

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**PROVOZ KLIMATIZACE OBCHODNÍHO CENTRA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kunc** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **434240**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**  
Studijní program: **Strojírenství**  
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Provoz klimatizace obchodního centra**

Název bakalářské práce anglicky:

**Operation of Air-Conditioning System in a Shopping Centre**

Pokyny pro vypracování:

Ve své práci se zabývejte provozem klimatizačního systému obchodního centra. Proveďte identifikaci systému, zpracování a analýzy naměřených dat. Posuďte možnosti snížení energetické náročnosti klimatizace centra.

Seznam doporučené literatury:

Chyský, J.; Hemzal, K. a kol. Větrání a klimatizace. Technický průvodce. BOLIT B press, Brno 1993, ISBN 80-901574-0-8.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


**Ing. Miloš Lain, Ph.D., ústav techniky prostředí FS**

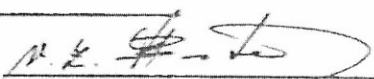
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce


Datum zadání bakalářské práce: **26.04.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22.06.2018**

Platnost zadání bakalářské práce:

  
Ing. Miloš Lain, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

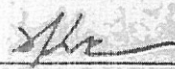
  
doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/fakulty

  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

26.4.2018  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta

## **Souhrn**

Bakalářská práce se zabývá spotřebou energie obchodního centra Chodov. První část bakalářské práce je věnována popisem větracích a klimatizačních zařízení a historií klimatizace, zdroje chladu pro klimatizační zařízení, chladicí věže, systém freecooling, měření spotřeby energie a chladicí faktory zdrojů chladu. Druhá část bakalářské práce se věnuje popisem obchodního centra Chodov, popisem strojoven původní části centra Chodov, strojoven východ a západ a popisem strojovny v nedávné době nově přistavěném objektu D. V bakalářské práci jsou vyhodnoceny spotřeby elektrické energie vzduchotechniky a zdrojů chladu, které jsou rozděleny za jednotlivá roční období a za celý rok 2017.

## **Summary**

This bachelor thesis is concerned with energy consumption of the Chodov center. The first part of the bachelor thesis deals with the description of airing and climatization mechanisms, and with the history of climatizations, chillers of climatization mechanisms, cooling towers, freecooling system, energy consumption measurement, and cooling factors of chillers. The second part deals with the description of the Chodov center, and the description of engine rooms in the original part of the Chodov center, engine rooms on the east and south, and the description of an engine room which can be found in the newly built building D. In the bachelor thesis the energy consumption of airing systems and chillers are evaluated, and the evaluation is further divided into parts according to seasons during the year 2017.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Provoz klimatizace obchodního centra“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 14. 6. 2017

Martin Kunc

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Milošovi Lainovi Ph.D. za odborné vedení, ochotu, cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu během celého studia.

## Obsah

<b>Soupis použitého značení</b> .....	<b>- 9 -</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>- 11 -</b>
<b>1 VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ A KLIMATIZACE</b> .....	<b>- 12 -</b>
1.1 Větrací zařízení .....	- 12 -
1.2 Systémy větrání .....	- 12 -
1.2.1 Nucené podtlakové větrání .....	- 12 -
1.2.2 Nucené rovnotlaké větrání .....	- 13 -
1.2.3 Hybridní větrání .....	- 13 -
1.3 Historie Klimatizace .....	- 13 -
1.4 Klimatizační zařízení .....	- 14 -
1.4.1 Vzduchové systémy .....	- 14 -
1.4.2 Kombinované systémy .....	- 15 -
1.4.3 Systém chladící strop .....	- 16 -
1.4.4 Chladivové systémy .....	- 17 -
<b>2 ZDROJE CHLADU</b> .....	<b>- 19 -</b>
2.1 Kompresorové chlazení .....	- 19 -
2.1.1 Pístové kompresory .....	- 20 -
2.1.2 Spirálové kompresory .....	- 20 -
2.1.3 Šroubové kompresory .....	- 21 -
2.1.4 Rotační objemové kompresory .....	- 21 -
2.1.5 Turbokompresory .....	- 22 -
2.2 Chladící věže .....	- 23 -
2.2.1 Chladící věž otevřená .....	- 23 -
2.2.2 Chladící věž uzavřená .....	- 23 -
<b>3 FREECOOLING</b> .....	<b>- 25 -</b>
3.1 Přímý freecooling chladičem .....	- 26 -

3.2	Freecooling vestavěný do jednotky .....	- 27 -
3.3	Oddělený freecooling .....	- 28 -
<b>4</b>	<b>MĚŘENÍ SPOTŘEBY ENERGIE .....</b>	<b>- 29 -</b>
4.1	Elektroměry .....	- 29 -
4.2	Průtokoměry .....	- 29 -
4.2.1	Měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru.....	- 29 -
4.2.2	Měření rychlosti proudění tekutiny .....	- 30 -
4.2.3	Měření objemového průtoku .....	- 30 -
4.2.4	Měření hmotnostního průtoku .....	- 31 -
4.3	Kalorimetry.....	- 31 -
<b>5</b>	<b>CHLADÍCÍ FAKTORY ZDROJŮ CHLADU .....</b>	<b>- 32 -</b>
5.1	Chladicí faktor chladícího zařízení EER .....	- 32 -
5.2	Chladicí faktor klimatizačního zařízení EERAC.....	- 34 -
5.3	Evropský sezonní faktor ESEER.....	- 34 -
5.4	Sezonní chladicí faktor SEER .....	- 35 -
<b>6</b>	<b>OBCHODNÍ CENTRUM CHODOV .....</b>	<b>- 36 -</b>
6.1	Vnější podmínky.....	- 37 -
6.2	Vnitřní parametry prostředí .....	- 37 -
6.3	Stanovení potřeby chladícího výkonu .....	- 38 -
6.4	Zdroje chladu .....	- 39 -
6.4.1	Technické řešení strojovna východ .....	- 40 -
6.4.2	Technické řešení strojovna západ .....	- 44 -
6.4.3	Technické řešení strojovna CHL +2TC01 objekt D.....	- 47 -
<b>7</b>	<b>VYHODNOCENÍ KALORIMETRŮ.....</b>	<b>- 52 -</b>
7.1	Zpracování dat .....	- 52 -
<b>8</b>	<b>VYHODNOCENÍ OBRŽENÝCH SPOTŘEB ENERGIE .....</b>	<b>- 54 -</b>
8.1	Postup zpracování dat .....	- 54 -

8.2	Vyhodnocení naměřených hodnot za první období.....	- 55 -
8.3	Vyhodnocení naměřených hodnot za druhé období (zima).....	- 57 -
8.4	Vyhodnocení naměřených hodnot za třetí období (léto) .....	- 60 -
8.5	Analýza dat za celý rok 2017 .....	- 63 -
8.6	Vyhodnocení průběhu teplot a příkonu obou strojoven .....	- 74 -
8.7	Vyhodnocení a souhrn spotřeb energie VZT za rok 2017.....	- 76 -
8.8	Souhrn spotřeb energie zdrojů chladu za celé měřené období .....	- 79 -
	<b>Závěr.....</b>	<b>- 84 -</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>- 86 -</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>- 88 -</b>
	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>- 89 -</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>- 90 -</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>- 91 -</b>



## Soupis použitého značení

$COPC$	účinnost Carnotova oběhu [-]
$COPR$	účinnost reálného oběhu [-]
$EER$	chladicí faktor zdroje chladu [-]
$EERAC$	chladicí faktor klimatizačního zařízení [-]
$ESEER$	evropský chladicí faktor [-]
$SEER$	sezonní chladicí faktor [-]
$P_1$	elektrický příkon kompresoru [kW]
$P_2$	elektrický příkon ventilátorů [kW]
$P_3$	příkon čerpadel [kW]
$P_4$	příkon ventilátorů [kW]
$P_c$	roční potřeba elektrické energie na chlazení [kWh/rok]
$P_{CHL}^{CEL}$	celkový potřebný chladicí výkon [kW]
$P_{CHL}^{OJ}$	potřebný chladicí výkon obchodních jednotek [kW]
$P_{CHL}^{vých.}$	spotřeba chladu pro strojovnu východ [kW]
$P_{CHL}^{záp.}$	spotřeba chladu pro strojovnu západ [kW]
$q$	produkovaný tepelný tok [W/m <sup>2</sup> ]
$Q_1$	chladicí výkon na výparníku [kW]
$Q_2$	zátěž odvedena z klimatizačního prostoru [kW]
$Q_c$	referenční potřeba na chlazení [kWh/rok]
$q_d$	měrný tepelný tok sdílený do okolí dýcháním [W/m <sup>2</sup> ]
$q_k$	měrný tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí konvekcí [W/m <sup>2</sup> ]
$q_m$	měrný energetický výdej [W/m <sup>2</sup> ]

$q_s$	měrný tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí sáláním [W/m <sup>2</sup> ]
$Q_v$	objemový průtok [m <sup>3</sup> /s]
$q_w$	měrný tepelný tok sdílený z povrchu těla do okolí vypařováním [W/m <sup>2</sup> ]
$S$	průřez potrubí [m <sup>2</sup> ]
$t_e$	venkovní teplota [°C]
$t_k$	teplota povrchu těla [°C]
$\bar{v}$	střední rychlost proudění kapaliny [m/s]
$v$	rychlost proudění tekutiny [m/s]
$k$	konstanta určující vlastnost primárního prvku průtokoměru [-]
$\rho$	hustota tekutiny [kg/m <sup>3</sup> ]
$\Delta p$	diferenciální tlak [Pa]
$\eta_C$	Účinnost kompresoru [-]
$\eta_C$	Účinnost pohonu [-]
$\eta_R$	Účinnost oběhu [-]
$T_O$	Termodynamická vapařovací teplota [K]
$T_K$	Teplota kondenzační [K]

## Úvod

Na provoz obchodních center má značný vliv spotřeba energie. Jedním z hlavních a největších zařízení na spotřebu energie v obchodních centrech je klimatizace, a je tedy nutné myslet na šetření energie pomocí různých systémů nebo optimalizací provozu. Díky vysoké tepelné zátěži během celého roku a nárokům na tepelnou pohodu je nutné provozovat klimatizaci celoročně.

Bakalářská práce se zabývá spotřebou energie obchodního centra Chodov během celého roku. V bakalářské práci je zpracován popis strojeven a analýza systému klimatizace původního obchodního centra Chodov a v nedávné době, nově přistavěné části obchodního centra Chodov. K identifikaci a analýze systému klimatizace, bude využito technické zprávy ventilace a chlazení. Důležitou součástí práce bude vyhodnocení obdržných a zpracovaných spotřeb energie chlazení za jednotlivá období a za celý rok 2017. Dále je v práci vyhodnocena spotřeba energie z měřičů tepla a spotřeba energie u ventilace za rok 2017.

# 1 VĚTRACÍ ZAŘÍZENÍ A KLIMATIZACE

## 1.1 Větrací zařízení

Slouží pro přívod venkovního čerstvého vzduchu do vnitřních prostorů budov a pro odvod znehodnoceného vzduchu. Přívod venkovního vzduchu definujeme intenzitou větrání  $I=V_e/O$ , která vyjadřuje poměr objemového průtoku venkovního vzduchu  $V_e$  [ $m^3/h$ ] k celkovému objemu vnitřního větraného prostoru  $O$  [ $m^3$ ].

Základním požadavkem dle normy ČSN EN 15 665/Z1 musí být zajištěn v obytných prostorech (pokoje, ložnice,) a kuchyních trvalý přívod venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání 0,3 1/h. Pro vyšší požadovanou intenzitu větrání dle normy ČSN EN 15251 se doporučuje 0,5 až 0,7 1/h. V době, kdy obytné budovy dlouhodobě nevyužíváme (víkendy, dovolené) můžeme použít nižší intenzitu větrání 0,1 1/h.

Odvod vzduchu obytných budov je především z místností hygienického zázemí a kuchyně, kde je vzduch znehodnocován (pachy, vlhkost, škodlivinami vznikajícími při vaření, apod.). Průtok přiváděného vzduchu odpovídá průtoku odváděného vzduchu. [1] [10]

## 1.2 Systémy větrání

Kvalitu větrání ovlivňuje přívod venkovního vzduchu. V současné době se do nových rekonstruovaných objektů instalují těsná okna, která neumožňují přívod vzduchu okenními spárami. Proto definujeme vhodné systémy větrání obytných budov a doporučené způsoby přívodu vzduchu. Systémy rozdělujeme na: [2] [10]

- nucené podtlakové větrání
- nucené rovnotlaké větrání
- hybridní větrání

### 1.2.1 Nucené podtlakové větrání

Přívod venkovního vzduchu u podtlakového větrání je možné řešit přívodními větracími otvory v obvodových stěnách, nebo ve výplních stavebních otvorů. Větrací otvory se umísťují pod okno, za nebo nad otopná tělesa, případně pod strop nad okna. Přívodní otvor může být osazen filtrem, případně tlumičem hluku a doporučuje se otvor opatřit regulací průtoku vzduchu. Odvod vzduchu je pak zajištěn centrálním nebo lokálním odvodním ventilátorem. Ohřev venkovního vzduchu zajišťuje otopná soustava. [2]

### 1.2.2 Nucené rovnotlaké větrání

Rovnotlaké větrací systémy zajišťují současný přívod vzduchu čerstvého a odvod vzduchu znehodnoceného. U tohoto systému můžeme využít zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu, tím výrazně snížíme spotřebu tepla na ohřev venkovního vzduchu. Vzduch většinou dopravuje dvojice ventilátorů umístěných v kompaktní vzduchotechnické jednotce. U ventilátorů můžeme regulovat výkon (otáčky), to nám umožňuje ovládat zařízení podle aktuálních požadavků. Jednotka dále obsahuje filtraci atmosférického vzduchu, výměník ZZT, případně ohřívač. Dohřev větracího vzduchu zajistí výměník ve větrací jednotce, nebo otopná soustava. Nucené rovnotlaké větrání představuje vyšší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání nebo hybridní větrání. Použije se i tam, kde z hygienických důvodů není možný přívod vzduchu podtlakem z obvodové stěny, např., tam kde je venkovní ovzduší výrazně znečištěné nebo je zde nadměrný hluk.

Vzduchotechnickou jednotku můžeme osadit do technické místnosti, komory, šatny apod. Vzduchovody jsou uloženy do podlah nebo vedeny pod stropem. Přívod čerstvého vzduchu je zajištěn do každé obytné místnosti a odtah je z koupelen, WC a kuchyně. Objekt je tak zónově provětráván, čerství vzduch prochází všemi prostory. [2]

### 1.2.3 Hybridní větrání

Hybridní větrání kombinuje větrání s nuceným oběhem a s přirozeným oběhem. Kombinuje účinky sil přirozených se silou mechanickou. Cílem je udržet kvalitu vnitřního vzduchu bez vysokých nároků na spotřebu energie. Nezbytnou součástí systému je řídicí systém budovy, který na základě aktuálních požadavků (koncentrace CO<sub>2</sub>) nastavuje provozní režim budovy. [2]

## 1.3 Historie Klimatizace

Počátky klimatizací můžeme nalézt již v dávné minulosti, ve starých asijských, indických oblastech a také v Egyptě a Římě. Nejednalo se samozřejmě o klimatizování, které známe dnes, ale bylo založeno na přirozeném proudění vzduchu, přenosu tepla a vlhkosti.

K nejvýznamnějšímu pokroku v klimatizační technice přispěly roku 1911 vědecké práce Dr. W. H. Carriera z oblasti termodynamiky vlhkého vzduchu (vytvoření h-x diagramu a tabulek vlhkého vzduchu). Dr. W. H. Carrier instaloval první klimatizační systém v americkém New Yorku v tiskárně Sackett-Wilhelm, která měla problémy s usycháním barev a mačkáním papíru kvůli vysoké teplotě a vlhkosti vzduchu. Od té doby klimatizace prodělala

mohutný vývoj a dnes je v některých oblastech nezbytností. S klimatizací se běžně setkáváme všude od výrobních podniků, administrativních budov, obchodních center až po automobily a domácnosti. [3] [4] [5]

## 1.4 Klimatizační zařízení

Klimatizace je strojní úprava vzduchu zajišťující požadované parametry prostředí a to, teploty, vlhkosti a čistoty vzduchu. Souborem technických prvků vytváří klimatizační zařízení. Z fyzikálního hlediska je klimatizační zařízení systémem plnícím čtyři termodynamické funkce úprav vzduchu. Úpravy tvoří chlazení, ohřev, vlhčení a odvlhčování. Podle účelu lze klimatizační zařízení dělit na komfortní a technologické. Komfortní klimatizační zařízení slouží pro úpravu ovzduší z hlediska hygienického, zajištění tepelné pohody osob v prostředí bez průmyslových škodlivin. Technologická klimatizační zařízení slouží k vytvoření prostředí nutného k průběhu technologických, mechanických, chemických a biologických procesů. Převládá zde požadavek technologie nad požadavkem osob. Dle technického provedení a typických teplonosných látek lze klimatizační systémy dělit na: [6] [7] [10]

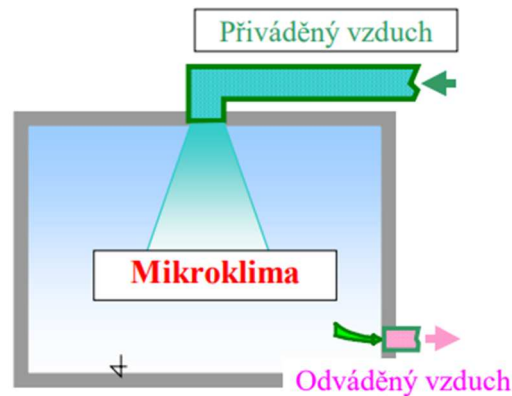
- Vzduchové systémy
- Vodní systémy
- Chladivové systémy
- Kombinované systémy

### 1.4.1 Vzduchové systémy

Teplonosnou látkou pro přenos tepla a chladu mezi zdroji a klimatizovaným prostorem k pokrytí tepelné zátěže a ztrát je vzduch vedený vzduchovody. Z důvodu malé tepelné kapacity vzduchu jsou k přenosu tepelné energie nutné větší průtoky, z toho vyplývá větší výměny vzduchu v místnostech. Podle rychlosti proudění vzduchu v potrubí dělíme systémy na nízkotlaké a vysokotlaké. Pro svůj provoz vyžadují zdroj chladicí vody. Systémy tvoří zařízení pro úpravu vzduchu (směšovací komora, filtr, ohříváč, chladič, zvlhčovač, ventilátor pro přívod vzduchu a ventilátor pro odvod vzduchu) a distribuční síť (vzduchovody s vyústkami nebo anemostaty pro přívod a odvod vzduchu). Mezi vzduchové klimatizační systémy patří:

- Vzduchový jednokanálový systém, jednozónový
- Vzduchový jednokanálový systém s proměnným průtokem vzduchu, vícezónový
- Vzduchový dvoukanálový systém, vícezónový

Klimatizační systém vzduchový jednokanálový. U tohoto systému se upravený vzduch dopravuje do klimatizované místnosti jedním vzduchovodem. Systém pracuje obvykle s konstantním průtokem přiváděného vzduchu. Tepelný výkon se reguluje změnou teploty přiváděného vzduchu. [6] [7]



*Obr. 1 Schéma vzduchového systému [7]*

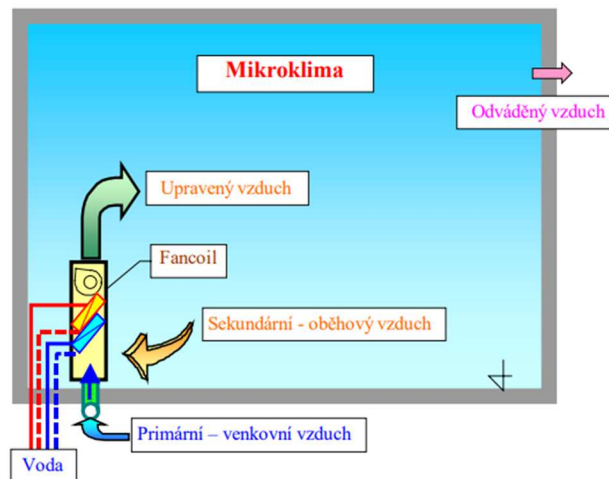
#### 1.4.2 Kombinované systémy

Kombinované klimatizační systémy se vyznačují tím, že nositelem tepla a chladu pro tvorbu interního mikroklimatu a pokrytí tepelné zátěže i ztrát místnosti je voda, která se rozvádí z místa své úpravy do jednotlivých klimatizovaných místností budovy potrubní sítí. Výhodou těchto systémů je, že jsou jednoduché, spolehlivé a dobře regulovatelné. Používají se jak pro chlazení, tak i vytápění budov. V klimatizovaných místnostech jsou osazeny koncové prvky s teplosměnnou plochou sdílející teplo:

- Konvekcí pomocí indukčních jednotek
- Konvekcí pomocí ventilátorových jednotek tzv. fancoilů
- Sáláním velkoplošnou plochou, tzv. chladícím stropem

Zmíněné systémy lze rozdělit dle způsobu rozvodu vody na dvoutrubkové, třítrubkové a čtyřtrubkové s horizontálním a vertikálním provedením. Systémy s indukčními jednotkami i fancoily jsou v podstatě stejné, liší se pouze provedením koncových prvků. Jednotky jsou v klimatizovaných místnostech napojeny na rozvod vody a rozvod tzv. primárního vzduchu. Svým provedením umožňují přísávání sekundárního vzduchu, kterým je oběhový vnitřní vzduch. Kombinované systémy tvoří část vzduchová a vodní. Základní komponenty představují: [6] [7]

- Zdroj chladu, chladicí jednotky (chillery) k přípravě chladicí vody
- Zdroj tepla tvořený kotelnou či předávací stanicí k přípravě topné vody
- Rozvodný systém chladicí a topné vody
- Koncové prvky, vnitřní jednotky
- Zařízení k úpravě a dopravě čerstvého vzduchu do místnosti
- Zařízení k odvodu znehodnoceného vzduchu

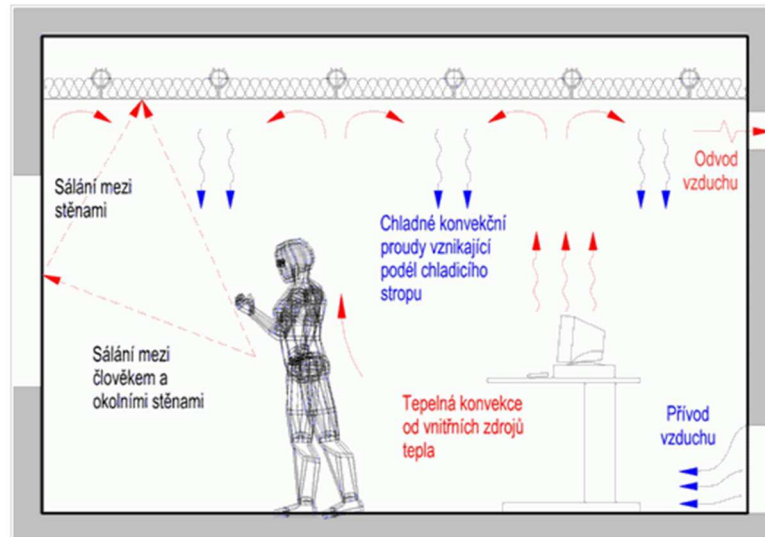


Obr. 2 schéma kombinovaného systému [7]

### 1.4.3 Systém chladicí strop

Chladicí stropy patří mezi vodní systémy, které představují moderní technologii chlazení i vytápění budov. Využívají se především v administrativních budovách, společenských prostorech. Podle konstrukce je možné rozdělit chladicí stropy na masivní a lehké. Masivní chladicí stropy jsou tvořeny potrubním systémem vloženým do betonové stropní konstrukce. Lehké chladicí stropy bývají zavěšeny pod betonovou deskou zpravidla v podhledu, nebo samostatně. Lehké chladicí stropy lze dále rozdělit na otevřené a uzavřené. V prostoru s chladicím stropem dochází k přenosu tepla konvekcí a sáláním. Vzduch se v prostoru pohybuje vlivem tepelné konvekce vznikající podél vnitřních zdrojů tepla (osoby, počítače). Ohřátý vzduch stoupá vzhůru ke stropu, kde změni směr vlivem konvekce vznikající podél stropu a vrací se zpět do pásma pobytu osob. Zmíněný mechanismus zajišťuje přirozenou cirkulaci vzduchu v místnosti. To platí za předpokladu, pokud v místnosti není instalován nucený přívod vzduchu. Druhým hlavním principem tohoto systému je sálání, jehož podíl zásadně převyšuje složku konvekční. [6] [7] [8]





**Obr. 3 Sdílení tepla v prostoru chladícím stropem [8]**

#### 1.4.4 Chladivové systémy

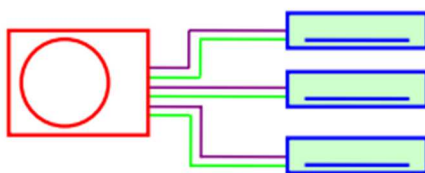
Chladivové systémy představují moderní pojetí klimatizace, jsou komfortní pro uživatele a při tom prostorově nenáročné. Teplonosnou látkou u chladivových systémů je chladivo. Chladivové systémy tvoří tzv. split systém s jednou vnější jednotkou a jednou nebo více vnitřními jednotkami. Vnější a vnitřní jednotky jsou vzájemně propojeny potrubím k cirkulaci chladiva. Součástí vnitřní ventilátorové jednotky je výparník ve funkci chladiče vzduchu. Vnější jednotka umístěna ve venkovním prostoru se skládá z kompresoru a vzduchem nebo vodou chlazeného kondenzátoru.

Chladivové systémy se vyznačují dvoutrubkovým nebo třítrubkovým rozvodem chladiva s přenosem tepla pomocí skupenských změn. V základním chladícím režimu provozu probíhá vypařování chladiva ve vnitřní jednotce a kondenzace chladiva ve vnější kondenzátorové jednotce. Mají hospodárny provoz a umožňují chlazení i vytápění, u technicky nejdokonalejších systémů je možné chladit a vytápět zároveň. Chladivové systémy se používají např. v administrativních budovách, hotelech i v bytovém prostředí. Systémy lze podle provedení zařadit do čtyř základních skupin: [6] [7]

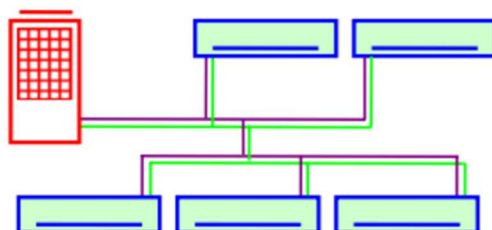
- Systém chladivový spli
- Systém chladivový multisplit
- Systém chladivový multisplit s proměnným průtokem chladiva VRF (VRV)
- Systém chladivový multisplit s proměnným průtokem a přečerpáváním tepla VRF-R (VRV-R)



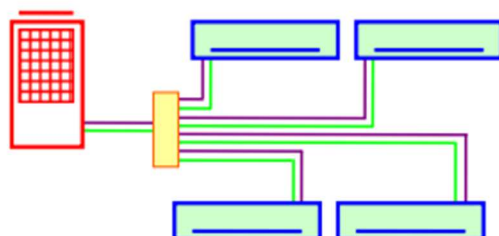
*Obr. 4 Systém split [7]*



*Obr. 5 Systém multisplit [7]*



*Obr. 6 Systém VRF [7]*



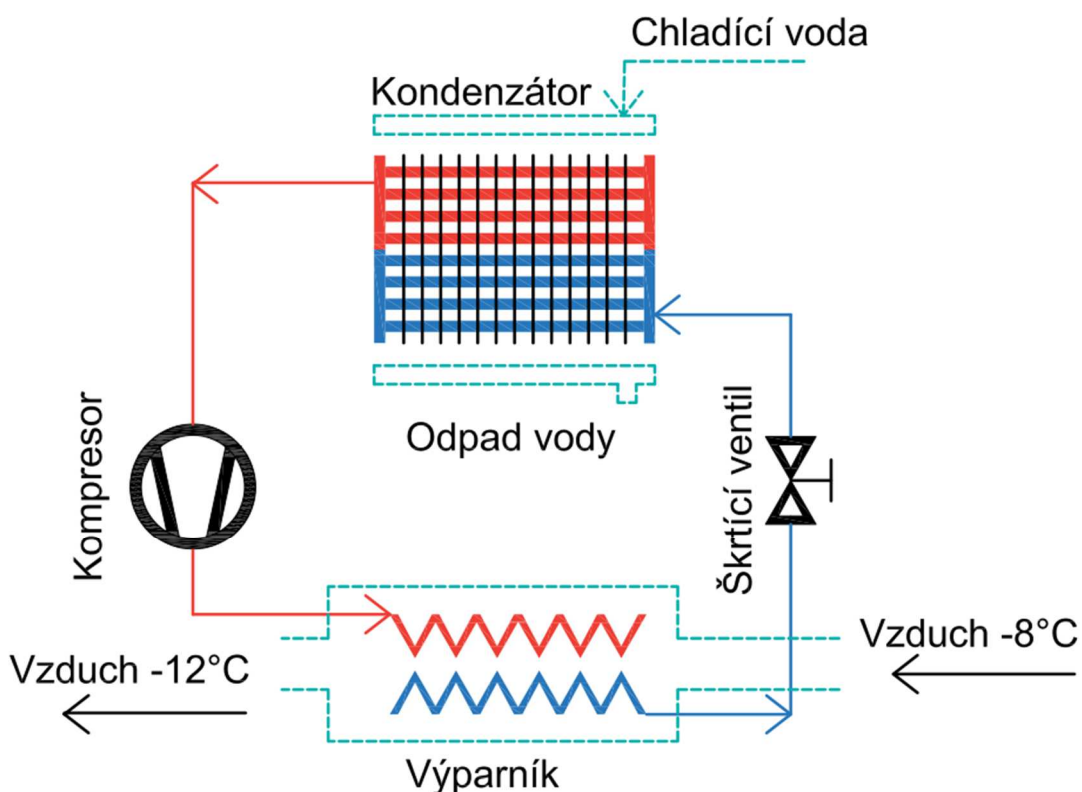
*Obr. 7 Systém VRF-R [7]*

## 2 ZDROJE CHLADU

Jednou ze základních funkcí klimatizačních zařízení je v letním období chlazení. Zdroje chladu pro klimatizační zařízení lze rozdělovat podle řady kritérií. Rozlišují se zařízení založená na oběhu chladiva (absorpční, kompresorová), termoelektrické chlazení a alternativní způsoby chlazení využívající chlad z okolního prostředí. Většina zdrojů chladu pro klimatizace pracuje s kompresorovým oběhem chladiva. [11] [14]

### 2.1 Kompresorové chlazení

Patří v současné době mezi nejrozšířenější systém chlazení. Jeho využití je jak v průmyslu, tak také v komunální sféře i v domácnostech. Kompresorové chlazení se hojně využívá i ke strojnímu chlazení. Chlazení je založeno na odpařování a kondenzaci kapalného chladiva. K této skupenské přeměně je zapotřebí velkého množství tepla. Kromě toho mají používaná chladiva při tlacích blízkých atmosférickému tlaku teplotu varu hluboko pod  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Chladivo nepřetržitě obíhá v zařízení. Kompresní chladicí zařízení se skládá z výparníku, kompresoru, kondenzátoru a regulačního (škrťacího) ventilu.



Obr. 8 Technologické schéma kompresorového chlazení [31]

Způsob funkce kompresorového chlazení je vidět na obr. 8 a je založen na principu, kdy se chladicí látka odpařuje ve výparníku a při odpařování pohlcuje teplo z místa (systému), které má být ochlazeno.

Páry chladiva se v kompresoru stlačují a přivádí do kondenzátoru, kde zkondenzují (zkapalní). V kondenzátoru vysrážené chladivo přechází do sběrače, odkud jej dle potřeby prepouštíme přes redukční ventil do výparníku. Zde dojde k prudkému snížení teploty a přeměně z kapalně fáze na plynnou. Tato změna způsobí ve vychlazovaném prostoru vznik chladu. Z výparníku se vrací plynné chladivo zpět ke kompresoru chlazení. [6] [9]

Kompresorové chlazení lze rozdělit podle typu chladivových kompresorů na:

- Pístové
- Spirálové (tzv. scroll)
- Šroubové
- Rotační objemové
- Turbokompresory

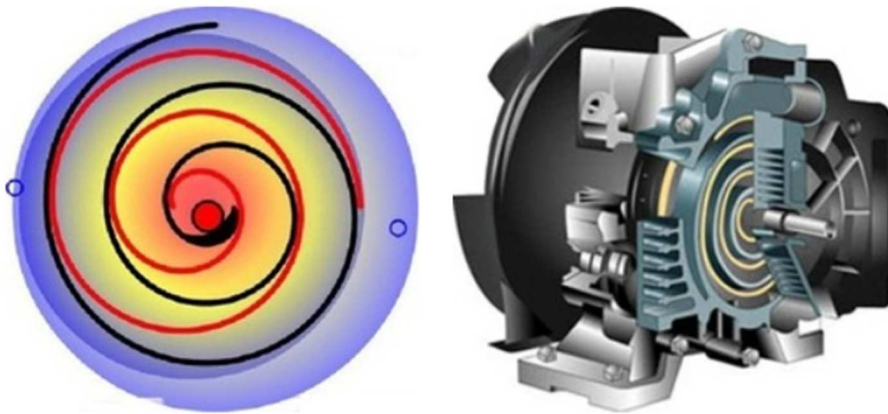
### **2.1.1 Pístové kompresory**

V dnešní době jsou pístové kompresory v klimatizaci čím dál více nahrazovány rotačními typy kompresorů. V klimatizaci se využívají u menších zařízení do výkonu stovek kW. Většina pístových kompresorů používá pro vratný pohyb pístu klikový mechanismus nebo excentr. Pístové kompresory mají široké možnosti konstrukčních provedení. Výhoda je snadná výrobní technologie klikového mechanismu. [12] [14]

### **2.1.2 Spirálové kompresory**

První kompresor typu scroll byl vyvinut již na počátku 20. století. Technicky jsou velmi jednoduché, ale jejich výrobu umožnili až číslicově řízené obráběcí stroje. Kompresor je tvořen dvěma spirálami vloženými do sebe, jednou pevnou a druhou excentricky kroužící. Ve spirálách dojde k nasátí média a jeho stlačení směrem ke středu. Tím se teplota i tlak zvyšují na požadovanou hodnotu. Ve středu spirály je výtlačná trubka. Aby nedocházelo k úniku média, je třeba spirály nepřetržitě mazat. Při nízkých rychlostech je účinnost mazání snížena a může dojít k předčasnému opotřebení kompresoru. Jedna z výhod tohoto druhu kompresoru je, že má malý počet pohyblivých dílů, což má vliv na životnost a spolehlivost stroje. Další výhodou je malý pokles výkonu s klesajícím tlakem a výhodně energetické vlastnosti. Nevýhodou a omezením jsou odstředivé síly vzniklé rotací rotoru, který je uložen výstředně, a to při otáčení

vyvolá síly, které musí být odstraněny. Spirálové kompresory jsou uplatňovány u menších zdrojů chladu s regulací průtoku a chladiva. [12] [13] [14]



*Obr. 9 Spirálový kompresor [13]*

### **2.1.3 Šroubové kompresory**

Využívají se u zdrojů chladu s vyšším výkonem kW až MW. Jsou vhodné pro většinu běžných chladiv. Šroubové kompresory dosahují vysoké obvodové rychlosti a to troj, až dvacetinásobně vyšší než pístové kompresory. To umožňuje zmenšení kompresoru při zachování chladicího výkonu. Dělí se na jednorotorové a dvourotorové v mazané a bezmazané verzi. [12] [14]

### **2.1.4 Rotační objemové kompresory**

Tyto kompresory jsou velmi rozmanité svou konstrukcí. Základním principem je jednosměrné stlačování par chladiva. Rotační kompresory mají různá řešení rotujících pístů (válců). Použití těchto kompresorů s rotujícím pístem (jedním nebo dvěma) je typické u split klimatizace. Píst ve tvaru válce se vystředěně odvaluje po stěně pracovního válce a vytlačuje před sebou nasáté páry chladiva. Pohyblivá těsnící deska v mezi prostoru odděluje nízký a vysoký statický tlak. Do této skupiny patří kompresory lamelové, s rotujícím pístem, Rootsovy kompresory, kompresory tzv. svingující. Také do této skupiny patří dvojité rotační kompresor, který v osmdesátých letech minulého století vyvinula japonská firma Toshiba. Kompresor je tvořen dvěma pevnými komorami. V každé z nich se otáčí excentrická vačka, která stlačuje chladivo ve spolupráci pohyblivou komorovou přepážkou. Obě vačky jsou uloženy v protilehlých polohách na jedné společné hřídeli tak, aby bylo zajištěno vyrovnaní namáhání hřídele a ložisek rotoru. Výhodou konstrukce kompresoru je velmi malé mechanické namáhání, čímž je také menší i potřeba mazání při nízkých otáčkách. Kompresory jsou

kompaktní, mají malé vibrace, jejich provoz je velmi tichý a pracují s vysokou účinností. Otáčky kompresoru je možné plynule řídit frekvenčním měničem a jsou úměrné výkonu kompresoru, proto je možné výkon plynule regulovat v rozmezí 20 až 100 %. Tyto kompresory dnes používá již většina výrobců například firma Toshiba, Daikin, Mitsubishi a IVT. [12] [13] [14]



*Obr. 10 Dvojitý rotační kompresor [13]*

### **2.1.5 Turbokompresory**

Řadí se do skupiny dynamických kompresorů. Turbokompresory mají uplatnění nejen v technice chlazení, využívají se v metalurgii při výrobě železa, dopravují vzduch do konvektorů, do vysokých pecí, využívají se při výrobě kyslíku a dělení vzduchu, v dolech, talových plynárnách, nebo také v chemickém průmyslu při zpracování ropy a zemního plynu. Jsou také součástí spalovacích turbín, tlakovzdušných elektráren a v neposlední řadě klimatizačních zařízení. V klimatizačním zařízení se využívá, kde se jedná o stlačování velkého množství vzdušiny. Jelikož chladicí výkon je úměrný množství vzdušiny, jsou turbokompresory užívány zejména u chladírenských zařízení s vyšším chladícím výkonem např. klimatizace velkých budov, doly, hutě ale i v chemickém a potravinářském průmyslu. Využívá se i pro kluziště, nebo ve výzkumech v aerodynamických tunelech při nutnosti nízkých teplot. Do skupiny dynamických kompresorů se zařazuje z důvodu změny momentu hybnosti mezi rotačními mechanickými prvky a stále proudící tekutinou. Pro efektivnost hybnosti se využívá vysoká rotační rychlost ale při menších vibracích a opotřebením. To je možné z důvodu minimálního počtu kontaktních dílů (nebo celková absence) v případě pístů nebo lopatek.

Protože jsou objemové toky spojité, turbokompresor má i větší objemovou kapacitu při menší velikosti než u jiných objemových zařízení.

Podle průtoku plynu v oběžném kole se rozlišují turbokompresory na radiální (odstředivé), na axiální (osové) a na radiálně-axiální. [12] [14]

## **2.2 Chladicí věže**

Chladicí věž je zařízení sloužící k ochlazení vody kondenzátorového okruhu chladících jednotek s vodou chlazenými kondenzátory. Jedná se o adiabatické chlazení, při kterém dochází k rozstříkávání vody do vzduchu a následnému odparu vody z povrchu kapek. Tím se mění vázané teplo na teplo citelné a vzduch i kapky se ochlazují. Ochlazení je limitováno stavem nasycení, který odpovídá teplotě mokrého teploměru. Vzhledem k tomu, že klima v České republice je teplé a polosuché, je potenciál pro adiabatické chlazení značný. Maximální teploty mokrého teploměru jsou v běžném roce 20 °C a v extrémním roce 25 °C. Proto mají kondenzátory chlazené vzduchem, který byl adiabaticky ochlazen, nebo přímo osazené do chladících věží nižší kondenzační teploty než suché vzduchem chlazené kondenzátory. Adiabaticky lze připravovat chladicí vodu i pro vodou chlazené kondenzátory.

Provedení chladících věží jsou pro venkovní instalace s možností tlakově otevřeného nebo uzavřeného okruhu. Při vyšších požadavcích na nižší teploty vody je doporučováno kompresorové chlazení. Výhody chlazení pomocí chladicí věže jsou v nižší energetické náročnosti a nižší pořizovací ceně. Je nutné dbát na hlídání kvality vody a zabezpečení ochrany proti mrazu. Chladicí věž obchodního centra Chodov můžeme vidět na obr. 17. [6]

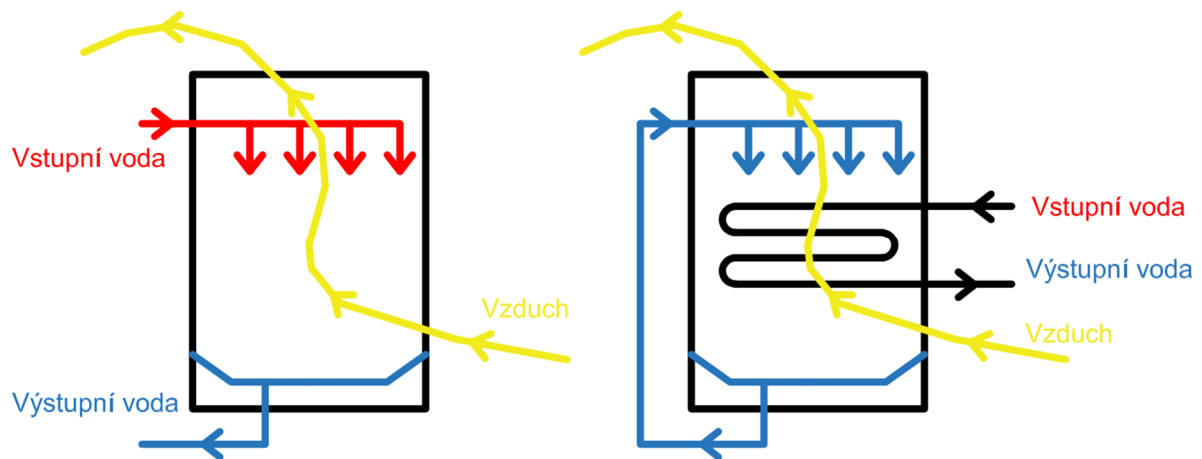
### **2.2.1 Chladicí věž otevřená**

Otevřená chladicí věž je taková, ve které dochází přímo ke styku chladicí vody s okolní atmosférou. Chladicí voda je rozstříkována v horní části chladicí věže a následně stéká přes výplň chladicí věže do vany. Proti stékající vodě proudí vzduch, který chladicí vodu ochlazuje na požadovanou teplotu. Chladicí voda je následně z vany nasáván čerpadlem a dopravována ke spotřebiči. [15]

### **2.2.2 Chladicí věž uzavřená**

Uzavřená chladicí věž je taková, kde nedochází ke styku chladicí vody (vody určené pro chlazení spotřebiče) s okolní atmosférou. Jedná se tedy o uzavřený chladicí okruh. Chladicí voda proudí trubkovým výměníkem, který je umístěný v chladicí věži. Na tento výměník je rozstříkována voda, která je čerpána z vany chladicí věže. A stejně jako u otevřené chladicí

věže přes výměník a rozstříkovanou vodu proudí vzduch, jehož množství je řízeno na základě požadované teploty chladicí vody. [16]



*Obr. 11 Otevřená chladicí věž (vlevo) a uzavřená chladicí věž (vpravo) [6]*



### 3 FREECOOLING

Freecooling neboli volné chlazení je systém využívající nízkých venkovních teplot pro výrobu chladu v chladných měsících. Účelem systému freecooling je snížení a optimalizace počtu provozních hodin chladících kompresorů, jejichž energetická náročnost je několikrát větší než u ventilátorů, které se využívají při systému freecooling. To znamená, že z energetického hlediska je provoz freecooling systému velice nenáročný. Při tomto druhu chlazení tedy fungují pouze ventilátory, které nasávají vzduch skrz lamelový výměník s nemrznoucí kapalinou, která své teplo odevzdává do vzduchu. Když teplota okolního vzduchu klesne pod nastavenou hodnotu, všechna nebo část chlazené vody přestane protékat stávající chladicí jednotkou a namísto toho protéká přes systém chlazení venkovním vzduchem a tím šetří energii. Freecooling se vyplatí v prostorných objektech, které mají nutnost chladit v zimním období, tedy v budovách, kde je nutné chladit celoročně. Využití freecoolingu se uplatňuje pro provoz a aplikace např. v obchodních centrech, datových centrech, průmyslových budovách, pro obráběcí stroje, laserové aplikace apod.

Pokud je venkovní teplota dostatečně nízká, tj.  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  nebo nižší, v závislosti na modelu, jsou kompresory chladicího zařízení zcela vypnuty a chlazení probíhá téměř zdarma. To dramaticky snižuje zatížení systému a snižuje spotřebu energie až o 75 % a zároveň to prodlužuje životnost chladicí jednotky.

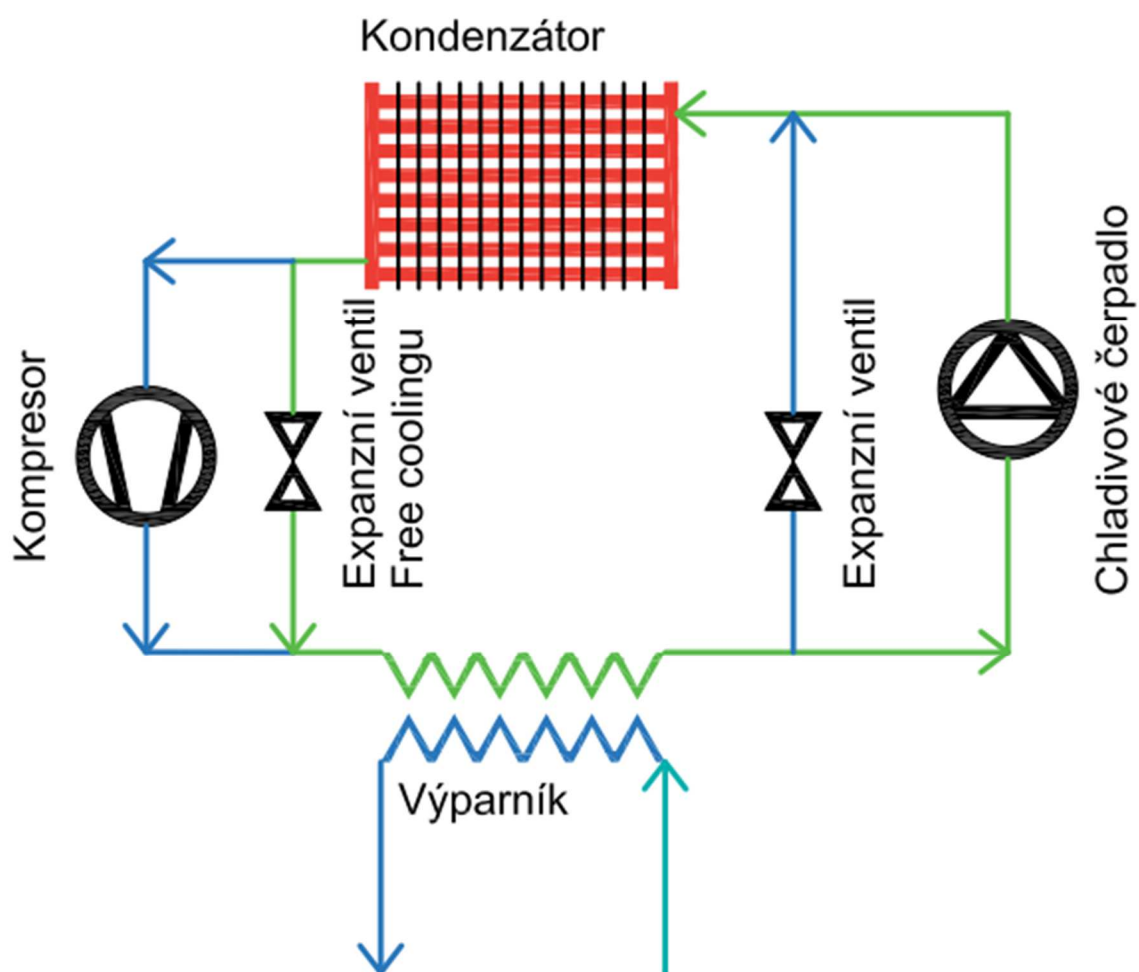
Pro maximální využití freecooling systému je také vhodné, když je teplota chladicí vody vyšší, než je běžně obvyklé. Běžná teplota chladicí kapaliny bývá např.  $6/2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pro feecooling je vhodnější vyšší teplota např.  $14/18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rozdíl využitelnosti plného freecooling systému v průběhu roku při teplotách vody  $6/2\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $14/18\text{ }^{\circ}\text{C}$  se může dle situace pohybovat v rozmezí až 30 %. Pro správné navržení hospodárného freecooling systému je nutno brát v úvahu tyto parametry:

- Požadovaná teplota vody (teplotní spád)
- Okolní teplota v průběhu celého roku
- Geografická poloha a nadmořská výška
- Provozní doba
- Cena elektrické energie

V současné době se používají 3 druhy zapojení freecoolingu do systému. Každý typ zapojení má své výhody a nevýhody. [7] [17] [18] [19]

### 3.1 Přímý freecooling chladivem

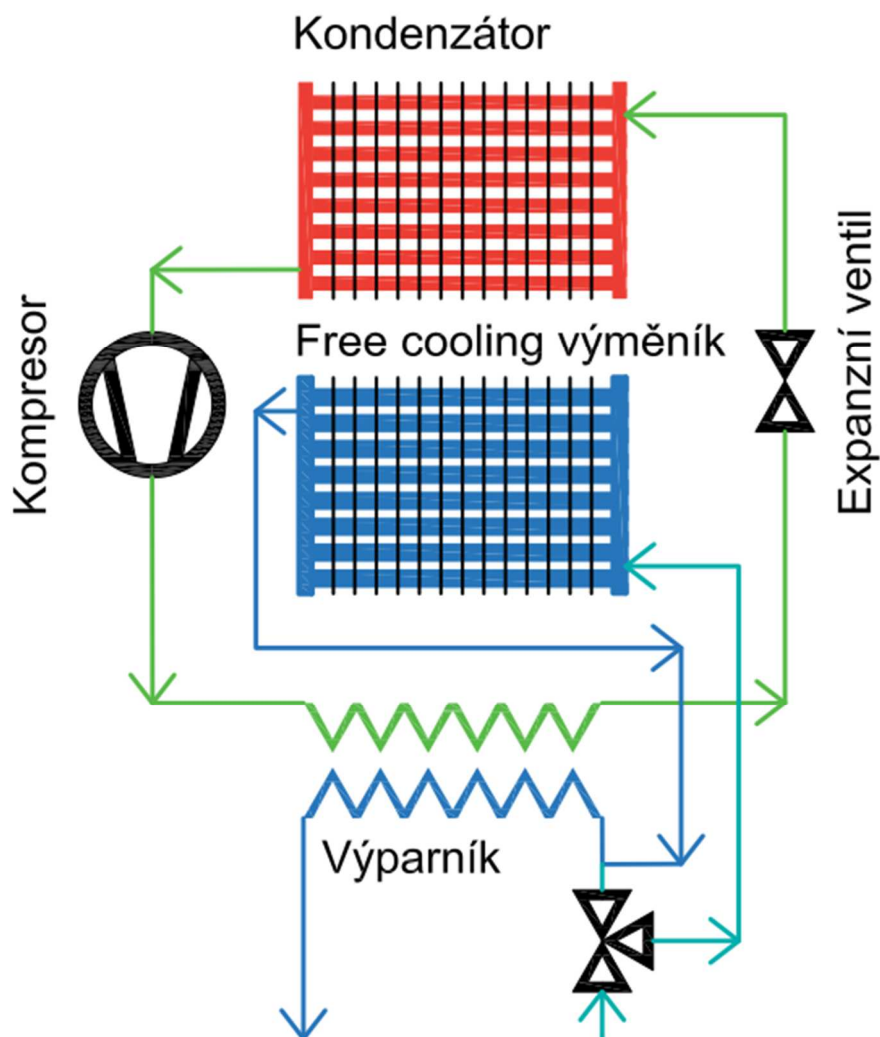
Do okruhu chladiva v chladicí jednotce jsou nainstalovány obtoky kompresoru a expanzního ventilu. Tento typ je založen na principu samovolného případně nuceného toku (pomocí čerpadla) chladiva k místu v okruhu s nejnižší teplotou/tlakem. Přenos tepla tedy stále obstarává chladivo, ale bez použití kompresoru. Výhodou zařízení jsou stejné rozměry a hmotnost jednotky a snadná regulace chodu motorů. Nevýhodou je malý výkon, více částí v chladivovém okruhu, větší objem chladiva a nemožnost současně provozovat strojní chlazení a freecooling. [17] [18]



Obr. 12 Přímý freecooling chladivem [19]

### 3.2 Freecooling vestavěný do jednotky

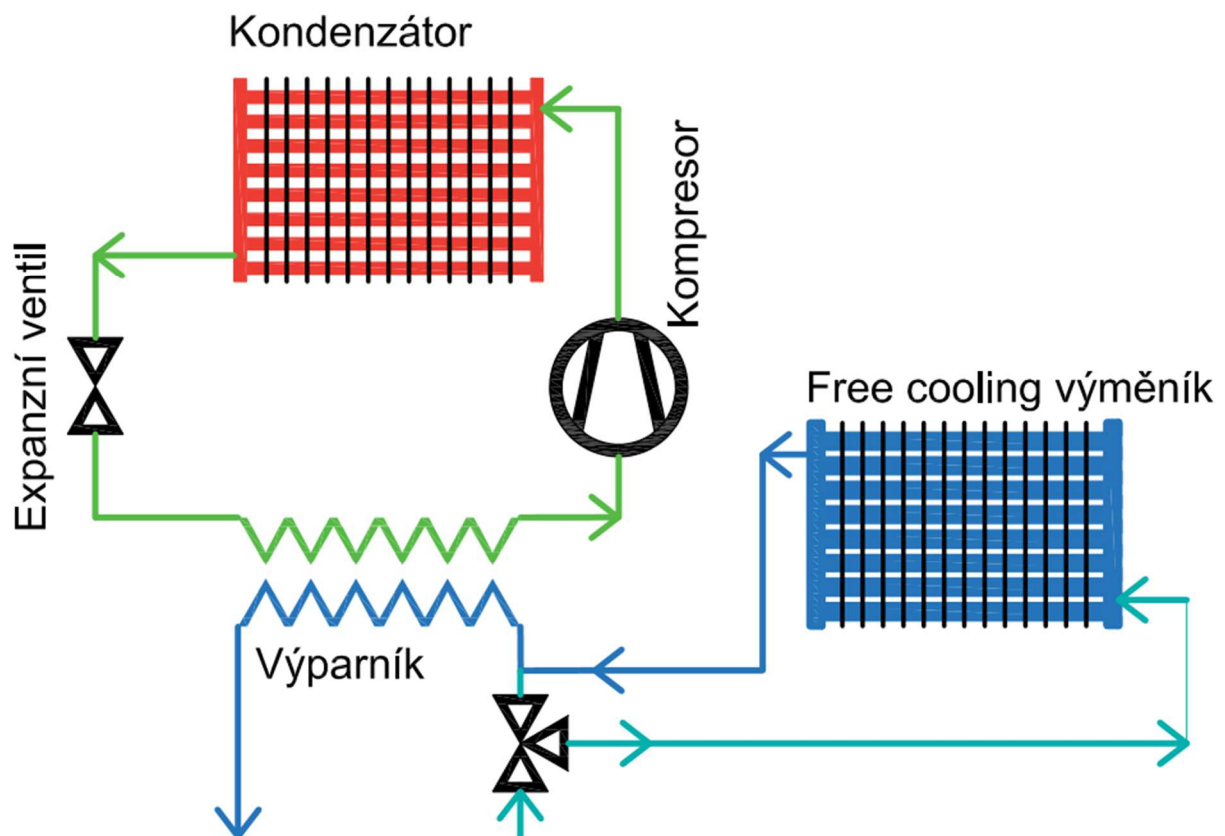
Velice jednoduchý a populární způsob instalace freecoolingového výměníku do jednotky. Před kondenzátor je nainstalován další lamelový výměník, ve kterém proudí nemrznoucí kapalina. Využívají se stejné ventilátory jako při kompresorovém chlazení. Chod motorů ventilátorů se řídí potřebami chladicího okruhu (kompresoru) strojního chlazení. Strojní chlazení potřebuje při nízkých teplotách menší průtok vzduchu přes vzduchový výměník (kondenzátor), a proto vypíná jednotlivé ventilátory dle potřeby (teploty chladiva). Pro využití freecoolingu je žádoucí mít výkon ventilátorů co nejvyšší, aby byl provoz co nejefektivnější. Nevýhodou je zvýšená tlaková ztráta vzduchu ve výměnících a tím pádem i vyšší příkon ventilátorů, vyšší plošné zatížení a další nevýhoda je v regulaci chodu motorů ventilátorů. [17] [18]



Obr. 13 Freecooling vestavěný do jednotky [19]

### 3.3 Oddělený freecooling

Jedná se o kombinaci strojního (kompresorového) chlazení a freecoolingu, které jsou od sebe oddělené ve dvou různých jednotkách. Propojené jsou spolu pouze komunikačním kabelem a rozvody ochlazované kapaliny. Chlazená kapalina vchází nejprve do jednotky Freecoolingu, kde se předchladí (nebo ochladí, záleží na okolních podmínkách) a poté vstupuje do strojního chlazení, kde se v případě potřeby kapalina dochladí na požadovanou teplotu. Výhodou tohoto zapojení je možnost doplnit freecooling ke stávající jednotce a vynikající regulace chodu ventilátorů. Oproti vestavěnému freecoolingu se ventilátory řídí podle požadavku freecoolingové části a při vhodných podmínkách je freecooling využíván na maximální výkon a není ničím omezován. Při souběžném chlazení je tedy efektivita chodu maximální a úspory na spotřebované energii jsou velice vysoké. [17] [18]



Obr. 14 Oddělený freecooling [19]

## 4 MĚŘENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Na provoz klimatizačních zařízení v obchodních centrech má značný vliv spotřeba energie, která sebou nese i značné náklady. Možné úspory elektrické energie se navrhují z naměřených dat v reálném provozu. Musí se tedy provádět kvalitní měření se sběrem dat spotřebované energie na chlazení. Pro velká klimatizační zařízení jako jsou v administrativních budovách a také v obchodních centrech, je důležité mít měření spotřeby energie ke kvalitní optimalizaci provozu. Měření spotřeby energie není ze zákona povinné, ale jsou povinné pravidelné kontroly klimatizačních zařízení podle vyhlášky 193/2013Sb. [20]

### 4.1 Elektroměry

Elektroměr je elektrický měřicí přístroj, který měří množství odebrané elektrické energie. Dříve se spotřeba elektrické energie měřila mechanickými indukčními elektroměry. Tyto elektroměry jsou postupně nahrazovány statickými elektroměry. Nejčastěji používané statické elektroměry jsou buď s pulsním, nebo digitálním výstupem. U elektronických impulzních elektroměrů měření spotřeby vychází z počtu impulzů elektronického wattmetru a konstanta elektroměru se udává v impulzech na 1 kWh. [21]

### 4.2 Průtokoměry

Měření průtoku tekutin patří mezi důležité veličinu pro měření spotřeby energie klimatizačního zařízení. Mezi základní metody měření průtoku tekutiny patří: [22]

- Měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru
- Měření rychlosti proudění tekutiny
- Měření objemového průtoku
- Měření hmotnostního průtoku

#### 4.2.1 Měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru

Tato metoda se používá u většiny průmyslových průtokoměrů a je založena na měření rozdílu tlaku před a za primárním prvkem průtokoměru. Základní skupinou těchto průtokoměrů jsou škrticí orgány, mezi které patří clona, dýza, atd. Mezi průtokoměry založené na snímání tlaku patří např. Prandtlova sonda, Pitotova trubice, víceotvorová rychlostní sonda, kulová sonda, válcová sonda. Tlakové poměry v potrubí při proudění popisuje Bernoulliho rovnice. Bernoulliho rovnice vyjadřuje zákon zachování mechanické energie v tekutinách, podle kterého při stejných podmínkách tlak v tekutinách klesá s nárůstem rychlosti proudění. K tomuto jevu

dojde, pokud do potrubí, ve kterém proudí tekutina, vložíme překážku. Rychlost proudění tekutiny při průchodu překážkou roste při poklesu statického tlaku v tekutině. Rozdíl tlaků před a za překážkou je přímo úměrný druhé mocnině rychlosti proudění (závisí také na tvaru překážky): [22]

$$v = k * \sqrt{k * \frac{\Delta p}{\rho}} \quad (1)$$

$v$  – rychlost proudění tekutiny [ $m \cdot s^{-1}$ ]

$k$  – konstanta určující vlastnosti primárního prvku průtokoměru [–]

$\Delta p$  – diferenční tlak [Pa]

$\rho$  – hustota tekutiny [ $kg \cdot m^{-3}$ ]

#### 4.2.2 Měření rychlosti proudění tekutiny

U tohoto principu měření se stanovuje objemový průtok ze vztahu:

$$Q_v = \bar{v} * S \quad (2)$$

$\bar{v}$  – střední rychlost proudění tekutiny

$S$  – průřez potrubí

V tomto případě je signál z výstupu průtokoměru lineárně závislý na průtoku, na rozdíl od snímačů založených na měření rozdílů tlaků, kde je závislost kvadratická. Proto zde odpadají problémy s chybami u odmocňování. Mezi průtokoměry, které pracují na tomto principu, patří turbínkové průtokoměry, vírové průtokoměry, elektromagnetické průtokoměry a ultrazvukové průtokoměry. [22]

#### 4.2.3 Měření objemového průtoku

Průtokoměry pro měření objemového průtoku měří objem tekutiny rozdělením objemu do samostatných prostor se známým objemem. Hodnotu objemu tekutiny, která protekla potrubím za určitou měřenou dobu získáme vynásobením známého objemu odměrného prostoru s počtem postupně naplněných prostor. Mezi tyto průtokoměry patří např. průtokoměr s kroužkovým pístem, oválové měřidlo nebo bubnové průtokoměry. [22]

#### **4.2.4 Měření hmotnostního průtoku**

Hmotnostní průtok zjistíme nepřímo přepočtem z objemového průtoku. Metod přímých pro měření hmotnostního průtoku existuje málo. Mezi základní metody patří, Coriolisův průtokoměr a tepelný hmotnostní průtokoměr. [22]

### **4.3 Kalorimetry**

Kalorimetry jsou přístroje pro měření tepla, chladu, tepelné kapacity, měrné tepelné kapacity a dalších kalorimetrických veličin. Tepelný zisk je získáván na základě měření rychlosti průtoku teplotnosné látky a teplotních rozdílů na přívodním a na zpětném potrubí. Kalorimetr je tvořen kalorimetrickým počítadlem, průtokoměrem a také teploměrem, respektive teplotním čidlem nejčastěji  $pt_{100}$ . [23]

## 5 CHLADÍCÍ FAKTORY ZDROJŮ CHLADU

Spotřeba energie vynaložená na klimatizování budov je v naší republice stále velkou neznámou. Měření spotřeby energie není zákonem předepsáno, a proto je více méně naprosto ojedinělé. Metodiky výpočtu používané při energetickém posuzování budov jsou velmi zjednodušené a nezahrnují v dostatečné míře všechny důležité faktory chování klimatizačního systému. [24]

### 5.1 Chladicí faktor chladicího zařízení EER

Chladicí faktor definovaný jako poměr chladicího výkonu k příkonu. Dříve se chladicí faktor označoval zkratkou *COP* (Coefficient of performance). Dnes se označuje *EER* (Energy Efficiency Ratio)

$$EER = \frac{Q_N}{P_N} = COP \quad (3)$$

$Q_N$  – chladicí výkon

$P_N$  – elektrický příkon zdroje

V chladicí technice se pro porovnávání a pro studium základních zákonitostí kompresorového oběhu používá levotočivý Carnotův oběh. V praxi má tento oběh nedosažitelnou účinnost a chladicí faktor takového oběhu je označován  $COP_C$ . Chladicí faktor je pro dané teploty a pro Carnotův oběh nejvyšší možný a nezávislý na druhu obíhající látky. Skutečné oběhy se od teoretických liší nevratností dějů. Porovnání skutečného oběhu s Carnotovým lze vyjádřit účinností oběhu  $\eta_R$ . Chladicí faktor reálného oběhu ( $COP_R$ ) se pak výrazně liší od Carnotova.

$$COP_C = \frac{T_O}{T_k - T_O} \quad (4)$$

$T_O$  – termodynamická vypařovací teplota

$T_K$  – teplota kondenzační

$$COP_R = COP_C * \eta_R = \frac{T_O}{T_k - T_O} * \eta_R$$

$\eta_R$  – účinnost oběhu



Celkový chladicí faktor reálného oběhu  $COP_I$  je pak poměr tepla odvedeného na výparníku k el. Příkonu kompresoru a musí zohlednit účinnost kompresoru  $\eta_C$  a jeho pohonu  $\eta_E$ . Následující rovnice definuje chladicí faktor pro zdroje chladu s vodou chlazeným kondenzátorem.

$$COP_1 = COP_R * \eta_C * \eta_E = \frac{Q_1}{P_1} = EER_1 \quad (5)$$

$\eta_C$  – účinnost kompresoru

$\eta_E$  – účinnost pohonu

$Q_1$  – chladicí výkon

$P_1$  – příkon kompresoru

Pro zdroje chladu se vzduchem chlazeným kondenzátorem je nutné připočítat elektrický příkon ventilátorů  $P_2$  pro odvod kondenzačního tepla. [6] [24]

$$COP'_1 = \frac{Q_1}{P_1 + P_2} = EER'_1 \quad (6)$$

$P_2$  – příkon ventilátorů

## 5.2 Chladicí faktor klimatizačního zařízení EERAC

Dalším krokem v rámci celkové charakteristiky klimatizačního systému je distribuce chladu po budově. U vodních klimatizačních systémů je zajištěna vodním okruhem, u vzduchových systémů s vodním chladičem je vodní okruh jednodušší a propojuje pouze zdroj a centrální klimatizační jednotku pro úpravu vzduchu. Oba klimatizační systémy ale musí mít oběhové čerpadlo (čerpadla), které má určitý elektrický příkon  $P_3$ . Ten je třeba rovněž zahrnout do celkové bilance systému.

Posledním stupněm je potom příkon ventilátorů zajišťujících rozvod vzduchu po budově a jeho distribuci v klimatizovaných prostorech u vzduchových systémů nebo pouze cirkulaci vzduchu přes ventilátorové konvektory (fan-coil) v prostoru u systémů vodních. Příkon těchto ventilátorů  $P_4$  též výrazně ovlivňuje celkový chladicí faktor systému. Celkový chladicí faktor systému  $COP_{AC}$  je potom poměr zátěže odvedené z klimatizovaného prostoru ku součtu všech příkonů (kompresoru, ventilátorů kondenzátoru, čerpadel a ventilátorů v klimatizačních jednotkách). [24]

$$COP_{AC} = \frac{Q_2}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4} = EER_{AC} \quad (7)$$

$Q_2$  – zátěž odvedená z klimatizačního prostoru

## 5.3 Evropský sezonní faktor ESEER

Evropský sezonní energetický faktor, ve srovnání s jednoduchým  $EER$ , je stanoven jako kombinace různých provozních podmínek definovaných nejnověji podle EUROVENT/CEN tak, aby faktor odrážel co nejlépe provoz stroje v normálních sezónních provozních podmínkách mimo projektované maximální parametry. Vztah pro výpočet SEER je následující: [6] [24]

$$ESEER = A * EER_{100\%} + B * EER_{75\%} + C * EER_{50\%} + D * EER_{25\%} \quad (8)$$

Kde  $EER_{XX}$  je chladicí faktor při  $XX$  procentní zátěži určený pro podmínky dle následující tabulky:

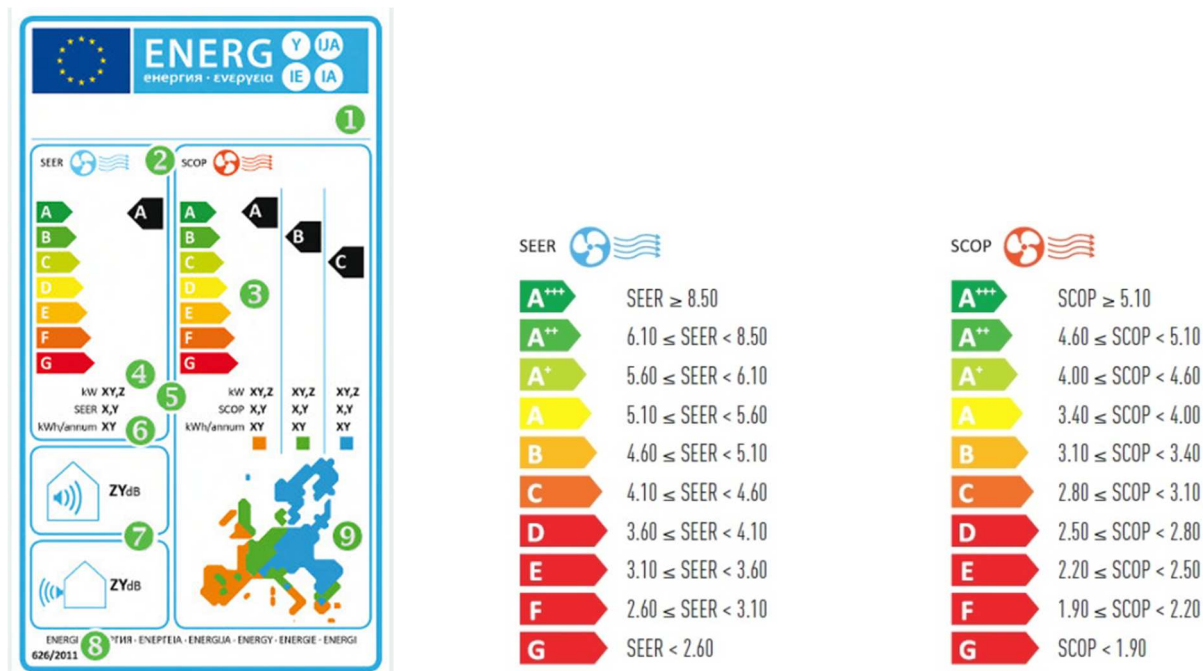
Tab. 1 Parametry pro vyhodnocení ESEER [6]

Procento zatížení	Teplota vzduchu (°C)	Teplota vody (°C)	Koeficient v rovnici
100	35	30	3 %
75	30	26	33 %
50	25	22	41 %
25	20	18	23 %

## 5.4 Sezónní chladicí faktor SEER

Sezónní chladicí faktor *SEER* (Seasonal Energy efficiency Ratio).

Na obrázku číslo 15 je možné vidět energetické třídy společně se sezónními chladicími faktory *SEER* pro malé klimatizační jednotky. [24]



obr. 15 Energetický štítek klimatizačních jednotek [30]

1 – Výrobce, model

2 – Funkce chlazení SEER nebo EER, funkce vytápění SCOP nebo COP

3 – Energetická třída a příslušná barevná škála

4 – Jmenovitý výkon chlazení nebo vytápění

5 – jednoduché klimatizace: hodnota SEER a SCOP,

jednokanálové a dvoukanálové klimatizace: hodnota EER nebo COP

6 – jednoduché k. roční spotřeba energie

jednokanálové a dvoukanálové klimatizace: spotřeba energie za 60 minut

7 – Hluk vnitřních jednotek, venkovních jednotek

8 – Číslo nařízení

9 – Mapa Evropy zobrazující tři orientační otopná období a odpovídající barvu

## 6 OBCHODNÍ CENTRUM CHODOV

Centrum Chodov je jedno z největších a nejvýznamnějších obchodně společenských center nejen v Praze, ale i v celé České republice. Obchodní Centrum Chodov je koncipováno jako nový obchodně společenský komplex s širokou nabídkou obchodů a služeb. OC Chodov mělo přibližně 55 tisíc metrů čtverečních a v nedávné době se rozrostlo skoro o dvojnásobek na více než 100 tisíc metrů čtverečních. Obchodní centrum nabízí téměř 300 obchodů. Vlastníkem centra je francouzská firma Unibail-Rodamco. [27]



*Obr. 16 Obchodní centrum Chodov (nový objekt D) [28]*

## 6.1 Vnější podmínky

Zařízení vzduchotechniky a klimatizace bylo navrženo pro následující parametry vnějšího prostředí obsažené v tabulce (Tab. 2)

Tab. 2 Parametry vnějšího prostředí [26]

	Zima	Léto
<b>Tlak vzduchu</b>	98 kPa	
<b>Nadmořská výška</b>	300 m n.m.	
<b>Teplota vzduchu</b>	-12 °C (-15 °C pro VZT)	32 °C
<b>Entalpie vzduchu</b>		60 kJ/kg s.v.
<b>Relativní vlhkost</b>	(50%)	34 %
<b>Měrná vlhkost vzduchu</b>	0,5 g/kg s.v. (minimum)	10,85 g/kg s.v. (maximum)

## 6.2 Vnitřní parametry prostředí

Pro návrh zařízení byli použity hodnoty vnitřního prostředí obsažené v tabulce (Tab. 3)

Tab. 3 Parametry vnitřního prostředí [26]

Prostor	Výpočtová zimní teplota	Požadovaná zimní teplota	Výpočtová letní teplota	Požadovaná letní teplota	Požadovaná vlhkost	Poznámka
<b>Podzemní parkoviště</b>						*2)
<b>Otevřené parkoviště</b>						*2)
<b>Pasáž</b>	18	18±2	26	26±2	neřízená	
<b>Obchodní jednotky</b>	20	20±2	26	26±2	neřízená	*1)
<b>Restaurace</b>	20	21±1	25	25±1	neřízená	*1)
<b>Kanceláře</b>	20	21±1	24	24±1	neřízená	
<b>Sociální zařízení</b>	20	min.15	neřízená		neřízená	
<b>Schodiště, komunikační prostory</b>	15	min.10	neřízená		neřízená	
<b>Sklady</b>	15	min.10	neřízená		neřízená	

<b>Strojovny</b>	10	min.10	max.36		neřízená	dle specifických požadavků
<b>Šatny</b>	24	24±2	25	25±2	neřízená	
<b>Umývárny, sprchy</b>	24	24±2	25	25±2	neřízená	
<b>Kino</b>	20	20±2	24	24±2	neřízená	

Poznámka:

\*1) – pro plochy byla provedena pouze příprava, vlastní řešení si zajistil každý nájemce sám, tzn. že parametry prostředí si může mírně přizpůsobit specifickým potřebám, například včetně dovlhčování

\*2) – parametry prostředí nejsou řízené, větrání je přirozené případně podtlakové dle příslušných norem

### 6.3 Stanovení potřeby chladícího výkonu

V technických zprávách byly stanoveny spotřeby chladu pro obchodní jednotky původního objektu A, a nového objektu D.

Pro původní objekt A byla stanovena spotřeba chladu pro obchodní jednotky podle hodnoty potřeby chladu na 1 m<sup>2</sup> plochy obchodní jednotky ve výši 100 W/m<sup>2</sup>. Tato definovaná hodnota byla navýšena o 15 % z požadavku investora na výkonovou rezervu. Na základě pronajímatelné plochy pro obchodní jednotky a výše uvedené měrné potřeby chladícího výkonu byla stanovena potřeba chladícího výkonu pro objekt A na  $P_{\text{CHL}}^{\text{OJ}} = 4723 \text{ kW}$ . Potřeba chladu pro vzduchotechnické zařízení objektu A byla celkově stanovena na  $P_{\text{CHL}}^{\text{VZT}} = 5030 \text{ kW}$ .

Celková potřeba chladu pro původní objekt A byla stanovena na  $P_{\text{CHL}}^{\text{CEL}} = 9753 \text{ kW}$ . Z celkové potřeby chladu byla dále navržena spotřeba pro strojovnu východ  $P_{\text{CHL}}^{\text{vých.}} = 4192 \text{ kW}$  a pro strojovnu západ  $P_{\text{CHL}}^{\text{záp.}} = 5561 \text{ kW}$ .

Pro stanovení celkové potřeby chladu pro obchodní jednotky nového objektu D byly uvažovány investorem definované hodnoty měrné potřeby chladu na 1 m<sup>2</sup> plochy obchodní jednotky ve výši 80 W/m<sup>2</sup> pro dimenzování zdroje chladu, 100 W/m<sup>2</sup> pro dimenzování rozvodů chladu, 20 W/m<sup>2</sup> pro rezervu ve strojovně pro další chladící jednotky, 80 W/m<sup>2</sup> pro restaurace a 200 W/m<sup>2</sup> pro přípravu jídel. Na základě celkové plochy pronajímatelné obchodních jednotek a výše uvedených hodnot měrné potřeby chladícího výkonu činí celková potřeba chladícího výkonu  $P_{\text{CHL}}^{\text{OJ}} = 2980 \text{ kW}$ . Potřeba chladu pro multikino byla stanovena na 1500 kW (kina

budou napojena na stávající objekt A strojovnu západ. Zdroj chladu západ vykazuje pro tento záměr potřebnou výkonovou rezervu). Potřeba chladu pro vzduchotechnické zařízení byla stanovena na  $P_{\text{CHL}}^{\text{VZT}} = 1770 \text{ kW}$ . Rezerva pro obchodní jednotky byla stanovena na  $P_{\text{CHL}}^{\text{REZERVA}} = 549 \text{ kW}$ . Celková potřeba chladu pro nový objekt D byla stanovena na  $P_{\text{CHL}}^{\text{CEL}} = 4\,750 \text{ kW}$ . [25] [29]

## 6.4 Zdroje chladu

V OC Chodov je celkem 10 vodních chladících jednotek. Z toho ve stávajícím objektu A je 8 vodních chladících jednotek s kondenzátory chlazenými vodou, resp. nemrznoucí směsí, prostřednictvím otevřených, resp. uzavřených chladících věží. Chladící jednotky jsou rozděleny do dvou strojoven: [29]

- Strojovna chlazení východ - 3 x chladící jednotka
- Strojovna chlazení západ - 4 x chladící jednotka + samostatná jednotka Ahold

Ze strojoven chlazení jsou dále vedeny rozvody chladu pro různé druhy spotřeb chladu. Strojovna chlazení západ je dimenzována na případný výpadek chladící jednotky Ahold.

V objektu D jsou zbylé 2 vodou chlazené chladící jednotky a venkovní suché chladiče vybavené vodním sprchováním pro docílení vyšší účinnosti. Zdroj chladu objektu D pro VZT budou propojeny se zdrojem chladu strojovny západ stávajícího objektu A. Chladící jednotky jsou spolu s ostatním navazujícím zařízením zdroje chladu umístěny ve strojovně pro objekt D a suché chladiče jsou umístěny na střeše strojovny. [25]

- Strojovna chlazení CHL +2TC01 objekt D - 2 x chladící jednotka

#### **6.4.1 Technické řešení strojovna východ**

Dle výše uvedené spotřeby chladu pro strojovnu východ  $P_{\text{CHL}}^{\text{vých.}} = 4192 \text{ kW}$  byly navrženy 3 vodní chladicí jednotky. [29]

##### **Zdroje chladu východ**

Ve strojovně východ jsou dvě jednotky TRANE RTHD E3 G3 G3 o chladícím výkonu  $2 \times 1417 \text{ kW}$  propojenou s uzavřenými, vodou zkrápěnými chladicími věžemi DECSA REF-C-140. Výpočtový teplotní spád byl volen  $6/12 \text{ }^\circ\text{C}$ , kondenzátorové nemrznoucí směsi (30 % ethylenglykol)  $29/35 \text{ }^\circ\text{C}$  a venkovní teplotě  $t_e = +32^\circ\text{C}$ . Chladicí jednotka je vybavena šroubovým pomaluběžným kompresorem. Jako chladivo je použito ekologické chladivo R 134a.

Třetí jednotkou je RTHD E3 G3 G3 o chladícím výkonu  $1470 \text{ kW}$  ve spojení s otevřenou vodní chladicí věží DECSA TMR-225. Výpočtový teplotní spád chladicí vody na výparníku činí  $6/12 \text{ }^\circ\text{C}$ , kondenzátorové vody  $25,8/31,8 \text{ }^\circ\text{C}$  při venkovní teplotě  $t_e = +32^\circ\text{C}$ . Chladicí jednotka je vybavena šroubovým pomaluběžným kompresorem. Ekologickým chladivem je voleno opět chladivo R 134a.

Celkový instalovaný chladicí výkon ve strojovně chlazení východ činí  $4304 \text{ kW}$ . Technické údaje obou chladících jednotek a chladících věží jsou součástí přílohy č.1. a č.2.[29]

##### **Technické řešení chladících jednotek ve strojovně východ**

Chladicí jednotky jsou umístěny ve strojovně východ společně s dalším technologickým zařízením. V úložných bodech byly tyto jednotky vybaveny pružinovými izolátory chvění. Jsou také vybaveny vlastním regulačním systémem s plynulou regulací chladicího výkonu v závislosti na odebíraném výkonu soustavou.

Spouštění jednotek může být manuální nebo automatické (pomocí MaR). [29]





*Obr. 17 Chladicí věž DESCA REF-C-140*

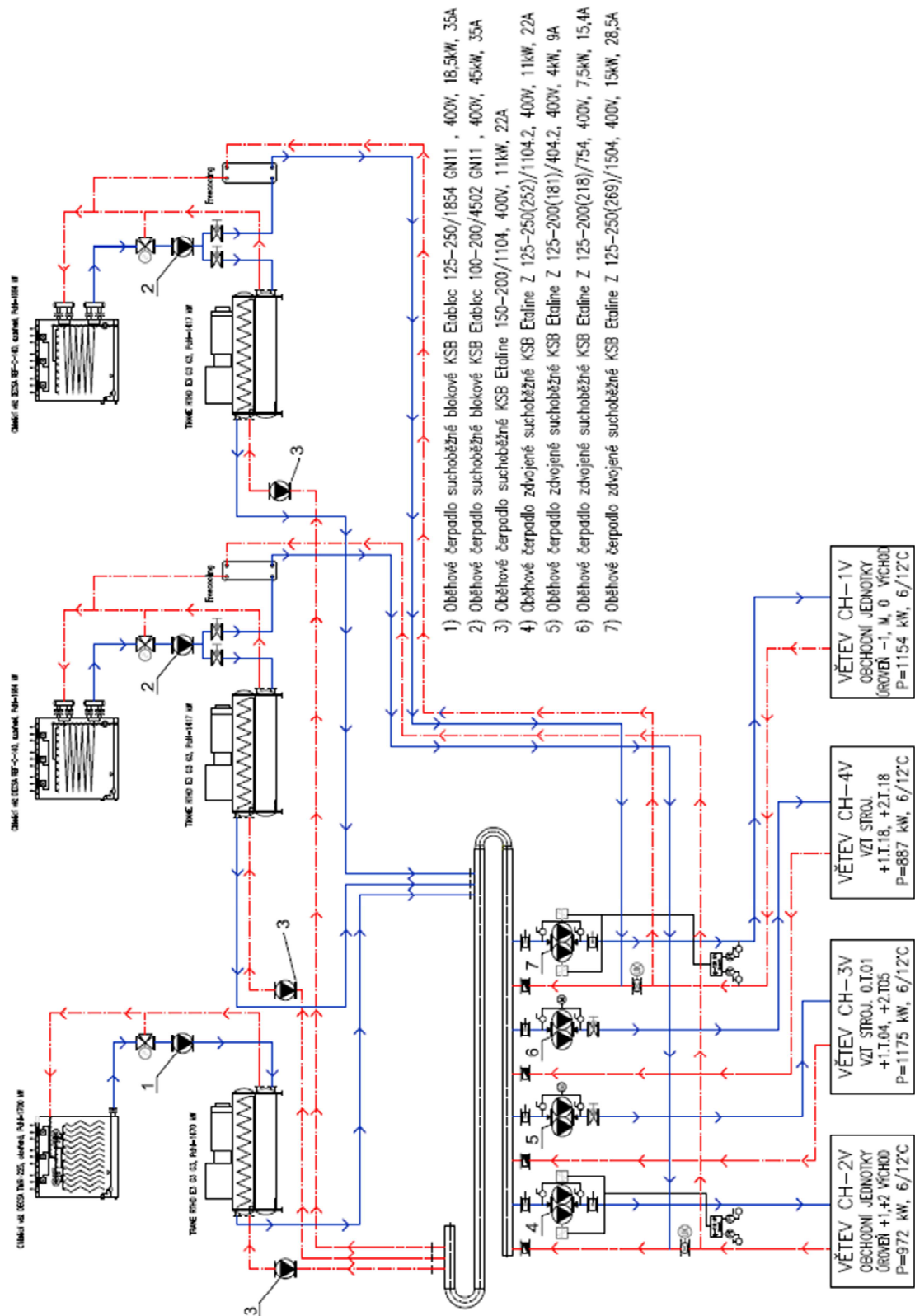


*Obr. 18 Chladicí vodní jednotky*

## Popis funkce strojovny východ

Schéma strojovny východ je na obr. 19. Na obrázku je vidět zapojení celého chladicího systému a dále rozvody pro různé potřeby chladu. Vidíme zde, že chladicí jednotky napojené na uzavřené chladicí věže mohou běžet pomocí kompresorového chlazení, nebo může být využito systému volného chlazení, ale nelze provozovat oba chladicí systémy současně. V případě, že bude výkon volného chlazení nedostatečný, bude chladicí voda dochlazována strojně ve zbývající chladicí jednotce, která bude pomocí třístavného ventilu odpojena od otevřené chladicí věže.

Pokud je spuštěno kompresorové chlazení, tak vracející se voda je rozváděna do tří jednotek TRANE. Spínání jednotek je závislé na potřebě chladu, proto mohou běžet všechny chladicí jednotky nebo pouze některé. Jednotky TRANE jsou sériově propojeny s chladicími věžemi DESCA, které pomáhají k chlazení systému. Pro odstavení, či přerušování provozu chladicích věží slouží trojcestný ventil, který přepouští vodu, respektive ethylenglykol zpátky do jednotky TRANE. Při zimních měsících mohou z důvodu zamrznutí běžet pouze chladicí jednotky 2 a 3, které mají uzavřené chladicí věže a v okruhu obíhá nemrznoucí směs. V případě poklesu teploty na vhodné podmínky lze zajistit chlazení pomocí systému freecooling. Volné chlazení v daném případě zajišťují dva deskové skládané výměníky, které jsou na jedné straně zapojeny na zpátečku chladicí vody pro obchodní jednotky a na straně druhé do dvou věžových okruhů. V případě, že venkovní teplota poklesne natolik, že zajistí vychlazení věžové nemrznoucí směsi pod teplotu vratné chladicí vody z rozvodů pro obchodní jednotky, tj. pod cca 12 °C, systém automaticky sepne režim freecooling následujícím opatřením. Uzavřením elektronické motorické klapky na zpátečce pro obchodní jednotky bude vratná voda vedena přes deskové výměníky freecoolingu, kde se bude přirozeně ochlazovat věžovou nemrznoucí směsí. Pomocí tohoto výměníku je odebírána tepelná zátěž z obchodního centra. Na výtlaku věžových čerpadel se uzavřením první motorické klapky zamezí průtoku věžového média přes kondenzátor chladicí jednotky a otevřením druhé motorické klapky zprůchodní průtok věžové směsi přes deskový výměník freecoolingu. [29]



Obr. 19 Schéma strojovny východ [29]

#### **6.4.2 Technické řešení strojovna západ**

Dle stanovené spotřeby pro strojovnu západ  $P_{\text{CHL}}^{\text{záp.}} = 5561 \text{ kW}$  byly navrženy 4 vodní chladicí jednotky. [29]

##### **Zdroje chladu západ**

Ve strojovně západ jsou dvě jednotky TRANE RTHD E3 G3 G3 o chladicím výkonu  $2 \times 1417 \text{ kW}$  propojenou s uzavřenými, vodou zkrápěnými chladicími věžemi DECSA REF-C-140. Výpočtový teplotní spád byl volen  $6/12 \text{ }^\circ\text{C}$ , kondenzátorové nemrznoucí směsi (30 % ethylenglykol)  $29/35 \text{ }^\circ\text{C}$  a venkovní teplotě  $t_e = +32 \text{ }^\circ\text{C}$ . Chladicí jednotka je vybavena šroubovým pomaluběžným kompresorem. Jako chladivo je použito ekologické chladivo R 134a.

Zbývající jednotky jsou RTHD E3 G3 G3 o chladicím výkonu  $1470 \text{ kW}$  ve spojení s otevřenou vodní chladicí věží DECSA TMR-225. Výpočtový teplotní spád chladicí vody na výparníku činí  $6/12 \text{ }^\circ\text{C}$ , kondenzátorové vody  $25,8/31,8 \text{ }^\circ\text{C}$  při venkovní teplotě  $t_e = +32 \text{ }^\circ\text{C}$ . Chladicí jednotka je vybavena šroubovým pomaluběžným kompresorem. Ekologickým chladivem je voleno opět chladivo R 134a.

Celkový instalovaný chladicí výkon ve strojovně chlazení východ činí  $5774 \text{ kW}$  (bez Aholdu). Technické údaje obou chladicích jednotek a chladicích věží jsou součástí přílohy č.1. a č.2.[29]

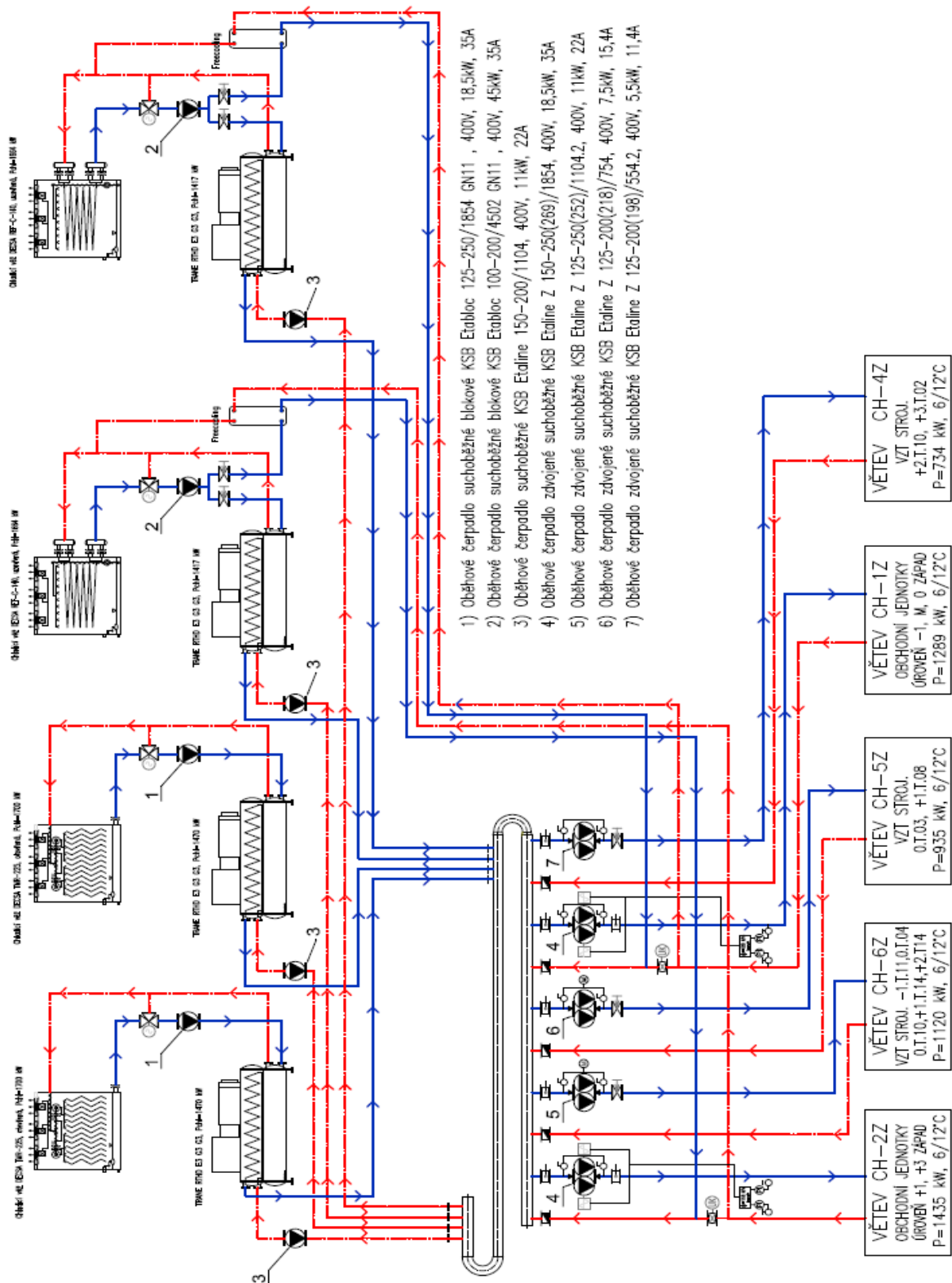
##### **Technické řešení chladicích jednotek ve strojovně západ**

Chladicí jednotky jsou umístěny ve strojovně západ společně s dalším technologickým zařízením. V úložných bodech byly tyto jednotky vybaveny pružinovými izolátory chvění. Jsou také vybaveny vlastním regulačním systémem s plynulou regulací chladicího výkonu v závislosti na odebíraném výkonu soustavou. Spouštění jednotek může být manuální nebo automatické (pomocí MaR). [29]

### **Popis funkce strojovny západ**

Schéma strojovny západ je na obr. 20. Na obrázku je vidět zapojení celého chladicího systému a dále rozvody pro různé potřeby chladu. Vidíme zde, že chladicí jednotky napojené na uzavřené chladicí věže mohou běžet pomocí kompresorového chlazení, nebo může být využito systému volného chlazení, ale nelze provozovat oba chladicí systémy současně. V případě, že bude výkon volného chlazení nedostatečný, bude chladicí voda dochlazována strojně ve zbývajících dvou chladicích jednotkách, které bude pomocí třícestného ventilu odpojené od otevřené chladicí věže.

Pokud je spuštěno kompresorové chlazení, tak vracející se voda je rozváděna do čtyř jednotek TRANE. Spínání jednotek je závislé na potřebě chladu, proto mohou běžet všechny chladicí jednotky nebo pouze některé. Jednotky TRANE jsou sériově propojeny s chladicími věžemi DESCA, které pomáhají k chlazení systému. Pro odstavení, či přerušování provozu chladicích věží slouží trojcestný ventil, který přepouští vodu, respektive ethylenglykol zpátky do jednotky TRANE. Při zimních měsících mohou z důvodu zamrznutí běžet pouze chladicí jednotky 3 a 4, které mají uzavřené chladicí věže a v okruhu obíhá nemrznoucí směs. V případě poklesu teploty na vhodné podmínky lze zajistit chlazení pomocí systému freecooling. Volné chlazení v daném případě zajišťují dva deskové skládané výměníky, které jsou na jedné straně zapojeny na zpátečku chladicí vody pro obchodní jednotky a na straně druhé do věžových okruhů, ve kterých obíhá nemrznoucí směs. V případě, že venkovní teplota poklesne natolik, že zajistí vychlazení věžové nemrznoucí směsi pod teplotu vratné chladicí vody z rozvodů pro obchodní jednotky, tj. pod cca 12 °C, systém automaticky sepne režim freecooling následujícím opatřením. Uzavřením elektronické motorické klapky na zpátečce pro obchodní jednotky bude vratná voda vedena přes deskové výměníky freecoolingu, kde se bude přirozeně ochlazovat věžovou nemrznoucí směsí. Pomocí tohoto výměníku je odebírána tepelná zátěž z obchodního centra. Na výtlaku věžových čerpadel se uzavřením první motorické klapky zamezí průtoku věžového média přes kondenzátor chladicí jednotky a otevřením druhé motorické klapky zprůchodní průtok věžové směsi přes deskový výměník freecoolingu. [29]



Obr. 20 Schéma strojovny západ [29]

### 6.4.3 Technické řešení strojovna CHL +2TC01 objekt D

Dle stanovené spotřeby chladu pro strojovnu v objektu D  $P_{\text{CHL}}^{\text{CEL}} = 4750 \text{ kW}$  byli navrženy 2 vodní chladicí jednotky. [25]

#### Zdroje chladu

Ve strojovně jsou navrženy dvě chladicí jednotky CHJ1 a CHJ3.

První jednotka CHJ1 TRANE RTWD 270 HE o chladícím výkonu 945 kW. Výpočtový teplotní spád byl volen 7/1 °C, nemrznoucím médiem je nemrznoucí kapalina na bázi etylenglykolu (30 % ETG + H2O) 32/39 °C a venkovní teplotě  $t_e = +32^\circ\text{C}$ . Chladicí jednotka bude využívána současně jako zdroj strojně vyrobeného chladu a tepelné čerpadlo voda-voda v topném období. Chladicí jednotka je vybavena dvěma šroubovými kompresory s motory ovládanými frekvenčním měničem a dvěma samostatnými chladicími okruhy. Možnost práce chladicí jednotky s teplotami na kondenzátoru až 60 °C umožňuje její zimní využití jako tepelného čerpadla. Regulační výkonový rozsah 25-100 %.

Další jednotka CHJ3 TRANE CVGF800 o chladícím výkonu 2785 kW. Výpočtový teplotní spád byl volen 7/15 °C, nemrznoucím médiem je nemrznoucí kapalina na bázi etylenglykolu (30 % ETG + H2O) 32/39 °C a venkovní teplotě  $t_e = +32^\circ\text{C}$ . Chladicí jednotka je vybavena jedním turbokompresorem s hnacím převodem a jedním chladícím okruhem. Regulační výkonový rozsah činí 13-100 %. Jako chladivo je použito ekologické chladivo R 134a. Jednotka je používána pro výrobu chladu pouze v letním období. V případě potřeby lze zdroj chladu doplnit třetí chladicí jednotkou. Pro tento případ vznikla zrušením chladicí jednotky 2 ve strojovně prostorová rezerva.

Obě jednotky CHJ1 i CHJ3 jsou propojeny v sestavě se třemi suchými chladiči LU-VE EHL1X 6296 N 18VENT EC FANS sprchovanými vodou 4 bar o chladícím výkonu 1400 kW umístěnými na střeše objektu.

Celkový instalovaný chladicí výkon ve strojovně chlazení CHL +2TC01 objekt D činí 3730 kW. Technické údaje obou chladících jednotek a suchých chladičů jsou součástí přílohy č.3. [25]

### Technické řešení chladících jednotek

Chladící jednotky jsou umístěny ve strojovně CHL +2TC01 v objektu D společně s dalším technologickým zařízením. V úložných bodech byly tyto jednotky vybaveny pryžovými izolátory chvění. Jsou také vybaveny vlastním regulačním systémem s plynulou regulací chladicího výkonu v závislosti na odebíraném výkonu soustavou. Spouštění jednotek bude jednak manuální a jednak automatické (pomocí MaR). Chladící jednotky jsou navrženy v paralelním zapojení, umožňují jejich nezávislý i současný provoz v automatickém režimu ovládání. Kaskádové (postupné) spouštění chladících jednotek (počet chladících jednotek v provozu) bude řízeno v závislosti na okamžité potřebě chladu pro objekt. [25]



*Obr. 21 Chladící jednotka TRANE CVGF800*





*Obr. 22 Chladicí jednotka TRANE RTWD 270 HE*

### **Popis funkce strojovny**

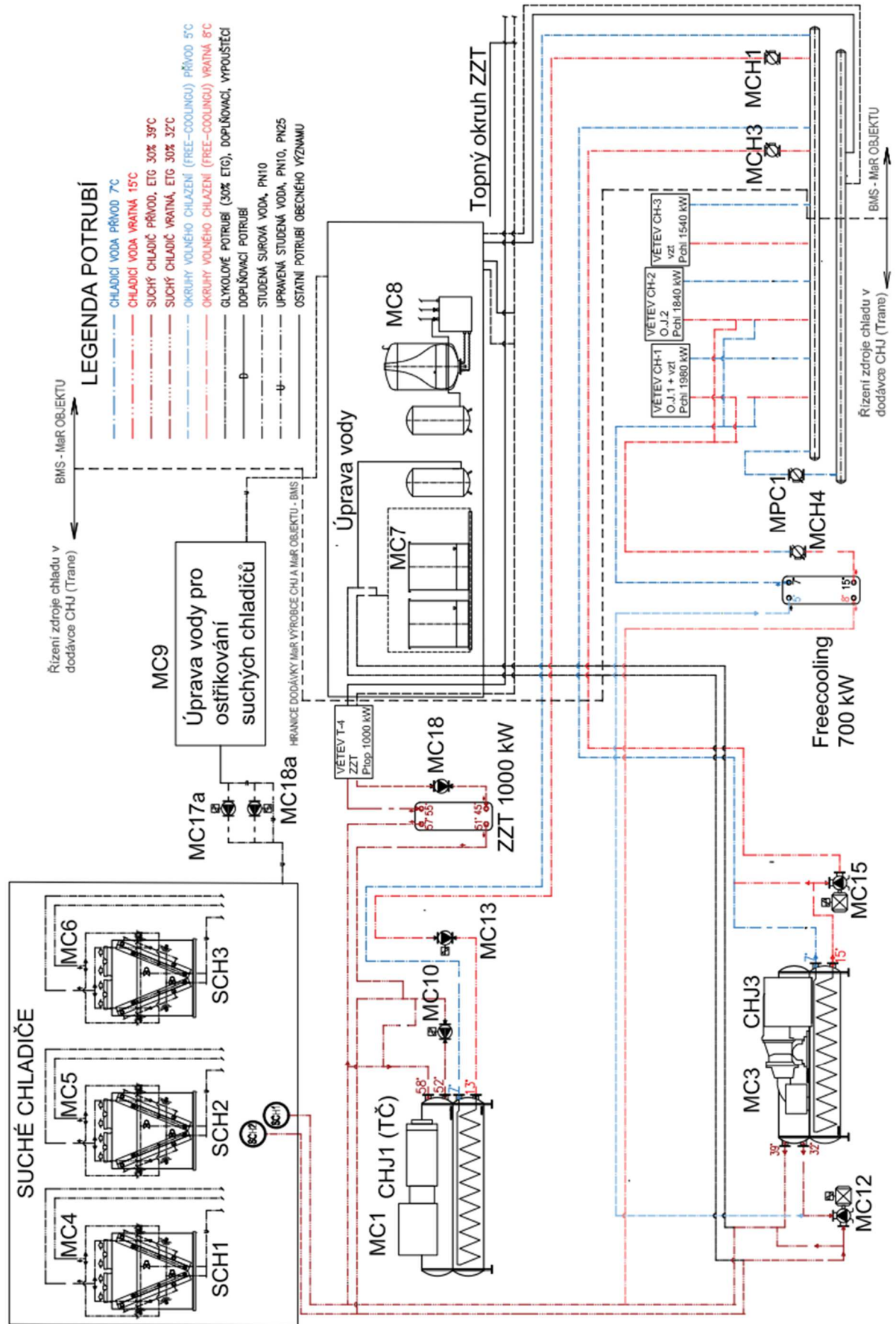
Schéma strojovny je na obr. 23. Legenda zařízení je v příloze č. 4. Na obrázku vidíme zapojení celého chladicího systému a rozvody pro různé potřeby chladu. Chladicí jednotky napojené na suché chladiče mohou běžet ve třech režimech. Pomocí kompresorového chlazení, pomocí volného chlazení nebo pomocí tepelného čerpadla. Tyto tři režimy nelze provozovat současně.

Pokud je v režimu kompresorové chlazení, tak se vracející voda rozvádí do dvou jednotek TRANE. Celoročně v závislosti na potřebě chladu je využívána chladicí jednotka jedna. Chladicí jednotka tři je využívána pouze v letním období. Pro chlazení vodních kondenzátorů chladících jednotek jsou navrženy tři suché chladiče. Pro zvýšení chladicího výkonu jsou suché chladiče vybaveny vodním zkrápěním (sprchováním). Suché chladiče jsou umístěny ve venkovním prostředí, na střeše strojovny chlazení. Odvod odpadního tepla ze suchých chladičů do ovzduší zajišťují pomaluběžné axiální ventilátory. Suché chladiče jsou v zimním období využívány jako zdroj chladu systému volného chlazení. Na druhé straně

jednotky, tedy z výparníku jde chladící voda do rozdělovače chladné vody, pro její další využití a napojení koncových prvků chladící soustavy objektu (VZT chladiče, fancoily).

S ohledem na účel využití a provoz objektu je předpokládána celoroční potřeba chlazení obchodních jednotek. Z tohoto důvodu je zdroj chladu vybaven systémem freecooling. Pro prostory chlazené vzduchem, prostřednictvím VZT je využíván přímo nasávaný chladný venkovní vzduch. V případě, že teploty poklesnou na vhodné podmínky, že se zajistí aspoň částečně ochlazení vratné vody o teplotě 15 °C z rozvodů pro obchodní jednotky, je možné spustit chlazení systému v režimu freecooling. Na přípojce freecoolingu bude vratná voda 15 °C z rozvodů pro obchodní jednotky vedena přes deskový výměník freecoolingu, kde se bude ochlazovat nemrznoucí kapalinou ochlazovanou v suchých chladičích. Chladící voda je pak tedy vedena z freecoolingu do rozdělovače chladné vody větve 1 a 2.

Třetí režim provozu je přes tepelné čerpadlo – zpětné získávání tepla (ZZT). Systém je založen na využití odpadního tepla ze strojního chlazení pomocí vysokoteplotní chladící jednotky jedna, využívané v zimě jako tepelné čerpadlo voda – voda. Chladící jednotka jedna je v tomto režimu chlazená vratnou topnou vodou z otopné soustavy. Chladící jednotka jedna chladí do chladících okruhů a odpadní teplo je využíváno pro vytápění a VZT objektu. K přenosu tepla slouží deskový výměník ZZT a k jeho spouštění slouží trojcestný el. přepínací a regulační ventil. [25]



Obr. 23 Schéma strojovny CHL +2TC01 objekt D [25]

## 7 VYHODNOCENÍ KALORIMETRŮ

V obchodním centru Chodov byl proveden monitoring výroby chladu od 1. 1. 2017 až do 1. 12. 2017. Data pro posouzení kalorimetrů se zaznamenávali vždy první den v měsíci po celý rok do systému měření a regulace. Data z kalorimetrů jsem obdržel od AB Facility a.s. v souborech excel.

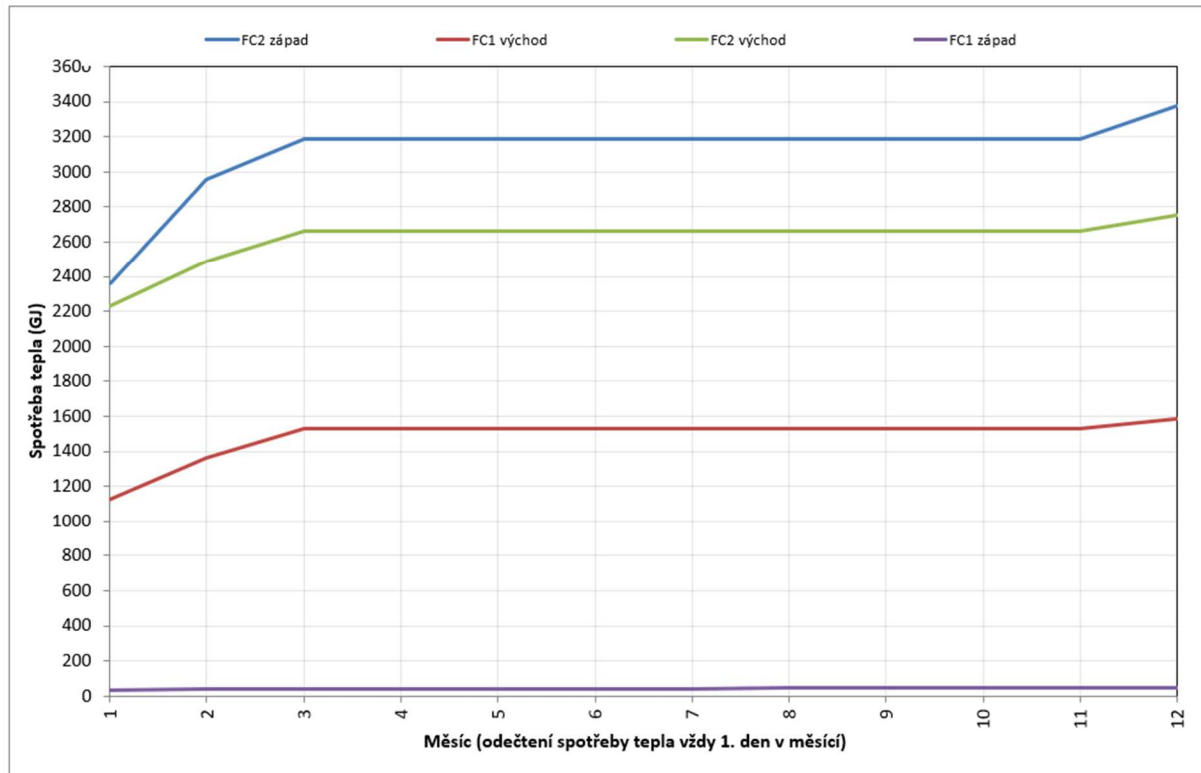
Odečet z kalorimetrů proběhl jen v původních strojovnách obchodního centra Chodov, ve strojovně západ a východ. Ve strojovnách chlazení jsou pro volné chlazení osazeny celkem 4 kalorimetry, dva jsou ve strojovně východ a dva ve strojovně západ. Každý měřič je osazen na vodorovném potrubí mezi chladicí věží a deskovým výměníkem pro volné chlazení (freecooling). V každé strojovně jsou dvě chladicí věže a dva výměníky. Umístění kalorimetrů je z hlediska funkce systému správné. Každý kalorimetr se skládá z ultrazvukového průtokoměru dvou teploměrů v jímkách a vyhodnocovací jednotky CF51.

### 7.1 Zpracování dat

V tabulce číslo 4 vidíme naměřená data z kalorimetrů FC1 a FC2 ve strojovně západ a východ za rok 2017.

Tab. 4 Spotřeby tepla

Odečet z měřičů tepla (kalorimetrů) od 1.1.2017 do 1.12.2017				
Datum	FC2 západ [GJ]	FC1 východ [GJ]	FC2 východ [GJ]	FC1 západ [GJ]
1.1.2017	2355,125	1127,2	2229,1	36,171
1.2.2017	2954	1362,85	2487,55	38,6
1.3.2017	3187,7	1529,2	2659,2	38,7
1.4.2017	3187,7	1529,7	2660,6	39,65
1.5.2017	3187,7	1529,8	2660,6	41,7
1.6.2017	3187,7	1530,5	2660,6	42,9
1.7.2017	3187,7	1532,1	2660,8	43,7
1.8.2017	3187,7	1532,1	2660,8	44,4
1.9.2017	3187,7	1532,2	2660,8	45
1.10.2017	3187,7	1532,2	2660,8	46,5
1.11.2017	3187,7	1532,2	2661,7	48,3
1.12.2017	3373,25	1585,75	2752,35	49,6



**Graf 1 Průběh množství naměřeného chladu kalorimetru FC1 a FC2 strojovny západ a východ**

V grafu 1 vidíme spotřeby energie měřičů tepla FC1 a FC2 strojovny západ a východ. Hodnoty zaznamenané v grafu byly odečítány vždy první den v měsíci po celý rok 2017.

## 8 VYHODNOCENÍ OBDRŽENÝCH SPOTŘEB ENERGIE

Na základě softwaru pro odečet dat spotřeb elektrické energie bylo možné provést podrobný monitoring a vyhodnocení dat obchodního centra Chodov. Monitoring spotřeb elektrické energie začal 1. 1. 2017 až do 31. 12. 2017. Za toto dlouhé období bylo nasbíráno dostatečné množství dat k následnému vyhodnocení spotřeb elektrické energie. Data z elektroměrů se zaznamenávali po celý rok každý den do systému měření a regulace. Data byla vyčítána pomocí datové pumpy ze systému Johnson Control. Data z elektroměrů jsem obdržel od AB Facility a.s. v souborech excel. Bohužel data pro vyhodnocení spotřeb elektrické energie jsem získal pouze z původní části obchodního centra Chodov, a tedy z nově přistavěné části centra, data vyhodnocena nejsou. Dále jsem získal data z roku 2015 od 1. 3. 2015 do 31. 10. 2015 pro porovnání spotřeb energie za toto období a rok 2017.

### 8.1 Postup zpracování dat

Jak již bylo řečeno, data z elektroměrů jsem obdržel ve dvou souborech excel. V prvním souboru byla data rozdělená podle příslušných zařízení v 24 hodinových intervalech mezi jednotlivými odečty po celý rok. Data v tomto souboru byli v jednotkách kW. Ve druhém souboru excel byla data také rozdělena podle příslušných zařízení, ale spotřeba elektrické energie je udána celkem za jednotlivé měsíce v jednotkách kWh. Hlavní bylo, aby krok mezi jednotlivými odečty nebyl záporný. Jednotku kWh dostaneme vynásobením hodnoty v kW časovým intervalem v hodinách, což je 24. Data z kalorimetrů jsem také obdržel v souboru excel. Tyto data bylo nutné vyfiltrovat dle popisu měřiče a dále převést z jednotek GJ na kWh. K tomu bylo zapotřebí, stejně jako v předešlém případě odečíst časový interval a zkontrolovat, aby nebyl záporný. Z dat jsem vytvořil grafy spotřeb elektrické energie.

## 8.2 Vyhodnocení naměřených hodnot za první období

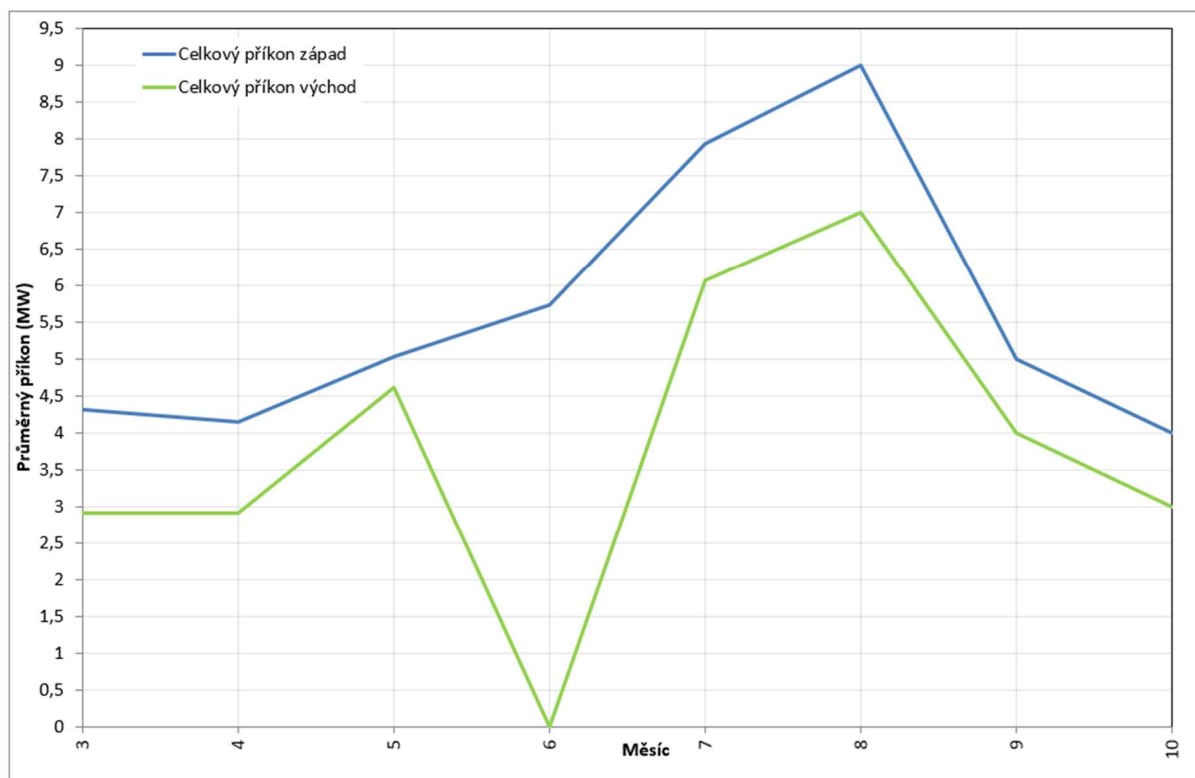
V prvním období od 1. 3. 2015 do 31. 10. 2015 je celková spotřeba elektrické energie obou strojoven 1828 MWh. Spotřeba strojovny západ je 59,7 % a spotřeba strojovny východ je 40,3 % z celkové hodnoty 1828 MWh.

Kompresory zdrojů chladu spotřebovaly celkem 53 % celkové spotřeby, oběhová čerpadla a chladicí věže pro odvod kondenzačního tepla a přímé chlazení spotřebovaly 24 % a oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody 24 %, což je patrné z následující tabulky číslo 5.

Tab. 5 Spotřeby elektrické energie za první období

Spotřeby chlazení ve sledovaném období od 1.3.2015 do 31.10.2015										
Měsíc	3	4	5	6	7	8	9	10	Celkem	
jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	%
Trane č.1 Z	33800	49100	58700	57400	72400	69100	55 900	34 500	430 900	23,58%
Trane č.2 Z	0	700	2800	22900	44400	51700	10 400	200	133 100	7,28%
Trane č.3 Z	5200	0	2300	200	2800	20300	200	17 800	48 800	2,67%
Trane č.4 Z	5200	600	4100	200	200	200	200	900	11 600	0,63%
Tower č.1 Z	8200	11700	11800	12400	17300	16700	9 200	4 900	92 200	5,04%
Tower č.2 Z	0	100	700	6500	13300	14000	2 900	500	38 000	2,08%
Tower č.3 Z	3500	0	500	0	800	6500	0	7 000	18 300	1,00%
Tower č.4 Z	9100	1500	1300	0	0	0	0	900	12 800	0,70%
Čerpadla Z	38600	35900	38700	38100	39100	39500	37 100	38 600	305 600	16,72%
Trane č.1 V	0	29100	21400	0	65900	60400	35 400	30 400	242 600	13,27%
Trane č.2 V	600	1500	10300	0	24600	41300	15 100	100	93 500	5,12%
Trane č.3 V	1100	0	0	0	0	100	300	2 000	3 500	0,19%
Tower č.1 V	0	8720	61700	0	22460	21430	17 530	16 610	148 450	8,12%
Tower č.2 V	27290	8540	5300	0	12600	23050	8 810	30	85 620	4,68%
Tower č.3 V	23820	5620	0	0	180	2120	650	5 990	38 380	2,10%
Čerpadla V	17060	16650	11980	0	20080	20300	19 270	19 080	124 420	6,81%
Celkem západ									1 091 300,0	59,71%
Celkem východ									736 470,0	40,29%
Celkem obě strojovny									1 827 770,0	100%
Celkem březen									173470	9%
Celkem duben									339 460	19%
Celkem květen									463 160	25%
Celkem červen									137 700	8%
Celkem červenec									336 120	18%
Celkem srpen									386 700	21%
Celkem září									212 960	12%
Celkem říjen									179 510	10%
Celkem Trane									964 000	53%
Celkem Tower									433 750	24%
Celkem čerpadla									430 020	24%

Maximální potřeba elektrické energie na chlazení byla v měsíci květnu 25 %. Z tabulky je vidět, že v létě se využívají nejvíce jednotky Trane. Můžeme si také všimnout, že strojovna východ byla v měsíci červnu zcela mimo provoz.



**Graf 2 Spotřeba el. energie za první období**

V grafu 2 vidíme průměrné denní příkony kompresorů strojovny západ a strojovny východ za první období, tedy od března do října 2015. Spotřeby energie za první období jsem obdržel jen v měsíčních hodnotách.

Maximální elektrické příkony strojovny západ dosahovaly hodnot 9 MW, a to v měsíci srpnu. Strojovna východ měla menší spotřebu a maximální hodnoty dosahovaly 7 MW. Z grafu můžeme vidět, že strojovna východ v měsíci červnu měla nulovou spotřebu energie. Průměrné hodnoty dosahovaly hodnot 5,7 MW pro strojovnu západ a 3,8 MW pro strojovnu východ.

Ve sledovaném období se využívalo převážně chlazení jednotkami Trane. Nejvíce byla v provozu jednotka Trane č.1 strojovny západ a spotřebovala 23,58 % z celkové hodnoty.



### 8.3 Vyhodnocení naměřených hodnot za druhé období (zima)

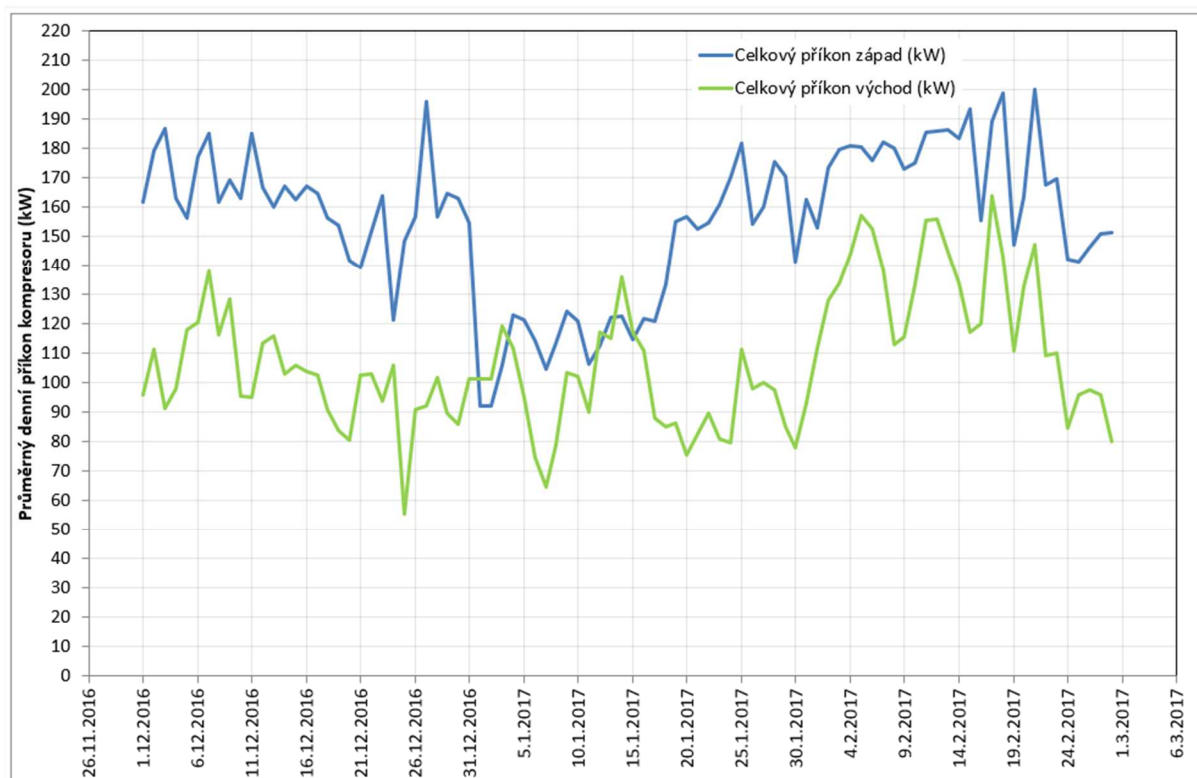
V druhém období od 1. 12. 2016 do 28. 2. 2017 je celková spotřeba elektrické energie obou strojoven 524,5 MWh. Spotřeba strojovny západ je 58,5 % a spotřeba strojovny východ je 41,5 % z celkové hodnoty 524,5 MWh.

Kompresory zdrojů chladu spotřebovaly celkem 10 % celkové spotřeby, oběhová čerpadla a chladicí věže pro odvod kondenzačního tepla a přímé chlazení spotřebovaly 58 % a oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody 32 %, což je patrné z následující tabulky číslo 6.

Tab. 6 Spotřeby elektrické energie za druhé období

Spotřeby chlazení ve sledovaném období od 1.12.2016 - 28.2.2017					
Měsíc	12	1	2	Celkem	
jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	%
Trane č.1 Z	0	0	3	3	0,0006%
Trane č.2 Z	0	5	150	155	0,0295%
Trane č.3 Z	5 000	279	14 362	19 641	3,74%
Trane č.4 Z	10 300	288	257	10 845	2,07%
Tower č.1 Z	0	3	2	5	0,0010%
Tower č.2 Z	0	2	36	38	0,0073%
Tower č.3 Z	15 400	17 053	38 212	70 665	13,47%
Tower č.4 Z	22 500	42 847	27 434	92 781	17,69%
Čerpadla Z	38 700	38 649	35 076	112 425	21,43%
Trane č.1 V	0	0	12 357	12 357	2,36%
Trane č.2 V	7 000	0	14	7 014	1,3372%
Trane č.3 V	740	1	11	752	0,1434%
Tower č.1 V	10	288	2 954	3 251	0,62%
Tower č.2 V	22 290	24 593	24 360	71 244	13,58%
Tower č.3 V	17 880	25 299	25 406	68 584	13,07%
Čerpadla V	15 820	19 400	19 566	54 786	10,44%
Celkem západ				306 558,2	58,44%
Celkem východ				217 987,6	41,56%
Celkem obě strojovny				524 545,8	100,00%
Celkem prosinec				155640	30%
Celkem leden				168 707	32%
Celkem únor				200 199	38%
Celkem Trane				50 767	10%
Celkem Tower				306 568	58%
Celkem čerpadla				167 211	32%

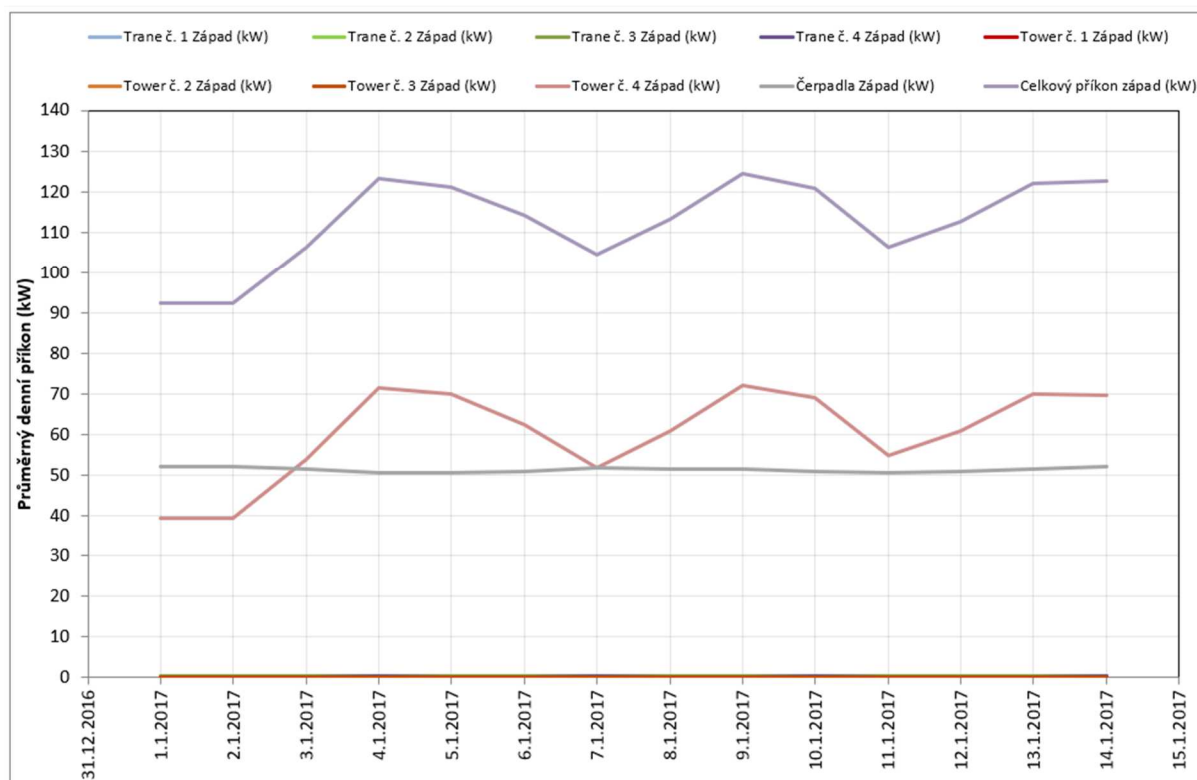
Maximální potřeba elektrické energie na chlazení byla v měsíci prosinci 30 %, lednu 32 % a únoru 38 %. Z tabulky je vidět, že v zimě je využíváno převážně volné chlazení, které také spotřebovalo nejvíce energie.



**Graf 3 Spotřeba el. energie za druhé období zima 2016/2017**

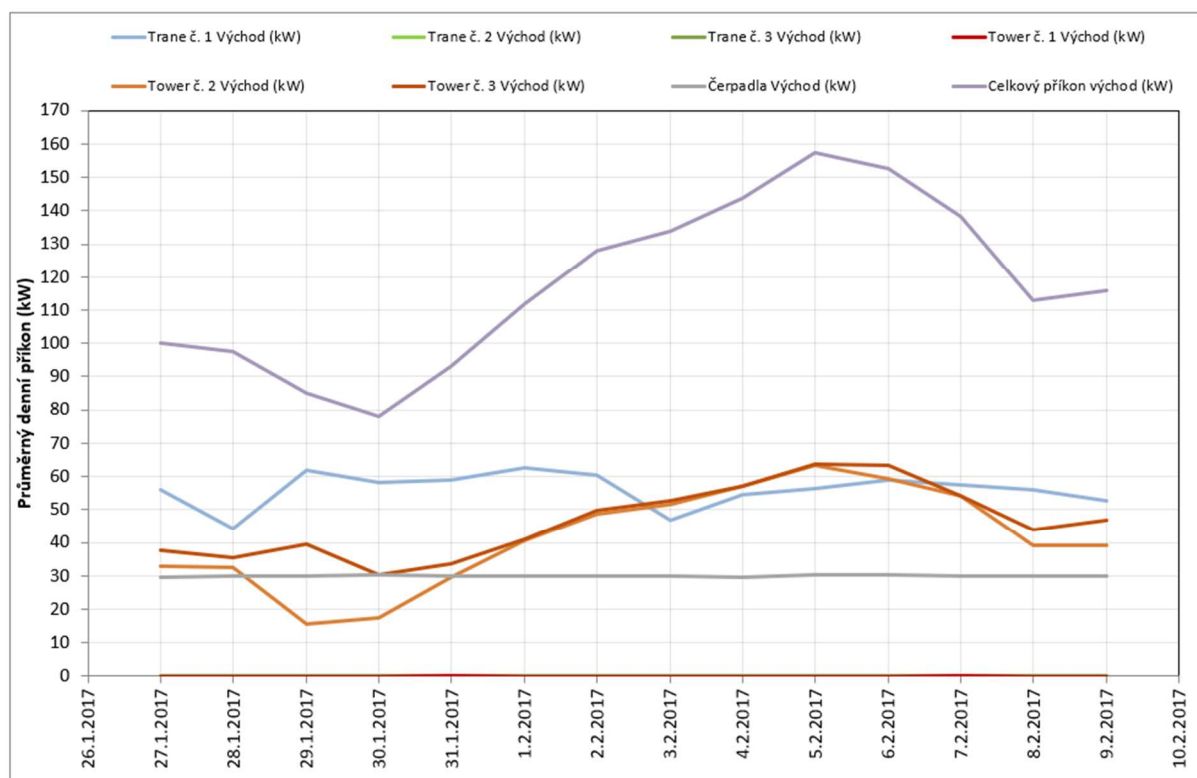
Maximální elektrické příkony strojovny západ dosahovaly hodnot 200 kW, což je patrné z grafu 3. Ze stejného grafu je možné vidět, že strojovna východ měla menší spotřebu a maximální hodnoty dosahovaly 165 kW. Průměrné hodnoty dosahovaly hodnot 150 kW pro strojovnu západ a 107 kW pro strojovnu východ.

Ve sledovaném období se využívalo volné chlazení a jednotky Trane byly téměř nepoužity. Ve strojovně západ byla v plném provozu chladicí věž č.3 a chladicí věž č.4. Ve strojovně východ chladicí věž č.2 a č.3.



**Graf 4 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2017 do 14. 1. 2017 strojovny západ**

Z grafu 4 vidíme, že ve sledovaném období od 1. 1. 2017 do 14. 1. 2017 byla v provozu pouze chladicí věž č. 4 a oběhová čerpadla sekundárního rozvodu.



**Graf 5 Spotřeba el. energie od 27. 1. 2017 do 9. 2. 2017 strojovny východ**

## 8.4 Vyhodnocení naměřených hodnot za třetí období (léto)

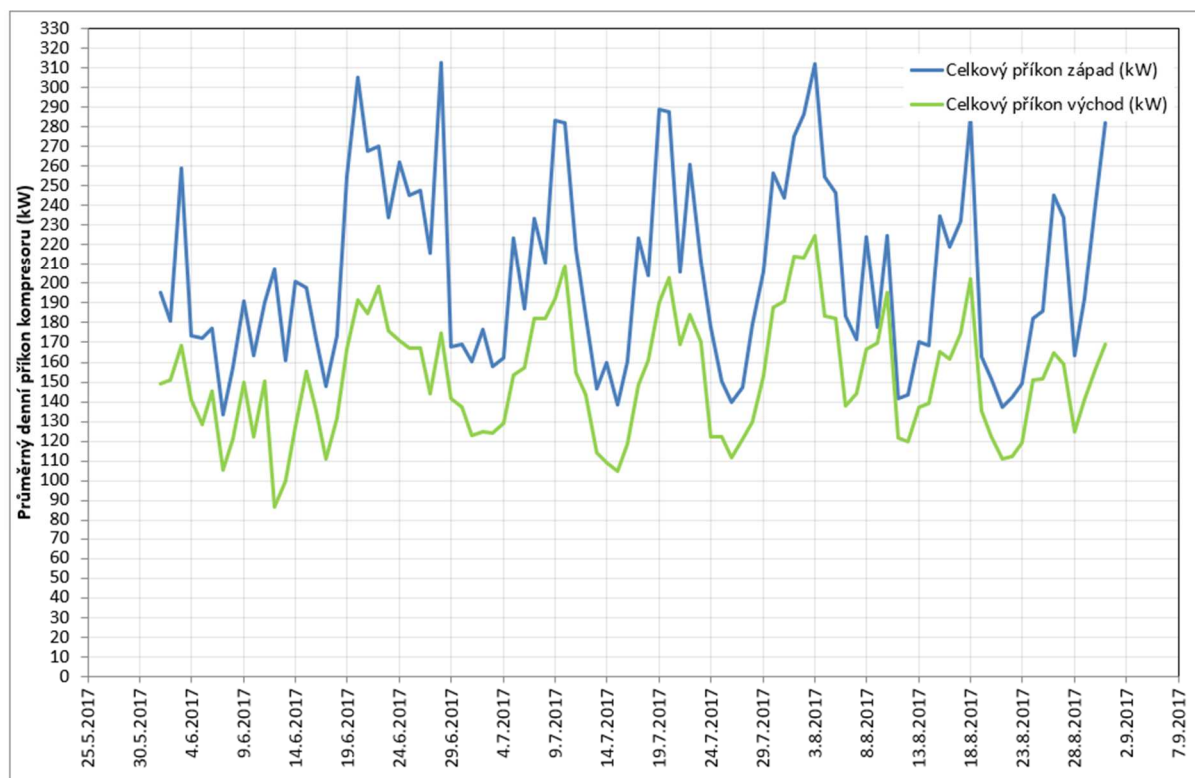
Ve třetím období od 1. 6. 2017 do 31. 8. 2017 je celková spotřeba elektrické energie obou strojoven 788 MWh. Spotřeba strojovny západ je 57,5 % a spotřeba strojovny východ je 42,5 % z celkové hodnoty 788 MWh.

Kompresory zdrojů chladu spotřebovaly celkem 59 % celkové spotřeby, oběhová čerpadla a chladicí věže pro odvod kondenzačního tepla a přímé chlazení spotřebovaly 20 % a oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody 21 %, což je patrné z následující tabulky číslo 7.

Tab. 7 Spotřeby elektrické energie za třetí období

Spotřeby chlazení ve sledovaném období od 1.6.2017 - 31.8.2017					
Měsíc	6	7	8	Celkem	
jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	%
Trane č.1 Z	64348	66 963	66 374	197 685	25,08%
Trane č.2 Z	12	0	0	12	0,0015%
Trane č.3 Z	17380	16 619	17 189	51 188	6,49%
Trane č.4 Z	2617	302	3 631	6 550	0,83%
Tower č.1 Z	19428	22 149	21 962	63 538	8,06%
Tower č.2 Z	11	8	19	37	0,0047%
Tower č.3 Z	7943	7 613	8 412	23 967	3,04%
Tower č.4 Z	1295	32	1 475	2 802	0,3555%
Čerpadla Z	35880	36 702	35 021	107 603	13,65%
Trane č.1 V	64496	69 381	73 392	207 269	26,29%
Trane č.2 V	156	150	136	442	0,0561%
Trane č.3 V	57	0	4	61	0,0077%
Tower č.1 V	20702	23 445	23 944	68 092	8,64%
Tower č.2 V	12	0	42	54	0,0069%
Tower č.3 V	1247	0	63	1 310	0,1662%
Čerpadla V	18871	19 512	19 320	57 703	7,32%
Celkem západ				453 381,4	57,51%
Celkem východ				334 930,6	42,49%
Celkem obě strojovny				788 312,0	100%
Celkem červen				254454	32%
Celkem červenec				262 876	33%
Celkem srpen				270 983	34%
Celkem Trane				463 207	59%
Celkem Tower				159 800	20%
Celkem čerpadla				165 306	21%

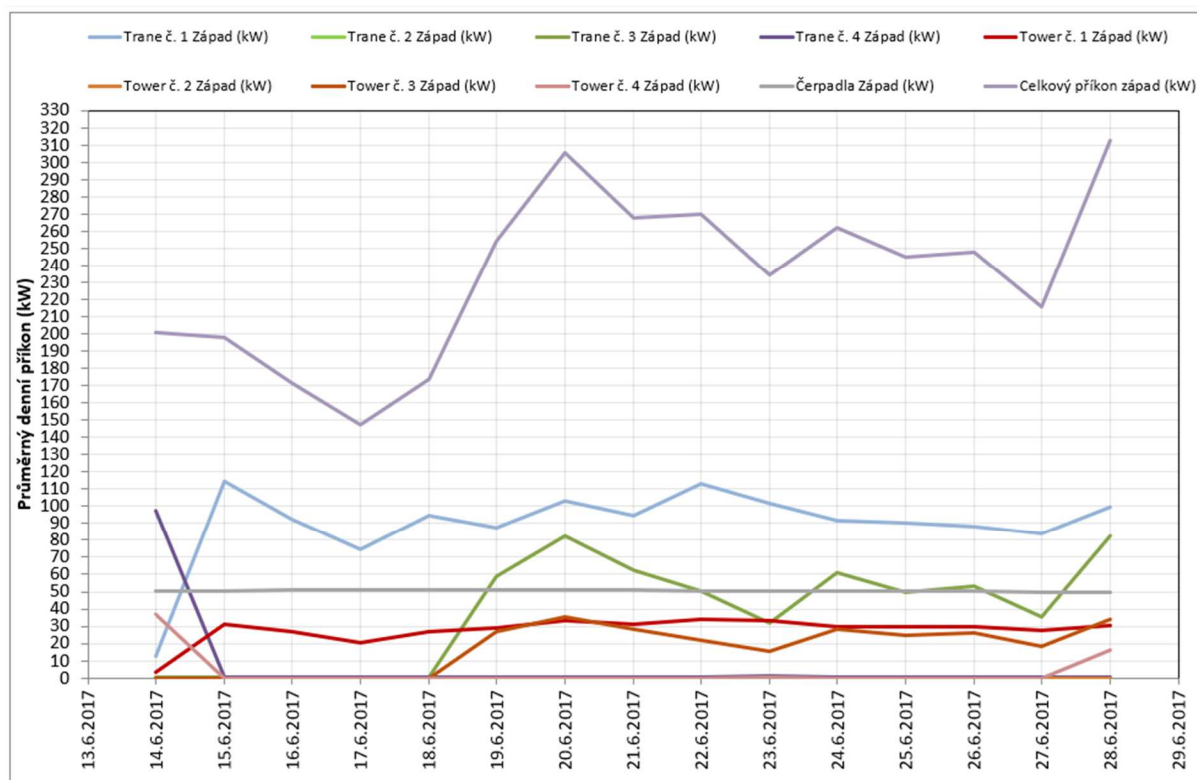
Maximální potřeba elektrické energie na chlazení byla v měsíci červnu 32 %, červenci 33 % a srpnu 34 %. Z tabulky je vidět, že v létě se využívají nejvíce jednotky Trane a volné chlazení není tolik využíváno. Celková spotřeba energie se od zimního období liší přibližně o 220 MWh.



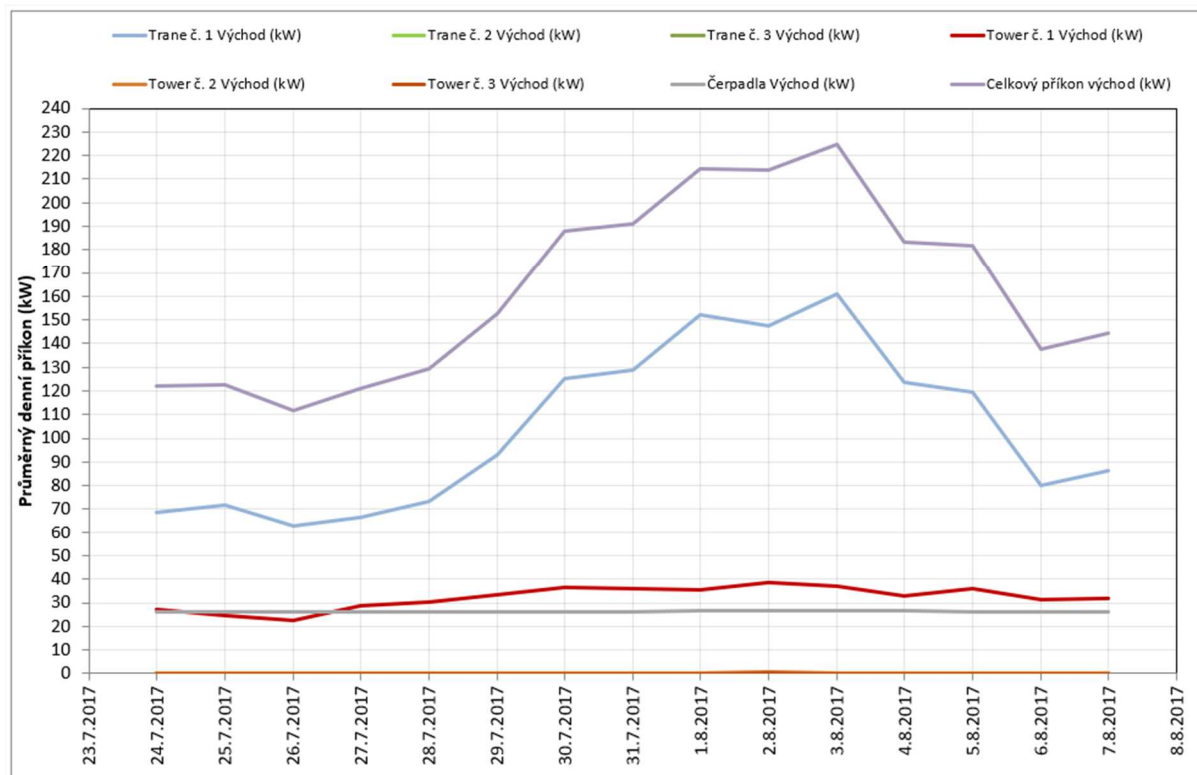
**Graf 6 Spotřeba el. Energie za třetí období léto 2017**

Maximální elektrické příkony strojovny západ dosahovaly hodnot 310 kW, což je patrné z grafu 6. Ze stejného grafu je možné vidět, že strojovna východ měla podstatně menší spotřebu a maximální hodnoty dosahovaly 220 kW. Průměrné hodnoty dosahovaly hodnot 200 kW pro strojovnu západ a 150 kW pro strojovnu východ.

Ve sledovaném období se volné chlazení téměř nepoužívalo, takže docházelo pouze k přepínání zdrojů chladu. Ve strojovně západ byl v provozu především zdroj Trane č.1 a Trane č.3. Ve strojovně východ byl nejvíce využíván zdroj Trane č.1.



**Graf 7 Spotřeba el. energie od 14. 6. 2017 do 18. 6. 2017 strojovny zápád**



**Graf 8 Spotřeba el. energie od 24. 7. 2017 do 7. 8. 2017 strojovny východ**

## 8.5 Analýza dat za celý rok 2017

Data byla zpracována do grafů a byli vyhodnoceny spotřeby elektrické energie pro celkový příkon strojoven západ a východ a dále grafy příkonů jednotlivých zařízení.

Ve sledovaném období od 1. 1. 2017 až 31. 12. 2017 byla vyhodnocena celková spotřeba elektrické energie na 2399,7 MWh. Spotřeba elektrické energie ve strojovně západ byla stanovena na 1403,2 MWh a spotřeba elektrické energie ve strojovně východ na 996,5 MWh. Spotřeba strojovny západ je 58,5 % a spotřeba strojovny východ je 41,5 %.

Kompresory zdrojů chladu jednotek Trane spotřebovaly celkem 41,8 %, oběhová čerpadla a chladicí věže pro odvod kondenzačního tepla a přímě chlazení spotřebovaly 31,6 % a oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody 26,6 %.

El. Příkon kompresorů zdrojů chladu ve strojovně západ je celkem 947,8 kW + (jednotka ahold) a el. příkon kompresorů zdrojů chladu ve strojovně východ je celkem 720,8 kW. Maximální denní hodnota spotřeby el. energie zdrojů chladu strojovny západ byla naměřena 192,6 kW a ve strojovně východ 161 kW. Můžu tedy říci, že strojovny, respektive jednotky zdrojů chladu nikdy nebyli využity na plný výkon. Spotřeby el. energie zdrojů chladu můžeme vidět v grafech č.10 a č.13.

Tab. 8 Celková spotřeba v %

	%
Kompresory zdrojů chladu jednotek Trane	41,8
Oběhová čerpadla a chladicí věže	31,6
Oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody	26,6
	100

Celková spotřeba elektrické energie vzduchotechniky byla stanovena na 2361,9 MWh, S největším příkonem vzduchotechnické jednotky č.14 se spotřebou 12,5 % z celkového příkonu. Vyhodnocení v kapitole 8.7.

Spotřeby elektrické energie je možné vidět v následujících tabulkách Tab. 9 a Tab. 10.

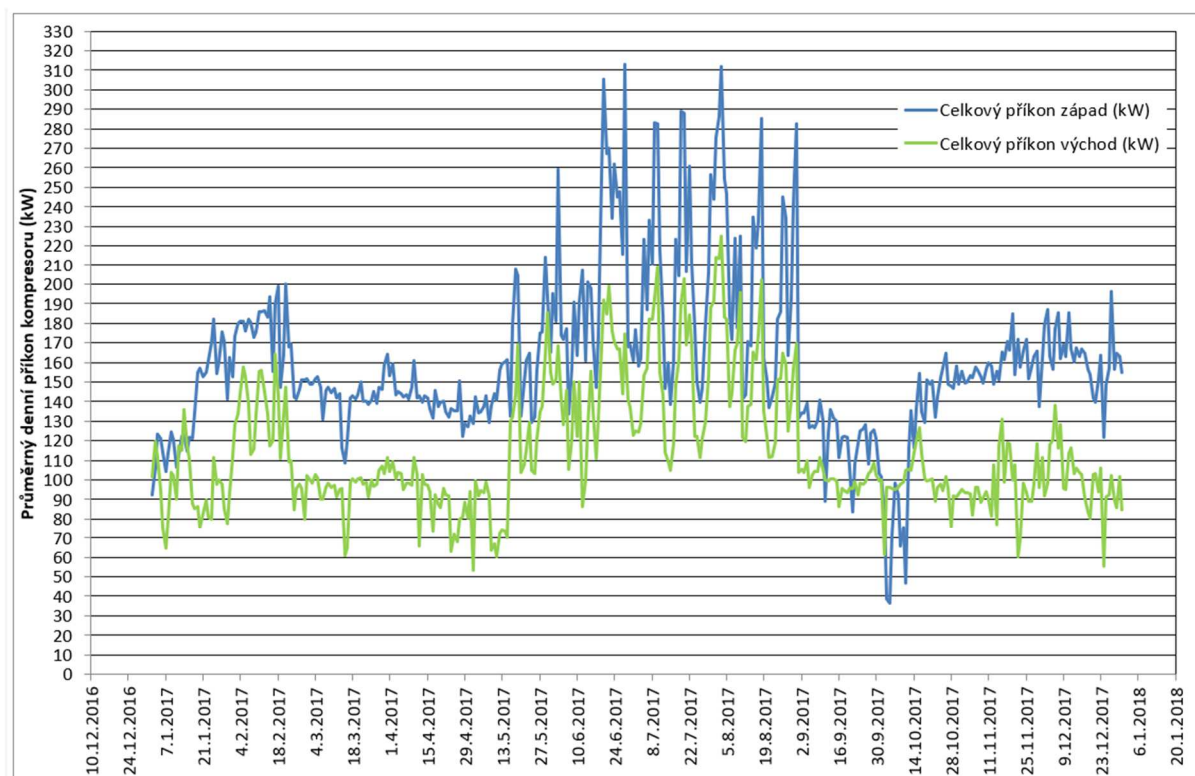
Tab. 9 Spotřeby elektrické energie chlazení

Spotřeby chlazení		2017												Celkem	
rok	měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MWh	%
	jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh		
	Trane č. 1 Západ	0	3	133	5471	43204	64348	66963	66374	42521	33673	64	0	322,8	13,5
	Trane č. 2 Západ	5	150	19502	42501	12924	12	0	0	38	13584	24113	73	112,9	4,7
	Trane č. 3 Západ	279	14362	29139	1862	7466	17380	16619	17189	273	283	7335	5555	117,7	4,9
	Trane č. 4 Západ	288	257	270	273	281	2617	302	3631	274	303	392	285	9,2	0,4
	Tower č. 1 západ	3	2	26	1345	10522	19428	22149	21962	13151	10142	30	2	98,8	4,1
	Tower č. 2 západ	2	36	5256	11344	3541	11	8	19	4	3901	7082	15	31,2	1,3
	Tower č. 3 západ	17053	38212	14908	863	3283	7943	7613	8412	23	19	22768	41524	162,6	6,8
	Tower č. 4 západ	42847	27434	31	46	27	1295	32	1475	25	37	19376	39060	131,7	5,5
	Čerpadla západ	38649	35076	36942	37663	34268	35880	36702	35021	32091	26532	32872	34605	416,3	17,3
	Trane č. 1 Východ	0	12357	40923	34469	39740	64496	69381	73392	40604	40189	14942	0	430,5	17,9
	Trane č. 2 Východ	0	14	149	1952	2574	156	150	136	104	782	223	1083	7,3	0,3
	Trane č. 3 Východ	1	11	675	482	1108	57	0	4	0	0	526	0	2,9	0,1
	Tower č. 1 východ	288	2954	10059	9166	12571	20702	23445	23944	13867	13748	5079	22	135,8	5,7
	Tower č. 2 východ	24593	24360	15	965	1188	12	0	42	1	318	14607	28552	94,7	3,9
	Tower č. 3 východ	25299	25406	1519	1084	4177	1247	0	63	0	24	16782	27251	102,9	4,3
	Čerpadla východ	19400	19566	18417	17494	18638	18871	19512	19320	17768	18245	17223	18054	222,5	9,3
														1403,2	58,5
														996,5	41,5
														2399,7	100



Tab. 10 Spotřeby elektrické energie vzt

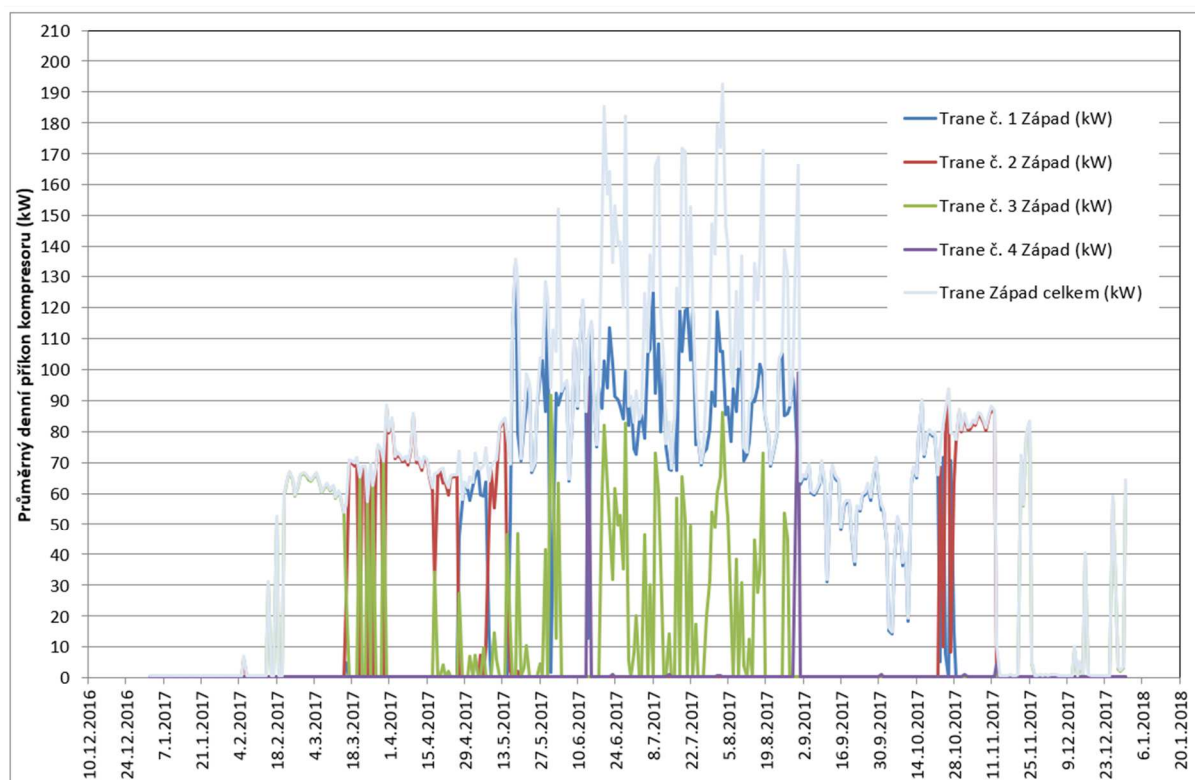
Spotřeby rozvaděče VZT		2017												Celkem MWh	%		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
rok	měsíc jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	MWh	%	
	VZT č. 1	ENE	25 130	22 471	27 816	26 311	24 183	18 552	18 446	18 384	17 038	28 158	28 489	26 936	281,9	11,9	
	VZT č. 2	ENE	17 436	15 952	17 122	16 257	17 485	16 764	17 226	17 256	16 927	17 341	16 462	16 271	202,5	8,6	
	VZT č. 3	ENE	17 762	14 673	10 240	9 128	9 671	9 494	7 523	8 536	9 992	10 130	7 479	9 341	124,0	5,3	
	VZT č. 4	ENE	8 190	-128 690	142 382	5 162	5 156	4 802	4 778	4 934	4 776	4 020	4 139	3 625	63,3	2,7	
	VZT č. 5	ENE	6 858	4 034	8 063	6 414	6 394	6 150	6 409	6 396	6 215	6 096	6 213	6 656	75,9	3,2	
	VZT č. 6	ENE	12 698	13 495	14 096	13 368	13 556	12 842	14 125	13 335	13 106	14 106	13 567	13 615	161,9	6,9	
	VZT č. 7	ENE	14 652	11 634	14 104	14 758	15 091	14 447	14 981	15 111	14 909	16 024	15 378	15 384	176,5	7,5	
	VZT č. 8	ENE	7 131	8 458	11 072	10 654	10 289	10 867	10 328	8 025	10 495	10 237	6 462	7 060	111,1	4,7	
	VZT č. 9	ENE	12 398	11 472	12 578	12 199	13 988	14 963	15 368	7 855	11 798	12 388	11 646	11 650	148,3	6,3	
	VZT č. 10	ENE	17 233	15 554	15 918	13 080	14 972	17 608	17 605	17 507	15 183	16 905	16 042	15 369	193,0	8,2	
	VZT č. 11	ENE	12 663	11 438	13 773	13 184	13 833	11 461	10 736	9 839	10 870	14 210	14 104	12 421	148,5	6,3	
	VZT č. 12	ENE	11 959	12 793	13 293	11 964	12 151	11 984	12 027	12 347	11 785	11 816	12 806	12 397	147,3	6,2	
	VZT č. 13	ENE	872	760	963	1 333	1 448	1 508	1 564	1 547	1 459	1 727	1 694	1 734	16,6	0,7	
	VZT č. 14	ENE	28 252	22 864	24 662	24 496	24 939	24 187	24 775	24 385	23 545	24 946	24 439	24 003	295,5	12,5	
	VZT č. 15	ENE	12 886	21 600	21 452	20 028	19 101	17 948	17 145	18 349	18 834	17 339	14 547	16 383	215,6	9,1	
			Celková spotřeba el. energie vzt													2 361,9	100



**Graf 9 Celkový příkon západ a východ**

V grafu číslo 9 vidíme spotřeby elektrické energie v obchodním centru Chodov u strojovny západ a východ za celé období, tedy za celý rok 2017. Z grafu je patrné, že největší nárůst spotřeby elektrické energie je v letních měsících, kde je nejvyšší potřeba na chlazení, které je závislé na rostoucí venkovní teplotě a na tepelných ziscích. Okolo letních měsíců spotřeby elektrické energie výrazně klesají, což je způsobeno nižšími teplotami a využitím volného chlazení freecooling.

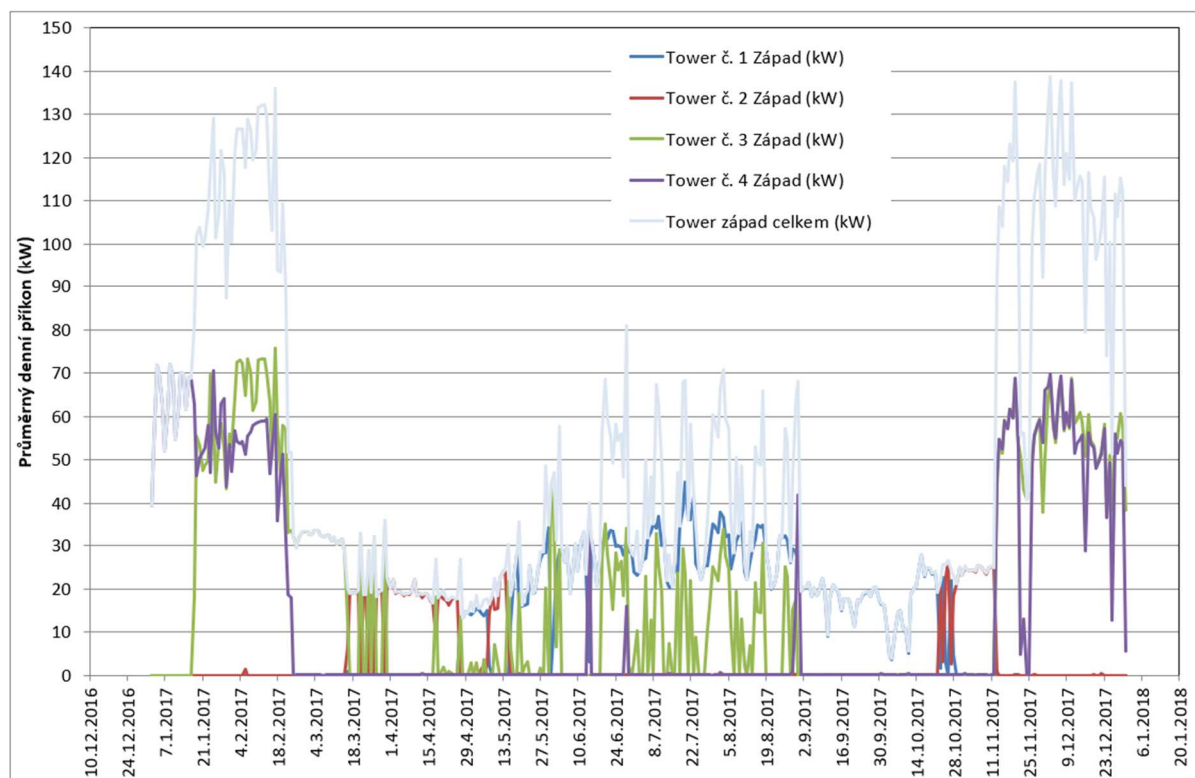
Nejvyšší elektrické příkony strojoven, jak již bylo řečeno byli v letních měsících, tedy červen, červenec a srpen. Maximální hodnoty dosahovala strojovna západ a pohybovali se okolo 310 kW. Přesněji maximální denní hodnota strojovny západ byla naměřena 28.6.2017 a to 312,7 kW. Maximální denní hodnota strojovny východ byla naměřena 3.8.2017 a to 224,9 kW. Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie za celý rok u strojovny západ se pohybovali okolo 160 kW a průměrná hodnota spotřeby elektrické energie u strojovny východ se pohybovala okolo 114 kW.



**Graf 10 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane západ**

V grafu číslo 10 vidíme spotřeby elektrické energie strojovny západ pouze pro kompresory zdrojů chladu jednotek Trane za celý rok 2017. Z grafu je na první pohled vidět, že chladicí jednotky Trane nejvíce pracují v letních měsících, kde se tolik nevyužívá volné chlazené, a kde je tedy nejvyšší spotřeba elektrické energie. Vidíme zde, že jednotka Trane č.1 je využívána nejvíce, má nejvyšší příkony, tudíž největší spotřebu elektrické energie. Chladicí jednotky Trane č.2 a č.3 pracují při snížených výkonech a Trane č.4 je využita minimálně.

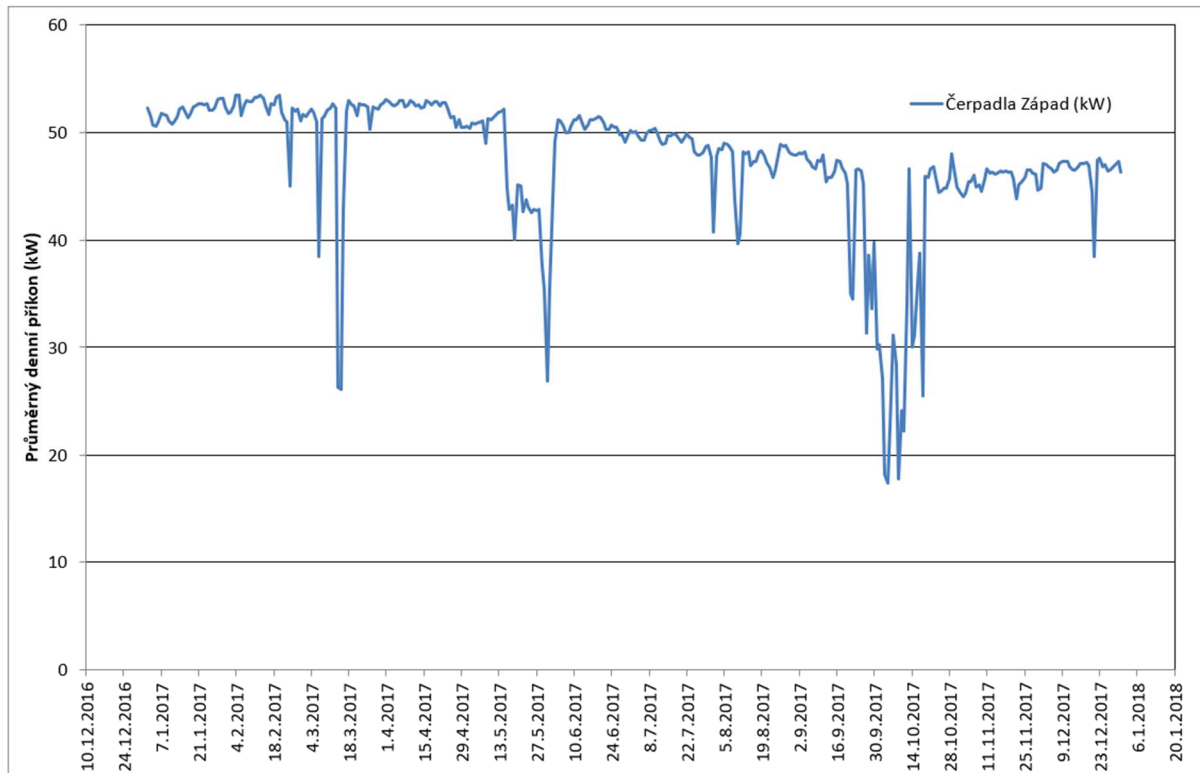
Celkové maximální hodnoty všech chladících jednotek dosahovali hodnot 190 kW. Přesněji maximální celková denní hodnota byla naměřena 3.8.2017 192,6 kW. Naopak v měsíci lednu, v první polovině února a mezi měsíci listopad a prosinec se hodnoty příkonů pohybovali téměř okolo nulových hodnot, což je způsobeno využitím volného chlazení. Průměrná denní spotřeba elektrické energie za celý rok pro všechny chladicí jednotky je 64,4 kW. Maximální příkon Trane č.1 8.7.2017 124,9 kW. Maximální příkon Trane č.2 31.3.2017 87,6 kW. Maximální příkon Trane č.3 31.5.2017 91,8 kW a maximální příkon Trane č.4 31.8.2017 98,8 kW.



**Graf 11 Příkon oběhová čerpadla a chladicí věže západ**

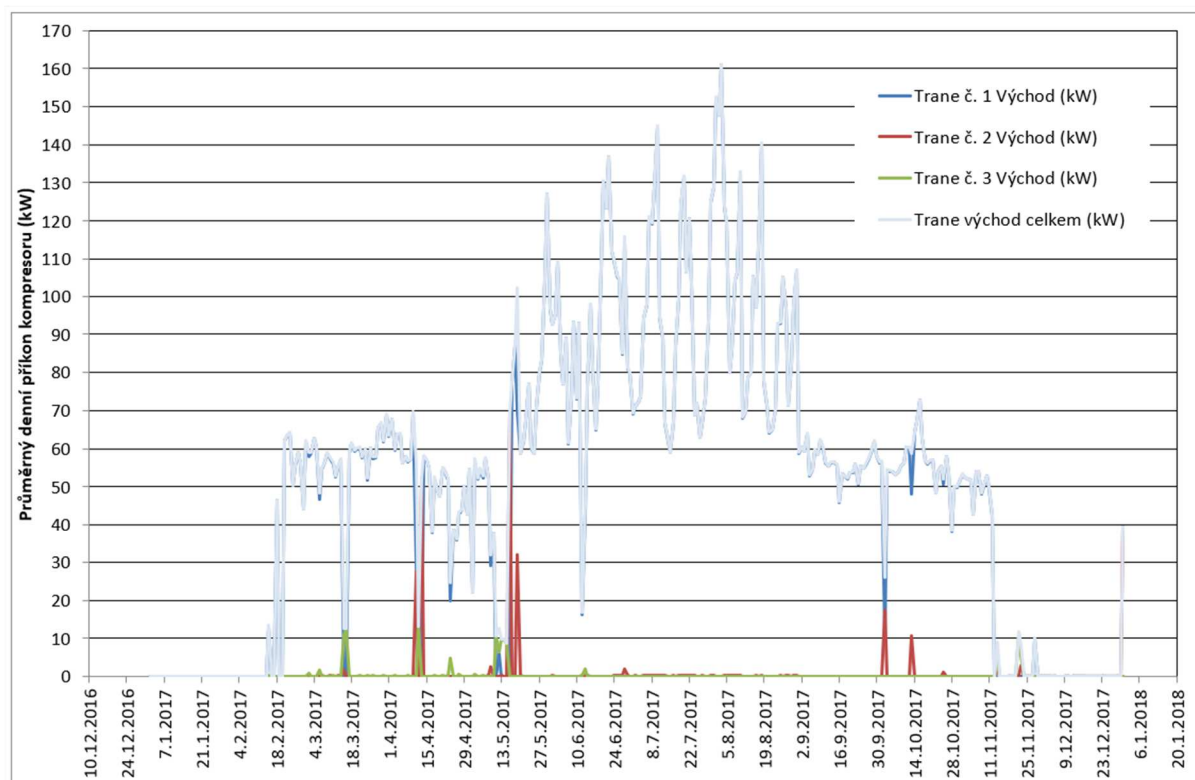
V grafu číslo 11 vidíme spotřeby elektrické energie strojovny západ pouze pro oběhová čerpadla a chladicí věže za celý rok 2017. Z grafu na první pohled vidíme, že při nižších venkovních teplotách je systém volného chlazení freecooling využit nejvíce. Tedy od začátku ledna do konce února a od poloviny listopadu do konce roku mají oběhová čerpadla a chladicí věže nejvyšší spotřebu elektrické energie. Z grafu je patrné, že tower č.3 a tower č.4 pracují nejvíce. Chladicí věže č.3 a č.4 mají v okruhu nemrznoucí směs a věže jsou uzavřené. Mohou tedy pracovat v zimním období. Při porovnání grafu 10 a grafu 11 je dobře vidět využití volného chlazení a chladících jednotek Trane.

Nejvyšší celkové příkony všech oběhových čerpadel a chladících věží dosahovali hodnot 130-140 kW, a to v období, jak již bylo řečeno od začátku ledna do konce února a od poloviny listopadu do konce roku. Maximální celková denní hodnota byla naměřena 7. 12. 2017 137,7 kW. Maximální příkon tower č.1 20. 7. 2017 44,9 kW. Maximální příkon tower č.2 6. 11. 2017 25,3 kW. Maximální příkon tower č.3 12. 2. 2017 73,2 kW a maximální příkon tower č.4 9. 1. 2017 72 kW.



**Graf 12 Příkon oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody západ**

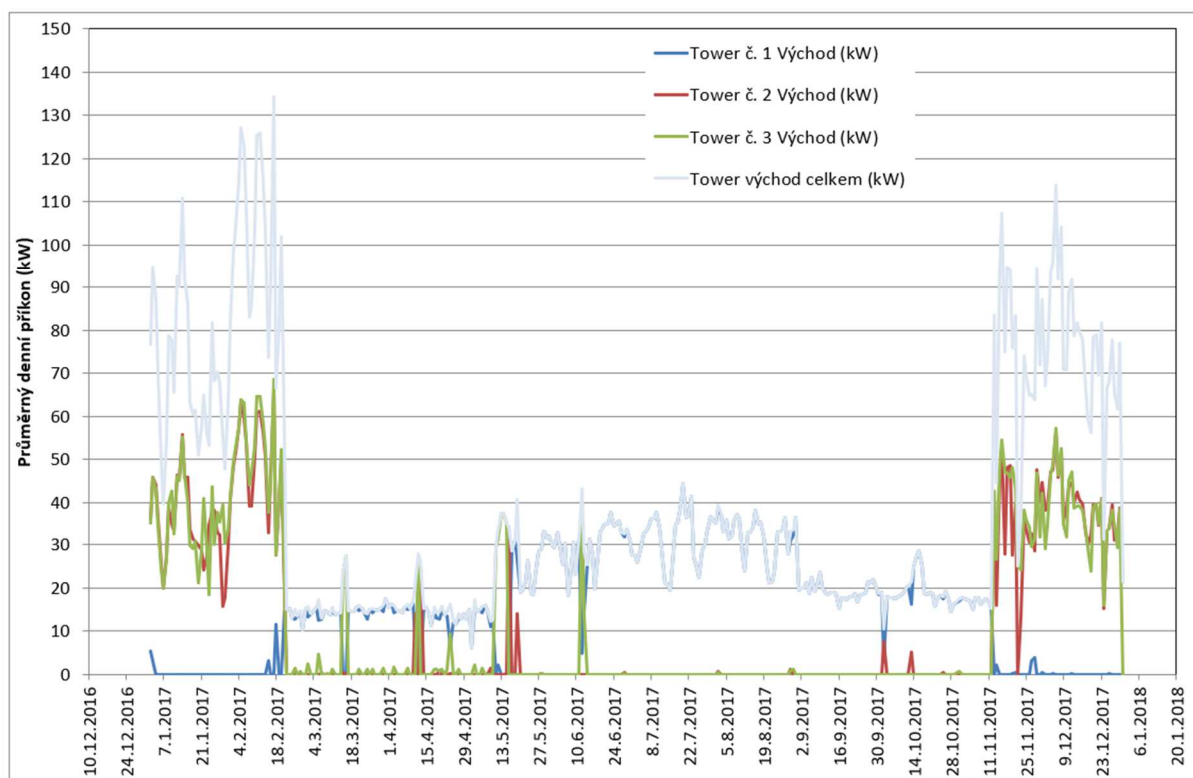
V grafu číslo 12 vidíme spotřeby elektrické energie strojovny západ pouze pro oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody za celý rok 2017. Z grafu je na první pohled vidět, že oběhová čerpadla jsou v provozu nepřetržitě. Příkony se zde pohybují okolo 50 kW. Přesněji průměrný příkon za celé období je 47,5 kW.



**Graf 13 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane východ**

V grafu číslo 13 vidíme spotřeby elektrické energie strojovny západ pouze pro kompresory zdrojů chladu jednotek Trane za celý rok 2017. Z grafu je na první pohled vidět, že chladicí jednotky Trane nejvíce pracují v letních měsících, kde se tolik nevyužívá volné chlazené, a kde je tedy nejvyšší spotřeba elektrické energie. Vidíme zde, že ve strojovně východ pracuje téměř nepřetržitě jednotka Trane č.1, mimo měsíce leden a prosinec. Zbylé dvě chladicí jednotky pracují jen minimálně.

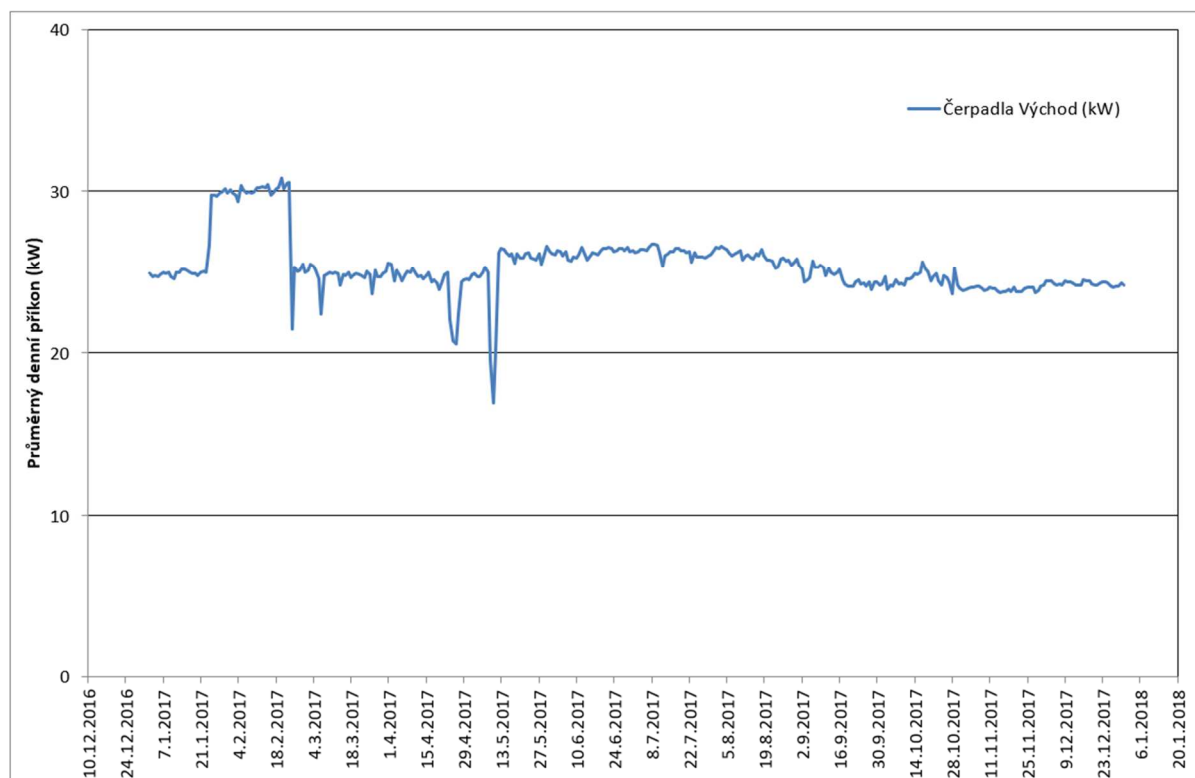
Celkové maximální hodnoty všech chladicích jednotek, tedy víceméně jednotky č.1 dosahovali hodnot 160 kW. Přesněji maximální celková denní hodnota byla naměřena 2. 8. 2017 161 kW. Jak již bylo řečeno, v měsíci lednu a prosinci mají chladicí jednotky téměř nulové hodnoty, což je způsobeno plným využitím systému freecooling. Průměrná denní spotřeba elektrické energie za celý rok pro všechny chladicí jednotky je 50,4 kW. Maximální příkon Trane č.1 3. 8. 2017 160,8 kW. Maximální příkon Trane č.2 16. 5. 2017 69,4 kW a maximální příkon Trane č.3 16. 3. 2017 12,5 kW.



**Graf 14 Příkon oběhová čerpadla a chladící věže východ**

V grafu číslo 14 vidíme spotřeby elektrické energie strojovny východ pouze pro oběhová čerpadla a chladící věže za celý rok 2017. Z grafu na první pohled vidíme, že při nižších venkovních teplotách je systém volného chlazení freecooling využit nejvíce. Tedy od začátku ledna do konce února a od poloviny listopadu do konce roku mají oběhová čerpadla a chladící věže nejvyšší spotřebu elektrické energie. Z grafu je patrné, že chladící věž č.1 a č.2 pracují v období leden, únor a listopad, prosinec. Chladící věže č.1 a č.2 mají v okruhu nemrznoucí směs a věže jsou uzavřené, mohou pracovat v zimním období. Ve zbylých měsících pracuje převážně chladící věž č.3. Při porovnání grafu 13 a grafu 14 je dobře vidět využití volného chlazení a chladících jednotek Trane.

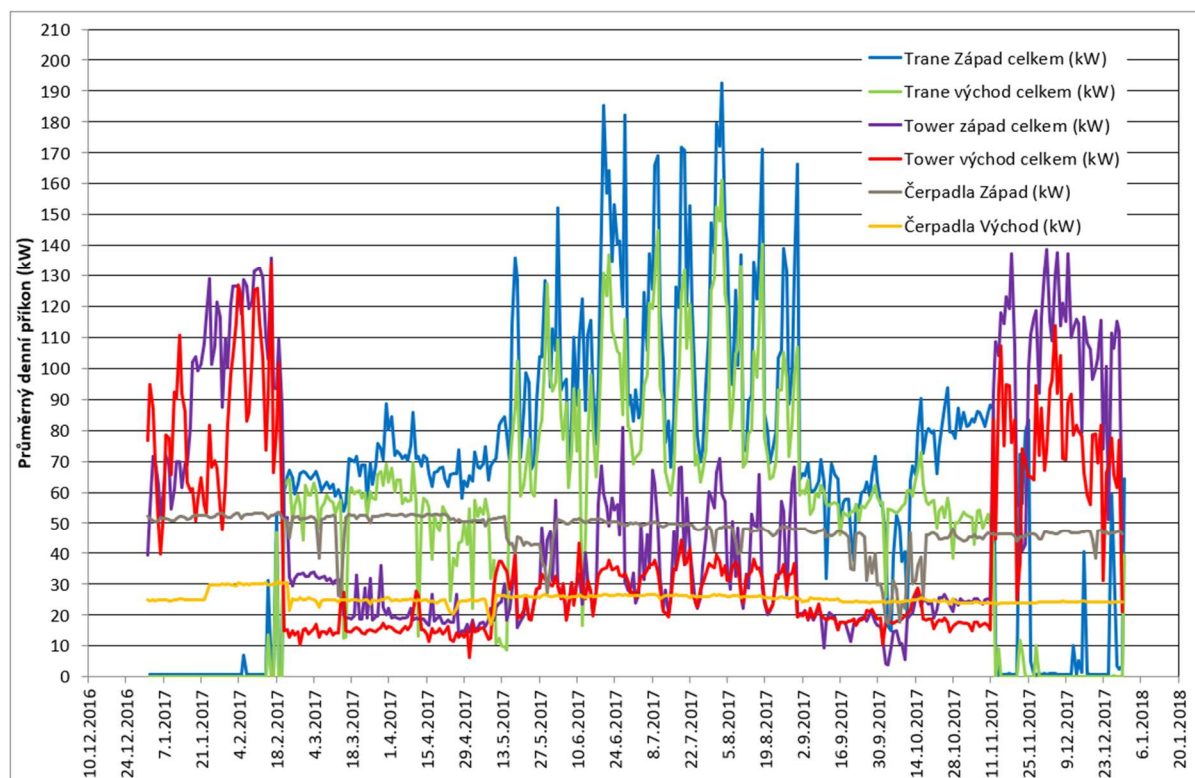
Nejvyšší celkové příkony všech oběhových čerpadel a chladících věží dosahovali hodnot 130 kW, a to v zimním období. Maximální celková denní hodnota byla naměřena 17. 2. 2017 134 kW. Maximální příkon tower č.1 2. 8. 2017 37,4 kW. Maximální příkon tower č.2 11. 2. 2017 60,8 kW a maximální příkon tower č.3 17. 2. 2017 68,4 kW.



**Graf 15 Příkon oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody východ**

V grafu číslo 15 vidíme spotřeby elektrické energie strojovny východ pouze pro oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody za celý rok 2017. Z grafu je na první pohled vidět, že oběhová čerpadla jsou v provozu nepřetržitě. Příkony se zde pohybují okolo 20-30 kW. Přesněji průměrný příkon za celé období je 25,4 kW.

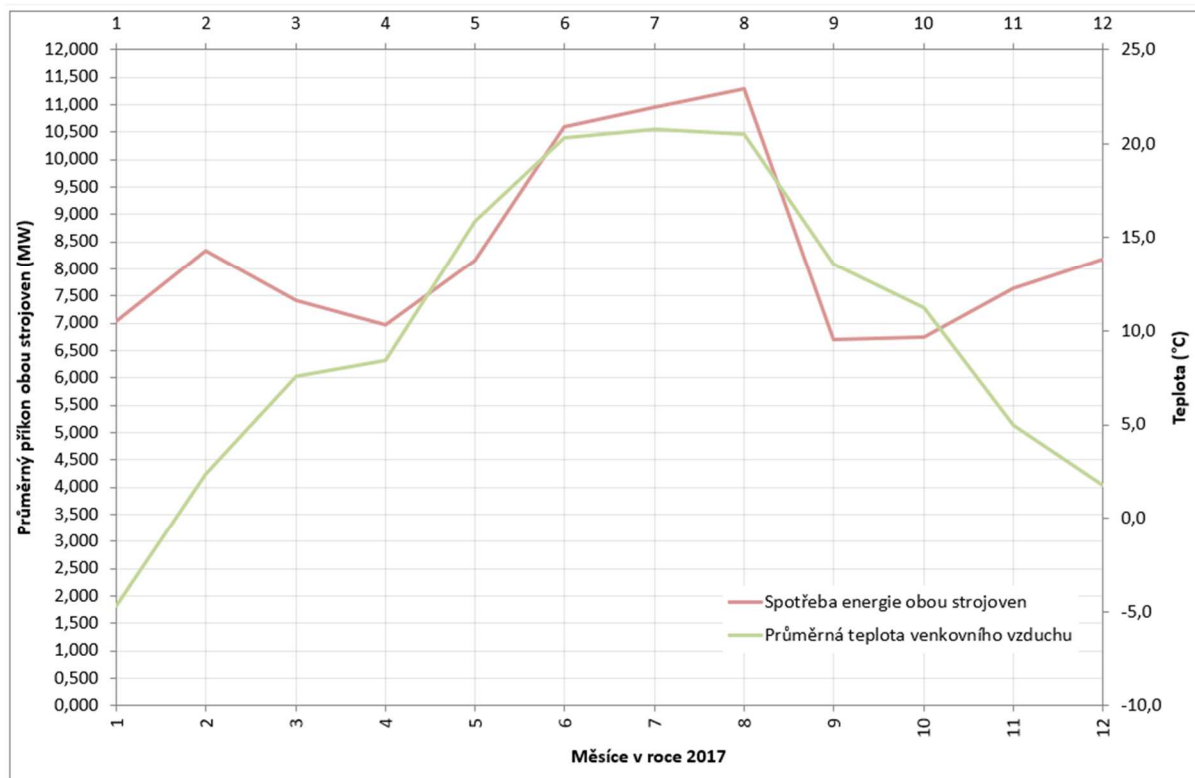




**Graf 16 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane, příkon oběhová čerpadla a chladící věže, příkon oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody**

V grafu číslo 16 vidíme spotřeby elektrické energie strojovny východ i západ za celý rok 2017. Příkony kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane, příkony oběhových čerpadel a chladících věží a příkony oběhových čerpadel sekundárního rozvodu chladné vody. Z grafu je na první pohled patrné, že v zimním období při nižších venkovních teplotách běží volné chlazení freecooling a chladící jednotky Trane jsou téměř mimo provoz. Při zvýšení venkovních teplot se přechází na chlazení jednotkami Trane, které v letním období dosahují nejvyšších příkonů a volné chlazení je používáno minimálně. Oběhová čerpadla běží celý rok nepřetržitě.

## 8.6 Vyhodnocení průběhu teplot a příkonu obou strojoven



**Graf 17 Průběh průměrných hodnot teplot venkovního vzduchu a příkonu obou strojoven chlazení za rok 2017**

V grafu číslo 17 byl vyhodnocen průběh průměrného měsíčního příkonu obou strojoven a průměrné venkovní teploty za jednotlivé měsíce v roce 2017. Z tohoto grafu lze říci, že průměrný denní příkon v letním období je značně ovlivněn teplotou vzduchu a je přímo závislý na teplotě okolí.

Během celého roku 2017 byli měřeny každý den průměrné venkovní a vnitřní teploty. V tabulce číslo 8.6 můžeme vidět průměrné teploty za jednotlivé měsíce. Maximální teplota venkovního vzduchu dosáhla v měsíci srpnu 36,6 °C. Naopak nejchladněji bylo v měsíci lednu a venkovní teplota dosáhla -16 °. Průměrná venkovní teplota během celého roku se pak pohybovala okolo 10 °C. Průměrná teplota vnitřního vzduchu v pasáži 0.NP byla 22,3 °C a průměrná teplota v pasáži 1.NP byla 25,5 °C.

Tab. 11 Průměrné měsíční teploty

METEO		2017																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
rok																		
měsíc																		
jednotky		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
<b>Venkovní teploty</b>																		
Venkovní tepl. MIN	MIN	-16,5	-6,2	-3,2	-1,5	-0,2	9,2	10,3	8,6	5,2	0,5	-1,4	-5,2					
Venkovní tepl. MAX	MAX	4,4	14,6	22,3	22,3	32,6	35,0	33,1	36,3	24,1	21,9	13,6	11,9					
Venkovní tepl. AVE	AVG	-4,7	2,4	7,6	8,4	15,9	20,3	20,8	20,5	13,6	11,2	5,0	1,7					
<b>Vnitřní teploty</b>																		
pasáž 0.NP AVE	AVG	19,6	20,6	21,3	22,1	23,2	24,0	23,4	23,5	22,7	23,2	22,3	22,0					
pasáž +1.NP AVE	AVG	24,9	25,2	25,4	25,7	26,8	26,9	26,2	26,2	24,4	25,0	23,8	25,2					
příložná pasáž 0.NP AVE	AVG	0,0	25,2	24,9	25,1	26,7	27,4	26,6	25,5	24,3	24,7	24,0	23,3					
příložná pasáž +1.NP AVE	AVG	0,0	25,8	25,3	25,3	26,6	27,1	27,0	27,0	25,1	25,6	25,4	24,6					
materiálová pasáž 0.NP AVE	AVG	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9	27,9	28,0	28,3	26,2	0,0	0,0	0,0					
materiálová pasáž +1.NP AVE	AVG	0,0	25,2	24,4	24,9	26,7	27,2	27,2	27,5	25,3	24,7	23,7	23,1					

## 8.7 Vyhodnocení a souhrn spotřeb energie VZT za rok 2017

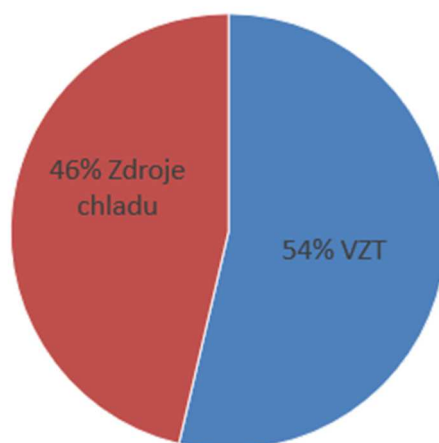
Celková spotřeba elektrické energie vzduchotechniky byla stanovena na 2361,9 MWh, S největším příkonem vzduchotechnické jednotky č.14 se spotřebou 12,5 % z celkového příkonu. Celkové spotřeby jsou vyhodnoceny v následující tabulce číslo 12. Z tabulky je patrné, že je nejvyšší spotřeby energie VZT byli v měsíci březnu a únoru.

Tab. 12 Spotřeby elektrické energie VZT souhrn

VZT	měsíc	VZT č.1	VZT č.2	VZT č.3	VZT č.4	VZT č.5	VZT č.6	VZT č.7	VZT č.8	VZT č.9	VZT č.10	VZT č.11	VZT č.12	VZT č.13	VZT č.14	VZT č.15	Celkem [MWh]
zima 2017	1	25,13	17,44	17,76	8,19	6,86	12,70	14,65	7,13	12,40	17,23	12,66	11,96	0,87	28,25	12,89	206,12
	2	22,47	15,95	14,67	128,69	4,03	13,50	11,63	8,46	11,47	15,55	11,44	12,79	0,76	22,86	21,60	315,89
	3	27,82	17,12	10,24	142,38	8,06	14,10	14,10	11,07	12,58	15,92	13,77	13,29	0,96	24,66	21,45	347,53
jaro 2017	4	26,31	16,26	9,13	5,16	6,41	13,37	14,76	10,65	12,20	13,08	13,18	11,96	1,33	24,50	20,03	198,33
	5	24,18	17,49	9,67	5,16	6,39	13,56	15,09	10,29	13,99	14,97	13,83	12,15	1,45	24,94	19,10	202,26
	6	18,55	16,76	9,49	4,80	6,15	12,84	14,45	10,87	14,96	17,61	11,46	11,98	1,51	24,19	17,95	193,58
léto 2017	7	18,45	17,23	7,52	4,78	6,41	14,12	14,98	10,33	15,37	17,61	10,74	12,03	1,56	24,77	17,14	193,03
	8	18,38	17,26	8,54	4,93	6,40	13,34	15,11	10,33	7,85	17,51	9,84	12,35	1,55	24,38	18,35	186,11
	9	17,04	16,93	9,99	4,78	6,21	13,11	14,91	10,49	11,80	15,18	10,87	11,79	1,46	23,54	18,83	186,93
podzim 2017	10	28,16	17,34	10,13	4,02	6,10	14,11	16,02	10,24	12,39	16,91	14,21	11,82	1,73	24,95	17,34	205,44
	11	28,49	16,46	7,48	4,14	6,21	13,57	15,38	6,46	11,65	16,04	14,10	12,81	1,69	24,44	14,55	193,47
zima 2017	12	26,94	16,27	9,34	3,63	6,66	13,61	15,38	7,06	11,65	15,37	12,42	12,40	1,73	24,00	16,38	192,84

V následujícím grafu číslo 18 vidíme celkové porovnání spotřeb elektrické energie vzduchotechniky a zdrojů chladu ve strojovně západ a východ. Zdroje chladu spotřebovaly 46 % z celkové spotřeby energie a vzduchotechnika 54 % z celkové spotřeby energie.

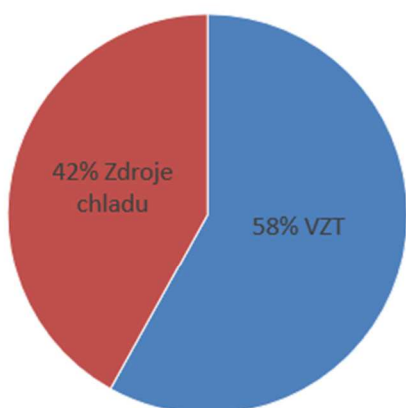
Celková spotřeba VZT a zdrojů chladu za celý rok  
2017 5021,22 MWh



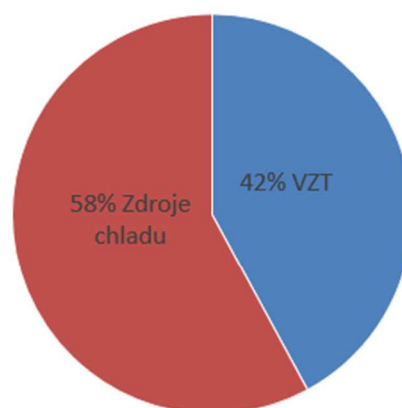
**Graf 18 Celkové porovnání spotřeb elektrické energie VZT a zdrojů chladu původního obchodního centra**

Pro přehledné porovnání celkové spotřeby elektrické energie vzduchotechnických jednotek a spotřeb elektrické energie zdrojů chladu byli vytvořeny koláčové grafy za jednotlivá roční období. Jak je možné vidět z grafu, nejvíce byli využívány zdroje chladu v létě a spotřebovaly 58 % oproti vzduchotechnice, která spotřebovala 42 %. Na jaře, na podzim a v zimě převažovala spotřeba elektrické energie u vzduchotechniky.

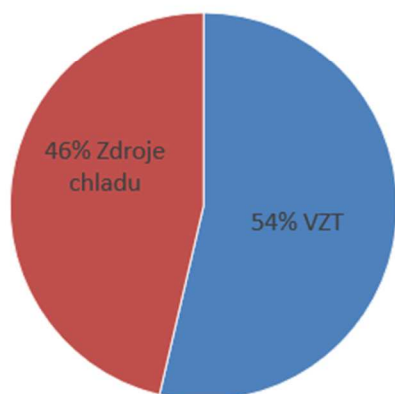
Celková spotřeba VZT a zdrojů chladu jaro 2017  
1288,13 MWh



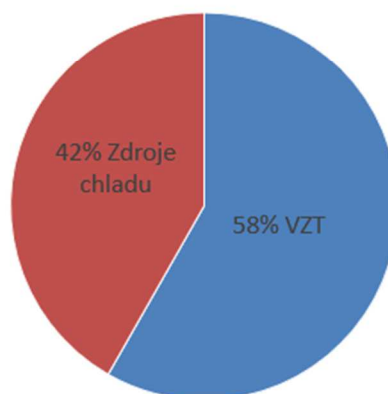
Celková spotřeba VZT a zdrojů chladu léto 2017  
1360,68 MWh



Celková spotřeba VZT a zdrojů chladu podzim 2017  
1091,78 MWh

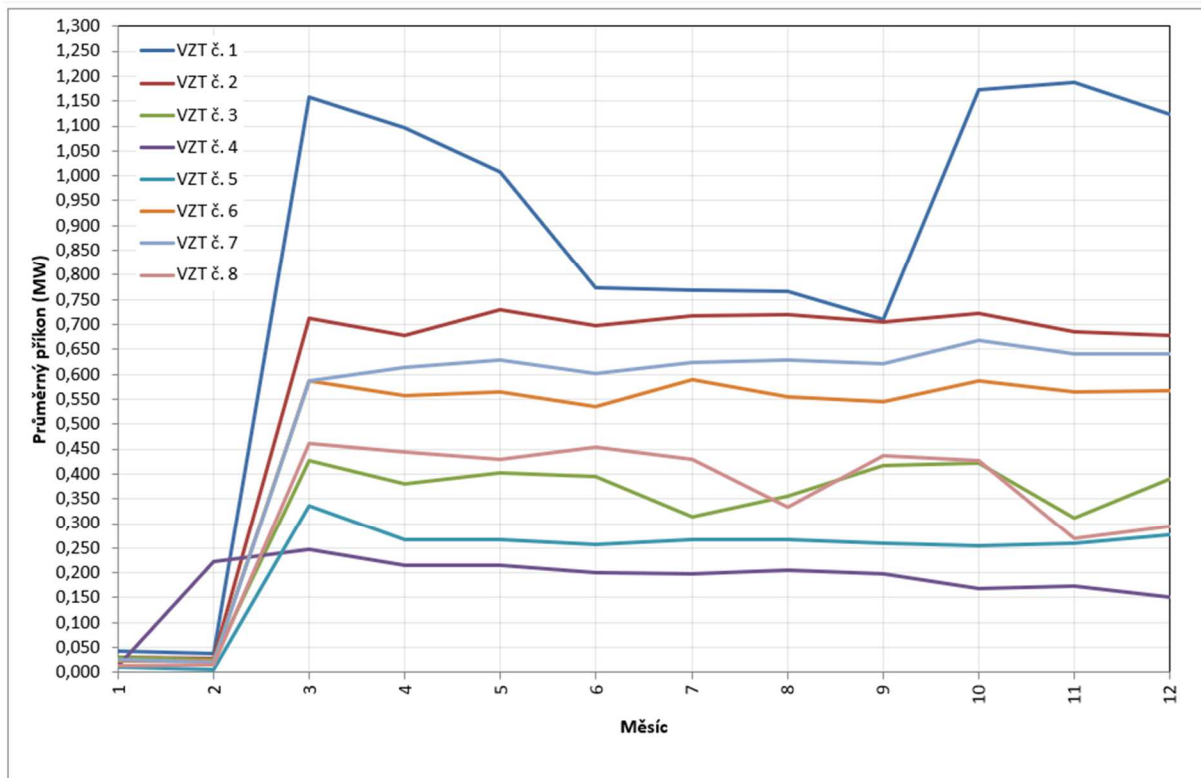


Celková spotřeba VZT a zdrojů chladu zima 2017  
895,96 MWh

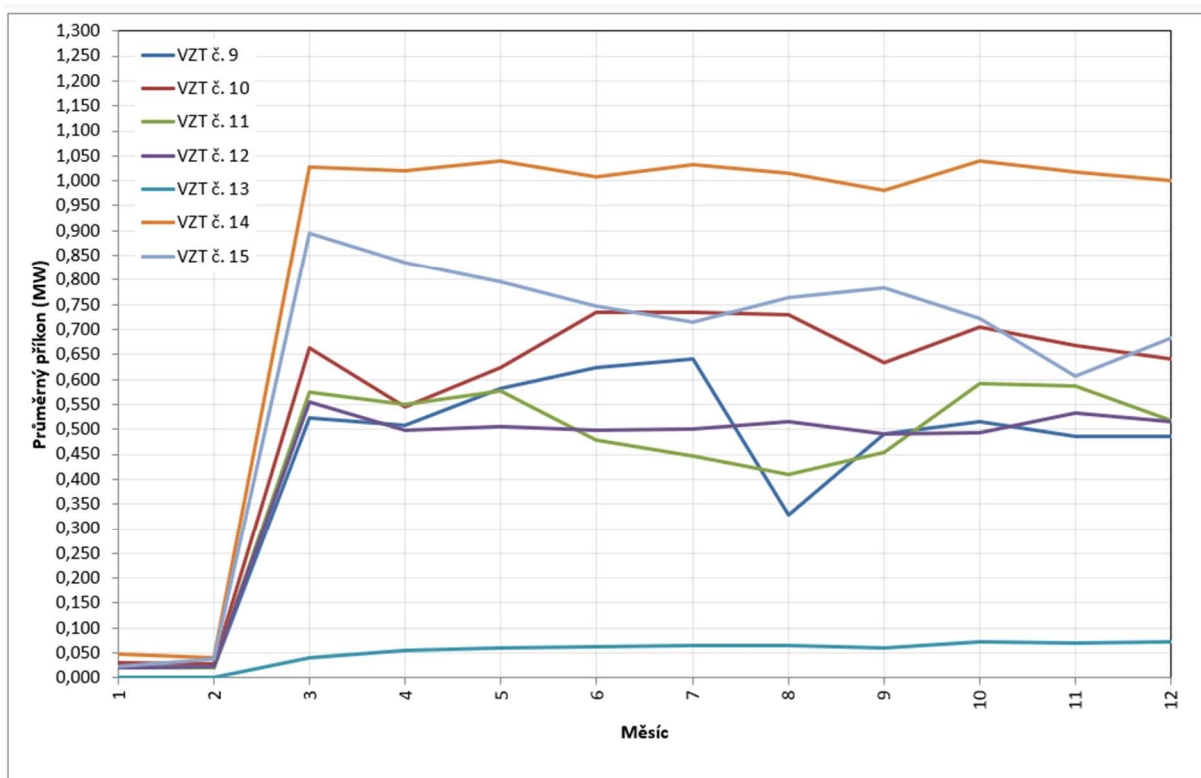


**Graf 19 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro, léto, podzim a zimu (leden, únor) 2017**

V grafu číslo 20 a 21 vidíme spotřeby elektrické energie v obchodním centru Chodov pro VZT č.1 až č.15. Největší spotřeby energie měla VZT č.14 a č.1.



Graf 20 Příkon ventilátorů VZT č.1-č.8



Graf 21 Příkon ventilátorů VZT č.9-č.15

## 8.8 Souhrn spotřeb energie zdrojů chladu za celé měřené období

Pro lepší názornost byly celkové spotřeby elektrické energie zpracovány do tabulky, ale také do koláčových grafů. V koláčových grafech jsou zpracovány spotřeby energie a také porovnání příkonu a spotřeby jednotlivých strojoven. V následující tabulce číslo 13 můžeme vidět měsíční spotřeby energie pro jednotlivá zařízení. Dále jsou v tabulce celkové spotřeby kompresorového chlazení (Celkem Trane), oběhových čerpadel společně s chladicími věžemi pro odvod kondenzačního tepla (Celkem Tower), sekundární čerpadla pro rozvod vody po budově (Sekundární Čerpadla) a celková spotřeba za daný měsíc (Celkem).

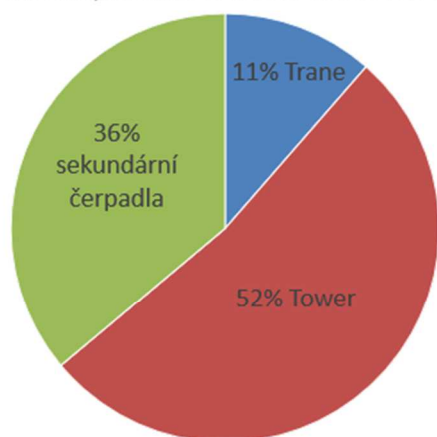
Tab. 13 Měsíční spotřeby elektrické energie strojovny východ a západ

ZÁPAD	měsíc	Trane 1 [MWh]	Trane 2 [MWh]	Trane 3 [MWh]	Trane 4 [MWh]	Celkem Trane [MWh]	Tower 1 [MWh]	Tower 2 [MWh]	Tower 3 [MWh]	Tower 4 [MWh]	Celkem Tower [MWh]	Sekundární čerpadla [MWh]	Celkem [MWh]
	3	33,8	0	5,2	5,2	44,2	8,2	0	3,5	9,1	20,8	38,6	103,6
Jaro 2015	4	49,1	0,7	0	0,6	50,4	11,7	0,1	0	1,5	13,3	35,9	99,6
	5	58,7	2,8	2,3	4,1	67,9	11,8	0,7	0,5	1,3	14,3	38,7	120,9
	6	57,4	22,9	0,2	0,2	80,7	12,4	6,5	0	0	18,9	38,1	137,7
léto 2015	7	72,4	44,4	2,8	0,2	119,8	17,3	13,3	0,8	0	31,4	39,1	190,3
	8	69,1	51,7	20,3	0,2	141,3	16,7	14	6,5	0	37,2	39,5	218
	9	55,9	10,4	0,2	0,2	66,7	9,2	2,9	0	0	12,1	37,1	115,9
podzim 2015	10	34,5	0,2	17,8	0,9	53,4	4,9	0,5	7	0,9	13,3	38,6	105,3
	12	0	0	5	10,3	15,3	0	0	15,4	22,5	37,9	38,7	91,9
zima 2017	1	0	5	0,279	0,288	5,567	0,003	0,002	17,053	42,847	59,905	38,7	104,172
	2	0,003	0,15	14,362	0,257	14,772	0,002	0,036	38,212	27,434	65,684	35,076	115,532
	3	0,133	19,502	29,139	0,27	49,044	0,026	5,256	14,908	0,031	20,221	36,942	106,207
Jaro 2017	4	5,471	42,051	1,862	0,273	49,657	1,345	11,344	0,863	0,046	13,598	37,663	100,918
	5	43,204	12,924	7,466	0,281	63,875	10,522	3,541	3,283	0,027	17,373	34,268	115,516
	6	64,348	0,012	17,38	2,617	84,357	19,428	0,011	7,943	1,295	28,677	35,88	148,914
léto 2017	7	66,963	0	16,619	0,302	83,884	22,149	0,008	7,613	0,032	29,802	36,702	150,388
	8	66,374	0	17,189	3,631	87,194	21,962	0,019	8,412	1,175	31,568	35,021	153,783
	9	42,521	0,038	0,273	0,274	43,106	13,151	0,004	0,023	0,025	13,203	32,091	88,4
podzim 2017	10	33,673	13,584	0,283	0,303	47,843	10,142	3,901	0,019	0,037	14,099	26,532	88,474
	11	0,064	24,113	7,335	0,392	31,904	0,03	7,082	22,768	19,376	49,256	32,872	114,032

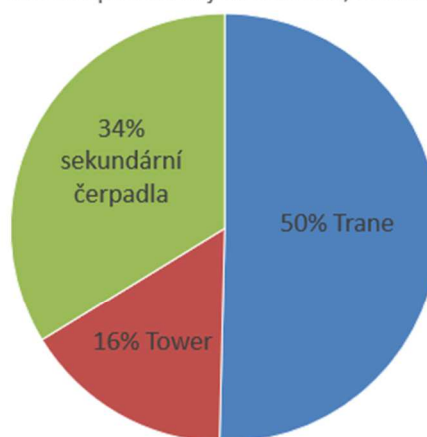
VÝCHOD	měsíc	Trane 1 [MWh]	Trane 2 [MWh]	Trane 3 [MWh]	Celkem Trane [MWh]	Tower 1 [MWh]	Tower 2 [MWh]	Tower 3 [MWh]	Celkem Tower [MWh]	Sekundární čerpadla [MWh]	Celkem [MWh]
	3	0	0,6	1,1	1,7	0	27,29	23,82	51,11	17,06	69,87
Jaro 2015	4	29,1	1,5	0	30,6	8,72	8,54	5,62	22,88	16,65	70,13
	5	21,4	10,3	0	31,7	61,7	5,3	0	67	11,98	110,68
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
léto 2015	7	65,9	24,6	0	90,5	22,46	12,6	0,18	35,24	20,08	145,82
	8	60,4	41,3	0,1	101,8	21,43	23,05	2,12	46,6	20,3	168,7
	9	35,4	15,1	0,3	50,8	17,53	8,81	0,65	26,99	19,27	97,06
podzim 2015	10	30,4	0,1	2	32,5	16,61	0,03	5,99	22,63	19,08	74,21
	12	0	7	0,74	7,74	0,01	22,29	17,88	40,18	15,82	63,74
zima 2017	1	0	0	0,001	0,001	0,288	24,593	25,299	50,18	19,4	69,581
	2	12,357	0,014	0,011	12,382	2,954	24,36	25,406	52,72	19,566	84,668
	3	40,923	0,149	0,675	41,747	10,059	0,015	1,519	11,593	18,417	71,757
Jaro 2017	4	34,469	1,952	0,482	36,903	9,166	0,965	1,084	11,215	17,494	65,612
	5	39,74	2,574	1,108	43,422	12,571	1,188	4,177	17,936	18,638	79,996
	6	64,496	0,156	0,057	64,709	20,702	0,012	1,247	21,961	18,871	105,541
léto 2017	7	69,381	0,15	0	69,531	23,445	0	0	23,445	19,512	112,488
	8	73,3392	0,136	0,004	73,4792	23,944	0,042	0,063	24,049	19,32	116,8482
	9	40,604	0,104	0	40,708	13,867	0,001	0	13,868	17,768	72,344
podzim 2017	10	40,189	0,782	0	40,971	13,748	0,318	0,024	14,09	18,245	73,306
	11	14,942	0,223	0,526	15,691	5,079	14,607	16,782	36,468	17,223	69,382

Pro přehledné porovnání, jak již bylo zmíněno, byly vytvořeny koláčové grafy. Na grafu číslo 22 můžeme vidět porovnání spotřeb elektrické energie za čtyři čtvrtletí roku 2017 a zimy 2016/2017. Jedná se o dvě přechodová období, léto a zimu. V grafech vidíme, že v zimě se využívá systému freecooling. Naopak v létě je využíváno strojní chlazení. Co se týče přechodových období, tak vidíme, že na jaře a na podzim 2017 byli vyšší venkovní teploty, a proto bylo využíváno více strojní chlazení.

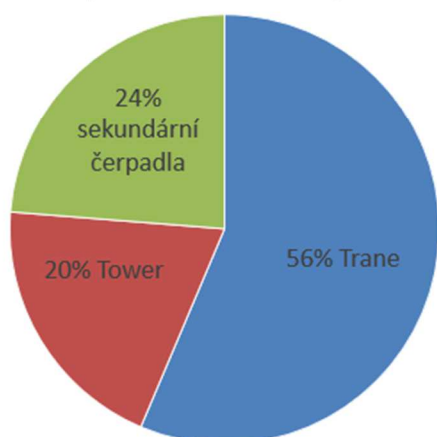
Celková spotřeba za zimu 2017 311,604 MWh



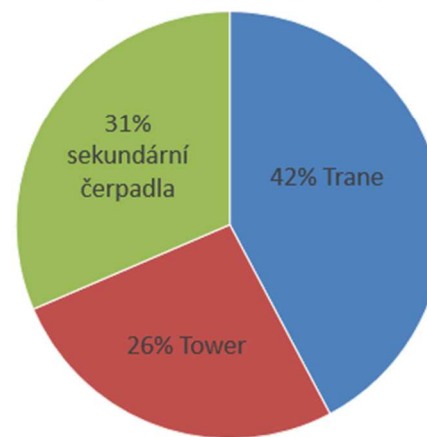
Celková spotřeba za jaro 2017 322,641 MWh



Celková spotřeba za léto 2017 453,085 MWh



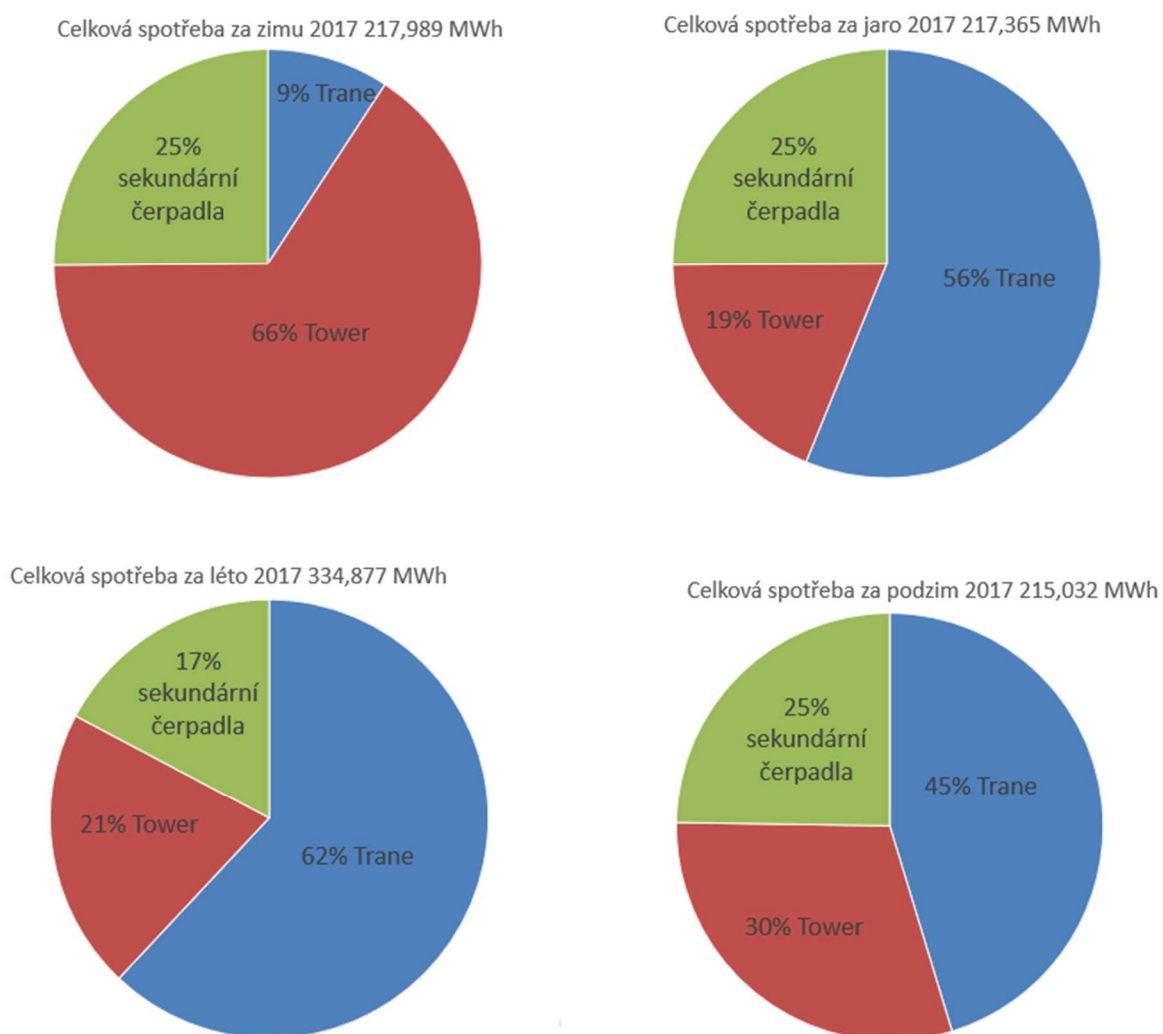
Celková spotřeba za podzim 2017 290,906 MWh



**Graf 22 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro, léto, podzim 2017 a zimu 2016/2017 strojovny západ**

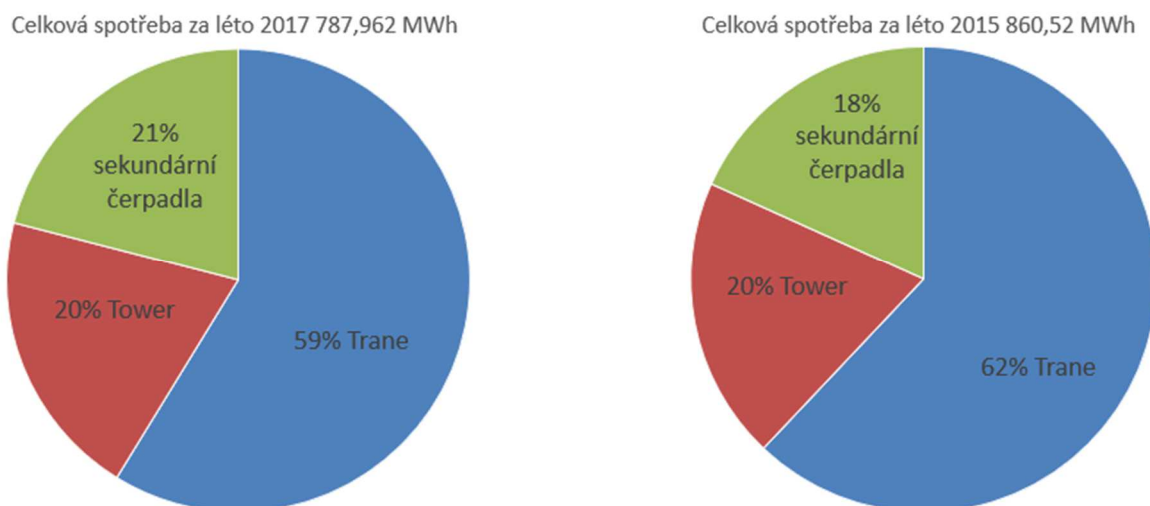


Stejně jako ve strojovně západ, můžeme vidět v grafu číslo 23 porovnání spotřeb elektrické energie za čtyři čtvrtletí roku 2017 a zimy 2016/2017. Jedná se o dvě přechodová období, léto a zimu. Při porovnání jednotlivých období strojovny západ a strojovny východ, vidíme, že rozložení spotřeb energie pro strojní chlazení, chladicí věže i oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody je přibližně stejné. Ze spotřeb energie je vidět, že strojovna západ má daleko větší spotřebu elektrické energie než strojovna východ.



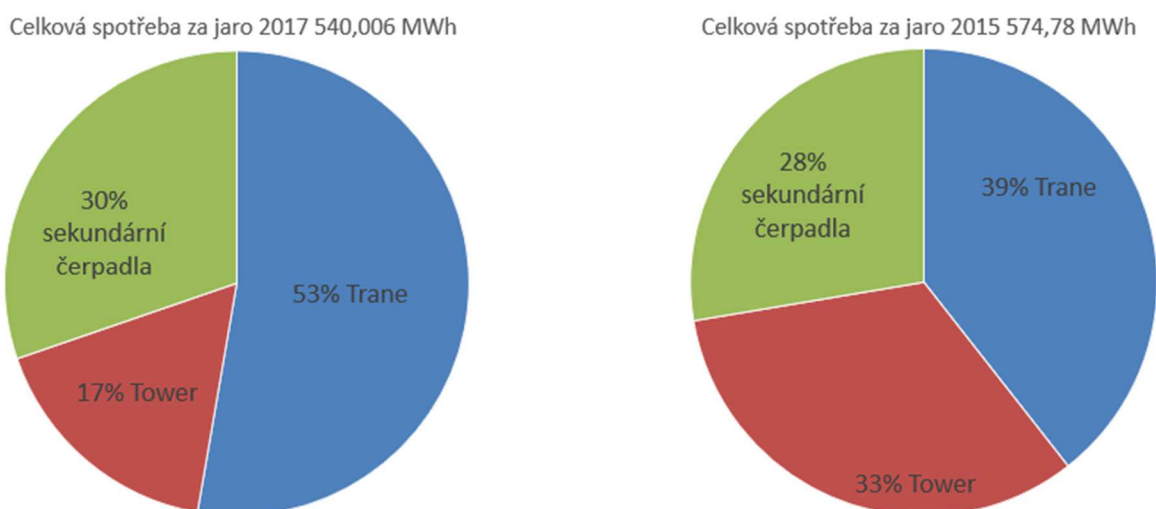
**Graf 23 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro, léto, podzim 2017 a zimu 2016/2017 strojovny východ**

Ve strojovnách během léta a jara 2015 i 2017 nedošlo k výpadkům měření, a proto bylo možné porovnat tyto dvě letní období, viz graf 24 a 25. Z celkových spotřeb je vidět, že léto 2015 bylo teplejší a byli vyšší nároky na chlazení jednotkami Trane o 3 % z celkové spotřeby než v létě 2017. Grafy jsou vytvořeny z celkových spotřeb energie obou strojoven.



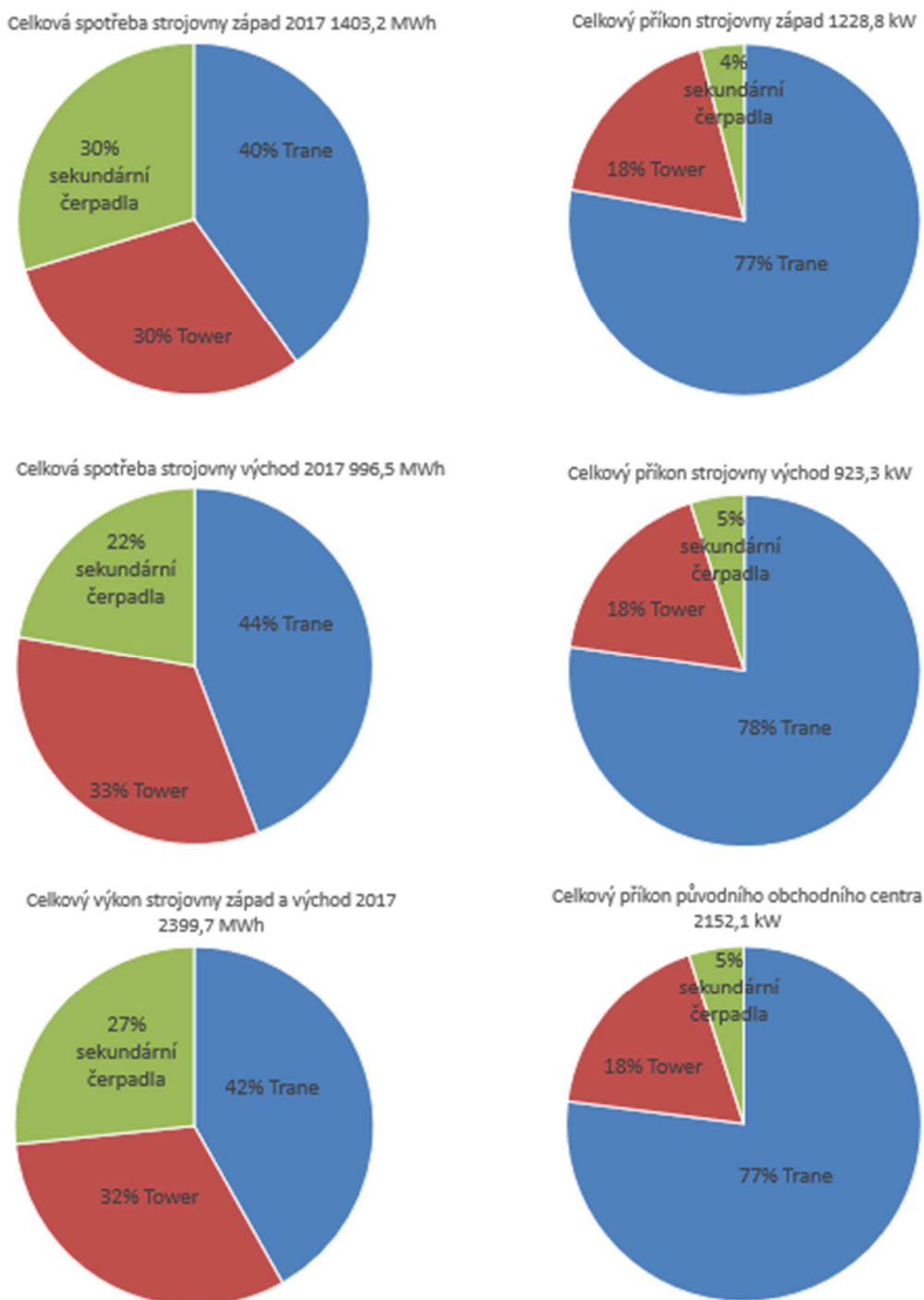
**Graf 24 Porovnání spotřeb elektrické energie za léto 2015 a léto 2017**

Při porovnání spotřeb elektrické energie obou strojoven za rok 2015 a 2017, vidíme, že na jaře v roce 2017 měli jednoty Trane větší spotřebu o 14 % z celkové spotřeby.



**Graf 25 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro 2015 a jaro 2017**

V grafu číslo 26 můžeme vidět zajímavé porovnání mezi příkonem a spotřebou elektrické energie. Návrhový příkon čerpadel je zastoupen cca. v 5 % z celkového příkonu jednotlivých strojoven. V reálném provozu je spotřeba elektrické energie od sekundárních čerpadel daleko vyšší, což je dáno především tím, že jsou čerpadla v provozu 24 hodin denně. Z toho vyplývá, že vypínáním čerpadel v době, kdy je obchodní centrum zavřené, je možné ušetřit velké množství energie.



**Graf 26 Porovnání spotřeby a příkonů strojovny západ a východ**

## 9 Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval analýzou a spotřebou energie obchodního centra Chodov a možných návrhů úspor. Vyhodnotil jsem naměřená data, která jsem získal od AB Facility a.s.

V první části této práce, tedy v teoretické části jsem se zabýval popisem větracích a klimatizačních zařízení a historií klimatizace, dále jsem popisoval zdroje chladu pro klimatizační zařízení, chladicí věže, systém freecooling, měření spotřeby energie a chladicí faktory zdrojů chladu.

V druhé části jsem se věnoval popisem obchodního centra Chodov, popisem strojoven původní části centra Chodov, strojoven východ a západ a popisem strojovny v nedávné době nově přistavěném objektu D. Popis obchodního centra jsem zpracoval pomocí technické zprávy, výkresové dokumentace a prohlídce zázemí a strojoven v obchodním centru Chodov. Naměřené spotřeby energie jsem získal jen ze strojovny západ a východ, takže spotřeby energie nové strojovny zpracovány nejsou.

Pro zajímavost jsem v práci vyhodnotil spotřeby elektrické energie zařízení vzt a porovnal se spotřebou energie zdrojů chladu. Vzduchotechnika spotřebovala z celkové spotřeby 54 % a zdroje chladu 46 %.

Analýzu a vyhodnocení spotřeb energie pro zdroje chladu jsem zpracoval do čtyř kapitol za čtyři různá období. Z naměřených a vyhodnocených dat za rok 2017, lze říci, že systém freecooling je využíván v zimním období od poloviny listopadu do začátku března a pokud je výkon nedostačující, tak se voda dochlazuje pomocí strojního chlazení. Naopak strojní chlazení je nejvíce využíváno v letních měsících od poloviny května do začátku září. V přechodovém období bývá v provozu pouze jedna jednotka Trane. V době ranního náběhu pracuje jednotka na plný výkon a po zbytek dne pouze na částečný výkon. Zdroj chladu, příslušná chladicí věž a primární čerpadla mají stejný provoz. Sekundární čerpadlo rozvodu chladné vody jsou v provozu nepřetržitě po celý rok. Vypínáním sekundárních čerpadel mimo otevírací dobu by bylo možné ušetřit velké množství energie. Při porovnání spotřeb energie za zimu 2017 (524 MWh) a léta 2017 (778 MWh), lze říci, že v letních měsících jsou spotřeby energie cca o polovinu větší než v obdobím zimním. Dále jsem data shrnul do přehledné tabulky a pomocí koláčových grafů porovnal spotřeby energie za jaro, léto, podzim a zimu 2017 strojovny západ a východ. V koláčových grafech jsem také udělal porovnání spotřeb energie z léta a jara 2015

s létem a jarem 2017. Z tohoto porovnání můžu říci, že na jaře a v létě 2015 byla větší spotřeba energie než na jaře a v létě 2017. Z koláčových grafů za jednotlivá období je také dobře vidět, kdy bylo více využíváno strojní chlazení a kdy volné chlazení freecooling. Zajímavé porovnání je mezi skutečnou spotřebou a příkonem jednotlivých strojoven a porovnání skutečné celkové spotřeby a příkonem obou strojoven. Příkon čerpadel je v celkových příkonech strojoven zastoupen cca. v 5 %, ale ve spotřebě elektrické energie už je to až cca. 27 %. Příkon jednotek Trane je v celkových příkonech strojoven zastoupen cca. v 77 % a ve spotřebě elektrické energie 42 %. Příkon chladících věží je v celkových příkonech strojoven zastoupen cca v 18 % a ve spotřebě elektrické energie 32 %.

## Seznam použité literatury

- [1] **Zmrhal, Vladimír.** Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. *tzbinfo*. [Online] 30. 1 2012. [Citace: 12. 6 2018.] <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>.
- [2] **Zmrhal, Vladimír a Petlach, Jiří.** Systémy větrání obytných budov. *tzbinfo*. [Online] ČVUT, 17. 10 2011. [Citace: 12. 6 2018.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>.
- [3] **Drkal, František.** K vývoji klimatizace (I). *tzbinfo*. [Online] ČVUT, 6. 6 2005. [Citace: 12. 6 2018.] <https://www.tzb-info.cz/2547-k-vyvoji-klimatizace-i>.
- [4] HISTORIE KLIMATIZACE. *blueteam*. [Online] [Citace: 12. 6 2018.] <http://www.blueteam.cz/klimatizace-a-chlazení/historie-klimatizace.html>.
- [5] Historie klimatizace. *TopRklima*. [Online] [Citace: 12. 6 2018.] <http://www.toprklima.cz/historie-klimatizace/>.
- [6] **Drkal, František; Lain, Miloš; Schwarzer, Jan; Zmrhal, Vladimír.** *Klimatizace a průmyslová vzduchotechnika*. Praha : Evropský sociální fond, 2009.
- [7] **Hirš, Jiří; Günter, Gebauer; Rubinová, Olga.** *TZB-Vzduchotechnika*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2005.
- [8] **Zmrhal, Vladimír.** Sálavé chladicí systémy (I). *tzbinfo*. [Online] ČVUT, 1. 5 2005. [Citace: 12. 6 2018.] <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/3251-salave-chladici-systemy-i>.
- [9] **Baroň, Roman.** *Principy chlazení, chladicí zařízení v průmyslu*. [Bakalářská práce] Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2012.
- [10] **Drkal, František a Zmrhal, Vladimír.** *Větrání*. Praha : nakladatelství ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05181-8.
- [11] Chladicí zařízení. *Referáty-seminárky*. [Online] 20. 8 2008. [Citace: 12. 6 2018.] <http://referaty-seminarky.cz/chladici-zarizeni/>.
- [12] *Článek z ASHRAE 2012 Handbook-HVAC Systems and Equipment (SI)*. Ashrae. Kapitola 38 Compresory, 2015.
- [13] **David, Petr.** Kompresory pro tepelná čerpadla. *tzbinfo*. [Online] AC Heating-tepelná čerpadla s invertorem, 26. 11 2015. [Citace: 12. 6 2018.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>.
- [14] **Lain, Miloš a Vavříčka, Roman.** *Kontrola klimatizačních systémů, Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie*. Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2014. ISBN-978-80-02-02576-4.
- [15] Otevřené chladicí věže. *Chladici veze*. [Online] Sokra s.r.o. [Citace: 12. 6 2018.] <http://www.chladiciveze.com/veze2013/box1.php>.

- [16] Uzavřené chladicí věže. *Chladicí veže*. [Online] Sokra s.r.o. [Citace: 12. 6 2018.] <http://www.chladiciveze.com/veze2013/box2.php>.
- [17] Co je to vlastně Free cooling? *tzbinfo*. [Online] CIATIK TRADE s.r.o., 9. 7 2012. [Citace: 12. 6 2018.] <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8799-co-je-to-vlastne-free-cooling>.
- [18] Free cooling. *ciat*. [Online] CIATIK TRADE s.r.o. [Citace: 12. 6 2018.] <http://www.ciat.cz/chillery/free-cooling>.
- [19] **Uhlíř, Martin**. Freecooling pro chlazení kapalin. *energoekonom*. [Online] [Citace: 12. 6 2018.]
- [20] **Lain, Miloš**. Kontroly klimatizačních zařízení. *tzbinfo*. [Online] 17. 9 2012. [Citace: 12. 6 2018.] <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/9048-kontroly-klimatizacnich-zarizeni>.
- [21] Elektroměry historie a současnost. [Online] PREměření a.s. [Citace: 12. 6 2018.] <https://www.premereni.cz/Files/dulezite-informace/ke-stazeni/tiskoviny-ke-stazeni/elektromery-historie-a-soucasnost/>.
- [22] **Orlíková, Soňa**. Měření průtoku tekutin - principy průtokoměrů. *tzbinfo*. [Online] Ústav automatizace, měření a kybernetiky VUT Brno, 4. 2 2008. [Citace: 12. 6 2018.] <https://voda.tzb-info.cz/teorie-voda-kanalizace/4624-mereni-prutoku-tekutin-principy-prutokomeru>.
- [23] **Kadlec, Karel**. *Měření množství tepla*. [časopis Automa] Praha : Ústav fyziky a měřicí techniky VŠCHT, 2016.
- [24] **Lain, Miloš**. Celkové chladicí faktory klimatizačních systémů a jejich zlepšování. *tzbinfo*. [Online] 9. 7 2012. [Citace: 12. 6 2018.] <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8797-celkove-chladici-faktory-klimatizacnich-systemu-a-jejich-zlepsovani>.
- [25] *Technická zpráva-chlazení-OC Chodov*. Praha : Helika a.s.
- [26] *Technická zpráva-ventilace-OC Chodov*. Praha : Helika a.s.
- [27] Centrum Chodov. *centrumchodov*. [Online] [Citace: 12. 6 2018.] <https://www.centrumchodov.cz/centre>.
- [28] **Aust, Ondřej**. Přestavěné centrum Chodov. *retailek.mediar*. [Online] 10. 7 2017. [Citace: 12. 6 2018.] <https://retailek.mediar.cz/2017/07/10/centrum-chodov-otevre-novou-cast-11-rijna-vcetne-nejvetsiho-cinema-city/>.
- [29] **Karnas, Daniel**. *Spotřeba energie pro chlazení obchodního centra*. Praha : ČVUT, 2016.
- [30] Štítky. *uspornespotrebice*. [Online] Topten.eu a SEVEn, 2017. [Citace: 12. 6 2018.] <http://www.uspornespotrebice.cz/energeticke-stitky/energeticke-stitky-klimatizace/>.
- [31] **Urban, Milan**. *Čpavková chladicí zařízení v potravinářském průmyslu*. Praha, 1 vyd : Státní nakladatelství technické literatury, 1956. ISBN L18-B2-3-I.

## **Seznam obrázků**

- Obr. 1 Schéma vzduchového systému
- Obr. 2 Schéma kombinovaného systému
- Obr. 3 Sdílení tepla v prostoru chladícím stropem
- Obr. 4 Systém split
- Obr. 5 Systém multisplit
- Obr. 6 Systém VRF
- Obr. 7 Systém VRF-R
- Obr. 8 Technologické schéma kompresorového chlazení
- Obr. 9 Spirálový kompresor
- Obr. 10 Dvojitý rotační kompresor
- Obr. 11 Otevřená chladicí věž a uzavřená chladicí věž
- Obr. 12 Přímý freecooling chladičem
- Obr. 13 Freecooling vestavěný do jednotky
- Obr. 14 Oddělený freecooling
- Obr. 15 Energetický štítek klimatizačních jednotek
- Obr. 16 Obchodní centrum Chodov (nový objekt D)
- Obr. 17 Chladicí věž DESCA REF-C-140
- Obr. 18 Chladicí vodní jednotky
- Obr. 19 Schéma strojovny východ
- Obr. 20 Schéma strojovny západ
- Obr. 21 Chladicí jednotka TRANE CVGF800
- Obr. 22 Chladicí jednotka TRANE RTWD 270 HE
- Obr. 23 Schéma strojovny CHL +2TC01 objekt D



## Seznam grafů

Graf 1 Průběh množství naměřeného chladu kalorimetru FC1 a FC2 strojovny západ a východ

Graf 2 Spotřeba el. energie za první období

Graf 3 Spotřeba el. energie za druhé období zima 2016/2017

Graf 4 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2017 do 14. 1. 2017 strojovny západ

Graf 5 Spotřeba el. energie od 27. 1 2017 do 9. 2. 2017 strojovny východ

Graf 6 Spotřeba el. energie za třetí období léto 2017

Graf 7 Spotřeba el. energie od 14. 6. 2017 do 18. 6. 2017 strojovny západ

Graf 8 Spotřeba el. energie od 24. 7. 2017 do 7. 8. 2017 strojovny východ

Graf 9 Celkový příkon západ a východ

Graf 10 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane západ

Graf 11 Příkon oběhová čerpadla a chladící věže západ

Graf 12 Příkon oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody západ

Graf 13 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane východ

Graf 14 Příkon oběhová čerpadla a chladící věže východ

Graf 15 Příkon oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody východ

Graf 16 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane, příkon oběhová čerpadla a chladící věže, příkon oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody

Graf 17 Průběh průměrných hodnot teplot venkovního vzduchu a příkon obou strojoven chlazení za rok 2017

Graf 18 Celkové porovnání spotřeb elektrické energie VZT a zdrojů chladu původního Obchodního centra

Graf 19 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro, léto, podzim a zimu (leden, únor) 2017

Graf 20 Příkon ventilátorů VZT č.1-č.8

Graf 21 Příkon ventilátorů VZT č.9-č.15

Graf 22 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro, léto, podzim 2017 a zimu 2016/2017 strojovny západ

Graf 23 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro, léto, podzim 2017 a zimu 2016/2017

Graf 24 Porovnání spotřeb elektrické energie za léto 2015 a léto 2017

Graf 25 Porovnání spotřeb elektrické energie za jaro 2015 a léto 2017

Graf 26 Porovnání spotřeby a příkonů strojovny západ a východ

## **Seznam tabulek**

Tab. 1 Parametry pro vyhodnocení ESEER

Tab. 2 Parametry vnějšího prostředí

Tab. 3 Parametry vnitřního prostředí

Tab. 4 Spotřeby tepla

Tab. 5 Spotřeby elektrické energie za první období

Tab. 6 Spotřeby elektrické energie za druhé období

Tab. 7 Spotřeby elektrické energie za třetí období

Tab. 8 Celková spotřeba v %

Tab. 9 Spotřeby elektrické energie chlazení

Tab. 10 Spotřeby elektrické energie VZT

Tab. 11 Průměrné měsíční teploty

Tab. 12 Spotřeby elektrické energie VZT souhrn

Tab. 13 Měsíční spotřeby elektrické energie strojovny západ a východ

## Seznam příloh

### Příloha č. 1

#### Technická data CHJ TRANE RTHD E3 G3 G3 (30 % glykol):

Chladicí výkon	... 1417 kW (při 6/12, 32/26 °C a $t_e=32$ °C)
COP	... 5,74 (poměr chl. výkonu a el. příkonu)
Průtok chl. vody výparníkem	... 56 l/s = 201,6 m <sup>3</sup> /h
Tlaková ztráta výparníku	... 40 kPa
Průtok vody kondenzátorem	... 73 l/s = 262,8 m <sup>3</sup> /h
Tlaková ztráta kondenzátoru	... 32 kPa

#### *El. data:*

El. příkon kompresoru	... 246,9 kW
Startovací proud	... 750 A
Max. provozní proud	... 490 A

#### *Hmotnosti a rozměry:*

Přepravní hmotnost	... 8914 kg
Provozní hmotnost	... 9882 kg
Rozměry: l x š x v	= 3886 x 1780 x 2032 mm

#### Technická data CHJ TRANE RTHD E3 G3 G3 (voda):

Chladicí výkon	... 1470,4 kW (při 6/12, 31,8/25,8 °C a $t_e=32$ °C)
COP	... 6,48 (poměr chl. výkonu a el. příkonu)
Průtok chl. vody výparníkem	... 58 l/s = 208,8 m <sup>3</sup> /h
Tlaková ztráta výparníku	... 43 kPa
Průtok vody kondenzátorem	... 67 l/s = 241,2 m <sup>3</sup> /h
Tlaková ztráta kondenzátoru	... 26 kPa

#### *El. data:*

El. příkon kompresoru	... 227 kW
Startovací proud	... 750 A
Max. provozní proud	... 490 A

#### *Hmotnosti a rozměry:*

Přepravní hmotnost	... 8914 kg
Provozní hmotnost	... 9882 kg
Rozměry: l x š x v	= 3886 x 1780 x 2032 mm

## Příloha č. 2

### Technická data CHV DECSA REF-C-140:

Chladicí výkon	... <b>1664 kW</b> (při 6/12, 35/29 °C a $t_e=32$ °C)
Chladicí médium	... Pecasol
Průtok ETG věží	... 72,8 l/s = 262 m <sup>3</sup> /h
Tlaková ztráta výměníku věže	... 204 kPa

#### *El. data:*

El. příkon 2-ot. ventilátoru	... 45/11 kW
El. příkon vytápění vany věže	... 6 kW
El. příkon zkrápecího čerpadla	... 4 kW

#### *Hmotnosti a rozměry:*

Provozní hmotnost	... 2100 kg
Rozměry (vč. tlumičů hluku): l x š x v	= 5480 x 3880 x 5160 mm

### Technická data CHV DECSA TMR-225:

Chladicí výkon	... <b>1697 kW</b> (při 6/12, 31,8/25,8 °C a $t_e=32$ °C)
Chladicí médium	... voda
Průtok vody věží	... 67 l/s = 241,2 m <sup>3</sup> /h
Tlaková ztráta trysek	... 60 kPa

#### *El. data:*

El. příkon 2-ot. ventilátoru	... 45/11 kW
El. příkon vytápění vany věže	... 6 kW
El. příkon zkrápecího čerpadla	... 4 kW

#### *Hmotnosti a rozměry:*

Provozní hmotnost	... 840 kg
Rozměry (vč. tlumičů hluku): l x š x v	= 5480 x 3880 x 5160 mm

### Příloha č. 3

#### **Technická data TRANE RTWD 270 HE (30 % glykol + H<sub>2</sub>O):**

Vodní chladicí jednotka CHJ1, 2 šroub. Kompresory (2 chl. Okruhy), R134a 2x82 kg vodou (ETG 30 %) chlazený kondenzátor, v zimě ve funkci TČ pro ohřev vratné topné vody (systém ZZT), Letní provoz (jen CHJ):  $P_{\text{CHL}} = 945,1 \text{ kW}$  při 7/15 °C a 32/39 °C,  $P_{\text{EL}} = 223,3 \text{ kW}$ ,  $I_{\text{max}} = I_{\text{start}} = 421 \text{ A}$ , Zimní provoz (CHJ + TČ):  $P_{\text{CHL}}/P_{\text{TOP}} = 748/1042 \text{ kW}$  při 7/15 °C a 51/57 °C,  $P_{\text{EL}} = 293,9 \text{ kW}$ , hmotnost 4550/4800 kg, 3490 x 1341 x 2004 mm.

#### **Technická data TRANE CVGF 800 (30 % glykol + H<sub>2</sub>O):**

Vodní chladicí jednotka CHJ3, s turbokompresorem,  $P_{\text{CHL}} = 2785 \text{ kW}$  při 7/15 °C a 32/39 °C, chladivo R134a, 556 kg, vodou (ETG 30 %) chlazený kondenzátor,  $P_{\text{EL,PŘ}} = 504,2 \text{ kW}$ ,  $I_{\text{max}} = I_{\text{start}} = 852/1228 \text{ A}$ , hmotnost 14800/17200 kg

#### **Technická data suchý chladič LU-VE EHL1X 6296 N 18VENT EC FANS**

Suchý chladič sprchovaný vodou 4 bar,  $P_{\text{CHL}} = 1400 \text{ kW}$  při 39/32 °C,  $t_e = 35 \text{ °C}/35 \text{ \% rH}$ , náplň (ETG 30 %, spotřeba H<sub>2</sub>O 2960 l/h, 400 V,  $P_{\text{EL,PŘ}} = 11,7 \text{ kW}$ ,  $I/I_{\text{MAX}} = 17,5/43,2 \text{ A}$ ,  $P_{\text{akust.}} = 85 \text{ dB(A)} + 2 \text{ dB(A)}$  zkrápění, 13,43 x 2,39 x 2,5 m, hmotnost 4000 kg, (3400 kg Fe + 560 kg H<sub>2</sub>O), vč. Vlastní regulace a výkonu a ovládání sprchovacího systému, vč. Ovládání el. ventilů sprchování

## Příloha č. 4

## Legenda zařícení strojovny CHL +2TC01 objekt D

POZ.	N Á Z E V
MC1	Vodní chladicí jednotka CHJ1 TRANE RTWD 270 HE, 2 šroub. kompresory (2 chl. okruhy), R134a 2x82 kg vodou (ETG 30%) chlazený kondenzátor, v zimě ve fci TČ pro ohřev vratné topné vody (systém ZZT), Letní provoz (jen CHJ) : Pchl=945,1 kW při 7/15°C a 32/39°C, Pel=223,3 kW, lmax=Istart=421 A Zimní provoz (CHJ+TČ) : Pchl/Ptop=748/1042 kW při 7/15°C a 51/57°C, Pel=293,9 kW 4550/4800 kg, 3490x1341x2004 mm, frekvenční měniče
MC2	Zrušeno
MC3	Vodní chladicí jednotka CHJ3 TRANE CVGF 800 s turbokompresorem, Pchl=2785 kW při 7/15°C, 32/39°C, chladivo R134a, 556 kg, vodou (30% ETG) chlazený kond., Pel.př.=504,2 kW, lmax/Istart=852/1228 A, 14800/17200 kg
MC4-6	Suchý chladič LU-VE EHL1X 6296 N 18VENT EC FANS, sprchovaný vodou 4 bar, Pchl=1400 kW, při 39/32°C, te=35°C/35%rH, náplň: ETG 30%, spotřeba H2O 2960 l/h, 400 V, Pel.př.=11,7 kW, l/Imax=17,5/43,2 A Pakust.=85 dB(A)+2 dB(A) zkrápění, 13,43x2,39x2,5 m, m celk.=4000 kg (3405 kg Fe + 560 kg H2O) vč. vlastní regulace výkonu a ovládní sprchovacího systému, vč. ovládacích el. ventilů sprchování
MC7	Zařízení pro doplňování a jímání nemrznoucí kapaliny, 400 V, 0,55 kW, objem sběrných nádob 2x 1 m <sup>3</sup> , doplňování a odpouštění ETG řízeno externím MaR
MC8	Expanzní, doplňovací a odplyňovací zařízení Flamco Flamcomat D 20, 230 V, 1,8 kW, vlastní regulace, hlášení souhrnné poruchy do MaR, nádoba G 1600
MC9	Úpravna vody Q~11 m <sup>3</sup> /h (9 start + 2 m <sup>3</sup> /h výhled), časové a objemové řízení regenerace, vč. 2x UV lampy, 6x zásuvka 230 V, 10 A, příkon 3x30+5 W + 2x110 W UV lampy
MC10	Oběh. čerpadlo KSB Etaline 100-250/1104, 400 V, 11 kW, 22,8 A, 150 m <sup>3</sup> /h, h=18 m, ETG 30% provedení PumpDrive s FM, externí odběr dp (převodník tlaku) vč. kabel. propojení = dod. MaR ZCH
MC11	Zrušeno
MC12	Oběh. čerpadlo KSB Etabloc 200-150-315/3004, 400 V, 30 kW, 59,2 A, 440 m <sup>3</sup> /h, h=20 m, ETG 30% provedení PumpDrive s FM, externí odběr dp (převodník tlaku) vč. kabel. propojení = dod. MaR ZCH
MC13	Oběh. čerpadlo KSB Etaline 100-160/1502, 400 V, 15 kW, 29,4 A, 150 m <sup>3</sup> /h, h=26 m, H2O provedení PumpDrive s FM, externí odběr dp (převodník tlaku) vč. kabel. propojení = dod. MaR ZCH
MC14	Zrušeno
MC15	Oběh. čerpadlo KSB Etabloc 200-150-315/3004, 400 V, 30 kW, 59,2 A, 320 m <sup>3</sup> /h, h=25 m, H2O provedení PumpDrive s FM, externí odběr dp (převodník tlaku) vč. kabel. propojení = dod. MaR ZCH
MC17a,b	Posilovací čerpadlo KSB Movitec V 015/04, 400 V, 4 kW, 7,5 A, 12 m <sup>3</sup> /h, h=51 m, H2O, 1+1 out. záskok, prov. PumpDrive s FM, externí odběr dp (převodník tlaku) vč. kabel. propojení = dod. MaR ZCH
MC18	Oběh. čerpadlo KSB Etaline 65-160/552, 400 V, 5,5 kW, 10,5 A, 86 m <sup>3</sup> /h, h=15 m, H2O
MCH1,4	Měřič chladu ITRON FN20150, Qmin/max=6,5/650 m <sup>3</sup> /h, DN 150, výstelka TG/MG-chlazení, vč. modulu M-bus, teplotních čidel a jímek, 230 V, pulsní + proudový výstup, min. dt=1°C
MCH3	Měřič chladu ITRON FN20200, Qmin/max=11,5/1150 m <sup>3</sup> /h, DN 200, výstelka TG/MG-chlazení, vč. modulu M-bus, teplotních čidel a jímek, 230 V, pulsní + proudový výstup, min. dt=1°C
MPC1	Průtokoměr ITRON FN20150, Qmin/max=6,5/650 m <sup>3</sup> /h, DN 150, výstelka TG/MG-chlazení, vč. modulu M-bus, teplotních čidel a jímek, 230 V, pulsní + proudový výstup