

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**B. Porovnání konvenčních koncových jednotek klimatizace s
velkoplošným systémem chlazení**

Vypracoval:

Denis Smižanský

Vedúci práce:

Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

2021

OBSAH

ÚVOD	3
1. PREHĽAD KLIMATIZAČNÝCH SYSTÉMOV	4
1.1. VZDUCHOVÉ SYSTÉMY KLIMATIZÁCIE	4
1.2. VODNÉ SYSTÉMY KLIMATIZÁCIE	5
1.3. KOMBINOVANÉ SYSTÉMY	5
1.4. CHLADIVOVÉ SYSTÉMY KLIMATIZÁCIE.....	6
2. PREHĽAD KONCOVÝCH JEDNOTIEK A VEĽKOPLOŠNÝCH SYSTÉMOV KLIMATIZÁCIE	7
2.1. TEPELNÁ POHODA A TEPELNÁ ROVNOVÁHA	7
2.2. PRVKY S PREVAŽNE KONVEKČNÝM ZDIEĽANÍM TEPELNEJ ENERGIE	8
2.2.1. <i>Indukčné systémy</i>	8
2.2.2. <i>Ventilátorové konvektory</i>	12
2.3. SÁLAVÉ CHLADIACE SYSTÉMY	14
2.3.1. <i>Stropné veľkoplošné chladiace systémy</i>	14
3. POROVNANIE KLIMATIZAČNÝCH SYSTÉMOV.....	18
3.1. ZABEZPEČENIE TEPELNÉHO KOMFORTU	20
3.2. CHLADIACI VÝKON	21
3.3. FINANČNÉ HLADISKO.....	23
3.3.1. <i>Prehľad počiatočných nákladov pre veľkoplošné chladenie</i>	23
3.3.2. <i>Prehľad počiatočných nákladov systému chladiacich trámcov</i>	24
3.3.3. <i>Prevádzkové náklady</i>	25
3.4. OBMEDZENIE PREVÁDZKY	26
3.5. ZHRNUTIE POROVNANIA SYSTÉMOV	27
ZÁVER.....	28
POUŽITÉ ZDROJE	29
PRÍLOHY	31

ÚVOD

Klimatizačné systémy sú nevyhnutnou súčasťou úpravy vzduchu vnútorného prostredia budov, a to najmä z dôvodu, že sa v nich nachádzame takmer až 90% času dňa¹. Vzhľadom ku globálnemu otepľovaniu a modernej architektúre, ktorá využíva veľký podiel presklených fasád sa zvyšuje potreba tohto systému. Klimatizačný systém je súbor technických prvkov, pomocou ktorého dokážeme vnútorné prostredie uviesť do stavu, ktorý nám vyhovuje. V prvej kapitole rozširujúcej časti mojej bakalárskej práce sa zaoberám popisom a rozdelením klimatizačných systémov, podľa hlavného teplotného média. V tomto rozdelení sú zahrnuté najčastejšie riešenia klimatizačných systémov, ktoré sa využívajú pre administratívne budovy.

Pri úprave vzduchu vnútorného prostredia klimatizačným systémom je cieľom zabezpečenie hygienických požiadaviek na kvalitu vzduchu a vyváženia tepelnej bilancie užívaných priestorov. Tento proces úpravy vnútorného prostredia by mal byť navrhnutý s ohľadom na vytvorenie takzvanej tepelnej pohody, čiže stavu, pri ktorom sa človek cíti komfortne. Tento stav ovplyvňuje množstvo faktorov, ktoré môžu byť ovplyvniteľné návrhom klimatizačného systému. Z hľadiska návrhu klimatizačného systému sú pre dosiahnutie tepelnej pohody najvýznamnejšími faktormi rýchlosť prúdenia vzduchu a princíp zdieľania chladu alebo tepla. S ohľadom na tieto parametre sú v druhej kapitole rozdelené bežné koncové prvky klimatizácie a veľkoplošné systémy chladenia. Zároveň je vysvetlený princíp distribúcie vzduchu a šírenia energie pre jednotlivé systémy. Tretia kapitola obsahuje porovnanie týchto systémov.

Pre konkrétne porovnanie konvenčných koncových prvkov klimatizácie s veľkoplošným systémom chladenia bude na základe prieskumu v druhej kapitole vybraný vhodný zástupca veľkoplošného systému chladenia. Na základe výberu konkrétneho chladiaceho systému bude spracované riešenie, ktoré splní návrhové parametre pre vetranie a chladenie kancelárskeho priestoru v 4.NP. Toto navrhnuté riešenie bude porovnané so systémom chladiacich trémcov, ktoré je riešením hlavnej časti bakalárskej práce. Porovnávanie navrhnutých systémov bude s ohľadom na zabezpečenie tepelnej pohody, poskytnutie chladiaceho výkonu a výhod jednotlivých systémov. Zároveň budú navrhnuté riešenia posúdené z finančného hľadiska s ohľadom na vstupné a prevádzkové náklady.

¹ Údaj prieskumu uskutočnený 03/2018 analytickým ústavom YouGov pre spoločnosť VELUX

1. Prehľad klimatizačných systémov

Popis a delenie klimatizačných systémov sa v literatúre [1] delí podľa typu látky, ktorá sprostredkováva tepelnú výmenu medzi zdrojom a upravovanou zónou. Z tohto hľadiska delíme klimatizačné systémy na vzduchové systémy, vodné systémy, kombinované systémy a chladivové systémy. Tieto kategórie vieme ďalej rozdeliť podľa počtu zón, v ktorých sa upravuje prostredie na:

Vzduchový systém jednozónový

- jednokanálový systém s konštantným prietokom vzduchu

Vzduchové systémy viaczónové

- jednokanálový systém s premenným prietokom vzduchu
- dvojkanálový systém s konštantným prietokom vzduchu

Vodné systémy viaczónové

- Systém s ventilátorovými konvektormi
- Systém s chladiacimi alebo vykurovacími plochami

Kombinované viaczónové indukčné systémy vzduch-voda

- Indukčný systém s indukčnými jednotkami

Chladivové systémy jednozónové aj viaczónové

- Jednozónový systém (split) s konštantným alebo premenným prietokom chladiva
- Viaczónový systém (multisplit) s premenným prietokom chladiva [1]

1.1. Vzduchové systémy klimatizácie

Vo vzduchovom klimatizačnom systéme sú tepelné zisky a tepelná záťaž kompenzované jedine vzduchom. Vzhľadom k nízkej tepelnej kapacite vzduchu, sa takýto systém zvyčajne používa pre budovy alebo miestnosti s menšou tepelnou záťažou. Vzduchové systémy sa z hľadiska úpravy vzduchu delia na ústredný a decentralizovaný systém.

Decentralizovaný vzduchový systém sa zvyčajne využíva pri dodatočnom vybavení budovy klimatizačným systémom, pričom v každej zóne je jednotka ktorá rieši lokálne požiadavky na vlastnosti vzduchu. Voľbou tohto systému sa môžeme vyhnúť vysokým vstupným nákladom, vedeniu rozmerných vzduchotechnických potrubí v budove a zároveň nie je potrebný žiaden vyhradený priestor pre úpravu vzduchu (strojovňa vzduchotechniky).

System je schopný zabezpečiť požadovanú teplotu, vlhkosť a výmenu vzduchu v miestnosti, ale zvyčajne nie tak efektívne alebo presne ako centrálny klimatizačný systém. [3]

Centrálny klimatizačný systém sa vyznačuje centrálnou úpravou vzduchu a tvorí ho vzduchotechnická jednotka, zdroj chladu, regulačné prvky a rozvodné potrubie, ktoré vedie k distribučným prvkom. Centrálna úprava vzduchu dokáže efektívnym návrhom zabezpečiť nižšie prevádzkové náklady pri špičkovom odbere energie.[2]

1.2. Vodné systémy klimatizácie

Vodné systémy sú účinnejším riešením z hľadiska odvodu tepelných záťaží ako vzduchové klimatizačné systémy. Teplonosnou látkou je voda, ktorá je čerpadlami poháňaná potrubnými rozvodmi medzi centrálnym zdrojom chladu a koncovými prvkami s teplovýmennou plochou umiestnenou v riešenej zóne.

Z hľadiska šírenia chladu alebo tepla môžeme tento systém rozdeliť na :

- Konvekciou pomocou ventilátorových jednotiek (viď. 2.2.2 *Ventilátorové konvektory*)
- Sáláním veľkoplošnou plochou (viď. 2.3. *Sálavé chladiace systémy*)

Pre dosiahnutie hygienických požiadaviek kvality vzduchu a odvodu viazaného tepla je nutné vodné klimatizačné systémy kombinovať s kontrolovanou výmenou čerstvého vzduchu pomocou vzduchotechnického systému.

1.3. Kombinované systémy

Kombinované systémy sú veľmi podobné vodným klimatizačným systémom s ventilátorovými konvektormi. Rozdielom je, že ako koncové prvky sú použité chladiace trámce (viď. 2.2.1. *Indukčné systémy*), do ktorých je privádzaná chladiaca voda a vzduch, ktoré sú teplonosným médiom pre tento systém. Týmto spôsobom je spoločne vytvorená požadovaná mikroklima a nie je potrebné riešiť ďalšie prívodné distribučné elementy [3].

Požadovaná úprava vzduchu je riadená centrálnou vzduchotechnickou jednotkou. Množstvo privádzaného vzduchu je navrhované tak, aby bol zabezpečený odvod viazaného tepla a požadovaná výmena vzduchu v zónach. Väčšina tepelnej záťaže sa odvádza regulovaním prietoku vody vo výmenníku tepla. Chladiaca a/alebo teplá voda je v tomto prípade upravovaná centrálnym zdrojom a rozvádzaná dvojtrubkovým alebo štvortrubkovým systémom do výmenníkov tepla v koncových prvkoch.

1.4. Chladivové systémy klimatizácie

Chladivové systémy sú charakteristické špecifickým prenosom chladu, po prípade tepla, ktorý je zabezpečený chladivom. Chladivo je z doposiaľ spomínaných látok najúčinnjšou teplonosnou látkou vďaka najväčšej tepelnej kapacite. Vďaka vysokej účinnosti je tento systém priestorovo najmenej náročný a stáva sa čoraz viac používaný.

Základnými komponentmi pre veľkú účinnosť tohto systému sú špirálové kompresory a kvalitné chladivo. Vďaka úspešnému vývoju týchto dvoch elementov ponúkajú chladivové systémy rovnaký komfort a technické možnosti ako vodné systémy. [16]

Chladivové systémy pracujú pomocou kompresorového chladiaceho okruhu, kde sa zabezpečuje prenos tepelnej energie pomocou skupenských zmien. Základom chladiaceho okruhu je jedna vonkajšia a jedna vnútorná jednotka, ktoré sú vzájomne spojené potrubím pre cirkuláciu chladiva a tým vytvárajú tzv. split systém. V prípade viacerých vnútorných ventilátorových jednotiek sa jedná o multisplit systém.

Vzhľadom k potrebe prívodu čerstvého upraveného vzduchu a odvodu škodlivín z priestoru je vzduchový systém nevyhnutný pre každý klimatizovaný priestor v administratívnej budove. Pri väčších tepelných ziskoch v lete a tepelných stratách v zime sa tepelná bilancia kompenzuje väčšou výmenou vzduchu. Následkom toho je, že VZT systémy zaberajú viac miesta a vyžadujú tri krát viac výkonu a tri krát viac materiálu na prepravu energie ako v prípade rozvodov chladiva [17]. S väčšou výmenou vzduchu vzniká väčšie riziko prievanu v miestnosti. Z týchto dôvodov je ako riešenie týchto problémov vhodným hlavným teplonosným médiom voda alebo chladivo. Z toho vyplýva, že pre dosiahnutie požadovaných parametrov je najrozumnejším riešením kombinácia vzduchového systému so systémom, ktorý bude zabezpečovať odvádzanie väčšiny tepelnej záťaže v letnom období, eventuálne pokrývať tepelné straty v zimnom období.

2. Prehľad koncových jednotiek a veľkoplošných systémov klimatizácie

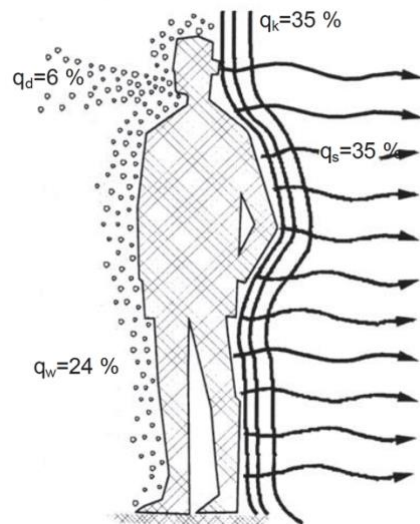
2.1. Tepelná pohoda a tepelná rovnováha

Tepelná rovnováha tela a okolia je stav, pri ktorom je zachovaná rovnosť produkovaného tepelného toku q a toku tepla odnímaného telu okolím (konvekciou q_k , sálaním q_s , vyparovaním q_w , dýchaním q_d a vedením q_v , ktoré je v dôsledku minimálneho pôsobenia zanedbateľné). Tepelná pohoda je vnímaná každým jednotlivcom individuálne. Je to pocit vyjadrujúci spokojnosť s tepelným prostredím, v ktorom sa momentálne jednotlivec nachádza. Pri uvažovanej konštantnej telesnej teplote sú zdieľané tepelné toky medzi jednotlivcom a okolím (konvekciou q_k , sálaním q_s , vyparovaním potu q_w a dýchaním q_d) v rovnováhe s metabolickým tepelným tokom q [1].

$$q = q_k + q_s + q_w + q_d$$

Základné faktory ovplyvňujúce tepelnú pohodu sú:

- a) Faktory osoby:
 - činnosť vyjadrená metabolickým tepelným tokom
 - tepelný odpor oblečenia
- b) Faktory prostredia:
 - teplota interiérového vzduchu
 - stredná radiačná teplota
 - rýchlosť prúdenia vzduchu
 - tlak vodnej pary vo vzduchu



Obr. 2.1 Zobrazenie základných tepelných tokov zdieľaných človekom [4]

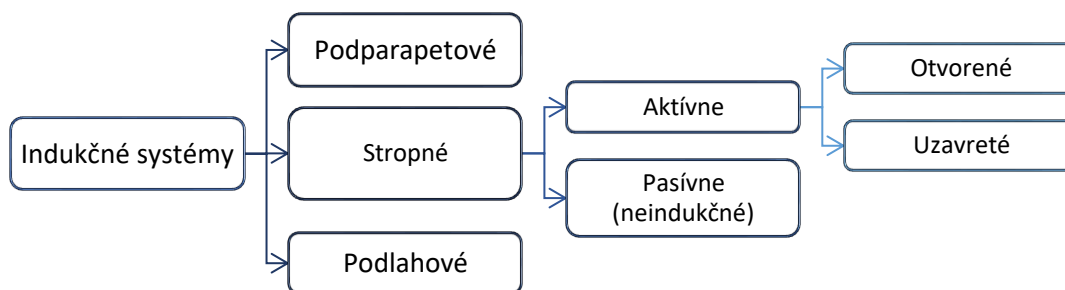
Faktory prostredia sa odvíjajú od návrhu klimatizačného systému. V závislosti od spôsobu zdieľania tepelnej energie a šírenia upraveného vzduchu v priestore, dokážeme tieto faktory upraviť s cieľom vytvorenia pocitu tepelnej pohody pre užívateľov prostredia. V klimatizovaných miestnostiach sa prenáša teplo primárne dvoma princípmi, konvekciou a radiáciou. Na základe toho sa budem ďalej venovať koncovým prvkom s prevažne konvekčným zdieľaním tepelnej energie a sálavým chladiacim systémom.

2.2. Prvky s prevažne konvekčným zdieľaním tepelnej energie

Zdieľanie tepla konvekciou sa uskutočňuje v pohybujúcom (prúdiacom) sa prostredí, ktoré je vytvorené vplyvom ohriatia vzduchu alebo umelo vyvolané. Konvekciu rozdeľujeme na nútenú (vytvorené prúdenie ventilátorom, dýzou atď.), a prirodzenú (nastane ohriatím vzduchu od tepelného zdroja).[5] Indukčné jednotky a fancoil jednotky sú bežnými prvkami, ktoré zdieľajú teplo prevažne nútenou konvekciou.

2.2.1. Indukčné systémy

Indukčné systémy sa využívajú na chladenie, vykurovanie a vetranie priestorov, v ktorých sa predpokladá iba mierna záťaž vlhkosťou. Indukčné jednotky sú určené pre suché chladenie, čiže bezkondenzačnú prevádzku. Prehľadné rozdelenie podľa umiestnenia je zobrazené v nasledujúcom diagrame:



Obr. 2.2 Rozdelenie indukčných jednotiek [Autor]

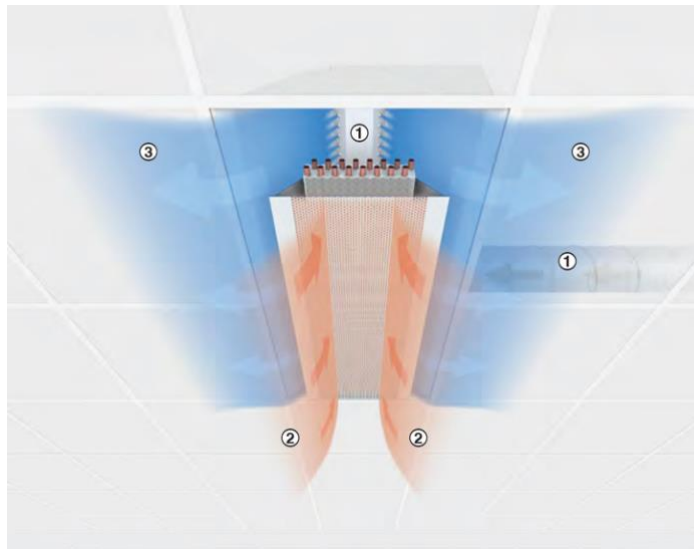
V tejto práci sa budem bližšie zaoberať stropnými indukčnými jednotkami, často označovanými ako chladiace trámce, ktoré sú najpoužívanejším prvkom pre chladenie v administratívnych budovách spomedzi indukčných systémov.

Aktívne chladiace trámce

Aktívne chladiace trámce sú pripojené k potrubiu privádzaného vzduchu a k chladiacej, po prípade vykurovacej sústave. Fungujú ako distribučný element, ktorý zabezpečuje odvod tepelného a citeľného tepla nútenou konvekciou. Podľa spôsobu nasávania vzduchu z miestnosti ich rozdeľujeme na otvorené a uzavreté.

Uzavreté chladiace trámce

Privádzaný čerstvý vzduch (1), vedený do vzduchovej komory, preniká prostredníctvom indukčných trysiek, resp. „dýz“ do zmiešavacích komôr. V dôsledku toho sa prostredníctvom vstupnej mriežky indukuje cirkulačný vzduch z miestnosti (2), ktorý prechádza inštalovaným výmenníkom tepla do zmiešavacích komôr, vid'. Obr. 2.6. V závislosti od teploty privádzaného média dochádza k chladeniu alebo ohrevu cirkulačného vzduchu [2]. Oba vzduchové prúdy sa zmiešajú a prúdia ako prívodný vzduch (3) horizontálne do miestnosti, vid'. Obr. 2.3.



Obr. 2.3 Princíp činnosti uzavretého chladiaceho trámca [18]

Rozlišujeme dva druhy prevedenia jednotiek:

Prvý typ s pripojením dvojtrubkového systému a možnosťou zmeny režimu pre chladenie alebo vykurovanie, vid'. Obr. 2.4. Druhou variantnou je možnosť pripojenia štvortrubkového systému, ktorý umožňuje chladenie alebo vykurovanie v priestore nezávisle od ostatných miestností, vid'. Obr. 2.5.



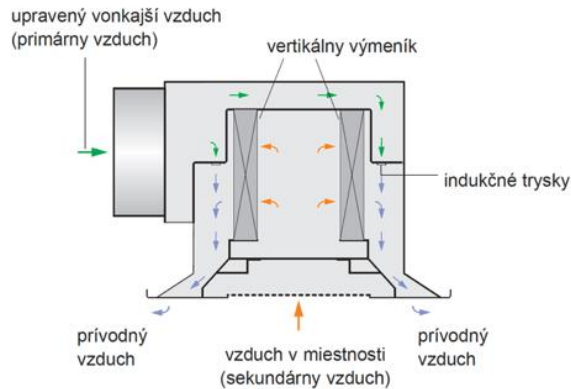
Obr. 2.4 Pripojenie 2-trubkového výmenníka tepla [18] Obr. 2.5 Pripojenie 4-trubkového výmenníka tepla [18]

Je dôležité poukázať na orientáciu výmenníkov tepla, ktoré môžu byť umiestnené horizontálne alebo vertikálne.

Vertikálne prevedenie výmenníku tepla

V prípade, keď je výmenník tepla vo vertikálnej konfigurácii, môže byť k dispozícii kondenzačná nádoba, ktorá je využitá pri prekročení rosného bodu. Vďaka tomu je toto riešenie vhodné do prostredí s väčšími nárokmi na prevádzku. Dlhodobej prevádzke pod hranicou rosného bodu sa treba vyvarovať.

Princíp funkcie

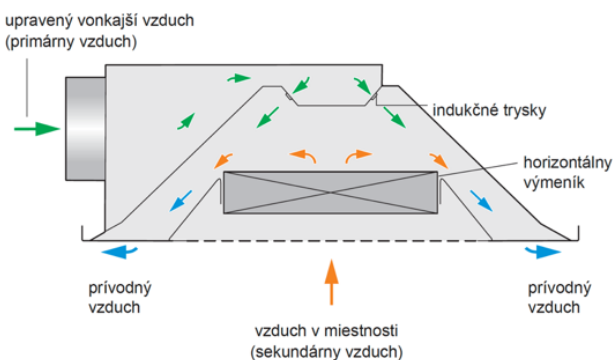


Obr. 2.6 Princíp aktívneho chladiaceho trámcu s vertikálnym výmenníkom [19]

Horizontálne prevedenie výmenníku tepla

Štandardným prevedením chladiacich trámcov je horizontálny výmenník, ktorého aktívna chladiaca plocha je rozmernejšia, čím zabezpečuje väčší chladiaci výkon ako prevedenie s vertikálnym výmenníkom. Chladiaci trámec je zvyčajne vyrábaný s rovnakou šírkou ako rozmer kazetových podhl'adov. Trámec nemôže byť vybavený kondenzačnou nádobou, pretože oblasť priamo pod výmenníkom tepla je nevyhnutná, pre cirkuláciu vzduchu.

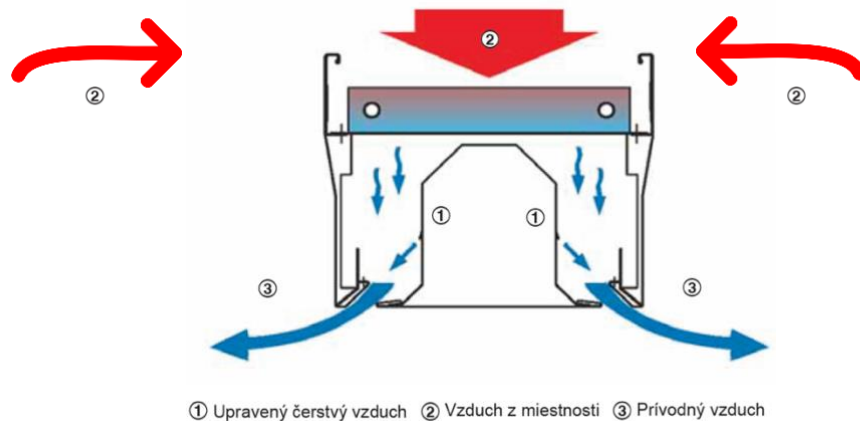
Princíp funkcie



Obr. 2.7 Princíp aktívneho chladiaceho trámcu s horizontálnym výmenníkom [18]

Otvorené chladiace trámce

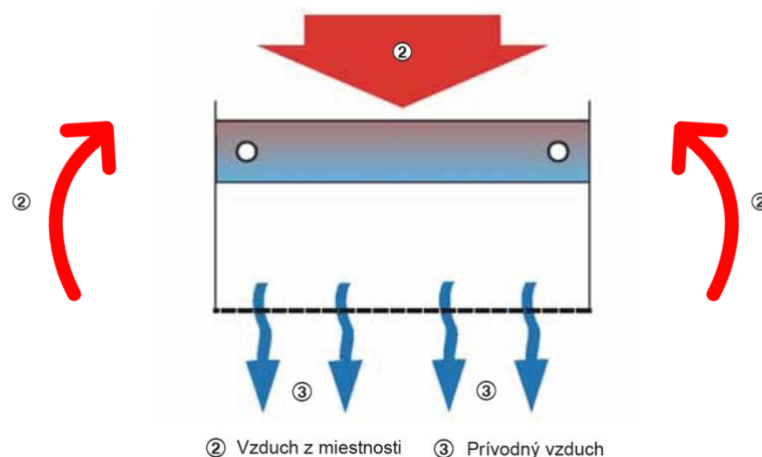
Z hľadiska chladiaceho výkonu sú výkonnejšie ako uzatvorené trámce, pretože cez hornú časť trámca sa nasáva väčšie množstvo vzduchu. Z hľadiska princípu funguje podobne ako uzavretý chladiaci trámec, vid'. *Obr. 2.8*. Pre chladiaci trámec je nutné zabezpečiť dostatočný prístup vzduchu z miestnosti cez podhľad do medzistropného priestoru, z ktorého trámec nasáva cirkulovaný vzduch. Nevýhodou je, že nasávaný vzduch z priestoru pod stropom môže obsahovať prach, ktorý je zvyčajne v tomto priestore usadený. Z tohto dôvodu je možné tento typ inštalovať voľne pod stropom, čím však prichádzame o výhodu Coanda efektu - prilnutie prúdu vzduchu k stropu a predĺženie dosahu prúdu (až o 1/3) [20], ktorým je zabezpečená vhodná distribúcia chladu v priestore.



Obr. 2.8 Princíp činnosti otvoreného chladiaceho trámca [6]

Pasívne chladiace trámce

Pasívne chladiace trámce využívajú na ochladenie priestoru konvekčné prúdy. Fungujú na princípe chladenia voľným prúdom vzduchu, ktoré je v porovnaní s aktívnymi chladiacimi trámcami menej výkonné, keďže nedochádza k „indukčnému efektu“. Pasívne trámce sú určené pre voľne závesnú inštaláciu, ale aj do otvorených mriežkových podhľadov. Princípom činnosti trámca je, že cirkulačný vzduch, ktorý je ochladený chladiacou vodou vo výmenníku padá do priestoru (3), čím je teplejší vzduch (2) vytláčaný a zároveň prirodzene stúpa nahor smerom do výmeníku, kde sa ochladzuje. Pri použití pasívnych trámecov je prívod čerstvého vzduchu do miestnosti riešený iným distribučným prvkom, čím sa zároveň zabezpečuje odvod viazaného tepla. Odvod znehodnoteného vzduchu by mal byť nad úrovňou nasávania chladiaceho trámca pre správnu efektívnosť.[13]



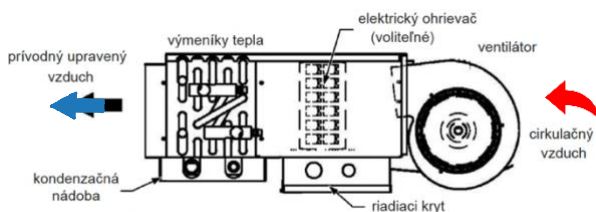
Obr. 2.9 Princíp činnosti pasívneho chladiaceho trámca [6]

2.2.2. Ventilátorové konvektory

Ventilátorové konvektory sa využívajú na chladenie alebo vykurovanie bez výrazného obmedzenia na prevádzku. Väčšinou sú konvektory vybavené kondenzačnou vaňou, takže zvládajú upravovať aj priestory s väčšou vlhkosťou. Sú napojené na rozvody chladu a/alebo tepla, na odvod kondenzátu, prípadne na prívod upraveného vzduchu, podľa čoho ich delíme na:

- a) **centralizovaný** – do jednotky je privádzaný upravený primárny vzduch
- b) **decentralizovaný** – do jednotky je privádzaný vonkajší vzduch bez úpravy
- c) **cirkulačný** – jednotka pracuje s cirkulačným vzduchom

Ventilátorové konvektory sú využívané v mnohých variantoch: podstropné, nástenné, parapetné, kazetové v podhl'ade, podlahové, atď. [21] Bežne sa jednotky fancoil skladajú z ventilátora, výmenníkov tepla, filtra, prípadne kondenzačnej nádoby alebo čerpadla na kondenzát. Jednotka môže byť vybavená elektrickým ohrievačom, ktorý dokáže poskytovať



Obr. 2.10 Bočný pohľad na stropnú jednotku fan coil [2]

dodatočný ohrev pre reguláciu vlhkosti. Pre splnenie hygienických požiadaviek vzduchu sa čerstvý vzduch privádza do miestnosti buď priamo jednotkou alebo samostatnými distribučnými elementmi.

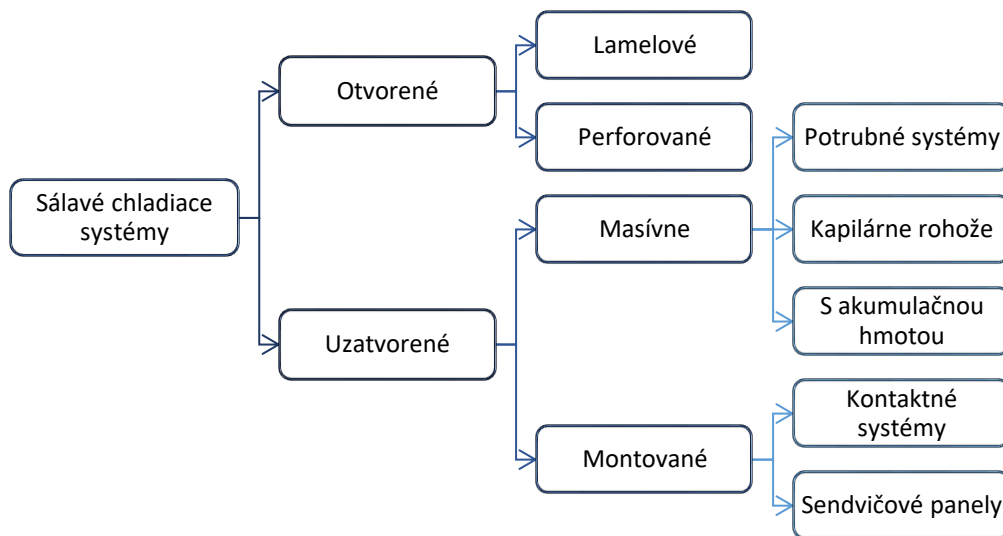
Jednotky fancoil sú často využívané výlučne na odvod viazaného tepla, takže nasávajú cirkulačný vzduch, ktorý je ventilátorom vháňaný cez výmenník a distribuovaný do miestnosti. Chladiaci a vykurovací výkon sa odvíja od počtu radov výmenníkov obsiahnutých v jednotke ako aj od teplotného spádu chladiacej vody, ktorý je najčastejšie uvažovaný 8/14 °C. Vzhľadom k nízkym operatívnym teplotám chladiacej kvapaliny dochádza k vzniku kondenzátu, ktorý je nutné odvádzať. Regulácia chladiaceho výkonu je možná riadením prietoku vody cez výmenník alebo pomocou zmeny otáčok ventilátora.[2] V administratívnych budovách sú najčastejšie využívané podstropné a kazetové jednotky.



Obr. 2.11 Príklad kazetovej jednotky fan-coil [22]

2.3. Sálavé chladiace systémy

Z hľadiska prevedenia delíme sálavé chladiace systémy na otvorené (zdieľanie tepla prevažne prirodzenou konvekciou) a uzatvorené (zdieľanie tepla prevažne sálaním). Podrobnejšie rozdelenie je zobrazené v nasledujúcom obrázku:



Obr. 2.12 Schéma rozdelenia sálavých chladiacich systémov [autor]

Hoci by sme vedeli rozdeliť sálavé chladiace systémy podľa umiestenia aktívnej chladiacej plochy na chladiace stropy, steny, podlahy a celoplošné systémy, tak najpreferovanejším systémom sú stropné veľkoplošné chladiace systémy (sálavé), ktorými sa budem podrobnejšie zaoberať.

2.3.1. Stropné veľkoplošné chladiace systémy

Veľkou výhodou tohto systému je rovnomerné šírenie energie, ktoré prebieha primárne sálaním medzi okolitými povrchmi v miestnosti, od ktorých sa vzduch ochladí alebo ohrieva. Tento fyzikálny jav zabezpečuje priaznivú účinnú teplotu okolitých plôch, čo je dôležitým faktorom pre tepelnú pohodu. Tento spôsob tepla je vnímaný človekom veľmi pozitívne a zaisťuje tepelnú pohodu pri vyšších teplotách, čo robí sálavé systémy úspornejšími. Sálavé chladiace systémy je nutné doplniť vzduchotechnickým systémom, ktorý zabezpečí kontrolovanú výmenu čerstvého vzduchu a odvod viazaného tepla vo vodnej pare.

Chladiaci výkon stropu je riadený zmenou prietoku vody. U stropných chladiacich systémoch musíme dbať na to, aby povrchová teplota chladiacej plochy bola vyššia ako je teplota rosného bodu vzduchu prúdiaceho okolo chladiacej plochy.

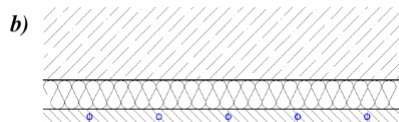
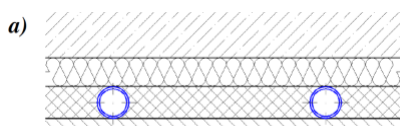
Z hľadiska konštrukcie delíme sálavé stropné chladiace systémy na masívne a montované chladiace systémy.

Masívne chladiace systémy

U masívnych chladiacich stropoch je chladiaca plocha spravidla súčasťou stavebnej konštrukcii vďaka čomu systém získava akumuláciu schopnosť. To funguje na princípe, že tepelná záťaž je najprv absorbovaná do akumulácie hmoty a následne odvádzaná chladiacou plochou systému.

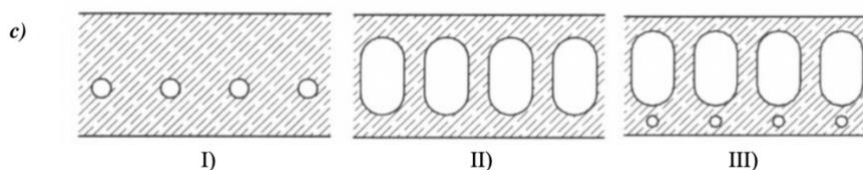
Chladiaca plocha môže byť tvorená:

- a) potrubným systémom vloženým do spodnej časti betónovej stropnej konštrukcie
- b) kapilárnymi rohožami najčastejšie osadenými do omietky
- c) akumulacnou hmotou v stropnej konštrukcii



Obr. 2.14 Chladiaci strop s potrubným systémom [23]

Obr. 2.13 Kapilárny systém umiestnený v omietke [23]



Obr. 2.15 Schéma základných typov chladiacich stropov s akumulacnou hmotou [5]

I) vodný systém

II) vzduchový systém

III) kombinovaný systém

Montované chladiace systémy

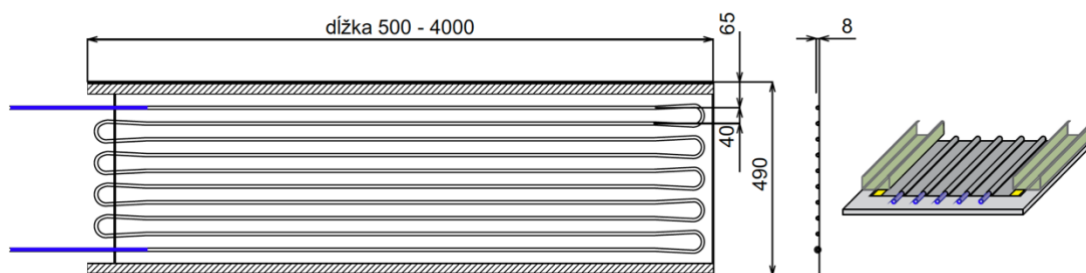
Tieto chladiace plochy majú oproti masívnym chladiacim systémom minimálnu akumuláciu schopnosť, čiže ich reakcia na tepelnú záťaž je takmer okamžitá. Zaraďujeme tu chladiace panely, dosky, rohože s integrovaným systémom potrubia, ktorými preteká chladiaca voda a množstvo ďalších riešení, ktoré sa dostávajú do popredia záujmu. Dôležité je upozorniť na riziko vzniku kondenzátu, a preto musí byť systém vybavený čidlom rosného bodu.

Z hľadiska konštrukcie delíme tieto montované chladiace systémy do dvoch základných skupín, a to kontaktné systémy a sendvičové konštrukcie.

a) Kontaktné systémy

Kontaktné systémy sa využívajú jedine v prípade stropného chladenia a najčastejšie sú umiestnené na konštrukcii podhľadu. Systém pracuje na princípe zdieľania tepla prostredníctvom veľkoplošnej aktívnej plochy, ktorá je v priamom kontakte s roznášacou plochou. Prenos tepla z chladenej vody do priestoru miestnosti je uskutočnený kontaktom týchto plôch.[5]

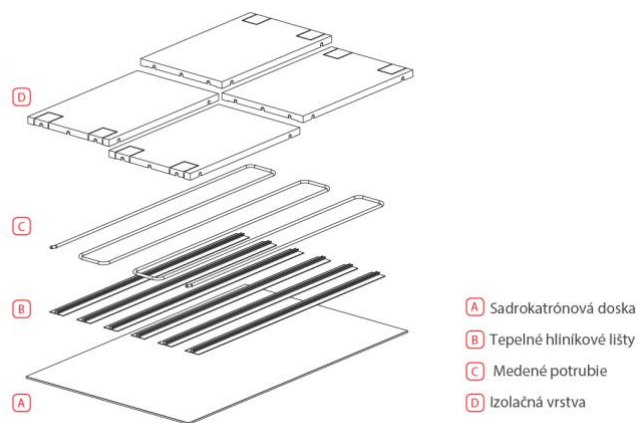
Na Obr. 2.15 je príklad možného prevedenia kontaktného chladiaceho panelu. V tomto prípade je aktívna plocha tvorená z polybutylénového (PB) potrubia 8x1 mm zataveného medzi dvoma hliníkovými fóliami pre zabezpečenie rovnomerného roznášania chladu po celej ploche rohože. Okrem toho hliníkové fólie splňajú funkciu kyslíkovej bariéry. Vďaka použitiu PB materiálu a menšieho priemeru potrubia je plocha rohože rovnomerne pokrytá a dochádza k rovnomernému zdieľaniu chladu alebo tepla. Výhodou je, že systém zásadne nezasahuje do koordinácie prác na stavbe a nepotrebuje žiadnu špeciálnu prípravu. Pre systém je vhodná predpríprava montážnych profilov s rozstupom 500 mm na ktoré sa rohože aplikujú a následne sa prevedie sadrokartónový podhľad.



Obr. 2.16 Pohľad na rohož pre uloženie na sadrokartónové dosky [24]

b) Sendvičové konštrukcie

V tomto prípade prenos chladu funguje na rovnakom princípe ako u kontaktného systému. Rozdielom je špecifická konštrukcia panelu, ktorá je obvykle tvorená z chladiaceho elementu, pohľadovej časti a izolačnej vrstvy. Táto vrstva tepelne izoluje chladiaci element, plní funkciu akustickej izolácie a zároveň zabraňuje tvorbe kondenzácii vodnej pary vo vnútri konštrukcii. Pohľadová časť je typicky tvorená tenkou sadrokartónovou doskou alebo hliníkovým plechom s finálnym náterom.[5] Príklad možného prevedenia je na *Obr. 2.17*



Obr. 2.17 Konštrukcia sadrokartónového chladiaceho panelu s tepelnou izoláciou [25]

3. Porovnanie klimatizačných systémov

V predchádzajúcej kapitole som sa venoval všeobecnému uvedeniu a rozdeleniu koncových jednotiek a veľkoplošných systémov klimatizácie. Ďalej sa budem zaoberať ich porovnaním a pre konkrétne porovnanie jednotlivých systémov som vo vybranej miestnosti (kancelársky priestor 4.03 s rozlohou 61 m²) navrhol riešenie stropného kontaktného systému chladenia za použitia chladiacich rohoží. Toto riešenie porovnávam s návrhom z projektovej časti mojej bakalárskej práce, kde pre splnenie požadovanej mikroklimy boli použité aktívne chladiace trámce. Výpočet tepelnej záťaže a návrhové parametre pre kancelársky priestor sú prevzaté z projektovej časti tejto práce.

Návrhové parametre pre miestnosť 4.03		
Teplota interiéru [°C]	26	
Množstvo čerstvého vzduchu [m ³ /h/os]	35	
Počet osôb v miestnosti	8	
Produkcia citeľného tepla [W/os]	62	
Nutný odvod citeľného tepla [W]	496	
Vypočítané celkové tepelné zisky [W]	4 265	
Zhrnutie parametrov navrhnutých systémov		
Porovnávaný systém	Prípad A Stropné rohože	Prípad B Chladiace trámce
Množstvo prvkov	53 m ²	6ks
Teplota privádzaného vzduchu [°C]	17	17
Objem privádzaného vzduchu [m ³ /h]	280	280
Chladiaci výkon vzduchu [W]	852	852
Prietok vody [l/h]	1032	1158
Prívodná teplota vody [°C]	16	16
Vratná teplota [°C]	19	18,5
Chladiaci výkon vodou [W]	3599	3420
Tlakové straty od rozdeľovača [kPa]	16,8	6,3

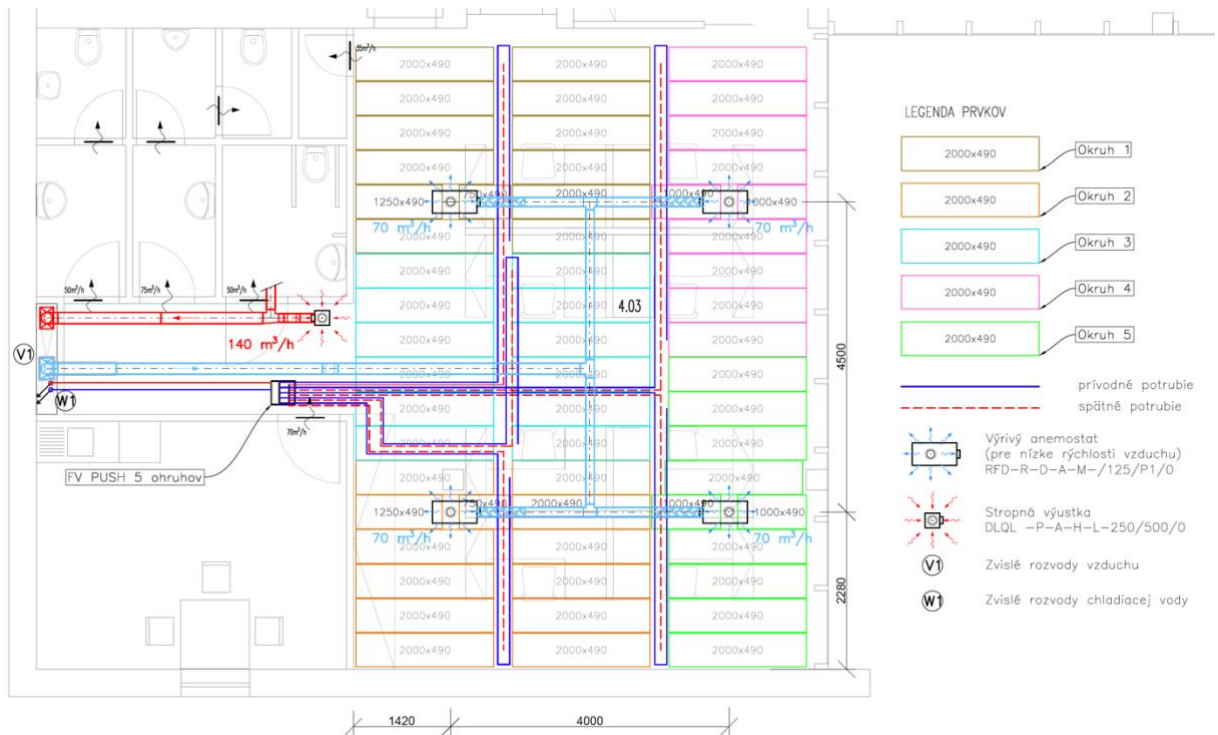
Porovnávanie navrhnutých systémov sa bude týkať nasledujúcich kritérií:

- zabezpečenie tepelného komfortu
- chladiaci výkon
- finančné hľadisko
- obmedzenia prevádzky
- výhody a nevýhody

Stropné rohože a aktívne chladiace trámce fungujú na princípe suchého chladenia, ktoré má svoje výhody a aj nevýhody, a preto je ich vhodné v niektorých bodoch porovnať aj s fancoil jednotkami, ktoré využívajú princíp mokrého chladenia.

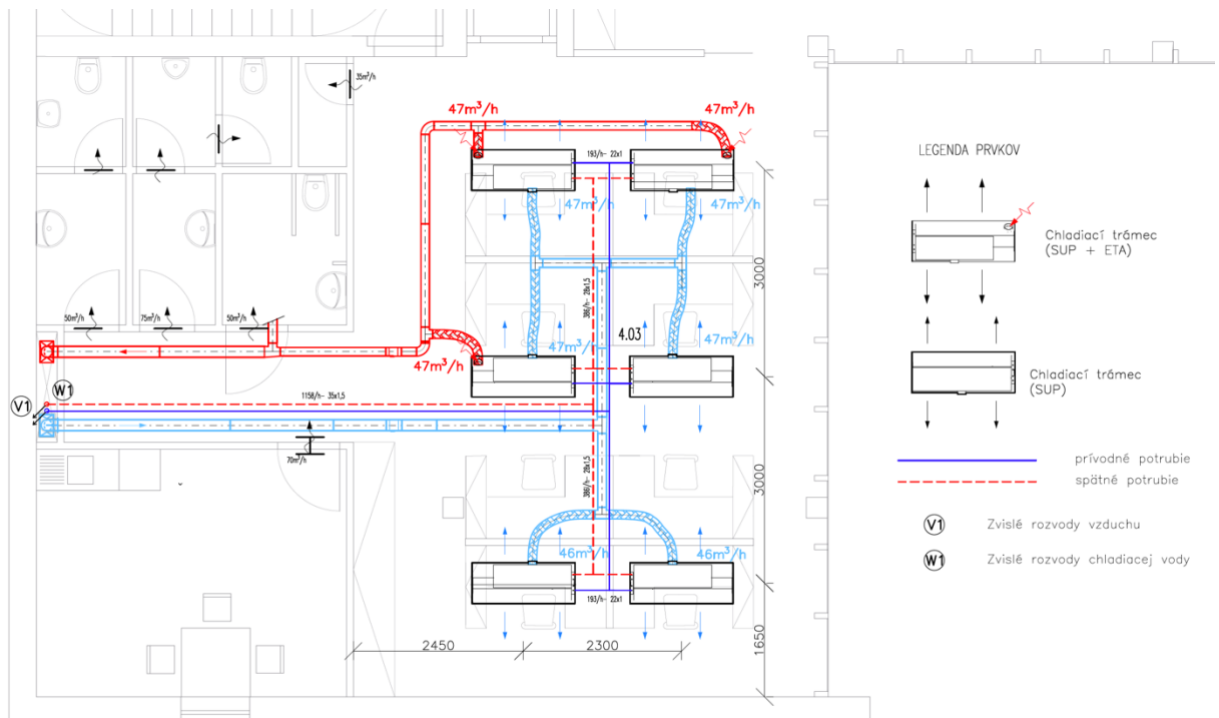
Návrh riešení porovnávaných systémov:

Prípado A – Veľkoplošný systém chladenia, vid' Príloha č. 8



Obr. 3.1 Návrh veľkoplošného systému chladenia

Prípado B – Aktívne chladiace trámce, vid' Príloha č. 8



Obr. 3.2 Návrh klimatizačného systému s chladiacimi trámami

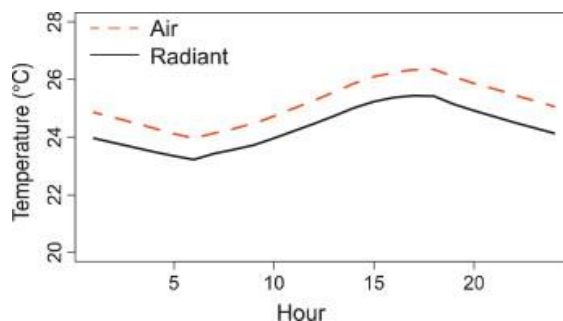
3.1. Zabezpečenie tepelného komfortu

Tepelný stav prostredia je v kancelárskych priestoroch veľmi dôležitým faktorom pre sústredenosť a výkon jednotlivcov užívajúcich dané prostredie. Pri návrhu klimatizačného systému chceme v ideálnom prípade docieľiť tepelnú pohodu človeka bez toho, aby si uvedomoval, že sa priestor chladí alebo ohrieva. Podľa *Prílohy č. 1 Nařízení vlády č. 523/2002 Sb.* sú pre stav tepelnej pohody v priestore hodnotiacimi kritériami:

- a) rýchlosť prúdenia vzduchu v zóne pobytu osôb
- b) operatívna teplota

V oboch porovnávaných systémoch je splnenie prvého kritéria² možné dosiahnuť správnym návrhom distribučných prvkov. Pri použití chladiacich trámecov alebo chladiacich stropov sú tepelné záťaže odvádzané priamo a pohyb vzduchu v priestore zodpovedá iba požadovanému vetraniu. Takéto chladenie dokáže zabezpečiť prostredie bez prievanu. V prípade použitia fan-coil jednotiek a distribučných prvkov pre prívod čerstvého vzduchu môže hroziť kolízia prúdov v zóne pobytu a tým dôjsť k nepohodliu.

Operatívna teplota je ovplyvnená teplotou vzduchu a strednou radiačnou teplotou. Z predchádzajúcej kapitoly vyplýva, že prenos tepla je zabezpečený buď konvekciou, ktorá má minimálny vplyv na strednú radiačnú teplotu alebo v prípade chladiacich stropov sálaním, ktoré má výrazný vplyv na teplotu okolitých povrchov (*vid' Obr. 3.3*), čiže na strednú radiačnú teplotu [11]. Z hľadiska vytvorenia stavu tepelnej pohody sa vďaka tomu javí sáľavý prenos tepla medzi človekom a okolím v porovnaní s konvekčným prenosom ako výhodnejší.[5]



Obr. 3.3 Porovnanie teplôt vnútorného povrchov u obvodovej steny medzi sáľavým a vzduchovým systémom [12]

Viacere štúdie preukázali, že systémy sáľavého vykurovania a chladenia zvyšujú tepelnú pohodu u ľudí [7,8,9]. Shanghai Jiao Tong University sa zaoberala vplyvom tepelného

² rýchlosť vzduchu v zóne pobytu osôb v rozmedzí 0,1 – 0,2 m.s⁻¹ (práca I triedy – kancelárske administratívne práce)

diskomfortu spôsobeného zvýšenou teplotou v kancelárii a jeho následkami na ľudské zdravie alebo pracovný výkon. Výsledky tohto výskumu [10] poukazujú na to, že je nutné zabrániť dlhodobému výskytu zvýšených teplôt v interiéri pretože majú negatívny dopad na užívateľov prostredia. To len potvrdzuje nevyhnutnosť existencie klimatizačného systému.

3.2. Chladiaci výkon

V kancelárskom priestore je potrebné zabezpečiť odvod tepla o veľkosti 4265 W (podrobný výpočet, vid'. *A.3 Výpočtová časť*). Obe porovnávané riešenia systémov sú navrhnuté s ohľadom na splnenie tejto požiadavky. V oboch prípadoch je hlavná časť chladiaceho výkonu regulovaná prietokom vody (o teplote 16 °C), ktorý sa pre jednotlivé systémy líši. Do miestnosti je v oboch prípadoch privádzaný vzduch o objeme 280 m³/h, ktorý je centrálné upravený a privádzaný o teplote 17 °C. Týmto sa zabezpečuje odvod citeľného tepla a zároveň sa spĺňa požadovaná výmena vzduchu.

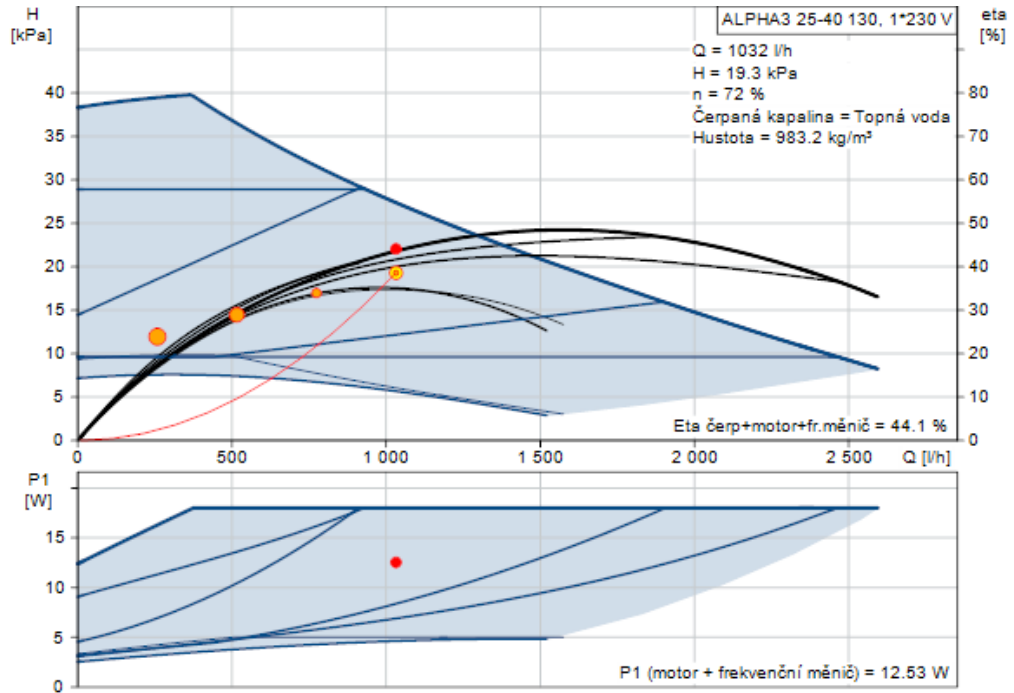
Pre zabezpečenie chladiaceho výkonu je v prípade aktívnych chladiacich trámecov navrhnutých šesť prvkov s prietokom vody 193 l/h. To v kombinácii s prívodom vzduchu zabezpečuje požadovaná mikroklima a vytvára chladiaci výkon 4272 W. V prípade chladiacich rohoží je navrhnutých 52 m² chladiacej plochy s celkovým prietokom vody 1032 l/h, čo zabezpečuje chladiaci výkon 4631W. Výpočet chladiaceho výkonu pre tento systém sa nachádza v Prílohe č. 7. Jedným, z dôvodov prečo som sa rozhodol pre použitie tohto veľkoplošného systému je praktická montáž chladiacich rohoží, ktoré sa aplikujú medzi nosnú konštrukciu sadrokartónu. Vďaka tomu zaberá aktívna plocha chladiacich rohoží viac než 80 % pôdorysnej plochy miestnosti čo zabezpečí rovnomernú distribúciu chladu v priestore. Pri tomto návrhu je nutné myslieť na osvetlenie miestnosti, ktoré bude zavesené alebo namontované na podhl'ade.

Vzhľadom k odlišnosti navrhnutých prietokov, rozmerov a hlavne dĺžok rozvodného potrubia v miestnosti, vznikajú pri procese odovzdávania chladu rozdielne tlakové straty. Pre Prípade A (použitie chladiacich rohoží) sú vzniknuté straty medzi rozvádzačom a koncovým prvkom o veľkosti 16,8 kPa. Výrazne menšia tlaková strata vzniká pri použití chladiacich trámecoch 6,3 kPa. Tlakový rozdiel 10,5 kPa je spôsobený hlavne dĺžkou rozvodov potrubia, ktorá je v Prípade A násobne väčšia ako v Prípade B.

Spomenutý tlakový rozdiel porovnávaných systémov, sa prejaví na návrhu obehového čerpadla, ktoré v prípade stropného chladenia musí zabezpečiť väčší dispozičný tlak. Pre zobrazenie tohto rozdielu navrhнем obehové čerpadlo, ktoré vyhoví prevádzke

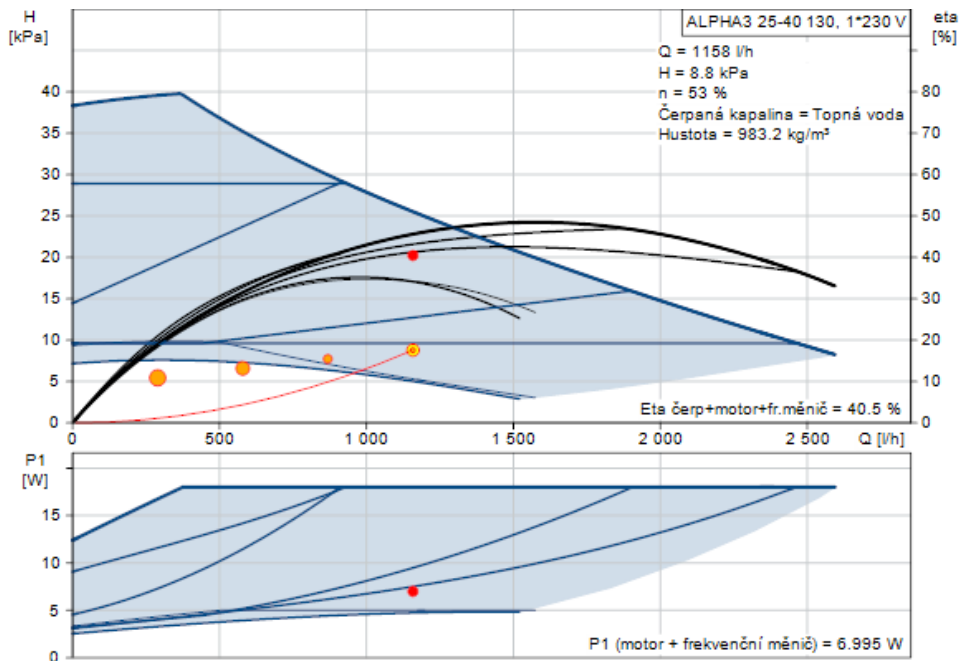
oboch chladiacích systémov. Tlakovú stratu rozvodného potrubia medzi zdrojom chladu a rozdeľovačom uvažujem 2,5 kPa (100 Pa/meter rozvodu + 30 % miestne straty).

Pracovný bod obehového čerpadla pre chladenie miestnosti chodiacimi rohožami



Obr. 3.4 Krivka obehového čerpadla pre Prípád A [26]

Pracovný bod obehového čerpadla pre chladenie miestnosti chladiacimi trámami



Obr. 3.5 Krivka obehového čerpadla pre Prípád B [26]

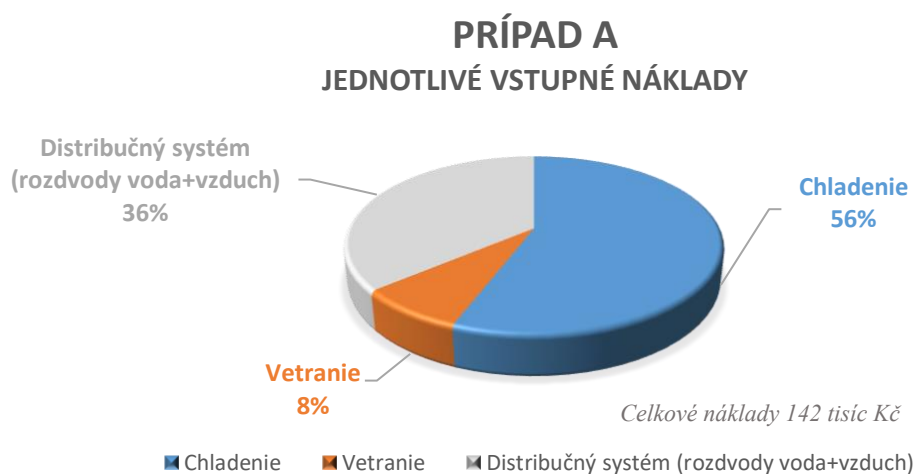
V zobrazených grafoch na *Obr.3.4* a *Obr. 3.5* vidíme rozdiel pracovného bodu pri použití rovnakého čerpadla v oboch prípadoch. V spodnej časti grafu je vidieť príkon, ktorý je nutné zabezpečiť pre prevádzku obehového čerpadla. V Prípade A je príkon obehového čerpadla (12,53 W) ktorý je o 79 % väčší ako v Prípade B (6,995 W). Výsledkom porovnania je, že pracovný bod sa výrazne zmenil a voľba systému má dopad na náklady spotreby energie. Toto porovnanie rozoberiem z hľadiska nákladov v 3.3.3. *Prevádzkové náklady*.

3.3. Finančné hľadisko

Pred každým návrhom konkrétneho klimatizačného systému je potrebné posúdiť náklady, ktoré budú vynaložené počas životného cyklu. Takáto analýza zahŕňa počiatkové náklady, náklady na údržbu, náklady na spotrebu energií a životnosť návrhu. Ja sa zameriam na posúdenie prevádzkových a vstupných nákladov navrhnutých systémov v rámci vybranej miestnosti.

3.3.1. Prehľad počiatkových nákladov pre veľkoplošné chladenie

Počiatkové náklady sú pre investorov dôležitým faktorom pri voľbe systému. Celkové náklady za navrhnutý systém sú 142 tisíc Kč. Tieto náklady zahŕňajú všetky prvky potrebné pre funkčnosť navrhovaného klimatizačného systému v rámci riešenej miestnosti. Celkové náklady na stropné chladenie činia 125,5 tisíc Kč z toho 80 tisíc Kč bude použitých na chladiace rohože a zvyšných 45,5 tisíc Kč na distribúciu chladiacej vody v miestnosti. Zvyšných 16,6 tisíc Kč sa využije na systém vetrania vrátane rozvodov vzduchu.



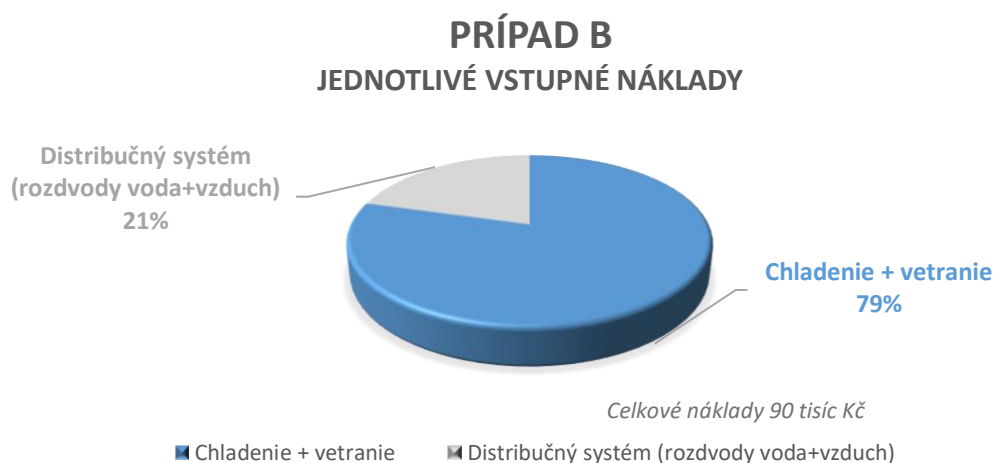
Graf č. 1 Náklady rozdelené podľa funkcie pre Prípad A

V Grafe č. 1 je vidieť rozdelenie nákladov na jednotlivé atribúty systému a to chladienie, vetranie a distribučný systém. Náklady na chladienia tvoria chladiace rohože CoolFlex, ktoré zabezpečujú hlavný odvod tepelnej záťaže. Náklady na vetranie zahrňujú prírodné a odvodné prvky vzduchu a regulačné klapky. Všetky zvyšné náklady sú vynaložené na distribúciu médií.

Riešenie chladiacich rohoží som navrhol v návrhovom programe FV KLIMA a jednotlivé náklady sú výsledkom výstupu z tohto programu. Návrh distribučných elementov bol vytvorený v návrhovom programe Easy Product Finder (EPF) a výška nákladov na navrhnuté prvky mi bola poskytnutá príslušným oddelením spoločnosti TROX. Výška nákladov na potrubie bola navrhnutá na základe cenníka interného obchodu Elektrodesign [27]. Podrobná kalkulácia celkových nákladov na prvky použité v navrhnutom systéme sa nachádza v *Prílohe č. 9*.

3.3.2. Prehľad počiatočných nákladov systému chladiacich trémcov

Celkové náklady na navrhnutý systém sú 90 tisíc Kč. Hlavnú časť nákladov tvoria chladiace trémce, ktoré spĺňajú funkciu distribúcie vzduchu, chladienia vzduchu a zároveň odvodu vzduchu z miestnosti. Ďalšími prvkami systému sú regulačné klapky, rozvody chladiacej vody a rozvody vzduchu. Náklady na navrhnutý systém som rozdelil do dvoch kategórií podľa funkcie podobne ako v Grafe č. 1. V tomto prípade sú náklady za chladienie a vetranie 71 tisíc Kč a náklady na rozvody médií sú 19 tisíc Kč.



Graf č. 2 Náklady rozdelené podľa funkcie pre Prípád B

Podobne ako v prvom riešení, sú aktívne chladiace trémce navrhnuté v programe EPF a cenovú ponuku na základe návrhu mi poskytla spoločnosť TROX. Náklady za

rozvody médií som prevzal z internetových obchodov Elektrodesign [27] a eTZBshop [28]. Podrobná kalkulácia celkových nákladov na toto klimatizačné riešenie v rámci miestnosti sa nachádza v *Prílohe č. 9*.

3.3.3. Prevádzkové náklady

Prevádzkové náklady sú dôležitým faktorom z dlhodobého hľadiska. Medzi prevádzkové náklady patria náklady na spotrebu energií a údržbu systému. Vzhľadom k tomu že prietok vody a vzduchu je podobný a teplota prírodnej vody a vzduchu je identická pre oba systémy, tak náklady na chladenie budú veľmi podobné. Čo sa týka vyjadrenia spotreby energií na prepravu vody v rámci systému, tak vychádzam z môjho porovnania obehových čerpadiel. Ako bolo preukázané v porovnaní pracovných kriviek obehového čerpadla, tak potrebná čerpacia práca na prekonanie vyšších tlakových strát má vplyv na spotrebu energie. Vzhľadom ku skutočnej spotrebe čerpadla je v absolútnych číslach, teda skutočne vynaložených nákladoch v mierke miestnosti rozdiel zanedbateľný. Náklady na spotrebovanú energiu použitým čerpadlom za obdobie pätnástich rokov sú v Prípade A 4040 Kč (70 kWh/rok) a Prípade B 2100 Kč (36 kWh/rok) [26]. Vyššia tlaková strata sústavy síce vyvodí vyššie náklady na spotrebu energií, ale po prepočítaní týchto nákladov je rozdiel za 15 rokov 1940 Kč. Tieto náklady sú počítané pre jednu riešenú miestnosť (4.03) a pri návrhu systému pre celý objekt sa budú tieto náklady zvyšovať v závislosti od prietoku vody a tlakovej straty. Naopak náklady na distribúciu vzduchu budú v prípade chladiacich trémcov vyššie. Bude to spôsobené zvýšenou spotrebou energie ventilátoru centrálnej jednotky, ktorá musí prekonať vyššiu tlakovú stratu indukčnej jednotky (dispozičný tlak chladiaceho trémca) v porovnaní s bežným distribučným elementom.

Z hľadiska systému ako celku je údržba oboch systémov porovnateľná vzhľadom k prevádzke suchého chladenia. Z hľadiska koncových prvkov môžeme oba systémy považovať za bez údržbové. V oboch prípadoch prebieha zdieľanie chladu do miestnosti bez mechanických častí, ktoré by vyžadovali občasnú údržbu. Jednou výnimkou údržby chladiacich trémcov je odporúčané prečistenie výmenníkov tepla. Federácia európskych združení pre vykurovanie a klimatizáciu odporúča prečistenie výmenníka tepla chladiaceho trémca raz za tri až päť rokov [6]. Takáto údržba je z hľadiska nákladov zanedbateľná.

Zaujímavým porovnaním z hľadiska prevádzkových nákladov sú fan-coil jednotky, ktoré pre správnu prevádzku vyžadujú viac údržby. Jedným z dôvodov je, že pri chladení

dochádza ku vzniku kondenzácii na výmenníku tepla, a preto sú jednotky vybavené odvodom kondenzátu alebo kondenzačnou vaňou, ktoré je nutné udržiavať. Neodlúčiteľnou súčasťou pre distribúciu chladu je ventilátor, ktorý je nutné spoločne s výmenníkom tepla pravidelne čistiť. Fancoil jednotky obsahujú filtre, ktoré je tiež nutné pravidelne vymieňať. S existenciou ventilátora pribúdajú náklady spojené so spotrebou energií a možné náklady spojené so servisom alebo výmenou mechanických častí. Vstupné a prevádzkové náklady FCU jednotiek a chladiacich trámecov boli porovnávané na odbornom portáli TZB-info a záverom porovania je "...že větrací systémy s použitím aktivních chladicích trámců - indukčních jednotek, mohou nejenom snížit investiční náklady, ale i výrazným snížením spotřeby elektrické energie (FCU, chladicí jednotky) přispět k ekologickému provozu klimatizačních zařízení, o provozních nákladech ani nemluvě." [29] Okrem spomenutých dôvodov, ktoré výrazne ovplyvnia prevádzkové náklady systému je nevýhodou, že táto údržba prebieha v užívanom priestore čo môže obmedziť prevádzku alebo komfort užívateľov priestoru.

3.4. Obmedzenie prevádzky

Najdôležitejším faktorom, ktorý vie ovplyvniť a obmedziť prevádzku chladiacich trámecov a chladiacich stropov je riziko tvorby kondenzácie. Vznik kondenzácie nastáva, keď je teplota rosného bodu interiérového vzduchu vyššia ako povrchová teplota chladiacej plochy. S ohľadom na tento nepriaznivý faktor je nutné voliť vyššiu teplotu prírodnej vody a zároveň je vhodné privádzať ochladený a odvlhčený vzduch. Pre naše klimatické podmienky sa teplota prírodnej vody väčšinou volí od 16 °C do 20 °C, s malým teplotným spádom v rozmedzí 2 až 4 K [4]. Vznik kondenzácie je pri senzitivnom (suchom) chladení nežiadúci a ako opatrenie je vhodné zahrnúť do systému čidlo rosného bodu, ktoré bude v prípade potreby regulovať prietok vody. Štúdie preukázali, že teplota prírodnej vody môže byť o niečo nižšia ako rosný bod priestoru predtým, ako dôjde ku kondenzácii na povrchu potrubia. Tento rozdiel sa však odporúča ako bezpečnostná rezerva pre neočakávané zaťaženie vlhkosťou. [6]

V priestoroch, kde je vysoká zaťaž vnútornou vlhkosťou alebo kde existuje zvýšené riziko infiltrácie, sa odporúčajú mokré prevádzkové chladiace systémy, ako napr. jednotky fan-coil [6]. Ako už bolo spomenuté tak toto riešenie zo sebou spája pravidelnú údržbu a zvýšené náklady na prevádzku.

3.5. Zhrnutie porovnania systémov

V tejto kapitole som sa snažil poukázať na dôležité rozdiely medzi konvenčnými koncovými prvkami klimatizácie a veľkoplošným systémom klimatizácie. Ako prvým porovnávaným kritériom je dosiahnutie tepelnej pohody užívateľov prostredia. Z tohto hľadiska sú veľkoplošné sálavé systémy výhodnejšie a to vďaka veľkej aktívnej ploche, ktorá zabezpečuje rovnomernú distribúciu chladu v priestore a vplýva na teploty povrchov v miestnosti. Následne som sa zaoberal požiadavkou na chladiaci výkon, kde sú obe systémy vyhovujúce. Výhodou u konvenčných systémov je rýchlejšia odozva na zmenu prostredia. Z porovnania vstupných nákladov na jednotlivé systémy vyplýva, že pre zadanú miestnosť by bol z finančného hľadiska výhodnejší Prípád B. Záverom porovnaní prevádzkových nákladov je fakt, že sú oba systémy porovnateľne nákladné a v porovnaní s prevádzkou fan-coil jednotiek sú úspornejšie. To potvrdzuje tvrdenie od ASHRAE „z hľadiska návratnosti nákladov majú stropné chladiace panely a chladiace trámce najvyšší technický potenciál úspor energie“ [2].

Každý z klimatizačných systémov so sebou prináša určité výhody voči ostatným systémom a zároveň aj nevýhody. Najdôležitejším faktorom pri výbere systému by podľa môjho názoru malo byť zabezpečenie tepelnej pohody užívateľov priestoru. Dôvodom je, že ľudia trávajú veľkú časť svojho času vo vnútornom prostredí, kde tepelný komfort vie ovplyvniť nielen ich sústredenie ale aj ich fyzický či psychický výkon. V každom prípade sa na pracoviskách stáva klimatizačný systém čoraz viac nevyhnutnou súčasťou technického vybavenia budov.

ZÁVER

K zamedzeniu stavu prehriatia človeka a docieleniu pocitu jeho tepelnej pohody je úprava vzduchu nevyhnutná. S procesom klimatizácie sa spája mnoho faktorov, ktoré pomáhajú dosiahnuť pocit tepelnej pohody, ale zároveň môže spôsobiť aj pocity diskomfortu ako je prievan alebo pocit chladu. Pri nedostatočnej údržbe systému môžu dokonca hroziť aj zdravotné riziká. Všetky tieto faktory je nutné zvážiť pri voľbe klimatizačného systému. Za týmto účelom som v mojej bakalárskej práci porovnával konvenčné koncové prvky klimatizácie s veľkoplošným systémom chladenia.

Zabezpečenie tepelného komfortu je podľa mňa najvýznamnejším faktorom, a to vzhľadom k tomu ako veľmi na nás vplýva prostredie, v ktorom sa nachádzame. Z tohto hľadiska je veľkoplošné chladenie jasnou voľbou. Na základe porovnania konkrétnych riešení oboch systémov je výsledkom, že vstupné náklady na veľkoplošné chladenie sú vyššie o takmer 40% ako náklady na systém s chladiacimi trámami. Z hľadiska prevádzkových nákladov sú obe systémy veľmi podobné a v porovnaní so systémom fan-coil jednotiek poskytujú omnoho ekologickejšiu prevádzku. Dôvodom je takmer bezúdržbová prevádzka týchto systémov, naopak v prípade fan-coil jednotiek je nutná pravidelná údržba, ktorá z dlhodobého hľadiska vytvára výrazne vyššie prevádzkové náklady.

POUŽITÉ ZDROJE

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] DRKAL, F. *Větrání*, Praha: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05181-8.
- [2] ASHRAE, *Handbook: HVAC Systems and Equipment*, 2016. ISBN 978-1939200266.
- [3] HIRŠ, J. *Vzduchotechnika v příkladech 1: Prostředí budov*, CERM, Brno, 2006. ISBN 80-7204-486-9.
- [4] BAŠTA, J. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*, Praha, Grada Publishing, 2010, ISBN 978-80-247-7308-7.
- [5] ZMRHAL V., *Sálavé chladicí systémy*, Praha, České vysoké učení technické v Praze, 2009, ISBN 978-80-01-04318-9.
- [6] VIRTA, M. *Chilled Beam Application Guidebook*. REHVA, 2004. ISBN 978-2-96000468-3-0.
- [7] JOE J., KARAVA P., A model predictive control strategy to optimize the performance of radiant floor heating and cooling systems in office buildings *Applied Energy*, Volume 245, 2019, p. 65-77, ISSN 0306-2619.
- [8] HU R., NIU J., *A review of the application of radiant cooling & heating systems in Mainland China*, *Energy Building*. Volume 52, p. 11-19, 2012, ISSN 0378-7788.
- [9] X. Wu, J. Zhao, B. Olesen, et al. *A new simplified model to calculate surface temperature and heat transfer of radiant floor heating and cooling systems*, *Energy Buildings*, Volume 105, 2015, p. 285-293, ISSN 0378-7788.
- [10] Lan L, Wargocki P, Wyon DP, Lian Z. *Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance*, *Indoor Air*, Volume 21, Is 5, 2011, p 376-390, ISSN: 0905-6947.
- [11] NIU J. et al. , *Energy saving possibilities with cooled-ceiling systems*, *Energy and Buildings*, Volume 23, Is 2, 1995, p. 147-158, ISSN 0378-7788.
- [12] FENG D. J., SCHIAVON D., BAUMAN F., *Cooling load differences between radiant and air systems*, *Energy and Buildings*, Volume 65, 2013, p. 310-321, ISSN 0378-7788.
- [13] FREDERIKSSON J., SANDBERG M., *The effect of false ceiling on the cooling capacity of passive chilled beams*, *Energy and Buildings*, Volume 44, Is 7, 2009, p 1426-1430, ISSN 0378-7788.

PRÁVNĚ PREDPISY

- [14] Nařízení vlády č. 523/2002 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, příloha č. 1
- [15] Nařízení vlády č. 523/2002 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci

OSTATNÉ ZDROJE

- [16] HIRŠ J., GEBAUER G., *Vzduchotechnika, modul BT02-08 Klimatizace* , Brno, 2005 Dostupné na <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BT02-TZB%20III/M08-Klimatizace.pdf> dňa [26.04.2021]

- [17] CUNNIFF G., *Hydronics offers a cool, comfort advantage*, PM Engineer, 2013, dostupné na <https://www.pmengineer.com/articles/90840-hydronics-offers-a-cool-comfort-advantage> dňa [26.04.2021]
- [18] TROX, Produktový list série DID632, 02/2017-DE/en. Str. 5
- [19] TROX, Produktový list série DID312, 02/2012-DE/cz. Str. 3
- [20] ADAMOVSKEÝ D., Prednáška predmetu 125TB2, *Základy distribuce vzduchu. Úvod do problematiky vlhkého vzduchu*.
- [21] ADAMOVSKEÝ D., Prednáška predmetu 125TB2, *Části systémů nuceného větrání, koncová zařízení, regulace*.
- [22] SABIANA, Technický list - SkyStar SK 07/14. Str.1
- [23] ZMRHAL V., Chladicí stropy. Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, ČVUT v Praze dostupné na: http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/OT1_2006.pdf str. 2, [navštívené 19.04.2020]
- [24] FV KLIMA, Technický manuál - *Stropní chlazení*. 02/2019, str.11
- [25] GIACOMINI, Produktový katalóg - *R004EN Catalogue radiant ceilings* 10/2015, str.65
- [26] Vypočítane hodnoty a krivky čerpadla sú dostupné na: www.product-selection.grundfos.com/cz/size-page?qcid=1306474077, dňa [27.4.2021]
- [27] www.elektrodesign.cz
- [28] www.etzshop.cz/ohrev-a-rozvod-vody-1
- [29] FARKA J., Chladicí trám nebo fan-coil?, [zupinfo.cz](https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil), dostupné na: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>, 2011

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 2.1 Zobrazenie základných tepelných tokov zdieľaných človekom	7
Obr. 2.2 Rozdelenie indukčných jednotiek	8
Obr. 2.3 Princíp činnosti uzavretého chladiaceho trámca	9
Obr. 2.4 Pripojenie 2-trubkového výmenníka tepla	9
Obr. 2.5 Pripojenie 4-trubkového výmenníka tepla	9
Obr. 2.6 Princíp aktívneho chladiaceho trámca s vertikálnym výmenníkom	10
Obr. 2.7 Princíp aktívneho chladiaceho trámca s horizontálnym výmenníkom	10
Obr. 2.8 Princíp činnosti otvoreného chladiaceho trámca	11
Obr. 2.9 Princíp činnosti pasívneho chladiaceho trámca	12
Obr. 2.10 Bočný pohľad na stropnú jednotku fan coil	12
Obr. 2.11 Príklad kazetovej jednotky fan-coil	13
Obr. 2.12 Schéma rozdelenia sálavých chladiacich systémov	14
Obr. 2.13 Kapilárny systém umiestnený v omietke	15
Obr. 2.14 Chladiaci strop s potrubným systémom	15
Obr. 2.15 Schéma základných typov chladiacich stropov s akumulátnou hmotou	15

Obr. 2.16 Pohľad na rohož pre uloženie na sadrokartónové dosky	16
Obr. 2.17 Konštrukcia sadrokartónového chladiaceho panelu s tepelnou izoláciou	17
Obr. 3.1 Návrh veľkoplošného systému chladenia	19
Obr. 3.2 Návrh klimatizačného systému s chladiacimi trámami	19
Obr. 3.3 Porovnanie teplôt vnútorného povrchov u obvodovej steny medzi sálavým a vzduchovým systémom.....	20
Obr. 3.4 Krivka obehového čerpadla pre Prípad A.....	22
Obr. 3.5 Krivka obehového čerpadla pre Prípad B	22

PRÍLOHY

Príloha č. 7 – Návrh chladiaceho výkonu stropných rohoží

Príloha č. 8 – Schémy riešenia navrhnutých systémov

Príloha č. 9 – Kalkulácia vstupných nákladov navrhnutých riešení

Príloha č.7 Návrh chladiacich okruhov

Administratívna budova Hanacká

13.05.2021

	chlazení	topení
přivodní teplota	16 °C	40 °C
vratná teplota	19 °C	36 °C
teplota interiéru	26 °C	22 °C

Průtokoměr																							
2-8 l/min	teplota	okruh	plocha	výkon	chlazení	topení	Typ	délka	šířka	počet	délka	šířka	počet	počet	trubka	chybí	přívody	průtok	průtok	rohož	přívody	rozděl.	celkem
popis	[°C]		[m2]	[W/m2]	[W]	[W]		[mm]	[mm]	rohoží	[mm]	[mm]	rohoží	sekcí	[m 8x1]	[m 8x1]	[m]	[l/min]	[l/min]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
Kancelársky priestor 4.03	26	1	11,76	68	800	1000	DS4P	2000	490	1		490		11	23,4		19	3,8	3,7	4,2	8,9	3,7	16,8
	26	1		68			DS4P	750	490	1	1250	490	1	1	25,8	-2,4							
	26	2	11,76	68	800	1000	DS4P	2000	490	1		490		11	23,4		17	3,8	3,7	4,2	8,2	3,7	16,1
	26	2		68			DS4P	750	490	1	1250	490	1	1	25,8	-2,4							
	26	3	11,76	68	800	1000	DS4P	2000	490	1		490		12	23,4		17	3,8	3,7	4,2	7,9	3,7	15,7
	26	4	8,82	68	600	750	DS4P	2000	490	1		490		8	23,4		24	2,9	2,8	4,2	6,9	2,1	13,1
	26	4		68			DS4P	1000	490	1	1000	490	1	1	25,8	-2,4							
	26	5	8,82	68	600	750	DS4P	2000	490	1		490		1	23,4		24	2,9	2,8	4,2	6,9	2,1	13,1
26	5		68			DS4P	1000	490	1	1000	490	1	8	25,8	-2,4								
		5	52,9		3 599	4 498								54	220		101	17,2	16,7				16,8

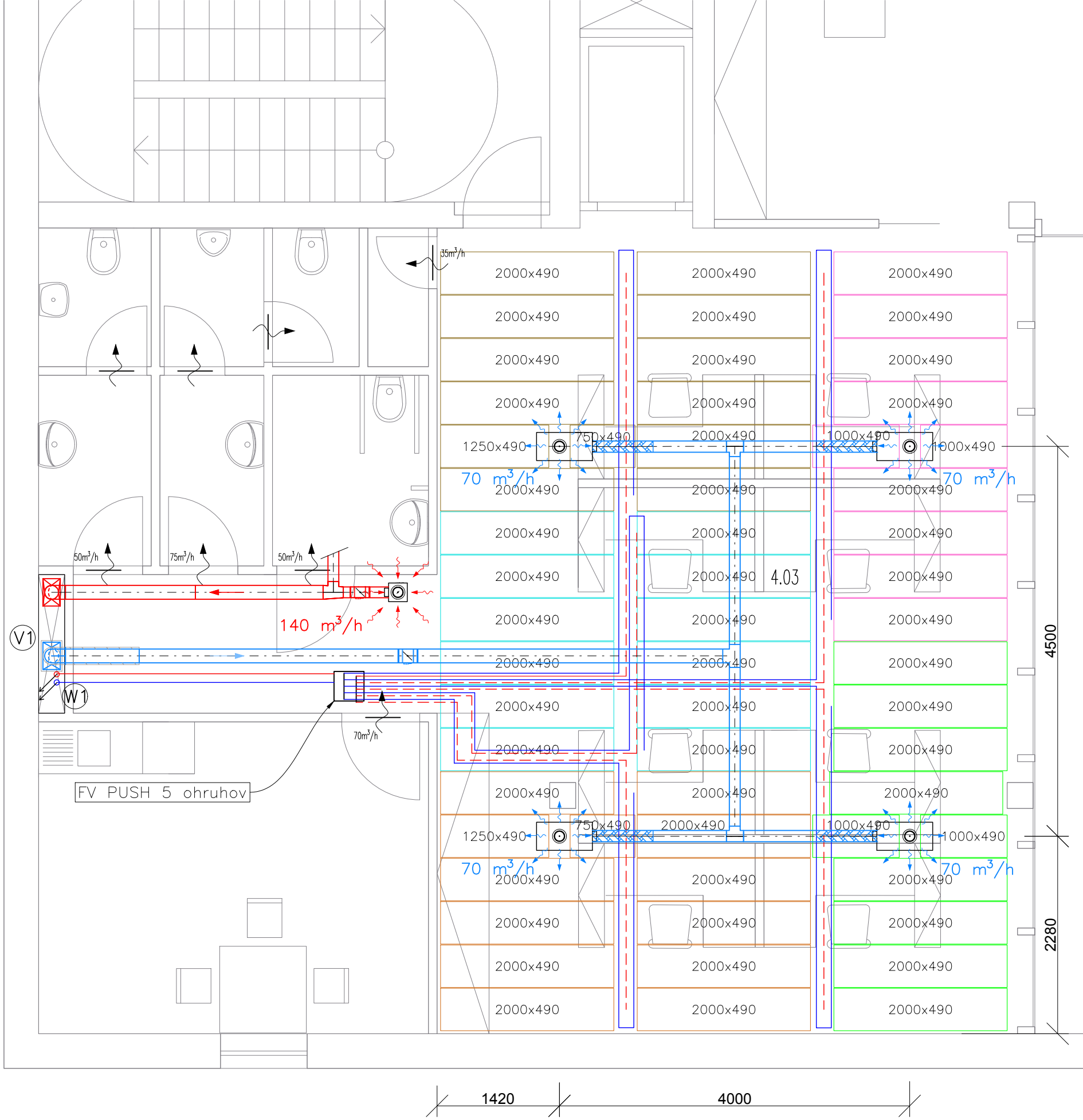
okruhů	chlazení	průtok	průtok	ztráta	Typ
	[W]	[kg/h]	[kg/h]	[kPa]	
5	3 599	1 030	1 003	17	2-8 l/min

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

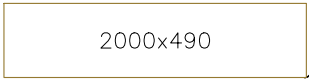


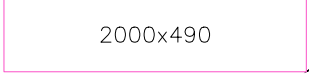
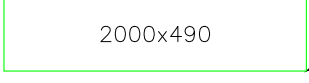
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV





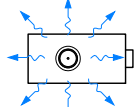
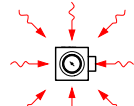


Príloha č.8 Schémy riešenia navrhnutých systémov




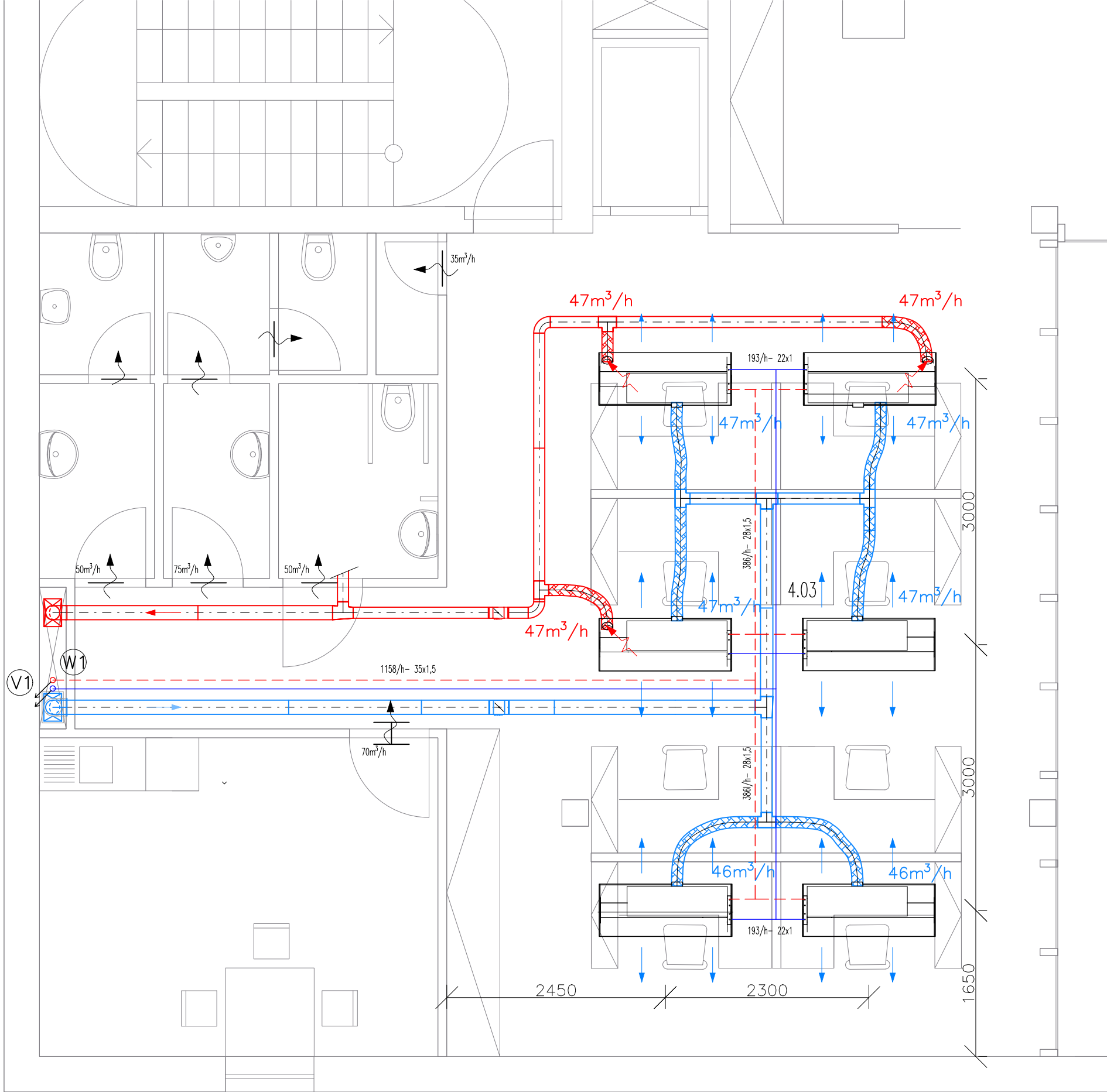
LEGENDA PRVKOV

-  Okruh 1
-  Okruh 2
-  Okruh 3
-  Okruh 4
-  Okruh 5

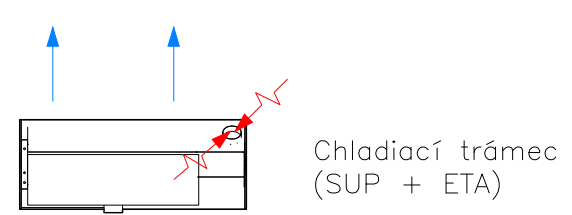
-  prírodné potrubie
-  spätné potrubie

-  Výrivý anemostat (pre nízke rýchlosti vzduchu) RFD-R-D-A-M-/125/P1/0
-  Stropná výustka DLQL -P-A-H-L-250/500/0
-  Zvislé rozvody vzduchu
-  Zvislé rozvody chladiacej vody

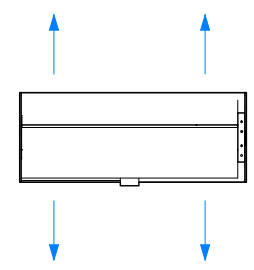
Zpracoval Denis Smižanský	Vedoucí bakalářské práce Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.	Školní rok 2020/2021	Fakulta stavební ČVUT 
Bakalářská práce – Katedra technických zařízení budov			
Název: Porovnanie chladiacich systémov		Datum 05/2021	
		Meřítko M 1:50	
		Formát A3	
Příloha: Riešenie Príkladu A		Číslo výkresu B.1	



LEGENDA PRVKOV



Chladiací trámeč (SUP + ETA)



Chladiací trámeč (SUP)

— prírodné potrubie
 - - - spätné potrubie

- (V1) Zvislé rozvody vzduchu
- (W1) Zvislé rozvody chladiacej vody

Zpracoval Denis Smižanský	Vedoucí bakalářské práce Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.	Školní rok 2020/2021	Fakulta stavební ČVUT
Bakalářská práce – Katedra technických zařízení budov			
Název: Porovnanie chladiacich systémov		Datum 05/2021	
		Meřítko M 1:50	
		Formát A3	
Příloha: Riešenie Príkladu B		Číslo výkresu B.2	

Príloha č.9 Kalkulácia vstupných nákladov

Investičné náklady na Prípád A

Táto položková kalkulácia obsahuje vstupné náklady na vybavenie miestnosti 4.03 stropným chladiacim systémom CoolFLEX od spoločnosti FV KLIMA v kombinácii s núteným vetraním za použitia distribučných elementov od spoločnosti TROX.

Popis	počet	MJ	cena Kč/MJ	cena Kč
FV KLIMA - systém chladenia				
Trubka FV COOLING PE-RT 16x2 mm	100,8	m	32	3 226 Kč
Upínací lišta Penta 16	11	m	50	550 Kč
T-kus rychlospojka 16-8-8-16	42	ks	256	10 752 Kč
T-kus rychlospojka 16-8-8	10	ks	228	2 280 Kč
T-kus rychlospojka 16-8-16	4	ks	195	780 Kč
Přímá rychlospojka 8-8	11	ks	90	990 Kč
Přímá rychlospojka 16-16	37	ks	108	3 996 Kč
Koleno rychlospojka 16-16	30	ks	114	3 420 Kč
Rozdělovač FV Push, průtok 2-8 l/min, 5 okruhů	1	ks	7200	7 200 Kč
Kulový ventil pro rozdělovače FV 1-6/4"	2	ks	285	570 Kč
Vyztužovací pouzdro pro trubku 16x2 mm	10	ks	14	140 Kč
Prostorový termostat FV pro chlazení a topení	1	ks	3970	3 970 Kč
Čidlo rosného bodu pro dutý strop	1	ks	1450	1 450 Kč
Termopohon pro rozdělovač NC-24V	5	ks	760	3 800 Kč
FV elektronický rozvaděč 230/24V	1	ks	1924	1 924 Kč
FV čerpadlový modul 24V	1	ks	750	750 Kč
Silikonový tuk na O-kroužky 70 g	1	ks	290	290 Kč
CoolFLEX - plná rohož do sádkartonu, 0750 x 490	2	ks	551	1 102 Kč
CoolFLEX - plná rohož do sádkartonu, 1000 x 490	18	ks	735	13 230 Kč
CoolFLEX - plná rohož do sádkartonu, 1250 x 490	2	ks	919	1 838 Kč
CoolFLEX - plná rohož do sádkartonu, 2000 x 490	43	ks	1470	63 210 Kč
NÁKLADY ZA CHLADIACE ROHOŽE bez DPH	65	ks		79 380 Kč
NÁKLADY ZA SYSTÉM CHLADENIA bez DPH				125 468 Kč
TROX - vetranie				
RFD-R-D-A-M-/125/P1/0	4	ks	1860	7 440 Kč
DLQL -P-A-H-L-250/500/0	1	ks	3010	3 010 Kč
VFR 160 - reguláčná klapka	2	ks	471	942 Kč
ELEKTRODESIGN				
SEMIFLEX 125/3 STANDARD ohebná Al hadice (3 m)	3,5	m	210	245 Kč
SPIRO 125 spiropotrubi (3 m)	8,5	m	507	1 437 Kč
SPIRO 160 spiropotrubi (3 m)	10,9	m	618	2 245 Kč
OBJLG 90° 125/125 odbočka jednostranná s těsněním	2	ks	299	598 Kč
OBJLG 90° 160/125 odbočka jednostranná s těsněním	2	ks	322	644 Kč
NÁKLADY ZA SYSTÉM VETRANIA bez DPH				16 561 Kč
CELKOVÉ NÁKLADY ZA NAVRHNUTÝ SYSTÉM bez DPH				142 029 Kč

Investičné náklady na Prípád B

Táto položková kalkulácia obsahuje vstupné náklady na vybavenie miestnosti 4.03 chladiacimi trámcami spoločnosti TROX a ostatnými základnými prvkami pre funkčnosť systému.

Popis	počet	MJ	cena Kč/MJ	cena Kč
TROX - systém chladenia a vetrania				
DID632-DE-LR-2-M-RR-A1/1500x1200x593	3	ks	11136	33 408 Kč
DID632-DE-LR-2-M-RR-AH-A1/1500x1200x593	2	ks	12263	24 526 Kč
DID632-DE-LR-2-M-LL-AV-A1/1500x1200x593	1	ks	12263	12 263 Kč
VFR 160 - reguláčna klapka	2	ks	471	942 Kč
eTZBshop.cz				
Cu trubka Supersan 35x1,5 mm (5m)	7,9	m	2153	3 402 Kč
Cu trubka Supersan 28 x 1,5 mm (5 m)	5,8	m	1851	2 147 Kč
Cu trubka Supersan 22 x 1 mm (5 m)	2,4	m	816,75	392 Kč
Cu t-kus 2418 lisovaný prípoj 28	2	m	319	638 Kč
Cu koleno 90° oboustranné 2416 lisovaný prípoj 22/90	12	m	436	5 232 Kč
ELEKTRODESIGN.cz				
SEMIFLEX 125/3 STANDARD ohebná Al hadice (3 m)	9,2	m	210	644 Kč
SPIRO 125 spiropotrubí (3 m)	9,2	m	507	1 555 Kč
SPIRO 140 spiropotrubí (3 m)	2	m	567	378 Kč
SPIRO 160 spiropotrubí (3 m)	7,8	m	618	1 607 Kč
OBJLG 90° 125/125 odbočka jednostranná s těsněním	5	ks	299	1 495 Kč
OBJLG 90° 160/125 odbočka jednostranná s těsněním	2	ks	322	644 Kč
OLG 90° 125 oblouk lisovaný s těsněním	2	ks	201	402 Kč
NÁKLADY ZA CHLADIACE TRÁMCE bez DPH	6	ks		70 197 Kč
CELKOVÉ NÁKLADY ZA NAVRHNUTÝ SYSTÉM bez DPH				89 675 Kč