

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

SPOTŘEBA ENERGIE NA CHLAZENÍ BUDOV

DIPLOMOVÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šimek** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **397254**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Spotřeba energie na chlazení budov

Název diplomové práce anglicky:

Energy Consumption for Cooling of Buildings

Pokyny pro vypracování:

Ve své práci se zabývejte spotřebou budov na chlazení. Pro zadané budovy vyhodnoťte spotřeby elektrické energie zdrojů chladu v období několika let. Zabývejte se sběrem dat a jejich analýzou.

Seznam doporučené literatury:

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

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

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


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

Datum zadání diplomové práce: **20.04.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **30.06.2017**

Platnost zadání diplomové práce:


Podpis vedoucí(ho) práce

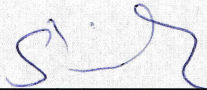

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

20.4.2017
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Anotace

Tato práce se zabývá spotřebou energií na chlazení budov. Detailně hodnotí naměřené spotřeby zdrojů chladu u celkem 15 budov v České republice. U každého objektu je stručně popsáno jeho stavebně technické řešení a jeho klimatizační systém. Práce se dále zabývá porovnáním vyhodnocených měrných spotřeb u jednotlivých budov a ukazuje, že se tyto spotřeby značným způsobem liší. Dále jsou v práci hodnoceny jednotlivé vlivy a jejich dopady na velikost spotřeb, a to na základě porovnání reálných naměřených spotřeb u řešených objektů. Z analýz naměřených vyhodnocených dat vyplývá, že nejvýznamnější vliv na spotřebu energie má řízení klimatizačního systému, jehož optimalizace může vést ke značným úsporám energie. Jako další podstatný vliv je uvedeno použití stínění. Poslední část práce je věnována využití závislosti měsíčních spotřeb na chlazení na venkovní teplotě a možnosti vytvoření matematického modelu budovy na základě této závislosti.

Summary

The master thesis deals with energy consumption for cooling of buildings. The consumption of 15 buildings in Czech Republic is evaluated in detail. The solution of technical construction and air conditioning system of each building is briefly described. The thesis further deals with comparing of evaluated specific consumptions of certain buildings and shows that the consumptions significantly differ. The impact of different influences on the consumptions is rated. The impact is rated based on comparison of real measured consumptions of objects of interest. The analysis of the evaluated measured data shows that the air conditioning system control has the greatest impact on the energy consumption. Therefore, the optimization of the air conditioning system control may lead to great energy savings. The shading also has significant impact on the energy consumption. The last part of the master thesis is focused on dependency of energy consumption for cooling on outdoor temperature and possibilities how to use this dependency in mathematical model.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Spotřeba energie na chlazení budov“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Laina, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne _____

Bc. Jakub Šimek

Poděkování

Touto cestou bych velice rád poděkoval panu Ing. Miloši Lainovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivé zodpovídání dotazů a vedení v průběhu tvorby této diplomové práce.

V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat své rodině za veškerou podporu při mém studiu.

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Klimatizační systém.....	13
3. Chlazení a spotřeba energie.....	14
3.1. Chlazení budov – minulost, současnost a budoucnost.....	14
3.2. Tepelné vnitřní prostředí a spotřeba energie v nízkoenergetickém domě: měření během chladicí sezóny	16
3.3. Projekt iServ.....	16
4. Měření spotřeb elektrické energie a zpracování dat	19
5. Zpracování a analýza naměřených dat.....	20
5.1. Budova č. 1	20
5.1.1. Popis objektu	20
5.1.2. Popis klimatizačního systému	21
5.1.3. Měření dat	23
5.1.4. Závěr budova č. 1	31
5.2. Budova č. 2.....	32
5.2.1. Popis objektu	32
5.2.2. Popis klimatizačního systému	32
5.2.3. Měření dat	34
5.2.4. Závěr budova č. 2	42
5.3. Budova č. 3.....	42
5.3.1. Popis objektu	42
5.3.2. Popis klimatizačního systému	43
5.3.3. Měření dat	44
5.3.4. Závěr budova č. 3	51
5.4. Budova č. 4.....	51
5.4.1. Popis objektu	51
5.4.2. Popis klimatizačního systému	52
5.4.3. Měření dat	54

5.4.4. Závěr budova č. 4	61
5.5. Budova č. 5	61
5.5.1. Popis objektu	61
5.5.2. Popis klimatizačního systému	62
5.5.3. Měření dat	63
5.5.4. Závěr budova č. 5	70
5.6. Budova č. 6	70
5.6.1. Popis objektu	70
5.6.2. Popis klimatizačního systému	71
5.6.3. Měření dat	72
5.6.4. Závěr budova č. 6	80
5.7. Budova č. 7	80
5.7.1. Popis objektu	80
5.7.2. Popis klimatizačního systému	81
5.7.3. Měření dat	83
5.7.4. Závěr budova č. 7	91
5.8. Budova č. 8	91
5.8.1. Popis objektu	91
5.8.2. Popis klimatizačního systému	92
5.8.3. Měření dat	94
5.8.4. Závěr budova č. 8	103
5.9. Budova č. 9	103
5.9.1. Popis objektu	103
5.9.2. Popis klimatizačního systému	104
5.9.3. Měření dat	106
5.9.4. Závěr budova č. 9	114
5.10. Budova č. 10	114
5.10.1. Popis objektu	114
5.10.2. Popis klimatizačního systému	115

5.10.3. Měření dat.....	118
5.10.4. Závěr budova č. 10.....	125
5.11. Budova č. 11	125
5.11.1. Popis objektu.....	125
5.11.2. Popis klimatizačního systému	126
5.11.3. Měření dat.....	129
5.11.4. Závěr budova č. 11.....	138
5.12. Budova č. 12	138
5.12.1. Popis objektu.....	138
5.12.2. Popis klimatizačního systému	139
5.12.3. Měření dat.....	140
5.12.4. Závěr budova č. 12.....	149
5.13. Budova č. 13	150
5.13.1. Popis objektu.....	150
5.13.2. Popis klimatizačního systému	151
5.13.3. Měření dat.....	154
5.13.4. Závěr budova č. 13.....	158
5.14. Budova č. 14	159
5.14.1. Popis objektu.....	159
5.14.2. Popis klimatizačního systému	159
5.14.3. Měření dat.....	161
5.14.4. Závěr budova č. 14.....	164
5.15. Budova č. 15	165
5.15.1. Popis objektu.....	165
5.15.2. Popis klimatizačního systému	166
5.15.3. Měření dat.....	168
5.15.4. Závěr budova č. 15.....	172
6. Shrnutí měření.....	174
6.1.1. Nejistoty měření – vliv vztažné podlahové plochy	177

7. Analýza možných vlivů na spotřebu energie na chlazení.....	180
7.1.1. Vliv prosklení fasád.....	180
7.1.2. Vliv stínění.....	181
7.1.3. Vliv klimatizačního systému.....	182
7.1.4. Víkendové útlumy zdroje chladu a vliv řízení klimatizačního systému.....	185
7.1.5. Vliv klimatu (venkovní teploty).....	187
8. Matematický model budovy.....	192
8.1. Volba regresní funkce.....	192
8.2. Testování použití matematického modelu budovy pro doplnění chybějících spotřeb.....	197
8.3. Testování použití matematického modelu pro hodnocení změn v řízení klimatizačního systému.....	198
9. Závěr.....	201
Seznam použité literatury.....	204
Seznam příloh.....	206

Soupis použitého označení

Označení	Název	Jednotka
EER	chladičí faktor zdroje chladu	[-]
I_1	měřený proud na primárním vinutí transformátoru	[A]
I_1	proud na sekundárním vinutí transformátoru	[A]
N	počet dvojic veličin	[-]
S_R	reziduální součet čtverců	[-]
S_y	celkový součet čtverců	[-]
Y_i	bodový odhad hodnoty regresní funkce	[-]
n	rozsah výběru	[-]
p	počet parametrů regresního modelu	[-]
r^2	koeficient determinace	[-]
r_{adj}^2	korigovaný koeficient determinace	[-]
t_e	venkovní teplota	[°C]
y_i	i-tá hodnota vysvětlované proměnné	[-]

1. Úvod

Příjemné vnitřní mikroklima obzvláště v moderních budovách je dnes považováno za něco relativně samozřejmého. S růstem životního standardu zároveň nároky na stav vnitřního prostředí neustále rostou, a to i z důvodu, že v budovách dnes člověk tráví naprostou většinu svého času. Málokdo si však již uvědomuje, že technické systémy, které toto „příjemné“ prostředí vytváří, zároveň spotřebovávají nezanedbatelné množství energie.

V budovách obecně je v dnešní době spotřebováváno téměř 40 % veškeré světové spotřeby energie, čímž jsou budovy zodpovědné za přibližně 40 až 50 % emisí skleníkových plynů. Například v roce 2004 spotřeba budov v EU činila 37 % celkové spotřeby energie, což bylo více než spotřeba v průmyslu (28 %) a v dopravě (32 %). Vzhledem k růstu populace, nárůstu nároků na úroveň komfortu, a času který lidé tráví v budovách, se očekává, že růstový trend ve spotřebě energie v budovách bude i nadále pokračovat. Z těchto důvodů je téma snižování energetické náročnosti budov jedním z hlavních cílů energetické politiky, a to jak na národní, tak na globální úrovni [1] [2].

Přibližně 40 % veškeré energie v budovách spotřebují zmiňované systémy vytápění, větrání a klimatizace, hrající klíčovou roli v zajištění příjemného a zdravotně nezávadného vnitřního prostředí [3]. Dle Knighta [4] systémy vytápění, větrání a klimatizace spotřebovaly ve 27 členských státech Evropské unie v roce 2007 přibližně 11 % celkové spotřeby elektrické energie. Spotřeba klimatizačních jednotek činila 0,75 %, ventilátory pro větrání 3,34 %, čerpadla 1,81 % a vytápění a ohřev teplé vody činil 5,23 % z celku 11 %. Nezanedbatelná část spotřeby elektrické energie v budovách tedy přísluší spotřebě na chlazení. Jak ukázal projekt HARMONAC [4] tato spotřeba dosahuje v závislosti na klimatických podmínkách, technických parametrech budovy i koncepci klimatizačního systému až desítek procent celkové spotřeby elektrické energie v objektu. Důležitost snižování spotřeb energie vynaložené na chlazení vyplývá i z výzkumu Santamourise [5], který s ohledem na současné trendy z globálního hlediska předpovídá výrazné zvýšení potřeby energie na chlazení v poměru k ostatním spotřebám energií v objektu.

V České republice však údaje o spotřebách či měrných spotřebách energie na chlazení z reálných provozních podmínek zcela chybí, a tato problematika zde obecně není dlouhodobě a systematicky řešena. Důsledkem absence těchto podkladů existují nedostatky v české energetické legislativě v této oblasti a měrné spotřeby energie na chlazení budov dále chybí při kontrolách klimatizačních systémů a při detailním posuzování energetické náročnosti budov dle platné české legislativy [6].

Přímé měření spotřeby elektrické energie na chlazení je však spíše výjimečné i v Evropě. Rozsáhlejší měření spotřeb technických systémů budov EU bylo provedeno až v posledních letech v rámci rozsáhlého projektu iSERV, který dokázal, že pomocí průběžného monitorování a následného vyhodnocení systémů na základě naměřených dat, by bylo možno ušetřit značné

množství elektrické energie v rozsahu 0,3 až 5 % celkové spotřeby elektrické energie v Evropské unii [7].

Tato práce si tak klade za cíl vyhodnotit spotřeby elektrické energie zdrojů chladu celkem u patnácti objektů za období několika let, a získat tak reálné údaje o spotřebách na chlazení budov v České republice. Kromě spotřeb energie bude u každého z hodnocených objektů analyzován průběh příkonu zdroje chladu a na jeho základě budou stanoveny typické provozní stavy zdroje chladu. Na základě vyhodnocených měrných spotřeb bude provedeno porovnání jednotlivých budov a následně budou řešeny jednotlivé možné vlivy a jejich dopady na výslednou spotřebu elektrické energie zdroje chladu. Poslední část práce bude věnovaná možnosti vytvoření matematického modelu budovy, který by popisoval závislost mezi spotřebou na chlazení a venkovní teplotou.

2. Klimatizační systém

Klimatizací se obecně označuje proces úpravy stavu ovzduší (tepelného a vlhkostního) a čistoty vzduchu ve vnitřním prostředí. Základní kategorizace klimatizace vychází z rozlišení účelu klimatizace z hledisek hygienického a technologického. Tímto rozlišením vznikají následující dvě kategorie [8]:

- Klimatizace komfortní – úprava ovzduší pro činnost lidského organismu
- Klimatizace technologická – úprava ovzduší pro funkci strojů a biologických a mikrobiologických procesů

Koncepční soubor prvků pro úpravu vzduchu a distribuci tepla, chladu a vzduchu se označuje klimatizační systém. Tyto systémy lze třídit dle druhu tekutiny která přenáší teplo či chlad po objektu, dále pak podle počtu zón, ve kterých dochází k úpravě prostředí klimatizačním systémem a dle způsobu sdílení tepla. Rozdělení klimatizačních systémů používané v této práci vychází z literatury [8] a je následující:

- Dle tekutiny přenášející chlad a teplo
 - systémy vzduchové
 - systémy vodní
 - systémy kombinované indukční vzduch – voda
 - systémy chladičové
- Dle způsobu sdílení tepla
 - systémy konvektivní
 - systémy sálavé
- Dle počtu zón
 - systémy jednozónové
 - systémy vícezónové

Předání distribuovaného tepla či chladu je realizováno koncovými prvky, kterými jsou jednotlivé distribuční systémy (vzduchovody, vodní potrubí, chladičové potrubí) zakončeny. V případě systému pro rozvod vzduchu jsou koncovými prvky vyústky, anemostaty. Vodní systémy jsou zakončeny chladičými panely nebo vodními ventilátorovými konvektory. Systémy chladičové jsou zakončeny chladičovými ventilátorovými konvektory a systémy kombinované (vzduch – voda) zakončují indukční parapetní jednotky nebo chladičící trámce [8].

3. Chlazení a spotřeba energie

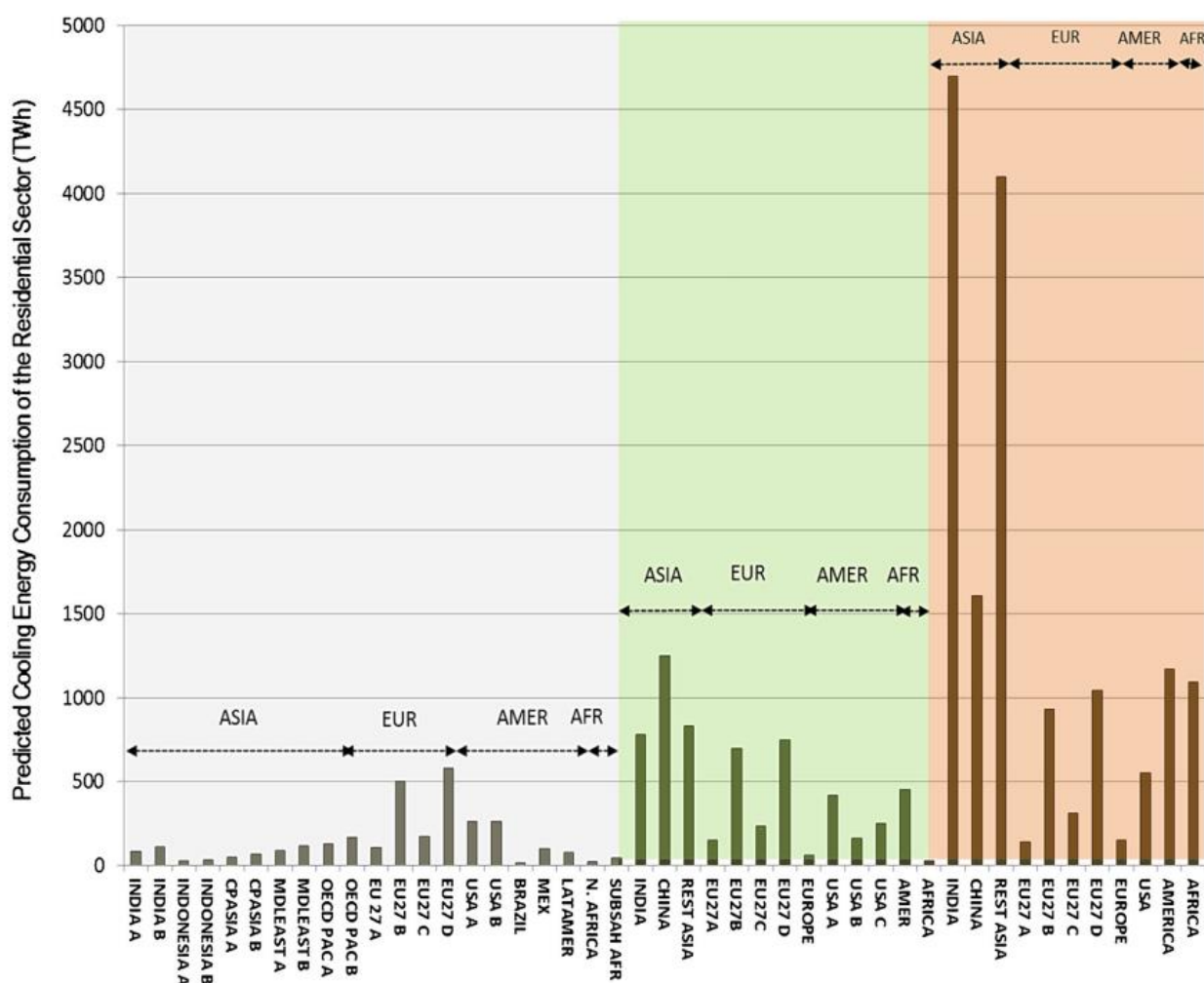
Chlazení je jednou ze základních funkcí klimatizačních zařízení, a to především v letním období. Kompresory chladicích strojů, oběhová čerpadla chladicí vody a ventilátory pro odvod kondenzačního tepla, které umožňují přípravu chlazené vody, pomocí které je distribuován chlad do klimatizovaných prostorů, však spotřebovávají značné množství elektrické energie. Vzhledem k relativně rychlému růstu požadavku na chlazení se tak globálně jedná o velmi aktuální téma na poli energetické náročnosti. V této kapitole je provedena rešerše na téma chlazení a spotřeba energie. Z množství článků a publikací které se tímto tématem zabývají, byly vybrány tři. První článek se zabývá globálním pohledem na spotřebu energie na chlazení, druhý popisuje experimentální měření v nízkoenergetickém domě a třetí podkapitola se věnuje rozsáhlému projektu iSERV [8].

3.1. Chlazení budov – minulost, současnost a budoucnost

Autor se v článku velmi podrobně zabývá současným a budoucím vývojem a trendy v chlazení komerčních a rezidenčních budov. Detailně jsou analyzovány dostupné informace o současném vlivu hlavních ekonomických, klimatických, technologických a sociálních aspektů ovlivňujících pronikání klimatizace na trh a nepřímo pak ovlivňujících spotřebu energie na chlazení. Autor se detailně zabývá potenciálním budoucím vývojem každého uvedeného aspektu včetně klimatických změn, růstu populace a příjmů, velikosti bydlení a zlepšení účinnosti. Autor se následně věnuje již existujícím modelům a studiím předpovídajícím budoucí spotřeby energie na chlazení, které vzájemně porovnává. V závěru článku pak prezentuje vlastní vytvořený detailní holistický model pro predikování budoucích potřeb energie na chlazení [5].

Autor uvádí, že budoucí růst a rozvoj průmyslu kolem klimatizačních zařízení silně závisí na mnoha aspektech. Jak již bylo částečně uvedeno, mezi obzvláště důležité patří lokální klimatické podmínky, globální a lokální oteplování, růst světové populace, růst lokálních příjmů a HDP, cena elektřiny a účinnosti a energetické náročnosti zařízení. Autor dále poukazuje na budoucí omezený potenciál pasivního chlazení s ohledem na budoucí vyšší teploty v důsledku lokálních a globálních změn klimatu a předpokládá rozvoj strojního chlazení. S tím je spojen růst spotřeby elektrické energie, která dle předpokladů autora povede k nutnosti vybudování nových zdrojů elektrické energie. Například v Indii se v roce 2030 předpokládá spotřeba klimatizačních systémů téměř 239 TWh ročně. Pro uspokojení takové spotřeby musí být zbudováno téměř 300 nových uhelných elektráren o výkonu každé 500 MW. Z globálního hlediska je odhadováno, že možným nárůstem průměrné teploty o 1 K, může dojít ke spotřebě energie na chlazení v ceně 75,1 miliard amerických dolarů. Dle autora lokální i globální změny klimatu, nárůst světové populace a potenciální

ekonomický růst povedou k zcela zásadnímu růstu potřeby energie na chlazení. Zatímco v roce 2010 globální spotřeba na chlazení rezidenčního sektoru činila téměř 4,4 % celkové spotřeby na vytápění a chlazení, očekává se, že v roce 2050 to již bude 35 % a v roce 2100 pak 61 %. Přestože v případě potřeby energie na vytápění se očekává konstantní či lehce klesající vývoj, celkový nárůst potřeby energie na vytápění a chlazení může vzrůst o 67 % v roce 2050 a o 166 % v roce 2100 v porovnání se stavem v roce 2010. V důsledky nutnosti investic do výstavby nových elektráren autor předpovídá zdražení elektrické energie. Jak je patrné z Obr. 3.1 největší nárůst spotřeby energie na chlazení se očekává v Asii [5].



Obr. 3.1 Vývoj spotřeby energie pro chlazení (šedivě rok 2010, zeleně rok 2050, červeně rok 2100) [5]

Jako řešení uvádí autor několik opatření, která by mohla vést ke zpomalení růstu potřeby energie pro chlazení budov. Mezi tato opatření patří akce vedoucí ke zmírnění globálních a lokálních změn klimatu, snížení energetické náročnosti budov a zvyšování účinnosti strojního chlazení a alternativních technologií pro chlazení [5].

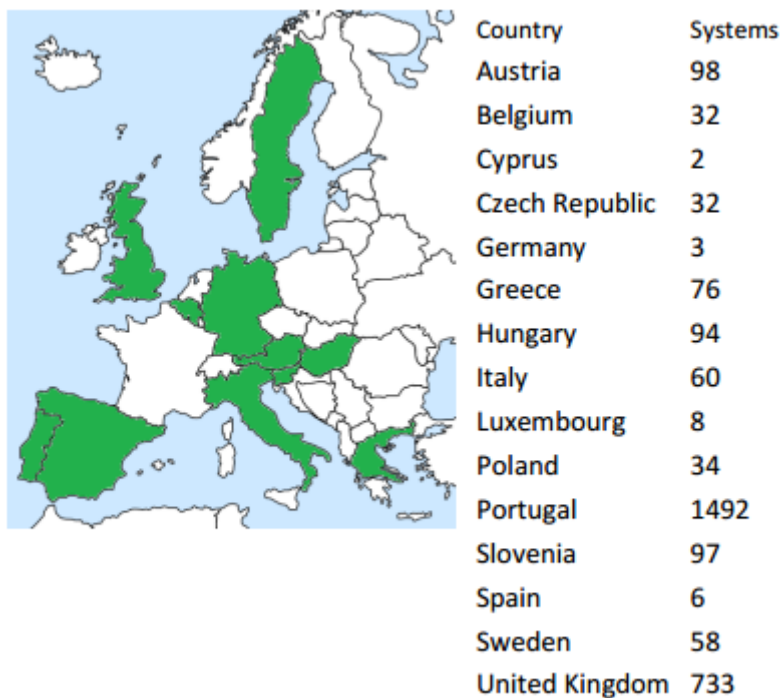
3.2. Tepelné vnitřní prostředí a spotřeba energie v nízkoenergetickém domě: měření během chladicí sezóny

Článek se zabývá problematikou nízkoenergetických domů a budov s téměř nulovou spotřebou energie. Autor uvádí, že jedním z běžných problémů u nízkoenergetických a pasivních domů je jejich přehřívání. Přehřívání těchto domů bylo zaznamenáno a dokumentováno již například v Dánsku či Švédsku. Hlavními příčinami přehřívání jsou obecně velké prosklené plochy, špatné nebo žádné stínění, absence větrání a akumulční hmoty budovy. V rámci výzkumu prezentován v tomto článku byl měřen tepelný stav vnitřního prostředí během chladicí sezóny (květen až září 2014) v jednopodlažním nízkoenergetickém rodinném domě v Dánsku. Chlazení je v domě realizováno pomocí podlahového chlazení. Dům byl provozován po dobu jednoho roku a byly testovány různé strategie vytápění a chlazení. Vyhodnocení vnitřního tepelného prostředí a přehřívání proběhlo dle EN 15251:2007 a DS 469:2013, přičemž hodnocení kritériem byla operativní teplota. Měřením bylo potvrzeno, že přehřívání nízkoenergetického domu je značným problémem. Operativní teplota byla vyšší než 26 °C 350 hodin a teplotu 27 °C převyšovala 162 dní v roce. Jako možné řešení je v článku uvedeno zmenšení plochy zasklení, zvýšení akumulční hmoty budovy, instalace stínění a vhodnější orientace domu [9].

3.3. Projekt iServ

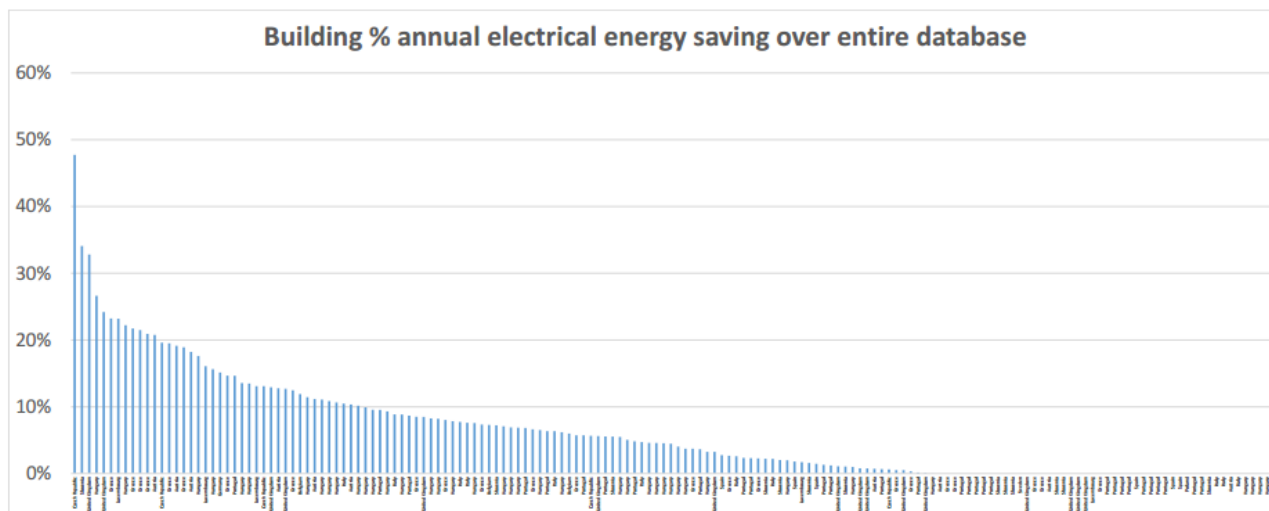
Projekt iServ byl velmi rozsáhlý projekt trvající od roku 2011 přibližně do poloviny roku 2014, zabývající se kontrolou systémů vytápění větrání a klimatizace (dále jen HVAC) skrze kontinuální měření a benchmarking. Tento projekt byl z převážné většiny financován Evropskou unií, stál více než 3,2 milionů eur a byl podpořen organizacemi CIBSE a REHVA, osmi evropskými univerzitami a dále výrobci TZB komponent a developerskými společnostmi [7].

V projektu bylo dohromady posuzováno 2 831 HVAC systémů a celkem 7 685 HVAC komponent v 330 budovách napříč šestnácti členskými státy Evropské unie, jak ukazuje Obr. 3.2. Cílem tohoto projektu bylo ukázat praktický provoz, a především výhody automatického měření a zpětné vazby získané na základě měření, díky které bylo možné učinit určitá opatření vedoucí k úspoře energie. Aplikováním tohoto přístupu bylo u budov zapojených do projektu dosaženo průměrné úspory elektrické energie přes 9 %, přičemž u některých budov bylo dosaženo úspory přes 33 %. Dosažená úspora byla přitom závislá na době, po kterou byla budova zapojena do projektu. Přibližně u 30 % procent budov, tak nebylo dosaženo žádné úspory, neboť tyto budovy byly v systému příliš krátkou dobu na to, aby byly schopny reagovat na jakoukoliv poskytnutou zpětnou vazbu [7].



Obr. 3.2 Rozdělení zdrojů dat pro projekt iSERV v EU [7]

Naopak u 18 % budov, u kterých doba mezi jejich nejvyšší roční spotřebou a posledními dostupnými daty byla větší než rok, byla průměrná dosažená úspora elektrické energie 15 %. Úspory napříč celým portfoliem budov zobrazuje Obr. 3.3 [7].

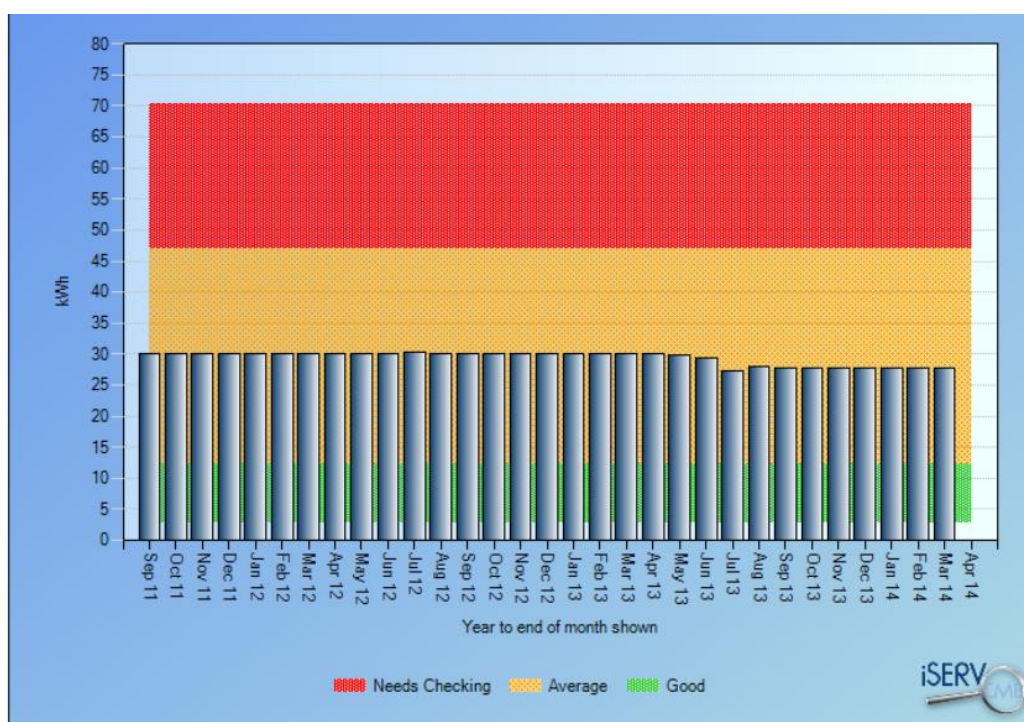


Obr. 3.3 Roční úspory elektrické energie budov zapojených do projektu iSERV [7]

Autor uvádí, že pokud by byl tento přístup aplikován napříč Evropou bylo by možné ušetřit mezi 0,3 % až 5 % celkové spotřeby elektrické energie v Evropské unii. Tato úspora by odpovídala více než 20 miliardám eur ročně při nákladech nutných pro dosažení této úspory o velikosti přibližně 1–3 miliardy eur. Autor dále na základě poznatků získaných řešením projektu uvádí, že v Evropě není defacto žádná budova, kde by plně rozuměli svému systému HVAC a měli ho kompletně zdokumentovaný v případě, že je systém komplikovanější než pouhý zdroj a rozvod tepla. Z toho

důvodu v rámci projektu iSERV vznikla tabulka pro podrobné vyplnění údajů o systému HVAC jako nutného předpokladu pro porozumění měřených údajů. Dalším uvedeným závěrem, který vyplynul z rozsáhlých měření, je, že musí být vynaloženo minimální množství finančních prostředků pro téměř okamžité dosažení podstatných úspor energie a nákladů. Z tohoto důvodu mohou opatření pro snížení spotřeby energie být téměř samo financovatelné. V mnoha případech se investice do úspor energií mnohonásobně vrátily [7].

Na webových stránkách projektu je pak uvedena řada případových studií budov zapojených do projektu. Jako případ je zde uveden obchodní dům v Maďarsku, kde díky zapojení do projektu iSERV bylo realizováno detailnější měření spotřeby chlazení. Konkrétně v budově začali měřit spotřebu elektrické energie a vnitřní teploty s 15minutovým krokem. Před zapojením do projektu byly měřeny pouze měsíční spotřeby. Na základě detailních naměřených dat, bylo možné, změnit provozní doby zdroje chladu a vnitřní teploty v supermarketu a ve skladu. Díky těmto změnám bylo dosaženo úspory 10 % z celkové spotřeby chlazení při nulové investici. Tato změna je znázorněna na Obr. 3.4 [7].



Obr. 3.4 Maďarsko – měrná spotřeba elektrické energie na chlazení (dosažená úspora 10 %) [7]

Z projektu iSERV jednoznačně vyplývá, že je existuje značný potenciál pro úspory energie budov, přičemž porozumění systému budovy a jeho detailní monitoring je pro dosažení úspor nezbytným předpokladem.

4. Měření spotřeb elektrické energie a zpracování dat

V případě této práce byla měřena vyhodnocována spotřeba elektrické energie zdrojů chladu. Elektrická energie byla vzhledem k velikostem proudu měřena nepřímo pomocí statických elektroměrů připojených přes měřicí transformátory proudu. Impulsní výstup z elektroměrů byl průběžně (kumulativně) ukládán do dataloggerů v nastaveném časovém intervalu a v případě některých budov byla naměřená data dálkově přenášena přes GSM bránu. U budov, které nejsou opatřeny dálkovým odečtem bylo třeba data odečítat přes osobní počítač připojený kabelem k dataloggeru. V případě, že v dataloggeru nebyla nastavena převodní konstanta naměřená data odpovídala naměřenému počtu impulsů v čase. Pro přepočítání impulsů na spotřebu v kWh bylo třeba zohlednit jednak konstantu elektroměru, jednak změnu proudu na měřicích transformátorech proudu dle vztahu [6]:

$$\text{skutečná hodnota spotřeby el. energie} = \frac{\text{impulzy}}{\text{konstanta elektroměru}} \cdot \frac{I_1}{I_2}, \quad (4.1)$$

kde

I_1 měřený proud na primárním vinutí transformátoru [A];

I_2 proud na sekundárním vinutí transformátoru [A].

V případě, že byla spotřeba elektrické energie měřena pouze na jedné ze tří fází, bylo třeba množství impulsů vynásobit třemi. Na základě kumulativních údajů o spotřebě zdrojů chladu, byly následně vypočteny spotřeby v jednotlivých intervalech, ve kterých záznam probíhal. Na základě znalosti spotřebované energie za daný časový interval byla následně vypočtena průměrná velikost příkonu měřeného zdroje chladu v daném časovém intervalu.



Obr. 4.1 Připojení dataloggeru pro záznam spotřeb el. energie zdroje chladu (foto z měření – budova č. 9)

5. Zpracování a analýza naměřených dat

V této kapitole bude provedeno zpracování a analýza naměřených dat z jednotlivých objektů. U každého objektu bude uveden jeho stručný popis jednak samotného objektu, jednak klimatizačního systému. Základní údaje o každém objektu a jeho systému budou shrnuty v tabulkách s koncepčně jednotným stylem pro usnadnění následné práce s daty. Pro každý objekt budou zhodnocena naměřená data a provedena analýza a vyhodnocení naměřených dat s ohledem na spotřebu objektu, měrnou roční spotřebu objektu a detailní data v podobě průběhu příkonu zdroje chladu v různých částech roku či různých provozních stavech. V grafech příkonu bude vyneseno i klouzavý příkon zdroje chladu, který bude vypočten u všech objektů stejným způsobem, a to jako aritmetický průměr příkonu se zahrnutím čtyř předchozích a čtyř následujících hodnot aktuálního příkonu. U každé budovy bude proveden dílčí závěr, se zhodnocením měření a uvedením zásadních výsledků či zjištění. Kromě jiných v odstavci přímo uvedené literatury je vycházeno ze závěrečné zprávy projektu [6]. Data do roku 2015 byla získána z předchozích měření. V případě roku 2016 bylo třeba v měřených objektech provést odečet.

5.1. Budova č. 1

5.1.1. Popis objektu

Objekt se nachází v centru města Liberec a skládá se ze tří budov. Hlavní budova (budova A) je výšková budova o šestnácti nadzemních a třech technických podlažích a s výškou 78 m se řadí mezi jednu z nejvyšších administrativních budov v České republice. K hlavní budově jsou přidruženy budovy B a C. Celková podlahová plocha objektu je 9 270 m².

V objektu je přibližně 400 zaměstnanců a provoz objektu je PO-PÁ od 6:00 do 18:00. O víkendu objekt není v provozu.

Tab. 1 Základní údaje o budově č. 1

Lokace	Liberec
Účel	Administrativní budova
Celková podlahová plocha	14 863 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	12 898 m ²
Obsazenost objektu	Cca 400 osob
Provoz	PO - PÁ 6:00 – 18:00

5.1.2. Popis klimatizačního systému

Větrání hlavní budovy A od čtvrtého nadzemního podlaží je zajištěno vysokotlakou klimatizací s parapetními indukčními jednotkami. Strojovna VZT s dvěma vzduchotechnickými jednotkami je umístěna v desátém nadzemním podlaží odkud je upravený primární vzduch přiváděn vertikálním rozvodem do indukčních jednotek. Ty jsou napojeny na rozvody otopné a chladné vody. Vertikální vzduchovod je instalován na obvodovém plášti. Na jednom patře budovy je přibližně 46 indukčních jednotek, v celé budově od 4NP do 16NP je pak 590 ks indukčních jednotek. Odpadní vzduch je odváděn třemi centrálními šachtami. Odtah vzduchu zajišťují nízkotlaké ventilátory umístěné v devatenáctém nadzemním podlaží. Odpadní vzduch je vyfukován nad střechu objektu. Celý systém vzduchotechniky pro budovu A je provozován bez zpětného získávání tepla. Dále uvedené klimatizované prostory mají vlastní vzduchotechnické jednotky. Jedná se o první a druhý zasedací sál v budově A, druhé nadzemní podlaží budovy A, krizové centrum a kuchyň. Pro první 3 nadzemní podlaží budovy A je přívod vzduchu řešen otevíratelnými okny. Další dvě samostatné jednotky slouží pro větrání prostor v objektu C. Jedna vzduchotechnická jednotka slouží pro chodby a kanceláře, druhá jednotka pro multimediální sál. Veškeré jednotky pro větrání budovy C umožňují rekuperaci tepla.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jako zdroje chladu slouží 3 chladicí stroje firmy DAIKIN umístěné ve strojovně chlazení. Dva starší stroje (přibližný rok výroby 1998) o výkonu 485 kW (typ EUWT 180F) a 214 kW (typ EUWT 80F) používají již zakázané chladivo R22 a nejsou v rámci studie měřeny. Elektrický příkon zdroje EUWT 180F je 189 kW a el. příkon druhého zdroje (EUWT 80F) je 72 kW. Od instalace nového chladicího stroje se tyto zdroje chladu používaly především ve výkonových špičkách a v zimních měsících. V roce 2012 byly zcela odstaveny. Nový chladicí stroj DAIKIN EUW 180MAXY (přibližný rok výroby 2005) má chladicí výkon 431 kW a el. příkon 172 kW.

V objektu je dále v serverovně umístěna podružná chladicí jednotka o výkonu přibližně 80 kW pro chlazení výpočetní techniky. Tato jednotka nebyla v rámci studie měřena.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno na střeše objektu pomocí trojice suchých chladičů. Jedná se o chladiče DAIKIN-Thermal GLY490/415 KAV3-N/L o chladicím výkonu 638 kW a el. příkonu 21,6 kW, DAIKIN-Thermal GLY218/185 KAV3-N/L o chladicím výkonu 305 kW a el. příkonu 10,8 kW a DAIKIN KUEBA GAV L09-2x4C o chladicím výkonu 603 kW a chladicím výkonu 16,8 kW.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chladicích okruhů je prostřednictvím dvojice deskových výměníků o výkonech 315 kW a 400 kW využíváno pro vytápění objektu.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

V chladicím okruhu je instalováno celkem 6 oběhových čerpadel WILO IPn 125/280-15/4. Každé čerpadlo má příkon 15 kW.

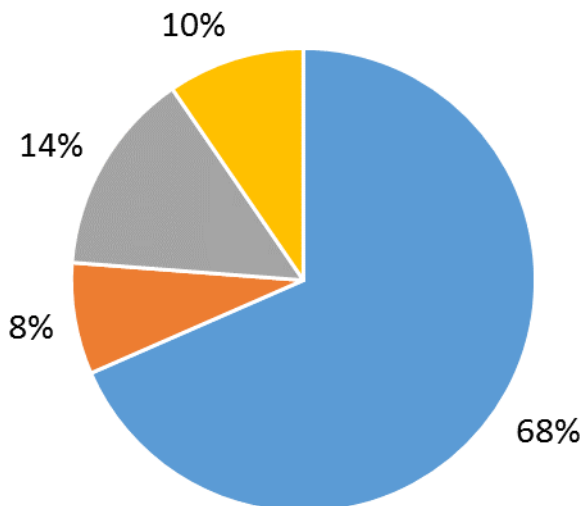
Dvě vzduchotechnické jednotky umístěné ve strojovně vzduchotechniky jsou vybaveny parním ohřivačem, chladičem, filtrem a středotlakým ventilátorem s elektrickým příkonem motoru 25 kW. Motory nízkotlakých ventilátorů pro odvod vzduchu mají elektrický příkon 3 kW a 7,5 kW.

Akumulace chladu

Akumulační nádoba není v systému chlazení instalována.

Tab. 2 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 1

Typ systému	Kombinovaný – voda/vzduch, indukční jednotky	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
DAIKIN EUWT 180F	485	189
DAIKIN EUWT 80F	214	72
DAIKIN EUW 180MAXY	431	172
Σ	1130	433
Odvod kondenzačního tepla – suché chladiče		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
DAIKIN-Thermal GLY490/415 KAV3-N/L	638	21,6
DAIKIN-Thermal GLY218/185 KAV3-N/L	305	10,8
DAIKIN KUEBA GAV L09-2x4C	603	16,8
Σ	1546	49,4
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Čerpadla chladicího okruhu – 6 ks	WILO IPn 125/280-15/4	90
Přívodní ventilátory VZT jednotek – 2 ks	SIEMENS	50
Odtahové ventilátory – 2 ks	JANKA	10,5
Σ		150,5
Akumulace chladu	není instalováno	



■ kompresory ■ suché chladiče ■ čerpadla ■ ventilátory VZT

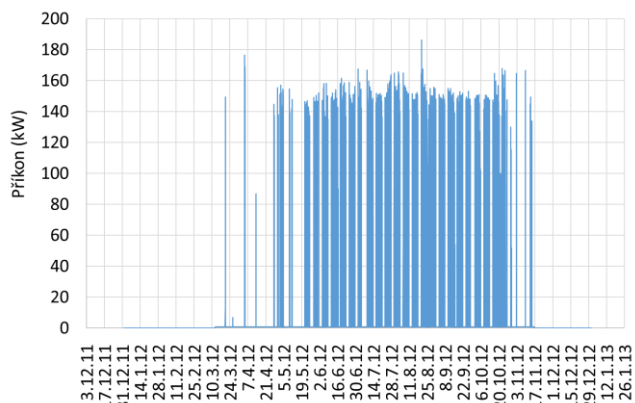
Obr. 5.1 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č.1

5.1.3. Měření dat

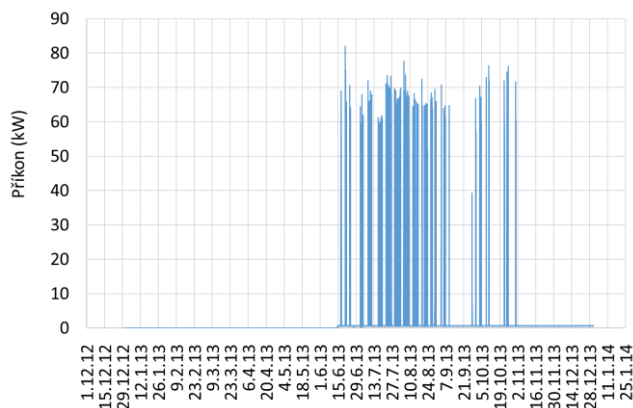
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie chladicího stroje DAIKIN EUW 180MAXY vyrobeného v roce 2004 (výr. číslo 5400284). Měření bylo instalováno 16.2.2012 ve 14:30. Elektrická energie je měřena v každém přívodu na jedné fázi pomocí měřicího transformátoru proudu (dále jen MTP) 250/5A. Chladicí jednotka má 2 přívody. Třífázový elektroměr (230/400V, x/5A, impulzní výstup) měří celkovou spotřebu, přičemž údaj na číselníku elektroměru je třeba vynásobit 50, výsledná hodnota spotřeby el. energie je v kWh. Data z elektroměru jsou zaznamenávána do dataloggeru a dálkově přenášena přes GSM bránu.

Naměřená data

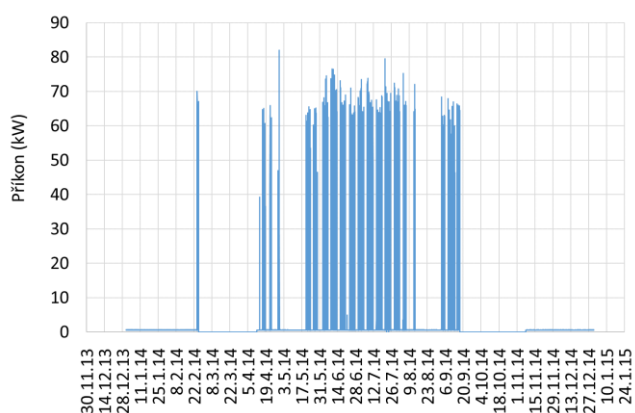
Měřeními byla získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Data bohužel nejsou zcela konzistentní a spotřeby některých měsíců jsou pouze částečné nebo zcela chybí. Počty naměřených dní v příslušných měsících jednotlivých let jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, které zobrazují průběh aktuálních příkonů zdroje chladu v jednotlivých letech. Z grafů je patrné, že příkon zdroje chladu je v průběhu roku víceméně vyrovnaný. V letech 2012, 2015 a 2016 se typická hodnota zdroje chladu pohybovala kolem 150 kW. Extrémní hodnoty příkonu v těchto letech dosahovaly v letních měsících přibližně 180 kW. V letech 2013 a 2014 však byla naměřená hodnota příkonu přibližně poloviční oproti rokům 2012, 2015 a 2016. Typická hodnota příkonu se v těchto letech pohybovala kolem 70 kW. Extrémní hodnota dosahovala cca 80 kW. Nejvyšší hodnota příkonu za období 2012–2016 byla naměřena 10.8.2015 ve 12:45 a činila 199 kW.



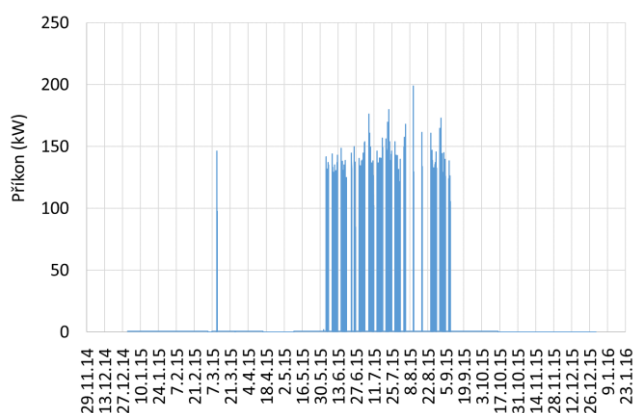
Obr. 5.2 Příkon zdroje chladu za rok 2012



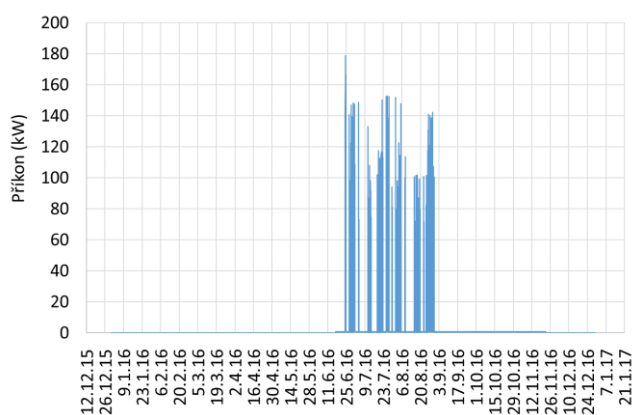
Obr. 5.3 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.4 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.5 Příkon zdroje chladu za rok 2015



Obr. 5.6 Příkon zdroje chladu za rok 2016

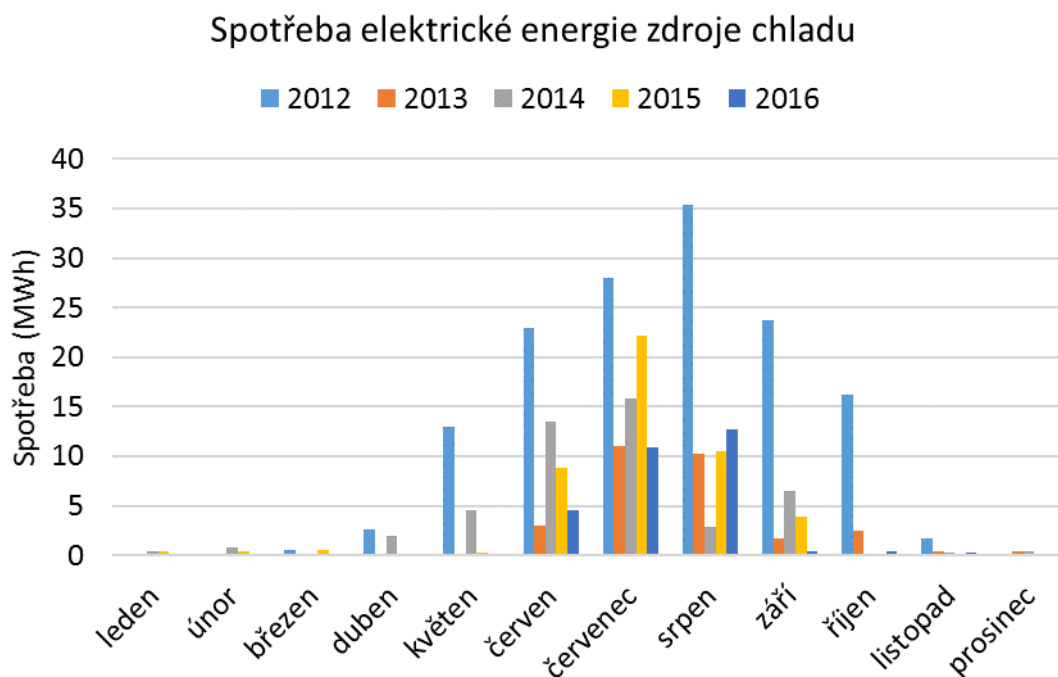
Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.7 níže. Z obrázku je patrné, že spotřeba v průběhu roku 2012 značně převyšuje spotřeby

v ostatních letech. Hodnota celkové spotřeby elektrické energie je v tomto roce přibližně trojnásobná oproti následujícím rokům. Na obrázku je dále dobře vidět výrazné maximum v červenci roku 2015, kdy byla naměřena spotřeba 22 201 kWh. Tento měsíc byl na území ČR teplotně abnormální. Průměrná teplota v tomto měsíci 20,2 °C byla o 3,3 °C vyšší než dlouhodobý průměr 1961–1990. [10]

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kde jsou tato data k dispozici. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.



Obr. 5.7 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Tab. 3 Výsledky měření budovy č. 1 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	1 000
2	2012	0	0,00%	0	0	1 000
3	2012	576	0,40%	20	149	1 576
4	2012	2 665	1,85%	30	177	2 665
5	2012	13 037	9,05%	31	157	13 037
6	2012	22 893	15,89%	30	162	22 893
7	2012	28 033	19,45%	31	167	28 033
8	2012	35 353	24,53%	31	186	35 353
9	2012	23 689	16,44%	30	155	23 689
10	2012	16 174	11,22%	31	168	16 174
11	2012	1 675	1,16%	16	166	2 000
12	2012	0	0,00%	0	0	1 000
celkem		144 095		250	186	148 420
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 898	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					11,2	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					11,5	

Tab. 4 Výsledky měření budovy č. 1 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	0	0	451
2	2013	0	0,00%	0	0	621
3	2013	0	0,00%	0	0	513
4	2013	0	0,00%	0	0	2 778
5	2013	0	0,00%	0	0	2 500
6	2013	3 056	10,36%	17	82	8 000
7	2013	11 034	37,42%	31	73	11 034
8	2013	10 215	34,64%	31	78	10 215
9	2013	1 725	5,85%	30	71	1 725
10	2013	2 534	8,60%	31	76	2 534
11	2013	450	1,53%	30	1	450
12	2013	471	1,60%	31	1	471
celkem		29 485		201	82	41 292
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 898	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					2,3	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					3,2	

Tab. 5 Výsledky měření budovy č. 1 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	458	0,97%	31	1	458
2	2014	751	1,59%	25	70	841
3	2014	0	0,00%	0	0	513
4	2014	1 928	4,09%	20	82	2 892
5	2014	4 539	9,62%	31	66	4 539
6	2014	13 490	28,60%	30	77	13 490
7	2014	15 842	33,59%	31	80	15 842
8	2014	2 868	6,08%	31	75	2 868
9	2014	6 521	13,82%	17	68	11 507
10	2014	0	0,00%	0	0	1 600
11	2014	328	0,70%	24	1	410
12	2014	443	0,94%	31	1	443
celkem		47 168		271	82	55 403
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 898	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					3,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					4,3	

Tab. 6 Výsledky měření budovy č. 1 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	443	0,93%	31	1	443
2	2015	401	0,84%	28	1	401
3	2015	513	1,08%	31	146	513
4	2015	209	0,44%	15	1	2 778
5	2015	322	0,68%	23	1	1 200
6	2015	8 895	18,67%	30	150	8 895
7	2015	22 201	46,59%	31	180	22 201
8	2015	10 573	22,19%	31	199	10 573
9	2015	3 882	8,15%	30	173	3 882
10	2015	210	0,44%	15	1	800
11	2015	0	0,00%	0	0	436
12	2015	0	0,00%	0	0	457
celkem		47 649		265	199	52 580
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 898	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					3,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					4,1	

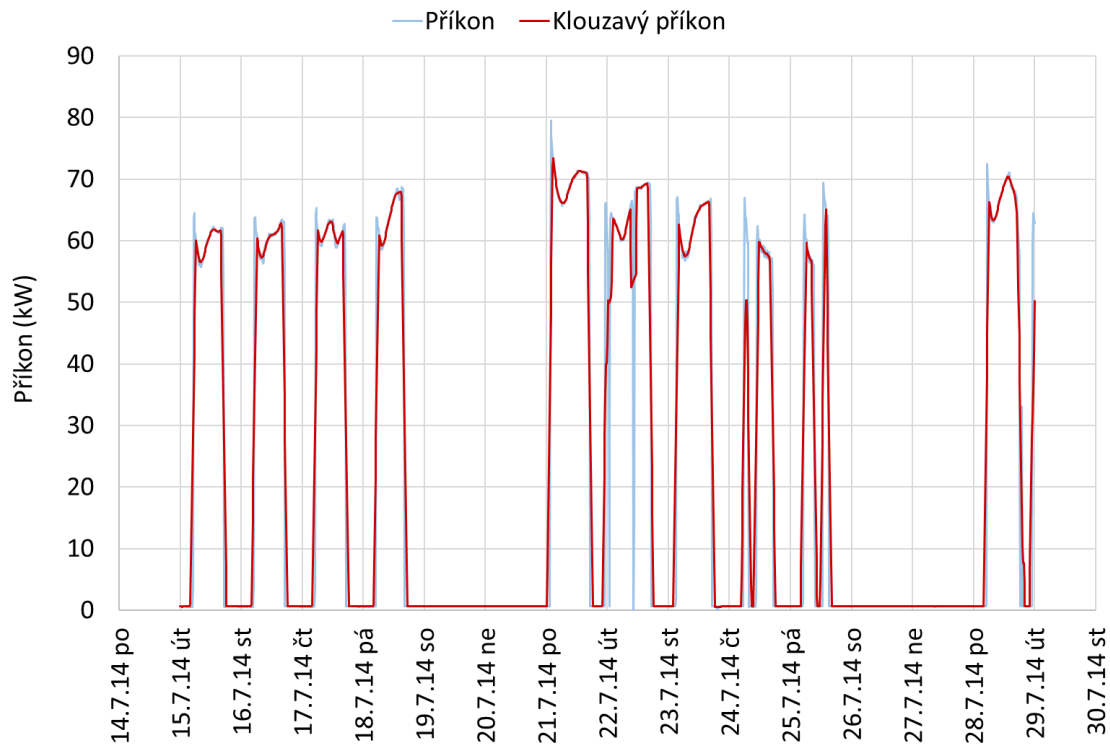
Tab. 7 Výsledky měření budovy č. 1 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0	451
2	2016	0	0,00%	0	0	621
3	2016	0	0,00%	0	0	513
4	2016	0	0,00%	0	0	2 816
5	2016	0	0,00%	0	0	3 500
6	2016	4 524	15,45%	14	179	10 128
7	2016	10 906	37,24%	31	153	10 906
8	2016	12 669	43,26%	31	152	12 669
9	2016	430	1,47%	30	1	430
10	2016	446	1,52%	31	1	446
11	2016	312	1,06%	22	1	450
12	2016	0	0,00%	0	0	457
celkem		29 286		159	179	43 386
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 898	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					2,3	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					3,4	

Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Na Obr. 5.8, Obr. 5.9 a Obr. 5.10 je zobrazen typický průběh příkonu zdroje pro roky 2014, 2015 a 2016. Typický průběh příkonu v roce 2012 je obdobný roku 2015 a typický průběh příkonu v roce 2013 je obdobný roku 2014. Z grafů je zřejmý víkendový útlum zdroje, jeho náběh v ranních hodinách pracovních dní a opětovný útlum v odpoledních hodinách. Z grafů je dále patrný výrazný rozdíl v průběhu příkonu v jednotlivých letech. V roce 2014 se typické hodnoty příkonu pohybovaly kolem 65 kW a pulzování zdroje je výjimečné. Oproti tomu v roce 2015 se typický příkon pohyboval okolo 140 kW a z grafu je vidět výrazné pulzování zdroje. V roce 2016 je pak průběh příkonu plynulý podobně jako v roce 2014, nicméně typické hodnoty příkonu se pohybují kolem 100 kW.

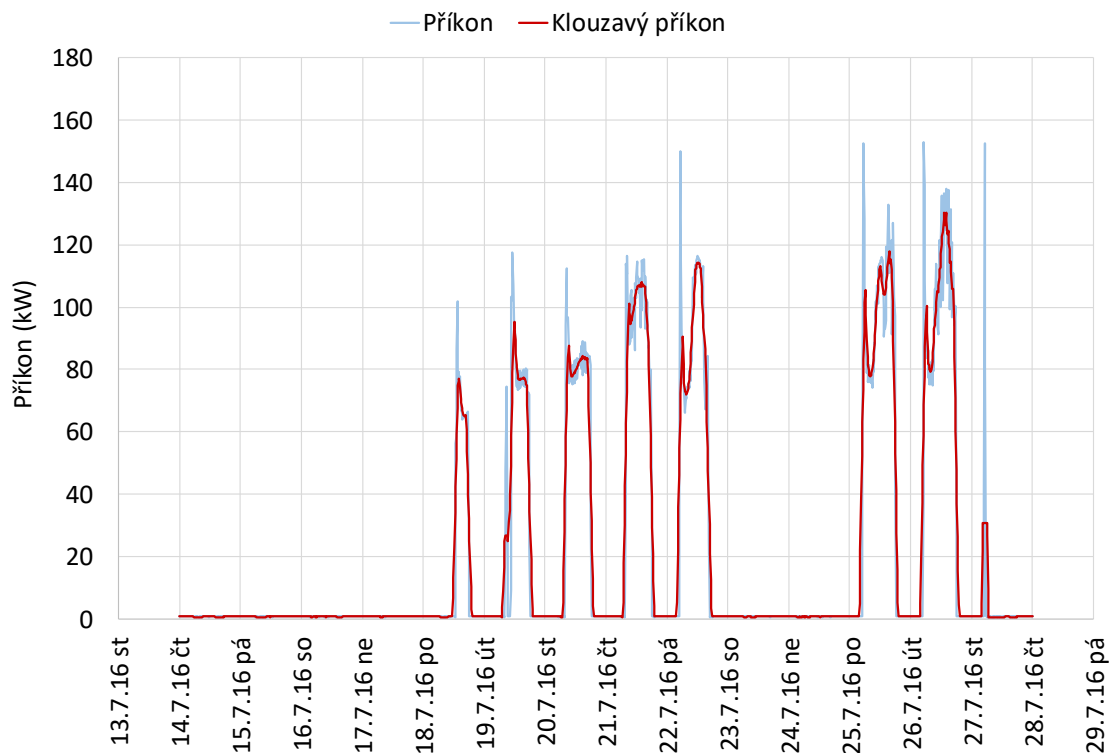
Na Obr. 5.11, Obr. 5.12, Obr. 5.13 a Obr. 5.14, je detailněji vidět problematika cyklování zdroje v různých letech. Z Obr. 5.12, který zobrazuje extrémní průběh příkonu je patrné, že pokud je příkon zdroje vyšší než cca 130 kW, zdroj přestává pulzovat a průběh příkonu je plynulý. Na obrázku je dále vidět, že plynulý průběh příkonu a dosažení extrémní hodnoty příkonu 180 kW odpovídá 22. 7. 2015, tedy dni, kdy byla podle údajů ČHMÚ [10] naměřena nejvyšší teplota v tomto měsíci (na mnoha stanicích více než 35 °C). Rozlišnost průběhu příkonu v jednotlivých letech je pravděpodobně způsobena změnami v regulaci a řízení zdroje chladu. Na obrázcích je dále vidět spínání zdroje chladu v nočních nebo ranních hodinách a jeho útlum kolem 17. hodiny.



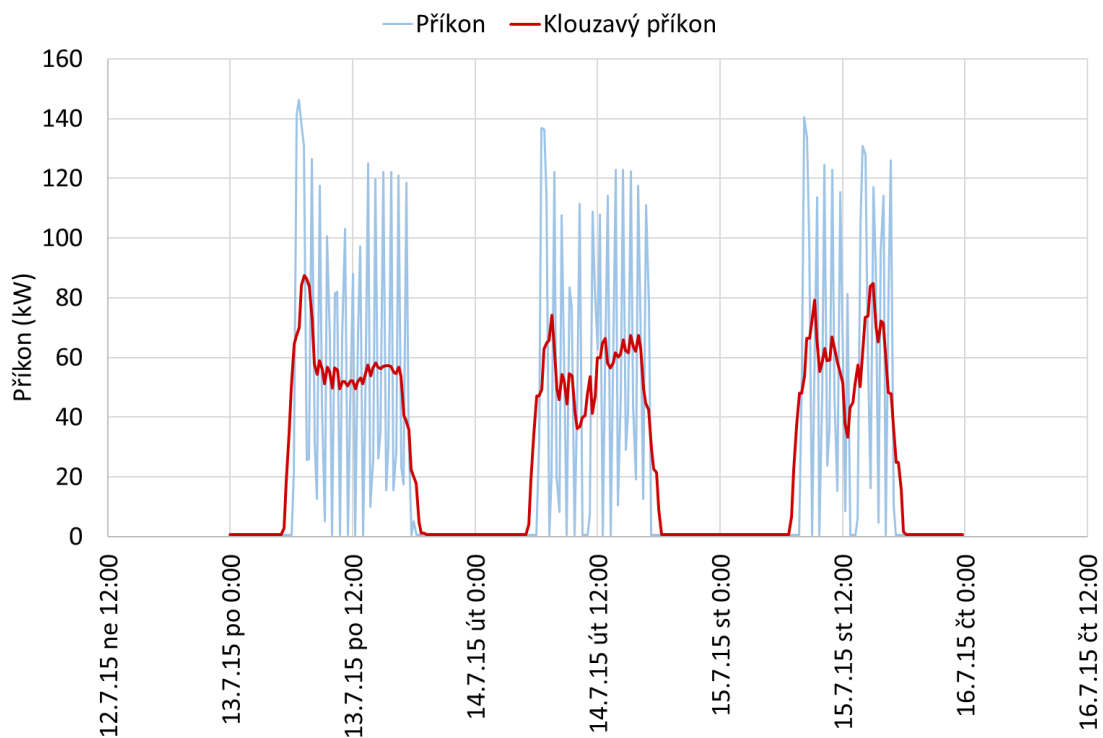
Obr. 5.8 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2014



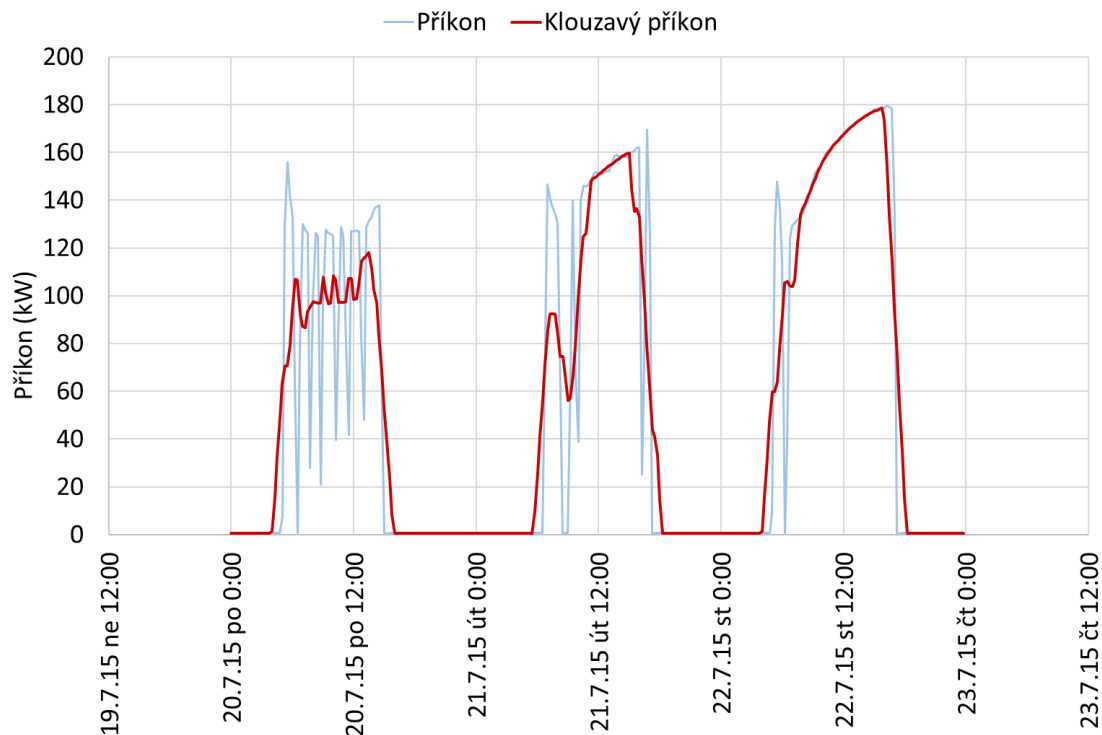
Obr. 5.9 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2015



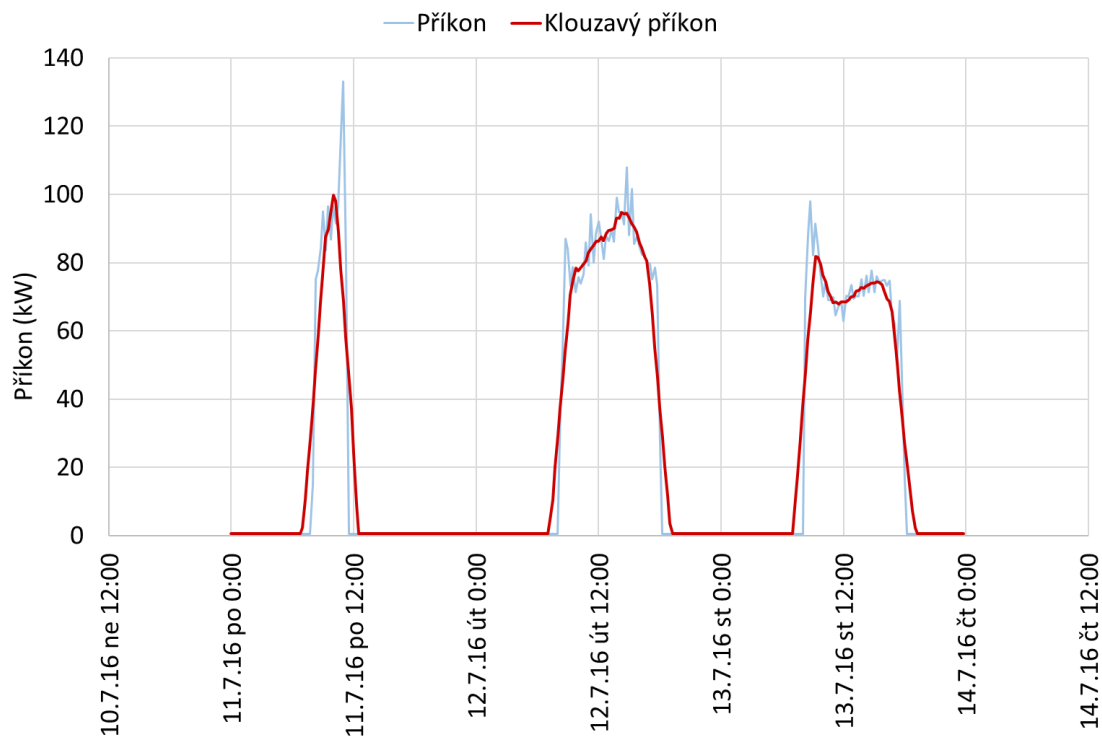
Obr. 5.10 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2016



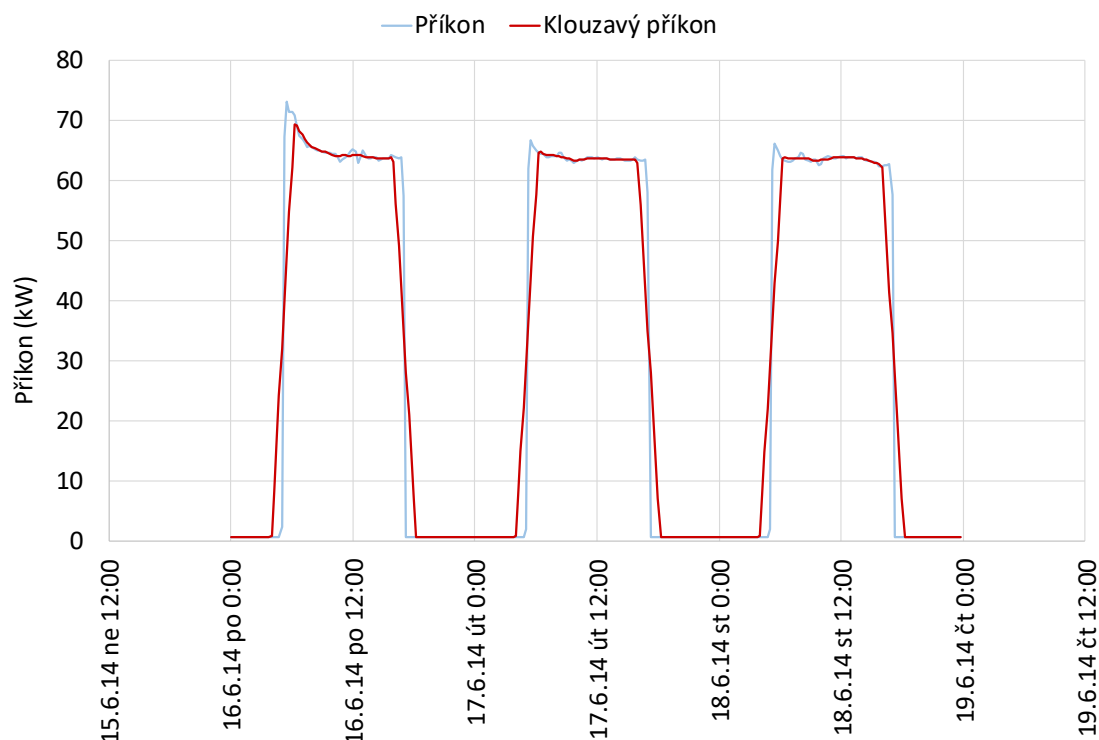
Obr. 5.11 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v roce 2015



Obr. 5.12 Extrémní průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v roce 2015



Obr. 5.13 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v roce 2016



Obr. 5.14 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v roce 2014

5.1.4. Závěr budova č. 1

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. Data bohužel nejsou zcela konzistentní a chybějící data musela být doplněna odhadem. Zásadní data z letních období jsou však téměř kompletní. V průběhu let dochází k zásadním změnám v průběhu příkonu, ale především je z naměřených dat evidentní razantní pokles spotřeby od roku 2013. Po kontaktování správy objektu bylo zjištěno, že na konci roku 2012 došlo k instalaci tepelného čerpadla. Čerpadlo je využíváno jak na vytápění, tak na chlazení, a především je v provozu v jarních a podzimních měsících. V těchto měsících dochází vlivem solárních zisků k rozdílným požadavkům na úpravu vnitřního klimatu mezi východní a západní stranou budovy. Instalované tepelné čerpadlo pak přečerpává teplo z jedné strany budovy na druhou. Zásadní pokles spotřeby zdroje chladu je velmi pravděpodobně způsoben instalací tohoto tepelného čerpadla. Pro zjištění reálného poklesu spotřeby elektrické energie na chlazení, by však bylo třeba měření osadit i druhý zdroj chladu/tepla – tepelné čerpadlo. Z jakého důvodu došlo v letech 2015 a 2016 k opětovnému nárůstu příkonu na hodnoty z roku 2012 se zjistit nepodařilo.

Průměrná naměřená měrná spotřeba za měřené období vztahovaná ke klimatizované podlahové ploše 12 898 m² činí 4,6 kWh/m². Při vynechání abnormálního roku 2012 měrná roční spotřeba činí 3 kWh/m². Průměrné měrné roční spotřeby s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 5,3 kWh/m² a 3,7 kWh/m² při vynechání roku 2012.

5.2. Budova č. 2

5.2.1. Popis objektu

Tento objekt se nachází v Praze a jeho stavba byla dokončena v roce 1996. Objekt má devět nadzemních podlaží a dvě podlaží podzemní, která z převážné většiny slouží jako technické zázemí budovy. V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní prostor, bar a část kancelářských prostor. Druhé až osmé nadzemní podlaží slouží jako pronajímatelné kancelářské prostory. V devátém nadzemním podlaží je situována restaurace a kuchyně.

Obvodové stěny budovy směrem do ulice jsou betonové a směrem do dvora jsou vyzděny z plynosilikátu. Všechny obvodové stěny jsou zatepleny vnější izolací. Severní a západní fasády (uliční) jsou proskleny okny a první nadzemní podlaží je proskleno pomocí lehké fasády. Procento prosklení těchto fasád je 30 %. Procento prosklení dvorní fasády činí přibližně 20 %. Okna budovy nejsou opatřena žádnými stínícími prvky a nemají instalovány vnitřní ani vnější žaluzie. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 8 níže.

V objektu pracuje přibližně 110 osob a provoz objektu je PO-PÁ od 7:00 do 21:00. Systémy TZB jsou v provozu ve všední dny přibližně od 5:00 do 22:00.

Tab. 8 Základní údaje o budově č. 2

Lokace	Praha
Účel	Administrativní prostory, restaurace
Zastavěná plocha	431 m ²
Celková podlahová plocha	4 524 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	2700 m ²
Ostatní podlahové plochy	1824 m ²
Obsazenost objektu	Cca 110 osob
Provoz	PO - PÁ 7:00 – 21:00
Procento prosklení uličních fasád	30 %
Procento prosklení dvorní fasády	20 %
Stínící prvky	neinstalovány

5.2.2. Popis klimatizačního systému

Klimatizační systém tohoto objektu je vodní s ventilátorovými konvektory. Přívod čerstvého upraveného vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu z jednotlivých prostor budovy zajišťují dvě vzduchotechnická zařízení. Obě vzduchotechnické jednotky jsou vybaveny výměníky zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu. Hlavní vzduchotechnická jednotka sloužící pro úpravu

vzduchu pro kanceláře je osazena rotačním výměníkem a vzduchotechnická jednotka pro restauraci je opatřena deskovým výměníkem zpětného získávání tepla. Vzduchotechnické jednotky nejsou regulovány dle okamžité potřeby, ale po celou dobu provozu pracují na jmenovitý výkon. V nočních hodinách a o víkendech, tedy mimo provoz objektu, jsou vzduchotechnické jednotky vypnuty. Koncové prvky klimatizačního systému jsou fan-coil jednotky v čtyřtrubkovém zapojení. Chladná voda je rozváděna od zdroje chladu k jednotkám fan-coil a dále k vzduchotechnickým jednotkám.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Na jaře roku 2011 došlo k výměně původního zdroje chladu za blokovou chladicí jednotku CARRIER 30 RW A300. Jednotka je vybavena dvěma okruhy se scroll kompresory a je opatřena zpětným získáváním tepla. Jmenovitý chladicí výkon jednotky je 291 kW, elektrický příkon je 118,2 kW a za jmenovitých podmínek jednotka pracuje s chladicím faktorem 2,46. Chladivo použité ve zdroji chladu je R4407C. Chladicí jednotka je umístěna ve strojovně chlazení v devátém nadzemním podlaží budovy. Její řízení je pomocí mikroprocesorového řídicího systému, kterým je vybavena a který optimalizuje její provozní režim.

V objektu je dále instalováno samostatné chlazení serverovny.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno na střeše objektu pomocí suchých chladičů.

Využití odpadního tepla

Pokud je bloková chladicí jednotka v chodu, odpadní teplo z chlazení je při požadavku na ohřev teplé vody využito spuštěním okruhu zpětného získávání tepla. Ohřev teplé vody pro kuchyň je realizován pomocí nepřímotopných nerezových výměníků.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

Čerpadla chladicího okruhu jsou provedena vždy ve dvojicích. Celkem se jedná o šest čerpadel firmy KSB osazených frekvenčními měniči.

Akumulace chladu

V systému chlazení je instalována akumulární nádrž chlazení o předpokládaném objemu 2 m³. Přesný objem této nádrže se bohužel nepodařilo zjistit.

Tab. 9 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 2

Typ systému	Vodní s ventilátorovými konvektory + VZT	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
CARRIER 30 RW A300	291	118,24
Odvod kondenzačního tepla	Suché chladiče	
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Čerpadla chladicího okruhu – 6 ks	KSB	-
Akumulace chladu	Akumulační nádrž – předpokládaný objem 2 m ³	

5.2.3. Měření dat

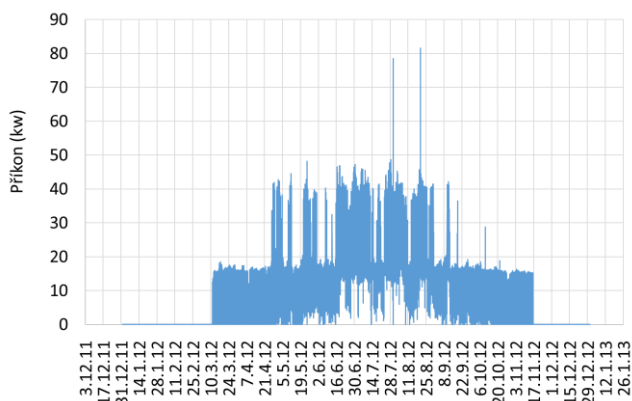
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie chladicího stroje CARRIER 30 RW A300 vyrobeného v roce 2011 (výr. číslo 12C103287). Chladicí jednotka má jeden přívod. Měření bylo instalováno 10.3.2012. Měření elektrické energie je pomocí MTP (typ KBU 58 300/5, 2,5VA, kl.1, výr. č. 12894490102). Elektrická energie je měřena na jedné fázi. Převod v elektroměru (typ Maneler 9911D, výr. č. 071817) je nastaven 300/5 A. Pro získání celkové hodnoty spotřeby chladicího stroje v kWh je třeba vynásobit údaj na číselníku elektroměru třemi. K elektroměru je připojen datalogger (typ S7021 Comet, výr. č. 11933820) do něhož jsou data průběžně zaznamenávána a dálkově přenášena přes GSM bránu. Přepočít vstupní veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 66,667 impulsů odpovídá 1 kWh ($12000/3/(300/5) = 66,667$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

Naměřená data

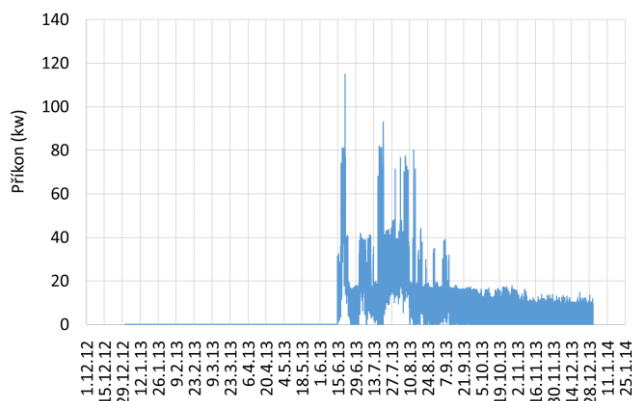
Měření byla získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Data bohužel nejsou zcela konzistentní a detailní data spotřeby mnohdy zcela chybí. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, které zobrazují průběh aktuálních příkonů zdroje chladu v jednotlivých letech.

Z grafů je evidentní značná absence dat v roce 2013 a v roce 2016. V ostatních letech nejsou výpadky v měření tolik výrazné. Průběh příkonu v jednotlivých letech se výrazně liší pro letní období a po zbytek roku. Zhruba koncem dubna dochází k razantnímu nárůstu příkonu přibližně na dvojnásobek. Příkon v tomto období dosahuje typicky 40 kW. Hodnoty kolem 80 kW lze považovat za extrémní, přičemž maximální hodnoty příkonu za období 2012–2016 bylo dosaženo 20. 6. 2013 ve 14:45 a to 115 kW. V průběhu tohoto období, které zpravidla končí koncem září,

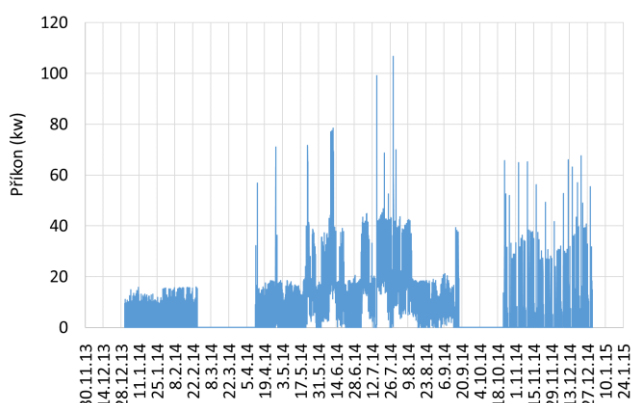
průběh příkonu relativně kolísá. Mimo letní období je příkon zdroje vyrovnaný a typicky dosahuje hodnot do 20 kW. Tomuto trendu se z neznámých důvodů vymyká konec roku 2014 a cca polovina roku 2015. Typické hodnoty příkonu mimo letní období dosahují přibližně dvojnásobku běžných hodnot a průběh příkonu v letním období je také značně odlišný od ostatních let. Tato odchylka končí zhruba koncem června tohoto roku.



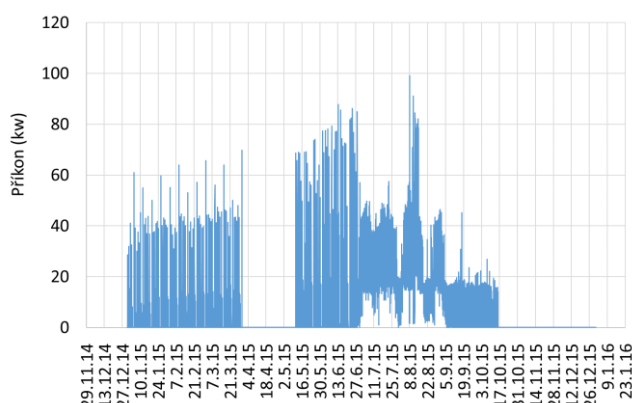
Obr. 5.15 Příkon zdroje chladu za rok 2012



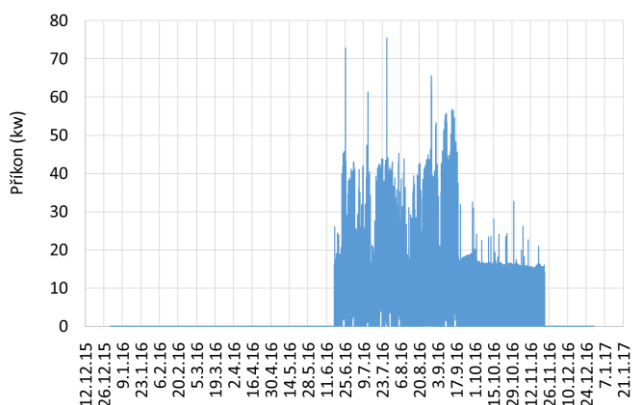
Obr. 5.16 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.17 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.18 Příkon zdroje chladu za rok 2015



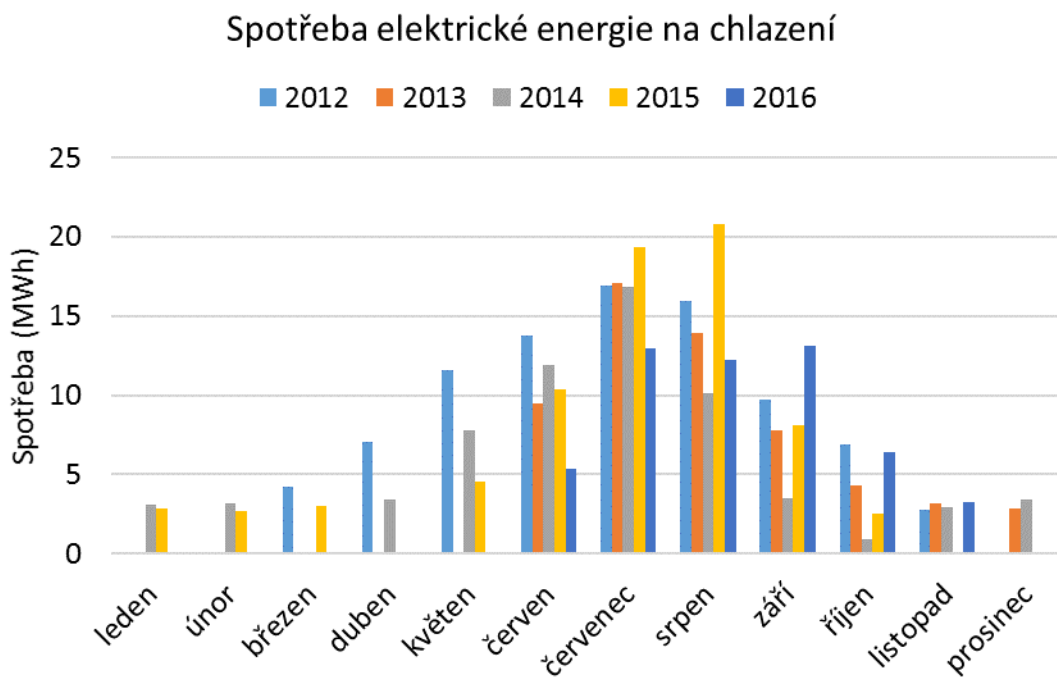
Obr. 5.19 Příkon zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.20 níže. Z obrázku je evidentní nárůst spotřeby zdroje chladu v letním období s tím, že nejvyšších hodnot spotřeb je zpravidla dosaženo v červenci nebo srpnu. Z naměřených hodnot měsíčních spotřeb je zřejmé, že v objektu dochází k chlazení v průběhu celého roku. Dále je patrné značné převýšení spotřeb elektrické energie v těchto dvou měsících v roce 2015, který byl klimaticky extrémní, oproti ostatním rokům. Maximum bylo dosaženo v srpnu 2015, kdy byla naměřena spotřeba 20 843 kWh.

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kde jsou tato data k dispozici. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.



Obr. 5.20 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.2

Tab. 10 Výsledky měření budovy č. 2 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	2 975
2	2012	0	0,00%	0	0	2 899
3	2012	4 262	4,79%	21	19	4 800
4	2012	7 028	7,90%	30	42	7 028
5	2012	11 631	13,07%	31	48	11 631
6	2012	13 749	15,46%	30	47	13 749
7	2012	16 907	19,00%	31	79	16 907
8	2012	15 937	17,91%	31	82	15 937
9	2012	9 758	10,97%	30	42	9 758
10	2012	6 882	7,74%	31	29	6 882
11	2012	2 808	3,16%	16	16	5 265
12	2012	0	0,00%	0	0	3 118
celkem		88 963		251	82	100 949
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					32,9	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					37,4	

Tab. 11 Výsledky měření budovy č. 2 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	0	0	3 000
2	2013	0	0,00%	0	0	3 000
3	2013	0	0,00%	0	0	5 000
4	2013	0	0,00%	0	0	5 914
5	2013	0	0,00%	0	0	12 000
6	2013	9 447	16,13%	17	115	16 672
7	2013	17 061	29,14%	31	93	17 061
8	2013	13 935	23,80%	31	80	13 935
9	2013	7 791	13,31%	30	39	7 791
10	2013	4 325	7,39%	31	18	4 325
11	2013	3 137	5,36%	30	16	3 137
12	2013	2 856	4,88%	31	15	2 856
celkem		58 552		201	115	94 691
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					21,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					35,1	

Tab. 12 Výsledky měření budovy č. 2 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	3 118	4,65%	31	16	3 118
2	2014	3 146	4,69%	25	16	3 146
3	2014	0	0,00%	0	0	4 000
4	2014	3 382	5,05%	20	71	4 800
5	2014	7 750	11,56%	31	72	7 750
6	2014	11 885	17,74%	30	78	11 885
7	2014	16 867	25,17%	31	107	16 867
8	2014	10 106	15,08%	31	44	10 106
9	2014	3 500	5,22%	17	39	7 000
10	2014	904	1,35%	10	66	3 000
11	2014	2 973	4,44%	30	65	2 973
12	2014	3 379	5,04%	31	68	3 379
celkem		67 010		287	107	78 024
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					24,8	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					28,9	

Tab. 13 Výsledky měření budovy č. 2 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	2 832	3,81%	31	61	2 832
2	2015	2 651	3,57%	28	64	2 651
3	2015	2 978	4,01%	30	70	2 978
4	2015	0	0,00%	0	0	5 914
5	2015	4 568	6,15%	22	74	7 500
6	2015	10 394	13,98%	30	88	10 394
7	2015	19 385	26,08%	31	58	19 385
8	2015	20 843	28,04%	31	99	20 843
9	2015	8 137	10,95%	30	45	8 137
10	2015	2 537	3,41%	15	27	5 882
11	2015	0	0,00%	0	0	3 792
12	2015	0	0,00%	0	0	3 118
celkem		74 325		248	99	93 426
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					27,5	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					34,6	

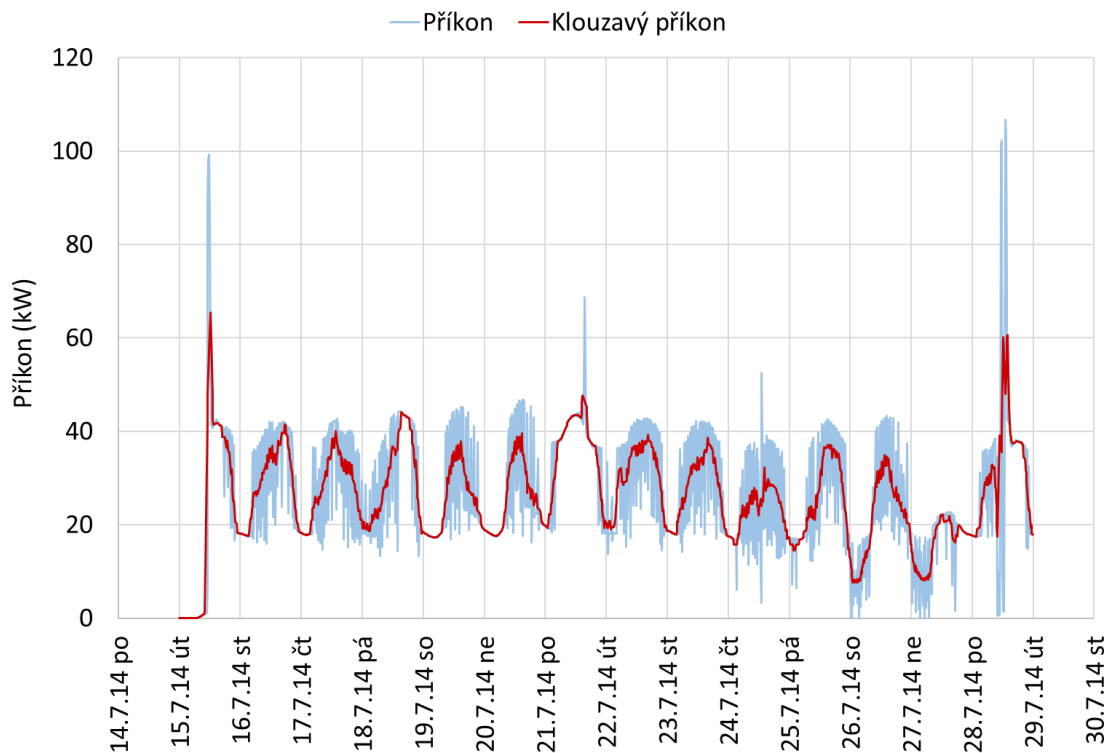
Tab. 14 Výsledky měření budovy č. 2 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0	2 975
2	2016	0	0,00%	0	0	2 899
3	2016	0	0,00%	0	0	5 000
4	2016	0	0,00%	0	0	5 914
5	2016	0	0,00%	0	0	11 815
6	2016	5 324	9,99%	15	73	10 647
7	2016	12 954	24,30%	31	75	12 954
8	2016	12 233	22,95%	31	66	12 233
9	2016	13 098	24,57%	30	57	13 098
10	2016	6 440	12,08%	31	33	6 440
11	2016	3 255	6,11%	22	26	3 800
12	2016	0	0,00%	0	0	3 118
celkem		53 303		160	75	90 893
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					19,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					33,7	

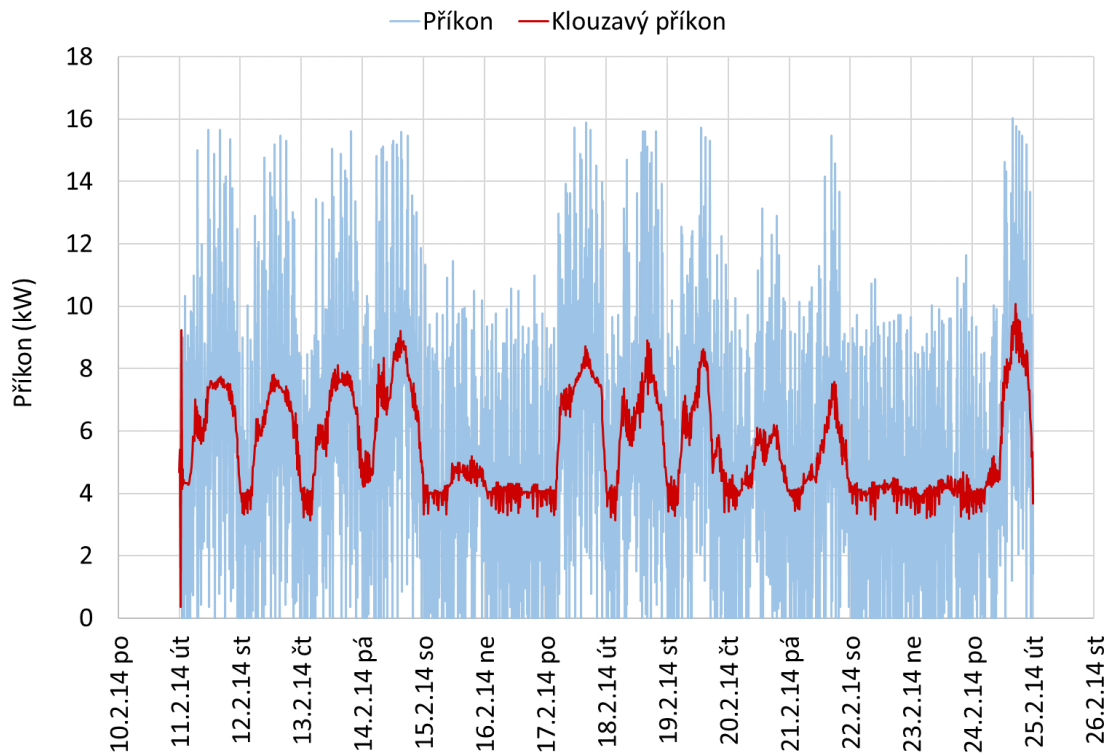
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Na Obr. 5.21 a Obr. 5.22 je ukázán typický průběh příkonu v letním a mimo letní období v roce 2014. Na grafech je vidět odlišný průběh příkonu v těchto obdobích. Dále jsou z grafů patrné noční útlumy a v případě Obr. 5.22, průběhu příkonu mimo letní období, i útlumy víkendové. V průběhu letního období nejsou víkendové útlumy mimo neděli 27.7.2014 kdy došlo k poklesu příkonu, téměř patrné. Na Obr. 5.21 jsou vidět dva extrémy, kdy příkon zdroje chladu dosahuje cca 100 kW. Znázorněné průběhy příkonu jsou typické i pro ostatní roky, mimo zmíněnou odchylku v období přibližně od listopadu 2014 do konce června 2015. V tomto období pravděpodobně došlo k změnám v řízení chladicího zdroje, neboť jak je patrné z Obr. 5.23 a Obr. 5.24, průběh příkonu je značně odlišný od ostatních let.

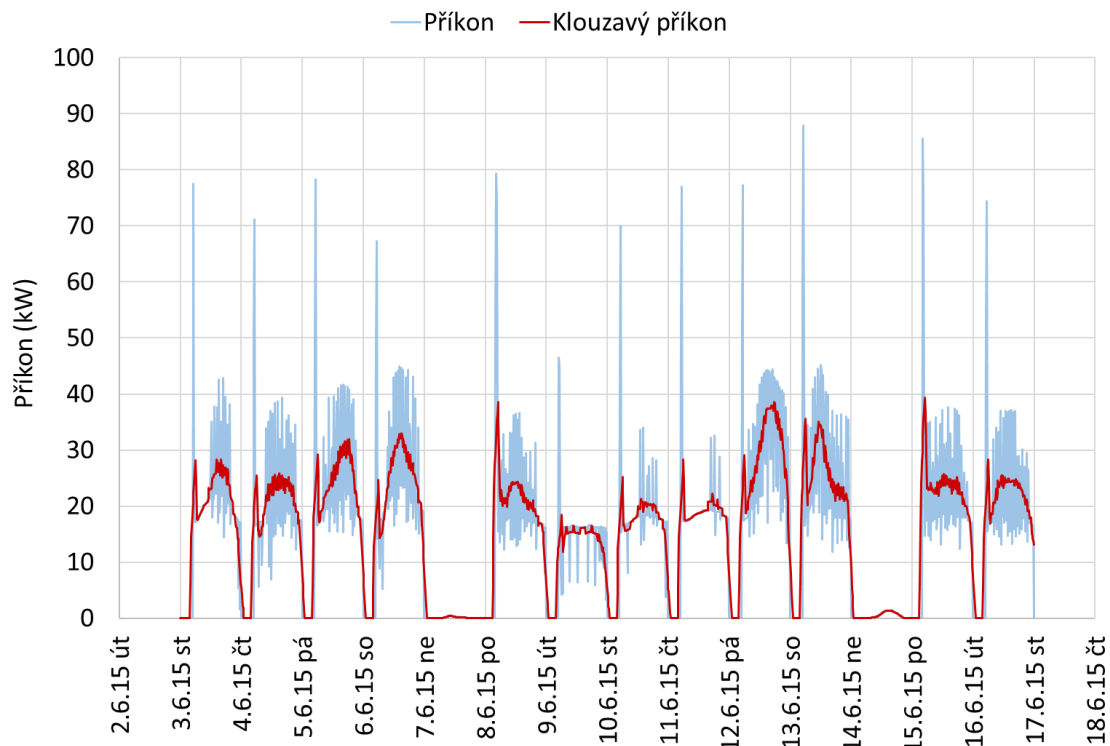
Na Obr. 5.25 a Obr. 5.26, je vidět detailní průběh příkonu v letním a mimo letní období. Z grafů je patrné spínání zdroje chladu kolem šesté hodiny ranní (v případě víkendu kolem 9:00) a jeho útlum okolo 22:00. Maximální hodnoty příkonu na uvedeném Obr. 5.25 je dosaženo kolem 17. hodiny. V případě průběhu příkonu mimo letní období zobrazeném na Obr. 5.26 nelze hovořit o závislosti maximální hodnoty příkonu na čase.



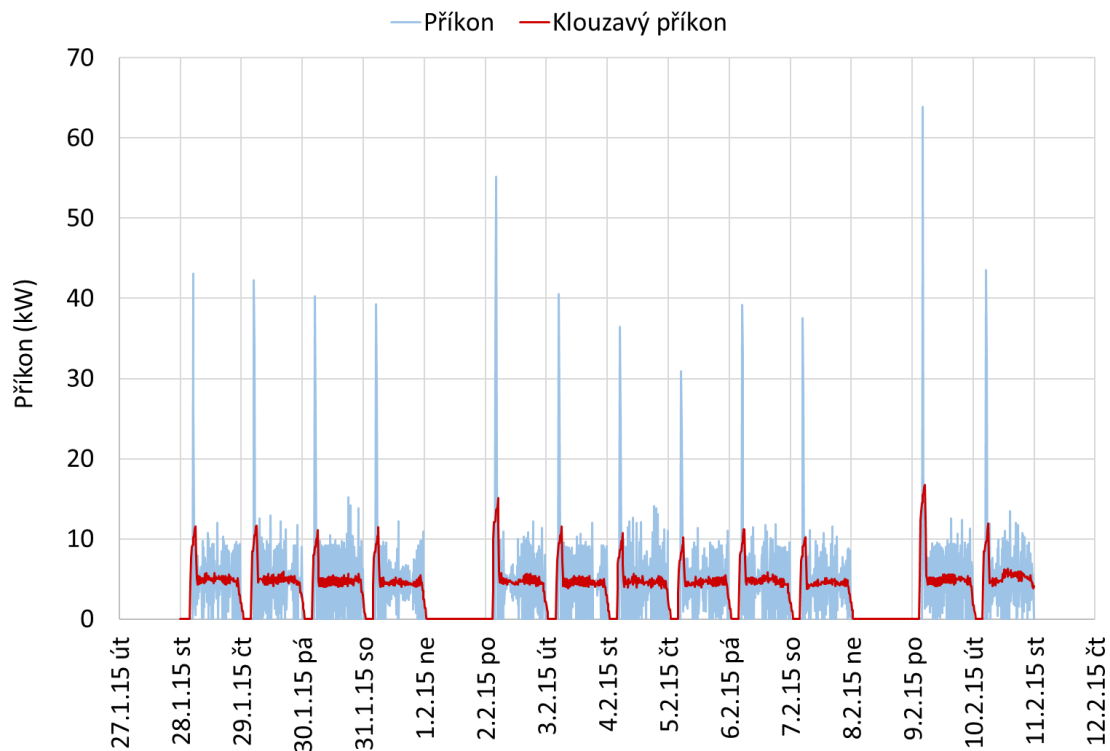
Obr. 5.21 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 14 dní v letním období roku 2014



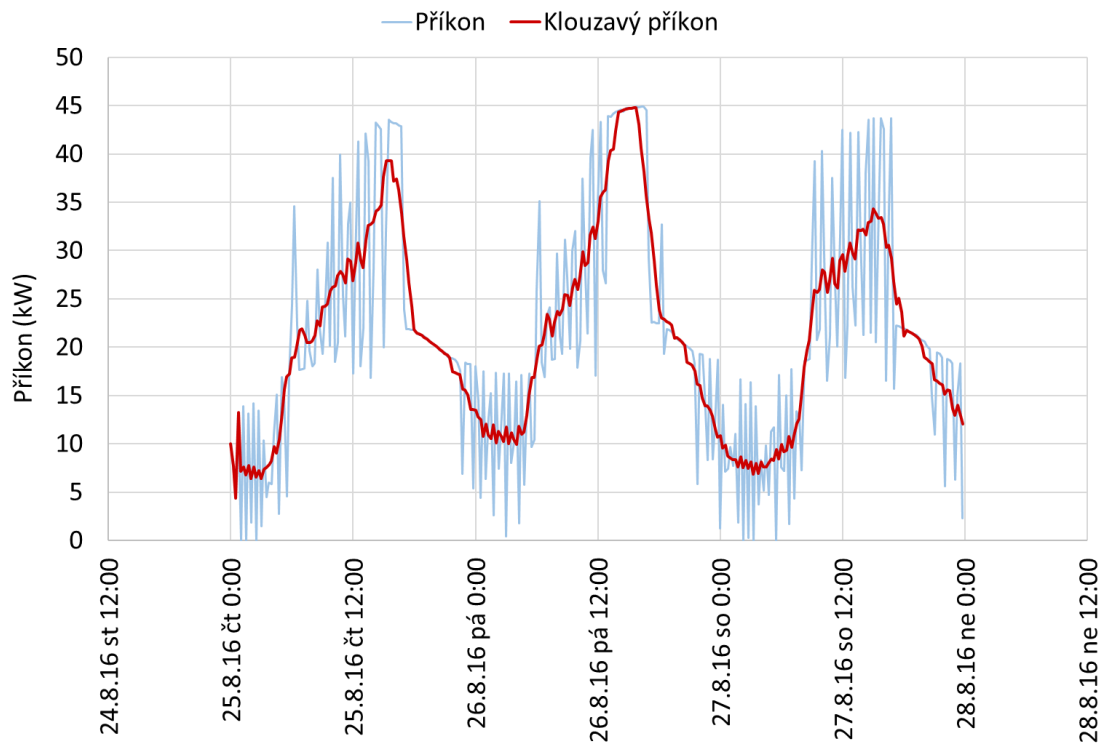
Obr. 5.22 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 14 dní mimo letní období roku 2014



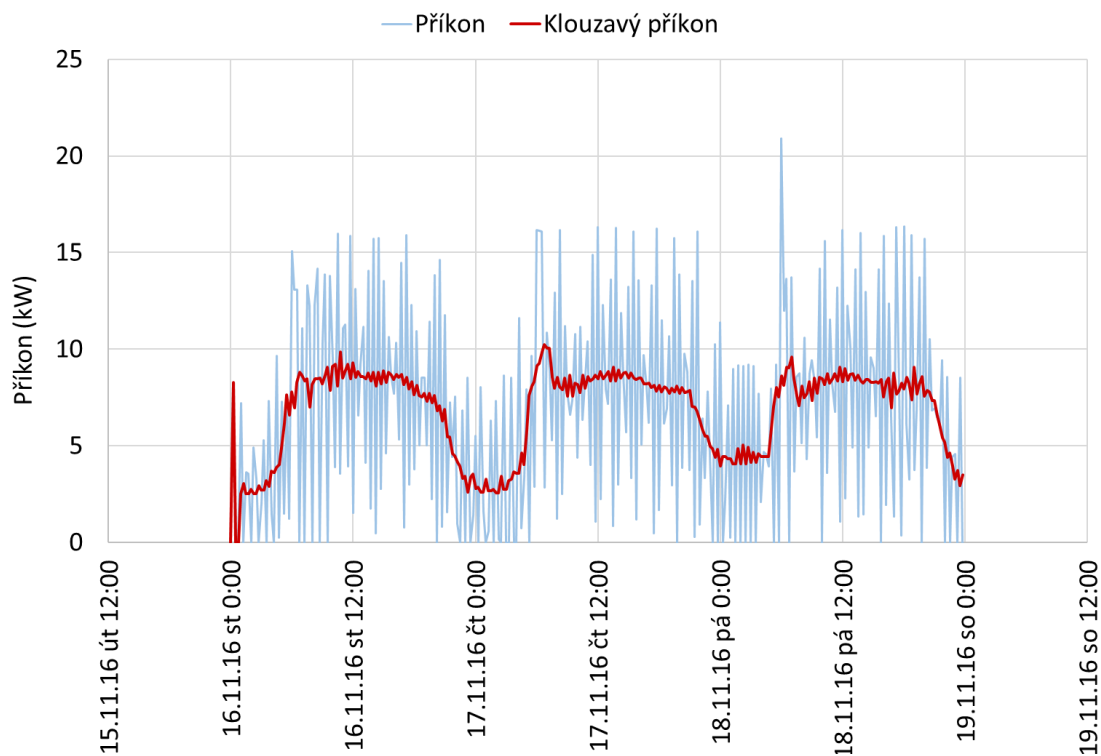
Obr. 5.23 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 14 dní v části letního období (do konce června) roku 2015



Obr. 5.24 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 14 dní mimo letní období roku 2015



Obr. 5.25 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 3 dny v letním období roku 2016



Obr. 5.26 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 3 dny mimo letní období roku 2016

5.2.4. Závěr budova č. 2

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. Data bohužel nejsou zcela konzistentní a chybějící data tak musela být doplněna odhadem. Zásadní data z letních období jsou však téměř kompletní. V období od listopadu 2014 do konce června 2015 došlo k výraznější změně řízení zdroje chladu. Průměrná naměřená měrná spotřeba elektrické energie zdroje chladu za období 2012–2016 vztažená ke klimatizované podlahové ploše 2 700 m² činí 25,3 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 33,9 kWh/m².

5.3. Budova č. 3

5.3.1. Popis objektu

Jedná se obchodní dům v Liberci, který byl postaven roku 2006. Objekt má 4 nadzemní podlaží, přičemž první nadzemní podlaží je z části zapuštěno pod úroveň terénu. V tomto vstupním podlaží je umístěn hypermarket v ostatních podlažích se nachází 18 nájemních ploch a restaurace. Na střeše části druhého nadzemního podlaží je situováno venkovní parkoviště, další prodejní plochy a asijské bistro.

Hlavní konstrukce budovy je prefabrikovaná skeletová z železobetonu. Obvodový plášť budovy je z velké části tvořen železobetonovými panely a je opatřen vnějším zateplením. Prosklení budovy je minimální. Největší podíl prosklení má jižní fasáda a to přibližně 30 %. Západní fasáda je prosklena s maximálním procentem prosklení 10 %. Dále jsou částečně proskleny (max. 10 %) fasády směrem k parkovišti. Kromě oken v třetím nadzemním podlaží orientovaných na jih, kde jsou trvale instalovány stínící lamely, nejsou okna nijak stíněna. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 15 níže.

Vzhledem k tomu, že se jedná o obchodní dům a počet návštěvníků je značně proměnlivý, počet osob v objektu nebylo možné zjistit. Objekt je v provozu každodenně přibližně od 7:00 do 21:00.

Tab. 15 Základní údaje o budově č. 3

Lokace	Liberec
Účel	Obchodní dům (obchodní plochy, restaurace, administrativní prostory)
Zastavěná plocha	8 046 m ²
Celková podlahová plocha	9 194 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	7 815 m ²
Ostatní podlahové plochy	1 379 m ²
Obsazenost objektu	proměnlivá
Provoz	Každý den 7:00 – 21:00
Procento prosklení jižní fasády	30 %
Procento prosklení západní fasády a fasád směrem k parkovišti	10 %
Stínící prvky	Stínící lamely – okna 3. NP orientace na jih

5.3.2. Popis klimatizačního systému

V prostorech obchodního domu je instalován vícezónový vzduchový systém, který zajišťuje jednak přívod upraveného čerstvého vzduchu a odvod odpadního vzduchu jednak vytápění a odvod tepelné zátěže jednotlivých prostor. Vzduchový klimatizační systém je rozdělen na tři zóny. Jedná se o obchodní plochy, restaurace, administrativní prostory. Chladicí médium (voda) je přiváděna ke vzduchotechnickým jednotkám od sběrače umístěném ve strojovně chlazení ve čtvrtém nadzemním podlaží. Do každé strojovny vzduchotechniky je chladicí voda přiváděna samostatnou větví. V systému je instalována akumulární nádoba o objemu 2 000 litrů. Teplotní rozdíl chladicí vody je 7/12 °C.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jako zdroj chladu pro tento objekt slouží chladicí jednotka TRANE RTAC 200 SE LN o chladicím výkonu 701 kW. Příkon jednotky je 295 kW. Jako chladivo je použito R404A. Zdroj chladu je regulován dle vnitřní teploty v objektu, přičemž chlazení je v objektu v provozu, pokud je venkovní teplota větší než 20 °C.

Mimo hlavní zdroj chladu je v objektu instalováno chlazení potravin v hypermarketu.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno na střeše objektu dvojicí suchých chladičů.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení se nevyužívá.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

Ve strojovně chlazení je instalována dvojice čerpadel chladicího okruhu SIEMENS o elektrickém příkonu 15 kW.

Akumulace chladu

V systému chlazení je instalována akumuláční nádrž chladu Reflex o objemu 2 m³.

Tab. 16 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 3

Typ systému	Vzduchový vícezónový	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
TRANE RTAC 200 SE LN	701	295
Odvod kondenzačního tepla	Suché chladiče	
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Čerpadla chladicího okruhu – 2 ks	SIEMENS	15
Akumulace chladu	Akumulační nádrž Reflex – objem 2 m ³	

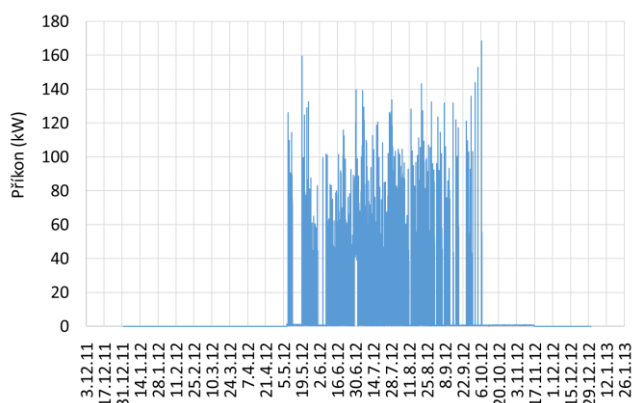
5.3.3. Měření dat

V objektu je měřena spotřeba elektrické energie chladicího stroje TRANE RTAC 200 SE LN. Chladicí jednotka má jeden přívod. Měření bylo instalováno 7.5.2012. Měření elektrické energie je pomocí MTP (typ MBS 600/5A, kl. 0,5, 10VA). Data z optického LED výstupu (40 000 Imp./kWh) třífázového elektroměru (typ STATIC ENERGY METER KWZ-3PH-I5, 3x230/400V, 5(6)A, vyr. č. 0108970) jsou zaznamenávána do dataloggeru pomocí optosnímače a následně jsou dálkově přenášena pomocí GSM brány. Přepočítání vstupní veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 333,333 impulsů ($40\,000/(600/5) = 333,333$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

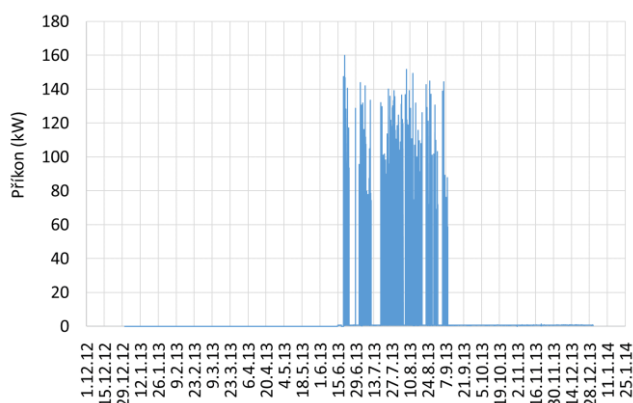
Naměřená data

Měřeními byla získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Data bohužel nejsou zcela konzistentní a detailní data spotřeby mnohdy zcela chybí. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, které zobrazují průběh aktuálních příkonů zdroje chladu v jednotlivých letech.

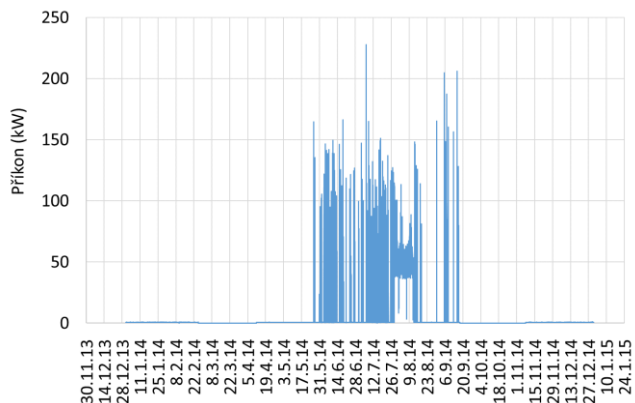
Jak je z grafů patrné v první polovině roku 2013 a 2016 zcela chybí naměřená data. V ostatních letech nejsou výpadky v měření tolik výrazné. Z grafů je zřejmé, že k chlazení objektu dochází pouze v letním období, přibližně od května zpravidla do září, výjimečně do října. V průběhu letního období je průběh příkonu víceméně vyrovnaný. Příkon v tomto období dosahuje typicky hodnot kolem 120 kW. Z Obr. 5.30, který zachycuje průběh příkonu v klimaticky extrémním roce 2015 je evidentní, že příkon zdroje chladu se pohybuje výrazně výše. Nejvyšší hodnoty příkonu za sledované období bylo dosaženo 6.7.2014 v 13:30 a to hodnoty 228 kW. Mimo letní období je příkon zdroje chladu pouze režijní a nepřesahuje hodnotu 1 kW.



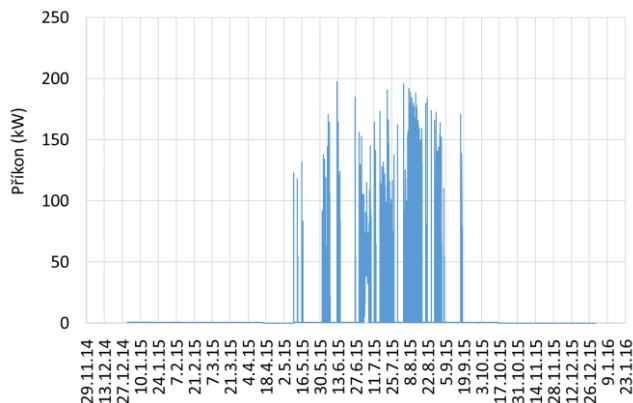
Obr. 5.27 Příkon zdroje chladu za rok 2012



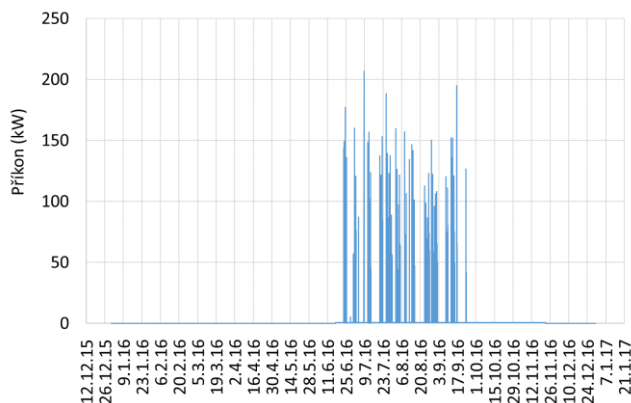
Obr. 5.28 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.29 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.30 Příkon zdroje chladu za rok 2015



Obr. 5.31 Příkon zdroje chladu za rok 2016

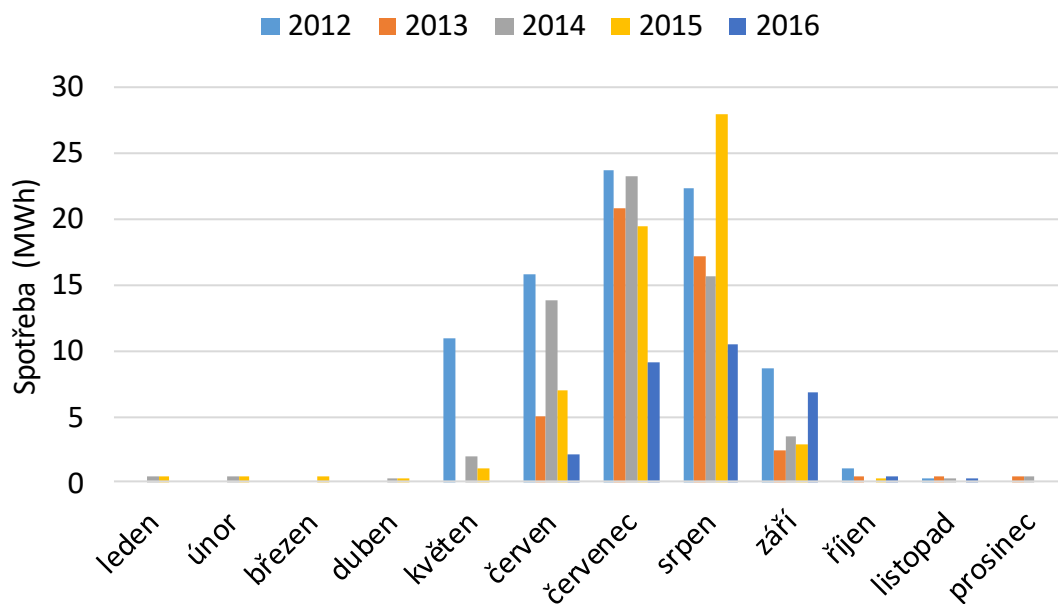
Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.32 níže. Graf na obrázku lze hodnotit pouze v kontextu počtu dní, během kterých byla spotřeba v daném měsíci skutečně měřena. Tyto údaje zobrazují tabulky níže. V červenci a srpnu jsou data ze všech let kompletní a můžeme tak říci, že v červenci je kromě roku 2016 spotřeba velmi vyrovnaná. V srpnu jsou patrné větší výkyvy ve spotřebě elektrické energie s tím, že v srpnu roku 2015 bylo dosaženo absolutní maximum naměřené spotřeby za sledované období. Hodnota spotřeby v tomto měsíci činila 27 917 kWh.

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kdy jsou tato data k dispozici. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.32 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.3

Tab. 17 Výsledky měření budovy č. 3 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	502
2	2012	0	0,00%	0	0	425
3	2012	0	0,00%	0	0	487
4	2012	0	0,00%	0	0	500
5	2012	10 942	13,27%	25	159	11 500
6	2012	15 699	19,04%	30	140	15 699
7	2012	23 597	28,62%	31	139	23 597
8	2012	22 238	26,97%	31	143	22 238
9	2012	8 601	10,43%	30	136	8 601
10	2012	1 108	1,34%	31	168	1 108
11	2012	260	0,32%	16	1	488
12	2012	0	0,00%	0	0	502
celkem		82 444		194	168	85 647
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					7 815	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					10,5	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m²]					11,0	

Tab. 18 Výsledky měření budovy č. 3 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	0	0	502
2	2013	0	0,00%	0	0	425
3	2013	0	0,00%	0	0	487
4	2013	0	0,00%	0	0	500
5	2013	0	0,00%	0	0	2 000
6	2013	4 970	10,63%	17	160	7 000
7	2013	20 758	44,40%	31	144	20 758
8	2013	17 138	36,66%	31	152	17 138
9	2013	2 401	5,14%	30	144	2 401
10	2013	493	1,06%	31	1	493
11	2013	485	1,04%	30	1	485
12	2013	508	1,09%	31	1	508
celkem		46 754		201	160	52 698
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					7 815	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					6,0	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m²]					6,7	

Tab. 19 Výsledky měření budovy č. 3 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	511	0,85%	31	1	511
2	2014	407	0,68%	25	1	425
3	2014	0	0,00%	0	0	511
4	2014	306	0,51%	20	1	500
5	2014	1 898	3,17%	31	165	1 898
6	2014	13 750	22,98%	30	166	13 750
7	2014	23 130	38,65%	31	228	23 130
8	2014	15 554	25,99%	31	165	15 554
9	2014	3 422	5,72%	17	206	3 740
10	2014	0	0,00%	0	0	500
11	2014	366	0,61%	23	1	450
12	2014	496	0,83%	31	1	496
celkem		59 841		270	228	61 467
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					7 815	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					7,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					7,9	

Tab. 20 Výsledky měření budovy č. 3 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	493	0,82%	31	1	493
2	2015	443	0,74%	28	1	443
3	2015	487	0,81%	31	1	487
4	2015	230	0,38%	15	1	500
5	2015	1 078	1,79%	23	132	2 500
6	2015	6 913	11,50%	30	198	6 913
7	2015	19 381	32,24%	31	191	19 381
8	2015	27 917	46,44%	31	196	27 917
9	2015	2 936	4,88%	30	171	2 936
10	2015	234	0,39%	15	1	500
11	2015	0	0,00%	0	0	474
12	2015	0	0,00%	0	0	502
celkem		60 113		265	198	63 047
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					7 815	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					7,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					8,1	

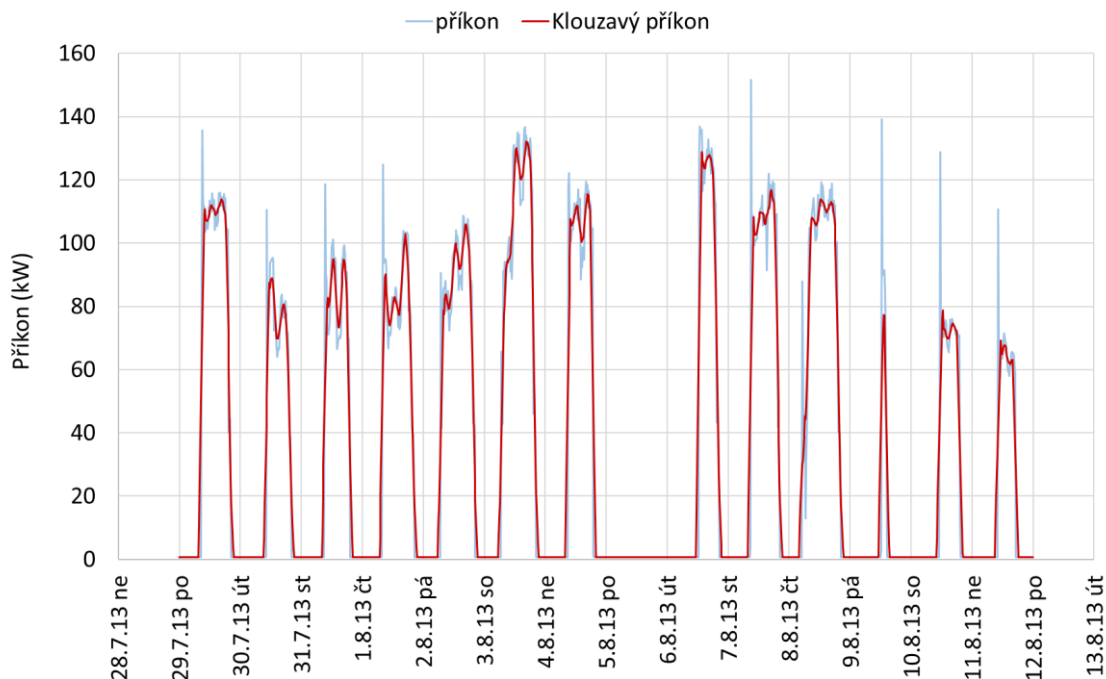
Tab. 21 Výsledky měření budovy č. 3 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	493	0,82%	31	1	493
2	2015	443	0,74%	28	1	443
3	2015	487	0,81%	31	1	487
4	2015	230	0,38%	15	1	500
5	2015	1 078	1,79%	23	132	2 500
6	2015	6 913	11,50%	30	198	6 913
7	2015	19 381	32,24%	31	191	19 381
8	2015	27 917	46,44%	31	196	27 917
9	2015	2 936	4,88%	30	171	2 936
10	2015	234	0,39%	15	1	500
11	2015	0	0,00%	0	0	474
12	2015	0	0,00%	0	0	502
celkem		60 113		265	198	63 047
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					7 815	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					7,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					8,1	

Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Tento objekt je obchodní dům, jeho obsazenost je tedy značně proměnlivá, což lze vysledovat i z průběhů příkonu zdroje chladu na obrázcích níže. Z grafů na obrázcích je patrné spínání zdroje, nárůst příkonu během dne a jeho útlum ve večerních nebo odpoledních hodinách. Zdroj spíná obvykle kolem sedmé hodiny ráno, není však výjimkou sepnutí zdroje před pátou hodinou ráno ani sepnutí až po 10 hodině ráno. Po sepnutí zdroje dochází

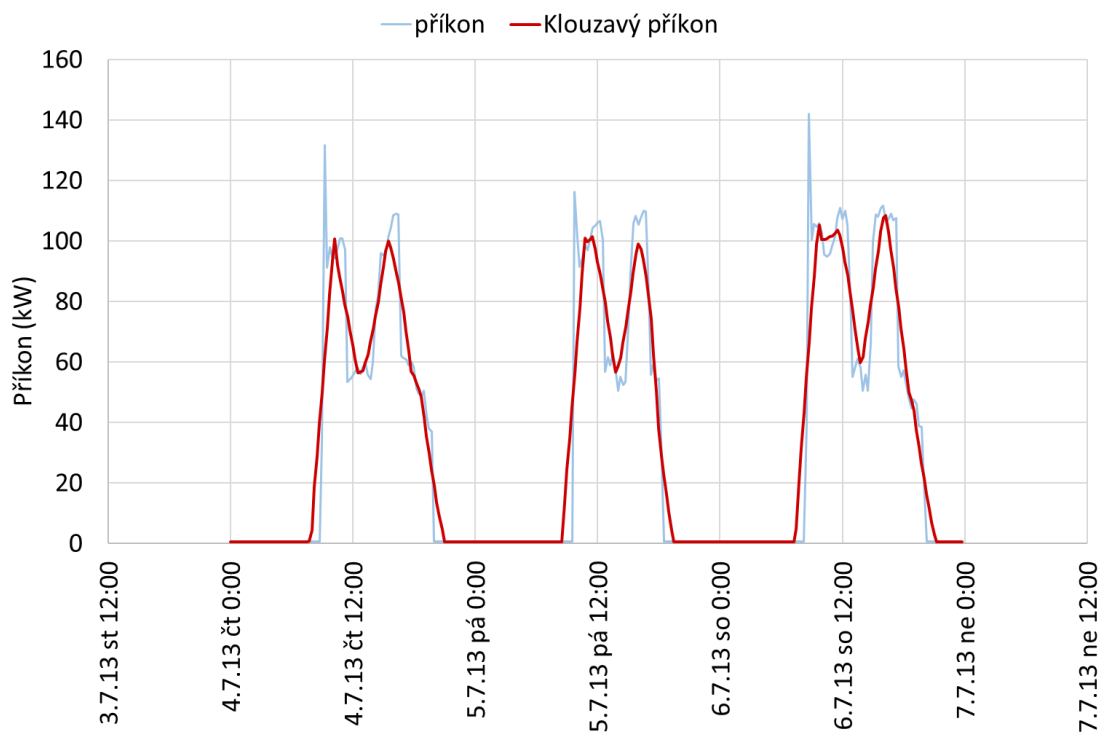
k výraznému nárůstu příkonu a jeho následnému poklesu (mnohdy na polovinu) na hodnotu, kolem které se příkon pohybuje až do útlumu. K útlumu příkonu zdroje chladu dochází zpravidla kolem 22:00, ale opět je poměrně běžné, když k němu dojde již v odpoledních hodinách. Během nočního útlumu je zdroj chladu zcela vypnut a jeho příkon je nulový. Pravidelný víkendový útlum zdroje není z průběhů příkonů patrný, mnohdy však dojde k útlumu i na několik dní během týdne. Na Obr. 5.35, který zachycuje průběh příkonu během hlavní chladicí sezóny a lze hovořit o extrémních hodnotách příkonu, je vidět pokles příkonu kolem 13:00 a jeho opětovný nárůst po 14:00.



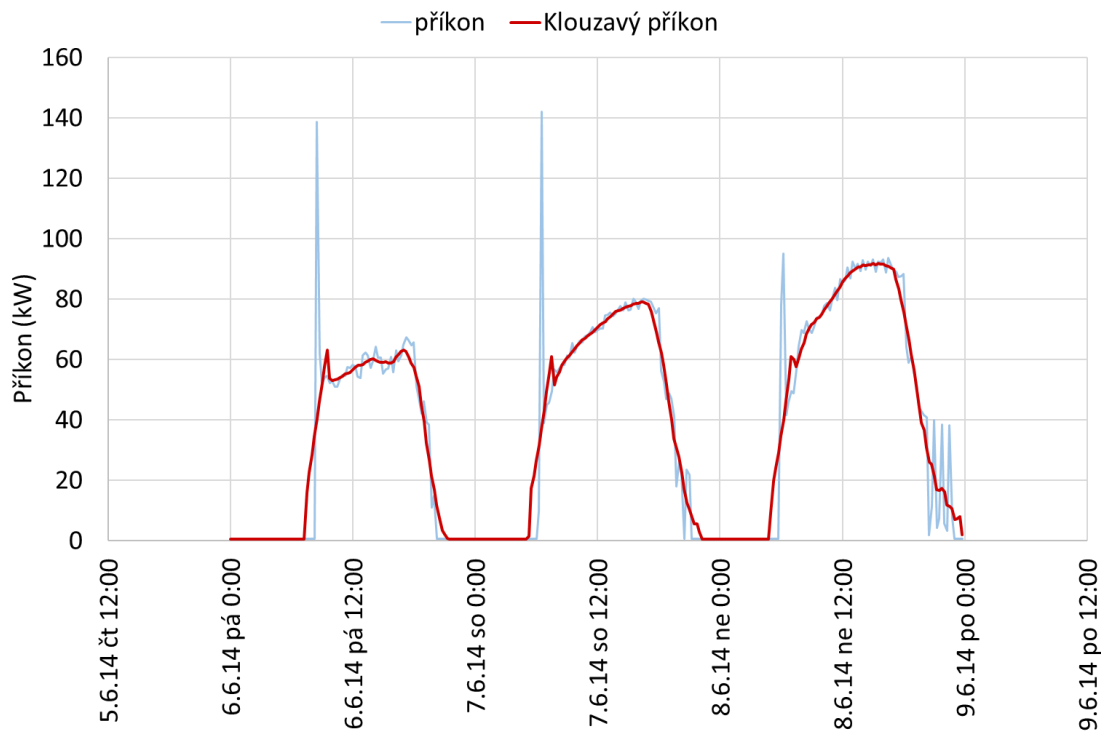
Obr. 5.33 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v srpnu roku 2013



Obr. 5.34 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v září roku 2015



Obr. 5.35 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v červenci roku 2013



Obr. 5.36 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v červnu roku 2014

5.3.4. Závěr budova č. 3

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. Data bohužel nejsou zcela konzistentní a chybějící data tak musela být doplněna odhadem. Zásadní data z letních období jsou však téměř kompletní. To je patrné i z celkových odhadem doplněných ročních spotřeb zdroje chladu, které se zpravidla od hodnot naměřených výrazně neliší. Výjimkou je rok 2016, kdy značná část naměřených dat chybí. Průměrná naměřená spotřeba elektrické energie zdroje chladu za období 2012–2016 vztažená ke klimatizované podlahové ploše 7 815 m² činí 7,1 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 8 kWh/m².

5.4. Budova č. 4

5.4.1. Popis objektu

Tento objekt se nachází v Praze 5 v městské části Zličín a byl postaven v roce 2005. Jedná se o administrativní budovu o pěti nadzemních a dvou podzemních podlažích. První čtyři nadzemní podlaží objektu jsou využity pro kanceláře a obchodní prostory. Suterén budovy slouží jako parkoviště, sklady a archivy. Páté nadzemní podlaží je určeno pro technické zázemí budovy. Je v něm situována kotelna a strojovny chlazení a vzduchotechniky. V objektu jsou celkem tři atria.

Vnitřní atrium prochází napříč budovou a dvě atria, která jsou otevřená do exteriéru, procházejí druhým až čtvrtým nadzemním podlažím.

Hlavní konstrukci budovy tvoří skeletový konstrukční systém z železobetonových sloupů. Obvodový plášť budovy je tvořen lehkým obvodovým pláštěm s prosklenými a neprůhlednými parapetními panely a panely nadpraží.

Jako prosklení u všech fasád jsou použita pásová okna a procento prosklení fasád činí 53 %. Vnitřní stínící prvky nejsou v objektu instalovány. Pro stínění oken na všech fasádách je použito horizontálních žaluzií s úhlem stínění přibližně 45° a vnějších vodorovných markýz. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 22.

Tab. 22 Základní údaje o budově č. 4

Lokace	Praha 5 - Zličín
Účel	Administrativní budova
Orientace podélné osy budovy	Severozápad – jihovýchod
Zastavěná plocha	4 000 m ²
Celková podlahová plocha	16 000 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	6 500 m ²
Ostatní podlahové plochy	9 500 m ²
Procento prosklení fasád	53 %
Stínící prvky	Vnější horizontální žaluzie, vodorovné markýzy

5.4.2. Popis klimatizačního systému

V budově je instalován vícezónový vzduchotechnický systém pro větrání, vytápění a chlazení jednotlivých prostor objektu v kombinaci s ventilátorovými konvektory pro odvod tepelných zisků a eliminaci tepelných ztrát kanceláří. Celou budovu je možné rozdělit do šesti zón. Větrání, vytápění a chlazení prvních 4 zón (kanceláře severovýchod, jihovýchod, jihozápad, severozápad) zajišťují čtyři sestavné vzduchotechnické jednotky s proměnným průtokem vzduchu, umístěné ve strojovnách na střeše objektu. Každá jednotka je určena pro jednu zónu. Všechny jednotky jsou vybaveny rotačními regeneračními výměníky s přenosem vlhkosti a s proměnnými otáčkami pro zpětné získávání tepla. Vzduch je v jednotkách upravován na konstantní teplotu odpovídající návrhovým teplotám vnitřních prostor a izotermicky přiváděn stropními anemostaty do prostor kanceláří. Znehodnocený vzduch je odváděn pomocí mřížek v podhledu do prostoru nad ním a následně je odsáván do vertikální stoupačky. Větrání kanceláří je mírně přetlakové, přebytek větracího vzduchu je odváděn přes hygienická zařízení. V každém patře je na přívodních a odtahových větvích osazen regulátor průtoku pro nastavení potřebného množství vzduchu. Další dvě zóny jsou atrium a kantýna. Klimatizaci vstupního atria zajišťuje samostatná vzduchotechnická

jednotka umístěná ve strojovně na střeše objektu. Vzduch z jednotky je přiváděn do prostor atria pomocí otočných trysek umístěných v horizontálním potrubí pod lávkami, které spojují jednotlivá podlaží. Odpadní vzduch je odsáván pod stropem. Jak již bylo uvedeno pro odvod tepelné zátěže a eliminaci tepelných ztrát jsou v prostorech kanceláří instalovány ventilátorové konvektory v čtyřtrubkovém zapojení. Ventilátorové konvektory jsou umístěné v podhledech a pracují pouze s cirkulačním vzduchem. Celkem je v objektu 6 vzduchotechnických jednotek. Další instalované jednotky (ventilátory) slouží zpravidla pouze pro odvod vzduchu.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jako zdroj chladu pro vzduchotechnické jednotky a ventilátorové konvektory slouží dvojice chladicích jednotek TRANE RTHD C2 - D5 - E4 v kombinaci s dvěma uzavřenými odpařovacími chladiči kapaliny firmy EVAPCO. Zdroje chladu o výkonu 2 x 886 kW a příkonu každého zdroje 157,2 kW jsou umístěny ve strojovně chladu na střeše objektu.

Mimo hlavní zdroj chladu je v objektu instalována chladicí jednotka TRANE, typ ERAUL sloužící pro chlazení kantýny. Kondenzátor této jednotky je chlazen vzduchem.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno na střeše objektu pomocí dvojice uzavřených chladicích věží o chladicím výkonu 2 x 1 046 kW. V zimním období je okruhu chladicí kapaliny využito pro volné chlazení chladicí vody pro ventilátorové konvektory v deskových výměnících.

Akumulace chladu

V systému chlazení je instalována akumuláční nádrž chladu o objemu 4 m³.

Tab. 23 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 4

Typ systému	Vodní s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
2 x TRANE RTHD C2 - D5 - E4	886	175,2
Σ	1 772	314,4
Odvod kondenzačního tepla – chladicí věže		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
2 x Uzavřená chladicí věž EVAPCO	1 046	?
Σ	2 092	-
Akumulace chladu	Akumulační nádrž – objem 4 m ³	

5.4.3. Měření dat

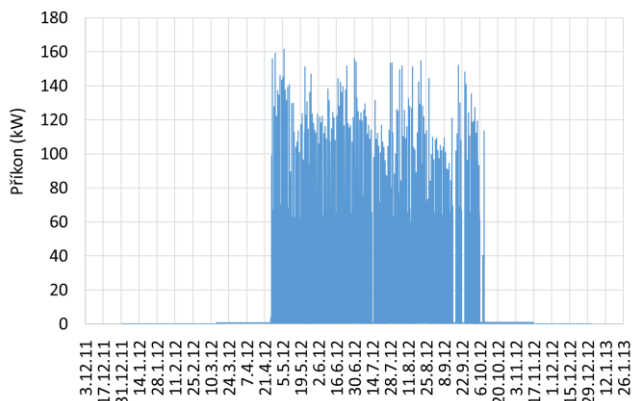
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie 2 chladicích strojů TRANE RTHD C2 - D5 - E4. Měření bylo instalováno 14.3.2012 a stav číselníku elektroměru označeného PJ03, který měří spotřebu chladicího stroje označeného BCHJ1, byl 2 782,59. Stav číselníku elektroměru označeného PJ02 zdroje chladu BCHJ2 byl 1 702,29. Spotřeba elektrické energie chladicích strojů je měřena pomocí MTP 400/5A a pomocí elektroměrů označených PJ03 a PJ02. Elektroměr PJ03 je třífázový elektroměr typ E4610 Cl.1, 3x230/400V, 5A, výstup LED RL = 10 000 imp/kWh, výstup RA = 1 000 imp/kWh, výrobní č. 638310. Elektroměr PJ03 je identický a jeho výrobní číslo je 638304. Data z optických LED výstupů elektroměrů jsou zaznamenávána pomocí optosnímačů do dataloggerů a dálkově přenášena pomocí GSM brány. Datalogger s výrobním číslem 11933821 je pro chladicí stroj BCHJ1 a datalogger s výrobním č. 11933822 je určen pro chladicí stroj BCHJ2. Přepočet vstupní veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 125 impulsů ($40\,000/(400/5) = 125$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

Naměřená data

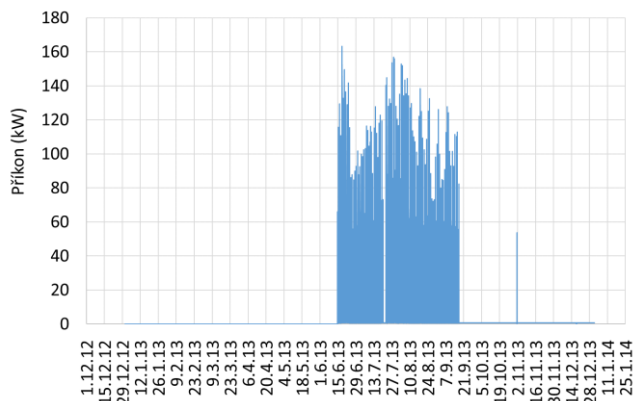
Měření byla získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Data bohužel nejsou zcela konzistentní a detailní data spotřeby mnohdy zcela chybí. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. V tomto objektu jsou měřeny dva zdroje chladu a naměřené hodnoty spotřeby se zaznamenávají pro každý zdroj do samostatného dataloggeru. Výsledná data spotřeby jsou tak náchylnější k výpadkům v měření. To se projevilo především v roce 2015, pro který nejsou k dispozici kompletní data spotřeby z obou zdrojů chladu. Tento problém se částečně týká i roku 2014 a 2016. Ve zmíněných tabulkách jsou počty naměřených dní dotčených měsíců zvýrazněny červeně. Konkrétně od října 2014 do března 2015 a od listopadu 2015 do ledna 2016 jsou naměřená data pouze ke zdroji BCHJ2. V květnu až červenci jsou data pouze ke zdroji BCHJ1. V srpnu 2015 jsou kompletní data o spotřebách zdroje BCHJ1, ale v případě zdroje BCHJ2 bylo naměřeno pouze 19 dní. V říjnu 2015 jsou naopak kompletní data ke zdroji BCHJ2 a pro zdroj BCHJ1 bylo naměřeno 15 dní.

Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, které zobrazují průběh aktuálních příkonů zdrojů chladu v jednotlivých letech. Vždy se jedná o součet příkonů obou zdrojů. Jak je z grafů patrné, v první polovině roku 2013, 2016 a ve značné části roku 2015 zcela chybí naměřená data. V letech 2012 a 2015 nejsou výpadky v měření tolik výrazné. Vzhledem ke značným výpadkům v naměřených datech lze s obtížemi tvořit závěry, nicméně z dat, která jsou k dispozici lze usoudit, že v objektu se chladí zhruba od března do října. Mimo tyto měsíce je příkon chladu pouze režijní a zpravidla nepřesahuje hodnotu 1 kW. Průběh příkonu je v průběhu letního období relativně

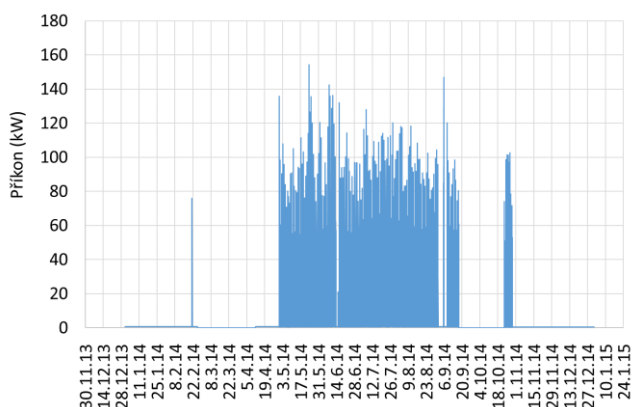
vyrovnaný. Typická hodnota příkonu se pohybuje kolem 120 kW, hodnoty příkonu nad 140 kW lze považovat za extrémní. Nejvyšší hodnoty příkonu za sledované období bylo dosaženo 18.6.2013 v 5:30 a to 163 kW.



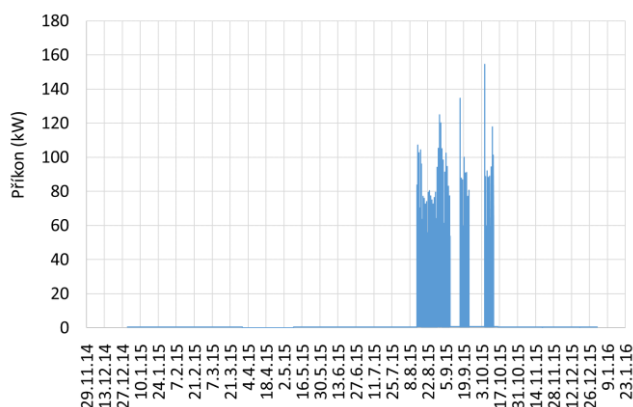
Obr. 5.37 Příkon zdroje chladu za rok 2012



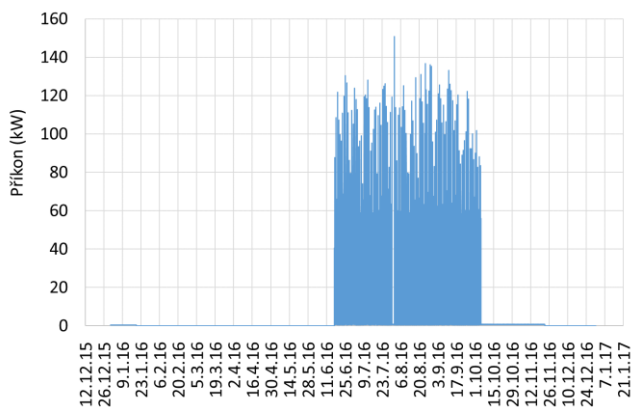
Obr. 5.38 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.39 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.40 Příkon zdroje chladu za rok 2015



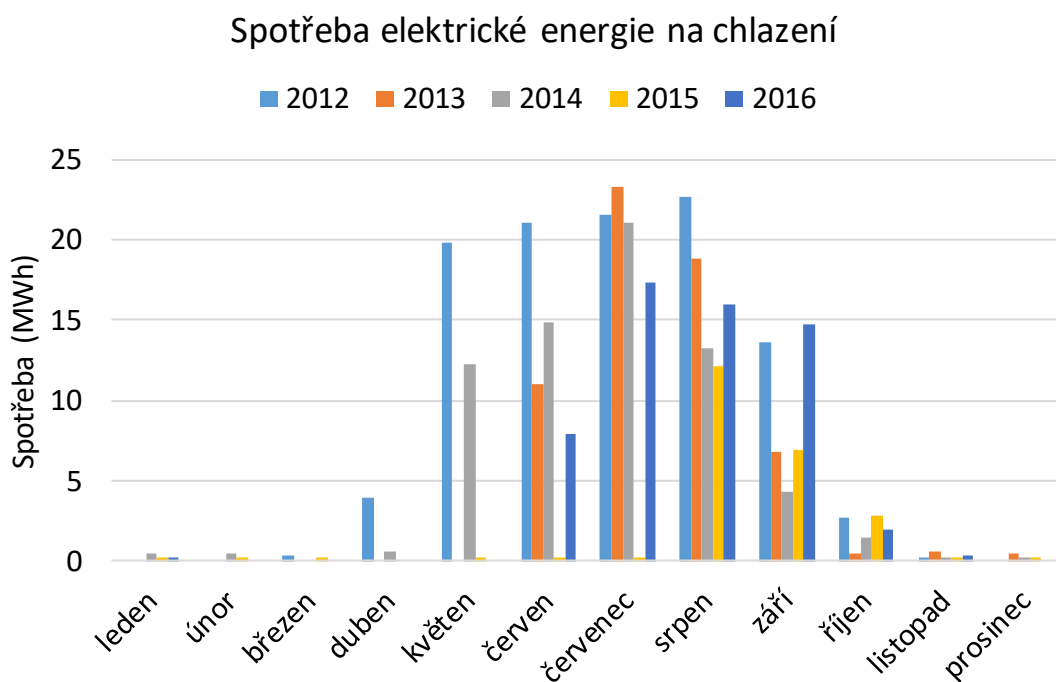
Obr. 5.41 Příkon zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.42 níže. Z grafu na obrázku je zřejmé, že v květnu a červnu 2012 je spotřeba na chlazení výrazně vyšší než v ostatních letech. V těchto měsících jsou však u ostatních let značné mezery v naměřených datech a nelze tak z toho činit objektivní závěry. V červenci je spotřeba napříč roky relativně vyrovnaná. V srpnu jsou patrné výraznější výkyvy spotřeb. Největší spotřeba elektrické energie na chlazení byla dosažena v červenci roku 2013 a činila 23 286 kWh.

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kdy jsou tato data k dispozici. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.



Obr. 5.42 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.4

Tab. 24 Výsledky měření budovy č. 4 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0,0	500
2	2012	0	0,00%	0	0,0	500
3	2012	290	0,27%	18	0,8	500
4	2012	3 896	3,68%	30	159,2	3 896
5	2012	19 761	18,68%	31	161,6	19 761
6	2012	21 106	19,95%	30	155,9	21 106
7	2012	21 579	20,40%	31	154,0	21 579
8	2012	22 630	21,39%	31	154,8	22 630
9	2012	13 561	12,82%	30	152,0	13 561
10	2012	2 690	2,54%	31	127,2	2 690
11	2012	262	0,25%	16	0,8	500
12	2012	0	0,00%	0	0,0	512
celkem		105 777		248	162	107 737
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					6 500	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					16,3	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					16,6	

Tab. 25 Výsledky měření budovy č. 4 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	0	0,0	500
2	2013	0	0,00%	0	0,0	500
3	2013	0	0,00%	0	0,0	500
4	2013	0	0,00%	0	0,0	3 500
5	2013	0	0,00%	0	0,0	16 003
6	2013	10 957	17,87%	17	163,2	17 992
7	2013	23 286	37,97%	31	156,7	23 286
8	2013	18 793	30,64%	31	152,7	18 793
9	2013	6 733	10,98%	30	127,6	6 733
10	2013	521	0,85%	31	0,8	521
11	2013	530	0,86%	30	53,7	530
12	2013	512	0,84%	31	0,7	512
celkem		61 332		201	163	89 370
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					6 500	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					9,4	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					13,7	

Tab. 26 Výsledky měření budovy č. 4 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	508	0,73%	31	0,7	508
2	2014	457	0,66%	25	75,9	457
3	2014	0	0,00%	0	0,0	500
4	2014	637	0,92%	20	135,9	3 500
5	2014	12 244	17,65%	31	154,2	12 244
6	2014	14 878	21,45%	30	142,5	14 878
7	2014	21 093	30,41%	31	127,9	21 093
8	2014	13 196	19,03%	31	118,3	13 196
9	2014	4 332	6,25%	17	146,8	10 473
10	2014	1 501	2,16%	9	102,6	1 713
11	2014	250	0,36%	30	0,4	500
12	2014	258	0,37%	31	0,4	500
celkem		69 355		286	154	79 563
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					6 500	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					10,7	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					12,2	

Tab. 27 Výsledky měření budovy č. 4 v roce 2015

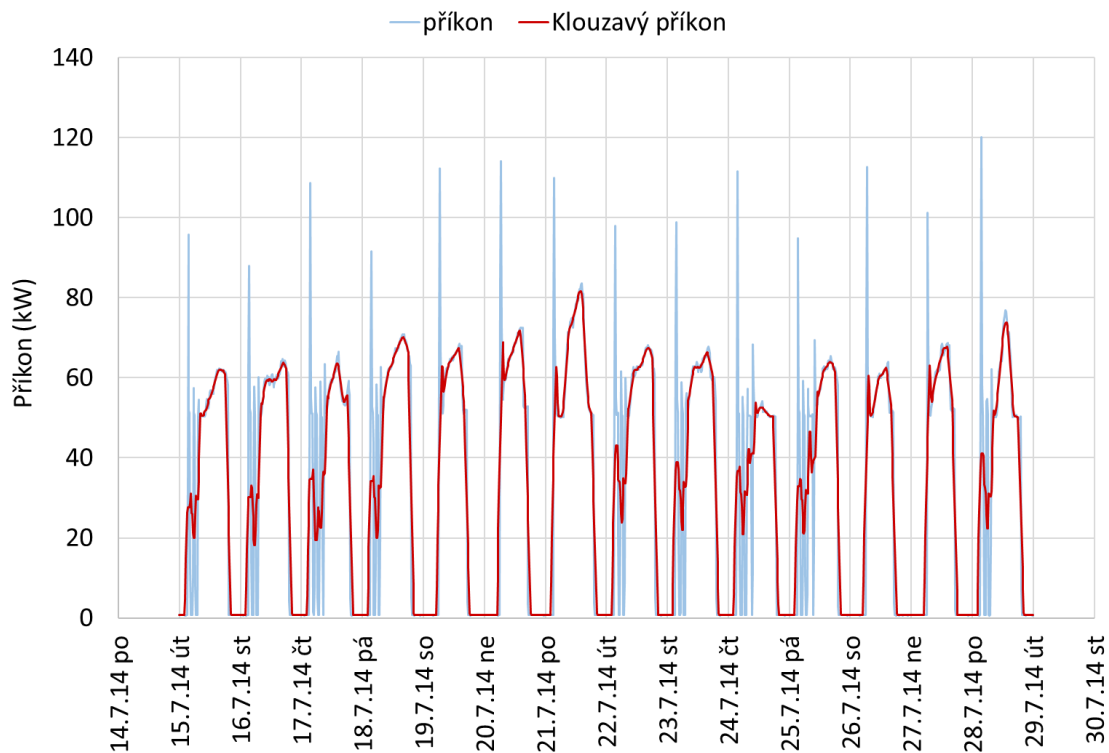
Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	258	1,09%	31	0,4	500
2	2015	233	0,98%	28	0,4	500
3	2015	245	1,03%	30	0,4	500
4	2015	0	0,00%	0	0,0	3 500
5	2015	190	0,80%	23	0,4	16 003
6	2015	254	1,07%	30	0,4	17 992
7	2015	261	1,10%	31	0,4	20 822
8	2015	12 104	51,07%	31	125,0	17 651
9	2015	6 854	28,92%	30	134,6	6 854
10	2015	2 791	11,78%	15	154,3	3 500
11	2015	250	1,06%	30	0,4	500
12	2015	260	1,10%	31	0,4	500
celkem		23 700		310	154	88 822
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					6 500	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					3,6	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					13,7	

Tab. 28 Výsledky měření budovy č. 4 v roce 2016

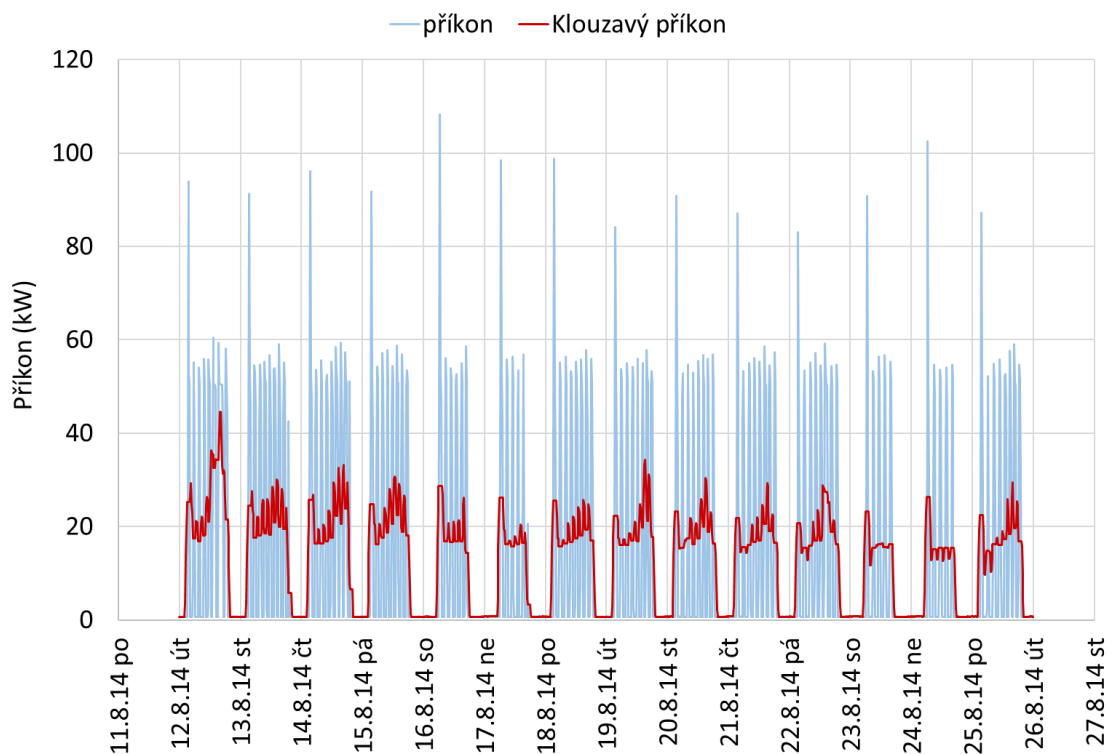
Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	154	0,26%	19	0,4	500
2	2016	0	0,00%	0	0,0	500
3	2016	0	0,00%	0	0,0	500
4	2016	0	0,00%	0	0,0	3 500
5	2016	0	0,00%	0	0,0	16 003
6	2016	7 848	13,45%	14	130,3	17 992
7	2016	17 328	29,70%	31	128,0	17 328
8	2016	15 986	27,40%	31	150,8	15 986
9	2016	14 745	25,27%	30	133,2	14 745
10	2016	1 928	3,30%	31	101,8	1 928
11	2016	363	0,62%	22	0,8	500
12	2016	0	0,00%	0	0,0	500
celkem		58 352		0	151	89 982
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					6 500	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					9,0	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					13,8	

Příkon zdroje chladu

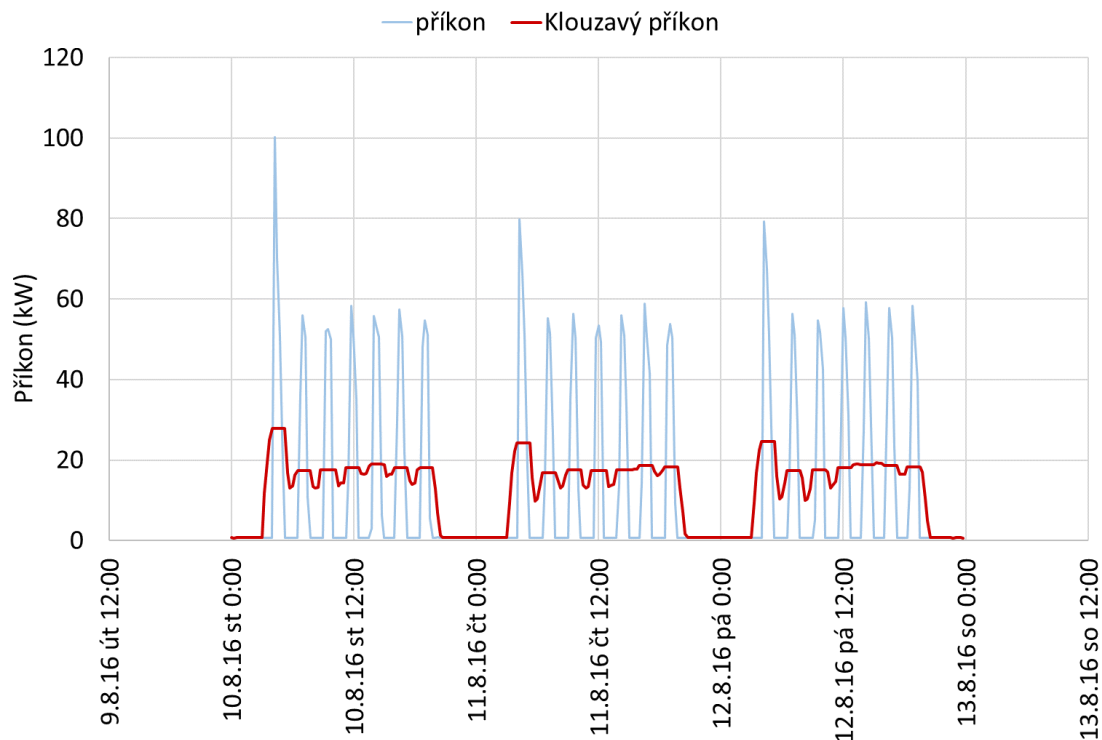
Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Z grafů je patrné pravidelné spínání zdroje v brzkých ranních hodinách a jeho noční útlum. O víkendu není průběh příkonu zdroje chladu odlišný od pracovního týdne. Z obrázků je zřejmé, že pokud příkon dosahuje hodnot nad 60 kW, výkon zdroje chladu je řízen plynule. Pokud se však příkon pohybuje výrazněji pod touto hodnotou, zdroj cykluje. Na Obr. 5.46 je vidět střídání chladicích strojů.



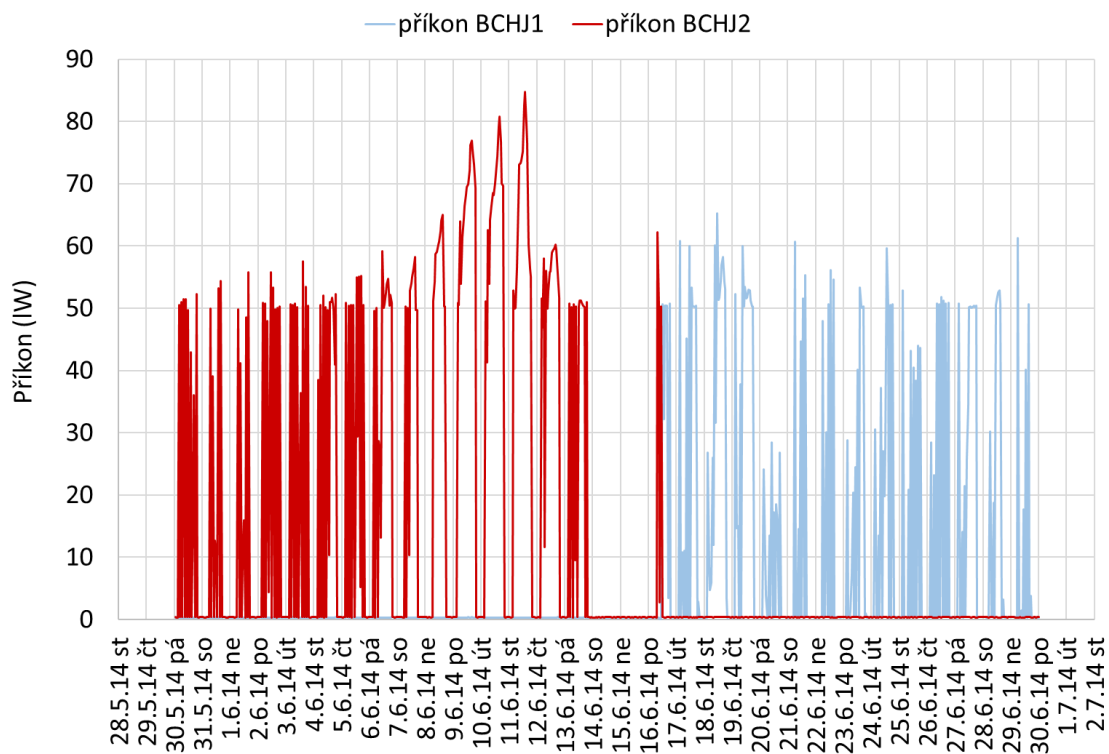
Obr. 5.43 Typický průběh příkonu zdroje chladu s příkony nad 60 kW pro období 14 dní v roce 2014



Obr. 5.44 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro příkony do 60 kW pro období 14 dní v roce 2014



Obr. 5.45 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro příkony do 60 kW pro období 3 dny v roce 2016



Obr. 5.46 Střídání chladicích strojů

5.4.4. Závěr budova č. 4

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. V datech jsou bohužel značné výpadky a chybějící data tak musela být doplněna odhadem. Absence značné části dat znemožňuje dělat velké závěry. Průměrná roční spotřeba za měřené období vztažená ke klimatizované podlahové ploše 6 500 m² činí 9,8 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 14 kWh/m².

5.5. Budova č. 5

5.5.1. Popis objektu

Objekt se nachází v Praze v Nuslích. Jedná se o administrativní budovu o osmi nadzemních a jednom podzemním podlaží, postavenou v roce 2008. Nadzemní podlaží budovy jsou využita jako kancelářské prostory, přičemž v přízemí budovy se mimo vstupních prostor nachází restaurace. Většina podzemního podlaží slouží jako parkoviště. V objektu se nachází jedno atrium.

Hlavní konstrukci budovy tvoří monolitický skelet z železobetonu. Obvodový plášť budovy je tvořen zateplenými železobetonovými stěnami.

Jako prosklení u všech fasád jsou použita pásová okna z hliníkových profilů s tepelně izolačním dvojsklem. Procento prosklení západní fasády je přibližně 43 %, jižní fasády cca 80 % a východní fasáda je prosklena s procentem prosklení cca 50 %. Na západní a východní fasádě jsou okna stíněna venkovními žaluziemi. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 29.

Objekt je v provozu PO-PÁ přibližně od 7:00 do 18:00.

Tab. 29 Základní údaje o budově č. 5

Lokace	Praha Nusle
Účel	Administrativní budova
Zastavěná plocha	950 m ²
Celková podlahová plocha	5 950 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	4 756 m ²
Ostatní podlahové plochy	1 194 m ²
Provoz	PO-PÁ 7:00 – 18:00
Procento prosklení západní fasády	43 %
Procento prosklení jižní fasády	80 %
Procento prosklení východní fasády	50 %
Stínící prvky	Vnější žaluzie – pouze okna V a Z fasády

5.5.2. Popis klimatizačního systému

Pro klimatizaci objektu slouží kombinovaný systém voda/vzduch s chladicími trácemi, které slouží pro přívod čerstvého upraveného vzduchu a odvod tepelné zátěže z prostor kanceláří a umožňují individuální regulaci. Klimatizaci ostatních prostor zajišťuje vzduchotechnika. Objekt lze rozdělit do tří hlavních zón. První zóna zahrnuje kanceláře, restauraci a konferenční centrum druhá zóna je atrium a třetí zóna garáže. Vzduchotechnická jednotka pro první zónu (kanceláře, restaurace, konferenční centrum) je umístěna ve strojovně vzduchotechniky. Vzduchotechnická jednotka pro větrání atria je umístěna v prostoru garáží, jednotka pro větrání garáží se nachází v prostoru suterénu budovy.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Zdrojem chladu pro tuto budovu je vodou chlazená jednotka Daikin EWWD650DJYN se dvěma kompresory. Chladicí výkon tohoto zdroje chladu je 485 kW a jeho příkon činí 178 kW. Zdroj chladu je umístěn ve strojovně chladu v přízemí objektu.

Dále se v objektu nachází další klimatizace pro UPS, servery atd. Restaurace je vybavena samostatným chlazením.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno prostřednictvím dvojice suchých chladičů LU-VE SAL8S 2232 A 6VENT (2x3) o chladicím výkonu jednoho chladiče 332 kW.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení se nevyužívá.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

Ve strojovně chlazení je instalován deskový výměník o výkonu 250 kW pro provoz free-coolingového chlazení.

Celkový elektrický příkon čerpadel chladicího okruhu je 12,55 kW.

Akumulace chladu

V systému chlazení je instalována akumulární nádrž chladu o objemu 4,6 m³.

Tab. 30 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 5

Typ systému	Kombinovaný voda/vzduch s indukčními jednotkami + vzduchotechnika	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
Daikin EWWD650DJYN	485	178
Odvod kondenzačního tepla – suché chladiče		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
LU-VE SAL8S 2232 A 6VENT (2x3)	332	?
LU-VE SAL8S 2232 A 6VENT (2x3)	332	?
Σ	664	-
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Čerpadla chladicího okruhu	-	12,55
Akumulace chladu	Akumulační nádrž – objem 4,6 m ³	

5.5.3. Měření dat

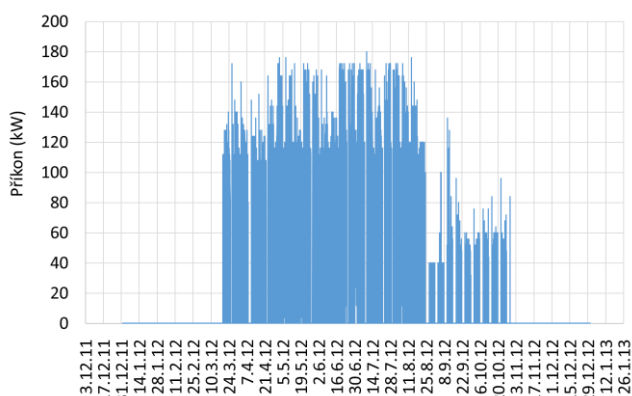
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie chladicího stroje Daikin EWWD650DJYN vyrobeného v roce 2008. Měření bylo instalováno 1.3. 2012 v 11:30 hodin. Spotřeba elektrické energie chladicího stroje je měřena na jedné fázi pomocí MTP 500/5A a elektroměru typ Maneler 9911D s výrobním číslem 071815 (převod nastaven $3 \cdot 500/5 = 1500/5$). Konstanta elektroměru byla upravena a elektroměr ukazuje celkovou spotřebu v kWh. Data z výstupu elektroměru jsou zaznamenávána do dataloggeru (typ S7021) s výrobním číslem 11933819. Přepočítání vstupní veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 40 impulsů ($12\ 000/3/(500/5) = 40$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

Naměřená data

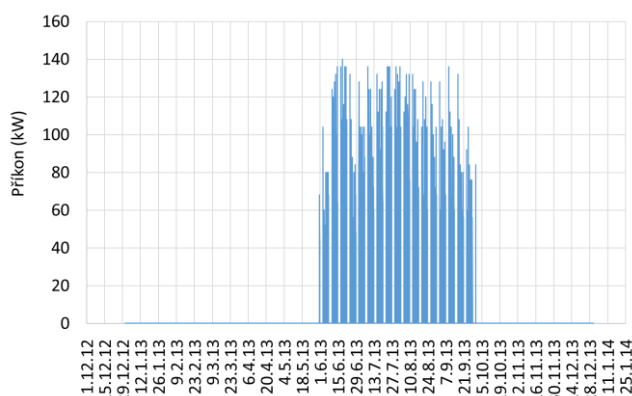
Měření bylo získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Jak je patrné z grafů na obrázcích níže, značná část detailních dat o spotřebě zdroje chladu chybí. K velkému výpadku v měření došlo v období duben 2015 až červen 2016, kdy data o spotřebách zcela chybí. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Červeně jsou zvýrazněny počty dní, kdy nejsou k dispozici detailní 15minutová data v průběhu celého měsíce, ale celková hodnota spotřeby v tomto měsíci odpovídá uvedenému počtu dní. Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže znázorňujících průběh aktuálních příkonů zdroje chladu v jednotlivých letech.

Na Obr. 5.47 znázorňujícím průběh příkonu zdroje chladu v roce 2012 je vidět ke konci srpna evidentní skok v průběhu příkonu. Od tohoto skoku jsou v grafu pro rok 2012, ale i v následujících letech 2013 a 2014, vidět výrazné víkendové útlumy. Od tohoto skoku také poklesl příkon zdroje z hodnot dosahujících téměř 180 kW na hodnoty pohybující se v letech 2013 a 2014 do 140 kW. K výraznému poklesu dosahovaného příkonu pak došlo v roce 2016, kde je opět evidentní změna v průběhu příkonu zdroje chladu. Podle informací z objektu, bylo zjištěno, že v průběhu roku 2012 došlo k personálním změnám, kdy nastoupil nový technik a došlo k přenastavení určitých parametrů regulace a změnám v přístupu k řízení zdroje chladu. Změna v průběhu příkonu tak pravděpodobně odpovídá tomuto zásahu. Dále bylo zjištěno, že během roku 2016 došlo k zadírání jednoho kompresoru chladicího stroje, načež musel být kompresor zcela odstaven. Po zbytek roku byl objekt chlazen za provozu pouze jednoho kompresoru.

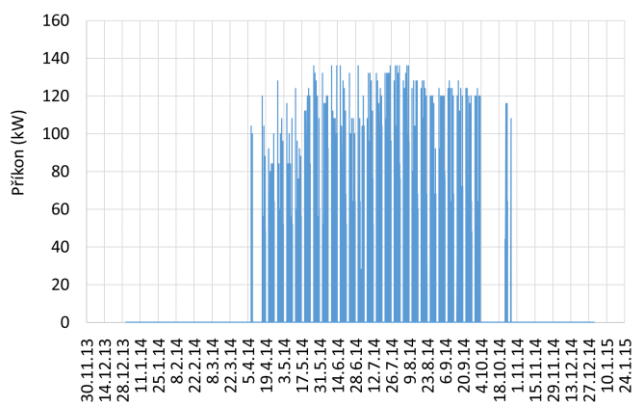
Z dat, která jsou k dispozici lze vyvodit, že k chlazení objektu dochází od března nebo dubna do září případně do října. Mimo toto období je zdroj pravděpodobně zcela odstaven, neboť jeho příkon je nulový. Maximální hodnota příkonu byla naměřena 9.7.2012 ve 14:00 a činila 180 kW.



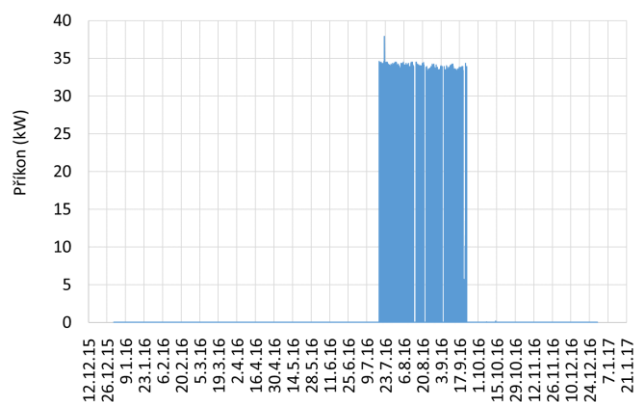
Obr. 5.47 Příkon zdroje chladu za rok 2012



Obr. 5.48 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.49 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.50 Příkon zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.51 níže. Z obrázku je patrné, že spotřeba elektrické energie zdroje chladu v roce 2012 zhruba trojnásobně převyšuje hodnoty dosažené v následujících letech. Vzhledem k tomu, že rok 2012 nebyl klimaticky nijak extrémní a dle informací z objektu nedošlo k žádným změnám v systému chlazení, nabízí se výrazný pokles ve spotřebě přisoudit změně technika objektu a zásahům do řízení zdroje chladu a celého systému klimatizace. V roce 2015 došlo k výraznému výpadku měření, celková hodnota spotřeby tak byla částečně dopočítána a částečně odhadnuta na základě hodnot spotřeby z odečtu elektroměru a spotřeby naměřené v ostatních letech. Stav elektroměru jsou uvedeny v Tab. 31.

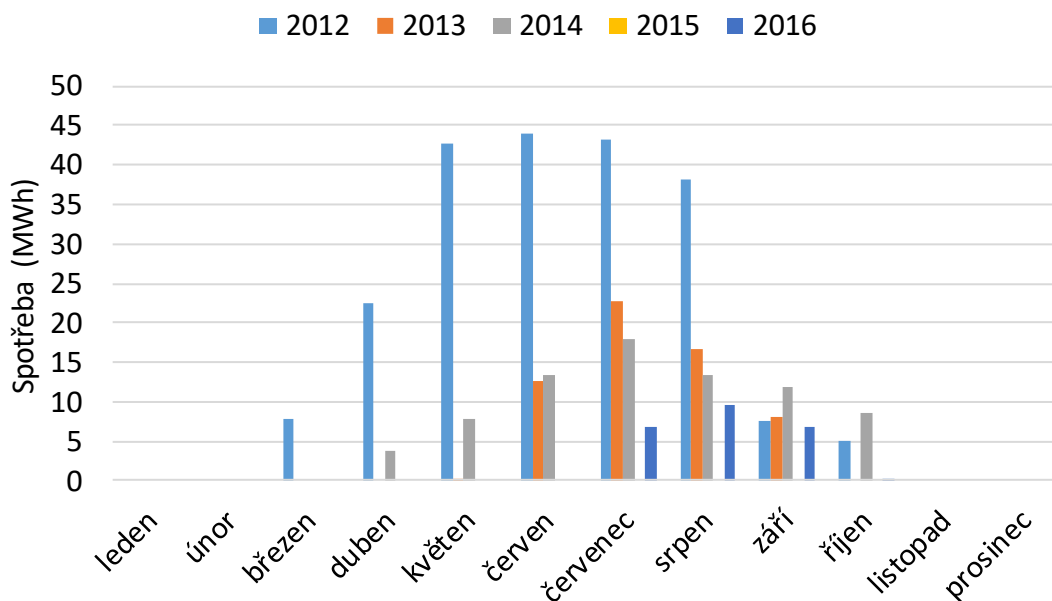
Tab. 31 Odečty elektroměru zdroje chladu budovy č.5

Datum	Stav číselníku elektroměru (kWh)
01.03.2012 11:30	0
20.06.2013 9:15	231 454
22.12.2016 0:00	471 508

Nejvyšší spotřeba zdroje chladu za sledované období byla naměřena v červnu 2012 a činila 44 090 kWh. Mimo tento rok, kdy spotřeby násobně převyšují spotřeby v ostatních letech, byla nejvyšší měsíční spotřeba naměřena v červenci roku 2013 a činila 22 741 kWh.

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kdy jsou tato data k dispozici. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.51 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.5

Tab. 32 Výsledky měření budovy č. 5 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	0
2	2012	0	0,00%	0	0	0
3	2012	7 767	3,68%	31	172	7 767
4	2012	22 415	10,62%	30	164	22 415
5	2012	42 770	20,26%	31	176	42 770
6	2012	44 090	20,88%	30	172	44 090
7	2012	43 137	20,43%	31	180	43 137
8	2012	38 283	18,13%	31	176	38 283
9	2012	7 530	3,57%	30	136	7 530
10	2012	5 133	2,43%	31	96	5 133
11	2012	0	0,00%	6	0	0
12	2012	0	0,00%	0	0	0
celkem		211 125		251	180	211 125
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					4 756	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					44,4	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					44,4	

Tab. 33 Výsledky měření budovy č. 5 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	0	0	0
2	2013	0	0,00%	0	0	0
3	2013	0	0,00%	0	0	0
4	2013	0	0,00%	0	0	4 309
5	2013	258	0,43%	1	68	8 619
6	2013	12 588	20,85%	30	140	12 588
7	2013	22 741	37,67%	31	136	22 741
8	2013	16 593	27,49%	31	136	16 593
9	2013	8 188	13,56%	30	136	8 188
10	2013	0	0,00%	31	0	0
11	2013	0	0,00%	6	0	0
12	2013	0	0,00%	0	0	0
celkem		60 368		160	140	73 038
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					4 756	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					12,7	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					15,4	

Tab. 34 Výsledky měření budovy č. 5 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2014	0	0,00%	7	0	0
2	2014	0	0,00%	28	0	0
3	2014	0	0,00%	31	0	0
4	2014	3 759	4,89%	30	128	3 759
5	2014	7 868	10,24%	31	136	7 868
6	2014	13 287	17,29%	30	136	13 287
7	2014	18 009	23,43%	31	136	18 009
8	2014	13 283	17,28%	31	136	13 283
9	2014	11 999	15,61%	30	128	11 999
10	2014	8 649	11,25%	31	124	8 649
11	2014	0	0,00%	30	0	0
12	2014	0	0,00%	31	0	0
celkem		76 854		341	136	76 854
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					4 756	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					16,2	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m²]					16,2	

Tab. 35 Výsledky měření budovy č. 5 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2015	0		31	0	
2	2015	0		28	0	
3	2015	0		30	0	
4	2015	0		0	0	
5	2015	0		0	0	
6	2015	0		0	0	
7	2015	0		0	0	
8	2015	0		0	0	
9	2015	0		0	0	
10	2015	0		0	0	
11	2015	0		0	0	
12	2015	0		0	0	
celkem		0		89	0	64 801
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					4 756	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					0,0	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m²]					13,6	

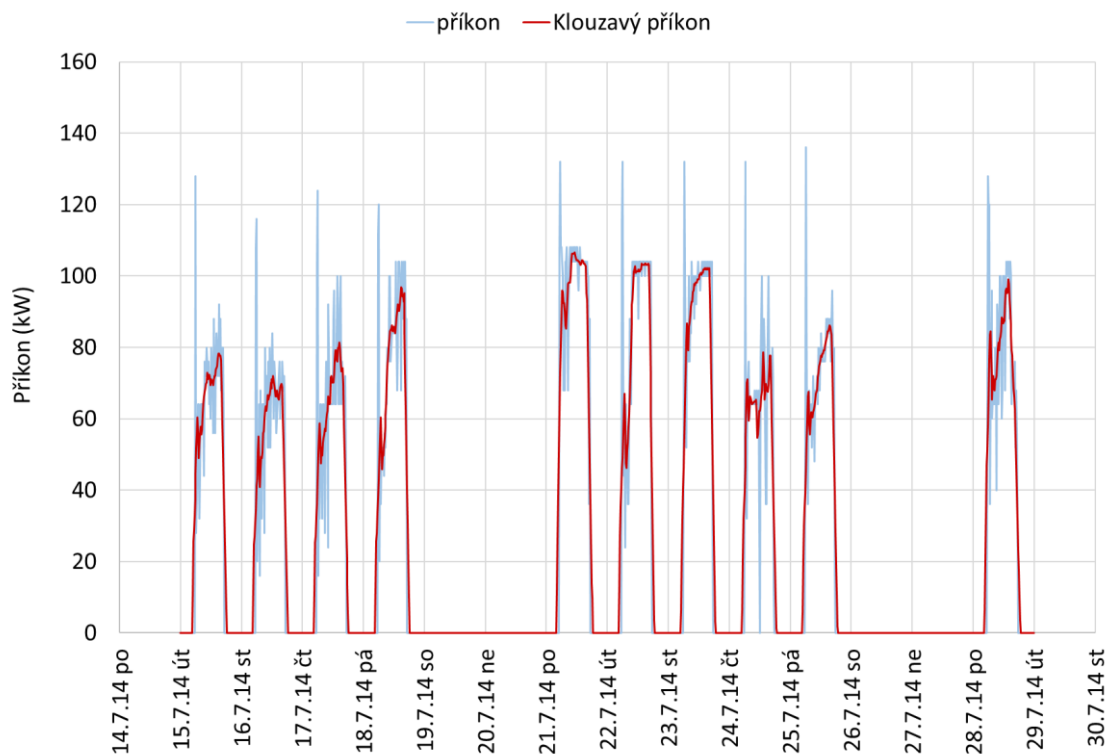
Tab. 36 Výsledky měření budovy č. 5 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0	0
2	2016	0	0,00%	0	0	0
3	2016	0	0,00%	0	0	0
4	2016	0	0,00%	0	0	2 000
5	2016	0	0,00%	0	0	5 879
6	2016	0	0,00%	0	0	8 399
7	2016	6 903	29,62%	16	38	13 123
8	2016	9 649	41,40%	31	35	9 649
9	2016	6 753	28,98%	30	34	6 753
10	2016	0	0,00%	31	0	0
11	2016	0	0,00%	30	0	0
12	2016	0	0,00%	22	0	0
celkem		23 305		160	38	45 803
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					4 756	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					4,9	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m²]					9,6	

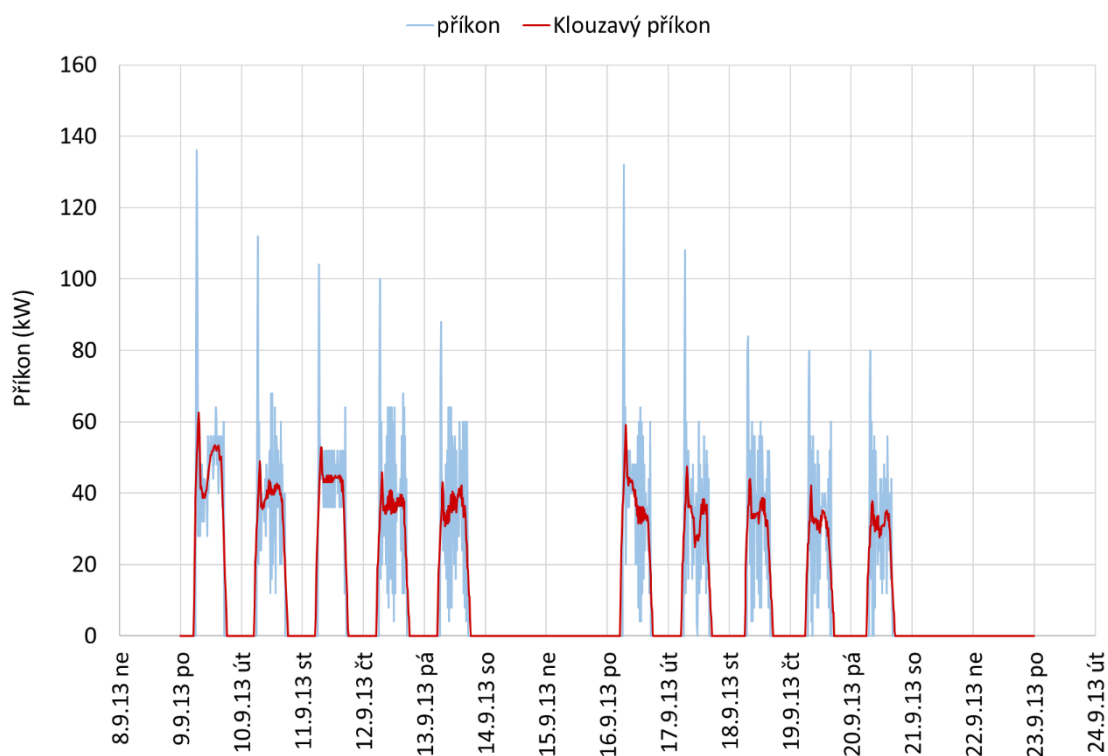
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Z grafů na obrázcích je patrné pravidelné ranní spínání zdroje v pevně nastavených časech, které se mírně liší v průběhu jednotlivých let. Zpravidla ale zdroj spíná mezi pátou a šestou hodinou ranní. Po sepnutí zdroj najede cca na 70 % svého nominálního výkonu a poté poklesne na hodnotu, kolem které se pohybuje až do útlumu. K útlumu zdroje dochází opět v pevně nastavených časech a to kolem 17:00. Na Obr. 5.52 jsou dále dobře

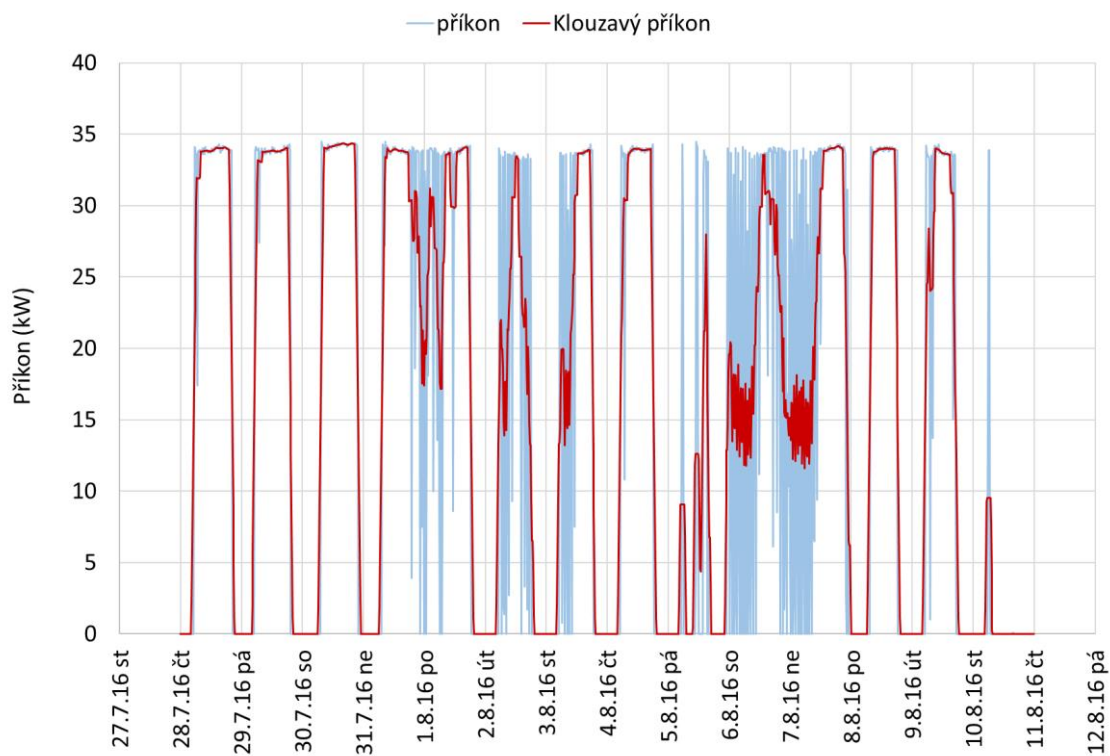
viditelné víkendové útlumy zdroje. Na Obr. 5.54 je vyobrazen průběh příkonu zdroje chladu v nouzovém provozu, kdy byl v chodu pouze jeden kompresor. Z obrázku je patrné, že aby zdroj chladu byl schopen objekt uchládit, musel být v provozu i o víkendu. Průběh příkonu je značně odlišný od průběhu na Obr. 5.52, kdy byly v provozu oba kompresory chladicího stroje.



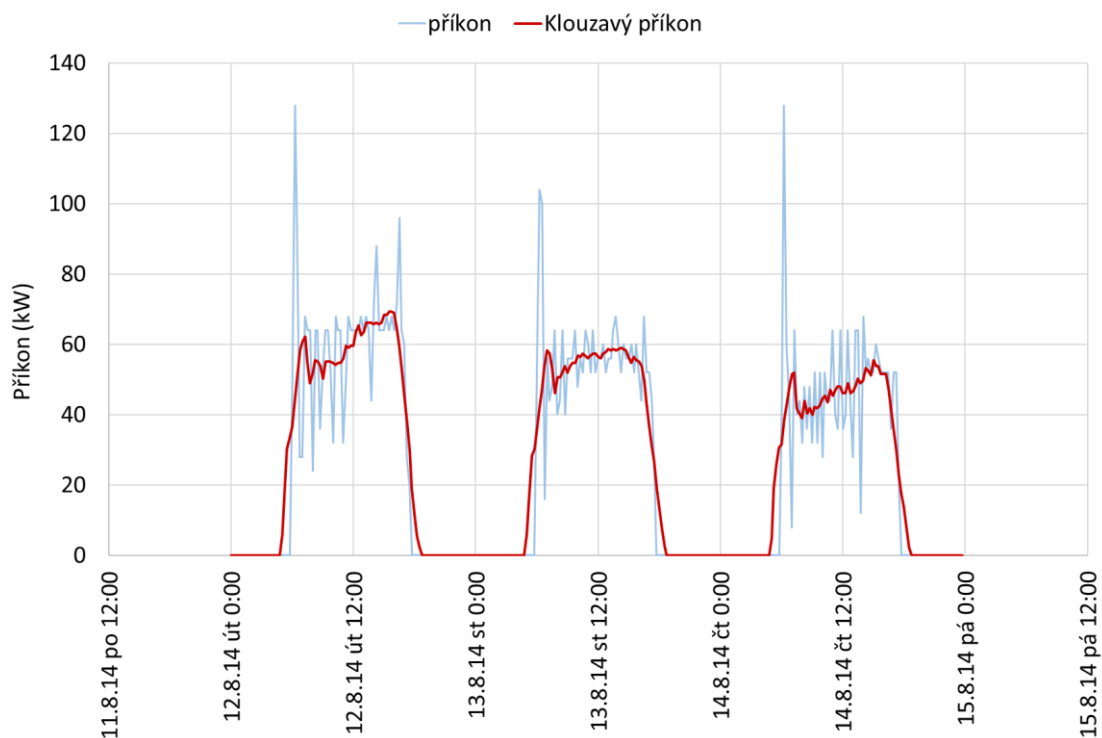
Obr. 5.52 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2014



Obr. 5.53 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2013



Obr. 5.54 Průběh příkonu nouzového provozu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2016



Obr. 5.55 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v roce 2014

5.5.4. Závěr budova č. 5

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. Značná část dat v tomto období bohužel chybí. V průběhu roku 2012 došlo ke změně technika objektu a zásahu do regulace klimatizačního systému a řízení zdroje chladu, důsledkem čehož pravděpodobně došlo k razantnímu poklesu spotřeby elektrické energie zdroje chladu. Data v roce 2016 jsou ovlivněna, neboť došlo k odstávce jednoho kompresoru chladicího stroje a ten tak pracoval pouze s jedním kompresorem. Průměrná spotřeba za roky 2012, 2013, 2014 a 2016 vztažená ke klimatizované podlahové ploše 4 756 m² činí 19,5 kWh/m². Při vynechání abnormálního roku 2012, průměrná měrná roční spotřeba činí 11,3 kWh/m². Tato hodnota je však vychýlena kvůli nízké spotřebě v roce 2016, kdy byl chladicí stroj v nouzovém režimu. Směrodatnější údaj lze získat vynecháním i tohoto roku. Průměrná měrná roční spotřeba poté činí 14,4 kWh/m². Ještě relevantnější hodnoty průměrné měrné roční spotřeby vychází z odhadem doplněných spotřeb elektrické energie. Tyto hodnoty činí 19,8 kWh/m² pro všechny roky, 13,7 kWh/m² při vynechání abnormálního roku 2012 a 15 kWh/m² při vynechání roku 2012 a roku 2016 s nouzovým provozem. Hodnotu 15 kWh/m² lze považovat ze všech uvedených hodnot za nejměrodatnější.

5.6. Budova č. 6

5.6.1. Popis objektu

Tento objekt se nachází v Praze 5, Smíchov. Jedná se o administrativní budovu o 9 podlažích postavenou v roce 2005. V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní hala, recepce, technické zázemí, security, kanceláře s odpočinkovou místností a sklady. Ve druhém až sedmém nadzemním podlaží jsou situovány kancelářské prostory, ve dvou podzemních podlažích se nacházejí garáže (42 parkovacích stání), kotelna, UPS a strojovna chlazení. Na střeše objektu jsou umístěny strojovny technického zázemí budovy. Jsou to dvě strojovny vzduchotechniky a dieselagregát. Základní dispozice budovy je do tvaru písmene U, se dvěma vertikálními jádry.

Hlavní konstrukci budovy tvoří železobetonový skelet s monolitickými jádry kolem schodišť a výtahů. Obvodový plášť budovy je tvořen zateplenými železobetonovými stěnami. V případě prvních dvou podlaží je fasáda tvořena lehkým obvodovým pláštěm, který je zasklen tepelně izolačními dvojskly. Fasády směrem do ulice mají předsazenou prosklenou fasádu z jednoduchého skla.

Jako prosklení u všech fasád jsou použita pásová okna s tepelně izolačním dvojsklem. Procento prosklení uliční fasády (severní, západní, jižní) činí přibližně 54 %. Dvorní fasády (severní, východní a jižní) jsou proskleny cca z 50 procent. Okna ve třetím až sedmém nadzemním podlaží uliční fasády jsou opatřena stíněním. Okna na západní straně jsou opatřena aktivním stíněním v podobě aktivních

venkovních žaluzií, které pracují na základě intenzity oslunění. Okna severní a jižní uliční fasády jsou opatřeny vnitřními žaluziemi. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 37.

Objekt je v provozu PO-PÁ přibližně od 7:00 do 17:00.

Tab. 37 Základní údaje o budově č. 6

Lokace	Praha Smíchov
Účel	Administrativní budova
Zastavěná plocha	1 250 m ²
Orientace podélné osy budovy	Sever – jih
Celková podlahová plocha	7 500 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	5 200 m ²
Ostatní podlahové plochy	2 500 m ²
Provoz	PO-PÁ 7:00 – 17:00
Procento prosklení uliční fasády (S, Z, J)	54 %
Procento prosklení dvorní fasády (S, V, J)	50 %
Stínící prvky	Západní strana uliční fasády – aktivní venkovní žaluzie
	Severní a jižní strana uliční fasády – vnitřní žaluzie

5.6.2. Popis klimatizačního systému

V budově je instalován vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a vzduchotechnikou pro přívod upraveného čerstvého a odvod znehodnoceného vzduchu.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Zdrojem chladu pro tuto budovu je dvojice vodou chlazených kompresorových chladicích jednotek AERMEC NW 1802 vyrobených v roce 2005. Nominální výkon jedné chladicí jednotky je 410 kW a její nominální příkon činí 160 kW. Zdroje chladu pracují s chladivem R407c. Chladicí stroje jsou umístěny ve strojovně chlazení, která je situována ve druhém podzemním podlaží.

Dále se v objektu nachází samostatná klimatizace pro UPS, servery atd.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno prostřednictvím dvojice suchých chladičů Alfagreen o celkovém chladicím výkonu 1140 kW.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení se nevyužívá.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

Ve strojově chlazení je instalován deskový výměník pro provoz free-coolingového chlazení.

V chladicím okruhu ve strojově chlazení je osazeno 12 zdvojených čerpadel WILO o celkovém výkonu 17,8 kW.

Akumulace chladu

V systému chlazení není instalována akumulární nádrž.

Tab. 38 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 6

Typ systému	Vodní s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
AERMEC NW 1802	410	160
AERMEC NW 1802	410	160
Σ	820	320
Odvod kondenzačního tepla – suché chladiče		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
2 x suchý chladič Alfagreen	1140	?
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Čerpadla chladicího okruhu	WILO	17,8
Akumulace chladu	Není instalováno	

5.6.3. Měření dat

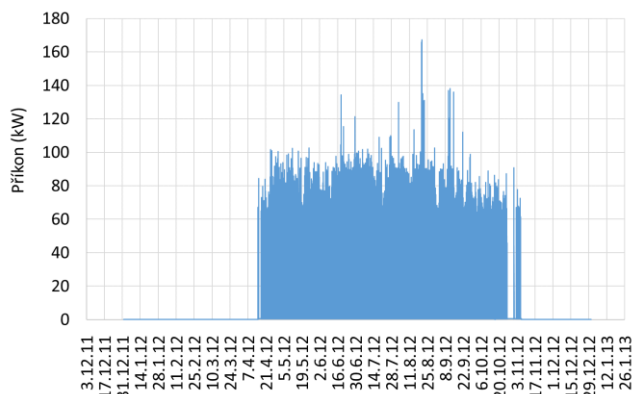
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie dvou chladicích strojů AERMEC NW 1802 vyrobených v roce 2005. Měření bylo instalováno 5. 4. 2012 v 22:30 hodin. Zdroje chladu jsou připojeny na jističové vývody označené NW1802.2 a NW1802.2 na kterých je měřena elektrická energie vždy na jedné fázi pomocí MTP 400/5. Konstanta elektroměru je nastavena tak, že elektroměr typ Maneler 9911D s výrobním číslem 071894 ukazuje součet spotřeby elektrické energie obou jednotek přímo v kWh (převod nastaven $3 \cdot 400/5 = 1200/5$). Data z výstupu elektroměru jsou zaznamenávána do dataloggeru (typ S7021) s výrobním číslem 12930666. Přepočtení vstupní

veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 50 impulsů ($12\,000/3/(400/5) = 50$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

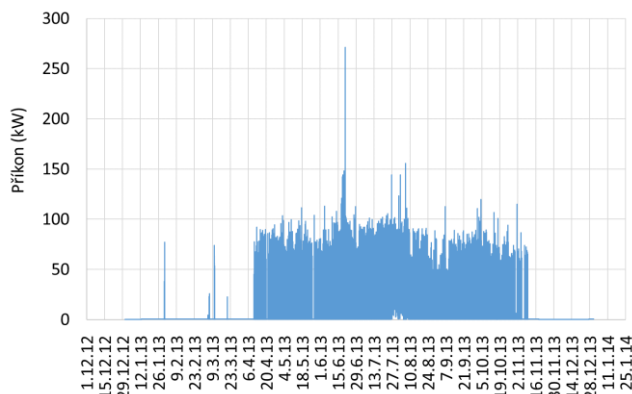
Naměřená data

Měřením byla získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Naměřená data v podobě průběhu aktuálního příkonu zdrojů chladu v jednotlivých letech jsou zobrazena na grafech níže. Jak je z grafů patrné, ve většině roku 2015 a zhruba v první polovině roku 2016 došlo k výraznému výpadku měření. V ostatních letech jsou výpadky v naměřených datech minimální a zásadní letní období je v těchto letech naměřeno téměř kompletně. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v *podkapitole Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Červeně jsou zvýrazněny počty dní, kdy nejsou k dispozici detailní 15minutová data v průběhu celého měsíce, ale uvedená hodnota spotřeby elektrické energie v tomto měsíci odpovídá uvedenému počtu dní.

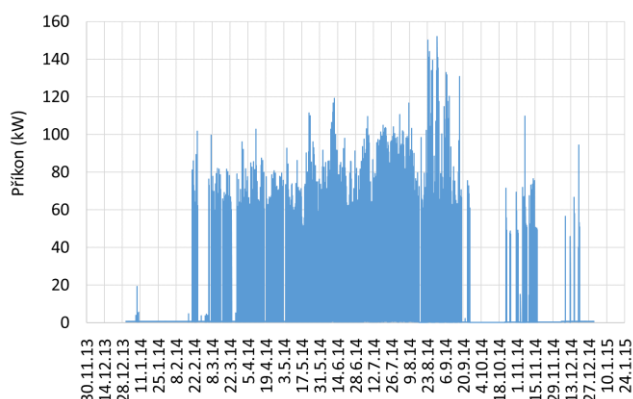
Z naměřených dat vyplývá, že období, ve kterém je zdroj chladu aktivní se v každém roce mírně liší. Pro všechny roky je společné, že k chlazení dochází v období přibližně od dubna do října. V ostatních měsících roku se naměřená spotřeba elektrické energie, respektive příkony zdroje chladu liší v jednotlivých letech. Není však výjimkou, že k chlazení dochází i v březnu a listopadu. Leden, únor a prosinec lze naproti tomu považovat za měsíce, kdy k chlazení dochází pouze ojediněle. Mimo několik extrémních hodnot příkonů dosahovaných zpravidla v letním období je příkon v průběhu roku relativně vyrovnaný a pohybuje se přibližně kolem 80 až 100 kW. Hodnoty příkonu nad 100 kW lze považovat za extrémní. Běžně dosahovaný příkon v roce 2016 je lehce vyšší, než je tomu v ostatních letech a pohybuje se kolem hodnot 90 až 110 kW. Maximální dosažené hodnoty elektrického příkonu zdroje chladu se ve všech letech pohybují kolem 160 kW, což odpovídá nominálnímu příkonu jednoho chladicího stroje a kromě roku 2013 k němu vždy došlo v srpnu. V roce 2013 byla maximální hodnota příkonu naměřena 20. června v 15:45 a činila 271 kW. Tento extrém dobře patrný na Obr. 5.57, zhruba dvojnásobně převyšuje maximální hodnoty příkonu dosažené v ostatních letech.



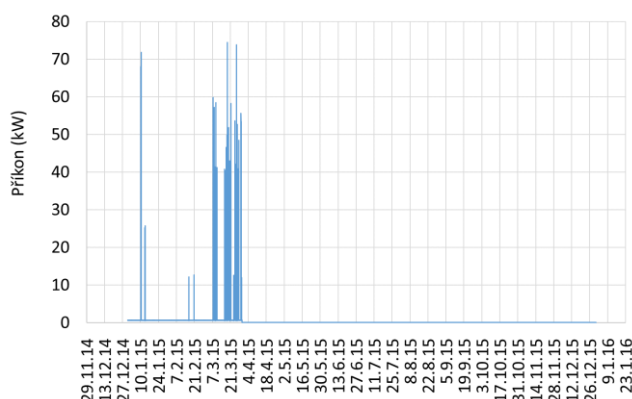
Obr. 5.56 Příklad zdroje chladu za rok 2012



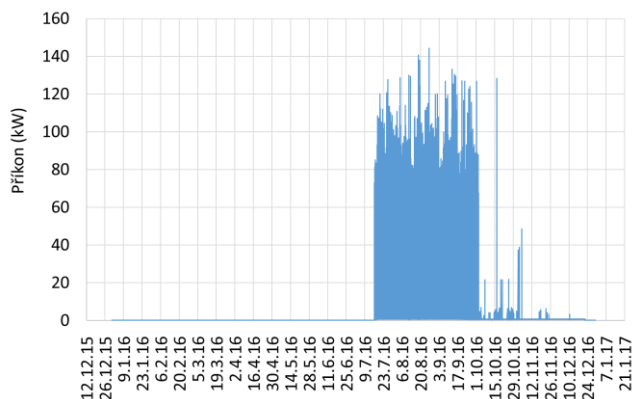
Obr. 5.57 Příklad zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.58 Příklad zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.59 Příklad zdroje chladu za rok 2015



Obr. 5.60 Příklad zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.61 níže. Z obrázku je patrné, že spotřeba elektrické energie chladicích strojů v průběhu roku roste, v červenci a srpnu dosahuje maximálních hodnot a následně opět klesá. V červnu a červenci

je spotřeba v jednotlivých letech relativně vyrovnaná, v srpnu a obzvláště pak na okraji chladicího období se měsíční spotřeby napříč roky významněji liší. Nejvyšší naměřená měsíční spotřeba elektrické energie zdroje chladu byla v srpnu roku 2012 a činila 26 963 kWh.

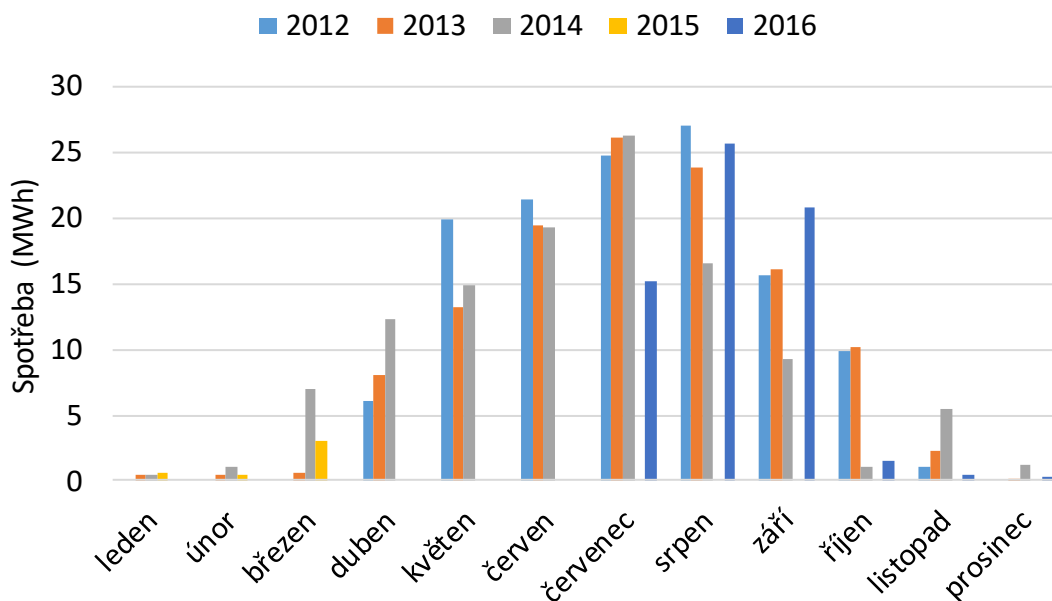
V roce 2015 došlo k výraznému výpadku měření, celková hodnota spotřeby tak byla částečně spočítána a částečně odhadnuta na základě hodnot spotřeby z odečtu elektroměrů a spotřeby naměřené v ostatních letech. Stavby elektroměrů jsou uvedeny v Tab. 39. Konkrétně byla od spotřeby za období 20. 6. 2013 až 22. 12. 2016, která dle odečtu elektroměru činila 477 402 kWh, odečtena spotřeba části roku 2013, celého roku 2014 a roku 2016, jehož měsíční hodnoty spotřeb jsou však z velké části doplněny zprůměrováním naměřených hodnot z ostatních let. Odhadem (průměrováním) doplněné spotřeby v části roku 2016 tak mají podstatný vliv na správnost hodnoty spotřeby elektrické energie zdroje chladu za rok 2015.

Tab. 39 Odečty elektroměru zdroje chladu budovy č. 6

Datum	Stav číselníku elektroměru (kWh)
05.04.2012 22:30	7
20.06.2013 11:00	164 251
22.12.2016 0:00	641 653

Tabulky níže shrnují podstatné výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kde jsou tato data k dispozici. V roce 2014 doplněná spotřeba elektrické energie (zvýrazněna zeleně) odpovídá skutečné spotřebě elektrické energie, neboť jsou z tohoto roku k dispozici údaje o spotřebě z prvního i posledního dne roku a výpadek v odečtu dat v průběhu roku bylo možné díky těmto datům doplnit. Doplněná spotřeba v září a říjnu tohoto roku je tedy pouze odhadem přerozdělená skutečná spotřeba zdroje chladu. Stejným způsobem byla doplněna spotřeba elektrické energie v listopadu a prosinci v roce 2013, neboť jsou k dispozici naměřená data z konce října a začátku ledna roku 2014. Přerozdělení skutečně naměřených hodnot bylo použito také pro listopad 2012 až leden 2013. Vzhledem k tomu, že se ale jedná o přerozdělení naměřené spotřeby napříč roky, nelze celkovou doplněnou spotřebu v roce 2013 považovat za zcela přesnou. Odhadem přerozdělené měsíční spotřeby, jejichž součet odpovídá skutečné naměřené spotřebě za dané období, jsou v tabulkách shrnujících výsledky měření, zvýrazněny fialově. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.61 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č. 6

Tab. 40 Výsledky měření budovy č. 6 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	537
2	2012	0	0,00%	0	0	629
3	2012	0	0,00%	0	0	3 555
4	2012	7 646	6,01%	26	102	8 823
5	2012	19 927	15,67%	31	103	19 927
6	2012	21 357	16,79%	30	134	21 357
7	2012	24 793	19,49%	31	110	24 793
8	2012	26 963	21,20%	31	167	26 963
9	2012	15 673	12,32%	30	138	15 673
10	2012	9 840	7,74%	31	91	9 840
11	2012	995	0,78%	6	78	1 983
12	2012	0	0,00%	0	0	500
celkem		127 194		216	167	134 579
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 200	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					24,5	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					25,9	

Tab. 41 Výsledky měření budovy č. 6 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2013	440	0,37%	20	77	682
2	2013	399	0,33%	28	1	399
3	2013	628	0,52%	31	74	628
4	2013	8 065	6,69%	30	94	8 065
5	2013	13 156	10,92%	31	111	13 156
6	2013	19 435	16,13%	30	271	19 435
7	2013	26 018	21,59%	31	144	26 018
8	2013	23 878	19,82%	31	156	23 878
9	2013	16 072	13,34%	30	113	16 072
10	2013	10 137	8,41%	31	120	10 137
11	2013	2 201	1,83%	18	115	2 423
12	2013	68	0,06%	5	1	400
celkem		120 497		316	271	121 293
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 200	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					23,2	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					23,3	

Tab. 42 Výsledky měření budovy č. 6 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	455	0,40%	31	19	455
2	2014	1 068	0,93%	28	102	1 068
3	2014	6 965	6,09%	31	100	6 965
4	2014	12 254	10,72%	30	103	12 254
5	2014	14 794	12,94%	31	111	14 794
6	2014	19 252	16,83%	30	119	19 252
7	2014	26 173	22,89%	31	109	26 173
8	2014	16 477	14,41%	31	152	16 477
9	2014	9 315	8,14%	25	133	11 178
10	2014	998	0,87%	10	71	10 516
11	2014	5 468	4,78%	30	110	5 468
12	2014	1 141	1,00%	31	94	1 141
celkem		114 360		339	152	125 741
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 200	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					22,0	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					24,2	

Tab. 43 Výsledky měření budovy č. 6 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	619		31	72	
2	2015	418		28	13	
3	2015	3 071		30	74	
4	2015	0		0	0	
5	2015	0		0	0	
6	2015	0		0	0	
7	2015	0		0	0	
8	2015	0		0	0	
9	2015	0		0	0	
10	2015	0		0	0	
11	2015	0		0	0	
12	2015	0		0	0	
celkem		4 109		89	74	141 057
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 200	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					0,8	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					27,1	

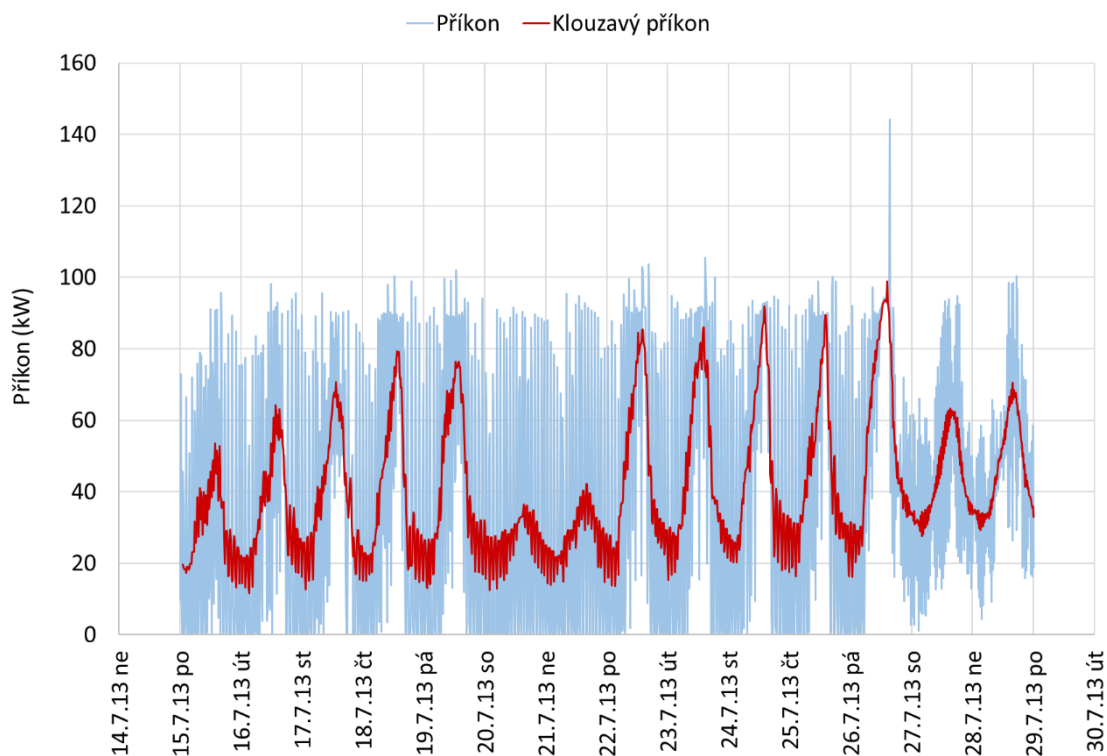
Tab. 44 Výsledky měření budovy č. 6 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0	573
2	2016	0	0,00%	0	0	629
3	2016	0	0,00%	0	0	3 555
4	2016	0	0,00%	0	0	9 714
5	2016	0	0,00%	0	0	15 959
6	2016	0	0,00%	0	0	20 015
7	2016	15 202	23,80%	16	128	25 661
8	2016	25 561	40,02%	31	144	25 561
9	2016	20 744	32,48%	30	133	20 744
10	2016	1 551	2,43%	31	128	1 551
11	2016	501	0,78%	30	48	501
12	2016	314	0,49%	22	3	500
celkem		63 874		160	144	124 963
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 200	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					12,3	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					24,0	

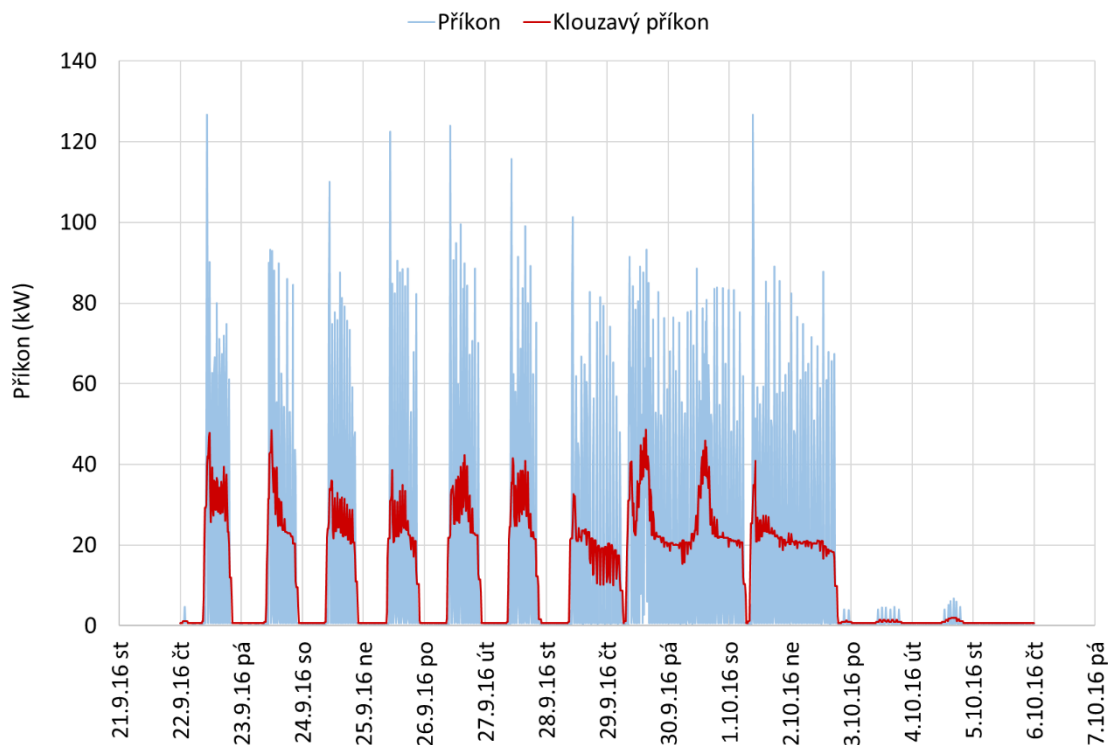
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Z grafů je patrné, že výkon zdroje chladu není řízen plynule, ale pouze opakovaným spínáním a vypínáním. Příkon zdroje chladu se tak střídavě pohybuje zpravidla mezi hodnotami 0 kW až cca 80 až 100 kW. Provoz zdroje je kvůli cyklování lépe patrný z červeně vyznačeného klouzavého elektrického příkonu. Z Obr. 5.62, který zobrazuje typický průběh příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu v hlavním chladicím období, je

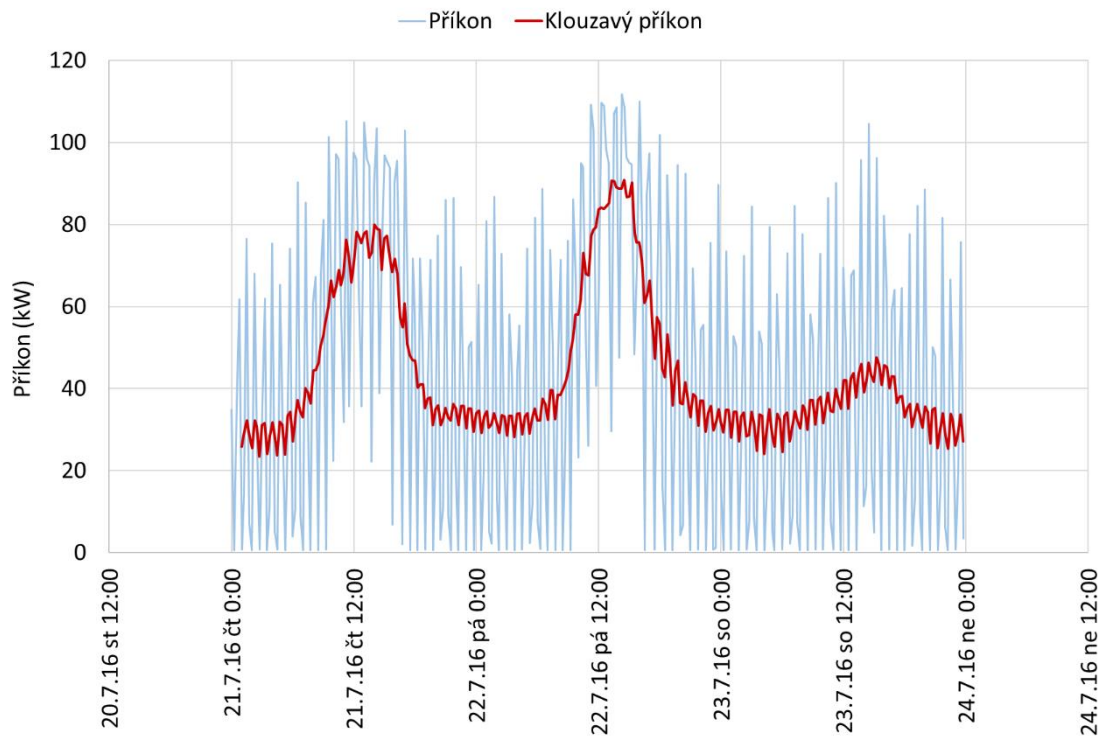
zřejmé, že zdroj chladu je v provozu téměř neustále. V grafu je možné vidět pravidelné nárůsty klouzavého příkonu začínající v ranních hodinách, dosažení maximálních hodnot v odpoledních hodinách (zpravidla kolem 14:00) a následný pokles okolo 21:00. V nočních hodinách se příkon zdroje chladu pohybuje mezi 20 a 40 kW. Z průběhu klouzavého elektrického příkonu je dále dobře patrný víkendový provoz zdroje. Charakter provozu je obdobný jako v pracovním týdnu, nicméně klouzavý příkon se pohybuje na výrazně nižších hodnotách. Na Obr. 5.63 je znázorněn typický průběh příkonu a klouzavého příkonu na přelomu září a října, kdy je potřeba chladu výrazně nižší. Z grafu na obrázku je evidentní značně odlišný průběh příkonu, než tomu bylo u grafu průběhu příkonu pro hlavní chladicí období. Přibližně v první polovině grafu jsou evidentní výrazné noční útlumy zdroje chladu, při kterých příkon dosahuje nulových hodnot. Dále je zde patrné typické sepnutí zdroje v ranních hodinách, kdy dojde k razantnímu nárůstu příkonu a jeho téměř okamžitému poklesu, a to přibližně o třetinu až polovinu dosaženého příkonu. V druhé polovině grafu se pravděpodobně zvýšila potřeba chladu a průběh příkonu je obdobný provozu v hlavním chladicím období, jen dosahované příkony jsou nižší. Víkendové útlumy provozu zdroje chladu nejsou z grafu patrné. Detailní průběh příkonu během pracovního dne včetně víkendového poklesu dobře patrného z klouzavého příkonu je znázorněn na Obr. 5.64.



Obr. 5.62 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 14 dní v hlavním chladicím období v roce 2013



Obr. 5.63 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro 14 dní na okraji hlavního chladicího období v roce 2016



Obr. 5.64 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v roce 2016

5.6.4. Závěr budova č. 6

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. Pro většinu roku 2015 a přibližně polovinu roku 2016 chybí detailní data o spotřebách zdroje chladu. Chybějící hodnoty spotřeb byly doplněny odhadem, případně dopočítány. Data z ostatních let ve sledovaném období jsou téměř kompletní. Průměrná spotřeba elektrické energie zdroje chladu za měřené období při vynechání roku 2015 vztažená ke klimatizované podlahové ploše 5 200 m² činí 21 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 24,9 kWh/m².

5.7. Budova č. 7

5.7.1. Popis objektu

Objekt se nachází v Praze 5 a jeho stavba byla dokončena v roce 2004. Jedná se o administrativní budovu, která má šest nadzemních a dvě podzemní podlaží. Podzemní podlaží budovy jsou využita na parkování a dále jsou zde umístěny technické prostory. Nadzemní podlaží slouží jako pronajímatelné kancelářské prostory.

Hlavní konstrukci budovy tvoří skeletový konstrukční systém z železobetonu. Obvodový plášť budovy je z převážné většiny tvořen lehkým proskleným pláštěm s tepelně izolačními dvojskly, který je zavěšený na fasádě objektu.

Fasády budovy, které nepřiléhají k vedlejším objektům jsou z velké části proskleny. Jižní a východní fasáda objektu je prosklena celoplošně, u části severní fasády, která nepřiléhá k sousednímu objektu, je procento prosklení přibližně 70 %. Mimo spodních dvou podlaží jsou okna všech fasád opatřena aktivním stíněním vnějšími žaluziemi. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 45.

Obsazenost objektu je přibližně 100 osob a budova je v provozu PO – PÁ přibližně od 7:00 do 19:00.

Tab. 45 Základní údaje o budově č. 7

Lokace	Praha 5 - Smíchov
Účel	Administrativní budova
Orientace podélné osy budovy	Východ – západ
Zastavěná plocha	850 m ²
Celková podlahová plocha	4 900 m ²
Podlahová plocha hlavního účelu budovy	2 800 m ²
Ostatní podlahové plochy	2 100 m ²
Obsazenost objektu	Cca 100 osob
Provoz	PO – PÁ, 7:00 – 19:00
Procento prosklení fasád	Jižní a východní fasáda – celoplošné prosklení
	Volná část severní fasády – 70 %
Stínící prvky	Aktivní venkovní žaluzie

5.7.2. Popis klimatizačního systému

Pro klimatizaci budovy slouží vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a vzduchotechnika. Celý objekt je možné rozdělit do šesti samostatných klimatizovaných zón. První zóna jsou kanceláře východ v druhém až šestém podlaží, druhá zóna jsou kanceláře západ (2. NP – 6. NP). Třetí zóna jsou zasedací místnosti, kanceláře a vstupní hala v přízemí. Další zóna je určena pro kavárnu, dále je zóna pro sklady a šestá zóna je kuchyň. Do jednotlivých zón je přiváděn upravený čerstvý vzduch pomocí šesti vzduchotechnických jednotek umístěných ve strojovnách vzduchotechniky v prvním podzemním a šestém nadzemním podlaží. Dále jsou v systému instalovány další jednotky, které slouží především pro odvod vzduchu. Sestavné vzduchotechnické jednotky jsou opatřeny vlhčením vzduchu s elektrickými parními zvlhčovači. Jednotky jsou provozovány s konstantním příívodem vzduchu v režimu vypnuto/zapnuto podle časového programu. Upravený čerstvý vzduch ze vzduchotechnických jednotek je rozveden vzduchotechnickým potrubím a distribuován příslušnými výústěmi dle prostoru do kterého je přiváděn. V kancelářích je příívodní vzduch distribuován prostřednictvím atypických stropních štěrbinových vyústí TROX, které jsou instalované v rastru podhledu. Odvodní vzduch je z prostor kanceláří odváděn mřížkami zpět do mezistropu podhledu a dále přes přeslechové tlumiče do sousedící chodby. V kuchyni jsou distribuce a odvod vzduchu realizovány pomocí digestoří a příívodních a odvodních dralových vyústí. Pro možnost regulace průtoku vzduchu jsou všechny zasedací místnosti opatřeny systémem proměnného množství vzduchu (VAV).

Odvod tepelné zátěže je téměř v celém objektu realizován pomocí ventilátorových konvektorů ve čtyřtrubkovém provedení, využívaných jak pro chlazení, tak pro vytápění. V zasedacích místnostech je tepelná zátěž odváděna vzduchotechnikou. Chlazená voda, je rozváděna od zdroje chladu

samostatným okruhem do výměníků ventilátorových konvektorů a samostatným okruhem do vzduchotechnických jednotek. V jednotlivých okruzích rozvodu chladicí vody jsou instalována oběhová čerpadla s proměnnými otáčkami a řízením dle proporcionálního tlaku. Teplotní spád na okruhu chlazené vody pro vzduchotechnické jednotky je 6/12 °C.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jako zdroj chladu pro vzduchotechnické jednotky a ventilátorové konvektory slouží dvojice kompresorových chladicích strojů TRANE RTWB 214 vyrobených v roce 2004. Zdroje chladu o výkonu 2 x 373 kW a příkonu každého zdroje 91 kW jsou umístěny ve strojovně chladu v prvním podzemním podlaží.

Mimo hlavní zdroj chladu je v objektu instalováno samostatné chlazení serveru pomocí dvojice splitových chladicích jednotek.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno na střeše objektu pomocí čtyř suchých chladičů. Jmenovitý teplotní spád kondenzátorového okruhu je 45/40 °C a je naplněn nemrznoucí kapalinou na bázi glykolu.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení není využíváno.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

Ve strojovně chlazení je instalován deskový výměník pro provoz free-coolingového chlazení.

V chladicím okruhu ve strojovně chlazení je osazena trojice oběhových čerpadel Electric motors o elektrickém příkonu každého čerpadla 11 kW, trojice čerpadel Electric motors o el. příkonu každého čerpadla 2,2 kW a dvojice čerpadel Wilo o elektrickém příkonu 2 x 5,3 kW.

Akumulace chladu

V systému chlazení není instalována akumulární nádrž.

Tab. 46 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 7

Typ systému		Vodní s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu			
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)	
TRANE RTWB 214	373	91	
TRANE RTWB 214	373	91	
Σ	746	182	
Odvod kondenzačního tepla – suché chladiče			
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)	
4 x suchý chladič	-	-	
Ostatní zařízení klimatizačního systému			
Popis	Název	Celkový příkon (kW)	
3 x oběhové čerpadlo 11 kW	Electric motors	33	
3 x oběhové čerpadlo 2,2 kW	Electric motors	6,6	
2 x oběhové čerpadlo 5,3 kW	Wilo	10,6	
Σ		50,2	
Akumulace chladu	Není instalováno		

5.7.3. Měření dat

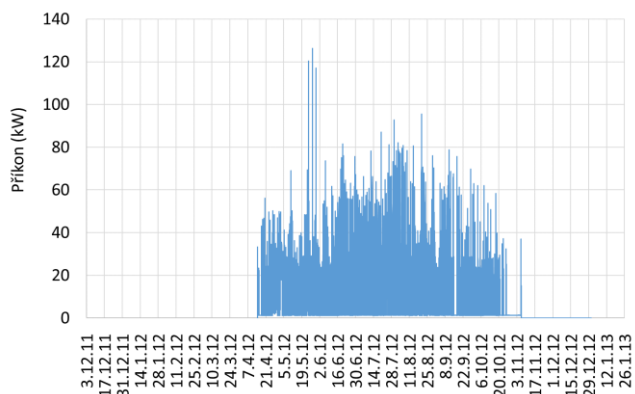
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie 2 kompresorových chladicích strojů TRANE RTWB 214. Měření bylo instalováno 23. 3. 2012 v 13:40 hodin a stav číselníku elektroměru označeného „Chlazení 1“, který měří spotřebu chladicího stroje označeného CH1 byl 117,6. Stav číselníku elektroměru označeného „Chlazení 2“ zdroje chladu CH2 byl 115,5. Spotřeba elektrické energie chladicích strojů je měřena pomocí MTP 400/5A a pomocí elektroměrů typu Maneler990, 9904Dm 3x230/400V, 3x 1,5(6)A, 12800 imp./kWh, výrobní číslo 056402 pro chladicí stroj CH1 a stejným elektroměrem s výrobním číslem 056413 pro chladicí stroj CH2. Konstancy elektroměrů jsou 80. Pro získání spotřeby v kWh je třeba číselníky na elektroměrech násobit osmdesáti. Data z elektroměrů jsou zaznamenávána do dataloggerů typ S7021. Pro chladicí stroj CH1 je určen datalogger s výrobním číslem 12930068 pro chladicí stroj datalogger s číslem 12930668. Přepočet vstupní veličiny dataloggerů je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 160 impulsů ($12\ 800 / (400 / 5) = 160$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

Naměřená data

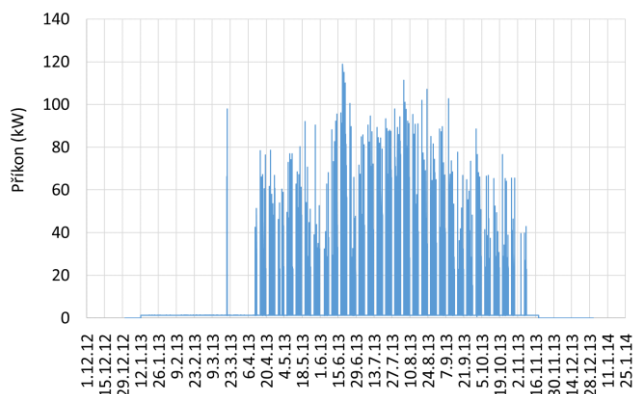
Měřeními byla získána patnáctiminutová data spotřeb dvou chladicích zdrojů v období 2012–2016. Značná část dat v tomto období bohužel chybí. K zásadnímu výpadku měření došlo v období od října 2014 přibližně do poloviny července 2016. V tomto období naměřená data zcela chybí.

V ostatních letech jsou výpadky v naměřených datech méně rozsáhlé a zásadní letní období jsou v těchto letech naměřena téměř kompletně. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, které zobrazují průběh aktuálních příkonů zdrojů chladu v jednotlivých letech. Vždy se jedná o součet příkonů obou zdrojů.

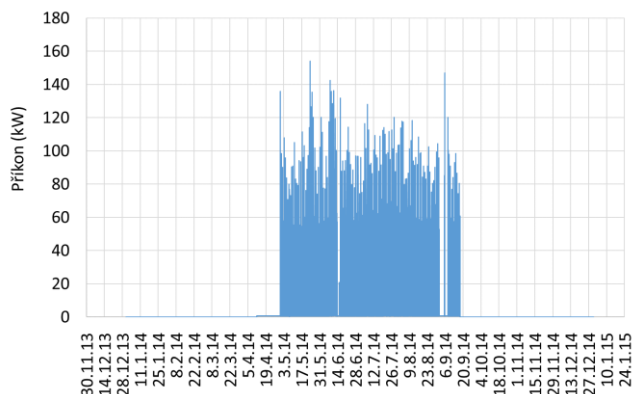
Jak je z grafů patrné nelze říci, že by průběh příkonu měl ve všech letech zcela stejný charakter. V roce 2012 a 2013 je zřejmý postupný nárůst a následný pokles dosahovaných příkonů v průběhu roku, s tím že nejvyšších hodnot je dosahováno v letním období. V roce 2014 je dosahovaný příkon v průběhu roku víceméně vyrovnaný. Je však nutno brát v potaz, že značná část naměřených dat v těchto letech chybí a nelze tak činit žádné velké závěry. Dalším rozdílem v průběhu příkonu ve sledovaném období jsou víkendové útlumy. Ty jsou na uvedených grafech patrné pouze v letech 2013 a 2016. V letech 2013 a 2016 dosahuje příkon maximálních hodnot kolem 100 kW, v roce 2012 se příkony zdroje chladu pohybují níže a maximální hodnoty se pohybují kolem 90 kW. Naproti tomu v roce 2014 příkon zdroje chladu běžně dosahuje hodnot kolem 100 kW a maximální hodnoty dosahují přibližně 150 kW. Tato hodnota výrazně převyšuje nominální příkon jednoho chladicího stroje. Nejvyšší hodnoty příkonu za sledované období bylo dosaženo 12. 5. 2014 v 15:15 hodin a to 154 kW.



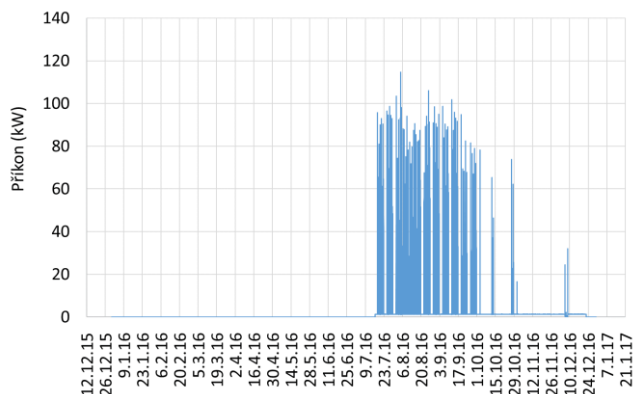
Obr. 5.65 Příkon zdroje chladu za rok 2012



Obr. 5.66 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.67 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.68 Příkon zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.69 níže. Z grafu na obrázku je patrné, že k chlazení v objektu dochází zhruba od dubna do října. Spotřeby v jednotlivých měsících v průběhu roku rostou, v letních měsících dosahují maximálních hodnot a následně opět klesají. Tomu se mírně vymykají spotřeby v květnu až srpnu roku 2012, které jsou víceméně vyrovnané. V měsících leden až březen a listopad, prosinec spotřeba pravděpodobně odpovídá pouze režijní spotřebě zdrojů chladu a k chlazení v objektu vůbec nedochází. Spotřeby elektrické energie zdroje chladu především v letních měsících roku 2013 jsou znatelně nižší oproti ostatním rokům. Největší spotřeba elektrické energie na chlazení byla dosažena v červenci roku 2014 a činila 21 093 kWh. Na Obr. 5.70 je znázorněno jakým způsobem se na měsíčních spotřebách podíleli oba chladicí stroje. Z grafu na obrázku je zřejmé, že v průběhu jednotlivých měsíců jsou spotřeby elektrické energie obou chladicích strojů víceméně vyrovnané a pravděpodobně tak docházelo k jejich pravidelnému střídání.

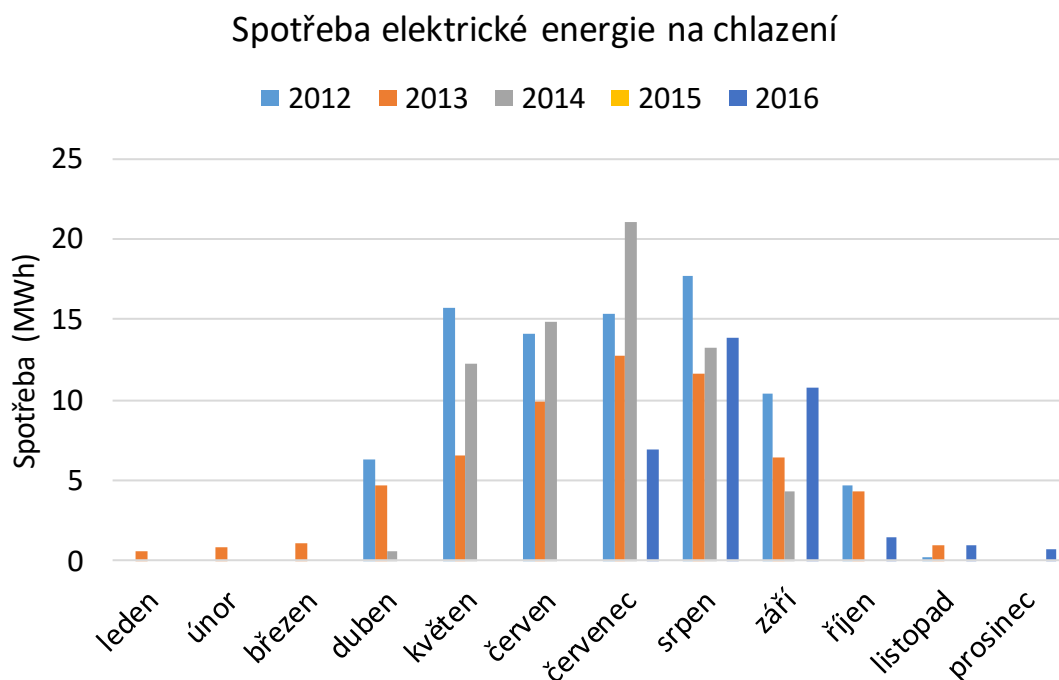
V roce 2015 došlo k absolutnímu výpadku měření, celková hodnota spotřeby tak byla částečně dopočítána a částečně odhadnuta na základě hodnot spotřeby z odečtu elektroměrů a spotřeby naměřené v ostatních letech. Stavby elektroměrů jsou uvedeny v Tab. 47. Hodnoty v tabulce jsou stavy číselníků elektroměrů obou chladicích strojů, vynásobené konstantou elektroměru (80) tak, aby se jednalo o spotřeby v kWh. Odhad spotřeby v roce 2015 byl proveden tak, že od spotřeby obou chladicích strojů za období 20. 6. 2013 až 22. 12. 2016 dle stavu elektroměrů, která činí 239 592 kWh, byla odečtena spotřeba části roku 2013, celého roku 2014 a roku 2016. Značnou nepřesnost do odhadu celkové spotřeby v roce 2015 však vnáší rok 2016, jehož prvních sedm měsíců není naměřeno a tyto hodnoty byly odhadnuty zprůměrováním naměřených hodnot z ostatních let. Dále do výsledku vstupují odhady doplněné měsíční spotřeby v roce 2013 a 2014. Odhadnutá spotřeba v roce 2015 činí 47 252 kWh, což je hodnota výrazně nižší, než bylo naměřeno

v ostatních letech. Vzhledem k množství nepřesných vstupů na základě kterých, byla tato hodnota určena, je třeba ji brát pouze jako orientační.

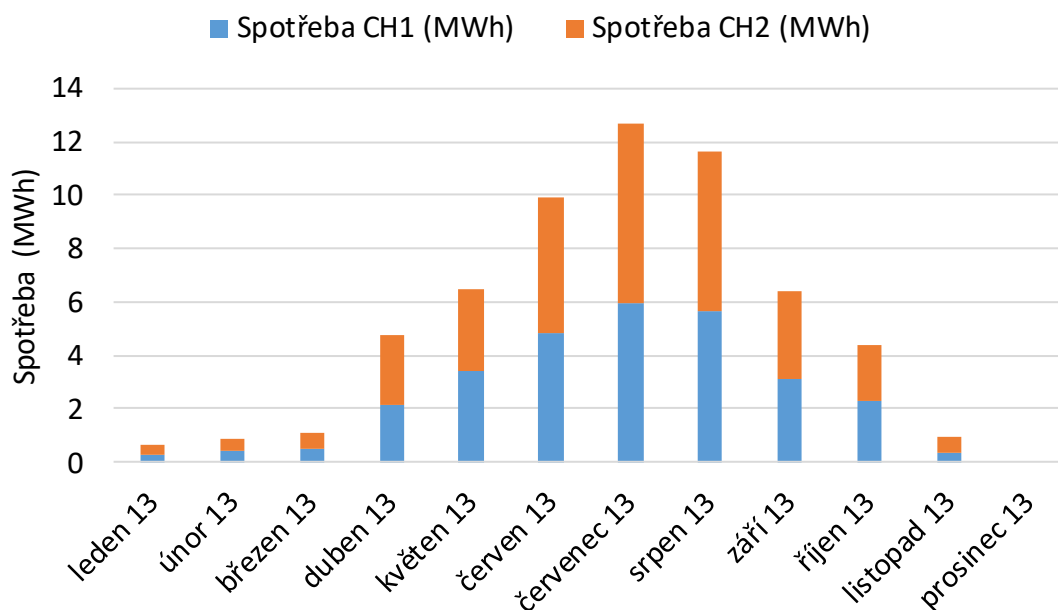
Tab. 47 Odečty elektroměru zdroje chladu budovy č. 7

Datum	Stav číselníku CH1 (kWh)	Stav číselníku CH2 (kWh)
23.03.2012 13:40	9 408	9 240
20.06.2013 10:45	65 072	66 208
22.12.2016 0:00	185 328	185 544

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Jak již bylo uvedeno, chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadem doplněny. Odhadem přerozdělené měsíční spotřeby, jejichž součet odpovídá skutečně naměřené spotřebě za dané období, jsou v tabulkách shrnujících výsledky měření, zvýrazněny fialově (listopad – prosinec 2012).



Obr. 5.69 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.7



Obr. 5.70 Typický podíl spotřeby zdroje chladu 1 (CH1) a zdroje chladu 2 (CH2) na celkové spotřebě obou zdrojů chladu

Tab. 48 Výsledky měření budovy č. 7 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0,0	1 000
2	2012	0	0,00%	0	0,0	900
3	2012	0	0,00%	0	0,0	1 000
4	2012	6 251	7,40%	17	0,0	8 000
5	2012	15 736	18,64%	31	126,2	15 736
6	2012	14 139	16,75%	30	81,5	14 139
7	2012	15 361	18,19%	31	92,7	15 361
8	2012	17 681	20,94%	31	95,6	17 681
9	2012	10 413	12,33%	30	78,8	10 413
10	2012	4 644	5,50%	31	62,0	4 644
11	2012	210	0,25%	6	37,0	1 050
12	2012	0	0,00%	0	0,0	1 145
celkem		84 435		207	126	91 069
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 800	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					30,2	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					32,5	

Tab. 49 Výsledky měření budovy č. 7 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2013	619	1,04%	20	1,4	960
2	2013	881	1,47%	28	1,4	881
3	2013	1 113	1,86%	31	98,0	1 113
4	2013	4 727	7,92%	30	78,6	4 727
5	2013	6 488	10,87%	31	91,9	6 488
6	2013	9 887	16,56%	30	118,9	9 887
7	2013	12 695	21,26%	31	97,9	12 695
8	2013	11 604	19,43%	31	111,4	11 604
9	2013	6 412	10,74%	30	102,7	6 412
10	2013	4 361	7,30%	31	76,6	4 361
11	2013	921	1,54%	18	42,9	1 500
12	2013	0	0,00%	0	0,0	1 000
celkem		59 706		311	119	61 626
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 800	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					21,3	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					22,0	

Tab. 50 Výsledky měření budovy č. 7 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2014	0	0,00%	0	0,0	1 000
2	2014	0	0,00%	0	0,0	900
3	2014	0	0,00%	0	0,0	1 000
4	2014	637	0,96%	20	135,9	1 000
5	2014	12 244	18,45%	31	154,2	12 244
6	2014	14 878	22,41%	30	142,5	14 878
7	2014	21 093	31,78%	31	127,9	21 093
8	2014	13 196	19,88%	31	118,3	13 196
9	2014	4 332	6,53%	17	146,8	7 645
10	2014	0	0,00%	0	0,0	3 498
11	2014	0	0,00%	0	0,0	1 000
12	2014	0	0,00%	0	0,0	1 000
celkem		66 381		160	154	78 455
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 800	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					23,7	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					28,0	

Tab. 51 Výsledky měření budovy č. 7 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2015	0		0	0,0	
2	2015	0		0	0,0	
3	2015	0		0	0,0	
4	2015	0		0	0,0	
5	2015	0		0	0,0	
6	2015	0		0	0,0	
7	2015	0		0	0,0	
8	2015	0		0	0,0	
9	2015	0		0	0,0	
10	2015	0		0	0,0	
11	2015	0		0	0,0	
12	2015	0		0	0,0	
celkem		0		0	0	47 252
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 800	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					0,0	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					16,9	

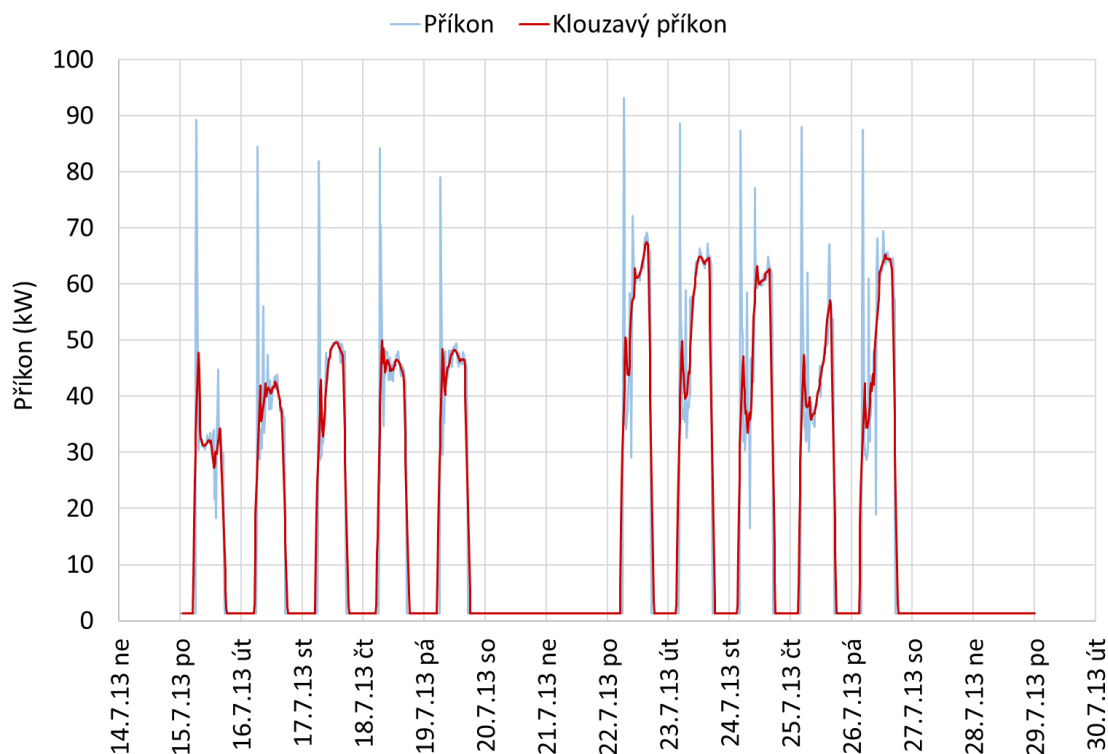
Tab. 52 Výsledky měření budovy č. 7 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0,0	1 000
2	2016	0	0,00%	0	0,0	900
3	2016	0	0,00%	0	0,0	1 000
4	2016	0	0,00%	0	0,0	4 576
5	2016	0	0,00%	0	0,0	11 489
6	2016	0	0,00%	0	0,0	12 968
7	2016	6 868	19,87%	16	98,6	13 308
8	2016	13 848	40,06%	31	114,6	13 848
9	2016	10 767	31,15%	30	101,8	10 767
10	2016	1 488	4,31%	31	78,2	1 488
11	2016	948	2,74%	30	1,4	948
12	2016	651	1,88%	22	32,0	1 000
celkem		34 571		0	115	73 292
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 800	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					12,3	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					26,2	

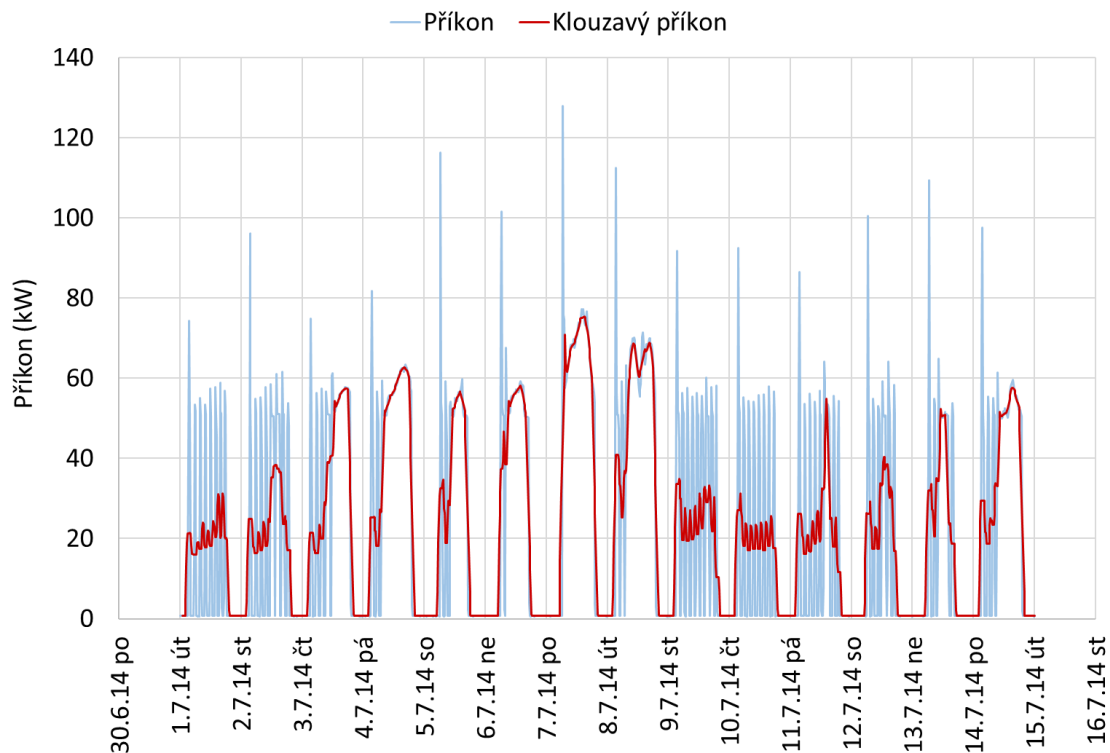
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Z grafů na obrázcích je patrné, že zdroj chladu byl v jednotlivých letech řízen různým způsobem. Na Obr. 5.71 je znázorněn průběh příkonu zdroje chladu typický pro roky 2013 a 2016. Z grafu na obrázku je evidentní pravidelné sepnutí zdroje v ranních hodinách, následný nárůst příkonu na maximální denní hodnotu a téměř okamžitý pokles na přibližně poloviční hodnotu od které je již příkon řízen plynule. V odpoledních hodinách dojde

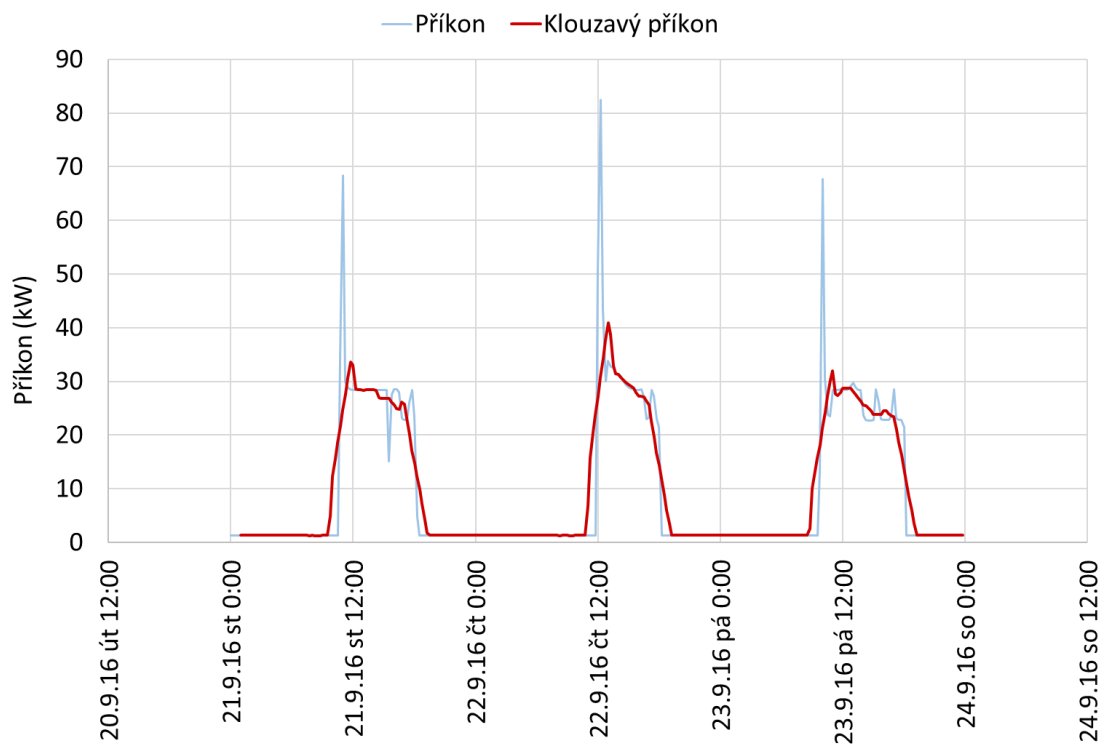
k poklesu příkonu a následnému nočnímu útlumu. Pro průběh příkonu v uvedených letech, jak lze vidět z grafu, je typické plynulé řízení výkonu zdroje a pravidelné víkendové útlumy. Na Obr. 5.72 je zobrazen průběh příkonu zdroje typický pro roky 2014 a 2012. Z grafu na obrázku je patrné, že dochází ke značnému cyklování zdroje chladu. V některých dnech je výkon zdroje řízen plynule, v některých dnech opakovaným spínáním zdroje. Z uvedeného grafu je dále patrné, že nedochází k víkendovým útlumům. K dosažení maximální denní hodnoty po sepnutí zdroje v ranních hodinách a nočnímu útlumu dochází i v těchto letech. Dále je pro všechny roky stejné, že při útlumu není zdroj chladu zcela bez spotřeby elektrické energie, ale jeho příkon poklesne na hodnotu 1,3 kW. Porovnáním ročních spotřeb zdroje chladu v kontextu řízení zdroje chladu, je vidět, že v roce 2013, kdy dochází k víkendovým útlumům, je celková spotřeba zřetelně nižší oproti rokům 2012 a 2014, kdy k víkendovým útlumům nedocházelo. Pro jasný závěr by však bylo třeba více dat a rok 2016, kdy k víkendovým útlumům docházelo, bohužel nelze uvažovat, neboť značná část dat z tohoto roku chybí. Na Obr. 5.73 je uveden detailní průběh příkonu mimo hlavní chladicí období a dosahované příkony zdroje chladu jsou tak výrazně nižší, než je tomu na předchozích grafech, které znázorňují průběh příkonu v červenci. Přestože příkon se během dne pohyboval kolem 30 kW, výkon zdroje byl řízen plynule. Na grafu na Obr. 5.74 je vidět pravidelné střídání chladicích strojů. To je typické pro všechny roky, ze kterých jsou k dispozici detailní data spotřeb, mimo rok 2014. V tomto roce se chladicí stroje v období květen až září vystřídaly v provozu pouze jednou.



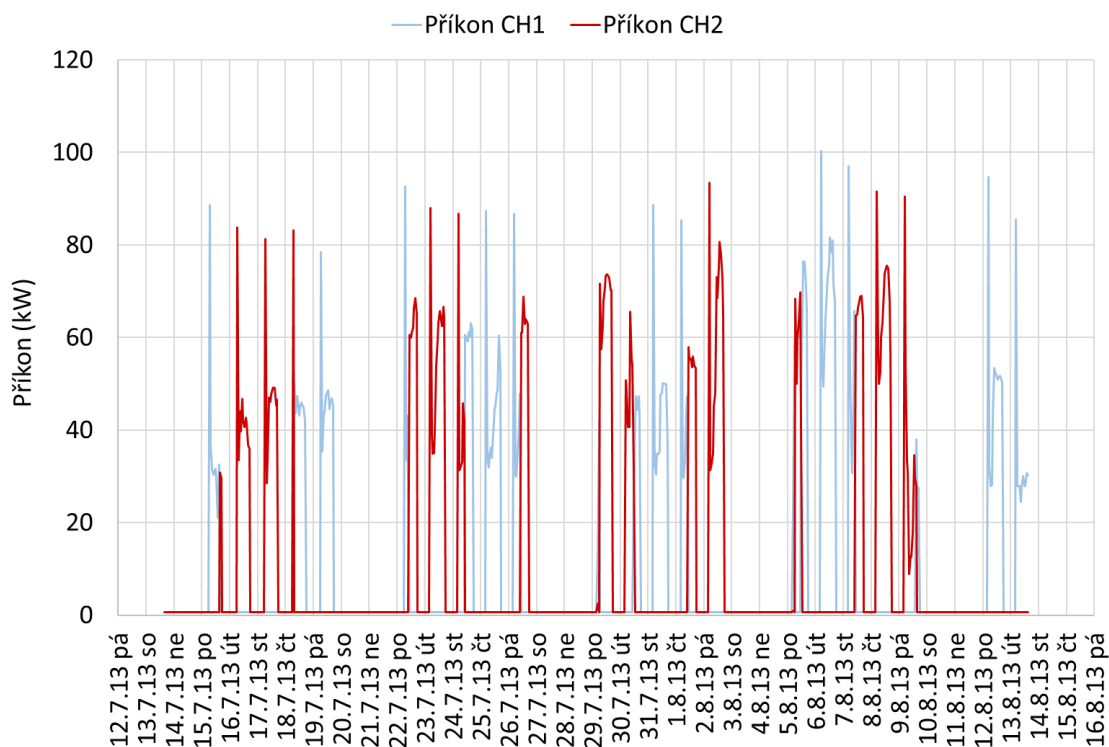
Obr. 5.71 Průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní typický pro roky 2013 a 2016



Obr. 5.72 Průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní typický pro roky 2012 a 2014



Obr. 5.73 Detailní průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny mimo hlavní chladicí období v roce 2016



Obr. 5.74 Střídání chladicích strojů

5.7.4. Závěr budova č. 7

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. V datech jsou bohužel značné výpadky a chybějící data tak musela být doplněna odhadem, případně dopočítána. Z průběhu příkonů zdroje chladu je patrná změna v řízení zdroje chladu v jednotlivých letech. V letech 2013 a 2016 je výkon zdroje řízen plynule a dochází k víkendovým útlumům. V letech 2012 a 2014 zdroj relativně často cykluje a víkendové útlumy nejsou z průběhů příkonů patrné. Nižší spotřeba elektrické energie zdroje chladu v roce 2013 oproti rokům 2012 a 2014 pravděpodobně souvisí s víkendovými útlumy, ke kterým v roce 2013 na rozdíl od let 2012 a 2014 docházelo. Pro jasný závěr by však bylo třeba větší množství naměřených dat.

Průměrná spotřeba za měřené období vztažená ke klimatizované podlahové ploše 2 800 m² činí 21,9 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 25,1 kWh/m².

5.8. Budova č. 8

5.8.1. Popis objektu

Objekt se nachází v Praze. Jedná se o administrativní budovu, která má 5 nadzemních a jedno podzemní podlaží a byla postavena v roce 2008. Druhé až páté nadzemní podlaží objektu slouží

jako pronajímatelné kancelářské prostory. V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní prostor, kanceláře a restaurace. Podzemní podlaží slouží převážně jako parkoviště a na střeše objektu se nachází strojovna chlazení a strojovna vzduchotechniky.

Hlavní konstrukci budovy tvoří skeletová konstrukce z železobetonu. Obvodový plášť budovy je tvořen zateplenými železobetonovými stěnami.

Jako prosklení u všech fasád jsou použita pásová okna z hliníkových profilů s tepelně izolačním dvojsklem. Procento prosklení jižní a západní fasády je přibližně 70 %, severní a východní fasáda je prosklena s procentem prosklení cca 54 %. Všechna okna objektu jsou opatřena aktivním stíněním v podobě aktivních venkovních žaluzií. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 53 níže.

Objekt je v provozu PO-PÁ přibližně od 8:00 do 20:00.

Tab. 53 Základní údaje o budově č. 5

Lokace	Praha, Jinonice
Účel	Administrativní budova
Orientace podélné osy budovy	Jihovýchod – severozápad
Zastavěná plocha	1482 m ²
Celková podlahová plocha	9 800 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	5 424 m ²
Ostatní podlahové plochy	4 376 m ²
Obsazenost objektu	Cca 400
Provoz	PO-PÁ 8:00 – 20:00
Procento prosklení jižní a západní fasády	70 %
Procento prosklení severní a východní fasády	54 %
Stínící prvky	Aktivní stínění venkovními žaluziemi

5.8.2. Popis klimatizačního systému

Pro klimatizaci objektu slouží vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a vzduchotechnika. Objekt lze z hlediska klimatizace a větrání rozdělit do šesti zón. První zóna je parkoviště, které je větrané podtlakově pro odvod výfukových plynů od automobilů. Druhá zóna je restaurace, která má pro větrání, úpravu a odvod vzduchu samostatnou vzduchotechnickou jednotku. Třetí zóna jsou kanceláře prvního a druhého nadzemního podlaží, čtvrtá zóna jsou kanceláře třetího až pátého nadzemního podlaží. Každá z těchto zón má svůj vzduchotechnickou jednotku pro přívod čerstvého, upraveného a odvod znehodnoceného vzduchu. Obě tyto jednotky jsou opatřeny rotačními výměníky zpětného získávání tepla a jsou umístěny na střeše objektu

ve strojovně vzduchotechniky. Další zóny jsou kotelna, a hygienické zařízení. Pro odvod tepelné zátěže z objektu slouží jednak vzduchotechnika, jednak ventilátorové konvektory. Chladicí voda pro výměníky ventilátorových konvektorů a vzduchotechnických jednotek je vyráběna ve zdroji chladu umístěném ve strojovně na střeše objektu. Teplotní spád chladicí vody pro okruh vzduchotechnických jednotek je 6/12 °C a teplotní spád chladicí vody pro okruh ventilátorových konvektorů je 8/14 °C. Jako koncové prvky pro distribuci a odvod vzduchu z kancelářských prostor jsou použity anemostaty.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Zdrojem chladu pro tuto budovu je dvojice kompresorových chladicích strojů Carrier 30HZV141-A0053-PEE s oddělenými kondenzátory. Chladicí výkon každé z této jednotek je 550 kW, příkon jedné jednotky činí 155 kW. Zdroje chladu jsou umístěny ve strojovně na střeše objektu. Jednotky byly vyrobeny v roce 2007 a pracují s chladivem R 407c.

Dále se v objektu nachází další samostatné klimatizační zařízení pro chlazení serveru.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno prostřednictvím čtyř kondenzátorů.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení se nevyužívá.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

V chladicím okruhu je osazeno celkem 6 oběhových čerpadel. Oběhová čerpadla jsou osazena vždy ve dvojicích. Pro okruh vzduchotechniky je použita dvojice oběhových čerpadel Siemens o celkovém příkonu 6 kW, pro okruh ventilátorových konvektorů je použita dvojice čerpadel Siemens o celkovém příkonu 8 kW a dále je v systému instalována dvojice čerpadel KSB o celkovém příkonu 8 kW.

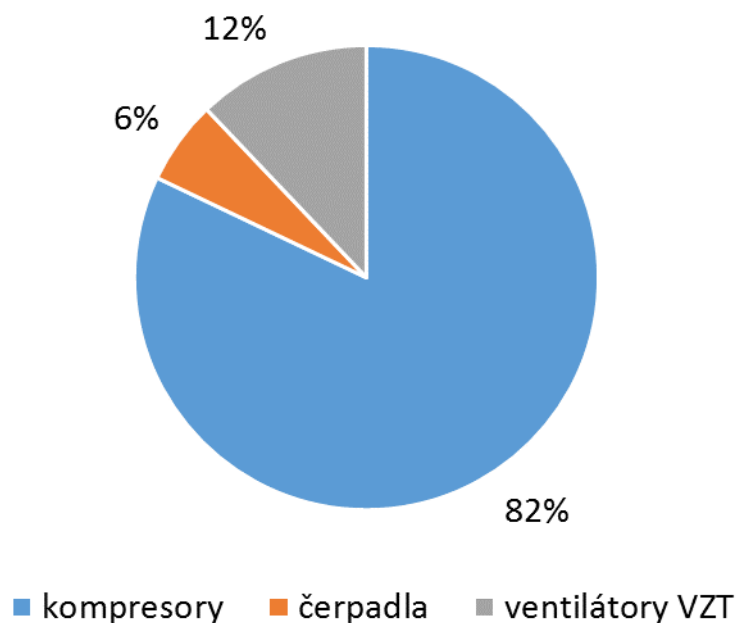
Celkový elektrický příkon ventilátorů vzduchotechnických jednotek je 45,7 kW.

Akumulace chladu

V systému chlazení není instalována akumulární nádrž.

Tab. 54 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 8

Typ systému	Vodní s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
Carrier 30HZV161 A0025-PEE	550	155
Carrier 30HZV161 A0025-PEE	550	155
Σ	1100	310
Odvod kondenzačního tepla – kondenzátory (4 ks)		
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Čerpadla chladicího okruhu VZT	Siemens (2 x 3 kW)	6
Čerpadla chladicího okruhu FCU	Siemens (2 x 4 kW)	8
Oběhová čerpadla	KSB (2x 4 kW)	8
Σ		22
Ventilátory vzduchotechnických jednotek	-	45,7
Akumulace chladu	Akumulační nádrž – objem 4,6 m ³	



Obr. 5.75 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č.8

5.8.3. Měření dat

V objektu je měřena spotřeba elektrické energie dvou chladicích strojů Carrier 30HZV141- 0053- EE. Výrobní čísla chladicích strojů jsou 12W712848 a 12W712847. Měření bylo instalováno 29. 3. 2012

v 13:30 hodin. Stav číselníku elektroměru činil 3314,4. V měření spotřeby chladicích strojů je zahrnuta i spotřeba strojovny chlazení. Spotřeba elektrické energie je měřena pomocí transformátoru proudu MTP 500/5 A a třífázového elektroměru (typ KWZ-3PH-I5, 3x230/400V, výrobní číslo 0126722, měrná LED RI je 40 000 imp./kWh, SO výstup je 5 000 imp./kWh), který je označený P14. Konstanta elektroměru je 100. Pro získání celkové spotřeby v kWh (obou chladicích strojů) je třeba číselník elektroměru násobit stem. Data z výstupu elektroměru jsou zaznamenávána do dataloggeru (typ S7021) s výrobním číslem 12930067. Přepočet vstupní veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 50 impulsů ($5\ 000/(500/5) = 50$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

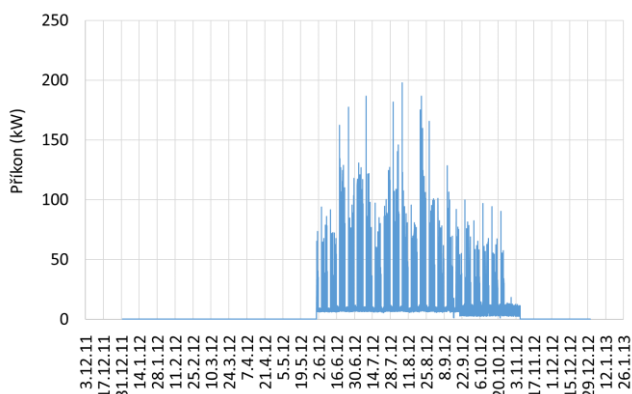
Naměřená data

Měřením byla získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Kromě výraznějšího výpadku v měření v období od října 2015 až do přibližně poloviny července 2016, jsou data téměř kompletní. Z letních období (květen až září) jednotlivých let, která jsou z hlediska potřeby chladu zásadní, jsou kromě tří měsíců v roce 2016, jednoho měsíce v roce 2012 a jednoho dne v červnu roku 2013, detailní data spotřeb elektrické energie zdroje chladu zcela kompletní. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Červeně jsou zvýrazněny počty dní, kdy nejsou k dispozici detailní 15minutová data v průběhu celého měsíce, ale celková hodnota spotřeby v tomto měsíci odpovídá uvedenému počtu dní.

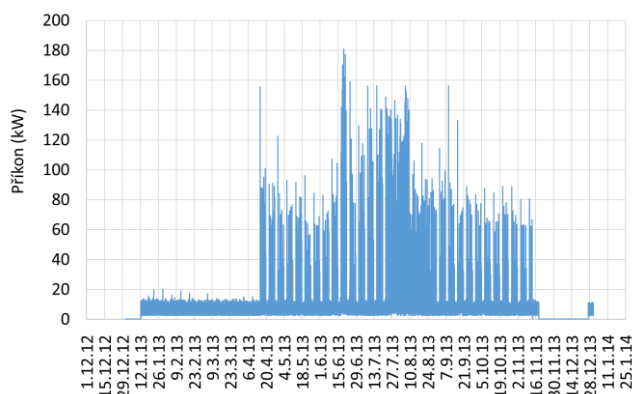
Na grafech níže jsou znázorněna naměřená data v podobě průběhů aktuálních příkonů zdroje chladu v jednotlivých letech. Z grafů na obrázcích je pro všechny roky patrný nárůst příkonu v průběhu roku, dosažení maxim příkonu v letním období a následný postupný pokles příkonu. Z grafů je dále dobře patrné, že i mimo období ve kterém v objektu evidentně dochází k chlazení, není elektrický příkon nulový, ale pohybuje se neustále přibližně mezi hodnotami 3–12 kW. Vzhledem k tomu, že v případě tohoto objektu pod měření spotřeby spadá celá strojovna chlazení, a ne pouze chladicí stroj, s největší pravděpodobností se jedná o příkon oběhových čerpadel. Maximální příkony v tomto období se pohybují kolem 20 kW což přibližně odpovídá nominálnímu příkonu všech oběhových čerpadel, který činí 22 kW.

Pro všechny průběhy příkonu v jednotlivých letech jsou společné víkendové útlumy. Ty jsou na grafech dobře viditelné v průběhu téměř celého hlavního chladicího období budovy. V období přibližně od července do srpna, kdy je potřeba chladu největší, je pravděpodobně pro uchlazení budovy třeba chladit i o víkendu, neboť víkendové útlumy v tomto období nejsou na grafech patrné. Absence víkendových útlumů je patrná v letech 2013, 2014 a 2015. V roce 2012 dochází k víkendovým útlumům v průběhu celého roku a v roce 2016 chybí značná část dat a nelze

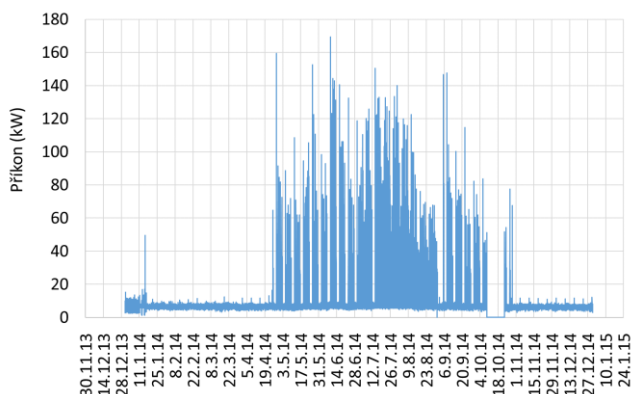
tak ohledně tohoto roku činit žádný závěr. Jak bylo uvedeno dosahované hodnoty příkonu se v průběhu roku mění. Maximální hodnoty příkonu v letních měsících zpravidla nepřesahují 160 kW. Maximální hodnota příkonu elektrické energie zdroje chladu za sledované období, byla naměřena 6. 8. 2012 v 5:30 hodin a činila 198 kW. Na Obr. 5.79 je dobře vidět období července a srpna roku 2015, které bylo klimaticky extrémní. Hodnoty příkonu během útlumu se pohybují výrazně výše, než je tomu v ostatních letech.



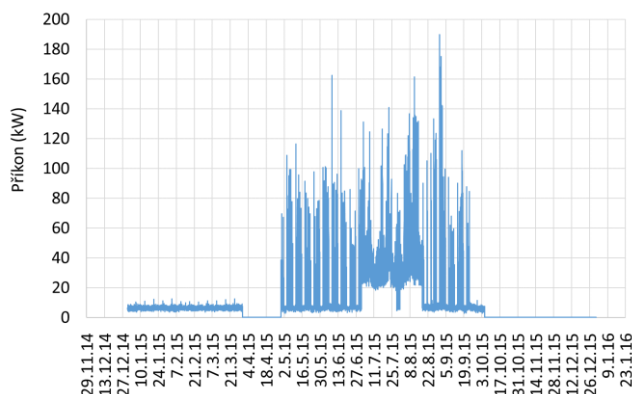
Obr. 5.76 Příkon zdroje chladu za rok 2012



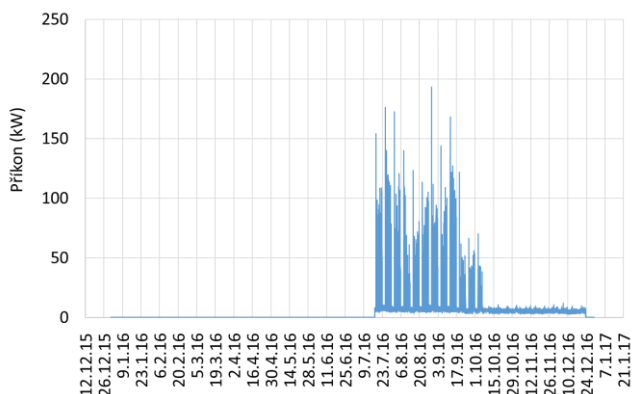
Obr. 5.77 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.78 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.79 Příkon zdroje chladu za rok 2015



Obr. 5.80 Příkon zdroje chladu za rok 2016

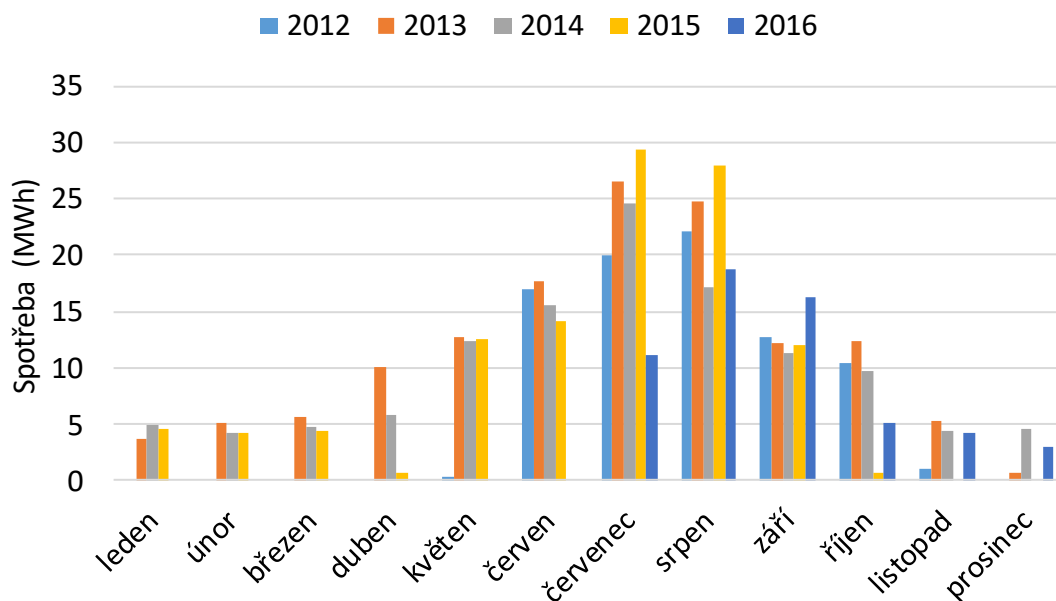
Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.81 níže. Z obrázku je patrné, že spotřeba elektrické energie chladicích strojů v průběhu roku roste, v červenci a srpnu dosahuje maximálních hodnot a následně opět klesá. V průběhu celého roku jsou měsíční spotřeby jednotlivých let relativně vyrovnané. To platí především pro období od ledna do konce března a pro listopad a prosinec, tedy pro měsíce mimo chladicí období objektu. Jak již bylo uvedeno s největší pravděpodobností nejde o spotřebu zdroje chladu, ale o spotřebu oběhových čerpadel systému chlazení. Jedná se o měsíční spotřebu ve výši přibližně 5 000 kWh a pokud by byla oběhová čerpadla mimo chladicí období odstavena, bylo by možné ušetřit přibližně 25 000 kWh elektrické energie ročně. K větším rozdílům ve spotřebách dochází v červenci a srpnu a dále pak v dubnu a říjnu. Nejvyšší měsíční spotřeba elektrické energie zdroje chladu byla naměřena v červenci roku 2015 a činila 29 455 kWh.

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kdy jsou tato data k dispozici. V některých případech byla odhadem pouze přerozdělena skutečná spotřeba zdroje chladu mezi jednotlivé měsíce období, ve kterém došlo k výpadku. Ve většině těchto případů pak bylo pro doplnění chybějících měsíčních spotřeb využito průměrných hodnot měsíčních spotřeb z let, kdy jsou tato k dispozici, a to s přihlédnutím k celkové skutečně naměřené spotřebě za dané období, tak aby se doplněná spotřeba rovnala skutečně naměřené. Tento postup byl využit v případech, kdy byly dostupné spotřeby zdroje chladu na začátku a konci období ve kterém došlo k výpadku měření. Tímto způsobem byla doplněna spotřeba v dubnu a květnu roku 2012. Dále v období listopadu 2012 až ledna 2013, následně v listopadu a prosinci roku 2013 a v období významnějšího výpadku, který nastal od října 2015 do přibližně poloviny července 2016. Odhadem přerozdělené měsíční spotřeby, jejichž součet odpovídá skutečné naměřené spotřebě za dané období, jsou v tabulkách shrnujících výsledky měření, zvýrazněny fialově. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie. Z důvodu možnosti porovnávání spotřeb zdroje chladu této budovy s ostatními objekty, u kterých je ve většině případů měřen pouze zdroj chladu, byly od celkových ročních spotřeb odečteny spotřeby oběhových čerpadel. Mimo chladicí období (leden až březen, listopad, prosinec) byla veškerá naměřená spotřeba uvažována jako spotřeba oběhových čerpadel. Jedinou výjimku tvořil měsíc listopad. Pokud spotřeba v tomto měsíci byla evidentně vyšší a dle dosahovaných příkonů bylo zřejmé, že byl v provozu zdroj chladu, byla odečtena pouze část spotřeby odpovídající spotřebě oběhových čerpadel. V případě chladicího období byly měsíční spotřeby poníženy o průměrnou měsíční spotřebu oběhových čerpadel mimo chladicí období v příslušných letech.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.81 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.8

Tab. 55 Výsledky měření budovy č. 8 v roce 2012

Tab. 56 Výsledky měření budovy č. 8 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	4 382
2	2012	0	0,00%	0	0	4 501
3	2012	0	0,00%	3	0	4 927
4	2012	0	0,00%	2	0	11 071
5	2012	427	0,51%	1	65	16 500
6	2012	17 064	20,37%	30	177	17 064
7	2012	20 017	23,89%	31	187	20 017
8	2012	22 158	26,45%	31	198	22 158
9	2012	12 738	15,20%	30	128	12 738
10	2012	10 389	12,40%	31	97	10 389
11	2012	991	1,18%	6	13	6 000
12	2012	0	0,00%	0	0	5 600
celkem		83 784		165	198	77 115
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 424	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					15,4	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					14,2	

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2013	3 624	2,65%	20	20	5 607
2	2013	5 055	3,70%	28	19	5 055
3	2013	5 570	4,08%	31	17	5 570
4	2013	10 000	7,32%	30	156	10 000
5	2013	12 750	9,33%	31	96	12 750
6	2013	17 722	12,97%	30	181	17 722
7	2013	26 489	19,38%	31	156	26 489
8	2013	24 735	18,10%	31	156	24 735
9	2013	12 256	8,97%	30	156	12 256
10	2013	12 402	9,07%	31	89	12 402
11	2013	5 315	3,89%	18	81	7 464
12	2013	759	0,55%	5	15	5 000
celkem		136 678		316	181	81 355
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 424	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					25,2	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					15,0	

Tab. 57 Výsledky měření budovy č. 8 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	4 916	4,11%	31	50	4 916
2	2014	4 258	3,56%	28	11	4 258
3	2014	4 721	3,95%	31	12	4 721
4	2014	5 874	4,91%	30	160	5 874
5	2014	12 363	10,34%	31	153	12 363
6	2014	15 517	12,98%	30	169	15 517
7	2014	24 549	20,53%	31	150	24 549
8	2014	17 204	14,39%	31	122	17 204
9	2014	11 330	9,48%	30	148	11 330
10	2014	9 754	8,16%	31	84	9 754
11	2014	4 460	3,73%	30	12	4 460
12	2014	4 617	3,86%	31	12	4 617
celkem		119 563		365	169	64 430
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 424	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					22,0	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					11,9	

Tab. 58 Výsledky měření budovy č. 8 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	4 606	4,16%	31	12	4 606
2	2015	4 191	3,78%	28	12	4 191
3	2015	4 491	4,05%	30	13	4 491
4	2015	665	0,60%	2	70	7 628
5	2015	12 562	11,34%	31	116	12 562
6	2015	14 125	12,75%	30	162	14 125
7	2015	29 455	26,59%	31	141	29 455
8	2015	28 015	25,29%	31	190	28 015
9	2015	12 024	10,85%	30	175	12 024
10	2015	647	0,58%	5	9	9 414
11	2015	0	0,00%	0	0	5 000
12	2015	0	0,00%	0	0	5 072
celkem		110 782		249	190	80 518
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 424	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					20,4	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					14,8	

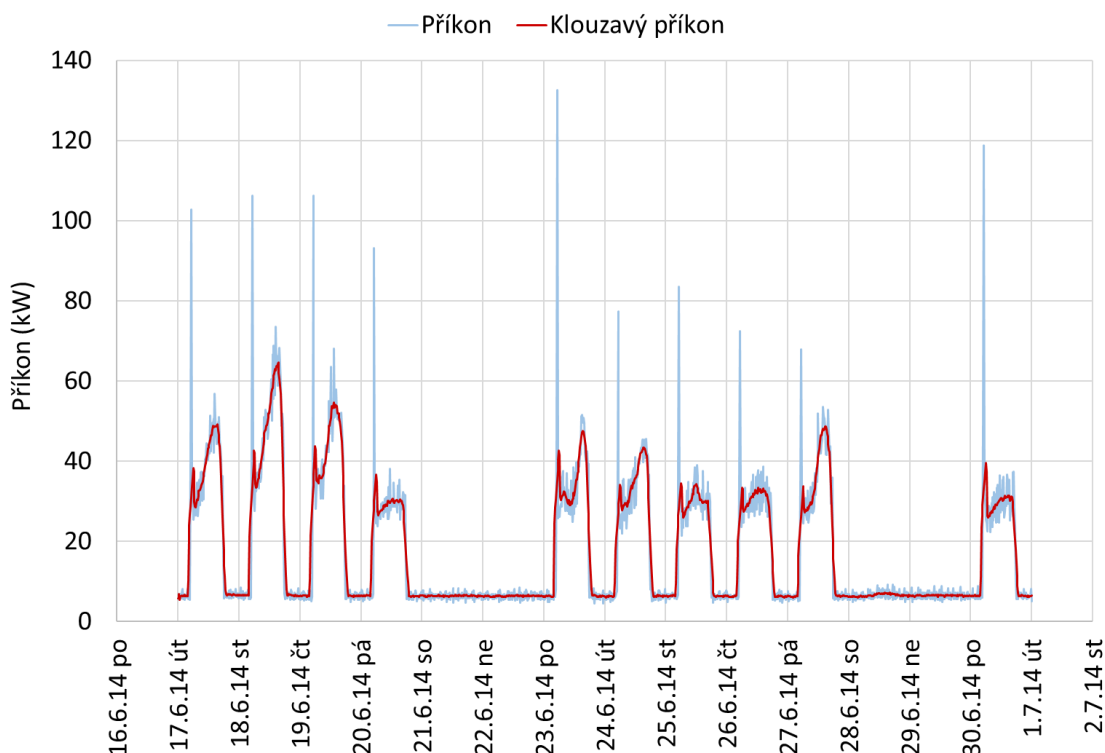
Tab. 59 Výsledky měření budovy č. 8 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0	4 382
2	2016	0	0,00%	0	0	4 501
3	2016	0	0,00%	0	0	4 927
4	2016	0	0,00%	0	0	7 599
5	2016	0	0,00%	0	0	12 558
6	2016	0	0,00%	0	0	16 107
7	2016	11 066	18,96%	15	176	22 132
8	2016	18 685	32,02%	31	193	18 685
9	2016	16 242	27,83%	30	168	16 242
10	2016	5 112	8,76%	31	70	5 112
11	2016	4 199	7,19%	30	11	4 199
12	2016	3 058	5,24%	23	12	4 121
celkem		58 363		160	193	67 453
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					5 424	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					10,8	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					12,4	

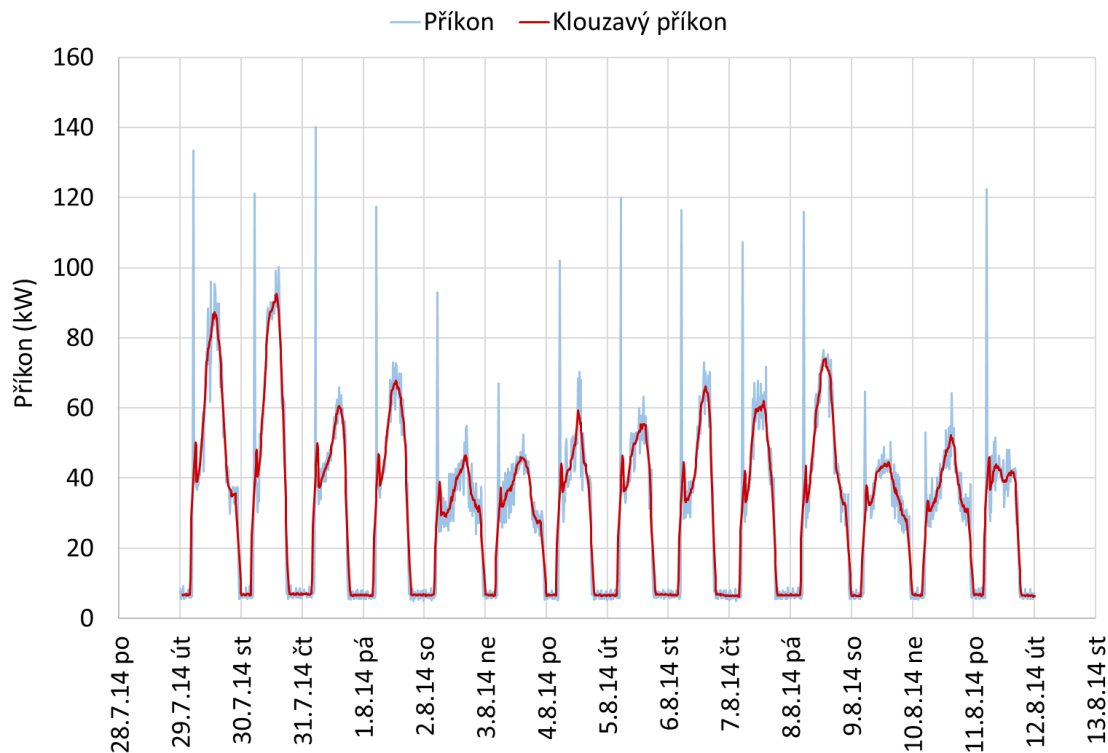
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Na grafech jsou znázorněny tři různé typické průběhy příkonu zdroje chladu a jeden extrémní průběh z klimaticky abnormálního léta 2015. Z grafů na Obr. 5.82, Obr. 5.83 a Obr. 5.84, které znázorňují průběh příkonu v hlavním chladicím období, je patrné pravidelné spínání zdroje v brzkých ranních hodinách, následný nárůst a pokles příkonu v průběhu dne a jeho útlum v nočních hodinách. Během útlumu nedochází k poklesu příkonu

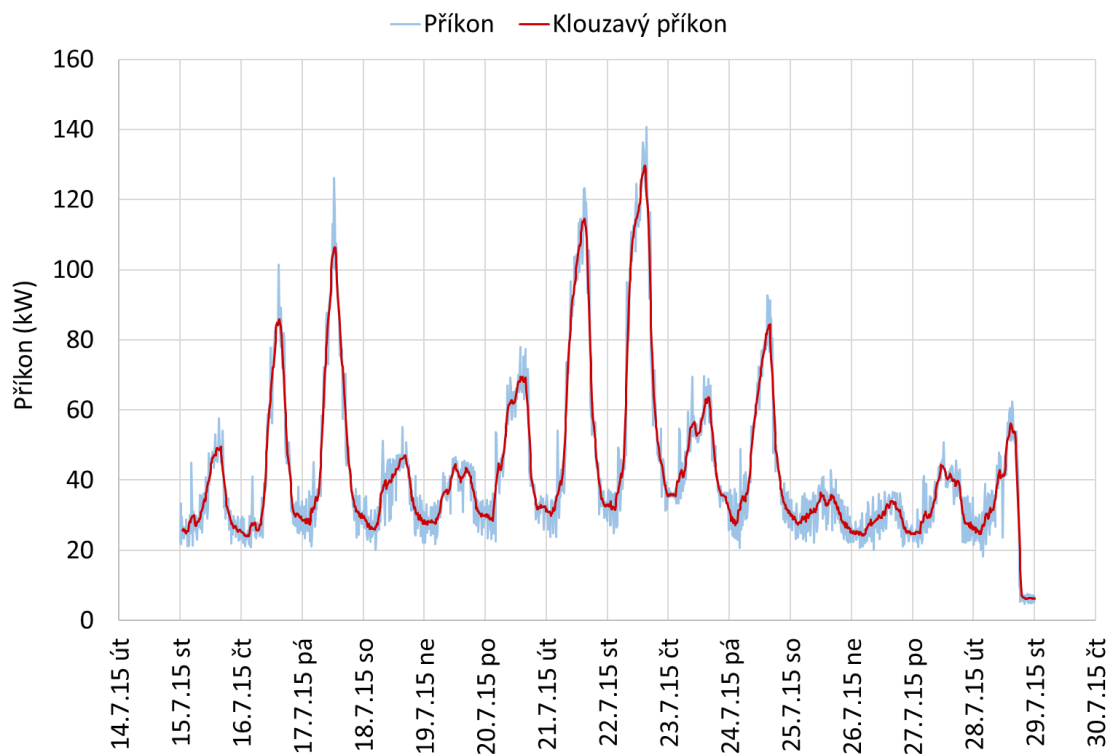
na nulu, ale drží se téměř konstantně na hodnotách pohybujících se kolem 10 kW. To však neplatí pro graf na Obr. 5.84, který zachycuje průběh příkonu v klimaticky extrémním červenci roku 2015. V tomto případě k nočním útlumům také dochází, nicméně hodnota příkonu během útlumu se pohybuje kolem 30 kW. Je tedy zřejmé, že objekt bylo třeba chladit i v nočních hodinách. Z grafu je dále vidět, že po ranním sepnutí zdroje nedochází k dosažení maximálních denních hodnot příkonu a jeho následnému prudkému poklesu, jako je tomu na Obr. 5.82 a Obr. 5.83, ale příkon od konce nočního útlumu strmě roste a po dosažení maximálních denních hodnot příkonu v odpoledních hodinách opět strmě klesá do nočního útlumu. Jak již bylo zmíněno, v průběhu roku se vyskytují období, kdy přestane docházet k víkendovým útlumům zdroje chladu. Zpravidla je to v červenci a srpnu, kdy je potřeba chladu největší a aby bylo možné objekt uchladit, je pravděpodobně nutné chladit i o víkendech. Na Obr. 5.82 je znázorněn průběh příkonu v červnu roku 2014. Z průběhu příkonu jsou patrné výrazné víkendové útlumy zdroje chladu. Naproti tomu na Obr. 5.83 a Obr. 5.84 o víkendech příkon pouze dosahuje nižších hodnot, k plnému víkendovému útlumu však nedochází. Z uvedených průběhů příkonů je patrné, že výkon zdroje chladu je v hlavním chladicím období řízen plynule. Na Obr. 5.85 je pak znázorněn typický průběh příkonu mimo chladicí období, způsobený činností oběhových čerpadel. Příkon se relativně stabilně pohybuje mezi hodnotami 3 kW až 12 kW. Na Obr. 5.86 je znázorněn typický detailní průběh příkonu zdroje chladu.



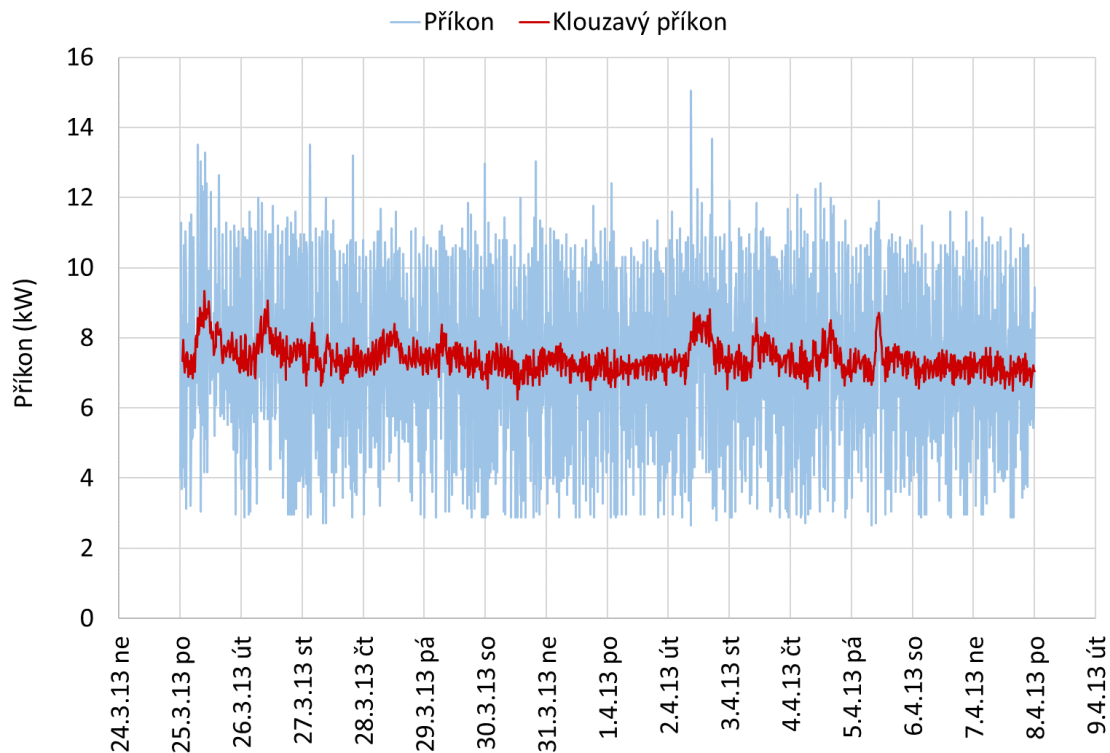
Obr. 5.82 Typický průběh příkonu zdroje chladu s víkendovými útlumy pro období 14 dní v roce 2014



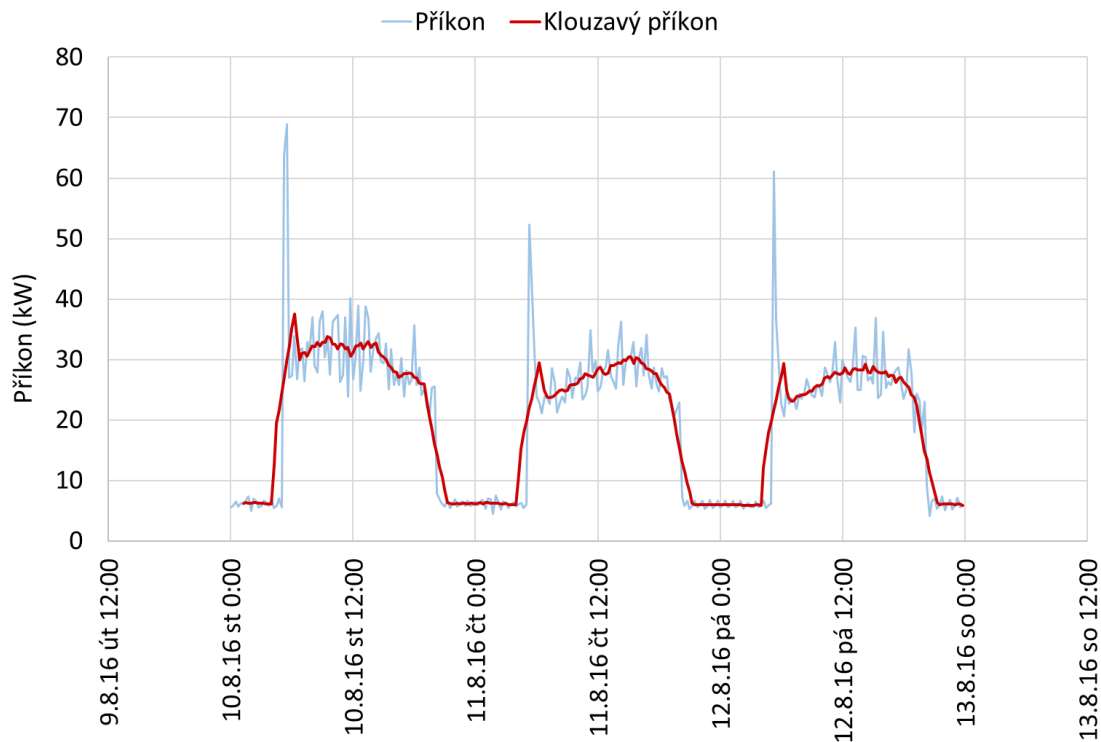
Obr. 5.83 Typický průběh příkonu zdroje chladu bez víkendových útlumů pro období 14 dní v roce 2014



Obr. 5.84 Extrémní průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2015



Obr. 5.85 Průběh příkonu mimo chladicí období pro období 14 dní v roce 2013 způsobený činností oběhových čerpadel



Obr. 5.86 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 3 dny v roce 2014

5.8.4. Závěr budova č. 8

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. Kromě většího výpadku v měření, které nastalo od října 2015 do přibližně poloviny července 2015 jsou data téměř kompletní. Chybějící data byla doplněna odhadem, případně dopočítána. V objektu dochází k chlazení přibližně od dubna do konce října. Mimo toto období měsíční spotřeba přibližně 5 000 kWh odpovídá činnosti oběhových čerpadel (v měření je obsažena strojovna chlazení). V případě, že by mimo chladicí období byla tato čerpadla odstavena, bylo by možné ušetřit přibližně 25 000 kWh elektrické energie ročně. Což odpovídá přibližně dvacetiprocentní úspoře elektrické energie ročně (vztaženo k celkové naměřené roční spotřebě strojovny). Během chladicího období objektu je výkon zdroje chladu řízen plynule a téměř po celou dobu dochází k víkendovým útlumům. V průběhu měsíců července a srpna, kdy je potřeba chladu jednoznačně nejvyšší, dochází k období, ve kterém je budova chlazena i o víkendech. Průměrná spotřeba za měřené období vztažená ke klimatizované podlahové ploše 5 424 m² s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb a při odečtení spotřeb oběhových čerpadel činí 13,7 kWh/m².

5.9. Budova č. 9

5.9.1. Popis objektu

Objekt se nachází v Praze. Jedná se o administrativní budovu o pěti nadzemních a jednom podzemním podlaží postavenou v roce 1990. Podzemní podlaží objektu je z převážné části využito jako parkoviště, jeho menší část pro administrativní účely. V prvním až pátém nadzemním podlaží se nachází pronajímatelné kancelářské prostory. Na střeše budovy je postavena nástavba, ve které jsou situovány strojovna vzduchotechniky a strojovna chladu.

Hlavní konstrukci budovy tvoří skeletová konstrukce z železobetonu. Obvodový plášť budovy je tvořen zateplenými železobetonovými stěnami. Před fasádou směrem do ulice je ponechána původní historická fasáda bývalého objektu, na jehož pozemku je stávající objekt postaven. Původní fasáda je spojena s budovou ocelovými táhly.

V objektu jsou použita zdvojená plastová okna s izolačními dvojskly. Procento prosklení západní fasády (fasáda směrem do ulice) činí přibližně 54 %. Před touto fasádou však stojí původní historická fasáda, která není v uvedeném koeficientu prosklení zohledněna. Východní fasáda objektu (fasáda směrem do dvora) je prosklena přibližně z 44 %. Okna této fasády jsou opatřena manuálně ovládanými venkovními vertikálními žaluziemi. Okna západní fasády nejsou stíněna žádnými stínícími prvky, jsou však cloněna předsazenou historickou fasádou. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 60.

Objekt je v provozu PO-PÁ přibližně od 8:00 do 18:00.

Tab. 60 Základní údaje o budově č. 9

Lokace	Praha 7, Holešovice
Účel	Administrativní budova
Orientace podélné osy budovy	Sever – jih
Zastavěná plocha	892 m ²
Celková podlahová plocha	3 472 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	3 120 m ²
Ostatní podlahové plochy	820 m ²
Obsazenost objektu	Cca 200 osob
Provoz	PO-PÁ 8:00 – 18:00
Procento prosklení západní fasády	54 %
Procento prosklení východní fasády	44 %
Stínící prvky	Východní fasáda – manuálně ovládané vertikální venkovní žaluzie Západní fasáda – cloněna předsazenou historickou fasádou

5.9.2. Popis klimatizačního systému

V objektu je instalován vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a vzduchotechnika. Převážná část objektu je větrána přirozeně okny, vzduchotechnický systém slouží především pro větrání centrální části objektu, kterou nelze větrat přirozeně. Konkrétně jsou nuceným přívodem a odvodem vzduchu opatřeny centrální místnosti, toalety v kancelářských prostorech v druhém až pátém nadzemním podlaží, chodba a recepce v přízemí a kanceláře v přízemí a v podzemním podlaží. Pro úpravu a přívod čerstvého a odvod znehodnoceného vzduchu slouží dvě vzduchotechnické jednotky umístěné na střeše objektu. Ventilátory vzduchotechnických jednotek nemají frekvenční měniče a lze je regulovat pouze dvoustupňově. Výměníky zpětného získávání tepla vzduchotechnických jednotek jsou deskové s teplotním faktorem 43 %. Vlhčení přívodního vzduchu není v systému instalováno. Pro distribuci a odvod vzduchu jsou v nuceně větraných prostorech instalovány přívodní a odvodní anemostaty. Pro odvod tepelné zátěže jsou mimo vzduchový systém ve většině objektu instalovány ventilátorové konvektory s plynule regulovaným trojcestným ventilem a napojením na prostorový termostat s možností individuálního nastavení chladicího výkonu změnou otáček ventilátoru a nastavením trojcestné armatury. Chladicí voda pro ventilátorové konvektory a pro výměníky vzduchotechnických jednotek je vyráběna ve zdroji chladu umístěném na střeše objektu. Teplotní spád hlavního rozvodu chladicí vody, na který jsou přímo napojeny výměníky vzduchotechnických jednotek je 6/12 °C. Okruh ventilátorových

konvektorů z hlediska potlačení kondenzace a nežádoucího odvlhčování vnitřních prostor a z energetických důvodů pracuje s vyšším teplotním spádem, který činí 9/14 °C.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jako zdroj chladu pro ventilátorové konvektory a výměníky vzduchotechnických jednotek slouží dvojice chladicích strojů TRANE CGAH 250 vyrobených v roce 1996. Chladicí výkon každého stroje činí 156 kW, jmenovitý příkon je 36 kW. Na pokrytí potřeby chladu by měl dle dostupných informací postačovat chladicí výkon jednoho zdroje. Druhý zdroj tak slouží jako stoprocentní záloha. Pro rovnoměrné opotřebení obou chladicích strojů dochází k jejich pravidelnému střídání přibližně po týdnu provozu. Chladicí stroje jsou spouštěny ručně, a to pouze v případě dosažení určité venkovní teploty. Po dosažení této teploty obsluha spustí jeden zdroj chladu. Pokud dojde k dosažení druhé vyšší pevně stanovené venkovní teploty (32 °C), povoluje se chod i druhého zdroje chladu.

Dále se v objektu nachází další samostatné klimatizační zařízení pro chlazení serveru.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno prostřednictvím vzduchem chlazených kondenzátorů.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení se nevyužívá.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

V chladicím okruhu jsou osazena celkem 4 oběhová čerpadla, provedená vždy ve dvojicích. Pro okruh ventilátorových konvektorů je použita dvojice oběhových čerpadel Grundfos o celkovém příkonu 6 kW, pro okruh chladicí vody pro vzduchotechniku je použita dvojice čerpadel Grundfos o celkovém příkonu 6 kW.

Vzduchotechnické jednotky umístěné na střeše objektu jsou vybaveny výměníky pro ohřev a chlazení vzduchu a deskovými výměníky zpětného získávání tepla o teplotním faktoru 43 %. Ventilátory vzduchotechnických jednotek mají dvoustupňovou regulaci otáček.

Akumulace chladu

V systému chlazení je instalována akumulární nádrž o objemu 0,8 m³.

Tab. 61 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 9

Typ systému	Vodní s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
TRANE CGAH 250	156	36
TRANE CGAH 250	156	36
Σ	312	72
Odvod kondenzačního tepla – vzduchem chlazené kondenzátory		
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Čerpadla chladicího okruhu VZT	Grundfos (2 x 3 kW)	6
Čerpadla chladicího okruhu FCU	Grundfos (2 x 3 kW)	6
Σ		12
Akumulace chladu	Akumulační nádrž – objem 0,8 m ³	

5.9.3. Měření dat

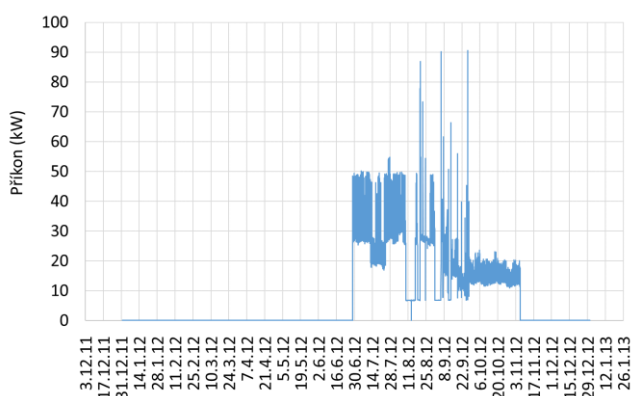
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie dvou chladicích strojů TRANE CGAH 250 (výrobní čísla 1-EK63195 a EKC3196). Měření bylo instalováno 28. 6. 2012. Chladicí stroje jsou připojeny na pojistkový vývod 3x250A, který je na každé fázi osazen přístrojovými transformátory proudu MTP 250/5 A. Spotřeba elektrické energie je měřena pomocí transformátorů proudu a třífázového elektroměru typ Maneler 9911D s výrobním číslem 0071804, jehož konstanta je upravena tak, aby ukazoval celkovou spotřebu v kWh (převod 250/5). Data z výstupu elektroměru jsou zaznamenávána do dataloggeru (typ S7021) s výrobním číslem 12930673. Přepočtení vstupní veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 256 impulsů ($12\,800 / (250/5) = 256$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

Naměřená data

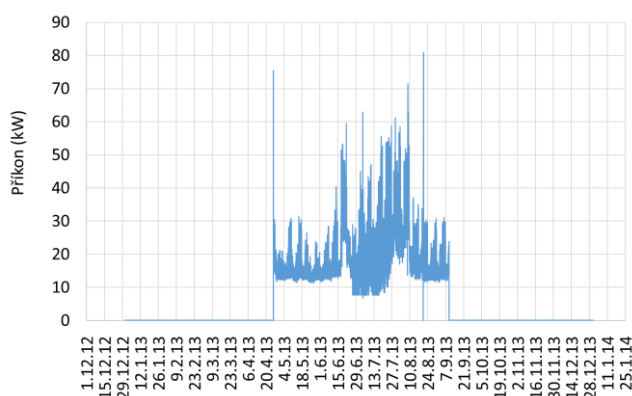
Měřením byla získána patnáctiminutová data spotřeby zdroje chladu v období 2012–2016. Monitoring zdroje chladu byl instalován na konci června 2012, nicméně během sledovaného období došlo k několika výpadkům měření. Především se jedná o velký výpadek mezi dubnem 2015 a přibližně polovinou července 2016. Ostatní data jsou až na výjimky téměř kompletní. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Červeně jsou zvýrazněny počty dní, kdy nejsou k dispozici detailní 15minutová data v průběhu celého měsíce, ale celková hodnota spotřeby v tomto měsíci odpovídá

uvedenému počtu dní. Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, které zobrazují průběh aktuálních příkonů zdroje chladu v jednotlivých letech.

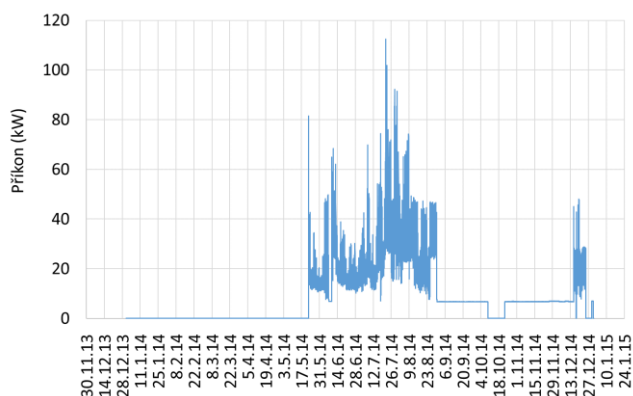
Na grafech průběhů příkonů z let 2013 a 2014, kdy jsou k dispozici detailní data od začátku roku, je vidět náhlé spuštění zdroje chladu a krátkodobé dosažení příkonu, který převyšuje součet nominálních příkonů obou chladicích strojů (72 kW). Toto sepnutí zdroje chladu nastalo v roce 2013 v dubnu a v roce 2014 v květnu a pravděpodobně souvisí s ručním spouštěním chladicích strojů, pokud dojde k dosažení určité venkovní teploty. Z grafů je dále patrné, že příkon zdroje chladu je v prvních třech měsících roku pravidelně nulový. Na grafech je dále vidět nárůst příkonů v letních měsících, ve kterých je dosahováno nejvyšších hodnot příkonů za celý rok. Hodnota příkonu během období, kdy se chladí i při útlumech zpravidla neklesá pod 10 kW. V roce 2014 jak vyplývá z grafu na Obr. 5.89 bylo chlazení aktivní i v zimních měsících, v období přibližně od září do prosince byl příkon téměř konstantně 7 kW. Na Obr. 5.90 znázorňujícím průběh příkonu v roce 2016 je vidět, že byl zdroj chladu od začátku října aktivní pouze v měsíci prosinci. Z ostatních let bohužel nejsou detailní data k dispozici, nicméně z dostupných dat vyplývá, že chlazení bylo určitě v provozu i v zimních měsících roku 2012. Maximální příkony zdroje chladu se zpravidla pohybují kolem 80 až 90 kW. Absolutní maximum příkonu za sledované období bylo naměřeno 21. 7. 2014 v 16:30 hodin a činilo extrémních 112 kW. Nejen tato hodnota, ale i hodnoty maximálních příkonů v ostatních letech značně převyšují součet nominálních příkonů obou chladicích strojů. Uvedeným dosahovaným příkonům se vymyká rok 2016, kdy maximální dosažený příkon činí 31 kW a obecně jsou příkony během roku přibližně poloviční oproti ostatním rokům. Vzhledem k tomu, že rok 2016 nebyl klimaticky výrazně odlišný od předchozích let, je pravděpodobné, že byl z nějakých důvodů v provozu pouze jeden chladicí stroj o nominálním příkonu 36 kW. Případně je možné, že byly v provozu oba chladicí stroje, které se střídaly v provozu, ale nebyly v provozu současně. Víkendové útlumy nejsou z grafů patrné.



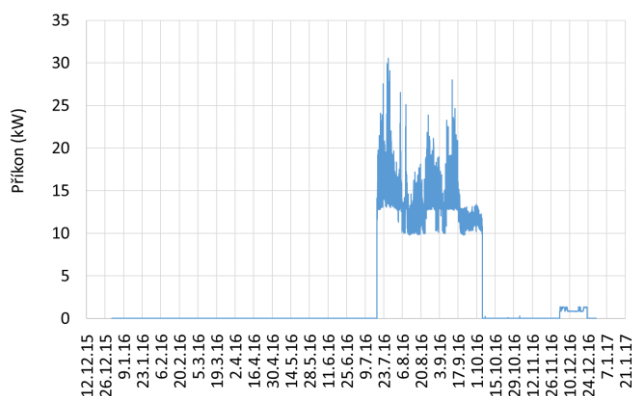
Obr. 5.87 Příkon zdroje chladu za rok 2012



Obr. 5.88 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.89 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.90 Příkon zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.91 níže. Z obrázku je zřejmé, že nejvyšších spotřeb je dosahováno v letních měsících. Maximálních hodnot spotřeb elektrické energie zdroje chladu v jednotlivých letech je bez výjimky dosaženo v červenci. Nejvyšší spotřeba zdroje chladu za sledované období byla naměřena v červenci roku 2012 a činila 23 072 kWh.

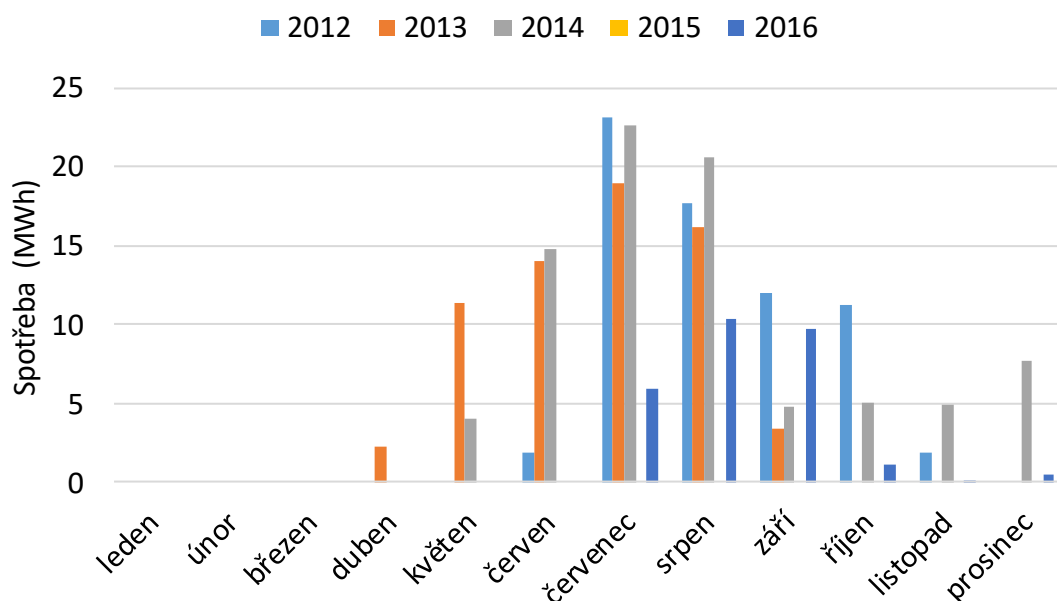
Ve většině roku 2015 došlo k výpadku měření a celková hodnota spotřeby tak byla částečně dopočítána a částečně odhadnuta na základě hodnot spotřeby z odečtu elektroměrů a spotřeby naměřené v ostatních letech. Stavby elektroměrů jsou uvedeny v Tab. 62. Odhad spotřeby v roce 2015 byl proveden tak, že od spotřeby obou chladicích strojů za období 20.6.2013 až 22.12.2016 dle stavu elektroměrů, která činí 286 867 kWh, byla odečtena spotřeba části roku 2013, celého roku 2014 a roku 2016. Značnou nepřesnost do odhadu celkové spotřeby v roce 2015 však vnáší rok 2016, jehož prvních sedm měsíců není naměřeno a tyto měsíční spotřeby byly odhadnuty zprůměrováním naměřených hodnot spotřeb z příslušných měsíců ostatních let. Dále mají na výsledek celkové spotřeby vliv odhady měsíčních spotřeb v říjnu, listopadu a prosinci roku 2013. Rok 2014 je mimo leden, kdy byla spotřeba s velkou pravděpodobností nulová, naměřen kompletně. Uvedeným způsobem odhadnutá spotřeba v roce 2015 činí 78 259 kWh což je hodnota, která relativně odpovídá hodnotám celkových spotřeb z ostatních let, jejichž průměrná hodnota činí cca 83 000 kWh. Tomuto průměru se nejvíce vymyká celková (doplněná) spotřeba v roce 2012, která činí 103 388 kWh. Tato výchylna může být způsobena zprůměrováním doplněnými odhady v dubnu, květnu a červnu, nelze však ani vyloučit, že je vyšší spotřeba způsobena změnami v klimatizačním systému či změnami v řízení chladicích strojů.

Tab. 62 Odečty elektroměru zdroje chladu budovy č. 9

Datum	Stav číselníku elektroměru (kWh)
28.06.2012 0:00	0,0
20.06.2013 13:30	104 979,7
23.12.2016 0:00	391 846,2

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Chybějící měsíční spotřeby elektrické energie byly odhadnuty, případně zprůměrovány z let, kdy jsou tato data k dispozici. V některých případech byla odhadem pouze přerozdělena skutečná spotřeba zdroje chladu mezi jednotlivé měsíce období, ve kterém došlo k výpadku. Ve většině těchto případů pak bylo pro doplnění chybějících měsíčních spotřeb využito průměrných hodnot měsíčních spotřeb z let, kdy jsou tato k dispozici, a to s přihlédnutím k celkové skutečně naměřené spotřebě za dané období, tak aby se doplněná spotřeba rovnala skutečně naměřené. Tento postup byl využit v případech, kdy byly dostupné spotřeby zdroje chladu na začátku a konci období, ve kterém došlo k výpadku měření. Tímto způsobem byla doplněna spotřeba elektrické energie zdroje chladu v listopadu a prosinci 2012. Odhadem přerozdělené měsíční spotřeby, jejichž součet odpovídá skutečné naměřené spotřebě za dané období, jsou v tabulkách shrnujících výsledky měření, zvýrazněny fialově. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.91 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.9

Tab. 63 Výsledky měření budovy č. 9 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	0
2	2012	0	0,00%	0	0	0
3	2012	0	0,00%	0	0	0
4	2012	0	0,00%	0	0	1 133
5	2012	0	0,00%	0	0	7 721
6	2012	1 953	2,87%	3	49	14 432
7	2012	23 072	33,95%	31	55	23 072
8	2012	17 742	26,11%	31	87	17 742
9	2012	11 982	17,63%	30	91	11 982
10	2012	11 301	16,63%	31	24	11 301
11	2012	1 907	2,81%	6	20	9 533
12	2012	0	0,00%	0	0	6 472
celkem		67 956		132	91	103 388
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					3 120	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					21,8	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					33,1	

Tab. 64 Výsledky měření budovy č. 9 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	20	0	0
2	2013	0	0,00%	28	0	0
3	2013	0	0,00%	31	0	0
4	2013	2 266	3,41%	30	75	2 266
5	2013	11 392	17,15%	31	31	11 392
6	2013	14 075	21,19%	30	60	14 075
7	2013	18 984	28,58%	31	63	18 984
8	2013	16 237	24,45%	31	81	16 237
9	2013	3 464	5,22%	30	31	3 464
10	2013	0	0,00%	18	0	0
11	2013	0	0,00%	0	0	4 807
12	2013	0	0,00%	0	0	4 942
celkem		66 418		280	81	76 167
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					3 120	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					21,3	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					24,4	

Tab. 65 Výsledky měření budovy č. 9 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	0	0,00%	6	0	0
2	2014	0	0,00%	28	0	0
3	2014	0	0,00%	31	0	0
4	2014	0	0,00%	30	0	0
5	2014	4 051	4,80%	31	81	4 051
6	2014	14 790	17,51%	30	68	14 790
7	2014	22 590	26,75%	31	112	22 590
8	2014	20 612	24,40%	31	74	20 612
9	2014	4 859	5,75%	30	7	4 859
10	2014	5 024	5,95%	31	7	5 024
11	2014	4 888	5,79%	30	7	4 888
12	2014	7 649	9,06%	31	48	7 649
celkem		84 463		340	112	84 463
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					3 120	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					27,1	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					27,1	

Tab. 66 Výsledky měření budovy č. 9 v roce 2015

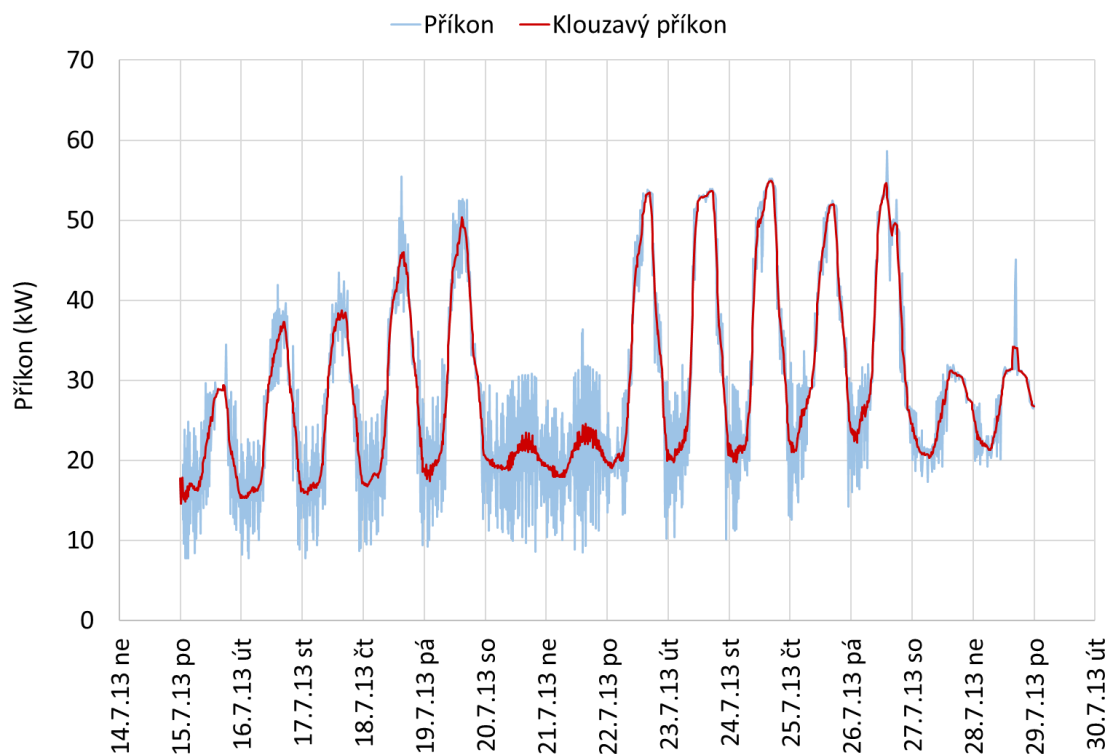
Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	0		31	0	0
2	2015	0		28	0	0
3	2015	0		30	0	0
4	2015	0		0	0	
5	2015	0		0	0	
6	2015	0		0	0	
7	2015	0		0	0	
8	2015	0		0	0	
9	2015	0		0	0	
10	2015	0		0	0	
11	2015	0		0	0	
12	2015	0		0	0	
celkem		0		89	0	78 259
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					3 120	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					0,0	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					25,1	

Tab. 67 Výsledky měření budovy č. 9 v roce 2016

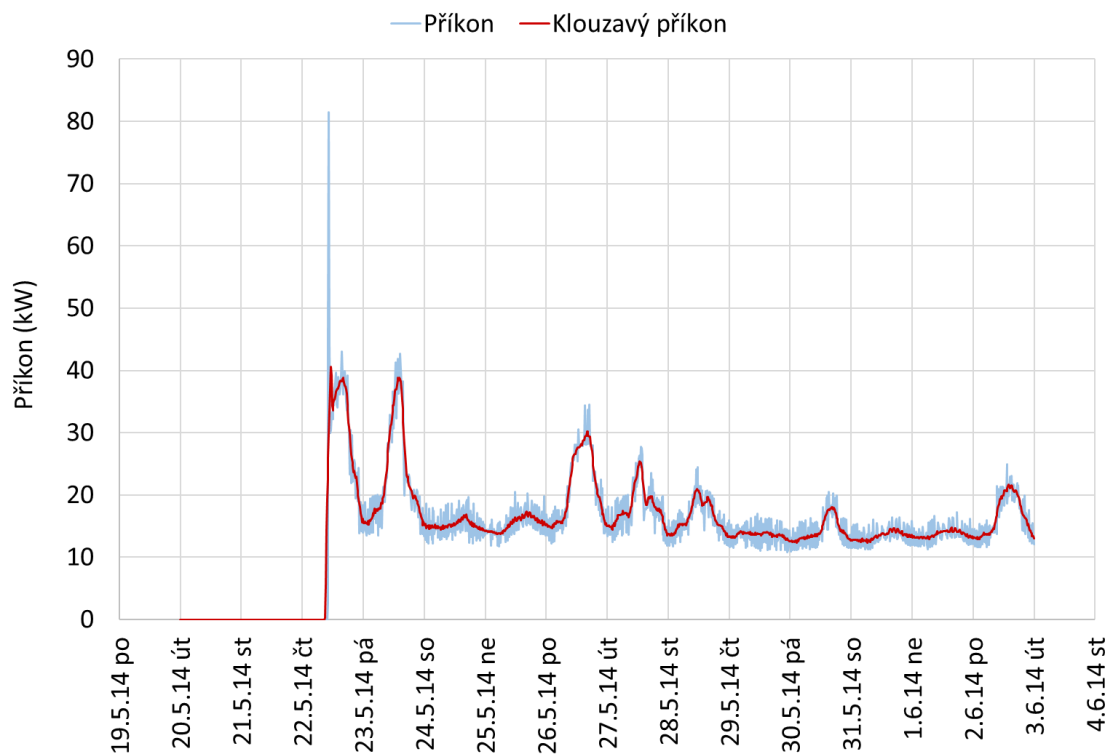
Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0	0
2	2016	0	0,00%	0	0	0
3	2016	0	0,00%	0	0	0
4	2016	0	0,00%	0	0	1 133
5	2016	0	0,00%	0	0	7 721
6	2016	0	0,00%	0	0	14 432
7	2016	5 921	21,42%	15	31	21 549
8	2016	10 336	37,38%	31	27	10 336
9	2016	9 708	35,11%	30	28	9 708
10	2016	1 162	4,20%	31	13	1 162
11	2016	0	0,00%	30	0	0
12	2016	522	1,89%	23	1	704
celkem		27 649		160	31	66 745
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					3 120	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]					8,9	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]					21,4	

Příkon zdroje chladu

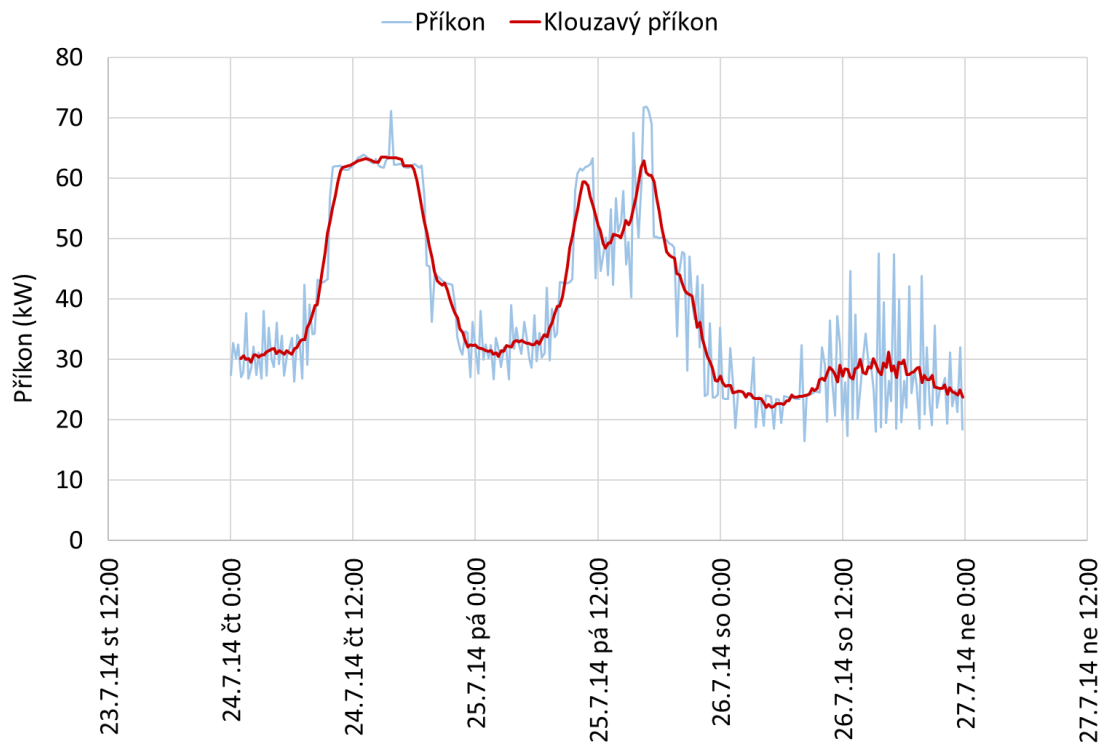
Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Na Obr. 5.92 a na Obr. 5.95 je znázorněn průběh příkonu zdroje chladu v letních měsících, kdy je potřeba chladu největší. Na grafech na obrázcích je patrný pravidelný začátek nárůstu příkonu po nočním útlumu kolem šesté hodiny ráno, následné postupné dosažení maximálních denních hodnot v odpoledních hodinách a poté postupný pokles příkonu a začátek nočního útlumu. V průběhu dne je výkon zdroje řízen víceméně plynule. Během nočního útlumu, kdy je potřeba chladu nižší, zdroj chladu značně cykluje a hodnoty příkonu se pohybují přibližně mezi 10 a 30 kW. Z grafů je dále evidentní, že o víkendech nedochází k úplnému vypnutí zdroje chladu, nicméně dochází k výraznému poklesu příkonu. Na Obr. 5.93 je znázorněn průběh příkonu na přelomu května a června roku 2014, kdy nebyla potřeba chladu tak vysoká jako je tomu v letním období. Graf tedy reprezentuje stav mimo hlavní chladicí období. Průběh příkonu zde nevykazuje pravidelný charakter. Velkou část zobrazeného období se příkon pohybuje přibližně kolem 15 kW a zdroj chladu znatelně cykluje. Na grafu je dále zachycen start zdroje chladu po zimním období, kdy nebyl v provozu. Ke startu zdroje chladu došlo 22. května a projevilo se to skokovým nárůstem a poklesem příkonu při dosažení příkonu 81 kW. Na Obr. 5.94 a Obr. 5.95 je zobrazen detailní průběh příkonu v letních obdobích let 2014 a 2016. Z grafů na obrázcích je patrné, že v případě roku 2016 se příkon zdroje chladu pohybuje výrazně níže a v průběhu celého roku nedošlo k přesazení hodnoty 31 kW. Dále je evidentní, že zdroj chladu znatelně méně cykluje. Je tak velmi pravděpodobné, že v roce 2016 byl v provozu opravdu pouze jeden chladicí stroj.



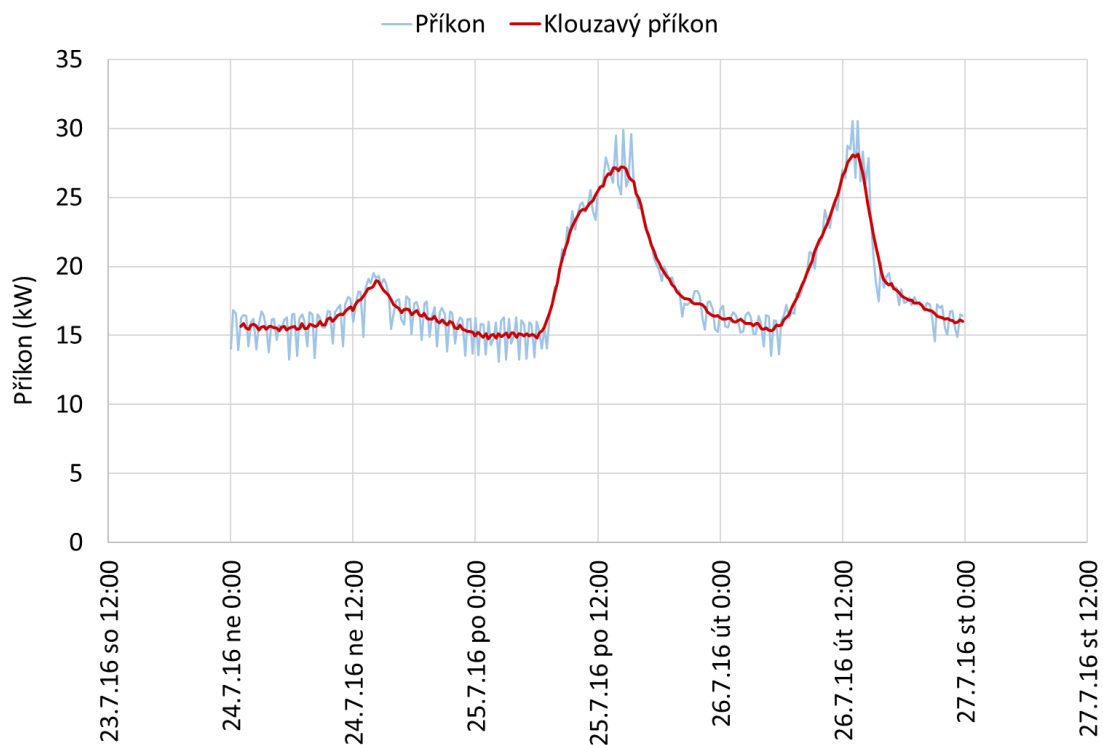
Obr. 5.92 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro v letním v období 14 dní v roce 2013



Obr. 5.93 Typický průběh příkonu zdroje chladu mimo letní období pro období 14 dní v roce 2014



Obr. 5.94 Typický průběh příkonu pro období 3 dny v roce 2014



Obr. 5.95 Průběh příkonu pro období 3 dny v roce 2016

5.9.4. Závěr budova č. 9

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. V datech jsou bohužel značné výpadky a chybějící data tak musela být doplněna odhadem, případně dopočítána. Mimo první tři měsíce roku je dle dostupných dat chlazení v provozu po celý rok. V případě nižších hodnot příkonů, přibližně pod 30 kW zdroj chladu znatelně cykluje, což je patrné zvláště při nočních a víkendových poklesech příkonu zdroje chladu. V případě vyšších příkonů je zdroj chladu řízen víceméně plynule. Tomuto se částečně vymyká rok 2016 během kterého příkon dosahuje přibližně polovičních hodnot než v ostatních letech (cca do 30 kW) a přesto je výkon zdroje chladu řízen relativně plynule. Možným vysvětlením je, že byl v tomto roce v provozu pouze jeden chladicí stroj, jehož nominální příkon činí 36 kW. O víkendech nedochází k úplnému vypnutí zdroje chladu, ale k znatelnému poklesu příkonu. Průměrná spotřeba za měřené období vztažená ke klimatizované podlahové ploše 3 120 m² činí 19,8 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 26,2 kWh/m².

5.10. Budova č. 10

5.10.1. Popis objektu

Tento objekt je využíván jako hotel a nachází se na Praze 2. Původní stavba pochází z 1. republiky, v roce 2010 však došlo ke kompletní rekonstrukci objektu. Hotel má sedm nadzemních a jedno podzemní podlaží, ve kterém se nachází technické prostory a dva velkokapacitní pokoje, včetně příslušenství. Hotelová recepce, restaurace s kuchyní, čítárna a společenský sál jsou situovány v prvním nadzemním podlaží. V druhém až sedmém nadzemním podlaží se nacházejí hotelové pokoje.

Objekt je zděný. Převážná většina obvodového pláště budovy je tvořena cihelným zdivem, část objektu směrem do dvora, která byla vybudována až dodatečně, je částečně zděná a částečně z železobetonu.

Přesné skladby obalových konstrukcí ani výplňových otvorů nejsou známy, neboť nebyla doložena kompletní projektová dokumentace. Okna v objektu jsou pravděpodobně dřevěná EURO okna s izolačním dvojsklem. Procento prosklení severní fasády činí přibližně 50 % a jižní fasáda je prosklena zhruba z 35 %. Východní a západní fasáda hotelu přiléhá k sousedním objektům. Okna jižní fasády jsou opatřena aktivním stíněním venkovními žaluziemi, jejichž ovládání je napojeno na systém MaR. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 68.

Vzhledem k účelu objektu je jeho provoz takřka nepřetržitý. Obsazenost objektu je dle informací z objektu vysoká.

Tab. 68 Základní údaje o budově č. 10

Lokace	Praha 2
Účel	Hotel
Orientace podélné osy budovy	Východ – západ
Zastavěná plocha	720 m ²
Celková podlahová plocha	3 400 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	2 700 m ² (odhad)
Ostatní podlahové plochy	700 m ² (odhad)
Obsazenost objektu	Kapacita zařízení je 290 lůžek
Provoz	Nepřetržitý
Procento prosklení severní fasády	50 %
Procento prosklení jižní fasády	35 %
Stínící prvky	Jižní fasáda - aktivní stínění venkovními žaluziemi

5.10.2. Popis klimatizačního systému

V hotelu je instalován vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a vzduchotechnika. Větrání částí objektu, kde je to možné je přirozené. V prostorách budovy, které nejsou situovány u fasád s otevíratelnými okny, nebo je to nutné vzhledem k jejich charakteru, je větrání nucené. Celkem je v objektu instalováno 6 vzduchotechnických jednotek, které jsou umístěny ve dvou strojovnách vzduchotechniky v prvním podzemním podlaží. Dále jsou v objektu instalovány další jednotky, které slouží především pro odtah vzduchu. Jako koncové prvky vzduchotechniky jsou použity anemostaty, talířové ventily, přívodní vyústky a přívodní dvouřadé vyústky s první řadou lamel svislou. Pro odvod tepelné zátěže jsou v hotelových pokojích instalovány ventilátorové konvektory. Výrobu chladicí vody pro výměníky vzduchotechnických jednotek a pro ventilátorové konvektory zajišťuje bloková chladicí jednotka s kompaktním vzduchem chlazeným kondenzátorem umístěná ve strojovně chlady v prvním podzemním podlaží budovy. Chlazená voda je od výparníku chladicí jednotky přivedena k rozdělovači, který je umístěn ve strojovně chlazení. Rozvod chlady od tohoto rozdělovače je rozdělen vzhledem k provozním podmínkám na zcela samostatné zóny, a to pro vzduchotechnické jednotky a pro ventilátorové konvektory. Dvě samostatné větve jsou pro dvě strojovny vzduchotechniky a tři větve jsou pro ventilátorové konvektory pro severní část objektu, jižní část objektu a „malý objekt“. Výkon výměníků chlady vzduchotechnických jednotek i výkon ventilátorových konvektorů je řízen pomocí trojcestných regulačních ventilů. Odvod kondenzačního tepla od chladicí jednotky je pomocí výkonných radiálních ventilátorů stavební šachtou, která bezprostředně sousedí se strojovnou chlazení. Chladicí vzduch je ke kondenzátoru vzduchotechnické jednotky přiváděn z prostoru ulice přilehlé k objektu.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Zdrojem chladu v této budově je bloková chladicí jednotka AERMEC, NRC0750DL00V1 vyrobená v roce 2009. Chladicí jednotka má kompaktní vzduchem chlazený kondenzátor s radiálními ventilátory a je umístěna ve strojovně chladu v prvním podzemním podlaží objektu. Chladicí výkon jednotky je 160 kW a její nominální elektrický příkon činí 74,9 kW. Chladicí jednotka pracuje s chladivem R407c.

Dále se v objektu nachází další samostatné klimatizační zařízení pro chlazení serveru.

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je od kondenzátoru chladicího stroje odváděné pomocí dvojice výkonných radiálních ventilátorů stavebně vystrojenou vertikální vzduchovou šachtou. Přívod chladicího vzduchu ke kondenzátoru je z ulice. Na sání i výstup z komory kondenzátoru jsou instalovány tlumiče hluku.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení je využito pro vytápění objektu. Při chodu chladicí jednotka produkuje přibližně 50 kW tepelného výkonu.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

V chladicím okruhu je celkem osazeno šest dvojic zdvojených oběhových čerpadel. Jedno z dvojice čerpadel vždy slouží jako provozní, druhé čerpadlo slouží jako 100 % rezerva a v případě potřeby je automaticky spuštěno. Jako hlavní oběhové čerpadlo slouží zdvojené čerpadlo KSB o příkonu 2 x 1,5 kW. Pro větve pro strojovny vzduchotechniky jsou použita čerpadla KSB o příkonech 2 x 0,75 kW a 2 x 1,5 kW. Pro větev „SEVER“ k ventilátorovým konvektorům jsou použita čerpadla KSB o příkonu 2 x 0,75 kW. Pro větve ventilátorových konvektorů „JIH“ a „MALÝ OBJEKT“ jsou použita čerpadla KSB o příkonech 2 x 0,55 kW a 2 x 0,37 kW.

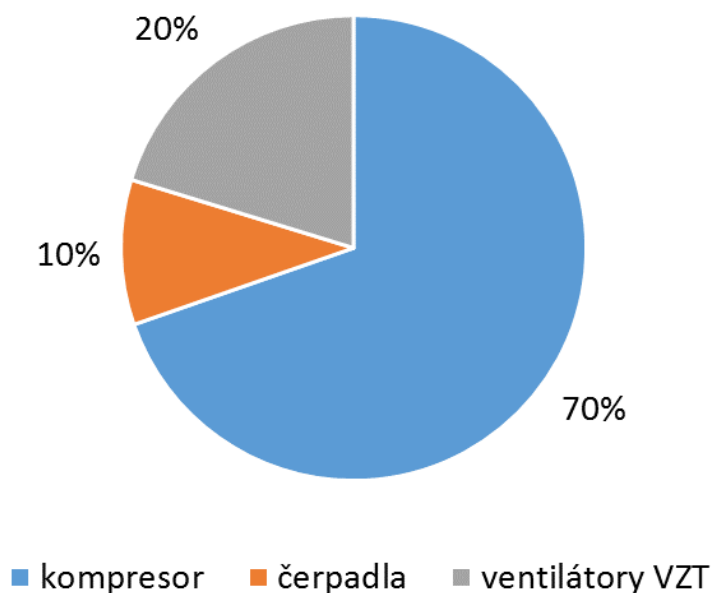
Celkem 6 vzduchotechnických jednotek je umístěno ve dvou strojovnách vzduchotechniky v prvním podzemním podlaží objektu. Vzduchotechnické jednotky jsou vybaveny dvou nebo jednootáčkovými ventilátory. Celkový příkon přívodních ventilátorů je 12,61 kW a příkon odtahových ventilátorů je 9,17 kW.

Akumulace chladu

V systému chlazení není instalována akumulace chladu.

Tab. 69 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 10

Typ systému	Vodní s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
AERMEC, NRC0750DL00V1	160	74,9
Odvod kondenzačního tepla – vzduchem chlazený kondenzátor		
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový příkon (kW)
Přívodní ventilátory VZT jednotek – 7 ks	-	12,61
Odtahové ventilátory – 5 ks	-	9,17
Σ		21,78
Hlavní oběhové čerpadlo	KSB (2 x 1,5)	3
Čerpadla chladicího okruhu VZT	KSB (2 x 0,75 kW, 2 x 1,5 kW)	4,5
Čerpadla chladicího okruhu FCU	KSB (2 x 0,75 kW, 2 x 0,55 kW, 2 x 0,37 kW)	3,34
Σ	-	10,84



Obr. 5.96 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č. 10

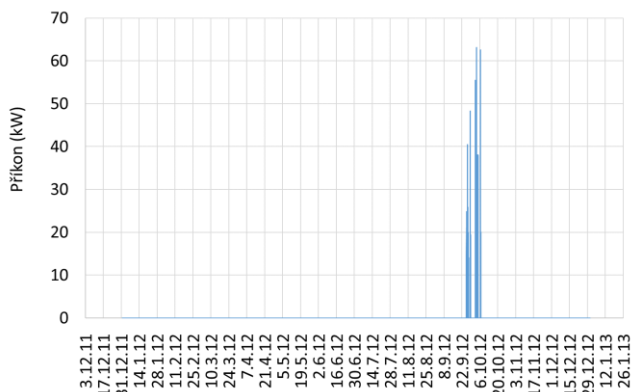
5.10.3. Měření dat

V objektu je měřena spotřeba elektrické energie chladicího stroje AERMEC, NRC0750DL00V1. Měření bylo instalováno 25. 9. 2012 v 13:40 hodin. Stav číselníku elektroměru zdroje chladu byl 17. Spotřeba elektrické energie je měřena na jedné fázi pomocí transformátoru proudu MTP 300/5 A a elektroměru Maneler 9911D s výrobním číslem 077705. V elektroměru je nastaven převod $300/5 = 60$. Pro získání celkové spotřeby v kWh, je třeba údaj na číselníku elektroměru násobit třemi. Data z výstupu elektroměru jsou zaznamenávána do dataloggeru (typ S7021) s výrobním číslem 12932402. Přepočítání vstupní veličiny dataloggeru je nastaven tak, že 1 kWh odpovídá 6,667 impulsů ($12\ 000/3/(300/5) = 66,667$). Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

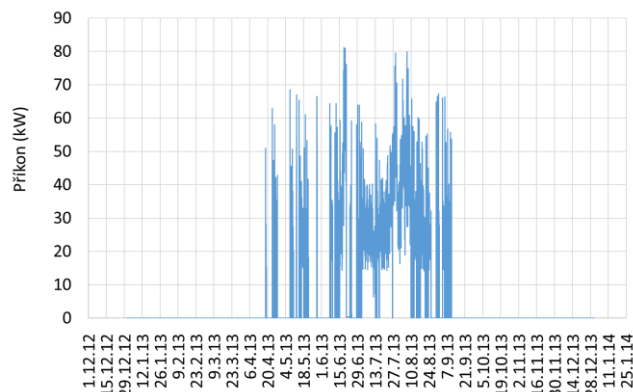
Naměřená data

V objektu byla měřena spotřeba zdroje chladu v období 2012–2016. Monitoring spotřeby byl nainstalován 25. září 2012, avšak od té doby se podařilo zajistit pouze data z konce září a října 2012, většiny roku 2013 a přibližně z druhé poloviny roku 2016, kdy bylo měření opět obnoveno. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Červeně jsou zvýrazněny počty dní, kdy nejsou k dispozici detailní 15minutová data v průběhu celého měsíce, ale celková hodnota spotřeby v tomto měsíci odpovídá uvedenému počtu dní. Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, znázorňujících průběh aktuálních příkonů zdroje chladu v jednotlivých letech.

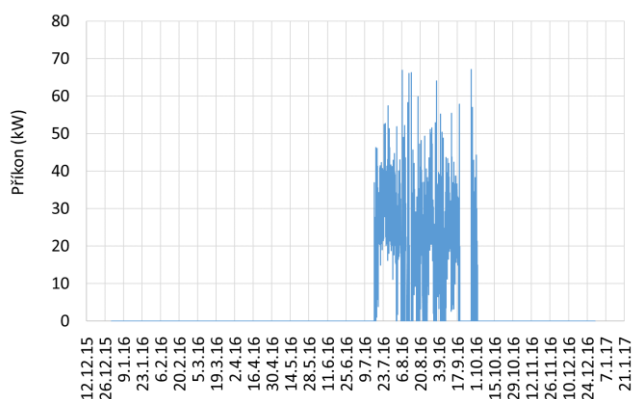
Naměřená data z téměř celého roku jsou dostupná pouze v případě roku 2013 a nelze tak činit obecné závěry o provozu zdroje chladu v budově. Nicméně v roce 2016 je naměřena téměř kompletně druhá polovina roku a jak je vidět z grafů na Obr. 5.98 a Obr. 5.99, průběhy příkonů tohoto roku a roku 2013 mají společné to, že chlazení v objektu skončilo přibližně koncem září. Tomu odpovídají i data z konce roku 2012, kdy od 7. října jsou příkony zdroje chladu nulové. První měsíce roku jsou naměřeny pouze pro rok 2013. Z těchto dat vyplývá, že se v objektu začalo chladit v dubnu. S určitou rezervou lze tedy předpokládat, že v budově je chlazení v provozu přibližně od dubna do začátku října. Dosahovaný příkon zdroje chladu je v průběhu roku relativně vyrovnaný. Extrémní hodnota příkonu se dle dostupných dat pohybovala v roce 2016 mezi 60 kW a 70 kW. V roce 2013 několikrát došlo k dosažení cca 80 kW což je hodnota, která mírně převyšuje nominální příkon zdroje chladu, který činí 74,9 kW. Víkendové útlumy zdroje chladu nejsou z uvedených grafů ročních průběhů příkonu patrné. To odpovídá účelu budovy (hotel), kdy se značně neliší provoz budovy o víkendy a v pracovním týdnu. Z grafů je dále patrné, že během letního období, kdy je nejvyšší potřeba chladu, dochází k situaci, kdy příkon zdroje ani v útlumech neklesá na příkon 0 kW jako je tomu v ostatní části roku, ale minimální příkon se pohybuje přibližně kolem hodnoty 15 až 20 kW. Maximální hodnota příkonu byla neměřena 18. 6. 2013 v 17:15 a činila 81 kW.



Obr. 5.97 Příkon zdroje chladu za rok 2012



Obr. 5.98 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.99 Příkon zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.100 níže. Jak je z grafu na obrázku patrné, většina dat z měřeného období není k dispozici. Z měsíčních spotřeb v roce 2013 je evidentní, že výrazně nejvyšších spotřeb bylo dosaženo v červenci a srpnu. Maximální měsíční spotřeba elektrické energie zdroje chladu byla naměřena v červenci roku 2013 a činila 22 186 kWh.

Jak již bylo uvedeno v období od prosince roku 2013 až do přibližně poloviny července roku 2016 došlo k výpadku měření. Celkové roční hodnoty spotřeb na chlazení tak byly částečně odhadnuty a částečně vypočteny na základě hodnot spotřeby elektrické energie z odečtu elektroměrů zdroje chladu a spotřeby naměřené v části roku 2016. Stav elektroměru jsou uvedeny v Tab. 70. Odhad roční spotřeby elektrické energie zdroje chladu byl proveden tak, že od spotřeby chladicího stroje za období 20. 6. 2013 až 12. 5. 2015, která činí 94 214 kWh, byla odečtena patřičná naměřená část spotřeby v roce 2013, odhadnutá spotřeba v lednu až dubnu roku 2015 a poměrná část odhadnuté spotřeby v květnu roku 2015. Pro odhad spotřeby v dubnu a květnu roku 2015 bylo přihlédnuto

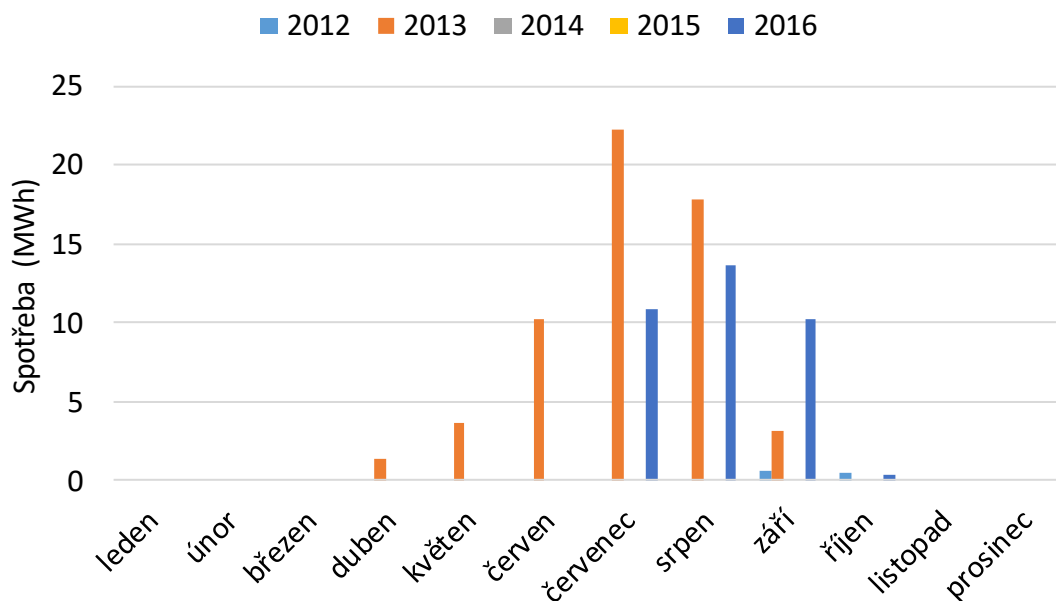
k naměřeným spotřebám v těchto měsících roku 2013. Tímto způsobem odhadnutá spotřeba zdroje chladu v roce 2014 činí 44 023 kWh. Pro odhad celkové spotřeby v roce 2015, byla také využita naměřená spotřeba zdroje chladu na základě odečtů elektroměru, a to za období 12. 5. 2015 – 22. 12. 2016. Spotřeba v tomto období činila 136 199 kWh. Pro odhad celkové spotřeby v roce 2015 byl využit stejný postup a od naměřené spotřeby v uvedeném období byla odečtena poměrná část měsíční spotřeby v květnu 2015 a celková spotřeba za rok 2016. Tímto postupem byla získána přibližná spotřeba od 12. května 2015 do konce roku 2015. Ta byla doplněna o výše uvedeným způsobem odhadnutou spotřebu v lednu až dubnu a části května roku 2015. Chybějící měsíční spotřeby v roce 2016 byly doplněny odhadem s přihlédnutím k naměřeným měsíčním spotřebám v roce 2013. Tímto způsobem odhadnutá spotřeba v roce 2015 činí 76 318 kWh. Vzhledem k nedostatku vstupních dat, lze tyto hodnoty brát pouze jako orientační.

Tab. 70 Odečty elektroměru zdroje chladu budovy č. 10

Datum	Stav číselníku elektroměru (kWh)
25.09.2012 13:40	51,0
20.06.2013 12:45	14 778,3
12.05.2015 14:00	108 992,4
22.12.2016 0:00	245 191,8

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Jak již bylo uvedeno, chybějící spotřeby byly odhadnuty případně dopočítány. V roce 2012 nebyl odhad roční spotřeby prováděn, neboť zásadní část spotřeb v tomto roce zcela chybí a není na základě čeho relevantní odhad učinit. V některých případech byla odhadem pouze přerozdělena skutečná spotřeba zdroje chladu mezi jednotlivé měsíce období, ve kterém došlo k výpadku. Tento postup byl využit v případech, kdy byly dostupné spotřeby zdroje chladu na začátku a konci období, ve kterém došlo k výpadku měření. Tímto způsobem byla doplněna spotřeba elektrické energie zdroje chladu v listopadu a prosinci 2012. Odhadem přerozdělené měsíční spotřeby, jejichž součet odpovídá skutečné naměřené spotřebě za dané období, jsou v tabulkách shrnujících výsledky měření, zvýrazněny fialově. Měrné spotřeby jsou uvedeny jednak z naměřených hodnot, jednak z hodnot doplněných o odhadnuté spotřeby elektrické energie.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.100 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č. 10

Tab. 71 Výsledky měření budovy č. 10 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	
2	2012	0	0,00%	0	0	
3	2012	0	0,00%	0	0	
4	2012	0	0,00%	0	0	
5	2012	0	0,00%	0	0	
6	2012	0	0,00%	0	0	
7	2012	0	0,00%	0	0	
8	2012	0	0,00%	0	0	
9	2012	592	53,54%	6	48	2 961
10	2012	514	46,46%	31	63	514
11	2012	0	0,00%	0	0	0
12	2012	0	0,00%	0	0	0
celkem		1 106		37	63	3 475
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					0,4	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					1,3	

Tab. 72 Výsledky měření budovy č. 10 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	20	0	0
2	2013	0	0,00%	28	0	0
3	2013	0	0,00%	31	0	0
4	2013	1 345	2,21%	30	63	1 345
5	2013	3 645	5,98%	31	68	3 645
6	2013	12 750	20,92%	30	81	12 750
7	2013	22 186	36,41%	31	80	22 186
8	2013	17 850	29,29%	31	80	17 850
9	2013	3 166	5,19%	30	66	3 166
10	2013	0	0,00%	31	0	0
11	2013	0	0,00%	29	0	0
12	2013	0	0,00%	0	0	0
celkem		60 941		322	81	60 941
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					22,6	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					22,6	

Tab. 73 Výsledky měření budovy č. 10 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	0		0	0	
2	2014	0		0	0	
3	2014	0		0	0	
4	2014	0		0	0	
5	2014	0		0	0	
6	2014	0		0	0	
7	2014	0		0	0	
8	2014	0		0	0	
9	2014	0		0	0	
10	2014	0		0	0	
11	2014	0		0	0	
12	2014	0		0	0	
celkem		0		0	0	44 023
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					-	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					16,3	

Tab. 74 Výsledky měření budovy č. 10 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	0		0	0	0
2	2015	0		0	0	0
3	2015	0		0	0	0
4	2015	0		0	0	1 500
5	2015	0		0	0	3 500
6	2015	0		0	0	
7	2015	0		0	0	
8	2015	0		0	0	
9	2015	0		0	0	
10	2015	0		0	0	
11	2015	0		0	0	
12	2015	0		0	0	
celkem		0		0	0	76 318
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					-	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					28,3	

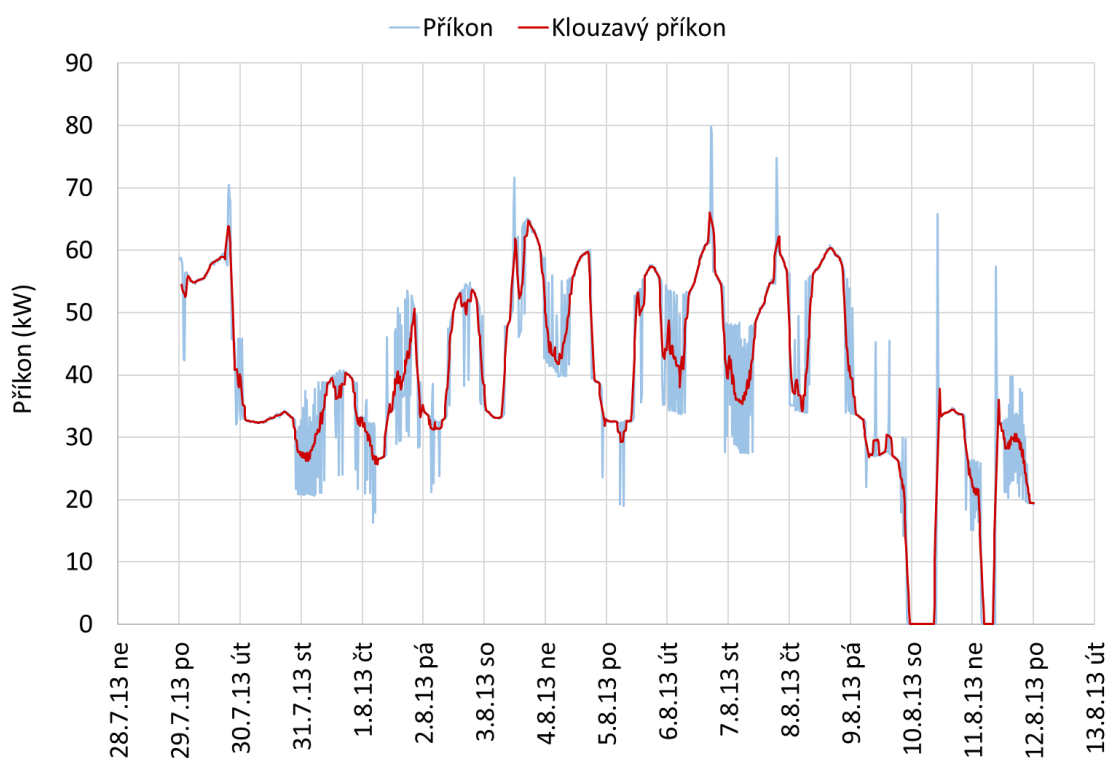
Tab. 75 Výsledky měření budovy č. 10 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	0	0
2	2016	0	0,00%	0	0	0
3	2016	0	0,00%	0	0	0
4	2016	0	0,00%	0	0	1 500
5	2016	0	0,00%	0	0	3 500
6	2016	0	0,00%	0	0	12 500
7	2016	10 825	30,85%	16	57	20 974
8	2016	13 587	38,72%	31	67	13 587
9	2016	10 245	29,20%	30	67	10 245
10	2016	431	1,23%	31	44	431
11	2016	0	0,00%	30	0	0
12	2016	0	0,00%	22	0	0
celkem		35 087		160	67	62 736
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					2 700	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					13,0	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					23,2	

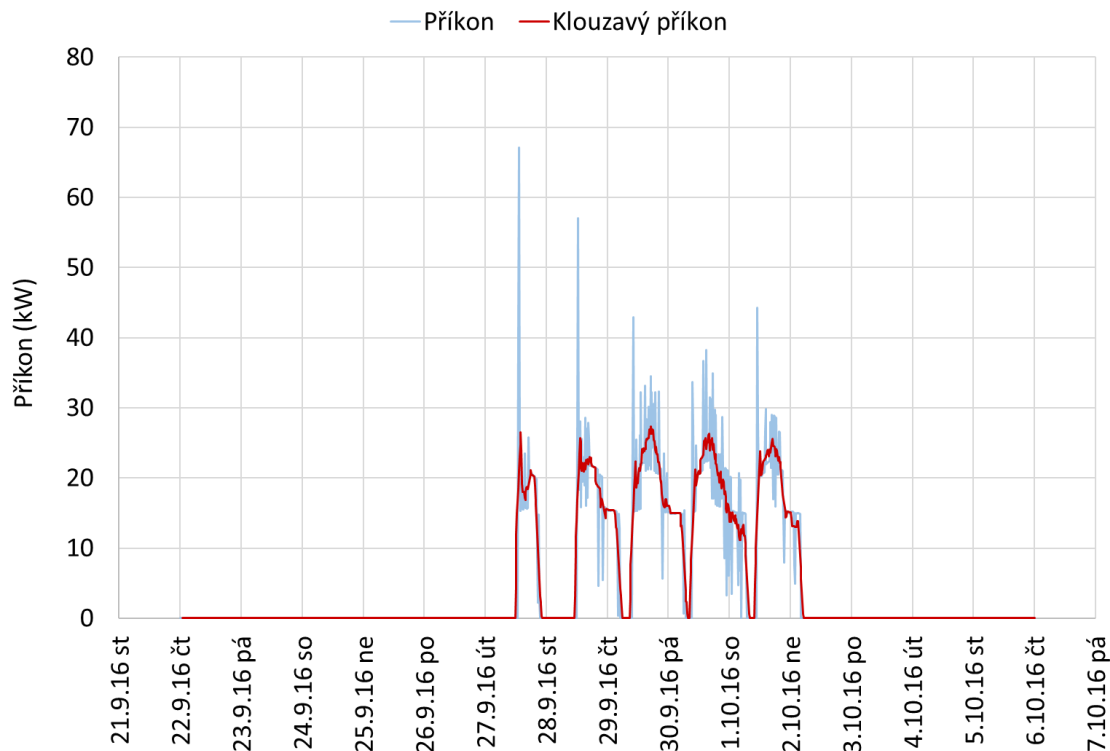
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Graf na Obr. 5.101 znázorňuje průběh příkonu na přelomu července a srpna, kdy jsou v budově největší spotřeby chladu z celého roku. Z grafu je patrné, že každý den má značně odlišný průběh příkonu, nicméně ranní postupný náběh, dosažení maximálních hodnot příkonu v odpoledních až večerních hodinách a následný pokles a noční útlum vykazují téměř všechny dny. V tomto, z hlediska potřeby chladu, náročném období v nočních

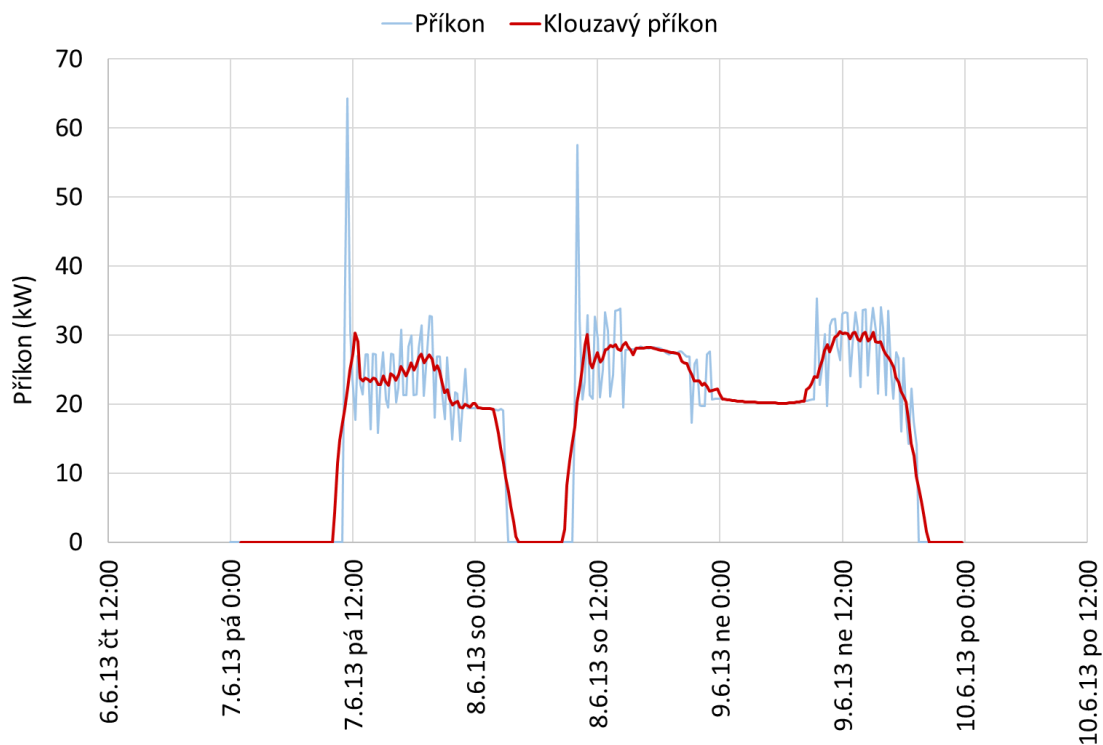
útlumech nedochází k poklesu příkonu na 0 kW, ale pouze k jeho snížení oproti hodnotám dosahovaným v průběhu dne. Dle průběhu příkonu je zřejmé, že během víkendů nedochází k útlumům ani k znatelnému poklesu příkonu zdroje chladu. To odpovídá tomu, že se jedná o hotel, kde se víkendový provoz od provozu v pracovním týdnu neliší. Na Obr. 5.102 je zobrazen průběh příkonu na přelomu září a října, tedy v období, kdy zpravidla dochází k ukončení provozu zdroje chladu. Jak je z grafu na obrázku evidentní, potřeba chladu je v tomto období výrazně nižší a k chlazení došlo pouze v pěti ze 14 dní. Průběh příkonu je výrazně jiný, než bylo zobrazeno na Obr. 5.101. Z průběhu jsou patrné ranní starty zdroje chladu s dosažením maximální denní hodnoty a následné sjetí na hodnoty, kde se příkon pohybuje po zbytek dne až do nočního útlumu. Během nočního útlumu dochází k poklesu příkonu na 0 kW. Příkon zdroje chladu se během dne pohybuje kolem 30 kW. V případě letních měsíců je příkon zdroje chladu znatelně vyšší a pohybuje se přibližně mezi 30 a 70 kW. Na Obr. 5.103 je znázorněn detailní průběh příkonu v červnu roku 2013. Z grafu je patrné, že o víkendů nejen že nedošlo k útlumu příkonu oproti pátku, ale mezi sobotou a nedělí nedošlo ani k výraznému nočnímu útlumu.



Obr. 5.101 Extrémní průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní v roce 2013



Obr. 5.102 Typický průběh příkonu zdroje chladu pro období 14 dní mimo hlavní chladicí období v roce 2013



Obr. 5.103 Průběh příkonu zdroje chladu pro vybrané 3 dny v roce 2013

5.10.4. Závěr budova č. 10

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v části období 2012–2016. Ve sledovaném období jsou bohužel velké výpadky a pro obecnější závěry o provozu zdroje chladu by bylo třeba větší množství naměřených dat. Z průběhů příkonu je dobře patrné, že se jedná o hotel, kde je obsazenost relativně proměnná, neboť nelze v průběhu příkonu vysledovat jasné opakující se vzory jako je tomu například u administrativních budov. Průměrná měrná spotřeba elektrické energie zdroje chladu vztažená ke klimatizované podlahové ploše 3 400 m² s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb při vynechání roku 2012 (odhad roční spotřeby neprováděn) činí 22,6 kWh/m². Průměrná měrná spotřeba z naměřených hodnot ročních spotřeb nebyla vypočtena, neboť v naměřených datech jsou příliš velké výpadky.

5.11. Budova č. 11

5.11.1. Popis objektu

Jedná se o historickou budovu Parlamentu ČR, která se nachází v centru Prahy, v ulici Sněmovní 1/1, 118 00 Praha 1, Praha – Malá Strana. Budova postavená v 17. století, slouží k administrativním účelům a má devět podlaží, přičemž 4 podlaží jsou podzemní a pět podlaží je nadzemních. V budově se nacházejí dvě atria. Celou budovu je možné rozdělit na dvě části, budovu J a budovu K. Ve středu každé budovy se nachází zmíněné atrium. Budovou označenou jako J je myšlena polovina objektu ze strany východní a budova K je ze strany západní. Fasády budovy jsou orientovány na všechny světové strany. Většina prostor budovy slouží jako kancelářské prostory a zasedací místnosti. Ty se nacházejí v přízemí, druhém, třetím a částečně čtvrtém nadzemním podlaží budovy K. Dále se v budově nacházejí archivy, jídelna, kuchyně, šatny, sklady a hygienická zařízení. Šatny sklady, hygienická zařízení a podzemní garáže jsou situovány v podzemních podlažích budovy. V přízemí budovy J se nachází kuchyň a jídelna. V přízemí budovy K jsou mimo kancelářských prostor situovány šatny, hygienická zařízení a archiv. Strojovny vzduchotechniky a chlazení jsou umístěny v části čtvrtého nadzemního podlaží budovy J a v části budovy K. Páté nadzemní podlaží tvoří krov v jihozápadní části budovy K. V tomto podlaží se nachází pouze strojovna vzduchotechniky [11].

Budova je vystavěna převážně z kamene a stavba je specifikována jako těžká. Obvodový plášť budovy není opatřen tepelnou izolací [11].

Okna v budově jsou jednoduchá jednokřídlá, dvoukřídlá, pevná, vyklápěcí a dvoukřídlá dvojitá či zdvojená. Stínění oken je provedeno místně, a to pomocí vnitřních žaluzií, světlých záclon a bavlněných závěsů. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 76 [11].

Tab. 76 Základní údaje o budově č. 11

Lokace	Sněmovní 1/1, 118 00 Praha 1, Praha – Malá Strana
Účel	Administrativní budova
Orientace podélné osy budovy	Východ – západ
Zastavěná plocha	3 826 m ²
Celková podlahová plocha	13 667 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	1 144,4 m ²
Stínící prvky	Místní – vnitřní žaluzie, světlé záclony, bavlněné záclony

5.11.2. Popis klimatizačního systému

Pro klimatizaci budovy slouží vzduchový, vodní a chladivový klimatizační systém. Převážná část budovy je klimatizována pomocí systému vzduchového (vždy jednozónový), který slouží jednak k přívodu čerstvého upraveného vzduchu a odvodu vzduchu znehodnoceného, jednak k odvodu tepelné zátěže. Vodní a chladivový systém je v budově použit pouze minimálně, a to pro odvod tepelné zátěže z menších prostor a pak převážně z kanceláří. Strojovny vzduchotechniky jsou umístěny v posledních dvou podlažích budovy, odkud je vzduch dopravován do jednotlivých klimatizovaných zón. Těch je v objektu celkem 12. Zasedací místnosti o půdorysné ploše 677,7 m² jsou největší klimatizované zóny. Dále to jsou jídelny, které mají 126,2 m² a kuchyně o půdorysné ploše 147,1 m². Ostatní klimatizované zóny jsou kuloáry, kancelář, tlumočnické kabiny a šatna o celkové ploše 193,3 m². Celková klimatizovaná plocha budovy činí 1 144,4 m² což je 8,4 % celkové podlahové plochy. Znehodnocený vzduch je z klimatizovaných prostor odváděn z dolních podlaží přímo ven a z vyšších podlaží je veden do strojoven vzduchotechniky a střešními výfuky vypouštěn do venkovního prostředí. V šesti strojovnách vzduchotechniky je umístěno celkem deset sestavných vzduchotechnických jednotek WOLF. V budově jsou dále umístěny dvě vodní podokenní jednotky Gea Geko a jedna chladivová jednotka Gea Daikin, která je napojena na kondenzační jednotku, umístěnou v podkrovní strojovně chlazení. Ve strojovnách chlazení je celkem umístěno 7 kompresorových zdrojů chladu, které slouží pro přípravu chladicí kapaliny pro výměníky vzduchotechnických jednotek. Jako hlavní zdroj chladu jsou ve strojovně chladu instalovány dva chladicí stroje CLIVET. Okruh chlazené látky (směs vody a nemrznoucí směsi) pro vzduchotechnické jednotky má teplotní spád 6/12 °C. Ta je od zdroje chladu dopravována k rozdělovači a od něho pomocí ocelových bezešvých trubek s tepelnou izolací do výměníků vzduchotechnických jednotek [11].

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jako hlavní zdroj chladu pro vzduchotechnické jednotky slouží dvojice blokových kompresorových chladicích strojů CLIVET WRA – 2 322 ST zprovozněných v roce 2010. Chladicí stroje pracují s chladivem R410C. Celkový výkon jednoho chladicího stroje 78,31 kW a příkon činí 29,6 kW [11].

Jak již bylo uvedeno v budově je instalováno několik dalších zdrojů chladu, převážně to jsou kondenzátorové jednotky. Spotřeba těchto zdrojů chladu není měřena [11].

Odvod kondenzačního tepla

Blokové chladicí jednotky mají vzduchem chlazené kondenzátory, od nichž je kondenzační teplo odváděno do venkovního prostředí tepelně izolovaným potrubím [11].

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení není využíváno [11].

Ostatní zařízení klimatizačního systému

K hlavnímu zdroji chladu přísluší 7 sestavných vzduchotechnických jednotek WOLF KG o celkovém chladicím výkonu 142,1 kW. Celkem je v objektu instalováno 10 vzduchotechnických jednotek. Je tedy zřejmé, že převážnou většinu vzduchotechnických jednotek zásobuje chladicí vodou hlavní zdroj chladu [11].

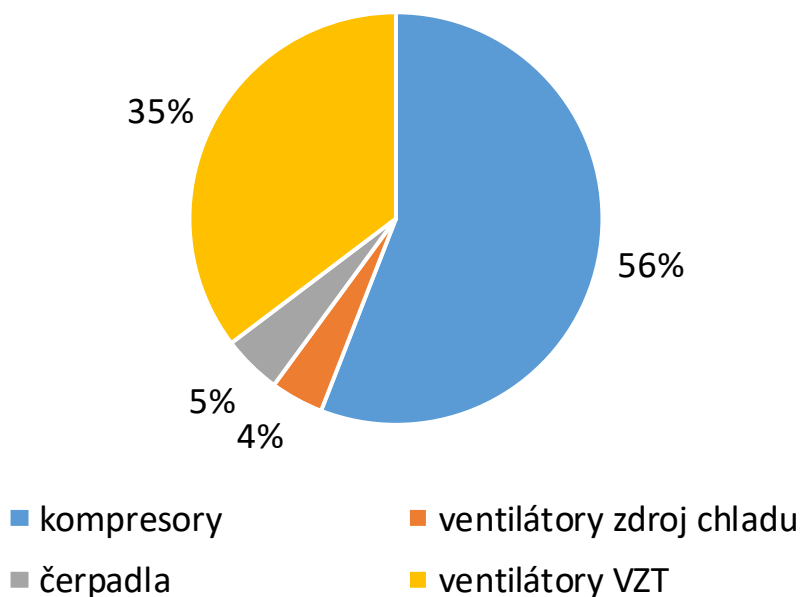
Jako hlavní oběhové čerpadlo je použito čerpadlo WILO DO. Mimo něj jsou v systému instalována další čtyři oběhová čerpadla Grundfos [11].

Akumulace chladu

V systému chlazení není instalována akumulární nádrž [11].

Tab. 77 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému (týkajících se hl. zdroje chladu) budovy č. 11

Typ systému	Vzduchový jednozónový klimatizační systém	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
CLIVET WRA – 2 322 ST	78,31	29,6
CLIVET WRA – 2 322 ST	78,31	29,6
Σ	156,62	59,2
Odvod kondenzačního tepla – vzduchem chlazené kondenzátory		
Název	Chladicí výkon (kW)	Celkový el. příkon (kW)
2 x radiální ventilátor	-	4,4
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový el. příkon (kW)
Hlavní oběhové čerpadlo	WILO DP	1,6
4 x oběhové čerpadlo	Grundfos	3,3
Σ		4,9
Přívodní ventilátory vzduchotechnických jednotek – 7 ks	WOLF KG	19,59
Odtahové ventilátory vzduchotechnických jednotek – 7 ks	WOLF KG	17,8
Σ		37,39
Akumulace chladu	Není instalováno	



Obr. 5.104 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č. 11

5.11.3. Měření dat

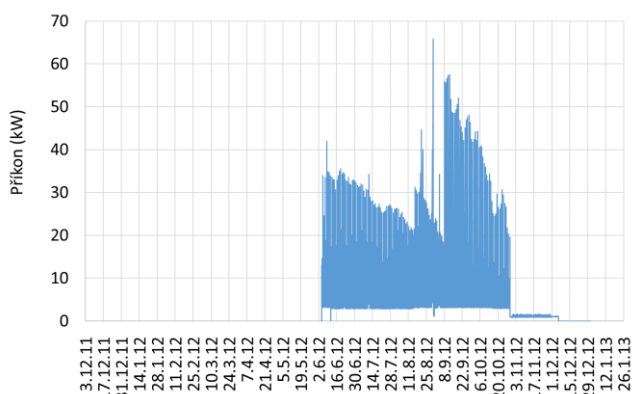
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie 2 kompresorových blokových chladicích strojů CLIVET WRA – 2 322 ST. Měření bylo instalováno na jaře roku 2011, nicméně samotné měření začalo až 2. 5. 2012, kdy byly na výstupy z elektroměrů připojeny datalogery. Spotřeba elektrické energie zdrojů chladu je měřena na přívodu elektrické energie ke zdroji chladu v rozvodně ve sklepních prostorách budovy, pomocí transformátorů proudu SCHRAK, typ TAR 3D-150, 3 x 230/400 V, 150/5 A osazených na silových rozvodech na všech fázích. Třífázový digitální elektroměr DTS 353 L je připojený přes tyto transformátory. Elektroměr s impulzním výstupem a signalizací impulzů pomocí červených LED diod, má konstantu 12 800 imp/kWh. Vzhledem k tomu, že měření probíhá na obou chladicích strojích hlavního zdroje chladu, byly instalovány dva elektroměry. Data z elektroměrů jsou zaznamenávány do datalogerů typ S7021 fy COMET. Pro chladicí stroj CH1 je určen datalogger s výrobním číslem 10933527 a pro chladicí stroj CH2 je určen datalogger s výrobním číslem 10933526. Datalogery nemají nastaven přepočít vstupních veličin tak, aby ukazovaly spotřebu přímo v kWh a přepočít je třeba provést při následné analýze dat. Konstanty datalogerů jsou 426,67 imp/kWh ($12\,800/(150/5)$). Touto konstantou jsou třeba data z datalogerů vydělit, aby výsledná spotřeba byla v kWh. Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

Naměřená data

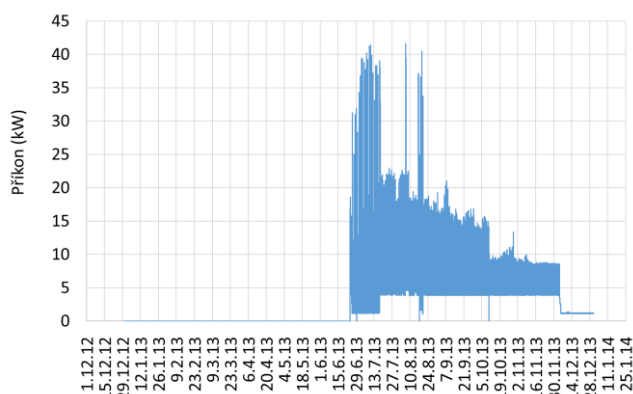
Měření byla získána detailní data spotřeb dvou chladicích zdrojů v období 2012–2016. Většina dat z roku 2012 jsou data spotřeb v desetiminutovém intervalu, v roce 2014 je většina dat ve třicetiminutovém intervalu a v letech 2013, 2015 a 2016 probíhal záznam převážně v patnáctiminutovém intervalu. V naměřených datech jsou bohužel značné výpadky. Vzhledem k tomu, že jsou v objektu měřeny spotřeby dvou chladicích strojů a naměřené hodnoty spotřeby jsou zaznamenávány pro každý chladicí stroj do samostatného dataloggeru, je výsledná spotřeba obou strojů náchylnější k výpadku dat. V mnoha případech tak došlo k situaci, kdy jsou naměřeny hodnoty spotřeb elektrické energie pouze jednoho chladicího stroje. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby chladicího stroje CH1 a chladicího stroje CH2 k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*. Pro větší přehlednost jsou červeně zvýrazněny neshody v počtech naměřených dní v jednotlivých měsících u chladicích strojů CH1 a CH2.

Naměřená data jsou znázorněna na grafech níže, znázorňujících průběh aktuálních příkonů zdrojů chladu v jednotlivých letech. Vždy se jedná o součet příkonů obou zdrojů. Jak je z grafů patrné, nelze jednoznačně určit období ve kterém by byl zdroj chladu v každém roce pravidelně v provozu. K výraznějšímu chlazení dochází přibližně od dubna, konec chladicího období se v jednotlivých letech liší. V roce 2012 byl zdroj chladu v provozu do konce roku s tím, že od listopadu lze příkon a spotřebu zdroje chladu považovat za režijní. V roce 2013 bylo chlazení v provozu přibližně

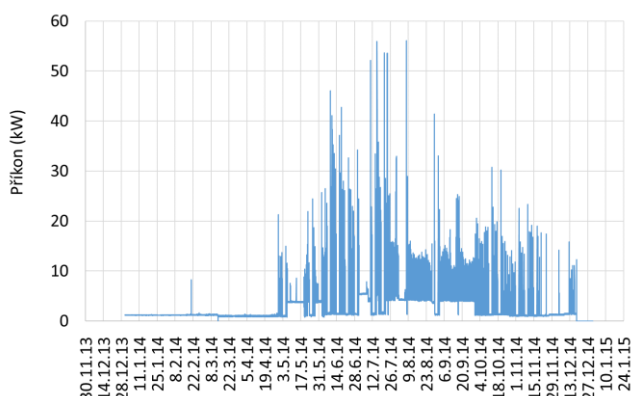
do konce listopadu a v roce 2014 zhruba do poloviny prosince. Z ostatních let nejsou data z konce roku k dispozici. V průbězích příkonů během jednotlivých let také nelze vysledovat jasný vzor, který by se každoročně opakoval. To pravděpodobně souvisí s tím, že provoz budovy není zcela pravidelný a zdroj chladu reaguje podle toho, kolik zón v objektu je v danou chvíli třeba chladit. Z grafů průběhů příkonů lze však vypočítat určitou podobnost mezi průběhy v letech 2012 a 2013. Průběhy příkonu v těchto letech jsou značně odlišné od průběhů příkonů v letech 2014, 2015 a 2016, které si mezi sebou jsou opět jistým způsobem podobné. V těchto letech jsou na grafech patrné výraznější útlumy zdroje chladu, v určitých částech roku jsou tyto útlumy i pravidelné. V letech 2012 a 2013 nejsou útlumy zdroje chladu z průběhů příkonů patrné. Z tohoto lze usuzovat, že od roku 2014 došlo k určitým změnám v regulaci zdroje chladu. Z grafu na Obr. 5.108 je evidentní, že příkony v roce 2015 jsou znatelně nižší než v ostatních letech. Toto je však způsobeno velkým výpadkem v měření druhého chladicího stroje a po většinu roku tak zobrazený příkon odpovídá pouze jednomu chladicímu stroji. Nejvyšší hodnota příkonu zdroje chladu za sledované období byla naměřena 13. 6. 2016 v 16:30 a činila 63 kW.



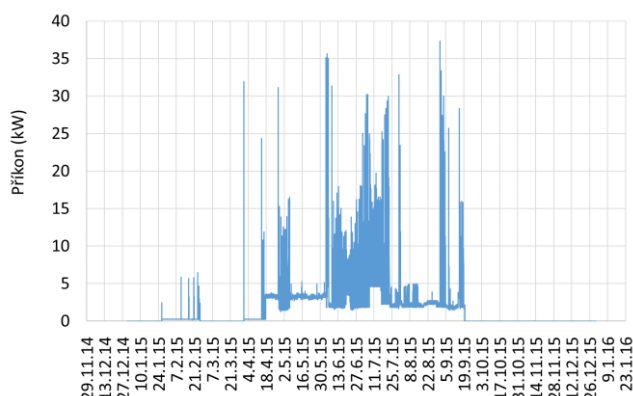
Obr. 5.105 Příkon zdroje chladu za rok 2012



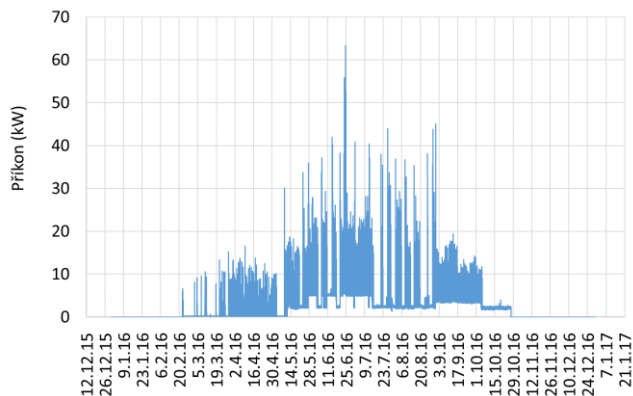
Obr. 5.106 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.107 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.108 Příkon zdroje chladu za rok 2015



Obr. 5.109 Příkon zdroje chladu za rok 2016

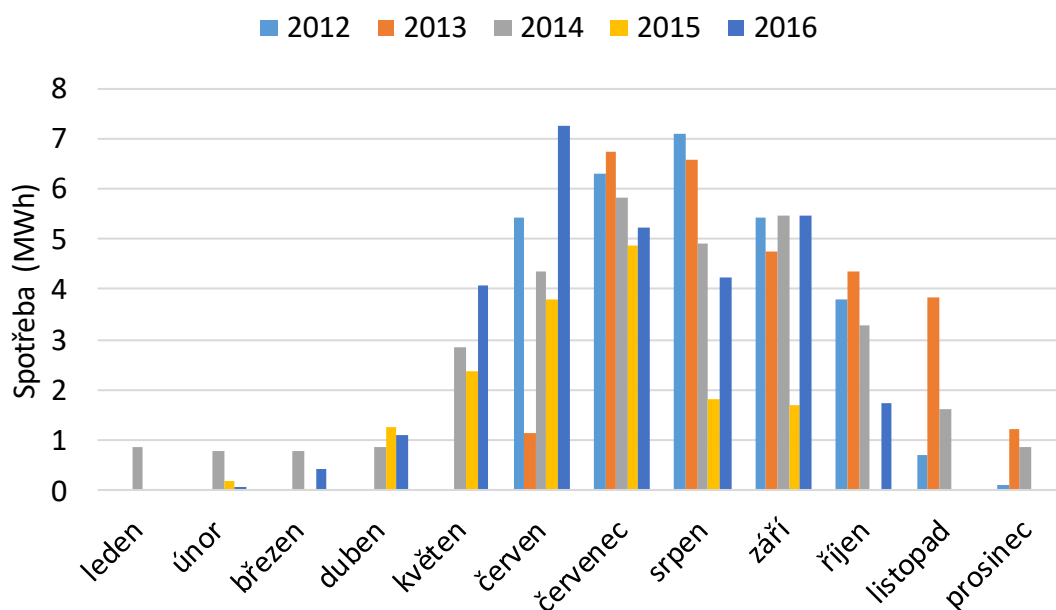
Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

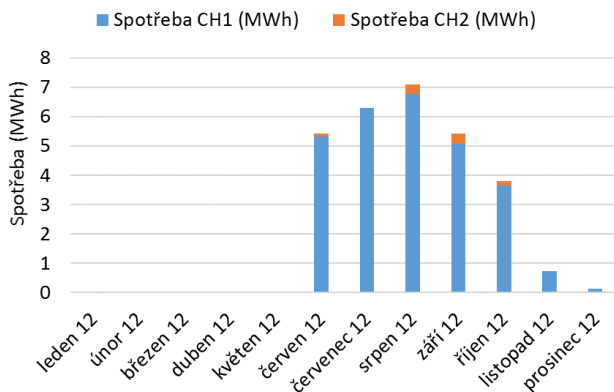
Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.110 níže. Graf měsíčních spotřeb na uvedeném obrázku lze hodnotit pouze v kontextu zmíněných tabulek, ve kterých je uvedeno kolik dní z daného měsíce byla spotřeba zdroje chladu skutečně měřena. Jak již bylo uvedeno, v roce 2015 byla převážnou část roku měřena spotřeba pouze jednoho chladicího stroje, což se projevilo znatelně nižšími měsíčními spotřebami, než jsou naměřeny v ostatních letech. Ze zobrazených měsíčních spotřeb je patrné, že v průběhu roku měsíční spotřeby elektrické energie zdroje chladu rostou, v letních měsících dosahují nejvyšších hodnot a následně opět klesají. V prvních čtyřech měsících roku a v prosinci měsíční spotřeba pouze výjimečně přesahuje hodnotu 1 MWh. V ostatních měsících roku je chlazení intenzivnější. V srpnu a červenci, kde jsou kromě roku 2015 naměřená data téměř kompletní a lze je tak objektivně porovnat, je měsíční spotřeba v letech 2012 a 2013 o poznání vyšší než v ostatních letech. Maximální hodnoty měsíční spotřeby bylo dosaženo v červnu 2016. Spotřeba v tomto měsíci činila 7 270 kWh a výrazně převyšuje spotřeby v tomto měsíci v ostatních letech. V ostatních měsících roku jsou spotřeby, s ohledem na naměřená data, relativně vyrovnané.

Na Obr. 5.111 až Obr. 5.114 je znázorněno, jak se na celkových měsíčních spotřebách podílely jednotlivé chladicí stroje. Z grafů na obrázcích je patrné že od roku 2014 došlo k výraznější změně, která i odpovídá uvedené změně v ročních průbězích příkonů. V letech 2012 a 2013 je téměř veškerá spotřeba zdroje chladu tvořena chladicím strojem CH1 a druhý chladicí stroj se na celkové spotřebě podílí jen minimálně a pravděpodobně je v provozu pouze ve špičkách, kdy chladicí výkon jednoho chladicího stroje není dostačující. Od roku 2014 se však druhý chladicí stroj (CH2) na celkové spotřebě podílí významně výrazněji. Nárůst potřeby chladu v těchto letech je nepravděpodobný, neboť měsíční spotřeby jsou srovnatelné s roky 2012 a 2013. Pravděpodobnější vysvětlení je, že došlo ke změně řízení chladicích strojů.

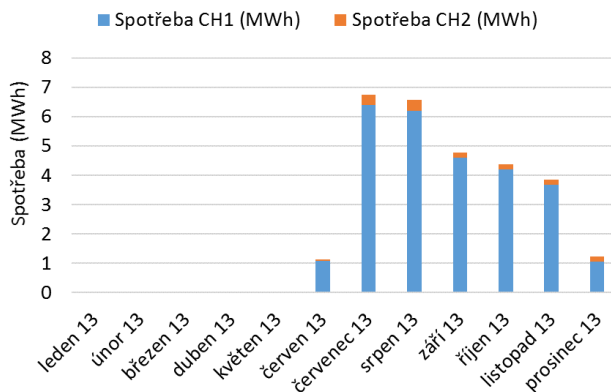
Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Vzhledem k tomu, že značná část dat nebyla naměřena, pro představu celkových spotřeb byla chybějící data odhadnuta. Ve většině případů byly pro doplnění chybějících měsíčních spotřeb použity průměrné hodnoty spotřeb z let, kdy tato data byla k dispozici. Pokud chyběla naměřená data pouze z jednoho chladicího stroje, byla spočtena průměrná hodnota měsíční spotřeby pouze pro tento chladicí stroj a přičtena k naměřené spotřebě druhého chladicího stroje. V případě, že byla značná část měsíce naměřena, nebyla tato spotřeba nahrazena průměrnou hodnotou měsíční spotřeby, ale naměřená spotřeba byla pomocí přepočtu naměřené spotřeby na jeden den v měsíci, navýšena o chybějící část měsíce. V případě ostatních budov bylo mnohdy pro doplnění spotřeby použito rozdělení skutečné spotřeby za chybějící období mezi jednotlivé měsíce, pokud byly k dispozici údaje z dataloggeru na začátku a konci toho období. V případě tohoto objektu však byly v průběhu měření čítače dataloggerů několikrát vynulovány a tento postup tak bylo možné použít pouze v období 13. 3. 2014 až 4. 6. 2016 u chladicího stroje CH2. Tímto způsobem doplněné spotřeby jsou zvýrazněny fialově. Takto byla získána i spotřeba chladicího stroje CH2 za období 24. 4. 2015 až 4. 12. 2015, která činila 7 316 kWh a byla přerozdělena do měsíčních spotřeb zdroje CH2.



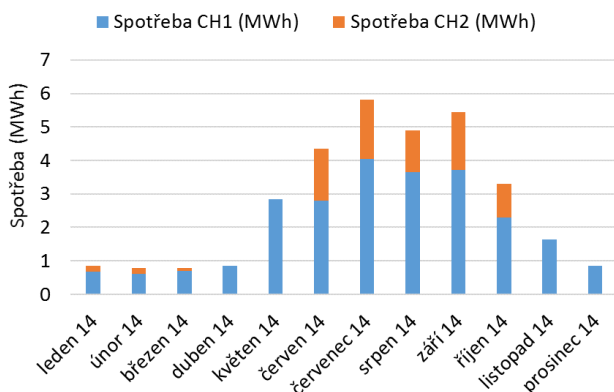
Obr. 5.110 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.11



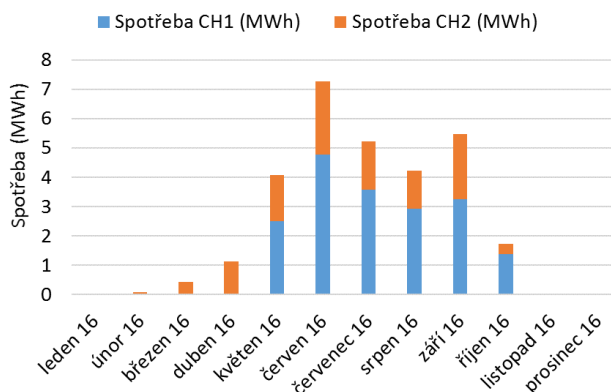
Obr. 5.111 Podíl spotřeby chladicích strojů na celkové spotřebě v roce 2012



Obr. 5.112 Podíl spotřeby chladicích strojů na celkové spotřebě v roce 2013



Obr. 5.113 Podíl spotřeby chladicích strojů na celkové spotřebě v roce 2014



Obr. 5.114 Podíl spotřeby chladicích strojů na celkové spotřebě v roce 2016

Tab. 78 Výsledky měření budovy č. 11 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měř. dní CH1	Počet měř. dní CH2	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	0	442
2	2012	0	0,00%	0	0	0	489
3	2012	0	0,00%	0	0	0	398
4	2012	0	0,00%	0	0	0	1 250
5	2012	0	0,00%	0	0	0	4 116
6	2012	5 415	18,77%	27	8	42	6 233
7	2012	6 300	21,83%	31	0	34	6 600
8	2012	7 094	24,59%	31	17	66	7 359
9	2012	5 416	18,77%	30	30	58	5 416
10	2012	3 788	13,13%	31	31	44	3 788
11	2012	714	2,48%	30	30	2	714
12	2012	124	0,43%	6	6	1	639
celkem		28 852		186	122	66	37 446
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]							1 144
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]							25,2
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m²]							32,7

Tab. 79 Výsledky měření budovy č. 11 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měř. dní CH1	Počet měř. dní CH2	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2013	0	0,00%	0	0	0	442
2	2013	0	0,00%	0	0	0	489
3	2013	0	0,00%	0	0	0	398
4	2013	0	0,00%	0	0	0	1 250
5	2013	0	0,00%	0	0	0	4 116
6	2013	1 135	3,96%	7	7	32	6 011
7	2013	6 741	23,51%	31	31	41	6 741
8	2013	6 570	22,91%	31	31	42	6 570
9	2013	4 768	16,62%	30	30	21	4 768
10	2013	4 375	15,25%	31	31	16	4 375
11	2013	3 859	13,46%	30	30	10	3 859
12	2013	1 232	4,30%	31	31	9	1 232
celkem		28 680		191	191	42	40 252
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]							1 144
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]							25,1
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m²]							35,2

Tab. 80 Výsledky měření budovy č. 11 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měř. dní CH1	Počet měř. dní CH2	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	853	2,63%	31	31	1	853
2	2014	780	2,41%	28	28	8	780
3	2014	780	2,41%	31	13	1	881
4	2014	861	2,66%	30	0	21	1 111
5	2014	2 847	8,79%	31	0	24	3 711
6	2014	4 356	13,44%	30	27	46	4 530
7	2014	5 809	17,93%	31	31	56	5 809
8	2014	4 899	15,12%	31	31	56	4 899
9	2014	5 449	16,82%	30	30	33	5 449
10	2014	3 293	10,16%	31	31	31	3 293
11	2014	1 631	5,03%	30	30	23	1 631
12	2014	848	2,62%	18	31	16	1 460
celkem		32 404		352	283	56	34 405
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]						1 144	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]						28,3	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]						30,1	

Tab. 81 Výsledky měření budovy č. 11 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měř. dní CH1	Počet měř. dní CH2	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015	32	0,20%	31	31	2	32
2	2015	199	1,24%	28	28	6	199
3	2015	17	0,10%	31	31	32	17
4	2015	1 260	7,84%	28	24	31	1 389
5	2015	2 380	14,81%	31	0	16	3 380
6	2015	3 808	23,70%	30	0	36	5 196
7	2015	4 867	30,28%	31	0	33	6 467
8	2015	1 824	11,35%	31	0	37	2 924
9	2015	1 683	10,48%	19	0	33	4 358
10	2015	0	0,00%	0	0	0	3 359
11	2015	0	0,00%	0	0	0	2 068
12	2015	0	0,00%	28	28	0	0
celkem		16 070		288	142	37	29 389
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]						1 144	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]						14,0	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]						25,7	

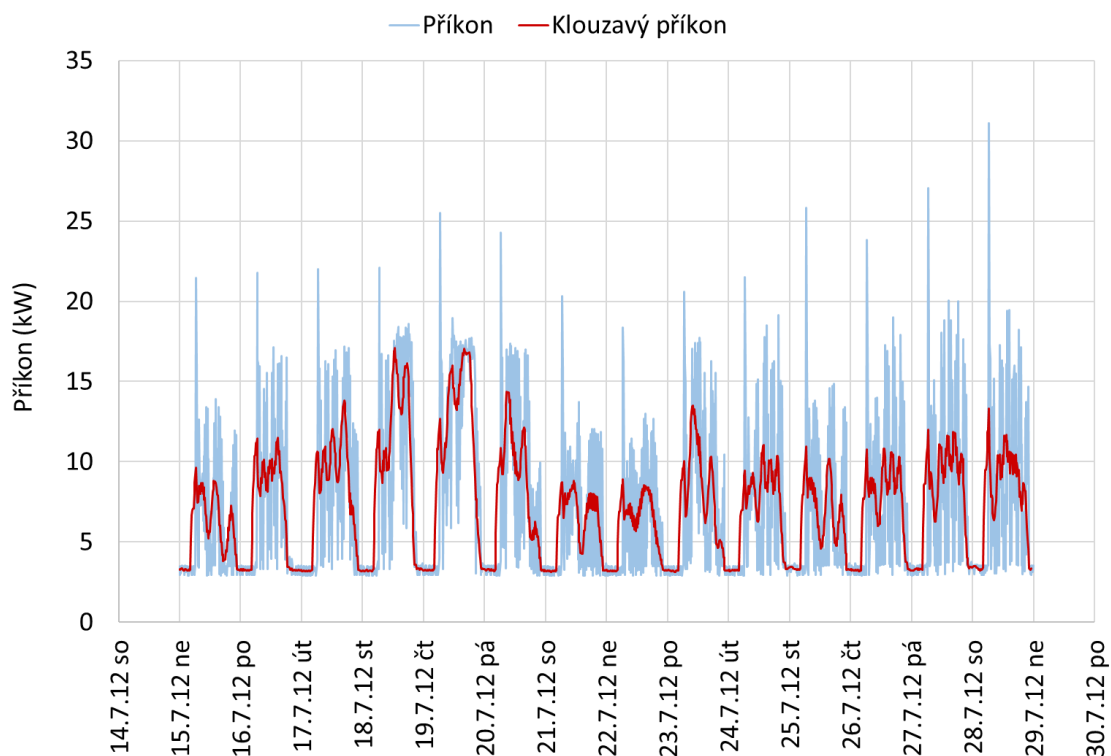
Tab. 82 Výsledky měření budovy č. 11 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měř. dní CH1	Počet měř. dní CH2	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016	0	0,00%	0	31	0	442
2	2016	71	0,24%	0	29	7	489
3	2016	433	1,46%	0	31	15	398
4	2016	1 121	3,78%	0	30	17	1 250
5	2016	4 072	13,75%	21	31	36	5 258
6	2016	7 270	24,54%	30	30	63	7 270
7	2016	5 230	17,66%	31	31	44	5 230
8	2016	4 231	14,28%	31	31	45	4 231
9	2016	5 469	18,46%	30	30	19	5 469
10	2016	1 726	5,83%	27	27	12	1 982
11	2016	0	0,00%	0	0	0	2 068
12	2016	0	0,00%	0	0	0	1 110
celkem		29 623		170	301	63	35 198
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]						1 144	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]						25,9	
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m²]						30,8	

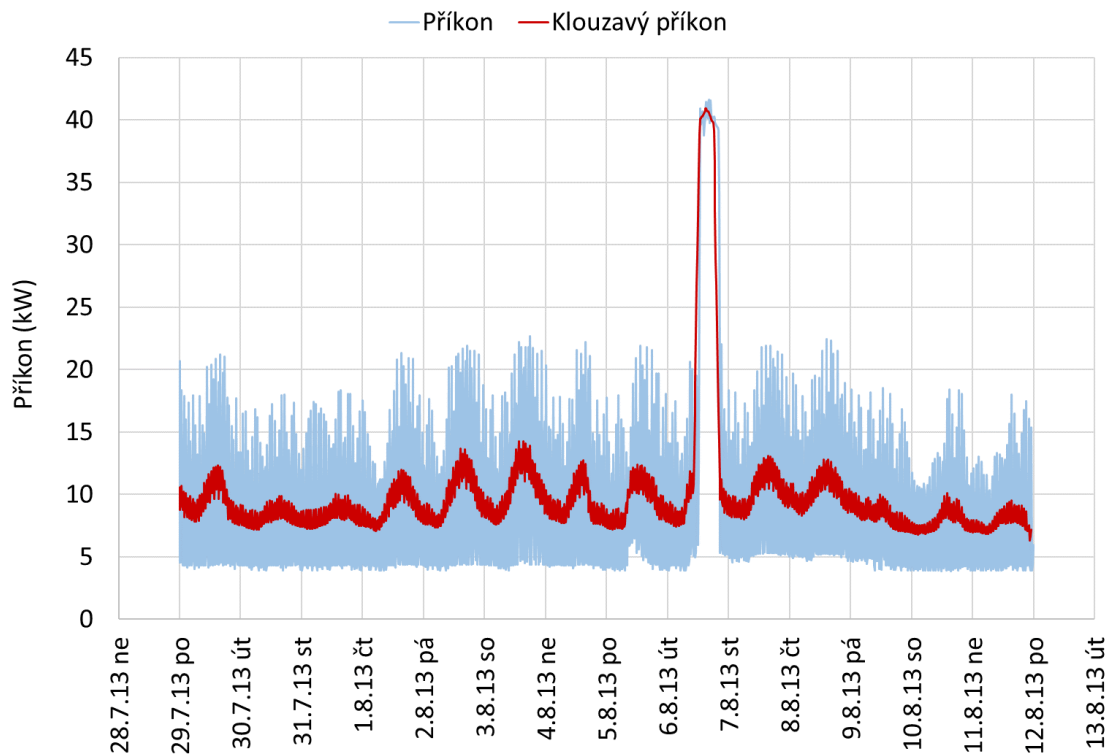
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Z průběhů příkonů je zřejmé, že detailní průběh příkonu nevykazuje pravidelný charakter, ale uvedené průběhy příkonu se značně liší. Na Obr. 5.115 je uveden průběh příkonu, který reprezentuje průběh příkonu v roce 2012 a části roku 2013. Z grafu jsou patrné pravidelné noční útlumy, ranní starty a pokles příkonu během víkendu. Na Obr. 5.116 je vyobrazen průběh příkonu, který je typický pro většinu roku 2013. Jak je z grafu patrné, mimo dobře viditelný extrém, zdroj chladu velmi intenzivně cykluje a klouzavý průměr příkonu se téměř neustále pohybuje kolem hodnoty 10 kW. Na Obr. 5.117 a Obr. 5.118 jsou ukázky průběhu příkonu v letech 2014 a 2016. Tyto průběhy jsou si určitým způsobem podobné, neboť v obou případech dochází

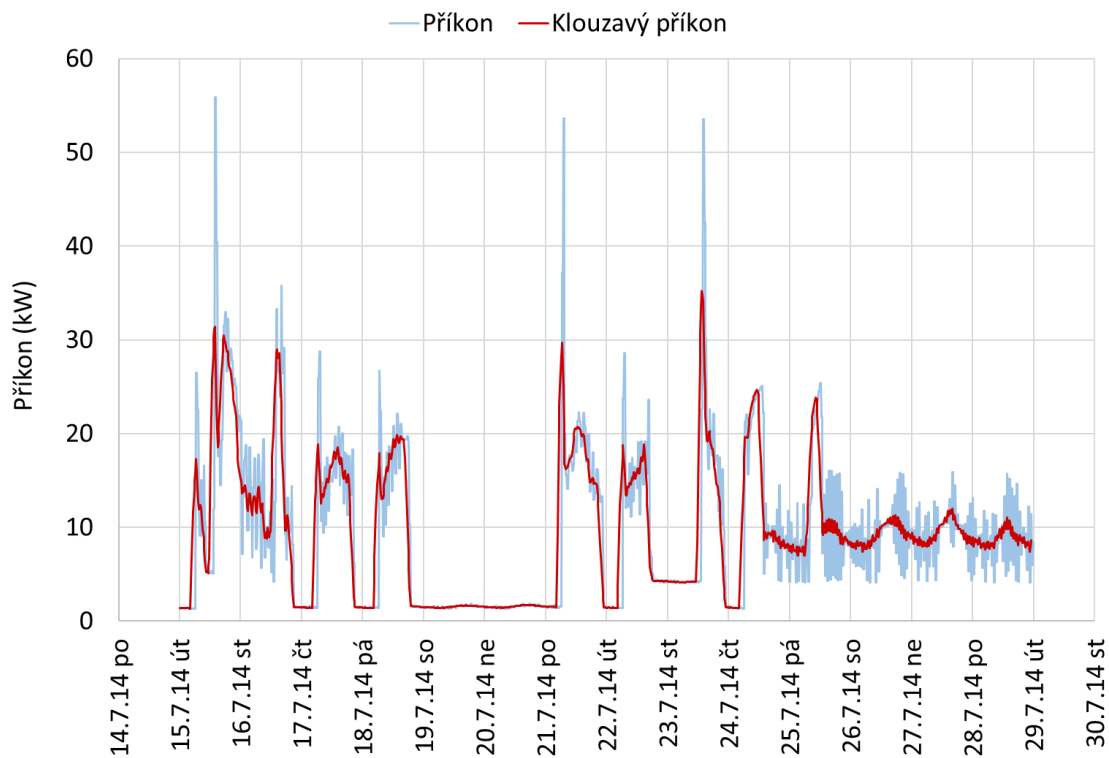
k výraznějším útlumům zdroje chladu. Na průběhu příkonu v roce 2016 jsou patrné víkendové útlumy, mnohdy jsou však útlumy v příkonu zdroje chladu i výrazně delší. Z grafu průběhu příkonu v roce 2014 je zřejmé, že téměř každý den má jiný charakter průběhu příkonu a během zobrazených čtrnácti dní dochází jak k plynulému řízení zdroje chladu, tak k jeho značnému cyklování. Tento charakter je poměrně typický pro roky 2014 a 2016 kdy se v jednotlivých obdobích roku (nepravidelně) značně mění průběhy příkonu. V některých měsících se tak objevují i průběhy příkonu typické spíše pro rok 2012 nebo rok 2013. Vzhledem k tomu, že se průběh příkonu v průběhu roku v těchto letech značně liší, nelze uvedené grafy na Obr. 5.117 a Obr. 5.118 považovat za typické průběhy příkonu. Na Obr. 5.119 je zobrazen detailní třídní průběh příkonu v roce 2016. Na grafu na obrázku je dobře patrný měnící se charakter průběhu příkonu. Nepravidelný provoz zdroje chladu pravděpodobně souvisí s užíváním budovy, kdy kombinace zón, ve kterých je třeba zároveň chladit a tím i požadavky na výkon zdroje chladu jsou nahodilé a nepravidelné.



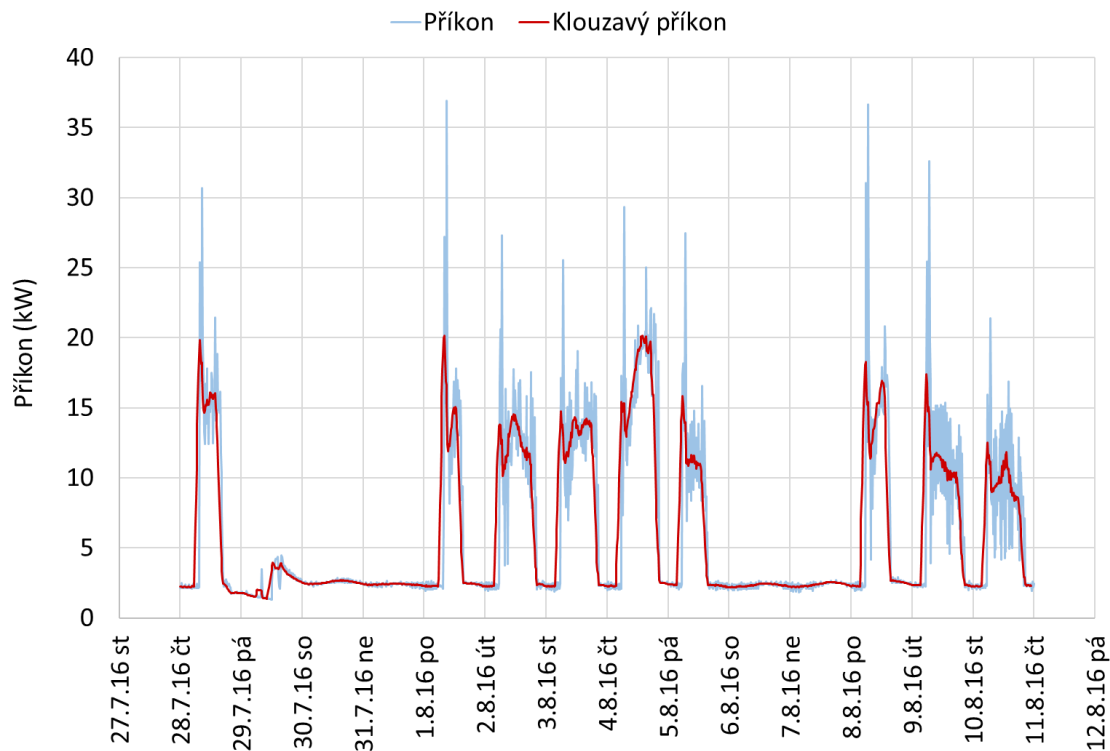
Obr. 5.115 14denní průběh příkonu zdroje chladu typický pro rok 2012 a část roku 2013



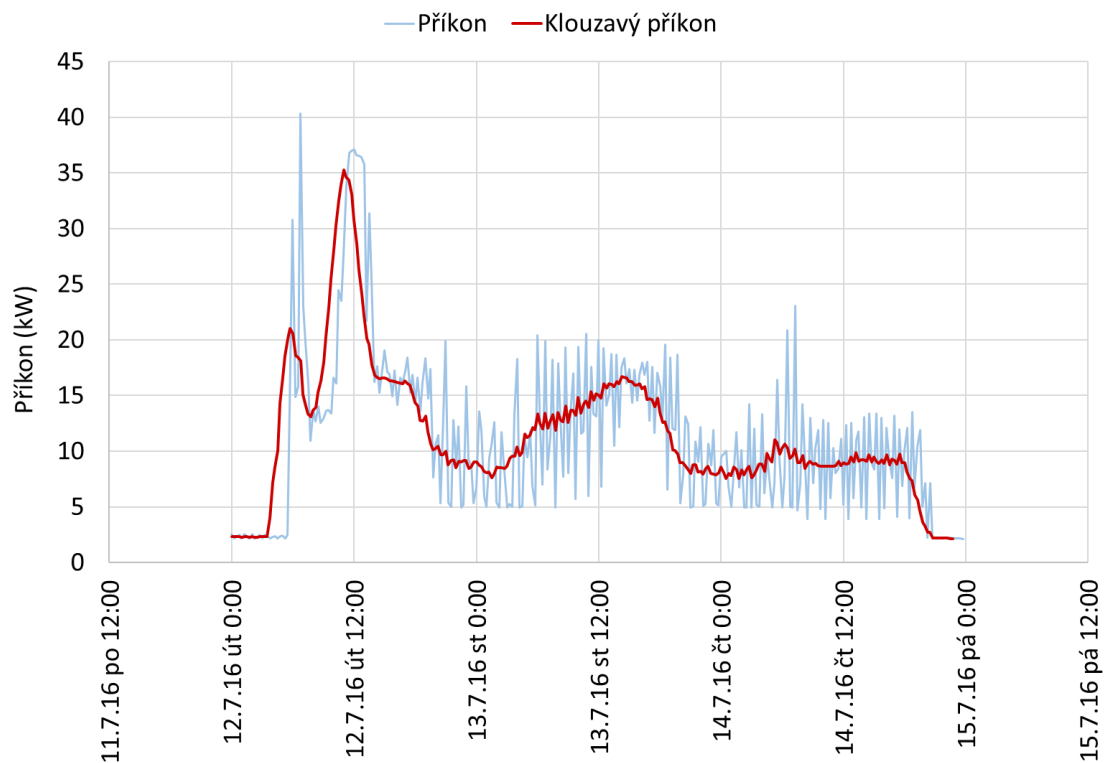
Obr. 5.116 14denní průběh příkonu zdroje chladu typický pro většinu roku 2013



Obr. 5.117 Ukázka 14denního průběhu příkonu zdroje chladu pro letní období roku 2014



Obr. 5.118 Ukázka 14denního průběhu příkonu zdroje chladu pro letní období roku 2016



Obr. 5.119 Ukázka 3denního průběhu příkonu zdroje chladu v letním období roku 2016

5.11.4. Závěr budova č. 11

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. V datech jsou bohužel značné výpadky a chybějící data tak musela být doplněna odhadem, případně dopočítána. Z průběhů příkonů je a z měsíčních spotřeb jednotlivých chladicích strojů je patrná změna v regulaci zdroje chladu. V roce 2012 a 2013 téměř všechnu potřebu chladu kryl pouze jeden chladicí stroj. Druhý pravděpodobně spínal pouze v případě, že chladicí výkon jednoho chladicího stroje nebyl dostatečný. V letech 2014 a 2016 se druhý chladicí stroj výrazně významněji podílí na celkové spotřebě zdroje chladu. Nelze však říci, že by to bylo způsobeno zvýšenou potřebou chladu, neboť měsíční spotřeby se v těchto letech oproti rokům 2012 a 2013 výrazně neliší. V případě roku 2015 jsou k dispozici data spotřeb pouze z jednoho chladicího stroje a výstup z měření tak není možné použít. Průběh spotřeby nemá ve většině případů zcela pravidelný charakter. To pravděpodobně souvisí s tím, že potřeba chladu s ohledem na obsazenost jednotlivých klimatizovaných prostor a jejich vzájemné využití, je víceméně náhodná. Průměrná spotřeba za měřené období vztažená ke klimatizované podlahové ploše 1 144 m² činí 23,7 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 30,9 kWh/m².

5.12. Budova č. 12

5.12.1. Popis objektu

Jedná se o administrativní budovu, která se nachází v Praze 4 na Chodově v ulici Líbalova. Budova byla dokončena a zkolaudována v roce 2008 a má celkem devět podlaží. Tři podlaží jsou podzemní a slouží jako garáže. V šesti nadzemních podlažích jsou téměř výhradně kancelářské prostory, které jsou velkoprostorové a jsou rozděleny na sektory s individuální regulací. Dále se zde nachází například restaurace s kavárnou pro 225 osob. Celý objekt je rozdělen na dvě části, které jsou vzájemně propojené po celé výšce objektu proskleným krčkem [12].

Hlavní konstrukci budovy tvoří železobetonové obvodové stěny, vnitřní nosné železobetonové sloupy a železobetonové monolitické stropy. Obvodový plášť budovy je zateplen tepelnou izolací z minerální vlny [12].

Okna v budově jsou hliníková izolační a částečně otvíravá. První až páté nadzemní podlaží jižní a severní fasády je kompletně proskleno pomocí systému Alumil. Okna všech fasád mimo fasádu severní jsou stíněna pomocí venkovních pohyblivých lamelových žaluzií. V šestém nadzemním podlaží se pak nachází pevné slunolamy. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 83 [12].

Tab. 83 Základní údaje o budově č. 12

Lokace	Líbalova 1/2348, Praha 4 – Chodov, 149 00
Účel	Administrativní budova
Orientace podélné osy budovy	Sever – jih
Celková podlahová plocha	13 780 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	12 972 m ²
Stínící prvky (mimo severní fasádu)	Venkovní pohyblivé lamelové žaluzie V 6.NP pevné slunolamy

5.12.2. Popis klimatizačního systému

Pro klimatizaci objektu je instalován vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a vzduchový systém, který v kombinaci s otevíravými okny slouží k přívodu čerstvého vzduchu. Přívod čerstvého, upraveného vzduchu do kancelářských prostor a odvod znehodnoceného vzduchu obstarává celkem 5 vzduchotechnických jednotek. Vzduch je do kanceláří přiváděn šterbinovými výstěmi s nastavitelnými lamelami, které jsou osazeny v podhledech. Odvod znehodnoceného vzduchu je realizován přes příčky v podhledech pomocí akustického flexo potrubí do sousední chodby. Z prostor chodby je vzduch společně odváděn odvodním potrubím. Jako zdroj chladu pro vodní výměníky vzduchotechnických jednotek je použita kompresorová chladicí jednotka RC GROUP o chladicím výkonu 376 kW. Tepelná zátěž z prostor kanceláří je odváděna především pomocí podokenních a podstropních ventilátorových konvektorů, které jsou ve čtyřtrubkovém provedení, neboť je pomocí nich vytápěno i chlazeno. Zdrojem chladu pro chladicí vodu ventilátorových konvektorů slouží kompresorová chladicí jednotka RC GROUP o chladicím výkonu 834 kW umístěná na střeše objektu a která je propojena potrubím s deskovým výměníkem umístěným ve strojovně chlazení [12].

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Zdrojem chladu pro klimatizační systém objektu jsou dvě samostatné kompresorové chladicí jednotky. Jedna jednotka slouží pro přípravu chladicí vody pro chladiče vzduchotechnických jednotek. Druhá chladicí jednotka je určena pro ventilátorové konvektory [12].

Chladicí jednotka pro výměníky vzduchotechnických jednotek je kompresorová chladicí jednotka RC GROUP GLIDER.HP440.V.2.Y2 o chladicím výkonu 376 kW. Chladicí jednotka je dvouokruhová se vzduchem chlazenými kondenzátory v provedení jako tepelné čerpadlo. Její topný výkon je 322 kW při venkovní teplotě $t_e = -5$ °C. Chladicí jednotka obsahuje hydraulický modul se zdvojeným oběhovým čerpadlem. Teplotní spád nemrznoucí směsi (propylenglykol) primárního okruhu je 6/12 °C [12].

Chladicí jednotka pro jednotky FCU je kompresorová chladicí jednotka RC GROUP MAXIMO.SCREW.A.XTR.R1254a725.V.2.U12 o chladicím výkonu 834 kW. Chladicí jednotka je dvouokruhová se vzduchem chlazenými kondenzátory. Dále má integrovaný systém volného chlazení (535 kW při venkovní teplotě 5 °C), integrovanou akumulaci nádobu a hydraulický modul se zdvojeným čerpadlem. Primární okruh této jednotky je také naplněn propylenglykolem a jeho teplotní spád je 13/18 °C [12].

Odvod kondenzačního tepla

Chladicí jednotky mají vzduchem chlazené kondenzátory [12].

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení pravděpodobně není využíváno [12].

Akumulace chladu

Akumulační nádrž není v systému použita [12].

Tab. 84 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 12

Typ systému	Vodní systém s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
RC GROUP GLIDER.HP440.V.2.Y2	376	-
RC GROUP MAXIMO.SCREW.A.XTR.R1254a725.V.2.U12	834	-
Σ	1 210	-
Odvod kondenzačního tepla – vzduchem chlazené kondenzátory		

5.12.3. Měření dat

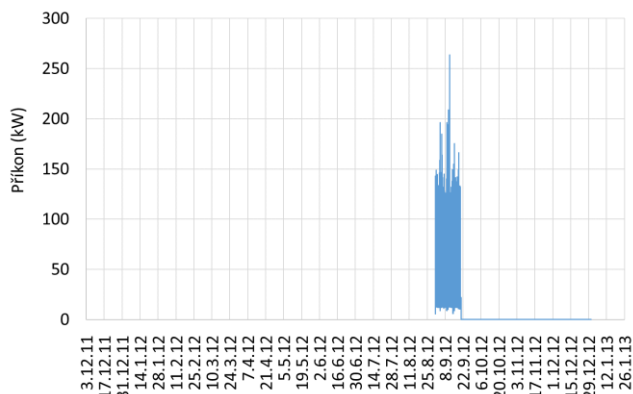
V objektu je měřena spotřeba elektrické energie 2 kompresorových chladicích jednotek, a to chladicí jednotky RC GROUP GLIDER.HP440.V.2.Y2 a druhé chladicí jednotky RC GROUP MIXIMO.SCREW.A.XTR.R1254a725.V.2.U12. Měření spotřeby zdrojů chladu bylo instalováno v létě roku 2012. Spotřeba elektrické energie je měřena pomocí dvou třífázových elektroměrů BEMKO DTS - 353 s impulzními výstupy s konstantou 12 800 imp./kWh. Elektroměry jsou připojeny pomocí transformátorů proudu osazených na všech fázích s poměrem primárního a sekundárního proudu 800/5 A. Data z elektroměrů jsou zaznamenávány do dataloggerů typ S7021 fy COMET. Pro chladicí stroj CH1 je určen datalogger s výrobním číslem 10933382 a pro chladicí stroj CH2 je určen datalogger s výrobním číslem 10933382. Datalogger nemá nastavený přepočít vstupních

veličin tak, aby ukazovaly spotřebu přímo v kWh a přepočít je třeba provést při následné analýze dat. Konstanty dataloggerů jsou 80 imp/kWh ($12\,800/(800/5)$). Touto konstantou jsou třeba data z dataloggerů vydělit, aby výsledná spotřeba byla v kWh. Záznam probíhá v intervalu 15 minut.

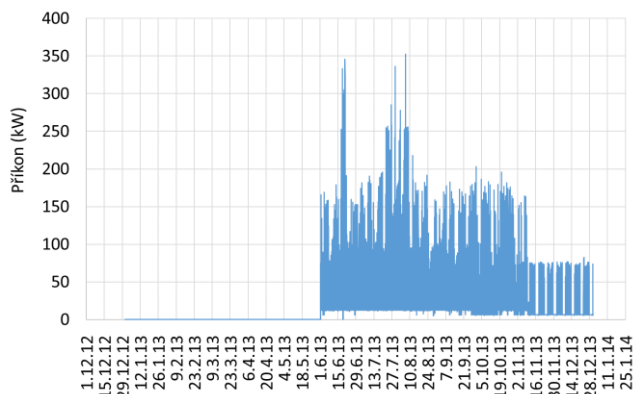
Naměřená data

Měřením byla získána detailní data spotřeb dvou chladicích zdrojů v období 2012–2016. Monitoring byl však v roce 2012 instalován až v létě a data v tomto roce byla naměřena pouze pro jeden den v srpnu a pro září. Tato data jsou velmi detailní, neboť měření probíhalo v pětiminutovém intervalu. V ostatních letech byl interval záznamu spotřeb nastaven na 15 minut. Přestože data jsou v porovnání s měření u ostatních budov velmi kompletní, několikrát v průběhu celého měření zřejmě došlo k naplnění paměti čítače a přemazání naměřených dat, která ještě nebyla odečtena. Počty dní v příslušných měsících jednotlivých let, ze kterých je detailní záznam spotřeby k dispozici, jsou znázorněny v tabulkách shrnujících zásadní výsledky měření v podkapitole *Spotřeba elektrické energie zdroje chladu*.

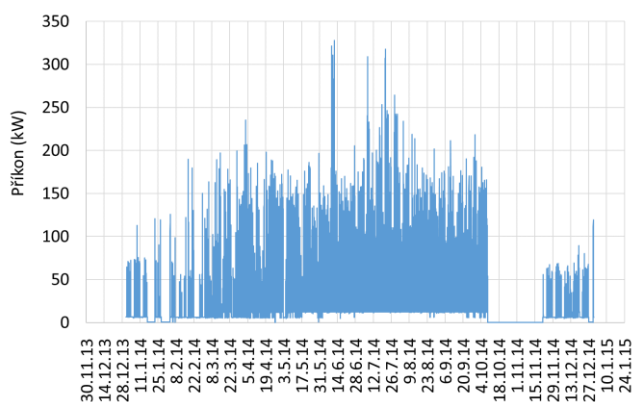
Grafy na Obr. 5.120 až Obr. 5.124 zobrazují naměřená data v podobě průběhů příkonu zdroje chladu během jednotlivých let. Vždy se jedná o součet příkonů obou chladicích strojů. Jako hlavní chladicí období budovy, kdy jsou dosahované příkony znatelně vyšší než v ostatní části roku, lze označit období přibližně od dubna do konce října. Toto období je však spíše orientační, neboť například v roce 2014 jsou relativně vysoké příkony zdroje chladu patrné již koncem února a například v roce 2013 jsou vysoké hodnoty příkonu patrné ještě v listopadu. Ve zbylé části roku, tedy v období zpravidla od ledna do konce března a od listopadu do konce prosince dosahuje příkon zdroje chladu výrazně nižších hodnot než v hlavním chladicím období. V tomto období příkon zdroje chladu odpovídá jednak příkonu chladicího stroje pro ventilátorové konvektory, jednak příkonu druhého chladicího stroje, který však v tomto období nechladí, ale pracuje v režimu tepelného čerpadla a ohřívá přiváděný vzduch. Během hlavního chladicího období je průběh příkonu spíše vyrovnaný, přičemž v letních měsících dosahuje příkon extrémních hodnot příkonu. Typicky dosahované příkony v tomto období se pohybují kolem 200 kW, extrémní hodnoty příkonu pak přibližně kolem 300 kW. Jak je patrné z Obr. 5.123, v klimaticky extrémním roce 2015 se příkony pohybují přibližně o 50 kW a v extrémech pak o 100 kW výše, než je typické pro ostatní roky. Mimo hlavní chladicí období je průběh příkonu vyrovnaný a typicky dosahuje hodnot mezi padesáti a 100 kW. V tomto období jsou také v průbězích příkonu dobře patrné relativně pravidelné víkendové útlumy. Během hlavního chladicího období nejsou výrazné víkendové útlumy patrné, ale z grafů je zřejmé, že o víkendech dochází k poklesu příkonu. Toto je nejvíce patrné v roce 2016, kdy v objektu došlo k určitým změnám, které budou rozebrány dále. Nejvyšší hodnota příkonu zdroje chladu za sledované období byla naměřena 13. 8. 2015 v 14:30 a činila 398 kW.



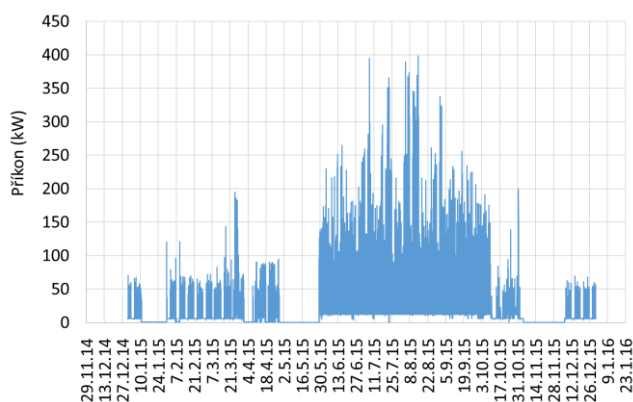
Obr. 5.120 Příkon zdroje chladu za rok 2012



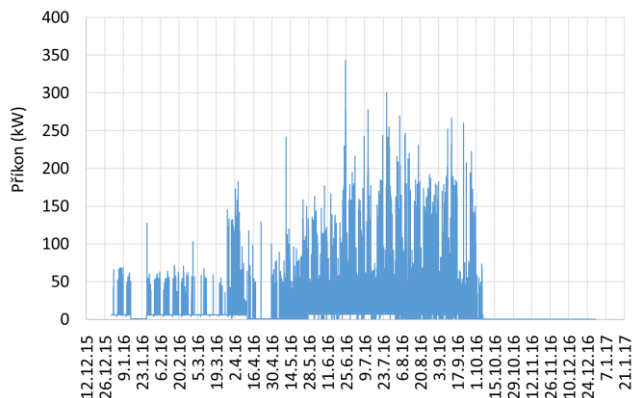
Obr. 5.121 Příkon zdroje chladu za rok 2013



Obr. 5.122 Příkon zdroje chladu za rok 2014



Obr. 5.123 Příkon zdroje chladu za rok 2015



Obr. 5.124 Příkon zdroje chladu za rok 2016

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

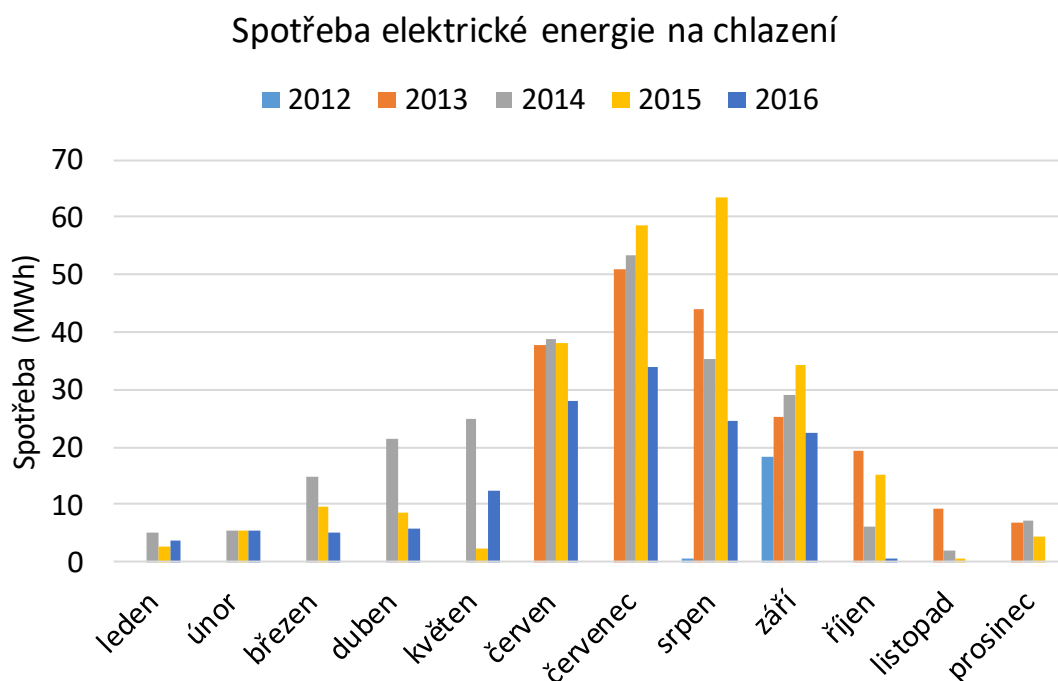
Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.125 níže. Graf na obrázku zobrazuje měsíční spotřeby elektrické energie zdroje chladu v jednotlivých letech sledovaného období. Z grafu je patrný postupný nárůst měsíční spotřeby,

dosažení maxim v letních měsících a následný postupný pokles hodnot spotřeb. Mimo hlavní chladicí období tohoto objektu (zhruba duben až říjen) se hodnoty měsíčních spotřeb pohybují přibližně kolem 5 MWh. Tomu se vymyká pouze rok 2014 ve kterém měsíční spotřeby v tomto období značně převyšují spotřeby v ostatních letech. V hlavním chladicím období mimo měsíce srpna, ve kterém se typicky spotřeby zdroje chladu v jednotlivých letech značně liší, jsou měsíční hodnoty spotřeb relativně vyrovnané. To platí pro spotřeby všech let kromě roku 2016 ve kterém jsou měsíční spotřeby evidentně výrazně nižší. Z tohoto důvodu byla kontaktována technická správa objektu a bylo zjištěno, že na konci roku 2016 z budovy odešel původní vlastník nemovitosti, který měl v objektu sídlo firmy. Vzhledem k tomu, že obsazenost budovy je nyní nižší, byly uzavřeny některé větve chladicích okruhů a k chlazení dochází ve výrazně menší části objektu. Tomu odpovídají i zmíněné nižší spotřeby elektrické energie zdroje chladu v roce 2016. Maximální hodnoty měsíční spotřeby bylo dosaženo v klimaticky extrémním srpnu 2015. Spotřeba v tomto měsíci činila 63 508 kWh a výrazně převyšuje spotřeby v tomto měsíci v ostatních letech.

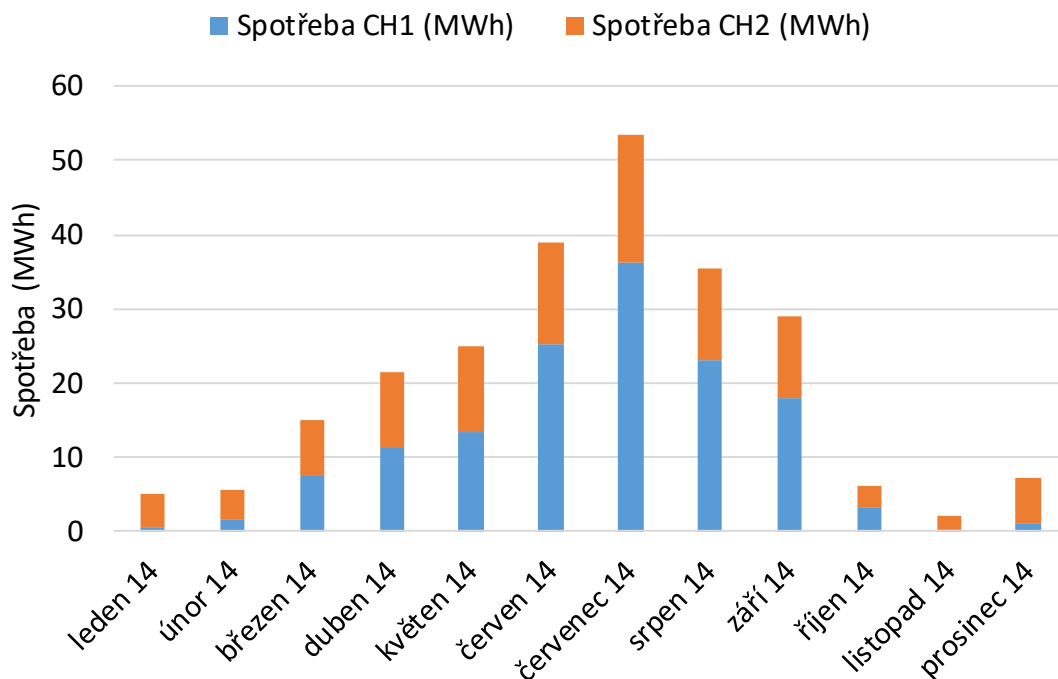
Na Obr. 5.126 je znázorněn typický podíl jednotlivých chladicích strojů na celkové spotřebě v průběhu roku. Během hlavního chladicího období je evidentně dominantní chladicí stroj CH1, který slouží k přípravě chladicí vody pro ventilátorové konvektory. Je tedy zřejmé že většina tepelné zátěže z prostor objektu je v tomto období odváděna prostřednictvím ventilátorových konvektorů. Druhý chladicí stroj chladí vodu pro výměníky vzduchotechnických jednotek, které přivádějí hygienické minimum čerstvého vzduchu. Spotřeba tohoto chladicího stroje tak vyjadřuje většinu (pouze zdroj chladu) spotřebované elektrické energie na hrazení ztrát větráním. Z grafu na obrázku je dále patrné, že mimo hlavní chladicí období se zásadně změnil poměr spotřeb chladicích strojů. Většina elektrické energie v těchto měsících je spotřebována chladicím strojem CH2, tedy zdrojem chladu vzduchotechnických jednotek. Podle informací z objektu však kvůli stížnostem na průvan není vzduchotechnickým systémem odváděna tepelná zátěž, ale čerstvý vzduch je přiváděn izotermicky. Z tohoto důvodu spotřeby zdroje chladu CH2 v tomto období odpovídají spotřebám na ohřev přiváděného vzduchu a zdroj chladu pracuje v režimu tepelného čerpadla. Od celkových ročních spotřeb uvedených v tabulkách s výsledky měření, byly odečteny spotřeby chladicího stroje CH2 v měsících lednu, únoru, listopadu a v prosinci (případně jejich odhad), neboť se nejedná o spotřeby na chlazení, ale o spotřeby na ohřev. V tabulkách znázorněné měsíční hodnoty spotřeb odpovídají spotřebám obou chladicích strojů, tedy spotřebám na chlazení i na ohřev.

Tabulky níže shrnují zásadní výsledky měření v jednotlivých letech. Vzhledem k výpadkům v měření byly chybějící hodnoty spotřeb doplněny odhadem případně průměrem příslušných měsíčních spotřeb z let kdy tato data byla naměřena. V případě této budovy byla ve většině případů výpadků měření k dispozici data spotřeb ze začátku a konce období ve kterém k výpadku došlo. Díky tomu bylo možné pouze přerozdělit skutečnou spotřebu zdroje chladu mezi jednotlivé měsíce období, ve kterém k výpadku měření došlo. Celkové doplněné spotřeby v letech 2014 a 2015 pak odpovídají

skutečným hodnotám spotřeb elektrické energie zdroje chladu. Tímto způsobem dopočítané celkové doplněné spotřeby elektrické energie jsou zvýrazněny zeleně. Při přerozdělování skutečných hodnot spotřeb mezi jednotlivé měsíce bylo přihlíženo k průměrným měsíčním spotřebám z ostatních let ve snaze o dosažení co nepřesnějších poměrů, ve kterých má být spotřeba rozdělena. Vzhledem k tomu že v roce 2012 většina dat chybí, byl odhad chybějících spotřeb prováděn pouze v období od října do konce roku, a to pouze kvůli zpřesnění přerozdělení chybějících spotřeb v roce 2013, neboť byla k dispozici spotřeba z období od konce září 2012 do konce května 2013. Odhadem přerozdělené měsíční spotřeby, jejichž součet odpovídá skutečné naměřené spotřebě za dané období, jsou v tabulkách shrnujících výsledky měření, zvýrazněny fialově. Celková spotřeba v roce 2016 je výrazně nižší, než je tomu v ostatních letech. Již zmiňovaným důvodem je snížení klimatizované podlahové plochy v objektu z důvodu nižší obsazenosti.



Obr. 5.125 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.12



Obr. 5.126 Typický podíl spotřeby zdroje chladu 1 (CH1) a zdroje chladu 2 (CH2) na celkové spotřebě obou zdrojů chladu

Tab. 85 Výsledky měření budovy č. 12 v roce 2012

Tab. 86 Výsledky měření budovy č. 12 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2012	0	0,00%	0	0	
2	2012	0	0,00%	0	0	
3	2012	0	0,00%	0	0	
4	2012	0	0,00%	0	0	
5	2012	0	0,00%	0	0	
6	2012	0	0,00%	0	0	
7	2012	0	0,00%	0	0	
8	2012	612	3,24%	1	143	
9	2012	18 263	96,76%	20	264	23 500
10	2012	0	0,00%	0	0	14 000
11	2012	0	0,00%	0	0	7 500
12	2012	0	0,00%	0	0	6 000
celkem		18 875		21	264	37 896
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 972	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					-	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					-	
1	2013	0	0,00%	0	0	3 482
2	2013	0	0,00%	0	0	5 000
3	2013	0	0,00%	0	0	8 000
4	2013	0	0,00%	0	0	9 500
5	2013	0	0,00%	0	0	17 500
6	2013	37 809	21,05%	30	346	37 809
7	2013	50 869	28,32%	31	336	50 869
8	2013	43 929	24,45%	31	352	43 929
9	2013	25 288	14,08%	30	203	25 288
10	2013	19 205	10,69%	31	196	19 205
11	2013	9 216	5,13%	30	164	9 216
12	2013	7 018	3,91%	31	83	7 018
celkem		179 640		214	352	215 078
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 972	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					13,8	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					16,6	

Tab. 87 Výsledky měření budovy č. 12 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2014	4 968	2,18%	31	121	4 968
2	2014	5 534	2,43%	28	190	5 534
3	2014	15 016	6,59%	31	199	15 016
4	2014	21 570	9,47%	30	235	21 570
5	2014	24 991	10,97%	31	197	24 991
6	2014	38 918	17,08%	30	328	38 918
7	2014	53 468	23,47%	31	318	53 468
8	2014	35 511	15,59%	31	234	35 511
9	2014	29 114	12,78%	30	218	29 114
10	2014	6 023	2,64%	9	180	21 159
11	2014	1 970	0,86%	10	67	9 300
12	2014	7 140	3,13%	31	119	7 140
celkem		227 828		323	328	250 294
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 972	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					17,6	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					19,3	

Tab. 88 Výsledky měření budovy č. 12 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2015	2 789	1,14%	31	120	2 789
2	2015	5 596	2,29%	28	121	5 596
3	2015	9 727	3,99%	31	195	9 727
4	2015	8 581	3,52%	29	95	8 877
5	2015	2 257	0,93%	2	141	23 228
6	2015	38 280	15,70%	30	265	38 280
7	2015	58 539	24,00%	31	395	58 539
8	2015	63 508	26,04%	31	398	63 508
9	2015	34 396	14,10%	30	324	34 396
10	2015	15 024	6,16%	31	199	15 024
11	2015	587	0,24%	4	53	9 533
12	2015	4 595	1,88%	26	69	5 479
celkem		243 879		304	398	255 370
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 972	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					18,8	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					19,7	

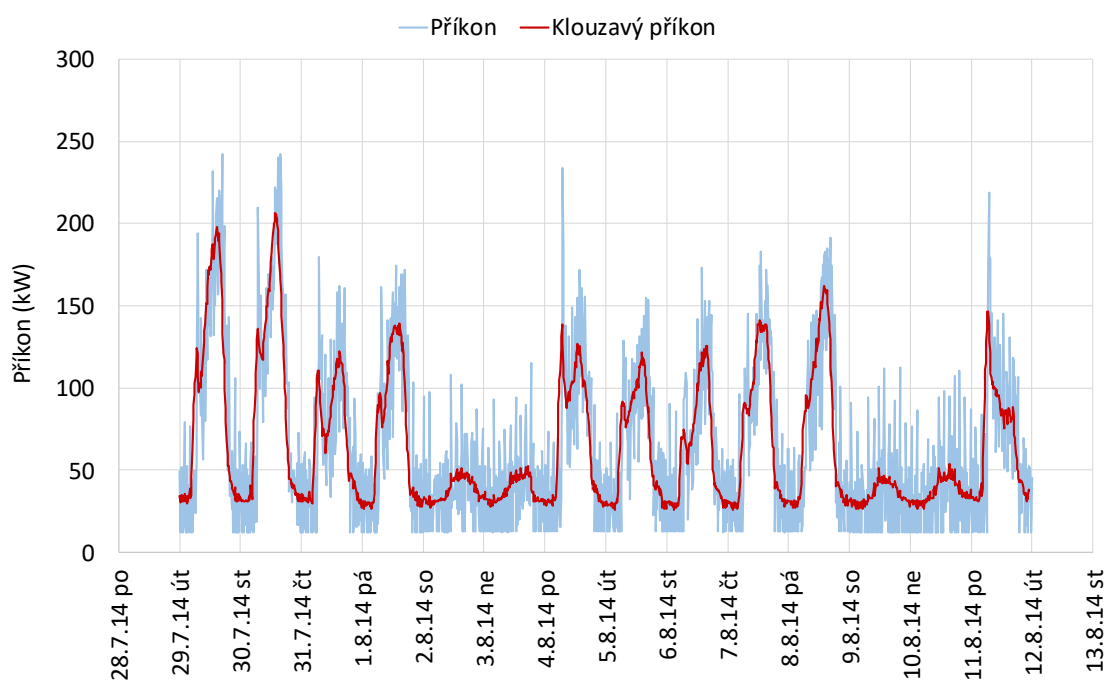
Tab. 89 Výsledky měření budovy č. 12 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Maximální elektrický příkon [kW]	Doplňná spotřeba EE [kWh]
1	2016	3 789	2,66%	31	127	3 789
2	2016	5 437	3,82%	29	72	5 437
3	2016	5 286	3,71%	31	145	5 286
4	2016	5 803	4,08%	30	183	5 803
5	2016	12 247	8,60%	31	242	12 247
6	2016	28 001	19,67%	30	343	28 001
7	2016	34 069	23,93%	31	300	34 069
8	2016	24 612	17,29%	31	269	24 612
9	2016	22 358	15,70%	30	267	22 358
10	2016	763	0,54%	6	74	18 463
11	2016	0	0,00%	0	0	9 350
12	2016	0	0,00%	0	0	6 546
celkem		142 364		0	343	154 468
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					12 972	
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					11,0	
měrná doplňná spotřeba EE [kWh/m ²]					11,9	

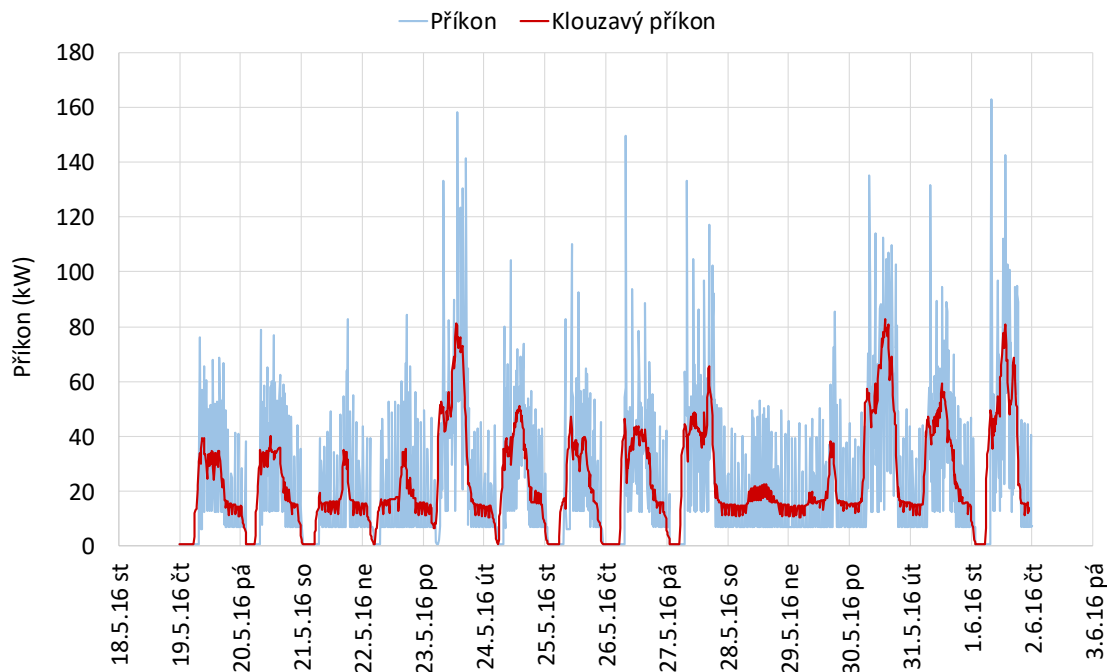
Příkon zdroje chladu

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny 14denní a 3denní průběhy elektrického příkonu a klouzavého elektrického příkonu zdroje chladu. Následující grafy vyjadřují typické průběhy příkonů v hlavním chladicím období, na jeho okraji a mimo hlavní chladicím období. Na Obr. 5.130 je pak znázorněn extrémní průběh příkonu v létě roku 2015. Na Obr. 5.127, který reprezentuje průběh příkonu v hlavním chladicím období jsou vidět pravidelné noční útlumy zdroje chladu, které však nedosahují nulových hodnot, ale zdroj chladu během útlumu značně cykluje a jeho příkon se

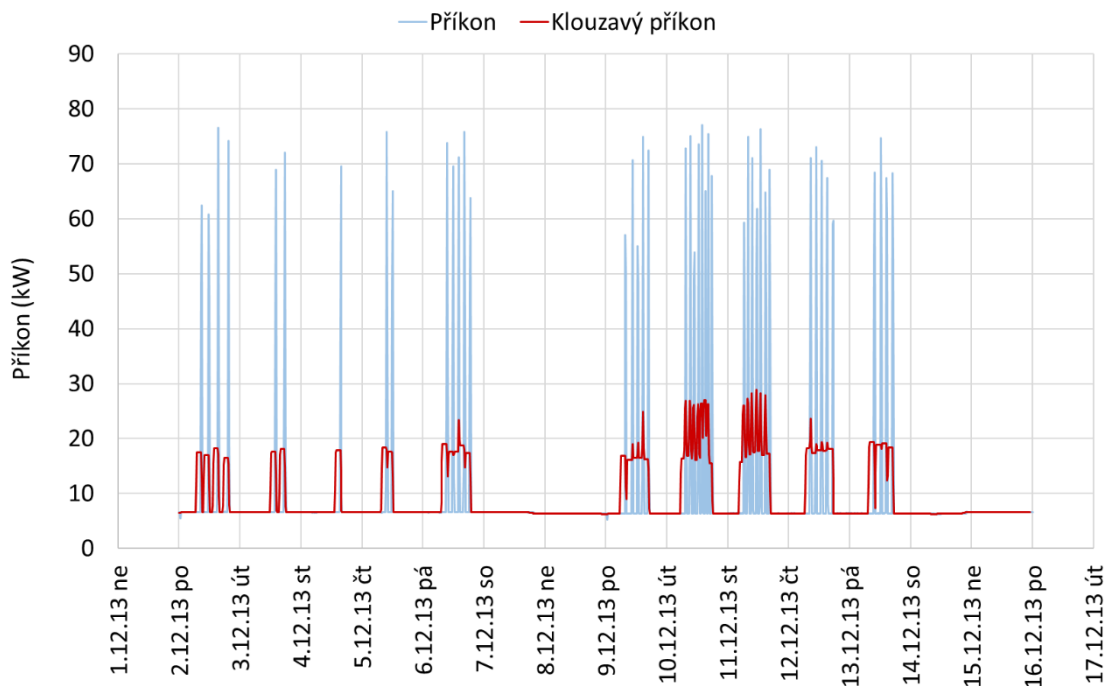
pohybuje přibližně mezi hodnotami 10 kW a 50kW. Je tedy zřejmé že k chlazení dochází i v nočních hodinách. Maximálních hodnot příkonu je dosahováno zpravidla v odpoledních hodinách. Z grafu jsou dále dobře patrné víkendové poklesy příkonu zdroje chladu. Výkon zdroje při těchto nižších hodnotách příkonu není řízen plynule, ale značně cykluje. Na Obr. 5.128 je znázorněn průběh zdroje chladu, který je typický pro okraj hlavního chladicího období. Z grafu na obrázku je zřejmé, že průběh příkonu se pohybuje výrazně níže než na předchozím uvedeném grafu a zdroj chladu také výrazněji cykluje. Na grafu viditelné poklesy příkonu na nulové hodnoty v průběhu noci, jsou spíše specifickým roku 2016 kdy poklesla potřeba chladu. V ostatních letech je příkon během noci na okraji hlavního chladicího období znatelně nižší než uprostřed léta, ale k poklesům příkonu na nulovou hodnotu dochází pouze výjimečně. Na Obr. 5.129 je graf s průběhem příkonu typickým pro část roku mimo hlavní chladicí období. Výkon zdroje chladu je řízen opakovaným spínáním a vypínáním mnohdy se znatelnými pauzami mezi jednotlivými sepnutími. Pro toto období jsou také typické téměř pravidelné víkendové útlumy zdroje chladu, jak je patrné z uvedeného grafu. Na Obr. 5.130 je znázorněn extrémní průběh příkonu zdroje chladu. Z grafu je patrné, že ve dnech s vysokou potřebou chladu je výkon zdroje řízen výrazně plynuleji. Na Obr. 5.131 je pak znázorněn detailní průběh příkonu zdroje chladu s názorným poklesem příkonu o víkendu (v neděli) a jeho opětovným nárůstem na začátku pracovního týdne.



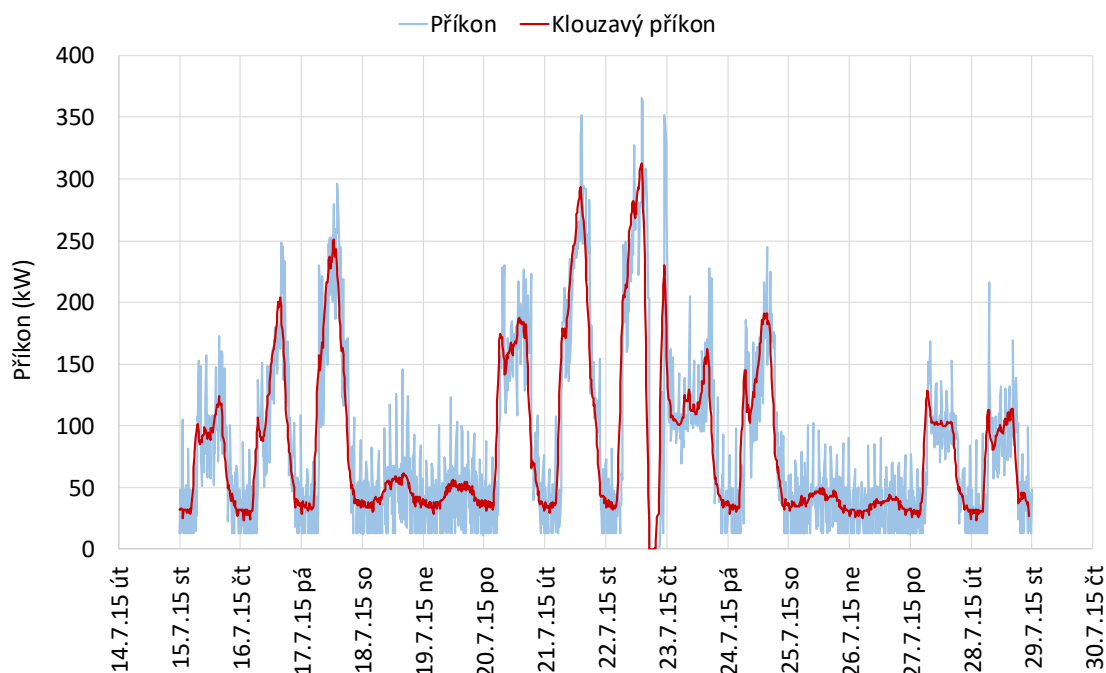
Obr. 5.127 Typický 14denní průběh příkonu zdroje chladu pro hlavní chladicí období (rok 2014)



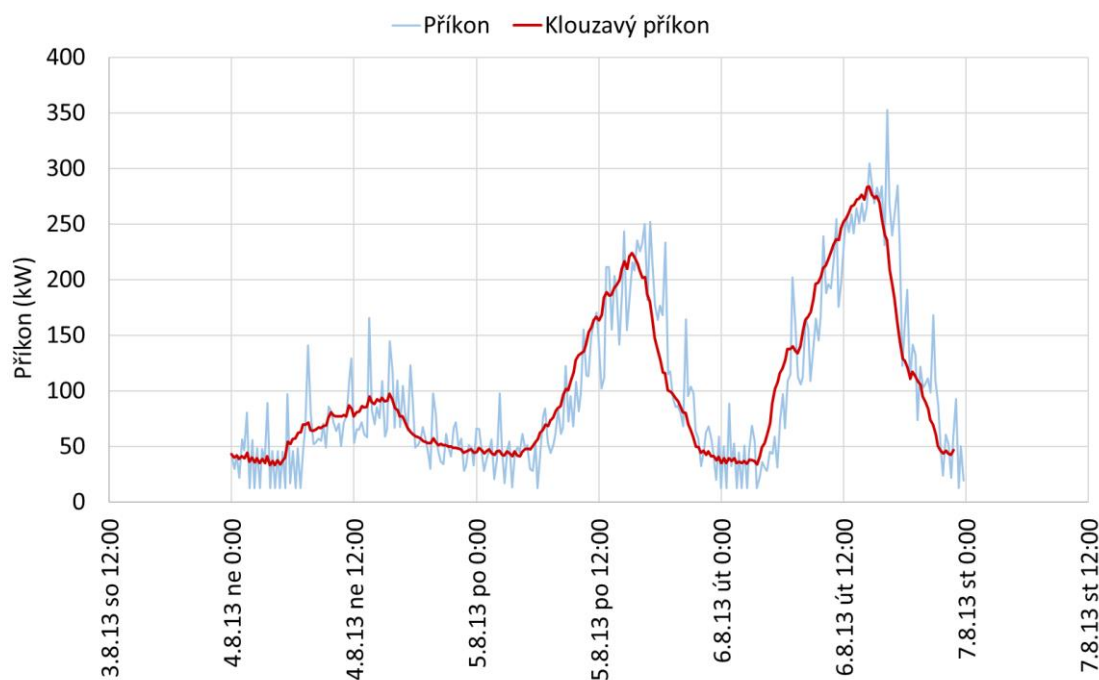
Obr. 5.128 Typický 14denní průběh příkonu zdroje chladu na okraji hlavního chladicího období (rok 2016)



Obr. 5.129 Typický 14denní průběh příkonu zdroje chladu mimo hlavní chladicí období (rok 2013)



Obr. 5.130 14denní průběh příkonu zdroje chladu v klimaticky extrémním létě roku 2015



Obr. 5.131 Typický detailní průběhu příkonu zdroje chladu v hlavním chladicím období (rok 2013)

5.12.4. Závěr budova č. 12

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v letech 2012–2016. Oproti datům z měření většiny ostatních budov jsou data velmi kompletní a mezery v datech se ve většině případů podařilo doplnit. Vzhledem k vysokým tepelným ziskům dochází v objektu k chlazení mnohdy i v zimních měsících. V průběhu hlavního chladicího období budovy, většinu celkové spotřeby zdroje chladu

tvorí spotřeba chladicího stroje určeného pro ventilátorové konvektory. Mimo toto období se tento poměr otočí a dominantní část spotřeby tvoří chladicí stroj pro vzduchotechnické jednotky, který pracuje v režimu tepelného čerpadla a ohřívá přiváděný čerstvý vzduch. V roce 2016 došlo k výraznému poklesu spotřeb zdroje chladu. Dle informací z objektu došlo koncem roku 2015 k zásadním změnám v obsazenosti objektu, neboť firma, která v objektu do té doby sídlila, objekt opustila. Od roku 2016 není objekt natolik obsazen a výrazně se tak zmenšila klimatizovaná plocha. Na začátku tohoto roku došlo údajně i k určitým změnám v regulaci zdroje chladu, především v zimním období. Tento regulační zásah nelze zatím vyhodnotit, neboť data ze zimy 2016/2017 ještě nebyla z dataloggeru odečtena. Pro možnost vyhodnocení a porovnání spotřeb v roce 2016 a následujících letech s dosavadním měřením, bude třeba zjistit aktuální rozsah klimatizovaných ploch. Průměrná spotřeba zdroje chladu (pouze na chlazení, spotřeby v zimních měsících na ohřev větracího vzduchu nebyly uvažovány) za měřené období vztažená ke klimatizované podlahové ploše 12 972 m² činí 17,6 kWh/m². Průměrná měrná roční spotřeba s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb činí 18,5 kWh/m². Ve výpočtech nebyl zahrnut rok 2012 z důvodu nedostatečného množství naměřených dat a rok 2016 z důvodu podstatné změny klimatizované plochy.

5.13. Budova č. 13

5.13.1. Popis objektu

Tento velmi rozsáhlý objekt se nachází v Praze v Radlicích. Jedná se o velmi moderní a v mnoha ohledech nadstandartní administrativní budovu dokončenou v roce 2007 s investičními náklady ve výši téměř tří miliard Kč. Objekt vysoký 25 m má celkem osm podlaží. Tři podlaží jsou podzemní a pět podlaží je nadzemních. V budově se nachází především kancelářské prostory pro více než 2 500 zaměstnanců. Celý objekt se skládá ze šesti sekcí A až F. Tyto sekce jsou odděleny velkými a malými atrií. Ve vstupním prostoru budovy se nachází recepce, jídelna, kavárna a odpočinkové zóny. Pracovní místa řadových zaměstnanců se nacházejí ve velkoplošných kancelářích. Kolem atrií jsou pak situovány kanceláře vedoucích pracovníků, zasedací a konferenční místnosti. Páté nadzemní podlaží je vystavěno na menším půdorysu než ostatní podlaží a jeho obvodový plášť je zcela prosklen. Na střeše objektu se pak nacházejí zahrady volně přístupné pro zaměstnance.

Hlavní konstrukci budovy tvoří monolitický železobetonový skelet z tyčovitých vertikálních prvků. Konstrukce stropu a střechy jsou tvořeny monolitickou železobetonovou deskou. Budova je charakterizována jako středně těžká. Obvodový plášť budovy je z převážné části prosklen a opatřen dřevěnými či hliníkovými prvky nekonstrukčního charakteru. Základní stavební prvek obvodového pláště je ve většině případů systémový dílec s ocelohliníkovou konstrukcí, ve které jsou vloženy

zmíněné hliníkové či dřevěné prvky. Tyto prvky slouží jako vertikální větrání a jsou součástí každého okna. Jako stínění jsou použity vnější žaluzie a stahovací rolety. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 90 níže.

Tab. 90 Základní údaje o budově č. 13

Lokace	Praha – Radlice
Účel	Administrativní budova
Orientace podélné osy budovy	Východ – západ
Obestavěný prostor	412 800 m ³
Zastavěná plocha	16 300 m ²
Celková podlahová plocha	82 400 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	47 000 m ²
Obsazenost objektu	Cca 2 500 (kapacita)
Stínící prvky	Venkovní žaluzie a stahovací rolety

5.13.2. Popis klimatizačního systému

Pro klimatizaci tohoto rozsáhlého objektu slouží vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory v kombinaci se vzduchovým klimatizačním systémem. Čerstvý upravený vzduch je do jednotlivých sekcí objektu přiváděn systémem VAV boxů s topným registrem a pomocí ventilátorových konvektorů. Ty jsou provedeny ve čtyřtrubkovém zapojení pro možnost vytápění i chlazení a pracují s oběhovým i čerstvým vzduchem. Vzduchotechnické jednotky, které upravují vzduch přiváděný do prostor objektu jsou umístěny na střeše objektu, přičemž na střeše každé sekce jsou instalovány dvě vzduchotechnické jednotky. Přívod vzduchu do velkoplošných kanceláří je řešen pomocí VAV boxů a v prostorách kanceláří je distribuován pomocí podlahových výústek. V kancelářích, které jsou situovány u fasády je přívod čerstvého vzduchu řešen kombinací VAV boxů umístěných v prostoru a ventilátorových konvektorů, které jsou umístěny rovnoběžně s obvodovým pláštěm objektu. Odvod znehodnoceného vzduchu je realizován přes velká atria. Z velkoplošných kanceláří je vzduch odváděn přímo přes atria, z jednomístných kanceláří a zasedacích místností je nejprve odváděn šterbinami s labyrintem umístěnými v dělicích příčkách, do chodeb a následně do atrií. Pro přípravu chladicí vody pro ventilátorové konvektory, chladiče vzduchotechnických jednotek a pro dále pro IT slouží 3 zdroje chladu. První zdroj chladu slouží pro ventilátorové konvektory, druhý zdroj je určen pro IT a třetí zdroj chladu slouží pro přípravu chladicí vody pro vzduchotechnické jednotky.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jak bylo uvedeno, v objektu jsou 3 samostatné skupiny zdrojů chladu. Jako zdroj chladu pro jednotky FCU jsou na střeše objektu instalovány dvě kompresorové chladicí jednotky se vzduchem chlazenými kondenzátory MAXIMO.SCREW.A.XTR.R134a 725.V.2.U12. Chladicí jednotky jsou opatřeny integrovaným volným chlazením a pracují s chladivem R134a. Tento zdroj chladu zásobuje chladicí vodou celkem 1 599 jednotek FCU. Primární a sekundární oběhová čerpadla, deskové výměníky glykol/voda, rozdělovače, sběrače a ostatní příslušenství ke zdroji chladu jsou umístěna ve strojovně v suterénu budovy. Celkový chladicí výkon této dvojice chladicích jednotek je 1692 kW a jejich celkový příkon činí 564,6 kW.

Pro chlazení prostorů IT je v objektu instalována dvojice kompaktních kompresorových chladicích jednotek se vzduchem chlazenými kondenzátory a integrovaným volným chlazením MAXIMO.SCREW.A.ELN.R134a 470.V.1.U11. Zdroje chladu jsou umístěny na střeše objektu. Stejně jako u chladicích zdrojů pro FCU je příslušenství zdrojů chladu umístěno v suterénu objektu. Chladicí jednotky pracují s chladivem R134a. Na tento zdroj chladu jsou napojeny jednotky FCU, 3 vzduchotechnické jednotky a 21 jednotek přesné klimatizace. Celkový výkon tohoto zdroje chladu složeného ze dvou chladicích jednotek je 1 040 kW a jeho příkon činí 332,6 kW.

Jako zdroje chladu pro vzduchotechnické jednotky (celkem pro 27 VZT jednotek) jsou na střeše objektu umístěny tři chladicí jednotky se vzduchem chlazenými kondenzátory, přičemž dvě jednotky umožňují provoz v reversním chodu tedy v režimu tepelného čerpadla. Stejně jako u zdrojů chladu pro FCU a IT jsou primární a sekundární oběhová čerpadla, rozdělovače, sběrače atd. umístěny v suterénu budovy. Chladicí jednotky, které umožňují provoz v režimu tepelného čerpadla jsou označeny 401a a jedná se o dvojici jednotek REVERSO.SCREW.A.P.STD o celkovém chladicím výkonu obou jednotek 1086,9 kW a celkovém elektrickém příkonu 933,8 kW. Chladicí jednotka UNICO.SCREW.A.XTR.134a pouze pro chlazení je označena pozicí 401b. Chladicí výkon této jednotky činí 1150,8 kW a její příkon je 405 kW. Všechny chladicí jednotky pracují s chladivem R134a.

Odvod kondenzačního tepla

Všechny chladicí jednotky mají vzduchem chlazené kondenzátory.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení není v objektu využíváno.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

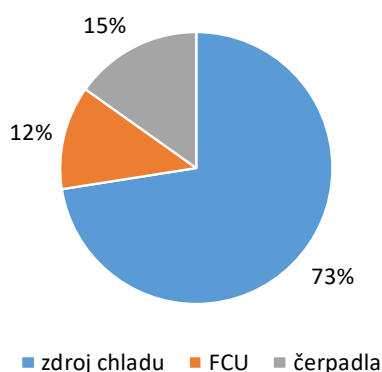
V Tab. 91 je uveden stručný soupis oběhových čerpadel, vzduchotechnických jednotek a ventilátorových konvektorů příslušejících k jednotlivým zdrojům chladu.

Akumulace chladu

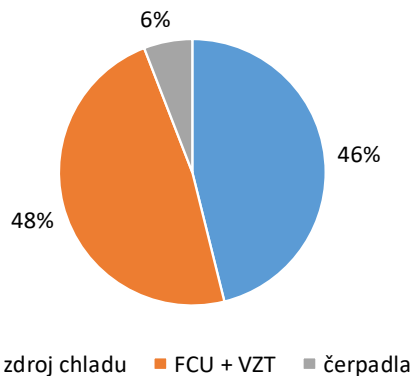
Akumulační nádrž není v systému chlazení použita.

Tab. 91 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 13

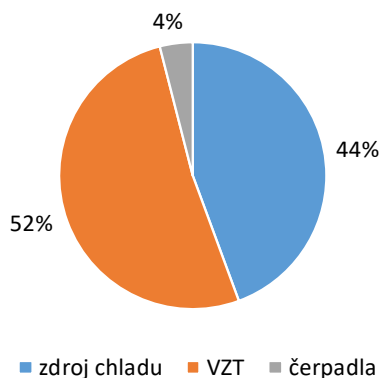
Typ systému	Vodní systém s ventilátorovými konvektory + vzduchotechnika	
Zdroj chladu – FCU		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
MAXIMO.SCREW.A.XTR.R134a 725.V.2.U12 – 2 ks	1 692	564,6
Jednotky FCU – 1599 ks	2 333	96
Oběhová čerpadla KSB – 7 ks	-	118
Σ		778,6
Zdroj chladu – IT		
MAXIMO.SCREW.A.ELN.R134a 470.V.1.U11 – 2 ks	1 040	332,6
Jednotky FCU + VZT – 218 ks	1 130	346
Oběhová čerpadla KSB – 6 ks	-	42,4
Σ		721
Zdroj chladu – VZT		
REVERSO.SCREW.A.P.STD – 2 ks	2 173,8	933,8
UNICO.SCREW.A.XTR.134a	1 150,8	405
Σ	3 324,6	1 338,8
Vzduchotechnické jednotky – 27 ks	3 554	1 557
Oběhová čerpadla KSB – 4 ks	-	120
Σ	-	3 015,8
Odvod kondenzačního tepla – vzduchem chlazené kondenzátory		



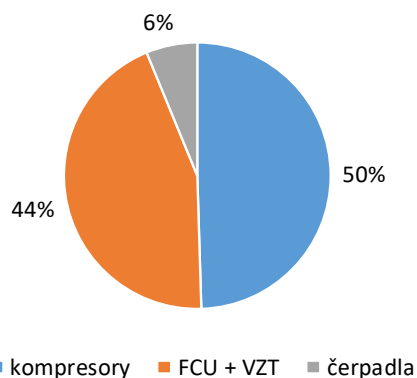
Obr. 5.132 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č. 13 – zdroj chladu FCU



Obr. 5.133 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č. 13 – zdroj chladu IT



Obr. 5.134 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č. 13 – zdroj chladu VZT



Obr. 5.135 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků celého klimatizačního systému budovy č. 13

5.13.3. Měření dat

Měření spotřeby elektrické energie na chlazení probíhá v tomto objektu již dlouhodobě. Všechny chladicí jednotky jsou přes sběrnici napojeny na měřicí trafo s proudovým výstupem. Ten je vyslán do elektroměru, který je umístěn v rozvodně. Elektroměr je opatřen tranzistorem, který spíná s každou přirůstající hodinou a pulzy vztažené na kWh posílá do podstanice SAUTER. Tato podstanice přenese informace na pevný disk PC na velíně vždy po 100 pulzech. Odečítaná data jsou každé dvě hodiny automaticky uložena do centrálního počítače.

Naměřená data

Měření bylo získána měsíční data spotřeby jednotlivých zdrojů chladu v období 2008–2017. V případě roku 2008 jsou k dispozici měsíční spotřeby pouze z posledních dvou měsíců roku. Během června roku 2009 pravděpodobně došlo k vynulování čítače elektroměru a chybějící data o spotřebě v tomto měsíci tak byla doplněna průměrnou hodnotou z ostatních let. Tato hodnota je v tabulkách

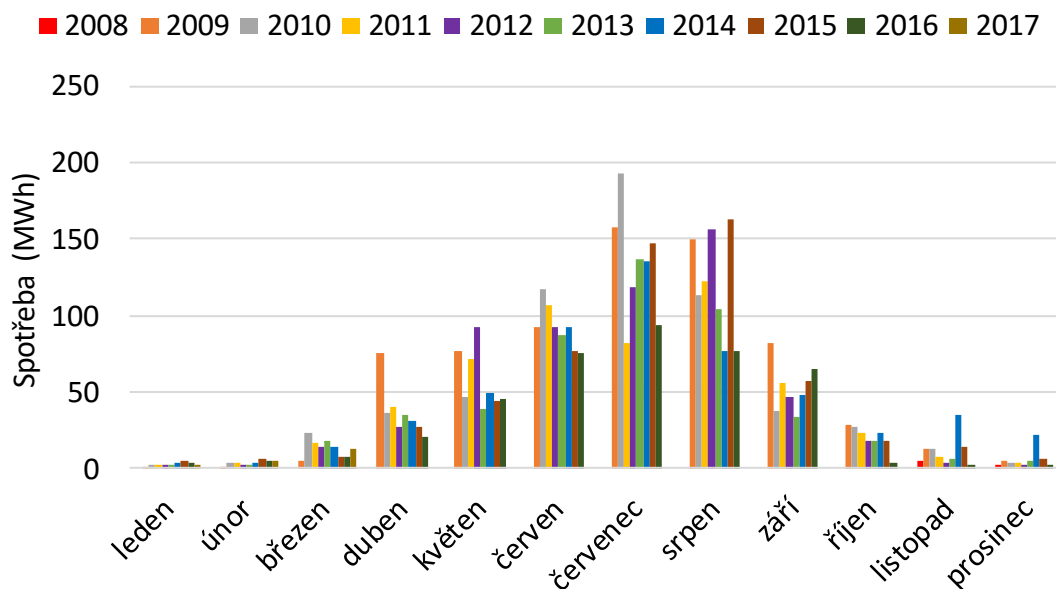
shrnujících výsledky měření zvýrazněna červeně. Ostatní měsíční spotřeby elektrické energie zdrojů chladu jsou zcela kompletní.

Analýza dat

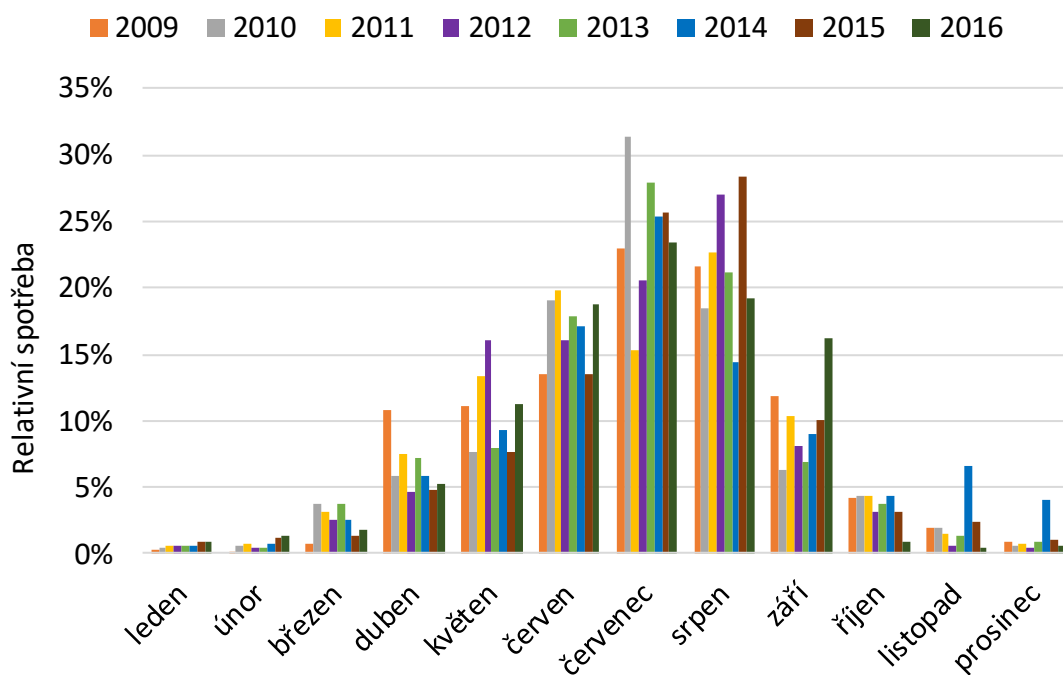
Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.136 níže. Graf na obrázku znázorňuje měsíční hodnoty spotřeb zdroje chladu pro vzduchotechnické jednotky a zdroje chladu pro ventilátorové konvektory. Jedná se o součet spotřeb elektrické energie těchto dvou zdrojů chladu. Spotřeba zdroje chladu pro IT nebyla do uvedených spotřeb zahrnuta. V případě výsledků měření uvedených v tabulkách níže se také vždy jedná a součet spotřeb zdroje chladu pro vzduchotechnické jednotky a pro jednotky fancoil. Jak již bylo uvedeno, v měsíčních spotřebách zdrojů chladu je zahrnuta i spotřeba chladicího zdroje pro vzduchotechnické jednotky na ohřev přiváděného vzduchu. To se týká především zimního období, kdy zdroj chladu pracuje v režimu tepelného čerpadla. Ve výsledných ročních spotřebách zdrojů chladu, nejsou spotřeby tohoto zdroje chladu v měsících lednu, únoru, listopadu a prosinci zahrnuty, neboť se s určitostí nejedná o spotřeby na chlazení. Z grafu na Obr. 5.136 je patrné, že spotřeba zdroje chladu v průběhu roku roste, v červenci a srpnu dosahuje maximálních hodnot a poté opět klesá. Z grafu je dále evidentní, že měsíční spotřeby v období leden až duben a říjen až prosinec jsou až na výjimky velmi vyrovnané. Tyto výjimky tvoří měsíční spotřeba v dubnu roku 2009, která přibližně dvojnásobně převyšuje hodnoty spotřeb z ostatních let. Dále se jedná spotřeby v listopadu a prosinci v roce 2014, které jsou z neznámého důvodu oproti ostatním roku více než dvojnásobně vysoké. Velmi vyrovnané spotřeby jsou také v měsíci červnu. Naopak značně rozdílných hodnot měsíčních spotřeb je dosahováno v nejteplejších měsících roku (červenci a srpnu) a dále pak na okraji hlavního chladicího období tedy v květnu a září. Maximální měsíční spotřeby elektrické energie zdroje chladu v těchto obdobích roku jsou oproti minimálním hodnotám měsíčních spotřeb téměř dvojnásobné. V červenci bylo nejvyšších spotřeb dosaženo v letech 2009 a 2010, přičemž spotřeba zdroje chladu v tomto měsíci roku 2010 je absolutně nejvyšší za celé měřené období a činí 192 249 kWh. V případě měsíce srpna spotřeby z let 2009, 2012 a 2015 jednoznačně převyšují naměřené hodnoty z ostatních let. Nejvyšší hodnota spotřeby byla naměřena v srpnu roku 2015 a činila 162 698 kWh. Roční spotřeby vztažené na metr čtvereční klimatizované podlahové plochy se pohybují mezi 8,5 – 14,7 kWh/m², zpravidla však kolem 12 kWh/m². Nejnižší hodnota byla naměřena v roce 2016 a odpovídala spotřebě 401 611 kWh a nejvyšší byla dosažena v roce 2009 a odpovídala 688 755 kWh. Graf na Obr. 5.137 znázorňuje měsíční spotřeby elektrické energie zdroje chladu vztažené k příslušným celkovým ročním hodnotám spotřeb zdroje chladu. Z grafu na obrázku je vidět, že v měsíci červenci a srpnu se spotřebuje přibližně 20–30 % roční spotřeby elektrické energie zdroje chladu. Celkem se během těchto dvou nejteplejších měsíců roku spotřebuje okolo 40 až 50 % veškeré roční spotřeby zdrojů chladu.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.136 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu (VZT + FCU) budovy č. 13



Obr. 5.137 Relativní spotřeba elektrické energie zdroje chladu (FCU + VZT) budovy č. 13

Tab. 92 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2008

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2008	0	0,00%
2	2008	0	0,00%
3	2008	0	0,00%
4	2008	0	0,00%
5	2008	0	0,00%
6	2008	0	0,00%
7	2008	0	0,00%
8	2008	0	0,00%
9	2008	0	0,00%
10	2008	0	0,00%
11	2008	5 593	64,96%
12	2008	3 017	35,04%
celkem		8 610	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
-			

Tab. 93 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2009

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2009	1 723	0,25%
2	2009	1 386	0,20%
3	2009	4 723	0,69%
4	2009	74 911	10,88%
5	2009	76 670	11,13%
6	2009	92 602	13,44%
7	2009	157 919	22,93%
8	2009	149 258	21,67%
9	2009	82 044	11,91%
10	2009	28 523	4,14%
11	2009	13 183	1,91%
12	2009	5 813	0,84%
celkem		688 755	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
14,7			

Tab. 94 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2010

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2010	2 283	0,37%
2	2010	3 688	0,60%
3	2010	22 803	3,71%
4	2010	35 860	5,84%
5	2010	46 829	7,62%
6	2010	116 753	19,01%
7	2010	192 249	31,30%
8	2010	112 945	18,39%
9	2010	38 262	6,23%
10	2010	26 944	4,39%
11	2010	12 336	2,01%
12	2010	3 298	0,54%
celkem		614 250	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
13,1			

Tab. 95 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2011

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2011	3 208	0,60%
2	2011	3 628	0,68%
3	2011	16 662	3,10%
4	2011	40 508	7,54%
5	2011	71 963	13,39%
6	2011	106 467	19,82%
7	2011	82 207	15,30%
8	2011	122 008	22,71%
9	2011	55 418	10,31%
10	2011	23 246	4,33%
11	2011	8 313	1,55%
12	2011	3 672	0,68%
celkem		537 300	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
11,4			

Tab. 96 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2012	3 034	0,53%
2	2012	2 809	0,49%
3	2012	14 318	2,48%
4	2012	27 144	4,70%
5	2012	93 097	16,11%
6	2012	92 472	16,00%
7	2012	118 418	20,49%
8	2012	155 761	26,96%
9	2012	46 551	8,06%
10	2012	17 928	3,10%
11	2012	3 335	0,58%
12	2012	2 971	0,51%
celkem		577 838	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
12,3			

Tab. 97 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2013	2 939	0,60%
2	2013	2 002	0,41%
3	2013	18 378	3,74%
4	2013	35 678	7,27%
5	2013	39 074	7,96%
6	2013	87 831	17,89%
7	2013	137 115	27,94%
8	2013	104 142	21,22%
9	2013	33 670	6,86%
10	2013	18 611	3,79%
11	2013	6 697	1,36%
12	2013	4 678	0,95%
celkem		490 815	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
10,4			

Tab. 98 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2014	3 530	0,66%
2	2014	4 262	0,79%
3	2014	13 987	2,61%
4	2014	31 129	5,80%
5	2014	49 878	9,29%
6	2014	92 170	17,17%
7	2014	136 002	25,34%
8	2014	77 031	14,35%
9	2014	48 371	9,01%
10	2014	23 056	4,30%
11	2014	35 770	6,66%
12	2014	21 606	4,03%
celkem		536 792	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
11,4			

Tab. 99 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2015	4 733	0,82%
2	2015	6 577	1,15%
3	2015	7 792	1,36%
4	2015	27 587	4,81%
5	2015	44 200	7,70%
6	2015	77 328	13,48%
7	2015	147 189	25,65%
8	2015	162 698	28,35%
9	2015	57 726	10,06%
10	2015	17 835	3,11%
11	2015	13 993	2,44%
12	2015	6 191	1,08%
celkem		573 849	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
12,2			

Tab. 100 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2016	3 832	0,95%
2	2016	5 211	1,30%
3	2016	7 363	1,83%
4	2016	20 822	5,18%
5	2016	45 256	11,27%
6	2016	75 194	18,72%
7	2016	93 870	23,37%
8	2016	76 923	19,15%
9	2016	65 242	16,25%
10	2016	3 803	0,95%
11	2016	1 980	0,49%
12	2016	2 115	0,53%
celkem		401 611	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
8,5			

Tab. 101 Výsledky měření budovy
č. 13 v roce 2017

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2017	2 350	11,32%
2	2017	5 298	25,53%
3	2017	13 106	63,15%
4	2017	0	0,00%
5	2017	0	0,00%
6	2017	0	0,00%
7	2017	0	0,00%
8	2017	0	0,00%
9	2017	0	0,00%
10	2017	0	0,00%
11	2017	0	0,00%
12	2017	0	0,00%
celkem		20 754	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
47 000			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
-			

5.13.4. Závěr budova č. 13

Měřením byla získána měsíční data spotřeby zdrojů chladu od listopadu 2008 do března 2017. Mimo jeden měsíc roku 2009 jsou data spotřeb zcela kompletní. Jedná se tak o velmi významný podklad pro hodnocení administrativních budov z hlediska spotřeb elektrické energie na chlazení. Průměrná spotřeba zdroje chladu (zdroj chladu pro VZT a zdroj chladu pro jednotky FCU) této administrativní

budovy za měřené období vztažená ke klimatizované podlahové ploše 47 000 m² činí 11,8 kWh/m². Rok 2008 a 2017 nebyl z důvodu nedostatečného množství dat do výpočtu měrné spotřeby zahrnut.

5.14. Budova č. 14

5.14.1. Popis objektu

Jedná se o třípodlažní administrativní budovu dokončenou v roce 2009, která se nachází v Pardubicích. Všechna podlaží objektu jsou nadzemní. V prvním nadzemním podlaží budovy se nachází vstupní hala, recepce a několik kanceláří. Dále je zde situováno školící centrum, zázemí a showroom. Druhé a třetí nadzemní podlaží slouží především jako kancelářské prostory a jsou zde umístěny dvě zasedací kanceláře. Hlavní konstrukce budovy je tvořena montovaným prefabrikovaným železobetonovým skeletem. Ten je doplněn obvodovým zdívkem. Budovu lze z hlediska akumulace tepla charakterizovat jak středně těžkou stavbu. V objektu jsou použita okna s izolačním dvojsklem s pokovením. Stínící prvky nejsou instalovány. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 102 [13].

Tab. 102 Základní údaje o budově č. 14

Lokace	Pardubice
Účel	Administrativní budova
Zastavěná podlahová plocha	412 m ²
Celková podlahová plocha	923 m ²
Podlahová plocha hlavního účelu budovy	853 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	602 m ²
Obestavěný prostor	2 940 m ³
Stínící prvky	Nejsou instalovány

5.14.2. Popis klimatizačního systému

Pro zajištění optimálního vnitřního klimatu v této budově je použita kombinace chladivového klimatizačního systému a vzduchotechniky. Pro přívod čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu slouží 5 vzduchotechnických jednotek opatřených rekuperačními výměníky zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu. Pro odvod tepelné zátěže z objektu slouží trojice chladivových VRV (VRF) systémů, které jsou určeny pro tři hlavní klimatizované zóny objektu. Jedná se o klimatizaci prvního, druhého a třetího nadzemního podlaží. Tyto tři zóny tvoří většinu klimatizovaných podlahových ploch objektu a jejich plocha činí 601,6 m². Dále jsou v objektu instalovány čtyři chladivové split jednotky (inverter) v provedení tepelné čerpadlo. Tyto jednotky

slouží pro chlazení školící místnosti v prvním nadzemním podlaží, a pro chlazení serveroven v prvním, druhém a třetím nadzemním podlaží. Každý uvedený prostor tvoří samostatnou zónu a je pro něj určena jedna split jednotka. Celkový chladicí výkon klimatizačního systému činí 101,4 kW a jeho nominální příkon je 26,5 kW [13].

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Tři hlavní chladicí jednotky, které slouží pro chlazení většiny prvních tří nadzemních podlaží a celkové podlahové plochy 601,6 m², byly vybaveny měřením spotřeby elektrické energie venkovních jednotek. Jedná se o venkovní kondenzátorovou jednotku VRF systému s označením PURY – EP250YHM – A na kterou je napojeno celkem 6 vnitřních jednotek. Jedná se o zdroj chladu pro první nadzemní podlaží. Chladicí výkon venkovní jednotky činí 28 kW a její jmenovitý příkon je 6,86 kW. Zdrojem chladu pro 9 vnitřních jednotek v druhém nadzemním podlaží je venkovní kondenzátorová jednotka PURY – EP250YHM – A o chladicím výkonu 28 kW a jmenovitém příkonu 6,86 kW. Pro chlazení třetího nadzemního podlaží je určena venkovní kondenzátorová jednotka s označením PURY – EP300YHM – A a chladicím výkonem 28 kW. Jmenovitý příkon této jednotky, na kterou je napojeno celkem 11 vnitřních jednotek je 6,86 kW. Všechna uvedená zařízení pracují s chladivem R 410A [13].

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení není využíváno [13].

Odvod kondenzačního tepla

Kondenzační teplo je odváděno do venkovního prostředí přímo venkovními kondenzátorovými jednotkami [13].

Ostatní zařízení klimatizačního systému

Pro nucené větrání objektu slouží 5 vzduchotechnických jednotek o celkovém elektrickém příkonu ventilátorů 2,025 kW [13].

Tab. 103 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 14

Typ systému	Chladivový vícezónový VRV multisplit systém + vzduchotechnika	
Zdroj chladu (venkovní kondenzátorové jednotky)		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
PURY – EP250YHM – A	28	6,86
PUHY – EP250YHM – A	28	6,82
PUHY – EP300YHM – A	33,5	8,25
Σ	89,5	21,93
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový el. příkon (kW)
Ventilátory vzduchotechnických jednotek – 5 ks	-	2,025

5.14.3. Měření dat

V objektu je od ledna 2011 nepřímě měřena spotřeba třech hlavních venkovních jednotek klimatizačního systému uvedených v Tab. 103. Spotřeba elektrické energie těchto jednotek se stanovuje na základě nepřímého měření jejich provozních parametrů chladivového okruhu (tlaky a teploty), kompresoru (tlak a frekvence napájení elektromotoru kompresoru) a ventilátorů (frekvence napájení elektromotoru ventilátorů). Pro toto měření se využívá systém monitoringu AG – 150A firmy Mitsubishi Electric. Záznam spotřeby elektrické energie venkovních jednotek probíhá v intervalu 5 minut. V roce 2012 byly nainstalovány elektroměry pro přímé sledování spotřeby všech venkovních i vnitřních klimatizačních jednotek a dokončena integrace měření do stávajícího monitorovacího systému. Od roku 2012 je tedy umožněn přesnější monitoring spotřeby elektrické energie venkovních i vnitřních jednotek klimatizačního systému. Data spotřeb vnitřních jednotek se zaznamenávají jako součet všech jednotek v příslušné klimatizované zóně [13].

Naměřená data

Měřením byla získána data spotřeby zdroje chladu v období 2011–2016. V průběhu roku 2011 byly naměřeny spotřeby a příkony tří venkovních jednotek, pomocí výše zmíněné nepřímé metody měření spotřeby elektrické energie. Záznam probíhal v pěti minutovém intervalu a naměřeno bylo období od 31. 7. 2012 do 20. 11. 2012. Od roku 2012 je díky doplnění systému měření o elektroměry pro přímé sledování spotřeb měřena spotřeba elektrické energie jednak venkovních jednotek, jednak vnitřních jednotek klimatizačního systému. Každá venkovní kondenzátorová jednotka je měřena zvlášť, u vnitřních jednotek je měřena spotřeba vždy pro celé podlaží. Jak je patrné z tabulek

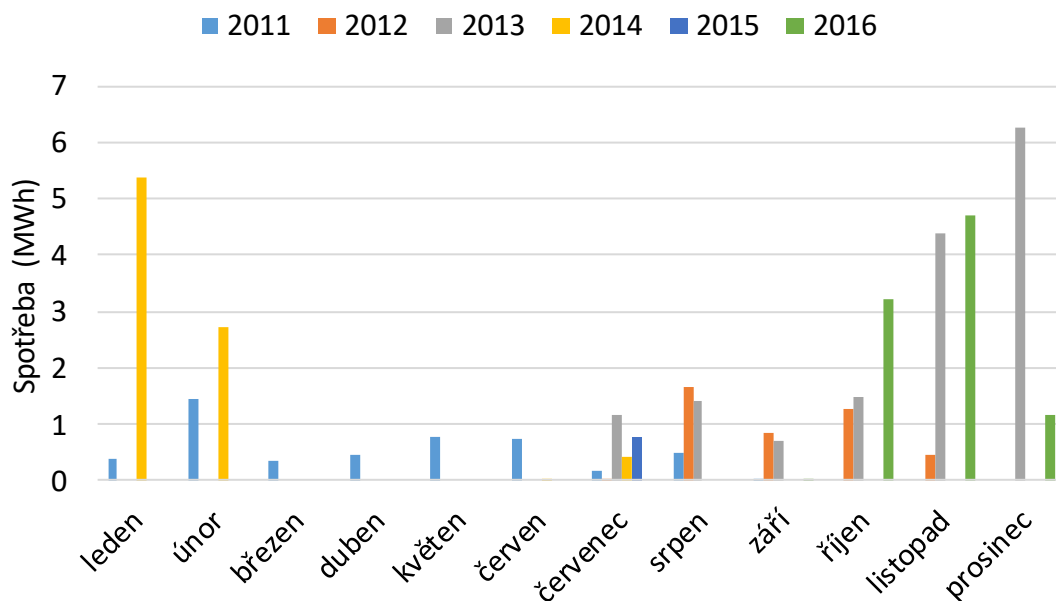
shrnujících výsledky měření, v letech 2012 až 2016 však převážná část dat bohužel nebyla naměřena.

Analýza dat

Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.138 níže. Z obrázku je zřejmé, že převážná část dat nebyla naměřena a z grafu na obrázku tak nelze vyvozovat žádné závěry. Na grafu jsou patrné relativně vysoké spotřeby elektrické energie v zimních měsících. To je způsobeno tím, že měřené klimatizační jednotky jsou využívány jednak pro chlazení, jednak pro vytápění. V zimních měsících se tedy nejedná o spotřeby na chlazení a tyto spotřeby proto v celkových ročních spotřebách zdroje chladu, v uvedených tabulkách s výsledky, nebyly uvažovány. Konkrétně byly od celkové spotřeby chladicích jednotek odečteny měsíční spotřeby v lednu, únoru, březnu, říjnu, listopadu a prosinci, kdy se s velkou pravděpodobností jedná pouze o spotřebu elektrické energie na vytápění. Vzhledem k absenci velkého množství dat, byly pro představu ročních spotřeb chybějící měsíční spotřeby doplněny. Přestože detailní data spotřeb zdroje chladu z velké části chybí, ve většině případech výpadků měření, byly k dispozici stavy elektroměrů na začátku a konci výpadku. Z tohoto důvodu bylo možné celkovou spotřebu za chybějící období přerozdělit mezi jednotlivé měsíce během kterých k výpadku došlo. Vzhledem k tomu, že však tato období jsou napříč jednotlivými roky nelze ani celkovou roční spotřebu zdroje chladu považovat za přesnou. Celková spotřeba za období výpadku byla vydělena počtem měsíců během výpadku měření a mezi jednotlivé měsíce byla rozdělena jako průměrná měsíční spotřeba. Toto rozdělení spotřeby nerespektuje změnu vnitřní ani venkovní zátěže v průběhu období a je použito pouze pro získání alespoň orientační celkové roční spotřeby elektrické energie zdroje chladu. Tyto hodnoty měsíčních spotřeb jsou v tabulkách s výsledky zvýrazněny fialově. Červeně jsou zvýrazněny hodnoty měsíčních spotřeb, které byly doplněny pomocí průměrných spotřeb elektrické energie zdroje chladu v příslušných měsících ostatních let. Skutečně naměřené spotřeby jsou znázorněny černě. Z porovnání celkových odhadem doplněných ročních spotřeb zdroje chladu (na chlazení) je evidentní, že roční spotřeba v roce 2011 je výrazně nižší než v následujících letech. V tomto roce probíhalo měření spotřeby elektrické energie pouze na venkovních kondenzátorových jednotkách a tím je pravděpodobně způsoben tento rozdíl, neboť k žádným změnám v systému klimatizace nedošlo.

Spotřeba elektrické energie na chlazení



Obr. 5.138 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č.14

Tab. 104 Výsledky měření budovy č. 14 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2011	402	8,27%	13	2 683
2	2011	1 459	30,05%	28	1 459
3	2011	338	6,96%	31	338
4	2011	452	9,31%	30	452
5	2011	777	15,99%	31	777
6	2011	727	14,97%	30	727
7	2011	178	3,67%	31	178
8	2011	493	10,15%	31	493
9	2011	30	0,63%	11	1 509
10	2011		0,00%	0	2 040
11	2011		0,00%	0	2 888
12	2011		0,00%	0	2 901
celkem		4 857		236	4 136
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					602
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					8,1
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					6,9

Tab. 105 Výsledky měření budovy č. 14 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2012		0,00%	0	2 683
2	2012		0,00%	0	1 783
3	2012		0,00%	0	1 864
4	2012		0,00%	0	1 582
5	2012		0,00%	0	1 647
6	2012		0,00%	0	1 637
7	2012	26	0,60%	1	1 470
8	2012	1 669	39,34%	31	1 669
9	2012	831	19,59%	30	831
10	2012	1 257	29,63%	31	1 257
11	2012	460	10,83%	20	1 148
12	2012		0,00%	0	1 148
celkem		4 243		113	8 836
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					602
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					7,0
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					14,7

Tab. 106 Výsledky měření budovy č. 14 v roce 2014 Tab. 107 Výsledky měření budovy č. 14 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2013		0,00%	0	1 148
2	2013		0,00%	0	1 148
3	2013		0,00%	0	1 148
4	2013		0,00%	0	1 148
5	2013		0,00%	0	1 148
6	2013		0,00%	0	1 148
7	2013	1 168	7,58%	21	1 148
8	2013	1 422	9,23%	31	1 422
9	2013	691	4,49%	30	691
10	2013	1 499	9,73%	31	1 499
11	2013	4 374	28,40%	30	4 374
12	2013	6 247	40,56%	31	6 247
celkem		15 402		174	6 706
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					602
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					25,6
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					11,1

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2014	5 375	62,57%	31	5 375
2	2014	2 740	31,89%	18	2 101
3	2014		0,00%		2 101
4	2014		0,00%		2 101
5	2014		0,00%		2 101
6	2014	35	0,41%	3	2 101
7	2014	441	5,13%	9	2 395
8	2014		0,00%		2 395
9	2014		0,00%		2 395
10	2014		0,00%		2 395
11	2014		0,00%		2 395
12	2014		0,00%		2 395
celkem		8 591		61	13 488
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					602
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					14,3
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					22,4

Tab. 108 Výsledky měření budovy č. 14 v roce 2016 Tab. 109 Výsledky měření budovy č. 14 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2015		0,00%		2 395
2	2015		0,00%		2 395
3	2015		0,00%		2 395
4	2015		0,00%		2 395
5	2015		0,00%		2 395
6	2015		0,00%		2 395
7	2015	786	100,00%	19	1 814
8	2015		0,00%		1 814
9	2015		0,00%		1 814
10	2015		0,00%		1 814
11	2015		0,00%		1 814
12	2015		0,00%		1 814
celkem		786		19	12 625
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					602
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					1,3
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					21,0

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]	Počet měřených dní	Doplněná spotřeba EE [kWh]
1	2016		0,00%		1 814
2	2016		0,00%		1 814
3	2016		0,00%		1 814
4	2016		0,00%		1 814
5	2016		0,00%		1 814
6	2016		0,00%		1 814
7	2016		0,00%		1 814
8	2016		0,00%		1 814
9	2016	43	0,50%	4	1 814
10	2016	3 234	37,64%	31	3 234
11	2016	4 711	54,83%	30	4 711
12	2016	1 159	13,49%	7	2 901
celkem		9 146		72	10 881
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]					602
měrná spotřeba el. energie [kWh/m ²]					15,2
měrná doplněná spotřeba EE [kWh/m ²]					18,1

5.14.4. Závěr budova č. 14

Měření bylo získáno data spotřeby zdroje chladu v letech 2011–2016. V případě roku 2011 se jedná o spotřebu venkovních kondenzátorových jednotek zdroje chladu, v případě ostatních let se jedná o spotřebu venkovních i vnitřních jednotek. Vzhledem k rozsáhlým výpadkům měření není možno provádět podrobné analýzy a tvořit objektivní závěry o provozu a energetické náročnosti

klimatizačního systému. Chybějící spotřeby elektrické energie zdroje chladu byly doplněny, přesto lze roční hodnoty spotřeb uvažovat pouze jako orientační. Průměrná roční spotřeba zdroje chladu s uvažováním odhadnutých hodnot chybějících spotřeb, vztažená ke klimatizované podlahové ploše 602 m², činí 17,5 kWh/m². Tuto hodnotu lze vzhledem ke způsobu doplnění chybějících spotřeb uvažovat za relativně směrodatnou. Při jejím výpočtu nebyl zahrnut rok 2011, ve kterém nebyly měření osazeny vnitřní klimatizační jednotky a spotřeba elektrické energie je oproti ostatním rokům výrazně nižší.

5.15. Budova č. 15

5.15.1. Popis objektu

Budova Národní Technické knihovny byla vybudována v areálu vysokých škol v Praze 6 a její stavba byla dokončena v roce 2008. Jedná se o nejobsáhlejší knihovnu v České republice. Budova má celkem 9 podlaží, přičemž 3 podlaží jsou podzemní a šest podlaží je nadzemních. V podzemních podlažích objektu se nacházejí depozitáře, technické místnosti a je zde situováno parkoviště. V prvních dvou nadzemních podlažích se nacházejí veřejné prostory. Je zde kavárna, přednáškový sál, městská knihovna, noční studovna a velký společenský prostor. V ostatních nadzemních podlažích se nachází samotný prostor knihovny. Nachází se zde velké množství studoven, prostory volných výběrů knih a dále jsou zde situovány administrativní části budovy. Uprostřed budovy se nachází velmi rozsáhlé atrium s proskleným zastřešením.

Hlavní konstrukce budova je tvořena železobetonovým skeletem a objekt je opatřen dvojitou fasádou. Okna jsou stíněna pomocí automatických venkovních žaluzií. Přehled podlahových ploch budovy je uveden v Tab. 110.

Tab. 110 Základní údaje o budově č. 15

Lokace	Praha 6 - Dejvice
Účel	Knihovna
Zastavěná plocha	5 200 m ²
Celková podlahová plocha	51 434 m ²
Celková užitná podlahová plocha	38 661 m ²
Klimatizovaná podlahová plocha	17 291 m ²
Obestavěný prostor	168 182 m ³
Stínící prvky	Venkovní aktivní žaluzie

5.15.2. Popis klimatizačního systému

Pro klimatizaci objektu slouží hybridní systém větrání a vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a chladicími stropy. Větrání objektu je z důvodů maximalizace úspor energie navrženo jako kombinace přirozeného a nuceného větrání. Přirozené větrání je realizováno pomocí 200 elektronicky otevíracích oken, která lze ovládat z velína, nebo jsou ovládána automaticky na základě vyhodnocení automatizovaných senzorů množství CO₂ ve vzduchu. Využití elektronicky ovládaných oken je i pro noční chlazení objektu. V případě že přirozené větrání je nedostatečné pro odvod tepelné zátěže nebo pro zajištění dostatečné kvality vzduchu, je spouštěn vzduchotechnický systém. Pro nucený přívod čerstvého upraveného a odvod znehodnoceného vzduchu jsou na střeše objektu instalovány tři vzduchotechnické jednotky. Pro odvod tepelné zátěže z prostorů knihovny je navržen systém aktivace betonového jádra. Jedná se o duální systém pro chlazení i vytápění. Tento systém je použit ve druhém až šestém nadzemním podlaží. V prvním a druhém nadzemním podlaží je instalováno podlahové vytápění využívané jak pro vytápění, tak pro chlazení. Pro chlazení v místnostech s větší tepelnou zátěží je v objektu použito celkem 27 ventilátorových konvektorů o celkovém maximálním chladicím výkonu 63 kW.

Popis jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Zdroj chladu

Jako zdroj chladu slouží kompaktní kompresorová chladicí jednotka RC GROUP UNICO SCREW umístěná na střeše budovy. Nominální chladicí výkon tohoto zdroje chladu činí 751,7 kW a jeho celkový nominální příkon je 306,5 kW. Jedná se o příkon kompresorů, který činí 277,5 kW, příkon deseti ventilátorů o celkové hodnotě příkonu 14 kW a o příkon čerpadel 15 kW. Zdroj chladu pracuje s chladivem R 134a. Primární okruh zdroje chladu pracuje se směsí etylenglykolu a jeho teplotní spád je 6/12 °C. Součástí primárního okruhu je i zmíněná trojice vzduchotechnických jednotek. Teplonosným médiem sekundárního okruhu je voda o teplotním spádu 8/14 °C. Ta je následně směřována na potřebné teploty a rozváděna do okruhů chladicích stropů, podlahového vytápění a do výměníků ventilátorových konvektorů.

Odvod kondenzačního tepla

Chladicí jednotky mají vzduchem chlazené kondenzátory, od nichž je kondenzační teplo odváděno přímo do venkovního prostředí.

Využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení není využíváno.

Ostatní zařízení klimatizačního systému

V klimatizačním systému jsou pro nucené větrání použity tři vzduchotechnické jednotky GEA umístěné na střeše objektu. Jedná se o dvě vzduchotechnické jednotky GEA Cairplus SX o celkovém chladicím výkonu 268 kW. Celkový příkon přívodních ventilátorů těchto dvou jednotek je 22 kW a celkový příkon odvodních ventilátorů činí 15 kW. Třetí vzduchotechnická jednotka je také od firmy GEA ale její chladicí výkon však činí 39 kW. Elektrický příkon přívodního i odvodního ventilátoru této jednotky je 7,5 kW.

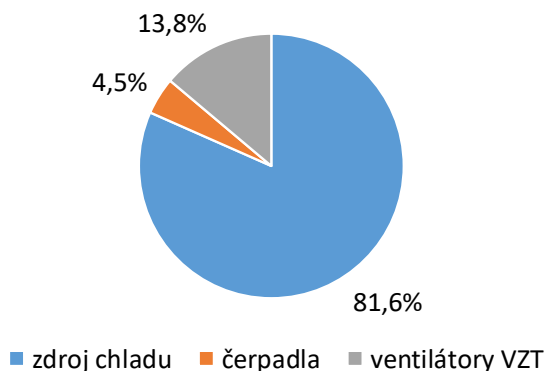
Mimo zdvojené oběhové čerpadlo primárního okruhu integrované ve zdroji chladu jsou na sekundárním okruhu rozvodu chladu instalována celkem 3 oběhová čerpadla. Jedná se o zdvojené čerpadlo pro systém aktivace betonového jádra označené BKT o celkovém elektrickém příkonu 15 kW. Dále se jedná o čerpadlo pro podlahové vytápění o příkonu 1,57 kW a čerpadlo pro okruh ventilátorových konvektorů o příkonu 0,45 kW.

Akumulace chladu

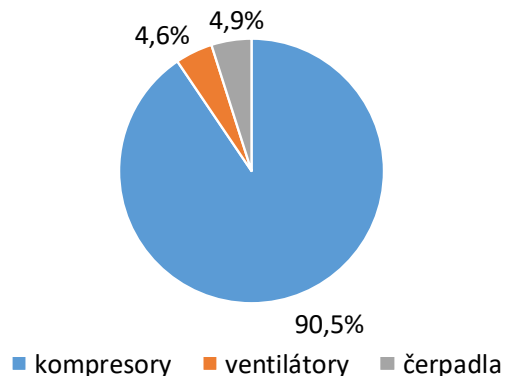
V systému chlazení není instalována akumulární nádrž.

Tab. 111 Souhrn hlavních součástí klimatizačního systému budovy č. 15

Typ systému	Vodní klimatizační systém s chladicími stropy a ventilátorovými konvektory + hybridní systém větrání	
Zdroj chladu		
Název	Chladicí výkon (kW)	Elektrický příkon (kW)
RC GROUP UNICO SCREW	751,7	306,5
Odvod kondenzačního tepla – vzduchem chlazené kondenzátory		
Ostatní zařízení klimatizačního systému		
Popis	Název	Celkový el. příkon (kW)
Zdvojené oběhové čerpadlo BKT	-	15
Oběhové čerpadlo podlahové vytápění	-	1,57
Oběhové čerpadlo FCU	-	0,45
Σ		17,02
Přívodní ventilátory vzduchotechnických jednotek – 3 ks	GEA	29,5
Odvodní ventilátory vzduchotechnických jednotek – 3 ks	GEA	22,5
Σ		52
Akumulace chladu	Není instalováno	



Obr. 5.139 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých prvků klimatizačního systému budovy č. 15



Obr. 5.140 Porovnání jmenovitých příkonů jednotlivých komponent zdroje chladu budovy č. 15

5.15.3. Měření dat

V budově je měřena spotřeba elektrické energie zdroje chladu a celková spotřeba na provoz klimatizačních zařízení. Dále jsou měřením opatřeny vzduchotechnické jednotky, systém aktivace betonového jádra a další zařízení. Mimo měření spotřeb elektrické energie probíhá měření venkovní teploty a koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu.

Naměřená data

Měřením byla získána měsíční data spotřeby zdroje chladu v období 2010–2016. Kromě prosince 2010 a posledních třech měsíců roku 2016 jsou měsíční hodnoty spotřeb zdroje chladu zcela kompletní. Uvedené chybějící měsíční spotřeby byly doplněny pomocí průměrných hodnot spotřeb z ostatních let. Vzhledem k tomu, že v uvedených měsících je spotřeba zdroje chladu pouze režijní, lze jejich doplnění pomocí průměru z ostatních let, považovat za dostatečně přesné. Hodnoty doplněných měsíčních spotřeb jsou v tabulkách shrnujících výsledky měření zvýrazněny červeně.

Analýza dat

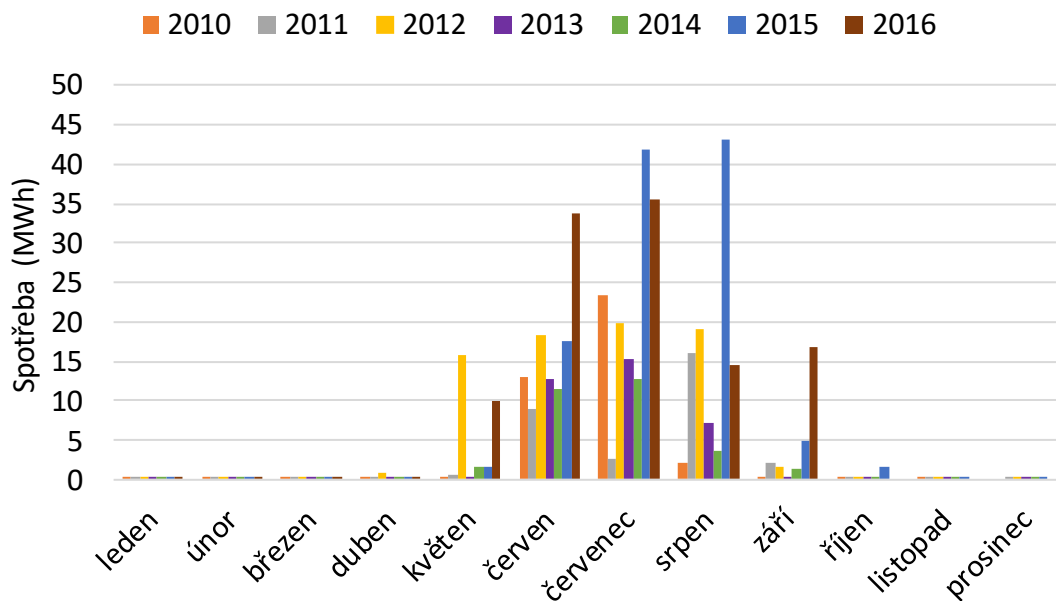
Spotřeba elektrické energie zdroje chladu

Naměřené a odhadnuté hodnoty spotřeb zdroje chladu jsou uvedeny v následujících tabulkách a na Obr. 5.141 níže. Z grafu na obrázku, který znázorňuje měsíční hodnoty spotřeb zdroje chladu, je patrné, že spotřeby se v jednotlivých měsících, a především pak v jednotlivých letech značně liší. Celkové roční spotřeby elektrické energie zdroje chladu vztažené na metr čtvereční klimatizované podlahové plochy se v jednotlivých letech liší až o stovky procent. Nejnižší hodnoty měrné roční spotřeby bylo dosaženo v roce 2011 a činila 1,9 kWh/m². Naopak nejvyšší hodnoty měrné spotřeby bylo dosaženo v roce 2015 a činila 6,5 kWh/m². Tyto značné rozdíly lze přisoudit změnám v řízení klimatizačního systému objektu, které zřejmě nastaly se změnou technické správy objektu, ke které

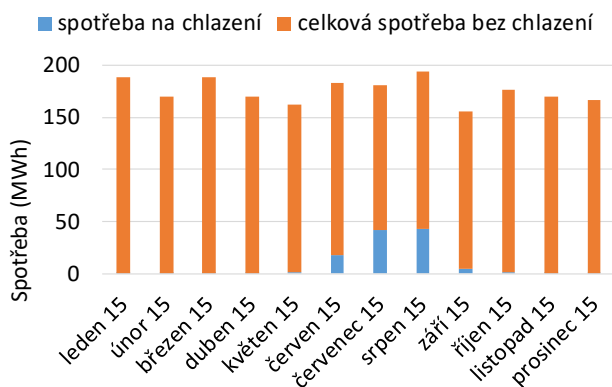
v průběhu měření několikrát došlo. V roce 2010,2011 a v letech 2013 až 2015 řídil objekt jeden subjekt a průměrná měrná spotřeba za tyto roky činila 2,15 kWh/m². V roce 2012 byl objekt řízen jiným subjektem a měrná spotřeba činila 4,51 kWh/m². V posledních dvou letech, tedy v roce 2015 a 2016 proběhla opět změna v řízení objektu a průměrná měrná spotřeba za tyto dva roky činila 6,55 kWh/m². Je tedy zřejmé, že způsob provozování klimatizačního systému a zdroje chladu má zásadní dopad na výslednou hodnotu spotřeby elektrické energie. Z grafu na Obr. 5.141 je patrné, že k chlazení v objektu dochází zpravidla od května do září. V ostatních měsících roku je spotřeba zdroje chladu relativně stabilní a pohybuje se okolo 400 kWh za měsíc. Jedná se o režijní spotřebu chladičného stroje, kterou stroj odebírá, aniž by chladil. Z grafu je dále zřejmé, že spotřeba v jednotlivých měsících roku 2012 je značně odlišná od ostatních let, neboť se v průběhu chladičného období mění pouze minimálně a pohybuje se mezi 15 a 20 MWh. Nejvyšší hodnoty měsíční spotřeby bylo naměřeno v srpnu roku 2015 a to 43 049 kWh.

Graf na Obr. 5.141 znázorňuje měsíční spotřeby elektrické energie vztažené k příslušným celkovým ročním hodnotám spotřeb. Pomocí tohoto relativního vyjádření spotřeb, se částečně eliminují rozdíly způsobené odlišným řízením objektu v jednotlivých letech, které se zásadně projevilo na spotřebách zdroje chladu. Rozdíly spotřeb během stejných měsíců jednotlivých let nejsou oproti předchozímu grafu tolik rozdílné a reflektují především klimatické rozdíly v daných měsících. Při zanedbání extrémních hodnot lze za relativně vyrovnané považovat poměrné spotřeby v červnu a červenci. V květnu, srpnu a září jsou patrné výraznější výkyvy relativních spotřeb. Extrémní relativní spotřeby bylo dosaženo v červenci roku 2010, kdy zdroj chladu spotřeboval přibližně 55 % celkové roční spotřeby elektrické energie. Na grafech na Obr. 5.142 a Obr. 5.143 je znázorněno jakým způsobem se podílí spotřeba zdroje chladu na celkové spotřebě elektrické energie v celém objektu. Na Obr. 5.143 je znázorněn poměr spotřeb v roce 2011, kdy byla celková naměřená spotřeba zdroje chladu nejnižší za celé měřené období. Nejvyššího podílu spotřeby elektrické energie zdroje chladu vůči celkové spotřebě objektu bylo dosaženo v srpnu. Poměrná spotřeba zdroje chladu tvořila 10,4 % celkové spotřeby v tomto měsíci. V červnu poměrná spotřeba činila přibližně 5 %, v červenci a září kolem 2 % a v ostatních měsících roku do 0,5 %. Na Obr. 5.142 je naopak znázorněna spotřeba zdroje chladu vůči celkové spotřebě elektrické energie budovy v měsících roku 2015 ve kterém byla naměřena nejvyšší spotřeba zdroje chladu. Poměrná spotřeba v letních měsících tohoto roku je podstatně vyšší, než ukazuje předchozí graf znázorňující situaci v roce 2011. Nejvyšších podílů spotřeb zdroje chladu bylo dosaženo ve stejných měsících roku, nicméně poměrné spotřeby v červenci a srpnu přesahovaly 20 % (červenec 23,1 %, srpen 22,3 %) celkové spotřeby elektrické energie objektu.

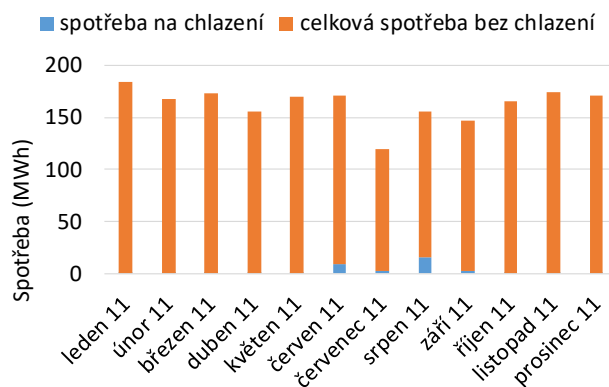
Spotřeba elektrické energie na chlazení



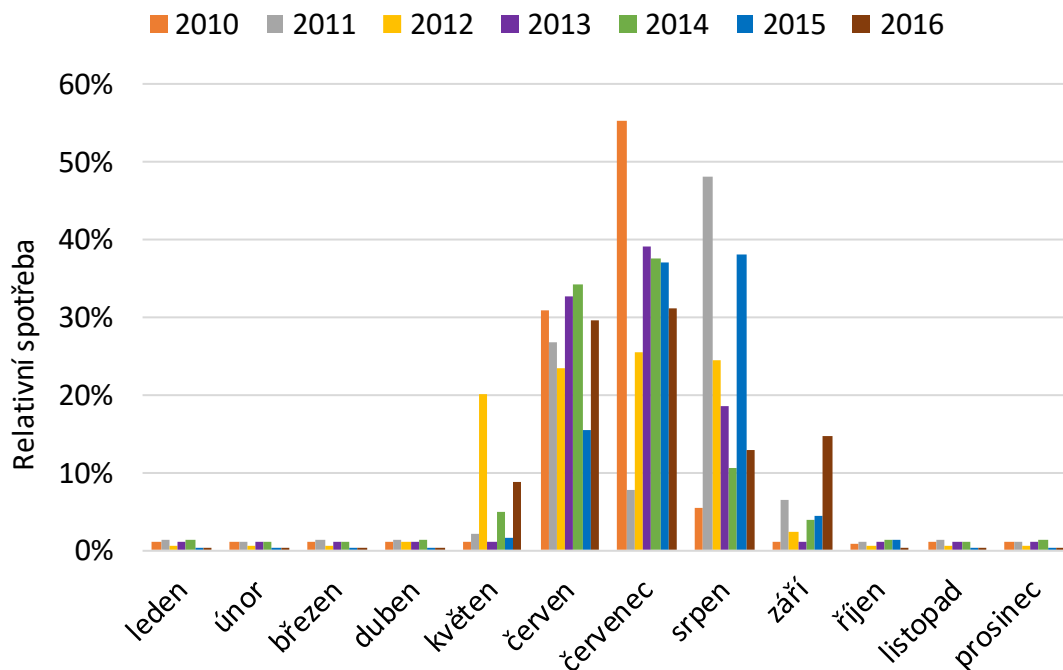
Obr. 5.141 Spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č. 15



Obr. 5.142 Porovnání spotřeb zdroje chladu a celkové spotřeby elektrické energie objektu č. 15 v roce 2015



Obr. 5.143 Porovnání spotřeb zdroje chladu a celkové spotřeby elektrické energie objektu č. 15 v roce 2011



Obr. 5.144 Relativní spotřeba elektrické energie zdroje chladu budovy č. 15

Tab. 112 Výsledky měření budovy č. 15 v roce 2010

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2010	473	1,12%
2	2010	487	1,15%
3	2010	450	1,06%
4	2010	413	0,97%
5	2010	466	1,10%
6	2010	13 085	30,89%
7	2010	23 435	55,32%
8	2010	2 266	5,35%
9	2010	414	0,98%
10	2010	386	0,91%
11	2010	487	1,15%
12	2010	428	1,01%
celkem		42 362	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
17 291			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
2,4			

Tab. 113 Výsledky měření budovy č. 15 v roce 2011

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2011	455	1,36%
2	2011	384	1,15%
3	2011	425	1,27%
4	2011	420	1,26%
5	2011	714	2,14%
6	2011	8 976	26,88%
7	2011	2 572	7,70%
8	2011	16 062	48,10%
9	2011	2 191	6,56%
10	2011	395	1,18%
11	2011	408	1,22%
12	2011	393	1,18%
celkem		33 394	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
17 291			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
1,9			

Tab. 114 Výsledky měření budovy č. 15 v roce 2012

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2012	452	0,58%
2	2012	402	0,52%
3	2012	428	0,55%
4	2012	845	1,08%
5	2012	15 678	20,12%
6	2012	18 222	23,38%
7	2012	19 838	25,46%
8	2012	19 048	24,44%
9	2012	1 745	2,24%
10	2012	424	0,54%
11	2012	436	0,56%
12	2012	406	0,52%
celkem		77 924	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
17 291			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
4,5			

Tab. 115 Výsledky měření budovy
č. 15 v roce 2013

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2013	406	1,04%
2	2013	377	0,97%
3	2013	436	1,12%
4	2013	405	1,04%
5	2013	451	1,16%
6	2013	12 799	32,83%
7	2013	15 267	39,16%
8	2013	7 200	18,47%
9	2013	398	1,02%
10	2013	423	1,08%
11	2013	413	1,06%
12	2013	414	1,06%
celkem		38 989	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
17 291			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
2,3			

Tab. 116 Výsledky měření budovy
č. 15 v roce 2014

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2014	431	1,28%
2	2014	371	1,10%
3	2014	389	1,15%
4	2014	415	1,23%
5	2014	1 674	4,97%
6	2014	11 553	34,30%
7	2014	12 674	37,62%
8	2014	3 547	10,53%
9	2014	1 340	3,98%
10	2014	444	1,32%
11	2014	378	1,12%
12	2014	471	1,40%
celkem		33 687	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
17 291			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
1,9			

Tab. 117 Výsledky měření budovy
č. 15 v roce 2015

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2015	378	0,33%
2	2015	376	0,33%
3	2015	407	0,36%
4	2015	443	0,39%
5	2015	1 683	1,49%
6	2015	17 538	15,50%
7	2015	41 887	37,01%
8	2015	43 049	38,04%
9	2015	4 987	4,41%
10	2015	1 567	1,38%
11	2015	410	0,36%
12	2015	457	0,40%
celkem		113 182	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
17 291			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
6,5			

Tab. 118 Výsledky měření budovy
č. 15 v roce 2016

Měsíc	Rok	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Relativní spotřeba EE [%]
1	2016	380	0,34%
2	2016	390	0,34%
3	2016	416	0,37%
4	2016	415	0,37%
5	2016	10 077	8,89%
6	2016	33 741	29,75%
7	2016	35 433	31,25%
8	2016	14 570	12,85%
9	2016	16 713	14,74%
10	2016	414	0,37%
11	2016	422	0,37%
12	2016	428	0,38%
celkem		113 400	
klimatizovaná podlahová plocha [m ²]			
17 291			
měrná spotřeba el. energie [kWh/m²]			
6,6			

5.15.4. Závěr budova č. 15

Měřením byla získána měsíční data spotřeby zdroje chladu od roku 2010 do roku 2016. V průběhu měření chybí měsíční hodnoty spotřeb pouze ve třech měsících roku 2016 a v jednom měsíci roku 2010. Všechny tyto měsíce jsou mimo chladicí období, kdy je spotřeba zdroje pouze režijní a velmi stabilní a bylo možné ji relativně přesně odhadnout a chybějící data doplnit. V jednotlivých letech

měřeného období se poměrně zásadním způsobem mění hodnoty spotřeb elektrické energie zdroje chladu. Téměř s jistotou lze říci, že jsou tyto rozdíly způsobeny změnami v řízení klimatizačního systému a zdroje chladu v důsledku změn technické správy objektu. Spotřeby elektrické energie zdroje chladu v jednotlivých letech vztahované ke klimatizované podlahové ploše 17 291 m² jsou v závislosti na subjektu, který za řízení objektu zodpovídal, zobrazeny v Tab. 119. Z uvedených hodnot je zřejmé, že způsob řízení klimatizačního systému, a tedy i zdroje chladu má zásadní dopad na celkovou spotřebu elektrické energie na chlazení. Průměrná měrná roční spotřeba zdroje chladu této budovy za celé měřené období činí 3,7 kWh/m².

Tab. 119 Měrné spotřeby elektrické energie zdroje chladu v jednotlivých letech v závislosti na technické správě objektu

	měrné spotřeby [kWh/m ²]		
	subjekt A	subjekt B	subjekt C
2010	2,4		
2011	1,9		
2012		4,5	
2013	2,3		
2014	1,9		
2015			6,5
2016			6,6
průměr	2,1	4,5	6,6

6. Shrnutí měření

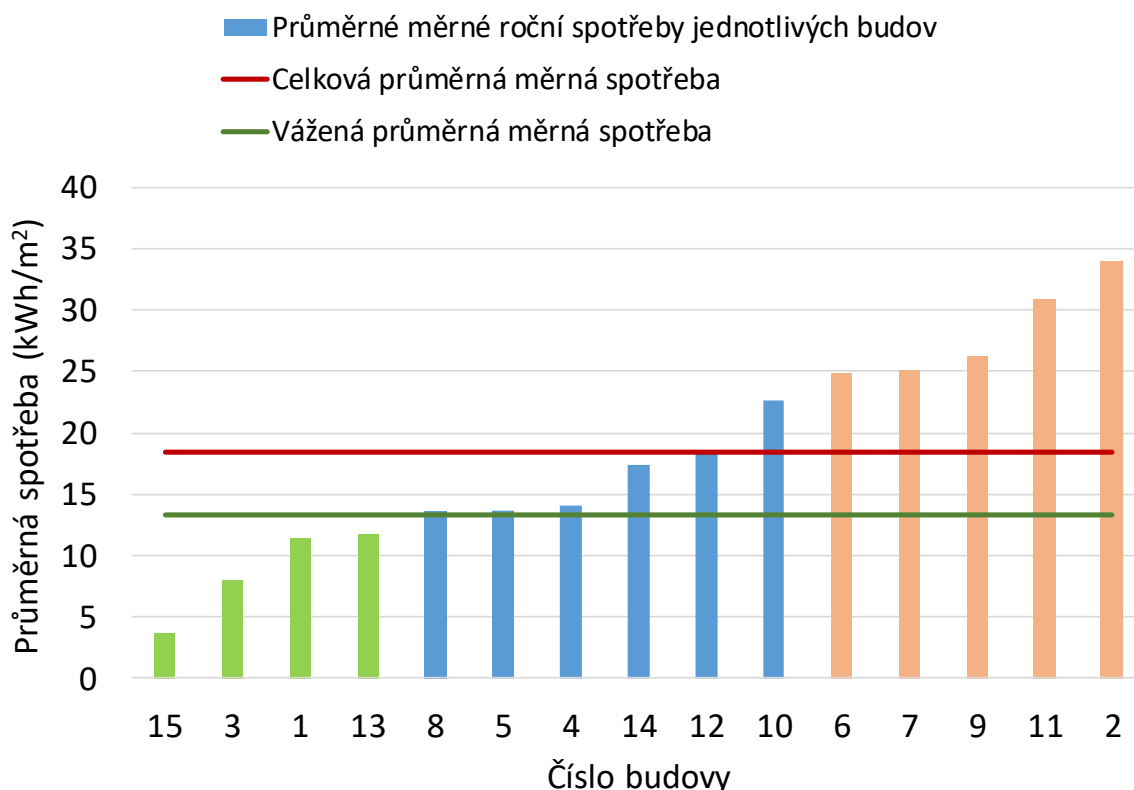
Bylo provedeno měření a analýza spotřeb elektrické energie zdrojů chladu u celkem patnácti budov. Výsledky měření jsou znázorněny v Tab. 120.

Tab. 120 Přehled budov a jejich měrných spotřeb elektrické energie zdroje chladu

Budova č.	Typ	Spotřeba 2009 [kWh/m ²]	Spotřeba 2010 [kWh/m ²]	Spotřeba 2011 [kWh/m ²]	Spotřeba 2012 [kWh/m ²]	Spotřeba 2013 [kWh/m ²]	Spotřeba 2014 [kWh/m ²]	Spotřeba 2015 [kWh/m ²]	Spotřeba 2016 [kWh/m ²]	Průměrná spotřeba 1 [kWh/m ²]	Průměrná spotřeba 2 [kWh/m ²]
1	Admin.				11,5	3,1	4,8	3,9	3,4	5,4	11,5
2	Admin.				37,4	35,1	28,9	34,6	33,7	33,9	33,9
3	Obchod. dům				11,0	6,7	7,9	8,1	6,2	8,0	8,0
4	Admin.				16,6	13,7	12,2	13,7	13,8	14,0	14,0
5	Admin.				44,4	15,4	16,2	13,6	9,6	19,8	13,7
6	Admin.				25,9	23,3	24,2	27,1	24,0	24,9	24,9
7	Admin.				32,5	22,0	28,0	16,9	26,2	25,1	25,1
8	Admin.				14,2	15,0	11,9	14,8	12,4	13,7	13,7
9	Admin.				33,1	24,4	27,1	25,1	21,4	26,2	26,2
10	Hotel					22,6	16,3	28,3	23,2	22,6	22,6
11	Admin.				32,7	35,2	30,1	25,7	30,8	30,9	30,9
12	Admin.					16,6	19,3	19,7	11,9	16,9	18,5
13	Admin.	14,7	13,1	11,4	12,3	10,4	11,4	12,2	8,5	11,8	11,8
14	Admin.			6,9	14,7	11,1	22,4	21,0	18,1	15,7	17,5
15	Knihovna		2,4	1,9	4,5	2,3	1,9	6,5	6,6	3,7	3,7
Průměrná spotřeba [kWh/m²]		14,7	7,8	6,7	22,4	17,1	17,5	18,1	16,7	18,2	18,4

Uvedené hodnoty měrných spotřeb jsou vypočteny z ročních (odhady doplněných) spotřeb zdrojů chladu vztažených ke klimatizovaným plochám jednotlivých budov. V tabulce uvedená „Průměrná spotřeba 1“ je průměrná hodnota všech uvedených měrných spotřeb v jednotlivých letech. „Průměrná spotřeba 2“ je průměrná hodnota měrných spotřeb s vynecháním let, které jsou z určitého důvodu abnormální či neodpovídají aktuálnímu stavu objektu. Ve většině případů se tato průměrná hodnota neliší od průměrné spotřeby 1, tento problém se týká pouze budov 1, 5, 12 a 14. V případě budovy 1 byl do systému klimatizace přidán další zdroj chladu (TČ), jehož spotřeba však není měřena. Z tohoto důvodu jsou měrné spotřeby z let 2012 až 2016 nevypovídající a jejich uvažování by znemožnilo následné porovnání budovy s ostatními objekty. V budově 5 došlo na konci roku 2012 ke změně technické správy objektu a k následným změnám v řízení klimatizačního systému. Měrná spotřeba v roce 2012 se tak výrazně liší od spotřeb v následujících letech, a proto nebyl tento rok ve výpočtu *průměrné spotřeby 2* započítán. U budovy 12 nebyla započítána měrná spotřeba v roce 2016 z důvodu zásadní změny obsazenosti a v případě budovy 14 nebyla započtena měrná spotřeba v roce 2011, neboť od tohoto roku došlo ke změně v rozsahu měření. Tyto nezapočtené měrné roční spotřeby jsou v uvedené tabulce zvýrazněny šedivě. Pro následné porovnání jednotlivých objektů mezi sebou bude používána *průměrná spotřeba 2*.

V grafu na Obr. 6.1 jsou jednotlivé budovy vzestupně seřazeny podle jejich průměrných měrných ročních spotřeb zdrojů chladu s vyznačením celkové průměrné měrné spotřeby a vážené průměrné měrné spotřeby. Celková průměrná měrná spotřeba byla stanovena jako aritmetický průměr z *průměrných měrných spotřeb* 2 jednotlivých budov a vypovídá tak o měrné spotřebě průměrné budovy ze všech měřených budov. Průměrná vážená spotřeba byla vypočtena z průměrných absolutních ročních spotřeb jednotlivých budov, přičemž jako váha byla uvažována klimatizovaná podlahová plocha.



Obr. 6.1 Průměrné měrné roční spotřeby jednotlivých budov

Z uvedeného grafu je dobře patrné, jak výrazným způsobem se měrné spotřeby v jednotlivých objektech liší. Rozptyl měrných spotřeb uvedených objektů je od 3,7 kWh/m² do 33,9 kWh/m². Budovy byly dle jejich průměrných měrných ročních spotřeb rozděleny do tří kategorií. Jako měřítko byla použita relativní odchylka od celkové průměrné spotřeby. První skupinu tvoří budovy s nízkou měrnou spotřebou, která je minimálně o 35 % menší, než je celkový průměr. Ve druhé skupině jsou budovy jejichž odchylka měrné spotřeby od celkové průměrné spotřeby je menší než 35 % a v poslední skupině jsou budovy s vysokou měrnou spotřebou, která převyšuje celkovou průměrnou spotřebu o více než 35 %. Přesné rozdělení budov do těchto skupin je uvedeno v Tab. 121.

Tab. 121 Rozdělení objektů dle měrných spotřeb

	Číslo budovy	Průměrná spotřeba [kWh/m ²]	Odchylka od celkové průměrné spotřeby [%]	Celková průměrná měrná spotřeba [kWh/m ²]	Vážená průměrná měrná spotřeba [kWh/m ²]
Nízká spotřeba	15	3,7	80 %	18,4	13,4
	3	8,0	57 %		
	1	11,5	37 %		
	13	11,8	36 %		
Střední spotřeba	8	13,7	26 %		
	5	13,7	26 %		
	4	14,0	24 %		
	14	17,5	5 %		
	12	18,5	1 %		
	10	22,6	23 %		
Vysoká spotřeba	6	24,9	35 %		
	7	25,1	37 %		
	9	26,2	43 %		
	11	30,9	68 %		
	2	33,9	84 %		

Hledání příčin natolik odlišných spotřeb a analýza možných vlivů na spotřebu energie na chlazení bude provedena v další části této práce. Z následujících porovnání však budou vyjmuty budovy 3 a 15 neboť se jedná o knihovnu a obchodní dům s odlišným provozem od ostatních (administrativních) budov a vzájemné porovnání budov by nebylo objektivní. Obě tyto budovy (jak ukazuje Tab. 121) však mají nejnižší měrnou spotřebou ze všech sledovaných budov. Přestože důvodem může být uvedený odlišný provoz objektů jsou zde i další vlivy, které zřejmě mají na takto nízkou spotřebu na chlazení vliv. Budova 15, tedy budova s nejnižší měrnou roční spotřebou je Národní technická knihovna v Praze. Pro chlazení knihovny je využit systém aktivace betonového jádra, nočního chlazení a akumulace do stavební konstrukce. Okna budovy jsou pak opatřena aktivním stíněním. U této budovy se tak potvrzuje použití nízkoenergetického systému chlazení i stavebně technického řešení objektu. U zmíněného obchodního domu s druhou nejnižší spotřebou by mohlo mít na velikost spotřeby vliv samotné architektonické řešení objektu. Prosklení fasád je minimální a jižní fasáda s největším podílem prosklení (30 %) je opatřena trvale instalovanými stíníci lamelami. První nadzemní podlaží je pak z části zapuštěno pod úroveň terénu.

6.1.1. Nejistoty měření – vliv vztažné podlahové plochy

Pro možnost porovnání spotřeb jednotlivých objektů a jejich hodnocení z hlediska energetické náročnosti na chlazení je nutné vztáhnout naměřenou spotřebu na čtvereční metr podlahové plochy. Použití metodicky správné podlahové plochy, a především pak stejného typu vztažné podlahové plochy u všech vyhodnocovaných budov je tak jednou z hlavních nejistot měření, která může mít zásadní dopad na velikost výsledných měrných spotřeb.

Nejpřesnější a metodicky nejvhodnější je vztažení naměřených spotřeb přímo ke klimatizovaným podlahovým plochám objektu. Tyto plochy však není snadné získat a mnohdy je nutné je pracně odečítat z výkresové dokumentace objektu. Proto se nabízí použití energeticky vztažné podlahové plochy, která je snadno dostupná z průkazu energetické náročnosti budovy. Jedná se však o vnější půdorysnou plochu s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově vymezenou vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy, která neodpovídá klimatizované podlahové ploše. Pokud by však poměr mezi energeticky vztažnou a klimatizovanou podlahovou plochou byl u každé budovy minimálně odlišný, bylo by možné pro výpočet měrné spotřeby na chlazení tuto podlahovou plochu uvažovat. Jak však bude uvedeno dále, poměr těchto dvou ploch se u jednotlivých budov značně liší a měrná spotřeba by tak byla neakceptovatelně ovlivněna, načež by bylo znemožněno porovnání budov z hlediska měrné spotřeby na chlazení mezi sebou. Jako řešení tohoto problému by mohlo být použití podlahových ploch definovaných v normě ČSN EN 152201-6 Facility management – Část 6: Měření ploch a prostorů ve facility managementu. Tato norma vešla v platnost v dubnu roku 2014 a jejím cílem je sjednocení značení a měření ploch a vytvoření předpokladu pro přesné měření nákladů, spotřeb atd. a jejich možnému objektivně vyhodnotitelnému poměrování. Klimatizované ploše objektu by pravděpodobně velmi dobře odpovídaly „Primární plochy (PA)“ definované uvedenou normou. Jedná se o část „čisté podlahové plochy místností“ od které jsou odečteny „Technické plochy“, „Komunikační plochy“ a „Plochy sociálního zázemí“ a jedná se tak o plochy sloužící jako hlavní provozní celek budovy. „Čistá podlahová plocha místností“ (NRA) je plocha do které nejsou započítány plochy vnitřních nosných konstrukcí, plochy dělicích konstrukcí, plochy vnějších konstrukcí, plochy obvodových konstrukcí a nevyužitelné plochy podlaží [14] [15].

Schéma, které znázorňuje primární podlahové plochy je uvedeno na Obr. 6.2.



Obr. 6.2 Schéma primární podlahové plochy [14]

Pro potřeby této práce se podařilo získat přímo klimatizované podlahové plochy jednotlivých budov a měrné spotřeby na chlazení tak vycházejí z těchto ploch. Pro hodnocení vlivu použitých vztažných ploch na výsledné hodnoty měrných spotřeb byly naměřené spotřeby na chlazení vztaženy také k celkovým podlahovým plochám, což jsou podlahové plochy všech podlaží budovy vymezené mezi vnějšími stěnami bez neobyvatelných sklepů a oddělených nevytápěných prostor. Tyto podlahové plochy vycházejí z původních podkladů budov, neboť tento pojem byl zrušen zákonem 318/2012 Sb. V Tab. 122 je uvedeno jaký dopad na výsledné porovnání budov by mělo vztažení naměřených spotřeb k celkovým podlahovým plochám namísto ploch klimatizovaných [15].

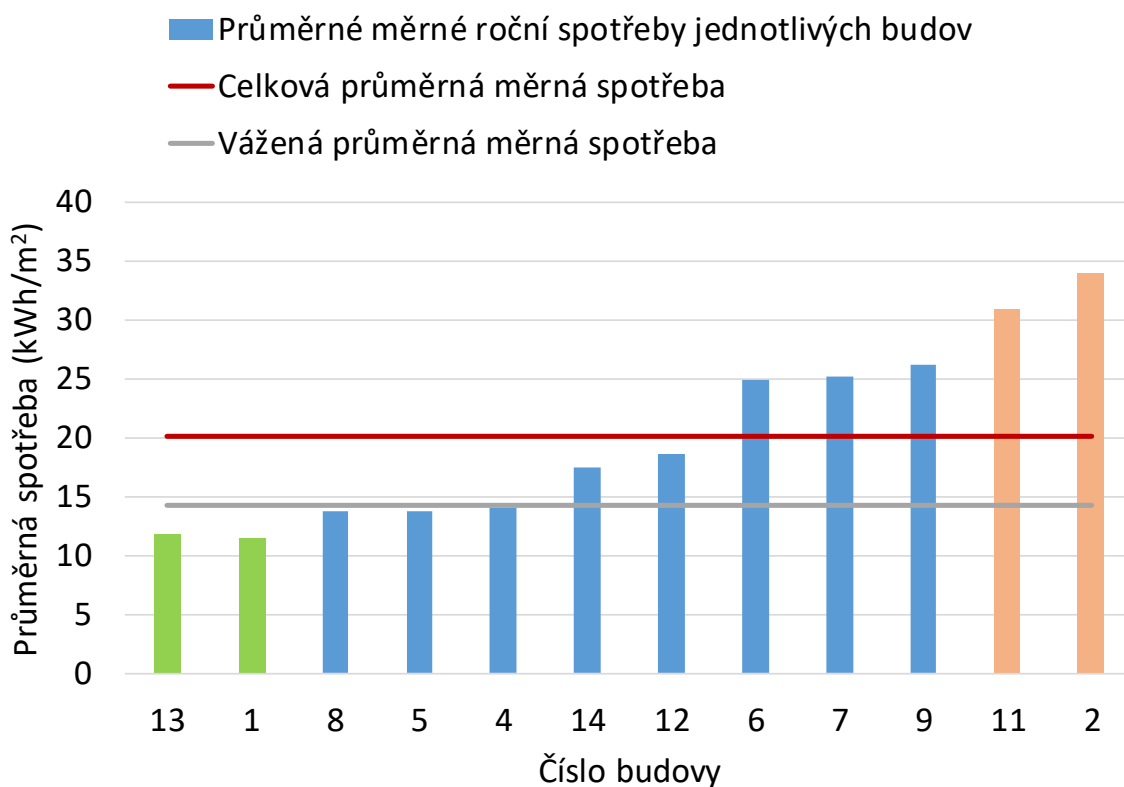
Tab. 122 Dopad celkové podlahové plochy jako vztažné plochy pro výpočet měrných spotřeb

Budova č.	Pořadí budov dle hodnot měrných spotřeb na chlazení			Poměr ploch
	Vztaženo ke klimatizované podlahové ploše	Vztaženo k celkové podlahové ploše	Změna pořadí	
1	3	7	4	87 %
2	15	14	1	60 %
3	2	4	2	85 %
4	7	3	4	41 %
5	6	8	2	80 %
6	11	11	0	69 %
7	12	10	2	57 %
8	5	6	1	55 %
9	13	15	2	90 %
10	10	13	3	79 %
11	14	2	12	8 %
12	9	12	3	94 %
13	4	5	1	57 %
14	8	9	1	65 %
15	1	1	0	34 %

Pro oba případy vztažných ploch byly vyhodnoceny měrné spotřeby a dle jejich hodnot byly budovy seřazeny od nejmenších měrných spotřeb po největší a následně byla vyhodnocena změna tohoto pořadí. Změna v pořadí do dvou míst je v uvedené tabulce znázorněna zeleně, změna o tři místa modře a změna pořadí o více než tři místa je znázorněna červeně. Je tedy patrné, že v případě většiny budov se pořadí zásadním způsobem nezměnilo. Takto určená změna pořadí však nemůže být objektivním ukazatelem, neboť výsledná změna pořadí je částečně náhodná. Z tohoto důvodu byl vyjádřen poměr klimatizovaných ku celkovým podlahovým plochám u všech budov. Tento poměr je také uveden ve zmiňované tabulce. Z tabulky je zřejmé, že poměr podlahových ploch se značným způsobem liší. Klimatizovaná plocha se pohybuje mezi 94 až 8 % celkové podlahové plochy a tuto plochu ani energeticky vztažnou podlahovou plochu, která se od celkové podlahové plochy výrazně neliší, tak není možné pro účely výpočtu měrných spotřeb na chlazení používat.

7. Analýza možných vlivů na spotřebu energie na chlazení

V této kapitole bude provedeno hodnocení jednotlivých vlivů, respektive jejich dopadů na spotřebu energie na chlazení. Dopady různých vlivů budou posuzovány podle měrných spotřeb, přičemž pro vyhodnocení budou uvažovány pouze budovy stejného charakteru, a to administrativní budovy, kterých je mezi měřenými objekty většina. Průměrné měrné roční spotřeby těchto budov včetně jejich rozdělení dle spotřeb s vyznačením průměrných hodnot jsou zobrazeny na grafu na Obr. 7.1. Vzhledem k tomu, že na výsledné spotřebě se projeví až vzájemná kombinace všech vlivů, kdy každý z nich má menší či větší dopad, není na základě této analýzy možné posuzovat jejich konkrétní dopady. Cílem je pokusit se analyzovat vlivy, jejichž dopad je na spotřebu energie na chlazení zásadní. Omezujícím kritériem pro tuto analýzu je počet budov, které jsou pro ni k dispozici. Přestože bylo měření provedeno na dvanácti administrativních budovách, jedná se stále o relativně malý vzorek.



Obr. 7.1 Průměrné roční měrné spotřeby administrativních budov

7.1.1. Vliv prosklení fasád

Vliv prosklení byl hodnocen na základě dostupných podkladů o procentu prosklení fasád měřených objektů. Ne u všech objektů však byl tento údaj k dispozici. Podrobně jsou prosklení budov popsána

v popisech objektů, zde je uveden pouze velmi stručný souhrn pro možnost posouzení dopadu tohoto vlivu. V Tab. 123 jsou prosklení fasád budov barevně označeny podle předpokládaného pozitivního či negativního dopadu na měrnou spotřebu na chlazení, a to v kontextu ostatních budov. Budovy s relativně vysokým procentem prosklení byly označeny červeně, budovy s procentem prosklení pohybujícím se kolem 50 % byly uvažovány jako neutrální a v tabulce zvýrazněny nejsou. Budovy s relativně nízkým procentem prosklení jsou pak označeny zeleně. Z uvedené tabulky nelze vypočítat dopad procenta prosklení fasád na velikost spotřeby na chlazení. Budovy, které mají z hodnocených objektů nejvyšší měrné spotřeby mají oproti ostatním budovám relativně nízké procento prosklení. Budovy s relativně vysokým procentem prosklení pak naopak mají relativně nízké měrné spotřeby. Jak bude uvedeno dále, velmi pravděpodobně výrazně větší roli, než samotné prosklení fasád objektu má vliv jeho následného stínění.

Tab. 123 Hodnocení vlivu prosklení fasád

	Číslo budovy	Průměrná spotřeba [kWh/m ²]	Odchylka od průměru	Prosklení fasád
Nízká spotřeba	13	11,8	42 %	-
	1	11,5	43 %	-
Střední spotřeba	8	13,7	32 %	J a Z - 70 %, S a V - 54 %
	5	13,7	32 %	Z - 43 %, J - 80 %, V - 50 %
	4	14,0	30 %	53 %
	14	17,5	13 %	-
	12	18,5	8 %	-
	6	24,9	24 %	uliční f. (S, Z, J) 54 %, dvorní f. (S, V, J) 50 %
	7	25,1	25 %	J a V celoplošné, část severní f. 70 %
	9	26,2	30 %	Z - 54 % (před ní historická předstěna) V - 44 %
Vysoká spotřeba	11	30,9	53 %	-
	2	33,9	68 %	uliční fasády S, Z - 30 %, dvorní f. 20 %

7.1.2. Vliv stínění

Vliv stínění je hodnocen stejným způsobem jako vliv prosklení fasád. V následující Tab. 124 je uvedeno použité stínění u hodnocených budov včetně uvedení prosklení fasád, přesných hodnot měrných spotřeb objektů a jejich odchylky od průměrné měrné spotřeby všech budov. Použité stínění bylo barevně rozlišeno z hlediska očekávaného dopadu na velikost měrné spotřeby. Jako pozitivní (označený zeleně), bylo uvažováno kompletní stínění fasád objektu, a to zpravidla pomocí aktivního stínění venkovními žaluziemi. Neutrální (nezvýrazněné) bylo uvažováno neúplné stínění a jako negativní (zvýrazněno červeně) byla uvažována absence stínících prvků, stínění nedostatečné, či řešené nesystematicky pouze místně, či manuálně ovládanými prvky. Jak je

z tabulky patrné, tři budovy 9, 11 a 2, které mají nejvyšší měrné spotřeby ze všech hodnocených budov mají nedostatečné stínění, nebo zde stínění zcela chybí. Naopak dvě ze tří budov s nejnižšími měrnými spotřebami jsou opatřeny aktivním stíněním oken všech fasád. U objektů se střední spotřebou, tedy odchylkou jejich průměrné měrné spotřeby od průměrné spotřeby všech budov do 35 %, se objevuje jak kompletní stínění, tak jeho úplná absence a žádný trend či jasná spojitost zde nelze vysledovat. Jak již bylo zmíněno pro objektivní závěr z hlediska vlivu použitého stínění na velikost spotřeby na chlazení na základě porovnání objektů by bylo třeba do analýzy zahrnout výrazně větší množství budov, ideálně pak sledovat přímý vliv měření stavů bez použití stínících prvků a následně s nimi. Z vyhodnocení vztahu spotřeby a stínění u dvanácti administrativních budov zahrnutých v této práci, je však patrné, že budovy s nejvyššími spotřebami mají stínění nedostatečné na rozdíl od budov s nejnižšími spotřebami, které mají stínění systematicky řešeno. Lze tedy předpokládat podstatný vliv stínění na spotřebu energie na chlazení.

Tab. 124 Hodnocení vlivu stínění

Číslo budovy	Prosklení fasád	Stínění
13	-	Aktivní stínění venkovními žaluziemi a stahovacími roletami
1	-	-
8	J a Z - 70 %, S a V - 54 %	Aktivní stínění venkovními žaluziemi
5	Z - 43 %, J - 80 %, V - 50 %	Z a V - vnější žaluzie
4	53 %	Vnější horizontální žaluzie a vodorovné markýzy
14	-	Není
12	-	Venkovní pohyblivé lamelové žaluzie, 6NP - slunolamy
6	uliční f. (S, Z, J) 54 %, dvorní f. (S, V, J) 50 %	Z uliční f. – aktivní stínění vnějšími žaluziemi, S a J uliční f. - vnitřní žaluzie, dvorní fasády – bez stínění
7	J a V celoploš., část S f. 70 %	Mimo 1NP a 2NP aktivní stínění venkovními žaluziemi
9	Z - 54 % V - 44 %	V - manuální venkovní žaluzie, Z – historická předstěna
11	-	Místní – vnitřní žaluzie, světlé záclony, bavlněné záclony
2	S, Z - 30 %, dvorní 20 %	Není

7.1.3. Vliv klimatizačního systému

V této podkapitole bude hodnocen dopad použitého typu klimatizačního systému, nominálního chladicího faktoru zdrojů chladu, použití akumulace chladu a využívání free coolingu. Lze předpokládat, že všechny uvedené vlivy budou mít na spotřebu energie na chlazení nějaký dopad, zda se však jedná o vlivy zásadní by měla s určitou mírou spolehlivosti ukázat následující analýza.

Tab. 125 Hodnocení vlivu klimatizačního systému, zdroje chladu, akumulace chladu a free coolingu

Číslo budovy	Klimatizační systém	Zdroj chladu (EER)	Akumulace chladu	Free cooling
13	FC + VZT	2,64	NE	ANO
1	Indukční jednotky	2,51	NE	NE
8	FC + VZT	3,55	NE	NE
5	Indukční jednotky + VZT	2,72	ANO - 4,6 m3	ANO
4	FC + VZT	5,06	ANO - 4 m3	ANO
14	Chladivový VRV + VZT	4,08	NE	NE
12	FC + VZT	-	NE	ANO
6	FC + VZT	2,56	NE	ANO
7	FC + VZT	4,10	NE	ANO
9	FC + VZT	4,33	ANO - 0,8 m3	NE
11	VZT	2,65	NE	NE
2	FC + VZT	2,46	ANO - 2 m3	NE

Vliv klimatizačního systému

U administrativních budov zahrnutých v této práci je zastoupeno množství různých typů klimatizačních systémů. Nejčastěji je zastoupen vodní klimatizační systém s fancoil jednotkami v kombinaci se vzduchotechnikou (v tabulce označeno FC + VZT). Dále pak systém s indukčními jednotkami, vzduchotechnický systém (v tabulce označeno VZT) a systém chladivový. Typy klimatizačních systémů jednotlivých budov včetně vzestupného seřazení dle měrných spotřeb na chlazení jsou uvedeny v Tab. 125. Před hodnocením dopadů použitých klimatizačních systémů na spotřebu energie je třeba uvést, že měrné spotřeby jsou vyhodnoceny na základě spotřeb zdrojů chladu. Přestože zdroj chladu je dominantním spotřebičem v klimatizačním systému, pro správné posouzení vlivu použitého systému, by bylo třeba měření osadit veškeré spotřebiče jako jsou především oběhová čerpadla, ventilátory fancoil a vzduchotechnických jednotek a ventilátory pro odvod kondenzačního tepla. Jedná se tedy pouze o hodnocení vlivu použitého klimatizačního systému na spotřebu zdroje chladu. Z uvedené tabulky však nelze souvislost mezi měrnými spotřebami zdroje chladu a použitým klimatizačním systémem vysledovat. Klimatizační systém s indukčními jednotkami je použit u budov spíše s nižší spotřebou, chladivový systém se nachází přibližně v polovině. Budova s nejnižší i nejvyšší spotřebou pak má instalován vodní klimatizační systém s jednotkami fancoil a vzduchotechnikou. Vzhledem k relativně malému množství sledovaných budov je těžké vyvozovat závěry zdá se však, že dopad klimatizačního systému na spotřebu zdroje chladu není zásadní.

Vliv zdroje chladu

Jak již bylo uvedeno, zdroj chladu je z hlediska instalovaného příkonu a následných spotřeb zcela dominantní komponentou. Jedním ze základních parametrů zdroje chladu je jeho chladicí faktor.

Podle tohoto parametru, konkrétně podle jmenovitého chladicího faktoru bude hodnocen dopad použitého zdroje chladu na výslednou spotřebu energie. Chladicí faktor vyjadřuje poměr mezi chladicím výkonem a příkonem chladicího stroje, a lze tak očekávat jeho zcela zásadní dopad na spotřebu energie zdroje chladu. Z uvedené Tab. 125, kde jsou vyčísleny jmenovité chladicí faktory zdrojů chladu příslušné jednotlivým budovám seřazeným dle měrné spotřeby však jeho vliv není patrný. Pro větší přehlednost byly chladicí faktory barevně rozlišeny dle intervalů 1 až 3, 3 až 4 a více než 4. Zdroje chladu s nejvyššími chladicími faktory jsou relativně rovnoměrně rozloženy ve středním pásmu z hlediska měrné spotřeby budov, ve kterých jsou umístěny. Budovy s nejnižší i nejvyšší měrnou spotřebou mají nominální chladicí faktory přibližně stejné, a to jedny z nejnižších z posuzovaných zdrojů chladu pohybujících se kolem hodnoty 2,5. Navzdory očekávání tak lze konstatovat, že u vzorku budov vyhodnocovaných v této práci, nelze vliv nominálního chladicího faktoru zdroje chladu na spotřebu na chlazení vysledovat.

Vliv akumulace chladu

Akumulace chladu je použita v klimatizačních systémech pouze čtyř ze dvanácti monitorovaných administrativních budov. Chlad je akumulován do akumulčních nádob o objemu od 0,8 m³ do 4,6 m³. Z Tab. 125 je zřejmé, že akumulací chladu jsou vybaveny systémy budov jejichž měrné spotřeby jsou jedny z nejvyšších a dále pak systému budov, které jsou z hlediska měrné spotřeby ve středním pásmu. Vliv akumulace chladu na spotřebu na chlazení tak zde není zřejmý a žádném případě nelze hovořit a zásadním vlivu.

Vliv free coolingu

Klimatizační systémy budov, které jsou uzpůsobeny pro režim free coolingového chlazení jsou označeny v Tab. 125. Jedná se o celkem šest z dvanácti administrativních budov. Dopad provozování chlazení v režimu free coolingu na spotřebu zdroje chladu by měl být značný, neboť je díky němu přímo snížena potřeba strojního chlazení. Bylo by tedy možné očekávat, že objekty, které jsou opatřeny systémem volného chlazení budou mít měrné spotřeby nižší než budovy, které jsou chlazeny pouze strojně. Z uvedené tabulky je však patrné, že tento předpoklad není možné jednoznačně potvrdit. Dvě ze tří budov, které mají zcela nejnižší měrné spotřeby, nejsou free coolingem vybaveny. To však platí i pro tři budovy jejichž měrná spotřeba je nejvyšší ze všech hodnocených objektů. Vliv free coolingu hodnocený tímto způsobem není jednoznačný a nelze říci, že by měl na měrné spotřeby na chlazení zásadní dopad. Pro přesné hodnocení provozování volného chlazení, jeho výhodnosti a reálného dopadu na spotřebu energie na chlazení, a nejen na spotřebu zdroje chladu, by však bylo třeba měřit i spotřeby elektrické energie čerpadel a ventilátorů jejichž příkony, a zvláště pak provozní hodiny jsou při režimu free coolingu nezanedbatelné.

7.1.4. Víkendové útlumy zdroje chladu a vliv řízení klimatizačního systému

V této podkapitole budou hodnoceny víkendové útlumy zdroje chladu jako zcela konkrétní přístup k řízení zdroje chladu a dále pak obecněji řízení a možné důsledky změn v řízení celého klimatizačního systému s ohledem na spotřebu energie na chlazení.

Víkendové útlumy zdroje chladu

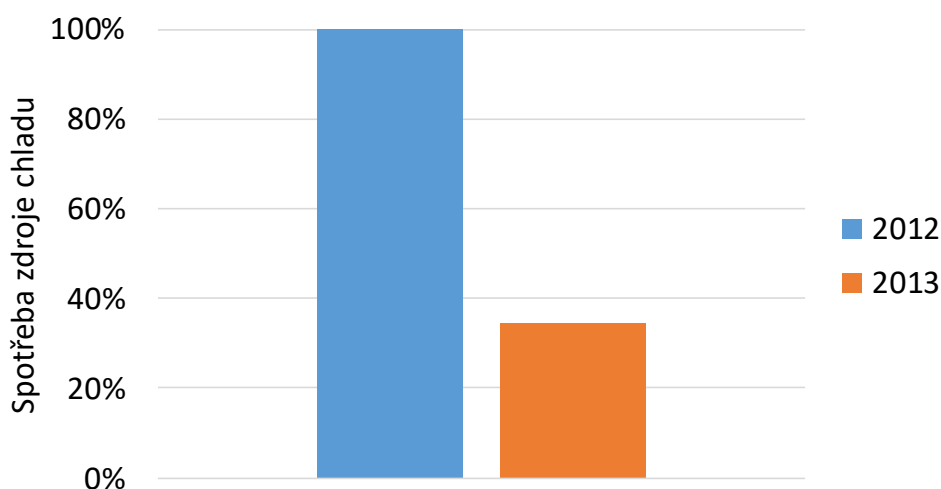
Na základě detailní analýzy průběhů aktuálních příkonů elektrické energie zdroje chladu bylo zjištěno, že pouze některé objekty pracují s víkendovými útlumy zdroje chladu. Tedy úplným vypnutím zdroje chladu, kdy příkon chladicího stroje je během víkendu prokazatelně nulový. V případě mnoha budov, je zdroj chladu v provozu a dochází pouze ke snížení jeho příkonu pravděpodobně v důsledku absence vnitřních zisků a často k jeho značnému cyklování. V Tab. 126 jsou měřené administrativní budovy opět vzestupně seřazeny dle jejich měrné spotřeby na chlazení a u každého objektu je uvedeno, zda pracuje s víkendovými útlumy zdroje chladu či nikoliv. Zeleně bylo zvýrazněno, pokud je víkendových útlumů systematicky využíváno, červeně pokud ne či zcela zanedbatelně a bez zvýraznění je jejich pouze částečné užití. V případě budovy 14 byly k dispozici pouze měsíční hodnoty spotřeb a tento údaj tak není k dispozici. Z tabulky je zcela zřejmé, že všechny budovy jejichž zdroje chladu jsou během víkendů vypínány, mají nejnižší spotřeby ze sledovaných administrativních budov. V případě budovy 7 bylo s víkendovými útlumy pracováno pouze v letech 2013 a 2016. Je tedy možné objektivně posoudit jeho dopad oproti roků, kdy zdroj chladu byl v provozu i o víkendech. Bohužel v roce 2015 došlo k úplnému výpadku měření a v roce 2016 byly naměřeny spotřeby pouze z přibližně poloviny roku. I v letech 2012, 2013 a 2014 došlo k mírným výpadkům měření, zásadní část roku však byla v těchto letech naměřena, a je tak možné tyto roky porovnat. V roce 2012 spotřeba zdroje chladu činila 91 069 kWh, v roce 2013 byla výrazně nižší a činila 61 626 kWh a v roce 2014 kdy se víkendové útlumy zdroje opět přestaly využívat, spotřeba vzrostla a činila 78 455 kWh. Z toho lze usuzovat výrazný pozitivní vliv využívání víkendových útlumů na spotřebu zdroje chladu. Výrazný pokles spotřeby se začátkem využívání víkendových útlumů je patrný také v případě budovy 5. V případě této budovy však pravděpodobně došlo k výraznějšímu zásahu do řízení klimatizačního systému, a proto bude blíže popsána v následující podkapitole. Jednak porovnání měrných spotřeb sledovaných budov v kontextu využívání víkendových útlumů zdroje chladu, jednak posouzení jeho vlivu přímo na spotřebu u dvou měřených objektů tedy hovoří o zásadním vlivu a možnostech úspor energie na chlazení při vypínání zdroje chladu o víkendu.

Tab. 126 Hodnocení vlivu víkendových útlumů zdroje chladu

Číslo budovy	Víkendové útlumy
13	ANO
1	ANO
8	ANO
5	ANO (2016 NE - nouzový provoz)
4	NE
14	-
12	NE
6	NE
7	pouze 2013 a 2016
9	NE
11	NE (částečně 2014, 2016)
2	NE (jen 11.2014 - 6.2015)

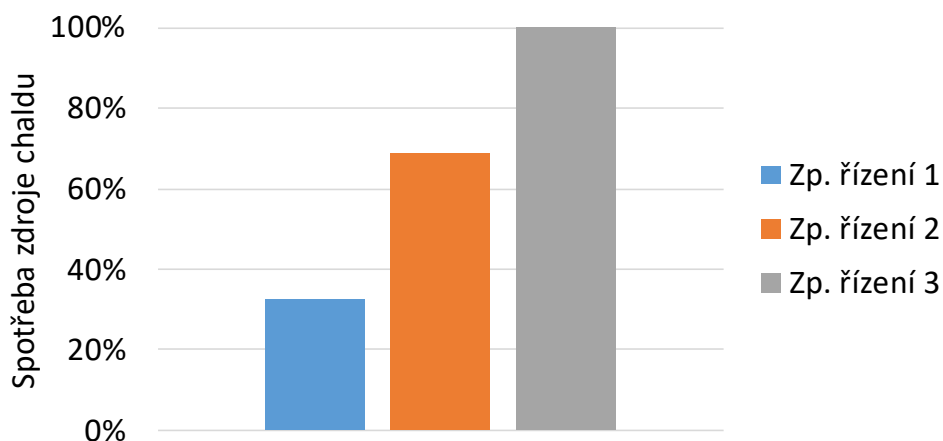
Vliv řízení klimatizačního systému

Jak již bylo uvedeno v popisech jednotlivých budov při podrobné analýze spotřeb, v případě dvou objektů bylo možné vysledovat výrazné změny ve spotřebách zdrojů chladu v důsledku změn v řízení klimatizačního systému, ke kterým došlo v důsledku personálních změn na straně technické správy objektu. Tyto změny provázené razantními poklesy spotřeby jsou patrné v případě administrativní budovy číslo 5 a knihovny označené jako budova číslo 15. V případě administrativní budovy došlo koncem roku 2012 ke změně technika objektu, který provedl blíže nespecifikované změny v řízení klimatizačního systému. Jak již bylo uvedeno v předchozí podkapitole, z průběhu příkonů je však zřejmé, že jednou z těchto změn bylo využívání víkendových útlumů. Důsledek těchto změn na spotřebu energie zdroje chladu je znázorněn na Obr. 7.2. Graf na obrázku znázorňuje pokles spotřeby zdroje chladu o 65 % oproti roku 2012.



Obr. 7.2 Změna spotřeby v důsledku změny řízení klimatizačního systému

Jak již bylo uvedeno v závěru ohledně budovy 15 (knihovny), během sedmi let, kdy monitoring spotřeby zdroje chladu probíhal, se vystřídal několik subjektů, které se o provoz klimatizačního systému staraly. Každý tento subjekt měl evidentně značně odlišný přístup k řízení systému, což se projevilo výrazně odlišnými spotřebami na chlazení. Přesné měrné spotřeby v jednotlivých letech a v závislosti na způsobu řízení, respektive subjektu, který za správu budovy zodpovídal, jsou uvedeny v Tab. 119 v závěru podkapitoly Budova č. 15. Zde na Obr. 7.3 jsou pro názornost spotřeby vyjádřeny relativně, čímž jsou dobře patrné zásadní změny ve spotřebách zdroje chladu.



Obr. 7.3 Relativní spotřeby zdroje chladu v závislosti na způsobu řízení klimatizačního systému

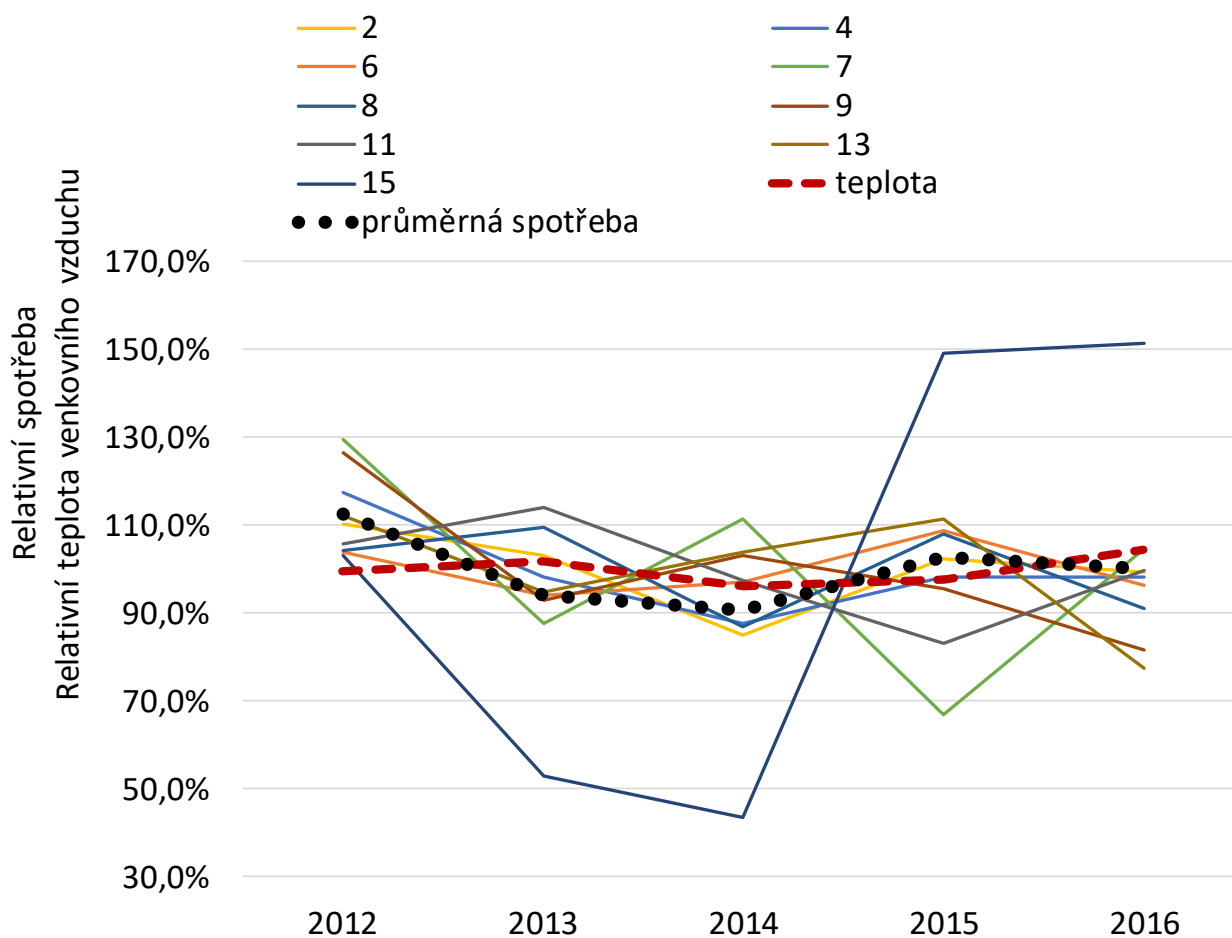
Spotřeby jsou vztaženy k průměrné spotřebě z let, kdy byl klimatizační systém řízen z energetického hlediska nejnáročněji (způsob řízení 3). Relativní spotřeba dle „způsobu řízení 1“ činila pouze 33 % této hodnoty a spotřeba dle „způsobu řízení 2“ činila 69 % této hodnoty. Je tak zcela zřejmé, že způsob řízení klimatizačního systému má zcela zásadní vliv na spotřebu energie na chlazení a snaha o optimalizaci jeho provozu může být efektivní cestou ke snižování nákladů a spotřeb energií na chlazení.

7.1.5. Vliv klimatu (venkovní teploty)

V předchozí kapitole bylo uvedeno, že optimalizací provozu klimatizačního systému je možné docílit úspor ve spotřebě na chlazení, a to až v desítkách procent. V této kapitole bude hodnocen vliv klimatu, konkrétně venkovní teploty na spotřebu na chlazení v kontextu ročních úspor uvedených v předchozí kapitole, přisouzených změně ve způsobu řízení klimatizačního systému. Pokud by vliv venkovních teplot na spotřebu byl zásadní a korespondoval by s uvedenými úsporami, bylo by možné zpochybnit nebo snížit váhu tvrzení o možnosti uvedených úspor díky optimalizaci řízení systému. Vliv teplot bude hodnocen jednak z hlediska ročních spotřeb energie na chlazení jednak z pohledu spotřeb v průběhu roku. Venkovní teploty byly získány z portálu českého hydrometeorologického ústavu [10].

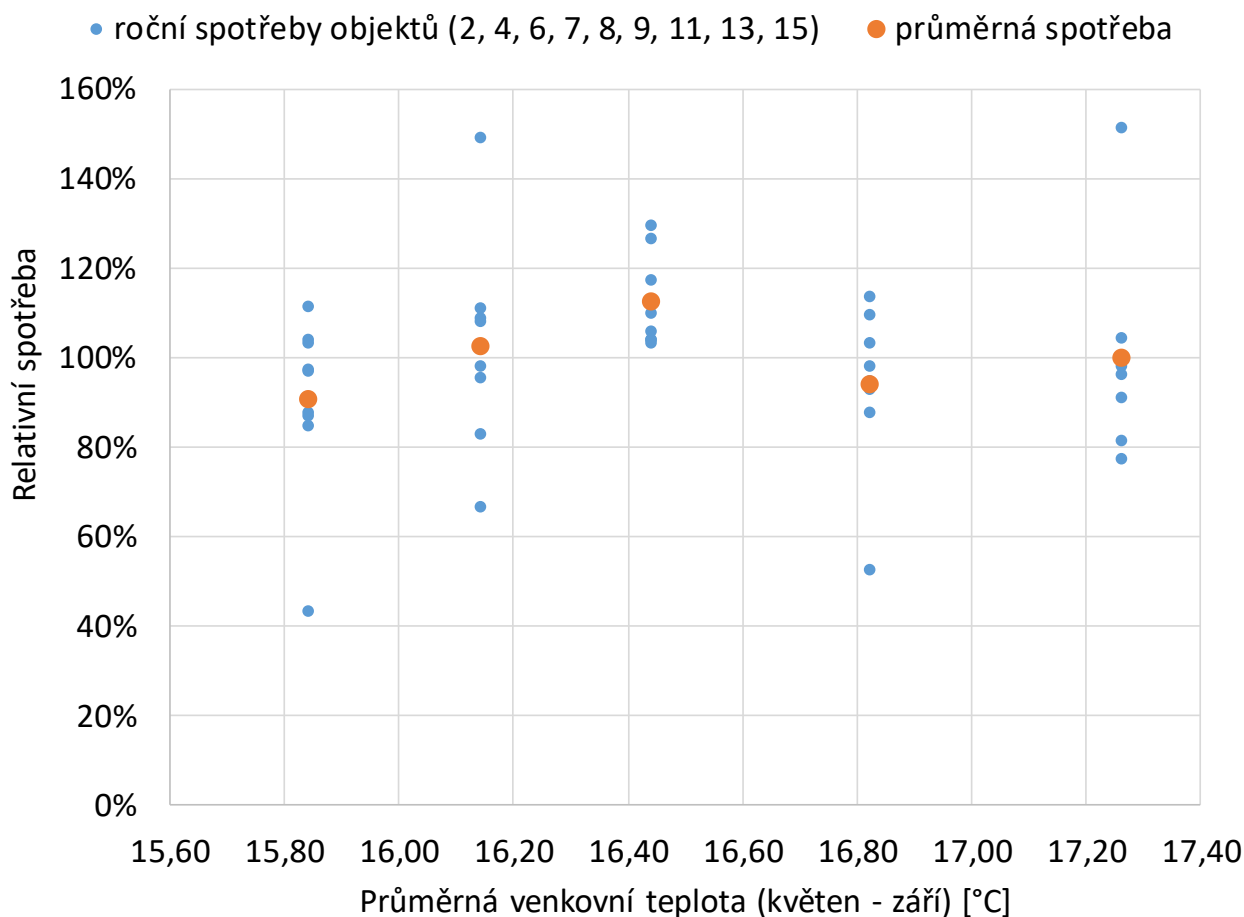
Vliv venkovní teploty na roční spotřebu energie na chlazení

Pro posouzení vlivu bylo zvoleno grafické porovnání pomocí relativních průměrných venkovních teplot za letní období (květen až září) a relativních měrných spotřeb jednotlivých budov. Konkrétně byly spotřeby a teploty vyjádřeny jako poměr hodnoty (spotřeby, teploty) z příslušného roku a jejich průměrné hodnoty. Průměrné venkovní teploty za letní období pro jednotlivé roky byly vypočteny z průměrných měsíčních teplot pro Prahu a Středočeský kraj. Budovy, které nejsou situovány v Praze či Středočeském kraji, nebo nemají naměřené dostatečné množství dat nejsou pro porovnání uvažovány. Graf na Obr. 7.4 pak vyjadřuje jakým způsobem se měnila spotřeba u jednotlivých budov v průběhu let 2012 až 2016 v porovnání se změnou průměrné venkovní teploty za letní období. V grafu je dále vynesena relativní průměrná spotřeba uvedených budov. Z porovnání průběhu průměrné relativní spotřeby a průběhu relativní teploty venkovního vzduchu je zřejmé, že nelze hovořit o přímé souvislosti mezi změnou teploty a spotřeby. Z roku 2013 na 2014 a 2014 na 2015 došlo jak k poklesu průměrné spotřeby, tak k poklesu teploty oproti jejich průměrným hodnotám. V ostatních případech však růstu teploty odpovídal pokles spotřeby.



Obr. 7.4 Hodnocení vlivu průměrné venkovní teploty za letní období na roční spotřebu jednotlivých objektů

Pro přímé vyhodnocení závislosti relativní spotřeby na venkovní teplotě byly graficky vyneseny relativní spotřeby v jednotlivých letech v závislosti na příslušných průměrných teplotách venkovního vzduchu za letní období. Do grafu byla dále vynesena závislost průměrné spotřeby na teplotě. Graf je uveden na Obr. 7.5. Lze očekávat, že závislost mezi spotřebou a teplotou bude rostoucí a bude mít lineární či exponenciální charakter. V případě prvních tří průměrných spotřeb uvedených v grafu je vidět evidentní rostoucí závislost spotřeby na teplotě. Další dvě hodnoty se však tomuto trendu zcela vymykají a s vyšší průměrnou teplotou dochází k poklesu průměrných ročních spotřeb. O závislosti mezi ročními spotřebami a průměrnými venkovními teplotami na základě vyhodnocovaných dat tak nelze hovořit. To je pravděpodobně způsobeno velmi malými rozdíly mezi průměrnými venkovními teplotami za letní období, které se v letech 2012 až 2016 pohybovaly od 16,14 °C do 17,26 °C. Vzhledem k takto nevýraznému rozptylu průměrných teplot, zřejmě ostatní vlivy dokáží předpokládanou závislost mezi průměrnou venkovní teplotou a roční spotřebou narušit.



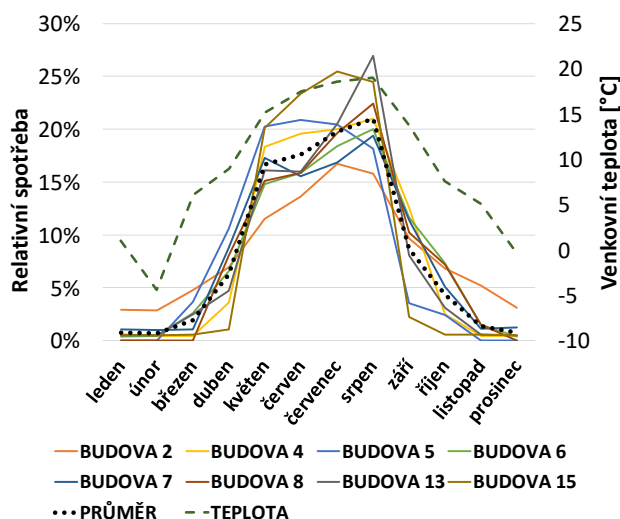
Obr. 7.5 Závislost relativních ročních spotřeb na venkovní teplotě

Závislost spotřeby na teplotě v průběhu roku

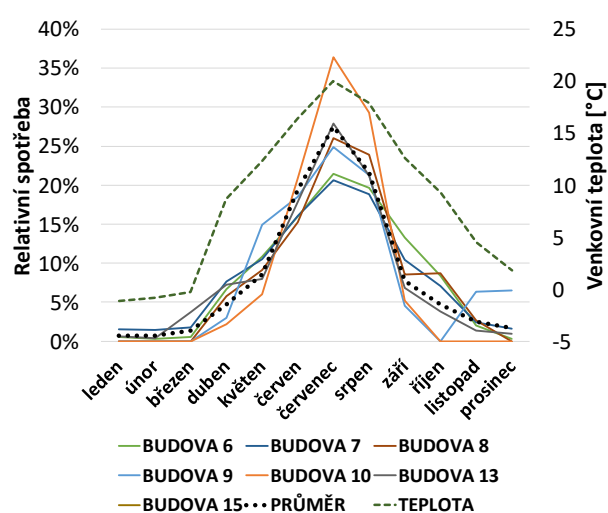
V předchozí kapitole bylo ukázáno, že rozdíly v ročních spotřebách neodpovídají rozdílným průměrným spotřebám za letní období v příslušných letech. V této podkapitole tak bude hodnocena závislost měsíčních spotřeb na průměrných měsíčních venkovních teplotách. Vzhledem k tomu, že

rozdíly v průměrných měsíčních teplotách jsou výrazně větší než průměrné teploty za letní období lze očekávat, že v tomto případě bude závislost mezi spotřebami a teplotami existovat.

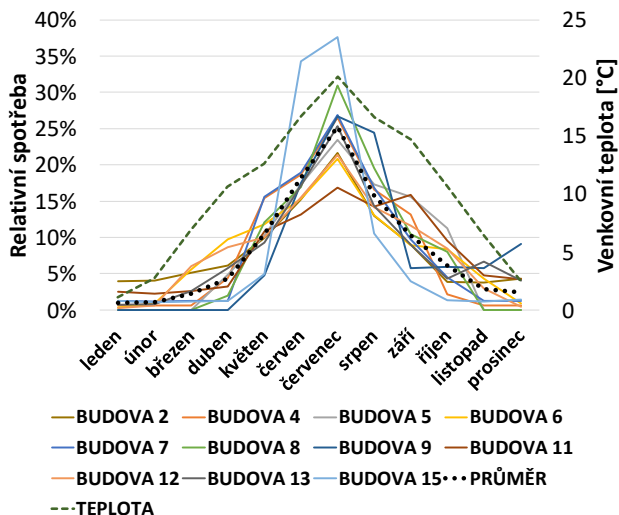
Jak již bylo uvedeno, absolutní i měrné spotřeby jednotlivých objektů se značným způsobem liší. Pro možnost vzájemného porovnání závislostí spotřeb na venkovních teplotách, proto byly měsíční spotřeby budov vyjádřeny relativně. Pro potřeby této analýzy bylo využito pouze budov, kde se doplněné spotřeby (kvůli výpadkům v měření) od naměřených nelišily o více než 20 %. Ve většině případů byla tato odchylka do 10 %. Grafické závislosti pro jednotlivé roky jsou znázorněny na Obr. 7.6 až Obr. 7.10. Na grafech jsou vyneseny relativní rozložení spotřeb v průběhu roku (měsíční krok) pro jednotlivé objekty, jejich průměrná hodnota spotřeby a dále průměrné měsíční teploty pro Prahu a Středočeský kraj. Objekty, které jsou situovány v Liberci a Pardubicích nebyly zahrnuty. Z uvedených grafů je dobře patrné, že křivky spotřeb mají téměř totožný průběh s křivkami teplot. Ve většině případů růstu teploty odpovídá nárůst spotřeby což je dobře patrné i z porovnání průběhů průměrných spotřeb vyznačených černou tečkovanou křivkou a průběhů teplot. Zásadní vliv venkovní teploty na měsíční spotřebu na chlazení je tedy zcela evidentní.



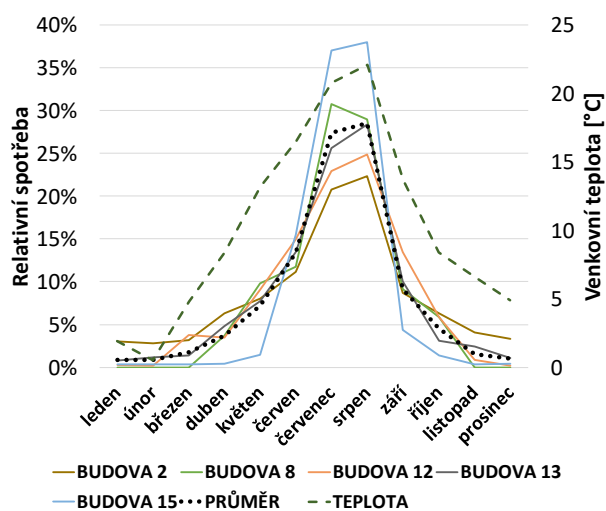
Obr. 7.6 Hodnocení závislosti měsíčních spotřeb na venkovní teplotě v roce 2012



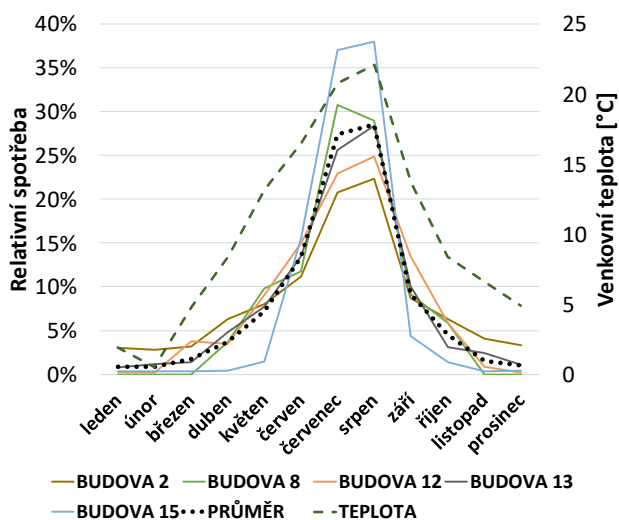
Obr. 7.7 Hodnocení závislosti měsíčních spotřeb na venkovní teplotě v roce 2013



Obr. 7.8 Hodnocení závislosti měsíčních spotřeb na venkovní teplotě v roce 2014



Obr. 7.9 Hodnocení závislosti měsíčních spotřeb na venkovní teplotě v roce 2015



Obr. 7.10 Hodnocení závislosti měsíčních spotřeb na venkovní teplotě v roce 2016

8. Matematický model budovy

Vzhledem k uvedené silné závislosti měsíční spotřeby na průměrné měsíční venkovní teplotě, bude v rámci této kapitoly řešena možnost vytvoření matematického modelu budovy pomocí regresní analýzy, právě na základě uvedené závislosti. Lze předpokládat, že výsledná spotřeba na chlazení je v objektu ovlivněna více proměnnými, a to jak technickými parametry stavby a systému tak jeho samotným provozováním. V případě této práce byl v tomto ohledu matematický model zjednodušen a sleduje funkční závislost mezi měsíční spotřebou zdroje chladu jakožto závisle proměnnou (vysvětlovanou proměnnou) a průměrnou venkovní teplotou jakožto jedinou nezávislou (vysvětlující) proměnnou. Pokud by bylo možné takovýto relativně jednoduchý model vytvořit, teoreticky by bylo možné ho využít například pro snadné doplnění chybějících dat v případě výpadku měření, odhalení závad systému v případě neodpovídajícího nárůstu spotřeb, sledování dopadů opatření pro snížení spotřeb zdroje chladu, nebo pro porovnání spotřeb dané budovy s objekty v jiné lokalitě.

8.1. Volba regresní funkce

Závislost spotřeby na venkovní teplotě byla pro každou budovu řešena samostatně. Jako vstupní data byly použity měsíční spotřeby zdroje chladu ze všech let, kdy probíhalo měření, avšak pouze ty spotřeby, kdy měření probíhalo v průběhu celého měsíce. Odhady doplněné chybějící spotřeby nejsou do výpočtu zahrnuty. Naměřeným spotřebám byly přiřazeny odpovídající průměrné měsíční venkovní teploty vzduchu a následně byla hledána taková regresní funkce, která by nejlépe odpovídala vyšetřované závislosti. Regresní funkce byly vypočteny pomocí nástroje „řešitel“ v programu Microsoft excel, kdy pro obecně předepsané regresní funkce byly iteračně hledány regresní parametry daných funkcí s podmínkou minimalizace reziduálního součtu čtverců. Tyto regresní parametry byly tedy určeny pomocí metody nejmenších čtverců. Pro každý objekt byla vypočtena lineární, exponenciální a polynomiální (druhý stupeň) výběrová regresní funkce. Volbě těchto regresních funkcí předcházelo vynesení naměřených dat do bodových grafů, ze kterých bylo zřejmé, že závislost bude mít pravděpodobně průběh jedné z uvedených funkcí. Ukázka takového bodového grafu je na Obr. 8.1. Volba polynomu maximálně druhého stupně respektovala obecné pravidlo, že regresní funkce by měla být co nejjednodušší. Jako kritérium pro hodnocení vhodnosti vypočtené regresní funkce pro naměřená data bylo použito koeficientu determinace r^2 , respektive upraveného koeficientu determinace r_{adj}^2 . Koeficient determinace je definován vztahem [16] [17]:

$$r^2 = 1 - \frac{S_R}{S_y}, \quad (8.1)$$

kde

r^2 koeficient determinace;

S_R reziduální součet čtverců;

S_y celkový součet čtverců.

Residuální součet čtverců je definovaný vztahem:

$$S_R = \sum_{i=1}^N (y_i - Y_i)^2, \quad (8.2)$$

kde

y_i i -tá hodnota vysvětlované proměnné (v případě této práce se jedná o naměřené měsíční spotřeby zdroje chladu [kWh]);

Y_i bodové odhady hodnot regresní funkce (měsíční spotřeby zdroje chladu [kWh]);

N počet dvojic veličin $[x_i, y_i]$.

Celkový součet čtverců je definován vztahem:

$$S_y = \sum_{i=1}^N \left(y_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \right)^2. \quad (8.3)$$

Koeficient determinace r^2 nabývá hodnot z intervalu $<0; 1>$ a vyjadřuje jakou část celkové variability pozorovaných hodnot lze vysvětlit daným modelem. Z uvedeného vyplývá, že čím vyšší je hodnota koeficientu determinace, tím vhodněji je zvolena regresní funkce. Nedostatek koeficientu determinace je však ten, že pro malé rozsahy výběru nadhodnocuje těsnost závislosti. Dalším negativním aspektem je, že jeho hodnota roste s větším počtem parametrů regresní funkce, což odporuje zásadě volby co nejjednoduššího modelu. Z tohoto důvodu se zavádí upravená hodnota koeficientu determinace definovaná vztahem [16] [17]:

$$r_{adj}^2 = 1 - (1 - r^2) \cdot \frac{n - 1}{n - p}, \quad (8.4)$$

kde

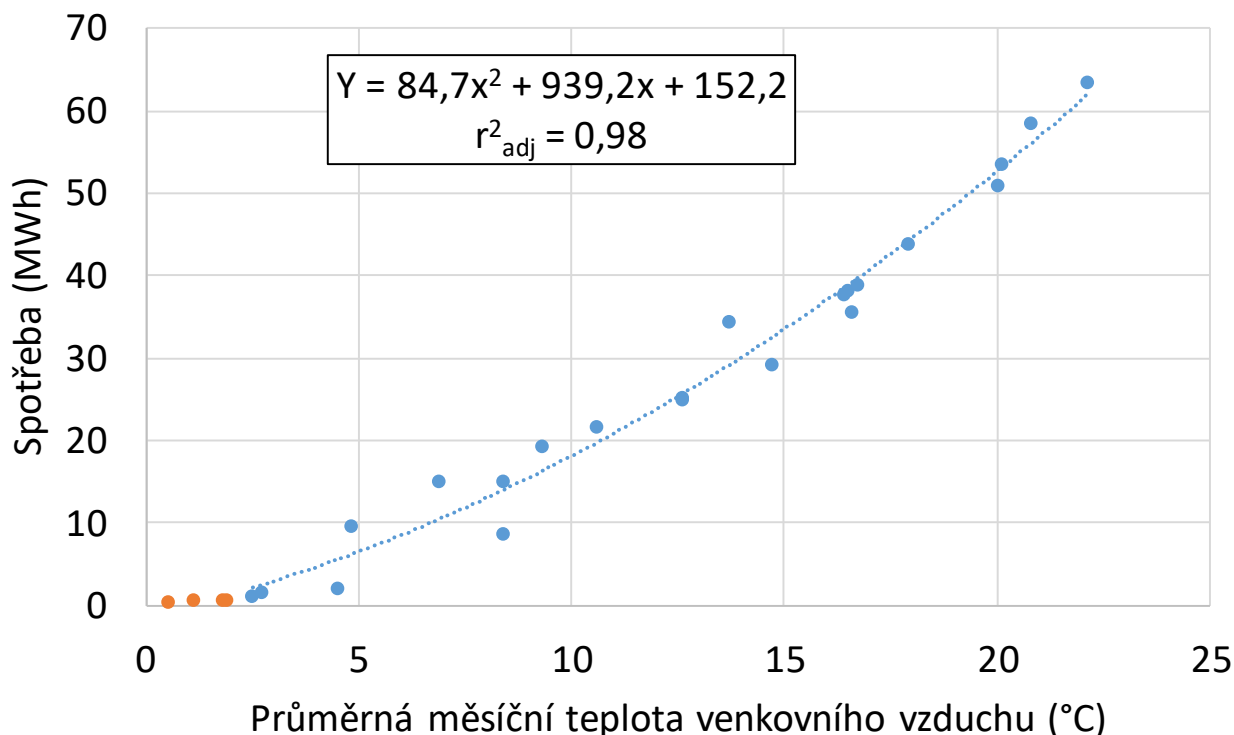
n rozsah výběru [-];

p počet parametrů regresního modelu [-].

Upravený koeficient determinace pak udává nezkreslený odhad koeficientu determinace a je možné ho použít pro výběr typu regresní funkce [17] [16].

Na grafu na Obr. 8.1 jsou vyneseny naměřené dvojice veličin x_i, y_i , včetně uvedené rovnice výběrové regresní funkce. Jedná se o polynom druhého stupně a upravený koeficient determinace této regresní funkce je $r_{adj}^2 = 0,98$ což znamená, že 98 % variability naměřených spotřeb lze vysvětlit zvoleným regresním modelem. Při použití lineární regresní funkce by koeficient determinace byl nižší

a činil by $r^2_{adj} = 0,967$. V případě použití exponenciální funkce by jeho hodnota byla $r^2_{adj} = 0,964$. V uvedeném grafu jsou naměřená data barevně rozlišena. To je z toho důvodu, že u převážné většiny objektů je do určité venkovní teploty nulová či relativně konstantní spotřeba elektrické energie. Tato spotřeba, v grafu vyznačená oranžově, se negativně projevuje na přesnosti výběrových regresních funkcí a vzhledem k jejímu konstantnímu charakteru, není třeba její závislost na venkovní teplotě vyšetřovat. Z tohoto důvodu byly u všech objektů stanoveny teploty, od kterých již nejsou spotřeby zdrojů chladu konstantní a výběrové regresní funkce byly vypočteny pro závislosti mezi spotřebami a teplotami od takto stanovených počátečních teplot. Tyto teploty tedy definují počátek platnosti vypočtených výběrových regresních funkcí. Pro nižší teploty nelze regresní funkce použít. Vzhledem k omezenému množství naměřených dat, však bohužel nelze tyto počáteční teploty považovat za zcela přesně stanovené. V případě objektu č. 12, jehož regresní křivka a naměřené hodnoty spotřeb v závislosti na teplotě jsou uvedeny ve zmiňovaném grafu, je počáteční teplota 2,5 °C.



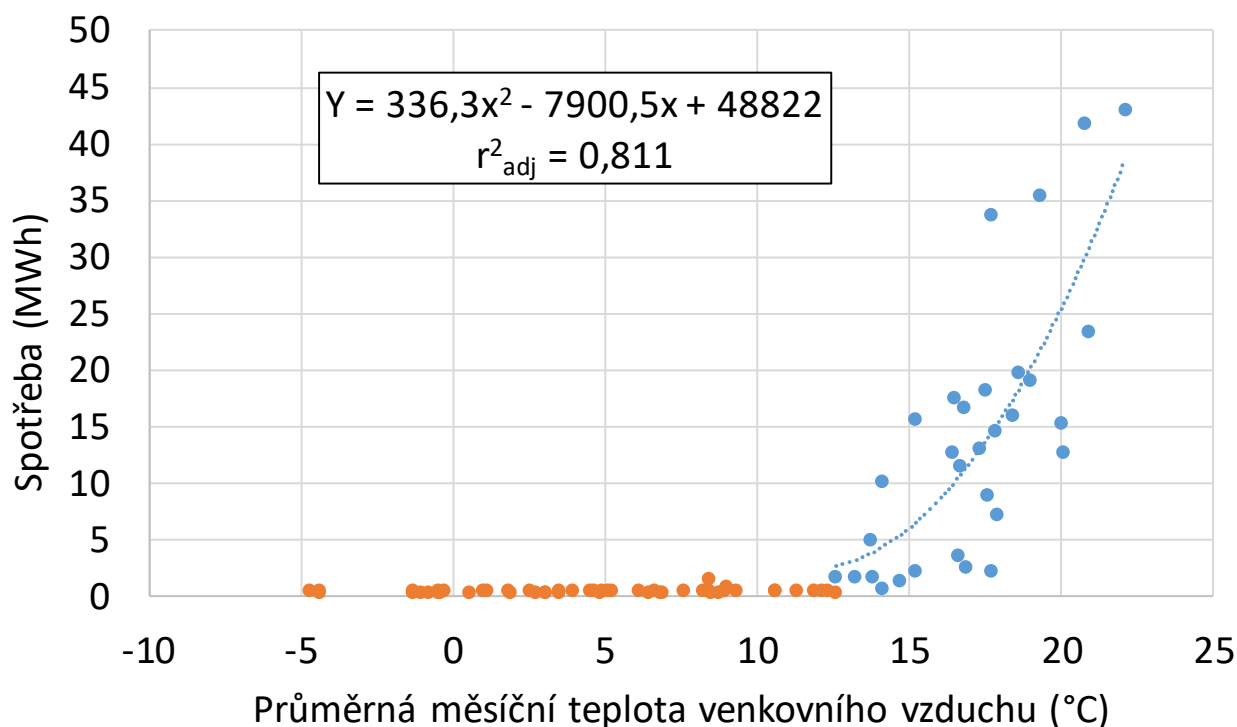
Obr. 8.1 Výběrová regresní funkce pro závislost měsíční spotřeby zdroje chladu na průměrné měsíční teplotě venkovního vzduchu objektu č. 12

Pro každý objekt byla zvolena výběrová regresní funkce s nejvyšším upraveným koeficientem determinace, a jak již bylo uvedeno, jednalo se o závislosti lineární, exponenciální nebo polynom druhého stupně. Předpisy těchto funkcí včetně počáteční teploty, upraveného koeficientu determinace a váženého průměru relativní odchylky spotřeb vypočtených dle regresní funkce od skutečných spotřeb jsou uvedeny v Tab. 127. Minimální průměrná měsíční teplota, pro kterou je možné regresní funkci pro odhad měsíčních spotřeb použít je v tabulce označena jako x_{min} . Váhou

při výpočtu váženého průměru relativních odchylek spotřeb vypočtených dle regresní funkce od skutečně naměřených spotřeb pro dané průměrné měsíční teploty byly odpovídající naměřené spotřeby zdroje chladu. Při výpočtu vážené průměrné relativní odchylky je tak dán větší důraz na odchylky v měsících s větší spotřebou. Z uvedené tabulky je zřejmé, že ne zcela u všech budov bylo možné vypočítat takovou výběrovou regresní funkci, která by dobře odpovídala naměřeným datům. Příklad naměřených dat a regresní křivky s relativně nízkým výběrovým koeficientem determinace je v grafu na Obr. 8.2. Jedná se o budovu číslo 15, kde v průběhu měření docházelo ke změnám v řízení klimatizačního systému.

Tab. 127 Výsledky regresní analýzy

Budova č.	Výběrová regresní funkce Y	Platnost regresní funkce x_{min} [°C]	Upravený koeficient determinace r_{adj}^2	Vážený průměr relativní odchylky
1	$Y = 1323,03 \cdot x - 11508,5$	9,2	0,579	37 %
2	$Y = 2405,7 \cdot e^{0,0972 \cdot x}$	7,6	0,936	9 %
3	$Y = 2634,7 \cdot x - 27660,6$	11,2	0,891	21 %
4	$Y = 1703,6 \cdot x - 12109$	7,6	0,868	17 %
5	$Y = 1517,4 \cdot e^{0,1263 \cdot x}$	10,6	0,669	18 %
6	$Y = 1561,9 \cdot x - 5091$	4,8	0,942	9 %
7	$Y = 1107,3 \cdot x - 5399,6$	7,6	0,773	17 %
8	$Y = 1123,2 \cdot e^{0,1429 \cdot x}$	7,6	0,963	13 %
9	$Y = 143,5 \cdot x^2 - 2566,8 \cdot x + 15921,8$	7,6	0,803	30 %
10	$Y = 154,8 \cdot x^2 - 2503,3 \cdot x - 10626,3$	7,6	0,969	12 %
11	$Y = -7,7 \cdot x^2 + 465,6 \cdot x - 175,1$	0,5	0,806	22 %
12	$Y = 84,7 \cdot x^2 + 939,2 \cdot x + 152,2$	2,5	0,980	7 %
13	$Y = 7588,9 \cdot e^{0,1463 \cdot x}$	5,2	0,961	17 %
15	$Y = 336,3 \cdot x^2 - 7900,5 \cdot x + 48822$	12,6	0,811	42 %



Obr. 8.2 Regresní funkce pro závislost měsíční spotřeby zdroje chladu na průměrné měsíční teplotě venkovního vzduchu objektu č. 15

Objekty jejichž vypočtené výběrové regresní funkce velmi dobře odpovídají naměřeným hodnotám a jejichž upravené koeficienty determinace jsou vyšší než 0,95 jsou v tabulce vyznačeny barevně. Vážená průměrná relativní odchylka je v případě těchto budov maximálně 17 %. Nejmenší odchylka spotřeby dle matematického popisu od skutečné spotřeby je u objektu 12 a činí pouze 7 %. Možnost využití matematických popisů budov bude hodnoceno dále. Z jakého důvodu se však závislosti spotřeb na teplotě u jednotlivých budov a následná možnost vytvoření přesných výběrových regresních funkcí u jednotlivých objektů liší, se nepodařilo objasnit. Je však možné, že je to způsobeno zásahy do řízení klimatizačních systémů a nekonzistentním řízením, jak bylo ukázáno v případě budovy 15 v grafu na Obr. 8.2. Z tabulky je dále patrné, že teploty, do kterých je spotřeba nulová, téměř nulová, či konstantní se pro jednotlivé budovy značně liší. Pohybují se od 2,5 °C do 12,6 °C. Průměrná teplota pro všechny budovy, od které je třeba výrazněji chladit je pak 7,3 °C. Nejnižší počáteční teplota 2,5 °C odpovídá budově číslo 12, což je administrativní budova s velkoplošnými kanceláři a díky vysokým vnitřním ziskům zde dochází k nutnosti chlazení i mimo letní období. Naopak budova s nejvyšší počáteční teplotou, od které je chlazení v provozu (12,6 °C), je budovy číslo 15. Jedná se o Národní technickou knihovnu v Praze, kde se opět potvrzuje její nízkoenergetická koncepce. Budova 14 nebyla do výpočtů zahrnuta, neboť její naměřená měsíční data nebyla pro tyto účely použitelná.

8.2. Testování použití matematického modelu budovy pro doplnění chybějících spotřeb

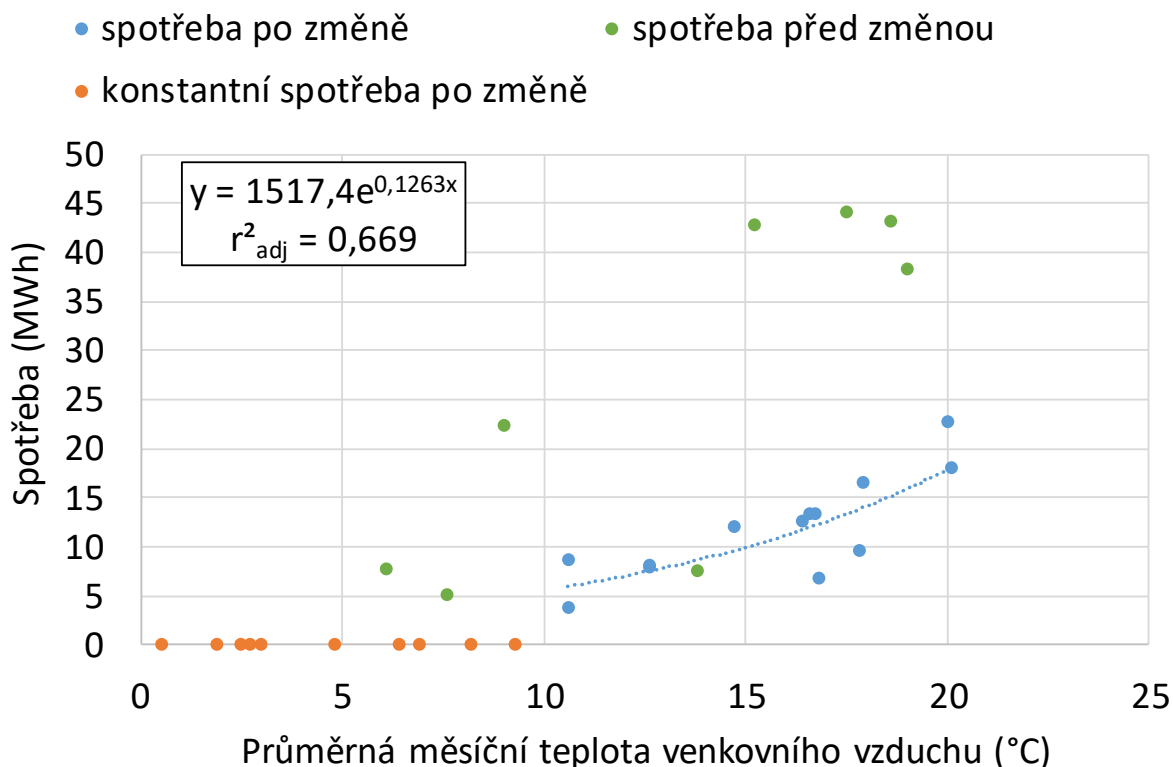
Možnost využití vypočtené regresní funkce pro doplnění chybějících dat, bylo testováno pro objekt, ve kterém v průběhu roku opravdu došlo k výpadkům měření, ale bylo možné zjistit jeho celkovou roční spotřebu zdroje chladu. Jedná se o objekt číslo 6, kde upravený koeficient determinace regresní funkce činí $r^2_{adj} = 0,942$ a teplota od které lze výběrová regresní funkce pro odhad spotřeb použít je 4,8 °C. Naměřené a doplněné spotřeby elektrické energie zdroje chladu jsou patrné z Tab. 128. Měsíční spotřeby uvedené ve sloupci „doplněná spotřeba EE 2“ odpovídají naměřeným spotřebám elektrické energie, které jsou v případě 9. a 10. měsíce roku doplněny spotřebami vypočtenými dle matematického modelu. Spotřeby z ledna, února a prosince nebyly zahrnuty, neboť průměrná teplota v těchto měsících je mimo rozsah platnosti matematického modelu. Tyto spotřeby a teploty jsou v tabulce vyznačeny červeně. Z hodnot celkových spotřeb je patrné, že použitím modelu pro doplnění chybějících spotřeb došlo k navýšení celkové roční spotřeby. Vzniklá odchylka činí 6 %. Tato odchylka je relativně přijatelná, je však otázka, jak velká chyba by vznikla, kdyby bylo pomocí výběrové regresní funkce doplněno větší množství chybějících dat. Relativní odchylka celkové vypočtené spotřeby za dva uvedené měsíce a spotřeby, která byla za tyto měsíce naměřena je 35 %. V tomto případě je tak možnost využití výběrové regresní funkce pro detailní hodnocení měsíčních spotřeb sporná. Pro obecný závěr by bylo třeba ověření na větším množství dat, která však nebyla k dispozici.

Tab. 128 Doplnění chybějících spotřeb pomocí matematického modelu

Měsíc	Rok	Průměrná měsíční teplota [°C]	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Počet měřených dní	Doplněná spotřeba EE [kWh]	Spotřeba el. energie dle modelu [kWh]	Doplněná spotřeba EE 2 [kWh]
1	2014	1,1	455	31	455		455
2	2014	2,7	1 068	28	1 068		1 068
3	2014	6,9	6 965	31	6 965	5 686	6 965
4	2014	10,6	12 254	30	12 254	11 465	12 254
5	2014	12,6	14 794	31	14 794	14 589	14 794
6	2014	16,7	19 252	30	19 252	20 993	19 252
7	2014	20,1	26 173	31	26 173	26 304	26 173
8	2014	16,6	16 477	31	16 477	20 837	16 477
9	2014	14,7	9 315	25	11 178	17 869	17 869
10	2014	10,6	998	10	10 516	11 465	11 465
11	2014	6,4	5 468	30	5 468	4 905	5 468
12	2014	2,5	1 141	31	1 141		1 141
Celkem			114 360	339	125 741	134 114	133 382

8.3. Testování použití matematického modelu pro hodnocení změn v řízení klimatizačního systému

Jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách, ve všech objektech je patrná závislost měsíčních spotřeb zdroje chladu na průměrných měsíčních venkovních teplotách. Tato závislost lze proložit regresní křivkou, která více či méně přesně odpovídá naměřeným datům. V analýzy jsou uvedeny vážené průměry relativních odchylek spotřeb získaných výpočtem dle matematického modelu od skutečných spotřeb. Tyto odchylky se pohybují od 7 % do 42 %. V předchozí kapitole pak byl uveden příklad, kdy při doplnění chybějících spotřeb dle regresní funkce, došlo k odchylce 32 % od skutečné spotřeby. V této podkapitole tak budu řešeno, zda lze při takovýchto odchylkách hodnotit dopad změn ve způsobu řízení klimatizačního systému. Hlavní myšlenka hodnocení změn v řízení klimatizačního systému pomocí matematického popisu budovy je vyloučení vlivu teploty na velikost spotřeby na chlazení. Model sestavený pro stav před změnou řízení systému, by měl být schopen určit spotřebu, která by při dané teplotě odpovídala stavu právě před zásahem do regulace. Díky tomu, by bylo možné hodnotit dopad změny v řízení klimatizačního systému, která by již nebyla ovlivněna silnou závislostí na teplotě.



Obr. 8.3 Regresní funkce pro závislost měsíční spotřeby zdroje chladu na průměrné měsíční teplotě venkovního vzduchu objektu č. 5

Možnost využití matematického popisu objektu pro hodnocení změn v řízení klimatizačního systému byla ověřena na budově číslo 5, neboť u tohoto objektu jsou dostupná data před i po změně v řízení klimatizačního systému. Naměřené spotřeby před změnou a po změně v řízení klimatizačního

systemu včetně rovnice regresní křivky a upraveného koeficientu determinace jsou patrné z grafu na Obr. 8.3. Již z grafu je zřejmé, že spotřeby před změnou v řízení klimatizačního systému se odchylojí od regresní křivky výrazně více než spotřeby po změně, ze kterých byla regresní funkce vypočtena. Je třeba uvést, že v praxi by postup probíhal zcela opačně. Nejprve by byla vypočtena regresní křivka z naměřených dat na základě které, by se následně hodnotily případné změny v řízení systému. Zde jsou hodnocena historická data a změny v systému je využito pro hodnocení použitelnosti matematického modelu pro uvedené účely. V Tab. 129 je znázorněno vyhodnocení aplikování modelu pro sledování změn po zásahu do řízení klimatizačního systému.

Tab. 129 Hodnocení použitelnosti regresní funkce pro hodnocení změn v řízení klimatizačního systému

Měsíc	Teplota [°C]	Spotřeba elektrické energie [kWh]	Spotřeba dle regresní funkce [kWh]	Relativní odchylka [%]	Vážená relativní odchylka [%]
duben	10,6	3 759	5 786	35 %	18 %
říjen	10,6	8 649	5 786	49 %	
září	12,6	8 188	7 448	10 %	
květen	12,6	7 868	7 448	6 %	
září	14,7	11 999	9 710	24 %	
červen	16,4	12 588	12 034	5 %	
srpen	16,6	13 283	12 342	8 %	
červen	16,7	13 287	12 499	6 %	
září	16,8	6 753	12 658	47 %	
srpen	17,8	9 649	14 361	33 %	
srpen	17,9	16 593	14 544	14 %	
červenec	20	22 741	18 960	20 %	
červenec	20,1	18 009	19 201	6 %	
květen	15,2	42 770	10 342	314 %	208 %
červen	17,5	44 090	13 828	219 %	
červenec	18,6	43 137	15 888	172 %	
srpen	19	38 283	16 711	129 %	
září	13,8	7 530	8 667	13 %	

V tabulce jsou uvedeny naměřené spotřeby elektrické energie zdroje chladu a následně spotřeby vypočtené dle výběrové regresní funkce. V tomto případě není hodnocen samotný matematický model. Ten je považován za „správný“ a vypočtené relativní odchylky tak vyjadřují, jak se naměřená spotřeba liší od spotřeby vypočtené na základě matematického modelu. Jak je z tabulky patrné, vypočtená spotřeba se v i měsících, kdy nedošlo ke změně v řízení, mnohdy značně odlišuje od spotřeby skutečné. Tato odchylka se pohybuje od 5 % do 49 %. Vážená relativní odchylka (váhou je vypočtená spotřeba) činí 18 %. Tyto odchylky lze považovat za chyby, které mohou znemožňovat

hodnocení dopadu změny v řízení systému. V případě tohoto objektu se však odchylky způsobené změnou v řízení klimatizačního systému pohybují řádově výše. Data, která odpovídají spotřebám po změně řízení jsou zvýrazněna zeleně. Relativní odchylky se zde pohybují od 13 % do 314 %. Vážená relativní odchylka činí 208 %. Relativní odchylka o velikosti 13 % odpovídá měsíci září a je možné, že se jedná o spotřebu již po zásahu do řízení klimatizačního systému, ke které dle informací z objektu došlo koncem roku 2012. I v tomto případě, by pro vyslovení objektivního závěru ohledně použitelnosti matematického modelu pro hodnocení dopadů změn v řízení klimatizačního systému, bylo třeba větší množství dat a detailních informací o způsobu řízení přímo z objektů. V případě této budovy, však bylo dle modelu možné změnu v řízení klimatizačního systému zaznamenat i vyčíslit. Z Tab. 127, která shrnuje výsledky regresní analýzy pro všechny budovy je zřejmé, že v případě některých budov je vážená průměrná odchylka spotřeb dle regrese od naměřených spotřeb výrazně nižší než u budovy číslo 5 hodnocené v této podkapitole. Lze tak předpokládat, že u těchto objektů s relativně vysokými mírami těsnosti statické závislosti, by bylo možné zachytit i méně výrazné změny. Tyto změny pak mohou být cílené zásahy do řízení klimatizačního systému, ale stejným způsobem by mohly být odhaleny například poruchy, jejichž důsledkem by došlo k abnormálnímu zvýšení spotřeby zdroje chladu.

Další možností pro vytvoření matematického modelu budovy by bylo použití matematického modelování, nebo pokročilých metod, které model identifikují z měřených historických dat, používaných v prediktivní regulaci, díky které je možné nalézt optimální řízení. V případě použití matematického modelování je nutná znalost diferenciálních rovnic, které popisují termodynamické procesy probíhající v budově. Při použití metod identifikace potřeba znalosti fyzikálních jevů, ke kterým v budově dochází, odpadá a pro získání matematického modelu je využito statistických metod a jak již bylo uvedeno, naměřených historických dat. Tato problematika však nebyla hlavním cílem této práce, a tyto metody tak nejsou blíže rozebrány [18].

9. Závěr

Hlavním cílem této práce bylo vyhodnocení spotřeb elektrické energie zdrojů chladu u zadaných objektů a následná analýza těchto spotřeb.

Vyhodnocení spotřeb elektrické energie zdrojů chladu bylo provedeno celkem u patnácti objektů situovaných převážně v Praze, dále pak v Liberci a Pardubicích. Převážná většina objektů (12) byly administrativní budovy různé velikosti i stáří, dále byly měřeny spotřeby zdrojů chladu v knihovně, hotelu a obchodním domě. Mezi objekty byly zastoupeny různé typy klimatizačních systémů, přičemž ve většině případů se jednalo o vodní klimatizační systémy s jednotkami fancoil a vzduchotechnikou pro distribuci čerstvého vzduchu.

Pro každý objekt byl nejprve vytvořen stručný popis stavebně technického řešení stavby a klimatizačního systému, včetně koncepčně stejných shrnujících tabulek, pro usnadnění následné práce s daty. Vyhodnocení spotřeb elektrické energie jednotlivých zdrojů chladu proběhlo na základě naměřených spotřeb převážně z let 2012 až 2016, přičemž měření probíhalo zpravidla v patnácti minutovém intervalu. Zpracováním naměřených dat v tabulkovém procesoru Excel, byly pro každý objekt vyhodnoceny spotřeby, a především pak měrné roční spotřeby zdrojů chladu. Jako vztažná plocha byla uvažována klimatizovaná podlahová plocha. Během vyhodnocování spotřeb se vyskytl problém s nekonzistencí naměřených dat a značná část dat, tak musela být kvůli výpadkům v měření doplněna odhadem. Ve většině případů těchto odhadů se však jednalo o spotřeby mimo letní období, které nejsou tak významné a relevance výsledných spotřeb nebyla zásadním způsobem ovlivněna.

V případě budovy č. 8, kde nebyla měřena pouze spotřeba zdroje chladu, ale spotřeba celé strojovny, byl identifikován permanentní provoz oběhových čerpadel, a to i v období, kdy v budově nedocházelo k chlazení. Spotřeba oběhových čerpadel u tohoto objektu činila přibližně 5 000 kWh měsíčně a jejich vypnutí v období, kdy se v objektu nechladí, by znamenalo úsporu přibližně 25 000 kWh ročně, což by odpovídalo úspoře elektrické energie o velikosti přibližně 20 % ročně (vztaženo ke spotřebě strojovny chlazení).

Vyhodnocením měrných spotřeb u všech objektů se ukázalo, že průměrné měrné roční spotřeby jednotlivých budov se zásadním způsobem liší a pohybují se od 3,7 kWh/m² do 33,9 kWh/m². Nejnižší spotřeba odpovídá budově Národní technické knihovny v Praze, u které se projevila její nízkoenergetická koncepce jak samotné stavby, tak použitého klimatizačního systému. Průměrná měrná roční spotřeba všech budov činí 18,4 kWh/m² a přes klimatizovanou podlahovou plochu vážená průměrná měrná roční spotřeba činí 13,4 kWh/m². Jako podstatná nejistota měření, respektive následného vyhodnocení se ukázala vztažná podlahová plocha, tudíž byla v práci provedena i analýza podlahových ploch.

Na základě vyhodnocených měrných spotřeb jednotlivých objektů byla provedena analýza vlivů a jejich dopadu na velikost spotřeby na chlazení. Tato analýza byla provedena na základě porovnání měrných spotřeb u řešených objektů s ohledem na hodnocené vlivy. Postupně byly hodnoceny vlivy: prosklení fasád, vliv stínění, vliv klimatizačního systému (typ, akumulace, free cooling, nominální chladič faktor zdroje chladu), víkendové útlumy zdroje chladu, vliv řízení klimatizačního systému a vliv klimatu (venkovní teploty).

Jako zásadní se ukázal vliv stínění, kdy objekty s nejnižšími měrnými spotřebami měly velmi dobře řešeno stínění pomocí vnějšího stínění. Naopak objekty, jejichž spotřeby byly objektivně nejvyšší, nebyly opatřeny žádným stíněním, nebo ho měly řešeny pouze částečně, a to pomocí závěsů, záclon či manuálně ovládaných žaluzií.

Jako další zkoumaný vliv s evidentním dopadem se prokázal vliv víkendových útlumů. Bylo zjištěno, že budovy s víkendovými útlumy mají objektivně nejnižší měrné spotřeby energie na chlazení. Pozitivní vliv víkendových útlumů byl dále potvrzen na základě rozboru spotřeb v objektu, kde se v některých letech s útlumy pracovalo a v některých nikoliv.

Jako zcela zásadní se pak prokázal vliv řízení klimatizačního systému. U dvou řešených objektů došlo v průběhu měření k větším blíže nespecifikovaným změnám v řízení klimatizačního systému v důsledku změny technické správy objektu. Z analýzy spotřeb v těchto budovách, pak byly zřejmé změny spotřeb elektrické energie na chlazení, odpovídající těmto zásahům, a to ve velikosti desítek procent.

Dále byl hodnocen vliv venkovního klimatu jako závislost spotřeby na venkovní teplotě. Závislost ročních spotřeb na průměrných teplotách za letní období se nepotvrdila. Jako relativně silná se však ukázala závislost měsíčních spotřeb na průměrné měsíční venkovní teplotě. Této závislosti tak bylo využito pro zkoumání možnosti vytvoření matematického modelu budovy. Ostatní uvedené zkoumané vlivy se nepodařilo potvrdit. Dopad těchto vlivů na výslednou spotřebu tak pravděpodobně není natolik zásadní, aby ho bylo možné na základě porovnání spotřeb měřených objektů vypočítat.

Matematický model, jakožto závislost měsíční spotřeby v objektu na průměrné měsíční venkovní teplotě, byl vytvořen pro každý objekt na základě proložení naměřených dat vhodnou regresní křivkou. Hodnotící kritérium pro výběr této regresní křivky byl upravený koeficient determinace. Výsledné upravené koeficienty determinace r^2_{adj} těchto závislostí se pohybovaly od 0,579 do 0,980, ukazující relativně slabou až velmi těsnou míru statistické závislosti. Následně bylo provedeno testování využití matematického modelu budovy pro doplnění spotřeb v případě výpadku měření a dále pro možnost hodnocení dopadu zásahů do řízení klimatizačního systému.

Využití matematického modelu pro doplnění chybějících spotřeb bylo testováno u objektu č. 6, kde došlo k výpadku měření, ale byl k dispozici údaj o celkové roční spotřebě. Upravený koeficient

determinace matematického modelu u tohoto objektu byl 0,942. Na základě modelu byly doplněny spotřeby ve dvou chybějících měsících. Takto doplněná roční spotřeba se od skutečné spotřeby lišila o 6 %, což je relativně přijatelné. Otázkou však zůstává, jak velká odchylka by vznikla v případě doplnění většího množství chybějících dat. Vzhledem k uvedené silné závislosti spotřeby na venkovní teplotě se však doplnění chybějících dat pomocí takto vytvořeného matematického modelu jeví jako vhodnější, než například pomocí průměrování na základě dat naměřených z ostatních let.

Měření, vyhodnocení a analýzou spotřeb zdrojů chladu u patnácti objektů provedenými v této práci, byly tedy především zjištěny velké rozdíly mezi spotřebami jednotlivých budov a jako zcela zásadní vliv na velikost spotřeb se ukázalo řízení klimatizačního systému. Monitoring spotřeb a snaha o optimalizaci řízení klimatizačního systému tak mohou být prostředkem ke značným úsporám energie.

Seznam použité literatury

- [1] HUGHES, Ben Richard, Hassam Nasarullah CHAUDHRY a Saud Abdul GHANI. A review of sustainable cooling technologies in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2011, **15**(6), 3112-3120 [cit. 2017-06-28]. DOI: 10.1016/j.rser.2011.03.032. ISSN 13640321.
- [2] PÉREZ-LOMBARD, Luis, José ORTIZ a Christine POUT. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings* [online]. 2008, **40**(3), 394-398 [cit. 2017-06-28]. DOI: 10.1016/j.enbuild.2007.03.007. ISSN 03787788.
- [3] YANG, Zheng, Ali GHAHRAMANI a Burcin BECERIK-GERBER. Building occupancy diversity and HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) system energy efficiency. *Energy* [online]. 2016, **109**, 641-649 [cit. 2017-06-28]. DOI: 10.1016/j.energy.2016.04.099. ISSN 03605442.
- [4] KNIGHT, Ian. Assessing electrical energy use in HVAC systems. *REHVA Journal* [online]. 2012 [cit. 2017-06-28]. Dostupné z: <http://www.rehva.eu/publications-and-resources/rehva-journal/2012/012012/assessing-electrical-energy-use-in-hvac-systems.html>
- [5] SANTAMOURIS, Mat. Cooling the buildings – past, present and future. *Energy and Buildings* [online]. 2016, **128**, 617-638 [cit. 2017-06-28]. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.07.034. ISSN 03787788.
- [6] LAIN, M. *Závěrečná zpráva veřejné zakázky Spotřeba energie budov na chlazení v ČR*. 2011.
- [7] *ISERVcmb* [online]. [cit. 2017-06-28]. Dostupné z: <http://www.iservcmb.info/>
- [8] DRKAL, František, Miloš LAIN a Vladimír ZMRHAL. *Klimatizace*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 9788001056523.
- [9] KAZANCI, Ongun B. a Bjarne W. OLESEN. Thermal Indoor Environment and Energy Consumption in a Plus-energy House: Cooling Season Measurements. *Energy Procedia* [online]. 2015, **78**, 2965-2970 [cit. 2017-06-28]. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.681. ISSN 18766102.
- [10] Územní teploty. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2017-06-28]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
- [11] LINHARTOVÁ, K. *Provoz klimatizace budovy Parlamentu ČR*. Praha, 2012. Diplomová. ČVUT v Praze, Fakulta strojní.
- [12] VACKOVÁ, J. *Klimatizace administrativní budovy Opatov*. Praha, 2013. Diplomová. ČVUT v Praze, Fakulta strojní.
- [13] DBALÝ, L. *Provoz klimatizace administrativní budovy*. Praha, 2017. Diplomová. ČVUT v Praze, fakulta strojní.

- [14] OKŘINOVÁ, P. a J. REMEŠ. Podlahové plochy ve správě budov. In: *Tzbinfo* [online]. 2015 [cit. 2017-06-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/facility-management/13143-podlahove-plochy-ve-sprave-budov>
- [15] REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 9788024751429.
- [16] JAROŠOVÁ, Eva. *Statistika B: řešené příklady*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 8070793287.
- [17] KARPÍŠEK, Z. *Regresní analýza*. Brno, 2006.
Dostupné z: mathonline.fme.vutbr.cz/download.aspx?id_file=524
- [18] ŠIROKÝ, J. a J. KUBEČEK. *Prediktivní řízení soustav vytápění budov* [online]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/7541-prediktivni-rizeni-soustav-vytapani-budov>

Seznam příloh

Označení

[P1]

[P2]

[P3]

[P4]

[P5]

[P6]

[P7]

[P8]

[P9]

[P10]

[P11]

[P12]

[P13]

[P14]

[P15]

[P16]

[P17]

Název

1. budova analýza dat

2. budova analýza dat

3. budova analýza dat

4. budova analýza dat

5. budova analýza dat

6. budova analýza dat

7. budova analýza dat

8. budova analýza dat

9. budova analýza dat

10. budova analýza dat

11. budova analýza dat

12. budova analýza dat

13. budova analýza dat

14. budova analýza dat

15. budova analýza dat

Výsledné porovnání

Matematický model