



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# ÚČINNOST ROZVODŮ PRO KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY

Effectiveness of distribution in Airconditioning systems

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

ING. DMITRY KRUGLOV

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

# **ABSTRAKT**

Diplomová práce se skládá ze tří částí. První část je teoretickým přehledem. Rozebírá základní druhy chladivových systémů a zabývá se používanými klimatizačními zařízeními. Teoretická část obsahuje popsání základních podmínek navrhování chladivových systémů, technologii filtrace vzduchu. V druhé části je zpracován návrh klimatizačních systémů pro kanceláři třípatrovou administrativní budovu. Následuje rozpočet tepelné bilance, návrh klimatizačního zařízení. Výpočtové řešení je doplněno výkresovou dokumentací a rozpisem materiálu. Třetí část je experimentální. Cíl měření je určit tepelnou ztrátu potrubí bez izolace, s běžnou izolací, novou izolací a určit vhodnost nového typu izolace.

## **Klíčová slova**

Klimatizace, chladivový systém, účinnost, izolace

# **ABSTRACT**

The diploma thesis is consisting of three parts. The first part is a theoretical overview. It discusses the basic types of refrigeration systems and addresses used by air conditioners. The theoretical part contains describes the basic terms of the proposed refrigeration system, air filtration technology. In the second part of the project design air conditioning systems for offices three-story office building. Following heat balance the budget, the air conditioning system. Numerical solution is completed drawings and bill of material. The third part is experimental. Objective measurement is to determine the heat loss of the pipe without insulation, with normal insulation, new insulation and determine the applicability of a new type of insulation.

## **Keywords**

Air conditioning, refrigeration system, insulation

## **Bibliografická citace VŠKP**

Ing. Dmitry Kruglov *Účinnost rozvodů pro klimatizační systémy*. Brno, 2014. 82 s., 03 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení  
budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 11.12.2014

.....  
podpis autora

Ing. Dmitry Kruglov

## **Poděkování**

Úvodem bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Olze Rubinové, Ph.D. za ochotu, pochopení a cenné odborné rady při zpracovávání mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, sestře a přítelkyni za neustálou podporu během celé doby studia.

# Obsah

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Úvod.....                                                | 8  |
| A Teoretická část .....                                  | 9  |
| 1. Klimatizační zařízení a systémy.....                  | 9  |
| 1.1 Klimatizační zařízení .....                          | 9  |
| 1.2 Klimatizační systémy .....                           | 11 |
| 2 Chladivové klimatizační systémy .....                  | 14 |
| 2.1 Druhy chladivových systémů .....                     | 15 |
| 2.2 Druhy vnitřních jednotek chladivových systémů .....  | 18 |
| 2.3 Filtrace vzduchu.....                                | 22 |
| 2.4 Chladivo. Typy chladiv. ....                         | 23 |
| 2.5 Chladicí okruh .....                                 | 25 |
| 2.6 Energetické štítkování .....                         | 27 |
| 2.7 Navrhování VRV systémů.....                          | 29 |
| 2.8 Návrh chladivového potrubí VRV systému.....          | 30 |
| 2.9 Limity vzdálenosti.....                              | 30 |
| B Projekt.....                                           | 32 |
| 3 Vlastnosti budovy.....                                 | 32 |
| 3.1 Vlastnosti konstrukcí.....                           | 32 |
| 3.2 Vlastnosti místností.....                            | 33 |
| 4 Bilance emisí škodlivých látek (nadměrného tepla)..... | 36 |
| 4.1 Tepelná bilance. ....                                | 36 |
| 4.2 Tepelné zisky od lidí. ....                          | 36 |
| 4.3 Tepelné zisky z osvětlení.....                       | 36 |
| 4.4 Tepelné zisky ze slunečního záření.....              | 36 |
| 4.5 Tepelné zisky od elektroniky.....                    | 39 |
| 4.6 Celkové Tepelné Zisky.....                           | 39 |
| 5 Návrh klimatizačního zařízení .....                    | 40 |
| 5.1 Návrh chladivového potrubí VRV systému .....         | 42 |
| 5.2 Návrh klimatizačního zařízení Chiller fancoil.....   | 45 |
| 5.3 Odvlhčování.....                                     | 47 |
| 5.4 Porovnání VRF a Chiller Fancoil .....                | 49 |
| C Experimentální část .....                              | 51 |
| 6. Účel tepelné izolace.....                             | 51 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 6.1 Hlavní vlastnosti tepelných izolací .....         | 51 |
| 6.2 Izolační materiály pro potrubí .....              | 53 |
| 6.3 Informace o keramické tepelné izolaci.....        | 55 |
| 7. Určení tepelné ztráty potrubí.....                 | 59 |
| 7.1 Účel experimentu .....                            | 59 |
| 7.2 Uspořádání experimentu.....                       | 59 |
| 7.3 Postup měření .....                               | 62 |
| 7.4. Výpočet tepelné ztráty.....                      | 64 |
| 7.5 Měření s využitím termokamery.....                | 66 |
| 8. Teoretický výpočet tepelné ztráty .....            | 71 |
| 8.1 Výpočet U a měrné tepelné ztráty.....             | 71 |
| 8.2 Určení U a MZ s využitím výpočetní techniky ..... | 72 |
| 9. Porovnání výsledků .....                           | 74 |
| 10. Závěr .....                                       | 76 |
| Seznam použitých zdrojů .....                         | 77 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů .....               | 78 |
| Seznam příloh .....                                   | 80 |

# Úvod

Zdraví, výkonnost a nálada člověka závisí na kvalitě okolního vzduchu prostředí: jeho teploty, mobility, vlhkosti, čistotě, obsahu kyslíku a dalších plynů, hluku a tak dále. V dnešní době je klimatizace běžně užívaným zařízením, které nám pomáhá dosáhnout pohody prostředí. Kritérium zařízení v oblasti energetické účinnosti, při navrhování klimatizačních systémů se často stává rozhodujícím. Zvýšení energetické účinnosti je jedním z hlavních cílů politiky v oblasti klimatu Evropské Unie.

Cílem této práce je zpracování návrhu dvou typů klimatizačních systémů, pro zajištění vhodného mikroklimatu v administrativní budově, která se nachází ve městě Kaliningrad, Rusko. Dále bude zpracované teoretické porovnání navržených systémů z hlediska energetické účinnosti a investičních nákladů. Spotřeba energie vynaložená v klimatizovaných budovách na chlazení je v České Republice stále velkou neznámou. Skutečná velikost ztráty závisí na účinnosti tepelné izolace, a je obvykle 3% kapacity chladiče. Experimentální část bude obsahovat komplexní měření s novým typem izolace a porovnání její účinnosti s běžným typem izolace. Výsledkem bude zjištění vhodnosti nového typu izolace.

## A Teoretická část

### 1. Klimatizační zařízení a systémy

Aby byl zajištěn požadovaný stav prostředí, je zapotřebí odpovídajícím způsobem upravit přiváděný vzduch. K tomuto účelu byla vyvinuta a vyrábějí se klimatizační zařízení, která upravují parametry venkovního vzduchu tak, aby v klimatizovaném prostoru bylo dosaženo požadovaného stavu. Klimatizačním zařízením rozumíme zařízení, které mimo dopravu větracího vzduchu zajišťuje i jeho úpravu. Toto zařízení vzduch čistí (filtry, odlučovače), ohřívá (předehřívače, ohříváče, dohřívače), chladí (chladiče), vlhčí (zvlhčovače) a dopravuje (ventilátory). Prvky zabezpečující jednotlivé děje jsou do klimatizačního zařízení zařazovány podle požadavků na úpravu vzduchu.

Pro správné používání pojmu klimatizační zařízení je nutné vědět, že klimatizačním zařízením rozumíme sestavu zařízení, která je schopna vykonávat všechny čtyři základní psychrometrické funkce, tj. ohřev, chlazení, vlhčení a odvlhčování. Pokud je sestava schopná zajistit jen některé ze změn stavu vzduchu, hovoříme o neúplném nebo částečném klimatizačním zařízení. Pokud zařízení neslouží k přivádění větracího vzduchu a jen upravuje vzduch z místnosti jednou psychrometrickou funkcí [8].

Pro prostory s pobytem lidí se používají komfortní klimatizační zařízení, která nemusí udržovat tak přesné hodnoty relativní vlhkosti jako zařízení používaná v průmyslových aplikacích. Požadavky vnitřního prostředí jsou na teplotu vzduchu v rozmezí 20 až 25 °C s odchylkou  $\pm 1$  až 2 °C a na relativní vlhkost vzduchu mezi 30 a 70 % s odchylkou  $\pm 5$  %. Nižší hodnoty platí pro zimní a vyšší pro letní provoz zařízení [9]. Oproti technologickým provozům je v komfortní klimatizaci kladen důraz na absenci pachů a nízký obsah škodlivin, např. oxidu uhličitého.

#### 1.1 Klimatizační zařízení

Vzhledem k rozsáhlému sortimentu součástí klimatizačních zařízení tato práce obsahuje jen přehled současných používaných zařízení. Podrobněji se bude věnovat pouze některým druhům chladících zařízení, která se dotýkají projektu řešeného v druhé části této práce. Nevěnuje se také potrubí, vzduchovodům, regulačním a uzavíracím orgánům a koncovým prvkům klimatizačních systémů.

### Ventilátory

Hlavním prvkem zařízení jsou ventilátory, jejichž úkolem je předat dopravovanému vzduchu takovou pohybovou energii, aby byly schopny překonat tlakové ztráty v potrubním systému a do klimatizovaného prostoru vstupoval vzduch požadovanou rychlostí. Ventilátory jsou rotační lopátkové stroje k dopravě vzdušiny.

Rozdělení ventilátorů používaných v komfortní vzduchotechnice podle směru průtoku vzduchu oběžným kolem je na radiální ventilátory, axiální ventilátory a diagonální ventilátory.

Rozdělení ventilátorů podle dopravního tlaku je na nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké.

### Zvlhčovače vzduchu

Pro pocit pohody v prostředí je potřeba v interiéru dosáhnout určité vlhkosti vzduchu. Vlhčení je nutné zejména v zimním období, kdy venkovní vzduch obsahuje malé množství vlhkosti a není vhodné ho přivádět přímo do klimatizovaného prostoru bez úpravy vlhkostních poměrů. Při dosažení relativní vlhkosti 30 až 70 % v interiéru nedochází k vysoušení dýchacích cest, nenastává pocitu chladu a zabraňuje se poškození vybavení interiéru, jako je nábytek, elektronika apod [8].

Zvlhčovat vzduch můžeme přímo ve větraném prostoru, v přírodním potrubí nebo centrálně v klimatizační jednotce. Zvlhčovat vzduch můžeme vodou nebo parou. Pro zvlhčování vodou se používají vodní pračky, parou se zvlhčuje v parních zvlhčovačích. Zařízení pro vlhčení vodou jsou hladinové zvlhčovače, blánové zvlhčovače, rozstřikovací zvlhčovače, hybridní pračky vzduchu, rozprašovací soustavy a ultrazvukové zvlhčovače. Zařízení pro vlhčení parou jsou zvlhčovače bez vlastního zdroje páry a zvlhčovače s vlastním zdrojem páry.

### Filtry

Pro vytvoření hygienicky nezávadného prostředí je zapotřebí do klimatizovaného prostoru přivádět vzduch splňující veškeré hygienické limity. Je tedy dán velký důraz na

odstranění nečistot, které by se do interiéru mohli dostat spolu s větracím vzduchem. Mnohdy je kladen také důraz na čistotu odváděného vzduchu. Filtry také slouží k ochraně vlastních větracích a klimatizačních zařízení.

Filtry se liší účinností filtrace, tlakovou ztrátou a provedením. Podle ČSN EN 779 a ČSN EN 1822 se filtry dělí na filtry pro běžné větrání (prachové) a na vysoce účinné filtry (aerosolové). Podle provedení lze filtry rozdělit na vložkové a pásové. Pro klimatizaci pracovního a obytného prostředí se často používají sorpční filtry.

### **Ohřívače a chladiče**

Jsou to vlastně výměníky tepla, kde tekutina s vyšší teplotou odevzdává část své tepelné energie tekutině s nižší teplotou. Přitom nemusí docházet jen ke změně teploty teplotnosného média ale také ke změně skupenství. Typickými výměníky tepla používanými v klimatizaci jsou ohřívače, chladiče, výparníky a kondenzátory.

Rozlišujeme tři základní druhy ohřívačů a chladičů: rekuperační, regenerační a směšovací. Podle vzájemného směru toku tekutin rozdělujeme výměníky na souproudé, protiproudé a příčné (křížové).

## **1.2 Klimatizační systémy**

Klimatizačním systémem rozumíme soustavu klimatizačních zařízení a potřebné rozvody teplotnosných médií a vzduchu. Klimatizačních systémů je několik a vhodný typ se volí podle požadavků na individualitu úpravy vzduchu pro jednotlivé místnosti, části objektu, podle hospodárnosti provozu a výše investičních nákladů.

Podle místa úpravy vzduchu se klimatizační systémy rozdělují na :

- Centrální (ústřední) klimatizační systémy. Vzduch je upravován v centrální klimatizační jednotce umístěné ve strojovně, odkud je potrubím dopravován do klimatizovaných místností. V centrální jednotce se také může vzduch upravit na základní parametry a v decentralizovaných jednotkách se provede pro každý klimatizovaný prostor dodatečná úprava podle požadavku každého prostoru.
- Jednotkové klimatizační systémy. Tvoří je klimatizační jednotky, které jsou přímo umístěné v klimatizovaném prostoru nebo jsou v jeho bezprostřední blízkosti.

Klimatizační jednotky jsou zařízení kompaktního provedení.

Klimatizační systémy se rozdělují podle použitého teplotního média na :

- Klimatizační systémy vzduchové. Vzduch je na požadované parametry upraven v centrální klimatizační jednotce a poté je dopravován do klimatizovaného prostoru.
- Klimatizační systémy kombinované. Větrací vzduch upravený na základní parametry v centrální jednotce je před vstupem do klimatizovaného prostoru přiveden do indukční jednotky, ve které se vzduch ochladí nebo ohřeje za pomoci teplotní kapaliny na požadovanou teplotu.
- Klimatizační systémy vodní. Na rozvod vody jsou připojeny klimatizační jednotky, které pracují jen s cirkulačním vzduchem nebo nasávají větrací vzduch přívodem skrz obvodovou konstrukci objektu.
- Klimatizační systémy chladivové. Jako teplotní médium používají chemické sloučeniny a využívají jejich výparné teplo.

Klimatizační systémy vzduchové se používají tyto :

- Nízkotlaký systém jednokanálový. Větrací vzduch se upravuje v centrální strojovně odkud se rozvádí vzduchotechnickým potrubím do klimatizovaných prostorů. Rychlost vzduchu v potrubí nepřesahuje 12 m/s.
- Nízkotlaký systém vícezónový. Větrací vzduch se v centrální strojovně upravuje na základní parametry a rozvádí se po objektu jedním kanálem. Před každou zónou je umístěn dohřívač, který předupravený vzduch dohřeje na požadovanou teplotu. Zónou rozumíme skupinu místností o stejných požadavcích na teplotu přiváděného vzduchu. Tento systém je dnes již málo používaný. Rychlost vzduchu v potrubí nepřesahuje 12 m/s.
- Vysokotlaký systém jednokanálový. Větrací vzduch se upravuje v centrální strojovně, odkud se rozvádí vzduchotechnickým potrubím do klimatizovaných prostorů. Rychlost vzduchu v potrubí dosahuje rychlosti až 25 m/s.
- Vysokotlaký systém dvoukanálový. Větrací vzduch se v centrální strojovně upravuje na dva různé stavy. Tyto se rozvádějí dvěma vzduchotechnickými kanály ke klimatizovanému prostoru, kde se podle potřeby míchají ve směšovací komoře a dopravují do klimatizovaných místností se stejnými požadavky. Rychlost vzduchu v potrubí dosahuje rychlosti až 25 m/s.

Klimatizační systémy kombinované dělíme podle provedení rozvodu teplotnosné kapaliny na :

- Dvoutrubkový přepínací systém. Indukční jednotka je připojena na jedno přívodní a jedno vratné potrubí s teplotnosnou látkou. Podle potřeby chlazení nebo ohřívání je do výměníku v indukční jednotce přiváděno chladné nebo teplé médium.

- Dvoutrubkový nepřepínací systém. Indukční jednotka je připojena na jedno přívodní a jedno vratné potrubí s teplotnosnou látkou. Ta celoročně dle potřeby zajišťuje ohřívání primárního vzduchu, který se přivádí a je ve strojovně upraven na nižší teplotu.

- Čtyřtrubkový systém. Indukční jednotka je připojena na dvě přívodní a dvě vratná potrubí. Jedno s teplotnosnou látkou pro ohřívání a druhé s teplotnosnou látkou pro chlazení. Podle potřeby chlazení nebo ohřívání proudí přes výměníky v indukční jednotce sekundární vzduch.

Klimatizační systémy vodní dělíme podle rozvodu teplotnosného média stejně jako systémy kombinované [8].

### **Klimatizační jednotky**

Pro centrální a decentrální klimatizační systémy se používají různé klimatizační jednotky. Liší se zejména v konstrukčním uspořádání. Jednotky pro centralizované klimatizační systémy jsou velké, protože je po nich požadována úprava velkého objemového průtoku vzduchu. Zařízení pro jednotkovou úpravu vzduchu by měla být kompaktní a snadno instalovatelná.

Klimatizační jednotky pro centrální úpravu vzduchu známe sestavné, blokové (kompaktní, rooftop) a komorové (zděné) klimatizační jednotky

Klimatizační jednotky pro jednotkové klimatizační systémy jsou ventilátorové (fan-coil), skříňové, okenní klimatizátory, mobilní a dělené klimatizační jednotky.

## 2 Chladivové klimatizační systémy

Klimatizační systémy, kterými se podrobněji zabývá tato práce, k chlazení využívají změnu fáze pracovní látky. Jako pracovní látky se používají kapaliny s nízkou teplotou vypařování, často kolem 0 °C. Používané pracovní látky se od 60. let 20. století mění. Jsou stále zdokonalovány jejich tepelné vlastnosti a zejména je kladen důraz na jejich netoxičnost, nevýbušnost a šetrnost k životnímu prostředí. Proto byly postupně využívány kyslíčník siřičitý, halogenované uhlovodíky a fluorované uhlovodíky.

Hlavním znakem systému pro klimatizaci s chladivem jako pracovní látkou je přítomnost kompresoru jako zdroje dopravního tlaku. Tato zařízení obecně pracují s vyššími tlaky. Pracovní tlak v části chladivového okruhu za kompresorem může být i několik megapascal (např. 2,8 MPa pro chladivo R410a). V tomto místě je v systému také nejvyšší teplota (80 °C). Pracovní látka se dále přemístí do kondenzátoru, kde se mu odebere teplo (pokles teploty na 35 °C, tlak téměř konstantní). Zkondenzované chladivo pak prochází škrtkicím prvkem, kde se zmaří zbytek jeho energie (0 °C, 0,7 MPa). Ve výparníku pracovní látka přijímá teplo z chlazeného prostoru a dochází k jejímu vypařování. Teplota pracovní látky se zvyšuje téměř za konstantního tlaku (8 °C, 0,65 MPa). Klimatizační zařízení se tedy skládá z kompresoru, kondenzátoru, škrtkicího prvku a výparníku.

Moderní chladivová zařízení pro domácnosti také slučují funkci tepelného čerpadla, která umožňuje těmito zařízeními přitápět. Konstrukce takového zařízení umožňuje tok pracovní látky v opačném směru. Pak část zařízení sloužící v režimu chlazení jako výparník v režimu vytápění slouží jako kondenzátor a do pobytového prostoru dodává teplo. Kondenzátor pro chlazení pak funguje jako výparník.

Kompresorová chladicí zařízení nejprve sloužila pouze k úpravě teploty přiváděného vzduchu, resp. teploty vzduchu v místnosti. Pro prostředí s vyššími požadavky na kvalitu prostředí, tj. nejen na teplotu, ale také na vlhkost vzduchu, jsou určeny přesné klimatizace.

Přesná klimatizace se používá hlavně pro chlazení např. technologických prostor, telekomunikačních a výpočetních center a laboratoří. U technologických prostor je vlhkost daná výrobním postupem. Pro elektronická zařízení je nutná minimální relativní vlhkost 35 % z důvodu zabránění vzniku statické elektřiny, která by mohla zařízení trvale poškodit. Vlhkost pro vlhčení se v těchto zařízeních získává z venkovního prostoru a přivádí se do chlazeného prostoru. Některá zařízení mohou i odvlhčovat.

### 2.1 Druhy chladivových systémů

Podle konstrukce dělíme chladivové klimatizační systémy na mobilní klimatizační jednotky, okenní klimatizátory, klimatizace bez vnější jednotky a dělené klimatizační jednotky monosplit, multisplit a VRV (tzn. s proměnným objemem chladiva z anglického Variable Refrigerant Volume, nebo také používaná zkratka VRF, tzn. s proměnným průtokem chladiva z anglického Variable Refrigerant Flow).

- Mobilní klimatizační jednotky. Tyto jednotky jsou určeny především k chlazení prostoru a filtraci vzduchu. Vyrábějí se v kompaktním nebo rozkládacím provedení (oddělení venkovní a vnitřní jednotky a jejich vzájemné propojení). Jejich výkon je do 4 kW.

- Okenní klimatizátory. Jedná se o kompaktní zařízení upravující vzduch jen v místnosti, do jejíž obvodové stěny je instalováno. Na trhu jsou k dispozici zařízení o chladicích výkonech do 12 kW. Vyrábějí se i klimatizátory s funkcí tepelného čerpadla.

- Klimatizace bez vnější jednotky. Převážně nástěnné vnitřní jednotky bez venkovní jednotky. Vzduch pro chlazení kompresoru a kondenzátoru je přiváděn a odváděn dvěma otvory v obvodové stěně.

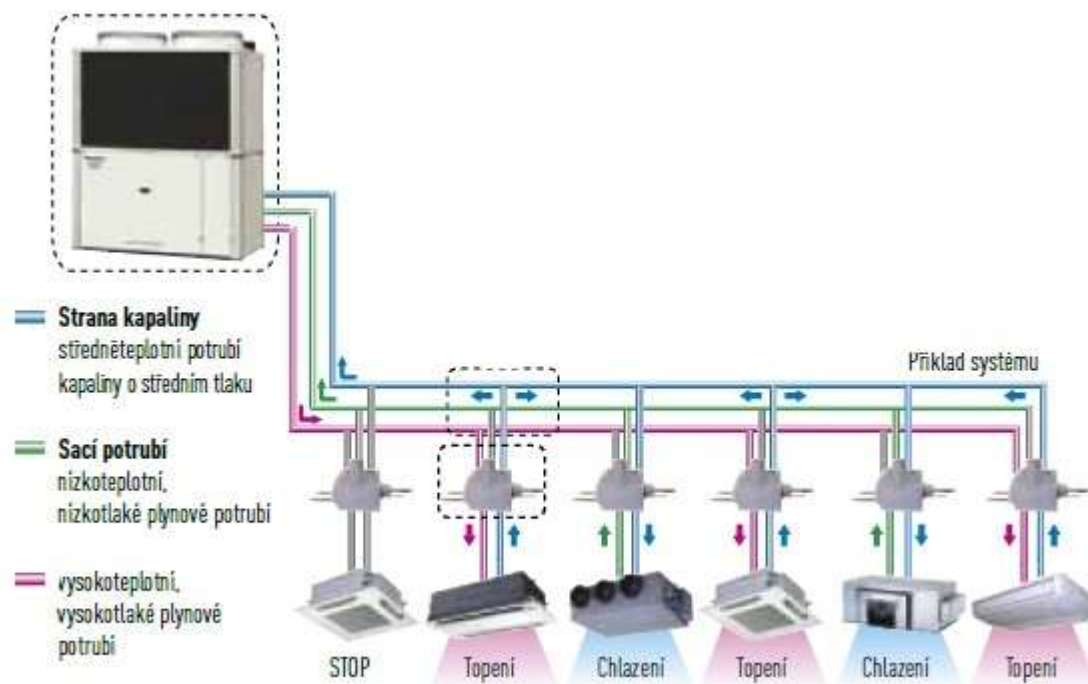
- Dělené klimatizační jednotky monosplit. Zařízení, kde je jedna vnitřní jednotka napojena chladivovým potrubím na jednu venkovní (kondenzační) jednotku. Toto zařízení umožňuje chladit i vytápět prostor v němž je instalováno. Chladicí výkony jsou až 12 kW. Vnitřní jednotky mohou být nástěnné, kazetové, podstropní, parapetní, flexibilní nebo kanálové.

- Dělené klimatizační jednotky multisplit. Lze na jednu výkonnější venkovní jednotku připojit více vnitřních jednotek (maximálně 4). V takové sestavě musí všechny jednotky pracovat vždy ve stejném režimu.

- Dělené klimatizační jednotky VRV (VRF). Na jednu venkovní jednotku je možné připojit až 90 různých vnitřních jednotek. Tyto jednotky mohou pracovat nezávisle na ostatních. To znamená, že vnitřní jednotky mohou fungovat současně na topení a i na chlazení. Uvažujme, jak to funguje u VRF systém firmy Panasonic a firmy Mitsubishi Electric.

Firma Panasonic VRF systém «ECO G3 multi» má třítrubkový systém rekuperace tepla se souběžným topením a chlazením. Systém Panasonic «ECO G3 multi» je schopen současného topení/chlazení a individuálního provozu jednotlivých vnitřních jednotek pouze s jednou venkovní jednotkou. To umožňuje účinnou individuální klimatizaci v budovách s

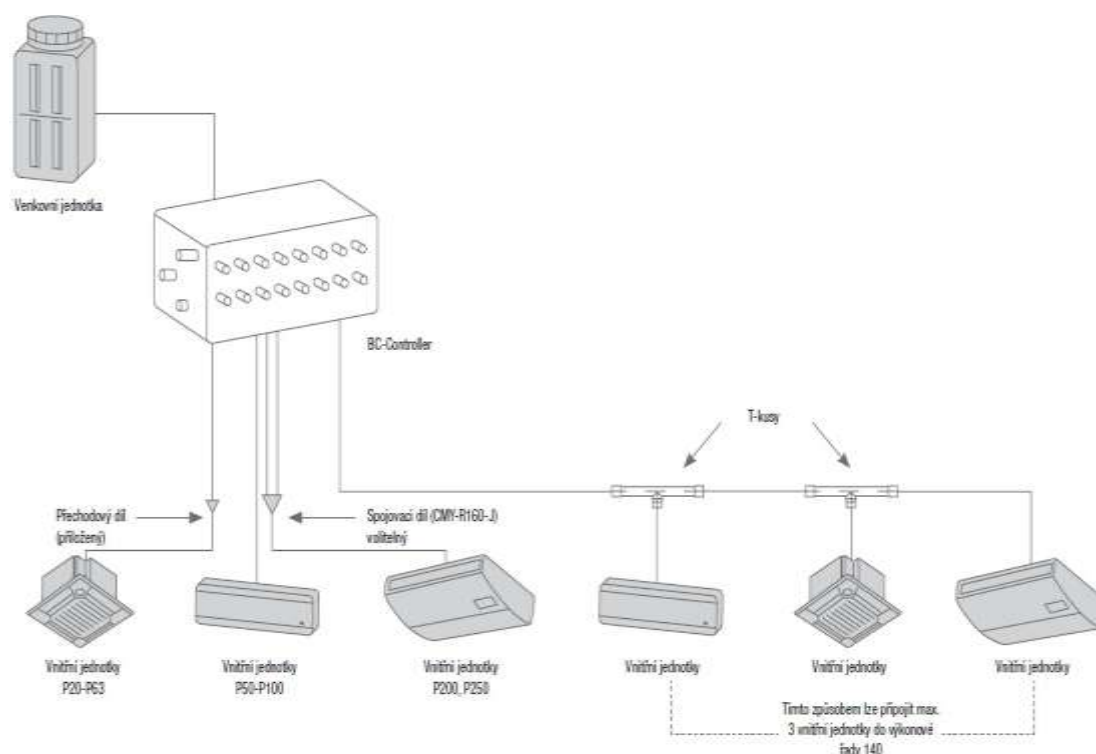
místnostmi o různých teplotách.



Obr. č. 1 Příklad VRF systém Panasonic «ECO G3 multi» Catalog Panasonic [4].

Systém účinné rekuperace tepla umožňuje až 35% úsporu energie. Odpadní teplo odvedené z chlazené místnosti je účinně využito jako zdroj tepla pro vytápěnou místnost. Výsledkem je snížení zátěže kompresoru a tepelného výměníku venkovní jednotky, umožňující vynikající rekuperaci tepla.

Firma Mitsubishi Electric VRV systém «City Multi R2» také funguje současně na topení a chlazení. Systém je dvoutrubkový, ale současný provoz je dosažen pomocí rozdělovače chladiva (BC-Controller). Použitím kompaktního BC-Controlleru lze připojit vnitřní klimatizační jednotky na jednu venkovní jednotku a efektivně tak rozdělit chladivo mezi vnitřními jednotkami, podle požadavku na vytápění (plynné chladivo) a na chlazení (kapalné chladivo).



Obr. č. 2 Příklad VRF systém Mitsubishi Electric «City Multi R2» Katalog Mitsubishi Electric, převzato z [5].

R2-série je celosvětově jediným systémem se zpětným získáváním tepla, který používá při současném chlazení i vytápění pouze dvoutrubkový systém vedení chladiva.

Jednotky přesné klimatizace se vyrábějí v různých provedeních, aby byl sortiment dostupný pro široké možnosti instalace. Proto se vyrábějí jak dělené jednotky, tak kompaktní skříňové jednotky s výfukem upraveného vzduchu nahoru přímo do prostoru nebo do podlahy. Chladicí výkony těchto zařízení dosahují i 300 kW s přesností regulace teploty  $\pm 1$  °C a relativní vlhkosti  $\pm 5$  %.

## 2.2 Druhy vnitřních jednotek chladivových systémů

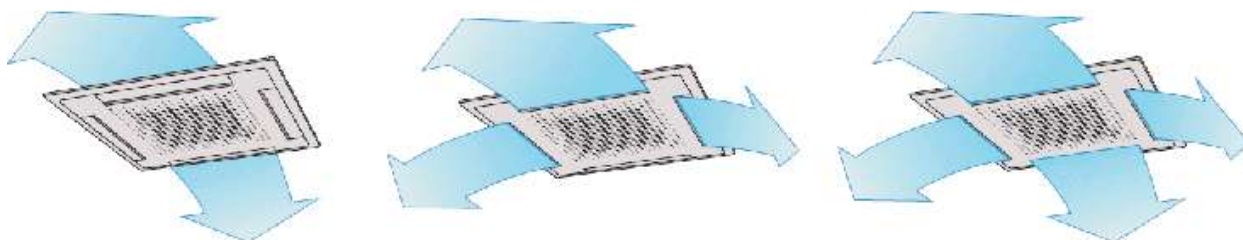
### Kazetové jednotky

Kompaktní rozměry klimatizace umožňují instalaci do běžných stropních desek zavěšených pod stropem.



Obr.č 3 Kazetová jednotka, převzato z [1].

Rozptyl vzduchu:



Obr. č 4 Dvou až čtyř cestný systém proudění vzduchu, převzato z [1].

### Podstropní/parapetní jednotky

Konstrukce umožňuje zavěsit jednotku pod strop nebo nainstalovat jako parapetní. Tento typ vyhovuje mnoha uspořádáním místností.

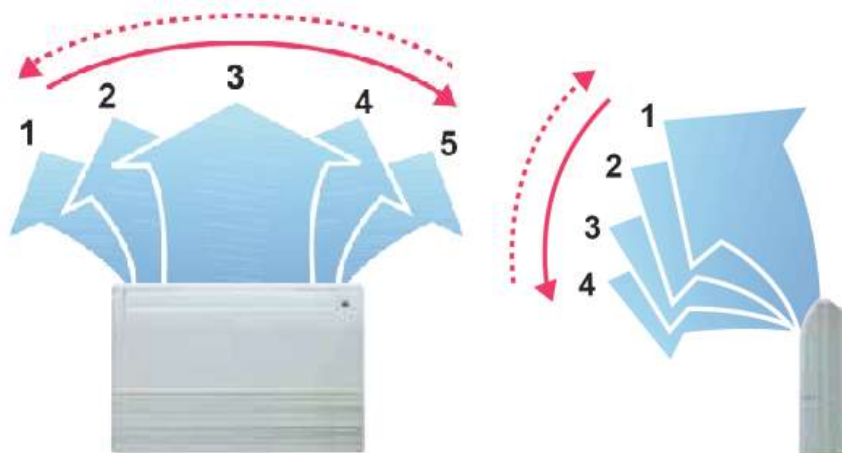


Obr. č 5 Podstropní typ, převzato z [1].



Obr. č 6 Parapetní typ, převzato z [1].

Rozptyl vzduchu:



Obr. č 7 Dvojitý automatický rozptyl, převzato z [1].

Kombinace směrového rozptylu vzduchu nahoru/dolů a doprava/doleva umožňuje trojrozměrné ovládání směru proudění vzduchu.

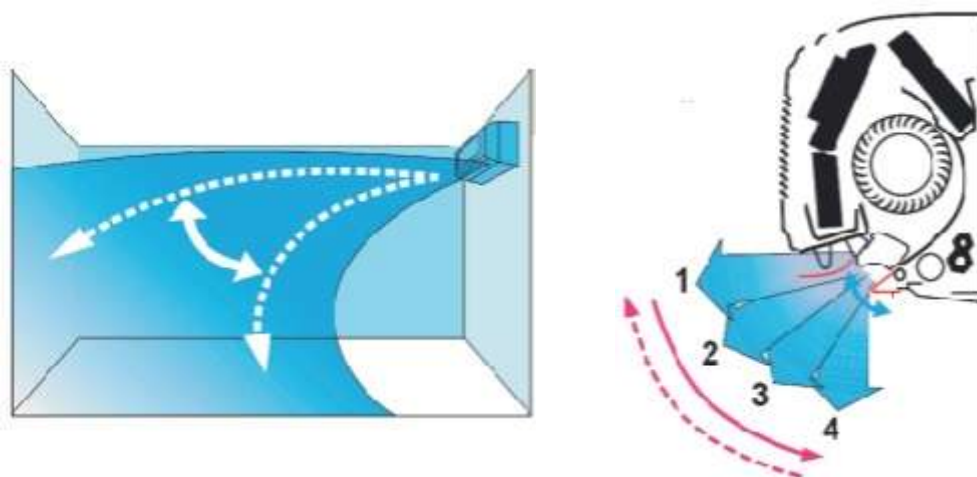
### Nástěnné jednotky

Nástěnné klimatizační jednotky jsou nejčastěji využívány v obytných prostorech soukromých bytů či rodinných domů. Hlavní výhodou nástěnných klimatizací je jejich nenáročnost na podmínky potřebné pro jejich instalaci. Stačí menší místo na stěně a volný okolní prostor pro optimální proudění vzduchu.



Obr. č 8 Nástěnný typ klimatizační jednotky, převzato z [1].

Rozptyl vzduchu:



Obr. č 9 Směr proudění vzduchu, převzato z [1].

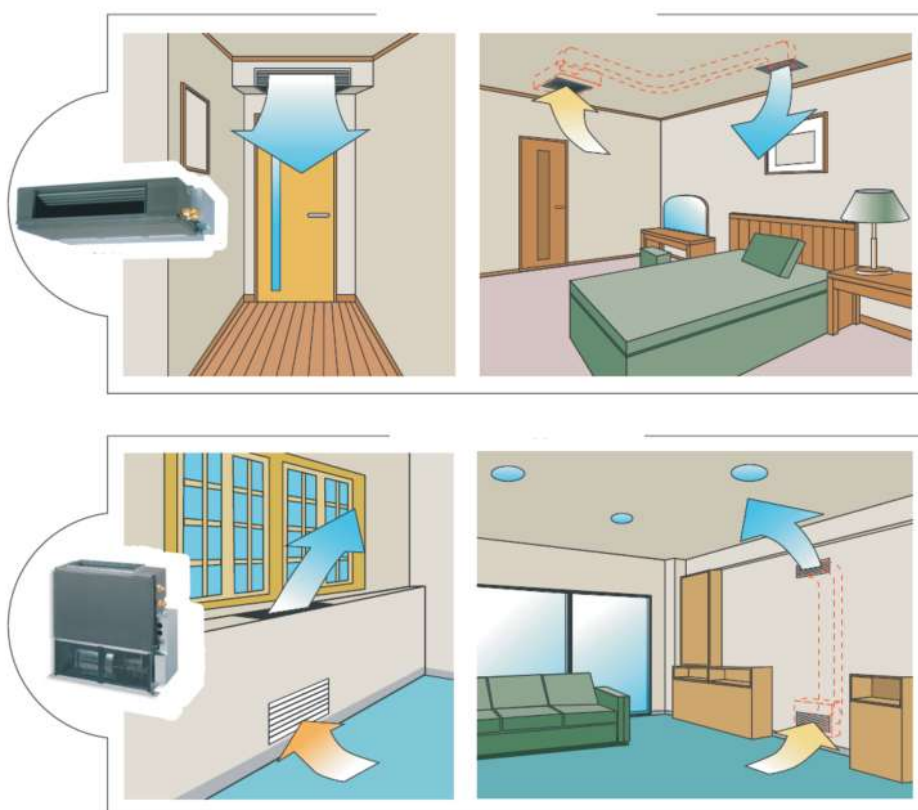
U nástěnných jednotek je možné nastavit horizontální i vertikální pohyblivé lamely tak, aby lidé nebyli proudícím vzduchem obtěžováni. Pro efektivní proudění vzduchu po místnosti jsou jednotky vybaveny funkcí automatického kývání lamel.

#### Mezistropní jednotky

Mezistropní jednotky vždy zaručí rovnoměrnou a správnou teplotu prostoru pomocí volitelných distribučních elementů – výdechových mřížek umístěných ve zdi či ve stropě. Navíc díky svému jinak zcela skrytému provedení jsou vhodné i do netradičních anebo třeba i historicky cenných interiérů.



Obr. č 10 Mezistropní typ vnitřní jednotky, převzato z [1].



Obr. č 11 Flexibilní instalace, převzato z [1].

### 2.3 Filtrace vzduchu

Existují různé systémy filtrace pro vnitřní jednotky, které odstraňují prach z místnosti, zápach tabákového kouře, mikroorganismů, přidávají záporné ionty, neutralizují volné radikály-oxidanty, atd.

Zvážíme systémy filtrace u firmy Mitsubishi Electric. K dispozici je dále velký výběr doplňkových filtrů.

#### **Vzduchový filtr**

Filtry na čištění vzduchu jsou staticky nabitě a zachycují i velmi malé prachové částice o velikosti 0,01 mikronu.

#### **Antialergenní enzymový filtr**

Jedinečně antialergenní enzymové filtry mají velmi vysoký stupeň odlučování. Malé částičky o velikosti 0,01 mikronu jsou tak snadno zachyceny. Navíc jsou filtry potaženy enzymem, který zničí většinu alergenů. Tyto filtry jsou velkým přínosem pro udržení zdravého a čistého vzduchu v interiéru.

#### **Katechinový filtr**

Katechinový povlak těchto filtrů se vyznačuje velmi vysokým účinkem neutralizace okolních pachů. Nepříjemně pachy okolního vzduchu jsou tak velmi efektivně odstraněny. Filtr působí antibakteriálně a ničí viry obsazené ve vzduchu.

#### **Plasma Duo Filter**

Nástěnná jednotka Deluxe MSZ-FD disponuje moderní technologií filtru Plasma Duo. S touto jedinečnou technologií je dosaženo velmi účinného čištění vzduchu a neutralizace zápachu.

Čištění vzduchu pomocí enzymového Plasma filtru

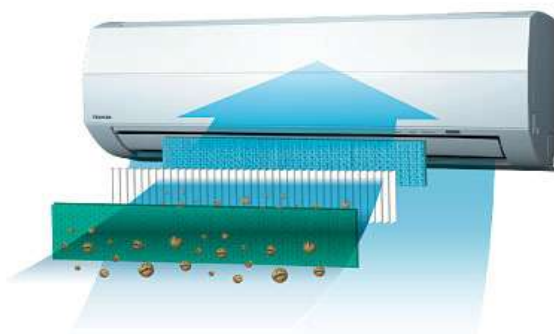
- Pomocí plasmové ionizace a elektrostaticky nabitého filtru jsou i malé částičky jako například pyl, bakterie a jiné alergenů účinně zachyceny.

Neutralizace zápachu pomocí Plasma filtru

- Plasma filtr proti zápachu disponuje funkční plochou cca 300 m<sup>2</sup>. Díky této unikátní vlastnosti filtru jsou zápachy z okolního vzduchu efektivně odstraněny.

### Nano-Platinum Filtr

Nová generace vzduchových filtrů přichází s novou technologií Nano-Platinum. Pomocí speciálního povrchu je dosahováno extrémně vysokého čištění vzduchu. Pachy, bakterie a alergenů jsou efektivně odstraněny. Také po umytí filtrů zůstává jejich odlučovací schopnost zcela zachovaná.



Obr. č. 12 Nano-Platinum Filtr



Obr. č. 13 Nano-Platinum Filtr

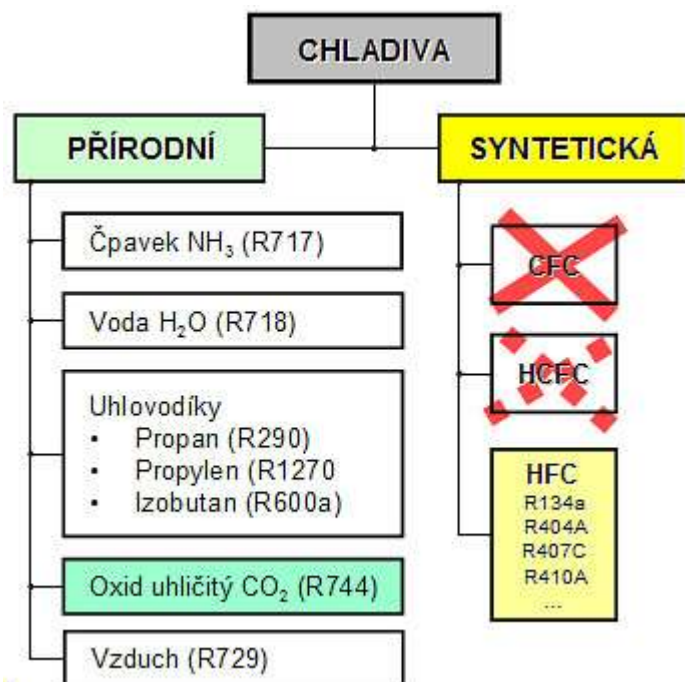
## 2.4 Chladivo. Typy chladiv.

Chladivo je látka cirkulující v hermeticky uzavřeném chladicím okruhu. Druh chladiva ovlivňuje výběr komponent a chování chladicího okruhu.

### Typy chladiv

Chladicí a klimatizační zařízení spotřebovávají cca 15% na Zemi vyrobené elektrické energie. Výzkum nových chladiv je kromě ekologických a bezpečnostních hledisek zaměřen také na termodynamické vlastnosti chladiva, které významně předurčují účinnost kompresorového chladicího cyklu a tím spotřebu elektrické energie[12].

Následující obrázek uvádí rozdělení chladiv na syntetická a přírodního charakteru.



Obr. č. 14 Typy chladiv

### Zákazy

Do skupiny zakázaných chladiv CFC tzv. „tvrdých freonů“ patří například R12, R502, R13. Výroba chladiv typu HCFC (částečně chlorované uhlovodíky) jehož představitelem je např. R22 byla od 1.1.2010 zakázána. Provoz chladicích zařízení s R22 je povolen do roku 2015 - viz nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2037/2000 o látkách které poškozují ozonovou vrstvu a zákon ČR č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší.

### Zacházení s chladivy HFC

Chladiva skupiny HFC (fluorované uhlovodíky) nazývané také jako F-plyny byly vyvinuty jako náhrada za chladiva poškozující ozonovou vrstvu. Pro zacházení s těmito látkami platí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 o F-plynech (čl. 3, odst. 6) a zákon ČR č. 483/2008 Sb. o ochraně ovzduší. Podle tohoto nařízení je provozovatel chladicího zařízení povinen vést záznamy obsahující:

- Množství a typ naplněného chladiva při instalaci
- Výsledek preventivních kontrol zvláště se zřetelem na výsledek zkoušky těsnosti
- Množství doplněného nebo odebraného chladiva během servisních zásahů nebo při vyřazení z provozu

Záznamy musí obsahovat identifikaci osob nebo společnosti, které servis nebo údržbu provedli. Kontroly a zásahy do chladicího okruhu smí provádět jen osoby certifikované MŽP ČR. Provozovatel musí na požádání poskytnout záznamy příslušnému kontrolnímu orgánu.

Četnost kontrol těsnosti je stanovena podle velikosti náplně chladiva:

do 30kg ... 1x ročně

do 300kg ... 2x ročně

Při zjištění netěsnosti musí být provedena její bezodkladná oprava. Do jednoho měsíce po opravě se musí provést opakovaná kontrola těsnosti okruhu, aby byla zajištěna účinnost opravy.

Na okruhy s náplní chladiva do 3kg a okruhy s náplní do 6kg deklarované a označené výrobcem jako hermeticky uzavřené se tato povinnost nevztahuje. Náplň a typ chladiva je uveden na štítku jednotky.

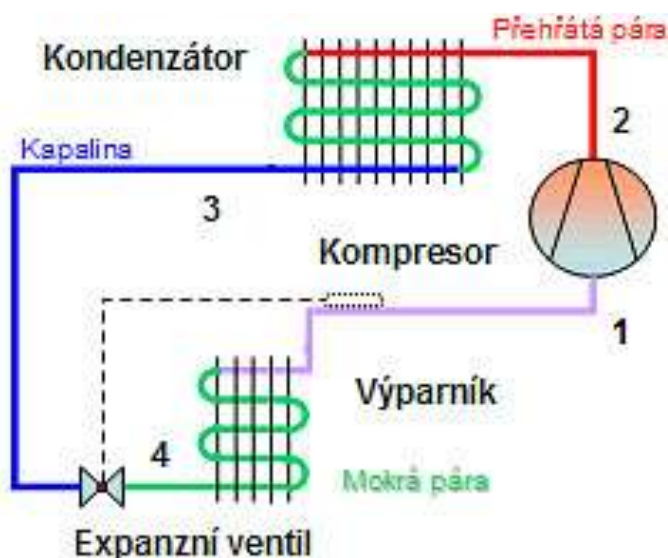
### **Nejpoužívanější typ chladiva v klimatizačních jednotkách.**

Chladivo R410A si rychle nachází své místo v náhradě R22, zejména v klimatizaci a v tepelných čerpadlech s výkonem do cca 15 kW. Zkušební testy prokázaly významný přínos chladiva R410A v zařízení, zejména ve zvýšení přenosu tepla a nižších tlakových ztrátách při proudění.

I když je R410A směs chladiv, chová se jako chemicky čisté jednosložkové chladivo s velmi malým teplotním skluzem. R410 má výborné tepelně technické vlastnosti jako je objemová chladivost nebo vliv na přestup tepla, což výrazně snižuje náklady. Navíc R410A je velmi vhodné pro kompresory, což umožňuje konstrukci tichých a výkonných kompaktních zařízení. Chladivo R410A má rovněž kladný vliv na ochranu ovzduší protože kromě ekologické čistoty snižuje i emise CO<sub>2</sub> díky vyšší účinnosti systému a tím i oteplování atmosféry.

## **2.5 Chladicí okruh**

Chladicí okruh v základním provedení se skládá z chladivového kompresoru, kondenzátoru, výparníku, regulačních a jisticích prvků (viz automatika). Komponenty jsou propojeny potrubím a naplněny vhodným chladivem. Chladivo je v hermeticky uzavřeném okruhu pod tlakem [11]. Spolu s chladivem obíhá v okruhu vždy olej, který je nezbytný pro mazání třecích ploch kompresoru.



Obr. č. 15 Schéma chladicího okruhu.

Kompresor – nasává a stlačuje odpařené chladivo z výparníku.

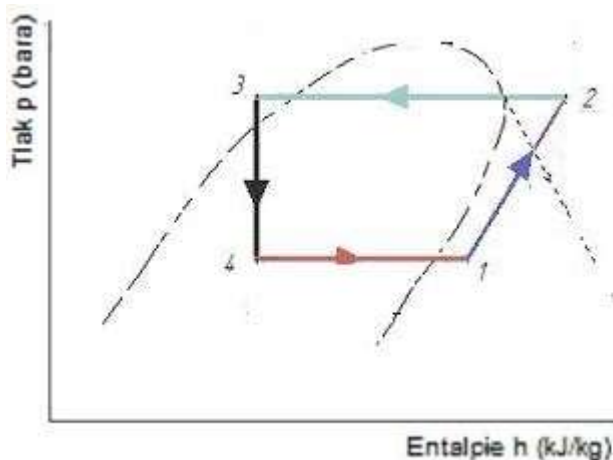
Kondenzátor – ochlazuje a zkapalňuje stlačené páry chladiva.

Expanzní ventil – reguluje přehřátí chladiva na výstupu z výparníku.

Výparník – odebírá teplo z chlazeného prostoru (tzv. přímý odpar = přímé chlazení)

Automatika – soubor regulačních a jisticích přístrojů zajišťující spolehlivý, hospodárny a bezpečný provoz chladicího zařízení.

Spodní obrázek představuje p-h diagram chladicího okruhu. Proces začíná nasátím vypařeného chladiva v bodě (1). Kompresor stlačuje a kompresním teplem zahřívá páry do bodu (2). Přehřáté páry vstupují do kondenzátoru. Postupující páry se ochlazují a kondenzují na kapalinu při kondenzační teplotě  $T_c$ . V závěru kondenzace dochází k podchlazení kapalného chladiva (3). Pro spolehlivou činnost chladicího okruhu je důležité získat dostatečné podchlazení.



Obr. č. 16 Schéma chladicího okruhu na h-p diagramu

Tlak kapalného chladiva je po průchodu škrticím orgánem prudce snížen (4). Dochází k varu a prudkému vypařování chladiva při teplotě TE. Výparné teplo je přiváděno přes teplosměnnou plochu výparníku z chlazeného prostoru. Expanzní ventil zajišťuje nezbytné přehřátí par chladiva v bodě (1). Kompresor totiž nesmí nasávat páry s podílem kapaliny, mohlo by dojít k jeho trvalému poškození.

### 2.6 Energetické štítkování

Energetické štítky umožňují rychlou orientaci mezi jednotlivými modely spotřebičů, především podle jejich energetické účinnosti a dalších parametrů. Poskytují tak možnost jednoduše porovnat provozní spotřebu jednotlivých modelů.

Spotřeba energie v domácnostech představuje asi 25 % celkové průměrné spotřeby energie EU (v ČR asi 23 %) a stále roste – v průměru o 1,9 % ročně v EU (v ČR asi o 2,4 %). To je mimo jiné důvodem, proč byla v květnu 2010 přijata nová legislativa o energetickém štítkování spotřebičů.

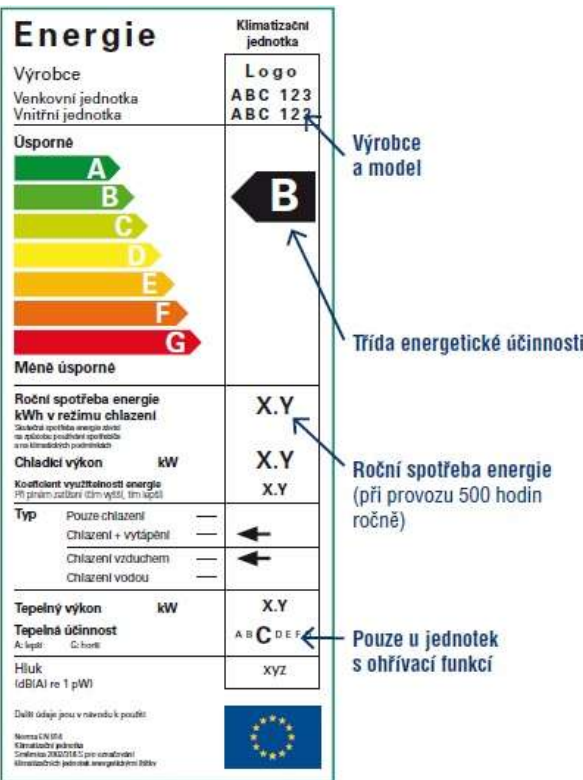
Tepelná zátěž se velmi liší v závislosti na čase a ročním období. Koeficient využití EER nebo COP byl ale do dnešní doby vypočítáván na základě nominální hodnoty a hodiny provozu za rok při určitých venkovních teplotách nebyly brány v úvahu. Z tohoto důvodu byly zavedeny ukazatele SEER a SCOP.

SEER je sezónní koeficient využitelnosti energie

SCOP je sezónní koeficient výkonnosti

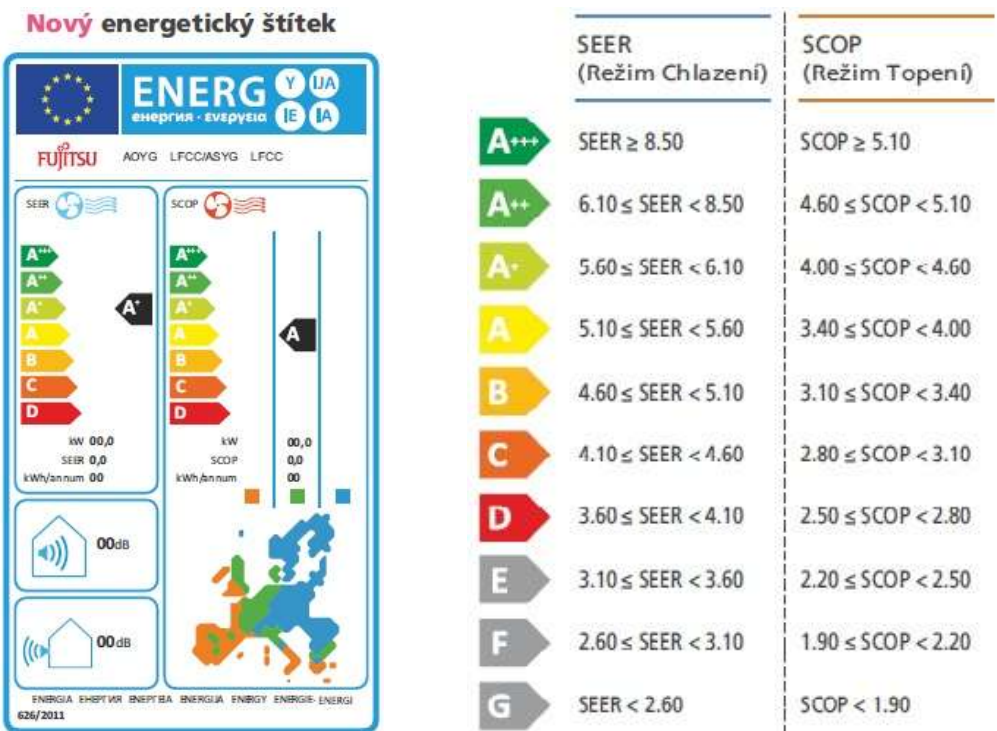
Energetické štítkování klimatizačních jednotek

Původní typ štítku klimatizačních jednotek :



Obr.č. 17 Vzor štítku, převzato z [7].

Nový typ štítku klimatizačních jednotek :



Obr. č. 18 Nový typ štítku

Postupná změna klasifikace až do Třídy A+++ (2013 – 2019)

2013 : A, B, C, D, E, F, G

2015: A+, A, B, C, D, E, F

2017: A++, A+, A, B, C, D, E

2019: A+++, A++, A+, A, B, C, D.

### 2.7 Navrhování VRV systémů

#### Návrh klimatizačních jednotek

Základní potřebné informace:

- 1) Rozsah klimatizovaného prostoru
- 2) Které místnosti chcete klimatizovat
- 3) Situační plán, výkres nebo dispozice bytu nebo objektu (rozměry, velikost, orientaci místností ke světovým stranám, druh využití - byt, kancelář, server, sklad ...)
- 4) Umístění a velikost oken a dveří (počet, rozměry, orientace k světovým stranám, možnosti zastínění – žaluzie)
- 5) Vybavení a využití místností
- 6) Elektrické spotřebiče, jiná zařízení a zdroje tepla v prostoru ...  
(PC, servery, monitory, UPS, světla - počet, tepelný výkon nebo příkon)
- 7) Počet lidí v místnosti a doba pobytu (trvale/krátkodobě)
- 8) Jak je zajištěno větrání prostorů?  
(větrání oknem, přívod vzduchu vzduchotechnikou, potřeba větrání)
- 9) Ostatní speciální požadavky (tichý provoz pro ložnice, celoroční provoz pro servery atd.)

Podmínky pro instalaci:

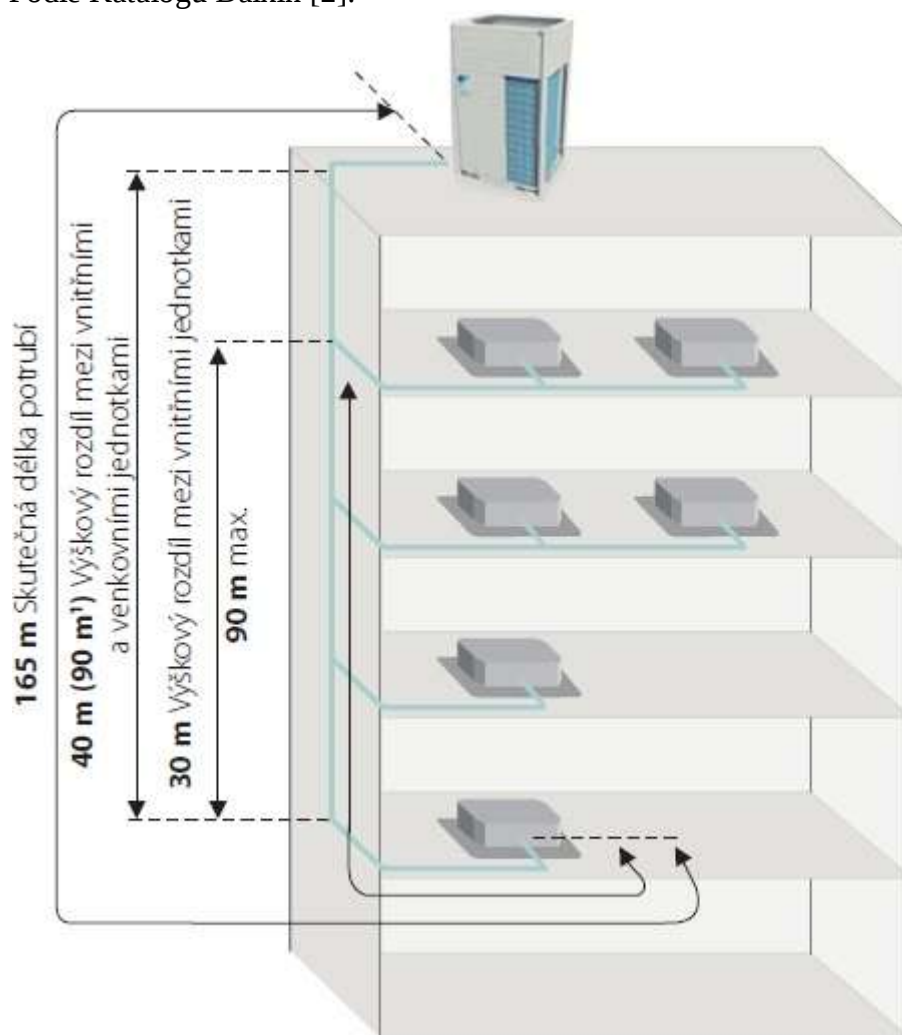
- 1) Možnosti umístění venkovní jednotky nebo venkovních jednotek.  
(balkon, terasa, konstrukce na fasádě, na střeše budovy, převýšení...)
- 2) Možnost umístění vnitřní jednotky v místnosti a jaké typ provedení  
(zeď nad dveřmi, volná zeď, v minerálním podhledu, pod stropem místnosti)
- 3) Kam odvést odvod kondenzátu od vnitřní jednotky (nejlépe samospádem zaústěním do odpadu - kanalizace, sifon umyvadla, dřezu, vyvedením ven z objektu; bude nutno použít čerpadlo kondenzátu nelze-li vyvést ve spádu?)
- 4) Odkud bude veden elektrický přívod (kde je elektrický rozvaděč, zásuvka)

## 2.8 Návrh chladivového potrubí VRV systému

Návrh zahrnuje dimenze rozboček a vlastního potrubí pro zařízení. Dimenze vnitřního chladivového potrubí a vnitřních rozboček se určuje podle součtu výkonových čísel jednotek, které jsou potrubím nebo rozbočkou obsluhovány. Výkonové číslo je uvedeno v modelovém označení jednotky. Dimenze venkovního chladivového potrubí a venkovních rozboček se určuje podle zvolené venkovní jednotky. Rozsah průměru v VRV systému je od 6 až 29mm

## 2.9 Limity vzdálenosti.

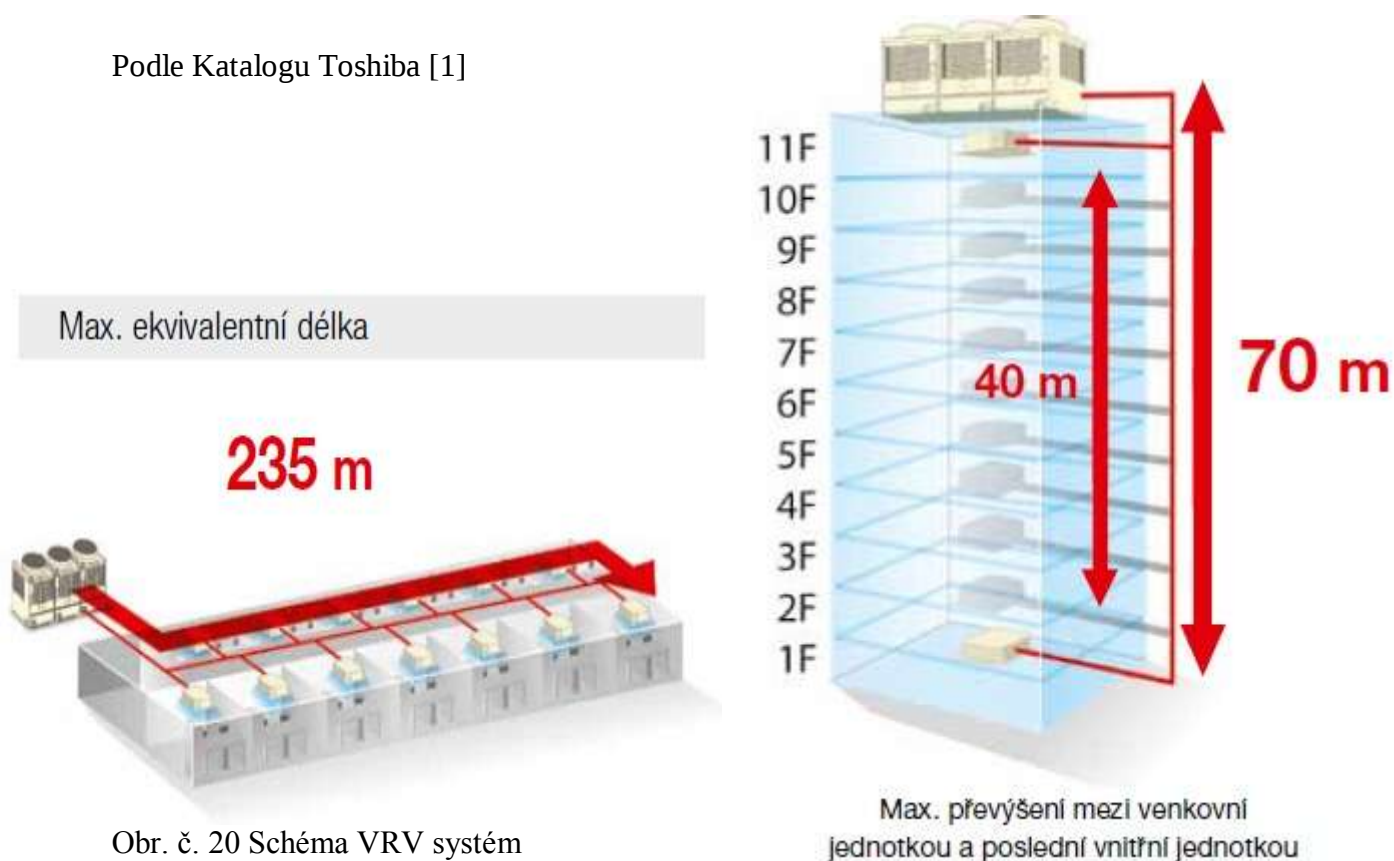
Podle Katalogu Daikin [2].



Obr. č. 19 Schéma VRV systém, převzato z [2].

Standardní VRV nabízí prodlouženou délku potrubí 165 m (ekvivalentní délka potrubí 190 m) s celkovou délkou potrubí v systému 1 000 m. Rozdíl výšky mezi vnitřní a venkovní jednotkou může být až 90 m bez použití dalších doplňkových sad.

Podle Katalogu Toshiba [1]



Obr. č. 20 Schéma VRV systém

Základním omezovacím parametrem u velkých objektů bývá maximální vzdálenost mezi venkovní a nejvzdálenější vnitřní jednotkou. Toshiba VRF systém umožňuje maximální délku nejdelší trasy k nejvzdálenější jednotce až 235 m.

Systémy VRF jsou instalovány často ve výškových budovách, kde můžeme umístit venkovní jednotky pouze na střeše nebo u paty budovy. Systém umožňuje převýšení až 70 m mezi venkovní a vnitřní jednotkou.

## B Projekt

### 3 Vlastnosti budovy

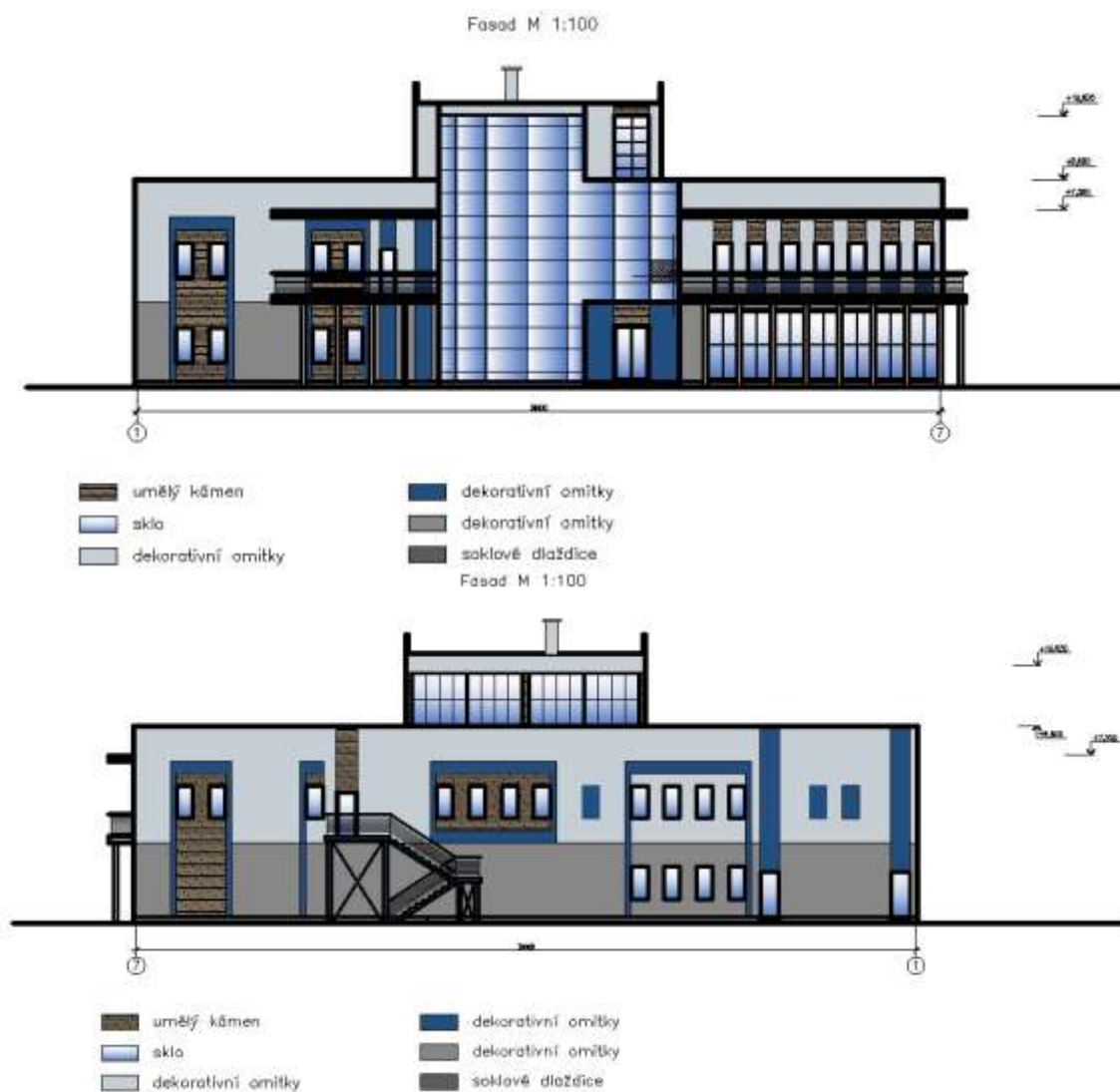
Řešený objekt se nachází v Rusku ve městě Kaliningrad. Stavba je nová. Celkem má 3 nadzemní podlaží. Řešené je pouze 3. NP. Okna tohoto podlaží jsou orientována na všechny strany světa. Objekt je komplex kanceláří, který slouží jako administrativní budova.

#### 3.1 Vlastnosti konstrukcí

Okna jsou nepravidelně rozmístěna se zdvojeným zasklením, plastovým rámem a světlými žaluziemi. Všechny stěny jsou složeny z železobetonu a přízdívky a mají tloušťku 590 mm.

Vlastnosti obvodových konstrukcí byly součástí poskytnutých materiálů. Výpočtové tepelné vlastnosti obvodových konstrukcí jsou tedy tyto:

- Součinitel prostupu tepla obvodových stěn  $U = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Okno jednoduché s dvojsklem  $U = 1,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Dveře vnitřní dřevěné  $U = 0,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

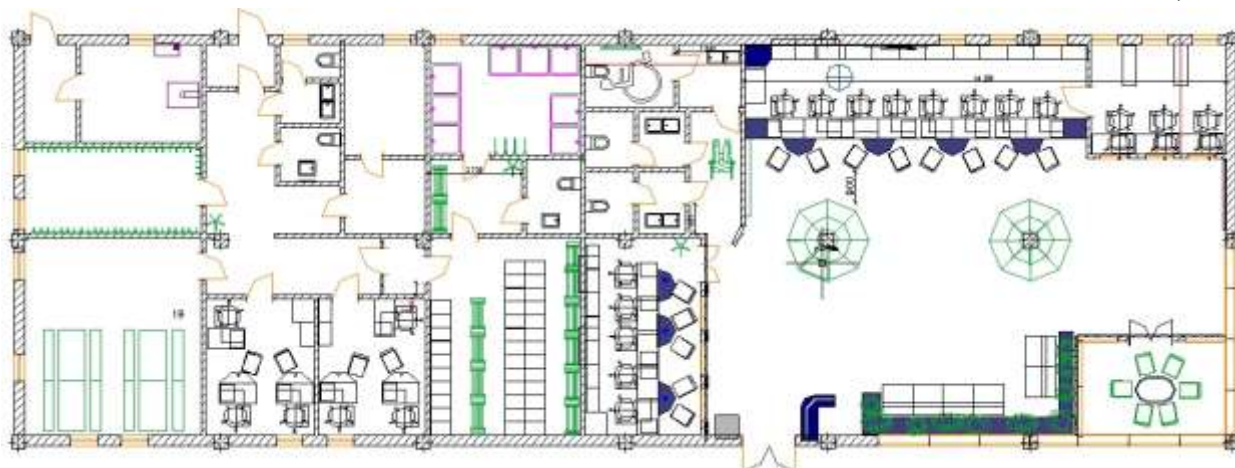


Obr. č. 21 Schéma fasádu

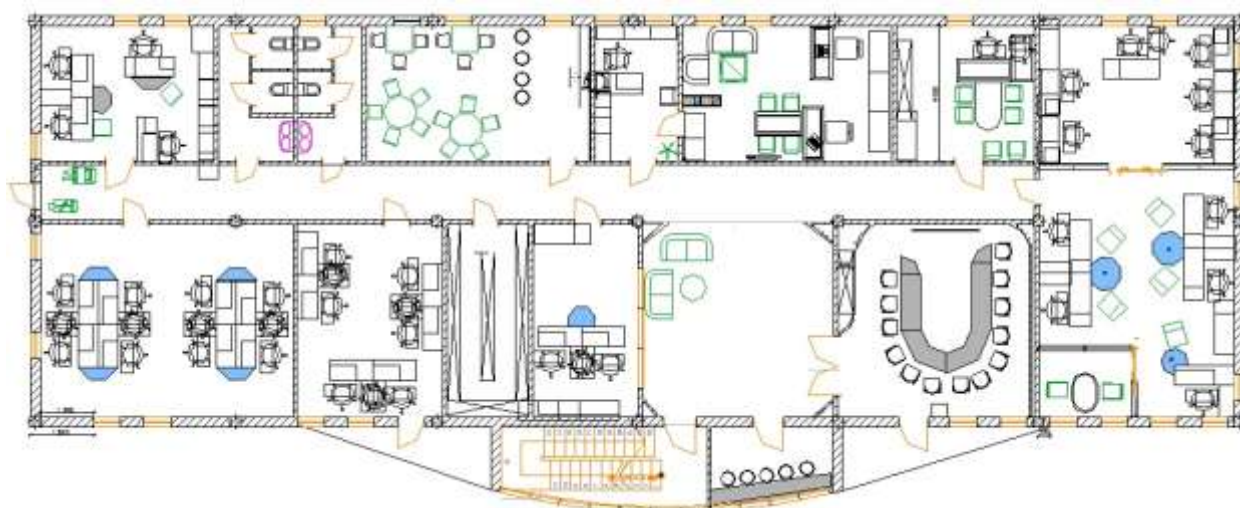
### 3.2 Vlastnosti místností

Klimatizovány budou tyto místnosti s uvedenými vlastnostmi dělené do dvou samostatných systémů

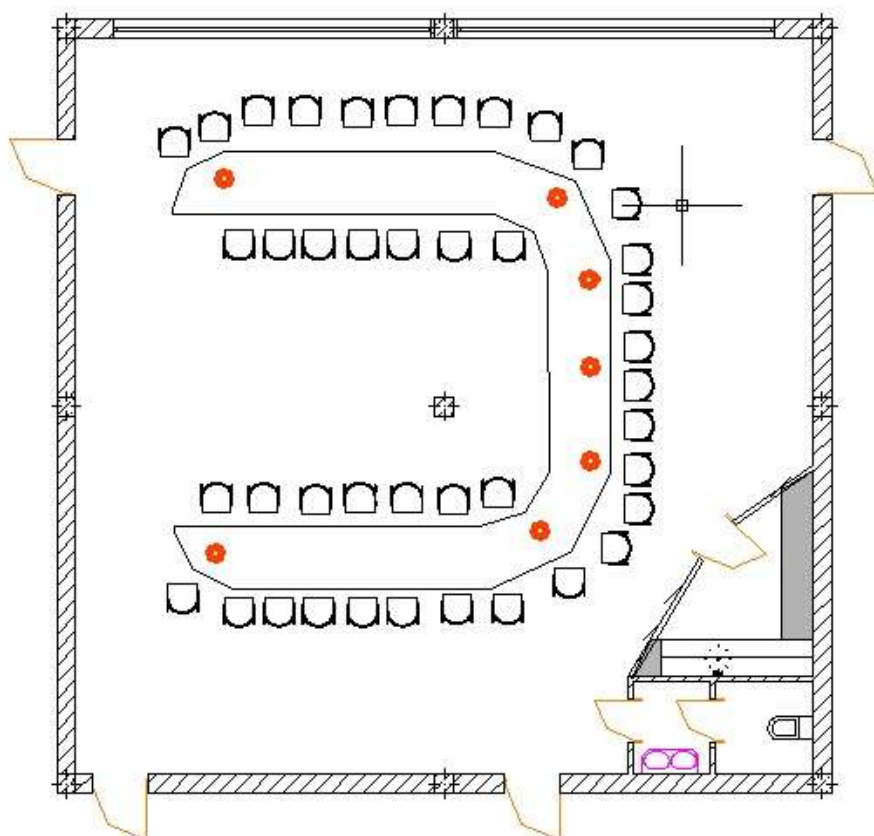
- systém 1) 18 kanceláří pracovníků firmy. Různý počet pracovníků a umístěná výpočetní technika.
- systém 2) Server – Místnost se 4 výkonnými počítači.



Obr. č. 22 Plán 1 patra



Obr. č. 23 Plán 2 patra



Obr. č. 24 Plán 3 patra

## 4 Bilance emisí škodlivých látek (nadměrného tepla)

Bilance emisí škodlivých látek do projektování klimatizace je určen pro místnosti, ve kterých je výměna vzduchu určena výpočtem. Typy místností jsou: vestibul, kanceláře, sprchy, menza, spíž. Bilance je určena pro letní období

### 4.1 Tepelná bilance.

Musíme určit rozdíl mezi tepelnými zisky  $\Sigma Q_{zisk}$  a tepelnými ztrátami  $\Sigma Q_{ztr}$  místnosti, to bude přebytek tepla  $\Delta Q$ . Určíme tepelné zisky elektroniky, lidí, osvětlení, slunečního záření. Probereme tepelnou bilance pro místnost vypouštění dokumentů (1 patro). Tepelné přebytky tepla ostatních místností jsou v tabulce 2.

### 4.2 Tepelné zisky od lidí.

Tepelný zisk od lidí závisí na počtu lidí a teploty interiéru.

Používáme vzorec:

$$LO: Q_{lid} = q \cdot n_m + 0,85 \cdot q \cdot n_{\bar{z}} = 2700 \text{ W}$$

Kde:  $q$  – tepelný zisk dospělým mužem  $W/\bar{c}l$  podle čsn;  $n_m$ ,  $n_{\bar{z}}$ , – počet lidí.

### 4.3 Tepelné zisky z osvětlení.

Pro osvětlení kanceláři používáme fluorescentní žárovky pod stropem. Systém osvětlení má výšku  $H=3$  m. Používáme vzorec:

$$Q_{osv} = A \cdot N \cdot \eta = 47,3 \cdot 30 \cdot 1 = 1419 \text{ W}$$

Kde:  $A$  – plocha střeby,  $m^2$ ;  $N$  – výkon žárovky,  $W/m^2$ ,  $\eta$  – součinitel prostupu tepla do pracovního prostoru (jestli žárovky jsou vnitřní místností  $\eta=1$ ).

### 4.4 Tepelné zisky ze slunečního záření

a) Tepelné zisky okny prostupem tepla:

$$Q_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) [W]$$

$U_o$  - součinitel prostupu tepla oknem [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$$U_o = 0,5 \text{ } [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

$S_o$  - plocha okna včetně rámu [ $m^2$ ]

$$S_o = 32,5 \text{ } m^2$$

$(t_e - t_i)$  – rozdíl teplot na obou stranách okna [ $^{\circ}C$ ],

Dle ČSN je  $t_i = 23^{\circ}C$

Ukázkový výpočet je pro 12:00 hodin, kdy dle Kaliningradu je  $t_e = 24,7^{\circ}C$

$$Q_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) = 0,5 \cdot 32,5 \cdot (24,7 - 23) = 27,6 \text{ } W$$

b) Tepelné zisky okny sluneční radiací

Sluneční deklinace

$$\delta_s = 23,5 \cdot \sin[(M - 1) \cdot 30 + D - 81][^{\circ}]$$

M – číslo měsíce, pro který je prováděn výpočet [–]

$$M = 7$$

D – číslo dne, pro který je prováděn výpočet [–]

$$D = 21$$

$$\delta_s = 23,5 \cdot \sin[(M - 1) \cdot 30 + D - 81] = 23,5 \cdot \sin[(7 - 1) \cdot 30 + 21 - 81] = 20,35^{\circ}$$

Výška slunce nad obzorem

$$h_s = \arcsin[\sin\delta_s \cdot \sin\psi - \cos\delta_s \cdot \cos\psi \cdot \cos(15 \cdot \tau)][^{\circ}]$$

$\psi$  – zeměpisná šířka umístění počítaného objektu [ $^{\circ}$ ]

$$\psi = 54^{\circ}$$

$\tau$  - sluneční čas výpočtu [–]

$$\tau = 12$$

$$\begin{aligned} h_s &= \arcsin[\sin\delta_s \cdot \sin\psi - \cos\delta_s \cdot \cos\psi \cdot \cos(15 \cdot \tau)] = \\ &= \arcsin[\sin 20,35 \cdot \sin 54 - \cos 20,35 \cdot \cos 54 \cdot \cos(15 \cdot 12)] = 62,45^{\circ} \end{aligned}$$



Obr. č. 25 Poloha budovy poměrně severu.

Sluneční azimut  $a=180^\circ$

První stěna

Azimut stěny je  $\gamma = 135^\circ$  (jihovýchod);  $|a - \gamma| = 180^\circ - 135^\circ = 45^\circ$

$$e_1 = 0,2m \cdot \operatorname{tg}45^\circ = 0,2 \text{ m}$$

$$e_2 = 0,2m \cdot \operatorname{tg}62,45^\circ / \cos45^\circ = 0,54 \text{ m}$$

Osluněná plocha jednoho okna je:

$$S_{os} = (3m - 0,2m) \cdot (1,3m - 0,54m) = 2,13 \text{ m}^2$$

Plocha celého okna je  $3,9 \text{ m}^2$

Počet oken: 4

Druhá stěna

Azimut stěny je  $\gamma = 220^\circ$  (skoro jihozápad);  $|a - \gamma| = 180^\circ - 220^\circ = 40^\circ$

$$e_1 = 0,2m \cdot \operatorname{tg}(-40)^\circ = -0,16 \text{ m}$$

$$e_2 = 0,2m \cdot \operatorname{tg}62,45^\circ / \cos(-40)^\circ = 0,5 \text{ m}$$

Osluněná plocha jednoho okna je:

$$S_{os} = 3m \cdot (1,3m - 0,54m) = 2,28 \text{ m}^2$$

Plocha celého okna je  $3,9 \text{ m}^2$

Počet oken: 7

Stínící součinitel (dvojitě sklo)

$$S=0,9$$

Intenzity sluneční radiace procházející jednoduchým zasklením jsou:

První stěna:

$$I_o = 316 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad I_{odif} = 141 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Druhá stěna:

$$I_o = 370 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad I_{odif} = 141 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Tepelný tok sluneční radiace jedním oknem tedy je:

První stěna

$$Q_{or1} = (2,13 \text{ m}^2 \cdot 316 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} + 1,77 \text{ m}^2 \cdot 141 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}) \cdot 0,9 = 776,31 \text{ W}$$

Čtyřmi okny prochází:

$$Q_{or1} = 4 \cdot 776,31 \text{ W} = 3105,25 \text{ W}$$

Druhá stěna

$$Q_{or2} = (2,28 \text{ m}^2 \cdot 370 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} + 1,62 \text{ m}^2 \cdot 141 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}) \cdot 0,9 = 964,82 \text{ W}$$

Sedmi okny prochází:

$$Q_{or2} = 7 \cdot 964,82 \text{ W} = 6753,73 \text{ W}$$

Celkově všemi 11ti okny prochází

$$Q_{or1} = 3105,25 \text{ W} + 6753,73 \text{ W} = 9858,98 \text{ W}$$

#### 4.5 Tepelné zisky od elektroniky.

Používáme vzorec:

$$Q_{el} = \sum K_o \cdot N \cdot K = 422 \text{ W}$$

kde:  $K_o$  – součinitel práce v stejnou dobu;

$N \cdot K$  – výkon jednotky elektroniky včetně součinitele práci, kW; (bereme  $K_o=1$ ,  $K=0,4$ ).

Máme 9 stejných počítačů  $\Rightarrow Q_{el} = 422 \cdot 9 = 3800 \text{ W}$

#### 4.6 Celkové Tepelné Zisky

$$\sum Q_{ztrpo} = Q_{lid} + Q_{osv} + Q_c + Q_{el} = 2700 + 1419 + 9858 + 3800 = 17\,777 \text{ W}$$

Celkové Tepelné ZISKY v Tabulce = 18 410 W

Rozdíl na výběr jednotek neovlivní.

## 5 Návrh klimatizačního zařízení

Pro ukázkový návrh klimatizačních jednotek byly použity podklady s katalogu firmy Dantex. Klimatizační zařízení se bude skládat ze dvou samostatných klimatizačních systémů. Pro klimatizování kanceláří bude navržen systém VRV s 21 vnitřními jednotkami a společnou venkovní jednotkou. Druhý systém bude sloužit pro klimatizaci místnosti Server a bude se skládat z jedné split systemy.

Navržené zařízení je od firmy Dantex s obchodním názvem systému VRF(MVS-DiPro). Pro návrh vnitřních a venkovních klimatizačních jednotek byl použit poskytnutý návrhový program, který je oficiálně dodávaným programem pro návrh klimatizace firmy Dantex. Výhodou tohoto programu je uvádění chladicího výkonu jednotek pro libovolně zadané teploty venkovního vzduchu a teploty vzduchu v klimatizované místnosti. Díky tomu lze návrh optimalizovat pro podmínky, za kterých byla vypočtena nejvyšší celková tepelná zátěž klimatizovaných místností. Navržená vnitřní jednotka musí mít při výpočtových parametrech chladicí výkon [kW] vždy větší, než je celková tepelná zátěž Q [W] místnosti.

Navržené jednotky jsou uvedeny v Tab. 1, převzato z [6].

| Model jednotky | Místnost | Tepelná zátěž | ATC kW | Průtok Vzduchu m <sup>3</sup> /h | Hladi na hluku dBA | Rozměry mm   | Váha kg |
|----------------|----------|---------------|--------|----------------------------------|--------------------|--------------|---------|
| RK-MD100Q4/CF  | 19       | 8.344         | 8.276  | 1540                             | 48                 | 840*300*840  | 36      |
| RK-MD100Q4/CF  | 19       | 8.344         | 8.276  | 1540                             | 48                 | 840*300*840  | 36      |
| RK-MD28G/YF    | 2        | 2.424         | 2.315  | 450                              | 39                 | 915*289*216  | 12      |
| RK-MD22G/YF    | 10       | 1.891         | 1.818  | 380                              | 39                 | 915*289*216  | 12      |
| RK-MD45G/YF    | 8        | 3.776         | 3.717  | 720                              | 41                 | 1080*315*216 | 12      |
| RK-MD45G/YF    | 9        | 3.758         | 3.711  | 720                              | 41                 | 1080*315*216 | 14      |

|               |    |       |       |      |    |              |    |
|---------------|----|-------|-------|------|----|--------------|----|
| RK-MD45G/YF   | 17 | 3.726 | 3.702 | 720  | 41 | 1080*315*216 | 14 |
| RK-MD36G/YF   | 1  | 3.024 | 2.974 | 580  | 40 | 915*289*216  | 12 |
| RK-MD56G/YF   | 15 | 4.719 | 4.614 | 800  | 41 | 1080*315*216 | 14 |
| RK-MD28G/YF   | 5  | 2.387 | 2.304 | 450  | 39 | 915*289*216  | 12 |
| RK-MD45Q4/CF  | 13 | 3.697 | 3.694 | 950  | 42 | 840*230*840  | 30 |
| RK-MD56Q4/CF  | 14 | 4.658 | 4.597 | 950  | 42 | 840*230*840  | 30 |
| RK-MD28G/YF   | 6  | 2.410 | 2.311 | 450  | 39 | 915*289*216  | 12 |
| RK-MD28G/YF   | 16 | 2.396 | 2.307 | 450  | 39 | 915*289*216  | 12 |
| RK-MD36Q4/AF  | 7  | 2.970 | 2.959 | 570  | 37 | 580*254*580  | 18 |
| RK-MD45G/YF   | 4  | 3.778 | 3.718 | 720  | 41 | 1080*315*216 | 14 |
| RK-MD100Q4/CF | 3  | 8.207 | 8.230 | 1540 | 48 | 840*300*840  | 36 |
| RK-MD100Q4/CF | 3  | 8.192 | 8.226 | 1540 | 48 | 840*300*840  | 36 |
| RK-MD36G/YF   | 11 | 2.952 | 2.954 | 580  | 40 | 915*289*216  | 12 |
| RK-MD28G/YF   | 12 | 2.365 | 2.298 | 450  | 39 | 915*289*216  | 12 |
| RK-MD56G/YF   | 18 | 4.700 | 4.609 | 800  | 41 | 1080*315*216 | 14 |
| RK-MD900W/SN1 | -  | 90.6  | 88.6  | -    | -  | -            | -  |

ATC - chladicí výkon [kW]

Tab. 2. Modely a počty navržených jednotek, převzato z [6].

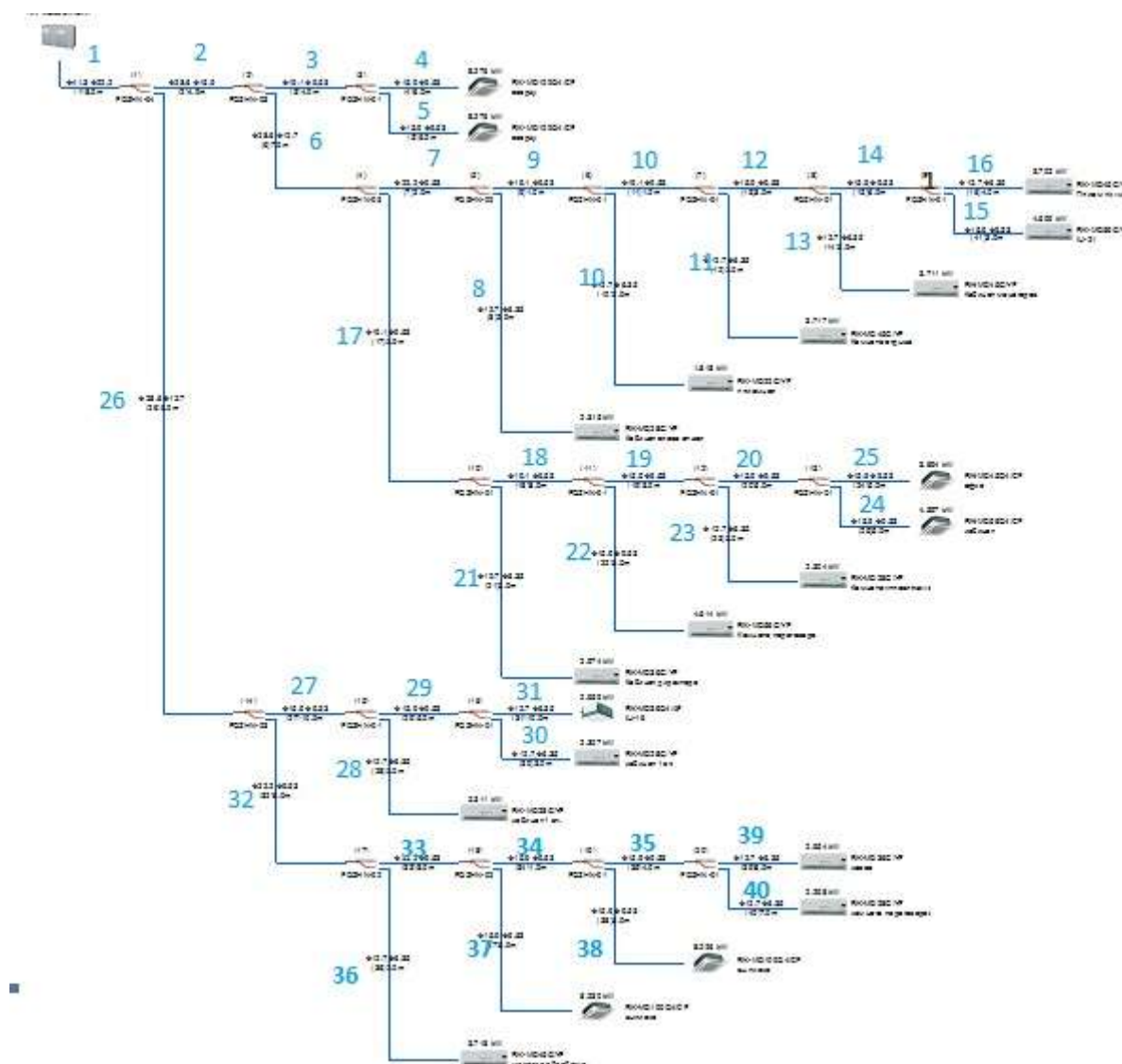
| Model Jednotky | Počet | Nazev                               |
|----------------|-------|-------------------------------------|
| RK-MD900W/SN1  | 1     | Digital Scroll Pro Outdoor Unit     |
| RK-MD100Q4/CF  | 4     | Four_way<br>Cassette_R410A_MDV      |
| RK-MD28G/YF    | 5     | Wall_mounted( EXV Integrated)       |
| RK-MD22G/YF    | 1     | Wall_mounted( EXV Integrated)       |
| RK-MD45G/YF    | 4     | Wall_mounted( EXV Integrated)       |
| RK-MD36G/YF    | 2     | Wall_mounted( EXV Integrated)       |
| RK-MD56G/YF    | 2     | Wall_mounted( EXV Integrated)       |
| RK-MD45Q4/CF   | 1     | Four_way<br>Cassette_R410A_MDV      |
| RK-MD56Q4/CF   | 1     | Four_way<br>Cassette_R410A_MDV      |
| RK-MD36Q4/AF   | 1     | Four_wayCassette<br>(Compact)_R410A |

Jak je uvedeno v tab. 1, je navrženo 14 nástěnných jednotek a 7 stropních jednotek typu. Všechny jednotky jsou vybaveny nastavitelnými usměrňovacími lamelami. Ke všem jednotkám bude dodán bezdrátový dálkový ovladač. Všechny stropní jednotky jsou vybaveny kondenzátním čerpadlem.

Výkon venkovní jednotky bude navržen na 80% součtu maximálních chladicích výkonů všech připojených vnitřních jednotek, protože není předpokládán současný chod na plný výkon všech vnitřních jednotek. Navrženou venkovní jednotkou je RK-MD900W/SN1 tedy sestava dvou jednotek typu RK-MD450W/SN1, celkový chladicí výkon je 88,6 KW

### 5.1 Návrh chladivového potrubí VRV systému

Návrh zahrnuje dimenze rozboček a vlastního potrubí pro zařízení Dantex. Dimenze vnitřního chladivového potrubí a vnitřních rozboček se určuje podle součtu výkonových čísel jednotek, které jsou potrubím nebo rozbočkou obsluhovány. Výkonové číslo je uvedeno v modelovém označení jednotky. Dimenze venkovního chladivového potrubí a venkovních rozboček se určuje podle zvolené venkovní jednotky.



Obr. č. 26. Schéma VRV systému pro návrh rozboček a potrubí s čísly úseků.

Tab. 3. Navržené velikosti chladivového potrubí.

| číslo úseků | Délka | Plyn  | Kapalina |
|-------------|-------|-------|----------|
| (1)         | 8     | d41.3 | d22.2    |
| (2)         | 4     | d28.6 | d15.9    |
| (3)         | 4     | d19.1 | d9.53    |
| (4)         | 6     | d15.9 | d9.53    |
| (5)         | 6     | d15.9 | d9.53    |
| (6)         | 7     | d28.6 | d12.7    |
| (7)         | 2     | d22.2 | d9.53    |
| (8)         | 2     | d12.7 | d6.35    |
| (9)         | 1     | d19.1 | d9.53    |

|      |    |       |       |
|------|----|-------|-------|
| (10) | 2  | d12.7 | d6.35 |
| (11) | 1  | d19.1 | d9.53 |
| (12) | 2  | d12.7 | d6.35 |
| (13) | 3  | d15.9 | d9.53 |
| (14) | 3  | d12.7 | d6.35 |
| (15) | 6  | d15.9 | d9.53 |
| (16) | 4  | d12.7 | d6.35 |
| (17) | 3  | d19.1 | d9.53 |
| (18) | 8  | d19.1 | d9.53 |
| (19) | 3  | d15.9 | d9.53 |
| (20) | 5  | d15.9 | d9.53 |
| (21) | 3  | d12.7 | d6.35 |
| (22) | 3  | d15.9 | d9.53 |
| (23) | 3  | d12.7 | d6.35 |
| (24) | 5  | d15.9 | d9.53 |
| (25) | 5  | d15.9 | d9.53 |
| (26) | 8  | d28.6 | d12.7 |
| (27) | 10 | d15.9 | d9.53 |
| (28) | 3  | d12.7 | d6.35 |
| (29) | 5  | d15.9 | d9.53 |
| (30) | 3  | d12.7 | d6.35 |
| (31) | 10 | d12.7 | d6.35 |
| (32) | 8  | d22.2 | d9.53 |
| (33) | 8  | d22.2 | d9.53 |
| (34) | 1  | d15.9 | d9.53 |
| (35) | 4  | d15.9 | d9.53 |
| (36) | 2  | d12.7 | d6.35 |
| (37) | 5  | d15.9 | d9.53 |
| (38) | 5  | d15.9 | d9.53 |
| (39) | 8  | d12.7 | d6.35 |
| (40) | 7  | d12.7 | d6.35 |

## 5.2 Návrh klimatizačního zařízení Chiller fancoil

Pro ukázkový návrh klimatizačních jednotek byly použity podklady z katalogu firmy Dantex.

Klimatizační zařízení se bude skládat ze dvou samostatných klimatizačních systémů. Pro klimatizování kanceláří bude navržen systém Chiller-fancoil s 21 vnitřními jednotkami a společnou venkovní jednotkou. Druhý systém bude sloužit pro klimatizaci místnosti Server a bude se skládat z jednoho split systému.

Navržené jednotky jsou uvedeny v Tab. 4, převzato z [6].

| Model jednotky | Místnost | Tepelná zátěž | ATC kW | Průtok Vzduchu m <sup>3</sup> /h | Hladina hluku dBA | Průtok l/h |
|----------------|----------|---------------|--------|----------------------------------|-------------------|------------|
| DF-950 DB      | 19       | 13.85         | 8.22   | 1600                             | 52                | 1440       |
| DF-950 DB      | 19       | 13.85         | 8.22   | 1600                             | 52                | 1440       |
| DF-300 DB      | 2        | 3.7           | 2.6    | 510                              | 35                | 454        |
| DF-250 DB      | 10       | 3.02          | 2.2    | 425                              | 30                | 378        |
| DF-500 DB      | 8        | 5.69          | 4.1    | 630                              | 38                | 701        |
| DF-500 DB      | 9        | 5.69          | 4.1    | 630                              | 38                | 701        |
| DF-500 DB      | 17       | 5.69          | 4.1    | 630                              | 38                | 701        |
| DF-400 DB      | 1        | 4.34          | 3.1    | 680                              | 35                | 529        |
| DF-600 DB      | 15       | 6.3           | 4.5    | 1020                             | 38                | 766        |
| DF-300 DB      | 5        | 3.7           | 2.6    | 510                              | 35                | 454        |
| DF-400 DB      | 13       | 5.67          | 3.78   | 630                              | 43                | 650        |
| DF-450 DB      | 14       | 4.96          | 7.62   | 710                              | 47                | 856        |
| DF-300 DB      | 6        | 3.7           | 2.6    | 510                              | 35                | 454        |
| DF-300 DB      | 16       | 3.7           | 2.6    | 510                              | 35                | 454        |
| DF-300 DB      | 7        | 4.49          | 3.0    | 500                              | 39                | 516        |

|           |    |       |      |      |    |      |
|-----------|----|-------|------|------|----|------|
| DF-500 DB | 4  | 5.69  | 4.1  | 630  | 38 | 701  |
| DF-950 DB | 19 | 13.85 | 8.22 | 1600 | 52 | 1440 |
| DF-950 DB | 19 | 13.85 | 8.22 | 1600 | 52 | 1440 |
| DF-400 DB | 11 | 4.34  | 3.1  | 680  | 35 | 529  |
| DF-300 DB | 12 | 3.7   | 2.6  | 510  | 35 | 454  |
| DF-600 DB | 18 | 6.3   | 4.5  | 1020 | 38 | 766  |

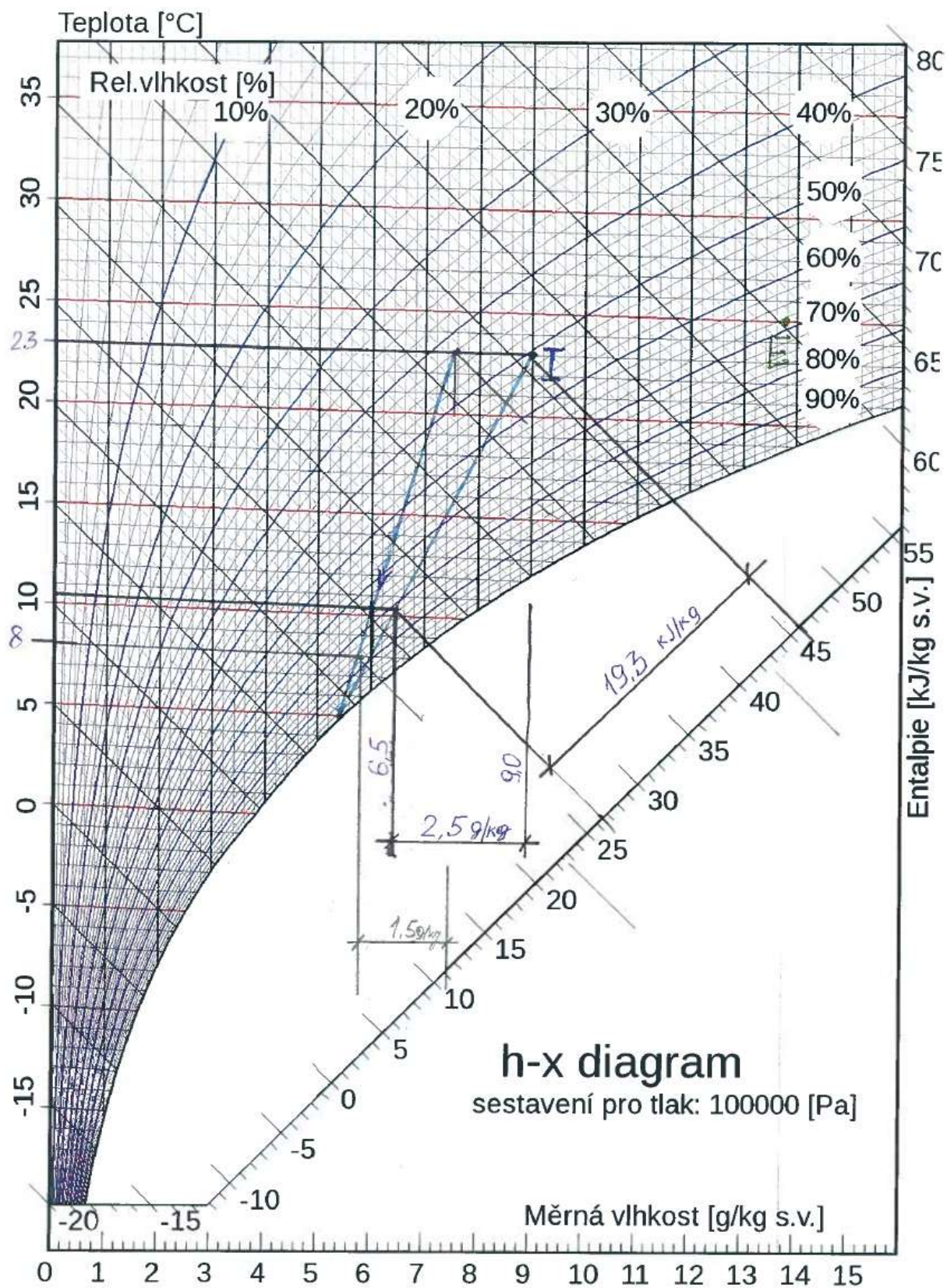
ATC - chladicí výkon [kW]

Celkový chladicí výkon vnitřních jednotek je 136.08 kW.

Navrhujeme chiller firmy Dantex DN 125 BUSOF/BLN STAR převzato z [6].

Maximální chladicí výkon: 112.5 kW.

## 5.3 Odvlhčování



Obr. č. 27. h-x diagram

Na příkladu místnosti číslo 1 (obchodní místnost) ověříme funkce ovlhčování navržených jednotek systému VRF. Jednotky jsou RK-MD100Q4/CF, 2 kusu. Maximální počet lidí – 17. Externí teplota vzduchu je 25 °C, požadována teplota vnitřního vzduchu je 23 °C.

Vstupní hodnoty:

|                                               |                                                      |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $V = 425 \text{ m}^3/\text{h}$                | Objem přiváděného vzduchu                            |
| $M_w = 17.40 + 2040 = 2,7 \text{ kg/h}$       | Množství přebytečné vody                             |
| $Q_{ch} = 9.2 = 18 \text{ kW}$                | Celkový chladicí výkon vnitřních jednotek            |
| $V_{je} = 1300.2 = 2600 \text{ m}^3/\text{h}$ | Objem vzduchu přiváděného dvěma vnitřními jednotkami |
| $\rho_v = 1,29 \text{ kg/m}^3$                | Hustota vzduchu                                      |
| $t_e = 25 \text{ °C}$                         | Externí teplota                                      |
| $x_e = 13.9 \text{ g/kg}$                     | Měrná vlhkost externího vzduchu                      |
| $x_i = 9 \text{ g/kg}$                        | Měrná vlhkost požadovaného interního vzduchu         |
| $\Delta x = 4 \text{ g/kg}$                   | rozdíl ( $x_e - x_i$ )                               |

$$Q_{cit} = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = 425/3600 \cdot 1300.2 = 307 \text{ W}$$

Přebytečné teplo od přiváděného vzduchu

$$Q = V \cdot \rho \cdot \Delta h = 2600/3600 \cdot 1,2 \cdot \Delta h = 18\,000 \text{ W}$$

$$\Delta h = 19,3 \text{ kJ/kg}$$

Entalpie

$$Q_{cit} = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = 2600/3600 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot (23-8) = 16\,900 \text{ W}$$

Chladicí výkon potřebný na úpravu přebytečného tepla

$$16,9/18,0 \cdot 100\% = 93\%$$

Část celkového chladicího výkonu vnitřních jednotek využitelná na úpravu přebytečného tepla

$$Q_{odvl} = 18 - 16,9 = 1,1 \text{ kW}$$

Chladicí výkon využitelný na úpravu přebytečné vlhkosti

$$100\% - 93\% = 7\%$$

Část celkového chladicího výkonu vnitřních jednotek využitelná na úpravu přebytečné vlhkosti

## 5.4 Porovnání VRF a Chiller Fancoil

### Z hlediska energetické účinnosti

Kritérium energetické účinnosti při navrhování klimatizačních systémů se často stává rozhodujícím. Tento přístup je odůvodněn nejen úsporou energií během provozu. Dodávaná energie se používá pouze k určenému účelu a zpravidla se energeticky úsporné zařízení liší od ostatních nejlepší charakteristikou spolehlivosti, hladinou hluku a vibrací, dlouhou životností. Pro odhad energetických charakteristik z chladicích systémů stále více používají svůj koeficient výkonnosti (COP - Coefficient of Performance). Hodnoty chladicích koeficientů v systémů VRF a " Chiller Fancoil " jsou různé z důvodu rozdílů ve struktuře chladicího okruhu. Chladicí výkon klimatizačního systému -  $Q_x$  (kW) - závisí na objemu přebytečného tepla od klimatizovaného objektu a je stejná hodnota pro VRF-systémy a " Chiller Fancoil ". Kromě chladicího výkonu na hodnotu koeficientu výkonu je ovlivněn index  $Q_{n.x}$  (kW) - hodnota ztráty chladu během přepravy z chladiče do jednotky fancoil. Hodnota ztráty chladu  $Q_{n.x}$  (kW) při přepravě je omezena na 10% kapacity chladiče. Skutečná velikost ztráty závisí na účinnosti tepelné izolace a je obvykle 3% kapacity chladiče [3]. V VRF-systémech přeprava chladu z venkovní na vnitřní jednotky prochází při pomoci tekutého freonu. Při čemž se ochladí až ve vnitřní jednotce a teplota na vstupní trubce se rovna teplotě okolního prostředí, proto ztráta z povrchu potrubí u VRF systémů není.

Závěr: kvůli absenci oběhových čerpadel a ztrát chladu na délce potrubí je maximální příkon (instalovaný výkon) pro VRF-systémy o 1,5 krát nižší než u systémů " Chiller Fancoil " při stejném užitečném chladicím výkonu.

### Z hlediska investičních nákladů.

Při instalaci VRF systémů je většina z kapitálových výdajů (74%) náklady na zařízení. Srovnatelný údaj pro systém " Chiller Fancoil " mnohem méně : 50% investičních nákladů. Ale složitost instalace " Chiller Fancoil " způsobuje vyšší náklady v rámci instalace. V porovnání s VRF systémy instalace stojí dvakrát víc. Velký vliv na výběr klimatizačního systému je pořizovací cena klimatizačních systémů na 1 kW chladicí kapacity. Čím větší objekt klimatizace, tím vyšší výkon jeho přebytečného tepla [3]. Charakteristika zařízení, jako chladicí výkon, má významný vliv na jednotkové náklady jednoho kW chlazení. Pro systémy " Chiller Fancoil ", které se vyznačují výrazným snížením jednotkových nákladů na zařízení v aplikaci silnější hardware. Pro VRF-systémy, které mají charakterně modulární princip

konstrukce, k celkové kapacitě hodnoty podílu, nebo se nemění vůbec, nebo zvýšení ( velký objekt vyžaduje větší délku potrubí).

Závěr: specifické kapitálové náklady významně závisí na vlastnostech a hodnotách objektu klimatizace. Pokud je požadovaná kapacita chlazení nižší než 400 kW, specifické kapitálové náklady jsou nižší pro VRF-systémy, je-li větší než 400 kW jsou nižší pro systémy "Chiller Fancoil ".

## C Experimentální část

### 6. Účel tepelné izolace

Hlavním úkolem tepelné izolace je vytvořit bariéru, která zabraňuje vniknutí tepla či jeho úniku. Aby tepelná izolace přinesla očekávaný efekt a dobře fungovala, je nutné vybrat správný typ, nešetřit, ale také zbytečně neplýtvat finančními prostředky, a především dbát na přesné a pečlivé provedení izolací. Účelem tepelných izolací je udržet v potrubí teplo a chránit osoby tím, že tepelná izolace omezí povrchové teploty zařízení. Obecně mají tepelné izolace nízký stupeň tepelné vodivosti.

Máme nový typ izolace, která je vyráběna smícháním keramických a silikátových mikrokuliček a akrylového latexu na vodní bázi, a druhý typ izolace (běžná), která je vyrobena z vysoce kvalitního pěněného polyetylenu s uzavřenou komůrkovou strukturou.

#### 6.1 Hlavní vlastnosti tepelných izolací

##### Nízká tepelná vodivost

Je nejdůležitější vlastností tepelných izolací vyjadřující jejich tepelnou schopnost. Pro jednotlivé izolační látky se tepelná vodivost zjišťuje měřením a nejčastěji se udává v závislosti na teplotě izolace. U většiny izolačních materiálů tepelná vodivost s rostoucí teplotou stoupá. Podstata účinku tepelných izolací je v tom, že materiály obsahují vzduchové dutinky, které kladou prostupu tepla velký odpor [10]. Čím jsou dutinky menší a rovnoměrně rozdělené, tím je výsledná tepelná vodivost izolačního materiálu menší. S rostoucí vlhkostí izolace tepelná vodivost stoupá.

##### Nejvyšší teplota použití izolace a její trvanlivost při této teplotě

Izolační materiál by neměl při provozní teplotě ani po delším čase výrazně měnit své chemické a fyzikální vlastnosti (degradace materiálu izolace)

##### Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je poměr hmotnosti tělesa (hmotnost objemové jednotky materiálu i s póry a dutinami) k objemu tělesa. Je důležitým sledovaným parametrem u tepelných

izolací. Čím má izolace menší objemovou hmotnost, tím jsou lepší izolační vlastnosti. Toto neplatí u cpaných izolací.

### **Měrná tepelná kapacita**

Čím je menší měrné teplo, tím je menší i akumulované teplo a tím dochází k menším tepelným ztrátám při přerušovaném provozu

### **Měrná hmotnost**

Měrná hmotnost neboli hustota je definována hmotností objemové jednotky homogenní látky při určité teplotě. Čím je měrná hmotnost u izolací vyšší, tím je možné izolace použít do vyšších provozních teplot, ve kterých má lepší izolační vlastnosti

### **Chemické účinky na izolovanou plochu**

Některé izolační materiály zvláště ve vlhkém stavu vyvolávají na ocelových plochách korozi. Tyto materiály nejsou vhodné pro přerušovaný provozní režim

### **Nasákavost vodou a odolnost proti hnilobě**

Některé izolační materiály jsou hydrokopické. To vede k nárůstu jejich tepelné vodivosti a hmotnosti izolace a má za následek zhoršení izolačních vlastností a zvýšení její hmotnosti, což negativně působí na konstrukci potrubí

### **Pevnost (v tlaku, v tahu, stlačitelnost atd.)**

Izolační materiál má dle způsobu izolování a druhu izolovaného zařízení dané mechanické vlastnosti. Pevnost v tlaku, tahu, stlačitelnost atd. je možno definovat u kompaktních izolačních materiálů. U izolací z vláken (cpaných nebo sypaných) pevnost a kompatibilitu přebírá obal izolace

### **Odolnost proti změnám teploty**

Vlivem spouštění tepelného zařízení do provozu je nutno volit izolace takové, jejichž rozdíl teploty vnitřní a vnější vrstvy izolace není velký. Při velkém teplotním gradientu může dojít k destrukci izolace

### **Trvanlivost**

Izolační materiál musí mít dostatečnou trvanlivost. To znamená, že po určitý čas provozu potrubí se nesmí zhoršovat vlastnosti izolace. Trvanlivost izolace potrubí záleží nejen na vlastnostech materiálu, ale i na pracovních podmínkách, okolní teplotě a jejím kolísání a zejména na ochraně proti vlhkosti a mechanickému poškození, např. od hlodavců.

### **Možnost pokrýt i tvarově složité povrchy**

Při izolování složitých tvarů, jako jsou armatury se musí při volbě druhu izolace přihlížet k tomu, jak často se bude armatura demontovat, popřípadě jak často se bude izolace demontovat v případě revizí armatur.

### **Způsob montáže**

Montáž izolace by měla být rychlá, snadná a levná.

## **6.2 Izolační materiály pro potrubí**

Tepelné izolace mohou být vyrobeny z nejrůznějších materiálů. Každý materiál má své specifické vlastnosti a hodí se pro různé účely. Dalším důležitým požadavkem je ekonomická stránka a životnost.

Níže jsou nastíněny vlastnosti izolačních materiálů nejčastěji používaných v komerčním, tak i v průmyslovém odvětví.

### **Pěnové plasty**

Izolaci v pěnových materiálech tvoří převážně vzduch, případně jiný plyn, který je uzavřen v malých bublinkách. Bublínky jsou tak malé, že v nich prakticky nedochází ke konvekci, teplo je přenášeno kondukcí plynem uvnitř a stěnami bublinek. Pěnové plasty jsou lehké a mají výbornou odolnost vůči vlhkosti, jejich nevýhodou je, že jsou velice hořlavé. Dodávají se jako tvarové (např. kruhové) nebo v podobě desek. Jsou použitelné v teplotním rozsahu od  $-182^{\circ}\text{C}$  do  $149^{\circ}\text{C}$ .

### **Elastomerové materiály**

Jedná se o buněčný materiál, který se skládá z pěnové pryskyřice v kombinaci s elastomery. Stejně jako pěnové plasty mají uzavřenou strukturu, jsou paro-nepropustné a

vlhkosti odolné. Dodávají se jako tvarové (kruhové) nebo v podobě desek. Jejich teplotní použití je do 104 °C.

### **Skelné materiály**

Dělí se do dvou skupin na vláknité a buněčné. Vláknité sklo se dodává jako tvarové (např. kruhové) nebo v podobě pružných nebo tvrdých desek. Je nehořlavé a výborně tlumí zvuk. Jeho pracovní teplotní rozsah je od –40 °C do 38 °C.

Buněčné sklo se dodává ve stejných tvarech jako vláknité. Je pevnější, ale špatně odolává nárazům. Má dobrou odolnost i vůči některým chemikáliím a je neabsorpční. Rozsah pracovních teplot je od –267 °C do 482 °C.

### **Minerální materiály**

Jedná se o kamenná nebo strusková vlákna, která jsou spojována tepelně odolným pojivem a lisují se do různých tvarů nebo desek. Tento materiál je nehořlavý a výborně tlumí zvuk. Použití těchto materiálů je do 1038 °C.

### **Expandovaný perlit**

Je vyroben z inertních křemičitých sopečných hornin v kombinaci s vodou. Tento materiál má vysokou odolnost proti korozi povrchu a disponuje nízkou smrštitelností. Perlit je nehořlavý a je použitelný ve středních teplotách do 315 °C.

### **Křemičitan vápenatý**

Je to zrnitý izolační materiál, který se vyrábí z vápna a oxidu křemičitanového. Jsou to vyztužená organická a anorganická vlákna, které jsou tvarována do tuhé formy. Materiál absorbuje vodu, je nehořlavý. Většinou se používá na izolování horkého potrubí. Pracovní rozsah teplot je od 37 °C do 648 °C.

### **Žáruvzdorná vlákna**

Je to izolační materiál, který se skládá z keramických vláken, oxidu hlinitého a oxidu křemičitého. Tyto složky se pojí vysokoteplotním pojivem. Vyrábí se formě pásů nebo v tuhé formě. Tento materiál je zcela nehořlavý. Maximální teplota použitelnosti je 1648 °C.

### Izolační cement

Tento materiál lze použít do vysokých teplot povrchu ( $315\text{ }^{\circ}\text{C} \div 815\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) jako jednovrstvou izolaci nebo jako povrchovou úpravu na jiném izolačním materiálu. V tomto případě je použitelný do středních teplot ( $315\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### 6.3 Informace o keramické tepelné izolaci

Máme nový typ izolace, která vyráběna smícháním keramických a silikátových mikrokuliček a akrylového latexu na vodní bázi.



Obr. č. 1 Takhle vypadá materiál

Tepelně materiál je určen k použití v následujících aplikacích:

- Stěny, podlahy, stropy a střechy obytných a průmyslových staveb, a to jak uvnitř tak na vnější straně;
- Tepelná izolace okenních ostění;
- Zateplení fasád (budova + ochrana proti přehřátí na slunci);
- Izolace mezipanelních švů;
- Kovové konstrukce, hangáry a garáže;
- Potrubí tepelné topné systémy, parní potrubí a plynovody;
- **Klimatizační zařízení;**
- Potrubí se studenou vodou (aby se zabránilo kondenzaci);
- hydranty, ohřívače vody a kotle

- Teplo, parní kotle;
- Potrubí podzemní a povrchové;
- Horké chemické mísící nádrže;
- Cisterny, nádrže a zásobníky vody nádrže, chemické látky, atd.;
- Ledničky;
- Izolační auta
- Ledničky, výtahy, silniční a železniční cisterny pro různé kapaliny;

Celková tloušťka vrstvy 1 mm je použita v rozsahu teplot 98-130 °C snižuje tepelné ztráty ve stejném rozsahu jako tradiční tloušťkou izolace v řádu 13-15 mm.

Součinitel tepelné vodivosti je 0,003 W/m<sup>2</sup>

Materiál je certifikován pod celní unií Běloruska, Kazachstánu a Ruské federace.



Obr. č. 2 Teplovodní kompenzátor



Obr. č. 3 Izolace přírubové armatury



Obr. č. 4 Izolace fasády



Obr. č. 5 Izolace potrubí ve výkopu



Obr. č. 6 Izolace zásobníku

Na obrázcích č. 2 až 6 je vidět příklady použití keramické tepelné izolace

## 7. Určení tepelné ztráty potrubí

S izolací kruhového průřezu, bez izolací a novým materiálem.

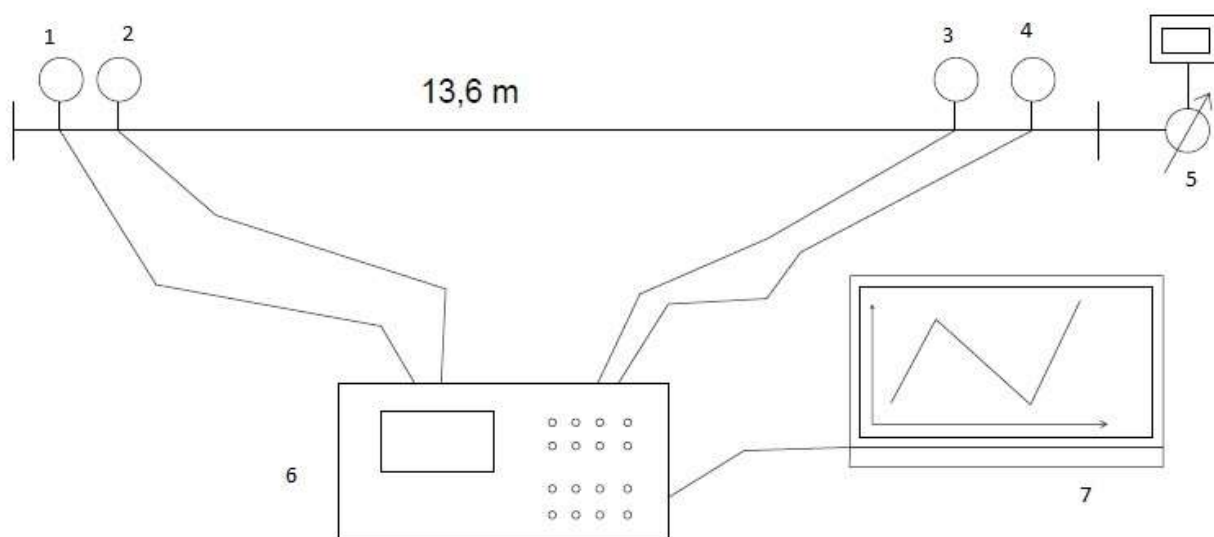
### 7.1 Účel experimentu

Cíl měření je určit tepelnou ztrátu potrubí bez izolace, s běžnou izolací, novou izolací a určit vhodnost nového typu izolace.

### 7.2 Uspořádání experimentu

Tepelnou ztrátu určíme z kalorimetrické rovnice, tj. na úseku potrubí známé délky změříme průtok kapaliny a pokles její teploty na tomto úseku.

Experiment jsme zpracovali s využitím potrubí z mědi a délkou 13,6 m. Celkem systém funguje jako typický systém topení s elektrickým kotlem. Schéma soustavy je na obr. č. 7.



Obr. 7 Schéma měřených veličin na potrubí

1,2,3,4 - teplotní čidla na potrubí

5 – Průtokoměr

6 - Přístroj «Almemo» snímá teplotu prostřednictvím termočlánků

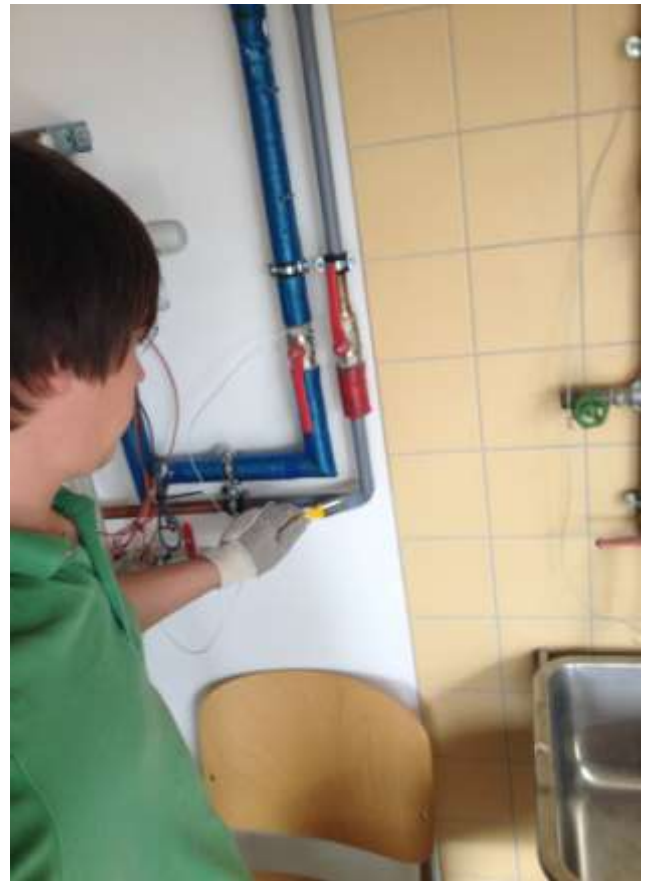
7 – Počítač

Teplotní čidla připojena přímo na povrch potrubí, protože nebyly k dispozici měřicí místa pro měření kapaliny přímo v potrubí.

Příprava povrchu potrubí. Velmi důležitý krok - určuje další životnost nátěru. Povrch musí být pevný, čistý a suchý. Používal jsem základní nátěr na přípravu povrchu potrubí.



Obr.č. 8 Základní nátěr



Obr.č. 9 Základní nátěr

Natírání keramické tepelné izolace. Kompozice se aplikuje v 2-3 vrstvách s mezisušením mezi vrstvami nejméně 24 hodin při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti 80%. Tloušťka každé vrstvy musí být 0,5 mm.



Obr. č. 10 Potrubí s první vrstvou keramické izolace



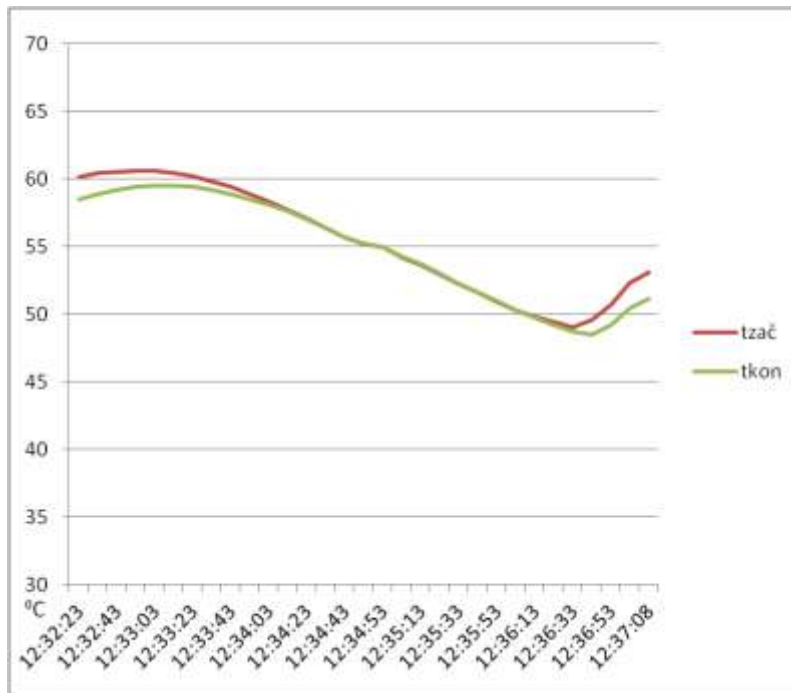
Obr. č. 11 Celkový pohled



Obr. č. 12. Připojení teplotní čidla.

### 7.3 Postup měření

1) Jako první jsme začali naše měření s potrubím s běžnou izolací. Tloušťka izolace je 9 mm. Vybrali jsme časový úsek, kde byl rozdíl teplot na začátku a na konci největší.



Graf č. 1. Průběh změny teploty v čase.

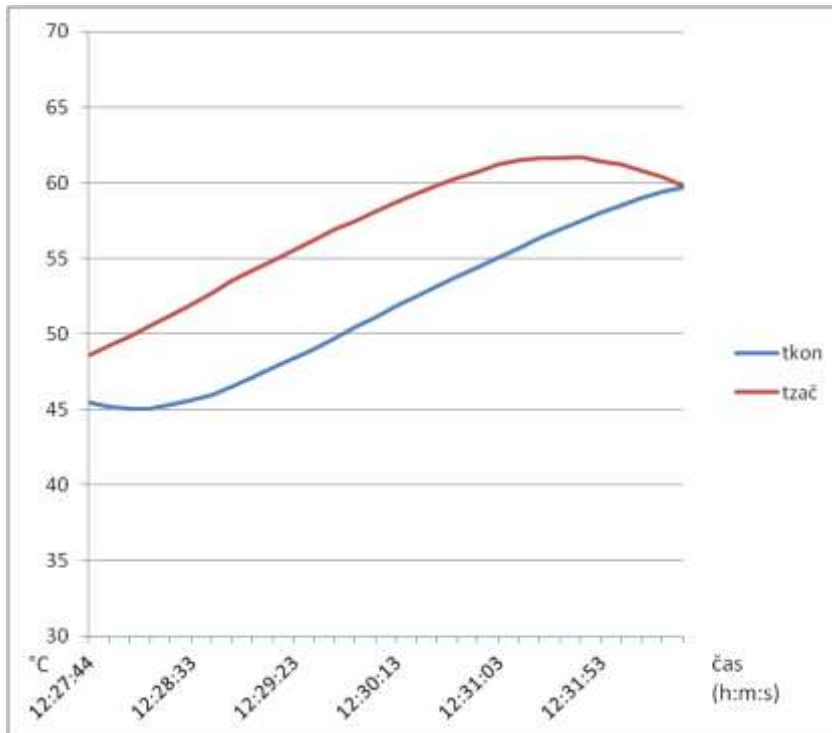
Na grafu č. 1 vidíme, že rozdíl teplot v průběhu vybrané délky času je malý. Ve skutečnosti ten rozdíl ( $\Delta t$ )  $< 1^\circ\text{C}$ . To znamená, že Tepelná ztráta směřuje k nule.



Obr. 13. Připojení teplotní čidla.

## Experimentální část

2) Potom jsme zrušili izolaci a udělali stejně měření, abychom zjistili tepelnou ztrátu a součinitel tepelné vodivosti potrubí bez izolace. Vybrali jsme časový úsek, kde byl rozdíl teplot na začátku a na konci největší. Současně byl odečten průtok topné vody.



Graf. č. 2 . Průběh změny teploty v čase.

Na grafu č. 2 vidíme, že rozdíl teplot v průběhu vybranou délky času je významný.

## Experimentální část

S přístrojů «Almemo» dostali jsme hodnoty teplot v průběhu vybraného časového úseku.

Tabulka 5. Hodnot teploty s přístrojů «Almemo».

| čas      | Teplota<br>2 článek | Teplota<br>3 článek | Teplota<br>4 článek | Teplota<br>5 článek | Teplota<br>6 článek | Teplota<br>7 článek | Teplota<br>8 článek | t <sub>kon</sub> | t <sub>zač</sub> | t <sub>kon</sub> -t <sub>zač</sub> |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| 12:27:44 | 45,7 °C             | 45,4 °C             | 45,3 °C             | 22,9                | 24,2 °C             | 48,4 °C             | 48,8 °C             | 45,5             | 48,6             | 3,1                                |
| 12:27:53 | 45,3 °C             | 45,3 °C             | 45 °C               | 22,9                | 24,2 °C             | 49 °C               | 49,4 °C             | 45,2             | 49,2             | 4,0                                |
| 12:28:03 | 45,2 °C             | 45,2 °C             | 44,7 °C             | 22,9                | 24,2 °C             | 49,6 °C             | 50,1 °C             | 45,0             | 49,9             | 4,8                                |
| 12:28:13 | 45,2 °C             | 45,4 °C             | 44,6 °C             | 22,8                | 24,3 °C             | 50,3 °C             | 50,7 °C             | 45,1             | 50,5             | 5,4                                |
| 12:28:23 | 45,4 °C             | 45,7 °C             | 44,8 °C             | 22,8                | 24,3 °C             | 51 °C               | 51,5 °C             | 45,3             | 51,3             | 6,0                                |
| 12:28:33 | 45,8 °C             | 46,1 °C             | 45 °C               | 22,8                | 24,3 °C             | 51,7 °C             | 52,2 °C             | 45,6             | 52,0             | 6,3                                |
| 12:28:43 | 46 °C               | 46,6 °C             | 45,3 °C             | 22,8                | 24,4 °C             | 52,5 °C             | 52,9 °C             | 46,0             | 52,7             | 6,7                                |
| 12:28:53 | 46,6 °C             | 47,2 °C             | 45,8 °C             | 22,9                | 24,5 °C             | 53,3 °C             | 53,8 °C             | 46,5             | 53,6             | 7,0                                |
| 12:29:03 | 47,2 °C             | 47,8 °C             | 46,4 °C             | 22,9                | 24,5 °C             | 54 °C               | 54,4 °C             | 47,1             | 54,2             | 7,1                                |
| 12:29:13 | 47,8 °C             | 48,5 °C             | 47 °C               | 22,9                | 24,5 °C             | 54,6 °C             | 55 °C               | 47,8             | 54,8             | 7,0                                |
| 12:29:23 | 48,5 °C             | 49,1 °C             | 47,6 °C             | 22,8                | 24,4 °C             | 55,3 °C             | 55,7 °C             | 48,4             | 55,5             | 7,1                                |
| 12:29:33 | 49,1 °C             | 49,8 °C             | 48,2 °C             | 22,8                | 24,4 °C             | 56 °C               | 56,4 °C             | 49,0             | 56,2             | 7,2                                |
| 12:29:43 | 49,7 °C             | 50,6 °C             | 48,8 °C             | 22,8                | 24,5 °C             | 56,7 °C             | 57,1 °C             | 49,7             | 56,9             | 7,2                                |
| 12:29:53 | 50,5 °C             | 51,3 °C             | 49,5 °C             | 22,9                | 24,5 °C             | 57,3 °C             | 57,6 °C             | 50,4             | 57,5             | 7,0                                |
| 12:30:03 | 51,1 °C             | 52 °C               | 50,2 °C             | 22,8                | 24,6 °C             | 57,9 °C             | 58,3 °C             | 51,1             | 58,1             | 7,0                                |
| 12:30:13 | 52 °C               | 52,7 °C             | 50,9 °C             | 22,9                | 24,6 °C             | 58,6 °C             | 58,9 °C             | 51,9             | 58,8             | 6,9                                |
| 12:30:23 | 52,7 °C             | 53,3 °C             | 51,5 °C             | 22,9                | 24,5 °C             | 59,1 °C             | 59,4 °C             | 52,5             | 59,3             | 6,8                                |
| 12:30:33 | 53,3 °C             | 54 °C               | 52,2 °C             | 22,9                | 24,5 °C             | 59,7 °C             | 60 °C               | 53,2             | 59,9             | 6,7                                |
| 12:30:43 | 53,9 °C             | 54,7 °C             | 52,8 °C             | 22,9                | 24,5 °C             | 60,2 °C             | 60,4 °C             | 53,8             | 60,3             | 6,5                                |
| 12:30:53 | 54,5 °C             | 55,2 °C             | 53,5 °C             | 22,9                | 24,4 °C             | 60,6 °C             | 60,8 °C             | 54,4             | 60,7             | 6,3                                |
| 12:31:03 | 55,2 °C             | 55,9 °C             | 54,1 °C             | 23                  | 24,5 °C             | 61,1 °C             | 61,3 °C             | 55,1             | 61,2             | 6,1                                |
| 12:31:13 | 55,9 °C             | 56,5 °C             | 54,7 °C             | 23                  | 24,5 °C             | 61,5 °C             | 61,5 °C             | 55,7             | 61,5             | 5,8                                |
| 12:31:23 | 56,5 °C             | 57,2 °C             | 55,3 °C             | 23                  | 24,6 °C             | 61,6 °C             | 61,6 °C             | 56,3             | 61,6             | 5,3                                |
| 12:31:33 | 57,1 °C             | 57,7 °C             | 56 °C               | 23                  | 24,6 °C             | 61,7 °C             | 61,6 °C             | 56,9             | 61,7             | 4,7                                |
| 12:31:43 | 57,7 °C             | 58,3 °C             | 56,5 °C             | 23                  | 24,7 °C             | 61,8 °C             | 61,6 °C             | 57,5             | 61,7             | 4,2                                |
| 12:31:53 | 58,2 °C             | 58,8 °C             | 57,1 °C             | 22,9                | 24,7 °C             | 61,6 °C             | 61,3 °C             | 58,0             | 61,5             | 3,4                                |
| 12:32:03 | 58,7 °C             | 59,3 °C             | 57,6 °C             | 22,9                | 24,7 °C             | 61,4 °C             | 61 °C               | 58,5             | 61,2             | 2,7                                |
| 12:32:13 | 59,2 °C             | 59,7 °C             | 58,1 °C             | 22,8                | 24,7 °C             | 61 °C               | 60,6 °C             | 59,0             | 60,8             | 1,8                                |
| 12:32:23 | 59,6 °C             | 60,1 °C             | 58,5 °C             | 22,9                | 24,8 °C             | 60,6 °C             | 60,1 °C             | 59,4             | 60,4             | 1,0                                |
| 12:32:33 | 59,7 °C             | 60,4 °C             | 58,9 °C             | 22,8                | 24,9 °C             | 60,1 °C             | 59,6 °C             | 59,7             | 59,9             | 0,2                                |

Z této tabulky jsme zjistili střední hodnoty teplot t<sub>kon</sub> a t<sub>zač</sub>

### 7.4. Výpočet tepelné ztráty

Vypočítáme tepelnou ztrátu a součinitel tepelné vodivosti potrubí bez izolací.

$$Q=4180 \cdot L / 3600 \cdot (t_2 - t_1),$$

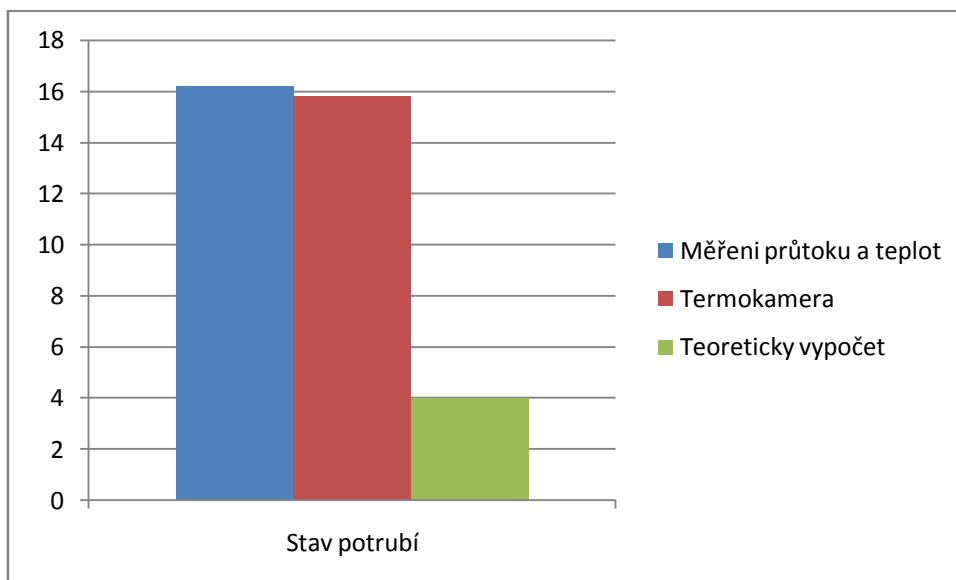
Kde L - průtok, t<sub>1</sub> - teplota povrchu na začátku délky potrubí, t<sub>2</sub> - teplota povrchu na konci délky potrubí.

Tabulka 6. Tepelná ztráta potrubí (W).

| Stav trubky | Bez izolace (W) | S 2/3 izolovanou trůbkou (W) | S novou keramickou izolací (W) |
|-------------|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1           | 243,1           | 316,2                        | 239,6                          |
| 2           | 438,9           | 270,5                        | 265,6                          |
| 3           | 353,6           | 207,6                        | 217,3                          |
| 4           | 332,1           | 323,9                        | 243,8                          |
| 5           | 378,5           | 209,8                        | 177,6                          |
| 6           | 355,3           | 240,6                        | 181,1                          |
| Průměr:     | 350,25          | 261,4                        | 220,8                          |

Tepelná ztráta potrubí na metr:

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Bez izolace                 | 25,8 w/m |
| S 2/3 izolovanou trůbkou    | 19,2 w/m |
| S novou (keramické) izolace | 13,5 w/m |



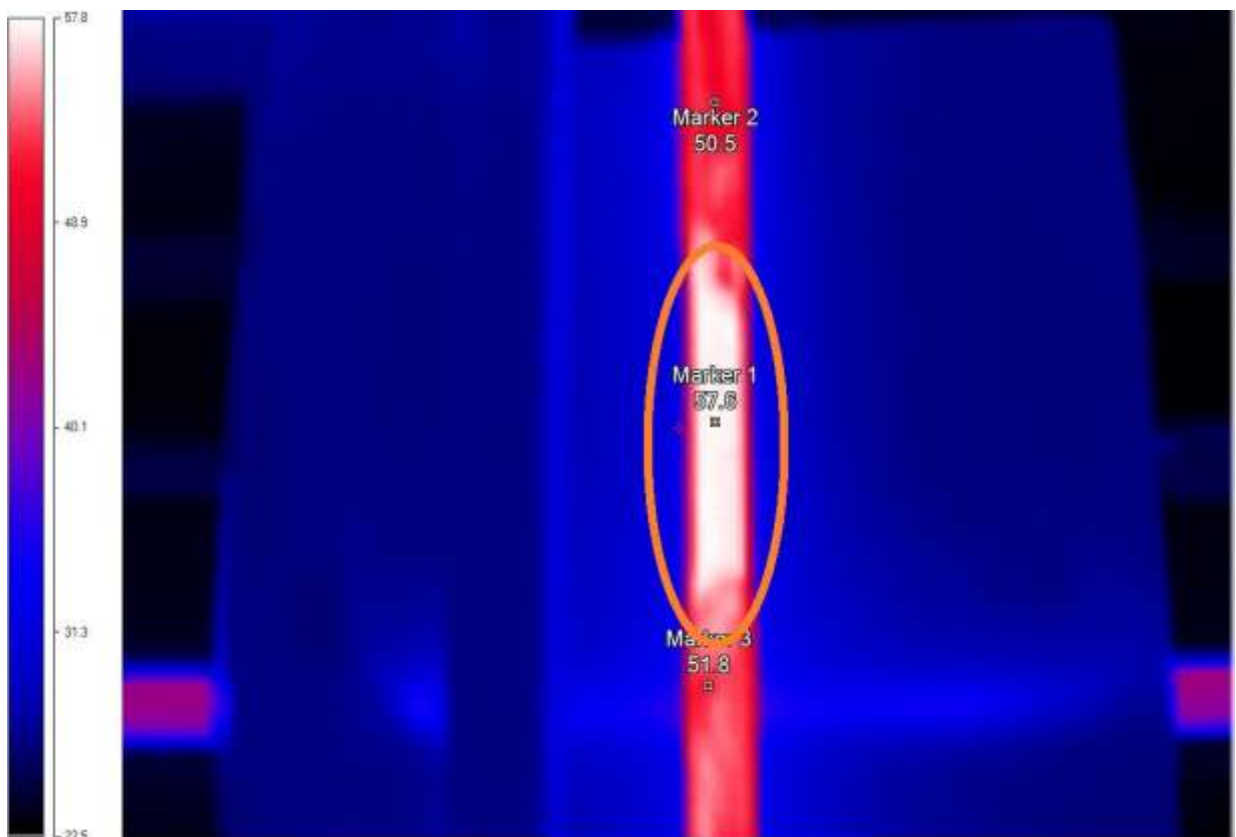
Graf. č. 3 Tepelná ztráta potrubí

## 7.5 Měření s využitím termokamery

Vyfotografovali jsme části potrubí termokamerou, abychom zjistili významné rozdíly teplot.



Obr. č. 14. Foto části potrubí s termokamerou.



Obr. č. 15. Výsledek z termokamery.

Na obrázku č. 14 vidíme, že rozdíl teplot je skoro 7 K

Markér 1 je v místě, kde je trubka holá (57,6 °C).

Markér 2 a 3 jsou nastaveny, kde je trubka natřena novou izolací (50,5 a 51,8 °C)

Výpočet tepelné ztráty potrubí :

$$Q = \alpha \cdot \Delta t$$

$\alpha$  - součinitel přestupu tepla na vnější straně, na straně okolního vzduchu W/m<sup>2</sup> K.

Na součinitel přestupu tepla  $\alpha$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] mají vliv dva přenosové mechanismy – proudění a sálání. Čím je vyšší hodnota součinitele přestupu tepla, tím dochází k většímu přestupu tepla z teplého povrchu a snižuje se tepelný odpor mezní vrstvy, která přestupu tepla brání.

V případě potrubí s izolací jsem používal hodnotu  $\alpha$  menší, než v případě potrubí s izolací, protože povrch s izolací je nerovnoměrný a hrubý. Je to viditelné na obr. č. 10.

Pro potrubí bez izolace používáme  $\alpha = 17$  W/m<sup>2</sup> K,

Pro potrubí s izolací používáme  $\alpha = 12$  W/m<sup>2</sup> K

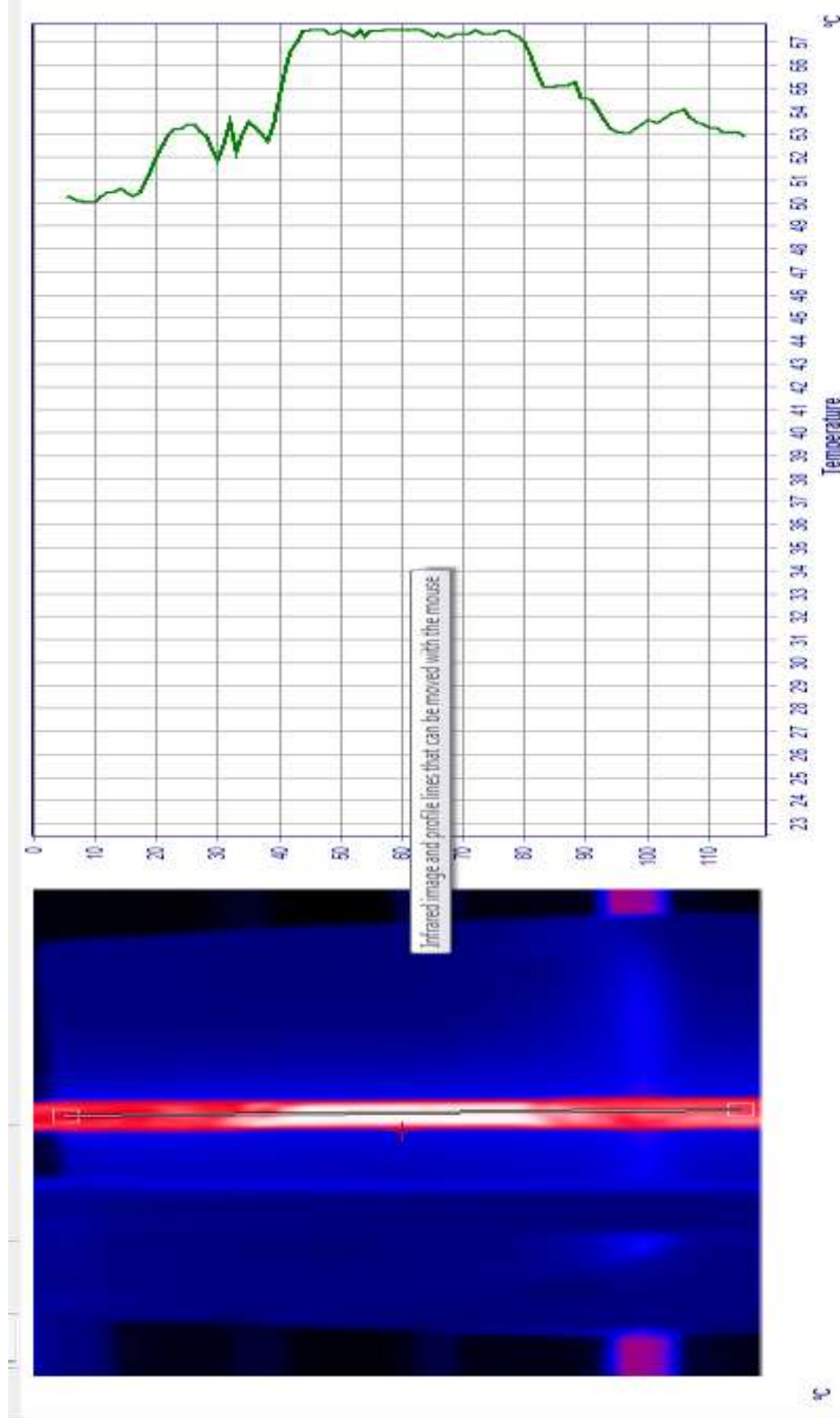
Tepelná ztráta potrubí bez izolace na m<sup>2</sup>  $Q = 17(58-22)=612$  W/m<sup>2</sup>

Tepelná ztráta potrubí s izolací na m<sup>2</sup>  $Q = 12(52-22)=360$  W/m<sup>2</sup>

Tepelná ztráta potrubí bez izolace z celé délky potrubí  $Q = 0.597 \cdot 612 = 365$  W

Tepelná ztráta potrubí s izolací z celé délky potrubí  $Q = 0.597 \cdot 360 = 215$  W

Obr.



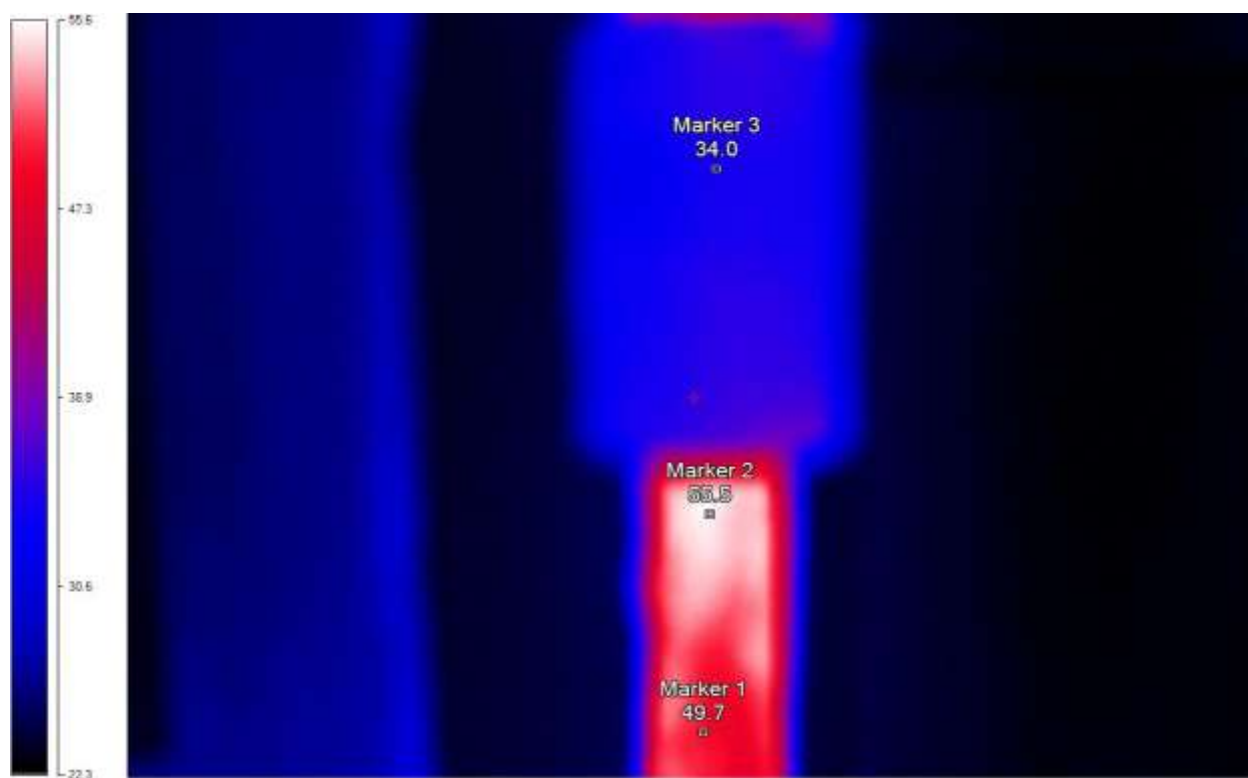
entální část

změny teploty na části potrubí.

č. 16.  
Diagram



Obr. č. 17. Foto, kde jsou běžná izolace, nová izolace a holá trubka.



Obr. č. 18. Výsledek z termokamery.

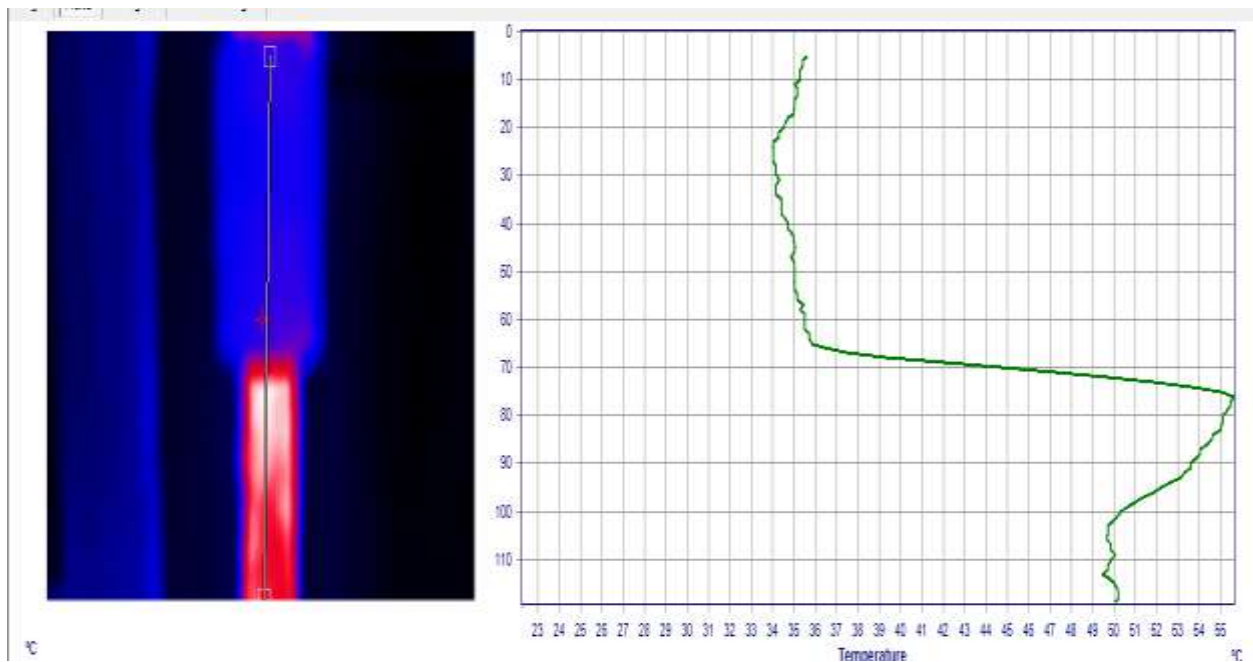
Na obrázku č. 17:

Markér 1 – Natřena nová izolace (49,7 C)

Markér 2 – Holá trubka (55,5 C)

Markér 3 – Běžná izolace (34.0 C)

Průběh změny teploty:



Obr. č. 19. Diagram změny teploty na části potrubí.

Vidíme, že rozdíl teplot je významný.

## 8. Teoretický výpočet tepelné ztráty

### 8.1 Výpočet U a měrné tepelné ztráty

Výpočet součinitele prostupu tepla lze podle vztahu:

$$Q_{ztr} = U_o \cdot l \cdot (t_{in} - t_{out}) \quad [W]$$

Tepelná ztráta potrubí kruhového průřezu je způsobena vedením tepla jednotlivými vrstvami potrubí a přestupem tepla do okolního prostředí. Její velikost ovlivňují:

- součinitel prostupu tepla válcovou stěnou  $U_o$ 
  - materiál trubky - minimálně
  - materiál izolace - podstatně
  - přestup tepla mezi povrchem potrubí a okolního prostředí  $\alpha_e$
- délka potrubí  $l$
- rozdíl teploty média uvnitř  $t_{in}$  potrubí a teploty v jeho okolí  $t_{out}$

Pro vyčíslení součinitele prostupu tepla válcovou stěnou  $U_o$  musíme znát:

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot (d - 2 \cdot s_t)} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [W/mK]$$

Rozměry:

- Vnější průměr trubky  $d$  nebo vnitřní průměr trubky a tloušťku stěny  $s_t$  [m]
- Průměr potrubí  $D$  nebo tloušťky jednotlivých vrstev potrubí (např. tloušťku izolace  $s_{iz}$ ) [m]

Materiálové charakteristiky:

- součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  pro jednotlivé vrstvy potrubí (trubka  $\lambda_t$  a izolace  $\lambda_{iz}$ ) [W / m K]
- závisí také na teplotě daného materiálu
- lambda materiálu trubky je ve výpočtu uvažována jako konstanta

Veličiny:

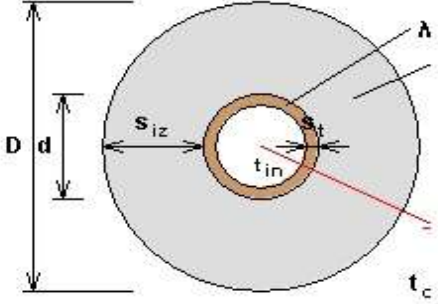
- součinitel přestupu tepla  $\alpha_i$  mezi médiem a vnitřním povrchem trubky [W / m<sup>2</sup> K]
- při běžných výpočtech můžeme zanedbat, protože tepelný odpor při tomto přestupu tepla je relativně malý.
- součinitel přestupu tepla  $\alpha_e$  mezi povrchem potrubí a okolního vzduchu [W / m<sup>2</sup> K]
- hodnota se mění v závislosti například na hustotě, tepelné vodivosti, měrné tepelné kapacitě okolního vzduchu, na typu proudění.

## 8.2 Určení U a MZ s využitím výpočetní techniky

Spočítáme U v případě potrubí s běžnou izolací a MZ ztrátu při pomoci programy

“Tepelná ztráta potrubí kruhového průřezu” ze stránky tzb.info.

## Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu

|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Izolace - <a href="#">podrobné technické informace</a></b></p> <p>De Witky &gt; PE Red</p> <p>Rozměry izolace - tl. 9</p> <p>Tloušťka <math>s_{iz} = 9</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_{iz} = 0.039</math> W / m K</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>Trubka</b></p> <p>Měď</p> <p>Rozměry trubky - 10x1</p> <p>Průměr <math>d = 10</math> mm</p> <p>Tloušťka stěny <math>s_t = 1</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_t = 372</math> W / m K</p>                                 | <p>Izolační trubice s ochrannou vrstvou proti mechanickému poškození, snižuje tepelné ztráty a izoluje proti šíření nežádoucího hluku (např. v odpadním potrubí). Ideální pro izolování systémů horké a studené vody pod mazaninu (omítka...).</p> <p>Izolace je vyrobena z vysoce kvalitního pěněného polyetylénu s uzavřenou komůrkovou strukturou.</p> <p>Rozsah provozních teplot: od -45 °C do 105 °C</p> |
|  <p><b>d = 10.0 mm</b><br/> <b>D = 20.0 mm</b><br/> <b>s = 0.0 mm</b><br/> <b>D = d + 2 s<sub>iz</sub> = 28 mm</b></p>                                            | <p><b>Potrubí</b></p> <p>Teplota média <math>t_{in} = 65</math> °C</p> <p>Teplota v okolí potrubí <math>t_{out} = 20</math> °C</p> <p>Relativní vlhkost vzduchu <math>rh = 65</math> % ???</p> <p>Teplota rosného bodu <math>t_w = 13.6</math> °C</p> <p>Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu <math>\alpha_e = 17</math> W / m<sup>2</sup> K</p> <p>Délka potrubí <math>l = 13.6</math> m</p>          |

|                                                    |                                                                                                   |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007) | DN 10 - DN 15 $\Rightarrow U_{0,193/2007} = 0.15$ W / m K                                         |
| Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí      | $U_0 = 0.207 \leq 0.15$ W / m K $\Rightarrow$ <b>NEVYHOVUJE</b> (přibližná tl. izolace = 18.6 mm) |
| Povrchová teplota izolovaného potrubí              | $t_{p,iz} = 26.2$ °C $> t_w \Rightarrow$ na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci               |
| Tepelná ztráta potrubí bez izolace                 | $Q_p = 326.8$ W                                                                                   |
| Tepelná ztráta potrubí s izolací                   | $Q_{iz} = 126.5$ W                                                                                |
| Energetická úspora izolovaného potrubí             | 61 %                                                                                              |
|                                                    |                                                                                                   |
| Střední spotřeba izolace                           | 0.8118 m <sup>2</sup> - platí pro plošnou izolaci                                                 |

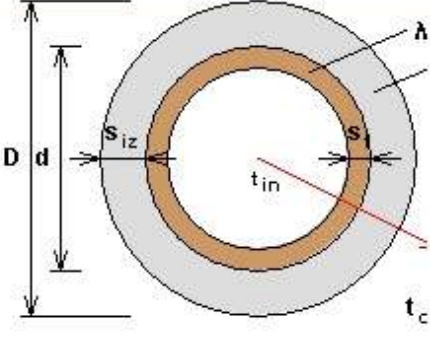
Výsledek z programy:

Tepelná ztráta potrubí bez izolace  $Q_{ztr}=326.8$  W na délku potrubí

Tepelná ztráta potrubí s běžnou izolací  $Q_{ztr}=126.5$  W na délku potrubí посчитать на метр

Spočítáme U v případě potrubí s novou (keramické) izolací a MZ ztrátu stejným způsobem

# Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Izolace</b></p> <p>-- Vlastní hodnoty --</p> <p>Rozměry izolace</p> <p>Tloušťka <math>s_{iz} = 2</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_{iz} = 0.004</math> W / m K</p> <p><b>Trubka</b></p> <p>Měď</p> <p>Rozměry trubky - 10x1</p> <p>Průměr <math>d = 10</math> mm</p> <p>Tloušťka stěny <math>s_l = 1</math> mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti <math>\lambda_l = 372</math> W / m K</p> |  <p>Rozsah provozních teplot: není uveden</p>                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|  <p><b>d = 10.0 mm</b><br/> <b>D = 14.0 mm</b><br/> <b>s<sub>l</sub> = 1.0 mm</b><br/> <b>D = d + 2 s<sub>iz</sub> = 14 mm</b></p>                                                                                                                                                                                              | <p><b>Potrubí</b></p> <p>Teplota média <math>t_{in} = 85</math> °C</p> <p>Teplota v okolí potrubí <math>t_{out} = 20</math> °C</p> <p>Relativní vlhkost vzduchu <math>rh = 65</math> % ???</p> <p>Teplota rosného bodu <math>t_w = 13.6</math> °C</p> <p>Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu <math>\alpha_e = 17</math> W / m<sup>2</sup> K</p> <p>Délka potrubí <math>l = 13.6</math> m</p> |

|                                                    |                                                                                    |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007) | DN 10 - DN 15 => $U_{o,193/2007} = 0.15$ W / m K                                   |
| Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí      | $U_o = 0.068 \leq 0.15$ W / m K => <b>VYHOVUJE</b> požadavkům vyhlášky č. 193/2007 |
| Povrchová teplota izolovaného potrubí              | $t_{p,iz} = 24.1$ °C > $t_w$ => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci         |
| Tepelná ztráta potrubí bez izolace                 | $Q_p = 326.8$ W                                                                    |
| Tepelná ztráta potrubí s izolací                   | $Q_{iz} = 41.6$ W                                                                  |
| Energetická úspora izolovaného potrubí             | 87 %                                                                               |
|                                                    |                                                                                    |
| Střední spotřeba izolace                           | 0.5127 m <sup>2</sup> - platí pro plošnou izolaci                                  |

Výsledek s programy:

Tepelná ztráta potrubí bez izolace  $Q_{ztr}=326.8$  W na délku potrubí

Tepelná ztráta potrubí s novou (keramické) izolace  $Q_{ztr}=41.6$  W na délku potrubí

## 9. Porovnání výsledků

Máme vypočtenou tepelnou ztrátu potrubí při pomoci měření, termokamery a teoretického výpočtu.

### Měření průtoku a teplot

Tepelná ztráta potrubí bez izolace

$$Q_{ztr}=25,7 \text{ W/m}$$

Tepelná ztráta potrubí s novou (keramické) izolace

$$Q_{ztr}=16,2 \text{ W/m}$$

### Termokamera

Tepelná ztráta potrubí bez izolace

$$Q_{ztr}=26,8 \text{ W/m}$$

Tepelná ztráta potrubí s novou (keramické) izolace

$$Q_{ztr}=15,8 \text{ W/m}$$

### Teoreticky výpočet

Tepelná ztráta potrubí bez izolace

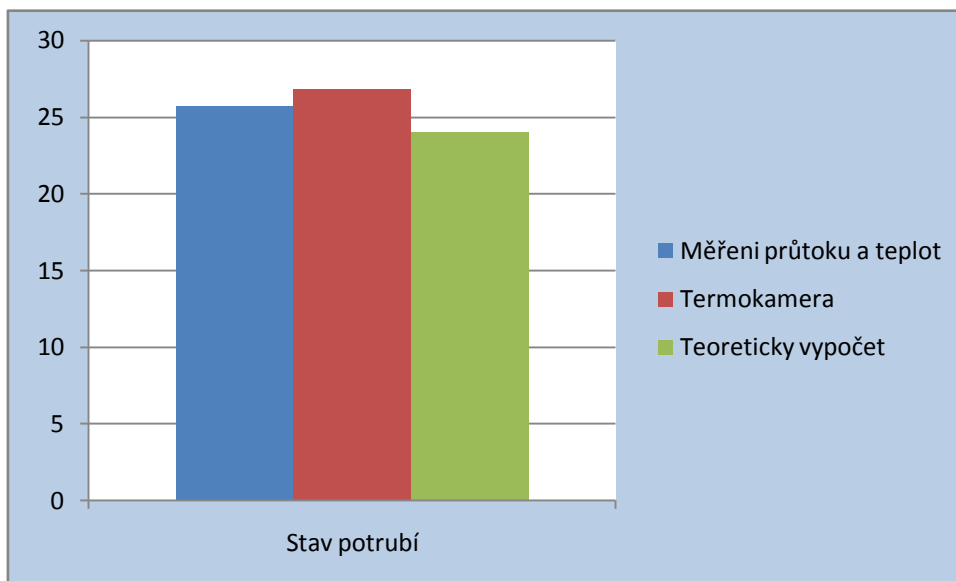
$$Q_{ztr}=24 \text{ W/m}$$

Tepelná ztráta potrubí s novou (keramické) izolace

$$Q_{ztr}=4 \text{ W/m}$$

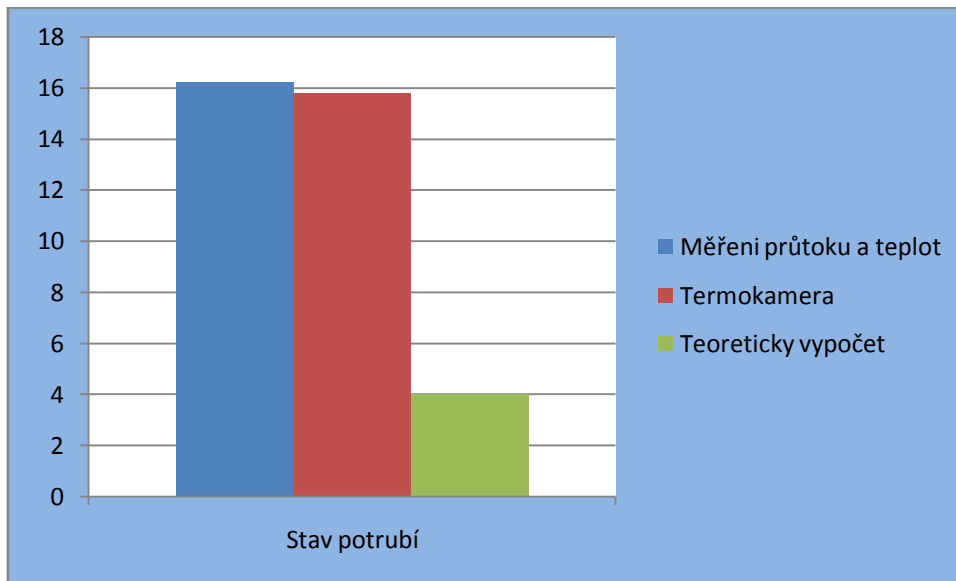
Tepelná ztráta potrubí s běžnou izolace

$$Q_{ztr}=9,3 \text{ W/m}$$



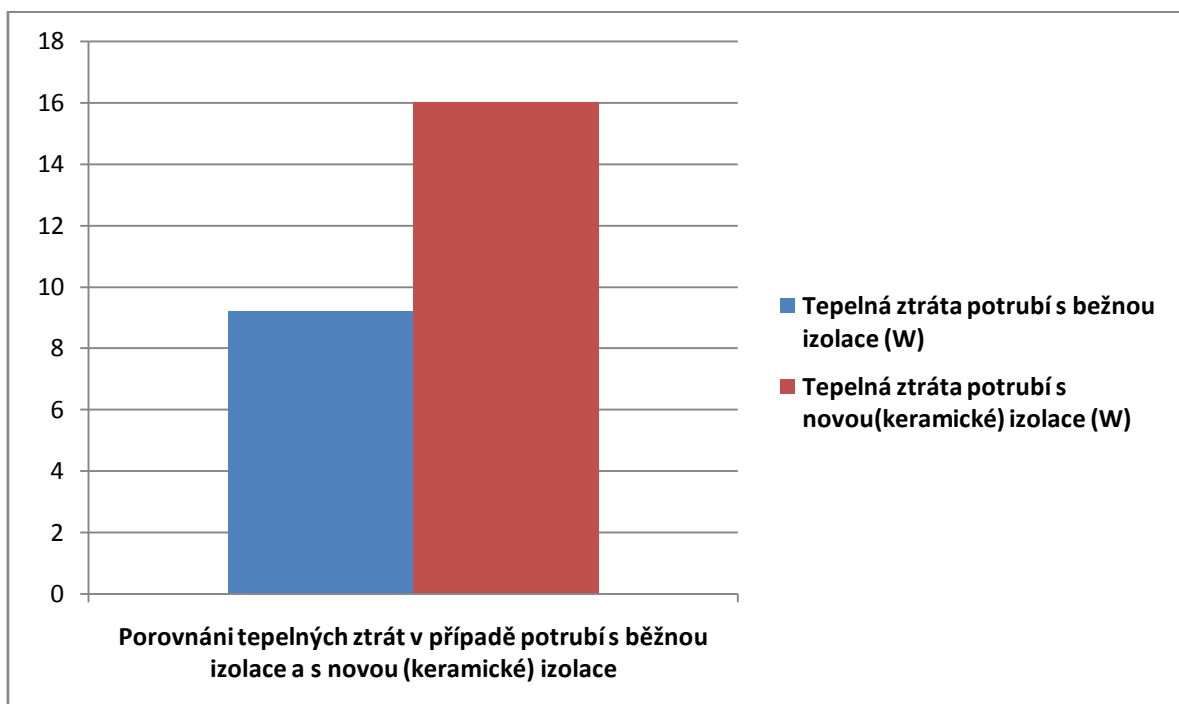
Obr. č. 20. Diagram hodnot «Tepelná ztráta potrubí bez izolace».

Na diagramu vidíme, že rozdíl hodnot tepelných ztrát ( $Q_{ztr}$ ) se v případě potrubí bez izolace liší o 8%. To znamená, že jsme dostali reálné výsledky měření.



Obr. č. 21. Diagram hodnot «Tepelná ztráta potrubí s novou (keramickou) izolací».

Střední hodnota z obou měření tepelné ztráty potrubí s novou (keramickou) izolací je rovna 16 W/m. Hodnota z teoretického výpočtu tepelné ztráty potrubí s běžnou izolací je rovna 9,2 W/m.



Obr. č. 22. Diagram hodnot «Porovnání tepelných ztrát v případě potrubí s běžnou izolací a s novou (keramickou) izolací».

## 10. Závěr

V této práci se podařilo zachytit problematiku spojenou s účinností rozvodů pro klimatizační systémy. Diplomová práce se skládá ze tří částí. První část je teoretickým přehledem. Na úvod byly uvedeny základní typy klimatizačních systémů a zařízení zejména chladivové systémy. Byly rozebrány druhy vnitřních jednotek chladivových systémů a technologii filtrace vzduchu. Teoretická část obsahuje základních podmínek navrhování chladivových systémů.

V druhé projektové části byl zpracován návrh klimatizačních systémů pro kanceláři třípatrovou administrativní budovu za účelem zajištění tam vhodného mikroklimatu. Bylo uvedeno teoretické porovnání navržených systémů z hlediska energetické účinnosti a investičních nákladů. Dále následuje rozpočet tepelné bilance, návrh klimatizačního zařízení. Výpočtové řešení bylo doplněno výkresovou dokumentací a rozpisem materiálu.

Třetí část je experimentální. Cílem měření bylo určit tepelnou ztrátu potrubí bez izolace, s běžnou izolací, novou izolací a určit vhodnost nového typu izolace. Hlavní kritérium vhodnosti tepelné izolace je nízký stupeň tepelné vodivosti. Tepelnou ztrátu určili jsme třemi způsoby:

- 1) Z kalorimetrické rovnice, tj. na úseku potrubí známé délky změřili jsme průtok kapaliny a pokles její teploty na tomto úseku.
- 2) Při pomoci měření s využitím termokamery.
- 3) Na základě teoretického výpočtu tepelné ztráty při pomoci programy "Tepelná ztráta potrubí kruhového průřezu" ze stránky tzb.info.

Zjistili jsme, že výsledky z měření jsou reálné. Tepelná ztráta potrubí s běžnou izolací je 9,2 W/m, tepelná ztráta s novou (keramickou) izolací je 16 W/m. Co to znamená, že stupeň tepelné vodivosti nové (keramické) izolace je vysoký a nevhodná pro použití místo běžné izolace.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] *Katalog Toshiba* [online]. Dostupno z WWW: <[http://www.klimatizace.net/pic/katalog\\_toshiba\\_residential\\_2010\\_2011.pdf](http://www.klimatizace.net/pic/katalog_toshiba_residential_2010_2011.pdf)>
- [2] *Katalog Daikin VRF systémy* [online]. Dostupno z WWW : < [http://www.klimatizace-daikin.cz/files/prospekty\\_a\\_katalogy/daikin-katalog-vrv-systemy.pdf](http://www.klimatizace-daikin.cz/files/prospekty_a_katalogy/daikin-katalog-vrv-systemy.pdf)>
- [3] *VRF nebo chiller? Srovnávací analýza na základě teorie optimalizace* [online]. 2005. Dostupný z WWW: <<http://www.c-o-k.ru/articles/vrf-ili-chiller-sravnitel-nyy-analiz-na-osnove-teorii-optimizacii>>
- [4] *Katalog Panasonic VRF Systémy* [online]. 2013/2014. Dostupno z WWW: <[http://www.sinop.cz/editor/filestore/File/Panasonic2013/KATALOG\\_PANASONIC\\_VRF\\_SYSTEMY\\_2013.pdf](http://www.sinop.cz/editor/filestore/File/Panasonic2013/KATALOG_PANASONIC_VRF_SYSTEMY_2013.pdf)>
- [5] *Katalog Mitsubishi Electric „City Multi VRF“* [online]. Dostupno z WWW: < [http://www.csmtrade.cz/images/\\_download/KATALOGY/katalog-vrf-city-multi.pdf](http://www.csmtrade.cz/images/_download/KATALOGY/katalog-vrf-city-multi.pdf)>
- [6] *Katalog Dantex, firemní podklady* 2014.
- [7] *Energetické štítky* [online]. Dostupno z WWW: <<http://www.ekoporadna.cz/wiki/doku.php>>
- [8] A.G. Sotnikov: *Moderní klimatizace (teorie, zařízení, projektování, provoz)*. Petrohrad, 2004.
- [9] *Klimatizace* [online]. Dostupno z WWW: <[http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2323](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2323)>
- [10] *Izolace potrubí* [online]. Dostupno z WWW: <<http://www.thermaflex.ru/catalog/3/>>
- [11] *Chladicí okruh: princip, funkce* [online]. Dostupno z WWW: <<http://www.schiessl.cz/stranka-chladici-okruh-princip-funkce-118>>
- [12] *Chladivo. Typy chladiv*. [online]. Dostupno z WWW: <<http://www.jdk.cz/cs/produkty/chladivo>>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

| <i>označení</i>   | <i>jednotka</i>               | <i>název veličiny</i>                            |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| $U$               | $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ | součinitel prostupu tepla                        |
| $\Sigma Q_{zisj}$ | W                             | celkové tepelné zisky                            |
| $\Sigma Q_{ztri}$ | W                             | celkové tepelné ztráty                           |
| $\Delta Q$        | W                             | přebytek tepla                                   |
| $Q_e$             | W                             | tepelné zisky od elektroniky                     |
| nm                | -                             | počet lidí (mužů)                                |
| nž                | -                             | počet lidí (ženy)                                |
| q                 | W                             | tepelný zisk dospělým mužem W/čl                 |
| LO                | -                             | letní období                                     |
| $A$               | $m^2$                         | plocha střechy, $m^2$                            |
| $N$               | $W/m^2$                       | výkon žárovky                                    |
| $\eta$            | -                             | součinitel prostupu tepla do pracovního prostoru |
| H                 | m                             | výška                                            |
| $S_o$             | $m^2$                         | plocha okna včetně rámu                          |
| $t_e$             | $^{\circ}C$                   | externí teplota                                  |
| $t_i$             | $^{\circ}C$                   | vnitřní teplota                                  |
| $U_o$             | $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ | součinitel prostupu tepla oknem                  |
| $Q_{ok}$          | W                             | tepelné zisky okny prostupem tepla               |
| $Q_{osv}$         | W                             | tepelné zisky od osvětlení                       |
| $\delta_s$        | $^{\circ}$                    | sluneční deklinace                               |
| M                 | -                             | číslo měsíce, pro který je prováděn výpočet      |
| D                 | -                             | číslo dne, pro který je prováděn výpočet         |
| $h_s$             | $^{\circ}$                    | výška slunce nad obzorem                         |
| $\tau$            | -                             | sluneční čas výpočtu                             |
| $\psi$            | $^{\circ}$                    | zeměpisná šířka umístění počítaného objektu      |
| $S_{os}$          | $m^2$                         | osluněná plocha jednoho okna                     |
| $\gamma$          | $^{\circ}$                    | azimut                                           |
| S                 | -                             | stínící součinitel                               |
| $I_o$             | $W \cdot m^{-2}$              | intenzita sluneční radiace                       |
| $Q$               | W                             | tepelný tok sluneční radiace                     |
| $K_o$             | -                             | součinitel práce ve stejnou dobu                 |

|                       |                                        |                                                      |
|-----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $Q_{\text{lid}}$      | W                                      | tepelný zisk od lidí                                 |
| ATC                   | kW                                     | chladicí výkon                                       |
| $t_{\text{kon}}$      | °C                                     | teplota na konci úseku                               |
| $t_{\text{zač}}$      | °C                                     | teplota na začátku úseku                             |
| L                     | $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$       | průtok                                               |
| $\Delta t$            | °C                                     | rozdíl teplot na konci a na začátku úseku            |
| $\alpha$              | $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | součinitel přestupu tepla                            |
| $s_t$                 | m                                      | tloušťka stěny                                       |
| $s_{\text{iz}}$       | m                                      | tloušťka izolace                                     |
| $\lambda_{\text{iz}}$ | $\text{W} / \text{m K}$                | součinitel tepelné vodivosti izolace                 |
| $\lambda_t$           | $\text{W} / \text{m K}$                | součinitel tepelné vodivosti trubky                  |
| $M_w$                 | kg/h                                   | množství vody                                        |
| $Q_{\text{ch}}$       | kW                                     | chladicí výkon                                       |
| $V_{\text{je}}$       | $\text{m}^3/\text{h}$                  | objem vzduchu přiváděného dvěma vnitřními jednotkami |

# **Seznam příloh**

**P1 Bilance emisí škodlivých látek**

**P2 Technická zpráva**

**P3 Výkresová dokumentace**