

# **Kalorimetrická komora - Návrh zkoušení výkonových parametrů chladicích trámců v kalorimetrické komoře**

Bc. Tomáš Zdráhala

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Zdráhala**  
Osobní číslo: **A12445**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Kalorimetrická komora – Návrh zkoušení výkonových parametrů chladicích trámců v kalorimetrické komoře**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou chladicích trámců, chladicích stropů a FCU technologií technicky prostředí.
2. Popište možnosti teoretického a experimentálního stanovení parametrů technologií (chladicích trámců, chladicích stropů a FCU technologií).
3. Proveďte rozbor možností stanovení parametrů v kalorimetrické komoře.
4. Navrhněte přístrojové vybavení.
5. Popište postup zkoušení a vyhodnocení měření.
6. Napište závěry hodnocení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **ASHRAE HANDBOOK . Díl 1 ? 4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.**
2. **RECKNAGEL ? SPRENGER ? SCHRAMEK ? Taschenbuch fur Heizung und Klimatechnik. Ouldenbourg.**
3. **Verlag GmbH, Munchen, 2003. ISBN 3-8356?3104-7.**
4. **Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.**
5. **Studie kompenzované kalorimetrické komory.**
6. **Dvořák, Z., Klazar, L., Petrák, J.: Tepelná čerpadla. SNTL Praha, 1987.**
7. **Nový, R.: Hluk a chvění. ČVUT Praha, 2009. ISBN 978-80-01-04347-9.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**7. března 2014**


Termín odevzdání diplomové práce:

**11. června 2014**

Ve Zlíně dne 7. března 2014

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
děkan



  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
ředitel ústavu

### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá měřením výkonových parametrů koncových zařízení vzduchotechnických systémů. A to konkrétně chladicí trámce, chladicí stropy a jednotky Fan-Coil. V teoretické části se podrobně rozebírají možnosti měření těchto výkonových parametrů, obzvláště se zaměřením na měření v kalorimetrické komoře. V praktické části bylo navrženo, jaké přístrojové vybavení bude použito při měření těchto parametrů v kalorimetrické komoře. Následně jsou podrobně popsány postupy při měření výkonových parametrů. A nakonec jaké výsledky se mají zaznamenávat v průběhu a po skončení měření.

Klíčová slova: Kalorimetrická komora, chladicí trámec, chladicí strop, FCU, měření, výkonové parametry

## **ABSTRACT**

In this master thesis is described measuring of performance parameters of end devices of air conditioning systems. And namely chilled beams, chilled ceiling a Fan-Coil units. In theoretical part is in detail analysed possibilities of measuring this performance parameters. Especially with focus on measuring in calorimetric chamber. In practical part was designed the measuring devices used in this chamber for measuring performance parameters. Next is in detail described measurement procedures. And in the end is stated which results have to be record in measurement procedures and after this procedures.

Keywords: Calorimetric chamber, chilled beams, chilled ceilings, FCU, measurement, performance parameters

Rád bych poděkoval vedoucímu práce, Ing Martinu Zálešákovi, CSc., za jeho odborné rady a připomínky při vypracovávání této práce. Poděkování patří také mě rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 PŘEHLED KLIMATIZAČNÍCH SYSTÉMŮ A ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>12</b>
1.1 ROZDĚLENÍ PODLE KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ .....	12
1.1.1 Sestavná klimatizační zařízení .....	12
1.1.2 Blokovaná klimatizační zařízení .....	13
1.1.3 Klimatizační zařízení komorové (zděné) .....	13
1.1.4 Jednotková klimatizační zařízení .....	14
1.2 ROZDĚLENÍ PODLE DRUHU TEPLONOSNÉ LÁTKY .....	15
1.2.1 Vzduchové klimatizační systémy .....	15
1.2.2 Vodní klimatizační systémy .....	15
1.2.3 Kombinované klimatizační systémy .....	15
1.2.4 Chladivové systémy .....	16
<b>2 ZKOUMANÉ TECHNOLOGIE TECHNIKY PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>17</b>
2.1 CHLADÍCÍ TRÁMCE .....	17
2.1.1 Základní principy .....	17
2.1.2 Pasivní chladicí trámce.....	17
2.1.3 Aktivní chladicí trámce .....	18
2.2 CHLADÍCÍ STROPY .....	20
2.2.1 Princip chladících stropů.....	20
2.3 FAN-COIL UNIT (FCU).....	22
2.3.1 Konstrukce a ovládání.....	22
<b>3 MOŽNOSTI STANOVENÍ PRAMETRŮ .....</b>	<b>24</b>
3.1 ENTALPIKÁ TESTOVACÍ METODA.....	24
3.1.1 Výpočty .....	24
3.1.1.1 Chladicí výkon .....	24
3.1.1.2 Topný výkon .....	25
3.1.2 Měření rychlosti vzduchu.....	25
3.1.2.1 Testovací instalace.....	25
3.1.2.2 Testovací podmínky.....	25
3.1.2.3 Měření proudění vzduchu .....	26
3.2 KALORIMETRICKÁ TESTOVACÍ METODA .....	26
<b>4 KALORIMETRICKÁ KOMORA .....</b>	<b>30</b>
4.1 KALIBROVANÁ .....	30
4.2 KOMPENZOVANÁ.....	31
<b>5 MOŽNOSTI STANOVENÍ PARAMETRŮ V KALORIMETRICKÉ KOMOŘE .....</b>	<b>32</b>
5.1 VÝPOČET CHLADÍCIHO VÝKONU.....	32
5.1.1 Výpočet celkového chladícího výkonu na vnitřní straně komory.....	32
5.1.2 Výpočet celkového chladícího výkonu ve vnější části komory .....	33
5.1.3 Výpočet celkového chladícího výkonu jednotky chladící vodou.....	33
5.1.4 Výpočet vázaného chladícího výkonu (při odvlhčování místnosti):.....	33
5.1.5 Výpočet citelného chladícího výkonu .....	34

5.1.6	Výpočet faktoru citelného tepla .....	34
5.2	STANOVENÍ TOPNÉHO VÝKONU .....	34
5.2.1	Stanovení tepelného výkonu jednotky pomocí měření ve vnitřní čisti komory .....	35
5.2.2	Stanovení topného výkonu jednotky z měření na absorpční straně .....	35
5.2.3	Celkový topný výkon jednotky chlazené vodou se odečítáný na straně výparníku.....	35
5.3	ZNAČKY A VELIČINY POUŽITÉ V KAPITOLE 5 .....	36
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>POSTUP ZKOUŠENÍ .....</b>	<b>38</b>
6.1	MĚŘENÍ DEKLAROVANÝCH CHLADÍCÍCH VÝKONŮ .....	38
6.1.1	Ustálený stav .....	38
6.1.2	Měření chladícího výkonu.....	38
6.2	MĚŘENÍ DEKLAROVANÝCH TOPNÝCH VÝKONŮ .....	39
6.2.1	Popis procesu měření .....	39
6.2.2	Přípravná perioda .....	39
6.2.3	Rovnovážná perioda.....	39
6.2.4	Perioda sběru dat .....	39
6.2.5	Testovací procedura: Když odtávající cyklus ukončí přípravnou periodu.....	40
6.2.6	Testovací procedura: když odtávající cyklus neukončí přípravnou periodu.....	41
6.2.7	Testovací procedura pro nestacionární zkoušení .....	41
<b>7</b>	<b>VYHODNOCOVÁNÍ MĚŘENÍ .....</b>	<b>43</b>
7.1	DATA, KTERÉ MUSÍ BÝT ZAZNAMENÁNA .....	43
7.2	PROTOKOL O ZKOUŠCE .....	46
7.2.1	Všeobecné informace .....	46
7.2.2	Dodatečné informace.....	46
7.2.3	Hodnocení výsledků testu .....	46
<b>8</b>	<b>PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ .....</b>	<b>48</b>
8.1	TECOMAT FOXTROT CP-1003 .....	48
8.1.1	Programovatelný automat .....	48
8.1.2	Vlastnosti systémů TECOMAT FOXTROT .....	48
8.1.3	Komunikace .....	48
8.1.4	Základní parametry modulu CP-1003 .....	49
8.2	MĚŘENÍ TEPLoty .....	50
8.2.1	Pt1000.....	50
8.2.2	Ni1000.....	51
8.2.3	NTC 12k.....	52
8.2.4	KTY 81-121 .....	52
8.3	MĚŘENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	53
8.3.1	Vlastnosti a parametry elektroměru 9901M.....	54



8.4	MĚŘENÍ PRŮTOKU VODY ÚT A TÚV (STUDENÁ VODA, TEPLÁ VODA) .....	55
8.5	MĚŘENÍ RELATIVNÍ VLHKOSTI.....	56
8.6	MĚŘENÍ TEPLoty ROSNÉHO BODU.....	57
8.6.1	Snímač teploty a rosného bodu EE35 .....	57
8.7	MĚŘENÍ RYCHLOSTI VĚTRU .....	58
8.7.1	Anemometr T114 .....	58
8.7.2	Snímač EE65 .....	59
8.8	MĚŘENÍ TLAKU.....	60
8.8.1	Relativní a absolutní tlakový snímač typ 528 .....	60
8.9	MĚŘENÍ TLAKU VODY.....	61
8.9.1	Tlakové čidlo DMP 331 .....	61
8.10	DOPORUČENÉ KABELY .....	62
8.10.1	Kabel pro CIB sběrnici.....	62
8.10.1.1	Kabel J-Y(St)Y1x2x0,8.....	62
8.10.2	Kabel pro připojení čidel teploty.....	63
8.11	UKÁZKOVÉ ZAPOJENÍ SNÍMAČŮ.....	64
8.11.1	Měření pasivního chladicího trámce .....	64
8.11.2	Výpočet nejistoty měření .....	66
8.11.2.1	Standardní nejistota typu A - <b>uA</b> .....	67
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>76</b>

## ÚVOD

V nedávných letech začal být kladen velký důraz na kvalitu životního prostředí. Životním prostředím rozumíme tu část světa, s níž se člověk setkává každý den, kterou podle svých potřeb upravuje a následně využívá k uspokojení svých komfortních potřeb. Nejvyšší pozornost má ta část prostoru, kde se člověk vyskytuje nejčastěji: bydliště, pracoviště a místo pro rekreaci. Životní prostředí se dá rozdělit z několika hledisek, ale z pohledu této diplomové práce je nejvhodnější rozdělení podle umístění: životní prostředí vnější a vnitřní.

Vnější životním prostředím rozumíme prostředí vně stavem a vnitřní prostředí uvažujeme uvnitř stavem, tj. interiér budov. V prostředí vnitřním člověk tráví většinu svého života (cca 70-80%). Z toho důvodu je potřeba se věnovat kvalitě životního prostředí v interiéru s dostatečnou pozorností.

Obor životního prostředí zahrnuje tři nejdůležitější aspekty. Tyto aspekty jsou vzduch, voda a půda. V našem oboru studia se zabýváme především vzduchem. Kvalita vnějšího životního prostředí, především se zaměřením na kvalitu ovzduší lze ovlivnit pouze systematickými a koncepčními změnami, což je z časového hlediska velice náročné a dlouhodobé. Přesto kvalita vnitřního prostředí je úzce spjata s kvalitou vnějšího prostředí. Proto existují způsoby jak ji upravit podle našich požadavků v reálném čase. Tzn. v časovém intervalu několika minut.

K tomuto účelu byla vyvinuta zařízení, které jsou označovány jako vzduchotechnické (klimatizační) jednotky. Jsou to zařízení, které v sobě zahrnují několik funkcí. Hlavní funkcí je doprava vzduchu z vnějšího prostředí do vnitřního. Sekundární funkcí, ovšem ne méně důležitou, je úprava tohoto vzduchu na požadovanou čistotu, teplotu a vlhkost. Tato zařízení jsou určena zejména pro tzv. komfortní vzduchotechniku a klimatizaci. Tyto jednotky jsou převážně určeny pro větrání a klimatizaci kanceláří, bytů a jiných veřejných nebo pracovních prostor. Je zde kladen důraz na komfort lidí, kteří se v těchto prostorách vyskytují.

Cílem této diplomové práce, je připravit a popsat technologický postup měření výkonových parametrů koncových prvků klimatizačních zařízení, především chladících trámů, které se v posledních letech díky své účinnosti a jednoduchosti používají stále častěji. Aby tyto prvky splňovaly přísné požadavky dané legislativou a tím pádem mohly vytvářet tepelný komfort v objektech, kde jsou instalovány.

# **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# **1 PŘEHLED KLIMATIZAČNÍCH SYSTÉMŮ A ZAŘÍZENÍ**

Klimatizační zařízení – jsou to systémy sloužící pro vytvoření vhodného mikroklimatu v klimatizovaném prostoru. Tyto zařízení se sestávají z jednotlivých částí, které mají na starosti příslušné úprav vzduchu a jeho distribuci. Svou činností by měla udržovat stav požadovaných parametrů vzduchu v prostoru automaticky bez ohledu na stav vzduchu vnějšího prostředí. Hlavním úkolem je přívod čerstvého vzduchu, odvod a filtrace znečištěného vzduchu, odvod vlhkosti a tepelné zátěže a kompenzace tepelných ztrát.

Klimatizační zařízení se využívají v mnoha oborech lidské činnosti. Může pod to spadat dopravní průmysl, chemický a potravinářský průmysl, výzkumní pracoviště, zdravotnictví, školství, atd. Všechny tyto odvětví mají své vlastní požadavky na tyto zařízení. Z toho můžeme vidět, že konstrukčních řešení může být celá řada. V následující kapitole jsou shrnuta základní rozdělení.

## **1.1 Rozdělení podle konstrukce zařízení**

### **1.1.1 Sestavná klimatizační zařízení**

Jsou sestavená z jednotlivých prvků, sloužících pro úpravu a dopravu vzduchu. Prvky jsou umístěny v komorách (skříních) se shodnými přípojovacími rozměry pro jednoduché spojení a vytvoření sestavy pro požadovanou úpravu vzduchu. Díky absenci přechodových kusů dochází také k úspoře prostorových nároků. Komory mohou mít následující funkce: [7]

- směšovací komora
- filtrační komora
- tlumící komora
- komora ohříváče
- chladící komora
- klapková komora
- komora pro připojení parního zvlhčovače
- ventilátorová komora
- komora pro zpětné získávání tepla



Obrázek 1.1 Příklad sestavného klimatizačního zařízení <sup>1</sup>

### 1.1.2 Bloková klimatizační zařízení

Tato zařízení jsou konstruována jako jeden celek a zvládají všechny úpravy vzduchu (ohřev, chlazení, vlhčení, ZZT, filtraci,...), pokud některá z těchto úprav není požadována, daný prvek se vypustí, rozměry zařízení však zůstávají stále stejné. Typickým představitelem blokové jednotky jsou jednotky multizónové. Ty pracují na principu smíchání oběhového a čerstvého vzduchu, který je ventilátorem dále veden do dvou vzájemně oddělených komor. V jedné se vzduchu ohřívá a případně vlhčí, ve druhé je ochlazován. Tyto komory mají společné klapky (až 12), na kterých jsou listy vzájemně pootočené o 90°. Tím můžeme regulovat teplotu v na ně napojených vzduchovodech. Natáčením klapky ústících do různých vzduchovodů, můžeme dosáhnout různých teplot v každém z nich. Jednou jednotkou pak můžeme klimatizovat více prostorů s různými požadavky na teplotu vzduchu. [7]

### 1.1.3 Klimatizační zařízení komorové (zděné)

Jsou tvořena jednotlivými komorami (cihlovými, betonovými nebo plechovými) v nichž jsou umístěny prvky pro požadovanou úpravu vzduchu. Jejich použití je vhodné pokud se pracuje s velkými objemovými průtoky vzduchu (více než 100 000 m<sup>3</sup>/h). V důsledku náhlých rozšiřování a zužování průřezů dochází k velkým tlakovým ztrátám, z tohoto hlediska jsou tato zařízení hydraulicky nevýhodná. Při návrhu se musí uvažovat s postupem stavby tak, aby bylo možné do komory umístit příslušný prvek úpravy vzduchu. Tato zařízení najdou uplatnění zejména v průmyslových provozech. [7]

---

<sup>1</sup> Zdroj: [http://www.alteko.cz/22\\_100023-klimatizacni-jednotky-tango](http://www.alteko.cz/22_100023-klimatizacni-jednotky-tango)

### 1.1.4 Jednotková klimatizační zařízení

Jedná se o zařízení, která jsou koncipována jako jeden kompaktní celek sestavený z jednotlivých prvků pro úpravu vzduchu. Ve většině případů není zahrnuto zařízení pro vlhčení vzduchu. Zařízení se umísťují nejčastěji přímo do klimatizovaného prostoru a to buď jako klimatizační skříně, nástřešní, nástěnná, okenní klimatizátory, indukční jednotky nebo parapetní jednotky. Mohou pracovat se směsí oběhového a vnějšího vzduchu nebo pouze s oběhovým vzduchem. Jednotky vyžadují pro svůj provoz přípojku elektrické energie a podle požadovaných úprav vzduchu přípojku teplé a studené vody. Mezi hlavní výhody patří: [7]

- Vysoká mobilita
- Zcela nebo částečně odpadají rozvody vzduchu
- Jednoduché projektování
- Sériovost výroby
- Náklady na instalaci
- Jednoduchá regulace



Obrázek 1.2 Příklad jednotkového klimatizačního zařízení <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Zdroj: <http://www.euro-klimatizace.cz/klimatizace-multi-split-multi-split-inverter/venkovni-jednotky-inverter/>

## **1.2 Rozdělení podle druhu teplotnosné látky**

### **1.2.1 Vzduchové klimatizační systémy**

Kompenzují tepelné ztráty a zisky pouze vzduchem. To vede k poměrně vysokým výměnám vzduchu a z toho plynoucím nárokům na rozměry potrubí a výkony jednotlivých prvků zařízení. Pro snížení energetických nároků spojených s chlazením, případně ohřevem vzduchu se pracuje s oběhovým vzduchem. Současným trendem je přechod k zařízením, která umožňují pracovat s proměnlivým průtokem čerstvého vzduchu. Dle rychlosti proudění vzduchu v potrubní síti rozdělujeme tyto systémy na nízkotlaké (do 12 m/s) a vysokotlaké (do 25 m/s).[8]

### **1.2.2 Vodní klimatizační systémy**

Používají jako teplotnosnou látku vodu, kterou můžeme prostor jak chladit tak vytápět. Výhodou systému je dobrá regulovatelnost a jednoduchost. Pohyb vzduchu přes tepelný výměník je vyvozen ventilátorem. Dle požadavků je výměník napojen na dvou-trubkový (pouze ohřev, nebo chlazení) dvou-trubkový přepínací (ohřev nebo chlazení) rozvod vody. Nejvhodnějším, ale také investičně nejnákladnějším je systém čtyřtrubkový při použití dvou tepelných výměníků (v jedné části objektu můžeme chladit a v jiné topit). Pro jednotky se vžil název Fan-Coil případně klimakonvektor. U toho systému je nutné zajistit přívod čerstvého vzduchu, který může být realizován přívodem přímo do jednotky otvorem ve fasádě, otevíratelnými okny, nasáváním vzduchu jednotkou z beztlakového kanálu nebo je přívod řešen samostatně a jednotky pracují pouze s oběhovým vzduchem. [8]

### **1.2.3 Kombinované klimatizační systémy**

Spojují oba předešlé způsoby dohromady, část tepelné zátěže je odvedena přívodním vzduchem, který současně přivádí stanovené množství čerstvého vzduchu tak, aby byly splněny hygienické limity. O odvod větší části tepelné zátěže se stará voda, která předává chlad sekundárnímu vzduchu přes tepelný výměník. Tyto systémy se dříve navrhovali zejména jako vysokotlaké, kvůli zmenšení průřezu potrubí a tím úspoře místa v instalačních šachtách výškových budov. Postupem času došlo k rozšíření použití těchto systémů i do objektů kde nebyly tak značné nároky na úsporu místa a mohlo se přejít k nízkotlakému rozvodu vzduchu. U nízkotlakých systémů není kladen takový důraz na návrh potrubní sítě a mnohem lépe se reguluje. [8]

Koncovým elementem jsou indukční jednotky, ve kterých primární vzduch upravený v centrální klimatizační jednotce se ejekčním účinkem přisává vzduch sekundární, který prochází přes tepelný výměník. Rozvody vody mohou být jako u vodního klimatizačního systému, nejčastěji se však řeší jako čtyř-trubkové. [8]

#### **1.2.4 Chladivové systémy**

Teplonosnou látkou je chladivo. Tyto systémy pracují pouze s oběhovým vzduchem, proto je vždy nutné tento systém spojit ještě se systémem, který bude zajišťovat přívod čerstvého vzduchu do klimatizovaného prostoru. Rozvod chladiva je napojen na tepelné čerpadlo nebo kompresorové chladicí zařízení. Chladivových systémů se používá zejména tam, kde buď úplně chybí, nebo jsou omezeny možnosti využití přírodních zdrojů chladné vody. Koncovými elementy mohou být: [8]

- Okenní klimatizátory
- Mobilní klimatizační jednotky
- Klimatizace bez vnější jednotky
- Split systémy – monosplit, multisplit, VRV



## **2 ZKOUMANÉ TECHNOLOGIE TECHNIKY PROSTŘEDÍ**

### **2.1 Chladicí trámce**

Chladicí trámy jsou efektivní pro vysoké chladicí zátěže a jsou vhodné pro široké spektrum použití a výkonu. V kombinaci s větracím a klimatizačním systémem přejímají největší díl chladicí zátěže. Jako účelné doplnění systémů jen-vzduch nebo voda-vzduch mohou být cíleně použity tam, kde jsou nutné dodatečné chladicí výkony.

Chladicí trámy nevyžadují žádné mezistropy a mohou být tak s výhodou použity pro sanaci a dodatečné vybavení.[1]

#### **2.1.1 Základní principy**

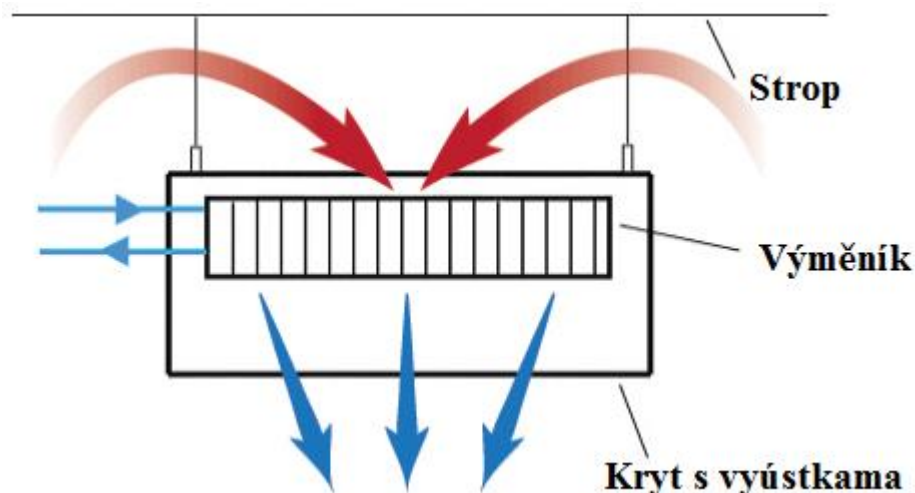
Chladicí trámy odebírají teplo ze vzduchu v místnosti a předávají ho na transportní médium - vodu. Přenos tepla se děje z 90 % konvekcí. Na plochách výměníku tepla se vzduch z místnosti ochlazuje, čímž stoupne hustota a vzduch proudí dolů. Uvnitř budovy se vzduch vede vertikálně přes celou výšku místnosti. Tím se zvyšuje komínový efekt a v důsledku toho průtok vzduchu a chladicí výkon. Aby se umožnilo proudění vzduchu chladicími trámy, jsou tyto instalovány pod stropem, volně zavěšené. Zabudování v rovině stropu je možné, pokud jsou v něm šterbinové otvory.[1]

#### **2.1.2 Pasivní chladicí trámce**

Slovo "pasivní" znamená v názvosloví pasivních trámů (nazývané také statické trámy) to, že se jedná v podstatě o specificky upravený tepelný výměník, který v sobě nemá zahrnut přívod větracího vzduchu. Tyto typy trámů jsou používány primárně pro chlazení (některé typy jsou určeny i pro vytápění), přičemž ochlazování zóny pobytu zajišťuje přirozená konvekce. U systémů s tímto typem trámů je přívod větracího vzduchu zajištěn jiným, nezávislým způsobem, např. pomocí velkoplošných vyústí zapuštěných do stěn nebo do podlahy. [2]

Pasivní trámy je výhodné použít v případech, kde je požadováno pouze chlazení nebo vysoký chladicí výkon, případně kde jsou požadavky na individuální regulaci. Také je lze instalovat do velkoprostorových objektů s výškami nad 4 m, kde jsou požadavky na relativně velké průtoky větracího vzduchu, zajišťované jiným systémem. Ve vnitřním prostředí kancelářských budov, kde se systémy s trámy nejvíce používají, je při běžných instalacích jejich nejvyšší chladicí výkon max. 150 W/m délky při max. doporučené největší šířce jednotek 300 mm z důvodu zachování pohodlí dle CSN EN ISO 7730. Pokud jsou však tyto

jednotky instalovány nad perforovaným podhledem, může být použitý chladicí výkon mnohem vyšší, bez problémů s průvanem do cca 400 W/m. Velký vliv na funkci statických trámů má také umístění distribučních elementů vzduchotechnického systému.[2]



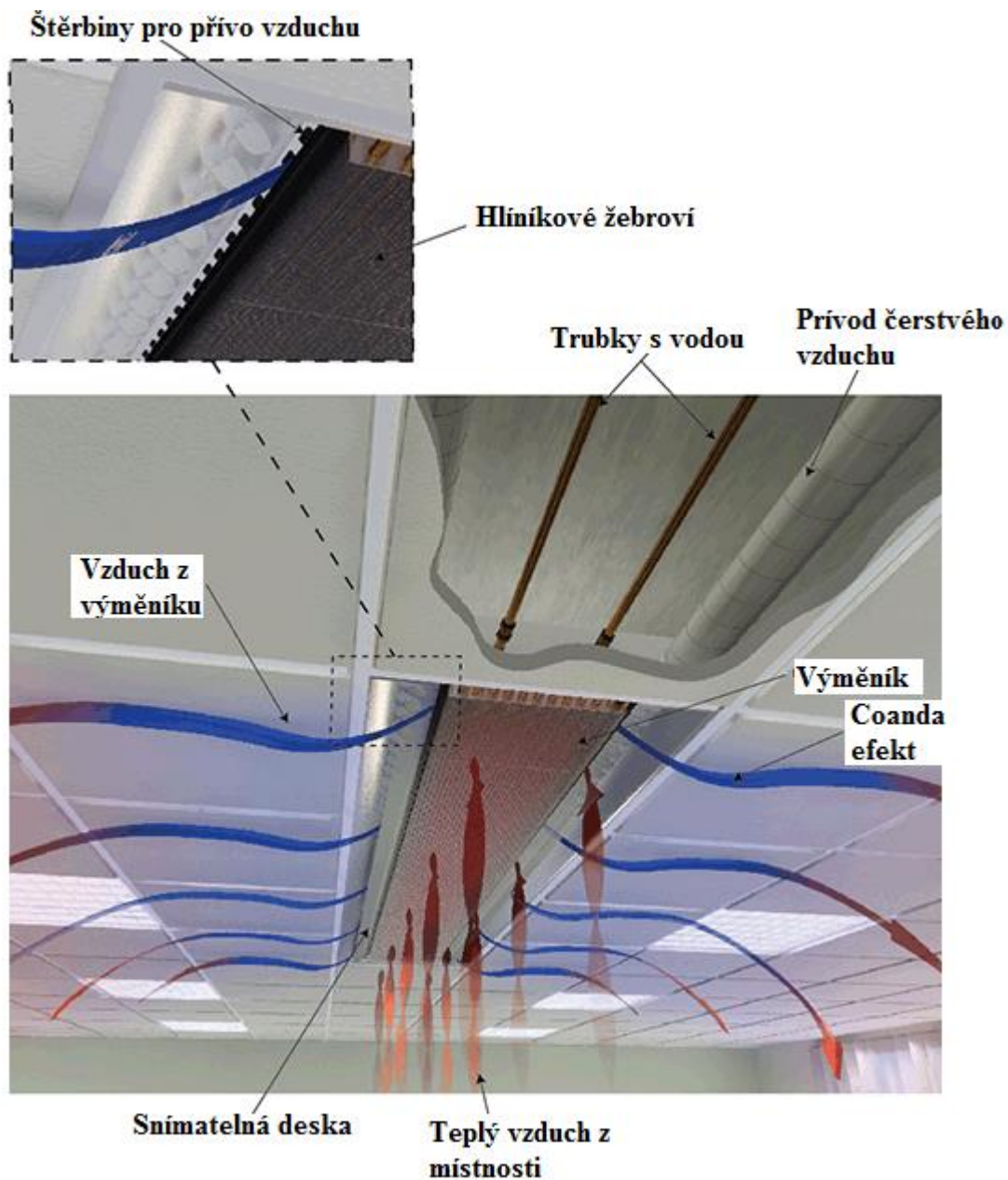
Obrázek 2.1 Pasivní chladicí trámec

### 2.1.3 Aktivní chladicí trámce

Aktivní chladicí trámce jsou připojeny jak k přívodu čerstvého vzduchu, tak ke chladicí kapalině. V případě potřeby je zde možné použít teplou vodu pro ohřívání místnosti. V takovémto případě je použit tzv. čtyřtrubkový systém. Hlavní vzduchotechnická jednotka zásobuje primárním (čerstvým) vzduchem různé množství místností skrz chladicí trámce. Aktivní chladicí trámec využívá primární přívod vzduchu k nasměrování teplého vzduchu v místnosti do tepelného výměníku v chladicím trámci. Jestli se bude vzduch v místnosti chladit nebo ohřívát záleží jaká teplota vody je ve výměníku. Cirkulační a čerstvý vzduch jsou smíchány před zpětným vypuštěním do místnosti skrz trysky nebo štěrby okolo chladicího trámce.

U kancelářských budov, kde se systémy s trámy používají zejména, byly požadavky na krytí tepelných ztrát v průběhu několika posledních let sníženy. Vnější i vnitřní tepelné zisky se snížily (použití tepelně izolačních skel, vnějšího stínění, dodatečné izolování fasád, ...) a tím rapidně klesly i požadavky na vytápění. U budov s nízkými tepelnými ztrátami lze potom dočasně krátké topné periody zvládnout pomocí aktivních trámů, které jsou v těchto případech konstruovány jako tzv. čtyřtrubkové. Určitým problémem u stropních vytápěcích systémů (a tedy i u vytápění trámy) je zajištění transferu teplého vzduchu dolů do zóny pobytu. Laboratorními měřeními bylo zjištěno, že nejkritičtější faktorem při návrhu vytápění trámy

je teplota vstupního topného media. Pokud je tato teplota nižší, je nižší i teplota vzduchu vycházející z trámu, která nám zajistí snazší proudění vzduchu do zóny pobytu a její lepší celkové provětrání.[2]



Obrázek 2.2 Aktivní chladicí trámec

## 2.2 Chladicí stropy

### 2.2.1 Princip chladících stropů

Systém chladících stropů je založen na vodní bázi využívající radiační chladicí panely, které mají uvnitř trubky nebo spirálu s chladicí kapalinou. Tyto trubky jsou uloženy nad metalickými stropními panely. Na Obrázku 2.3 můžeme vidět příklad těchto stropních panelů. Systém ochlazuje místnost kombinací přírodní konvekce a radiace. Jelikož pomocí radiace se přenáší hlavní část tepla, tak se tomuto systému také říká „radiační chladicí stropní systém“ nebo „radiační stropní panelový systém“. [3]

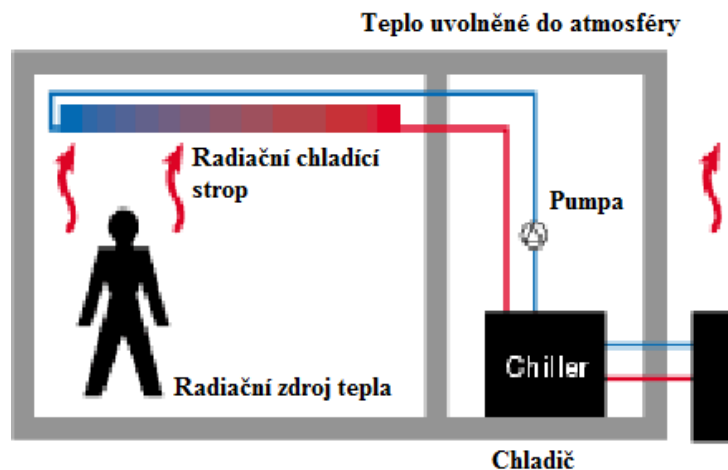


Obrázek 2.3 Příklady chladících stropních panelů<sup>3</sup>

Chladicí kapalina s teplotou okolo 14-17 °C proudí skrz systém potrubí, tím teplota stropních panelů má o pár stupňů nižší teplotu než okolní plochy (např. stěny, okna, vyzařující vybavení, lidé). Chladicí stopy pohlcují teplo vyzařované z těchto ploch. Když je teplo absorbované, teplota chladicí kapaliny, proudící systémem trubek, se zvýší o 2-3 °C. Teplá voda je následně odvedena a nahrazena chladicí kapalinou s původní teplotou.[3]

---

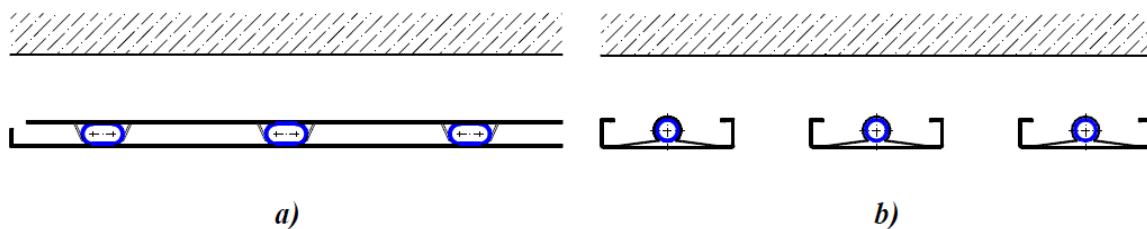
<sup>3</sup> Zdroj obrázků: [www.kuehldecken.de](http://www.kuehldecken.de) a [www.sasint.co.uk](http://www.sasint.co.uk)



Obrázek 2.4 Princip systému chladicího stropu

Chladicí stropy je možné rozdělit podle konstrukce na otevřené a uzavřené. Základní konstrukce jsou zobrazeny na Obrázku 2.5 Otevřené chladicí stropy (někdy nazýváme konvektivní) jsou charakteristické svými otvory či mezerami, které umožňují proudění vzduchu až ke stropu. U otevřených chladicích stropu převažuje konvektivní složka přenosu tepla mezi povrchem stropu a okolním vzduchem. Naopak uzavřené (sálavé) chladicí stropy pracují převážně se sálavou složkou tepelného toku. Z hlediska tepelného toku, by mely být uzavřené chladicí stropy na horní straně vždy izolovány. Obecně lze říci, že výkon otevřených chladicích stropu je asi o 10% vyšší, než u stropu uzavřených. Toto zvýšení je dáno výraznějším vznikem přirozeného proudu vzduchu v místnosti. [4]

Podíl konvektivní složky u sálavých chladicích stropu je asi 40%. Jedná se o přirozené proudění teplého vzduchu vznikajícího podél vnitřních zdrojů tepla. Zbytek, tedy 60% výkonu náleží sálavému účinku. [4]



Obrázek 2.5 Základní konstrukce chladicích stropů: a) uzavřené, b) otevřené [4]

## 2.3 Fan-Coil Unit (FCU)

Jednotka Fan-Coil je jednoduché zařízení skládající se z vytápěcí nebo chladicí spirály a větráku. Je to část systému HVAC<sup>4</sup> v obytných, komerčních a průmyslových budov. Standardně bývají FCU jednotky připojené na rozvody čerstvého vzduchu a slouží k regulaci teploty v prostoru, kde je jednotka instalována. Ovládá se pomocí manuálního spínače ZAP/VYP nebo pomocí termostatu.

Díky jejich jednoduchosti je instalace FCU ekonomičtější než instalace centrálního vytápěcího systému se vzduchotechnickou jednotkou. Nicméně vykazují vyšší hlučnost, díky větráku, který se nachází v kontrolovaném prostoru. [6]

### 2.3.1 Konstrukce a ovládání

Jednotka Fan-Coil může být instalována skrytě (za stropem), nebo nezakrytě (zavěšená na stropě) v prostoru působnosti.

Nezakrytý FCU může být namontovaný na stěně, stropě nebo může stát volně v místnosti. Typicky obsahuje krytí pro ochranu a zajištění zamaskování samotné jednotky. Takto krytá jednotka obsahuje mřížku pro vstup vzduchu z místnosti a rozptylovač pro dodávku čerstvého vzduchu.



Obrázek 2.6 Nezakrytý FCU<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> HVAC – Heating, Ventilation and air Conditioning = vytápění větrání a klimatizace

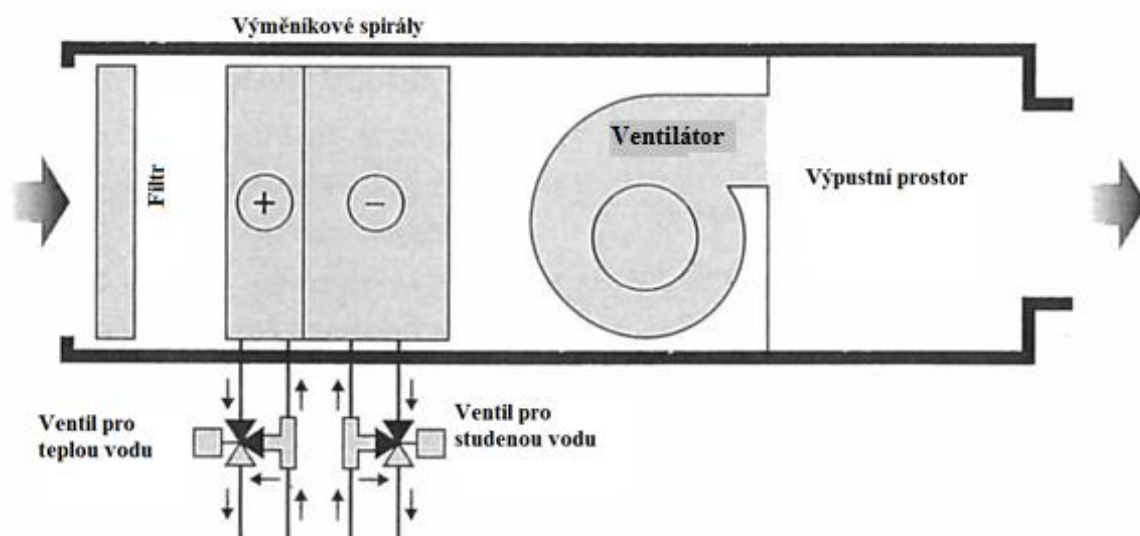
<sup>5</sup> Zdroj: [http://www.price-hvac.com/Catalog/Section\\_F1/Fan\\_Coils\\_Vertical/FCVC\\_FCVE.aspx](http://www.price-hvac.com/Catalog/Section_F1/Fan_Coils_Vertical/FCVC_FCVE.aspx)

Skrytá jednotka je typicky instalována v přístupných stropních podhledech nebo v servisních zónách. Mřížka pro vstupní vzduch v místnosti a rozptylovač pro přívodní vzduch jdou svedené pomocí potrubí do/z FCU. To nám zajišťuje rozsáhlou flexibilitu pro umístění mřížek. Běžně se používá, že návrat vzduchu se nepřipojuje pomocí potrubí.

Spirála v FCU přijímá teplou nebo studenou vodu z centrální nádrže, a odebírá nebo předává teplo vzduchu skrz výměník. Tradičně jednotky obsahují vlastní vnitřní termostat nebo můžou být připojeny na vzdálený termostat. Nicméně ovládání FCU se uskutečňuje přes místní digitální jednotku nebo je připojena na komunikační jednotku do vzdálené řídicí jednotky (PC, řídicí centrum).

FCU cirkulují horkou nebo chladnou vodu skrz spirálu v závislosti na podmínkách v místnosti. Jednotka dostává teplou nebo studenou vodu z centrálního rozvodu, nebo kotelny obsahující zařízení pro chlazení kapaliny. Použité zařízení obsahuje stroje pro odebrání tepla (chladič, chladicí věž) a zařízení pro ohřívání vody (boiler, kotel).

Fan-coil jednotky se rozdělují do dvou typů: dvoutrubkové potrubní vedení, nebo čtyřtrubkové. Dvoutrubkové vedení má jednu trubku přívodní a jednu odvodní. Přívodní trubka zásobuje chladnou nebo teplou vodou, v závislosti na ročním období. Čtyřtrubkové provedení obsahuje dvě trubky přívodní a dvě trubky odvodní. Toto provedení umožňuje přívod teplé nebo chladné vody kdykoli je potřeba. Poněvadž je často potřeba zároveň ochlazovat a ohřívat různé prostory, kvůli rozdílům ve vnitřních teplotách ztrátách a ziscích, je doporučeno používat čtyřtrubkové provedení. [6]



Obrázek 2.7 FCU ve čtyřtrubkovém provedení

## 3 MOŽNOSTI STANOVENÍ PRAMETRŮ

### 3.1 Entalpická testovací metoda

Ve vzdušné entalpické metodě jsou kapacity určeny z měření vstupní a výstupní teploty mokrého nebo rosného bodu nebo suchého teploměru a s tím spojenou rychlost vzduchu.

Určení rychlosti vnitřního vzduchu se určí podle kapitoly 3.1.2[5]

#### 3.1.1 Výpočty

##### 3.1.1.1 Chladící výkon

Celková citelná a latentní vnitřní chladící kapacita založená na testu vnitřního vzduchu se dá vypočítat podle následujících vzorců: [5]

$$\phi_{tci} = \frac{q_{vi}(h_{a1}-h_{a2})}{v'_n(1+W_n)} 1000 \quad (1)$$

$$\phi_s = \frac{q_{vi}(c_{pa1}t_{a1}-c_{pa2}t_{a2})}{v'_n(1+W_n)} \quad (2)$$

$$\phi_d = \frac{K_1 q_{vi}(W_{i1}-W_{i2})}{v'_n(1+W_n)} 1000 \quad (3)$$

$$\phi_d = \phi_{tci} - \phi_s \quad (4)$$

$$\phi_d = K_1 q_{wc} \quad (5)$$

Kde:

$q_{wc}$	Hmotnostní tok kondenzované vodní páry	kg/s
$c_{pa1}$	Měrná tepelná kapacita přiváděného vlhkého vzduchu do vnitřního prostoru	J/(kg.K)
$c_{pa2}$	Měrná tepelná kapacita odváděného vlhkého vzduchu z vnitřního prostoru	J/(kg.K)
$h_{a1}$	Měrná entalpie přiváděného vlhkého vzduchu do vnitřního prostoru	kJ/kg (s.vz.)
$h_{a2}$	Měrná entalpie odváděného vlhkého vzduchu z vnitřního prostoru	kJ/kg (s.vz.)
$K_1$	Výparné teplo vody $K_1 = 2\,460$ kJ/kg	kJ/kg
$\phi_d$	Latentní chladící výkon (odvlhčení)	W
$\phi_s$	Citelný chladící výkon	W
$\phi_{tci}$	Celkový chladící výkon jednotky ve vnitřní části zkušebního prostoru	W
$q_{vi}$	Objemový průtok vzduchu vnitřním prostorem	m <sup>3</sup> /s
$W_{i1}$	Měrná vlhkost přiváděného vlhkého vzduchu do vnitřního prostoru	kg/kg (s.vz.)
$W_{i2}$	Měrná vlhkost odváděného vlhkého vzduchu z vnitřního prostoru	kg/kg (s.vz.)
$W_n$	Měrná vlhkost vzduchu na vstupu do jednotky	kg/kg (s.vz.)
$v'_n$	Měrný objem vlhkého vzduchu na měřicím průtokoměru vzduchu	m <sup>3</sup> /kg



$t_{a1}$	Teplota přiváděného vlhkého vzduchu do vnitřního prostoru	°C
$t_{a2}$	Teplota odváděného vlhkého vzduchu z vnitřního prostoru	°C
$q_{wc}$	Hmotnostní tok kondenzované vodní páry	kg/s

### 3.1.1.2 Topný výkon

Celkový topný výkon založený na vnitřní straně se dá vypočítat pomocí následujícího vzorce:

$$\varphi_{thi} = \frac{q_{vi}(h_{a2}-h_{a1})}{v'_n(1+W_n)} \quad (6)$$

Kde:

$h_{a1}$	Měrná entalpie přiváděného vlhkého vzduchu do vnitřního prostoru	kJ/kg (s.vz.)
$h_{a2}$	Měrná entalpie odváděného vlhkého vzduchu z vnitřního prostoru	kJ/kg (s.vz.)
$W_n$	Měrná vlhkost vzduchu na vstupu do jednotky	kg/kg (s.vz.)
$v'_n$	Měrný objem vlhkého vzduchu na měřícím průtokoměru vzduchu	m <sup>3</sup> /kg
$q_{vi}$	Objemový průtok vzduchu vnitřním prostorem	m <sup>3</sup> /s
$\varphi_{thi}$	Celkový topný výkon	W

### 3.1.2 Měření rychlosti vzduchu

Tato část se zabývá testovací procedurou pro zjištění rychlosti vzduchu klimatizátorů vzduchu nebo tepelných čerpadel.

#### 3.1.2.1 Testovací instalace

Úplná jednotka a jednoduchá dělená jednotka by měla mít potrubní sekci uchycenou na výstupní místo vnitřního prostoru pro připojení přístroje na měření rychlosti proudění vzduchu.

Vícenásobný dělený systém by měl mít krátké sběrné komory uchycené ke každé vnitřní jednotce. Každá sběrná komora by měla vyústit do potrubní sekce, potrubí by mělo vyústit do měřiče rychlosti vzduchu. [5]

#### 3.1.2.2 Testovací podmínky

Rychlost proudění vzduchu by měla být za standartního vzduchu a měřena se suchým výměníkem tepla, pouze když je větrák v provozu.

Pro jednotky připojené na potrubí, měl být externí statický tlak nastaven podle [5] - 4.4.1.3 a 4.4.1.4.

Pro jednotky nepřipojené na potrubí by měl být externí statický tlak nastaven na nulu (0).

### 3.1.2.3 Měření proudění vzduchu

Měření proudění vzduchu by se mělo provádět tak, aby byly splněny požadavky pro nejistoty měření dané v následující tabulce:

Měřená veličina	Jednotka	Nejistota měření
<b>Kapalina</b>		
Teplota, vstup/výstup	°C	± 0,1 K
Objemový průtok	m <sup>3</sup> /s	± 1 %
Statická tlaková diference	Pa	± 5 Pa ( $\Delta p \leq 100$ Pa) ± 5% ( $\Delta p > 100$ Pa)
<b>Vzduch</b>		
Suchý teploměr	°C	± 0,2 K
Vlhký teploměr	°C	± 0,3 K
Objemový průtok	m <sup>3</sup> /s	± 5 %
Statická tlaková diference	Pa	± 5 Pa ( $\Delta p \leq 100$ Pa) ± 5% ( $\Delta p > 100$ Pa)
<b>Chladivo</b>		
Tlak (výstup kompresoru)	kPa	± 1 %
Teplota	°C	± 0,5K
<b>Koncentrace</b>		
Teplonosná kapalina	%	± 2 %
<b>Elektrické veličiny</b>		
Výkon	W	± 1 %
Napětí	V	± 0,5 %
Proud	A	± 0,5 %
Energie	kWh	± 1 %
<b>Kompresor</b>		
Otáčky	1/min	± 0,5 %

Tabulka 1 Požadavky na nejvyšší přípustné nejistoty měření [5]

## 3.2 Kalorimetrická testovací metoda

Tato metoda poskytuje metodu pro zjištění současně kapacitu na straně jak vnitřní, tak venkovní. V chladicím režimu s vnitřní kapacita zjistí balancováním ochlazovacího cyklu a odvlhčovací efektem s měřením tepelných a vodních vstupů. Kapacita venkovní strany poskytuje potvrzovací test k chladicímu a odvlhčovacímu efektu balancováním tepelného a vodního odběru na straně odvlhčovače s měřením hodnoty chlazení.

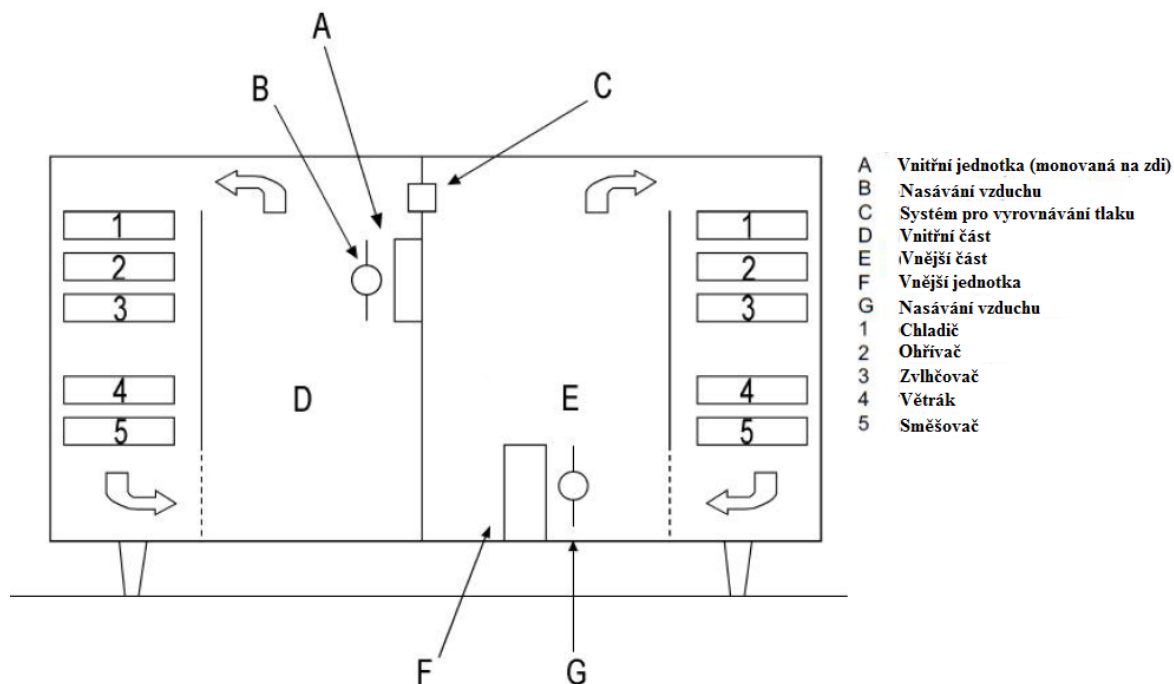
Velikost kalorimetru (kalorimetrické komory) by měla být dostačující, aby se zamezilo jakýmkoli únikům do vstupních nebo výstupních otvorů zařízení. Plechy s otvory nebo jiné vhodné mřížování by mělo být na výstupním otvoru z rekondičního zařízení, aby se zamezilo přímým rychlostem proudění vzduchu přesahující 1 m/s. Před jakýmkoli výstupními nebo vstupními mřížemi by měl být poskytnutý dostačující volný prostor, aby se zamezilo rušení s prouděním vzduchu. Minimální vzdálenost od zařízení ke zdem, nebo stropů prostoru by měl být 1 m, s výjimkou závěsného zařízení, které by mělo být instalováno minimálně 1,8 m nad podlahou. Následující tabulka udává doporučené rozměry pro kalorimetr. [5]

Jmenovitá chladicí kapacita [W]	Doporučené minimální vnitřní rozměry pro každou místnost v kalorimetru [m]		
	Šířka	Výška	Délka
3 000	2,4	2,1	1,8
6 000	2,4	2,1	2,4
9 000	2,7	2,4	3,0
12 000	3,0	2,4	3,7

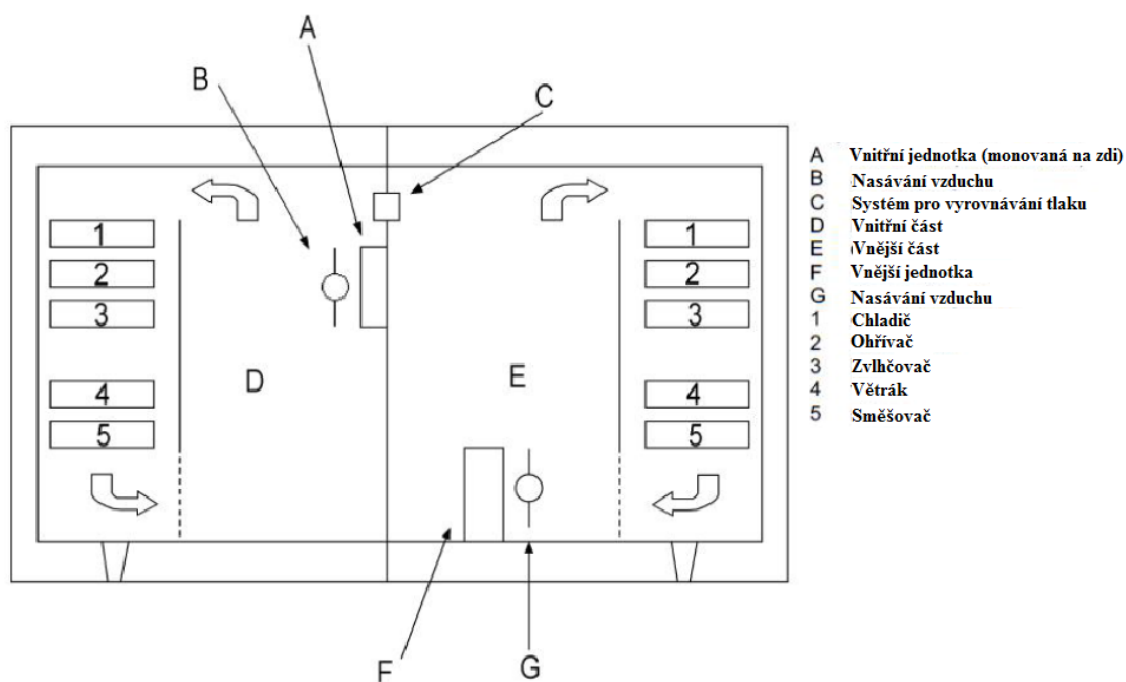
Tabulka 2 Doporučené minimální rozměry [5]

Každé část by měla být opatřena předepsaným zařízeními aby byla zajištěna specifikovaná rychlost proudění předepsané podmínky. Rekondiční přístroj při vnitřní část by měl obsahovat ohřívače pro dodávku citelného tepla a zvlhčovače pro udržení potřebné vlhkosti. Rekondiční zařízení pro venkovní stranu by mělo zajišťovat chlazení, odvlhčování a zvlhčování. Odběry elektrické energie by měly být kontrolovány a měřeny.

Rekondiční zařízení pro obě strany by mělo být s větráky s dostatečnou kapacitou k zajištění proudění vzduchu ne-menšího než dvojnásobek množství vzduchu vypouštěného z testujícího zařízení během testu v kalorimetru. Kalorimetr by měl být vybavený prostředky pro měření nebo určení specifických teplot mokrého nebo suchého teploměru v obou prostorách kalorimetru. [5]



Obrázek 3.1 Typický příklad kalibrovaného pokojového kalorimetru



Obrázek 3.2 Typický příklad kompenzovaného pokojového kalorimetru

Zařízení pro vyrovnávání tlaku musí být zajištěno v oddělovací přičce mezi vnitřní a vnější stranou kalorimetru k zajištění kompenzování tlaku mezi těmito místnostmi. Toto zařízení obsahuje jednu nebo více trysek, vypouštěcí komoru vybavenou výfukovým větrákem a manometry pro měření prostoru a tlaku proudícího vzduchu.

Proudění vzduchu z jedné místnosti do místnosti druhé může probíhat oběma směry. Proto by měly být namontovány dvě takováto zařízení, nebo zařízení schopné pracovat oběma směry. Trubky manometru by měly být umístěny tak, aby nebyly ovlivněny vyústkou ze zařízení nebo výfukovou trubicí ze zařízení pro vyrovnávání tlaku. Ventilátor, který vypouští vzduch z vypouštěcí komory, by měl mít více možností vypouštění vzduchu pomocí jakýchkoli vhodných prostředků, jako variabilní rychlost pohonu nebo tlumič.

Je zřejmé, že jak ve vnitřní místnosti, tak ve vnější místnosti kalorimetru teplotní gradienty a vzorce proudění vzduchu jsou následkem interakce rekondičního zařízení a testovacího vybavení v místnosti. Proto výsledné podmínky jsou typické a záleží na dané kombinaci velikosti místností, umístění a velikosti rekondičního zařízení a charakteristiky proudění vzduchu z vyústek testovacího zařízení. [5]

Místa pro měření specifických testovacích teplot (mokrého a suchého teploměru, rosného bodu) by měla splňovat následující podmínky:

- a) Měřené teploty by měly teplotu obklopující každou část vybavení a měla by simulovat podmínky pro aktuální aplikaci jak pro vnitřní tak pro vnější část kalorimetru.
- b) Teplota v místě měření by neměla být ovlivněna vzduchem vypouštěným z jakékoli části zařízení. Tímto vzniká povinnost, že teploty jsou měřeny proti proudu jakékoli recirkulace produkované zařízením.

Trubice pro odběr vzduchu by měly být umístěny na přívodní straně zařízení.

Vnitřní povrchy místností v kalorimetru by být z nepórovitých materiálů se všemi spoji řádně utěsněnými proti úniku vzduchu a vlhkosti. Vstupní dveře musí být také řádně utěsněny proti úniku vzduchu a vlhkosti použitím těsnění nebo jiného vhodného prostředku. [5]

## 4 KALORIMETRICKÁ KOMORA

### 4.1 Kalibrovaná

Kalibrovaná kalorimetrická komora je znázorněna na Obrázek 3.1 Typický příklad kalibrovaného pokojového kalorimetru. Každá část kalorimetrické komory by měla být izolována, aby se předešlo teplotním ztrátám (včetně radiace). Prostor pod podlahou komory by měl být provětrávaný.

Teplotní ztráty by měly být určeny jak pro vnitřní tak pro vnější část komory podle následující metody: všechny otvory by měly být zavřeny. Obě části by měly být vyhřáty elektrickým topením na teplotu o 11K vyšší než je teplota obklopující kalorimetrickou komoru. Vnější teploty by se měla udržovat konstantní okolo všech šesti ploch s teplotním rozdílem  $\pm 1\text{K}$  včetně oddělovací přepážky. Jestli je přepážka ze stejného materiálu jako ostatní zdi, tak by tepelné ztráty skrz přepážku měly být stanoveny na proporčním základě prostoru.

Pro kalibrování tepelných ztrát skrz oddělovací přepážku samostatně se může použít následující procedura: test se provádí, jak je popsáno výše. Potom se teplota vedlejší oblasti na druhé straně přepážky zvýší na stejnou teplotu jako je ve vyhřívané části, tím se eliminuje teplotní ztráta skrz přepážku. Zatímco je dosažen teplotní rozdíl 11K mezi vyhříváním prostorem a okolním prostředím obklopujících zbylých 5 ploch.

Rozdíl v tepelném vstupu mezi prvním a druhým testem by měl umožnit stanovení tepelných ztrát skrz oddělovací přepážku.

Pro venkovní část kalorimetrické komory vybavené zařízením pro chlazení, alternativní prostředky pro kalibraci zchladí prostor aspoň o 11K níž, než je teplota okolního prostředí a následně se může provést podobná analýza.

Jako alternativu pro souběžnou metodu stanovování výkonu pro komoru se dvěma místnostmi, výkon vnitřního prostoru může být ověřen použitím standartního průmyslového zařízení pro kalibraci chladicího výkonu minimálně každých šest měsíců. Kalibrační zařízení může být také dalším zařízením, jehož výkon byl měřen současně vnitřní a venkovní měřicí metodou v akreditované státní testovací laboratoři jako část programu pro ověřování chladicího výkonu pro průmysl. [5]

## 4.2 Kompenzovaná

Kompenzovanou kalorimetrickou komoru můžeme vidět na Obrázek 3.2 Typický příklad kompenzovaného pokojového kalorimetru. Je založena na principu zachování teploty suchého teploměru obklopující konkrétní místnost s teplotou suchého teploměru zachovanou uvnitř oné místnosti.

Podlaha, strop a stěny kalorimetrické komory by měly být s vhodným rozestupem od podlahy, stropu a zdí kontrolovaného prostoru okolo kalorimetrické komory. Tato oblast obsahuje jednotnou teplotu vzduchu. Je doporučeno, aby tato vzdálenost dosahovala minimálně 0,3 m. Měly by být k dispozici prostředky pro cirkulaci vzduchu v tomhle prostoru, aby se zamezilo stratifikaci.

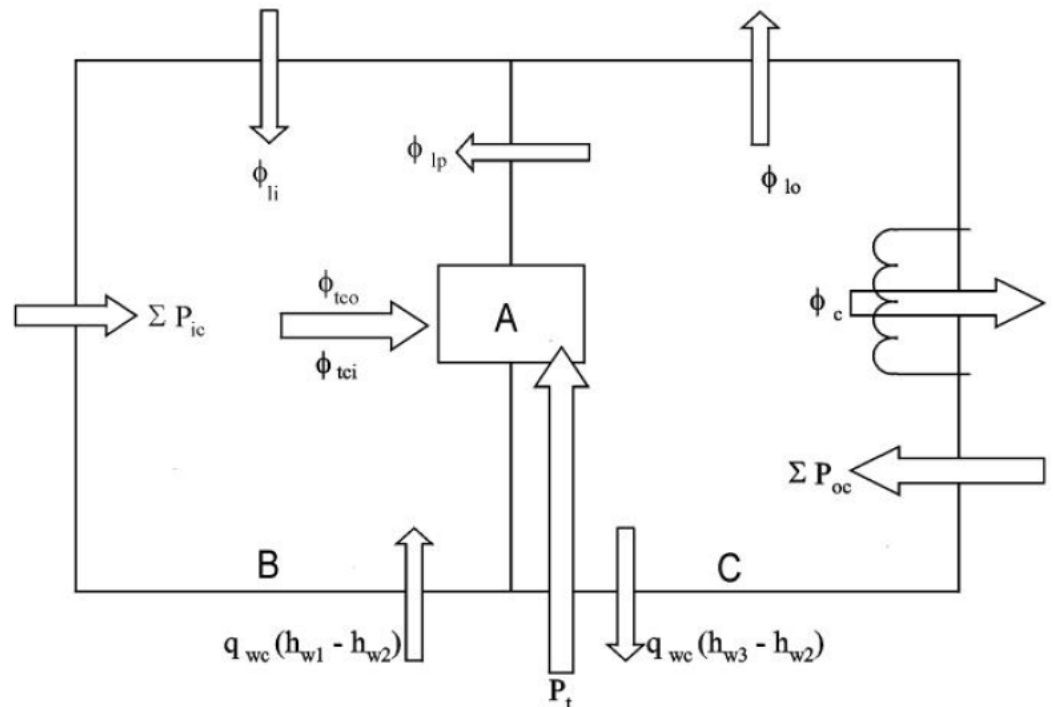
Tepelné ztráty skrz oddělenou část by měly být zahrnuty do výpočtu tepelné bilance. Mohou se kalibrovat nebo může být proveden výpočet.

Je doporučeno aby podlaha, strop a stěny v kalorimetrické komoře byly izolované tak, aby limit tepelných ztrát (včetně radiace) nepřekročil víc než 10% kapacity testovaného zařízení, aby nebyl rozdíl teplot větší než 11K nebo 300W pro stejný teplotní rozdíl. [5]

## 5 MOŽNOSTI STANOVENÍ PARAMETRŮ V KALORIMETRICKÉ KOMOŘE

### 5.1 Výpočet chladícího výkonu

Množství energetického toku použitého pro výpočet celkového chladícího výkonu založený na měřicích přístrojích na vnitřní a vnější straně je znázorněn na následujícím obrázku:



Obrázek 5.1 Energetický tok v kalorimetrické komoře během testu chladícího výkonu[5]

Kde:

- A Zkoušená jednotka
- B Vnitřní část zkušebního prostoru
- C Vnější část zkušebního prostoru

Ostatní značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.

#### 5.1.1 Výpočet celkového chladícího výkonu na vnitřní straně komory

Výpočet je stejný jak pro kompenzovanou, tak pro kalibrovanou kalorimetrickou komoru a vzorec vypadá následovně: [5]

$$\phi_{tci} = \Sigma P_{ic} + q_{wc}(h_{w1} - h_{w2}) + \phi_{lp} + \phi_{li} \quad (7)$$



Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5

*Pozn.: Jestliže není přivedena žádná voda během testu,  $h_{w1}$  se bere při teplotě vody ve vlhčící nádobě klimatizačního zařízení.*

Není-li praktické měřit teplotu vody jdoucí z vnitřního prostoru do vnějšího prostoru kalorimetrické komory, může se předpokládat teplota kondenzátu jako měřená nebo odhadovaná teplota vlhkého teploměru vystupující z testovaného zařízení.

Vodní pára ( $q_{wc}$ ) kondenzující od zařízení během testu může být určena jako množství vody vypařené do vnitřního prostoru komory rekondičního zařízení, aby se zachovala požadovaná vlhkost.

Teplotní ztráty ( $\phi_{tp}$ ) do vnitřního prostoru skrz oddělovací přepážku mezi vnitřní a vnější částí komory může být určena za kalibračního testu, nebo v případě kompenzované kalorimetrické komory, může být určení založeno na výpočtu. [5]

### 5.1.2 Výpočet celkového chladícího výkonu ve vnější části komory

Výpočet je stejný pro obě typy komor, a vzorec vypadá následovně:

$$\phi_{tco} = \phi_c - \Sigma P_{oc} - P_t + q_{wc}(h_{w3} - h_{w2}) + \phi_{tp} + \phi_{lo} \quad (8)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.

*Pozn.: Entalpie  $h_{w3}$  se bere při teplotě odcházejícího kondenzátu na vnější straně komory.*

Tempo tepelných ztrát ( $\phi_{tp}$ ) do vnitřní části komory skrz rozdělovací přepážku mezi vnitřní a vnější stranou komory může být určen kalibračním testem, nebo v případě kompenzované kalorimetrické komory určen pomocí výpočtu.

*Pozn.: Toto množství může být číselně stejné jako v případě použití vzorečku (7) pouze v případě, jestli je plocha oddělující přepážky stejná na vnější, tak na vnitřní straně komory. [5]*

### 5.1.3 Výpočet celkového chladícího výkonu jednotky chladící vodou

$$\phi_{tco} = \phi_{co} - \Sigma P_E \quad (9)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.[5]

### 5.1.4 Výpočet vázaného chladícího výkonu (při odvlhčování místnosti):

$$\phi_d = K_1 \cdot q_{wc} \quad (10)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5. [5]

### 5.1.5 Výpočet citelného chladícího výkonu

$$\phi_s = \phi_{tci} - \phi_d \quad (11)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.[5]

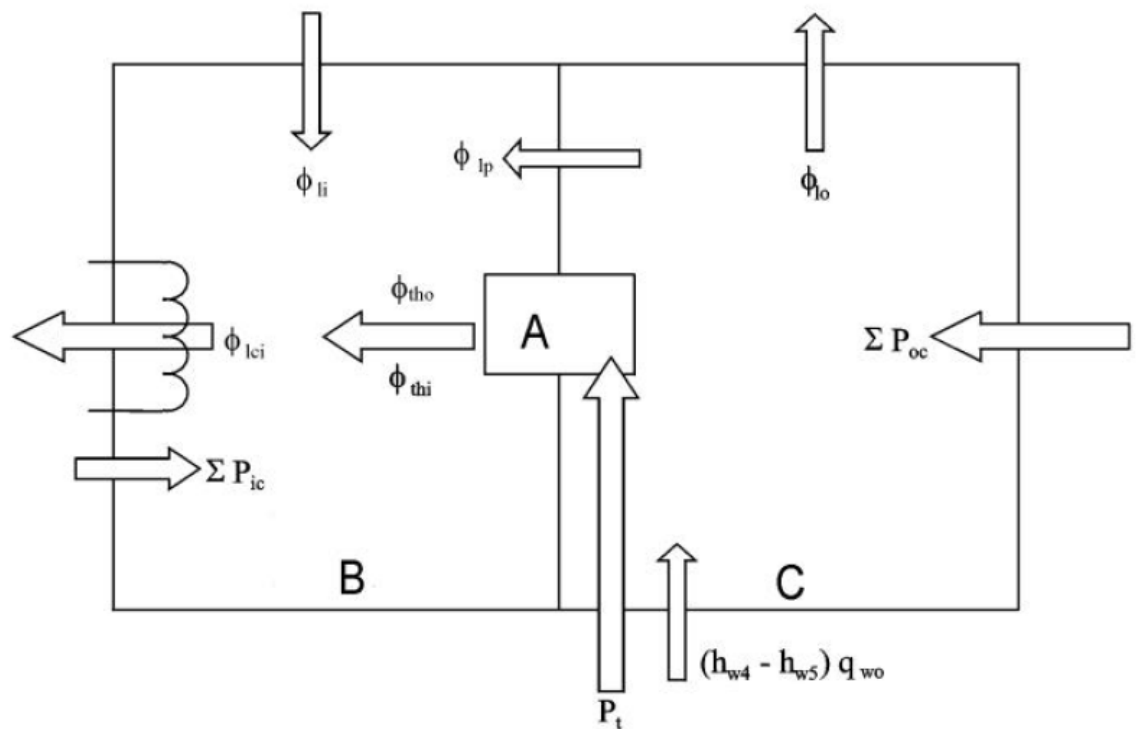
### 5.1.6 Výpočet faktoru citelného tepla

$$SHR = \frac{\phi_s}{\phi_{tci}} \quad (12)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.

## 5.2 Stanovení topného výkonu

Množství energetického toku, které se používá k výpočtu celkového topného výkonu se stanoví pomocí měření ve vnitřní a vnější části komory jak je ukázáno na obrázku níže:



Obrázek 5.2 Energetické toky v komoře během probíhajícího testu [5]

Kde:

- A Zkoušená jednotka
- B Vnitřní část zkušebního prostoru
- C Vnější část zkušebního prostoru

Ostatní značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.

### 5.2.1 Stanovení tepelného výkonu jednotky pomocí měření ve vnitřní čisti komory

Stanovení tepelného výkonu pomocí měření ve vnitřní čisti kalorimetrické komory se vypočítá dle následujícího vztahu

$$\phi_{tHi} = \phi_{lci} - \phi_{lp} - \phi_{li} - \Sigma P_{ic} \quad (13)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.

### 5.2.2 Stanovení topného výkonu jednotky z měření na absorpční straně

Topný výkon jednotky z měření na absorpční straně se vypočítá pro jednotku, kde výparník odebírá teplo z proudícího vzduchu následovně:

$$\phi_{tHo} = \Sigma P_{oc} + P_t + q_{wo} \cdot (h_{w4} - h_{w5}) - \phi_{tp} - \phi_{lo} \quad (14)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.

### 5.2.3 Celkový topný výkon jednotky chlazené vodou odečítán na straně výparníku

Výpočet se provede podle následujícího vzorce:

$$\phi_{tHo} = \phi_{e0} + \Sigma P_E \quad (15)$$

Kde jsou značky dle Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5.

### 5.3 Značky a veličiny použité v kapitole 5

Symbol	Popis	Jednotky
$h_{w1}$	Měrná entalpie vody/vodní pára ve vzduchu přiváděného do vnitřního prostoru	kJ/kg
$h_{w2}$	Měrná entalpie zkondenzované vodní páry odvedené z kondenzátoru vnitřního prostoru	kJ/kg
$h_{w3}$	Měrná entalpie kondenzátu odvedeného z kondenzátoru vnitřního prostoru	kJ/kg
$h_{w4}$	Měrná entalpie vody vstupující do vnějšího prostoru	kJ/kg
$h_{w5}$	Měrná entalpie kondenzátu, nebo námrazy vzniklé působením jednotky	kJ/kg
$K_1$	Výparné teplo vody $K_1 = 2\,460$ kJ/kg	kJ/kg
$\phi_c$	Tepelný výkon chladiče vzduchu ve vnitřním prostoru	W
$\phi_{co}$	Tepelný výkon kondenzátoru ve vnitřním prostoru	W
$\phi_d$	Latentní chladicí výkon (odvlhčení)	W
$\phi_{e0}$	Výkon výparníku jednotky	W
$\phi_{lci}$	Tepelný tok odvedený z vnitřního prostoru	W
$\phi_{li}$	Ztrátový tepelný tok obálkou vnitřního prostoru, s výjimkou přepážky	W
$\phi_{lo}$	Ztrátový tepelný tok obálkou vnějšího prostoru, s výjimkou přepážky	W
$\phi_{lp}$	Ztrátový tepelný tok přepážky	W
$\phi_s$	Citelný chladicí výkon	W
$\phi_{tci}$	Celkový chladicí výkon jednotky ve vnitřní části zkušebního prostoru	W
$\phi_{tco}$	Celkový chladicí výkon jednotky ve vnější části zkušebního prostoru	W
$\phi_{tHi}$	Celkový topný výkon jednotky ve vnitřní části zkušebního prostoru	W
$\phi_{tHo}$	Celkový topný výkon jednotky ve vnější části zkušebního prostoru	W
$P_t$	Celkový příkon jednotky	W
$\Sigma P_E$	Efektivní příkon jednotky	W
$\Sigma P_{ic}$	Součet všech příkonů vnitřního prostoru	W
$\Sigma P_{oc}$	Součet všech příkonů všech jednotek/zařízení ve vnějším prostoru (např. ventilátorů, čerpadel,...)	W
$q_{wo}$	Hmotnostní průtok vody přivedené do vnější části zkušebního prostoru	g/s
$SHR$	Faktor citelného tepla	-
$q_{wc}$	Hmotnostní tok zkondenzované vodní páry	kg/s

Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5 [5]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 POSTUP ZKOUŠENÍ

### 6.1 Měření deklarovaných chladících výkonů

#### 6.1.1 Ustálený stav

Ustálený stav nastává, když všechny měřené veličiny zůstávají konstantní bez nutnosti upravovat požadované hodnoty. Takto musí zůstat minimálně po dobu 1 h, s ohledem na tolerance dané v Tabulka 4 Dovolené odchylky od nastavených hodnot. Periodické výkyvy měření způsobené ovládáním regulace a ovládáním přístroje jsou přípustné za podmínky, že střední hodnota těchto výkyvu nepřekročí povolenou hodnotu zmíněnou v Tabulka 4 Dovolené odchylky od nastavených hodnot.

Měřená veličina	Přípustná odchylka aritmetického průměru od žádané hodnoty	Přípustná odchylka jednotlivých měřených hodnot od žádané hodnoty
<b>Kapalina</b>		
Vstupní teplota	±0,2K	±0,5K
Výstupní teplota	±0,3K	±0,6K
Objemový průtok	±2%	±5%
Statická tlak. diference	–	±10%
<b>Vzduch</b>		
Vstupní teplota (suchá, vlhká)	±0,3K	±1K
Objemový průtok	±5%	±10%
Statická tlak. diference	–	±10%
<b>Chladivo</b>		
Teplota kapaliny	±1K	±2K
Sytá pára/teplota odpařování	±0,5K	±1K
<b>Napětí</b>	±4%	±4%

Tabulka 4 Dovolené odchylky od nastavených hodnot [5]

#### 6.1.2 Měření chladícího výkonu

Pro výstup měření je důležité zaznamenávat významné data průběžně. V případě záznamového zařízení, které zaznamenává data po cyklech, by perioda vzorkování měla být nastavena minimálně co 30 s.

Výstup by měl být měřen za ustáleného stavu. Doba trvání měření by neměla být menší než 35 min. [5]

## **6.2 Měření deklarovaných topných výkonů**

### **6.2.1 Popis procesu měření**

Testovací procedura se skládá ze tří period:

- 1) Přípravná perioda
- 2) Rovnovážná perioda
- 3) Perioda sběru dat

Trvání periodu sběru dat se liší v závislosti, zda provoz tepelného čerpadla je v ustáleném nebo přechodném stavu. [5]

### **6.2.2 Přípravná perioda**

Rekondiční zařízení a tepelné čerpadlo v testovací místnosti bude tak dlouho v provozu dokud nebudou dosaženy požadované tolerance uvedené v Tabulka 4 Dovolené odchylky od nastavených hodnot po dobu minimálně 10 minut.

Přípravnou periodu může ukončit cyklus tání. Jestliže přípravou periodu ukončí odtávající cyklus, tak by tepelné čerpadlo mělo pracovat v režimu vytápění po dobu 10 minut před započítáním rovnovážné periody.

Je doporučeno přípravou periodu ukončit automaticky nebo ručně spuštěným odtávajícím cyklem při zkoušce v provozních podmínkách pro vnější vzduch uvedených v Tabulce 3,18-21 normy CSN EN 14511-2:2013.

Pro jednotky které mají odtávající cyklus za standartních podmínek, by měl být průtok vody stanoven na korespondující vstupní/výstupní teplotu vody, 20 minut po skončení odtávajícího cyklu. Manuálně nebo automaticky. [5]

### **6.2.3 Rovnovážná perioda**

Tato perioda nastupuje hned po přípravné periodě, nebo odtávajícím cyklu a 10 minutové obnovovací periodě, která končí přípravou periodu.

Kompletní rovnovážná perioda by měla trvat 1 hodinu. [5]

### **6.2.4 Perioda sběru dat**

Tato perioda následuje periodu rovnovážnou.

Data by měly být ukládána každých 30 s nebo méně, s výjimkou odtávajícího cyklu jak je specifikováno níže.

Během odtávajícího cyklu plus prvních 10 minut po ukončení odtávání, údaje použité ve vyhodnocování topného výkonu a vstupního výkonu tepelného čerpadla by měla být vzorkována s větší frekvencí, s intervalem každých 10 s nebo méně. Při použití entalpické metody vnitřního vzduchu, tyto častěji vzorkované data zahrnují změnu teploty suchého teploměru na vnitřní straně. Při použití kalorimetrické metody, tyto data zahrnují všechny potřebné měření pro určení vnitřního výkonu.

Pro tepelné čerpadlo, které automaticky vypíná/zapíná vnitřní větrák během odtávajícího cyklu příspěvek čistého vytápění dodané a/nebo změna vnitřní teploty suchého teploměru by měla být na nulu, když je vnitřní větrák vypnut, při použití entalpické metody. Při použití kalorimetrické metody, tak zaznamenávání výkonu by mělo pokračovat, i když je vnitřní větrák vypnut. [5]

Rozdíl mezi výstupní a vstupní teplotou na vnitřním výměníku tepla by měla být měřena. S intervalem 5 minut během zaznamenávací periody. Následně se vypočítá změna teplot  $\Delta T_i(\tau)$ . Průměrná změna teploty pro prvních 5 minut v téhle periodě ( $\Delta T_i(\tau = 0)$ ) by měla být uchována pro budoucí použití při výpočtu procentuální změny:

$$\% \Delta T = \left[ \frac{\Delta T_i(\tau=0) - \Delta T_i(\tau)}{\Delta T_i(\tau=0)} \right] \quad (16)$$

### **6.2.5 Testovací procedura: Když odtávající cyklus ukončí přípravnou periodu**

Když velikost  $\% \Delta T$  přesáhne 2,5% během prvních 70 minut při periodě sběru dat, tak by se měl topný výkon stanovit pomocí nestacionárního zkušebního testu. Podobně, když tepelné čerpadlo spustí odtávající cyklus během rovnovážné periody, nebo během prvních 70 minut při periodě sběru dat, tak by se topný výkon měl určit pomocí nestacionárního zkušebního testu.

Pokud nenastanou podmínky výše zmíněné a odchylky stanovené v Tabulka 4 Dovolené odchylky od nastavených hodnot nejsou překročeny během rovnovážné periody, nebo během prvních 70 minut periody sběru dat, tak se topný výkon stanoví pomocí testu za ustáleného stavu. Ustálený stav by se měl ukončit za 70 min sběru dat. [5]



### **6.2.6 Testovací procedura: když odtávající cyklus neukončí přípravnou periodu**

- 1) Jestli tepelné čerpadlo spustí odtávající cyklus během rovnovážné periody, nebo během prvních 70 minut periody sběru dat, tak by se test na zjištění topného výkonu měl restartovat, jak je napsáno v odstavci 7.2.6 – 3
- 2) Jestli hodnota  $\% \Delta T$  přesáhne 2,5% kdykoli během 70 min sběru dat, tak by se test pro zjištění tepelné kapacity měl restartovat, jak je napsáno v odstavci 7.2.6 -3. Před restartem by měl nastat odtávající cyklus. Odtávající cyklus by se měl spustit manuálně, nebo by se mělo počkat, dokud tepelné čerpadlo nespustí automatické odtávání.
- 3) Jestli nastane jakákoli možnost z předchozích dvou odstavců, tak by měl nastat restart 10 min po ukončení odtávajícího cyklu. Po těchto 10 min znovu nastane nová rovnovážná perioda trvající 1 h. Tento druhý pokus musí splňovat podmínky pro rovnovážnou, sběrnou periodu a testovací proceduru popsanou v 6.2.5.
- 4) Jestli podmínky popsané v prvních odstavcích nenastanou a jestli tolerance popsané v Tabulka 4 nejsou překročeny během rovnovážné periody ani během prvních 7 minut sběru dat, tak se topný výkon určí z testu za ustáleného stavu. Test za ustáleného stavu by se měl ukončit po 70 minutách sběru dat. [5]

### **6.2.7 Testovací procedura pro nestacionární zkoušení**

Když se podle 6.2.5 stanoví, že se test topného výkonu bude provádět podle nestacionárního zkoušení, tak by se měly aplikovat následující úpravy.

K pokračování v platném přechodném testu topného výkonu, musí být splněny tolerance specifikované v Tabulka 5 v obou periodách – rovnovážné a sběrné. Jak je napsáno v Tabulka 5, tolerance při testování jsou specifikované do dvou dílčích intervalů. Interval H obsahuje data naměřené během každého ohřívacího cyklu, mimo prvních 10 min po ukončení odtávajícího cyklu. Interval D obsahuje data posbíraná během každého odtávajícího cyklu plus prvních 10 minut z ohřívacího cyklu. [5]

Testované toleranční parametry v Tabulka 5 by měly být stanoveny během rovnovážné a sběrné periody. Data naměřené během každého intervalu (H nebo D), by měly být vyhodnoceny tak, jestli souhlasí s tolerancemi v Tabulka 5. Data ze dvou nebo více H intervalů, nebo dvou a více D intervalů by neměly být zkombinovány a následně použité pro posouzení s tolerancemi v Tabulka 5. Vyhodnocování každého intervalu zvlášť musí být dodrženo. [5]

Perioda sběru dat musí být prodloužena, dokud neuběhnou 3h nebo dokud tepelné čerpadlo nedokončí tři kompletní cykly během periody. Jestli během 3 hodinového cyklu tepelné čerpadlo spustí odtávající cyklus, tak tento cyklus musí skončit předtím, než se ukončí sběr dat.

Ukazovaná hodnota	Odchylna aritmetické střední hodnoty od pevně stanovených zkušebních podmínek		Odchylna jednotlivých hodnot od pevně stanovených zkušebních podmínek	
	Oblast H <sup>a</sup>	Oblast D <sup>b</sup>	Oblast H <sup>a</sup>	Oblast D <sup>b</sup>
<b>Vstupní teplota vzduchu vnitřní strany</b>				
Suchý teploměr	± 0,6 K	± 1,5 K	± 1,0 K	± 2,5 K
Vlhký teploměr	-	-	-	-
<b>Vstupní teplota vzduchu vnější strany</b>				
Suchý teploměr	± 0,6 K	± 1,5 K	± 1,0 K	± 5,0 K
Vlhký teploměr	± 0,4 K	± 1,0 K	± 0,6 K	-
<b>Vstupní teplota vody</b>	± 0,2 K	-	± 0,5 K	
<b>Výstupní teplota vody</b>	± 0,5 K	-	± 1,0 K	-
<sup>a</sup> Platí pro Topný režim TČ, s výjimkou prvních 10minut po ukončení odtávajícího cyklu <sup>b</sup> Platí během odtávajícího cyklu a během prvních 10minut po ukončení odtávajícího cyklu, když TČ pracuje v topném režimu.				

Tabulka 5 Přípustné odchylky při zkouškách topného výkonu při průběhu v nestacionárním stavu [5]

## 7 VYHODNOCOVÁNÍ MĚŘENÍ

### 7.1 Data, které musí být zaznamenána

Data, které by měly být zaznamenána pro výkonový test, jsou uvedena v Tabulka 6. Tabulka identifikuje potřebné obecné informace, ale není určena k omezování dat, které by mohly být získány.

Tyto hodnoty jsou průměrné hodnoty veličin získaných ve sběrné periodě, s výjimkou měření času.

Měřená veličina	Jednotka	Kalorimetrická komora	Vzdušná entalpická metoda	Vodní entalpická metoda
<b>1) Okolní podmínky</b>				
Teplota vzduchu suchého teploměru	°C		X	X
Atmosférický tlak	kPa	X	X	
<b>2) Elektrické veličiny</b>				
Napětí	V	X	X	X
Celkový proud	A	X	X	X
Celkový příkon, $P_t$	W	X	X	X
Efektivní příkon, $P_E$	W	X	X	X
<b>3) Termodynamické veličiny</b>				
<b>a) Vnitřní tepelný výměník</b>				
<b>Vzduch</b>				
Teplota suchého teploměru na vstupu	°C	X	X	-
Teplota mokrého teploměru na vstupu	°C	X	X	-
<b>Pro potrubní napojení</b>				
Teplota suchého teploměru na výstupu	°C	-	X	-
Teplota mokrého teploměru na výstupu	°C	-	X	-
Statický tlakový rozdíl vnější/ vnitřní	Pa	X	X	-
Objemový průtok, $q$	m <sup>3</sup> /s	-	X	-
Rychlost kondenzování	Kg/s	X	X	-
<b>Voda nebo solanka</b>				
Vstupní teplota	°C	X		X
Výstupní teplota	°C	X		X

Průtok	m <sup>3</sup> /s	X		X
Rychlost vodní pumpy, jestli je možno	-	X		X
Tlakový rozdíl	kPa	X		X
<b>b) Vnější tepelný výměník</b>				
<b>Vzduch</b>				
<b>Měřená veličina</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Kalorimetrická komora</b>	<b>Vzdušná entalpická metoda</b>	<b>Vodní entalpická metoda</b>
Teplota suchého teploměru na vstupu	°C	X	X	X
Teplota mokrého teploměru na vstupu	°C	X	X	X
<b>Pro potrubní napojení</b>				
Teplota suchého teploměru na výstupu	°C	-	X	-
Teplota mokrého teploměru na výstupu	°C	-	X	-
Statický tlakový rozdíl vnější/vnitřní	Pa	X	X	-
Objemový průtok, q	m <sup>3</sup> /s	X	X	X
<b>Voda nebo solanka</b>				
Vstupní teplota	°C	X	X	X
Výstupní teplota	°C	X	X	X
Průtok	m <sup>3</sup> /s	X	X	X
Rychlost vodní pumpy, jestli je možno	-	X	X	X
Tlakový rozdíl	kPa	X	X	X
<b>c) Tepelný výměník pro zpětné získávání tepla</b>				
Vstupní teplota	°C	-	-	X
Výstupní teplota	°C	-	-	X
Průtok	m <sup>3</sup> /s	-	-	X
Tlakový rozdíl	kPa	-	-	X
<b>d) Teplotní nosné médium (jiné než voda)</b>				
Koncentrace (objem)	%	X	X	X
Hustota (pokud je potřeba pro výpočty)	kg/m <sup>3</sup>	X	X	X
Měrná tepelná kapacita (pokud je potřeba pro výpočet)	J/(kg*K)	X	X	X
<b>e) Chladivo<sup>a</sup></b>				
Výstupní tlak	bar abs.	-	-	X
Teplota nasycené páry	°C	-	-	X

Teplota tekutiny	°C	-	-	X
<b>f) Kompresor</b>				
Rychlost otáček	min <sup>-1</sup>	-	-	X
Příkon motoru	W	-	-	X
Frekvence kompresoru pro typ měniče	Hz	X	X	X
<b>Měřená veličina</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Kalorimetrická komora</b>	<b>Vzdušná entalpická metoda</b>	<b>Vodní entalpická metoda</b>
<b>g) Kalorimetr</b>				
Tepelný vstup kalorimetru	W	X	-	-
Teplo odebrané z kalorimetru	W	X	-	-
Okolní teplota okolo kalorimetru	°C	X	-	-
Teplota vody vstupující do zvlhčovače	°C	X	-	-
Teplota kondenzátu	°C	X	-	-
<b>h) Odtávání</b>				
Odtávající perioda	s	X	X	X
Operační cyklus s odtáváním	min	X	X	X
<b>4) Perioda sběru dat</b>	min	X	X	X
<b>5) Výkony</b>				
Topný výkon (P <sub>H</sub> )	W	X	X	X
Celkový chladicí výkon (P <sub>C</sub> )	W	X	X	X
Latentní chladicí výkon (P <sub>L</sub> )	W	X	X	X
Citelný chladicí výkon (P <sub>S</sub> )	W	X	X	X
Tepelný výkon zpětného získaného tepla	W	-	-	X
<b>6) Poměry</b>				
COP <sup>6</sup>	W/W	X	X	X
EER <sup>7</sup>	W/W	X	X	X
SHR <sup>b</sup>	W/W	X	X	-
<sup>a</sup>	pouze pro jednotky se vzdáleným kondenzátorem			
<sup>b</sup>	Pouze pro jednotky vzduch-vzduch a voda - vzduch			

Tabulka 6 Data, které by mohly být zaznamenány [5]

<sup>6</sup> COP – Coefficient of Performance = Topný faktor

<sup>7</sup> EER – Energy Efficiency Ratio = koeficient využitelnosti energie

## 7.2 Protokol o zkoušce

### 7.2.1 Všeobecné informace

Protokol o zkoušce by měl minimálně obsahovat:

1)	Datum
2)	Institut kde proběhlo testování
3)	Lokace testování
4)	Testovací metoda
5)	Vedoucí testování
6)	Označení testovaného objektu
a)	Typ
b)	Sériové číslo
c)	Jméno výrobce
7)	Typ chladiva
8)	Hmotnost chladiva
9)	Vlastnosti tekutin
10)	Odkaz na Evropskou normu

Tabulka 7 Minimální obsah protokolu o zkoušce [5]

### 7.2.2 Dodatečné informace

Dodatečné informace dané na výkonovém štítku musí být zaznamenány, a všechny další relevantní informace pro test. Zejména, zda je test vykonávaný na jednotce nové, nebo staré. V případě, že je test prováděn na jednotce používané, musí být dodány informace, kdy byla jednotka instalována, a kdy bylo provedeno poslední čištění trubek tepelného výměníku. [5]

### 7.2.3 Hodnocení výsledků testu

Hodnocení výkonů, příkonů, COP, EER, vnitřní a vnější statický tlak – všechny tyto informace by měly být dodány společně s hodnocením podmínek.

Tabulka 8 poskytuje šablonu pro výsledky testování, které mají být odevzdány pro jednokanálové a dvoukanálové jednotky. [5]

Popis	Symbol	Jednotka
Standardně hodnocené podmínky, vnitřní teplota suchého (mokrého) teploměru v chladícím režimu	-	°C
Standardně hodnocené podmínky, vnější teplota suchého (mokrého) teploměru v chladícím režimu	-	°C
Hodnocený výkon pro chlazení	$P_{rated}$	kW
Hodnocený příkon pro chlazení	$P_{EER}$	kW
Hodnocený koeficient využitelnosti energie	$EER_{rated}$	-
Spotřeba energie v chladícím režimu		
Jednokanálová jednotka	$Q_{SD}$	kWh/h
Dvoukanálová jednotka	$Q_{DD}$	kWh/h
Standardně hodnocené podmínky, vnitřní teplota suchého (mokrého) teploměru v topném režimu	-	°C
Standardně hodnocené podmínky, vnější teplota suchého (mokrého) teploměru v topném režimu	-	°C
Hodnocený výkon pro ohřev	$P_{rated}$	kW
Hodnocený příkon pro ohřev	$P_{COP}$	kW
Hodnocený topný faktor	$COP_{rated}$	-
Spotřeba energie v topném režimu		
Jednokanálová jednotka	$Q_{SD}$	kWh/h
Dvoukanálová jednotka	$Q_{DD}$	kWh/h
Spotřeba energie ve vypnutém režimu	$P_{OFF}$	kW
Spotřeba energie v pohotovostním režimu	$P_{SB}$	kW

Tabulka 8 Výsledky testování pro jednokanálové a dvoukanálové jednotky [5]

## 8 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ

### 8.1 TECOMAT FOXTROT CP-1003

#### 8.1.1 Programovatelný automat

Je číslicový řídicí elektronický systém určený pro řízení procesů a strojů v průmyslovém prostředí. PLC pomocí analogových nebo číslicových vstupů nebo výstupů získává a předává informace z a do řízeného nebo monitorovaného zařízení. Algoritmy řízení jsou uloženy v paměti uživatelského programu, který je cyklicky vykonáván. [10]

#### 8.1.2 Vlastnosti systémů TECOMAT FOXTROT

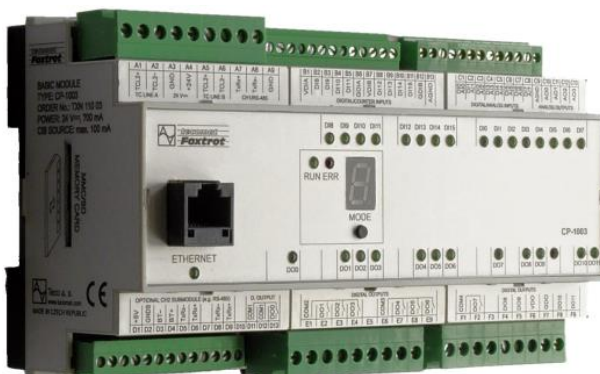
Představují malé kompaktní automaty s možností modulárního rozšíření. Spojují tak výhody kompaktních automatů co do velikosti a modulárních co do rozšiřitelnosti a variability.

Jsou určeny pro řízení technologií v nejrůznějších oblastech průmyslu i v jiných odvětvích. Jednotlivé moduly systému jsou obaleny v plastových ochranných pouzdrech, které se montují na U lištu ČSN EN 50022. Díky tomu lze s nimi manipulovat bez nebezpečí poškození citlivých CMOS součástek. [10]

#### 8.1.3 Komunikace

Celý systém může komunikovat s počítači standardu PC. Počítač tak může být využit k monitorování řízeného procesu a přitom je umístěn mimo průmyslové prostředí ve velínu nebo dispečinku. Počítač také slouží jako programovací přístroj pro PLC.

Systémy FOXTROT podporují základní přenosy pomocí sítí Ethernet nebo průmyslové sítě EPSNET. Volitelně jsou podporovány i jiné průmyslové protokoly a sběrnice, např. MODBUS, PROFIBUS DP, CAN, apod. [10]



Obrázek 8.1 Modul TECOMAT FOXTROT CP-1003 [10]



### 8.1.4 Základní parametry modulu CP-1003

<b>Typ centrální jednotky</b>	<b>CP-1003</b>
<b>Napájení modulu</b>	
Napájecí napětí (SELV)	24V DC, +12%, -15%
Interní jištění	Vratná pojistka
Maximální příkon	10W
<b>Připojení vodičů k modulu</b>	
Typ svorek	Vyjímatelné svorkovnice
Průřez vodiče	Max. 2,5 mm <sup>2</sup> (DI, AO, CHO2, DO0)
Rozhraní Ethernet	Konektor RJ-45
<b>Mechanické řešení modulu</b>	
Rozměry modulu	158x92x63 mm
Šířka modulu v násobcích M (17,5mm)	9M
Držák na U lištu	Ano
<b>Vstupy a výstupy</b>	
Galvanické oddělení napájení od vnitřních obvodů	Ano
z toho volitelně binárních/ pro čítače	16
z toho volitelně binárních/ analogových	8
Počet tranzistorových výstupů	8
Počet reléových výstupů	4
Počet analogových výstupů	8
Počet přidavných binárních vstupů/ výstupů na submodulu kanálu CH2	4 7/0 (PX-7811) 4/3 (PX-7812)
<b>Komunikační kanály</b>	
Sériový kanál CH1	RS-485 bez GO
Sériový kanál CH2	Rozhraní volitelné výměnnými submoduly
Sériové kanály CH3 a CH4	Volitelné
Sériové kanály CH5 – CH10	Přes samostatné moduly SC-1101 a SC-1102
Rozhraní Ethernet	10/100Mb
<b>Připojitelné periferní moduly</b>	
Sběrnice TCL2	2x10 I/O modulů, 4 operační panely
Sběrnice CIB (moduly CFox)	
-interní linky	-
-další linky pomocí modulů MI2-02M, CF-1141	8 <sup>2</sup>
Připojení modulů RFox	
-interní síť	-
-další síť pomocí modulů RF-1131	4 <sup>2</sup>

Tabulka 9 Základní parametry základních modulů CP-1003 [10]

## 8.2 Měření teploty

Pro měření jsem zase zvolil firmu TECOMAT, která nabízí celou řadu modulů CFox a RFox, nebo samostatné snímače pro napojení do analogových modulů CFox, RFox nebo Foxtrot, V následujícím textu bude popsáno pár nejpoužívanějších snímačů. [9]

### 8.2.1 Pt1000

Platinové odporové čidlo (snímač) Teploty se základním odporem při 0°C  $R_0=1000\Omega$ . Vyrábějí se také čidla s jinou hodnotou odporu při 0°C: Pt100 ( $R_0=100\Omega$ ), Pt500 a další.

Platinové čidlo je kvalitní, dlouhodobě teplotně stabilní čidlo s velkým rozsahem teplot, nevýhodou je trochu nižší citlivost (nižší  $T_k$ ) a vyšší cena. [9]

Standardně se dodávají platinová čidla s **teplotním koeficientem odporu**<sup>8</sup>  $T_k=3850$ .

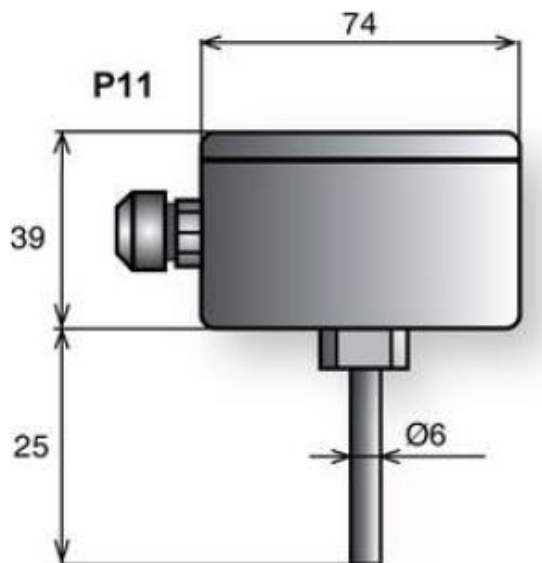
Parametry jsou definovány normou ČSN EN 60751: průmyslové platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty.

Toleranční třída	B	A
Základní toleranční pásmo	$\pm 0,3 + 0,005 \cdot  t $ °C	$\pm 0,15 + 0,002 \cdot  t $ °C
Teplotní rozsah	-200 ÷ +850 °C	-200 ÷ +650 °C

Tabulka 10 Toleranční třídy pro platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty [9]

---

<sup>8</sup> Teplotní koeficient odporu: popisuje závislost odporu na teplotě. Uvádí se několika způsoby, např. koeficient čidel Pt1000, evropské provedení: teplotní koeficient odporu  $\alpha = 3,85 \times 10^{-3}$  [°C<sup>-1</sup>], nebo  $T_k = 3850$  ppm/°C, nebo  $W_{100} = 1,385$



Obrázek 8.2 Čidlo Pt1000 – P11PA

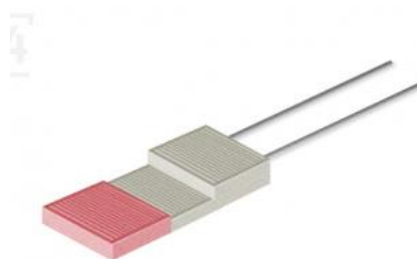
### 8.2.2 Ni1000

Niklové odporové čidlo teploty se základním odporem při 0°C  $R_0=1000\Omega$ . Standardní odporové čidlo, s menším rozsahem měřené teploty (proti Pt čidlům), s dobrou stabilitou, velmi oblíbené v aplikacích měření a regulace.

Standardně se dodávají niklová čidla s teplotním koeficientem odporu  $T_k = 6180$  nebo  $T_k = 5000$ . [9]

<b>Toleranční třída</b>	<b>B</b>
<b>Základní toleranční pásmo</b>	$\pm 0,4 + 0,007 \cdot  t $ °C
<b>Teplotní rozsah</b>	-50 ÷ +250 °C

Tabulka 11 Toleranční třída u niklových čidel [9]



Obrázek 8.3 Teplotní čidlo Ni1000<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Zdroj: <http://www.sensorshop24.de/Temperatursensoren/Temperatursensor-Ni1000.html>

### 8.2.3 NTC 12k

Termistory se záporným teplotním součinitelem odporu. Levná čidla, s menším teplotním rozsahem a horší přesností. Mají velmi nelineární charakteristiku.

NTC 15k – čidlo s odporem 12k při teplotě 25°C. Vyrábí se celá řada NTC čidel s různými hodnotami odporu při 25°C: 5k, 10k, 15k a další.

<b>Max. tolerance odporu při teplotě 25°C, R<sub>25</sub></b>	typ. ± 3%
<b>Teplotní rozsah</b>	-45 ÷ +125 °C

Tabulka 12 Tolerance termistorů při teplotě 25°C [9]



Obrázek 8.4 Teplotní čidlo NTC 12k<sup>10</sup>

### 8.2.4 KTY 81-121

Křemíkové čidlo teploty s kladným teplotním koeficientem. Levné odporové čidlo s nižší přesností (základní chyba je cca ± 2°C při pokojových teplotách).

<b>Jmenovitý odpor R<sub>25</sub></b>	980 ÷ +1000 Ω
<b>Teplotní rozsah</b>	-55 ÷ +150 °C

Tabulka 13 Jmenovitý odpor a teplotní rozsah pro křemíkové čidlo [9]



Obrázek 8.5 Čidlo KTY 81-121<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Zdroj: <http://media.digikey.com/Photos/Vishay%20BC%20Photos/NTCALUG03A123HC.jpg>

<sup>11</sup> Zdroj: <http://www.tribaseelectric.cz/kabelova-cidla/2626-kabelove-teplotni-cidlo-pt100-1-m.html>

### Rozdělení čidel podle místa měření teploty

Měření teploty	Čidlo	Poznámka
V interiéru	S-TS01R - design	Čidlo v designu dle požadavku zákazníka na zdi
	S-TS01R - ABB	Čidlo v designu ABB Time na zdi
Venkovní	P11PA	Čidlo venkovní na fasádě
Podlahy	SK8NTC12k – 2PS - xx	Čidlo pro regulaci podlahového vytápění
Média solárního okruhu	SK2PA – 2SS - xx	Kabelové čidlo teploty upevněné na trubce okruhu
V nádrži	SK8NTC12k – 2SN – xx	Kabelové čidlo zasunuté do jímky v nádrži
Vody v potrubí	P15PA	Příložné čidlo, ohřev ÚT a TUV, solární systémy
	P13PA – xx	Čidlo s jímkou (instalace do trubky)
Vzduchu v potrubí	P12PA – xx	Čidlo do potrubí, regulace vzduchotechniky, větrání, nutno specifikovat délku stonku

Tabulka 14 Rozdělení čidel teploty podle technologie měření teploty [9]

### 8.3 Měření elektrické energie

V kalorimetrické komoře se elektrická energie měří z různých důvodů, převážně to jsou odběry různých technologií: tepelné čerpadlo, ohřev TUV, elektrický přímotop.

Pro měření odebírané energie v 1f síti, firma TECOMAT využívá elektroměry s výstupem S0. Jedná se o elektroměry 9901M nebo ED11M. Pro připojení elektroměrů s impulzním výstupem S0<sup>12</sup>, dle IEC 62053 třída A, jsou určeny primárně moduly C-AM-0600I, elektroměry vyhovující třídě B lze připojit přímo na digitální vstupy CP-1003.

Funkční blok v SW nám umožní získat celkovou odebranou energii a spočítat okamžitý příkon a proud. [9]

<sup>12</sup> Výstupní signál elektroměru dle IEC 61 393/ DIN 43 864, který poskytuje informaci o odběru, tl. Jeden impuls odpovídá určitému množství činné elektrické energie změřené elektroměrem, většina elektroměrů poskytuje 50 až 10000 imp. / 1kWh (tato hodnota se zadává do funkčního bloku v programovacím prostředí.

### 8.3.1 Vlastnosti a parametry elektroměru 9901M

Elektroměr od firmy MANELER je jednofázový statický jednotarifní elektroměr činné energie třídy přesnosti 1, určený pro přímé připojení. Mechanické počítadlo zobrazuje naměřené hodnoty v jednotkách kWh s 5 celými a jedním desetinným místem.

<b>Připojení</b>	Přímé dvou vodičové
<b>Vlastní spotřeba</b>	Max. 0,4W
<b>Rozsah měřeného proudu</b>	25 mA ÷ 45 A
<b>Jmenovité napětí <math>U_n</math></b>	230 VAC ±30%
<b>Pulzní výstup:</b>	
<b>Počet impulzů</b>	1000 imp. / 1kWh
<b>Jmenovité napájecí napětí</b>	12 ÷ 20 VDC
<b>Provozní rozsah teplot</b>	-20 ÷ 50 °C
<b>Max. průřez připojeného vodiče</b>	6 mm <sup>2</sup>
<b>Hlava šroubu svorky</b>	4,5 mm kombinovaná drážka
<b>Utahovací krouticí moment šroubu svorky</b>	2 ÷ 5 Nm
<b>Rozměry modulu (š x v x h)</b>	18 x 90 x 58 mm (1M)
<b>Třída přesnosti</b>	1

Tabulka 15 Základní parametry elektroměru 9901M [9]



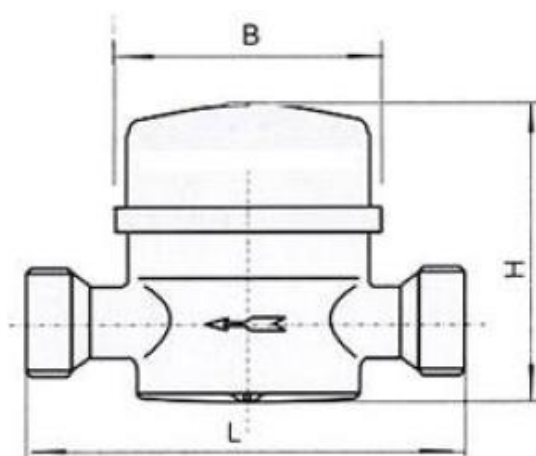
Obrázek 8.6 Elektroměr 9901M<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Zdroj: <http://www.solar-eshop.cz/p/elektromer-maneler-9901m-prime-mereni-5-45-a/>

## 8.4 Měření průtoku vody ÚT a TUV (studená voda, teplá voda)

Pro měření průtoku vody se použije průtokoměr například TA-E/20 od firmy Bonega s impulzním výstupem, který se připojí na impulzní vstupy modulu C-AM-0600I, nebo na binární bezpotenciálové vstupy základního modulu CP-1003. Průtokoměr je jednovtokový lopatkový s vnitřní hradítkovou regulací a suchoběžným počítadlem, s kolečkem pro fotometrické odečítání určený především na studenou i teplou pitnou vodu.

Do rozvodu se instaluje jako běžný vodoměr, pracovní poloha je libovolná. Základní údaje a rozměry jsou uvedeny v následující tabulce. [9]



Obrázek 8.7 Průtokoměr TA-E/20 [9]

<b>Objednáací číslo</b>		TA-E/20
<b>Jmenovitá světlost DN</b>	mm	20
	Palce	G ¾"
<b>Připojení vodoměru (D)</b>	Palce	G 1"
<b>Max. (přetěžovací) průtok Q<sub>s</sub></b>	l/min	83
<b>Nominální průtok Q<sub>n</sub></b>	l/min	41
<b>Minimální průtok Q<sub>min</sub></b>	l/min	0,83
<b>Rozběhový průtok</b>	l/min	>0,1
<b>Max. provozní tlak</b>	MPa	1,6
<b>Impulzní číslo</b>	Pulzy/l	2
<b>Stavební délka (L)</b>	mm	130
<b>Výška (H)</b>	mm	78
<b>Šířka (B)</b>	mm	75
<b>Max. dovolená odchylka</b>	Horní rozsah	±3%
	Dolní rozsah	±5%

Tabulka 16 Základní údaje průtokoměru TA-E/20 [9]

Průtokoměr se osadí čidlem, které je součástí dodávky při objednání, zakončeným kabelovým vývodem délky cca 50cm. Kabel je zakončen dvěma pocínovanými vývody a stíněním. Stínění může zůstat nezapojeno, vývody připojíme na vstup modulu. [9]



Obrázek 8.8 Průtokoměr Bonaga TA-E/20<sup>14</sup>

## 8.5 Měření relativní vlhkosti

Pro měření relativní vlhkosti vyvinula firma TECOMAT prostorové čidlo C-AQ-0004R. Je určeno pro měření v interiéru, pro řízení ventilačních systémů, klimatizačních a rekuperačních jednotek, měření a regulace relativní vlhkosti v průmyslu, skladech a podobně.

Modul měří relativní vlhkost v rozsahu 0 ÷ 100%, v provozním rozsahu teplot 0 ÷ 50°C.

Čidlo se následně napojí na CIB sběrnici, která zabezpečuje i napájení čidla

Měřicí rozsah	0 ÷ 100% RH
Rozlišení	0,1% RH
Přesnost	±3,5 RH (v rozsahu 20 ÷ 80%) ±5 RH (v rozsahu 0 ÷ 100%)

Tabulka 17 Charakteristika čidla [9]

<sup>14</sup> Zdroj: [http://www.bonaga.cz/vodomery/technicke\\_parametry.htm](http://www.bonaga.cz/vodomery/technicke_parametry.htm)





Obrázek 8.9 TECOMAT prostorové čidlo C-AQ-0004R<sup>15</sup>

## 8.6 Měření teploty rosného bodu

### 8.6.1 Snímač teploty a rosného bodu EE35

Tento snímač rosného bodu a teploty je určen pro přesné měření těchto veličin v průmyslových aplikacích. Je vybaven polymerovým vlhkostním senzorem s funkčně navrženým krycím pouzdrém. Mí integrovanou autokalibraci, díky níž je umožněno měřit rosný bod v rozsahu  $-60 \div 60^{\circ}\text{C}$  s přesností  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . [13]



Obrázek 8.10 Snímač EE35 [13]

---

<sup>15</sup> Zdroj: <http://www.tecomat.com/clanek-617-c-aq-0004r-snimac-kvality-vzduchu---vlhkost.-teplota.-rosny-bod----.html>

<b>Rosný bod</b>	
Senzor vlhkosti	HC 1000-4000
Měřicí rozsah	Standardní kalibrace: $-40 \div 60^{\circ}\text{C}$ Speciální kalibrace: $-60 \div 60^{\circ}\text{C}$
Přesnost	$\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$
<b>Teplota</b>	
Teplotní snímač	Pt 1000 DIN A
Měřicí rozsah	$0 \div 60^{\circ}\text{C}$
Přesnost teplotního měření při $20^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
Chyba citlivosti celého rozsahu	$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
Teplotní závislost elektroniky	$< 0,005^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$
<b>Výstupy</b>	
Dva volitelně nastavitelné výstupy	0-5 V 0-10 V 4-20 mA 0-20 mA

Tabulka 18 Technické údaje snímače EE35 [13]

## 8.7 Měření rychlosti větru

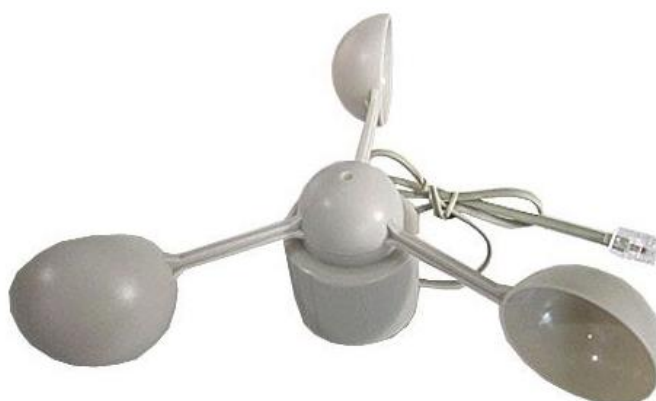
Pro měření rychlosti větru se používá celá řada anemometrů s impulzním výstupem, které se dále zpracovávají podobně, jako jiné impulzní měřidla. Musíme znát konstantu anemometru (počet impulzů/rychlost větru), kterou zadáme do řídicí jednotky a tím získáme okamžitou rychlost větru a další meteorologické veličiny. [9]

### 8.7.1 Anemometr T114

Standardní vrtulkový anemometr, výstupní kabel se dvěma vodiči s vyvedeným kontaktním výstupem je délky cca 40cm, zakončený RJ konektorem. Anemometr se upevňuje za válcový trn průměru cca 18,5 mm, délky 19mm.

<b>Rozsah měření</b>	$0 \div 160 \text{ km/h}$
<b>Výstup</b>	Spínací kontakt
<b>Provozní napětí</b>	Max. 24V
<b>Délka pulzu</b>	Min. 15 ms

Tabulka 19 Základní parametry anemometru T114



Obrázek 8.11 Anemometr T114 [9]

### 8.7.2 Snímač EE65

Tento snímač je navržen pro velmi přesné měření rychlosti proudění vzduchu. Měřicí metoda je založena na principu žárového anemometru. Je zde použita speciální tenká fólie vyvinutá firmou E+E Elektronik. Konstrukce senzoru umožňuje jednoduchou montáž.

Snímač je možno nastavit pomocí vnitřních jumperů. Může být nastaven rozsah snímané rychlosti. Výstup snímače tvoří analogový signál v podobě napětí (0-10V) nebo proudu (4-20mA). [12]

<b>Technická data</b>	<b>EE65-Vxx</b>		
<b>Výstupní signál</b>	0-10V nebo 4-20mA		
<b>Odolnost proti zatížení</b>	$R_L < 450\Omega$		
<b>Pracovní rozsah</b>	0-10 m/s	0-15 m/s	0-20 m/s
<b>Přesnost měření (při 20°C, 45% rH, 1013hPa)</b>	0,2-10 m/s $\pm 0,2$ m/s	0,2-15 m/s $\pm 0,2$ m/s	0,2-20 m/s $\pm 0,2$ m/s
<b>Napájecí napětí</b>	SELV 24 VAC/DC $\pm 20\%$		

Tabulka 20 Technické parametry snímače EE65 [12]



Obrázek 8.12 Snímač EE65 [12]

## 8.8 Měření tlaku

### 8.8.1 Relativní a absolutní tlakový snímač typ 528

Kompaktní tlakový snímač typ 528 je vyvinut společností Huba Control a pracuje na keramické technologii. Tyto převodníky jsou vhodné pro aplikace v širokém spektru odvětví. Mezi jeho přední vlastnosti patří kompaktnost a robustnost konstrukce, nepatrný vliv teploty na přesnost a velký výběr možných tlakových připojení. [14]

<b>Tlakový rozsah</b>	Relativní	-1 ... 0-60 bar	
	Absolutní	0 ... 1-16 bar	
<b>Provozní podmínky</b>	Teplota	Media	EPDM -40 ... +125°C
			NBR -20 ... +100°C
			MVQ -40 ... +125°C
		Okolní	-30 ... +85 °C
		Skladovací	-50 ... +100 °C
	Přetížitelnost	-1 ... 4 bar 3,0x	6 ... 60 bar 2,5x
<b>Výstup/napájení</b>	0 ... 5 V	7 ... 33 VDC	
	1 ... 6 V	8 ... 33 VDC	
	0 ... 10 V	12 ... 33 VDC	
	0 ... 10 V	24 VAC	
	4 ... 20 mA	7 ... 33 VDC	
	4 ... 20 mA	10 ... 30 VDC	

Tabulka 21 Technické parametry snímače typu 528 [14]

Parametry	Jednotky	Napájení
Linearita	% rozsahu	± 0,8
Rozlišení	% rozsahu	0,1
Teplotní vliv	% rozsahu/10°K	± 0,2

Tabulka 22 Přesnost dle EN 60770-1 [14]



Obrázek 8.13 Snímač typu 528 [14]

## 8.9 Měření tlaku vody

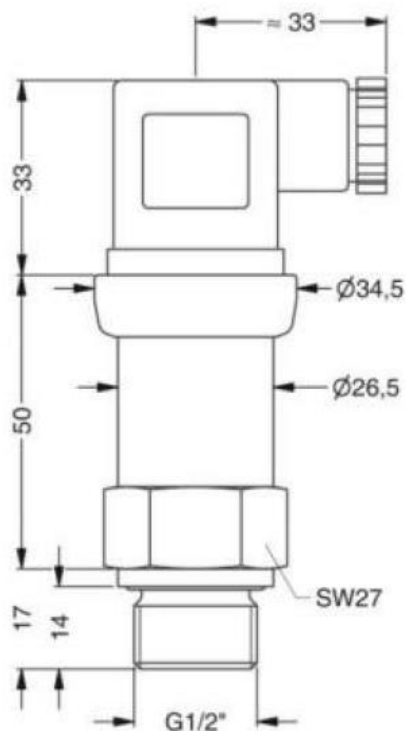
### 8.9.1 Tlakové čidlo DMP 331

Slouží pro spojitě měření tlaku vody v topném okruhu. Lze využít čidlo tlaku DMP 331, které je určeno pro měření tlaku v topné soustavě v rozsahu 0 až 600kPa.

Připojení je standardní proudovou smyčkou 4 až 20 mA, připojit jej lze např. k modulu C-IT-0200I, nebo lze připojit přímo na analogový vstup CP-1003.

<b>Typ (obj. číslo)</b>	DMP 331 110-6001-1-3-100-100-1-000
<b>Rozsah měření tlaku</b>	0 ÷ 600 kPa
<b>Připojení</b>	Závit G ½
<b>Výstup</b>	4 ÷ 20 mA
<b>Přesnost</b>	0,35 %, 0,5 % (0,25 %, 0,2 %, 0,1 %)

Tabulka 23 Základní parametry [9]



Obrázek 8.14 Provedení tlakového čidla DMP 331 [9]

## 8.10 Doporučené kabely

### 8.10.1 Kabel pro CIB sběrnici

Pro instalaci CIB firma TECOMAT doporučuje použít kabely s krouceným stíněným párem s průřezem žil alespoň 0,6mm, nejlépe 0,8mm, např. J-Y(St)Y1x2x0,8, YCYM 2x2x0,8.

#### 8.10.1.1 Kabel J-Y(St)Y1x2x0,8

Kabel je určený pro vnitřní pevné rozvody ve sdělovací, měřící a regulační technice. Kabel je vhodný pro instalace, kde jsou předpokládány souběhy vedení (silová a sdělovací vedení). Izolace žil na bázi PVC. Žíly stočeny do párů, duše kabelu ovinutá fólií, statické stínění z plastové fólie kaširované hliníkem s měděným příložným drátem, vnější plášť na bázi PVC.



Obrázek 8.15 Kabel J-Y(St)Y1x2x0,8 [9]

	J-Y(St)Y1x2x0,6	J-Y(St)Y1x2x0,8
<b>Průměr vodiče</b>	0,6 mm	0,8 mm
<b>Průřez vodiče</b>	0,28 mm <sup>2</sup>	0,50 mm <sup>2</sup>
<b>Odpor smyčky max</b>	130 Ω/km	73,2 Ω/km
<b>Vnější průměr kabelu</b>	5 mm	6 mm
<b>Minimální poloměr ohybu</b>	50 mm	60 mm
<b>Max. provozní napětí</b>	300 V	
<b>Zkušební napětí</b>	Žíla/žíla: 800V	
	Žíla/stínění: 800V	
<b>Teplotní rozsah (pevná instalace)</b>	-30 ÷ +70 °C	

Tabulka 24 Základní parametry [9]

### 8.10.2 Kabel pro připojení čidel teploty

Pro připojení čidel teploty a další měření, bez nároku na přenosovou rychlost a přenášený proud můžeme s výhodou použít kabely SYKFY.

SKYFY je kabel složený z párů plných měděných vodičů průměru 0,5 mm, s PVC izolací. Vždy dva vodiče jsou stočeny v páry, a páry jsou stočeny v tzv. duši. Duše je stíněna hliníkovou fólií se dvěma CuSn<sup>16</sup> příložnými drátky. Plášť je z PVC.

Kabel je určen pro vnitřní pevné instalace. Je dodáván v různém počtu párů, obvykle 2x2x0,5 (2 páry), 3x2x0,5 až 50x2x0,5 mm. [9]



Obrázek 8.16 Kabel SYKFY [9]

	<b>SYKFY 2x2x0,5</b>
<b>Průměr vodiče</b>	0,5 mm
<b>Průřez vodiče</b>	0,2 mm <sup>2</sup>
<b>Odpor smyčky max.</b>	195,6 Ω/km
<b>Provozní kapacita max.</b>	120 nF/km
<b>Vnější průměr kabelu</b>	5 mm
<b>Minimální poloměr ohybu</b>	50 mm
<b>Jmenovité napětí</b>	100 V
<b>Zkušební napětí žíla/stínění a žíla/žíla</b>	1 kV
<b>Teplotní rozsah (pevná instalace)</b>	-30 ÷ +70 °C
<b>Barva pláště</b>	Šedá nebo bílá

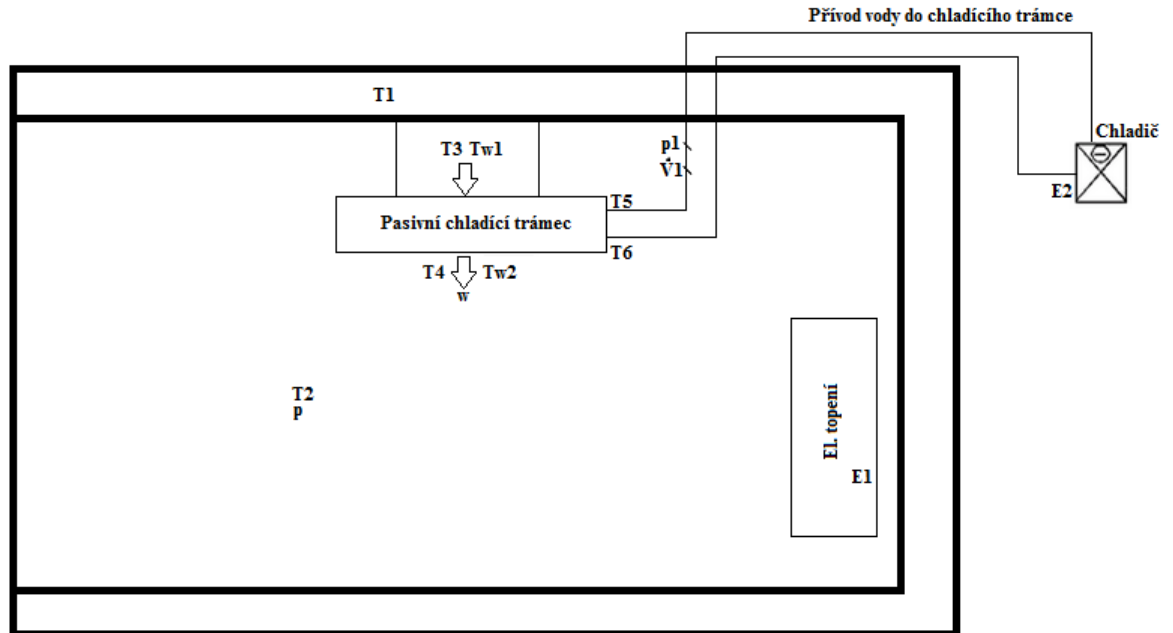
Tabulka 25 Základní parametry [9]

---

<sup>16</sup> Cínová bronz

## 8.11 Ukázkové zapojení snímačů

### 8.11.1 Měření pasivního chladicího trámce



Obrázek 8.17 Schématické zakreslení Pasivního chladicího trámce v kalorimetrické komoře

Význam symbolu na obrázku výše je v tabulkách 26, 27, 28.

Ze vzorce pro výpočet výkonu chladicího trámce:

$$\phi_{tco} = \phi_{co} - \Sigma P_E \quad (16)$$

Kde:

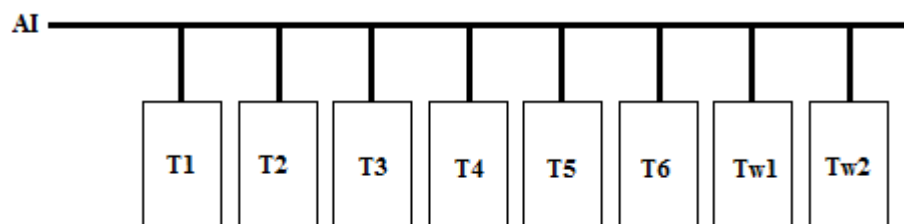
$\phi_{tco}$  celkový chladicí výkon jednotky

$\phi_{co}$  topný výkon elektrického topení

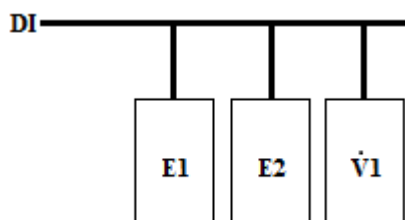
$\Sigma P_E$  efektivní příkon chladiče

Pro zjištění výkonu elektrického topení a chladiče musíme tyto prvky připojit na elektroměr. Elektroměry použijeme podle kapitoly 8.3.1. Dále budeme zaznamenávat teplotu vnitřního prostředí, kompenzovaného meziprostoru kalorimetrické komory, teploty na vstupu a výstupu z chladicího trámce a průtok vody v potrubí.

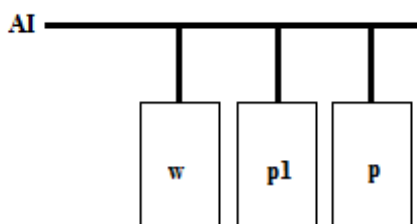




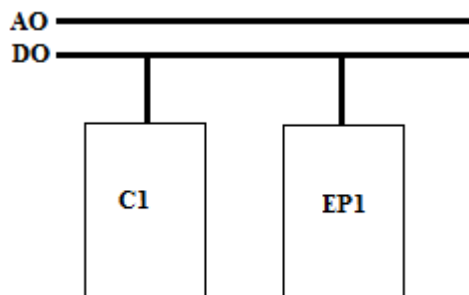
Obrázek 8.18 Zapojení analogových vstupů jednotky CP-1003



Obrázek 8.19 Zapojení digitálních vstupů jednotky CP-1003



Obrázek 8.20 Zapojení vstupů do rozšiřujícího modulu IT-1604



Obrázek 8.21 Zapojení výstupu jednotky CP-1003

Jak můžeme vidět na Obrázku 8.18, tak na vstupu jednotky CP-1003 není dostatek analogových vstupů pro takové množství snímačů. Problém může být vyřešen přidáním rozšiřujícího modulu. Pro náš případ bude stačit přidat do instalace jeden modul IT-1604 . Tento modul nám nadále rozšiřuje počet analogových vstupů o dalších 8. [15]

Digitální vstupy			
Číslo vstupu	Označení	Zařízení	Popis
1	E1	Elektroměr	Elektroměr pro měření příkonu el. přímotopu
2	E2	Elektroměr	Elektroměr pro měření příkonu čerpadla
3	Ů1	Průtokoměr	Pro měření průtoku potrubím

Tabulka 26 Seznam digitálních vstupů do jednotky CP-1003

Analogové vstupy			
Číslo vstupu	Označení	Zařízení	Popis
1	TS1	Teploměr	Měření teploty ve vyrovnávacím prostoru
2	TS2	Teploměr	Teplota ve vnitřním prostoru
3	TS3	Teploměr	Teplota na vstupu chladicího trámce
4	TS4	Teploměr	Teplota na výstupu chladicího trámce
5	TS5	Teploměr	Teplota vody na vstupu chladicího trámce
6	TS6	Teploměr	Teplota vody na výstupu chladicího trámce
7	Tw1	Teploměr	Teplota rosného bodu na vstupu trámce
8	Tw2	Teploměr	Teplota rosného bodu na výstupu trámce
9	w	Anemometr	Rychlost proudění vzduchu na výstupu trámce
10	p	Tlakoměr	Měření tlaku v místnosti
11	p1	Tlakoměr	Měření tlaku v přívodním potrubí vody

Tabulka 27 Seznam analogových vstupů do jednotky CP-1003

Digitální výstupy			
Číslo vstupu	Označení	Zařízení	Popis
1	C1	Čerpadlo	Čerpadlo chladiče start/stop
2	EP1	El. přímotop	Elektrický přímotop start/stop

Tabulka 28 Seznam digitálních výstupů z jednotky CP-1003

### 8.11.2 Výpočet nejistoty měření

Nejistota měření určuje rozptyl naměřených hodnot v okolí výsledku měření. Nejistota měření se vztahuje nejen k výsledkům měření, ale i k použitým měřicím přístrojům, hodnot použitých konstant, korekcí apod., na kterých nejistota výsledku měření závisí. Předpokládá se určité rozdělení pravděpodobnosti, které popisuje, jak se naměřená hodnota může odchylovat od žádané hodnoty, resp. pravděpodobnost, s jakou se vyskytuje v daném intervalu.

[11]

Pro vzorový výpočet nejistot měření byly vygenerovány následující měření teploty vody na vstupu chladicího trámce:

Vymyšlené naměřené hodnoty									
Měření č.	T [°C]	Měření č.	T [°C]	Měření č.	T [°C]	Měření č.	T [°C]	Měření č.	T [°C]
1	25,4	21	24,6	41	25,2	61	24,8	81	25,1
2	25,4	22	24,6	42	25,2	62	24,8	82	25,1
3	25,4	23	24,6	43	25,2	63	24,8	83	25,1
4	25,4	24	24,6	44	25,2	64	24,8	84	25,1
5	25,4	25	24,6	45	25,2	65	24,8	85	25,1
6	25,4	26	24,6	46	25,2	66	24,8	86	25,1
7	25,4	27	24,6	47	25,2	67	24,8	87	25,1
8	25,4	28	24,6	48	25,2	68	24,8	88	25,1
9	25,4	29	24,6	49	25,2	69	24,8	89	25,1
10	25,4	30	24,6	50	25,2	70	24,8	90	25,1
11	25,4	31	24,6	51	25,2	71	24,8	91	25,1
12	25,4	32	24,6	52	25,2	72	24,8	92	25,1
13	25,4	33	24,6	53	25,2	73	24,8	93	25,1
14	25,4	34	24,6	54	25,2	74	24,8	94	25,1
15	25,4	35	24,6	55	25,2	75	24,8	95	25,1
16	25,4	36	24,6	56	25,2	76	24,8	96	25,1
17	25,4	37	24,6	57	25,2	77	24,8	97	25,1
18	25,4	38	24,6	58	25,2	78	24,8	98	25,1
19	25,4	39	24,6	59	25,2	79	24,8	99	25,1
20	25,4	40	24,6	60	25,2	80	24,8	100	25,1

Tabulka 29 Vymyšlené naměřené hodnoty pro výpočet

### 8.11.2.1 Standardní nejistota typu A - $u_A$

Tyto nejistoty jsou způsobovány náhodnými chybami, jejich příčiny se považují za neznámé. Stanovují se z opakovaných měření stejné hodnoty měřené veličiny za stejných podmínek. Tyto nejistoty se zmenšují se stoupajícím počtem měření. [11]

V našem případě bychom měřili teplotu vody na vstupu chladicího trámce. Jako žádaná hodnota by byla nastavena teplota 25 °C a bylo by provedeno 100 měření. Vzorkování by probíhalo po 30s po dobu jedné hodiny. Abychom mohli ukázat vzorový výpočet nejistot měření, bylo vygenerováno 100 hodnot okolo žádané hodnoty.

Odhad údaje  $y$  měřené veličiny je dán výběrovým průměrem  $\bar{y}$ :

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (17)$$

Kde:

$y_i$  naměřená hodnoty

$n$  celkový počet měření

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{2502}{100} = 25,02^\circ C$$

Odhad rozptylu naměřených hodnot, označovaný jako výběrový rozptyl  $s^2(y_i)$  se určí následovně:

$$s^2(\bar{y}_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (18)$$

Pro výpočet byla použita funkce v programu Excel (VAR.VYBER):

$$s^2(\bar{y}_i) = 0,082^\circ C$$

Odmocninou výběrového rozptylu se získá výběrová směrodatná odchylka  $s(\bar{y}_i)$ , která charakterizuje rozptyl naměřených hodnot kolem výběrového průměru  $\bar{y}$ . Směrodatná odchylka výběrového průměru je zvolena za standardní nejistotu typu A, tedy:

$$u_A \equiv s(\bar{y}_i) = \sqrt{s^2(\bar{y}_i)} = 0,287^\circ C$$

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo popsat možnosti měření výkonových parametru chladících trámců v kalorimetrické komoře.

Teoretická část je zaměřená nejdřív na popsání a rozdělení samotných klimatizačních systémů obecně. Jako první bylo uvedeno rozdělení klimatizačních systémů podle konstrukce, kde byly popsány klimatizační zařízení sestavené, blokové, komorové a jednotková klimatizační zařízení. Následně je uvedeno rozdělení podle druhu teplotnosné látky kde patří vzduchové, vodní nebo kombinované.

V další kapitole jsou popsány samotné zkoumané technologie určené pro měření v kalorimetrické komoře. Jedná se o chladící trámce, chladící stropy a jednotky Fan-Coil. Ve stručnosti jsou popsány, jak tyhle zařízení fungují.

Kapitola třetí pojednává o možnostech stanovení výkonových parametrů výše zmíněných jednotek. A to buď pomocí entalpické nebo kalorimetrické testovací metody. Jsou zde uvedeny vzorce pro výpočet chladícího a vytápěcího výkonu, jaké maximální odchylky se musí dodržet při měření a jak by měly být umístěny měřící a měřené technologie. V číste kalorimetrická testovací metoda jsou uvedeny minimální požadavky na rozměry kalorimetrické komory.

Navazující čtvrté kapitole je podrobněji popsána konstrukce kalorimetrické komory. A to jak kalibrované tak i kompenzované. Jsou zde uvedeny požadavky na teplotní rozdíly v kalorimetrické komoře a jejím okolí. V našem případě budou veškeré měření probíhat v kompenzované kalorimetrické komoře.

V poslední části teoretického bloku jsou uvedeny výpočty pro chladící a topný výkon. Veškeré značky použité v této kapitole jsou kvůli přehlednosti uvedeny v oddělené kapitole 5.3. Veškeré postupy měření a rovnice pro výpočty vychází z normy ČSN EN 15411 Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru vydanou v Lednu 2014 (kromě první části, která je z roku 2012).

Praktická část se dále zabývá podrobným postupem měření daných technologií. Je zde uveden nejdřív postup pro měření deklarovaných chladících výkonů. Jak se má při měření postupovat, a jaké jsou povolené maximální odchylky v průběhu měření. Druhá polovina této

kapitoly je zaměřená na měření deklarovaných topných výkonů. Popisuje se zde kompletní proces měření, který se skládá z přípravné periody, rovnovážné periody a periody sběru dat.

V kapitole sedm, jsou uvedeny, jaké data se mají při měření zaznamenávat a v jakém intervalu. A co vše by měl obsahovat protokol o zkoušce, který je výstup všech měření.

Závěrečná kapitola je zaměřená přímo na přístrojové vybavení, které by mohlo být použito v kalorimetrické komoře. Z rozsáhlé nabídky výrobců jsem zvolil firmu Teco a.s. Tato společnost se zabývá výrobou průmyslových řídicích systémů PLC. Které jsou vyráběny a testovány podle mezinárodních standardů IEC EN 61131. Další důvod pro zvolení byla rozsáhlá nabídka kompatibilních měřících systémů. V kapitole jsou dále popsány vybrané technologie určené pro měření do kalorimetrické komory, včetně způsobu zapojení.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TROX TECHNIK. *Systémy vzduch-voda pro klimatizaci prostorů: Příručka pro projektování*. Praha, 2009. Dostupné z: [http://www.trox.cz/cz/service/download\\_center/structure/technical\\_documents/air\\_water\\_systems/manuals/S\\_LWS\\_CZ\\_2.pdf](http://www.trox.cz/cz/service/download_center/structure/technical_documents/air_water_systems/manuals/S_LWS_CZ_2.pdf)
- [2] SYROVÝ, Jiří. TZB info. *Chladicí trámy - alternativní vzduchotechnický systém* [online]. 2002, č. 11 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1277-chladici-tramy-alternativni-vzduchotechnicky-system>
- [3] HUI, Sam CM; LEUNG, Janita YC. Thermal comfort and energy performance of chilled ceiling systems.
- [4] ZMRHAL, V. Tepelný komfort a energetická bilance systému s chladicím stropem. 2005. *Doktorská disertační práce, ČVUT v Praze*.
- [5] ČSN EN 15411-3. *Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru: Část 3: Zkušební metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [6] DAIKIN UK. *Fan Coil Units*. The Heights Brooklands Weybridge Surrey, 2013. Dostupné z: [http://www.daikin.co.uk/binaries/ECPEN13-410\\_Fan%20coil%20units%20with%20BLDC%20technology\\_UK%20version\\_tm511-291488.pdf](http://www.daikin.co.uk/binaries/ECPEN13-410_Fan%20coil%20units%20with%20BLDC%20technology_UK%20version_tm511-291488.pdf)
- [7] SZÉKYOVÁ, Marta; FERSTL, Karol; NOVÝ, Richard. *Větrání a klimatizace*. 1. české vyd. Bratislava : JAGA GROUP, 2006. 359 s. ISBN 80-8076-037-3.
- [8] CHYSKÝ, J.; HEMZAL, K. a kol. *Větrání a klimatizace. Technický průvodce sv. 31*. BOLIT : Brno, 1993. 560 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [9] TECO A.S. *Příručka projektování CFox, RFox a Fuxtrot*. 3. vyd. Kolín, 2014. Dostupné z: [http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00416\\_01\\_CFoxRFoxProjektovani\\_cz.pdf](http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00416_01_CFoxRFoxProjektovani_cz.pdf)
- [10] TECO A.S. *PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY TECOMAT FOXTROT CP-1003*. 2. vyd. Kolín, 2013. Dostupné z: [http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00433\\_01\\_Fuxtrot\\_CP\\_1003.pdf](http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00433_01_Fuxtrot_CP_1003.pdf)

- [11] JENČÍK, Josef a Jaromír VOLF. *Technická měření*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000, 212 s. ISBN 80-010-2138-6.
- [12] E+E ELEKTRONIK. *EE65 Datasheet*. A-4209 Engerwitzdorf, Austria, 2014. Dostupné z: [http://www.epluse.com/fileadmin/data/product/ee65/datasheet\\_EE65.pdf](http://www.epluse.com/fileadmin/data/product/ee65/datasheet_EE65.pdf)
- [13] TOP INSTRUMENTS, s.r.o. *Návod k instalaci a seřízení: SNÍMAČ ROSNÉHO BODU A TEPLoty MODEL EE35*. Dukelská 367; 534 01 Holice, 2014. Dostupné z: <http://www.topinstruments.cz/user-files/snimace-rosneho-bodu/ee35/ee35-navod.pdf>
- [14] TOP INSTRUMENTS, s.r.o. *Relativní a absolutní tlakový snímač Typ 528*. Dukelská 367; 534 01 Holice, 2014. Dostupné z: <http://www.topinstruments.cz/user-files/tlakove-snimace/hc528/hc528-prospekt.pdf>
- [15] TECO A.S. *PLC Tecomat Foxtrot: Rozšiřující moduly*. , Havlíčkova 260, 280 02, Kolín 4, 2014. Dostupné z: [http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/PRINTS/Cat\\_Foxtrot-CZ-datasheets/Foxtrot-CZ-IT-1604-1602.pdf](http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/PRINTS/Cat_Foxtrot-CZ-datasheets/Foxtrot-CZ-IT-1604-1602.pdf)



## **SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ZZT	Zpětné získávání tepla
FCU	Fan-Coil unit
VRV	Variable refrigerant volume – systém s proměnným průtokem chladiva
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning – vytápění, větrání a klimatizace
COP	Coefficient of performance – topný faktor
EER	Energy efficiency ratio – koeficient užitečnosti energie
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor, doplňující se kov-oxid-polovodič
PVC	Polyvinylchlorid
SYKFY	Sdělovací vnitřní kabely s Al stíněním

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 Příklad sestavného klimatizačního zařízení .....	13
Obrázek 1.2 Příklad jednotkového klimatizačního zařízení .....	14
Obrázek 2.1 Pasivní chladicí trámec.....	18
Obrázek 2.2 Aktivní chladicí trámec .....	19
Obrázek 2.3 Příklady chladících stropních panelů .....	20
Obrázek 2.4 Princip systému chladícího stropu.....	21
Obrázek 2.5 Základní konstrukce chladících stropů: a) uzavřené, b) otevřené [4] ....	21
Obrázek 2.6 Nezakrytý FCU .....	22
Obrázek 2.7 FCU ve čtyřtrubkovém provedení.....	23
Obrázek 3.1 Typický příklad kalibrovaného pokojového kalorimetru.....	28
Obrázek 3.2 Typický příklad kompenzovaného pokojového kalorimetru .....	28
Obrázek 5.1 Energetický tok v kalorimetrické komoře během testu chladícího výkonu[5] .....	32
Obrázek 5.2 Energetické toky v komoře během probíhajícího testu [5] .....	34
Obrázek 8.1 Modul TECOMAT FOXTROT CP-1003 [10].....	48
Obrázek 8.2 Čidlo Pt1000 – P11PA .....	51
Obrázek 8.3 Teplotní čidlo Ni1000 .....	51
Obrázek 8.4 Teplotní čidlo NTC 12k .....	52
Obrázek 8.5 Čidlo KTY 81-121 .....	52
Obrázek 8.6 Elektroměr 9901M .....	54
Obrázek 8.7 Průtokoměr TA-E/20 [9] .....	55
Obrázek 8.8 Průtokoměr Bonega TA-E/20.....	56
Obrázek 8.9 TECOMAT prostorové čidlo C-AQ-0004R.....	57
Obrázek 8.10 Snímač EE35 [13] .....	57
Obrázek 8.11 Anemometr T114 [9].....	59
Obrázek 8.12 Snímač EE65 [12] .....	59
Obrázek 8.13 Snímač typu 528 [14] .....	60
Obrázek 8.14 Provedení tlakového čidla DMP 331 [9].....	61
Obrázek 8.15 Kabel J-Y(St)Y1x2x0,8 [9] .....	62
Obrázek 8.16 Kabel SYKFY [9].....	63
Obrázek 8.17 Schématické zakreslení Pasivního chladícího trámce v kalorimetrické komoře.....	64

Obrázek 8.18 Zapojení analogových vstupů jednotky CP-1003 .....	65
Obrázek 8.19 Zapojení digitálních vstupů jednotky CP-1003.....	65
Obrázek 8.20 Zapojení vstupů do rozšiřujícího modulu IT-1604.....	65
Obrázek 8.21 Zapojení výstupu jednotky CP-1003 .....	65

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Požadavky na nejvyšší přípustné nejistoty měření [5] .....	26
Tabulka 2 Doporučené minimální rozměry [5] .....	27
Tabulka 3 Značky a veličiny použité v kapitole 5 [5] .....	36
Tabulka 4 Dovolené odchylky od nastavených hodnot [5] .....	38
Tabulka 5 Přípustné odchylky při zkouškách topného výkonu při průběhu v nestacionárním stavu [5] .....	42
Tabulka 6 Data, které by mohly být zaznamenány [5] .....	45
Tabulka 7 Minimální obsah protokolu o zkoušce [5] .....	46
Tabulka 8 Výsledky testování pro jednokanálové a dvoukanálové jednotky [5] .....	47
Tabulka 9 Základní parametry základních modulů CP-1003 [10] .....	49
Tabulka 10 Toleranční třídy pro platinové odporové teploměry a platinové snímače teploty [9] .....	50
Tabulka 11 Toleranční třída u niklových čidel [9] .....	51
Tabulka 12 Tolerance termistorů při teplotě 25°C [9] .....	52
Tabulka 13 Jmenovitý odpor a teplotní rozsah pro křemíkové čidlo [9] .....	52
Tabulka 14 Rozdělení čidel teploty podle technologie měření teploty [9] .....	53
Tabulka 15 Základní parametry elektroměru 9901M [9] .....	54
Tabulka 16 Základní údaje průtokoměru TA-E/20 [9] .....	55
Tabulka 17 Charakteristika čidla [9] .....	56
Tabulka 18 Technické údaje snímače EE35 [13] .....	58
Tabulka 19 Základní parametry anemometru T114 .....	58
Tabulka 20 Technické parametry snímače EE65 [12] .....	59
Tabulka 21 Technické parametry snímače typu 528 [14] .....	60
Tabulka 22 Přesnost dle EN 60770-1 [14] .....	60
Tabulka 23 Základní parametry [9] .....	61
Tabulka 24 Základní parametry [9] .....	62
Tabulka 25 Základní parametry [9] .....	63
Tabulka 26 Seznam digitálních vstupů do jednotky CP-1003 .....	66
Tabulka 27 Seznam analogových vstupů do jednotky CP-1003 .....	66
Tabulka 28 Seznam digitálních výstupů z jednotky CP-1003 .....	66
Tabulka 29 Vymyšlené naměřené hodnoty pro výpočet .....	67