima.cz/poradna/split-a-multi-split.html.

[4] Split systém. *Klimaservis spol. s.r.o. Zlín* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.klimaservis-zlin.cz/split.htm.

[5] Třítrubkový systém MDV. *Acond klimatizace* [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: http//www.klimatizace-acond.cz/tritrubkovy-system-mdv.html.

[6] URBAN, Miroslav. Zdroje a distribuce chladu. *Topenářství, instalace: Časopis pro vytápění, instalace, vzduchotechniku a ekologii.* roč. 2006, č. 3, s. 52-54. ISSN: 1211-0906.

[7] Kazetové jednotky Cassette-Geko. *PS-MOS* [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.psmos.sk/files/Katalog-Cassete-Geko.pdf.

[8] TROJAN, Robert a Libor KOMÁREK. Fan coil - jeho pád nebo renesance. *TZB-info* [online]. 23. 7 2012, [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazeni/8857-fan-coil-jeho-pad-nebo-renesance.

[9] ZMRHAL, Vladimír. Úpravy vzduchu v klimatizačních zařízeních (IV). *TZB-info* [online]. 25.9.2006, [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/3554-upravy-vzduchu-v-klimatizacnich-zarizenich-iv.

[10] Indukční jednotky. *Sokra klimatizace* [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: http://www.sokra.cz/sokra2013/box8.php.

[11] SYROVÝ, Jiří. Chladící trámy - alternativní vzduchotechnický systém. *TZB-info* [online]. 11. 12. 2002, [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/1277-chladici-tramy-alternativni-vzduchotechnicky-system.

[12] ZMRHAL, Vladimír. Sálavé chladicí systémy (I). *TZB-info* [online]. 1. 5 2006, [cit. 2014-05-10]. http://www.tzb-info.cz/3251-salave-chladici-systemy-i.

[13] HADRABA, Jiří. *Trigenerace*. Brno, 2010. 40 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Fortelný.

[14] S odděleným kondenzátorem (split). *Sultrade* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.sultrade.cz/prumyslove-chlazeni-a-klimatizace/kompresorove-chladici-jednotky-se-sroubovymi-kompresory-bitzer/s-oddelenym-kondenzatorem-split-se-sroubovymi-kompresory-bitzer.htm

[15] Chladicí věže, Adiabatické chlazení, Uzavřené chladicí věže. *Baltimore aircoil company* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.baltimore.cz/.

[16] Chladící věž – modelová řada IMT. *Baltimore aircoil company* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.baltimore.cz/katalog-modelova-rada-imt-detail-13.

[17] Chladící věže otevřené. *Sultrade* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.sultrade.cz/prumyslove-chlazeni-a-klimatizace/atmosfericka-chlazeni/chladici-veze-otevrene.htm

[18] Vodou chlazené. *Sultrade* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.sultrade.cz/prumyslove-chlazeni-a-klimatizace/kompresorove-chladici-jednotky-s-bezolejovymi-kompresory-turbocor/vodou-chlazene-kompresorove-jednotky-s-turbocor.htm

[19] Daikin Chiller (EUWA-KBZW1). *Gallant Air Conditioning* [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: http://www.gallantairconditioning.com/downloads/daikin-technical-2012/Daikin%20Air%20Cooled%20Chillers/Daikin%20Chiller%20Technical%20Data%20Book/Daikin%20Chiller%20(EUWA-KBZW1)%20Air%20Cooled%20Technical%20Data%20Book.pdf

[20] Daikin Toplotna pumpa voda-voda. *Duoelektronik* [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: http://www.duoelektronik.com/download/Daikin%20Toplotna%20pumpa%20voda-voda.pdf

[21] ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Český normalizační institiut, 2005.

[22] Přesné tvárnice. *Ytong* [online]. [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: http://www.ytong.cz/cs/content/presne-tvarnice-ytong.php

[23] Tepelněizolační tvárnice. *Ytong* [online]. [cit. 2014-02-12]. Dostupné z: http://www.ytong.cz/cs/content/tepelneizolacni-tvarnice-ytong.php

[24] ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha : Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1986

[25] AMBROŽOVÁ, I., HORÁK, P. Stanovení tepelných zisků zasklení ze slunečního záření v energetickém hodnocení budov. *TZB-info* [online]. 27. 8 2012, [cit. 2014-02-12]. http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelnych-zisku-zaskleni-ze-slunecniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni-budov.

[26] RUBINA, Aleš, Olga RUBINOVÁ a Pavel UHER. *Vzduchotechnika: BT02 - TZB III : sbírka příkladů*. Brno: Litera, 2013, 94 s. ISBN 80-903586-6-7.

[27] ČSN 73 5305. Administrativní budovy a prostory. Praha: Český normalizační institiut, 2005.

[28] ZMRHAL, Vladimír. Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor podle ČSN. *Projekt III. (IV.) – Vzduchotechnika* [online]. [cit. 2014-03-10]. http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf.

[29] *Solkane Refrigerant software* [počítačový program]. Ver. 8.0.0.15. Hannover: [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://www.solvaychemicals.com/EN/products/Fluor/Documents/solkane8.zip

[30] *GEA Goedhart – katalog výrobků* [počítačový program]. Ver. 2014.01. [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://www.goedhart.nl/cs-CZ/Tools/GPC/Pages/Download-Page-CZ.aspx

[31] VXT. *Baltimore aircoil company* [online]. [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: http://www.baltimore.cz/vxt-tech-data.

[32] STAD Vyvažovací ventily. *TA Hydronics* [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: http://www.tahydronics.com/cs/produkty-a-eeni/vyvaovani-a-regulace/vyvaovaci-ventily/vyvaovaci-ventily/stad/.

[33] REF.220. *Sferaco* [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sferaco.fr%2Fvdoc%2Fthermador%2FSOC5%2Ffra_bd_ft220.pdf&ei=hvV5U8rRMMiW0QXYjYDwDg&usg=AFQjCNF_58I8Mo7vKr8M2LDTr30bv4Trxw&bvm=bv.66917471,d.bGQ.

[34] Diskové filtry. *EuroClean.cz* [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: http://euroclean.cz/filtrace-vody/diskove-filtry/.

[35] Akumulační nádrž na chlad TXE 300ARZ včetně izolace. *Thermotip* [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.thermotip.com/produkty/data/tipex-katalog_list-txe-arz-cz.pdf

[36] Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí. *TZB-info* [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/87-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubi.

[37] Kombinovaný rozdělovač se sběračem RS KOMBI, RS MINI a RS UNIVERSAL. *ETL Ekotherm* [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: www.etl.cz/attachments/kl_405_06_rozdelovaceRSKOMBI.pdf

[38] Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu. *TZB-info* [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubi-s-izolaci-kruhoveho-prurezu.

[39] ČESKO. Vyhláška č. 193 ze dne 17. července 2007 kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007.

[40] ČESKO. Vyhláška č. 6 ze dne 16. prosince 2002, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2002.

[41] VRÁNA, Jakub. Vliv místních odporů na tlakové ztráty v potrubí. *TZB-info* [online]. 23.4.2012, [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/8514-vliv-mistnich-odporu-na-tlakove-ztraty-v-potrubi.

[42] K-Flex EC. *K-Flex izolace ze syntetického kaučuku* [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: http://www.kflex-izolace.cz/izolace/tlist/kflex-ec.pdf.

[43] WEBCAPS. *Grundfos* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: http://net.grundfos.com/Appl/WebCAPS/custom?search=Oběhové čerpadlo MAGNA1&userid=GCZ&lang=CSY.

[44] BAŠTA, Jiří. Návrh expanzní nádoby. *TZB-info* [online]. 16.10.2002, [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/1156-navrh-expanzni-nadoby#tabn.

[45] Expanzní nádoby 'Reflex S'. *Reflex* [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-s.

[46] Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla. Tzb-info [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla.

[47] Pojistný ventil pro teplou vodu IVAR.PV KB. *IVAR CS* [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.ivarcs.cz/?download=_/p.ivar.pv_kb/pv_kb.pdf.

[48] AUV automatické úpravny vody. *AQUA product* [online]. [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: http://www.aquaproduct.cz/files/00016-4.3.1.1%20AUV%20automaticke%20upravny.pdf.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Zkratky

VZT – vzduchotechnika
FCU – jednotka fancoil
IJ – indukční jednotka
VRV – Variable Refrigerant Flow
tl. – tloušťka
č.m. – číslo místnosti
MaR – měření a regulace
NP – nadzemní podlaží

Fyzikální veličiny

c – měrná tepelná kapacita [$Jkg^{-1}K^{-1}$]
m – hmotnost [kg]
S – plocha [m^2]
t – teplota [°C]
v – rychlost [m/s]
T – teplota [K]
φ – relativní vlhkost [%]
χ – měrná vlhkost [g/kg]
λ – součinitel tepelné vodivosti [$W.m^{-1}.K^{-1}$]
U – součinitel prostupu tepla [$W/m^2.K$]
w – rychlost proudění [m/h]
O – objem [m^3]
Q – objemový průtok [m^3/h]
M – hmotnostní průtok [kg/h]
Q – výkon [W]
P – příkon [W]
l – délka [m]
p – tlak [Pa]
ρ – hustota [kg/m^3]

Indexy

e – exteriér
i – interiér
o – odvodní
pr – přívod
p – přívod
Δ – rozdíl

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázky

Obr. 1 Schéma přímého chlazení 13
Obr. 2 Split systém [3] 14
Obr. 3 Multi-split [3] 14
Obr. 4 Typy vnitřních jednotek [4] 15
Obr. 5 Třítrubkový systém [5] 15
Obr. 6 Schéma nepřímého chlazení 16
Obr. 7 hx diagram pro výměníky fancoil 17
Obr. 8 Konstrukční díly kazetové jednotky [7] 18
Obr. 9 Indukční jednotky [8] 19
Obr. 10 Pasivní chladicí trám [11] 20
Obr. 11 Aktivní chladicí trám [11] 20
Obr. 12 Chladicí stropy [12] 21
Obr. 13 Schéma kompresorového chlazení 22
Obr. 14 p-h diagram kompresorového chlazení 23
Obr. 15 Bloková chladicí jednotka 23
Obr. 16 Bloková chladicí jednotka [19] 24
Obr. 17 Chladicí jednotka s odděleným vzduchem chlazeným kondenzátorem 24
Obr. 18 Oddělený kondenzátor 25
Obr. 19 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem se suchým chladičem 25
Obr. 20 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem a otevřenou chladicí věží 26
Obr. 21 Jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem [18] 26
Obr. 22 Otevřená chladicí věž [17] 26
Obr. 23 Chladicí jednotka s vodou chlazeným kondenzátorem a uzavřenou chladicí věží 27
Obr. 24 Schéma absorpčního chladicího okruhu 28
Obr. 25 Koncepce chlazení 31
Obr. 26 Geometrie stínů [26] 39
Obr. 27 Schéma systému s fancoily [9] 53
Obr. 28 Bloková chladicí jednotka Obr. 29 Zdroj chladu s odděleným kondenzátorem 57
Obr. 30 Nákres otevřené chladicí věže [31] 61
Obr. 31 Volba chladiva [20] 62
Obr. 32 Výstupy ze softwaru Solkane [29] 64
Obr. 33 Nákres kondenzátoru [30] 66
Obr. 34 Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí [36] 66
Obr. 35 Dvoucestný regulační ventil [7] 69
Obr. 36 Škrtící ventil [7] 70
Obr. 37 Vyvažovací ventil STAD [32] 71
Obr. 38 Přírubový filtr [33] 72
Obr. 39 Deskový filtr 73
Obr. 40 Výpočet tepelné izolace potrubí [38] 75
Obr. 41 MAGNA3 Obr. 42 MAGNA3 D 76

Obr. 43 Technické parametry čerpadla na hlavní větvi 77
Obr. 44 Návrh pojistného ventilu 81
Obr. 45 Schéma akumulační nádoby [35] 82
Obr. 46 Minimální rozteče jednotlivých hrdel v závislosti na jejich dimenzí [37] 83

Tabulky

Tab. 1 Plochy místností 30
Tab. 2 Návrhové parametry exteriéru [26] 32
Tab. 3 Návrhové parametry interiéru 32
Tab. 4 Vypočítané hodnoty součinitele prostupu tepla 33
Tab. 5 Tepelná zátěž vnějšími stěnami 35
Tab. 6 Určení doby výpočtu pro místnost 2.03 36
Tab. 7 Určení doby výpočtu pro místnost 1.02 36
Tab. 8 Určení doby výpočtu pro místnost 1.04 37
Tab. 9 Prosklená část oken 38
Tab. 10 Plocha osluněné a prosklené části oken 40
Tab. 11 Celková tepelná zátěž 46
Tab. 12 Vlhkostní zátěž 46
Tab. 13 Návrh jednotky fancoil [7] 51
Tab. 14 Korekční faktor pro chladicí výkon [7] 51
Tab. 15 Navržené fancoily v místnostech 55
Tab. 16 Parametry blokové chladicí jednotky [19] 56
Tab. 17 Parametry zdroje chladu s odděleným kondenzátorem [20] 57
Tab. 18 Parametry zdroje chladu s vodou chlazeným kondenzátorem [20] 58
Tab. 19 Výběr chladicí věže [31] 61
Tab. 20 Parametry kondenzátoru [30] 65
Tab. 21 Dimenzační tabulka hlavní větve základního okruhu 67
Tab. 22 Technické údaje regulačního ventilu [7] 69
Tab. 23 Připojovací rozměry regulačních ventilů [7] 69
Tab. 24 Technické údaje škrtícího ventilu [7] 70
Tab. 25 Parametry deskového filtru [34] 74
Tab. 26 Navržené tloušťky izolace pro jednotlivá potrubí 76
Tab. 27 Konstrukční přetlak jednotlivých komponentů 80
Tab. 28 Technické údaje akumulačních zásobníků [35] 82
Tab. 29 Návrh rozdělovače a sběrače [37] 83

Grafy

Graf 1 Intenzita sluneční radiace pro místnost 2.03 36
Graf 2 Intenzita sluneční radiace pro místnost 1.02 37
Graf 3 Intenzita sluneční radiace pro místnost 1.04 37
Graf 4 hx diagram – úprava vzduchu fancoilem v místnosti 1.02 54
Graf 5 Hx diagram – chladicí věž 59
Graf 6 Návrh chladicí věže [31] 60
Graf 7 ph – diagram chladicího okruhu pro ruční výpočet 63
Graf 8 ph diagram chladicího okruhu v softwaru Solkane [29] 65
Graf 9 Tlaková ztráta výměníku fancoil [7] 68
Graf 10 Tlaková ztráta regulačního ventilu [7] 69
Graf 11 Tlaková ztráta škrtícího ventilu [7] 70
Graf 12 Tlaková ztráta vyvažovacích ventilů [32] 71
Graf 13 Tlaková ztráta výparníku zdroje chladu [20] 72
Graf 14 Tlaková ztráta filtru [33] 73
Graf 15 Tlaková ztráta diskového filtru [34] 74

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

A. Výpočet součinitele prostupu tepla

B. Tepelná zátěž vnějších stěn

C. Tepelné zisky okny radiací

D. Návrh fancoilů

E. Technický list kondenzátoru

F. Dimenzování

G. Parametry čerpadel

G.1 Čerpadlo hlavní okruh

G.2 Čerpadlo ke chladiči vzduchotechniky

G.3 Čerpadlo okruhu mezi zdrojem chladu a zásobníkem

G.4 Čerpadlo boční filtrace

H. Doplňování a úpravna vody

I. Výkresová dokumentace

Výkres č. 1 – Půdorys 1NP

Výkres č. 2 – Půdorys 2NP

Výkres č. 3 – Půdorys 3NP

Výkres č. 4 – Půdorys 4NP

Výkres č. 5 – Schéma zapojení potrubních tras

Výkres č. 6 – Půdorys strojovny

Výkres č. 7 – Schéma zapojení zdroje chladu

Výkres č. 8 – Blokové schéma MaR

Studie č. 1 – Bloková chladicí jednotka

Studie č. 2 – Zdroj otevřená chladicí věž

A. Výpočet součinitele prostupu tepla

Stěna vnější tl. 450mm

tl. 5mm Sádrová omítka λ=0,60 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 450mm Tepelně izolační pórobetonové tvárnice λ=0,089 W.m^{-1}.K^{-1} [23]

tl. 12mm Omítka univerzální vápenocementová λ=0,80 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum\left(\frac{0{,}005}{0{,}60} + \frac{0{,}450}{0{,}089} + \frac{0{,}012}{0{,}030}\right) + 0{,}04} = 0{,}186\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Věnec nad okny tl. 450mm

tl. 300mm Železobeton λ=1,43 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 150mm Polystyren λ=0,035 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 5mm ETICS Omítka silikátová λ=0,7 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum\left(\frac{0{,}300}{1{,}43} + \frac{0{,}150}{0{,}035} + \frac{0{,}005}{0{,}7}\right) + 0{,}04} = 0{,}214\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Stěna vnější mezi okny tl. 350mm

tl. 5mm Sádrová omítka λ=0,60 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 250mm Pórobetonové tvárnice λ=0,158 W.m^{-1}.K^{-1} [22]

tl. 100mm Polystyren λ=0,035 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 5mm ETICS Omítka silikátová λ=0,7 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum\left(\frac{0{,}005}{0{,}60} + \frac{0{,}25}{0{,}158} + \frac{0{,}1}{0{,}035} + \frac{0{,}005}{0{,}7}\right) + 0{,}04} = 0{,}216\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Stěna vnější bez tep. izolace tl. 375mm

tl. 5mm Sádrová omítka λ=0,60 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 375mm Pórobetonové tvárnice λ=0,137 W.m^{-1}.K^{-1} [22]

tl. 12mm Omítka univerzální vápenocementová λ=0,80 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum\left(\frac{0{,}005}{0{,}60} + \frac{0{,}375}{0{,}137} + \frac{0{,}012}{0{,}8}\right) + 0{,}04} = 0{,}341\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Střecha

tl. 200mm Železobeton λ=1,43 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 50mm Spádová vrstva - Liaporbeton λ=0,31 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 4mm Parozábrana – asfaltový pás λ=0,21 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 240mm Izolační vrstva - polystyren – λ=0,035 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 8mm Hydroizolační vrstva – asfaltový pás λ=0,21 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 0,5mm Separační vrstva - geotextílie

tl. 100mm Ochranná vrstva - oblázkový násyp

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}1 + \sum\left(\frac{0{,}2}{1{,}43} + \frac{0{,}05}{0{,}31} + \frac{0{,}004}{0{,}21} + \frac{0{,}24}{0{,}035} + \frac{0{,}008}{0{,}21}\right) + 0{,}04} = 0{,}136\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Stěna vnitřní tl. 150mm

tl. 5mm Sádrová omítka λ=0,60 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 150mm Porobeton λ=0,137 W.m^{-1}.K^{-1} [22]

tl. 5mm Sádrová omítka λ=0,60 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum \left(\frac{0{,}005}{0{,}6} + \frac{0{,}15}{0{,}137} + \frac{0{,}005}{0{,}6}\right) + 0{,}04} = 0{,}78\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Sádrokartonová příčka tl. 100mm

tl. 12,5mm Sádrokarton λ=0,22 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 75mm Minerální vlna λ=0,039 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 12,5mm Sádrokarton λ=0,22 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum \left(\frac{0{,}0125}{0{,}22} + \frac{0{,}075}{0{,}039} + \frac{0{,}0125}{0{,}22}\right) + 0{,}04} = 0{,}89\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Sádrokartonová příčka tl. 125mm

tl. 12,5mm Sádrokarton λ=0,22 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 100mm Minerální vlna λ=0,039 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 12,5mm Sádrokarton λ=0,22 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum \left(\frac{0{,}0125}{0{,}22} + \frac{0{,}1}{0{,}039} + \frac{0{,}0125}{0{,}22}\right) + 0{,}04} = 0{,}71\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Sádrokartonová příčka tl. 150mm

tl. 12,5mm Sádrokarton λ=0,22 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 125mm Minerální vlna λ=0,039 W.m^{-1}.K^{-1}

tl. 12,5mm Sádrokarton λ=0,22 W.m^{-1}.K^{-1}

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0{,}13 + \sum \left(\frac{0{,}0125}{0{,}22} + \frac{0{,}125}{0{,}039} + \frac{0{,}0125}{0{,}22}\right) + 0{,}04} = 0{,}59\ \mathrm{W/m^2 \cdot K}$$

Pokud není uvedeno jinak, použité hodnoty součinitele tepelné vodivosti zdiva λ jsou převzaté z normy ČSN 73 0540-3 [21]

B. Tepelná zátěž vnějších stěn

Místnost 1.02

JZ fasáda

$t_{rm} = 30{,}2°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186W/(m2.K)

$S = (0{,}5 + 1{,}1) \cdot 1{,}85 = 2{,}96m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 14 - 14 = 24h \quad t_{r\psi} = 18{,}1°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}186 \cdot 2{,}96 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}131 \cdot (18{,}1 - 30{,}2)] = \mathbf{2{,}54W}$$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = (0{,}5 + 1{,}1) \cdot 1 = 1{,}6m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 14 - 11 = 3h \quad t_{r\psi} = 16{,}0°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}216 \cdot 1{,}6 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}237 \cdot (16{,}0 - 30{,}2)] = \mathbf{0{,}98W}$$

JV fasáda

$t_{rm} = 30{,}2°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = [(4{,}16 + 4{,}16) \cdot 1{,}85] + [(0{,}4 + 0{,}4) \cdot 1] = 16{,}192m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 14 - 14 = 24h \quad t_{r\psi} = 18{,}1°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}186 \cdot 16{,}192 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}131 \cdot (18{,}1 - 30{,}2)] = \mathbf{13{,}91W}$$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = (1{,}36 + 1{,}36) \cdot 1 = 2{,}72m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 14 - 11 = 3h \quad t_{r\psi} = 16{,}0°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}216 \cdot 2{,}72 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}237 \cdot (16{,}0 - 30{,}2)] = \mathbf{1{,}67W}$$

Stěna vnější bez tep. izolace δ = 0,375m U=0,341 W/(m^2.K)

$S = 5{,}93 \cdot 1 = 5{,}93\mathrm{m}^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}375 - 0{,}5 = 11{,}5 \doteq 12\mathrm{h} \quad 14 - 12 = 2\mathrm{h} \quad t_{r\psi} = 16{,}2°\mathrm{C}$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}375}{2500^{0{,}375}} = 0{,}205$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}341 \cdot 5{,}93 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}205 \cdot (16{,}2 - 30{,}2)] = \mathbf{6{,}2W}$$

SV fasáda

$t_{rm} = 27{,}8°\mathrm{C}$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = (2{,}15 + 1{,}7) \cdot 1{,}85 = 7{,}1225\mathrm{m}^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14\mathrm{h} \quad 14 - 14 = 24\mathrm{h} \quad t_{r\psi} = 18{,}1°\mathrm{C}$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}186 \cdot 7{,}1225 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}131 \cdot (18{,}1 - 27{,}8)] = \mathbf{3{,}35W}$$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = 1{,}1 \cdot 1 = 1{,}10\mathrm{m}^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11\mathrm{h} \quad 14 - 11 = 3\mathrm{h} \quad t_{r\psi} = 16{,}0°\mathrm{C}$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}216 \cdot 1{,}1 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}237 \cdot (16{,}0 - 27{,}8)] = \mathbf{0{,}24W}$$

$$\sum Qs = 2{,}54 + 0{,}98 + 13{,}91 + 1{,}67 + 6{,}20 + 3{,}35 + 0{,}24 = \mathbf{28{,}89W}$$

Místnost 1.04

JZ fasáda

$t_{rm} = 30{,}2°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = (0{,}5 + 2{,}15) \cdot 1{,}85 = 4{,}9025m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 16 - 14 = 2h \quad t_{r\psi} = 16{,}2°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}186 \cdot 4{,}9025 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}131 \cdot (16{,}2 - 30{,}2)] = \mathbf{3{,}98W}$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = (0{,}5 + 1{,}1) \cdot 1 = 1{,}6m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 16 - 11 = 5h \quad t_{r\psi} = 18{,}1°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}216 \cdot 1{,}6 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}237 \cdot (18{,}1 - 30{,}2)] = \mathbf{1{,}15W}$

SZ fasáda

$t_{rm} = 27{,}8°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = 14{,}25 \cdot 1{,}85 = 26{,}3625m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 16 - 14 = 2h \quad t_{r\psi} = 16{,}2°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}186 \cdot 26{,}3625 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}131 \cdot (16{,}2 - 27{,}8)] = \mathbf{11{,}2W}$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = (1{,}36 + 1{,}4 + 2{,}51) \cdot 1 = 5{,}27m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 16 - 11 = 5h \quad t_{r\psi} = 18{,}1°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}216 \cdot 5{,}27 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}237 \cdot (18{,}1 - 27{,}8)] = \mathbf{1{,}71W}$

SV fasáda

$t_{rm} = 27{,}8°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = 12{,}3 \cdot 1{,}85 = 22{,}755m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 16 - 14 = 2h \quad t_{r\psi} = 16{,}2°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}186 \cdot 22{,}755 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}131 \cdot (16{,}2 - 27{,}8)] = \mathbf{9{,}67W}$$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = 2{,}15 \cdot 1 = 2{,}15m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 16 - 11 = 5h \quad t_{r\psi} = 20{,}9°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}216 \cdot 2{,}15 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}237 \cdot (20{,}9 - 27{,}8)] = \mathbf{1{,}01W}$$

$$\sum Qs = 3{,}98 + 1{,}15 + 11{,}20 + 1{,}71 + 9{,}67 + 1{,}01 = \mathbf{28{,}72W}$$

Místnost 2.03

JV fasáda

$t_{rm} = 30{,}2°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = (4{,}16 + 4{,}15) \cdot 0{,}8 + (0{,}4 + 0{,}39) \cdot 2{,}05 = 8{,}2675m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 15 - 14 = 1h \quad t_{r\psi} = 16{,}9°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}186 \cdot 8{,}2675 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}131 \cdot (16{,}9 - 30{,}2)] = \mathbf{6{,}86W}$

Stěna vnější bez tep. izolace δ = 0,375m U=0,341 W/(m2.K)

$S = 2{,}19 \cdot 2{,}85 = 6{,}2415m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}375 - 0{,}5 = 11{,}5 \doteq 12h \quad 15 - 12 = 3h \quad t_{r\psi} = 16{,}0°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}375}{2500^{0{,}375}} = 0{,}205$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}341 \cdot 6{,}2415 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}205 \cdot (16{,}0 - 30{,}2)] = \mathbf{7{,}00W}$

JZ fasáda

$t_{rm} = 30{,}2°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = 17{,}65 \cdot 0{,}8 = 14{,}12m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 15 - 14 = 1h \quad t_{r\psi} = 16{,}9°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}186 \cdot 14{,}12 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}131 \cdot (16{,}9 - 30{,}2)] = \mathbf{11{,}71W}$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = 2{,}15 \cdot 2{,}05 = 4{,}4075m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 15 - 11 = 4h \quad t_{r\psi} = 16{,}2°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$

$= 0{,}216 \cdot 4{,}4075 \cdot [(30{,}2 - 24) + 0{,}237 \cdot (16{,}2 - 30{,}2)] = \mathbf{2{,}74W}$

SZ fasáda

$t_{rm} = 27{,}8°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = 14{,}25 \cdot 0{,}8 = 11{,}4m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 15 - 14 = 1h \quad t_{r\psi} = 16{,}9°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}186 \cdot 11{,}4 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}131 \cdot (16{,}9 - 27{,}8)] = \mathbf{5{,}03W}$$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = (2{,}5 + 1{,}4 + 1{,}36) \cdot 2{,}05 = 10{,}783m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 15 - 11 = 4h \quad t_{r\psi} = 16{,}2°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}216 \cdot 10{,}783 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}237 \cdot (16{,}2 - 27{,}8)] = \mathbf{2{,}45W}$$

SV fasáda

$t_{rm} = 27{,}8°C$

Stěna vnější δ = 0,450m U=0,186 W/(m2.K)

$S = 17{,}65 \cdot 0{,}8 = 14{,}12m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}45 - 0{,}5 = 13{,}9 \doteq 14h \quad 15 - 14 = 1h \quad t_{r\psi} = 16{,}9°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}45}{2500^{0{,}45}} = 0{,}131$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}186 \cdot 14{,}12 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}131 \cdot (16{,}9 - 27{,}8)] = \mathbf{6{,}23W}$$

Stěna vnější mezi okny δ = 0,350m U=0,216 W/(m2.K)

$S = 2{,}15 \cdot 2{,}05 = 4{,}4075m^2$

$\psi = 32\delta - 0{,}5 = 32 \cdot 0{,}35 - 0{,}5 = 10{,}7 \doteq 11h \quad 15 - 11 = 4h \quad t_{r\psi} = 16{,}2°C$

$$m = \frac{1 + 7{,}6 \cdot \delta}{2500^{\delta}} = \frac{1 + 7{,}6 \cdot 0{,}35}{2500^{0{,}35}} = 0{,}237$$

$$Qs = Us \cdot S \cdot [(trm - ti) + m \cdot (tr\psi - trm)]$$
$$= 0{,}216 \cdot 4{,}4075 \cdot [(27{,}8 - 24) + 0{,}237 \cdot (16{,}2 - 27{,}8)] = \mathbf{1{,}00W}$$

$$\sum Qs = 6{,}86 + 7{,}00 + 11{,}71 + 2{,}74 + 5{,}03 + 2{,}45 + 6{,}23 + 1{,}00 = \mathbf{43{,}02W}$$

C. Tepelné zisky okny radiací

Okna s dvojsklem a vnitřními žaluziemi

$s_1 = \mathbf{0,9}$ … dvojsklo

$s_2 = \mathbf{0,56}$… vnitřní žaluzie světlé

s … součinitel stínění $s = s_1 \cdot s_2 = 0{,}9 \cdot 0{,}56 = \mathbf{0,504}$

Místnost 2.03 v 15h

Okna

16x Otvíravá okna 1050x2050 $S_o = 16 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}85 = 25{,}16\mathrm{m}^2$

4x Otvíravá okna 1250x2050 $S_o = 4 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}85 = 7{,}77\mathrm{m}^2$

8x Neotvíravá okna 1400x2050 $S_o = 8 \cdot 1{,}30 \cdot 1{,}95 = 20{,}28\mathrm{m}^2$

2x Neotvíravá okna 1300x2050 $S_o = 2 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}95 = 4{,}68\mathrm{m}^2$

6x Otvíravé Okno 1200x2050 $S_o = 6 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}85 = 11{,}1\mathrm{m}^2$

2x Neotvíravé Okno 1200x2050 $S_o = 2 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}95 = 4{,}29\mathrm{m}^2$

2x Neotvíravé okno 1560x2050 $S_o = 2 \cdot 1{,}46 \cdot 1{,}95 = 5{,}694\mathrm{m}^2$

$\sum S_o = 78{,}974\mathrm{m}^2$

α=246°

h=44°

JZ fasáda

γ=225°

$e_1 = c \cdot \mathrm{tg}|\alpha - \gamma| = 0{,}1 \cdot \mathrm{tg}|246 - 225| = 0{,}04 < 0{,}05$ … stín dopadá na rám

$$e_2 = d \cdot \frac{\mathrm{tg\ h}}{\cos|\alpha - \gamma|} = 0{,}2 \cdot \frac{\mathrm{tg}\ 44}{\cos|246 - 225|} = 0{,}21$$

6x Otvíravá okna 1050x2050

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 0{,}85 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}1)] = 1{,}649\mathrm{m}^2$

2x Otvíravá okna 1250x2050

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 1{,}05 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}1)] = 2{,}037\mathrm{m}^2$

4x Neotvíravá okna 1400x2050

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 1{,}3 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}05)] = 2{,}457\mathrm{m}^2$

1x Neotvíravá okna 1300x2050

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 1{,}2 \cdot [2{,}05 - (0{,}21 - 0{,}05)] = 2{,}268\mathrm{m}^2$

$\sum S_{os} = 6 \cdot 1{,}649 + 2 \cdot 2{,}037 + 4 \cdot 2{,}457 + 2{,}268 = 26{,}064\mathrm{m}^2$

SZ fasáda

γ=315°

$e_1 = c \cdot tg|\alpha - \gamma| = 0{,}1 \cdot tg|246 - 315| = 0{,}26$

$$e_2 = d \cdot \frac{tg\ h}{\cos|\alpha - \gamma|} = 0{,}2 \cdot \frac{tg\ 44}{\cos|246 - 315|} = 0{,}54$$

2x Krajní okno 1050x2050

$Sos = [la - (e1 - f)] \cdot [lb - (e2 - g)] = [0{,}85 - (0{,}26 - 0{,}1)] \cdot [2{,}05 - (0{,}54 - 0{,}1)] = 1{,}111m^2$

2x Okno 1050x2050

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 0{,}85 \cdot [2{,}05 - (0{,}54 - 0{,}1)] = 1{,}369m^2$

4x Okno 1200x2050

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 1{,}0 \cdot [2{,}05 - (0{,}54 - 0{,}1)] = 1{,}61m^2$

$$\sum S_{os} = 2 \cdot 1{,}111 + 2 \cdot 1{,}369 + 4 \cdot 1{,}61 = 11{,}4m^2$$

SV fasáda

γ=45°

$|\alpha - \gamma| > 90°$…okna jsou celá ve stínu

JV fasáda

γ=135°

$|\alpha - \gamma| > 90°$… okna jsou celá ve stínu

Tepelný zisk sluneční radiací

$Qor = [Sos \cdot Io \cdot c_0 + (So - Sos) \cdot Io\ dif] \cdot s$

$Qor = [(26{,}064 \cdot 511 + 11{,}4 \cdot 217) \cdot 0{,}85 + (78{,}974 - 37{,}464) \cdot 117] \cdot 0{,}504$

$Qor = \mathbf{9195{,}0W}$

Místnost 1.02 v 14h

Okna

1x Vstupní dveře 3500x2850 $S_o = 2 \cdot 2{,}75 \cdot 0{,}95 + 0{,}4 \cdot 1{,}3 + 0{,}3 \cdot 2{,}3 + 0{,}8 \cdot 2{,}2 = 8{,}195\mathrm{m}^2$

2x Otvíravá okna 1200x1000 $S_o = 2 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}80 = 1{,}6\mathrm{m}^2$

2x Neotvíravá okna 1200x1000 $S_o = 2 \cdot 1{,}10 \cdot 0{,}90 = 1{,}98\mathrm{m}^2$

2x Neotvíravá okna 1050x1000 $S_o = 2 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}9 = 1{,}71\mathrm{m}^2$

1x Dveře + okna 1400x2850 $S_o = 0{,}4 \cdot 1{,}3 + 0{,}3 \cdot 2{,}3 + 0{,}8 \cdot 2{,}2 = 2{,}97\mathrm{m}^2$

0,5x Neotvíravé Okno 1400x1000 $S_o = 0{,}5 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}9 = 0{,}585\mathrm{m}^2$

$\sum S_o = 17{,}04\mathrm{m}^2$

α=229°

h=52°

JZ fasáda

γ=225°

$e_1 = c \cdot \mathrm{tg}|\alpha - \gamma| = 0{,}1 \cdot \mathrm{tg}|229 - 225| = 0{,}006 < 0{,}05$ … stín dopadá na rám

$e_1 = c \cdot \mathrm{tg}|\alpha - \gamma| = 0{,}2 \cdot \mathrm{tg}|229 - 225| = 0{,}01 < 0{,}05$ … stín dopadá na rám

$$e_2 = d \cdot \frac{\mathrm{tg\,h}}{\cos|\alpha - \gamma|} = 0{,}2 \cdot \frac{\mathrm{tg}\,52}{\cos|229 - 225|} = 0{,}28$$

1x Vstupní dveře + okna 3500x2850

$\mathrm{Sos} = 2 \cdot 2{,}52 \cdot 0{,}95 + 0{,}17 \cdot 1{,}3 + 0{,}3 \cdot 2{,}3 + 0{,}8 \cdot 2{,}2 = \mathbf{7{,}46\mathrm{m}^2}$

SV fasáda

γ=45°

$|\alpha - \gamma| > 90°$…okna jsou celá ve stínu

JV fasáda

γ=135°

$|\alpha - \gamma| > 90°$… okna jsou celá ve stínu

Tepelný zisk sluneční radiací

$\mathrm{Qor} = [\mathrm{Sos} \cdot \mathrm{Io} \cdot c_0 + (\mathrm{So} - \mathrm{Sos}) \cdot \mathrm{Io\ dif}] \cdot s$

$\mathrm{Qor} = [\,7{,}46 \cdot 506 \cdot 0{,}85 + (17{,}04 - 7{,}46) \cdot 130] \cdot 0{,}527$

$\mathrm{Qor} = \mathbf{2240{,}3W}$

Místnost 1.04 v 16h

Okna

1x Vstupní dveře 3500x2850 $S_o = 2 \cdot 2{,}75 \cdot 0{,}95 + 0{,}4 \cdot 1{,}3 + 0{,}3 \cdot 2{,}3 + 0{,}8 \cdot 2{,}2 = 8{,}195\mathrm{m}^2$

4x Otvíravá okna 1200x1000 $S_o = 4 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}8 = 3{,}2\mathrm{m}^2$

8x Otvíravá okna 1050x1000 $S_o = 4 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}8 = 2{,}72\mathrm{m}^2$

2x Otvíravá okna 1250x1000 $S_o = 2 \cdot 1{,}05 \cdot 0{,}8 = 1{,}68\mathrm{m}^2$

2,5x Neotvíravá okna 1400x1000 $S_o = 2{,}5 \cdot 1{,}30 \cdot 0{,}9 = 2{,}925\mathrm{m}^2$

$$\sum S_o = 18{,}72\mathrm{m}^2$$

α=260°

h=34°

JZ fasáda

$e_1 = c \cdot \mathrm{tg}|\alpha - \gamma| = 0{,}1 \cdot \mathrm{tg}|260 - 225| = 0{,}07$

$e_1 = c \cdot \mathrm{tg}|\alpha - \gamma| = 0{,}2 \cdot \mathrm{tg}|260 - 225| = 0{,}14$

$$e_2 = d \cdot \frac{\mathrm{tg\,h}}{\cos|\alpha - \gamma|} = 0{,}2 \cdot \frac{\mathrm{tg}\,34}{\cos|260 - 225|} = 0{,}16$$

1x Vstupní dveře + okna 3500x2850

$Sos = 2{,}64 \cdot 0{,}95 + 0{,}29 \cdot 1{,}3 + 0{,}3 \cdot 2{,}3 + 0{,}8 \cdot 2{,}2 + 2{,}329 = \mathbf{7{,}66m^2}$

SZ fasáda

γ=315°

$e_1 = c \cdot \mathrm{tg}|\alpha - \gamma| = 0{,}1 \cdot \mathrm{tg}|260 - 315| = 0{,}14$

$$e_2 = d \cdot \frac{\mathrm{tg\,h}}{\cos|\alpha - \gamma|} = 0{,}2 \cdot \frac{\mathrm{tg}\,34}{\cos|260 - 315|} = 0{,}24$$

2x Krajní otvíravá okna 1050x1000

$$Sos = [la - (e1 - f)] \cdot [lb - (e2 - g)] = [0{,}85 - (0{,}14 - 0{,}1)] \cdot [0{,}8 - (0{,}24 - 0{,}1)] = 0{,}53\mathrm{m}^2$$

2x Otvíravá okna 1050x1000

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 0{,}85 \cdot [0{,}8 - (0{,}24 - 0{,}1)] = 0{,}56\mathrm{m}^2$

4x Otvíravá okna 1200x1000

$Sos = la \cdot [lb - (e2 - g)] = 1{,}0 \cdot [0{,}8 - (0{,}24 - 0{,}1)] = 0{,}66\mathrm{m}^2$

$$\sum S_{os} = 2 \cdot 0{,}53 + 2 \cdot 0{,}56 + 4 \cdot 0{,}66 = \mathbf{4{,}82m^2}$$

SV fasáda

γ=45°

$|\alpha - \gamma| > 90°$…okna jsou celá ve stínu

Tepelný zisk sluneční radiací

$\mathrm{Qor} = [\mathrm{Sos} \cdot \mathrm{Io} \cdot \mathrm{c_0} + (\mathrm{So} - \mathrm{Sos}) \cdot \mathrm{Io\ dif}] \cdot \mathrm{s}$

$\mathrm{Qor} = [(7{,}66 \cdot 452 + 4{,}82 \cdot 321) \cdot 0{,}85 + (18{,}72 - 12{,}48) \cdot 100] \cdot 0{,}504$

$\mathrm{Qor} = \mathbf{2455{,}7W}$

D. Návrh fancoilů

Místnost 1.02

Vstupní veličiny

Tepelná zátěž: $Q = \mathbf{5269W}$

Vlhkostní zátěž: $Mw = \mathbf{1160g/h = 0,3222g/s}$

Parametry exteriér:

$t_e = \mathbf{29°C}$

$h_e = \mathbf{56,2kJ/kg}$

Parametry interiér:

$t_e = \mathbf{24°C}$

$\varphi_i = \mathbf{49}\%$

$p_{di}" = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+t_i})} = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+24})} = \mathbf{2980,6Pa}$

$\varphi_i = \frac{p_d}{p_d"} \cdot 100 \rightarrow \boldsymbol{p_{di}} = \varphi_i \cdot p_{di}" = 0,49 \cdot 2980,6 = \mathbf{1460,49Pa}$

$\chi_i = 0,622 \cdot \frac{p_{di}}{p - p_{di}} = 0,622 \cdot \frac{1460,49}{100000 - 1460,49} = \mathbf{9,22g/kg}$

Teplotní spád chladící vody:

výměník VZT: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

výměník FCU: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

Výpočty

Střední povrchová teplota chladiče: $t_r = \frac{t_{w1}+t_{w2}}{2} = \frac{8+14}{2} = \mathbf{11°C}$

Průtok primárního vzduchu VZT: $V_{pr} = \mathbf{405\,m^3/h = 0,1125m^3/s}$ … je roven nutné hygienické výměně vzduchu

Chladící výkon primárního vzduchu: $Q_{pr} = \mathbf{0W}$ … bude přiváděn vzduch o teplotě interiéru

Chladící výkon sekundárního vzduchu: $Q_{FCU} = Q - Q_{Pr} = \mathbf{5269W}$

Návrhový průtok vzduchu fancoily …(pracovní rozdíl teplot Δt_p volím 8 K)

$$V_{fcu} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{5269}{1,2 \cdot 1010 \cdot (8)} = \mathbf{0,543m^3/s = 1956,3\,m^3/h}$$

návrh 3x jednotka GCS1.UW0.A05 – objem. proud vzduchu 660m^3/h

Skutečný průtok vzduchu fancoily: $V_{fcu_{skut}} = 3 \cdot 660 = \mathbf{0,550m^3/s = 1980\,m^3/h}$

Skutečný pracovní rozdíl teplot: $\Delta t_{p_{skut}} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{fcu_{skut}}} = \frac{5269}{1,2 \cdot 1010 \cdot 0,550} = \mathbf{7,9°C}$

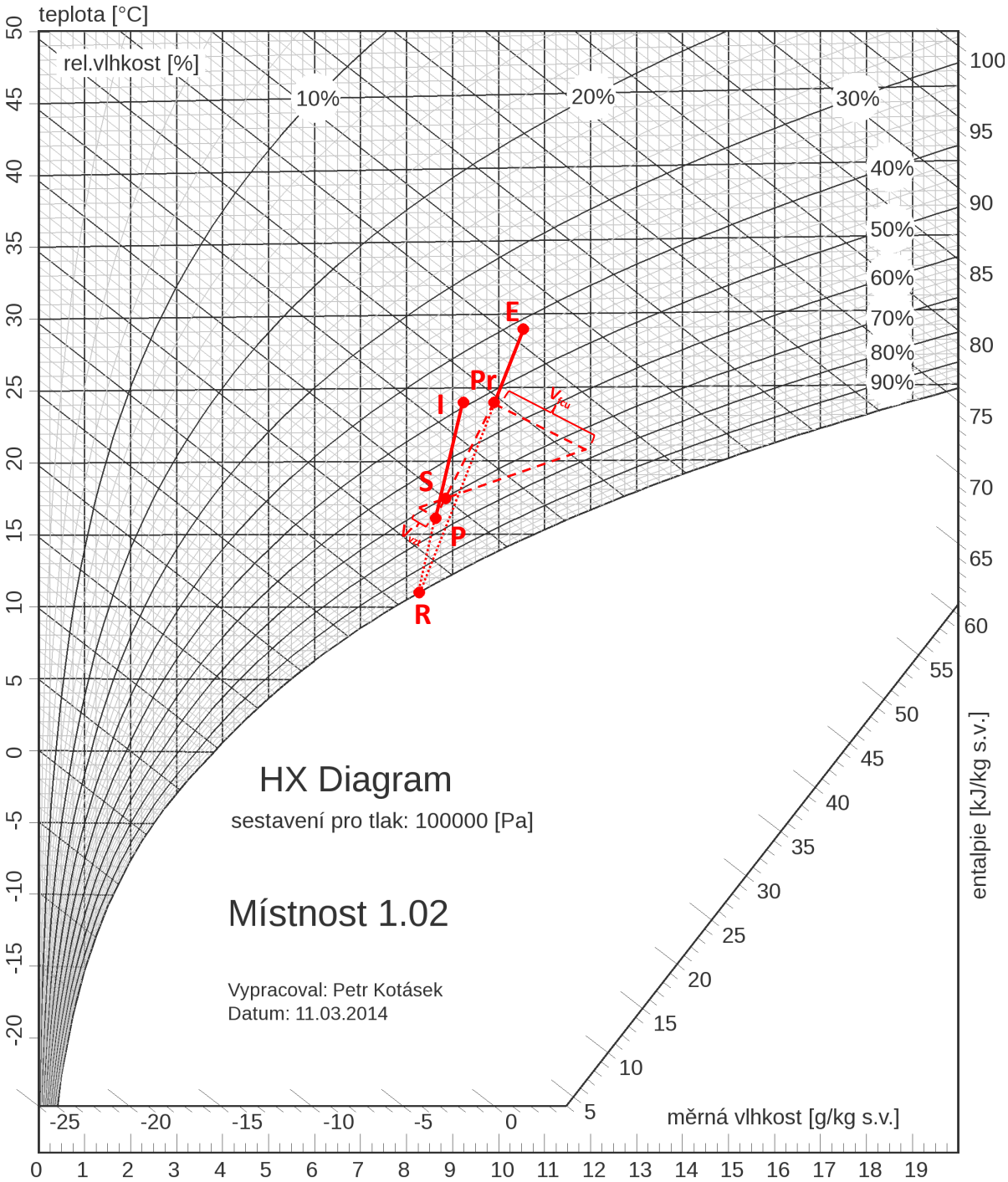
Teplota přiváděného vzduchu fancoily:

$t_{p_{skut}} = t_i - t_p \;\rightarrow\; t_p = t_i - \Delta t_{p_{skut}} = 24 - 7,9 = \mathbf{16,1°C}$

Určení parametrů směsi:

$$Q = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot c \cdot (t_i - t_s) \quad \rightarrow \quad 5269$$
$$= (0{,}1125 \cdot 1{,}2 + 0{,}550 \cdot 1{,}2) \cdot 1010 \cdot (24 - t_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{t_s = 17{,}4°C}$$

$$M_w = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot (\chi_i - \chi_s) \quad \rightarrow \quad 0{,}322$$
$$= (0{,}1125 \cdot 1{,}2 + 0{,}550 \cdot 1{,}2) \cdot (9{,}22 - \chi_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{\chi_s = 8{,}81 g/kg}$$



Místnost 1.04

Vstupní veličiny

Tepelná zátěž: $Q = \mathbf{7023W}$

Vlhkostní zátěž: $Mw = \mathbf{1740g/h = 0,483g/s}$

Parametry exteriér:

$t_e = \mathbf{29°C}$

$h_e = \mathbf{56,2kJ/kg}$

Parametry interiér:

$t_e = \mathbf{24°C}$

$\varphi_i = \mathbf{50}\%$

$p_{di}" = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+t_i})} = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+24})} = \mathbf{2980,6Pa}$

$\varphi_i = \frac{p_d}{p_d"} \cdot 100 \rightarrow \boldsymbol{p_{di}} = \varphi_i \cdot p_{di}" = 0,5 \cdot 2980,6 = \mathbf{1490,3Pa}$

$\chi_i = 0,622 \cdot \frac{p_{di}}{p - p_{di}} = 0,622 \cdot \frac{1490,3}{100000 - 1490,3} = \mathbf{9,41g/kg}$

Teplotní spád chladící vody:

výměník VZT: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

výměník FCU: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

Výpočty

Střední povrchová teplota chladiče: $t_r = \frac{t_{w1}+t_{w2}}{2} = \frac{8+14}{2} = \mathbf{11°C}$

Průtok primárního vzduchu VZT: $V_{pr} = \mathbf{505\,m^3/h = 0,1403m^3/s}$ … je roven nutné hygienické výměně vzduchu

Chladící výkon primárního vzduchu: $Q_{pr} = \mathbf{0W}$ … bude přiváděn vzduch o teplotě interiéru

Chladící výkon sekundárního vzduchu: $Q_{FCU} = Q - Q_{Pr} = \mathbf{7023W}$

Návrhový průtok vzduchu fancoily …(pracovní rozdíl teplot Δt_p volím 8 K)

$$V_{fcu} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{7023}{1,2 \cdot 1010 \cdot (8)} = \mathbf{0,724m^3/s = 2607,5\,m^3/h}$$

návrh 4x jednotka GCS1.UW0.A05 – objem. proud vzduchu 660m^3/h

Skutečný průtok vzduchu fancoily: $V_{fcu_{skut}} = 4 \cdot 660 = \mathbf{0,733m^3/s = 2640\,m^3/h}$

Skutečný pracovní rozdíl teplot: $\Delta t_{p_{skut}} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{fcu_{skut}}} = \frac{7023}{1,2 \cdot 1010 \cdot 0,733} = \mathbf{7,9°C}$

Teplota přiváděného vzduchu fancoily:

$\Delta t_{p_{skut}} = t_i - t_p \;\rightarrow\; t_p = t_i - \Delta t_{p_{skut}} = 24 - 7,9 = \mathbf{16,1°C}$

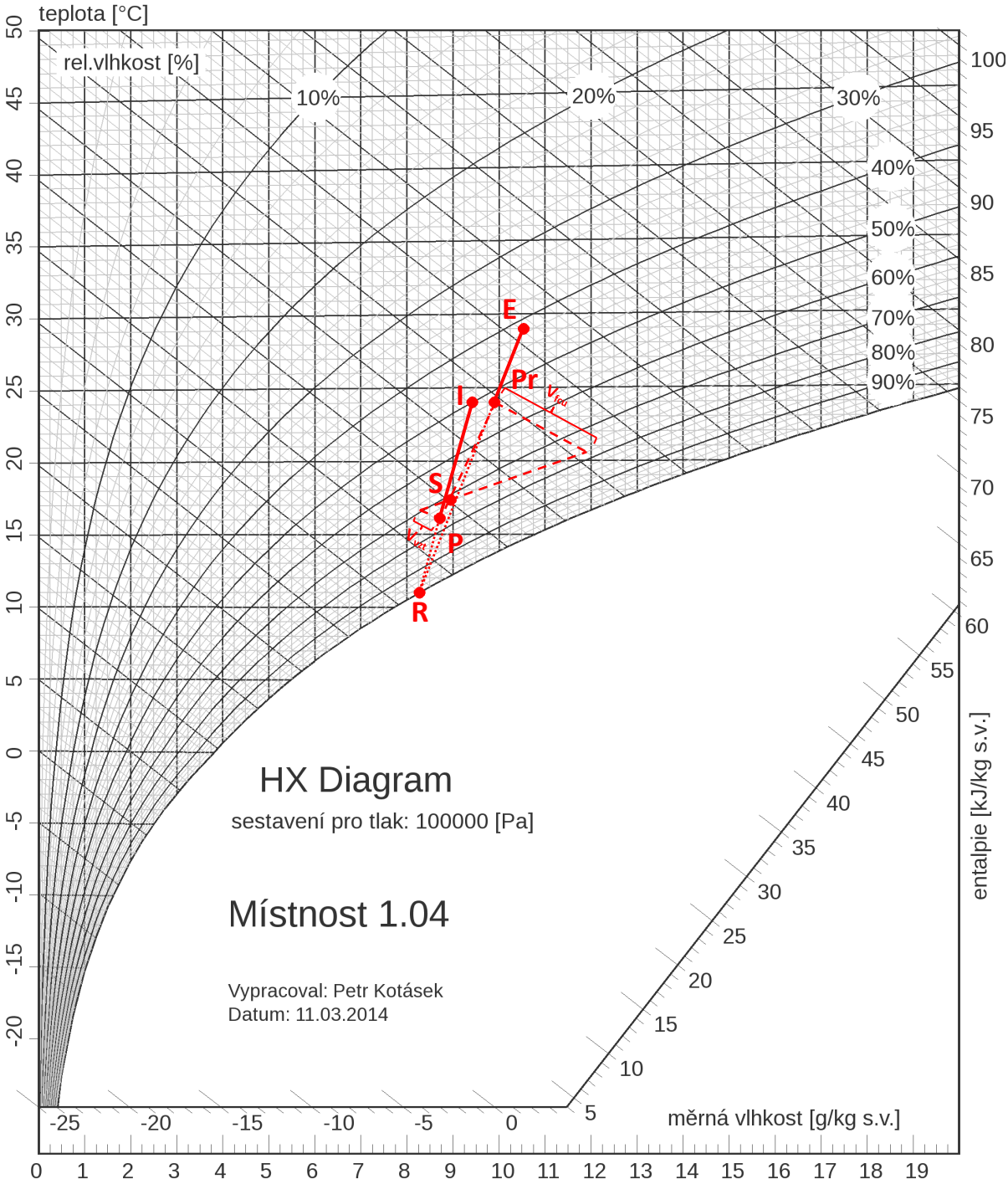
Určení parametrů směsi:

$$Q = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot c \cdot (t_i - t_s)$$

$$7023 = (0{,}1403 \cdot 1{,}2 + 0{,}733 \cdot 1{,}2) \cdot 1010 \cdot (24 - t_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{t_s = 17{,}4°C}$$

$$M_w = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot (\chi_i - \chi_s)$$

$$0{,}4833 = (0{,}1403 \cdot 1{,}2 + 0{,}733 \cdot 1{,}2) \cdot (9{,}41 - \chi_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{\chi_s = 8{,}95 g/kg}$$



Místnost 2.03 a 3.03

Vstupní veličiny

Tepelná zátěž: $Q = \mathbf{13043W}$

Vlhkostní zátěž: $Mw = \mathbf{1274g/h = 0,354g/s}$

Parametry exteriér:

$t_e = \mathbf{29°C}$

$h_e = \mathbf{56,2kJ/kg}$

Parametry interiér:

$t_e = \mathbf{24°C}$

$\varphi_i = \mathbf{47}\%$

$p_{di}" = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+t_i})} = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+24})} = \mathbf{2980,6Pa}$

$\varphi_i = \frac{p_d}{p_d"} \cdot 100 \rightarrow \boldsymbol{p_{di}} = \varphi_i \cdot p_{di}" = 0,47 \cdot 2980,6 = \mathbf{1400,9Pa}$

$\chi_i = 0,622 \cdot \frac{p_{di}}{p - p_{di}} = 0,622 \cdot \frac{1400,9}{100000 - 1400,9} = \mathbf{8,84g/kg}$

Teplotní spád chladící vody:

výměník VZT: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

výměník FCU: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

Výpočty

Střední povrchová teplota chladiče: $t_r = \frac{t_{w1}+t_{w2}}{2} = \frac{8+14}{2} = \mathbf{11°C}$

Průtok primárního vzduchu VZT: $V_{pr} = \mathbf{660\,m^3/h = 0,183m^3/s}$ … je roven nutné hygienické výměně vzduchu

Chladící výkon primárního vzduchu: $Q_{pr} = \mathbf{0W}$ … bude přiváděn vzduch o teplotě interiéru

Chladící výkon sekundárního vzduchu: $Q_{FCU} = Q - Q_{Pr} = \mathbf{13043W}$

Návrhový průtok vzduchu fancoily …(pracovní rozdíl teplot Δt_p volím 8 K)

$$V_{fcu} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{13043}{1,2 \cdot 1010 \cdot (8)} = \mathbf{1,345\,m^3/s = 4842,7\,m^3/h}$$

návrh 11x jednotka GCS1.UW0.A05 – objem. proud vzduchu 480m^3/h

Skutečný průtok vzduchu fancoily: $V_{fcu_{skut}} = 11 \cdot 480 = \mathbf{1,467\,m^3/s = 5280\,m^3/h}$

Skutečný pracovní rozdíl teplot: $\Delta t_{p_{skut}} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{fcu_{skut}}} = \frac{13043}{1,2 \cdot 1010 \cdot 1,467} = \mathbf{7,3°C}$

Teplota přiváděného vzduchu fancoily:

$\Delta t_{p_{skut}} = t_i - t_p \;\rightarrow\; t_p = t_i - \Delta t_{p_{skut}} = 24 - 7,3 = \mathbf{16,7°C}$

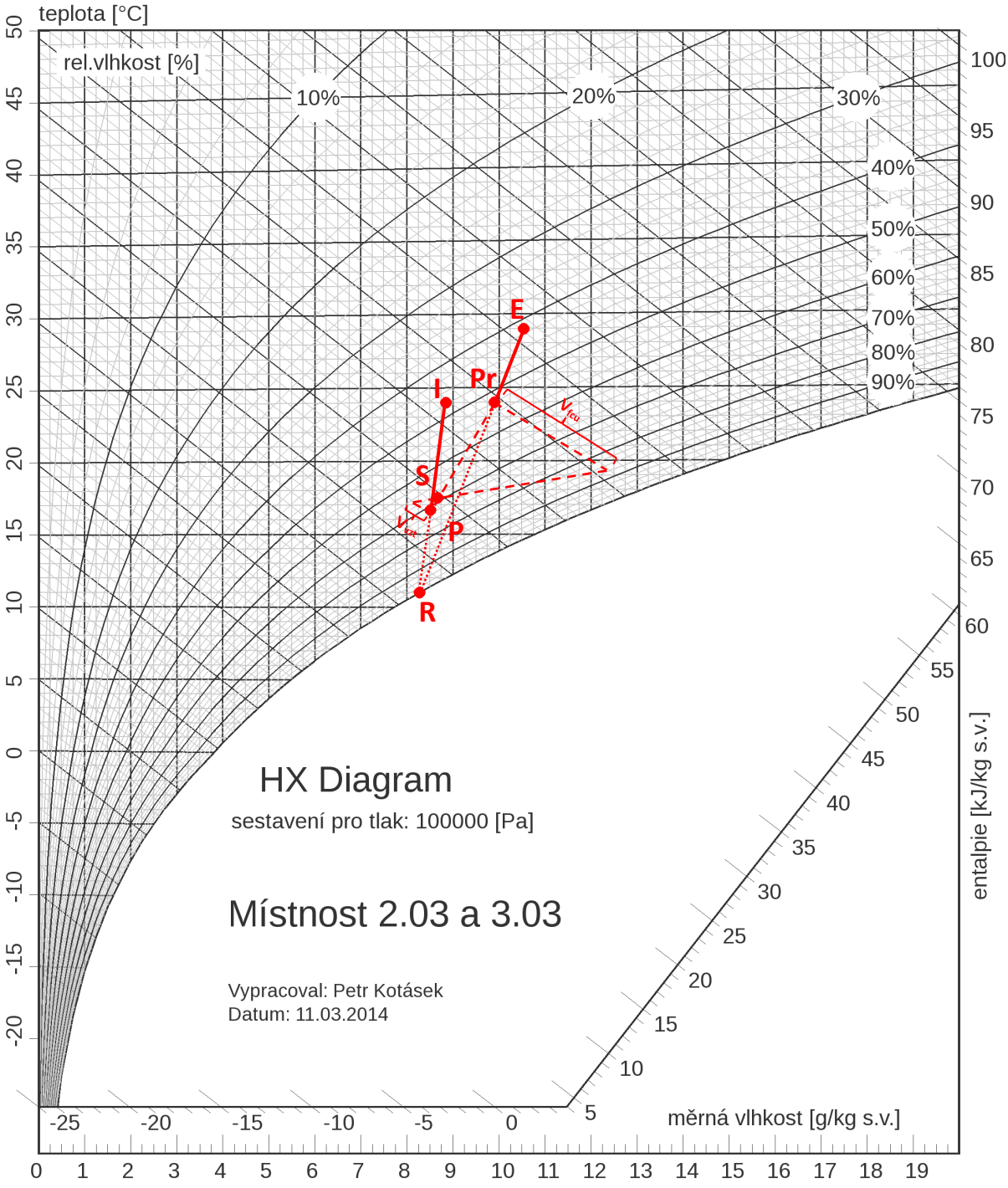
Určení parametrů směsi:

$$Q = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot c \cdot (t_i - t_s)$$

$$13043 = (0{,}183 \cdot 1{,}2 + 1{,}467 \cdot 1{,}2) \cdot 1010 \cdot (24 - t_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{t_s = 17{,}5°C}$$

$$M_w = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot (\chi_i - \chi_s)$$

$$0{,}354 = (0{,}183 \cdot 1{,}2 + 1{,}467 \cdot 1{,}2) \cdot (8{,}84 - \chi_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{\chi_s = 8{,}66 g/kg}$$



Místnost 4.03

Vstupní veličiny

Tepelná zátěž: $Q = \mathbf{13430W}$

Vlhkostní zátěž: $Mw = \mathbf{1274g/h = 0,354g/s}$

Parametry exteriér:

$t_e = \mathbf{29°C}$

$h_e = \mathbf{56,2kJ/kg}$

Parametry interiér:

$t_e = \mathbf{24°C}$

$\varphi_i = \mathbf{47}\%$

$p_{di}" = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+t_i})} = e^{(23,58-\frac{4044,6}{235,6+24})} = \mathbf{2980,6Pa}$

$\varphi_i = \frac{p_d}{p_d"} \cdot 100 \rightarrow \boldsymbol{p_{di}} = \varphi_i \cdot p_{di}" = 0,6 \cdot 2980,6 = \mathbf{1400,9Pa}$

$\chi_i = 0,622 \cdot \frac{p_{di}}{p - p_{di}} = 0,622 \cdot \frac{1400,9}{100000 - 1400,9} = \mathbf{8,84g/kg}$

Teplotní spád chladící vody:

výměník VZT: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

výměník FCU: $t_{w1}/t_{w2} = 8/14$

Výpočty

Střední povrchová teplota chladiče: $t_r = \frac{t_{w1}+t_{w2}}{2} = \frac{8+14}{2} = \mathbf{11°C}$

Průtok primárního vzduchu VZT: $V_{pr} = \mathbf{660\,m^3/h = 0,183m^3/s}$ … je roven nutné hygienické výměně vzduchu

Chladící výkon primárního vzduchu: $Q_{pr} = \mathbf{0W}$ … bude přiváděn vzduch o teplotě interiéru

Chladící výkon sekundárního vzduchu: $Q_{FCU} = Q - Q_{Pr} = \mathbf{13430W}$

Návrhový průtok vzduchu fancoily …(pracovní rozdíl teplot Δt_p volím 8 K)

$$V_{fcu} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{13430}{1,2 \cdot 1010 \cdot (8)} = \mathbf{1,385\,m^3/s = 4986,4\,m^3/h}$$

návrh 11x jednotka GCS1.UW0.A05 – objem. proud vzduchu 480m^3/h

Skutečný průtok vzduchu fancoily: $V_{fcu_{skut}} = 11 \cdot 480 = \mathbf{1,467\,m^3/s = 5280\,m^3/h}$

Skutečný pracovní rozdíl teplot: $\Delta t_{p_{skut}} = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot V_{fcu_{skut}}} = \frac{13430}{1,2 \cdot 1010 \cdot 1,467} = \mathbf{7,6°C}$

Teplota přiváděného vzduchu fancoily:

$\Delta t_{p_{skut}} = t_i - t_p \;\rightarrow\; t_p = t_i - \Delta t_{p_{skut}} = 24 - 7,6 = \mathbf{16,4°C}$

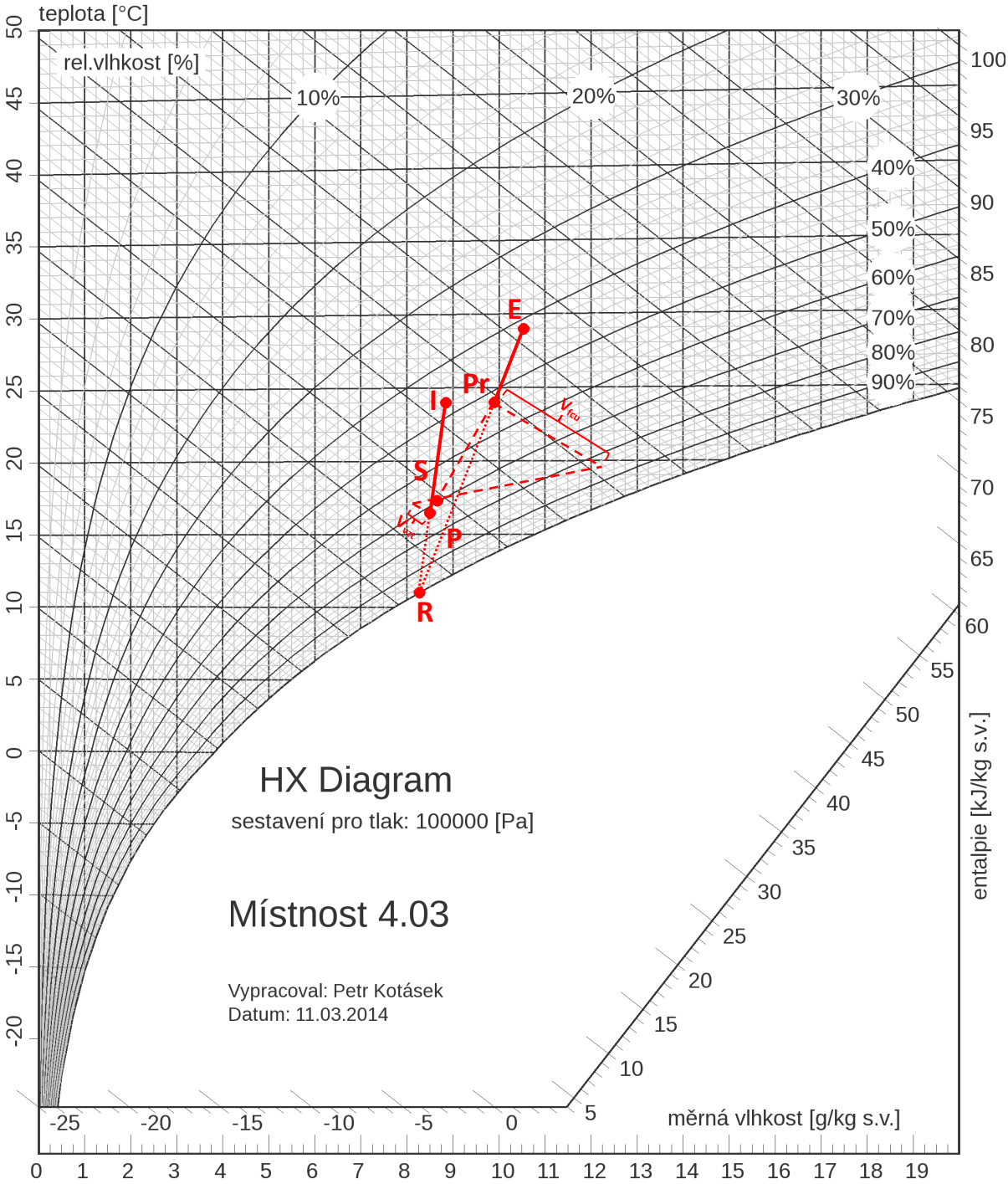
Určení parametrů směsi:

$$Q = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot c \cdot (t_i - t_s)$$

$$13430 = (0{,}183 \cdot 1{,}2 + 1{,}467 \cdot 1{,}2) \cdot 1010 \cdot (24 - t_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{t_s = 17{,}3°C}$$

$$M_w = \left(V_{pr} \cdot \rho + V_{fcu_{skut}} \cdot \rho\right) \cdot (\chi_i - \chi_s)$$

$$0{,}354 = (0{,}183 \cdot 1{,}2 + 1{,}467 \cdot 1{,}2) \cdot (8{,}84 - \chi_s) \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{\chi_s = 8{,}66 g/kg}$$



E. Technický list kondenzátoru

GEA Goedhart

GEA Heat Exchangers a.s.
GEA Goedhart systems
Kostomlátecká 180
288 26 Nymburk, The Czech Republic
Phone: +420 325 519 951
Fax: +420 325 519 952
sales.goedhart.cz@gea.com
www.goedhart.cz

GOEDHART KATALOG VÝROBKŮ 2014.01

Zákazník :
Akce (projekt, zakázka) :
Poz. :
Pocet :

Datum: 26.5.2014

Svislé proudění vzduchu KOAL-S-MEC134-N604D R-407C

Chladírenské parametry

Výkon	kW	81,7	Chladivo		R-407C
Průtok vzduchu	m³/h	39168	Kondenzační teplota	°C	45,0
Teplota vzduchu na vstupu	°C	35,0			

Technické údaje

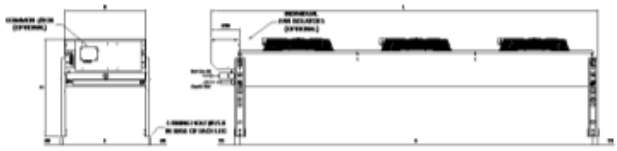
Rozteč lamel	mm	2.3	Blok		Cu / Al
Plocha	m²	288	Opláštění		Pozink
Objem	dm³	43,0	Povrchová úprava opláštění		Křemíková šeď RAL 7032
Hmotnost (bez náplně)	kg	431	* Hlučnost - ve vzdálenosti	dB(A)-m	63,0 @ 10,0 [+/- 2 dB(A)]
Vstup / výstup	mm	54 / 35	** Energetická třída		E

Ventilátor(y)

Počet ventilátoru		3			
Údaje pro 1 ventilátor:					
Průměr ventilátoru	mm	630	Fáze - Napětí - Kmitočet	V-Hz	3 x 400 /50
Otáčky ventilátoru	ot/min	1330	Izolační třída		IP54
Příkon 1 ventilátoru	W	2530			
Nominální proud	A	5,2			

Rozměry cca (bez event. příslušenství) Může se měnit!

L -	3944 mm	C -	mm	E1 -	mm	F1 -	mm
B -	1101 mm	E -	mm	E2 -	mm	F2 -	mm
H -	1070 mm			E3 -	mm		



* Hlučnost je uváděna dle normy EN13487. Další informace jsou dostupné ve firemní literatuře.

** Energetická třída: E - vysoká

Všechny nabídky, smlouvy, objednávky, dodávky a ostatní právní vztahy GEA Heat Exchangers a.s. se řídí aktuální verzí našich Všeobecných obchodních podmínek (k dispozici na www.goedhart.cz). Aplikace jakýchkoli jiných obchodních podmínek je striktně vyloučena.

ZÁKLADNÍ OKRUH - Místnost 1.04

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy, redukce, ventily		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
1	2352	338	10,30	22x1	93	0,3	**957,9**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	355,5	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1800+3300+2300	**7400**	**8713,4**	**8713,4**
2	4704	675	10,00	28x1,5	105,8	0,38	**1058,0**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	(2*1,5)+0,6+0,3+(2*1)	**5,9**	426,0				**1484,0**	**10197,4**
3	7056	1013	6,10	35x1,5	66,4	0,35	**405,0**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	275,6				**680,7**	**10878,0**
4	9408	1350	10,60	35x1,5	112,7	0,47	**1194,6**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 2x redukce, 2x kulový kohout	3+1,5+(2*1)+0	**6,5**	717,9	regulační ventil STAD (nastavení 3)	2200	**2200**	**4112,5**	**14990,6**
5	16464	2363	6,80	42x1,5	116,3	0,55	**790,8**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	(2*1,0)+0,6+0,3+(2*1)	**4,9**	741,1				**1532,0**	**16522,6**
6	25704	3690	0,20	54x2	76,6	0,52	**15,3**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	0,6+0,3+(2*1)	2,9	392,1				**407,4**	**16930,0**
7	33096	4751	7,00	57x2	92,4	0,6	**646,8**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce	0,6+0,3+(2*1)	**2,9**	522,0				**1168,8**	**18098,8**
8	42336	6077	0,20	64x2	79	0,6	**15,8**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	162,0				**177,8**	**18276,6**
9	49728	7138	6,80	64x2	104,8	0,7	**712,6**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	220,5				**933,1**	**19209,7**
10	58968	8464	0,20	64x2	143,6	0,83	**28,7**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	310,0				**338,7**	**19548,4**
11	66360	9525	24,95	64x2	180,8	0,94	**4511,0**	10x koleno, 2x redukce	10*0,5+(2*2)	9	3976,2				**8487,2**	**28035,6**
12	66360	9525	5,03	DN50	427,1	1,29	**2148,3**	8x koleno, 4x kulový kohout, zpětná klapka, 2x gum. Kompenzátor, napojení na rozdělovač, napojení na sběrač	(8*0,5)+(4*0)+3,8+(2*2)+0,5+0,5	12,8	10650,2	filtr	2800	**2800**	**15598,6**	**43634,1**
13	71220,1	10223	1,62	DN50	485,7	1,38	**786,8**	3x koleno, T-kus průchod - spojení, 2x kulový kohout, 2x gum. kompenzátor, vtok do zásobníku, výtok ze zásobníku	(3*0,5)+0,6+(2*0)+(2*2)+1+1	8,1	7712,8				**8499,7**	**52133,8**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
14	2352	338	0,60	22x1	93	0,3	**55,8**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	279,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1800+3300	**5100**	**5434,8**	**5434,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**8713,4 - 5434,8 =**	**3278,6**		**přednastavení 3**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
15	2352	338	0,60	22x1	93	0,3	**55,8**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	279,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1800+3300	**5100**	**5434,8**	**5434,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**10197,4 - 5434,8 =**	**4762,6**		**přednastavení 2,5**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
16	2352	338	2,05	22x1	93	0,3	**190,7**	2x koleno,T-kus protiproud - spojení, T - kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+3+1,5+(4*1)+0	**11,5**	517,5	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1800+3300	**5100**	**5808,2**	**5808,2**
									Nastavení škrtícího ventilu			**10878,0 - 5808,2 =**	**5069,8**		**přednastavení 2,5**	

1NP - Místnost 1.02

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
17	2352	338	10,20	22x1	93	0,3	**948,6**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	355,5	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1800+3300+2300	**7400**	**8704,1**	**8704,1**
18	4704	675	6,10	28x1,5	105,8	0,38	**645,4**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	324,9				**970,3**	**9674,4**
19	7056	1013	11,80	28x1,5	219,4	0,57	**2588,9**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 2x redukce	3+1,5+(2*1)	**6,5**	1055,9				**3644,8**	**13319,2**
									Nastavení vyvažovacího ventilu			**14990 - 13319,2 =**	**1670,8**		**přednastavení 3,8**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
20	2352	338	0,50	22x1	93	0,3	**46,5**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	279,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1800+3300	**5100**	**5425,5**	**5425,5**
									Nastavení škrtícího ventilu			**8704,1 - 5425,5 =**	**3278,6**		**přednastavení 4**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
21	2352	338	1,95	22x1	93	0,3	**181,4**	2x koleno,T-kus protiproud - spojení, T - kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+3+1,5+(4*1)+0	**11,5**	517,5	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1800+3300	**5100**	**5798,9**	**5798,9**
									Nastavení škrtícího ventilu			**9674,4 - 5798,9 =**	**3875,5**		**přednastavení 3**	

4NP - SZ Fasáda

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
22	1848	265	2,70	22x1	51,8	0,23	**139,9**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	3+1,5+(4*1)	**8,5**	224,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1100+2200+1450	**4750**	**5114,7**	5114,7
23	3696	531	6,40	28x1,5	69,5	0,3	**444,8**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	40,5				**485,3**	5600,0
24	5544	796	7,00	28x1,5	143,2	0,45	**1002,4**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	455,6				**1458,0**	7058,0
25	7392	1061	9,40	28x1,5	240,8	0,6	**2263,5**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(2*1)+0	**4,2**	756,0				**3019,5**	**10077,5**
									Nastavení vyvažovacího ventilu			**19548,4 - 10077,5 =**		**9470,9**		**přednastavení 2,0**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
26	1848	265	9,00	22x1	51,8	0,23	**466,2**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(2*1)+0	**5,9**	156,1	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3922,3**	3922,3
27	3696	531	2,60	22x1	206,8	0,47	**537,7**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce	3+1,5+(4*1)	**8,5**	938,8				**1476,5**	**5398,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**7058,0 - 5398,8 =**		**1659,2**		**přednastavení 4**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
28	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	3+1,5+(4*1)+0	**8,5**	224,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3550,7**	**3550,7**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5114,7 - 3550,7 =**		**1564**		**přednastavení 4**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
29	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3489,9**	**3489,9**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5600 - 3489,9 =**		**2110,1**		**přednastavení 3**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
30	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(2*1)+0	**4,2**	111,1	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3437,0**	**3437,0**
									Nastavení škrtícího ventilu			**(3922,3 + 1750) - 3437,0 =**		**2235,3**		**přednastavení 3**

3NP - SZ Fasáda

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
31	1848	265	2,70	22x1	51,8	0,23	**139,9**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	3+1,5+(4*1)	**8,5**	224,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1100+2200+1450	**4750**	**5114,7**	**5114,7**
32	3696	531	6,40	28x1,5	69,5	0,3	**444,8**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	40,5				**485,3**	**5600,0**
33	5544	796	7,00	28x1,5	143,2	0,45	**1002,4**	T-kus protiproud - spojení, T-kus	3+1,5	**4,5**	455,6				**1458,0**	**7058,0**
34	7392	1061	9,40	28x1,5	240,8	0,6	**2263,5**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(2*1)+0	**4,2**	756,0				**3019,5**	**10077,5**
									Nastavení vyvažovacího ventilu			**18276,6 - 10077,5 =**		**8199,1**		**přednastavení 2,05**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
35	1848	265	9,00	22x1	51,8	0,23	**466,2**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(2*1)+0	**5,9**	156,1	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3922,3**	**3922,3**
36	3696	531	2,60	22x1	206,8	0,47	**537,7**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce	3+1,5+(4*1)	**8,5**	938,8				**1476,5**	**5398,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**7058,0 - 5398,8 =**		**1659,2**		**přednastavení 4**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
37	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	3+1,5+(4*1)+0	**8,5**	224,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3550,7**	**3550,7**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5114,7 - 3550,7 =**		**1564**		**přednastavení 4**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
38	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3489,9**	**3489,9**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5600 - 3489,9 =**		**2110,1**		**přednastavení 3**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
39	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(2*1)+0	**4,2**	111,1	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3437,0**	**3437,0**
									Nastavení škrtícího ventilu			**(3922,3 + 1750) - 3437,0 =**		**2235,3**		**přednastavení 3**

2NP - SZ Fasáda

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
40	1848	265	2,70	22x1	51,8	0,23	**139,9**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	3+1,5+(4*1)	**8,5**	224,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1100+2200+1450	**4750**	**5114,7**	**5114,7**
41	3696	531	6,40	28x1,5	69,5	0,3	**444,8**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení	0,6+0,3	**0,9**	40,5				**485,3**	**5600,0**
42	5544	796	7,00	28x1,5	143,2	0,45	**1002,4**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	455,6				**1458,0**	**7058,0**
43	7392	1061	9,40	28x1,5	240,8	0,6	**2263,5**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(2*1)+0	**4,2**	756,0				**3019,5**	**10077,5**
									Nastavení vyvažovacího ventilu			**16930 - 10077,5 =**	**6852,5**		**přednastavení 2,15**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
44	1848	265	9,00	22x1	51,8	0,23	**466,2**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 2x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(2*1)+0	**5,9**	156,1	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3922,3**	**3922,3**
45	3696	531	2,60	22x1	206,8	0,47	**537,7**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce	3+1,5+(4*1)	**8,5**	938,8				**1476,5**	**5398,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**7058,0 - 5398,8 =**	**1659,2**		**přednastavení 4**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
46	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	3+1,5+(4*1)+0	**8,5**	224,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3550,7**	**3550,7**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5114,7 - 3550,7 =**	**1564**		**přednastavení 4**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
47	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3489,9**	**3489,9**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5600 - 3489,9 =**	**2110,1**		**přednastavení 3**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
48	1848	265	0,50	22x1	51,8	0,23	**25,9**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(2*1)+0	**4,2**	111,1	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3437,0**	**3437,0**
									Nastavení škrtícího ventilu			**(3922,3 + 1750) - 3437,0 =**	**2235,3**		**přednastavení 3**	

4NP - JV Fasáda

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
49	1848	265	8,00	22x1	51,8	0,23	**414,4**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	209,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1100+2200+1450	**4750**	**5373,4**	**5373,4**
50	3696	531	3,50	28x1,5	69,5	0,3	**243,3**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení	1,3+0,9	**2,2**	99,0				**342,3**	**5715,6**
51	5544	796	7,10	28x1,5	143,2	0,45	**1016,7**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod -	0,6+0,3	**0,9**	91,1				**1107,8**	**6823,5**
52	7392	1061	2,50	28x1,5	240,8	0,6	**602,0**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	810,0				**1412,0**	**8235,5**
53	9240	1326	7,40	28x1,5	361,9	0,75	**2678,1**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce	1,3+0,9+(2*1)	**4,2**	1181,3				**3859,3**	**12094,8**
									Nastavení vyvažovacího ventilu			**19209,7 - 12094,8 =**		**7114,9**		**přednastavení 2,4**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
54	1848	265	8,70	22x1	51,8	0,23	**450,7**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	209,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3959,6**	**3959,6**
55	3696	531	5,00	28x1,5	69,5	0,3	**347,5**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	202,5				**550,0**	**4509,6**
									Nastavení škrtícího ventilu			**8235,5 - 4509,6 =**		**3725,9**		**přednastavení 2,5**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
56	1848	265	0,80	22x1	51,8	0,23	**41,4**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3505,4**	**3505,4**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5373,4 - 3505,4 =**		**1868**		**přednastavení 4**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
57	1848	265	2,95	22x1	51,8	0,23	**152,8**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	209,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3661,8**	**3661,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5715,6 - 3661,8 =**		**2053,8**		**přednastavení 3**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
58	1848	265	2,80	22x1	51,8	0,23	**145,0**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3609,0**	**3609,0**
									Nastavení škrtícího ventilu			**6823,5 - 3609,0 =**		**3214,5**		**přednastavení 2,5**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
59	1848	265	0,80	22x1	51,8	0,23	**41,4**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3505,4**	**3505,4**
									Nastavení škrtícího ventilu			**(3959,6 + 3000) - 3505,4 =**		**3454,2**		**přednastavení 2,5**

3NP - JV Fasáda

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
60	1848	265	8,00	22x1	51,8	0,23	**414,4**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	209,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 3	1100+2200+2250	**5550**	**6173,4**	**6173,4**
61	3696	531	3,50	28x1,5	69,5	0,3	**243,3**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce	1,3+0,9+(2*1)	**4,2**	189,0				**432,3**	**6605,6**
62	5544	796	7,10	35x1,5	44,6	0,28	**316,7**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod -	0,6+0,3	**0,9**	35,3				**351,9**	**6957,5**
63	7392	1061	2,50	35x1,5	73,3	0,37	**183,3**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	308,0				**491,3**	**7448,8**
64	9240	1326	7,40	35x1,5	108,4	0,46	**802,2**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce	1,3+0,9+(2*1)	**4,2**	444,4				**1246,5**	**8695,3**
									Nastavení vyvažovacího ventilu			**18098,8 - 8695,3 =**	**9403,5**		**přednastavení 2,0**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
65	1848	265	8,70	22x1	51,8	0,23	**450,7**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	209,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3959,6**	**3959,6**
66	3696	531	5,00	28x1,5	69,5	0,3	**347,5**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 2x redukce	3+1,5+(2*1)	**6,5**	292,5				**640,0**	**4599,6**
									Nastavení škrtícího ventilu			**7448,8 - 4599,6 =**	**2849,2**		**přednastavení 2,5**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
67	1848	265	0,80	22x1	51,8	0,23	**41,4**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,5*2+1,3+0,9+(4*1)+0	**9,2**	243,3	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3584,8**	**3584,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**6173,4 - 3584,8 =**	**2588,6**		**přednastavení 3,0**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
68	1848	265	2,95	22x1	51,8	0,23	**152,8**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	1,5*2+1,3+0,9+(4*1)+0	**9,2**	243,3	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3696,2**	**3696,2**
									Nastavení škrtícího ventilu			**6605,6 - 3696,2 =**	**2909,4**		**přednastavení 2,5**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
69	1848	265	2,80	22x1	51,8	0,23	**145,0**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3*2+1,3+0,9+(4*1)+0	**8,8**	232,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3677,8**	**3677,8**
									Nastavení škrtícího ventilu			**6957,5 - 3677,8 =**	**3279,7**		**přednastavení 2,5**	

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
70	1848	265	0,80	22x1	51,8	0,23	**41,4**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3*2+1,3+0,9+(4*1)+0	**8,8**	232,8	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3574,2**	**3574,2**
									Nastavení škrtícího ventilu			**(3959,6 + 3000) - 3574,2 =**	**3385,4**		**přednastavení 2,5**	

2NP - JV Fasáda

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
71	1848	265	8,00	22x1	51,8	0,23	**414,4**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	209,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU, škrtící ventil - přednastavení 5	1100+2200+1450	**4750**	**5373,4**	**5373,4**
72	3696	531	3,50	28x1,5	69,5	0,3	**243,3**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce	1,3+0,9+(2*1)	**4,2**	189,0				**432,3**	**5805,6**
73	5544	796	7,10	35x1,5	44,6	0,28	**316,7**	T-kus průchod - spojení, T - kus průchod -	0,6+0,3	**0,9**	35,3				**351,9**	**6157,5**
74	7392	1061	2,50	35x1,5	73,3	0,37	**183,3**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení	3+1,5	**4,5**	308,0				**491,3**	**6648,8**
75	9240	1326	7,40	35x1,5	108,4	0,46	**802,2**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 2x redukce	1,3+0,9+(2*1)	**4,2**	444,4				**1246,5**	**7895,3**
									Nastavení vyvažovacího ventilu			**16522,6 - 7895,3 =**		**8627,3**		**přednastavení 2,05**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
76	1848	265	8,70	22x1	51,8	0,23	**450,7**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	(2*1,5)+0,6+0,3+(4*1)+0	**7,9**	209,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3959,6**	**3959,6**
77	3696	531	5,00	28x1,5	69,5	0,3	**347,5**	T-kus protiproud - spojení, T-kus protiproud - rozdělení, 2x redukce	3+1,5+(2*1)	**6,5**	292,5				**640,0**	**4599,6**
									Nastavení škrtícího ventilu			**6648,8 - 4599,6 =**		**2049,2**		**přednastavení 3**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
78	1848	265	0,80	22x1	51,8	0,23	**41,4**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3505,4**	**3505,4**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5373,4 - 3505,4 =**		**1868**		**přednastavení 4**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
79	1848	265	2,95	22x1	51,8	0,23	**152,8**	2x koleno,T-kus průchod - spojení, T - kus průchod - rozdělení, 4x redukce, kulový kohout	1,5*2+1,3+0,9+(4*1)+0	**9,2**	243,3	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3696,2**	**3696,2**
									Nastavení škrtícího ventilu			**5805,6 - 3696,2 =**		**2109,4**		**přednastavení 3**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
80	1848	265	2,80	22x1	51,8	0,23	**145,0**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3609,0**	**3609,0**
									Nastavení škrtícího ventilu			**6157,5 - 3609,0 =**		**2548,5**		**přednastavení 3**

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
81	1848	265	0,80	22x1	51,8	0,23	**41,4**	T-kus - rozdělení, T-kus - spojení, 4x redukce, kulový kohout	1,3+0,9+(4*1)+0	**6,2**	164,0	dvoucestný regulační ventil, výměník FCU	1100+2200	**3300**	**3505,4**	**3505,4**
									Nastavení škrtícího ventilu			**(3959,6 + 2250) - 3505,4 =**		**2704,2**		**přednastavení 2,5**

OKRUH K CHLADIČI VZT

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
82	4860,1	698	14,15	DN32	80	0,23	**1132,0**	10x koleno, 4x kulový kohout, zpětná klapka, 2x gum. kompenzátor, napojení na rozdělovač, napojení na sběrač, 2x redukce	(10*1,5)+(4*0)+3,8+(2*2)+0,5+0,5+(2*1)	25,8	682,4	dvoucestný regulační ventil, výměník VZT	4100+7700	11800	**13614,4**	**13614,4**
13	71220,1	10223	1,62	DN50	485,7	1,38	**786,8**	3x koleno, T-kus průchod - spojení, 2x kulový kohout, 2x gum. kompenzátor, vtok do zásobníku, výtok ze zásobníku	(3*0,5)+0,6+(2*0)+(2*2)+1+1	8,1	7712,8				**8499,7**	**22114,1**

OKRUH mezi zásobníkem a

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
83	71220,1	10223	16,44	DN50	485,7	1,38	**7984,9**	15x koleno, 2x gum. Kompenzátor, 4x kulový kohout, zpětná klapka, 2x redukce, vtok do zásobníku, výtok ze zásobníku	(15*0,5)+(2*2)+(4*0)+3,8+(2*1)+1+1	19,3	18377,5	filtr, výparník	3300+30000	33300	**59662,4**	**59662,4**

OKRUH BOČNÍ FITRACE

č. ú.	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	Ztráty místními odpory ξ - kolena, t-kusy		∑ξ	Z (Pa)	Tlakové ztáty na armaturách a zařízeních Δp - ventily, výměníky...		∑Δp	R.l+Z+Δp (Pa)	ΔpDIS (Pa)
84		6000	1,36	DN40	680	1,38	**924,8**	2x kulový kohout, výtok ze zásobníku, T-kus spojení	2*0+1+0,9	1,9	1809,2	deskový filtr, filtr před čerpadlem	10000+3400	**13400**	**16134,0**	**16134,0**

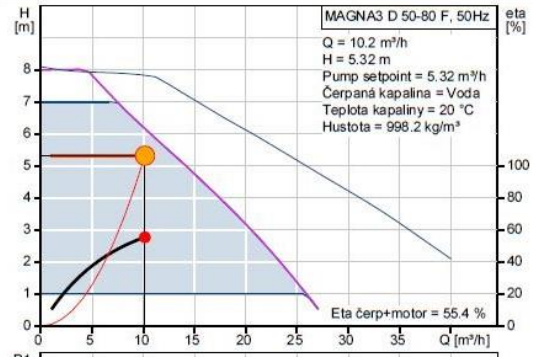
G. Parametry čerpadel

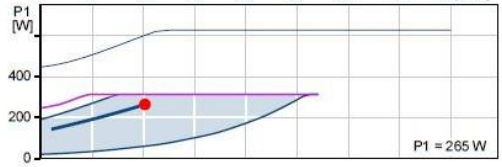
G.1 Čerpadlo hlavní okruh

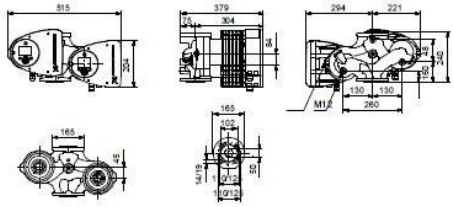
GRUNDFOS

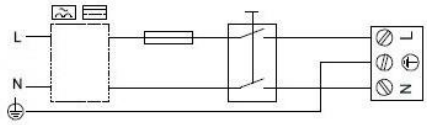
Název společnosti:	-
Vypracováno kým:	-
Telefon:	-
Fax:	-
Datum:	-

Popis	Hodnota
Název výrobku::	MAGNA3 D 50-80 F
Číslo výrobku:	97924477
EAN kód::	5710626495559
Cena:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	10.2 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	5.32 m
Max. dopravní výška:	80 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,PCT
Model:	A
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Standardní příruba:	DIN
Potrubní přípojka:	DN 50
PN pro potrubní přípojku:	PN6/10
Vzdálenost mazi sacím a výtlačným hrdlem:	240 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	20 °C
Hustota:	998.2 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	21 .. 324 W
Max. spotřeba el. proudu:	0.22 .. 1.45 A
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Štítek:	Grundfos Blueflux
Energet. účinnost (EEI):	0.19
Čistá hmotnost:	34.1 kg
Hrubá hmotnost:	41.7 kg
Přepravní objem:	0.132 m³







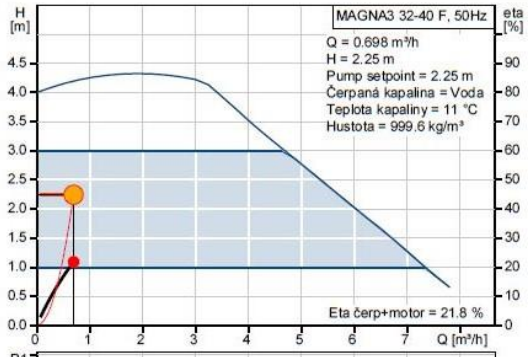


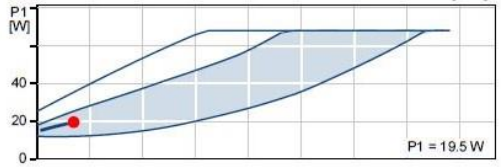
G.2 Čerpadlo ke chladiči vzduchotechniky

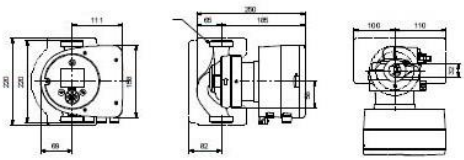
GRUNDFOS

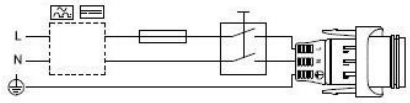
Název společnosti:	-
Vypracováno kým:	-
Telefon:	-
Fax:	-
Datum:	-

Popis	Hodnota
Název výrobku::	MAGNA3 32-40 F
Číslo výrobku:	98333834
EAN kód::	5710629850782
Cena:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.698 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	2.25 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,PCT
Model:	A
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-200
	ASTM A48-200B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Standardní příruba:	DIN
Potrubní přípojka:	DN 32
PN pro potrubní přípojku:	PN6/10
Vzdálenost mazi sacím a výtlačným hrdlem:	220 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	11 °C
Hustota:	999.6 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	9 .. 74 W
Max. spotřeba el. proudu:	0.09 .. 0.61 A
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Štítek:	Grundfos Blueflux
Energet. účinnost (EEI):	0.19
Čistá hmotnost:	7.79 kg
Hrubá hmotnost:	8.32 kg
Přepravní objem:	0.016 m³







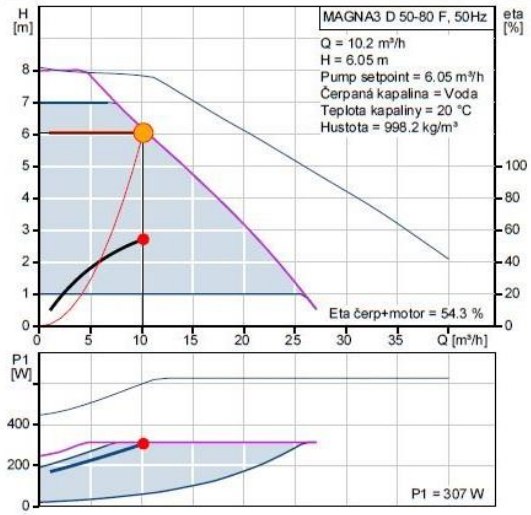


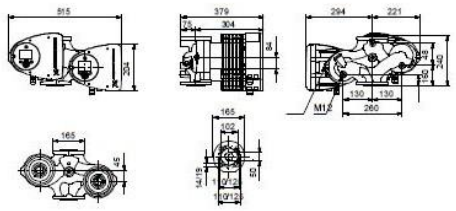
G.3 Čerpadlo okruhu mezi zdrojem chladu a zásobníkem

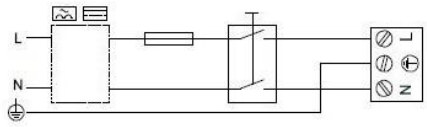
GRUNDFOS

Název společnosti:	-
Vypracováno kým:	-
Telefon:	-
Fax:	-
Datum:	-

Popis	Hodnota
Název výrobku::	MAGNA3 D 50-80 F
Číslo výrobku:	97924477
EAN kód::	5710626495559
Cena:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	10.2 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	6.05 m
Max. dopravní výška:	80 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,PCT
Model:	A
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Standardní příruba:	DIN
Potrubní přípojka:	DN 50
PN pro potrubní přípojku:	PN6/10
Vzdálenost mazi sacím a výtlačným hrdlem:	240 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	20 °C
Hustota:	998.2 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	21 .. 324 W
Max. spotřeba el. proudu:	0.22 .. 1.45 A
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Štítek:	Grundfos Blueflux
Energet. účinnost (EEI):	0.19
Čistá hmotnost:	34.1 kg
Hrubá hmotnost:	41.7 kg
Přepravní objem:	0.132 m³





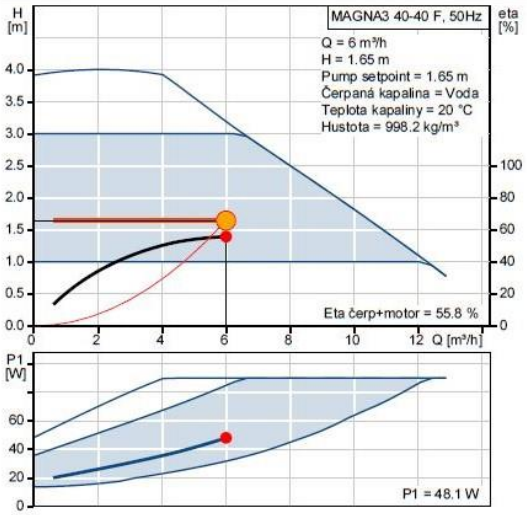


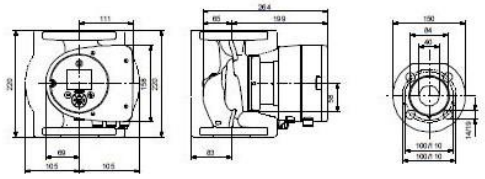
G.4 Čerpadlo boční filtrace

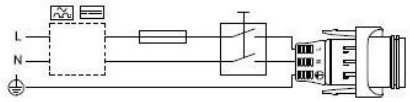
GRUNDFOS

Název společnosti: -
Vypracováno kým: -
Telefon: -
Fax: -
Datum: -

Popis	Hodnota
Název výrobku::	MAGNA3 40-40 F
Číslo výrobku:	97924266
EAN kód::	5710626493418
Cena:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	6 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.65 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,PCT
Model:	A
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-250
	ASTM A48-250B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Standardní příruba:	DIN
Potrubní přípojka:	DN 40
PN pro potrubní přípojku:	PN6/10
Vzdálenost mazi sacím a výtlačným hrdlem:	220 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	20 °C
Hustota:	998.2 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	12 .. 97 W
Max. spotřeba el. proudu:	0.11 .. 0.8 A
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Štítek:	Grundfos Blueflux
Energet. účinnost (EEI):	0.19
Čistá hmotnost:	9.92 kg
Hrubá hmotnost:	10.4 kg
Přepravní objem:	0.016 m³







H. Doplňování a úpravna vody

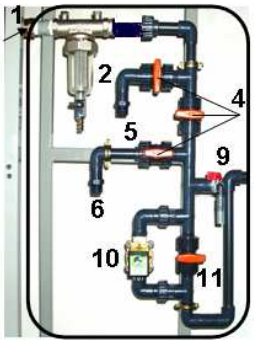
4.3.1.1 AUV automatické úpravny vody v provedení G ¾“

Automatická úpravna vody AUV je komplexním zařízením na úpravu vody, určeným k plnění a doplňování vody uzavřených chladících okruhů a teplovodních nebo horkovodních kotelen. V souladu s ČSN 07 7401 umožňuje změkčit vodu na **automatickém změkčovacím filtru** a upravit ji inhibitory koroze proporcionálním dávkováním pomocí **elektromagnetického dávkovacího čerpadla**, jehož dávkovací frekvenci řídí impulsní vodoměr G ¾“.

Výhodou AUV je snadná a bezproblémová instalace na místě montáže, montážní firma se pouze připojí na vstupu a výstupu vody na šroubení G ¾“.

V rámu svařeném z ocelových profilů jsou instalovány, funkčně propojeny a tlakově odzkoušeny provozně technologické prvky úpravny vody:

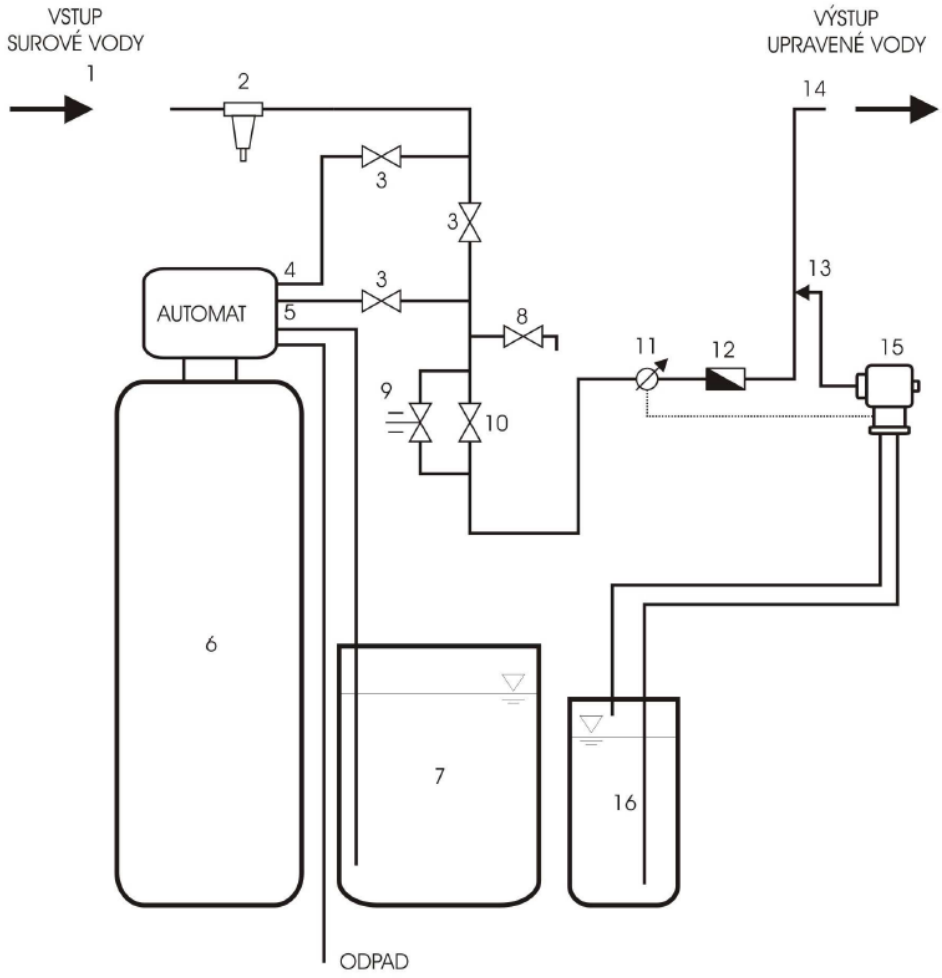
1 vstup neupravené vody - vnitřní závit G ¾“
2 filtr mechanických nečistot 100 µm
4 sestava obtokových kohoutů
5, 6 připojení změkčovače, vstup a výstup
7 automatický změkčovací filtr AZ s elektronickým objemovým řízením
8 solná nádoba změkčovacího filtru
9 kohout pro odebírání vzorků změkčené vody
10 elektromagnetický ventil (na objednávku - provedení AUVxx/EM)
11 obtokový kohout
12 vodoměr s impulsním výstupem Q_n jm.=2,5 m^3/h, špičk.=5 m^3/h
13 zpětná klapka
14 vstřikovací kus dávkovacího čerpadla
15 výstup upravené vody - vnitřní závit G ¾“
16 elektromagnetické dávkovací čerpadlo výkon 5 li/h do 5 bar
17 zásobní nádrž inhibitoru koroze
18 dvojzásuvka pro připojení na zdroj el.napětí.



Pro instalaci automatické úpravny AUV je zapotřebí přívod vody o přetlaku 3-6 bar, o max. teplotě 40°C, odpad do kanalizace, hltnost cca 1 m^3/ hod, el.instalace 230 V / 50 Hz, příkon zařízení 20 W.

Obj. číslo	Označení	Na objednávku může být výbavou automatické úpravny
4.3.x.2	AUVxxx/EM	**elektromagnetický ventil** pro možnost automatického doplňování vody do systému, cívka elmg.ventilu (230 V/50 Hz) musí být ovládaná externím signálem od systému MaR
4.3.x.3	AUVxxx/BA	**potrubní oddělovač BA** pro bezpečné oddělení řádu pitné vody od kapaliny rizik. tř. 4, tj. vody kontaminované inhibitory koroze, v souladu s normou ČSN EN 1717
4.3.x.4	AUVxxx/EM/BA	**elektromagnetický ventil** i **potrubní oddělovač BA**

Technické údaje / typ		AUV 150	AUV 200	AUV 220	AUV 250	AUV 300	AUV 350
Objem vody změkčené mezi dvěma regeneracemi při T =1mmol/l	m^3	8	11	16,5	22	33	41
Výkon kotelny (orientačně)	kW	do 500	do 1000	do 1500	do 2000	do 2500	do 3000
Průtok jmen./max. (orientačně)	m^3/h	0,3-1,5	0,6-2,0	0,6-2,0	1-2,0	1-2,0	1-2,0
Výška filtru	mm	1 100	1 100	1 100	1 350	1 440	1 590
Výška vstupu a výstupu vody	mm	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100
Šířka x hloubka x výška rámu	mm	1 100 x 500 x 1 200				1 200 x 600 x 1 200	
Hmotnost	kg	35	40	48	60	78	102
Objednací číslo – AUV xxx		**4.3.1.1**	**4.3.2.1**	**4.3.3.1**	**4.3.4.1**	**4.3.5.1**	**4.3.6.1**
Objednací číslo – AUV xxx/ EM		**4.3.1.2**	**4.3.2.2**	**4.3.3.2**	**4.3.4.2**	**4.3.5.2**	**4.3.6.2**
Objednací číslo – AUV xxx/ BA		**4.3.1.3**	**4.3.2.3**	**4.3.3.3**	**4.3.4.3**	**4.3.5.4**	**4.3.6.4**
Objednací číslo – AUV xxx / EM / BA		**4.3.1.4**	**4.3.2.4**	**4.3.3.4**	**4.3.4.4**	**4.3.5.4**	**4.3.6.4**



LEGENDA

1. VSTUP NEUPRAVENÉ VODY
2. FILTR MECHANICKÝCH NEČISTOT
3. SESTAVA OBTOKOVÝCH VENTIL□
4. VSTUP DO ZM□KČOVAČE
5. VÝSTUP ZE ZM□KČOVAČE
6. ZM□KČOVACÍ FILTR
7. SOLNÁ NÁDOBA
8. VZORKOVACÍ KOHOUT
9. ELEKTROMAGNETICKÝ VENTIL
10. OBTOKOVÝ KOHOUT
11. IMPULSNÍ VODOM□R
12. ZP□TNÁ KLAPKA
13. VST□IKOVACÍ KUS SE ZP□TNÝM VENTILEM
14. VÝSTUP UPRAVENÉ VODY
15. ELEKTROMAGNETICKÉ DÁVKOVACÍ ČERPADLO
16. PE NÁDRŽ NA CHEMIKÁLIE (VČETN□ SACÍHO KOŠE)

4.3 AUTOMATICKÁ ÚPRAVNA VODY **AUV** - jednoduchá