

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**PROVOZ A SPOTŘEBA ENERGIE KLIMATIZACE
ROZSÁHLÉ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY V PRAZE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Souhrn

Práce se zabývá klimatizací budovy Florentina, což je rozsáhlý objekt s velmi členěným klimatizačním systémem. Klade důraz na spotřeby energií a zpracování poskytnutých dat a dále kontrolou systému a provozem rozsáhlé administrativní budovy. Data jsou zpracována a vyhodnocena graficky a početně. Z výstupů poté vycházejí jednotlivé analýzy pro chlazení, vytápění a spotřebu elektrické energie budovy.

Summary

This thesis deals with air conditioning of the Florentinum building, the large facility with a very structured air conditioning system. It is focused on energy consumption and data processing, control of the system and on the operation of the large administrative building. The data are processed and analyzed graphically and numerically. On the outputs are based particular analyses for cooling, heating and power consumption of the building.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Provoz a spotřeba energie klimatizace rozsáhlé administrativní budovy v Praze“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 30. 06. 2015

Tomáš Soldát

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Miloši Lainovi, Ph.D. za jeho trpělivost, cenné rady a odborné vedení, které mi pomohlo při řešení dané problematiky. Rovněž bych chtěl poděkovat společnosti Penta Investments, s.r.o. za poskytnutí informací a podkladů k zadanému objektu.

Obsah

| | |
|---|----|
| Přehled základních veličin | 7 |
| 1 Úvod | 8 |
| 2 Klimatizační systémy | 9 |
| 2.1 Základní kategorie klimatizací | 9 |
| 2.2 Klimatizační systém | 9 |
| 2.2.1 Klimatizační zařízení | 9 |
| 2.3 Návrh klimatizace | 10 |
| 2.4 Rozdělení klimatizačních systémů | 10 |
| 2.4.1 Vzduchové systémy | 11 |
| 2.4.2 Vodní systémy | 11 |
| 2.4.3 Kombinované systémy | 12 |
| 2.4.4 Chladivové systémy | 12 |
| 2.4.5 Jednozónové systémy | 13 |
| 2.4.6 Vícezónové systémy | 13 |
| 3 Zdroje chladu pro klimatizační zařízení | 13 |
| 3.1 Rozdělení zdrojů chladu | 14 |
| 3.2 Kompresorové zdroje chladu | 14 |
| 3.2.1 Typy kompresorů | 15 |
| 3.3 Chladiva | 16 |
| 3.4 Chladicí faktor | 17 |
| 3.5 Výparníky | 19 |
| 3.6 Kondenzátory | 21 |
| 3.6.1 Vodou chlazené kondenzátory | 21 |
| 3.6.2 Vzduchem chlazené kondenzátory | 21 |
| 4 Popis budovy | 22 |
| 4.1 Architektura budovy | 23 |
| 4.2 Dostupnost objektu | 23 |
| 4.3 Vybavenost objektu | 23 |
| 4.4 Ocenění budovy | 23 |
| 4.5 Fotografie budovy | 24 |
| 4.6 Specifikace pronajímaných prostor | 25 |
| 4.6.1 Seznámení s budovou | 26 |

| | | |
|--------|---|----|
| 5 | Popis systému budovy | 26 |
| 5.1 | Chlazení..... | 26 |
| 5.1.1 | Zdroj chladu | 26 |
| 5.1.2 | Indukční jednotky | 28 |
| 5.1.3 | Rozvody chlazené vody | 29 |
| 5.1.4 | Měření spotřeby chladu | 30 |
| 5.2 | Vytápění | 30 |
| 5.2.1 | Zdroj tepla..... | 30 |
| 5.2.2 | Okruh vytápění | 31 |
| 5.2.3 | Okruh vzduchotechniky | 33 |
| 5.2.4 | Rozvody otopné vody | 33 |
| 5.2.5 | Měření spotřeby tepla | 34 |
| 5.3 | Vzduchotechnika..... | 34 |
| 5.3.1 | Distribuce vzduchu | 34 |
| 5.3.2 | Popis vzduchotechnických zařízení čísla 1AB, 2AB, 3AB, 4AB, 12AB, 13AB | 35 |
| 5.3.3 | Popis vzduchotechnických zařízení číslo 5AB a 17AB..... | 36 |
| 5.3.4 | Popis vzduchotechnických zařízení číslo 20A, 120B, 121B a 122B..... | 36 |
| 5.3.5 | Popis vzduchotechnického zařízení 6AB | 36 |
| 5.3.6 | Popis vzduchotechnického zařízení 7AB | 37 |
| 5.3.7 | Popis vzduchotechnického zařízení 8AB | 37 |
| 5.3.8 | Popis vzduchotechnických zařízení 9AB a 10AB | 37 |
| 5.3.9 | Popis vzduchotechnických zařízení 14AB a 15AB | 37 |
| 5.3.10 | Popis vzduchotechnických zařízení 11A a 18A | 37 |
| 5.3.11 | Popis vzduchotechnického zařízení 16AB | 37 |
| 5.3.12 | Popis vzduchotechnického zařízení 19AB | 37 |
| 5.4 | Popis jednotlivých zařízení | 38 |
| 5.4.1 | Chlazení budovy | 38 |
| 5.4.2 | Vytápění budovy..... | 39 |
| 5.4.3 | Vzduchotechnika budovy | 39 |
| 5.5 | Měření a regulace..... | 39 |
| 5.5.1 | Základní funkce MaR | 39 |
| 5.5.2 | Měření spotřeby | 40 |
| 5.5.3 | Měřicí zařízení | 40 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.6 | Provoz a zkušenosti s objektem | 40 |
| 5.6.1 | Vlastnosti objektu | 40 |
| 5.6.2 | Provoz zařízení | 41 |
| 5.6.3 | Provoz budovy | 41 |
| 5.6.4 | Problémy v provozu..... | 41 |
| 5.6.5 | Shrnutí zkušeností z provozu..... | 42 |
| 5.7 | Kontrola systému | 43 |
| 6 | Naměřená data | 43 |
| 7 | Zpracování naměřených dat | 43 |
| 7.1 | Prohlídka a seznámení se zařízeními budovy | 43 |
| 7.2 | Zpracování denních dat..... | 44 |
| 7.3 | Tvorba grafů..... | 44 |
| 7.3.1 | Základní typy grafů..... | 46 |
| 8 | Hodnocení..... | 48 |
| 8.1 | Chlad | 48 |
| 8.2 | Teplo | 53 |
| 8.3 | Elektrická energie..... | 58 |
| 8.3.1 | Porovnání příkonu vybraných vzduchotechnických jednotek | 58 |
| 8.3.2 | Výpočet vyhlazení grafů | 61 |
| 8.3.3 | Grafy strojoven chlazení, chladicích jednotek a suchých chladičů | 61 |
| 8.4 | Sezónní využití – <i>SEER</i> | 64 |
| 8.5 | Porovnání skutečného a nominálního příkonu | 66 |
| 8.5.1 | Porovnání skutečného a nominálního příkonu po měsících | 70 |
| 9 | Energetické spotřeby budovy | 72 |
| 9.1 | Spotřeba plynu | 72 |
| 9.2 | Spotřeba elektrické energie | 73 |
| 10 | Závěr | 75 |
| | Seznam použité literatury: | 77 |
| | Přílohy..... | 78 |

Přehled základních veličin

| | | |
|---------------|------|--|
| EER | [-] | chladičí faktor (Energy Efficiency Ratio) |
| EER_{celk} | [-] | celkový chladičí faktor |
| EER'_{celk} | [-] | celkový chladičí faktor kompaktního zdroje |
| EER_C | [-] | chladičí faktor Carnotova oběhu |
| EER_R | [-] | chladičí faktor reálného oběhu |
| $ESEER$ | [-] | evropský sezónní chladičí faktor |
| $SEER$ | [-] | sezónní chladičí faktor |
| Q_N | [W] | chladičí výkon |
| P_C | [W] | elektrický příkon kompresoru |
| P_N | [W] | elektrický příkon |
| P_V | [W] | elektrický příkon ventilátoru |
| T_K | [°C] | vypařovací teplota |
| T_O | [°C] | kondenzační teplota |
| η_C | [-] | účinnost kompresoru |
| η_E | [-] | účinnost pohonu |
| η_R | [-] | účinnost reálného oběhu |

1 Úvod

Předmětem práce je především zpracování naměřených dat z vybraných měřicích zařízení a dále se zabývat kontrolou navrženého systému a zkušenostmi s provozem rozsáhlé administrativní budovy. Naměřená data se po zpracování porovnávají vůči sobě nebo celkovým hodnotám budovy a následně jsou z nich vytvářeny grafy.

Práce obsahuje popis klimatizačního systému a jeho rozdělení, dále pak typy zdrojů chladu a z čeho se skládají. Do teoretické části patří i popis objektu a jednotlivých zařízení v budově, jako jsou chladicí jednotky, suché chladiče, vzduchotechnické jednotky a zdroje tepla. V praktické části se objevují naměřená a zpracovaná data, vytvořené grafy pro chlad, teplo a elektřinu, hodnocení a energetické spotřeby budovy, kde jsou vyhodnocovány sezónní využití a účinnost kotlů.

Postup u takto velkého objektu a množství poskytnutých dat (444 souborů, kdy v jednom mohlo být až 15 028 hodnot) byl následující. V rychlosti došlo k seznámení s budovou, hlavně s částmi, kterými se práce zabývá. Dále byla vybrána potřebná data pro zpracování, za pomoci seznamu čísel jednotlivých měřicích zařízení, nebo jejich fyzickým zjištěním. Z nich se následně vytvářely grafy průběhů za celé měřené období a jednotlivá vyhodnocení a analýzy chlazení, vytápění a větrání budovy.

2 Klimatizační systémy

Klimatizace je proces, který upravuje čistotu, vlhkost, teplotu a proudění vzduchu. Tato úprava vzduchu se používá pro obytné, společenské a průmyslové budovy, dopravní prostředky i technologické celky. Změna venkovního klimatu, vnitřních tepelných a vlhkostních zátěží mění okrajové podmínky. Ty vedou k automatickému řízení úpravy procesů vzduchu, kvůli závislosti a změně těchto podmínek. [1]

2.1 Základní kategorie klimatizací

- Komfortní klimatizace upravuje vnitřní prostředí z hygienického hlediska, tzn. pro lidský organismus. Používá se v obytných, pobytových prostorech jako jsou např. byty, hotely, kina, divadla, administrativní budovy, atd.
- Technologická klimatizace upravuje vnitřní prostředí z technologických hledisek, ať už pro strojní výrobu a provoz, nebo pro různé biologické a mikrobiologické procesy. Dále můžeme klimatizace dělit na technologicky prostorové, které jsou využívány v prostorách s přítomností osob, jako jsou např. čisté prostory pro farmacii, elektroniku, přesnou strojírenskou výrobu atd. a technologicky procesní klimatizace, které jsou bez přítomnosti osob, např. výrobní linka.

Úplná klimatizace celoročně upravuje teplotu, vlhkost a čistotu tak, aby splňovala požadované parametry. Oproti tomu dílčí klimatizace upravuje jen některé parametry např. chlazení vzduchu v letním období. Ale i dílčí klimatizační zařízení může upravovat více parametrů, např. kombinací s komfortní klimatizací v létě větrá a chladí nebo v zimě větrá a vytápí. [1]

2.2 Klimatizační systém

Zajišťuje distribuci tepla, chladu a vzduchu v objektu za pomoci funkčních prvků, které upravují vzduch přiváděný (čerstvý) i oběhový. Jednotlivé systémy se liší podle druhu tekutiny přenášející teplo a chlad v budově, podle počtu zón, jež systém upravuje a ve kterých dochází ke změnám tepelné i vlhkostní zátěže. [1]

2.2.1 Klimatizační zařízení

Je jeden konkrétní určitý systém, případně je to jedna část většího klimatizačního systému např. "Zařízení č. 3.0.1 Klimatizace zasedací místnosti", je dvoukanálový, dvouzónový systém, což je konkrétní klimatizační zařízení. [2]

2.3 Návrh klimatizace

Vstupní údaje:

- parametry vnitřního prostředí (teplota, vlhkost, čistota ovzduší)
- vnitřní zdroje tepla, chladu, vlhkosti, škodlivin
- specifikace budovy (dispozice, tepelně technické vlastnosti)
- parametry venkovního prostředí
- požadavky na přívod čerstvého vzduchu [3]

2.4 Rozdělení klimatizačních systémů

Klimatizační systémy se dělí dvěma způsoby:

- podle tekutiny přenášející chlad a teplo po budově, jsou to systémy:
 - vzduchové
 - vodní
 - kombinované – voda/vzduch
 - chladivové
- podle počtu zón, ve kterých je klimatizačním systémem upravováno prostředí a v nichž dochází k individuálním změnám tepelné a vlhkostní zátěže, jsou to systémy:
 - jednozónové
 - vícezónové [3]

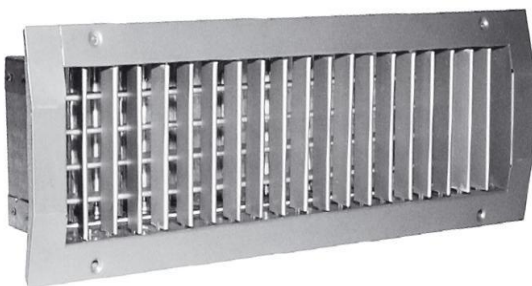
Nejpoužívanější skupiny a podskupiny klimatizačních systémů jsou:

- vzduchové systémy jednozónové
 - jednokanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- vzduchové systémy vícezónové
 - jednokanálový systém s proměnným průtokem vzduchu
 - dvoukanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- vodní systémy vícezónové
 - systémy ventilátorovými konvektory (dvou, tří, čtyřtrubkový rozvod vody, jednokanálový rozvod vzduchu)
 - systém s chladicími/otopnými plochami (např. stropy)
- kombinované systémy vzduch-voda vícezónové

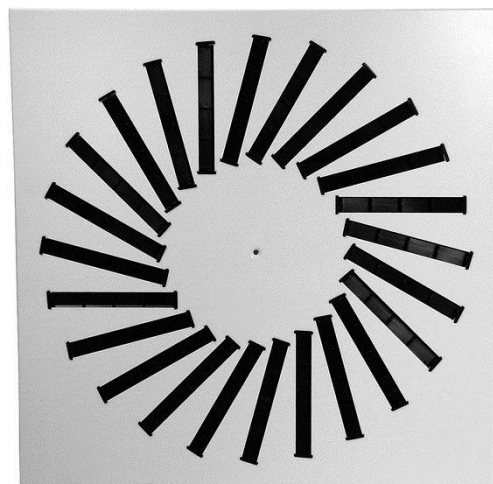
- indukční systém s indukčními (parapetními) jednotkami (dvou, tří, čtyřtrubkový rozvod vody, jednokanálový rozvod vzduchu)
- indukční systém s chladicími trávci (dvou nebo čtyř trubkový rozvod vody, jednokanálový rozvod vzduchu)
- chladičové systémy jednozónové a vícezónové
 - jednozónový systém (split) s konstantním průtokem chladiva
 - vícezónový systém multisplit
 - vícezónový systém VRF, VRV [1]

2.4.1 Vzduchové systémy

Tyto systémy rozvádí chlad nebo teplo vzduchem. Můžou tedy do klimatizovaného prostoru přivádět vzduch čerstvý. Potrubí však bývá větších dimenzí od desítek milimetrů až po tisíce. Koncovými prvky tohoto systému jsou vyústky nebo anemostaty, viz obr. 2.1 a 2.2. [3]



Obr. 2.1 – Vyústka [6]



Obr. 2.2 – Anemostat [7]

2.4.2 Vodní systémy

Potrubí vodního systému rozvádí také teplo či chlad, ale již prostřednictvím vody. Mají mnohem menší rozměry potrubí, od několika milimetrů, až po desítky. Koncovými prvky jsou jednotky fan-coil (ventilátorové konvektory), některé typy můžete vidět na obr. 2.3 a 2.4. Vodní systém nepřivádí do klimatizovaného prostoru čerstvý vzduch. Dalším typem je sálavý vodní systém. [1]



Obr. 2.3 – Fan-coil kazetový [8]



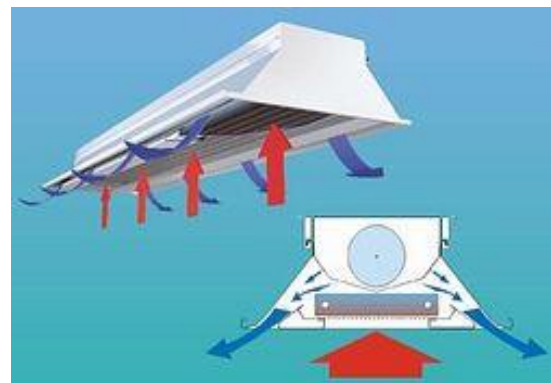
Obr. 2.4 – Fan-coil parapetní [8]

2.4.3 Kombinované systémy

Systém vzduch/voda, kde je přiváděn čerstvý vzduch do klimatizovaného prostoru. U tohoto systému jsou přiváděny vzduch i voda ke koncovým prvkům. Ať už se jedná o indukční jednotky obr. 2.5, nebo chladicí trámce obr. 2.6. [1]



Obr. 2.5 – Indukční jednotka [9]



Obr. 2.6 – Chladicí trám [10]

2.4.4 Chladivové systémy

Rozvody těchto systémů mohou přivádět chladivo v kapalném nebo plynném stavu. Koncovými prvky jsou ventilátorové konvektory obr. 2.7. Pokud chceme do klimatizovaného prostoru přivádět čerstvý vzduch, musíme pro to navrhnout další zařízení, které ho přivádí buď do koncových prvků, nebo do výústek či anemostatů. [3]



Obr. 2.7 – Ventilátorový konvektor [8]

2.4.5 Jednozónové systémy

Některé jednozónové systémy upravují vzduch pouze pro jeden prostor, ve zvláštních případech i pro více prostor, kde se počítá se stejnou tepelnou zátěží, např. shromažďovací prostory divadel, kin, sportovních hal. Dalším typem jednozónového systému je tzn. split systémy, kdy se vždy jedná o jednu venkovní a jednu vnitřní jednotku. Split je chladivový systém vhodný pro chlazení jednotlivých kanceláří, bytů nebo obchodů. [1]

2.4.6 Vícezónové systémy

Upravují vnitřní prostředí jednotlivých zón za pomoci klimatizačního zařízení. Pokud se jedná o větší objekty, může se systém skládat z několika zařízení pro jednotlivé úseky. Tyto systémy většinou pracují s přiváděným i oběhovým vzduchem, který chladí, ohřívají, čistí, vlhčí. Zdroje vzduchu, vody, chladiva jsou napojeny ke koncovým prvkům jednotlivých zón. Podle potřeby dané zóny, je koncovým prvkem přiváděn upravený vzduch s optimálními parametry. [1]

3 Zdroje chladu pro klimatizační zařízení

Zdroje chladu pro klimatizační zařízení mohou být různého typu, od klasických s oběhem chladiva přes termoelektrické až po alternativní, které využívají chlad z okolí. Alternativní jsou např. adiabatická, noční a zemní chlazení. [1] Při využití alternativních metod se musí dbát na přesný návrh a výpočet. Např. při návrhu nočního chlazení

v městských zástavbách je problém s ochlazením vzduchu právě v noci. Jelikož většina ploch je zastavěna, nemůže docházet k absorpci tepla do zemského masivu. Může tedy dojít k nedostatečnému ochlazení budovy a tím k tepelné nepohodě člověka v pracovních hodinách.

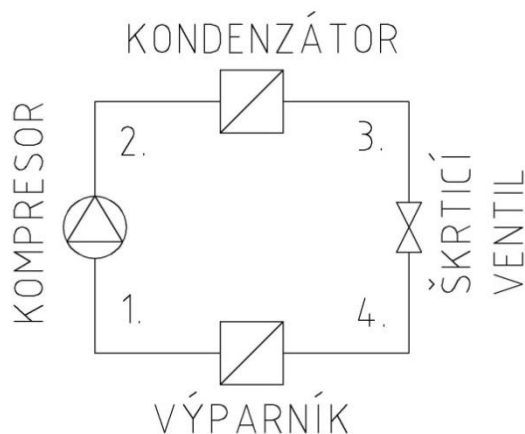
3.1 Rozdělení zdrojů chladu

- dle způsobu chlazení vzduchu:
 - přímé chlazení:
Ve výparníku proudí chlazený vzduch, který je chlazen přímo, vypařujícím se chladivem. Jedná se o výměník chladivo/vzduch.
 - nepřímé chlazení:
Ve výparníku proudí teplotonosná látka (nejčastěji voda), která teprve chladí chlazenou látku v dalším výměníku. V soustavě jsou tedy dva výměníky – chladivo/voda a voda/vzduch.
- dle tepelného oběhu:
 - zařízení s parním oběhem:
V tomto oběhu dochází ke čtyřem změnám, viz odstavec 3.2, pracuje s jednou pracovní látkou (chladivem).
 - sorpční chladicí zařízení:
Chladivo se z tlaku vypařovacího na kondenzační převádí pomocí absorpce nebo adsorpce. V oběhu jsou dvě pracovní látky – chladivo a absorbent nebo chladivo a adsorbent. Chladicí zařízení dále může dělit na absorpční a adsorpční:
 - a) absorpční – chladivo je pohlcováno hmotou tedy absorbentem
 - b) adsorpční – na povrch pevné látky tedy adsorbent se váže chladivo

[4]

3.2 Kompresorové zdroje chladu

Nejčastěji se kompresorový chladivový oběh (parní oběh) skládá z kondenzátoru, škrticího ventilu, výparníku a kompresoru, viz obr. 3.1. V tomto oběhu dochází ke čtyřem změnám.



Obr. 3.1 – Kompresorový chladivový oběh

- První změna (1-2) nazývaná komprese:
Kompresor odsává páry chladiva z výparníku při výparném tlaku. Dále je pak stlačuje na tlak kondenzační.
- Druhá změna (2-3) kondenzace:
Ve výměníku tepla je teplo ze stlačených par odváděno sdílením, zpravidla do okolí, při čemž páry chladiva kondenzují.
- Třetí změna (3-4) škrcení:
V expanzním ventilu dochází v důsledku zúžení průtočného průřezu k izoentalpické expanzi z tlaku kondenzačního na výparný.
- Čtvrtá změna (4-1) vypařování:
Probíhá ve výparníku. Jedná se o děj izotermicko-izobarický, kdy se při výparném tlaku chladivo vypařuje a odebírá teplo chlazené tekutině. Z výparníku jsou poté páry chladiva zpět nasávány kompresorem a celý cyklus se opakuje. [1]

3.2.1 Typy kompresorů

Pístové kompresory se používají u specifických jednotek, kdy není potřeba vysoká účinnost ani chladicí výkon, u tohoto typu je kladen spíše důraz na minimální pořizovací náklady.

Spirálové kompresory (scroll) patří mezi nejpoužívanější. Mají totiž dobrý poměr ceny a účinnosti. Hlavními prvky jsou dvě spirály, kdy jedna obíhá po dráze druhé, která je nepohyblivá. Nasáté páry chladiva směřují doprostřed spirál, kudy vycházejí. Teplota

a tlak par se směrem do středu zvyšují, protože prostor se zmenšuje. Běžné scrolly mají bohužel pouze regulaci zapnutí/vypnutí. Další nevýhodou scrollu jsou omezené výkony, proto se pro dosažení vyšších výkonů instaluje více kompresorů. Na regulaci celého zařízení má instalace více kompresorů dobrý vliv. Např. pokud budu mít čtyři kompresory, mohu zařízení regulovat skokově zapnutím nebo vypnutím jednotlivých kompresorů. K dispozici tedy budu mít skokovou regulaci 25, 50, 75, 100 % celého výkonu zařízení. Pro lepší regulaci mohu instalovat invertor, čímž budu moci regulovat otáčky jednoho kompresoru plynule např. od 15 % až do 100 % a tím se zvýší účinnost stroje.

Šroubové kompresory se používají pro zdroje s větším výkonem. Díky vyšším pracovním otáčkám mají menší rozměry. Hlavními prvky jsou dvě hřídele, které mají šroubový závit s nestejným počtem zubů. Dále pak kompresory obsahují ložiska, skříň, atd. Při porovnání se scroll zařízením, které má stejný výkon, je šroubový kompresor dražší, ale má lepší účinnost. Výhody jsou tedy malé rozměry, vyšší výkony a méně pohyblivých částí. Oproti tomu nevýhodou je axiální zatížení ložisek a následně tedy potřeba jejich důkladného mazání.

Turbokompresory jsou pro zdroje s větším výkonem a zároveň jsou jakousi alternativou šroubových kompresorů. Jedná se o lopatkové stroje, kde páram chladiva je dodána kinetická energie za pomoci lopatkového kola. Ta se poté převádí v nepohyblivém kole na tlakovou. Turbokompresorů je několik typů: axiální, radiální a diagonální. Tento typ kompresorů patří mezi nejdražší možná řešení, ale pro použití v klimatizačních zařízeních je vhodný, protože v klimatizaci dochází často k částečnému zatížení a při tomto zatížení turbokompresoru výrazně roste chladicí faktor.

Všechny tyto kompresory můžeme dělit na ucpávkové, polohermetické a hermetické.
[5, 1]

3.3 Chladiva

Chladivo se používá jako pracovní látka oběhu. Během jednotlivých změn, které se uskutečňují v oběhu, mění chladivo své skupenství z kapalného na plynné a opačně. Jsou dva typy chladiva přírodní a syntetické, ty dále můžeme dělit na jednosložkové a na směsi zeotropické nebo směsi azeotropické. U látky jednosložkové a směsi látek azeotropických probíhá fázová změna z kapaliny na plyn, za konstantní teploty při

určitém tlaku. U zeotropické směsi probíhá fázová změna při změně teplot v určitém rozsahu.

Při používání chladiva se vždy posuzuje jeho dopad na životní prostředí, proto jsou snahy používat co nejšetrnější chladiva, samozřejmě s ohledem na jejich chladicí faktor. Dnes se nejvíce používají chladiva R407C, R410A a R134a. R410A je nejčastěji využito pro scroll kompresory, tedy pro nižší výkony. Pro vyšší výkony u šroubových kompresorů je většinou použito chladivo R134a.

V letošním roce (2015) by se mělo přestat servisovat chladivo R22. Provozovatelé klimatizačních zařízení se tedy snaží nahradit ho některým z výše uvedených. Např. pokud měl provozovatel systém VRV s jednou venkovní jednotkou a dvaceti vnitřními jednotkami, musí všechny vyměnit. V rámci úspor bude chtít zanechat původní potrubí, kterým proudilo chladivo R22. Jenže chladivo R410A potřebuje menší průměry potrubí, proto se při výměně systému musí vše přepočítat a zkontrolovat, aby nový systém s jiným chladivem fungoval správně. Výměna chladiva s sebou nese značné jak finanční, tak i technické nároky. [1, 4]

3.4 Chladicí faktor

„Chladicí faktor zdroje chladu s kompresorovým parním oběhem je definován jako poměr chladicího výkonu Q_N ku elektrickému příkonu zdroje P_N .“ [1] Tento poměr se označuje EER , který vychází z angličtiny (Energy Efficiency Ratio).

$$EER_C = \frac{Q_N}{P_N} [-] \quad (1.1)$$

kde:

EER [-] chladicí faktor (Energy Efficiency Ratio)

Q_N [W] chladicí výkon

P_N [W] elektrický příkon

Chladicí faktor není účinnost oběhu η_R . Účinnost celého oběhu lze vyjádřit porovnáním reálného oběhu EER_R s Carnovovým EER_C viz rovnice 1.2.

$$EER_R = EER_C \cdot \eta_R [-] \quad (1.2)$$

kde:

EER_R [-] chladicí faktor reálného oběhu

EER_C [-] chladicí faktor Carnotova oběhu

η_R [-] účinnost reálného oběhu

Carnotův oběh se používá, protože v praxi nikdy nemůžeme dosáhnout stejné účinnosti. Chladicí faktor tohoto cyklu je vyjádřen rovnicí 1.3.

$$EER_C = \frac{T_O}{T_K - T_O} [-] \quad (1.3)$$

kde:

EER_C [-] chladicí faktor Carnotova oběhu

T_O [°C] kondenzační teplota

T_K [°C] vypařovací teplota

Chladicí oběh se skládá z dalších částí, které se pro výpočet celkového chladicího faktoru EER_{celk} musí zohlednit, viz rovnice 1.4.

$$EER_{celk} = EER_R \cdot \eta_C \cdot \eta_E = \frac{Q_N}{P_C} [-] \quad (1.4)$$

kde:

EER_{celk} [-] celkový chladicí faktor

EER_R [-] chladicí faktor reálného oběhu

η_C [-] účinnost kompresoru

η_E [-] účinnost pohonu

Q_N [W] chladicí výkon

P_C [W] elektrický příkon kompresoru

Celkový chladicí faktor EER_{celk} pro zdroje chladu s vodou chlazeným kondenzátorem platí rovnice 1.4. Do výpočtu chladicího faktoru tohoto zdroje se tedy započítává pouze

příkon kompresoru, nikoliv příkon oběhových čerpadel a ventilátorů. Na rozdíl u vzduchem chlazeného chilleru je nutno do výpočtu zahrnout příkon ventilátoru, jak lze vidět na rovnici 1.5, ten totiž odvádí kondenzační teplo.

$$EER'_{celk} = \frac{Q_N}{P_C + P_V} \quad (1.5)$$

kde:

EER'_{celk} [-] celkový chladicí faktor kompaktního zdroje

Q_N [W] chladicí výkon

P_C [W] elektrický příkon kompresoru

P_V [W] elektrický příkon ventilátoru

Pro posouzení energetické náročnosti klimatizace, tedy celého systému chlazení, musíme k celkovému chladicímu faktoru přičíst spotřeby dalších zařízení celého systému, tedy spotřeby oběhových čerpadel a ventilátorů.

ESEER Evropský sezónní chladicí faktor vznikl za účelem optimalizace a srovnání různých výrobců zdrojů chladu. Jedná se o celkové hodnocení zdroje chladu při různých zátěžích. Tato certifikace se provádí podle programu Eurovent, při přesně určených podmínkách: teplotní spád chlazené vody 7/12 °C, u vzduchem chlazených kondenzátorů je také dále uváděna vstupní teplota chladicího vzduchu 35 °C, teplotní spád 30/35 °C je u vodou chlazených kondenzátorů. *EER* je získáno z rovnice 1.1, tzn., že spotřeba externích oběhových čerpadel a dalších externích zařízení zde není započtena. Tato certifikace, ale nemusí být výrobcem u zařízení uváděna, není mu to nařízeno žádnou vyhláškou ani zákonem. Proto Evropská komise přijala další hodnocení – *SEER* (tzv. sezónní chladicí faktor) – je vlastně totožné jako *ESSEER*. Vyhodnocuje se podobným způsobem, *EER* se také započítává při různých zátěžích. *SEER* se liší ve váhových koeficientech i ve stanovení *EER*. [1, 3]

3.5 Výparníky

Výparníky jsou výměníky tepla, ve kterých probíhá poslední změna chladicího okruhu vypařování. Výparníky můžeme dělit podle zaplavení teplosměnné plochy a regulace

přívodu chladiva na suché a zaplavené. Dále je dělíme dle způsobu chlazení na přímé s odebíráním tepla přímo ze vzduchu, vody nebo jiné kapaliny.

- dle přívodu chladiva a zaplavení:
 - **Suché** dále dělíme na dva typy s termostatickým nebo elektronickým expanzním ventilem. Množství chladiva, které je přivedeno do výparníku řídí teplota a tlak chladiva na výstupu z výparníku.
 - **Zaplavené** výparníky mohou být s nízkotlakým ventilem, vysokotlakým plovákovým ventilem, elektrickým regulátorem výšky hladiny nebo termostatickým ventilem s vyhřívanou tykavkou. Tyto regulace množství přiváděného chladiva se všechny řídí podle nastavení výšky hladiny ve výparníku.
- dle chlazené látky:
 - **Vzduchem chlazené** výparníky bývají lamelové. Mohou být navrženy kompletní s ventilátorem a opláštěním, nebo jen jako samostatné teplosměnné bloky, které se dají umístit do vzduchotechnických jednotek či potrubí. U tohoto typu výparníku je problém se srážením vlhkosti. K té dochází, pokud klesne povrchová teplota výměníku pod teplotu rosného bodu. Vzniklý kondenzát sbírá vana, která je umístěna pod výměníkem a ten je odváděn buď čerpadlem kondenzátu, nebo samospádem do kanalizace. Když se dostane povrchová teplota výměníku pod teplotu mrazu, musí dojít k odstranění námrazy. Ta totiž zapříčiní snížení přestupu tepla a zvýšení tlakových ztrát, odstranit ji lze odtáváním.
 - **Vodou nebo jinou kapalinou chlazené** výparníky bývají buď deskové, nebo trubkové. U vodou chlazených výměníků se opět musí dát pozor na teploty pod bodem mrazu. Při zamrznutí výměníku by mohlo dojít k jeho poškození. Proto je zdroj chladu opatřen protimrazovou ochranou a čidly průtoku, které hlídají dostatečný průtok vody výměníkem. Pokud průtok vody klesne pod nastavenou mez, celá jednotka se odstaví a musí dojít k vypuštění oběhu vody. V případech, kdy je jednotka provozována pouze v letním období, dochází k jejímu vypuštění vždy před zimou. Většinou, ale výrobci doporučují používat místo vody nemrznoucí směsi v určitém poměru, nejčastěji se používá ethylenglykol či polypropylenglykol. [4]

3.6 Kondenzátory

V kondenzátorech dochází ke kondenzaci plyných chladiv. „*Množství odváděného tepla je dáno součtem tepla odebíraného při chlazení a tepla, ekvitermního práci, dodávané do chladicího zařízení.*“ [2] Nejčastějšími typy kondenzátorů jsou vodou a vzduchem chlazené. [2]

3.6.1 Vodou chlazené kondenzátory

Jsou to výměníky chladivo/voda. Můžeme je dělit podle konstrukce na protiproudé, kotlové stojaté, kotlové ležaté a víceproudé svazkové. Vodou chlazené kondenzátory většinou bývají součástí jednotky.

- Kotlové stojaté kondenzátory se nejčastěji používají v případech, kdy je nutné čištění na straně vody. Skládají se z pláště ve tvaru válce, který musí být z horní i dolní strany uzavřen trubkovnicemi, v nichž jsou přivařeny svislé vodní trubky. Do vodních trubek se pro zvýšení přestupu tepla mohou vložit vířivé vložky. U tohoto typu kondenzátorů nelze ochlazovat chladivo pod teplotou kondenzace, proto se většinou kombinují s vodními dochlazovači.
- Kotlové ležaté kondenzátory jsou používány pro freonová chladicí zařízení. Kvůli nízkému přestupu tepla při kondenzaci freonů, je na jejich straně trubek žebrování. [2]

3.6.2 Vzduchem chlazené kondenzátory

Jedná se o výměníky chladivo/vzduch, které jsou ve dvou základních provedeních externí (oddělené) a interní. Častěji používané jsou oddělené, které jsou umístěny mimo jednotku. Pokud se jedná o interní kondenzátory, tak jsou buď s jednotkou umístěny do venkovního prostředí, nebo je k nim přiváděn vzduch za pomoci vzduchovodů.

Skládají se ze svazku lamelových trubek, přes které proudí nasávaný vzduch ventilátorem. Ten bývá nejčastěji axiální. Radiální ventilátory se používají pro dosažení nižší hlučnosti, nebo např. když je kondenzátor umístěn v budově a nasává vzduch přes protidešťové žaluzie. Nevýhodou tohoto typu je, že s teplejším obdobím se zvedá kondenzační teplota a tím se snižuje chladicí výkon. [2]

4 Popis budovy

Administrativní centrum Florentinum se nachází v Praze na adrese Na Florenci 2116/15, Praha 1. Přesné umístění budovy dle GPS souřadnic je 50°5'20.260"N, 14°26'6.850"E. Tento developerský projekt skupiny Penta, který získal kolaudační souhlas 18. 10. 2013, byl zrealizován za pouhých 20 měsíců. Při celkové ploše 56 500 m² na 9 nadzemních a 3 podzemních podlaží byla stavba postavena v krátkém časovém intervalu. Budova tedy představuje 49 000 m² plochy na 9 podlažích pro pronájem kanceláří, které splňují dnešní standardy, jaké nájemce požaduje např. dostupnost MHD, hezké okolí budovy, doplňkové služby přímo v objektu (restaurace, kavárny, školka atd.), ostraha budovy, správa budovy a v neposlední řadě příjemné a pohodlné prostředí vnitřních prostor, ať již samotných kanceláří nebo společných prostor jako jsou recepce, chodby a další. Dále se v budově nachází 7 500 m² plochy využívané pro nabídku následujících služeb: supermarket, drogerie, lékárna, restaurace, dětské centrum, kavárny, klientská centra, showroomy. Dalšími bonusy, které při stavbě vznikly, jsou náměstí Piazza o ploše 3 000 m², viz obr. 4.1, a rekultivace historické Desfourské zahrady 2 000 m², viz obr. 4.2. Oba tyto prostory jsou veřejně přístupné. Výhodou projektu je také možnost ubytování v hotelu Motel One, který je v bezprostřední blízkosti Florentina. [11, 12]



Obr. 4.1 – Náměstí Piazza [13]



Obr. 4.2 – Desfourské zahrady [13]

4.1 Architektura budovy

Cílem projektu Florentinum nebyla pouze samotná výstavba budovy, ale i rozvoj okolního území, což dokazují veřejné prostory náměstí Piazza a Desfourské zahrady. Hlavně v návaznosti na historii místa má projekt velký význam. Dříve významná část okraje centra Prahy v posledních letech spíše skomírala a upadala. Projekt Florentinum by mohl přinést renesanci lokality stejně tak jako revitalizace Masarykova nádraží. [11]

4.2 Dostupnost objektu

Florentinum se nachází na pomyslné hranici pražského Karlína a středu města. Poloha v centru města je pro dostupnost hromadné městské dopravy výborná.

- stanice metra: Náměstí Republiky, Florenc
- zastávky tramvaje: Bílá labuť, Masarykovo nádraží
- zastávky autobusu: Florenc
- zastávky mikrobusu Airport Express: ulice v Celnici

Dále se v blízkosti objektu nachází vlaková a autobusová nádraží

- Masarykovo nádraží (cca 200 m)
- Hlavní vlakové nádraží (cca 1 100 m)
- ÚAN Florenc (cca 500 m)

Automobilem lze zajet do podzemních garáží z ulice Na Florenci. [14]

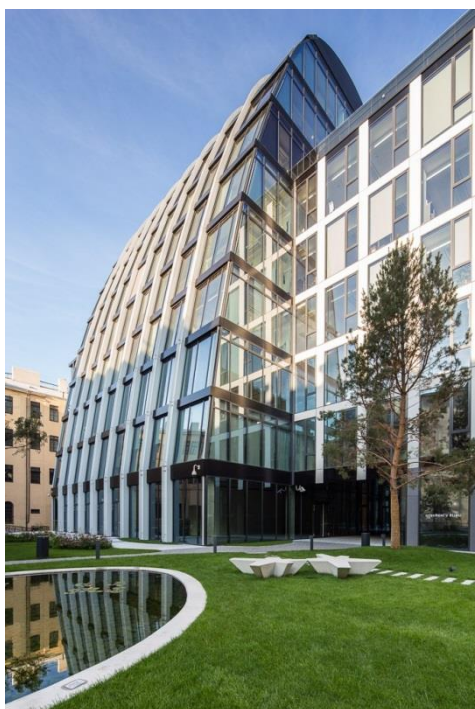
4.3 Vybavenost objektu

Objekt nabízí široké spektrum služeb, jak již bylo zmíněno v odstavci č. 4. Dále také svojí polohou nabízí nájemcům i návštěvníkům možnosti nákupů a kulturního vyžití. [15]

4.4 Ocenění budovy

Projekt Florentinum získal hned několik ocenění. Za jedno z hlavních bych označil Leed Platinum. Jedná se o mezinárodní certifikaci hodnotící komplexní kvality budov z hlediska širokého spektra kritérií udržitelnosti, která vznikla v USA, a pracuje s americkými normami ASHRAE. Dalšími oceněními pro budovu Florentinum jsou CEEQA 2014, tj. ocenění za nejlepší kancelářský developerský projekt ve střední a východní Evropě, CIJ Awards 2013 ocenění za nejlepší administrativní projekt a Best of realty 2013 ocenění v kategorii Nová administrativní centra. [16]

4.5 Fotografie budovy



Obr. 4.3 – Pohled na budovu z
Desfourské zahrady [17]



Obr. 4.4 – Pohled na budovu z pasáže [17]



Obr. 4.5 – Desfourské zahrady [17]



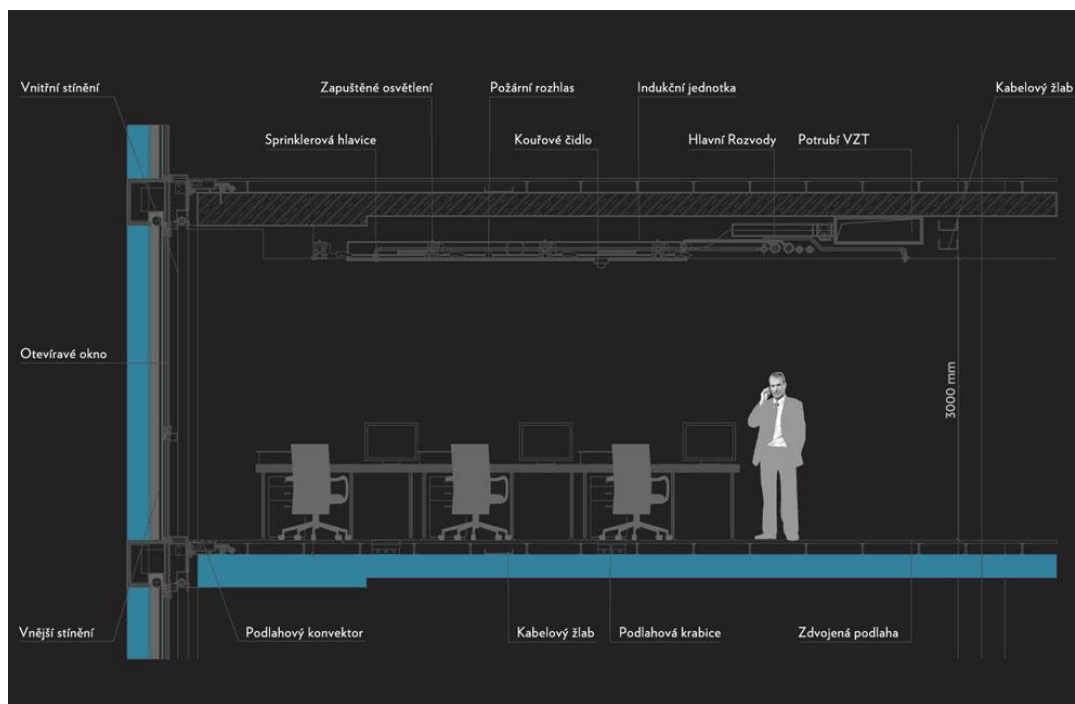
Obr. 4.6 – Recepce budovy [17]



Obr. 4.7 – Vstup na náměstí Piazza z ulice Na Florenci [17]

4.6 Specifikace pronajímaných prostor

- flexibilní uspořádání s možností realizace otevřené dispozice a uzavřených kanceláří
- velikost typického patra až 8 000 m²
- nejmenší kancelářská jednotka od 200 m²
- efektivní kancelářský modul 1,35 m – nejmenší kancelář 2,70 m x 5,40 m
- světlá výška stropů 3 m
- 3 samostatné vstupy s reprezentativními recepcemi
- kartový vstupní systém s turnikety – neomezený přístup 24/7/365
- 18 vysokorychlostních výtahů
- snížené podhledy se zabudovaným osvětlením a sprinklerovým systémem hašení
- zdvojené podlahy s podlahovými krabicemi – 1 krabice na každých 16 m²
- kvalitní zátěžové koberce ve čtvercích
- centrální ventilační systém – obměna čerstvého vzduchu 50 m³/trvalé pracovní místo
- chladičí trámy v rámci sníženého podhledu
- topné konvektory v rámci zdvojené podlahy
- externí stínění jižní a západní fasády formou stahovacích rolet
- samostatné kuchyňky pro každou jednotku
- venkovní terasy
- připojení k optickému kabelu
- napojení na dvě nezávislé rozvodné stanice
- dieselový záložní zdroj pro případ výpadku elektrického proudu
- dostatek parkovacích stání v podzemních garážích – parkovací podíl 1 parking/80 m²
- skladové prostory v suterénu budovy
- kantýna přímo v budově



Obr. 4.8 – Rozmístění technického zázemí místnosti [18]

Specifikace prostor i obr. 4.8 jsou kompletně převzaty z odkazu č. [18].

4.6.1 Seznámení s budovou

Seznámení s budovou bylo zajímavé, u označení jednotlivých částí objektu A, B, C, D by se dalo předpokládat, že označené strojovny chladu A, B, C, D zmíněné v technické zprávě budou v těchto částech. Opak je pravdou, strojovny A a B jsou v části C, strojovna C v části D a strojovna D v části B. Snad jediná shoda technické zprávy se skutečností je umístění kotelny A v části budovy A.

5 Popis systému budovy

5.1 Chlazení

5.1.1 Zdroj chladu

Zdrojem chladu jsou vodou chlazené jednotky se šroubovými kompresory, které jsou ochlazovány kaskádou suchých chladičů umístěných na střeše objektu. Celkem je ve čtyřech strojovnách chladu (A, B, C, D) osm jednotek, tedy v každé strojovně po dvou jednotkách. Umístění strojoven viz výkres č. 1. Regulaci výkonů zdrojů zajišťuje spínání jednotlivých výkonových stupňů jednotek. Teplotní spád mezi jednotkami a suchými chladiči byl stanoven na 55/48,5 °C při použití směsi ethylenglykolu 30 %. Jednotky dále rozvádí chlad po budově pouze vodou. V budově jsou dva systémy

výroby chladu jednotkami. Jeden systém vyrábí chlad pro indukční jednotky při teplotním spádu 15/20 °C a druhý vyrábí chlad pro vzduchotechniky, fan-coily, lobby a supermarket při spádu 8/14 °C. Strojovna je vždy vybavena obtokem s deskovým výměníkem, který slouží při teplotách pod 12 °C pro free-cooling. Všechna čerpadla, která jsou umístěna ve strojovně chladu, ať už čerpadla pro dopravu chladu po budově či pro dopravu směsi od suchých chladičů k jednotkám, jsou zdvojená, aby v případě poruchy nebyla přerušena dodávka chladu. Zdvojená čerpadla fungují v režimu střídavého chodu pro zajištění stejného počtu provozních hodin jednotlivých čerpadel. Chlad od zdrojů ke koncovým prvkům jde přes akumulaci nádobu. Ta slouží pro akumulaci chladu, ale v případě indukčních jednotek i pro vyrovnání různých požadavků na průtoky. Expanzní automaty s automatickým doplňováním vody do systému a expanzní nádoby zajišťují a zabezpečují zdroje chladu. Ve strojovně A je umístěna centrální úpravna vody. V každé strojovně je mezi oběma jednotkami vytvořený bypass, kterým je lze propojit, při poruše jedné z nich. Jedna celá strojovna dodává chlad zhruba jedné čtvrtině budovy.

- Strojovna A místnost (B2-37):
 - Ve strojovně jsou umístěny dvě chladicí jednotky Carrier 30HXC175 s výkonem 591 kW a Carrier 30HXC190 s výkonem 598 kW, specifikace jednotek viz odstavec č. 5.4.1. Dále se zde nachází deskový výměník Reflex GXD-042-L-4-N-151 s výkonem 390 kW při teplotním spádu 15/20 °C, čerpadla, akumulaci nádoby, rozdělovač/sběrač, expanzní nádoby, armatury, potrubí a další zařízení, která zajišťují chod okruhu chlazení.
 - Strojovna A dodává chlad indukčním jednotkám umístěným v budově B, vzduchotechnickým jednotkám (1AB, 6AB, 10AB, 15AB, 19AB), fan-coilům a lobby.
 - Obě jednotky chladu jsou chlazeny třemi suchými chladiči. Jedná se o suchý chladič Cabero GCHD087GB/2x6E-38D76 s výkonem 536 kW.
 - Schéma strojovny viz výkres č. 2.
- Strojovna B místnost (B2-50):
 - Strojovna B má totožná zařízení jako strojovna A, rozdíl mezi nimi je v tom, kam dodávají chlad.

- Strojovna B dodává chlad indukčním jednotkám umístěným v budově C, vzduchotechnickým jednotkám (2AB, 8AB, 11A, 20A) a fan-coilům.
- Schéma strojovny viz výkres č. 3.
- Strojovna C místnost (B2-47):
 - Ve strojovně jsou umístěny dvě chladicí jednotky Carrier 30XW1152 s výkonem 1 183 kW a Carrier 30XW1152 s výkonem 992,8 kW, specifikace jednotek viz odstavec č. 5.4.1. Dále se zde nachází deskový výměník Reflex GXD-042-M-4-P-275 s výkonem 600 kW při teplotním spádu 15/20 °C, čerpadla, akumulární nádoby, rozdělovač/sběrač, expanzní nádoby, armatury, potrubí a další zařízení, které zajišťují chod okruhu chlazení.
 - Strojovna C dodává chlad indukčním jednotkám umístěným v budově D, vzduchotechnickým jednotkám (4AB, 9AB, 13B, 14AB, 16AB, 17AB), fan-coilům a lobby.
 - Obě jednotky chladu jsou chlazeny pěti suchými chladiči. Jedná se o suchý chladič Cabero GCHD087GB/2x6E-38D76 s výkonem 536 kW.
 - Schéma strojovny viz výkres č. 4.
- Strojovna D místnost (B2-31):
 - Strojovna D má totožná zařízení jako strojovna C, rozdíl mezi nimi je v tom, kam dodávají chlad.
 - Strojovna D dodává chlad indukčním jednotkám umístěným v budově A, vzduchotechnickým jednotkám (3AB, 5AB, 7AB, 12AB, 18A), fan-coilům, lobby a supermarketu.
 - Schéma strojovny viz výkres č. 5. [19]

5.1.2 Indukční jednotky

Celkem je v objektu instalováno 2 593 indukčních jednotek TROX různého typu a velikosti. Průtok vzduchu jednotlivých typů jednotek se pohybuje od 50 m³/s do 200 m³/s a velikosti od 1800x1800x593 mm do 3000x3000x593 mm.

Regulace chladicí vody indukčních jednotek je plynulá, vždy musí být nad teplotou rosného bodu v ochlazovaném prostoru. Na základě entalpie venkovního a odváděného vzduchu z objektu je přírodní teplota vody plynule regulována třicestným ventilem. Teplota vody v rozvodném potrubí je kontrolována čidly orosení u jednotlivých

nájemců. Může být tedy regulována na základě dat z čidel pro daný okruh. Průtok může být ještě uzavírán za pomoci okenních kontaktů při otevření okna. [19]

5.1.3 Rozvody chlazené vody

V každé strojovně jsou následující okruhy:

- okruh indukčních jednotek
- okruh chlazení vzduchotechniky
- okruh chlazení fan-coily
- okruh lobby (pouze strojovny A, C, D)
- supermarket (pouze strojovna D)

Chladicí jednotky jsou od rozdělovače, sběrače a okruhu indukčních jednotek odděleny akumulacími nádobami.

Ve strojovnách jsou vedeny horizontální rozvody pod stropem 2. pp k jednotlivým stoupačkám v instalačních jádrech. V každém podlaží je na stoupačce odbočka pro chladicí okruh patra, odbočky jsou osazeny uzavíracími a vyvažovacími armaturami. Před každým nájemcem je osazen kalorimetrický měřič spotřeby tepla. Rozvody jednotlivých podlaží jsou vedeny v podhledech.

Fan-coily a indukční jednotky na přívodním potrubí regulují ventily s funkcí hydraulického vyvažování a s pohony, které jsou propojeny s termostaty.

Způsob chlazení a teploty jednotlivých typů prostorů:

- kancelářské prostory $24,5 \pm 1$ °C – indukční jednotky
- zasedací místnosti $24,5 \pm 1$ °C – indukční jednotky
- vstupní haly 26 ± 2 °C – jednotky fan-coil
- obchodní jednotky 26 ± 2 °C – jednotky fan-coil
- pasáž 27 ± 2 °C – teplovzdušně
- kantýna 26 ± 2 °C – indukční jednotky
- restaurace 26 ± 2 °C – jednotky fan-coil
- kuchyně max. 28 °C – teplovzdušně
- hlavní schodiště – bez garance
- sklady bez garance
- garáže bez garance

- ostatní prostory bez garance

Hlavní rozvody horizontální i vertikální jsou provedeny z ocelového bezešvého a závitového potrubí. Horizontální potrubí vedené k indukčním jednotkám je z plastu s bariérou proti difúzi kyslíku. V nejvyšších místech jsou rozvody osazeny odvodušňovacími ventily a v nejnižších vypouštěcími armaturami.

Uložení potrubí je provedeno tak, aby umožňovalo kompenzace délkové roztažnosti. Potrubí uložená v litých betonových podlahách jsou opatřena kročejovou izolací. V případě potřeby byla izolace zesílena, či potrubí obloženo kvůli kompenzaci délkové roztažnosti. Stoupačí potrubí, které vede v instalačních šachtách, je osazeno axiálními kompenzátory. [19]

5.1.4 Měření spotřeby chladu

Kalorimetrické měřiče tepla jsou osazeny na vybraných okruzích chlazení.

- okruh chlazení fan-coily
- okruh lobby (pouze strojovny A, C, D)
- supermarket (pouze strojovna D)

Další kalorimetry jsou osazeny na každém nájemním celku a na každé vzduchotechnické jednotce, která má chladič. [19]

5.2 Vytápění

5.2.1 Zdroj tepla

Zdrojem tepla jsou čtyři kondenzační kotle, usazené ve dvou plynových kotelnách (A, B) umístěných ve 2. pp vždy po dvojici v každé z kotelen. Kotle řídí systém MaR, který zajišťuje provoz v kaskádě, tedy střídání kotlů, aby měly všechny stejný počet provozních hodin. Kotle jsou regulovány za pomoci ekvitermní regulace. Jedna kotelná slouží pro vytápění poloviny budovy. Pro případnou poruchu jsou obě kotelny propojeny. Umístění kotelen viz výkres č. 1.

Z každé kotelny vede nad střechu objektu společný komín, vždy pro danou dvojici kotlů v kotelně. Větrání kotelny je nucené.

Zajištění a zabezpečení kotlů má na starosti pojistný ventil pro každý kotel a expanzní automat s automatickým doplňováním vody do systému. Doplňování vody probíhá přes úpravnu vody, která se nachází v kotelně A.

Kotle připravují vodu s teplotním spádem 60/40 °C, která je vedena do rozdělovače/sběrače. Z rozdělovače pak vedou jednotlivé okruhy vytápění.

Kotelna A zajišťuje TUV pouze pro kantýnu umístěnou v 1. np. Ostatní odběrná místa, která potřebují TUV, jsou řešena za pomoci elektrických ohřivačů, umístěných co nejbližší k odběrným místům. [20]

- Kotelna A místnost (B2-57):
 - V kotelně jsou umístěny dva kotle Buderus Logano plus SB745 s výkonem 800 kW, specifikace kotle viz odstavec 5.4.2. Dále jsou zde umístěny čerpadla, rozdělovač/sběrač, zásobník TUV (800 l), expanzní automat, armatury, potrubí a další zařízení, které zajišťují chod okruhu vytápění.
 - Kotelna A dodává teplo supermarketu, kancelářím, retailům, lobby, vzduchotechnickým jednotkám (1AB, 3AB, 5AB, 6AB, 7AB, 10AB, 12AB, 15AB, 18AB, 19AB) a již zmiňovanému zásobníku TUV.
 - Schéma kotelny viz výkres č. 6.
- Kotelna B místnost (B2-24):
 - V kotelně se nachází dva kotle Buderus Logano plus SB745 s výkonem 800, specifikace kotle viz odstavec 5.4.2. Dále jsou zde umístěny čerpadla, rozdělovač/sběrač, expanzní automat, armatury, potrubí a další zařízení, které zajišťují chod okruhu vytápění.
 - Kotelna B dodává teplo kancelářím, retailům, lobby a vzduchotechnickým jednotkám (2AB, 4AB, 8AB, 9AB, 11A, 13AB, 14AB, 16AB, 17AB, 20A).
 - Schéma kotelny viz výkres č. 6.

5.2.2 Okruh vytápění

Z každé kotelny vedou čtyři okruhy vytápění. Z kotelny A navíc vycházejí okruhy pro vytápění supermarketu a TUV, celkem tedy šest okruhů. Jak je zmíněno v odstavci 5.2.1 teplotní spád topného okruhu je 60/40 °C a jeho regulace je ekvitermní.

Z kotelny vede horizontální potrubí pod stropem 2. pp k jednotlivým stoupačkám v instalačních jádrech. V každém podlaží je na stoupačce odbočka pro okruh vytápění parta, odbočky jsou osazeny uzavíracími a vyvažovacími armaturami. Před každým nájemcem je osazen kalorimetrický měřič spotřeby tepla. Rozvody jednotlivých podlaží vedou od instalačních jader k fasádám a podél fasád ve zdvojené podlaze.

Koncové prvky v kancelářích jsou podlahové konvektory bez ventilátorů. Retaily v 1. pp vytápí jednotky fan-coil. Prostory 1. pp, 8. np, 9. np, kde se používají pro vytápění podlahové konvektory, ale jejich výkon není dostačující, doplňují čtyřtrubkové indukční jednotky, které umí chladit i vytápět. Vstupní lobby vytápí jednotky fan-coil, podlahové konvektory s ventilátory a elektrické podlahové vytápění, které je umístěno v pódiích recepcce. Všechny vstupy z venkovních do vnitřních prostor jsou opatřeny teplovodními vzduchovými clonami, včetně vjezdu do garáží.

Konvektory, fan-coily a indukční jednotky na přívodním potrubí regulují ventily s funkcí hydraulického vyvažování a s pohony, které jsou propojeny s termostaty.

Způsob vytápění a teploty jednotlivých prostorů:

- kancelářské prostory 22 ± 1 °C – podlahové konvektory, čtyřtrubkové indukční jednotky pouze kde nedostačují podlahové konvektory
- zasedací místnosti 22 ± 1 °C – vytápěny z okolních místností (uprostřed dispozice)
- vstupní haly 20 ± 2 °C – jednotky fan-coil, dveřní clony
- obchodní jednotky 19 ± 2 °C – jednotky fan-coil
- pasáž 18 ± 2 °C – teplovzdušně
- kantýna 20 ± 2 °C – podlahové konvektory, čtyřtrubkové indukční jednotky
- restaurace 26 ± 2 °C – podlahové konvektory, čtyřtrubkové indukční jednotky
- kuchyně 18 ± 2 °C – teplovzdušně
- hlavní schodiště 18 ± 2 °C – vytápěny z okolních místností (uprostřed dispozice)
- sklady min. 5 °C – teplovzdušně
- garáže min. 5 °C – odpadní vzduch z kanceláří, vratové clony
- ostatní prostory 15°C – desková otopná tělesa

Podlahové konvektory jsou osazeny těsně pod prosklenou fasádu, aby zajistily správné proudění teplého vzduchu v prostoru, viz obr. č. 4.8. Konvektor je opatřen

hydraulickým vyvažovacím ventilem a uzavíracím kohoutem. Regulační ventil je propojen s prostorovým termostatem.

Čtyřtrubkové indukční jednotky jsou použity pro vytápění i chlazení. Výměník vytápění je stejně jako konvektor osazen hydraulickým vyvažovacím ventilem a uzavíracím kohoutem.

Desková otopná tělesa jsou umístěna na stěnách. Dvojice regulačních šroubení s přednastavením připojují tělesa k okruhu vytápění. Regulace probíhá za pomoci integrovaného termostatického ventilu a termostatické hlavice.

Dveřní clony jsou dvojího druhu – vertikální karuselův a horizontální bez opláštění. Clony regulují integrované termostatické ventily a jsou vždy připojeny přes kulové kohouty (kvůli výměně nebo opravě), vyvažovací ventil a dvojici tlakových hadic. [20]

5.2.3 Okruh vzduchotechniky

Jedním ze zmiňovaných okruhů v odstavci 5.2.4 je okruh pro dodávku tepla vzduchotechnickým jednotkám. Kotelna A zásobuje teplem vzduchotechniky (1AB, 3AB, 5AB, 6AB, 7AB, 10AB, 12AB, 15AB, 18A, 19AB). Kotelna B zásobuje vzduchotechniky (2AB, 4AB, 8AB, 9AB, 11A, 13AB, 14AB, 16AB, 17AB, 20A). Všechny jednotky mají vlastní oběhová čerpadla, regulační ventil a uzavírací armatury. Teplotní spád pro dodávku tepla vzduchotechnik je 60/40 °C. [20]

5.2.4 Rozvody otopné vody

V každé kotelně jsou následující okruhy:

- okruh vzduchotechniky
- okruh kanceláře
- okruh lobby
- okruh retaily
- okruh supermarket (pouze kotelna A)
- okruh TUV (pouze kotelna A)

Hlavní rozvody, horizontální i vertikální, jsou provedeny z ocelového bezešvého a závitového potrubí s teplotní únosností do 90 °C. Horizontální potrubí vedené v podlahách ke konvektorům je plastové s bariérou proti difúzi kyslíku. V nejvyšších

místech jsou rozvody osazeny odvzdušňovacími ventily a v nejnižších vypouštěcími armaturami.

Uložení potrubí je provedeno stejným způsobem, jako je napsáno v odstavci 5.1.3 na konci. [20]

5.2.5 Měření spotřeby tepla

Měření spotřeby paliva pro vytápění, ohřev TUV a větracího vzduchu probíhá za pomoci hlavního plynoměru, od kterého se odečítají tři podružné plynoměry, které jsou určeny pro gastroprovozy.

Kalorimetrické měřiče tepla jsou osazeny na každém okruhu vytápění, který je zmíněn v odstavci 5.2.4, dále pak na každém nájemním celku a na každé vzduchotechnické jednotce, která má ohřívač. [20]

5.3 Vzduchotechnika

V budově je nainstalováno 130 vzduchotechnických jednotek, 5 split systémů, 7 dveřních clon a 2 garážové clony. V odstavcích 5.3.2 až 5.3.12 popisují pouze větší jednotky, které jsou napojeny na centrální zdroje chladu a tepla.

VZT, které přiváděný vzduch chladí a ohřívají, jsou napojeny na centrální zdroje chladu a tepla, kde je teplotní spád chlazení 8/14 °C a ohřívačů 60/40 °C. [21]

5.3.1 Distribuce vzduchu

Dávky čerstvého vzduchu pro jednotlivé provozy:

- kancelář (trvalé pracoviště) – 50 m³/h·os (8 m²/os)
- kancelář (zasedací místnost) – 30 m³/h·os (2,5 m²/os)
- retail – 30 m³/h·os (6 m²/os)
- konferenční sály – 30 m³/h·os (3 m²/os)
- stravovací prostory (nekuřácké) – 30 m³/h·os (3 m²/os)
- stravovací prostory (kuřácké) – 60 m³/h·os (3 m²/os)
- vstupní lobby – 30 m³/h·os (6 m²/os)
- sklady – 1 l/h
- technické prostory – 1 l/h (nebo dle nároků instalované technologie)

[21]

5.3.2 Popis vzduchotechnických zařízení čísla 1AB, 2AB, 3AB, 4AB, 12AB, 13AB

Kancelářské prostory jsou plně klimatizovány. Ideální mikroklimatické podmínky – teplota, relativní vlhkost, čistota vzduchu a výměna vzduchu – jsou dosaženy pomocí klimatizačních zařízení. Veškerá úprava vzduchu jako je výměna, ohřev, chlazení, vlhkost a filtrace probíhá v centrálních vzduchotechnických jednotkách. Ty využívají zpětné získávání tepla. Jednotky mají i cirkulační komoru pro možnost snižovat objemový průtok čerstvého vzduchu, při venkovních podmínkách pod 0 °C nebo nad 26 °C při relativní vlhkosti 50 % ve smyslu NV č. 361 Sb. Všechny tyto jednotky jsou umístěny ve 3. pp.

Teplotu v kancelářských prostorách pro zimní období udržují podlahové konvektory, umístěné v podlaze blízko fasády. Teplotu pro letní období udržují chladicí trámce a indukční jednotky umístěné v podhledech. Indukční jednotky přivádějí do kanceláře čerstvý vzduch, odpadní je odváděn za pomoci kazet děrovaného plechu, který je osazen v rozebíratelných částech podhledu. Odsávání odpadního vzduchu vede potrubím přímo do VZT jednotek pro využití odpadního tepla.

Čerstvý vzduch nasávají vzduchotechnické jednotky ze stavebních čerstvovzdušných kanálů. Kanály jsou v úrovni 1.np nad terénem zakryty mříží, ve spod kanálu je jímka s čerpadlem pro odvod vody. Vzduch, který je nasáván v horizontální části kanálu prochází přes protidešťovou žaluzii a tlumič hluku. Odpadní vzduch odvádí potrubí nad středem objektu. Z jednotek č. 3AB a 4AB je odpadní vzduch veden do prostoru garáží jako náhrada za vzduch odsávaný. Účinnost rekuperace v garážích je v zimním období regulována tak, aby teplota neklesla pod 5 °C.

Vzduch dopravovaný do kanceláří jednotkami VZT může být i odvlhčován. Systém byl navržen tak, že vzduch je v chladiči podchlazen a následně dohřát na 15 °C. Dále se počítá s ohřátím vzduchu ventilátorem, jehož tepelné zisky by měly zvýšit teplotu zhruba o 2 °C. Poté jsou do výpočtu zahrnuty tepelné zisky z potrubní sítě o cca 1 °C. Výsledná teplota vzduchu, by měla být někde kolem 18 °C.

Pro fungování klimatizačního systému je otevření okna nežádoucí. Proto jsou okna opatřena okenním kontaktem. Při otevření okna jsou tedy ventily indukčních jednotek a podlahových konvektorů přivřeny. Přívodní potrubí chladu mají čidla rosného bodu, která mohou signálem přivřít ventily, aby nemohlo na výměníku docházet ke kondenzaci.

Zasedací místnosti jsou klimatizovány na základě stejného principu jako kancelářské prostory. Rozdíl mezi nimi je v koncentraci osob, které mohou v zasedací místnosti být. Při vyšším počtu osob musí být do zasedacích místností přiváděno větší množství čerstvého vzduchu. Proto je regulace těchto místností třípolohová s konstantním průtokem. Průtok vzduchu, který je v základním režimu uzavřen, lze pomocí tlačítka začít přivádět buď v redukovaném, nebo plném množství, ale pouze po předem stanovenou dobu. Po uplynutí definované doby musí být tlačítko opět zmáčknuto. Toto je ochrana proti přivádění velkého objemu čerstvého vzduchu do místnosti, kde už nikdo nemusí být.

Místnosti serverů jsou k dispozici pro každého nájemce. Maximálně však pro 16 nájemců na patro při výkonu chlazení 3,5 kW jedné místnosti. Chlazení serverů má své nezávislé zdroje pro výrobu chladu, těmi vzduchem chlazené jednotky s možností free-cooling od 12 °C za pomoci suchých chladičů. [21]

5.3.3 Popis vzduchotechnických zařízení číslo 5AB a 17AB

Vzduchotechnické jednotky 5AB a 17AB přivádějí vzduch do retailů v 1. pp a 1. np. Tyto VZT jsou umístěny ve 3. pp, kde upravují filtrací, ohřevem a chlazením přírodní vzduch, navíc jsou ještě vybaveny ZZT z odpadních vzduchu. [21]

5.3.4 Popis vzduchotechnických zařízení číslo 20A, 120B, 121B a 122B

Tyto VZT zařízení slouží k přivádění vzduchu pro kuchyňská zázemí a varny. Odvod odpadního vzduchu z těchto prostor zajišťují ventilátory, které ho vedou až na střechu budovy. Díky těmto ventilátorům je zajištěn neustálý podtlak, který brání šíření nežádoucích pachů. Jednotka 20A je umístěna ve 3. pp. [21]

5.3.5 Popis vzduchotechnického zařízení 6AB

Tato VZT zajišťuje nucené větrání pasáže, umístěna je ve 3. pp. Přiváděný vzduch může upravovat chlazením, ohřevem a filtrací. Opatřena je také ZZT z odpadního vzduchu a cirkulační komorou, která umožní nočního vytápění bez přívodu čerstvého vzduchu. Koncové prvky v prostorách pasáže jsou liniové štěrbinové vyústě osazené podle architektonického návrhu, v některých místech jsou umístěny pouze pohledové bez distribuce vzduchu. Tento systém pasáže zajišťuje její chlazení a vytápění, nejsou zde žádné další koncové prvky. [21]

5.3.6 Popis vzduchotechnického zařízení 7AB

VZT 7AB slouží pro přívod vzduchu do supermarketu. Úprava vzduchu je stejná jako u ostatních retailů s tím, že tato jednotka je určena pouze pro supermarket. Jednotka je umístěna ve 3. pp. [21]

5.3.7 Popis vzduchotechnického zařízení 8AB

Jednotka slouží pro nucené větrání archívu v 1. pp, případně může být použita pro jiný provoz (fitness), na který je dimenzována. VZT je umístěna ve 3. pp, přívodní vzduch upravuje filtrací a ohřevem. V prostorách, do kterých přivádí jednotka vzduch, můžou být instalována desková otopná tělesa. [21]

5.3.8 Popis vzduchotechnických zařízení 9AB a 10AB

Prostory restaurace a kantýny mají každý svoji vlastní VZT s podobným principem. Jednotky mohou vzduch chladit, ohřívat a filtrovat. Systém zpětného získávání tepla pro tyto VZT musí být osazen deskovým výměníkem tepla, kvůli zábraně přenosu pachů z odvodního vzduchu. Odpadní vzduch z těchto prostor je veden nad střechem budovy. Jednotky jsou umístěny ve 3. pp. [21]

5.3.9 Popis vzduchotechnických zařízení 14AB a 15AB

Jednotky 14AB a 15AB jsou používány ke stejným účelům jako 9AB a 10AB. [21]

5.3.10 Popis vzduchotechnických zařízení 11A a 18A

Tyto jednotky zajišťují větrání skladů, přiváděný vzduch mohou filtrovat a ohřívat jsou umístěny ve 3. pp. Také zajišťují teplotu prostorů skladů. VZT provětrávají i jiné technické prostory hygienickým minimem čerstvého vzduchu. [21]

5.3.11 Popis vzduchotechnického zařízení 16AB

Systém nuceného větrání kavárny zajišťuje chlazení, ohřev a filtraci přívodního vzduchu. ZZT nemísí odváděný vzduch s přiváděným, kvůli nežádoucím pachům. Kavárna má i část pro kuřáky, která je větrána zvýšenou intenzitou s podtlakem vůči nekuřácké části kavárny. Podtlak mezi oběma částmi je vytvářen, aby pach tabákového kouře nezasahoval do nekuřácké části. Jednotka je umístěna ve 3. pp. [21]

5.3.12 Popis vzduchotechnického zařízení 19AB

Vstupní lobby jsou nuceně větrána touto jednotkou, která je umístěna ve 3. pp. VZT přiváděný vzduch může chladit, ohřívat a filtrovat. ZZT zvyšuje účinnost ohřevu vzduchu. Koncovými prvky této jednotky jsou dalekonosné dýzy, které jsou umístěny

v dvoupodlažních vstupních lobby. Dalšími prvky v tomto prostoru jsou podlahové konvektory s ventilátory a fan-coily v čtyřtrubkovém provedení. Vstupní dveře jsou osazeny dveřními clonami. Recepce, která je součástí lobby, stojí na vyvýšeném pódiu. To zajišťuje pohodlné pracovní podmínky, např. i tím, že v podlaze je instalováno elektrické podlahové vytápění. [21]

Rozložení vzduchotechnických jednotek je vidět na výkresech č. 7 až 11. Umístění jednotlivých strojoven je vidět na výkrese č. 12.

5.4 Popis jednotlivých zařízení

5.4.1 Chlazení budovy

Vodou chlazené jednotky se šroubovými kompresory:

- Carrier 30XW1152:
 - chladicí výkon 992,8 kW, příkon 315,8 kW, EER 3,14 kW/kW
 - teplotní spád výparníku 8/14 °C, 100 % voda
 - teplotní spád kondenzátoru 55/48,5 °C, 30 % ethylenglykol
- Carrier 30XW1152:
 - chladicí výkon 1 183,5 kW, příkon 334,5 kW, EER 3,54 kW/kW
 - teplotní spád výparníku 15/20 °C, 100 % voda
 - teplotní spád kondenzátoru 55/48,5 °C, 30 % ethylenglykol
- Carrier 30HXC190:
 - chladicí výkon 589 kW, příkon 213 kW, EER 2,76 kW/kW
 - teplotní spád výparníku 8/14 °C, 100 % voda
 - teplotní spád kondenzátoru 55/48,5 °C, 30 % ethylenglykol
- Carrier 30HXC175:
 - chladicí výkon 591 kW, příkon 197 kW, EER 3 kW/kW
 - teplotní spád výparníku 15/20 °C, 100 % voda
 - teplotní spád kondenzátoru 55/48,5 °C, 30 % ethylenglykol

Suchý chladič:

- Cabero GHCHD087GB/2x6E-38D76:
 - chladicí výkon 536 kW, příkon 3 kW
 - teplotní spád 55/48,5 °C, 30 % ethylenglykol

- při venkovní teplotě 35 °C

Tento suchý chladič, vyrábí chlad pro všechny zmíněné jednotky v tomto odstavci, celkově je na budově instalován šestnáctkrát.

5.4.2 Vytápění budovy

Kondenzační kotel:

- Buderus Logano plus SB745:
 - topný výkon 800 kW
 - teplotní spád 50/30 °C

Kondenzační kotel je v objektu instalován celkem čtyřikrát.

5.4.3 Vzduchotechnika budovy

V budově je umístěno 21 vzduchotechnických jednotek od výrobce Fläktwoods, tyto jednotky jsou všechny napojeny na centrální zdroje chladu a tepla. Dále je v budově umístěno 109 menších VZT, které slouží pro přívod/odvod vzduchu, nebo pouze pro přívod či odvod.

5.5 Měření a regulace

Navržený měřicí a řídicí systém zabezpečuje spolehlivý, bezpečný a dostatečně komfortní provoz technologického zařízení, dále pak minimalizuje spotřeby energií a optimalizuje řízení provozu. Požadavek na stálou obsluhu a údržbu je minimální. [22]

5.5.1 Základní funkce MaR

- zabezpečení VZT jednotek (AHU) proti mrazu
- zabezpečení venkovních a garážových rozvodů chladicí a topné vody proti mrazu
- ovládání jednotlivých VZT jednotek dle časového programu
- volba různých provozních režimů pro den a noc
- ekonomický provoz VZT jednotek (směšování, cirkulace vzduchu, atd.)
- ekonomický provoz čerpadel (prostřídávání provozu)
- řízení a regulace zdrojů chladu a tepla
- distribuce chladu a tepla v objektu
- vyhodnocování poruchových stavů
- monitorování spotřeby energií nájemců (teplo, chlad, voda, elektro)

- hlídání čtvrt hodinového maxima odběru elektrické energie (E-max) pro společnou spotřebu
- IRC regulace tepelné pohody v kancelářích – řízení indukčních jednotek, podlahových konvektorů a jejich útlum při otevření okna [22]

5.5.2 Měření spotřeby

Pro odečet množství spotřebovaných energií jsou všechny instalované měřiče v nájemních jednotkách a na technologiích objektu (chlad, teplo, voda, elektro) vybaveny komunikačním výstupem M-bus. Všechny tyto výstupy vedou po sběrnici a jsou předávána do řídicí stanice BMS umístěné ve velínu. Zde jsou data archivována a vyhodnocována. [22]

5.5.3 Měřicí zařízení

Chlad a teplo jsou měřeny třemi druhy zařízení.

- Itron CF Echo II je ultrazvukový měřič tepla s přesností měření třídy 2 dle ČSN EN1434. Skládá se s průtokoměru, vyhodnocovací jednotky, snímače teploty Pt 100. Vhodné použití pro vytápění nebo kombinaci vytápění a chlazení.
- Itron CF-UltraMaXXMK jedná se o ultrazvukový měřič tepla v kapslovém provedení. Třída přesnosti měření je 2 dle ČSN EN 1434. Vhodné použití pro chlazení, vytápění, nebo kombinaci vytápění a chlazení.
- Itron CF51 je kalorimetrické počítadlo se snímači teploty Pt 100 (2 vodič). Vhodné pro použití vytápění nebo kombinaci vytápění a chlazení.

Všechny druhy měřících přístrojů chladu a tepla mají 3 odečtové smyčky.

Elektrická energie je měřena elektroměry Schneider Electric iEM 3135, které mají přesnost měření ve třídě 1 dle EN 50470-3.

5.6 Provoz a zkušenosti s objektem

Tato kapitola vzešla z informací o provozních zkušenostech získaných provozem budovy za rok a půl. Správou budovy se zabývá firma AB Facility.

5.6.1 Vlastnosti objektu

- Reakce celého objektu na požadavek regulace je zhruba 0,5 až 1 °C za hodinu, ať na chlazení nebo vytápění v závislosti na venkovních podmínkách
- Při vysoké sluneční intenzitě může být místnost ohřáta až o 8 až 10 °C za hodinu při nespustěném venkovním stínění.

- Objekt je rozdělen z hlediska regulace ovládání externích rolet celkem na 18 fasád. Základní rozdělení je dle světových stran a na vnitřní a vnější fasády budovy. Další členění je na horní a spodní části budovy. Toto rozdělení umožňuje přesnější regulaci ovládání rolet na pokyn z meteostanice.

5.6.2 Provoz zařízení

S jednotlivými instalovanými zařízeními chladu, vytápění a vzduchotechniky neměla správa budovy žádné větší technické problémy. Nedotažený ventil nebo prasklé těsnění u indukčních jednotek v řádu několika kusů je v celku banální záležitost.

5.6.3 Provoz budovy

Na správu objektu chodí hlášení od nájemců o poruchách, nebo problémech celé budovy. K tomuto hlášení slouží systém helpdesku AB Facility přes webové rozhraní a telefonní linka přímo na správu objektu. Tam nájemci mohou hlásit problémy 24/7/365 dní v roce.

Problémy technického typu např. výměna prasklé žárovky, oprava zámku dveří se řeší rychle a snadno. Ty týkající se vnitřního prostředí budovy již nemají tak jednoduchá řešení. Např. pokud si nájemce stěžuje na příliš vysokou nebo nízkou teplotu v kanceláři, musí být nejdříve zjištěna její příčina a až poté může být odstraněna. Pokud je příčinou porucha zařízení, které chladí nebo vytápí místnost, musí dojít k rychlé opravě nebo výměně. Pokud je ale příčinou chybný lidský úsudek, nebo pocit, řešení problému je obtížné. Např. pokud si nájemce vytáhne venkovní žaluzie, které brání pronikání tepelné sluneční radiace a otevře okno, kterým zapříčiní uzavření ventilů chladicích nebo topných zařízení, nemůže očekávat, že bude mít v místnosti požadovanou teplotu, kterou má nastavenou na termostatu. V tomto případě musí být nájemci vysvětleno, jak zařízení fungují a jak s nimi zacházet.

Provoz je také nastaven s ohledem na certifikaci LEED, objekt bude v budoucnu posuzován, jestli dodržel všechna kritéria, např. spotřebu elektrické energie, která byla deklarována pro jeho udělení.

5.6.4 Problémy v provozu

Nastavení jednotlivých VZT zařízení pro dopravu vzduchu po budově nemůže být podle pouze výpočtů projektu, musí být přizpůsobeno chodu budovy a požadavkům nájemníků, samozřejmě při splnění zákonů, závazných norem a vyhlášek. Např. někteří

nájemci by v určitém období chtěli vypnout přívod čerstvého vzduchu. V tom jim správa budovy nemůže vyhovět, protože by postupovala v rozporu s hygienickými normami.

Např. chladicí trámy a indukční jednotky, které jsou umístěny blíže u stěn, mají jiný profil proudění, než bylo uvažováno v projektu, proto musí být regulovány jinak než ostatní.

Největší problém je s místnostmi umístěnými v rohu budovy na jihovýchodní straně. Doprava vzduchu a chladu v okruhu, který končí v těchto místnostech, je velmi složitá. Na začátku tohoto okruhu jsou dopravované látky v koncovém prvku škrceny, naopak na konci jsou otevřeny na maximum. Tyto prvky musejí vždy dodávat požadované množství vzduchu nebo chladicí vody, ať jsou na začátku či konci trasy.

Při vysokých letních teplotách se zvyšuje teplota rosného bodu. U chlazení tedy hrozí vypnutí chladicích trámů, aby nedocházelo ke kondenzaci na výměníku, z tohoto důvodu je nutno regulovat primární přívod vzduchu, aby byla dodržena tepelná pohoda v jednotlivých prostorech objektu.

5.6.5 Shrnutí zkušeností z provozu

Zařízení objektu jsou navržena dobře. Správa budovy nemusí řešit poddimenzované zařízení, které by svým výkonem nedostačovalo. Ohledně zařízení se zajímá o jeho regulaci a hlavně dopravu chladu, tepla a vzduchu ke koncovým prvkům.

Regulace objektu v zimním období je snazší než v letním. V létě jsou větší výkyvy venkovních teplot, tedy větší nároky na změnu teplot vnitřních prostor.

Lidský faktor hraje pro vnitřní prostředí velkou roli, ať již nastavením jednotlivých parametrů, nebo odlišným vnímáním vnitřního klimatu. Správa objektu se snaží vyjít každému nájemci maximálně vstříc.

Stížnosti na špatné vnitřní prostředí jsou v řádech procent. Z toho lze usoudit, že správa vykonává svoji práci odborně a svědomitě.

Vzhledem k celkovému příkonu budovy při porovnání s projektem lze po roce a půl provozu konstatovat, že budova je navržena dobře a velmi úsporně.

5.7 Kontrola systému

U zadaného objektu nebude kontrola návrhu klimatizačního systému prováděna klasickým způsobem, jako je přepočítání tepelných zisků, ztrát atd. a následným návrhem chladicích a dalších zařízení.

V práci bude kontrola probíhat způsobem vyhodnocování jednotlivých zařízení pomocí naměřených dat. Například pomocí výpočtu *SEER* nebo účinnosti zdrojů tepla.

6 Naměřená data

Data mi byla poskytnuta od 13. 1. 2014, kdy začal první zkušební provoz budovy. V objektu je umístěno zhruba 1 300 měřidel pro měření chladu, tepla, elektřiny, plynu a vody. Je jasné, že zpočátku musela být měřidla nastavena a kalibrována pro správnou funkčnost. Bohužel při takovémto počtu měřičů nepracují všechny ani dnes tak, jak by měly, i když dodavatel má velikou snahu uvést vše do 100 % stavu funkčnosti. Dnes nefungují správně zhruba desítky měřidel, které nejsou pro chod budovy klíčové. V tomto počtu měřidel není možnost zaručit jejich 100 % funkčnost při nenadálé události, jako např. výpadku měření v listopadu 2014.

Bylo mi poskytnuto celkem 444 souborů CSV, které obsahují denní data měřidel. V prvních souborech je vyplněno 4 524 buněk, v posledních se zaplnění blíží číslu 15 028. Rozdíl množství dat v jednotlivých souborech je způsoben tím, že zpočátku bylo v provozu 754 měřidel a k 29. 4. 2015 až 1 156 měřidel. Jedno měřidlo se rovná jeden řádek. Samozřejmě s přibývajícím časem rostl i počet sloupců, do kterých se přičítají další informace, jako např. umístění, druh odečítané energie, nájemce a případné poznámky.

Dále mi byly poskytnuty dva soubory Microsoft Excel, ve kterých jsou sumy měsíčních dat jednotlivých měřidel, měsíční odečty stavů měřidel, seznamy měřidel, atd. Měsíční data jsou zde za období 01/2014 až 04/2015 včetně uváděných měsíců.

7 Zpracování naměřených dat

7.1 Prohlídka a seznámení se zařízeními budovy

Při celkové ploše 56 500 m² objektu jsem se zaměřil pouze na prohlídku technického zázemí budovy, kterou se práce zabývá. Tedy prohlídku čtyř strojoven chlazení, dvou

kotelen a pěti strojoven větších vzduchotechnických jednotek. Prohlédnutí kanceláře, pasáže, náměstí Piazza, Desfourské zahrady a budovy jako celku považuji za vedlejší.

7.2 Zpracování denních dat

Prvním krokem ke zpracování denních dat bylo otevření všech 444 souborů CSV a jejich uložení do formátu XLSX (Microsoft Excel). Abych mohl pracovat s takovým objemem dat, musel jsem si v programu MS Excel vytvořit makro, které otevře požadovaný počet souborů a vypíše mi z něho požadované data. Např.: pro jeden měřič č. 13374258 mému počítači trvalo zhruba 50 sekund otevřít všech 444 souborů vypsát z nich čtyři sloupce požadovaných dat, dále otevřít dva soubory s měsíčními daty a vypsát z nich devět sloupců.

Dále jsem musel v seznamu měřičů, kterých je 1 156, najít pomocí filtrů v MS Excel měřiče potřebné pro další práci. Některé měřiče jsem musel fyzicky v objektu zkontrolovat, jestli opravdu měří to, co je u nich napsáno. Někdy mi filtrování v programu nepomohlo. Proto jsem si musel v konkrétní strojovně osobně opsat čísla měřičů a popsat jejich umístění a následně vložit do tabulek v MS Excel.

Po dohledání všech čísel potřebných měřičů jsem je mohl zadávat do vytvořeného makra, které mi vypsalo denní hodnoty stavu měřiče, název souboru, ze kterého je hodnota, jednotky a typ měřiče. Všechna tato data tvoří tabulku po dnech ve sloupcích pro jeden měřič. Ta je vložena do nového listu, který má v názvu číslo měřičího zařízení.

Odečtem stavu následujícího a stanoveného dne, jsem získal spotřebu stanoveného dne, jelikož data měřič zaznamenává v 0:01 středoevropského času. Po získání spotřeby určitého dne, jsem mohl dělat měsíční sumy, převody jednotek z GJ na kWh, atd. Z názvu souboru ve formátu např. C:\DP2\data\EXPORT_20140130.xlsx jsem získal datum ve formátu 30. 1. 2014. Jednotlivá data jsem použil pro tvorbu grafů.

7.3 Tvorba grafů

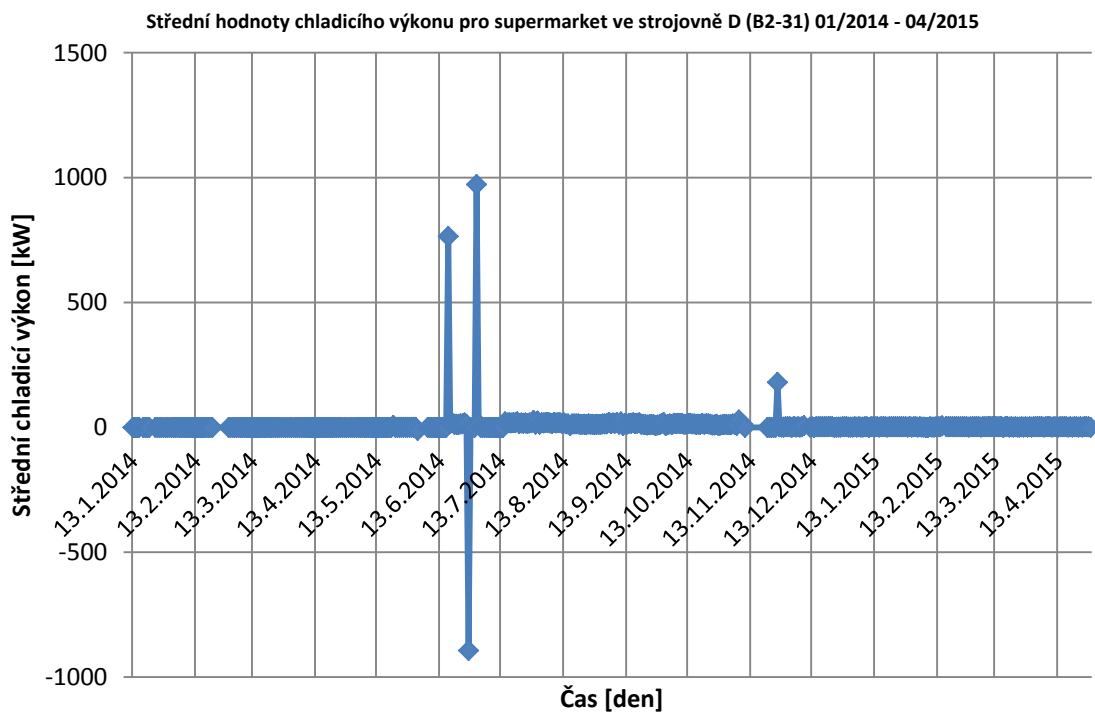
Všechny zpracované a následně použité grafy v práci jsou upraveny. Na obr. 7.1 vidíte neupravený graf a na obr. 7.2 upravený.

Úprava spočívala v oříznutí chybných maximálních a minimálních hodnot a jejich správné nastavení. Špatné hodnoty vznikaly při výpadku zápisu dat. Když data nebyla

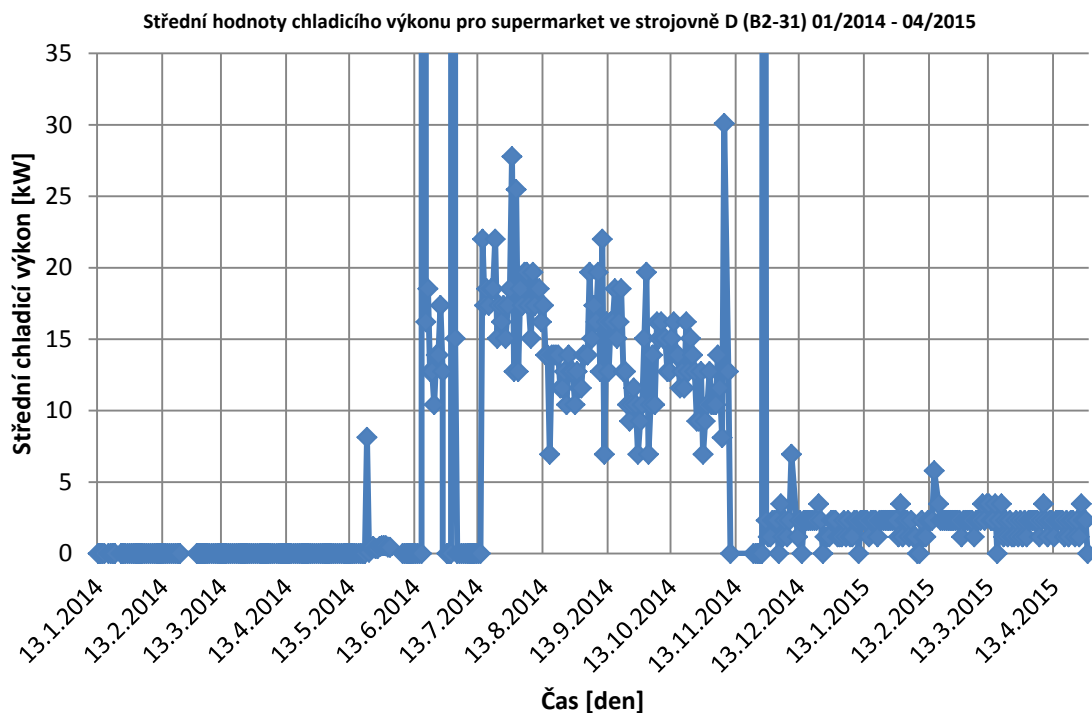
zapisována, tak se v souboru objevila buď hodnota nula, otazníky, nebo dokonce nebyl celý den do tabulky zaznamenán.

Při výpadku zápisu dat vznikaly záporné hodnoty odečtem stavu měřicího zařízení dvou po sobě jdoucích dní. Když druhý den a zároveň ten, ze kterého se odečítá, je nulový, vznikne záporný výsledek. Naopak vysoké hodnoty vznikaly po opětovném začátku zaznamenávání, kdy se načel správný stav měřiče, který měl mnohonásobně vyšší hodnoty. Např. při výpadku měření chladu supermarketu od 4. 7. 2014 do 14. 7. 2014 narostl stav o 62,6 GJ. Při normálním denním přírůstku 2 až 3 GJ, je tato hodnota vysoká a musí být odstraněna.

Dále u všech grafů za období 01/2014 až 04/2015 je poslední hodnota k 29. 4. 2015 nula. Stav měřiče není od čeho odečíst, jelikož stav z 1. 5. 2015 není k dispozici.



Obr. 7.1 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro supermarket ve strojovně D (B2-31) za období 01/2014 až 04/2015



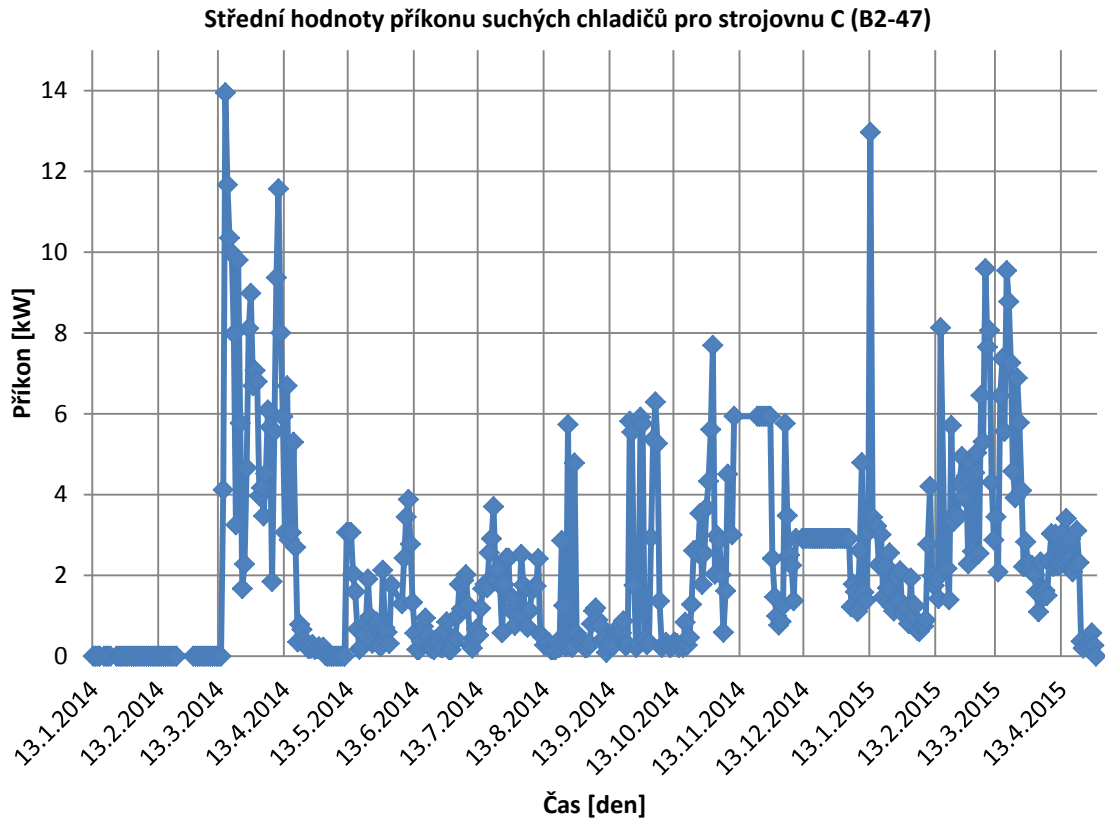
Obr. 7.2 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro supermarket ve strojovně D (B2-31) za období 01/2014 až 04/2015

7.3.1 Základní typy grafů

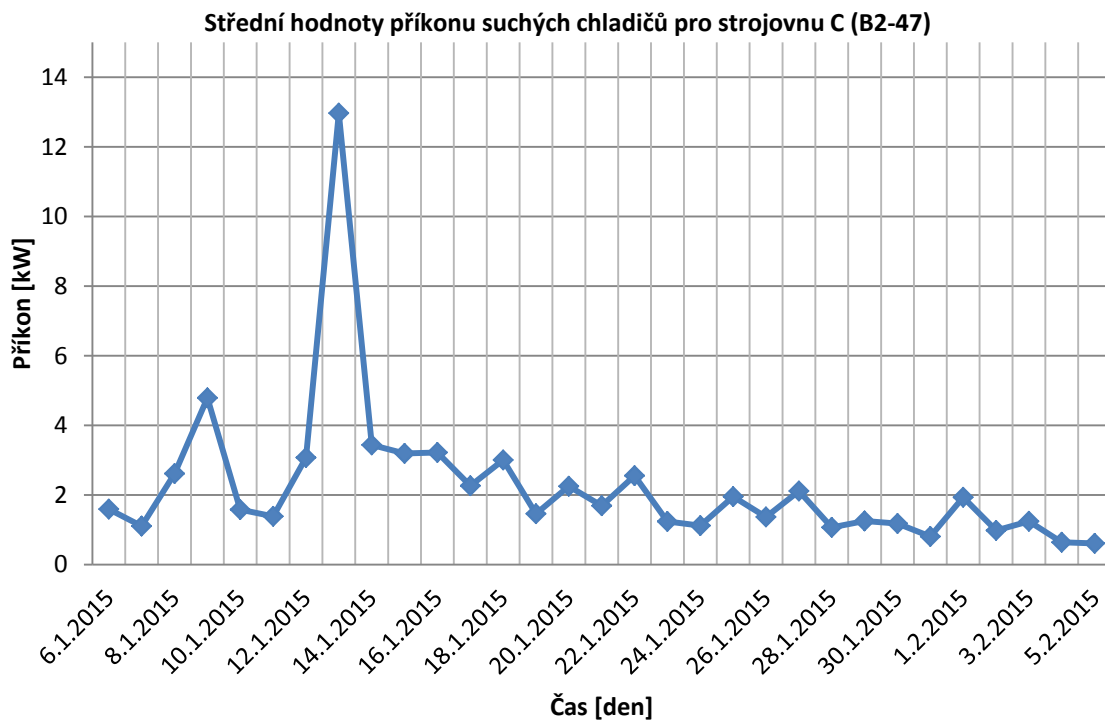
Vytvořil jsem dva základní typy grafů pro zpracování tohoto množství dat. Podrobný popis tvorby grafů je popsán v příloze č. 2.

Prvním typem je graf hodnot jednoho měřicího zařízení za celé zpracovávané období tedy 01/2014 až 04/2015, viz obr. 7.3.

Druhým typem je graf hodnot jednoho měřicího zařízení za vybrané období 31 dní, viz obr. 7.4.



Obr. 7.3 – Střední hodnoty příkonu suchých chladičů pro strojovnu C (B2-47) za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 7.4 – Střední hodnoty příkonu suchých chladičů pro strojovnu C (B2-47)

8 Hodnocení

V následujících odstavcích se věnuji hodnocení pouze vybraných grafů. Při množství dat, jsem se rozhodl zbytek vložit do příloh, což zmiňuji i v jednotlivých odstavcích.

Grafy vycházejí z naměřených denních hodnot spotřeb elektrické energie případně chladu či tepla v kWh (GJ). Z těchto hodnot jsou poté vydělením počtem hodin dne zjištěny průměrné střední denní výkony/příkony v kW a tyto hodnoty jsou následně prezentovány v grafech.

8.1 Chlad

Průběhy spotřeb chladu jsou prezentovány na spotřebě fan-coil jednotek, lobby, supermarketu, vycházejí z dat, která byla k dispozici. Vzhledem k tomu, že tyto okruhy jsou centrálně měřeny ve strojovně, lze vyhodnotit denní spotřeby. Větev indukčních jednotek není ve strojovně měřena, spotřeby se měří u koncových odběratelů a tyto hodnoty jsou vyhodnoceny vzhledem k velkému počtu měřicích bodů pouze měsíčně.

Všechny obrázky (grafy) jsou vloženy ve skutečném měřítku v příloze č. 3.

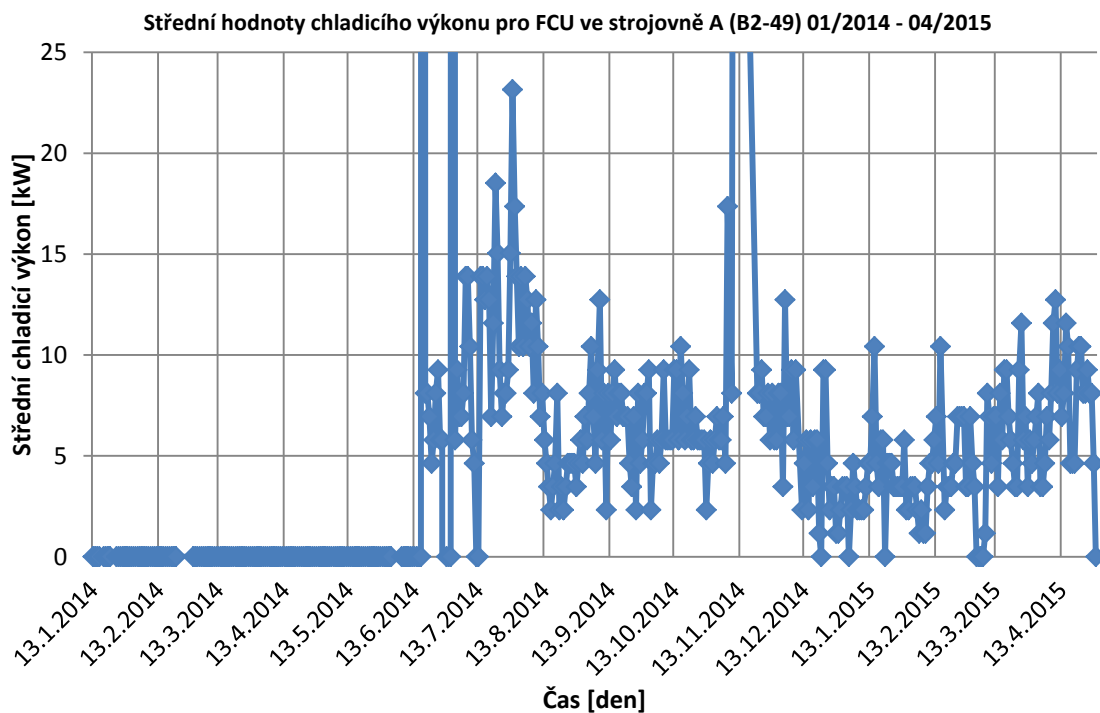
Na obr. 8.1 je průběh středních hodnot chladicího výkonu pro jednotky fan-coil (FCU) ve strojovně A. V letním období jsou hodnoty výkonu vyšší, avšak v zimě nejsou zanedbatelné. Např. hodnoty začátkem prosince 2014 výrazně stouply. Na grafu dále vidíme velké výkyvy prvních čtyř měsíců roku 2015. Na dalším obr. 8.2 je vidět hodnota středního chladicího výkonu dne 4. 12. 2014 skoro 13 kW. Když vezmeme v potaz, že tento den byla maximální teplota 9,6 °C (naměřeno meteorologickou stanicí objektu), je náhlé navýšení středního chladicího výkonu možné vysvětlit vyššími tepelnými zisky sluneční radiací. Z obr. 8.2 můžeme vidět konstantní hodnoty v průběhu pracovních dní.

Z obr. 8.3 je zřejmý rozdíl hodnot mezi letním a zimním obdobím. V létě jsou sice větší výkyvy středního chladicího výkonu, ale v zimě se až na pár výjimek drží kolem 2 kW za den. Na obr. 8.4 můžeme vidět téměř všechny hodnoty konstantní za vybrané období.

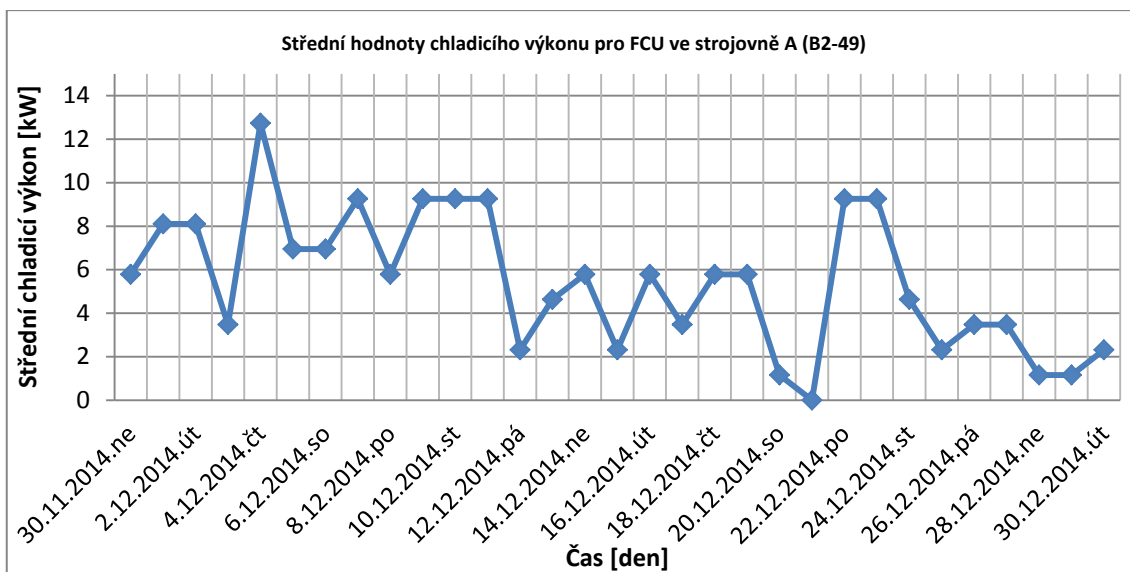
Na obr. 8.5 je znázorněno špatné odečítání tohoto měřicího zařízení, za začátek měření můžeme považovat 13. 3. 2015. Při zhlédnutí obr. 8.6 je vidět, že střední chladicí výkon dosahuje maximálně 2,2 kW a poté opět klesá na nulu. Otázkou tedy je, jestli měřič funguje zcela správně.

Obr. 8.7 zobrazuje klesání hodnot od začátku června 2014, přes minimální hodnoty v lednu 2015, až po růst začátkem dubna 2015. Jsou zde vidět i různé výkyvy jako např. snížení hodnot koncem června 2014 a nárůst v září 2014. Na obr. 8.8 je vidět, že přes vánoční svátky a Nový rok, jsou hodnoty nízké, kvůli minimální obsazenosti budovy. S koncem svátků a vyšší obsazeností budovy se i zvyšuje střední chladicí výkon, ale v žádném případě se nejedná o rapidní nárůst.

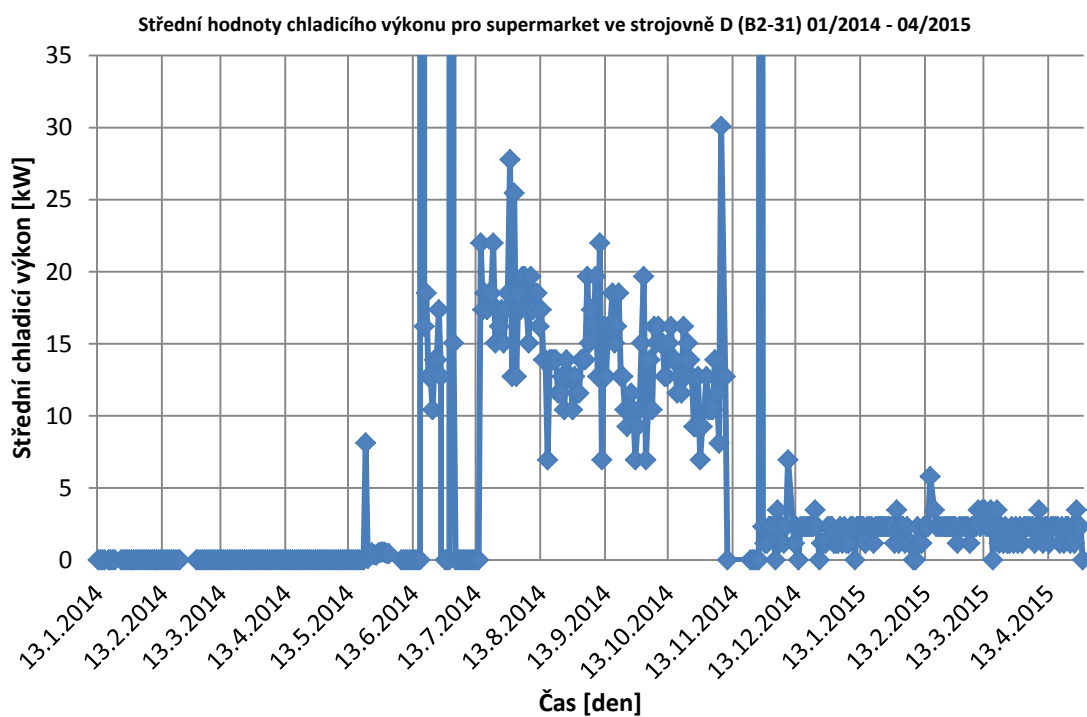
Po zhlédnutí všech grafů středního chladicího výkonu za celé období měření je zřejmé, že nejvyšších hodnot dosahují fan-coily strojovny D. Při porovnání fan-coilů strojovny A a D, vidíme podobné křivky, které se pohybují v jiném rozmezí. Maximálních i minimálních hodnot dosahují ve stejném období. Jejich odlišnosti můžeme vidět v oříznutých špičkách, které se neshodují, to by mohlo znamenat výpadek měřicích zařízení v jiných dnech.



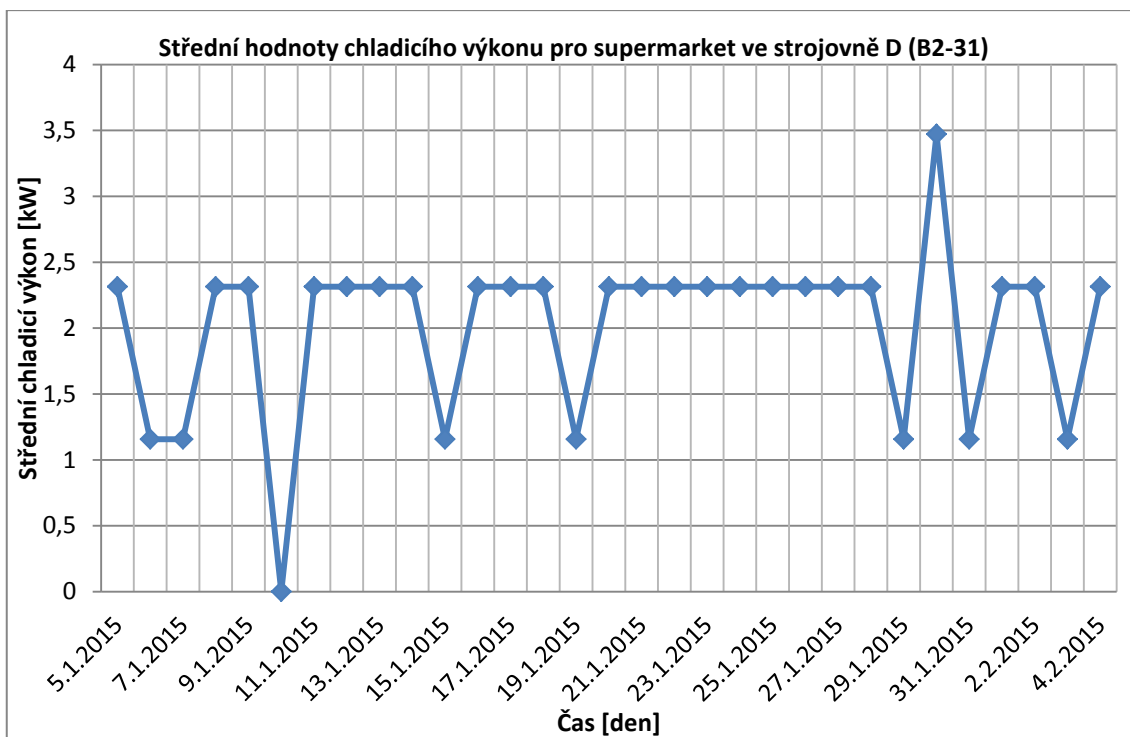
Obr. 8.1 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro FCU ve strojovně A (B2-49) za období 01/2014 až 04/2015



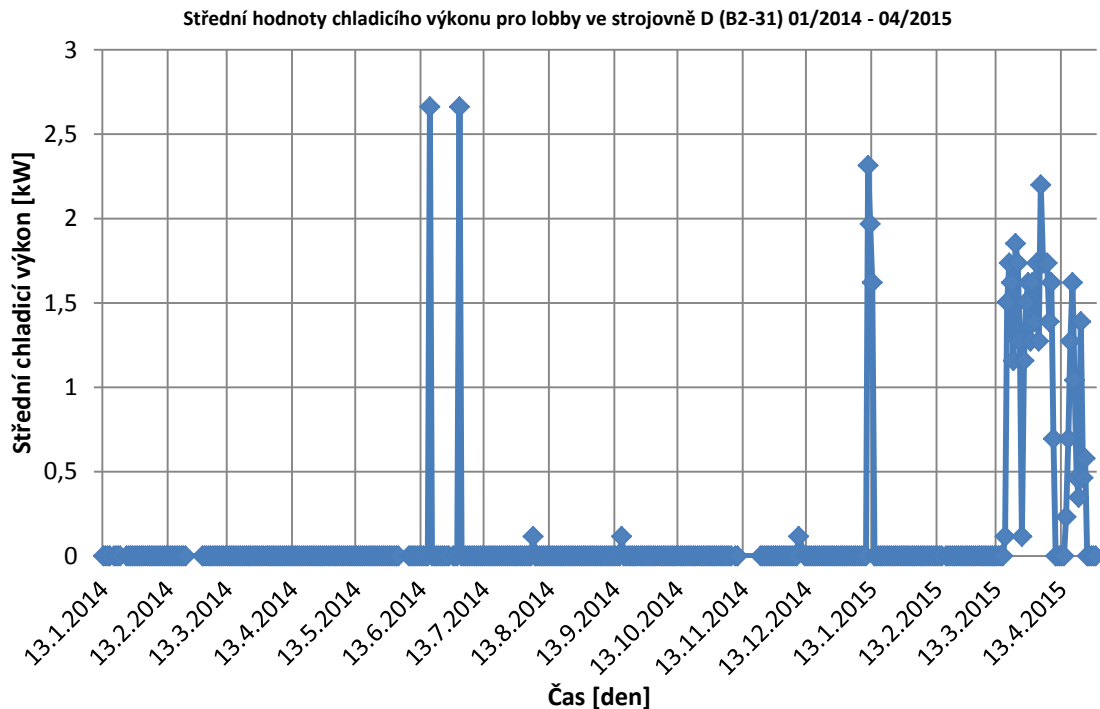
Obr. 8.2 – Sřední hodnoty chladicího výkonu pro FCU ve strojvně A (B2-49)



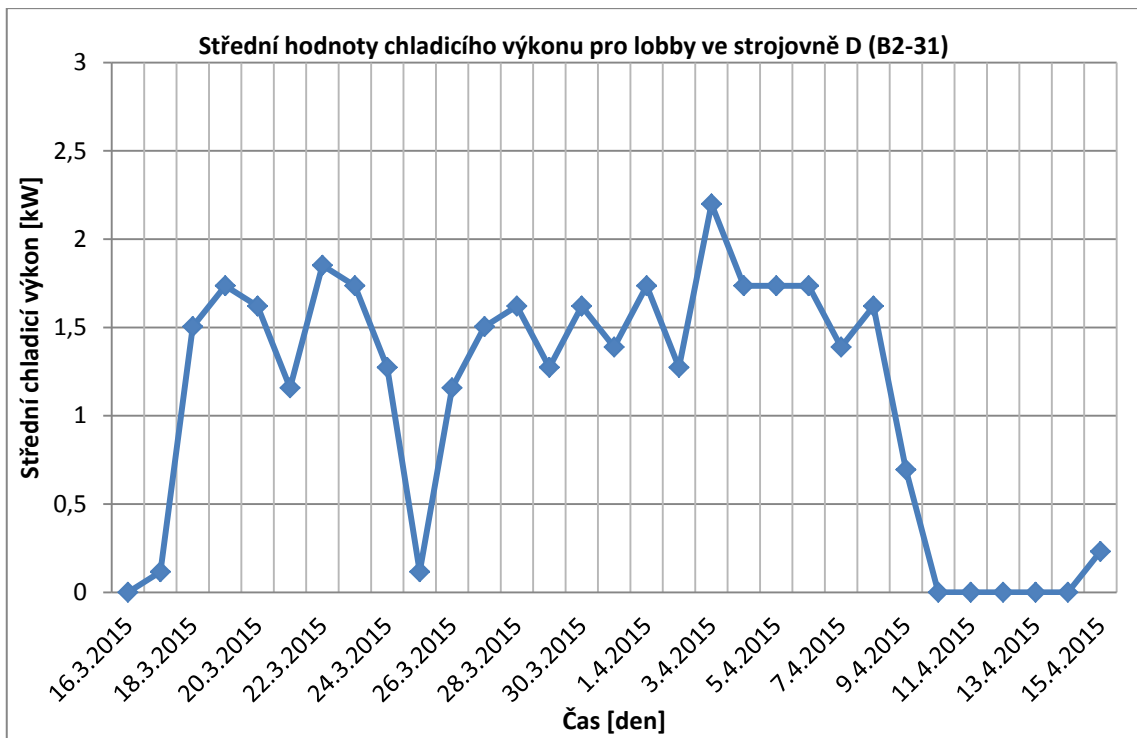
Obr. 8.3 – Sřední hodnoty chladicího výkonu pro supermarket ve strojvně D (B2-31) za období 01/2014 až 04/2015



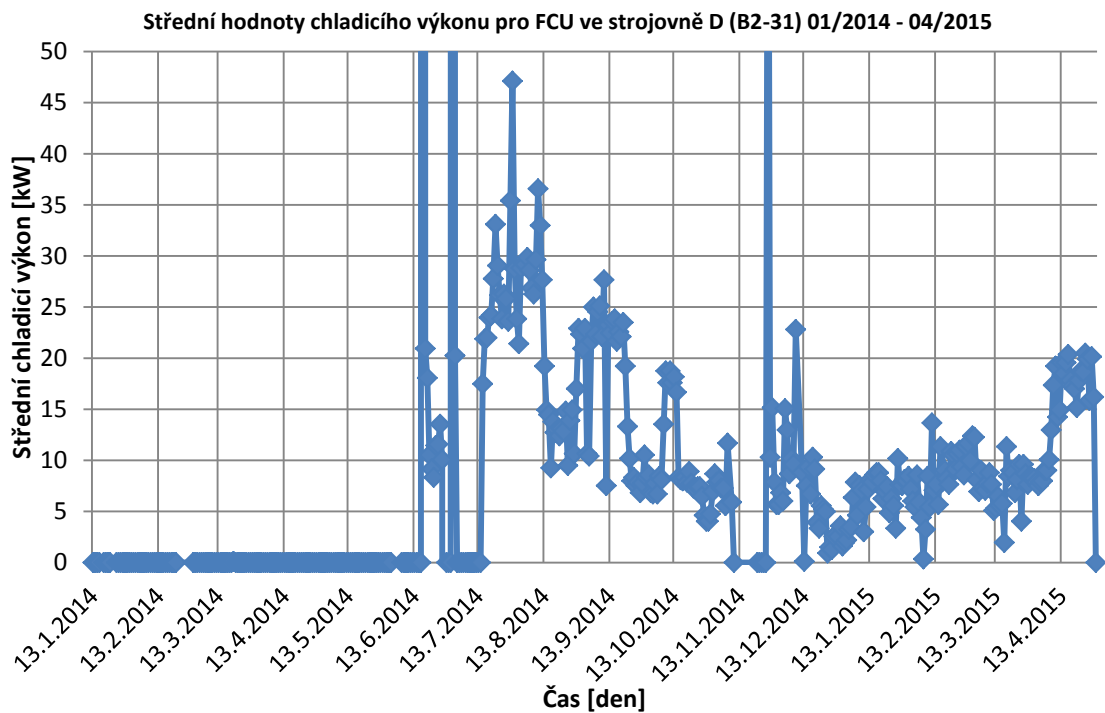
Obr. 8.4 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro supermarket ve strojovně D (B2-31)



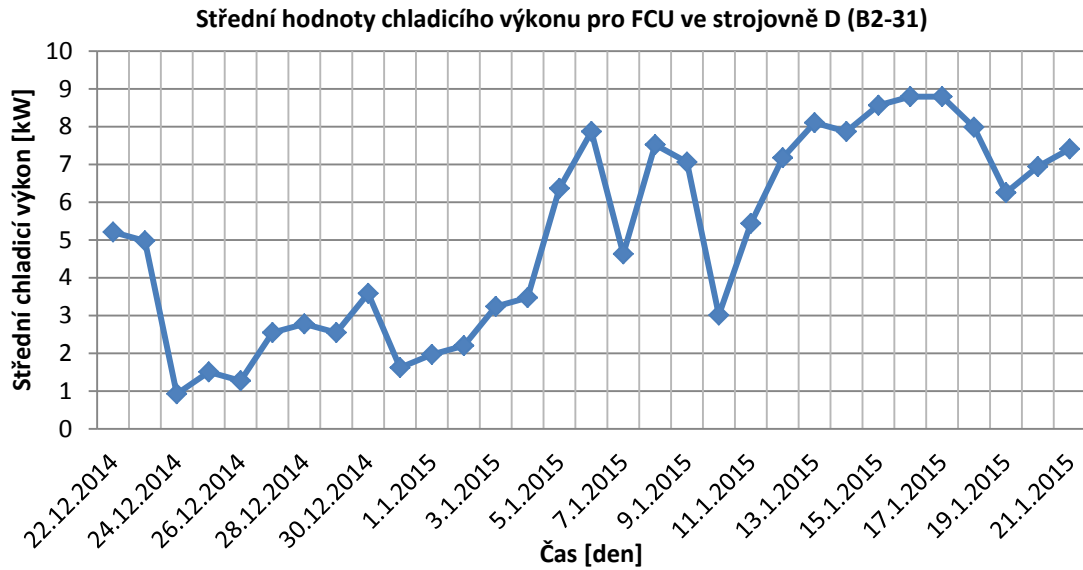
Obr. 8.5 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro lobby ve strojovně D (B2-31) za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.6 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro lobby ve strojovně D (B2-31)



Obr. 8.7 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro FCU ve strojovně D (B2-31) za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.8 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro FCU ve strojovně D (B2-31)

8.2 Teplo

Nárůst 13. 5. 2014, který můžeme vidět u všech grafů středního topného výkonu, je chybný, protože od 3. 5. 2014 do 11. 5. 2014 nebyla zaznamenávána data a tím došlo k výpočtu velkého rozdílu a následně k vynesení vyšší hodnoty. Tato chyba nemůže být v některých grafech odstraněna oříznutím, protože oproti ostatním naměřeným hodnotám není tak velká. Proto dále v jednotlivých popisech obrázků, nebude tato hodnota popisována, i když se bude jevit jako zajímavá.

Na obr. 8.10 můžeme opět vidět, že měření v prvních měsících neprobíhalo. První data jsou z března 2014, která mají velké výkyvy. V letním období se střední topný výkon drží téměř na nule. Na grafu je velmi zajímavé, že vysoký nárůst přichází, až v prosinci 2014. Ani v zimním období nejsou data ustálená. Podobně jako v letním mají velké výkyvy.

Z obr. 8.11 vyplývají nulové hodnoty v letním období. Následné vysoké navýšení středního topného výkonu koncem září 2014, se ještě chvíli navrátí k nule v listopadu 2014, ale poté již hodnoty prudce stoupají až ke 270 kW. Na grafu vidíme dva zajímavé body někdy kolem 2. 12. 2014 a 15. 1. 2015, kdy jsou naměřeny maxima 330 kW a 335 kW.

Na obr. 8.12 vidíme rozdíly mezi letním a zimním obdobím, kdy v létě jsou hodnoty nulové, nebo blízké nule a v zimě na přelomu roku 2014/2015 mají výkyvy od 2 kW až

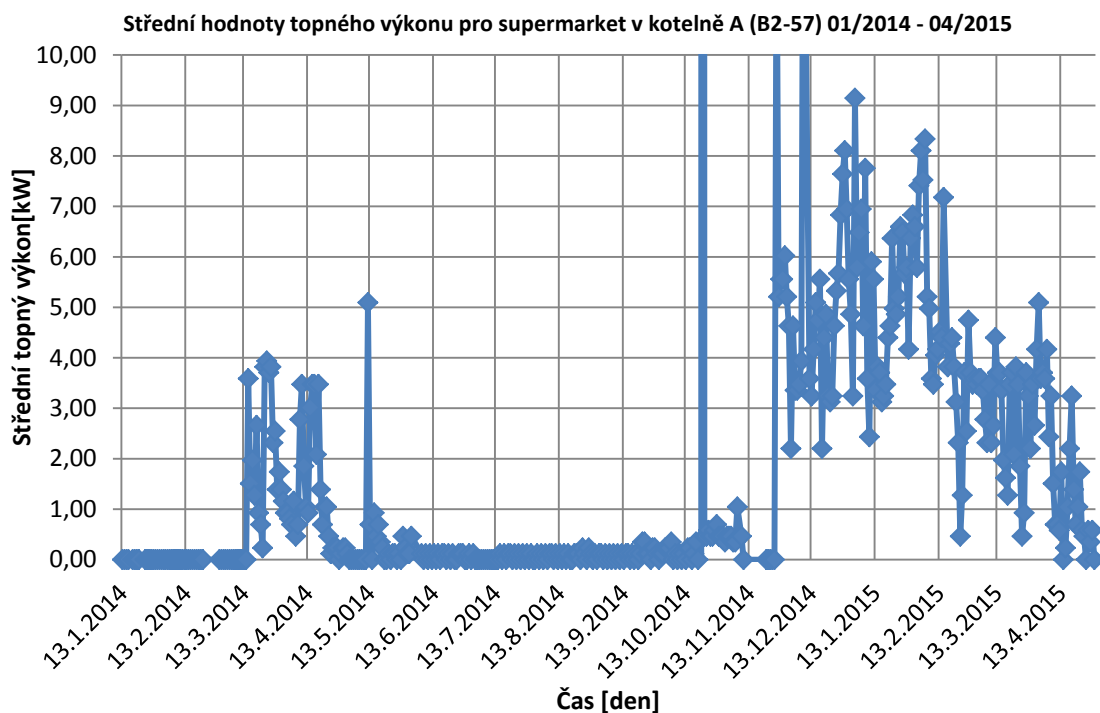
do 15 kW. Na grafu je zajímavé, že koncem srpna 2014, byly naměřeny hodnoty kolem 1 kW. Po přezkoumání dat v tabulce odečtů byla opravdu dne 27. 8. 2014 naměřena vyšší hodnota oproti ostatním o 1 kW.

Na obr. 8.13 můžeme vidět téměř konstantní výkyvy. Za střední hodnotu tohoto grafu bychom mohli považovat 4 kW středního topného výkonu. Za zmínku pak stojí hodnoty kolem 13. 7. 2014, ty jsou na grafu vidět jako nulové, nikoliv však kvůli nulovému odběru, ale špatným odečítáním měřiče, kdy místo čísel píše „HODNOTA“.

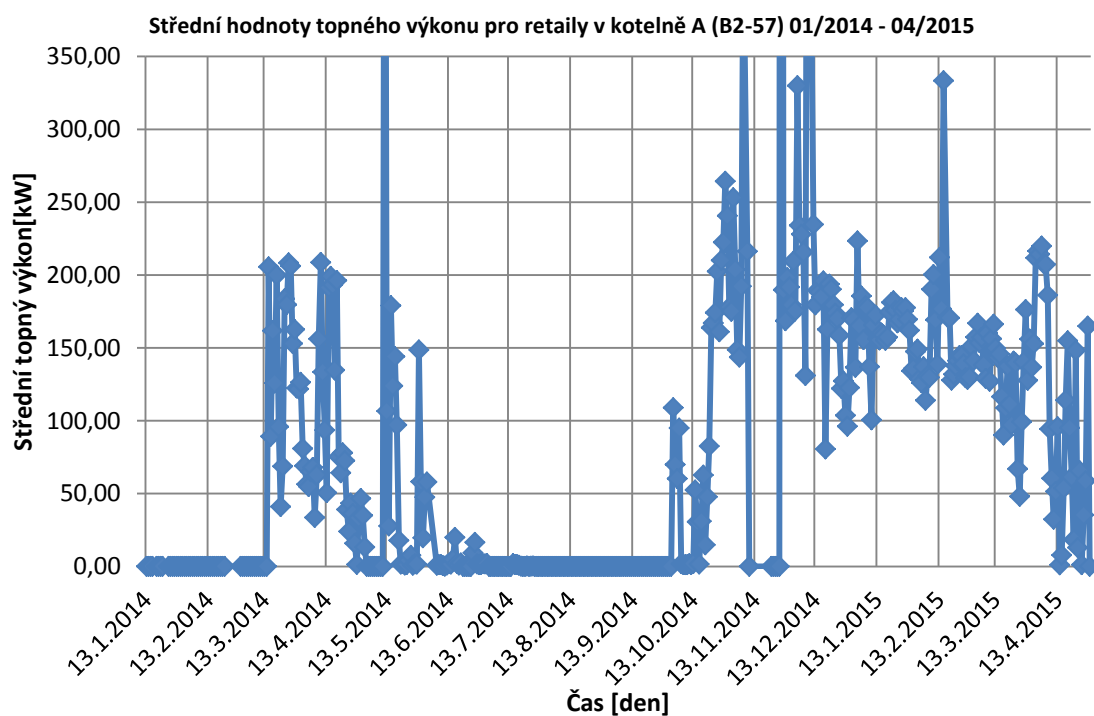
Na obr. 8.14 můžeme vidět střední hodnoty topného výkonu pro vzduchotechnické jednotky 52A a 53A. Z grafu je patrné, že hodnoty jsou nulové pouze v červenci a srpnu 2014, tedy v nejteplejších měsících pro Českou republiku. Po zbytek roku hodnoty občas klesnou na nulu, ale jen pro krátké období.

Na následujících obrázcích 8.10 až 8.14 můžeme vidět jednotlivé střední topné výkony pro retaily, lobby, atd. kotelny A. Stejně grafy jsou vytvořené i pro kotelnu B, které jsou vloženy v příloze č. 4, pouze je jich více vložených do sebe. Jednotlivé grafy jsou k nahlédnutí v souboru MS Excel. Z kotelny B je v práci zobrazen pouze obr. 8.15, který zobrazuje střední hodnoty topného výkonu pro kanceláře kotelny B, protože podobná data pro vypracování grafu z kotelny A nejsou měřena.

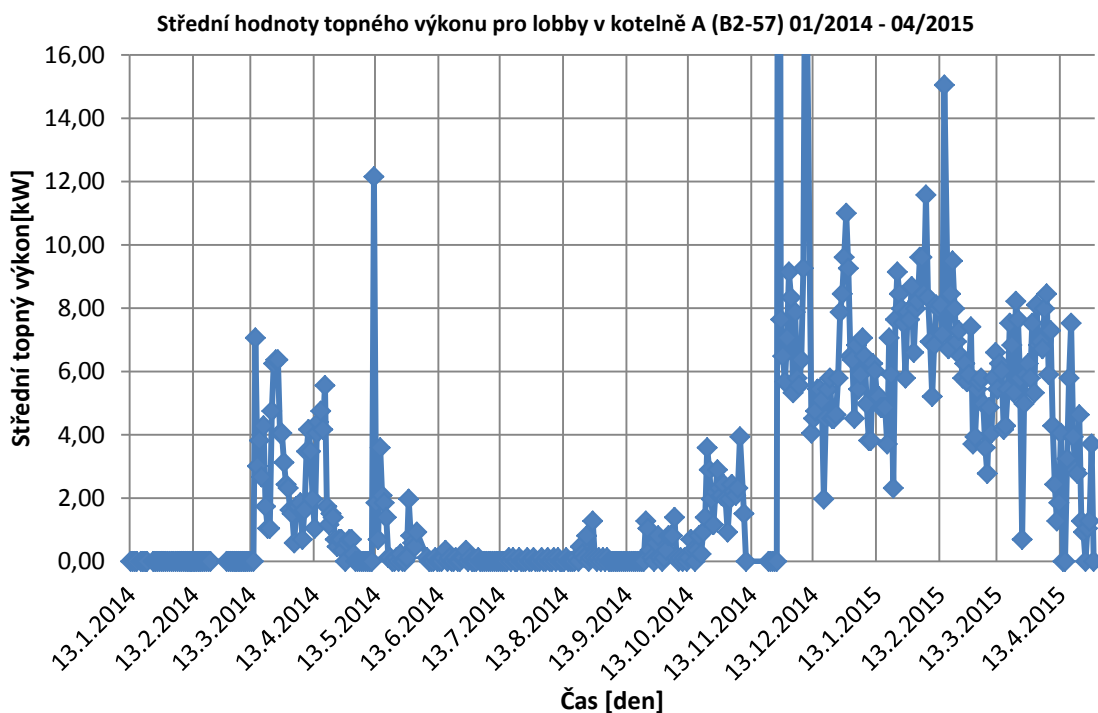
Na obr. 8.11 vidíme nulové hodnoty v letním období, které jsou správné. Přechod mezi létem a zimou má velký nárůst koncem listopadu 2014. Hodnoty od 13. 12. 2014 až na pár výjimek do 29. 4. 2015 jsou nulové. V zimním období by měl být střední topný výkon nejvyšší. Nulové hodnoty tedy považuji za chybné měření. Funkčnost měřiče není pro rozúčtování služeb důležitá, slouží pouze jako podružné měření. Každý nájemce má totiž před svými prostory instalován další kalorimetr.



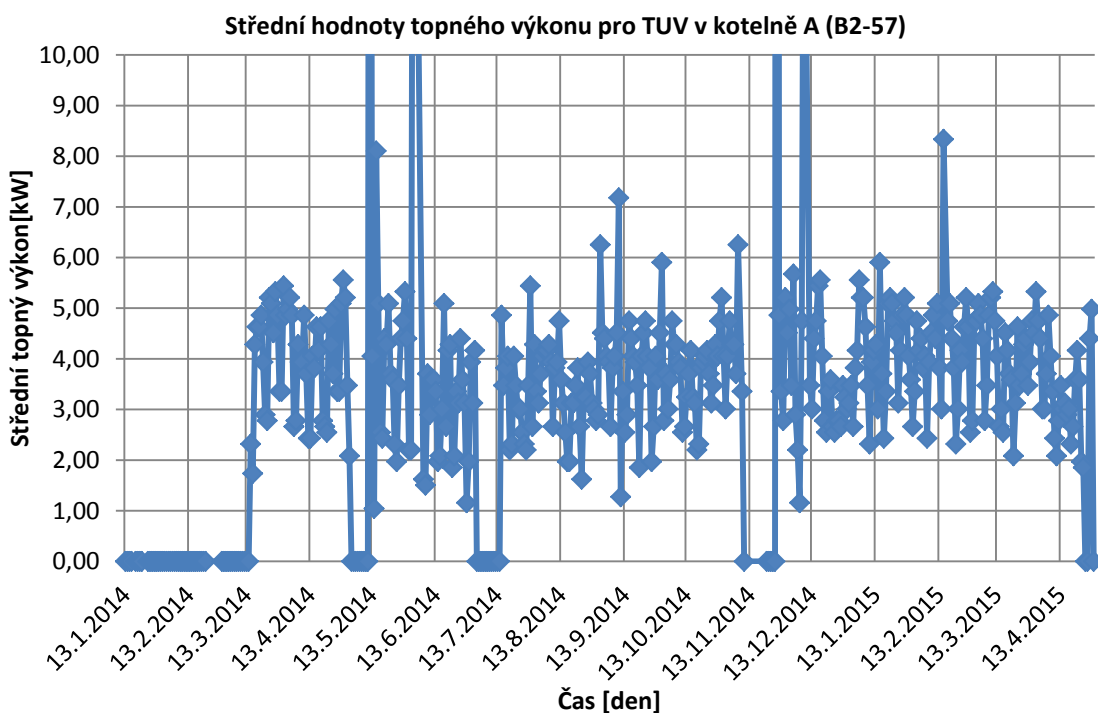
Obr. 8.10 – Střední hodnoty topného výkonu pro supermarket v kotelně A (B2-57) za období 01/2014 až 04/2015



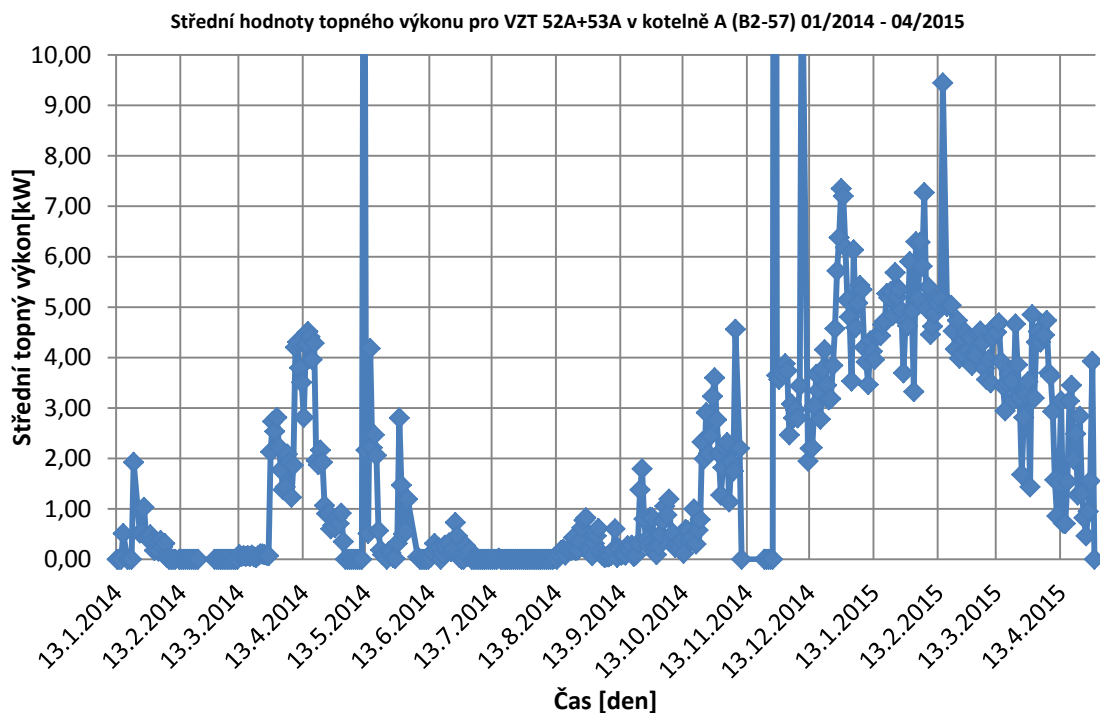
Obr. 8.11 – Střední hodnoty topného výkonu pro retaily v kotelně A (B2-57) za období 01/2014 až 04/2015



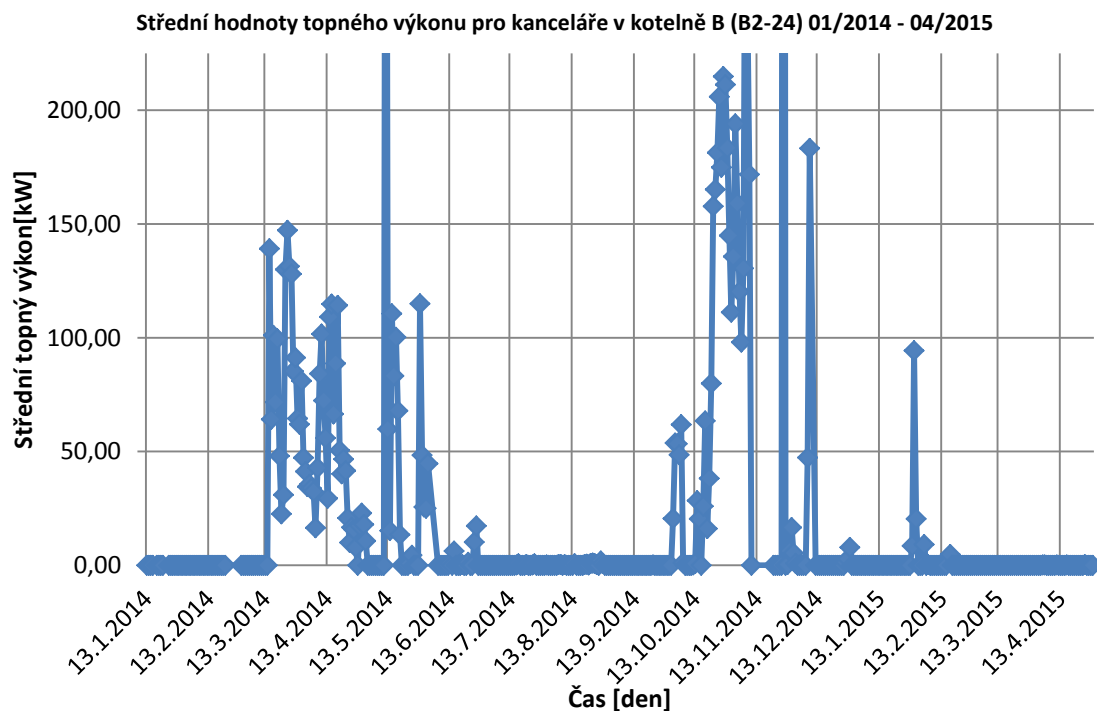
Obr. 8.12 – Střední hodnoty topného výkonu pro lobby v kotelně A (B2-57) za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.13 – Střední hodnoty topného výkonu pro TUV v kotelně A (B2-57) za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.14 – Střední hodnoty topného výkonu pro VZT 52A+53A v kotelně A (B2-57) za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.15 – Střední hodnoty topného výkonu pro kanceláře v kotelně B (B2-24) za období 01/2014 až 04/2015

8.3 Elektrická energie

8.3.1 Porovnání příkonu vybraných vzduchotechnických jednotek

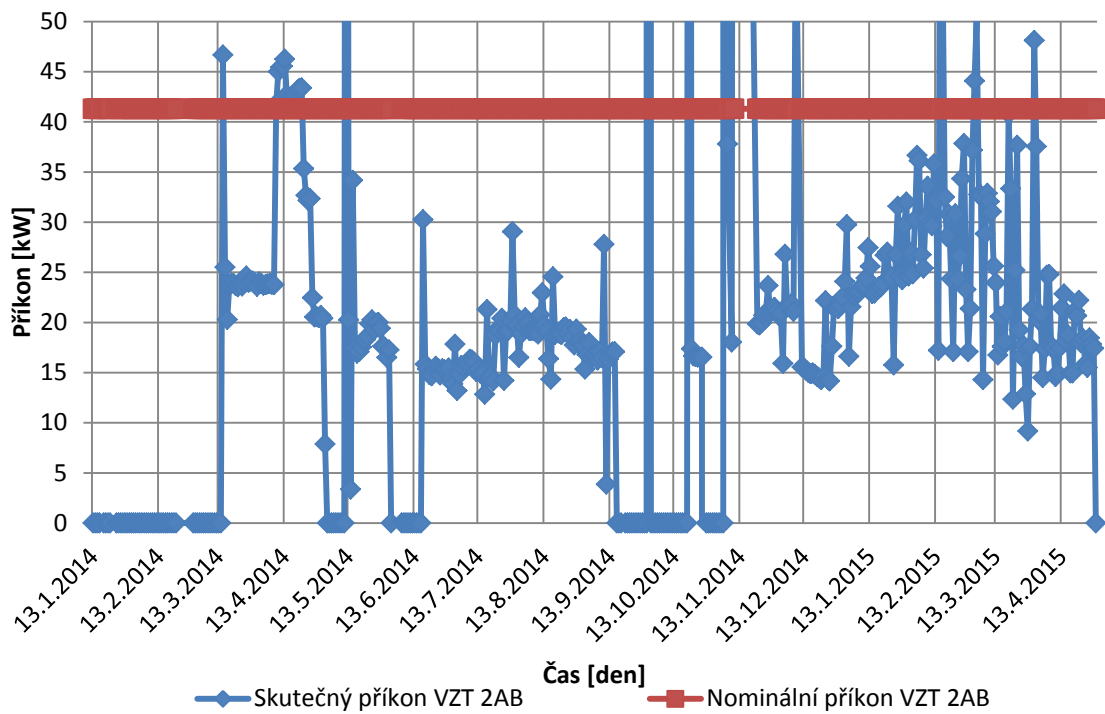
Jedná se VZT 1AB, 2AB, 3AB, 4AB, 5AB, 6AB, 13AB, 16AB, 19AB a 20AB. Vybrány byly proto, že jsou všechny osazeny měřiči chladu, tepla a elektrické energie.

Pro ukázkou jsem do práce umístil pouze některé grafy s příkony, zbytek je vložen v příloze č. 5. Pro vybrané vzduchotechnické jednotky jsem vytvořil i grafy se spotřebou chladu a tepla, ty jsou také vloženy v příloze č. 5.

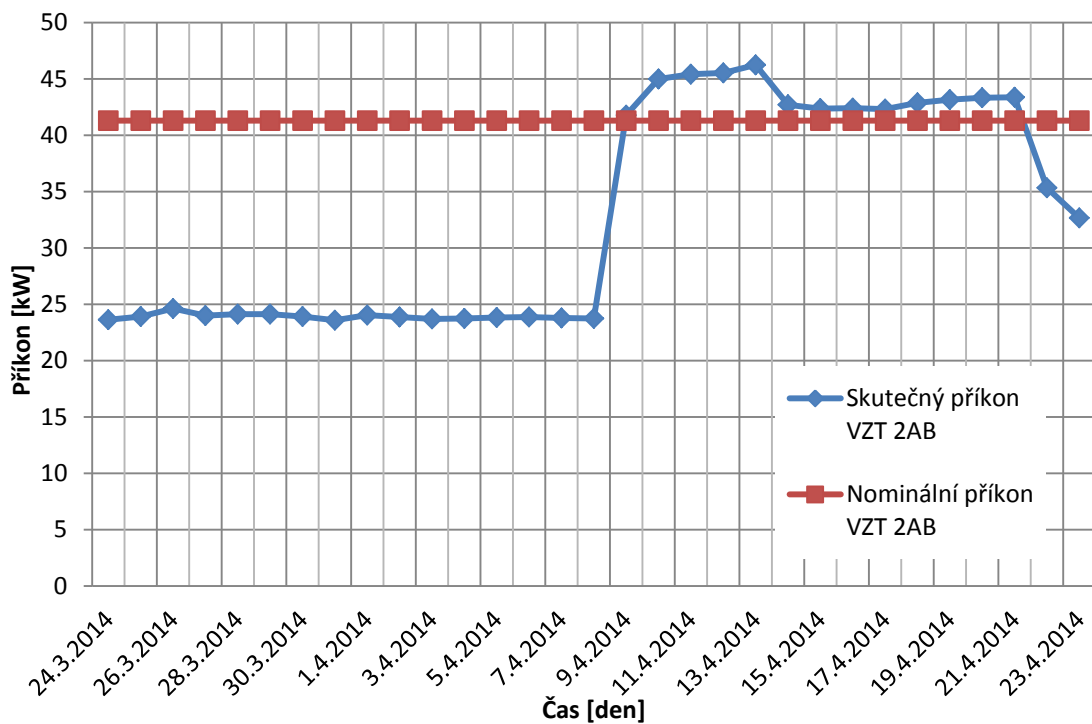
U porovnání nominálního se skutečným příkonem může být skutečný vyšší. To může být způsobeno špatným měřením elektrické energie, použitím frekvenčních měničů (ty mohou při vyšší zátěži odebrat víc elektrické energie), nebo elektroměr měří ještě nějaká další zařízení kromě přívodního a odvodního ventilátoru, což je asi nejpravděpodobnější.

Na obr. 8.16 vidíme příkon kolem 17 kW v letním období 2014. Od konce prosince 2014 je vidět nárůst až na hodnotu 37 kW v lednu 2015. Od té doby má příkon výkyvy. Na obr. 8.17 vidíme skutečný příkon výše než nominální, to je způsobeno jednou z výše uváděných možností. Jinak je zde ještě k vidění konstantní příkon od 24. 3. do 8. 4. 2014.

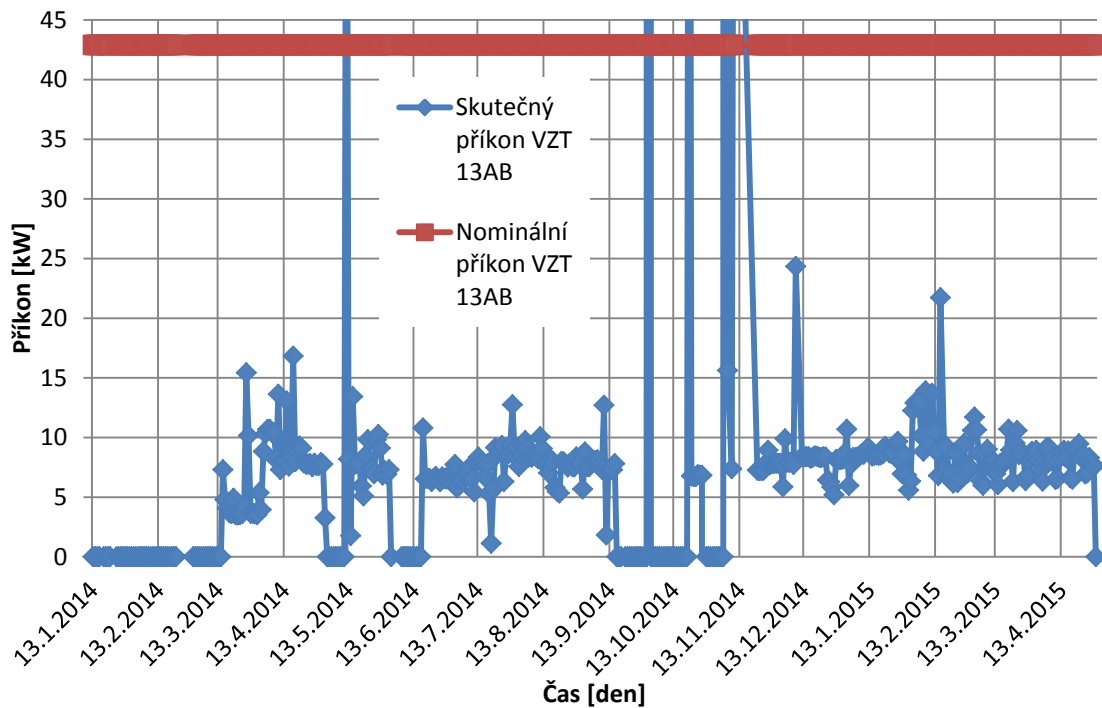
Obr. 8.18 vidíme podobný nominální příkon, jako na obr. 8.16, z toho lze usoudit, že se jedná o podobně veliké jednotky. Znatelný rozdíl je v jejich využití VZT, 13AB dosahuje maximálního skutečného příkonu 25 kW. U VZT 2AB by se 25 kW dalo považovat za střední naměřenou hodnotu. Na obr. 8.19 vidíme téměř hladký průběh skutečného příkonu.



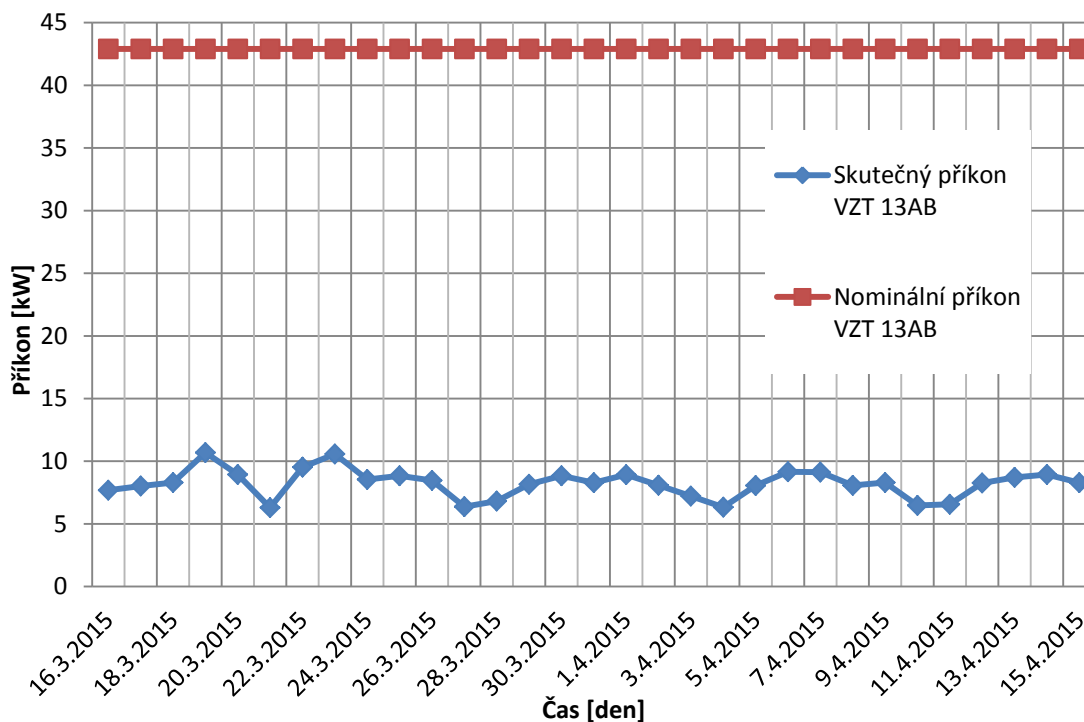
Obr. 8.16 – Skutečný a nominální příkon vzduchotechnické jednotky 2AB za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.17 – Skutečný a nominální příkon vzduchotechnické jednotky 2AB



Obr. 8.18 – Skutečný a nominální příkon vzduchotechnické jednotky 13AB za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.19 – Skutečný a nominální příkon vzduchotechnické jednotky 13AB

8.3.2 Výpočet vyhlazení grafů

Následující grafy v odstavci 8.3.3 jsou vyhlazeny. Samozřejmě vyhlazením se grafy nezbavily, všech chyb. Např. když elektroměr neměřil a nezapisoval ani den, tak není kam vkládat vypočtená data, takže tyto chyby byly opět odstraněny nastavením maxima.

Všechny hodnoty, u kterých je to možné, jsou vyhlazeny, tzn. volné, prázdné, buňky jsem zaplnil dodatečně lineární regresí hodnot. Vyhlazení je provedeno pouze tehdy, kdy je zřejmé, že se jedná o výpadek měření, nikoliv o nulový příkon. Samotný výpočet je následující: odečtou se mezi sebou dva stavy, které se považují za správné, z nich je vypočtena aritmetická hodnota, která se přičte k poslednímu stavu správné hodnoty a následně na stav nově vytvořený, tak aby se zaplnily všechny volné buňky. Tím vznikne konstantní odběr, nikoliv skutečný, ale pro graf je to lepší, než mít jednu skokovou změnu.

8.3.3 Grafy strojoven chlazení, chladicích jednotek a suchých chladičů

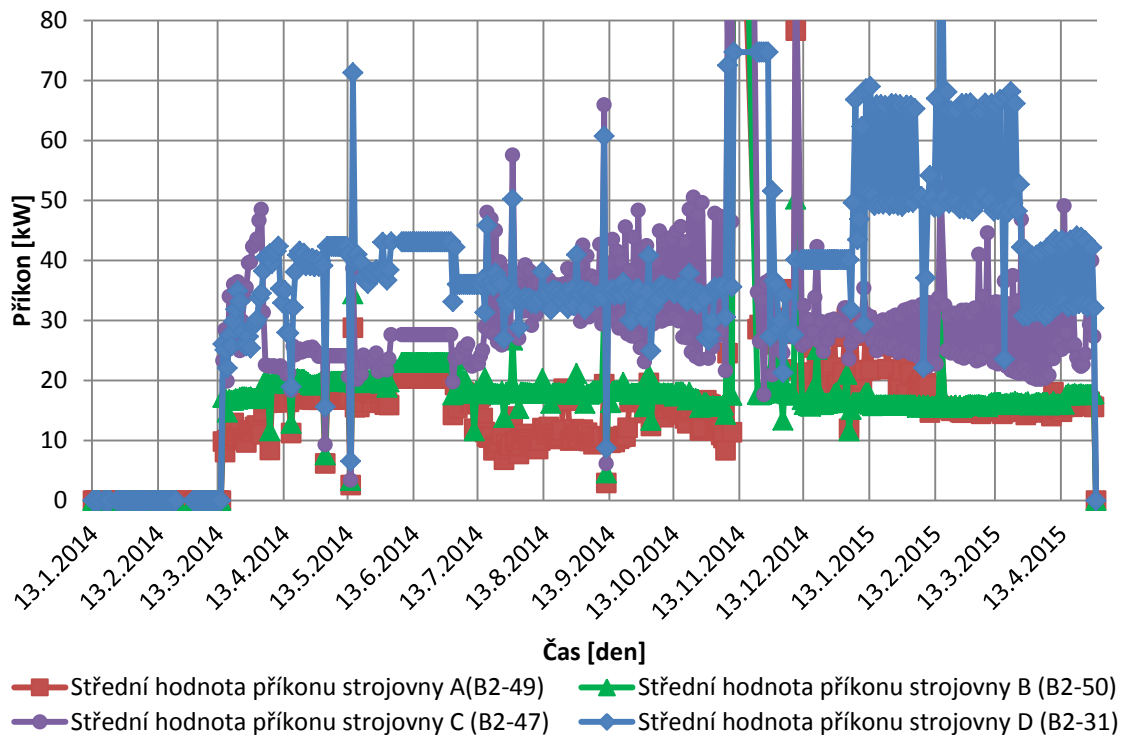
Na obr. 8.20 vidíme porovnání příkonu jednotlivých strojoven chlazení bez kompresorů. Na první pohled je vidět, že stroje C a D mají vyšší příkon, což je zapříčiněno, větším nominálním příkonem čerpadel. Dále je z grafů patrné, které hodnoty jsou vyhlazeny, a tudíž mají konstantní příkon.

Na obr. 8.21 je vidět, že měření pro jednotky chlazení, není správné. Za správné hodnoty považují ty od 13. 1. 2015.

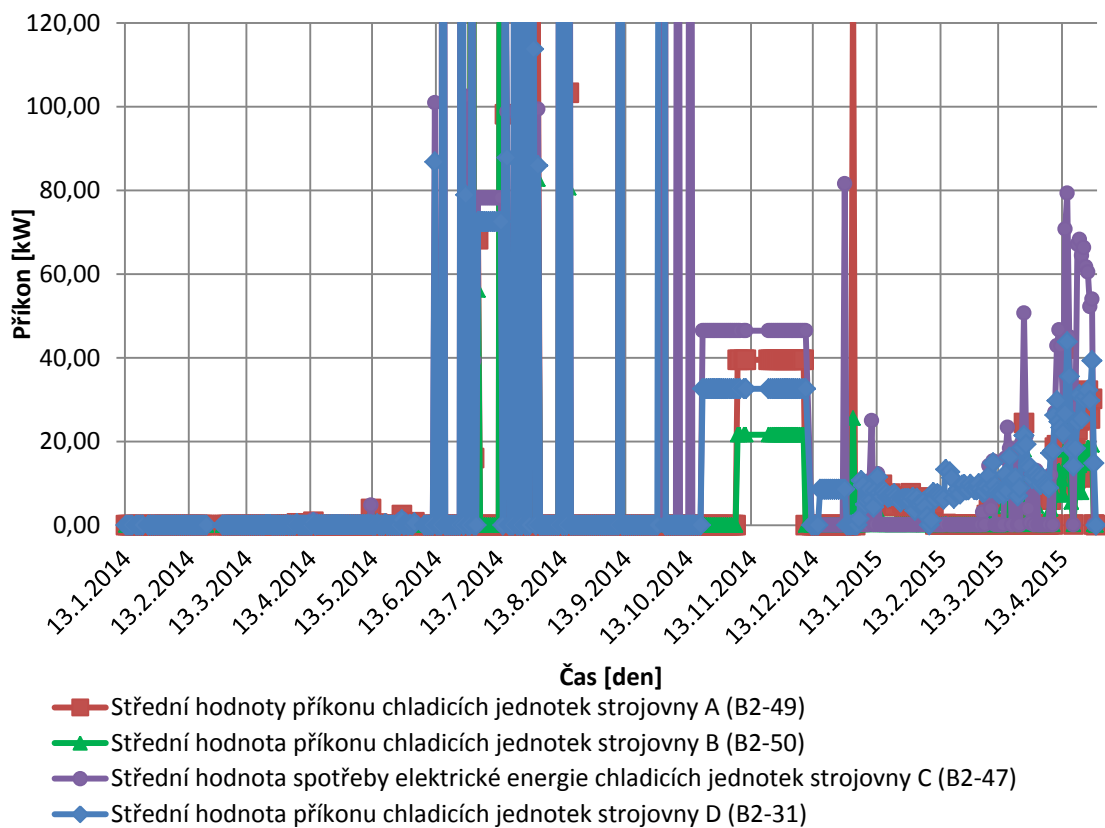
Na obr. 8.22 můžeme vidět, jak jsou příkony suchých chladičů strojoven A a B téměř totožné. Hlavním důvodem je zřejmě to, že chladí stejná zařízení. Dále si můžeme povšimnout výpadku měření suchých chladičů pro stroje B od 13. 12. 2014 a vysoké hodnoty dne 9. 11. 2014, která je způsobena výpadkem měření 8. 11. 2014, rozdíl stavů elektroměru se tedy počítá za dva dny.

Na obr. 8.23 vidíme téměř totožné průběhy příkonů. Rozdíly jsou pouze ve velikosti hodnot. To je nejspíše zapříčiněno větším využitím chladicích jednotek ve stroje D.

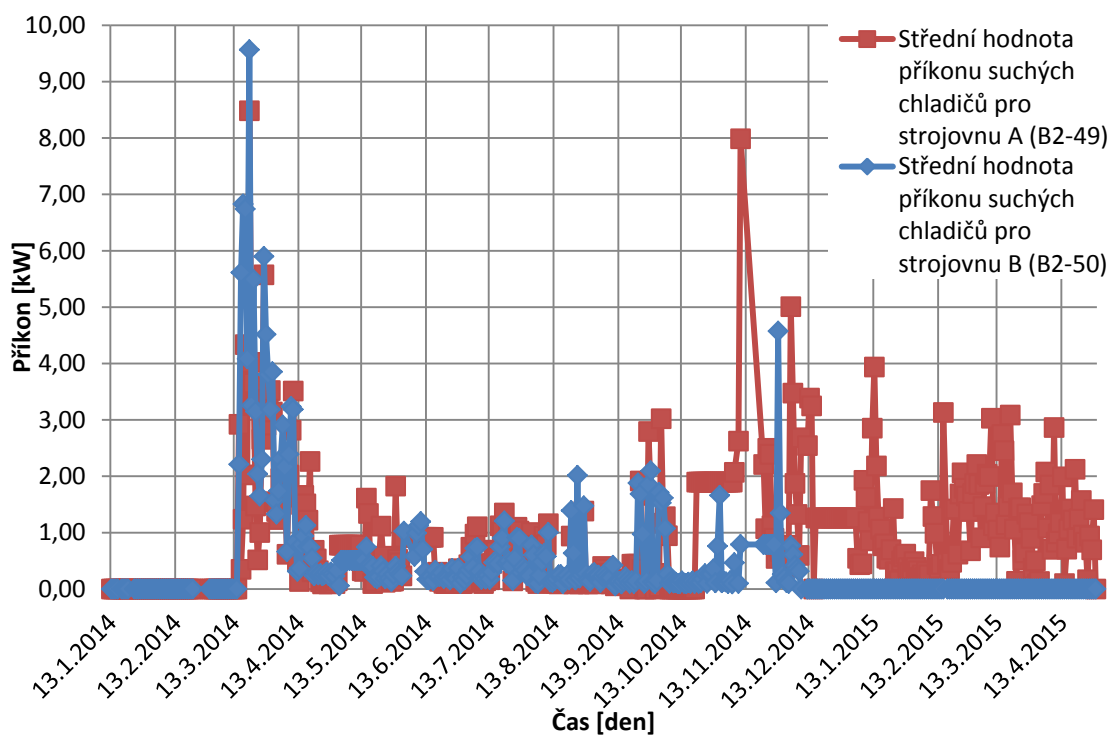
Všechny tyto hodnoty jsou ve dvou základních typech grafu k nahlédnutí v souboru MS Excel. V příloze č. 6. jsou vloženy na list formátu A4.



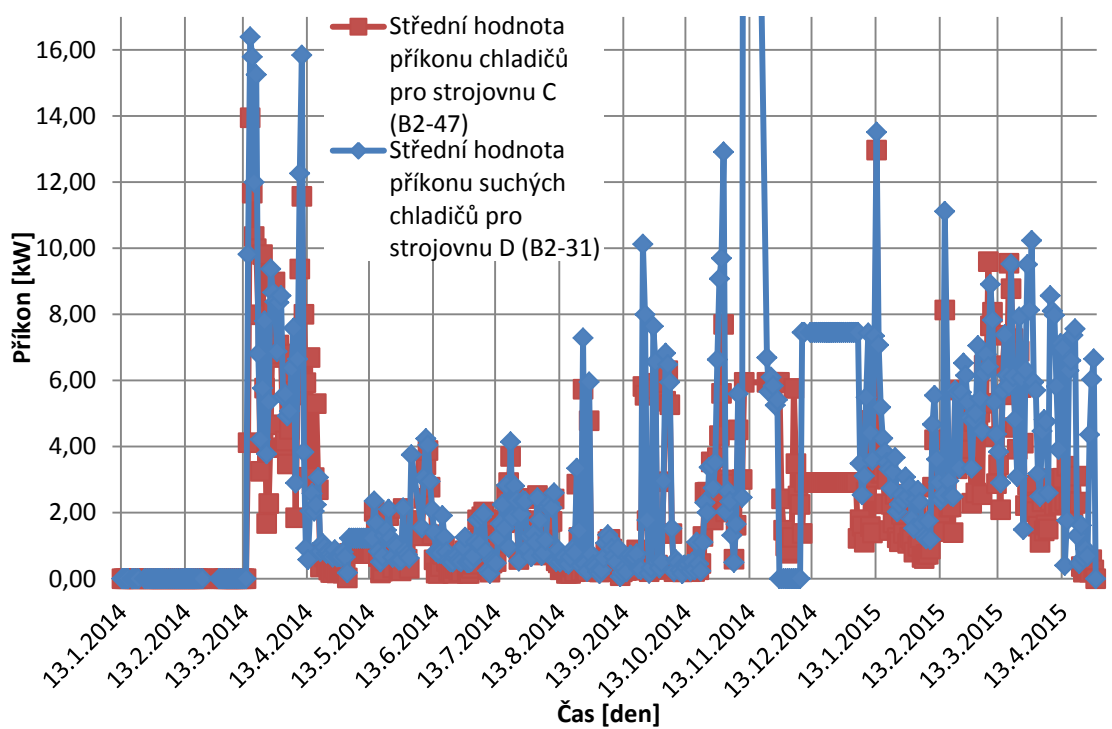
Obr. 8.20 – Střední hodnoty příkonu strojevnů chlazení A, B, C, D za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.21 – Střední hodnoty příkonu chladičích jednotek ve strojevnách A, B, C, D za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.22 – Střední hodnoty příkonu suchých chladičů pro jednotky ve strojovnách A a B za období 01/2014 až 04/2015



Obr. 8.23 – Střední hodnoty příkonu suchých chladičů pro jednotky ve strojovnách C a D za období 01/2014 až 04/2015

Dále jsou v práci naměřené hodnoty strojovny chladu, viz 8.3.3, považovány za naměřené hodnoty oběhových čerpadel. Další zařízení, která jsou s čerpadly měřena, mají nízké zanedbatelné hodnoty.

8.4 Sezónní využití – SEER

V této kapitole jsou analyzovány sezónní chladicí faktory monitorovaného zařízení (*SEER*). Tyto hodnoty jsou však vypočteny ze skutečných naměřených provozních hodnot, na rozdíl od *SEER* popsanych v kapitole 3.4, které se počítají z laboratorně naměřených stavů. Výpočet sezónního faktoru vychází z naměřeného množství dodaného chladu za měsíc, ze kterého byl vypočten střední výkon (vyděleno počtem hodin v měsíci) a spotřeby elektrické energie také převedené na střední příkon (vyděleno počtem hodin v měsíci).

V následujících tab. 8.1 a 8.2 se potvrzuje, že naměřená data prvních měsíců provozu budovy nejsou použitelná. Z tab. 8.1 je vidět, že některé měřiče fungovaly dříve a jiné později. Za správná data pro výpočet *SEER* můžeme považovat, až ty z června 2014.

Celkový vyrobený chlad chladicích jednotek ze strojoven A, B, C, D, jsem použil z poskytnutých měsíčních dat. K hodnotě 152 měřičů jsem došel při zapnutí filtrace „měření chlazení“ a poté oddělením chlazení budovy od chlazení IT.

Příkony jednotlivých zařízení chlazení jsem získal ze zpracování denních hodnot. Tedy celkem z 12 měřičů, u kterých jsem spočítal denní příkony, ty převedl na měsíční, abych je poté sloučil do třech celků: chladicí jednotky, suché chladiče a oběhová čerpadla.

Z vypočtených hodnot vyplývá, že do května 2014 měření příkonu především chladicích jednotek není v pořádku. Od června 2014 lze již hodnoty považovat za správné, i když vzhledem k množství zpracovávaných dat nelze určité chyby vyloučit. Měření příkonu zdrojů chladu vykazuje časté výpadky, i když jsou v rámci měsíčních hodnot většinou kompenzovány, mohou způsobovat chyby ve výsledných hodnotách. Systému měření a sběru dat chladicích jednotek by měla být věnována větší pozornost. Z tab. 8.1 je patrné, že střední měsíční příkon oběhových čerpadel je (červen 2014 až duben 2015) poměrně stabilní. Oproti tomu střední měsíční příkon chladicích jednotek je výrazně nevyšší v letním období. V zimním období (leden 2015 až březen 2015) jsou hodnoty velmi nízké. Zajímavý je střední měsíční výkon chladu, který je v letních měsících nevyšší (v červenci 2014 dosahují hodnot 535 kW), ale i v zimních měsících

není množství chladu zanedbatelné a dosahuje čtvrtiny z maxima. Střední měsíční příkony suchých chladiců jsou poměrně stabilní, nejnižších hodnot dosahují v létě mimo špičku, oproti tomu v zimě je patrný vliv free-coolingu a spotřeby jsou větší.

Z tab. 8.2 sezónních chladicích faktorů je velmi významný vliv oběhových čerpadel. Měsíční sezónní chladicí faktory pouze jednotek se v létě pohybují mezi 2,2 a 3,8 a obvykle jsou mírně pod jmenovitými chladicími faktory. V lednu a únoru roku 2015 jsou tyto hodnoty výrazně vyšší, to je ale pravděpodobně způsobeno využitím free-coolingu. Suché chladice měsíční sezónní chladicí faktor mírně snižují. V letních měsících je toto snížení nižší a v zimě výraznější. Celkový měsíční sezónní chladicí faktor i se zahrnutím oběhových čerpadel je poměrně nízký dosahuje maximálně hodnoty 2 a zimě je často menší než 1. Potvrzuje se tím výrazná spotřeba oběhových čerpadel. V průběhu měsíčních sezónních chladicích faktorů je patrný vliv využití free-coolingu, kdy především v měsíci lednu a únoru 2015 výrazně klesá příkon chladicích jednotek a příkony suchých chladiců jsou vyšší, ale vzhledem k výkonu oběhových čerpadel se celkový chladicí faktor podobá hodnotám letním.

Tab. 8.1 – Vyrobený chlad a příkony zařízení

| Období | Střední chladicí výkon ze 152 měřících zařízení | Střední příkon chladicích jednotek ve strojovnách A, B, C, D | Střední příkon suchých chladiců pro chladicí jednotky strojoven A, B, C, D | Střední příkon oběhových čerpadel strojoven A, B, C, D |
|---------------|--|---|---|---|
| [měsíc] | [kW] | [kW] | [kW] | [kW] |
| Leden 2014 | 867 | 0 | 0 | 0 |
| Únor 2014 | 325 | 0 | 0 | 0 |
| Březen 2014 | 437 | 0 | 13 | 49 |
| Duben 2014 | 417 | 0 | 9 | 98 |
| Květen 2014 | 359 | 1 | 3 | 98 |
| Červen 2014 | 510 | 132 | 3 | 113 |
| Červenec 2014 | 535 | 227 | 4 | 98 |
| Srpen 2014 | 396 | 122 | 3 | 98 |
| Září 2014 | 365 | 149 | 4 | 99 |
| Říjen 2014 | 302 | 134 | 6 | 101 |
| Listopad 2014 | 448 | 124 | 12 | 163 |
| Prosinec 2014 | 147 | 48 | 10 | 113 |
| Leden 2015 | 134 | 19 | 8 | 122 |
| Únor 2015 | 244 | 9 | 7 | 119 |

| | | | | |
|-------------|-----|----|----|-----|
| Březen 2015 | 132 | 25 | 13 | 112 |
| Duben 2015 | 231 | 77 | 7 | 96 |

Tab. 8.2 – Sezónního využití strojoven chladu objektu

| Období | SEER pro chladicí jednotky strojoven A, B, C, D | SEER pro chladicí jednotky a suché chladiče strojoven A, B, C, D | SEER pro chladicí jednotky, suché chladiče a čerpadla strojoven A, B, C, D |
|---------------|---|--|--|
| [měsíc] | [kW/kW] | [kW/kW] | [kW/kW] |
| Leden 2014 | 0 | 0 | 0 |
| Únor 2014 | 0 | 0 | 0 |
| Březen 2014 | 17065,96 | 33,67 | 7,06 |
| Duben 2014 | 1830,10 | 46,88 | 3,90 |
| Květen 2014 | 479,20 | 97,90 | 3,54 |
| Červen 2014 | 3,87 | 3,78 | 2,05 |
| Červenec 2014 | 2,36 | 2,32 | 1,63 |
| Srpen 2014 | 3,24 | 3,15 | 1,77 |
| Září 2014 | 2,45 | 2,39 | 1,45 |
| Říjen 2014 | 2,26 | 2,16 | 1,25 |
| Listopad 2014 | 3,61 | 3,30 | 1,50 |
| Prosinec 2014 | 3,07 | 2,54 | 0,86 |
| Leden 2015 | 7,13 | 5,02 | 0,90 |
| Únor 2015 | 27,78 | 15,13 | 1,81 |
| Březen 2015 | 5,25 | 3,51 | 0,89 |
| Duben 2015 | 3,00 | 2,75 | 1,28 |

8.5 Porovnání skutečného a nominálního příkonu

Na následujících grafech porovnávám příkony jednotlivých zařízení, bohužel naměřená data jsem získal pouze pro některá, jak je na grafech vidět. Dále se také zmiňuji o vybraných vzduchotechnických jednotkách. Jedná se o výběr vzduchotechnik z odstavce 8.3.1, které jsou doplněny o další. Výběr se tentokrát skládá ze všech VZT, u kterých mám data spotřeby elektrické energie. O výběru hovořím, protože vím, že se nejedná o všechny VZT celé budovy.

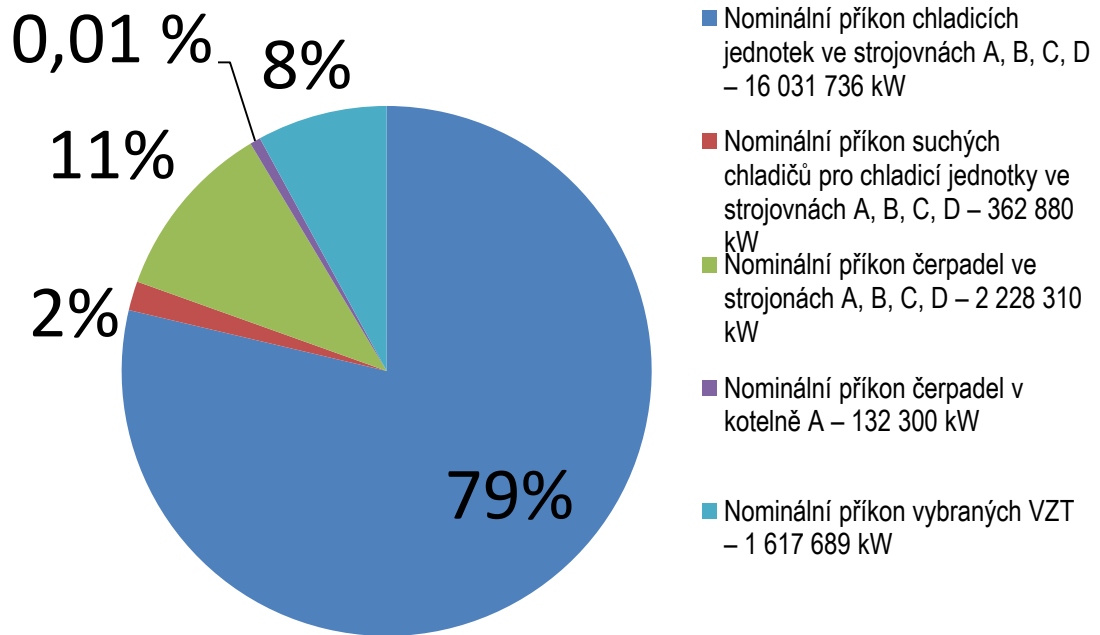
Na obr. 8.24 a 8.25 vidíme porovnání skutečného a nominálního příkonu: chladicích jednotek, suchých chladičů, oběhových čerpadel pro strojovny A, B, C, D, oběhových

čerpadel kotelny A a vybraných VZT. Na obr. 8.24 je zřejmé, že nominální příkon chladicích jednotek je se 79 % dominantní. Oproti tomu z obr. 8.25 vyplývá rovnoměrné rozložení středního provozního příkonu vycházejícího z naměřených spotřeb mezi chladicí jednotky, oběhová čerpadla strojoven a VZT. Z toho je jasné, že při chodu jednotek jsou v provozu všechna oběhová čerpadla, jak ty na primárním okruhu suchých chladičů, tak sekundární okruh rozvádějící chlad po budově. Skutečný příkon VZT je závažnější při nominálním příkonu 8 % mají ve skutečnosti podíl 31 %.

Na obr. 8.26 a 8.27 je již vidět téměř celkový příkon pro chlazení budovy, jelikož se jedná pouze o vybraná VZT, nemůžeme hovořit o celkovém. Je zajímavé, že jak nominální, tak skutečný příkon suchých chladičů je vždy 2 %. Nominální příkon chladicích jednotek je opět 79 %, který se ve skutečnosti sníží na až hodnotu 31 %. Což ukazuje, že chladicí jednotky nejsou největším spotřebitelem elektrické energie. Bohužel to už se nedá říci o oběhových čerpadlech, která zabírají 35 % skutečného výkonu. Ventilátory pro přívod a odvod vzduchu VZT z 8 % nominálního příkonu stouply až na 32 % skutečného. Jelikož se jedná o pouze vybrané vzduchotechnické jednotky, bude toto číslo ve skutečnosti ještě o něco vyšší. Z toho vyplývá, že doprava vzduchu a vody po budově spotřebuje velké množství elektrické energie.

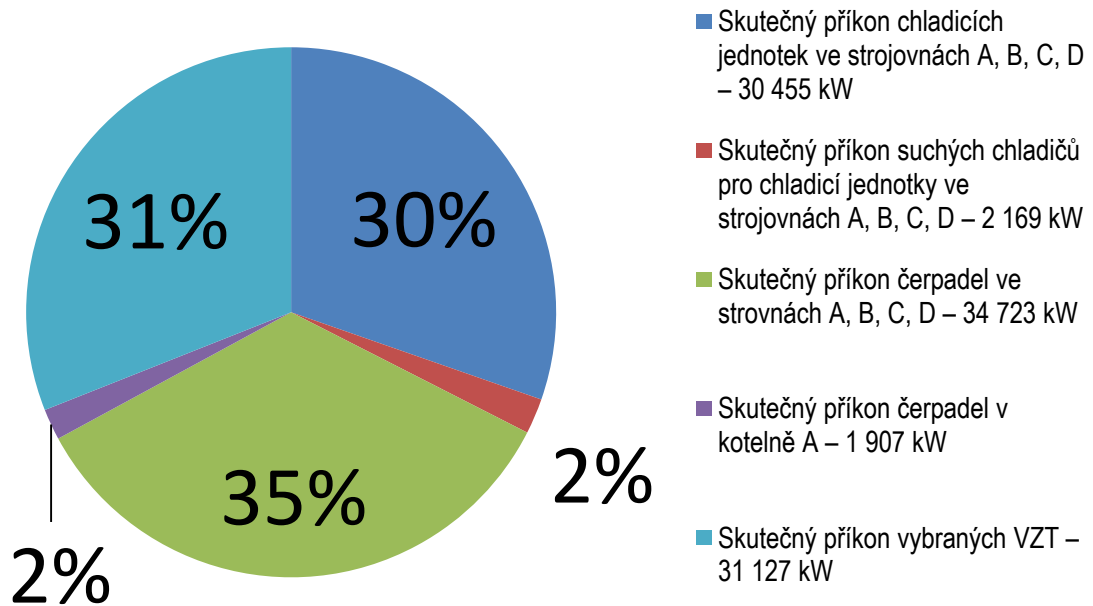
Závěrem lze říci, že byť je nominální příkon chladicích jednotek jednoznačně nejvyšší, na skutečné spotřebě elektrické energie se podílí kompresory, čerpadla i ventilátory téměř stejnou mírou. Zohledníme-li skutečnost, že měřená je část ventilátorů (zahrnutý ventilátory s nominálním příkonem 214 kW a nominální příkon všech ventilátorů je 330 kW), budou mít na celkové spotřebě elektrické energie největší podíl ventilátory vzduchotechnických jednotek.

Nominální příkon 05/2014 - 04/2015

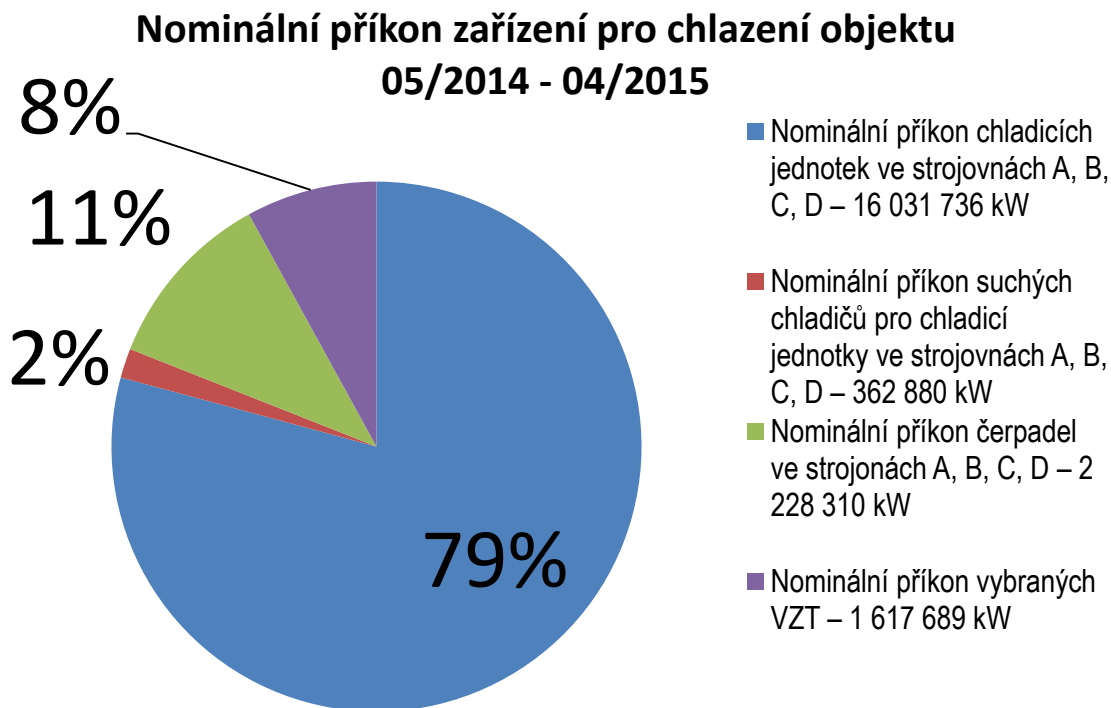


Obr. 8.24 – Nominální příkon vybraných zařízení za období 05/2014 až 04/2015

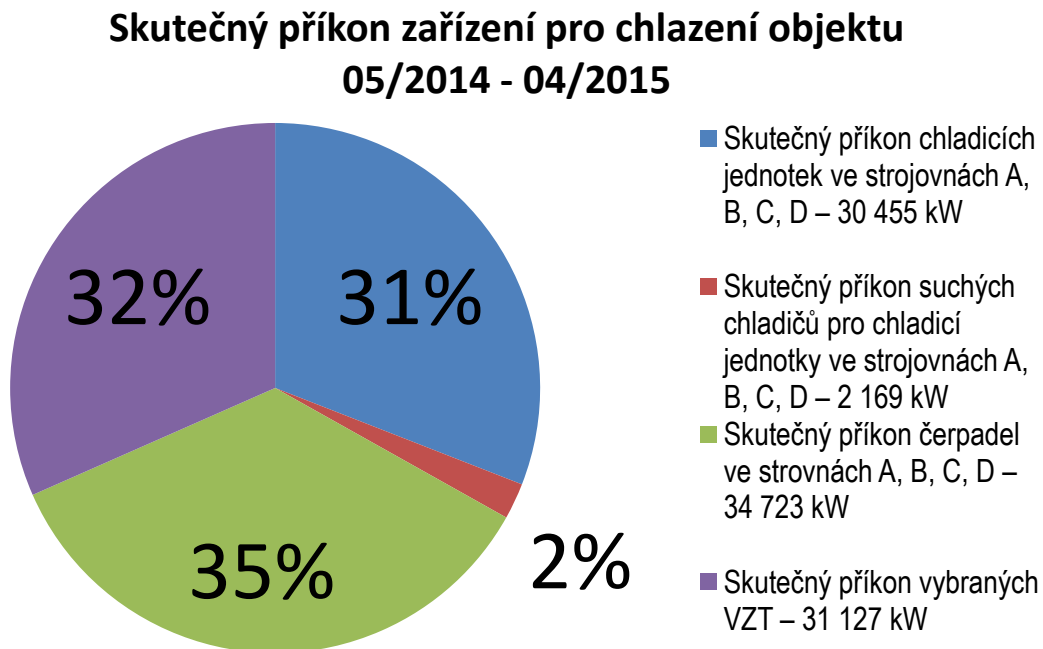
Skutečný příkon 05/2014 - 04/2015



Obr. 8.25 – Skutečný příkon vybraných zařízení za období 05/2014 až 04/2015



Obr. 8.26 – Nominální příkon zařízení pro chlazení objektu za období 05/2014 až 04/2015



Obr. 8.27 – Skutečný příkon zařízení pro chlazení objektu za období 05/2014 až 04/2015

8.5.1 Porovnání skutečného a nominálního příkonu po měsících

V následujících tabulkách jsou vidět skutečné a nominální příkony zařízení, které chladí budovu.

Každá tabulka má šest sloupců. Ve druhém je skutečná spotřeba elektrické energie daného zařízení. Ve třetím je převedený skutečný příkon. Převod spotřeby na příkon byl proveden následovně: vydělením počtem měřených dní v měsíci a 24 hodinami. Tím jsem získal skutečný příkon, který porovnávám s nominálním ve čtvrtém sloupci. Celkový skutečný příkon je součet všech chladicích zařízení, které se objevují v tabulkách 8.3 až 8.6. Ten následně porovnávám v pátém sloupci se skutečným příkonem pouze pro daná zařízení.

Tab. 8.3 – Porovnání skutečného a nominálního příkonu chladicích jednotek

| | Nominální příkon | | 2120,6 | [kW] | |
|---------------|-----------------------------|-----------------|--|---|-------------------------|
| Období | Spotřeba elektrické energie | Skutečný příkon | Skutečný příkon ku nominálnímu příkonu | Skutečný příkon ku celkovému skutečnému příkonu | Celkový skutečný příkon |
| [měsíc] | [kWh/měsíc] | [kW] | [%] | [%] | [kW] |
| Červen 2014 | 82 262 | 132 | 6,2 | 38,0 | 347 |
| Červenec 2014 | 169 013 | 227 | 10,7 | 52,8 | 430 |
| Srpen 2014 | 90 902 | 122 | 5,8 | 38,6 | 316 |
| Září 2014 | 107 185 | 149 | 7,0 | 43,8 | 340 |
| Říjen 2014 | 99 586 | 134 | 6,3 | 40,5 | 331 |
| Listopad 2014 | 56 596 | 124 | 5,9 | 28,6 | 433 |
| Prosinec 2014 | 33 443 | 48 | 2,3 | 17,3 | 278 |
| Leden 2015 | 14 017 | 19 | 0,9 | 7,4 | 255 |
| Únor 2015 | 5 687 | 9 | 0,4 | 3,6 | 241 |
| Březen 2015 | 18 740 | 25 | 1,2 | 10,4 | 242 |
| Duben 2015 | 53 478 | 77 | 3,6 | 29,2 | 263 |

Tab. 8.4 – Porovnání skutečného a nominálního suchých chladičů

| | Nominální příkon | | 17,5 | [kW] | |
|---------------|-----------------------------|-----------------|--|---|-------------------------|
| Období | Spotřeba elektrické energie | Skutečný příkon | Skutečný příkon ku nominálnímu příkonu | Skutečný příkon ku celkovému skutečnému příkonu | Celkový skutečný příkon |
| [měsíc] | [kWh/měsíc] | [kW] | [%] | [%] | [kW] |
| Červen 2014 | 2 016 | 3 | 18,5 | 0,9 | 347 |
| Červenec 2014 | 2 932 | 4 | 22,5 | 0,9 | 430 |
| Srpen 2014 | 2 505 | 3 | 19,2 | 1,1 | 316 |
| Září 2014 | 2 619 | 4 | 20,8 | 1,1 | 340 |
| Říjen 2014 | 4 622 | 6 | 35,5 | 1,9 | 331 |
| Listopad 2014 | 5 443 | 12 | 68,2 | 2,8 | 433 |
| Prosinec 2014 | 7 011 | 10 | 57,6 | 3,6 | 278 |
| Leden 2015 | 5 903 | 8 | 45,3 | 3,1 | 255 |
| Únor 2015 | 4 754 | 7 | 41,9 | 3,0 | 241 |
| Březen 2015 | 9 306 | 13 | 71,5 | 5,2 | 242 |
| Duben 2015 | 4 953 | 7 | 40,7 | 2,7 | 347 |

Tab. 8.5 – Porovnání skutečného a nominálního příkonu oběhových čerpadel

| | Nominální příkon | | 294,75 | [kW] | |
|---------------|-----------------------------|-----------------|--|---|-------------------------|
| Období | Spotřeba elektrické energie | Skutečný příkon | Skutečný příkon ku nominálnímu příkonu | Skutečný příkon ku celkovému skutečnému příkonu | Celkový skutečný příkon |
| [měsíc] | [kWh/měsíc] | [kW] | [%] | [%] | [kW] |
| Červen 2014 | 70 786 | 113 | 38,5 | 32,7 | 347 |
| Červenec 2014 | 72 553 | 98 | 33,1 | 22,7 | 430 |
| Srpen 2014 | 73 143 | 98 | 33,4 | 31,1 | 316 |
| Září 2014 | 71 547 | 99 | 33,7 | 29,3 | 340 |
| Říjen 2014 | 75 361 | 101 | 34,4 | 30,6 | 331 |
| Listopad 2014 | 74 250 | 163 | 55,2 | 37,6 | 433 |
| Prosinec 2014 | 78 353 | 113 | 38,2 | 40,5 | 278 |
| Leden 2015 | 90 712 | 122 | 41,4 | 47,8 | 255 |
| Únor 2015 | 76 862 | 119 | 40,2 | 49,1 | 241 |
| Březen 2015 | 83 037 | 112 | 37,9 | 46,1 | 242 |
| Duben 2015 | 66 746 | 96 | 32,5 | 36,5 | 347 |

Tab. 8.6 – Porovnání skutečného a nominálního příkonu pro vybrané VZT

| | Nominální příkon | | 213,98 | [kW] | |
|---------------|-----------------------------|-----------------|--|---|-------------------------|
| Období | Spotřeba elektrické energie | Skutečný příkon | Skutečný příkon ku nominálnímu příkonu | Skutečný příkon ku celkovému skutečnému příkonu | Celkový skutečný příkon |
| [měsíc] | [kWh/měsíc] | [kW] | [%] | [%] | [kW] |
| Červen 2014 | 61 643 | 99 | 46,2 | 28,4 | 347 |
| Červenec 2014 | 75 365 | 101 | 47,3 | 23,6 | 430 |
| Srpen 2014 | 68 818 | 92 | 43,2 | 29,2 | 316 |
| Září 2014 | 63 204 | 88 | 41,0 | 25,8 | 340 |
| Říjen 2014 | 66 615 | 90 | 41,8 | 27,1 | 331 |
| Listopad 2014 | 61 311 | 134 | 62,8 | 31,0 | 433 |
| Prosinec 2014 | 74 644 | 107 | 50,1 | 38,6 | 278 |
| Leden 2015 | 79 328 | 107 | 49,8 | 41,8 | 255 |
| Únor 2015 | 69 131 | 107 | 49,9 | 44,2 | 241 |
| Březen 2015 | 69 163 | 93 | 43,4 | 38,4 | 242 |
| Duben 2015 | 57 833 | 83 | 38,8 | 31,6 | 347 |

9 Energetické spotřeby budovy

9.1 Spotřeba plynu

V tab. 9.1 vidíme spotřebovaný plyn pro výrobu tepla celé budovy za období jednoho měsíce. Spotřebovaný plyn pro výrobu tepla je vypočten z celkové spotřeby budovy, od které jsou odečteny tři plynoměry pro gastroprovozy.

V tab. 9.1 z účinnosti ledna a února 2014, lze usoudit, že kalorimetry pro měření nebyly ještě všechny funkční. Dále je zajímavá hodnota vysoké účinnosti 116,3 % z listopadu 2014, která v prosinci klesla na 51,6 %. To by mohlo být způsobeno např. tím, že se spotřeba plynu pro budovu odečítá v jiný den než prvního v měsíci. Taková to chyba odečtu, kdy není plyn odečítán stejně jako teplo, může způsobit snížení účinnosti v jednom měsíci a zvýšení ve druhém.

Průměrná účinnost se pohybuje těsně pod hranicí 80 %. To je pro zařízení typu kondenzačního kotle spíše nižší hodnota. Která je ovlivněna již zmíněnými faktory. Možná by stálo za úvahu provést hlubší analýzu výroby a zdrojů tepla, která by tyto hodnoty potvrdila či vyvrátila.

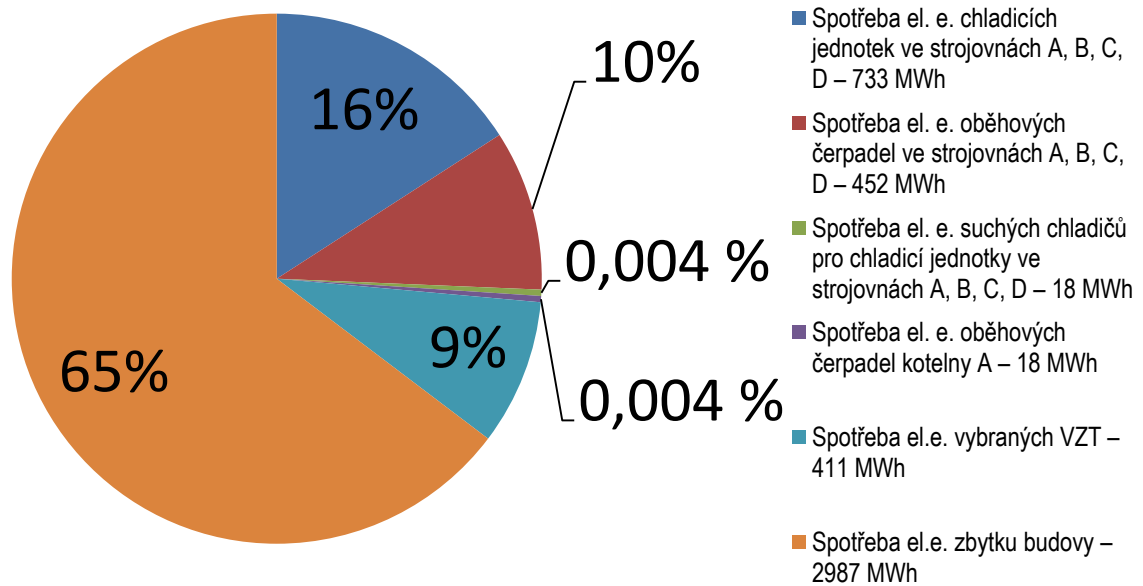
Tab. 9.1 – Spotřeba plynu a vyrobené teplo

| Období | Spotřeba plynu | Vyrobené teplo | Účinnost |
|---------------|----------------|----------------|----------|
| [měsíc] | [MWh] | [MWh] | [%] |
| Leden 2014 | 1 008,673 | 301,090 | 29,9 |
| Únor 2014 | 930,877 | 472,792 | 50,8 |
| Březen 2014 | 368,461 | 317,050 | 86,0 |
| Duben 2014 | 505,735 | 377,155 | 74,6 |
| Květen 2014 | 430,240 | 314,788 | 73,2 |
| Červen 2014 | 134,318 | 79,113 | 58,9 |
| Červenec 2014 | 48,567 | 45,711 | 94,1 |
| Srpen 2014 | 138,989 | 98,695 | 71,0 |
| Září 2014 | 209,669 | 141,478 | 67,5 |
| Říjen 2014 | 449,981 | 436,885 | 97,1 |
| Listopad 2014 | 763,788 | 888,512 | 116,3 |
| Prosinec 2014 | 1 079,877 | 557,725 | 51,6 |
| Leden 2015 | 1 113,122 | 772,839 | 69,4 |
| Únor 2015 | 939,645 | 717,161 | 76,3 |
| Březen 2015 | 631,168 | 558,091 | 88,4 |
| Duben 2015 | 452,365 | 372,168 | 82,3 |

9.2 Spotřeba elektrické energie

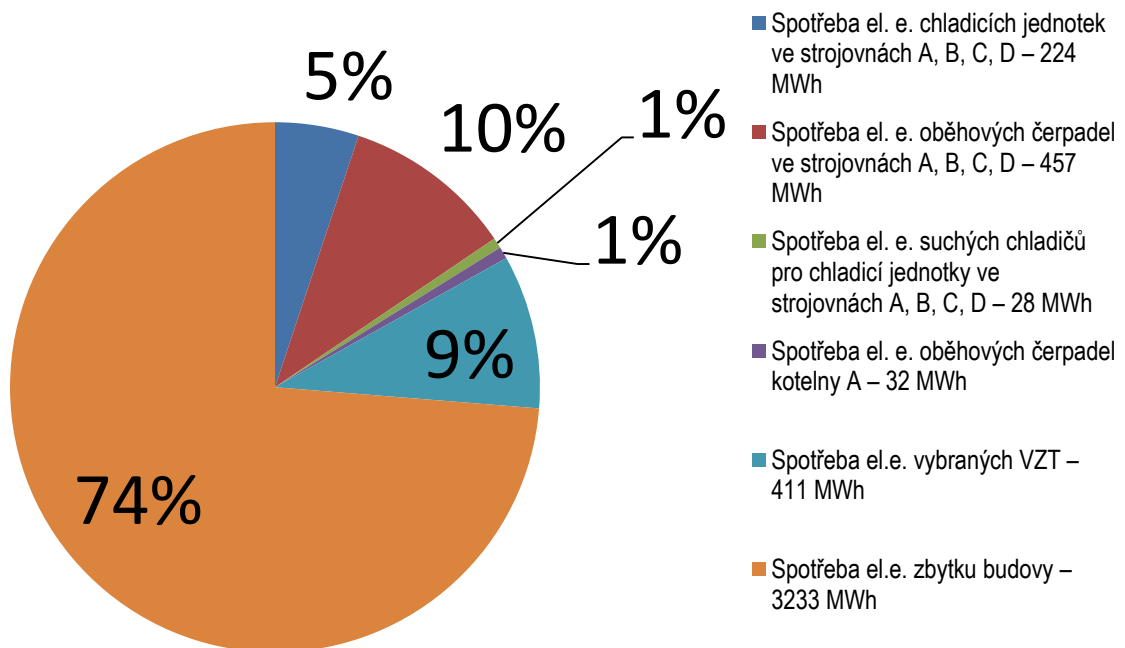
Na obr. 9.1 a 9.2 je vidět procentuální spotřeba elektrické energie některých zařízení vůči celkové spotřebě. Je patrné, že systémy větrání a klimatizace spotřebují přibližně 35 % elektrické energie během letního období, z toho 26 % je pro spotřebu zdrojů chladu a oběhových čerpadel. V zimním období je podíl spotřeby energie nižší pouze 24 %. Je totiž patrný pokles potřeby zdrojů chladu. Obr. 9.1 zahrnuje letní měsíce, to vyplývá i z vyšší spotřeby elektrické energie chladicích jednotek. Na obr. 9.2 vidíme nižší spotřebu chladicích jednotek, ale také zvýšený odběr suchých chladičů, které se v zimní období používají v režimu free-cooling. Na obr. 9.1 a 9.2 je zajímavé, že oběhová čerpadla pro chladicí jednotky odebírají 10 % elektrické energie, z toho vyplývá, že chlad po budově je dodáván celoročně. Spotřeba vybraných VZT je také v obou grafech stejná, z toho lze vyvodit, že vzduchu je po budově dopravován celoročně ve stejném množství.

Spotřeba elektrické energie 05/2014 - 10/2014



Obr. 9.1 – Spotřeba elektrické energie celého objektu za období 05/2014 až 10/2014

Spotřeba elektrické energie 01/2014 - 04/2015



Obr. 9.2 – Spotřeba elektrické energie celého objektu za období 11/2014 až 04/2015

10 Závěr

V souladu se zadáním byla provedena analýza naměřených dat v rozsáhlé budově Florentinum. Díky velkému množství zpracovaných dat bylo třeba dát velký důraz na komplexní přístup a celkovou prezentaci výstupů. Nebylo možné detailně analyzovat všechny jednotlivé vstupy. Výsledky jsou prezentovány ve 113 grafech, všechny bohužel nejsou součástí této vazby a řada jich je obsažena v přílohách ať již tištěných či elektronických. Za velmi povedené považuji grafy s pohyblivým obdobím, kdy při kroku 7 dní lze zobrazit požadovaných 31 dní z celého období měření. Z některých grafů se dá bohužel vyčíst pouze málo hodnot, tj. způsobeno častými chybami měřicího zařízení a záznamy dat.

Za největší problém při zpracovávání dat považuji výpadky měření. Kvůli nim vznikaly minusové a příliš vysoké kladné hodnoty, což muselo být řešeno při zpracování dat a tvorby grafů.

Při vyhodnocování *SEER* byl zjištěn významný vliv oběhových čerpadel právě na tento faktor. Sezónní chladicí faktor pouze chladicích jednotek se v létě pohybuje mezi 2,2 a 3,8, což je mírně pod jmenovitými chladicími faktory. Suché chladiče měsíční sezónní faktor snižují, v létě méně a v zimě více. Oběhová čerpadla sníží měsíční chladicí faktor na maximálně hodnoty 2 a v zimě až pod hodnoty menší než 1. Potvrzuje se tím výrazná spotřeba oběhových čerpadel. V průběhu měsíčních sezónních chladicích faktorů je patrný vliv využití free-cooling, kdy především v měsíci lednu a únoru 2015 výrazně klesá příkon chladicích jednotek a příkony suchých chladičů jsou vyšší, ale vzhledem k výkonu oběhových čerpadel se celkový chladicí faktor podobá hodnotám letním.

Při porovnání nominálního a skutečného výkonu pro chlazení budovy jsem došel k závěru, že byt' je nominální příkon chladicích jednotek jednoznačně nejvyšší, na skutečné spotřebě elektrické energie se podílí kompresory, čerpadla i ventilátory téměř stejnou mírou. Zohledníme-li skutečnost, že měřená je pouze část ventilátorů (zahrnutý ventilátory s nominálním příkonem 214 kW a nominální příkon všech ventilátorů je 330 kW) budou mít na celkové spotřebě elektrické energie největší podíl ventilátory vzduchotechnických jednotek.

Ze spotřeby elektrické energie lze vyvodit, že spotřeba pro chlazení budovy je v létě vyšší než v zimě. Oběhová čerpadla chladu, pracují celoročně s konstantním odběrem elektřiny, což se dá říci i o ventilátorech vybraných vzduchotechnických jednotek.

Spotřeba suchých chladičů dosahuje v zimě vyšších hodnot než v létě, což je způsobeno používáním free-coolingu.

Jednotlivé výstupy mohou vést k optimalizaci budovy, nebo mohou naznačit, kde by se případně vyplatilo provést hlubší analýzu.

Seznam použité literatury:

- [1] DRKAL, F., LAIN, M. a ZMRHAL, V. *Klimatizace*. ČVUT v Praze, Praha. 2015. 133 s. ISBN 978-80-01-05652-3
- [2] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a KOL. *Technický průvodce*. BOLIT – B press, Brno. 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8
- [3] DRKAL, F., LAIN, M., SCHWARZER, J. a ZMRHAL, V. *Klimatizace a průmyslová vzduchotechnika*. ČVUT v Praze, Praha. 2009. 139 s.
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ. *Metodika kontroly klimatizačních systémů 1*. ČVUT v Praze, Praha. 2010. 28 s.
- [5] LIŠKA, A. a NOVÁK, P. *Kompresory*. ČVUT v Praze, Praha. 1999. 227 s. ISBN 80-01-01962-4
- [6] Growshop growgo. *Vzduchotechnika-eshop*. [online]. (2010). [vid. 24. 6. 2015]. Dostupné z: <http://www.vzduchotechnika-eshop.cz/kvp2-825x75-vyustka-prumyslova-p-4660.html>
- [7] SOKRA s.r.o. *Multivac*. [online]. (2015). [vid. 24. 6. 2015]. Dostupné z: <http://www.multivac.cz/produkty/od-8>
- [8] Multi-VAC s.r.o. *Galletti*. [online]. (2013). [vid. 24. 6. 2015]. Dostupné z: <http://www.galletti.cz/galletti2013/box1.php>
- [9] Lindab s.r.o.. *Lindab*. [online]. (2014). [vid. 24. 6. 2015]. Dostupné z: http://www.lindab.com/cz/pro/about-lindab/novinky/Pages/nova_indukcni_jednotka_premum.aspx
- [10] Topinfo s.r.o. *TZB-info*. Chladicí trámy. [online]. (2001). [vid. 24. 6. 2015]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1277-chladici-tramy-alternativni-vzduchotechnicky-system>
- [11] PENTA. *Florentinum*. Architektura. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. Dostupné z: <http://www.florentinum.cz/cs/o-projektu/architektura/>
- [12] PENTA. *Florentinum*. Florentinum přivítalo první nájemce. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. Dostupné z: <http://www.florentinum.cz/cs/aktuality/archiv-tiskovych-zprav/florentinum-privitalo-prvni-najemce/>
- [13] PENTA. *Florentinum*. Piazza a Desfourská zahrada. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. Dostupné z: <http://www.florentinum.cz/cs/galerie/piazza-a-desfourska-zahrada/>
- [14] PENTA. *Florentinum*. Dostupnost. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. <http://www.florentinum.cz/cs/lokalita/dostupnost/>

- [15] PENTA. *Florentinum*. Vybavenost. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. <http://www.florentinum.cz/cs/lokalita/vybavenost/>
- [16] PENTA. *Florentinum*. Ocenění. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. <http://www.florentinum.cz/cs/o-projektu/oceneni/>
- [17] PENTA. *Florentinum*. Galerie budovy. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. <http://www.florentinum.cz/cs/galerie/budova/>
- [18] PENTA. *Florentinum*. Specifikace. [online]. (2015). [vid. 15. 6. 2015]. <http://www.florentinum.cz/cs/kancelare/specifikace/>
- [19] CIGLER MARANI ARCHITECTS. *Technická zpráva projekt Florenc*. Část chlazení. 2012. CIGLER MARANI ARCHITECTS. 24 s
- [20] CIGLER MARANI ARCHITECTS. *Technická zpráva projekt Florenc*. Část vytápění. 2012. CIGLER MARANI ARCHITECTS. 24 s
- [21] CIGLER MARANI ARCHITECTS. *Technická zpráva projekt Florenc*. Část vzduchotechnika. 2012. CIGLER MARANI ARCHITECTS. 24 s
- [22] HAK, R. *Technická zpráva projekt Florenc*. Část měření a regulace. 2012. CIGLER MARANI ARCHITECTS. 73 s

Přílohy

Příloha č. 1: Výkresová dokumentace

Výkres č. 1 – umístění strojoven chladu A, B, C, D a kotelen A a B

Výkres č. 2 – schéma strojovny chlazení A

Výkres č. 3 – schéma strojovny chlazení B

Výkres č. 4 – schéma strojovny chlazení C

Výkres č. 5 – schéma strojovny chlazení D

Výkres č. 6 – schéma kotelen A a B

Výkres č. 7 – strojovna VZT 1

Výkres č. 8 – strojovna VZT 2

Výkres č. 9 – strojovna VZT 3

Výkres č. 10 – strojovna VZT 4

Výkres č. 11 – strojovna VZT 5

Výkres č. 12 – umístění strojoven VZT

Příloha č. 2: Tvorba grafu

Příloha č. 3: Obrázky (grafy) z odstavce č. 8.1

Obr. 8.1 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro FCU ve strojovně A (B2-49)

Obr. 8.3 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro supermarket ve strojovně D (B2-31)

Obr. 8.5 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro lobby ve strojovně D (B2-31)

Obr. 8.7 – Střední hodnoty chladicího výkonu pro FCU ve strojovně D (B2-31)

Příloha č. 4: Obrázky (grafy) z odstavce č. 8.2

1. Střední hodnoty topného výkonu v kotelně A (B2-57)
2. Střední hodnoty topného výkonu v kotelně A (B2-57)
1. Střední hodnoty topného výkonu v kotelně B (B2-24)
2. Střední hodnoty topného výkonu v kotelně B (B2-24)

Příloha č. 5: Obrázky (grafy) z odstavce č. 8.3.1

Obr. 8.16 – Skutečný a nominální příkon vzduchotechnické jednotky 2AB

Obr. 8.18 – Skutečný a nominální příkon vzduchotechnické jednotky 13AB

1. Skutečný a nominální příkon VZT 4AB
2. Skutečný a nominální příkon VZT 5AB
3. Skutečný a nominální příkon VZT 6AB
4. Skutečný a nominální příkon VZT 16AB
5. Skutečný a nominální příkon VZT 19AB

6. Skutečný a nominální příkon VZT 20AB
 1. Střední spotřeba chladu pro vybrané VZT (1AB)
 2. Střední spotřeba chladu pro vybrané VZT (2AB, 3AB, 4AB, 5AB)
 3. Střední spotřeba chladu pro vybrané VZT (6AB, 16AB, 19AB, 20AB)
1. Střední spotřeba tepla pro vybrané VZT (1AB, 2AB, 3AB, 5AB)
2. Střední spotřeba tepla pro vybrané VZT (4AB, 6AB, 16AB, 19AB)
3. Střední spotřeba tepla pro vybrané VZT (5AB, 13AB, 20AB)

Příloha č. 6: Obrázky (grafy) z odstavce č. 8.3.3

Obr. 8.20 – Střední hodnoty příkonu strojoven chlazení A, B, C, D

Obr. 8.21 – Střední hodnoty příkonu chladicích jednotek ve strojovnách A, B, C, D

Obr. 8.22 – Střední hodnoty příkonu suchých chladičů pro jednotky ve strojovnách A a B

Obr. 8.23 – Střední hodnoty příkonu suchých chladičů pro jednotky ve strojovnách C a D