

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**MONITOROVÁNÍ PROVOZU KLIMATIZAČNÍHO  
ZAŘÍZENÍ OBCHODNÍHO CENTRA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LUKÁŠ CHYTRÝ

č. 5-BS-2019



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Chytrý** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **458415**  
 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:

**Monitorování provozu klimatizačního zařízení obchodního centra**

Název bakalářské práce anglicky:

**Monitoring of a Shopping Centre Air-Conditioning System**

Pokyny pro vypracování:

Monitorování provozu klimatizačního zařízení obchodního centra. V rámci své bakalářské práce se zabývejte spotřebou energie na klimatizaci zadaného obchodního centra. Povedte identifikaci klimatizačního systému, sběr a analýzy naměřených dat, a doporučení na opatření snižující spotřebu energie.

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:

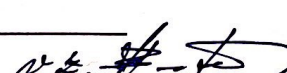
**Ing. Miloš Lain, Ph.D., ústav techniky prostředí FS**

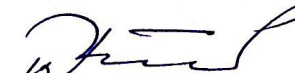
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **24.04.2019**Termín odevzdání bakalářské práce: **24.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce:

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

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


  
 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.

24. 4. 2019

Datum převzetí zadání

  
 Podpis studenta

## Souhrn

Bakalářská práce pojednává o monitorování energetického provozu obchodního centra Chodov, který se nachází na Praze 12. Teoretická část bakalářské práce je věnována popisem větracích a klimatizačních zařízení, zdroje chladu pro klimatizační zařízení, chladicí věže, systém freecooling, měření spotřeby energie, chladicí faktory zdrojů chladu a v neposlední řadě historií klimatizace.

Praktická část je zaměřena prve na představení obchodního centra Chodov a popis strojoven východ a západ a dále strojovny v nově vybudovaném objektu D. Cílem práce a hlavním obsahem praktické části je vyhodnocení spotřeby elektrické energie vzduchotechniky a zdrojů chladu za rok 2018.

## Summary

The bachelor thesis deals with the monitoring of the energy operation of the shopping center Chodov, which is located in Prague 12. The theoretical part of the bachelor thesis is devoted to the description of ventilation and air-conditioning equipment, sources of cooling for air-conditioning equipment, cooling towers, freecooling system, measurement of energy consumption, cooling factors of cold sources as well as the history of air conditioning.

The practical part is focused on the introduction of the shopping center Chodov and the description of the engine rooms east and west and the engine room in the newly built building D. The main content of the practical part is the evaluation of electricity consumption of air conditioning and cooling sources during the year 2018.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Monitorování provozu klimatizačního zařízení 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 24. 6. 2019

Lukáš Chytrý

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 a své přítelkyni za podporu během celého studia.

## Obsah

<b>1. Soupis použitého značení</b> .....	- 8 -
<b>2. Úvod</b> .....	- 9 -
<b>3. Zdroje chladu</b> .....	- 10 -
3.1. Kompresorové chlazení .....	- 10 -
3.2. Pístové kompresory .....	- 11 -
3.3. Spirálové kompresory ( <i>scroll</i> ) .....	- 12 -
3.4. Kompresor s rotujícím pístem .....	- 12 -
3.5. Kompresor šroubový .....	- 13 -
3.6. Turbokompresory .....	- 14 -
3.7. Chladiva .....	- 15 -
3.8. Chladicí věže.....	- 17 -
<b>4. Klimatizační systémy</b> .....	- 19 -
4.1. Rozdělení klimatizace.....	- 19 -
4.2. Vzduchové klimatizační systémy .....	- 20 -
4.3. Vodní klimatizační systémy .....	- 21 -
4.4. Kombinované klimatizační systémy.....	- 21 -
4.5. Chladivové klimatizační systémy .....	- 21 -
<b>5. Obchodní centrum Chodov</b> .....	- 23 -
5.1. Vnější parametry prostředí.....	- 24 -
5.2. Vnitřní parametry prostředí .....	- 24 -
<b>6. Vyhodnocení kalorimetrů</b> .....	- 25 -
6.1. Zpracování dat .....	- 25 -
<b>7. Vyhodnocení obdržených spotřeb energie</b> .....	- 27 -
7.1. Zpracování dat .....	- 27 -
7.2. Vyhodnocení naměřených hodnot za první období .....	- 28 -
7.3. Vyhodnocení naměřených hodnot za druhé období .....	- 30 -
7.4. Vyhodnocení naměřených hodnot za třetí období .....	- 33 -
<b>8. Analýza za celý rok 2018</b> .....	- 36 -
8.1. Chladicí faktory zdrojů chladu .....	- 44 -
8.2. Vyhodnocení průběhu teplot a příkonu strojoven.....	- 46 -
<b>9. Vyhodnocení spotřeb energie VZT</b> .....	- 48 -
<b>10. Souhrn spotřeb energie zdrojů chladu</b> .....	- 50 -
<b>11. Porovnání s rokem 2017</b> .....	- 54 -
<b>12. Závěr</b> .....	- 55 -

<b>13. Seznam použité literatury .....</b>	<b>- 57 -</b>
<b>14. Seznam obrázků .....</b>	<b>- 59 -</b>
<b>15. Seznam tabulek.....</b>	<b>- 59 -</b>
<b>16. Seznam grafů .....</b>	<b>- 60 -</b>

## 1. Soupis použitého značení

$EER$	chladičí faktor zdroje chladu [-]
$P_1$	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]
$Q_1$	chladičí výkon na výparníku [kW]
$Q_2$	zátěž odvedena z klimatizačního prostoru [kW]
$Q_c$	referenční potřeba na chlazení [kWh/rok]
$t_e$	venkovní teplota [°C]
$t_k$	teplota povrchu těla [°C]
$v$	rychlost proudění tekutiny [m/s]
$\rho$	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 vypařovací teplota [K]
$T_K$	Teplota kondenzační [K]



## 2. Úvod

Jedním z důležitých faktorů, který ovlivňuje provoz obchodního centra je klimatizace celého objektu. Díky klimatizaci a chladícím zařízením se budova stává příjemným prostředím pro zákazníky a normovaným prostředím pro práci zaměstnanců. Bez těchto zařízení by provoz centra nebyl možný. Z tohoto důvodu je praktická část zaměřena právě na vyhodnocení spotřeby energie klimatizace a zdroje chladu, které jsou v obchodním centru také největšími a hlavními odběrateli elektrické energie.

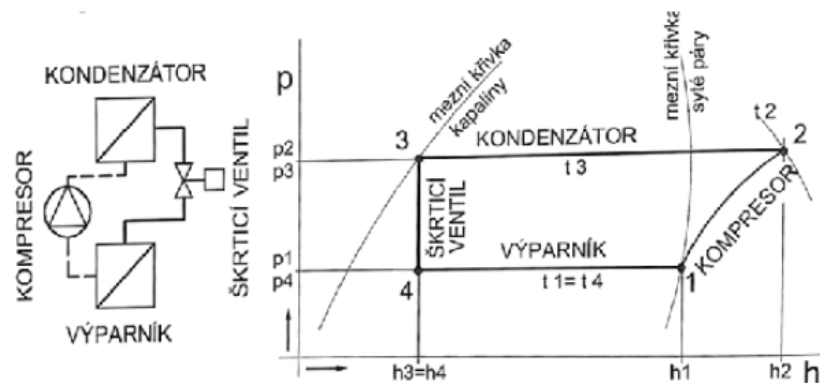
V teoretické části práce je detailně popsána historie klimatizací, charakteristika větracích a klimatizačních zařízení, zdroje chladu pro klimatizační zařízení a další fakta, které jsou základem pro praktickou část práce. V té je analyzován systém klimatizace původního obchodního centra i nově přistaveného objektu. Podkladem pro analýzu a identifikaci systému klimatizace je technická zpráva ventilace a chlazení poskytnuta vedoucím technického zabezpečení obchodního centra Chodov. Cílem práce je vyhodnocení získaných hodnot spotřeby energie chladících a klimatizačních zařízení v jednotlivých obdobích roku 2018, vyhodnocení spotřeby energie u ventilace a z měřičů tepla v roce 2018.

### 3. Zdroje chladu

V letním období je základní funkcí klimatizačního zařízení chlazení. Zdroje chladu můžeme rozdělit podle řady kritérií do několika skupin. Do první skupiny jsou zařazeny zařízení založená na oběhu chladiva (kompresorová, absorpční). Do druhé skupiny jsou zařazeny zařízení na principu termoelektrického chlazení (Peltierův článek). Další skupinou jsou alternativní způsoby chlazení, které používají chlad z okolního prostředí (zemní chlazení a noční chlazení anebo chlazení adiabatické). [1]

#### 3.1. Kompresorové chlazení

V dnešní době většina zdrojů chladu pro klimatizaci používá kompresorový oběh chladiva a je tak nejrozšířenějším systémem chlazení. Kompresorové chlazení se značně využívá ke strojnímu chlazení, jeho využití je v komunální sféře, tak i v domácnostech, a i v průmyslu. Většinou u kompresorového chladivového oběhu je v základním jednostupňovém zapojení (obr. 1). Proces spočívá v nasátí chladiva v plynném skupenství a následné kompresi na kondenzační tlak ( $p_2$ ), díky tomu dochází zároveň ke zvýšení teploty par ( $t_2$ ). Tyto stlačené páry jsou následně dopraveny do kondenzátoru, kde je jim chladicí tekutinou odebráno teplo a následným ochlazením kondenzují v kapalinu při konstantní teplotě a tlaku ( $t_3, p_3$ ). Kapalné chladivo dále pokračuje z kondenzátoru k expanznímu ventilu, kde dochází ke snížení tlaku (expanzi), a tím i snížení teploty chladiva, na takzvaný výparný tlak. Přes škrticí ventil chladivo pokračuje do výparníku, kde se při nízké teplotě ( $t_1$ ) a tlaku ( $p_1$ ) vypaří a odebere teplo chlazené tekutině. Celý cyklus se poté opakuje. [1] [2]



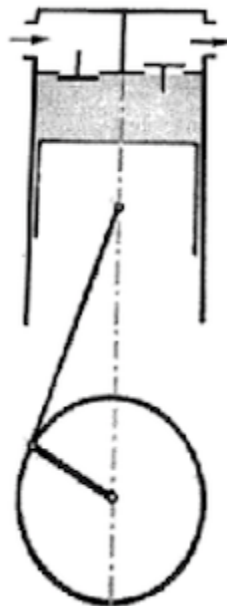
Obrázek 1 Schéma kompresorového chlazení v p-h diagramu [1]

Kompresorové chlazení můžeme dále rozdělit podle druhu kompresoru:

- S pístovým kompresorem
- Se spirálovým kompresorem (scroll)
- Kompresor s rotujícím pístem
- Se šroubovitým kompresorem
- S turbokompresory
- Rotační objemové

### 3.2. Pístové kompresory

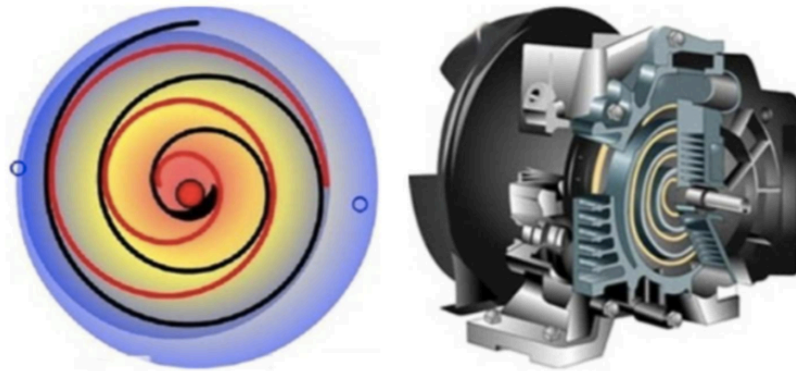
Pístové kompresory se v klimatizaci využívají hlavně u menších zařízení s maximálním výkonem stovek kW bez regulace průtoku chladiva. Nyní jsou pístové kompresory stále více nahrazovány rotačními kompresory. Vratný pohyb pístu, jež stlačuje chladivo zpravidla zajišťuje klikový mechanismus nebo excentr. Hlavní výhodou pístových kompresorů je osvojená výrobní technologie klikového mechanismu. [1] [4]



Obrázek 2 Schéma pístového kompresoru [1]

### 3.3. Spirálové kompresory (*scroll*)

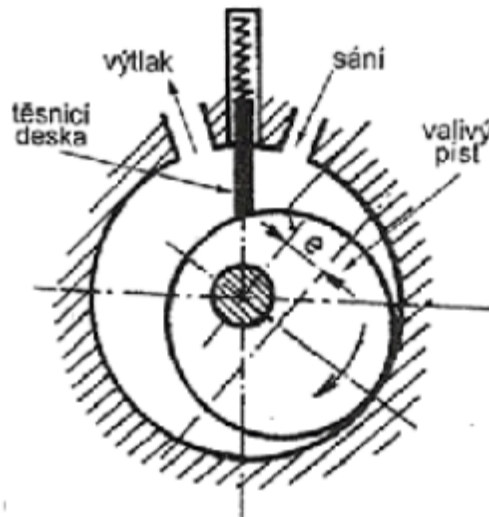
Kompresory typu scroll jsou technicky jednoduché, ale i přesto jsou složité na výrobu a musí se při ní využívat číslicově řízené stroje. Používají se především u menších zdrojů chladu s možnou regulací průtoku chladiva. Kompresor tvoří dvě spirály vložené do sebe. Jedna z nich je excentricky kroužící a druhá pevná. Poté dojde k nasátí chladiva a jeho následného stlačení směrem do středu. Díky tomu, že je chladivo stlačováno pouze jedním směrem (do středu), není u tohoto typu kompresoru uváděn škodlivý prostor, který snižuje u pístových kompresorů účinnost. Také malý počet pohyblivých dílů napomáhá k dlouhé životnosti a spolehlivosti. Hlavní nevýhodou kompresorů typu scroll je omezený výkon, proto při větším výkonu využíváme více těchto kompresorů. [6] [1] [4]



Obrázek 3 Spirálový kompresor [6]

### 3.4. Kompresor s rotujícím pístem

Tento typ kompresoru se používá především v malých klimatizačních jednotkách typu split. Princip fungování je znázorněn na obr. 4. Valivý píst tvaru válce se odvaluje po stěně pracovního válce a tím vytlačuje páry chladiva. Těsnící deska slouží k oddělení nízkého a vysokého tlaku. [1]



Obrázek 4 Schéma funkce kompresoru s rotujícím pístem [1]

### 3.5. Kompresor šroubový

Šroubové kompresory se využívají ve zdrojích chladu s vyššími výkony (kW až MW). Jejich malá velikost je dána vysokou obvodovou rychlostí rotorů (3x až 20x vyšší než u pístových kompresorů). Dělí se na jednorotorové a dvourotorové. Odvalováním šroubových těles vzniká prostor mezi šrouby a nasávají se páry chladiva. Poté se prostor uzavírá a tím je pára chladiva stlačována. Nevýhodou šroubových kompresorů je obtížnost mazacího systému. [1] [4]

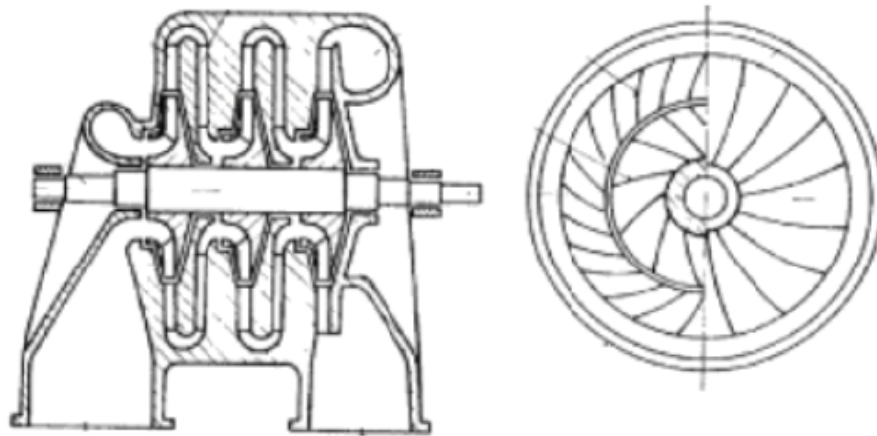


Obrázek 5 Šroubový kompresor [1]

### 3.6. Turbokompresory

Tento typ kompresorů pracuje na principu převodu kinetické energie, která je dodána plynu v turbokompresoru, na energii tlakovou. Často se v tomto typu kompresorů používají magnetická ložiska, aby se tím eliminovala potřeba oleje pro mazání kompresoru. Turbokompresory můžeme dělit podle proudění par na axiální, radiální a diagonální, nebo podle spojení s pohonem na polohermetické, ucpávkové a hermetické. Při pořízení jsou náklady sice vyšší, ale nezanedbatelnou výhodou je zvýšení chladicího faktoru při dílčím zatížení, ke kterému dochází až na pár dnů v roce velmi často. Nevýhodou může být naopak vysoká dolní hranice výkonosti.

Turbokompresory se používají ve zdrojích chladu velkých výkonů. Často se mimo techniku chlazení využívají i v metalurgii při výrobě železa, při transportu vzduchu do konvektorů, používají se i v dolech, plynárnách, nebo také při zpracování zemního plynu a ropy. [1] [4]



Obrázek 6 Radiální turbokompresor [7]

### 3.7. Chladiva

Obecně lze chladiva rozdělit podle původu na přírodní (voda, čpavek, oxid uhličitý), nebo na syntetická (halogenované uhlovodíky). Také můžeme chladiva dělit podle složek na jednosložková, nebo směsi. Směsi dále dělíme podle teplot při fázové změně na zeotropické (probíhá při daném rozpětí teploty), nebo na azeotropické (probíhá při konstantní teplotě a tlaku).

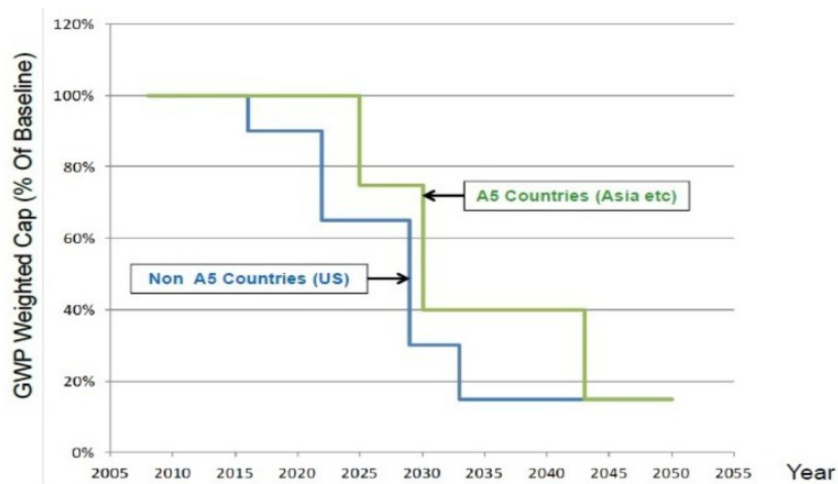
Dříve se převážně využívala chladiva na bázi halogenovaných uhlovodíků (CFC). Díky zvyšujícímu se důrazu na životní prostředí, a hlavně stále se zvětšující se ozónové vrstvě se od chlorovaných chladiv upouští a nyní je již zakázáno zařízení, která běží na tento typ chladiv servisovat, nebo vyrábět. Dopad na ozónovou vrstvu se hodnotí podle potenciálu rozkladu ozónu ODP, který musí být pro chladiva používaná v Evropské unii roven nule.

Dále se chladiva posuzují i podle potenciálu globálního oteplování Země GWP vztažený k CO<sub>2</sub> (běžně se udává v časovém horizontu 100 let). Nové nařízení Evropského parlamentu pod číslem 517/2014/ES stanovilo hranici GWP, která bude omezovat využívání chladiv s vyššími hodnotami GWP. Tato hranice byla stanovena na GWP = 2500 a to do roku 2020. Po tomto roce již nebude možné využívat chladiva s vyšším GWP než stanoveným a jsou tedy z dlouhodobého hlediska neperspektivní a hledá se za ně náhrada. *Popis oběhu, podle kterého chladivo cirkuluje v tepelném okruhu je již popsán o kapitole výše.* [1] [8] [9] [10]

Tabulka 1 Časová omezení uvádění na trh v EU pro výrobky a zařízení [9]

Výrobky a zařízení	Datum zákazu	
Chladicí a mrazicí zařízení pro domácnost s HFC s GWP 150 a vyšším	1. ledna 2015	
Chladicí a mrazicí zařízení pro komerční použití (hermeticky uzavřená)	s HFC s GWP 2500 a vyšším	1. ledna 2020
	s HFC s GWP 150 a vyšším	1. ledna 2022
Stacionární chladicí zařízení s GWP 2500 a vyšším, jehož provoz je na těchto plynech závislý s výjimkou zařízení určeného pro chlazení pod -50 °C	1. ledna 2020	
Sdružené centrální chladicí systémy pro komerční použití s výkonem vyšším než 40 kW a chladivem s GWP vyšším než 150, s výjimkou primárního okruhu kaskádních zařízení, kde je povoleno GWP do 1500	1. ledna 2022	
pokojevé klimatizační zařízení (pro přemístování mezi místnostmi), s chladivem s GWP 150 nebo vyšším	1. ledna 2020	
Dělené klimatizační jednotky s vnitřní jednotkou s náplní menší než 3 kg chladiva s GWP 750 a vyšším	1. ledna 2025	

Již i další země mimo Evropskou unii přijaly postup pro snižování množství chladiv (USA, Japonsko, Jižní Korea, ...). Postupné snižování množství chladiv je znázorněno na obr. 7. [10]



Obrázek 7 Snižování množství chladiv [10]

V dnešní době je neustále i po zákazu servisování zdrojů chladu s chladivem R22 v roce 2015 v provozu mnoho zdrojů chladu s tímto chladivem. Již nejsou nová zařízení pro tento typ vyráběny, ale některé firmy se před platností zákazu předzásobili, a proto budou zařízení s tímto typem ještě nějaký čas v provozu. [1]

Tabulka 2 Přehled chladiv pro klimatizační zařízení [1]

R22	CHClF <sub>2</sub>	jedno.	HCFC	0,05	1700	ne	slabě
R134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	jedno.	HFC	0	1300	ne	slabě
R404A	R125/143a/134a (44/52/4)	jedno.	HFC	0	3784	ne	slabě
R407C	R32/125/134a (23/25/52)	azeo.	HFC	0	1770	ne	slabě
R410A	R32/125 (50/50)	azeo.	HFC	0	2088	ne	slabě
R32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	jedno.	HFC	0	675	slabě	slabě
R290	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	jedno.	přír.	0	3	silně	slabě
HFO-1234ze		jedno.	HFC	0	1	slabě	slabě
R744	CO <sub>2</sub>	jedno.	přír.	0	1	ne	ne
R717	NH <sub>3</sub>	jedno.	přír.	0	0	slabě	ano



Z tabulky Tab. 2. jasně vidíme, že chladivo R22 je díky ODP 0,050 jako jediné chladivo s potenciálem rozkladu ozónu nyní nepřipustné. Stávající zdroje chladu hojně využívají chladiva typu R410A a R134a, která ale díky vysokému GWP budou nahrazeny jiným typem chladiva. Ideální by se mohlo zdát použití chladiva R744, které má velmi nízké GWP a také je nehořlavé, což je také podmínka při použití v určitých Zemích. Avšak chladivo R744 vyžaduje velmi vysoký tlak na kondenzátoru a díky tomu má vysokou spotřebu energie kompresoru a nízký chladicí faktor. Jako nejlepší volba do budoucna zatím vypadá HFO-1234ze a R32. Chladivo R404a se využívá především u transportního chlazení (chladicí/mrazicí boxy a ve vitrínách v supermarketech) a bude také ke svému vysokému GWP postupně nahrazeno za alternativy.

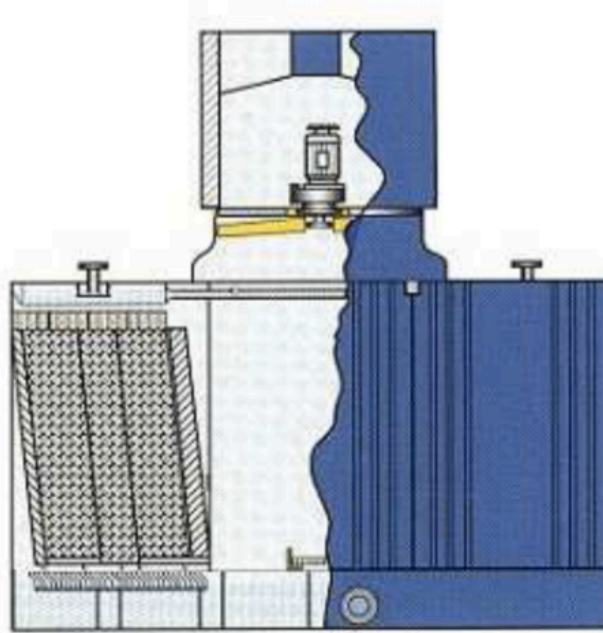
Dříve se využívala chladiva zcela halogenově uhlovodíková (CFC), poté se na pár let využívaly chladiva na bázi částečně halogenovaných uhlovodíků (HCFC) a v dnešní době se využívají fluorované uhlovodíky a jejich směsi. Nynější chladiva jsou již bezchlorová a nezpůsobují tím ztenčování ozónové vrstvy.

Do budoucna je z pohledu společnosti snaha o využívání co nejvíce ekologických chladiv, jako jsou např. vzduch, čpavek, voda, CO<sub>2</sub> a uhlovodíky R290 (*Propan*) či R600 (*butan*). Bohužel využití těchto chladiv je zatím spíše výjimkou než pravidlem, ale do budoucna by se díky Kjótského protokolu ohledně emisí skleníkových plynů měl vývoj dále držet tímto směrem ekologických chladiv. [1] [10] [15] [16]

### 3.8. Chladicí věže

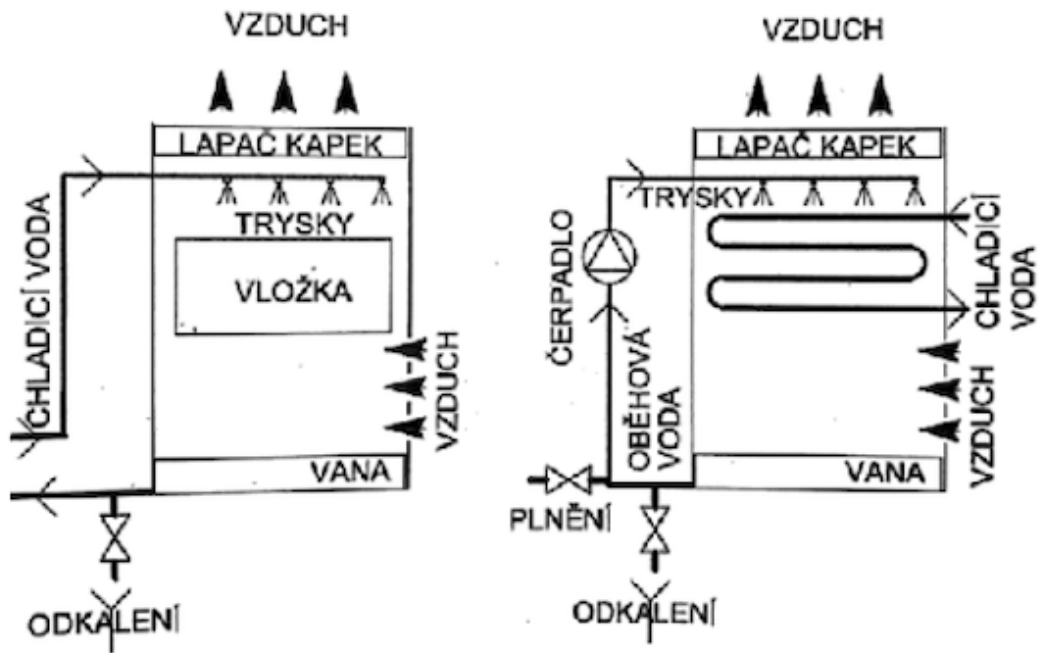
Chladicí věž využíváme k ochlazení vody kondenzátorového okruhu chladících zařízení s vodou chlazenými kondenzátory. V podstatě jsou chladicí věže směšovacími výměníky, kde používáme vodu jako ochlazovanou látku a vzduch jako chladicí médium. Při tomto typu chlazení ale dochází k velkým vodním ztrátám a kvůli odpařování a úletu kapalně fáze (unášení malých kapek vzduchem). Proto se k zachytu používají profilované lišty, které by měly ztráty omezit. Chladicí věže můžeme rozdělit podle způsobu tahu na věže s přirozeným tahem a věže s nuceným tahem, popřípadě jejich kombinace. U věží s přirozeným tahem aplikujeme pro proudění komínový efekt (proudění vzduchu způsobeno rozdílem teplot). U věží s nuceným tahem musíme pro

proudění vzduchu použít ventilátor. Tento typ chlazení vody je jedním z nejpoužívanějších řešení pro mnoho technických zařízení, převážně se toto řešení využívá u velkých budov, jako jsou např. obchodních center, výrobních hal, kanceláří apod.



Obrázek 8 Ventilátorová chladicí věž [11]

Dále můžeme chladicí věže dělit podle styku chladicí vody s okolní atmosférou na chladicí věže otevřené (dochází ke styku chladicí vody s atmosférou) a chladicí věže uzavřené (nedochází ke styku chladicí vody s atmosférou). U chladicí věže otevřené je voda rozstříkována a následně stéká do vany na spodu chladicí věže. Proti stékající vodě proudí vzduch, který svojí teplotou vodu ochlazuje. Poté je voda z vany odčerpána k zařízení. Chladicí věž uzavřená používá pro transport vody trubkový výměník, který je lokalizován v chladicí věži. Na ten je rozprašována voda, která je umístěna na ve vaně. A shodně jako u prvního případu věže přes výměník a rozprašovanou vodu proudí vzduch. [1] [2] [10] [11]



Obrázek 9 Schéma otevřené a uzavřené chladicí věže [1]

## 4. Klimatizační systémy

Klimatizace je proces úpravy teplého a vlhkostního stavu ovzduší, čistoty a proudění vzduchu do obytné, průmyslové budovy, technologické zázemí, prostředky dopravy. Změny v okolních podmínkách vyžadují automatické ovládání procesů klimatizace. Oproti větracímu systému, který zajišťuje pouze přívod čerstvého vzduchu, ale vzduch již nijak neupravuje, tak klimatizační systém upravuje teplotu, vlhkost apod... [1]

### 4.1. Rozdělení klimatizace

- 1) **Klimatizace komfortní** – úprava prostředí z pohledu hygienického (pro činnost lidského organismu). Zahrnuje klimatizaci pobytových a obytných prostor (byty, divadla, výstaviště, obchodní centra), ale i pro prostory pracovní (studovny, pracovny, administrativní budovy). [1] [4]

- 2) **Klimatizace technologická** – úprava ovzduší z pohledu technologických (pro funkci pracovních/výrobních) procesů, strojů, výrobních linek, mikrobiologických procesů. Dále můžeme dělit technologickou klimatizaci podle přítomnosti osob na *technologickou prostorovou klimatizaci* (technologie s přítomností osob), a na *klimatizaci procesní technologie* (technologie bez přítomnosti osob). [1] [4]

**Úplná klimatizace** – obsahuje všechny úpravy teplotního a vlhkostního stavu prostředí a čistoty vzduchu celoročně na dané hodnoty.

**Dílčí klimatizace** – používá se pouze k částečné úpravě parametrů (např. teploty chlazení). Dílčí klimatizaci ale můžeme kombinovat i s vytápěcími zařízeními. [1] [4]

### **Klimatizační systém**

Je soubor všech armatur pro úpravu vzduchu, šíření tepla, chladu, a vzduchu v prostoru. Soustavy obsahují filtraci, směšování, ohřev, chlazení, vlhčení, odvlhčování. Dělí se podle tekutiny přenášející chlad a teplo na systémy: vzduchové, vodní, kombinované a chladičové. Dále se dělí podle počtu místností, ve kterých klimatizační systém reguluje prostředí na systémy: jednozónové, vícezónové. Poslední dělení je podle stylu sdílení tepla na systémy: konvektivní, sálavé. [3] [4]

## 4.2. Vzduchové klimatizační systémy

V tomto systému je vzduch, který slouží pro přenos chladu/tepla rozváděn vzduchovodem. V klimatizované místnosti pak jsou na konci systému vyústky, např. anemostaty. Vzduch má bohužel malou tepelnou kapacitu, a proto musíme zajistit větší průtok vzduchu, což vede k velkým rozměrům potrubí a rychlejšímu proudění vzduchu. Vzduchové klimatizační systémy můžeme dělit podle rychlosti v potrubí na nízkotlaké (do 12 m/s) a vysokotlaké (cca 25 m/s). [3]

### 4.3. Vodní klimatizační systémy

U tohoto klimatizačního systému se používá k chlazení a vytápění voda. Buď se může jednat o tzv. fan-coily, kde se na dvoutrubkovou, třítrubkovou, nebo čtyřtrubkovou vodní soustavu jsou připojeny ventilátorové konvektory (fan-coily). Fan-coily se skládají z filtru, ohřívače, chladiče a ventilátoru. Fungují na principu přívodu ohřáté/studené vody do výměníku, kam ventilátor zároveň přivádí vzduch. Ten se ve výměníku ohřívá, nebo ochlazuje na požadovanou teplotu. Poté je ochlazený/ohřátý vzduch distribuován dále do místnosti. V případě chlazení, musíme počítat s kondenzátem a musí pro něj být připraveno potrubí pro odvod. Tento systém se hodí hlavně do prostorů s flexibilním provozováním, nejasnou tepelnou zátěží, neurčitým průtokem primárního vzduchu řízeného dle obsahu škodlivin (CO<sub>2</sub>).

Dalším druhem jsou chladicí stropy, kde je tepelná zátěž odváděna velkoplošnými vodou chlazenými panely. Tyto panely jsou většinou instalovány do podhledů, ale je i možnost umístění ve stropní konstrukci.

Tyto systémy využívá pouze oběhový, popřípadě větrací vzduch. Výhoda vodního klimatizačního systému jsou nízké náklady a provoz, avšak negativum je hlučnost konvektorů. [3] [17]

### 4.4. Kombinované klimatizační systémy

Přenos chladu a tepla zajišťuje voda a vzduch zároveň, ale mnohem větší podíl chladu přenáší voda. Čerstvý vzduch se z pravidla přiváděn pro zajištění hygienicky nezbytného množství. [3]

### 4.5. Chladivové klimatizační systémy

Nejdůležitější část chladivového systému je venkovní jednotka (většinou na střeše), popř. na fasádě (u systému split). Ta se skládá z kompresorového chladicího zařízení, výměníku tepla a ventilátoru. Další částí je vnitřní jednotka, která bývá umístěna v prostorech a obsahuje filtr, ventilátor, výměník tepla a výpustku. Chladivové systémy jsou jedny z nejnovější klimatizační systémů, počátek se datuje od 80.let minulého století. Dnešní systému již umožňují chladit a vytápět zároveň, což je hojně

využíváno např. u administrativních budov, kde mohou nastat vyšší rozdíly teplot mezi jednotlivými částmi budovy. [1] [3]

### **Split systém**

Jinak nazývaný dělený systém, kvůli rozdělení tepelného čerpadla na dvě části, a to vnější jednotku a vnitřní jednotku. Vnější jednotka obsahuje kompresor, výparník a ventilátor. Z vnější jednotky je dále horké chladivo vedeno do vnitřní části, kde se nachází tepelný výměník, oběhové čerpadlo a další regulace. Hlavní výhodou Split systému je odstranění veškerého hluku mimo budovu. Tento systém dokáže pracovat i na obrácený chod, tedy jako tepelné čerpadlo. [1] [3]

### **Multisplit systémy**

Tento systém je mnohdy označován jako VRV (Variable Refrigerant Volume) systém. V tomto systému je více vnitřních jednotek napojeno na jednu venkovní jednotku. Celý systém je v jednotlivých místnostech regulován přes škrťací ventily ve vnitřních jednotkách výměníků tepla. [1] [3]

## 5. Obchodní centrum Chodov

V Obchodním centru Chodov je přes 300 obchodů, což ho řadí jako největší obchodní centrum v Česku. Obchodní plocha činí 100 000 m<sup>2</sup>. Nachází se v Praze 4 ve stejnojmenné čtvrti Chodov. Obchodní centrum Chodov vlastní francouzská firma Unibail-Rodamco. Stavba byla dokončena roku 2005 a k dalšímu velkému rozšíření došlo až v roce 2017. Ročně navštíví OC Chodov přes 13 milionů návštěvníků. V letech 2020 až 2022 by mělo dojít k postupnému rozšíření směrem k chodovské poliklinice. V objektu se nachází 35 restaurací či kaváren a 258 prodejních obchodů. [12] [13]



Obrázek 10 Obchodní centrum Chodov [13]

## 5.1. Vnější parametry prostředí

Jednotlivá vybavení vzduchotechniky a klimatizace je navrženo pro tyto podmínky vnějšího prostředí:

Tabulka 3 Parametry vnějšího prostředí [14]

	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)

## 5.2. Vnitřní parametry prostředí

Jednotlivá vybavení vzduchotechniky a klimatizace je navrženo pro tyto podmínky vnitřního prostředí:

Tabulka 4 Parametry vnitřního prostředí [14]

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	
<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 prodejní plochy nebylo uděláno jedno univerzální řešení, ale je na každém prodejci, jak si podmínky nastaví.
- \*2) Parametry prostředí nejsou řízené

## 6. Vyhodnocení kalorimetrů

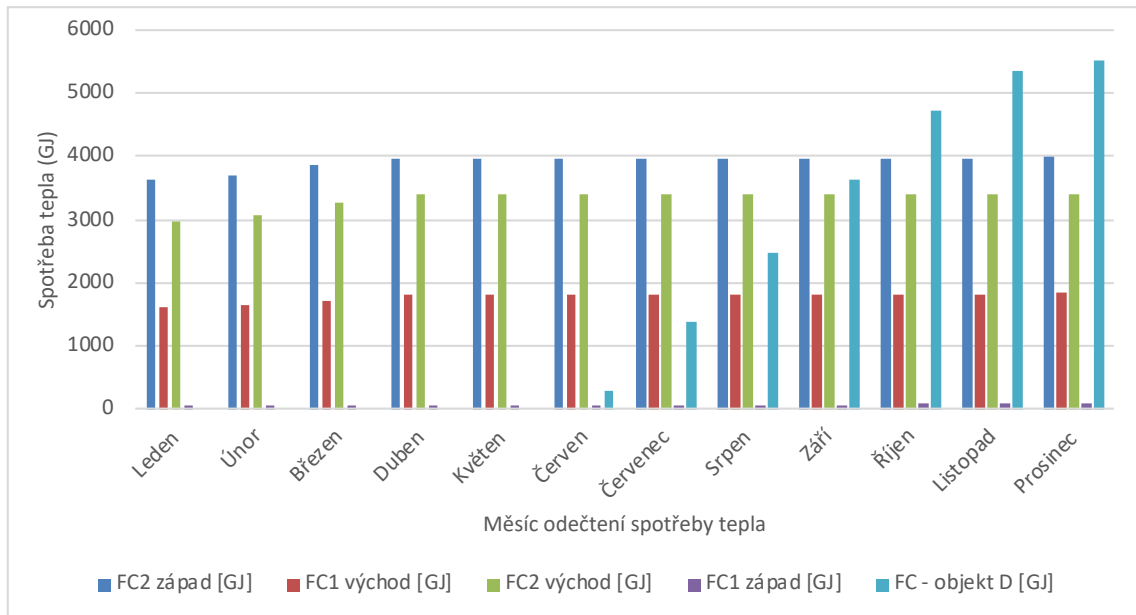
Hodnoty z kalorimetrů byly získány od společnosti AB Facility a.s., která je outsourcovanou společností, která má na starosti dohled a správu výroby chladu v obchodním centru Chodov. Monitoring výroby chladu byl proveden v termínu od 1. 1. 2017 do 1. 12. 2017. Hodnoty pro posouzení kalorimetrů se evidují do systému měření a regulace celoročně vždy první den v měsíci. Odečet z kalorimetrů byl proveden ve všech strojovnách, tzv. v původních strojovnách OC Chodov a strojovně objektu D. Pro volné chlazení jsou ve strojovnách zabudovány 4 kalorimetry, z toho 2 ve strojovně východ a 2 ve strojovně západ. Měřiče jsou umístěny na vodorovném potrubí mezi chladicí věží a deskovým výměníkem pro volné chlazení (freecooling). Každá strojovna má dva výměníky a dvě chladicí věže. Z hlediska funkce systému je umístění kalorimetrů vyhovující, skládají se z ultrazvukového průtokoměru dvou teploměrů v jímkách a vyhodnocovací jednotky CF51. Všechny kalorimetry jsou totožné.

### 6.1. Zpracování dat

Tabulka č. 5 nám zobrazuje vyhodnocená data z kalorimetrů FC1, FS2 a FC ve strojovnách východ, západ a v objektu D za rok 2017.

*Tabulka 5 Spotřeba 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]	FC - objekt D [GJ]
1.1.2017	3637,6	1623,8	2961,6	50,9	0
1.2.2017	3700,2	1648,1	3085,5	56,2	0
1.3.2017	3872,3	1698,6	3265	57,4	0
1.4.2017	3974,6	1811,2	3398,7	61,3	0
1.5.2017	3976,5	1811,2	3399	62,8	0
1.6.2017	3976,5	1811,2	3399,1	63,7	295,6
1.7.2017	3976,5	1811,2	3399,1	64,7	1364,1
1.8.2017	3976,5	1811,2	3399,2	65,5	2481,6
1.9.2017	3976,5	1811,2	3399,4	66,8	3618,1
1.10.2017	3976,5	1811,2	3399,5	68,4	4728,7
1.11.2017	3976,5	1811,2	3399,6	70,5	5353,1
1.12.2017	3998,9	1826,6	3415,9	73,3	5531,7



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

Na grafu 1 máme zobrazené množství naměřeného chladu na kalorimetrech FC1, FC2 a FC ve strojovnách západ, východ a v objektu D. Vynesené hodnoty v grafu byly vždy odečítány k 1. dni daného měsíce roku 2017. Z grafu můžeme jasně vidět najíždění strojovny v objektu D před jeho otevřením k datu 11. 10. 2017. Pokud bychom měli k dispozici hodnoty z dalšího roku, viděli bychom ustálení spotřeby tepla u strojovny D na hodnotě cca 5800 GJ.

## 7. Vyhodnocení obdržených spotřeb energie

Monitoring strojoven v obchodním centru Chodov byl prováděn v období 1. 1. 2018 až 31. 12. 2018. Data byla zaznamenávána s rozestupem jedné hodiny, a to po celý rok. Vše je automaticky zapisováno do souborů Excel, které nám poté poskytla firma AB Facility. Na rozdíl od minulých let, kdy byly data pouze ze strojovny východ a západ, tak tento rok jsme již obdrželi i data z nové strojovny objektu D a mohli jsme tím pádem všechny tři strojovny vzájemně porovnat. Nová část D obchodního centra Chodov byla otevřena dne 11. 10. 2017 a proto data z této strojovny před datem otevřením jsou zavádějící kvůli zkušebnímu provozu a neúplnému obsazení nové části.

### 7.1. Zpracování dat

Data od firmy AB Facility jsem získal v několika souborech Excel rozdělených podle jednotlivých kalorimetrů a elektroměrů. Jak již bylo zmíněno, data byla v rozestupu hodin, ale kromě nové budovy D byly data ve starých strojovnách ve skutečnosti zaznamenávány po intervalu dní. Hodinové hodnoty se totiž nijak nelišily a až na konci dne nastala skoková změna. Data bylo nutné potom ze souborů Excel vyfiltrovat podle příslušných zařízení převést na požadovaný formát. Např. data v kalorimetrů byla v jednotkách GJ, které bylo nutné převést pro další výpočet na kWh. Z výsledných spotřeb elektrické energie jsem vytvořil následující grafy.

## 7.2. Vyhodnocení naměřených hodnot za první období

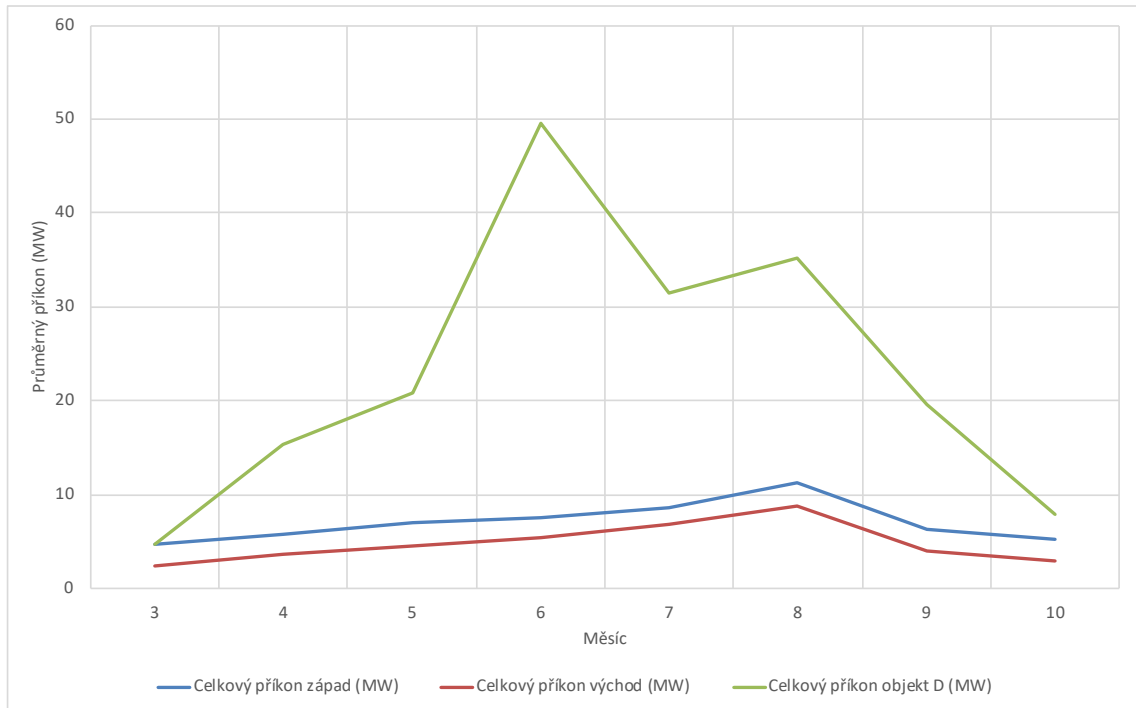
První období jsme zvolili 1. 3. 2018 až 31. 10. 2018. Celková spotřeba elektrické energie za strojovnu západ, východ i strojovnu v objektu D nám vyšla 6 708 MWh, přičemž z toho 66 % je spotřeba strojovny objektu D, 20 % náleží spotřebě strojovny západ a 14 % náleží spotřebě strojovny východ. Značná část spotřeby strojovny D může být zapříčiněna přesunutím jídelního centra do této části a rozsáhlostí nové části D.

Pokud bychom se detailně podívali na jednotlivá zařízení, tak vyčteme, že kompresory zdrojů chladu spotřebovaly dohromady 26 % z celkové spotřeby, dále oběhová čerpadla a chladicí věže spotřebovaly celkem 8 % z celkové spotřeby a nejvíce spotřebovaly oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody, celkem 66 %.

Tabulka 6 Spotřeby elektrické energie za období 1. 3. 2018 – 31. 10. 2018

Spotřeby chlazení ve sledovaném období od 1.3.2018 do 31.10.2018										
měsíc	3	4	5	6	7	8	9	10	Celkem	
jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	%
Trane č. 1 Západ	863	66554	29155	12261	107 616	126 367	78 672	66 687	488 175,0	7,3
Trane č. 2 Západ	71	57	69269	103112	38	18	1 225	56	173 846,0	2,6
Trane č. 3 Západ	16 821	3612	282	285	19 579	40 775	2 535	282	84 171,0	1,3
Trane č. 4 Západ	7 671	4762	463	281	432	6 262	6 100	285	26 256,0	0,4
Tower č. 1 západ	2	20244	10636	4013	34 782	39 133	24 474	21 135	154 417,9	2,3
Tower č. 2 západ	2	3	18895	26320	0	0	54	136	45 409,4	0,7
Tower č. 3 západ	29 917	2487	1	9	8 725	20 057	1 253	0	62 449,4	0,9
Tower č. 4 západ	27 417	5552	2349	427	99	3 070	2 662	25	41 600,0	0,6
Čerpadla západ	30 122	33132	35979	35146	36 378	36 624	34 978	35 147	277 504,8	4,1
Trane č. 1 Východ	0	10999	33151	84004	74 496	115 662	54 060	36 603	408 975,0	6,1
Trane č. 2 Východ	114	33471	31304	90	32 187	25 097	2 394	489	125 146,0	1,9
Trane č. 3 Východ	3 746	1110	16	53	6	0	0	0	4 931,0	0,1
Tower č. 1 východ	10	3761	11375	26516	22 788	37 697	18 795	13 086	134 026,6	2,0
Tower č. 2 východ	13 802	16328	15799	0	15 817	14 234	1 203	495	77 678,6	1,2
Tower č. 3 východ	23 519	2831	93	335	64	38	0	2	26 880,7	0,4
Čerpadla východ	18 286	17912	18539	18218	18 971	18 736	17 713	17 873	146 247,8	2,2
Trane objekt D	55 556	0	58 944	208 389	4 306	10 917	54 111	36 167	428 389	6,4
Čerpadla objekt D	56 667	366 806	441 139	980 500	751 000	835 333	417 750	152 333	4 001 528	59,7
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny objektu D</b>									<b>4 429 917</b>	<b>66</b>
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny západ:</b>									<b>1 353 830</b>	<b>20</b>
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny východ:</b>									<b>923 886</b>	<b>14</b>
<b>Celková spotřeba el. energie všech strojoven:</b>									<b>6 707 632</b>	<b>100</b>
<b>Celkem březen</b>									<b>284 585</b>	<b>4</b>
<b>Celkem duben</b>									<b>589 620</b>	<b>9</b>
<b>Celkem květen</b>									<b>777 388</b>	<b>12</b>
<b>Celkem červen</b>									<b>1 499 959</b>	<b>22</b>
<b>Celkem červenec</b>									<b>1 127 282</b>	<b>17</b>
<b>Celkem srpen</b>									<b>1 330 020</b>	<b>20</b>
<b>Celkem září</b>									<b>717 979</b>	<b>11</b>
<b>Celkem říjen</b>									<b>380 799</b>	<b>6</b>
<b>Celkem Trane</b>									<b>1 739 889</b>	<b>26</b>
<b>Celkem Tower</b>									<b>542 463</b>	<b>8</b>
<b>Celkem čerpadla</b>									<b>4 425 280</b>	<b>66</b>

Z tabulky vyčteme, že maximální odběr elektrické energie byl v měsíci červnu, ve kterém odběr dosahoval hodnoty 1 500 MWh, což představuje 22 % z celkové spotřeby energie za sledované období. Dále můžeme z tabulky vyčíst, že Trane č. 3 východ byl od května prakticky neaktivní.



Graf 2 Spotřeba elektrické energie za první období roku 2018

V grafu 2 jsou zaznamenány průměrné spotřeby jednotlivých strojoven za sledované období. Maximální elektrický příkon strojovny východ i západ byl v měsíci srpen, konkrétně strojovna západ dosahovala maximální hodnoty 11 MW a strojovna východ hodnoty 9 MW. Maximální elektrický příkon strojovny v objektu D byl na rozdíl od zbylých dvou strojoven v měsíci červen a dosahoval hodnoty 50 MW.

### 7.3. Vyhodnocení naměřených hodnot za druhé období

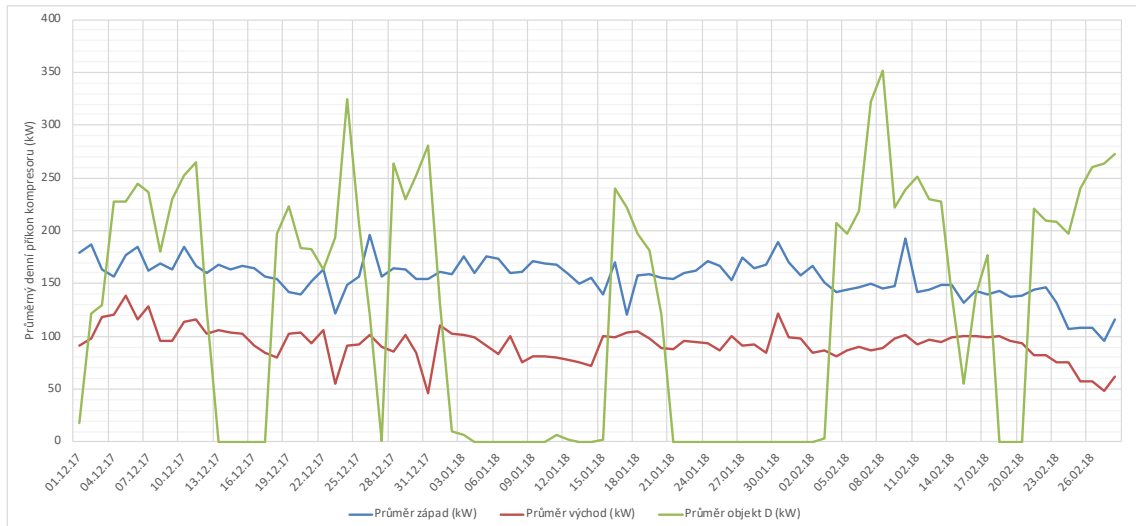
Za další období jsem zvolil období zimy, tedy konkrétně data od 1. 12. 2017, až do 28. 2. 2018. Celková spotřeba elektrické energie za strojovnu západ, východ i strojovnu v objektu D mi vyšla 639 MWh, přičemž z toho 16 % je spotřeba strojovny objektu D, 52,7 % náleží spotřebě strojovny západ a 31,5 % náleží spotřebě strojovny východ.

Pokud bychom se detailně podívali na jednotlivá zařízení, tak vyčteme, že kompresory zdrojů chladu spotřebovaly dohromady 24 % z celkové spotřeby, dále oběhová čerpadla a chladicí věže spotřebovaly celkem 51 % z celkové spotřeby elektrické energie, a nejvíce spotřebovaly oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody, celkem 25 %.

Tabulka 7 Spotřeby elektrické energie za období 1. 12. 2017 - 28. 2. 2018

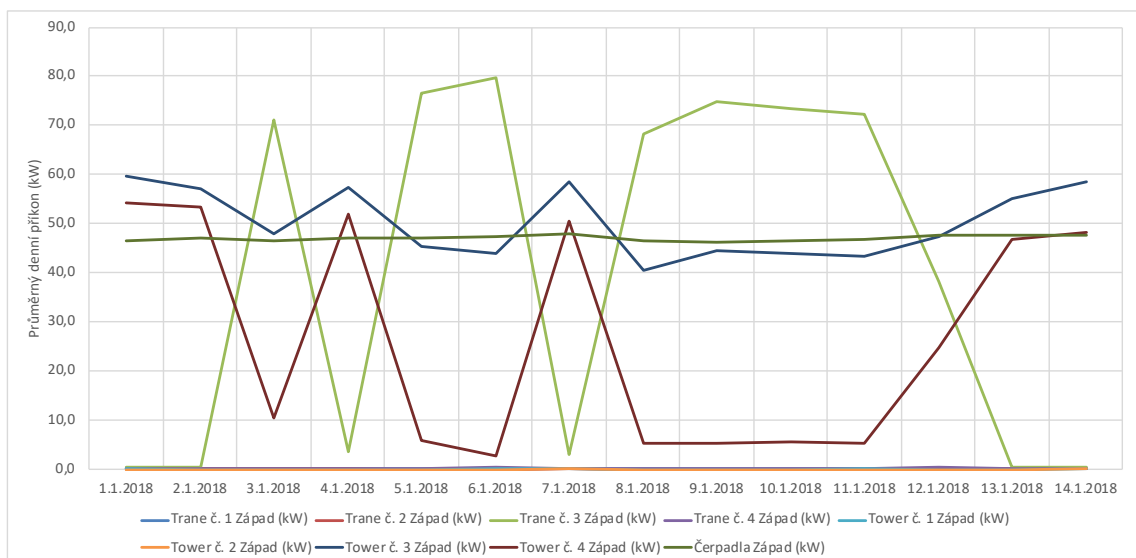
Spotřeby chlazení ve sledovaném období od 1.12.2017 do 28.2.2018					
měsíc	12	1	2	Celkem	
jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	%
Trane č. 1 Západ	0	0	1	1,0	0,0002
Trane č. 2 Západ	73	64	56	193,0	0,03
Trane č. 3 Západ	5 555	28 532	6 374	40 461,0	6,33
Trane č. 4 Západ	285	285	257	827,0	0,13
Tower č. 1 západ	2	3	2	7,1	0,001
Tower č. 2 západ	15	2	2	18,9	0,003
Tower č. 3 západ	41 524	36 990	32 405	110 918,4	17,35
Tower č. 4 západ	39 060	19 971	24 383	83 413,5	13,05
Čerpadla západ	34 605	34 654	31 916	101 174,5	15,83
Trane č. 1 Východ	0	0	0	0,0	0,00
Trane č. 2 Východ	1 083	13 514	3 351	17 948,0	2,81
Trane č. 3 Východ	0	0	0	0,0	0
Tower č. 1 východ	22	10	10	42,0	0,01
Tower č. 2 východ	28 552	21 442	21 532	71 525,3	11,19
Tower č. 3 východ	27 251	14 820	17 803	59 873,2	9,37
Čerpadla východ	18 054	17 958	16 219	52 230,8	8,17
Trane objekt D	0	65 889	29 333	95 222,2	14,90
Čerpadla objekt D	0	5 333	56	5 388,6	0,84
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny objektu D</b>				<b>100 611</b>	<b>16</b>
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny západ:</b>				<b>337 014,4</b>	<b>52,7</b>
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny východ:</b>				<b>201 619,3</b>	<b>31,5</b>
<b>Celková spotřeba el. energie všech strojoven:</b>				<b>639 244,5</b>	<b>100,0</b>
<b>Celkem prosinec</b>				<b>196 081</b>	<b>31</b>
<b>Celkem leden</b>				<b>259 466</b>	<b>41</b>
<b>Celkem únor</b>				<b>183 698</b>	<b>29</b>
<b>Celkem Trane</b>				<b>154 652</b>	<b>24</b>
<b>Celkem Tower</b>				<b>325 798</b>	<b>51</b>
<b>Celkem čerpadla</b>				<b>158 794</b>	<b>25</b>

Z tabulky vyčteme, že maximální odběr elektrické energie byl v měsíci lednu, ve kterém odběr dosoval hodnoty 259 MWh, což představuje 41 % z celkové spotřeby energie za sledované období. Dále můžeme z tabulky vyčíst, že Trane č. 1 východ a západ byly za celé sledované období neaktivní.



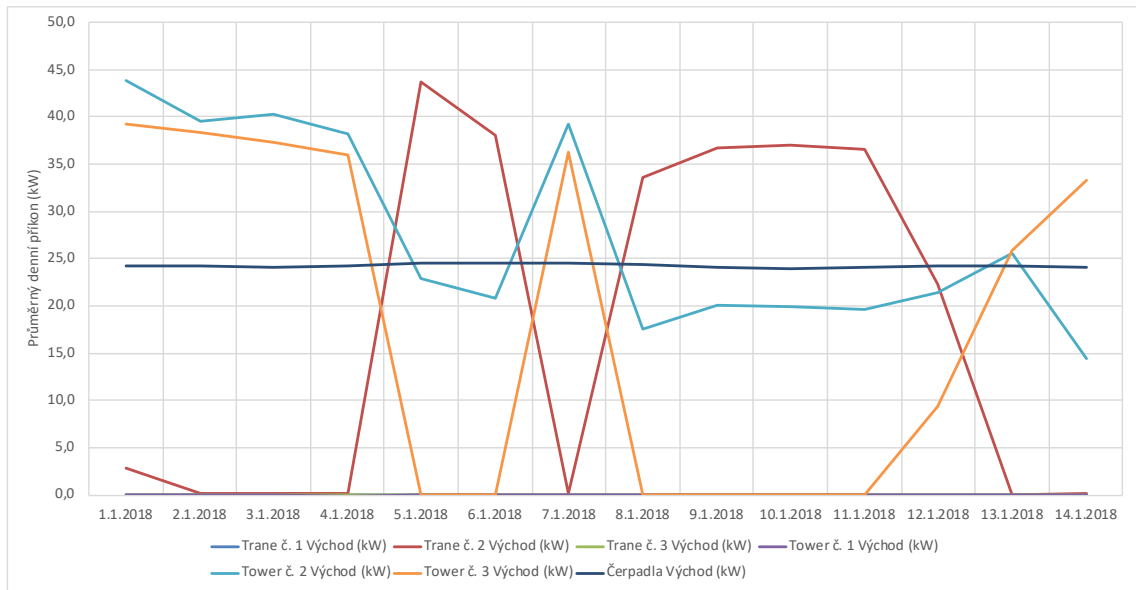
Graf 3 Spotřeba el. energie od 1. 12. 2017 do 27. 2. 2018 strojovny západ, východ a budovy D

Z grafu č. 3 můžeme vyčíst, že nejmenší elektrické příkony měla průměrně strojovna východ, která se pohybovala kolem 100 kW. Vyšších hodnot dosahovala strojovna západ, která měla průměrné elektrické příkony na hodnotě 160 kW.



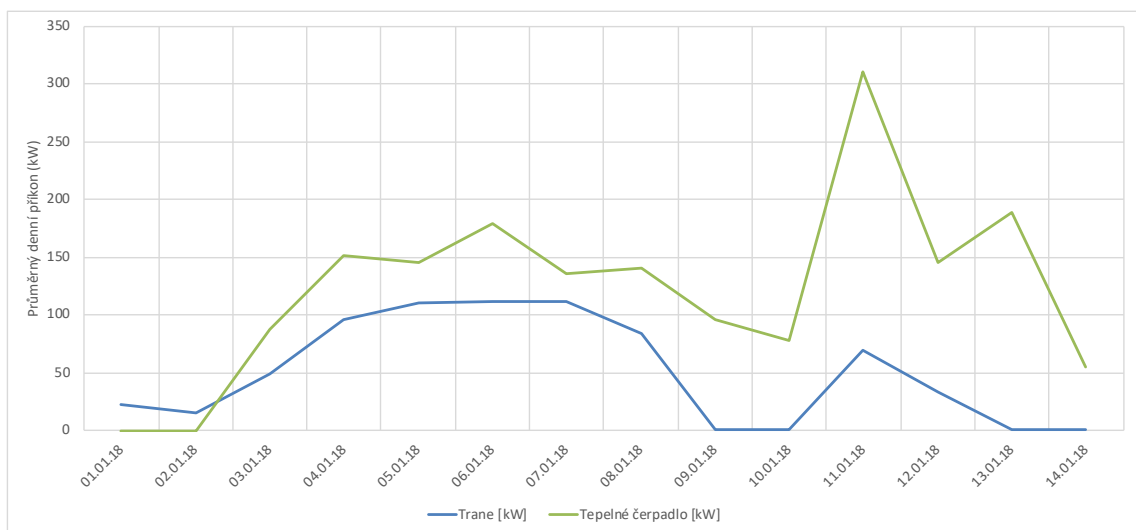
Graf 4 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2018 do 14. 1. 2018 strojovny západ

Na grafu č. 4 je jasně vidět, že trane č. 3 se doplňoval s trane č. 4. Dále běžela na konstantní příkon čerpadla sekundárního provozu a také byla v provozu chladicí věž č.4



Graf 5 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2018 do 14. 1. 2018 strojovny východ

Na grafu č. 5 můžeme opět vidět vzájemné doplňování chladicí věže č. 3 a trane č. 2. Tower č. 2 měla podobný průběh, jako Tower č. 3, ale nešla až na nulové hodnoty. Dále běžela na konstantní příkon čerpadla sekundárního provozu.



Graf 6 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2018 do 14. 1. 2018 v budově D

U grafu č. 6 si můžeme všimnout značné podobnosti vývoje křivek. Příkon tepelného čerpadla v kritickém dnu dosahoval hodnoty až 320 kW.



## 7.4. Vyhodnocení naměřených hodnot za třetí období

Pro třetí období jsem zvolil data od 1. 6. 2018 do 31. 8. 2018. Po zpracování hodnot vyšla celková spotřeba elektrické energie strojovny východ, západ i strojovny objektu D celkem 3 957 MWh, přičemž z toho 71 % je spotřeba strojovny objektu D, 17 % náleží spotřebě strojovny západ a 13 % náleží spotřebě strojovny východ.

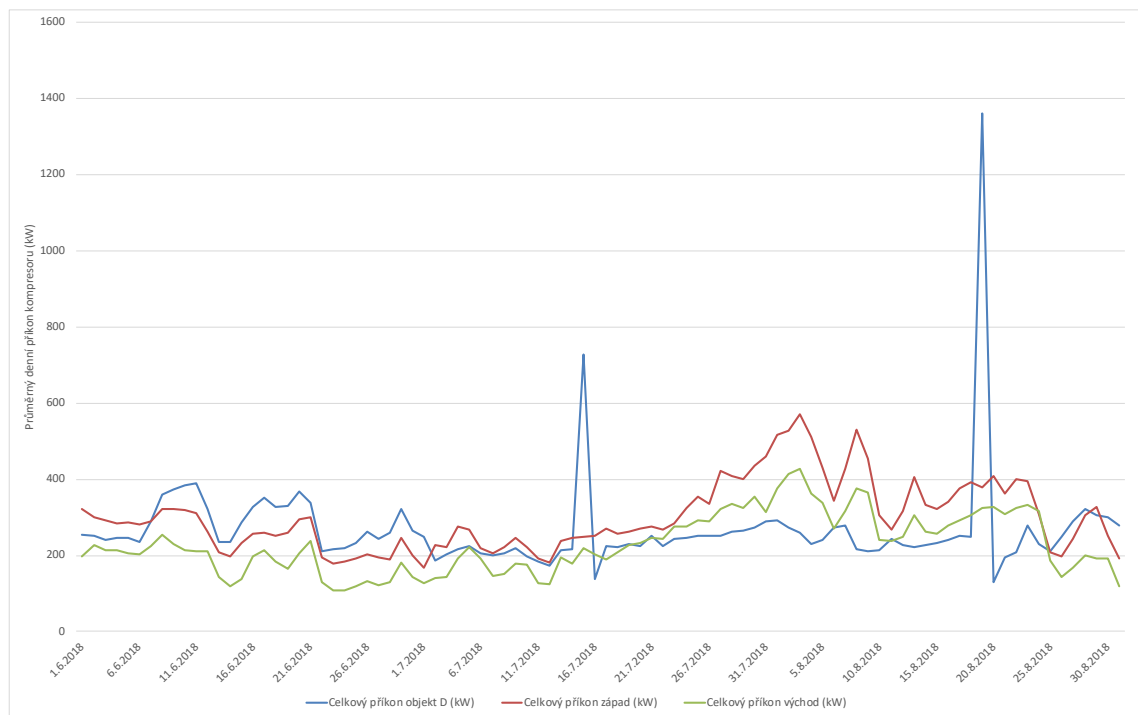
Pokud bychom se detailně podívali na jednotlivá zařízení, tak vyčteme, že kompresory zdrojů chladu spotřebovaly dohromady 25 % z celkové spotřeby, dále oběhová čerpadla a chladicí věže spotřebovaly celkem 6 % z celkové spotřeby a nejvíce spotřebovaly oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody, celkem 69 %.

Tabulka 8 Spotřeby elektrické energie za období od 1. 6. 2018 do 31. 8. 2018

Spotřeby chlazení ve sledovaném období od 1.6.2018 do 31.8.2018					
měsíc	6	7	8	Celkem	
jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	%
Trane č. 1 Západ	12261	107 616	126 367	246 244,0	6,2
Trane č. 2 Západ	103112	38	18	103 168,0	2,6
Trane č. 3 Západ	285	19 579	40 775	60 639,0	1,5
Trane č. 4 Západ	281	432	6 262	6 975,0	0,2
Tower č. 1 západ	4013	34 782	39 133	77 927,4	2,0
Tower č. 2 západ	26320	0	0	26 320,1	0,7
Tower č. 3 západ	9	8 725	20 057	28 790,8	0,7
Tower č. 4 západ	427	99	3 070	3 595,5	0,1
Čerpadla západ	35146	36 378	36 624	108 147,8	2,7
Trane č. 1 Východ	84004	74 496	115 662	274 162,0	6,9
Trane č. 2 Východ	90	32 187	25 097	57 374,0	1,4
Trane č. 3 Východ	53	6	0	59,0	0,0
Tower č. 1 východ	26516	22 788	37 697	87 000,6	2,2
Tower č. 2 východ	0	15 817	14 234	30 051,3	0,8
Tower č. 3 východ	335	64	38	436,8	0,0
Čerpadla východ	18218	18 971	18 736	55 925,0	1,4
Trane objekt D	208 389	4 306	10 917	223 611	5,7
Čerpadla objekt D	980 500	751 000	835 333	2 566 833	64,9
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny objektu D</b>				<b>2 790 445</b>	<b>71</b>
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny západ:</b>				<b>661 808</b>	<b>17</b>
<b>Celková spotřeba el. energie strojovny východ:</b>				<b>505 009</b>	<b>13</b>
<b>Celková spotřeba el. energie všech strojoven:</b>				<b>3 957 261</b>	<b>100</b>
<b>Celkem červen</b>				<b>1 499 959</b>	<b>38</b>
<b>Celkem červenec</b>				<b>1 127 282</b>	<b>28</b>
<b>Celkem srpen</b>				<b>1 330 020</b>	<b>34</b>
<b>Celkem Trane</b>				<b>972 232</b>	<b>25</b>
<b>Celkem Tower</b>				<b>254 123</b>	<b>6</b>
<b>Celkem čerpadla</b>				<b>2 730 906</b>	<b>69</b>

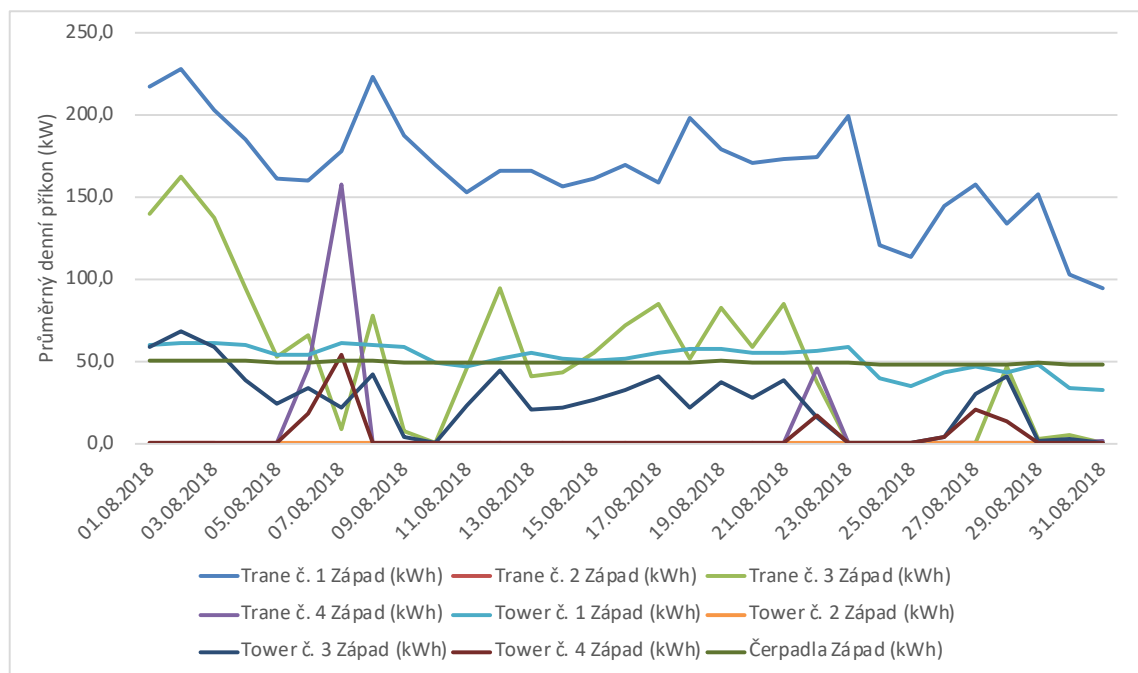
Z tabulky vyčteme, že maximální odběr elektrické energie byl v měsíci srpnu, ve kterém odběr dosoval hodnoty 1 330 MWh, což představuje 34 % z celkové spotřeby energie za sledované období. Dále můžeme z tabulky vyčíst, že největší spotřebu

chlazení měla čerpadla v objektu D, celkem 64,9 % z celkové spotřeby všech zařízení za sledované období.

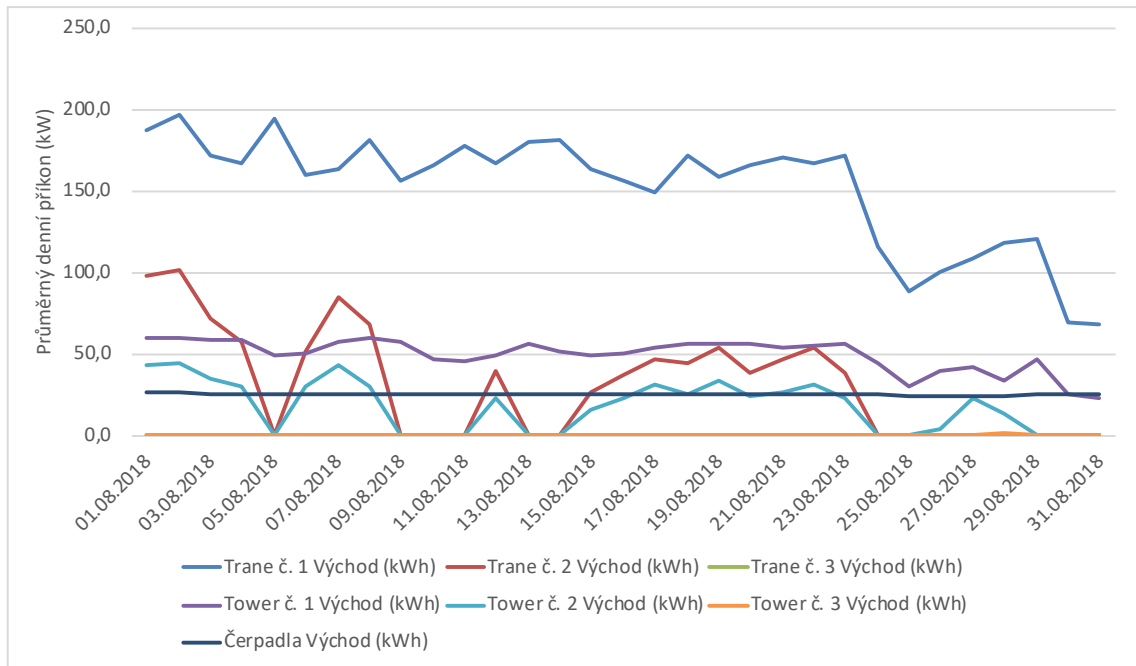


Graf 7 Spotřeba el. energie od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny východ, západ a budovy D

Graf č. 7 vyjadřující spotřeby elektrické energie za sledované období nám ukazuje podobný průběh spotřeby u všech tří strojoven. Dva vrcholy pro strojovnu D mohou být buď nepřesnost měřících přístrojů, nebo testování.

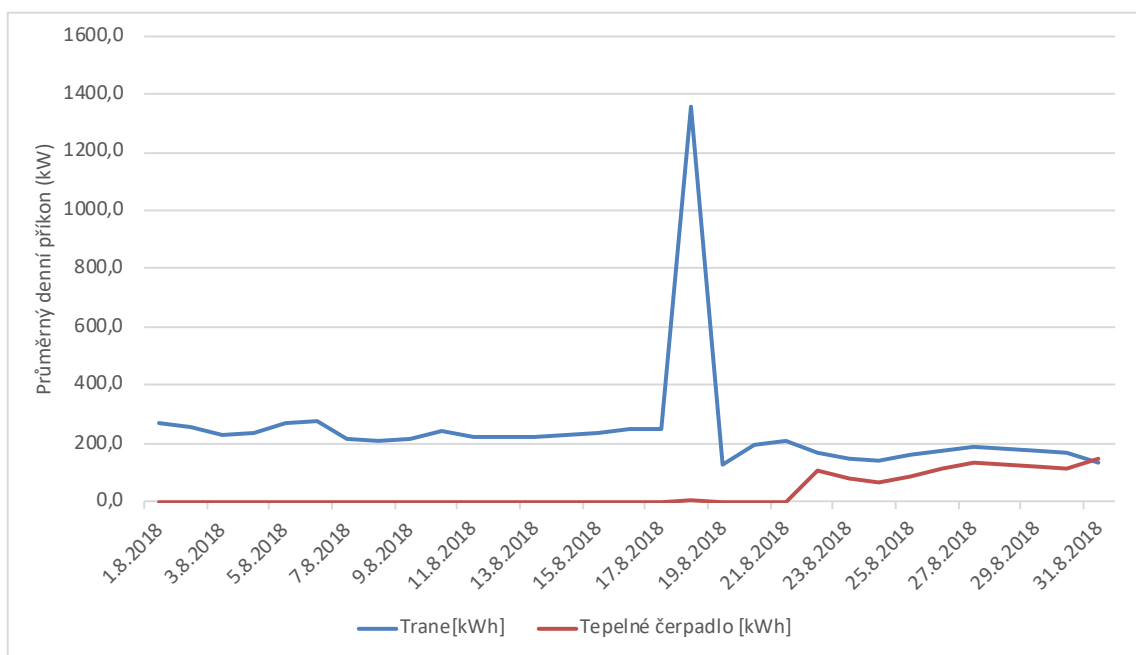


Graf 8 Spotřeba el. energie v období od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny západ



Graf 9 Spotřeba el. energie od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny východ

U grafů 8 a 9 spotřeb strojoven západ a východ vidíme stejný průběh příkonů u Trane 1 pro východ i západ. Největší příkon u měli samozřejmě během nejteplejších měsíců a ke konci srpna klesl o polovinu až na 65 kW.



Graf 10 Spotřeba el. energie od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny v budově D

Graf 10 zobrazuje spotřebu elektrické energie pro strojovnu v budově D. Můžeme na něm jasně vidět datum zapnutí tepelného čerpadla a onu chybu v měření u jednotky trane.

## 8. Analýza za celý rok 2018

V minulé kapitole jsme viděli grafy spotřeby elektrické energie pro jednotlivá období a pro jednotlivé strojovny.

Pro celý rok 2018, tedy od 1. 1. 2018 do 31. 12. 2018 jsem vyhodnotil celkovou spotřebu elektrické energie na 7 637 MWh, z toho 1 800 MWh je celková spotřeba strojovny západ, což je 23,6 % z celkové spotřeby za celý rok. Strojovna východ spotřebovala za celý rok 2018 1 182 MWh, což je 15,5 % z celkové roční spotřeby. Nejvíce spotřebovala strojovna v objektu D a to konkrétně 7 637 MWh, což odpovídá 60,9 % z celkové spotřeby všech strojoven dohromady.

Když porovnáme spotřebu jednotlivých typů zařízení, tak nám vyjde, že kompresory zdrojů chladu jednotek Trane spotřebovaly z celkové spotřeby 26,7 %, oběhová čerpadla a chladicí věže 11,4 % a oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody 61,9 %.

*Tabulka 9 Celková spotřeba v %*

	%
Kompresory zdrojů chladu jednotek Trane	26,7
Oběhová čerpadla a chladicí věže	11,4
Oběhová čerpadla sekundárního rozvodu chladné vody	61,9
Celkem	100

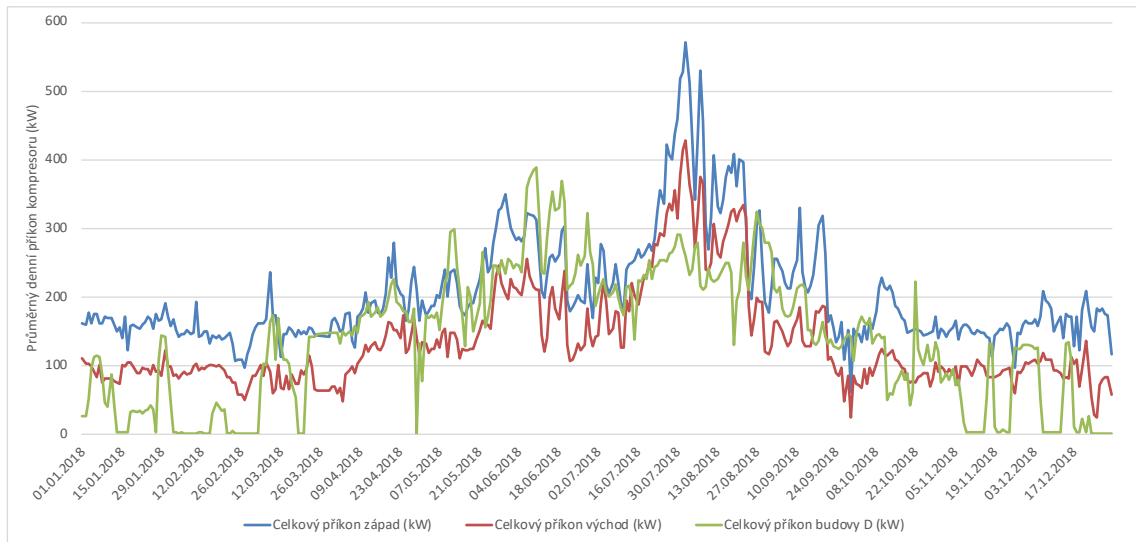
Celková spotřeba elektrické energie za rok 2018 vyšla 7 637,2 MWh. Z toho 53,6 % z celkové spotřeby zabírají čerpadla objektu D.

Tabulka 10 Spotřeba elektrické energie chlazení

rok	měsíc	jednotky	2018												Celkem	%
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
		ENE	0	1	863	66554	29155	12261	107 616	126 367	78 672	66 687	40 016	13	528,2	6,9
		ENE	64	56	71	57	69269	103112	38	18	1 225	56	7 913	859	182,7	2,4
		ENE	28 532	6 374	16 821	3612	282	285	19 579	40 775	2 535	282	272	25 534	144,9	1,9
		ENE	285	257	7 671	4762	463	281	432	6 262	6 100	285	50	0	26,8	0,4
		ENE	3	2	2	20244	10636	4013	34 782	39 133	24 474	21 135	12 935	2	167,4	2,2
		ENE	2	2	2	3	18895	26320	0	0	54	136	2 446	252	48,1	0,6
		ENE	36 990	32 405	29 917	2487	1	9	8 725	20 057	1 253	0	3 904	40 429	176,2	2,3
		ENE	19 971	24 383	27 417	5552	2349	427	99	3 070	2 662	25	3 451	22 103	111,5	1,5
		ENE	34 654	31 916	30 122	33132	35979	35146	36 378	36 624	34 978	35 147	34 519	36 254	414,8	5,4
		ENE	0	0	0	10999	33151	84004	74 496	115 662	54 060	36 603	15 592	0	424,6	5,6
		ENE	13 514	3 351	114	33471	31304	90	32 187	25 097	2 394	489	14 455	12 032	168,5	2,2
		ENE	0	0	3 746	1110	16	53	6	0	0	0	0	0	4,9	0,1
		ENE	10	10	10	3761	11375	26516	22 788	37 697	18 795	13 086	5 016	7	139,1	1,8
		ENE	21 442	21 532	13 802	16328	15799	0	15 817	14 234	1 203	495	9 982	22 162	152,8	2,0
		ENE	14 820	17 803	23 519	2831	93	335	64	38	0	2	2 100	15 011	76,6	1,0
		ENE	17 958	16 219	18 286	17912	18539	18218	18 971	18 736	17 713	17 873	17 466	17 574	215,5	2,8
		ENE	65889	29333	55 556	0	58 944	208 389	4 306	10 917	54 111	36 167	30250	3472	557,3	7,3
		ENE	5333	56	56 667	366 806	441 139	980 500	751 000	835 333	417 750	152 333	38306	52000	4 097,2	53,6
			Celková spotřeba el. energie strojovny západ:												1 800,7	23,6
			Celková spotřeba el. energie strojovny východ:												1 181,9	15,5
			Celková spotřeba el. energie strojovny objektu D:												4 654,6	60,9
			Celková spotřeba el. energie všech strojoven:												7 637,2	100,0

Tabulka 11 Spotřeby elektrické energie chlazení

Spotřeby rozvaděče VZT		2018												Celkem	
rok		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MWh	%
měsíc	jednotky	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	MWh	%
VZT č. 1	ENE	26 377	19 088	24 661	22188	25949	32127	33 175	32 939	31 798	32 883	32 256	32 659	346,1	12,9
VZT č. 2	ENE	15 464	14 362	20 468	17048	17332	16700	17 035	16 827	15 006	17 379	16 822	17 289	201,7	7,5
VZT č. 3	ENE	7 555	7 399	13 959	7923	9355	12484	13 080	13 091	12 738	11 716	6 381	13 350	129,0	4,8
VZT č. 4	ENE	4 749	4 116	6 494	5200	5556	8908	9 123	9 066	8 855	9 041	8 211	9 229	88,5	3,3
VZT č. 5	ENE	5 958	3 628	6 786	6195	6553	6009	6 535	6 533	6 236	6 443	6 213	6 727	73,8	2,8
VZT č. 6	ENE	13 636	11 880	15 160	8731	16891	19944	20 130	19 754	15 031	14 957	14 936	15 639	186,7	7,0
VZT č. 7	ENE	15 258	14 203	15 328	13731	15322	13030	11 230	20 895	14 735	15 152	14 767	15 187	178,8	6,7
VZT č. 8	ENE	11 148	10 120	11 094	10467	12759	13384	14 533	15 118	11 307	11 862	11 541	11 481	144,8	5,4
VZT č. 9	ENE	11 529	10 861	14 388	12873	16185	12107	12 405	16 302	11 993	12 459	12 149	11 835	155,1	5,8
VZT č. 10	ENE	14 982	15 644	22 243	18429	19998	22120	23 374	22 927	17 674	18 555	18 123	18 408	232,5	8,7
VZT č. 11	ENE	12 023	9 181	14 145	10933	10388	13175	14 681	14 118	14 242	14 742	14 030	14 607	156,3	5,8
VZT č. 12	ENE	13 132	12 282	15 164	11468	11869	12294	12 625	12 525	11 235	10 767	11 971	12 424	147,8	5,5
VZT č. 13	ENE	1 733	1 404	1 774	1571	1669	2400	2 473	2 509	1 296	355	1 293	1 285	19,8	0,7
VZT č. 14	ENE	26 902	27 269	31 310	24038	24165	28081	26 200	30 508	28 471	26 992	26 918	31 524	332,4	12,4
VZT č. 15	ENE	20 337	18 941	22 620	20133	21161	25283	25 089	29 410	24 348	25 296	23 841	24 093	280,6	10,5
		<b>Celková spotřeba el. energie vzt</b>												<b>2 673,8</b>	<b>100</b>

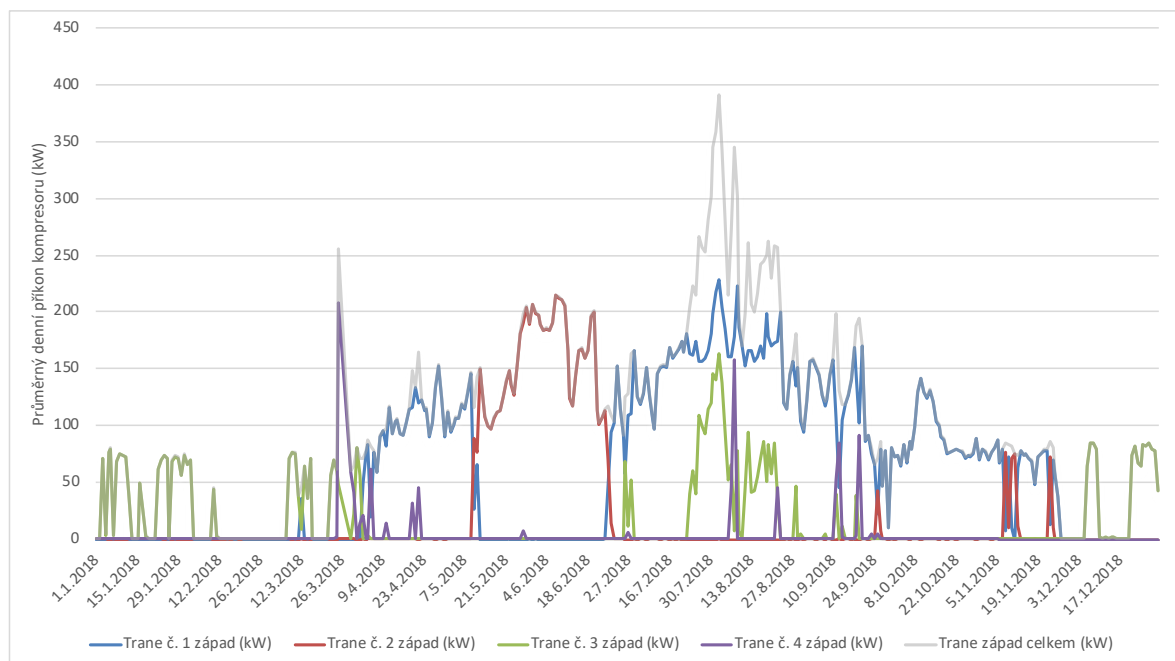


Graf 11 Celkový příkon západ, východ a budovy D

Graf č. 11 nám vyobrazuje celkový příkon strojoven západ, východ a budovy D za rok 2018. V grafu jasně vidíme nárůst spotřeby elektrické energie v období léta a nejvíce v srpnu, kdy byly nejvyšší denní teploty, a tudíž byla vyšší potřeba na chlazení. V dalších měsících již bylo využíváno systému freecooling, a proto spotřeba elektrické energie klesá.

Maximální hodnotu můžeme vyčíst u strojovny západ v srpnu, kdy hodnoty dosahovaly až 571 kW. Strojovna východ měla maximální hodnotu také v srpnu a to konkrétně 428 kW. Maximální hodnota pro strojovnu objektu D byla v červnu, a to 389 kW.

Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie se u strojovny západ vyšla 206 kW. Pro strojovnu východ vyšla tato hodnota 136 kW a pro strojovnu objektu D nám vyšla 138 kW.



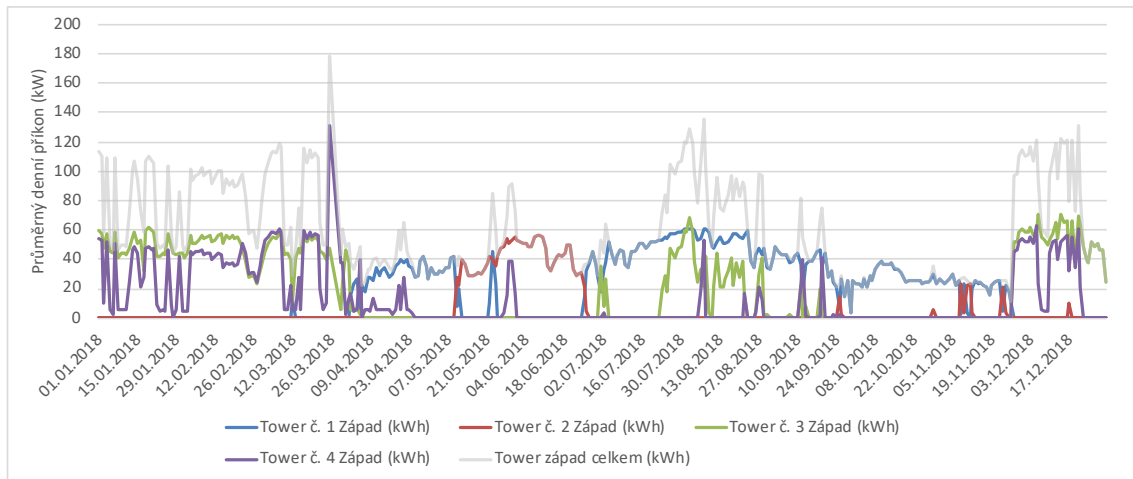
Graf 12 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane západ

V grafu č. 12 vidíme celkový příkon pouze kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane západ za rok 2018. Z grafu je vidět, že kromě srpnu byl aktivní vždy pouze jeden Trane. Pouze v srpnu byl využívám Trane č. 1 a Trane č. 3 zároveň. Zároveň je z grafu patrné, že největší spotřeba elektrické energie nastává logicky v období léta a to z důvodu nemožnosti využívání dostatečného volného chlazení

Jelikož každý Trane byl aktivní pouze ve svém období, tak i jeho maxima jsou lokální. Pro Trane č. 1 je to konkrétně 228 kW, pro Trane č. 2 215kW, pro Trane č 3. 163 kW a pro Trane 4. 4 208. Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie všech Trane dohromady je 102 kW.

Z grafu také vidíme, že na začátku roku, konkrétně v lednu a únoru byly hodnoty velmi nízké, až nulové, a to díky využití volného chlazení.

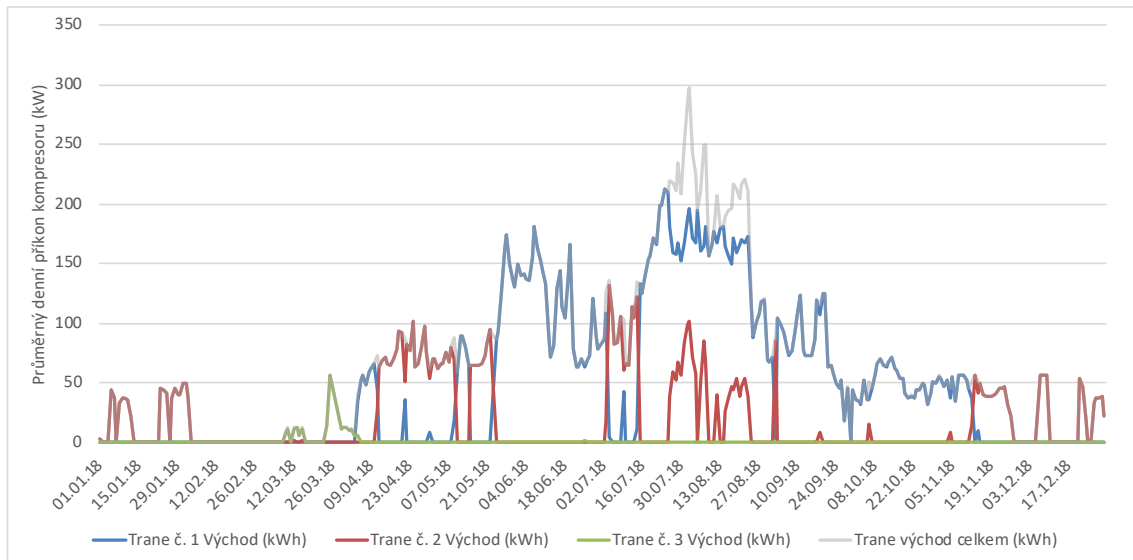




Graf 13 Příkon oběhová čerpadla a chladící věže západ

V grafu č. 13 jsou vyneseny hodnoty pro příkon oběhových čerpadel a chladících věží strojovny západ, a to za celý rok 2018. Šedá spojnice nám ukazuje celkovou spotřebu elektrické energie a je z ní vidět, že jsou čerpadla nejvíce využívána při nižších venkovních teplotách, kdy se využívá systému volného chlazení freecoolingu nejvíce. Tyto hodnoty jsou konkrétně nejvyšší v měsících prosinec až březen. Také je z grafu patrné, že během těchto nejvytíženějších měsíců pracuje pouze Tower č. 4 a Tower č. 3. Naopak po zbytek roku se převážně využívá Toweru 1-3. Pokud se podíváme na tento a předešlý graf, můžeme si vyšínout využití volného chlazení a chladících jednotek Trane.

Nejvyšší příkon všech věží dohromady byl naměřen na přelomu března a dubna a to 179 kW. Jinak se průměr za celý rok držel na hodnotě 58 kW. Maximální hodnota příkonu pro Tower 1. byla naměřena 61 kW, pro Tower 2. 57 kW, pro Tower 3. 71 kW a pro Tower 4. byl maximální příkon 131 kW.

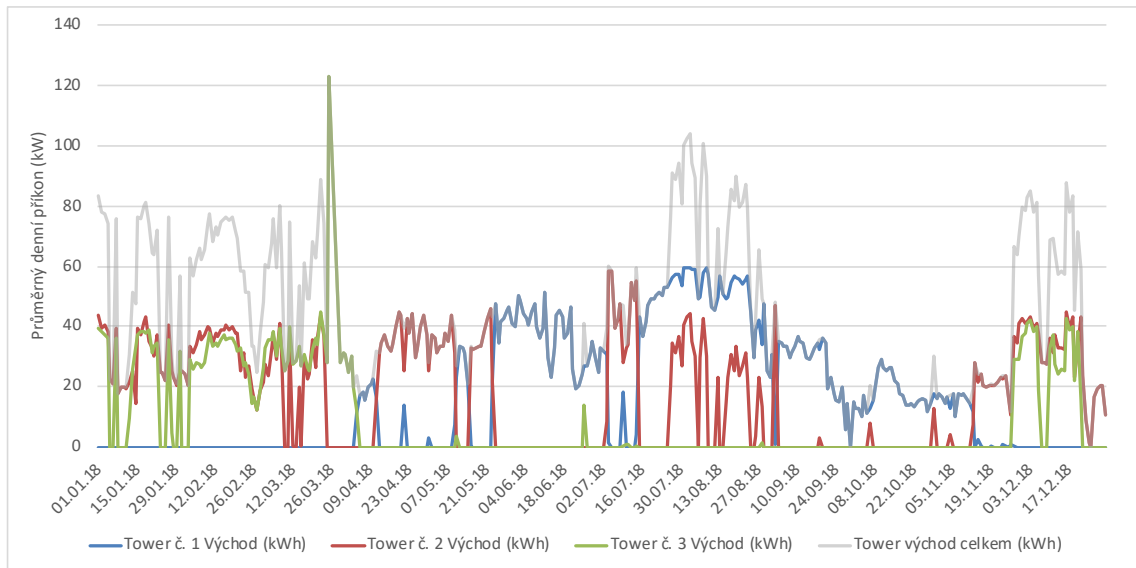


Graf 14 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane východ

V grafu č. 14 vidíme celkový příkon pouze kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane východ za rok 2018. Z grafu je vidět, že Trane č. 2 je využíván pro nižší příkony a pro větší zátěž je využíván Trane č. 1. Zároveň vidíme, že Trane č. 3 nebyl skoro využitý. Také je z grafu patrné, že největší spotřeba elektrické energie nastává logicky v období léta, a to z důvodu nemožnosti využívání dostatečného volného chlazení

Nejvyšších příkonů dosahuje Trane č. 1, a to konkrétně 213 kW, pro Trane č. 2. 132 kW a pro Trane č. 3. 56 kW. Průměrná hodnota spotřeby elektrické energie všech Trane dohromady je 69 kW. Celkovou nejvyšší spotřebu všech Trane dohromady vidíme v srpnu, a to pro hodnotu 298 kW.

Z grafu také vidíme, že na začátku roku, konkrétně v lednu, únoru a březnu byly hodnoty velmi nízké, až nulové, a to díky využití volného chlazení.



Graf 15 Příkon oběhová čerpadla a chladící věže východ

V grafu č. 15 jsou vyneseny hodnoty pro příkon oběhových čerpadel a chladících věží strojovny východ, a to za celý rok 2018. Šedá spojnice nám ukazuje celkovou spotřebu elektrické energie a je z ní vidět, že jsou čerpadla nejvíce využívána při nižších venkovních teplotách, kdy se využívá systému volného chlazení freecoolingu nejvíce. Tyto hodnoty jsou konkrétně nejvyšší v měsících prosinec až březen. Také je z grafu patrné, že během těchto nejvytíženějších měsíců pracuje pouze Tower č. 2 a Tower č. 3. Naopak po zbytek roku se převážně využívá Toweru 1 a Toweru 2. Pokud se podíváme na tento a předešlý graf, můžeme si vyšínout využití volného chlazení a chladících jednotek Trane.

Nejvyšší příkon všech věží dohromady byl naměřen na přelomu března a dubna a to 123 kW. Jinak se průměr za celý rok držel na hodnotě 43 kW. Maximální hodnota příkonu pro Tower 1. byla naměřena 60 kW, pro Tower 2. 59 kW, a pro Tower 4. byl maximální příkon 123 kW.

## 8.1. Chladicí faktory zdrojů chladu

Pro jednotlivé měsíce byly vytvořeny tabulky ukazující chladicí faktory zdrojů chladu pro jednotlivé strojovny a zařízení. Produkce chladu byla vypočtena z dodaných hodnot v souborech Excel pro jednotlivé kalorimetry. Spotřebu elektrické energie jsme již vyhodnotili v tab. 10. U několika hodnot příkonu se vzhledem k přepínání zdrojů vyskytla nulová hodnota, a proto nebylo možné pro tato zařízení vypočítat chladicí faktor a jsou proto v tabulkách proškrtnuty. Jelikož pod pojmem produkce chladu myslíme součet chladu v režimu volného chlazení zároveň s chladem dodaným v režimu kompresorového chlazení, tak můžeme při vyšším využití volného chlazení dosahovat viditelně vyšších hodnot. V měsíci prosinec není tabulka vytvořena z důvodu absence hodnot.

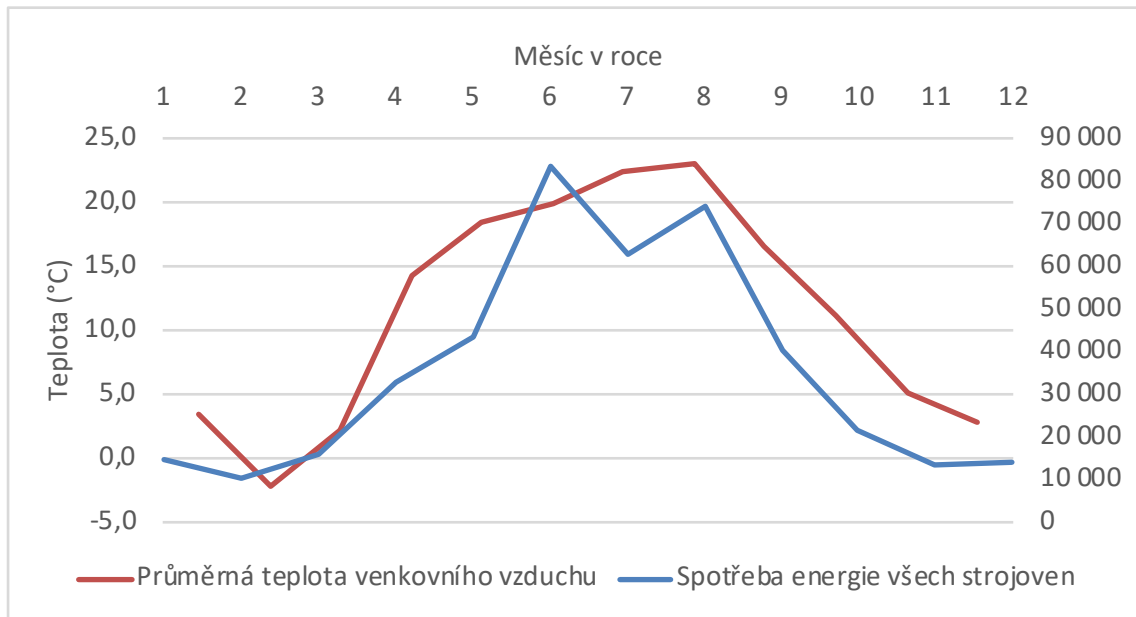
Tabulka 12 Chladicí faktory za jednotlivé měsíce 2018

Leden		Strojovna východ				Strojovna západ				Celkem	
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4		Celkem
Produkce chladu	kWh	0	39944	0	39944	28	222	101500	222	101972	141917
Spotřeba el. Energie	kWh	0	13514	0	13514	0	64	28532	285	28881	42395
Chladicí faktor	-	/	3,0	/	3,0	/	3,5	3,6	0,8	3,5	3,3
Spotřeba chladících věží	kWh	0	13514	0	13514	3	2	36990	19971	56965	70479
Chladicí faktor (vč. věží)	-	/	1,5	/	1,5	10,3	3,4	1,5	0,0	1,2	1,3
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				17958					34654	52612
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				0,9					0,8	0,86
Únor		Strojovna východ				Strojovna západ				Celkem	
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4		Celkem
Produkce chladu	kWh	0	9694	0	9694	83	278	19917	278	20556	30250
Spotřeba el. Energie	kWh	0	3351	0	3351	1	56	6374	257	6688	10039
Chladicí faktor	-	/	2,9	/	2,9	83,3	5,0	3,1	1,1	3,1	3,0
Spotřeba chladících věží	kWh	0	0	10	10	2	2	32405	24383	56792	56803
Chladicí faktor (vč. věží)	-	/	2,9	0,0	2,9	26,9	4,8	0,5	0,0	0,3	0,5
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				16219					31916	48135
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				0					0,2	0,26
Březen		Strojovna východ				Strojovna západ				Celkem	
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4		Celkem
Produkce chladu	kWh	0	417	66639	67056	2778	194	56333	32194	91500	158556
Spotřeba el. Energie	kWh	0	114	3746	3860	863	71	16821	7671	25426	29286
Chladicí faktor	-	/	3,7	17,8	17,4	3,2	2,7	3,3	4,2	3,6	5,4
Spotřeba chladících věží	kWh	0	10	21442	21453	373453	2	29917	27417	430789	452242
Chladicí faktor (vč. věží)	-	/	3,3	2,6	2,6	0,0	2,7	1,2	0,9	0,2	0,3
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				18286					30122	48408
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				1,5					0,2	0,30
Duben		Strojovna východ				Strojovna západ				Celkem	
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4		Celkem
Produkce chladu	kWh	41667	154222	20611	216500	349861	306	9806	21306	381278	597778
Spotřeba el. Energie	kWh	10999	33471	1110	45580	66554	57	3612	4762	74985	120565
Chladicí faktor	-	3,8	4,6	18,6	4,7	5,3	5,4	2,7	4,5	5,1	5,0
Spotřeba chladících věží	kWh	10999	21442	14820	47261	393999	3	2487	5552	402041	449302
Chladicí faktor (vč. věží)	-	1,9	2,8	1,3	2,3	0,8	5,1	1,6	2,1	0,8	1,0
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				17912					33132	51044
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				2,0					0,7	0,96

Květen		Strojovna východ				Strojovna západ				Celkem	
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4		Celkem
Produkce chladu	kWh	155611	139833	889	296333	152222	373306	28	917	526472	822806
Spotřeba el. Energie	kWh	33151	31304	16	64471	29155	69269	282	463	99169	163640
Chladicí faktor	-	4,7	4,5	55,6	4,6	5,2	5,4	0,1	2,0	5,3	5,0
Spotřeba chladících věží	kWh	33151	14820	17958	65929	10636	18895	1	2349	31881	97809
Chladicí faktor (vč. věží)	-	2,3	3,0	0,0	2,3	3,8	4,2	0,1	0,3	4,0	3,1
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				18539					35979	54518
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				2,0					3,2	2,60
		Strojovna východ				Strojovna západ					
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4	Celkem	Celkem
Produkce chladu	kWh	361722	0	833	362556	72250	540333	111	194	612889	975444
Spotřeba el. Energie	kWh	84004	90	53	84147	12261	103112	285	281	115939	200086
Chladicí faktor	-	4,3	0,0	15,7	4,3	5,9	5,2	0,4	0,7	5,3	4,9
Spotřeba chladících věží	kWh	84004	17958	0	101962	4013	147676	9	427	152125	254086
Chladicí faktor (vč. věží)	-	2,2	0,0	15,7	1,9	4,4	2,2	0,4	0,3	2,3	2,1
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				18218					35146	53364
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				1,8					2,0	1,92
		Strojovna východ				Strojovna západ					
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4	Celkem	Celkem
Produkce chladu	kWh	292250	153833	306	446389	639111	167	92861	861	733000	1179389
Spotřeba el. Energie	kWh	74496	32187	6	106689	107616	38	19579	432	127665	234354
Chladicí faktor	-	3,9	4,8	50,9	4,2	5,9	4,4	4,7	2,0	5,7	5,0
Spotřeba chladících věží	kWh	74496	0	0	74496	34782	0	8725	99	43606	118102
Chladicí faktor (vč. věží)	-	2,0	4,8	50,9	2,5	4,5	4,4	3,3	1,6	4,3	3,3
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				18971					36378	55349
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				2,2					3,5	2,89
		Strojovna východ				Strojovna západ					
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4	Celkem	Celkem
Produkce chladu	kWh	442333	117472	0	559806	731583	83	167611	29889	929167	1488972
Spotřeba el. Energie	kWh	115662	25097	0	140759	126367	18	40775	6262	173422	314181
Chladicí faktor	-	3,8	4,7		4,0	5,8	4,6	4,1	4,8	5,4	4,7
Spotřeba chladících věží	kWh	115662	0	0	115662	39133	0	20057	3070	62260	177922
Chladicí faktor (vč. věží)	-	1,9	4,7		2,2	4,4	4,6	2,8	3,2	3,9	3,0
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				18736					36624	55360
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				2,0					3,4	2,72
		Strojovna východ				Strojovna západ					
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4	Celkem	Celkem
Produkce chladu	kWh	221250	11306	0	232556	408222	4222	9972	30750	453167	685722
Spotřeba el. Energie	kWh	54060	2394	0	56454	78672	1225	2535	6100	88532	144986
Chladicí faktor	-	4,1	4,7		4,1	5,2	3,4	3,9	5,0	5,1	4,7
Spotřeba chladících věží	kWh	54060	0	0	54060	24474	175734	1253	2662	204123	258183
Chladicí faktor (vč. věží)	-	2,0	4,7		2,1	4,0	0,0	2,6	3,5	1,5	1,7
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				17713					34978	52691
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				1,8					1,4	1,50
		Strojovna východ				Strojovna západ					
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4	Celkem	Celkem
Produkce chladu	kWh	121500	1083	0	122583	296000	194	28	556	296778	419361
Spotřeba el. Energie	kWh	36603	489	0	37092	66687	56	282	285	67310	104402
Chladicí faktor	-	3,3	2,2		3,3	4,4	3,5	0,1	1,9	4,4	4,0
Spotřeba chladících věží	kWh	36603	0	1	36604	21135	136	0	25	21295	57899
Chladicí faktor (vč. věží)	-	1,7	2,2	0,0	1,7	3,4	1,0	0,1	1,8	3,3	2,6
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				17873					35147	53020
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				1,3					2,4	1,95
		Strojovna východ				Strojovna západ					
		Trane 1	Trane 2	Trane 3	Celkem	Trane 1	Trane 2	Trane 3	Trane 4	Celkem	Celkem
Produkce chladu	kWh	43731	40617	0	84347	168236	31733	156	111	200236	284583
Spotřeba el. Energie	kWh	15592	14455	0	30047	40016	7913	272	50	48251	78298
Chladicí faktor	-	2,8	2,8		2,8	4,2	4,0	0,6	2,2	4,1	3,6
Spotřeba chladících věží	kWh	15592	1	863	16456	12935	2446	3904	3451	22735	39191
Chladicí faktor (vč. věží)	-	1,4	2,8	0,0	1,8	3,2	3,1	0,0	0,0	2,8	2,6
Spotřeba oběhových čerpadel	kWh				17466					34519	51985
Chladicí faktor (vč. čerpadel)	-				1,3					1,9	1,68

Jak si můžeme všimnout, celkové chladicí faktory jsou v únoru a březnu velmi nízké. Hlavní faktor tohoto jevu je chyba měření kalorimetrů při nízkých teplotních rozdílech. Z hodnot také můžeme vypočítat, že Trane 3 ve strojovně východ má nejspíše problém se správným odečtem spotřeby elektrické energie, kdy např. v červnu odeslal hodnotu 53 kWh spotřeby elektrické energie na 833 kWh produkce chladu.

## 8.2. Vyhodnocení průběhu teplot a příkonu strojoven



Graf 16 Průběh průměrných hodnot teplot venkovního vzduchu a příkonu obou strojoven

V grafu č. 16 je vykreslený průběh průměrných hodnot teplot venkovního vzduchu a příkonu obou strojoven za rok 2018. Jak si můžeme všimnout na první pohled, tak průměrný denní příkon je velmi ovlivněn venkovní teplotou.

V obdržených datech byly naměřené teploty za každý den po jednotlivých podlažích a prostorech. Nejvyšší naměřená venkovní teplota byla 27 °C a to data 31. 7. 2018, naopak nejnižší teplota byla změřena 28. 2. 2018 a to pouhých -13 °C.

Tabulka 13 Meteorologické údaje

METEO		2018											
rok		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
měsíc		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
jednotky													
<b>Venkovní teploty</b>													
Venkovní tepl. MIN	MIN	-3,2	-14,8	-15,6	-0,1	7,0	9,4	8,1	9,2	1,3	1,7	-7,3	-5,8
Venkovní tepl. MAX	MAX	11,0	6,5	19,0	28,6	33,3	33,9	35,4	36,1	29,2	23,2	15,9	12,1
Venkovní tepl. AVE	AVE	3,5	-2,3	2,2	14,3	18,4	19,9	22,3	23,0	16,6	11,1	5,0	2,9
<b>Vnitřní teploty</b>													
pasáž 0. NP AVE	AVE	22,2	22,2	23,6	23,3	23,6	23,2	23,7	22,9	23,1	22,4	22,7	22,6
pasáž +1. NP AVE	AVE	25,7	24,5	25,3	26,0	25,8	25,1	25,7	25,4	24,3	23,4	23,8	24,1
příložná pasáž 0. NP AVE	AVE	23,4	23,6	24,7	25,7	25,7	24,8	25,5	24,7	25,5	24,6	24,7	25,0
příložná pasáž +1. NP AVE	AVE	24,5	24,6	25,8	25,9	25,8	24,6	25,6	25,1	25,0	24,5	25,8	25,2
materiálová pasáž 0. NP AVE	AVE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
materiálová pasáž +1. NP AVE	AVE	23,7	23,8	25,0	26,1	26,2	25,1	26,3	25,4	25,5	24,2	24,3	23,7

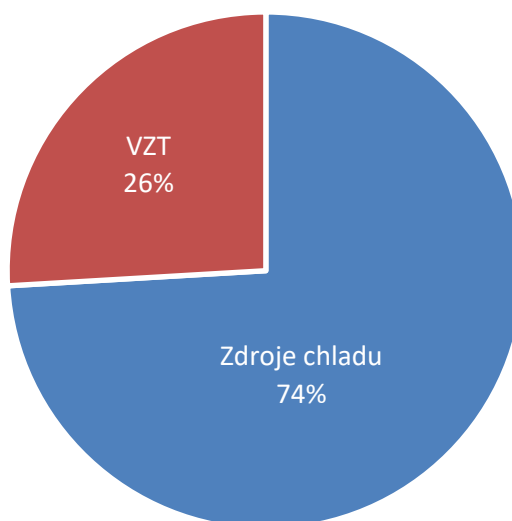
## 9. Vyhodnocení spotřeb energie VZT

Při sečtení všech spotřeb elektrické energie vzduchotechniky nám vyjde celková spotřeba za rok 2018 2673,8 MWh. Z tabulky můžeme vyčíst, že největší spotřebu měla VZT jednotka č. 1 s celkovou spotřebou 346,1 MWh. Také si můžeme povšimnout, že spotřeba elektrické energie byla nejvyšší v prosinci a březnu, kdy byly největší propady teplot.

Tabulka 14 Spotřeby elektrické energie VZT

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 2018	1	26,4	15,5	7,55	4,75	5,96	13,6	15,3	11,1	11,5	15	12	13,1	1,73	26,9	20,3	200,8
	2	19,1	14,4	7,4	4,12	3,63	11,9	14,2	10,1	10,9	15,6	9,18	12,3	1,4	27,3	18,9	180,4
	3	24,7	20,5	14	6,49	6,79	15,2	15,3	11,1	14,4	22,2	14,1	15,2	1,77	31,3	22,6	235,6
jaro 2018	4	22,2	17	7,92	5,2	6,19	8,73	13,7	10,5	12,9	18,4	10,9	11,5	1,57	24	20,1	190,9
	5	25,9	17,3	9,36	5,56	6,55	16,9	15,3	12,8	16,2	20	10,4	11,9	1,67	24,2	21,2	215,2
léto 2018	6	32,1	16,7	12,5	8,91	6,01	19,9	13	13,4	12,1	22,1	13,2	12,3	2,4	28,1	25,3	238,0
	7	33,2	17	13,1	9,12	6,53	20,1	11,2	14,5	12,4	23,4	14,7	12,6	2,47	26,2	25,1	241,7
	8	32,9	16,8	13,1	9,07	6,53	19,8	20,9	15,1	16,3	22,9	14,1	12,5	2,51	30,5	29,4	262,5
podzim 2018	9	31,8	15	12,7	8,86	6,24	15	14,7	11,3	12	17,7	14,2	11,2	1,3	28,5	24,3	225,0
	10	32,9	17,4	11,7	9,04	6,44	15	15,2	11,9	12,5	18,6	14,7	10,8	0,36	27	25,3	228,6
	11	32,3	16,8	6,38	8,21	6,21	14,9	14,8	11,5	12,1	18,1	14	12	1,29	26,9	23,8	219,4
zima 2018	12	32,7	17,3	13,4	9,23	6,73	15,6	15,2	11,5	11,8	18,4	14,6	12,4	1,29	31,5	24,1	235,7
Celkem		346,1	201,7	129,0	88,5	73,8	186,7	178,8	144,8	155,1	232,5	156,3	147,8	19,8	332,4	280,6	2673,8

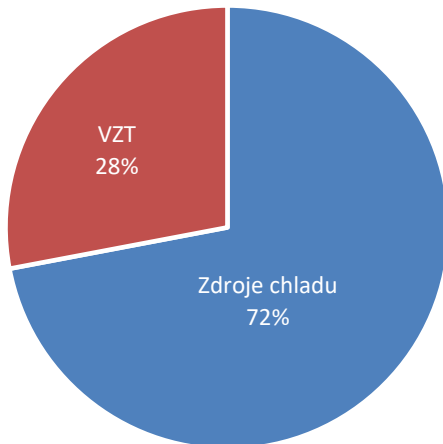
V dalším grafu je vyobrazeno jednotlivý podíl spotřeb elektrické energie u zdrojů chladu ve všech tří strojovnách (východ, západ a objekt D) a vzduchotechniky. Z grafu můžeme vyčíst, že zdroje chladu zaujímají 74 % z celkové spotřeby energie a vzduchotechnika 26 %.



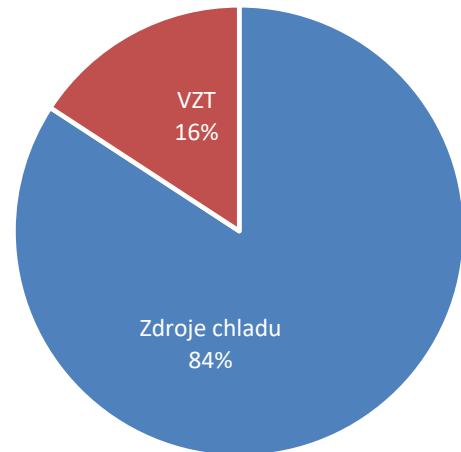
Graf 17 Porovnání spotřeb el. energie VZT a zdrojů chladu



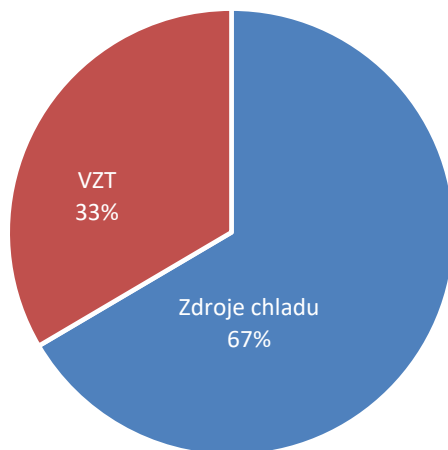
Pro názornost jsem vytvořil jednotlivé koláčové grafy zastupující spotřebu vzduchotechniky a zdrojů chladu pro jednotlivá roční období. Z grafů je jasně vidět, že největší podíl spotřeby elektrické energie měly zdroje chladu v létě, kdy spotřebovali 84 % z celkové spotřeby. Naopak vzduchotechnika měla největší spotřebu elektrické energie v zimě a to s 47 % podílem.



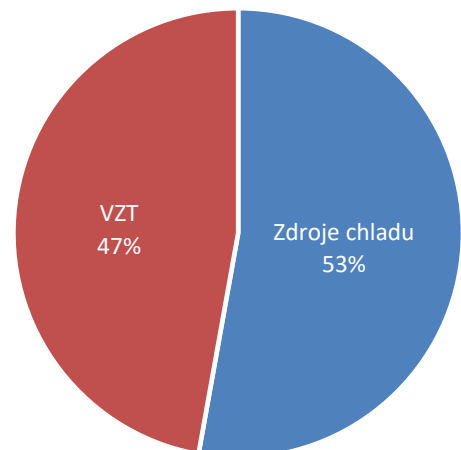
Graf 19 Spotřeba VZT a zdrojů chladu jaro 2018



Graf 18 Spotřeba VZT a zdrojů chladu léto 2018



Graf 21 Spotřeba VZT a zdrojů chladu podzim 2018



Graf 20 Spotřeba VZT a zdrojů chladu zima 2018

## 10. Souhrn spotřeb energie zdrojů chladu

Kvůli lepší představě byly z následující tabulky vytvořeny koláčové grafy celkové spotřeby za jednotlivá roční období. Ty porovnávají procentuální podíl spotřeby elektrické energie pro jednotlivé typy zařízení. Poté byly do tabulek zaneseny i hodnoty v předminulého roku 2017, aby bylo možné porovnání dat za uplynulý rok. Bohužel data ze strojovny D z roku 2017 nejsou k dispozici, a proto porovnávám pouze strojovnu východ a západ za rok 2017 a za rok 2018.

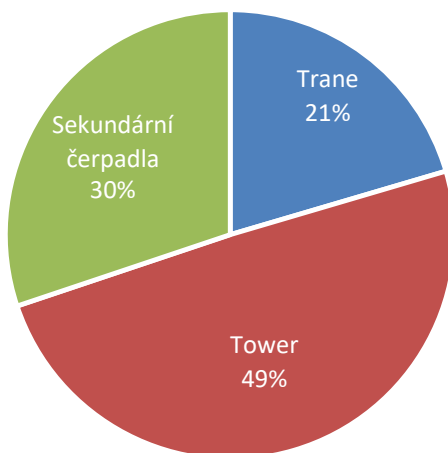
Tabulka 15 Měsíční spotřeby el. energie strojovny západ

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)
	3,0	19,5	29,1	0,3	0,0	48,9	0,0	5,3	14,9	0,0	20,2	36,9	106,1
Jaro 2017	4,0	42,5	1,9	0,3	1,3	46,0	1,3	11,3	0,9	0,0	13,6	37,7	97,2
	5,0	12,9	7,5	0,3	10,5	31,2	10,5	3,5	3,3	0,0	17,4	34,3	82,8
	6,0	0,0	17,4	2,6	19,4	39,4	19,4	0,0	7,9	1,3	28,7	35,9	104,0
Léto 2017	7,0	0,0	16,6	0,3	22,1	39,1	22,1	0,0	7,6	0,0	29,8	36,7	105,6
	8,0	0,0	17,2	3,6	22,0	42,8	22,0	0,0	8,4	1,5	31,9	35,0	109,7
	9,0	0,0	0,3	0,3	13,2	13,7	13,2	0,0	0,0	0,0	13,2	32,1	59,0
Podzim 2017	10,0	13,6	0,3	0,3	10,1	24,3	10,1	3,9	0,0	0,0	14,1	26,5	64,9
	11,0	24,1	7,3	0,4	0,0	31,9	0,0	7,1	22,8	19,4	49,3	32,9	114,0
Zima 2018	1,0	0,0	0,1	28,5	0,3	28,9	0,0	0,0	37,0	20,0	57,0	34,7	120,5
	2,0	0,0	0,1	6,4	0,3	6,7	0,0	0,0	32,4	24,4	56,8	31,9	95,4
	3,0	0,9	0,1	16,8	7,7	25,4	0,0	0,0	29,9	27,4	57,3	30,1	112,9
Jaro 2017	4,0	66,6	0,1	3,6	4,8	75,0	20,2	0,0	2,5	5,6	28,3	33,1	136,4
	5,0	29,2	69,3	0,3	0,5	99,2	10,6	18,9	0,0	2,3	31,9	36,0	167,0
	6,0	12,3	103,1	0,3	0,3	115,9	4,0	26,3	0,0	0,4	30,8	35,1	181,9
Léto 2018	7,0	107,6	0,0	19,6	0,4	127,7	34,8	0,0	8,7	0,1	43,6	36,4	207,6
	8,0	126,4	0,0	40,8	6,3	173,4	39,1	0,0	20,1	3,1	62,3	36,6	272,3
	9,0	78,7	1,2	2,5	6,1	88,5	24,5	0,1	1,3	2,7	28,4	35,0	152,0
Podzim 2018	10,0	66,7	0,1	0,3	0,3	67,3	21,1	0,1	0,0	0,0	21,3	35,1	123,8
	11,0	40,0	7,9	0,3	0,1	48,3	12,9	2,4	3,9	3,5	22,7	34,5	105,5

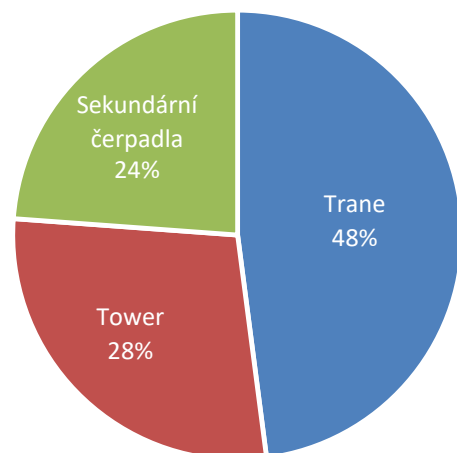
Tabulka 16 Měsíční spotřeby el. energie strojovny východ

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	40,9	0,1	0,7	41,7	10,1	0,0	1,5	11,6	18,4	71,8
Jaro 2017	4	34,5	2,0	0,5	36,9	9,2	1,0	1,1	11,2	17,5	65,6
	5	39,7	2,6	1,1	43,4	12,6	1,2	4,2	17,9	18,6	80,0
	6	64,5	0,2	0,1	64,7	20,7	0,0	1,2	22,0	18,9	105,5
Léto 2017	7	69,4	0,2	0,0	69,5	23,4	0,0	0,0	23,4	19,5	112,5
	8	73,4	0,1	0,0	73,5	23,9	0,0	0,1	24,0	19,3	116,9
	9	40,6	0,1	0,0	40,7	13,9	0,0	0,0	13,9	17,8	72,3
Podzim 2017	10	40,2	0,8	0,0	41,0	13,7	0,3	0,0	14,1	18,2	73,3
	11	14,9	0,2	0,5	15,7	5,1	14,6	16,8	36,5	17,2	69,4
Zima 2018	1	0,0	13,5	0,0	13,5	0,0	21,4	14,8	36,3	18,0	67,7
	2	0,0	3,4	0,0	3,4	0,0	21,5	17,8	39,3	16,2	58,9
	3	0,0	0,1	3,7	3,9	0,0	13,8	23,5	37,3	18,3	59,5
Jaro 2017	4	11,0	33,5	1,1	45,6	3,8	16,3	2,8	22,9	17,9	86,4
	5	33,2	31,3	0,0	64,5	11,4	15,8	0,1	27,3	18,5	110,3
	6	84,0	0,1	0,1	84,1	26,5	0,0	0,3	26,9	18,2	129,2
Léto 2018	7	74,5	32,2	0,0	106,7	22,8	15,8	0,1	38,7	19,0	164,3
	8	115,7	25,1	0,0	140,8	37,7	14,2	0,0	52,0	18,7	211,5
	9	54,1	2,4	0,0	56,5	18,8	1,2	0,0	20,0	17,7	94,2
Podzim 2018	10	36,6	0,5	0,0	37,1	13,1	0,5	0,0	13,6	17,9	68,5
	11	15,6	14,5	0,0	30,0	5,0	10,0	2,1	17,1	17,5	64,6

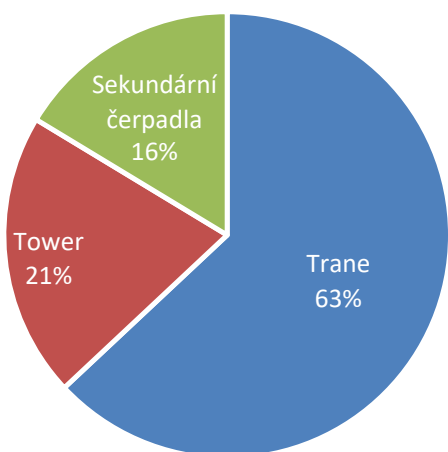
V následujících grafech 22–24 je procentuální rozdělení spotřeby zařízení kompresorového chlazení (Trane), oběhových čerpadel společně s věžemi (Tower) a sekundární čerpadla pro rozvod vody po objektu za jednotlivé roční období roku 2018 pro strojovnu západ. Z grafů můžeme jasně vyčíst, že v zimě je hojně využíván systém freecooling, oproti v létě je nejvíce využíváno strojní chlazení.



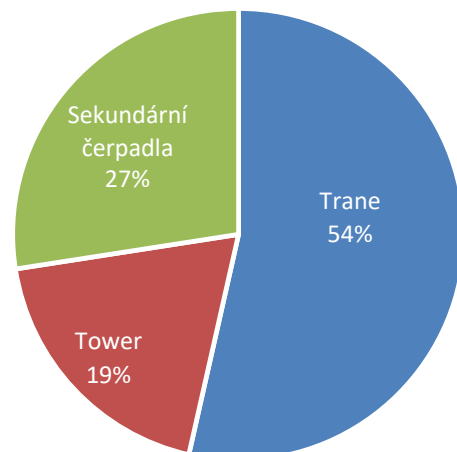
Graf 22 Celková spotřeba zima 2018



Graf 23 Celková spotřeba jaro 2018

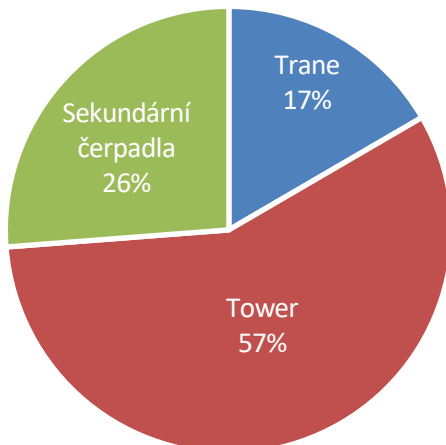


Graf 24 Celková spotřeba léto 2018

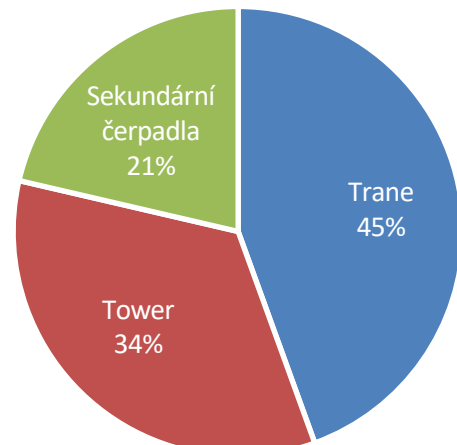


Graf 25 Celková spotřeba podzim 2018

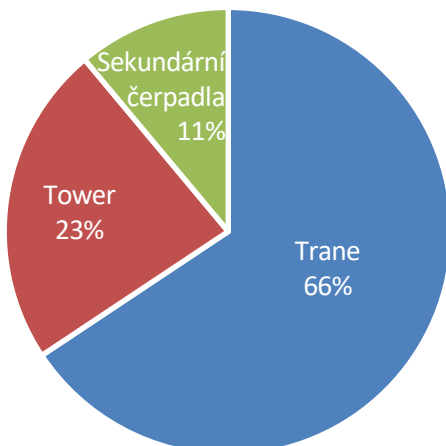
V následujících grafech 26–29 je procentuální rozdělení spotřeby zařízení kompresorového chlazení (Trane), oběhových čerpadel společně s věžemi (Tower) a sekundární čerpadla pro rozvod vody po objektu za jednotlivé roční období roku 2018 pro strojovnu východ. Z grafů můžeme jasně vyčíst, že v zimě je hojně využíván systém freecooling, oproti v létě je nejvíce využíváno strojní chlazení.



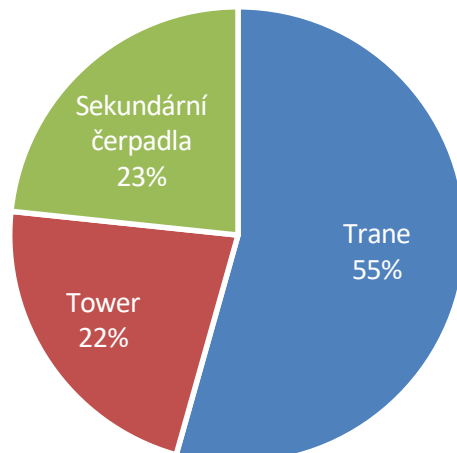
Graf 26 Celková spotřeba zima 2018



Graf 27 Celková spotřeba jaro 2018

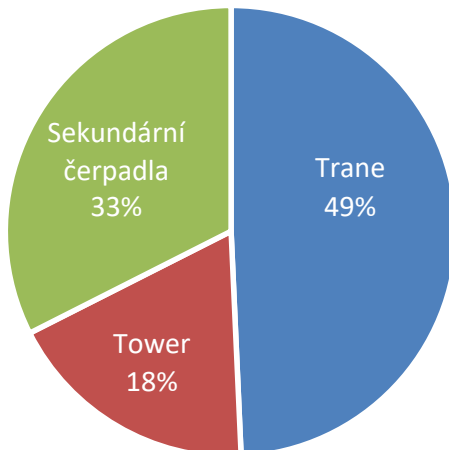


Graf 28 Celková spotřeba léto 2018

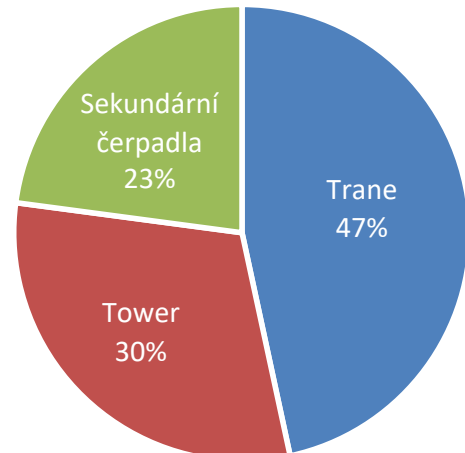


Graf 29 Celková spotřeba podzim 2018

Pro porovnání roku 2018 a 2017 bylo vybráno roční období jaro a léto. Z graf č. 30 a č. 31 můžeme vyčíst, že na jaře roku 2018 byly nižší teploty, a proto byl více využíván systém freecooling. Celková spotřeba jednotek Tower tím stoupla o 12 % z celkové spotřeby energie.

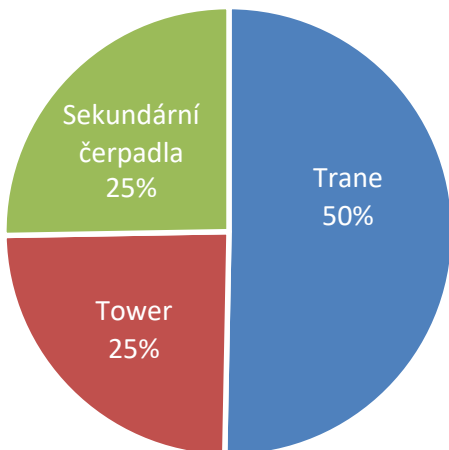


Graf 30 Celková spotřeba za jaro 2017

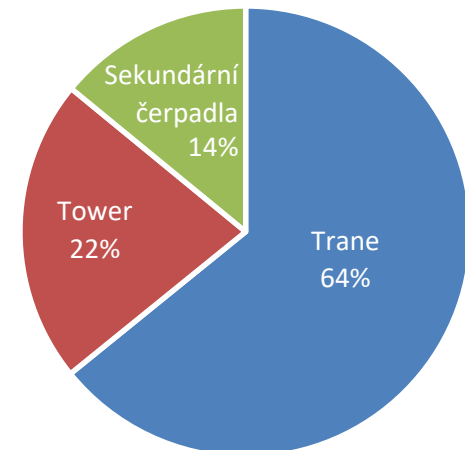


Graf 31 Celková spotřeba za jaro 2018

V Grafech č. 32 a č. 33 vidíme, že se razantně snížila procentuální spotřeba sekundárních čerpadel pro rozvod vody po objektu na úkor procentuální spotřeby jednotek Trane.



Graf 32 Celková spotřeba léto 2017

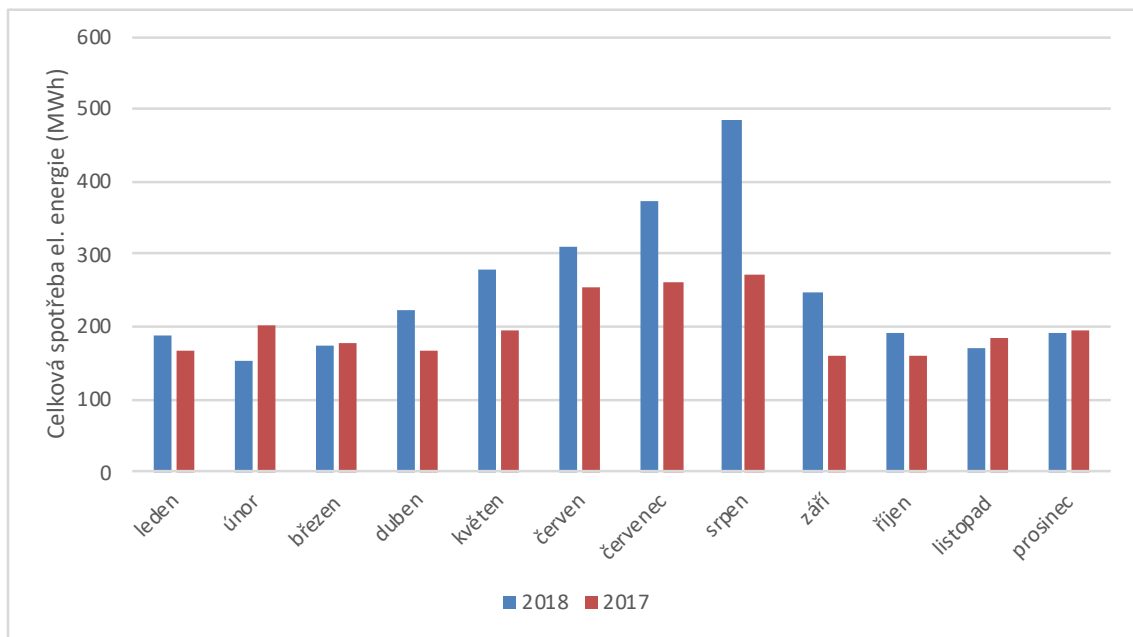


Graf 33 Celková spotřeba léto 2018

## 11. Porovnání s rokem 2017

Pro porovnání s rokem 2017 byly použity hodnoty spotřeby elektrické energie za jednotlivé měsíce. Pro lepší představu byla z hodnot vyjmuta strojovna D, která značně zvyšovala celkovou spotřebu.

Tabulka 17 Celková spotřeba el. energie za roky 2017/2018



Jak můžeme vyčíst z grafu, kromě letních měsíců byla celková spotřeba s rokem 2017 na podobné úrovni a až rekordně teplé léto roku 2018 mohlo za vychýlení od roku 2017. Pro srovnání v roce 2017 byla průměrná měsíční teplota 18 °C, ale v roce 2018 byla průměrná měsíční teplota 21,5 °C. [18]

## 12. Závěr

Náplní bakalářské práce bylo zmonitorování provozu klimatizačního zařízení obchodního centra Chodov, poté provést analýzu nasbíraných dat a doporučit případné opatření snižující spotřebu energie.

V první části bakalářské práce jsem se zabýval teoretickou částí řešeného problému, a to jednotlivým rozdělením zdrojů chladu, a dále rozdělením klimatizačních systému a jejich popisu.

V druhé praktické části jsem začal popisem obchodního centra Chodov jako takového. V dalších kapitolách praktické části jsem se již zaměřil na samotné vyhodnocení nasbíraných dat. Nejdříve jsem zpracoval data z kalorimetrů, a to pro všechny tři strojovny. Poté jsem se v další kapitole zaměřil již spotřeby elektrické energie jednotlivých zdrojů chladu. Spotřeby elektrické energie jsem vždy vyhodnocoval pro lepší zobrazení za daný časový úsek. Následně jsem zpracoval analýzu za celý rok 2018 ze které jsme zjistili, že systém freecooling je nejvíce využíván v zimním období, a to konkrétně od prosince do konce března. Také jsme zjistili, že strojní chlazení je nejvíce používáno v letních měsících od května do konce září. Také jsme zjistili, že v přechodovém období běží ve strojovnách východ a západ vždy jen jedna jednotka Trane, na rozdíl od sekundárního čerpadla rozvodu chladné vody, které je v provozu neustále. Pokud bychom byly schopni vypnout tyto čerpadla mimo otvírací dobu, mohli bychom ušetřit značné množství energie. Vyhodnocení průběhu teplot nám ukázalo, že příkon strojoven je závislý na teplotě venkovního vzduchu.

V další kapitoly byly vyhodnoceny chladící faktory pro jednotlivé zdroje chladu za období měsíců roku 2018. Chladící faktory byly vytvořeny z celkové produkce chladu a spotřeby elektrické energie jednotlivých zdrojů chladu. Poté byly ke spotřebě přidány spotřeby chladících věží a v neposlední řadě spotřeby oběhových čerpadel. Z hodnot můžeme jasně vidět, že celkové chladící faktory v letním období dosahují hodnoty 3. V zimních měsících jsme vypočítali nejnižší chladící faktor 0,26. Pro tak nízkou hodnotu může být vysvětlení chyba měření při nízkých teplotních rozdílech.

Dále jsou v praktické části zanalyzovány spotřeby energie vzduchotechniky za rok 2018. Tato celková spotřeba vzduchotechniky nám vyšla 2673,8 MWh, což je 26 % z celkové spotřeby. Pro názornost jsem vytvořil koláčové grafy spotřeb VZT a zdrojů chladu pro jednotlivá roční období, ze kterých můžeme vyčíst, že největší podíl

spotřeby elektrické energie měly zdroje chladu v létě, kdy spotřebovali 84 % z celkové spotřeby. Naopak vzduchotechnika měla největší spotřebu elektrickou energie v zimě a to s 47 % podílem.

V další části byly zpracovány koláčové grafy pro jednotlivé zdroje chladu. Pro porovnání jsem do tabulek zahrnul i hodnoty z roku 2017. Na koláčových grafech je jasně vidět vyšší procentuální využití freecoolingu v zimním období, a naopak procentuální využití strojního chlazení v letním období. Při porovnání s rokem 2017 jsme si mohli všimnout vyššího procentuálního využití freecoolingu v jarním období, a to z důvodu nižších teplot na jaře 2018. Při správné optimalizaci systému freecoolingu by se dala ušetřit část energie.

Poslední kapitola srovnává celkovou spotřebu elektrické energie za rok 2017 s rokem 2018. Do celkové spotřeby při srovnání s rokem 2018 byla započítána spotřeba nové strojovny v objektu D a to z důvodu absence hodnot spotřeby strojovny D za rok 2017.



### 13. Seznam použité literatury

- [1] **DRKAL František, LAIN Miloš a ZMRHAL Vladimír.** *Klimatizace*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05652-3.
- [2] **KUNC, Martin.** *Provoz klimatizace obchodního centra*. Praha, 2018. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Strojírenství, Technika životního prostředí. Vedoucí práce Ing. Miloš Lain, Ph.D.
- [3] **NOSEK, Karel.** *Provoz klimatizace administrativní budovy v zimě*. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Strojírenství, Technika životního prostředí. Vedoucí práce Ing. Miloš Lain, Ph.D.
- [4] **DBALÝ, Libor.** *Provoz klimatizace administrativní budovy*. Praha, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Strojírenství, Technika životního prostředí. Vedoucí práce Ing. Miloš Lain, Ph.D.
- [5] **JURINEC, Pavel.** *Klimatizace administrativní budovy*. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Strojírenství, Technika životního prostředí. Vedoucí práce Ing. Miloš Lain, Ph.D.
- [6] **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/tepelnacerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>.
- [7] *24. Turbokompresory radiální a axiální* [online]. , 1 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2010/11/24-turbokompresory-radialni-axialni.html>
- [8] *Chladiva* [online]. [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelnacerpada/333-chladiva>
- [9] **SEDLÁŘ, Jan.** *Legislativní situace v oblasti chladiv a výhledy do budoucna* [online]. 4.1.2016 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelnacerpada/333-chladiva>
- [10] **TECHNICKAZ.** *Nové směry ve vývoji chladiv do roku 2030* [online]. 6.3.2017 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.technicka-zarizeni.cz/nove-smery-ve-vyvoji-chladiv-do-roku-2030/>
- [11] **SULTRADE.** *Atmosférická chlazení* [online]. [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.sultrade.cz/atmosfericka-chlazení/>
- [11] **ŠUBERT, Ondřej, J. ČÍŽEK a L. NOVÁKOVÁ.** *Model chladicí věže* [online]. 2008 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: [https://stc.fs.cvut.cz/history/2008/sbornik/Papers/S2/Subert\\_Ondrej\\_12107.pdf](https://stc.fs.cvut.cz/history/2008/sbornik/Papers/S2/Subert_Ondrej_12107.pdf)

[12] **Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Centrum Chodov** [online]. c2019 [citováno 6. 05. 2019]. Dostupný z WWW:  
<[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Centrum\\_Chodov&oldid=17163092](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Centrum_Chodov&oldid=17163092)>

[13] **BĚLOHUBÝ, Jan.** *Centrum Chodov nabídne ochutnávku z přestavby* [online]. 24.3.2017 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://www.nasepraha.cz/pr-clanky-22/centrum-chodov-nabidne-ochutnavku-z-prestavby>

[14] *Technická zpráva-ventilace-OC Chodov*. Praha : Helika a.s.

[15] *Chladiva*. Vytapeni.tzb-info.cz [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/333-chladiva>

[16] *CHLADIVO R404A*. [Http://cryochem.sk](http://cryochem.sk) [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://cryochem.sk/produkty/chladiva/chladivo-r404a.html>

[17] **ZMRHAL, Vladimír.** *Sálavé chladicí systémy (I)*. Vetrani.tzb-info.cz [online]. 1.5.2006 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/3251-salave-chladici-systemy-i>

[18] *Územní teploty*. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>

## 14. Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma kompresorového chlazení v p-h diagramu [1].....	- 10 -
Obrázek 2 Schéma pístového kompresoru [1].....	- 11 -
Obrázek 3 Spirálový kompresor [6].....	- 12 -
Obrázek 4 Schéma funkce kompresoru s rotujícím pístem [1].....	- 13 -
Obrázek 5 Šroubový kompresor [1].....	- 13 -
Obrázek 6 Radiální turbokompresor [7] .....	- 14 -
Obrázek 7 Snižování množství chladiv [10].....	- 16 -
Obrázek 8 Ventilátorová chladicí věž [11] .....	- 18 -
Obrázek 9 Schéma otevřené a uzavřené chladicí věže [1].....	- 19 -
Obrázek 10 Obchodní centrum Chodov [13].....	- 23 -

## 15. Seznam tabulek

Tabulka 1 Časová omezení uvádění na trh v EU pro výrobky a zařízení [9].....	- 15 -
Tabulka 2 Přehled chladiv pro klimatizační zařízení [1].....	- 16 -
Tabulka 3 Parametry vnějšího prostředí [14] .....	- 24 -
Tabulka 4 Parametry vnitřního prostředí [14] .....	- 24 -
Tabulka 5 Spotřeba tepla .....	- 25 -
Tabulka 6 Spotřeby elektrické energie za období 1. 3. 2018 – 31. 10. 2018.....	- 28 -
Tabulka 7 Spotřeby elektrické energie za období 1. 12. 2017 - 28. 2. 2018 .....	- 30 -
Tabulka 8 Spotřeby elektrické energie za období od 1. 6. 2018 do 31. 8. 2018.....	- 33 -
Tabulka 9 Celková spotřeba v % .....	- 36 -
Tabulka 10 Spotřeba elektrické energie chlazení .....	- 37 -
Tabulka 11 Spotřeby elektrické energie chlazení .....	- 38 -
Tabulka 12 Chladicí faktory za jednotlivé měsíce 2018.....	- 44 -
Tabulka 13 Meteorologické údaje .....	- 47 -
Tabulka 14 Spotřeby elektrické energie VZT.....	- 48 -
Tabulka 15 Měsíční spotřeby el. energie strojovny západ.....	- 50 -
Tabulka 16 Měsíční spotřeby el. energie strojovny východ .....	- 50 -
Tabulka 17 Celková spotřeba el. energie za roky 2017/2018.....	- 54 -

## 16. Seznam grafů

Graf 1 Průběh množství naměřeného chladu kalorimetru FC1 a FC2 strojovny západ a východ a FC budovy D .....	- 26 -
Graf 2 Spotřeba elektrické energie za první období roku 2018 .....	- 29 -
Graf 3 Spotřeba el. energie od 1. 12. 2017 do 27. 2. 2018 strojovny západ, východ a budovy D .....	- 31 -
Graf 4 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2018 do 14. 1. 2018 strojovny západ.....	- 31 -
Graf 5 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2018 do 14. 1. 2018 strojovny východ .....	- 32 -
Graf 6 Spotřeba el. energie od 1. 1. 2018 do 14. 1. 2018 v budově D.....	- 32 -
Graf 7 Spotřeba el. energie od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny východ, západ a budovy D .....	- 34 -
Graf 8 Spotřeba el. energie v období od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny západ. -	34 -
Graf 9 Spotřeba el. energie od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny východ .....	- 35 -
Graf 10 Spotřeba el. energie od 1. 8. 2018 do 31. 8. 2018 strojovny v budově D ....	- 35 -
Graf 11 Celkový příkon západ, východ a budovy D .....	- 39 -
Graf 12 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane západ .....	- 40 -
Graf 13 Příkon oběhová čerpadla a chladicí věže západ .....	- 41 -
Graf 14 Příkon kompresorů zdrojů chladu jednotek Trane východ.....	- 42 -
Graf 15 Příkon oběhová čerpadla a chladicí věže východ.....	- 43 -
Graf 16 Průběh průměrných hodnot teplot venkovního vzduchu a příkonu obou strojoven .....	- 46 -
Graf 17 Porovnání spotřeb el. energie VZT a zdrojů chladu.....	- 48 -
Graf 18 Spotřeba VZT a zdrojů chladu léto 2018 .....	- 49 -
Graf 19 Spotřeba VZT a zdrojů chladu jaro 2018 .....	- 49 -
Graf 20 Spotřeba VZT a zdrojů chladu zima 2018.....	- 49 -
Graf 21 Spotřeba VZT a zdrojů chladu podzim 2018 .....	- 49 -
Graf 22 Celková spotřeba zima 2018 .....	- 51 -
Graf 23 Celková spotřeba jaro 2018 .....	- 51 -
Graf 24 Celková spotřeba léto 2018 .....	- 51 -
Graf 25 Celková spotřeba podzim 2018 .....	- 51 -
Graf 26 Celková spotřeba zima 2018 .....	- 51 -
Graf 27 Celková spotřeba jaro 2018 .....	- 52 -

Graf 28 Celková spotřeba léto 2018 .....	- 51 -
Graf 29 Celková spotřeba podzim 2018 .....	- 52 -
Graf 30 Celková spotřeba za jaro 2017 .....	- 51 -
Graf 31 Celková spotřeba za jaro 2018 .....	- 53 -
Graf 32 Celková spotřeba léto 2017 .....	- 53 -
Graf 33 Celková spotřeba léto 2018 .....	- 53 -