

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

KLIMATIZACE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TOMÁŠ KOREJTKO

8–BS–2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Korejtko** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **461771**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojírenství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Klimatizace administrativní budovy

Název bakalářské práce anglicky:

Air-Conditioning System of an Office Building

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte projekt klimatizace zadané budovy, proveďte analýzu naměřených dat z provozu systému.

Seznam doporučené literatury:

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

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


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


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


Datum zadání bakalářské práce: **24.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce:


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



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


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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

24. 4. 2019
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Souhrn

Práce se zabývá projektem a analýzou naměřených dat z provozu systému klimatizace administrativní budovy firmy M-tech s.r.o. sídlící v Pardubicích. Práce je zaměřena na zjištění spotřeby energií a na zpracování poskytnutých dat. Dále práce klade důraz na kontrolu současného systému a kontrolu jeho provozu v administrativní budově. Data jsou zpracována a vyhodnocena poččetně i graficky. Z výstupů poté vycházejí jednotlivé analýzy pro klimatizaci, dále spotřeby elektrické energie klimatizačních jednotek a tepelných čerpadel.

Summary

The work deal with the project and analysis of measured data from the operation of the air-conditioning system of the office building of M-tech s.r.o. based in Pardubice. The work is focused on the determination of energy consumption and the processing of provided data. Furthermore, the thesis emphasizes control of the current system and control of its operation in the administrative building. Data are processed and evaluated numerically and graphically. The outputs are then based on individual analyzes for air conditioning, as well as electricity consumption of air conditioners and heat pumps.

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

V Praze dne 21.06.2019

.....
Tomáš Korejtko

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miloši Lainovi, Ph.D., za jeho užitečné a cenné rady, dále odbornému vedení, které mi pomohlo při vypracování a řešení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat společnosti M-tech s.r.o. za poskytnutí informací a podkladů k zadanému objektu.

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY	9
2.1	Základní kategorie klimatizací.....	9
2.2	Rozdělení klimatizačních systémů [1]	10
2.3	Podklady pro návrh klimatizačních zařízení [1]	12
2.4	Chladivové systémy	12
2.5	Zdroje chladu pro klimatizační systémy(zařízení) [2]	12
2.6	Chladicí faktor klimatizačního zařízení	14
3	POPIS OBJEKTU	14
3.1	Seznámení s objektem.....	14
3.2	Stavebně konstrukční řešení objektu.....	15
4	POPIS A PROJEKT KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU BUDOVY.....	16
4.1	Kontrola projektu administrativní budovy	16
4.2	Výpočet tepelných zisků	16
4.2.1	Vnitřní tepelné zisky.....	17
4.2.2	Vnitřní tepelné zisky od osob	17
4.2.3	Vnitřní tepelné zisky od osvětlení	17
4.2.4	Vnitřní tepelné zisky elektrického zařízení	18
4.2.5	Shrnutí tepelných zisků	18
4.3	Specifikace venkovních zařízení.....	19
4.3.1	Klimatizační zařízení 1.NP.....	21
4.3.2	Klimatizační zařízení 2.NP.....	23
4.3.3	Klimatizační zařízení 3.NP.....	23
5	VYTÁPĚNÍ OBJEKTU	24
5.1	Tepelná čerpadla jako split systém	25
6	NAMĚŘENÁ DATA	26

7	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	27
7.1	Elektrické příkony venkovních klimatizačních jednotek	27
7.2	Elektrické příkony vnitřních klimatizačních jednotek	31
7.3	Elektrické příkony tepelných čerpadel	32
7.4	Elektrické příkony všech zařízení	35
8	SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE OBJEKTU	37
8.1	Vztažné plochy objektu	37
8.2	Rozbor naměřených spotřeb elektrické energie	37
8.2.1	Rozbor spotřeby klimatizace	37
8.2.2	Rozbor spotřeby tepelných čerpadel	47
8.3	Dopočet spotřeb elektrické energie	48
9	VYHODNOCENÍ SPOTŘEB ELEKTRICKÉ ENERGIE	50
9.1	Spotřeby elektrické energie klimatizace	50
9.1.1	Měrné měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace	51
9.2	Spotřeby elektrické energie na vytápění a ohřev vody	54
10	ZÁVĚR	55
	Seznam použité literatury:	57
	Seznam příloh:	58

Přehled základních veličin

c_1	[-]	součinitel současnosti používání svítidel
c_2	[-]	zbytkový součinitel
c_3	[-]	součinitel zatížení
COP	[-]	topný faktor (coefficient of performance)
EER	[-]	chladicí faktor (Energy Efficiency Ratio)
n_L	[-]	počet osob
P	[W]	celkový příkon uvažovaných svítidel
P_N	[W]	elektrický příkon přístroje
Q_e	[W]	tepelné zisky od elektrických zařízení
Q_H	[W]	topný výkon
Q_L	[W]	tepelné zisky od osob
Q_N	[W]	chladicí výkon
Q_{SV}	[W]	tepelné zisky od osvětlení
t_i	[°C]	vnitřní výpočtová teplota

1 ÚVOD

Práce se zabývá projektem a rovněž analýzou naměřených dat z provozu systému klimatizace administrativní budovy firmy M-tech s.r.o. sídlící v Pardubicích. Práce se skládá z teoretické a praktické části. Součástí praktické části bakalářské práce je analýza klimatizačního systému, dále analýza spotřeby energií a zpracování poskytnutých dat a také kontrola daného systému. Výsledkem je vyhodnocení současného klimatizačního systému včetně grafického a početního výstupu.

Teoretická část obsahuje popis a rozdělení klimatizačního systému, dále se zabývá jednotlivými chladivými a zdroji chladu pro klimatizační systém, včetně jejich popisů a vlastností. Součástí teoretické části je též popis daného objektu, kde se klimatizační systém nachází.

Praktická část obsahuje zpracování naměřených a získaných dat daného systému. Porovnání s předchozími roky a následné porovnání s vypočtenými hodnotami. Součástí praktické části je též výpočet a grafické vyhodnocení spotřeb elektrické energie objektu klimatizace a tepelných čerpadel. Na základě těchto hodnot bylo vypracováno vyhodnocení.

2 KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY

Klimatizace je proces, který upravuje teplotu, čistotu a vlhkost vzduchu a dále proudění vzduchu. Tato úprava se nejčastěji používá uvnitř budov a to zpravidla obytných, společenských a průmyslových budov, dále u dopravních prostředích, technologických provozů aj. Proměnnost venkovního klimatu, vnitřních vlhkostních a tepelných zisků mění okrajové podmínky. Z tohoto důvodu vedou na automatické řízení procesů úpravy vzduchu, jelikož jsou závislé na těchto podmínkách [1].

2.1 Základní kategorie klimatizací

- **Klimatizace komfortní** – upravuje ovzduší (prostředí) pro zajištění hygienických podmínek pro správnou činnost lidského organismu (pro osoby). Do této skupiny řadíme klimatizaci obytných a pobytových prostor, jako jsou byty, společenské místnosti, sály, divadla,

administrativní budovy aj. Komfortní klimatizace je vždy spojena s přívodem čerstvého vzduchu z venkovního prostředí.

- **Klimatizace technologická** – Upravuje ovzduší(prostředí) pro splnění technologických hledisek pro správnou funkci výrobních nebo pracovních provozů, případně biologických procesů aj. Technologickou klimatizací lze dále upravovat ovzduší(prostředí) uvnitř budov nebo v místnostech s přítomností osob jako jsou ku příkladu čisté prostory pro strojní výrobu, technologických linek aj.
- **Klimatizace úplná** – jsou to veškeré celoroční úpravy teploty, vlhkosti a čistoty na požadovaného parametry.
- **Klimatizace dílčí** – jsou to částečné úpravy a slouží pouze k úpravě některých požadovaných parametrů, např. klimatizace v létě chladí(mění se teplota), nebo v zimě zajišťuje vytápění a větrání [1].

Dále můžeme rozdělit požadavky na úpravu ovzduší pro klimatizaci a větrání:

- **Požadavky hygienické** - důležité z hlediska ochrany lidského organismu
- **Požadavky technologické, biologické a mikrobiologické** – důležité pro správnou funkci výroby a provozu ve strojírenské výrobě
- **Požadavky bezpečnostní** – prostředí, které mohou obsahovat látky hořlavé, případně nebezpečný výbuchem je určující limit koncentrace těchto látek – z toho dostaneme požadavky na havarijní větrání
- **Požadavky požární** – definují ochranu vzduchotechnických zařízení proti šíření ohně a kouře při požáru, dále k bezpečné ochraně(evakuace) osob při požáru [1].

Důležité je znát pojem *klimatizační zařízení*, který nám vlastně udává konkrétní provedení určitého systému klimatizace, případně jeho z dílčích částí, např. „Zařízení klimatizace č.1.0.1 - Pracovna“ – konkrétní provedení jednozónového klimatizačního systému v řešeném objektu [1].

2.2 Rozdělení klimatizačních systémů [1]

Klimatizační systémy se rozdělují na dvě základní kategorie:

- Podle tekutiny – tekutina přenáší teplo nebo chlad v systému

- Vzduchové
- Vodní
- Kombinované, např. voda/vzduch
- Chladivové
- Podle počtu zón – klimatizační systém v jednotlivých zónách upravuje ovzduší(prostředí), dále v nich upravuje teplotu, vlhkost aj.
 - Jednozónové
 - Vícezónové

Typicky nejčastěji používané typy klimatizačních systémů jsou:

- Vzduchové systémy jednozónové
 - Jednokanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- Vzduchové systémy vícezónové
 - Jednokanálový systém s proměnným průtokem vzduchu
 - Dvoukanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- Vícezónový systém vodní
 - Systém s ventilátorovými konvektory
 - Systém s chladícími/otopnými plochami (např. stropy)
- Kombinovaný vícezónový indukční systém *vzduch-voda*
 - Indukční systém s indukčními jednotkami – např. parapetní jednotky nebo podstropními
- Chladivové systémy jedno i vícezónové
 - Jednozónový systém - tzv. *split systém* – jedna venkovní jednotka a jedna vnitřní jednotka – konstantní průtok chladiva
 - Vícezónový systém – tzv. *multisplit* – jedna venkovní klimatizační jednotka, více vnitřních klimatizačních jednotek
 - Vícezónový systém VRF(Variable Refrigerant Volume), VRV(Variable refrigerant Flow – průměnný průtok chladiva

2.3 Podklady pro návrh klimatizačních zařízení [1]

Výchozí podklady pro návrh klimatizačních zařízení jsou:

- Požadované klimatické parametry vnitřního prostředí (teplota, relativní vlhkost a čistota ovzduší)
- Parametry venkovního prostředí
- Požadavky na přívod čerstvého venkovního vzduchu
- Základní parametry budovy – tepelně technické vlastnosti budovy včetně vlastností oken aj., dispoziční a prostorové řešení budovy, orientaci ke světovým stranám, stínění okolních budov
- Vnitřní zdroje tepla, chladu a vlhkosti, které jsou použité v objektu

2.4 Chladivové systémy

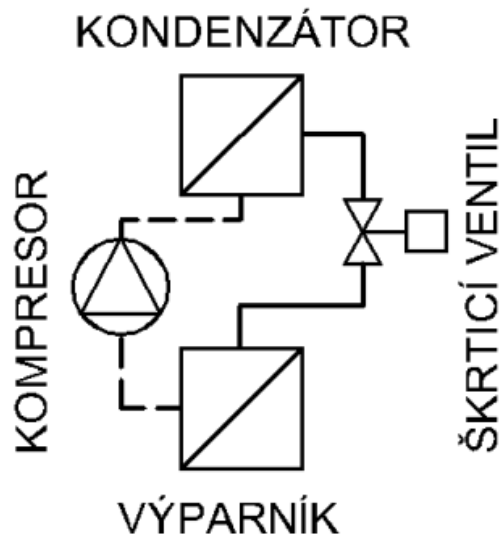
Chladivový klimatizační systém upravuje stav prostřední pro vytvoření tepelné pohody osob uvnitř budov. Tyto systémy jsou jedny z nejmladších, jelikož se začali využívat na začátku 80. let 20. století a byly používány v kompresorových chladících zařízeních.

V chladivovém systému můžeme přivádět buď chladivo v kapalném nebo v plynném stavu a tímto systémem můžeme buď chladit nebo vytápět (ohřívat vzduch). Zdrojem chladu mohou být klimatizační zařízení různého typu, například klasické klimatizační jednotka s oběhem kapalného/plynného chladiva nebo alternativní jednotky, které využívají chlad z okolního prostředí. Dále to mohou být jednotky, které jsou v dnešní době nejvíce používané to multisplitové jednotky, které využívají toho, že mají proměnný průtok chladiva. Takové systémy se nazývají VRV (Variable Refrigerant Volume) nebo VRF (Variable Refrigerant Flow) [1].

2.5 Zdroje chladu pro klimatizační systémy (zařízení) [2]

Zdroje chladu můžeme rozdělit do několika základních kategorií:

- Podle použitého kompresoru:
 - **Pístové** – malá zařízení, nelze regulovat průtok chladiva
 - **Šroubové** – větší zařízení
 - **Spirálové** – malá zařízení, lze regulovat průtok chladiva
 - **Turbokompresory**



Obrázek 1: Kompresorový chladivový oběh [2]

- Podle použitého chladiva
 - **R11, R12, R22** – ve starých systémech. V nových zařízeních se již nepoužívají. Od roku 2010 zákaz pro chladivo R22
 - **R407C** - chladivo nahrazující R22
 - **R410** - v dnešní době nejpoužívanější chladivo
 - **R404A** – využití v dopravním chlazení
 - **R134a** – pro zdroje větších výkonů
 - **R32** – nové chladivo nahrazující stávající

Zdroje chladu:

- Kompaktní – úplné chladicí zařízení
- Kondenzátorové jednotky – kondenzátor, kompresor
- Výparníkové jednotky – kompresor, škrticí ventil, výparník
- Sestavná zařízení – každý díl dodáván samostatně

Chladiva:

Chladivo se používá v klimatizačních zařízeních jako pracovní látka, která cirkuluje v uzavřeném chladicím okruhu. Chladivo, buď v plynném nebo kapalném skupenství, je látka, která v okruhu systému přenáší určité množství energie (teplo či chlad) zevnitř ven nebo opačně. V dnešní době je výzkum nových chladiv zaměřen na ekologické a bezpečnostní hledisko, ale zároveň i na termodynamické vlastnosti chladiva, které udávají účinnost chladicího cyklu. Chladiva můžeme rozdělit na dvě skupiny a to na

přírodní a na syntetická. Ty dále můžeme dělit na chladiva jednosložková, na směsi zeotropické nebo směsi azeotropické. Při volbě chladiva se vždy posuzuje jeho dopad na životní prostředí, proto se volí co nejšetrnější chladiva. Dnes jsou nejvíce používaná chladiva R407C, R410A a R134a. R410A se často využívá pro scroll kompresory. Pro vyšší výkony např. šroubové kompresory se většinou používá chladivo R134a.

Zakázaná chladiva:

V dnešní době můžeme do zakázaných chladiv zařadit tzv. „tvrdé freony“. Do této skupiny patří například R12, R205 nebo R13. Tyto chladiva poškozují ozonovou vrstvu v atmosféře.

2.6 Chladicí faktor klimatizačního zařízení

Chladicí faktor COP (anglicky Coefficient of performance) můžeme chápat jako obecný výkonový koeficient definovaný poměrem získané energie k energii dodané. V současné době se pro zdroje chladu používá označení EER (Energy Efficiency Ratio) na místo dřívějšího COP. Změna názvu je z důvodu, jelikož takto rozlišujeme zdroje chladu od zdrojů tepla, kde se i nadále používá COP [2].

$$COP = \frac{\text{Získaná energie}}{\text{Dodaná energie}} = \frac{\text{Chladicí výkon}}{\text{Příkon}} = \frac{Q_N}{P_N} = EER [-] \quad (2.1)$$

Kde:

$EER [-]$ – chladicí faktor

$Q_N [W]$ – chladicí výkon

$P_N [W]$ – elektrický příkon

3 POPIS OBJEKTU

3.1 Seznámení s objektem

Předmětem této bakalářské práce je administrativní budova firmy M-tech, s.r.o. sídlící v Pardubicích na adrese Průmyslová 526, 530 03 Pardubice. Řešený objekt se nachází na parcele číslo 186/25 s číslem popisným 526. Areál je přístupný ze severozápadní strany, vjezd na pozemek je z obecní komunikace pod správou města Pardubice. Dle katastru nemovitostí má řešený objekt celkovou výměru 420 m² a celkový objem

budovy je 2950 m³. Na objekt navazuje nová fotovoltaická elektrárna, která je umístěna na jižní straně objektu. V prvním nadzemním poschodí se nachází vstupní hala, recepce, sociální zařízení a sklad firmy. Ve druhém a třetím podlaží se nachází kanceláře, zasedací místnosti, kuchyňky a sociální zařízení. Pozemek, na kterém se rozkládá stávající objekt je rovinatého charakteru s výškou terénu cca 230,37 m.n.mBpv. Pozemek je v katastru nemovitostí veden jako druh pozemku – zastavěná plocha a nádvoří [3].



Obrázek 2: Budova firmy M-tech, s.r.o. [4]

3.2 Stavebně konstrukční řešení objektu

Objekt je konstrukčně tvořen jako železobetonový skelet se zděným obvodovým zdivem z cihelných blokůHodothem. Zastřešení objektu je pomocí ploché střechy [3].

4 POPIS A PROJEKT KLIMATIZAČNÍHO SYSTÉMU BUDOVY

4.1 Kontrola projektu administrativní budovy

Další částí, kterou jsem se v bakalářské práci zabýval, byl projekt klimatizačního systému v administrativní budově. Po prohlídce objektu a získání výkresové dokumentace bylo zjištěno, že objekt má navržen velmi kvalitní klimatizační systém, proto se bakalářská práce zabývala především kontrolou současného klimatizačního systému včetně tepelných čerpadel využívaných pro vytápění a ohřev teplé vody. Provedl jsem kontrolu celého klimatizačního systému spolu s kontrolou chladivového potrubí včetně dimenzí avnitřních klimatizačních jednotek. Kontrola celého klimatizačního systému proběhla v pořádku a bylo zjištěno, že celý systém v objektu je navržen a nadimenzován správně i s rezervami. Dále jsem provedl kontrolu tepelných čerpadel, zkontroloval jejich umístění a odečetl jsem jejich spotřeby. Dle naměřených hodnot bylo zjištěno, že tepelná čerpadla pracují pod jejich nominální hodnotu, tudíž fungují správně a jsou s rezervou bezpečně navrženy. Dále bylo zjištěno, že tepelné čerpadlo Zubadan 2 je využíváno celoročně pro vytápění a ohřev teplé vody. Zubadan 1 funguje pouze jako sekundární zdroj, který v zimních extrémech pomáhá vytápět, případně je využíván pro ohřev teplé vody.

4.2 Výpočet tepelných zisků

Základní vztah pro výpočet tepelných zisků stanovuje norma ČSN 75 0548.– *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů.*

„Tepelné zisky představují tepelný tok, vnikající do klimatizovaného prostoru. Nezahrnují se do nich zisky tepla, plynoucí z přívodu venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení. Nežádoucí vnikání teplého vzduchu do místnosti (např. otvíráním dveří) se však do tepelných zisků zahrnuje.“ [5]

Vzhledem

Tepelné zisky můžeme rozdělit do dvou základních kategorií:

- Vnitřní tepelné zisky(od vnitřních zdrojů tepla)
- Vnější tepelné zisky(z vnějšího prostředí)

4.2.1 Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky mohou vznikat především od:

- lidí,
- osvětlení(svítidel)
- strojní technologie
- elektrického zařízení

4.2.2 Vnitřní tepelné zisky od osob

Vnitřní tepelné zisky od osob budeme uvažovat pouze s citelným teplem, jehož hodnota se váže intenzitu práce, dále na druh tělesné práce závisí rovněž na teplotě vzduchu v prostoru. Jelikož se jedná o administrativní budovu, budeme uvažovat mírně aktivní práci u stolu při teplotě vzduchu 26°C. Při této teplotě se uvažuje produkce citelného tepla 62 W a 116 kg/hod vodní páry. Vzhledem k tomu, že není známo složení skupiny, bude uvažováno, že všechny osoby v administrativní budově budou mužského pohlaví, pro které se stanoví vztah ve tvaru [5]:

$$Q_L = 6,2 \cdot n_L \cdot (36 - t_i) \text{ [W]} \quad (4.1)$$

kde:

n_L – počet osob [-]

t_i – vnitřní výpočtová teplota [°C]

Činnost člověka	Místa činnosti	Teplota vzduchu t_i							
		24		25		26		28	
		Q_L	M_L	Q_L	M_L	Q_L	M_L	Q_L	M_L
Sezení, odpočinek	divadlo, kino	74	60	68	70	62	79	50	97
Sezení, mírná aktivita	kancelář, byt	74	98	68	107	62	116	50	135
Stojící lehká práce	obchody, sklady	72	116	66	125	60	134	48	152
Chodící, přecházející	obchodní domy, banky	77	124	70	134	64	143	51	162

Obrázek 3: Produkce tepla od lidí pro zadanou teplotu vzduchu [5]

4.2.3 Vnitřní tepelné zisky od osvětlení

Tepelné zisky od svítidel jsou dány vztahem:

$$Q_{SV} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \text{ [W]} \quad (4.2)$$

kde:

P – celkový příkon uvažovaných svítidel [W]

c_1 – součinitel současnosti používání svítidel [-]

c_2 – zbytkový součinitel [-]

4.2.4 Vnitřní tepelné zisky elektrického zařízení

Tepelné zisky od elektrických zařízení jsou hlavně od počítačů, tiskáren apod. a jsou dány vztahem [5]:

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \Sigma P \text{ [W]} \quad (4.2)$$

kde:

Q – tepelná zátěž [W]

P – elektrický příkon přístroje [W]

c_1 – součinitel současnosti používání svítidel [-]

c_3 – Součinitel zatížení (využití) stroje [-]

4.2.5 Shrnutí tepelných zisků

Na základě výkresové dokumentace jsem provedl výpočet tepelných zisků a tyto hodnoty jsem zanesl do Tab. 4.1. Pro účely této práce jsem klimatizovaný prostor označil jako klimatizovanou zónu.

Tab. 4.1 Členění objektu na jednotlivé zóny a shrnutí tepelných zisků [3]

Číslo zóny	1	2	3
Název zóny	1.NP	2.NP	3.NP
Parametry venkovního vzduchu			
Zima	31 °C / 56,2 kJ/kg s.v.		
Léto	-12 °C / 100 %		
Parametry vnitřního vzduchu			
Léto	25 °C / vlhkost negarantována		
Zima	20 °C (kanceláře), 18 °C (zázemí)		
Tepelné zisky			
Venkovní tepelné zisky			
Větrání	-5,1 kW	-5,1 kW	-5,1 kW
Oslunění	14,75 kW	23,07 kW	23,07 kW
Vnitřní tepelné zisky			
Osoby	0,25 kW	1,24 kW	1,24 kW
Osvětlení	6,3 kW	6,3 kW	6,3 kW
Technologie	1,5 kW	3,0 kW	3,0 kW
Celkem	17,7 kW	28,51 kW	28,51 kW

4.3 Specifikace venkovních zařízení

Pro úpravu vnitřního prostředí slouží tři venkovních klimatizační jednotky a dále 26 vnitřních jednotek. Jedná se tedy o vícezónové klimatizační systémy, které pracují v režimu chlazení nebo vytápění a tyto systémy pracují s chladem R410A. Celková klimatizovaná plocha objektu je 601,6 m². Venkovní klimatizační jednotky jsou rozděleny do tří zón (Tab. 4.2). Pro první zónu (1.NP) slouží k úpravě prostředí venkovní klimatizační jednotka PURY-EP250YHM-A o topným výkonu 31,5 kW a jmenovitým chladícím výkonu 28,0 kW. Jmenovitý příkon pro vytápění je 7,6 kW a pro chlazení 6,86 kW. Chladicí faktor (EER) jednotky je 4,08 a topný faktor jednotky (COP) je 4,02. Pro druhou zónu (2.NP) slouží k úpravě prostředí venkovní jednotka PUHY-EP250YHM-A o topným výkonu 31,5 kW a jmenovitým chladícím výkonu 28,0 kW. Jmenovitý příkon pro vytápění je 7,59 kW a pro chlazení 6,82 kW. Chladicí faktor (EER) jednotky je 4,06 a topný faktor jednotky (COP) je 4,15. Pro třetí zónu (3.NP) slouží k úpravě prostředí venkovní jednotka PUHY-EP300YHM-A o jmenovitým chladícím výkonu 33,5 kW, dále o topném výkonu 37,5 kW. Jmenovitý příkon pro vytápění je 9,28 kW a pro chlazení 8,25 kW. Chladicí faktor (EER) jednotky je 4,06 a topný faktor jednotky (COP) je 4,04. Tyto jednotky jsou dále vybaveny technologií R2, která umožňuje chlazení a vytápění současně. Tepelná energie odebírána z ochlazovaných místností může být díky tomuto systému využita k vytápění dalších místností nebo pro ohřev teplé vody. Přehled venkovních klimatizačních jednotek je v Tab. 4.2 [3].

Tab. 4.2 Přehled venkovních klimatizačních jednotek

Venkovní jednotky	PURY- EP250YHM-A	PUHY- EP250YHM-A	PUHY- EP300YHM-A	Celkem
Příslušnost k zóně	1	2	3	-
Počet kusů	1	1	1	3
Jmenovitý chladicí výkon [kW]	28,0	28,0	33,5	89,5
Jmenovitý topný výkon [kW]	31,5	31,5	37,5	100,5
Jmenovitý příkon pro vytápění [kW]	7,6	7,59	9,28	24,47
Jmenovitý příkon pro chlazení [kW]	6,86	6,82	8,25	21,93
Chladicí faktor (EER)	4,08	4,06	4,06	12,2
Topný faktor (COP)	4,02	4,15	4,04	12,21
BC Controller CMB P108V-G	Ano	Ne	NE	-



Obrázek 4: Venkovní klimatizační jednotky a tepelná čerpadla Zubadan

4.3.1 Klimatizační zařízení 1.NP

Klimatizační systém pro chlazení/vytápění 1.NP je složen z venkovní jednotky PURY-EP250YHM-A a 6 vnitřních klimatizačních jednotek, které jsou napojeny na BC Controller CMB P108V-G. Vnitřní jednotky jsou vidět na Obr.5 a Obr.6. Jedná se o vícezónový chladivový systém, který pracuje buď v režimu chlazení, nebo i režimu ohřevu. Systém pracuje s chladivem R410A. Celková klimatizovaná plocha 1.NP je 177,1 m². Venkovní jednotka je propojena měděným potrubím se 6 vnitřními kazetovými jednotkami. V tab. 4.3. jsou shrnuty všechny vnitřní klimatizační jednotky 1.NP [3].

Tab. 4.3 Vnitřní klimatizační jednotky (1.NP)

Vnitřní jednotky	PLFY-P25 VLMD	PLFY-P32 VLMD	PLFY-P40 VLMD	PLFY-P50 VLMD	Celkem
Příslušnost k zóně	1	1	1	1	-
Počet kusů	2	1	1	2	6
Typ jednotky	Dvoucestná kazetová	Dvoucestná kazetová	Čtyřcestná kazetová	Dvoucestná kazetová	-
Jmenovitý chladicí výkon [kW]	2,8	3,6	4,5	5,6	24,45
Jmenovitý topný výkon [kW]	3,2	4	5	6,3	28
Jmenovitý el. příkon pro chlazení [kW]	0,072	0,072	0,081	0,082	0,462
Jmenovitý el. příkon pro vytápění [kW]	0,065	0,065	0,074	0,075	0,418



Obrázek 5: Vnitřní dvoucestná kazetová jednotka



Obrázek 6: Vnitřní čtyřcestná kazetová jednotka

4.3.2 Klimatizační zařízení 2.NP

Klimatizační systém pro chlazení/vytápění 2.NP je složen z venkovní jednotky PUHY-EP250YHM-A a 9 vnitřních klimatizačních jednotek. Jednotky jsou vidět na Obr.5 a Obr. 6. Systém pracuje s chladivem R410A. Celková klimatizovaná plocha 2.NP je 169,9 m². Venkovní jednotka je propojena měděným potrubím s 9 vnitřními kazetovými jednotkami (Tab.4.4) [3].

Tab. 4.4 Vnitřní klimatizační jednotky (2.NP)

Vnitřní jednotky	PLFY-P25 VLMD	PLFY-P40 VLMD	PLFY-P50 VLMD	Celkem
Příslušnost k zóně	2	2	2	-
Počet kusů	7	1	1	9
Typ jednotky	Dvoucestná kazetová	Dvoucestná kazetová	Dvoucestná kazetová	-
Jmenovitý chladicí výkon [kW]	2,8	4,5	5,6	29,7
Jmenovitý topný výkon [kW]	3,2	5	6,3	33,7
Jmenovitý el. příkon pro chlazení[kW]	0,072	0,081	0,082	0,667
Jmenovitý el. příkon pro vytápění[kW]	0,065	0,074	0,075	0,604

4.3.3 Klimatizační zařízení 3.NP

Klimatizační systém pro chlazení/vytápění 3.NP je složen z venkovní jednotky PUHY-EP300YHM-A a 11 vnitřních klimatizačních jednotek. Systém pracuje s chladivem R410A. Celková klimatizovaná plocha 3.NP je 254,6 m². Venkovní jednotka je propojena měděným potrubím s 11 vnitřními kazetovými jednotkami (Tab.4.5) [3].

Tab. 4.5 Vnitřní klimatizační jednotky (2.NP)

Vnitřní	PMFY-P20	PLFY-P25	PLFY-P50	Celkem
---------	----------	----------	----------	--------

jednotky	VBM-E	VBM-E	VLMD	
Příslušnost k zóně	3	3	3	-
Počet kusů	2	7	2	11
Typ jednotky	Jednocestná kazetová	Jednocestná kazetová	Dvoucestná kazetová	-
Jmenovitý chladicí výkon [kW]	2,2	2,8	5,6	35,2
Jmenovitý topný výkon [kW]	2,5	3,2	6,3	40,0
Jmenovitý el. příkon pro chlazení[kW]	0,042	0,072	0,082	0,0556
Jmenovitý el. příkon pro vytápění[kW]	0,042	0,065	0,075	0,54



Obrázek 7: Vnitřní jednocestná kazetová jednotka[3]

5 VYTÁPĚNÍ OBJEKTU

Vytápění objektu probíhá pomocí teplovodní otopné soustavy s použitím otopných deskových těles. Zdrojem tepla jsou dvě tepelná čerpadla vzduch-voda v provedení Split. Vnitřní jednotka je označena názvem Ecodan (Obr.8) a venkovní jednotka názvem Zubadan (Obr. 4). Dále tato čerpadla slouží pro ohřev teplé vody. Při výpadku

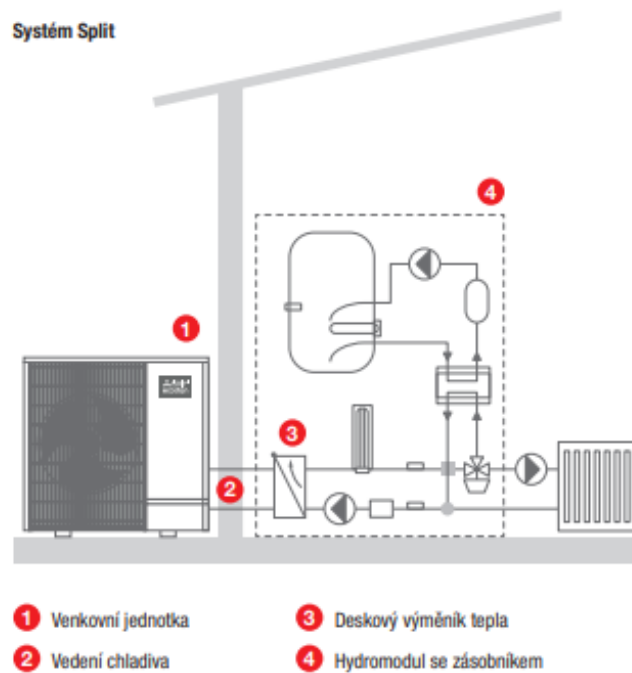
těchto čerpadel slouží jako záložní zdroj tepla bivalentní zdroj elektrokotel. Pro tepelná čerpadla bylo provedeno měření spotřeby elektrické energie [3]..



Obrázek 8: Vnitřní jednotka tepelného čerpadla Ecodan

5.1 Tepelná čerpadla jako split systém

V systémech Split se teplo/chlad(energie) přenáší do budovy prostřednictvím chladiva R410a. Ve vnitřní jednotce Ecodan se nachází deskový výměník tepla a s venkovní jednotkou je propojena pomocí chladivového potrubí (Obr.9). Venkovní podmínky nemají na vedení chladiva vliv a díky tomu můžeme dosáhnout lepší účinnosti celého Split systému [6].



Obrázek 9: Schéma systému Split tepelných čerpadel [6]

Chladivový okruh Zubadan se speciálním řízeným okruhem podchlazení HIC a kompresorem s přímým vstřikováním FlashInjection dokáže udržet stabilní podmínky provozu i při velmi nízkých venkovních teplotách. Díky tomu tento systém nabízí maximální topný výkon při teplotách až -15°C . Dále dokáže mít úsporný provoz i při teplotách -28°C . Díky vyšší teplotě 60°C na výstupu dosahují tepelná čerpadla vzduch/voda Ecodan s inventorem Zubadan vyšších účinností [6].

6 NAMĚŘENÁ DATA

Měření a monitoring spotřeby elektrické energie na klimatizace, případně na vytápění je v objektu prováděn od ledna 2011, ale získaná data pro vyhodnocení a zpracování dat jsou od července 2013. Od tohoto období byly stanoveny spotřeby elektrické energie ve venkovních i vnitřních klimatizačních jednotkách pomocí přímé metody měření spotřeby elektrické energie instalováním jednotlivých elektroměrů na každé zařízení v řešeném objektu. Spotřeby elektrické energie byly zaznamenány jako součet všech jednotek v klimatizované zóně. Souběžně s měřením jednotlivých spotřeb elektrické energie je dále měřen příkon všech instalovaných jednotek v objektu. Spotřeby elektrické energie jsou zaznamenávány po desetiminutových intervalech. Získaná naměřená data jsou od 11.7.2013 do 31.12.2013, dále od 1.1.2014 do 9.7.2014, dále od 2.7.2015 do 20.7.2015, dále od 27.9.2016 do 31.12.2016 a následně už měření probíhalo

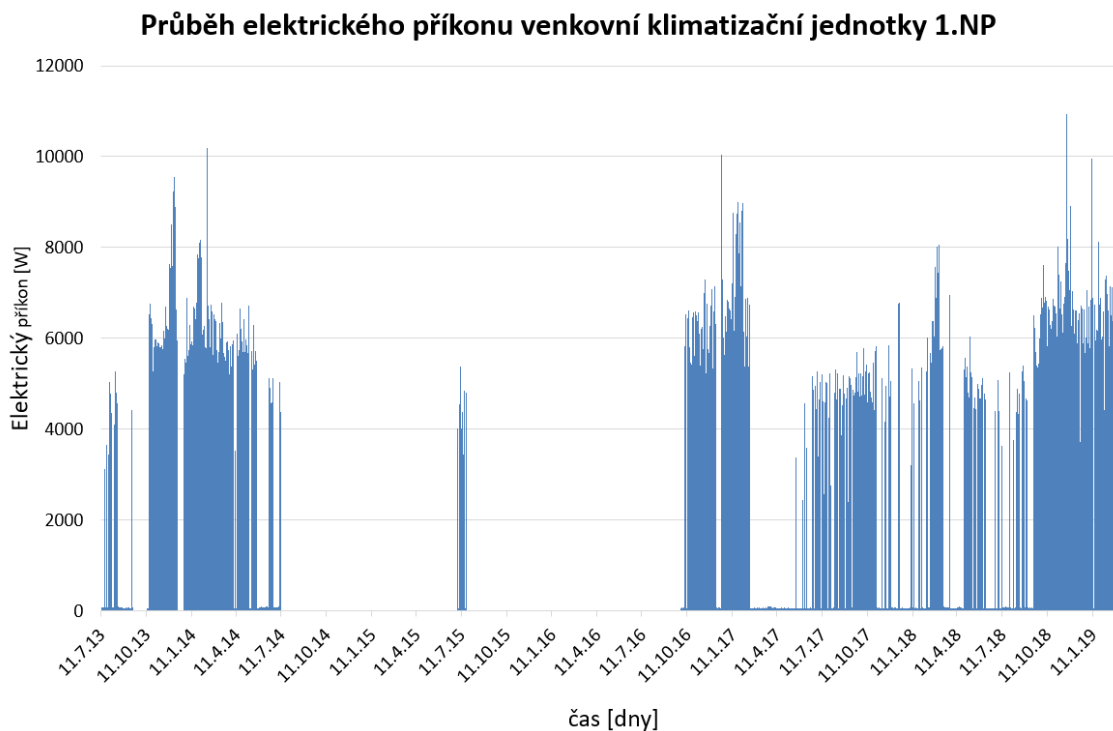
bez výpadků a to od 1.1.2017 do 26.2.2019. Je tedy patrné, že v roce od roku 2013 do 2015 byly velké výpadky měření, proto jsem se především zabýval daty, kde nebyly žádné výpadky a byly mi dodány veškerá data v souboru MS Excel.

7 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

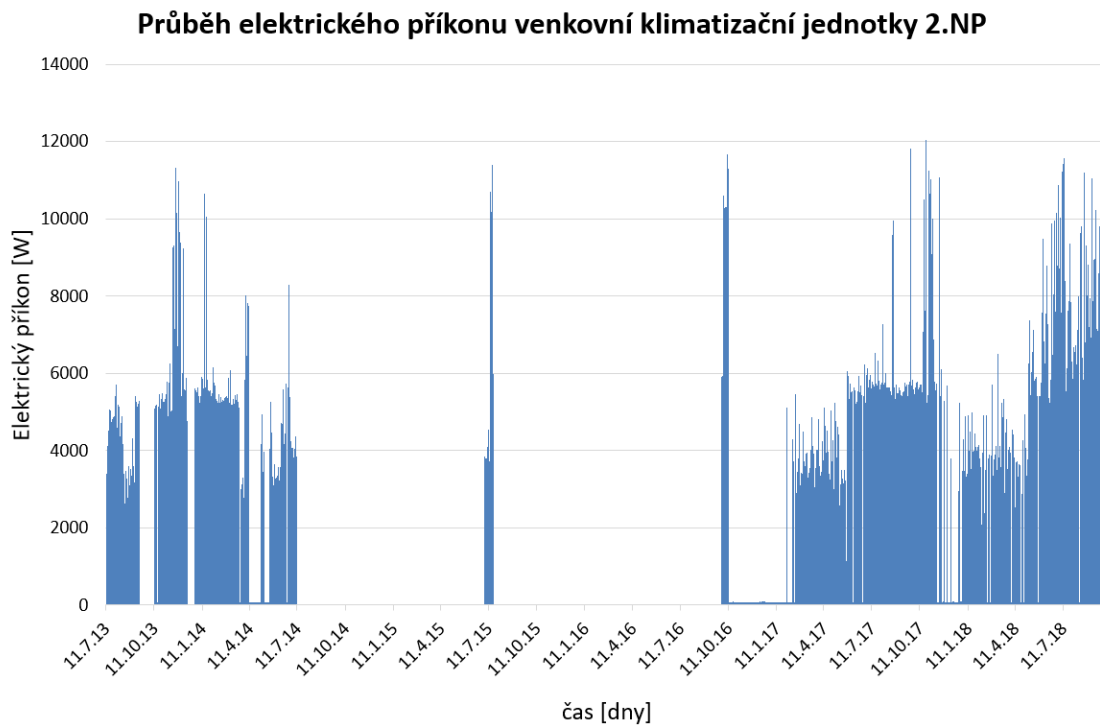
Po získání dat jsem provedl zpracování naměřených dat v programu MS Excel, kde jsem si data rozdělil do jednotlivých roků, následně v každém roce rozdělil do měsíců. Poté jsem provedl chronologické seřazení naměřených podle času od nejstaršího po nejnovější. Po tomto seřazení byly zjištěny velké výpadky měření od roku 2013 do roku 2016. Dále jsem provedl kontrolu elektrických příkonů a spotřeb klimatizačních jednotek a tepelných čerpadel.

7.1 Elektrické příkony venkovních klimatizačních jednotek

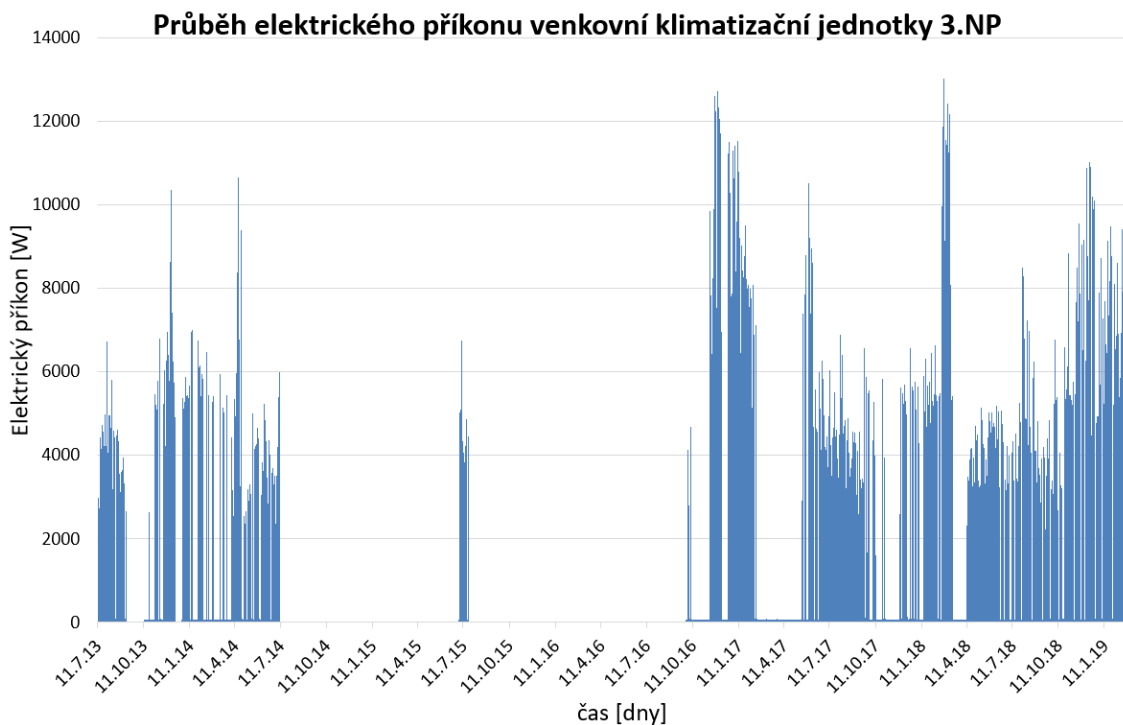
Zpracoval jsem data elektrických příkonů venkovních klimatizačních jednotek, která jsem vynesl do jednotlivých grafů pro každou samostatnou jednotku v měřeném období. Na přiložených grafech můžeme vidět velké výpadky měření a dále je z grafů patrné, že jsou velice nepřehledné pro jakékoliv odečítání hodnot, proto jsem dále zpracoval data s 14 denním intervalem pro lepší přehlednost.



Obrázek 10: Průběh elektrického příkonu venkovní klimatizační jednotky 1.NP



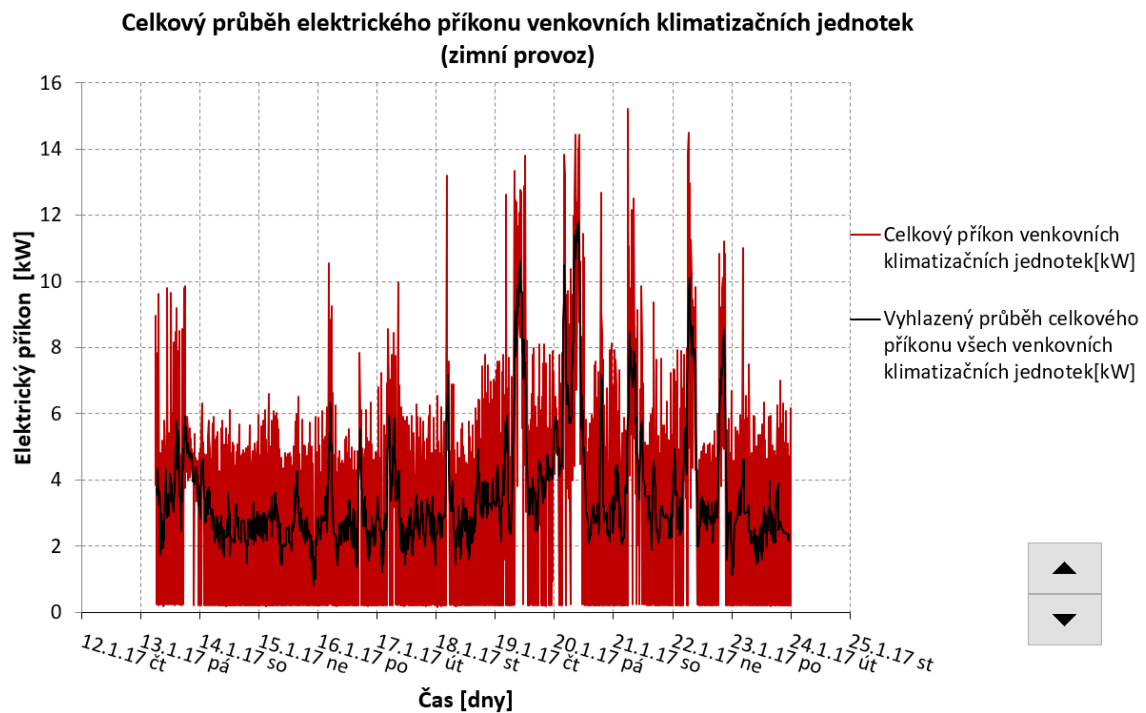
Obrázek 11: Průběh elektrického příkonu venkovní klimatizační jednotky 2.NP



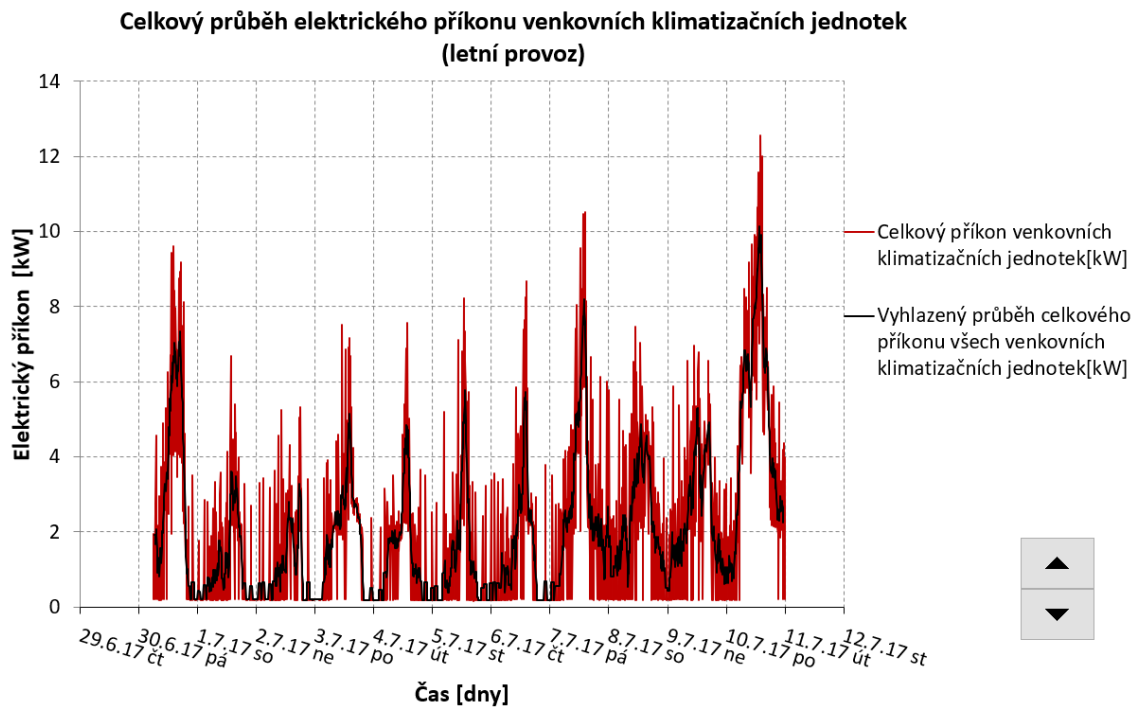
Obrázek 12: Průběh elektrického příkonu venkovní klimatizační jednotky 3.NP

Na těchto třech grafech jsou vyneseny elektrického příkonů v měřeném časovém úseku pro tři venkovní klimatizační jednotky. Z grafu je patrné, že příkonů každé venkovní klimatizační jednotky jsou pro každé podlaží velmi podobné.

Dále jsem zpracoval průběhy celkových elektrických příkonů venkovních klimatizačních jednotek a tyto průběhy jsem vynesl do grafů pro letní i zimní provoz a provedl hodnocení vybraných grafů. Celkovou hodnotu příkonu jsem získal sečtením všech dílčích příkonů venkovních klimatizačních jednotek v naměřeném kroku a následně jsem tyto hodnoty vynesl do grafů (Obr. 13 a 14) v 14denním intervalu pro zimní a letní období. Tyto grafy jsou velmi výhodné pro přehlednější odečítání dat.



Obrázek 13: Celkový průběh elektrického příkonu venkovních klimatizačních jednotek (zimní provoz – 2017)

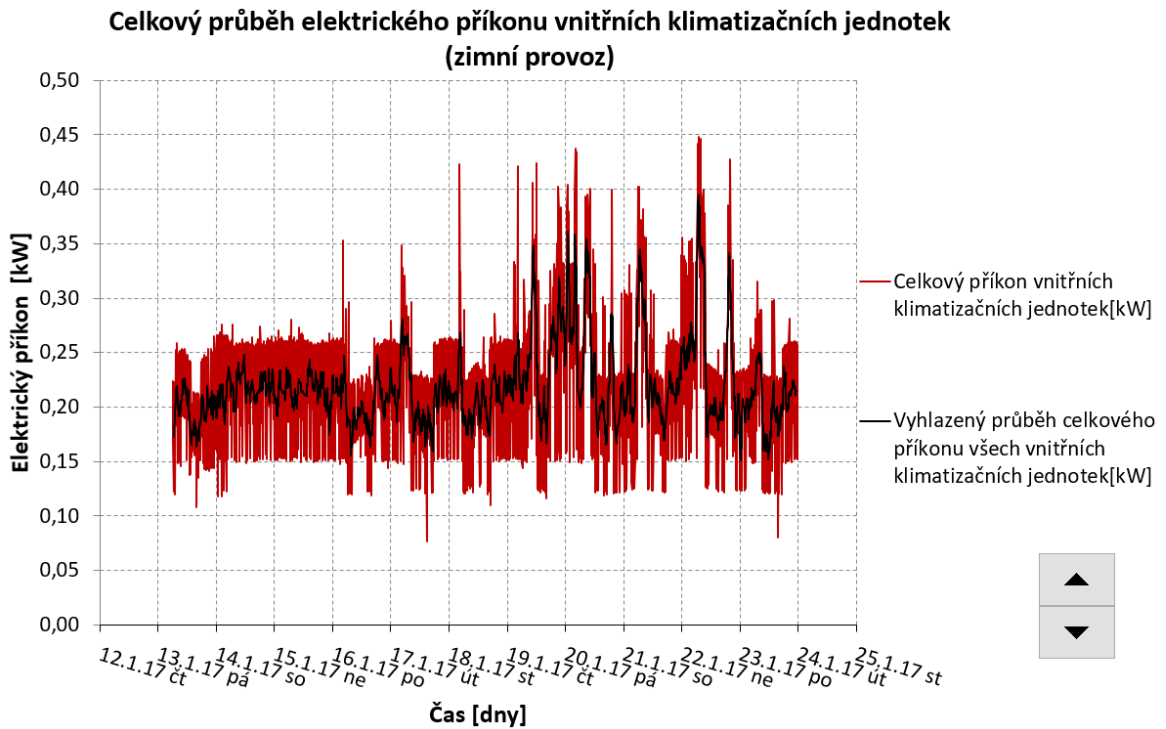


Obrázek 14: Celkový průběh elektrického příkonu venkovních klimatizačních jednotek (letní provoz – 2017)

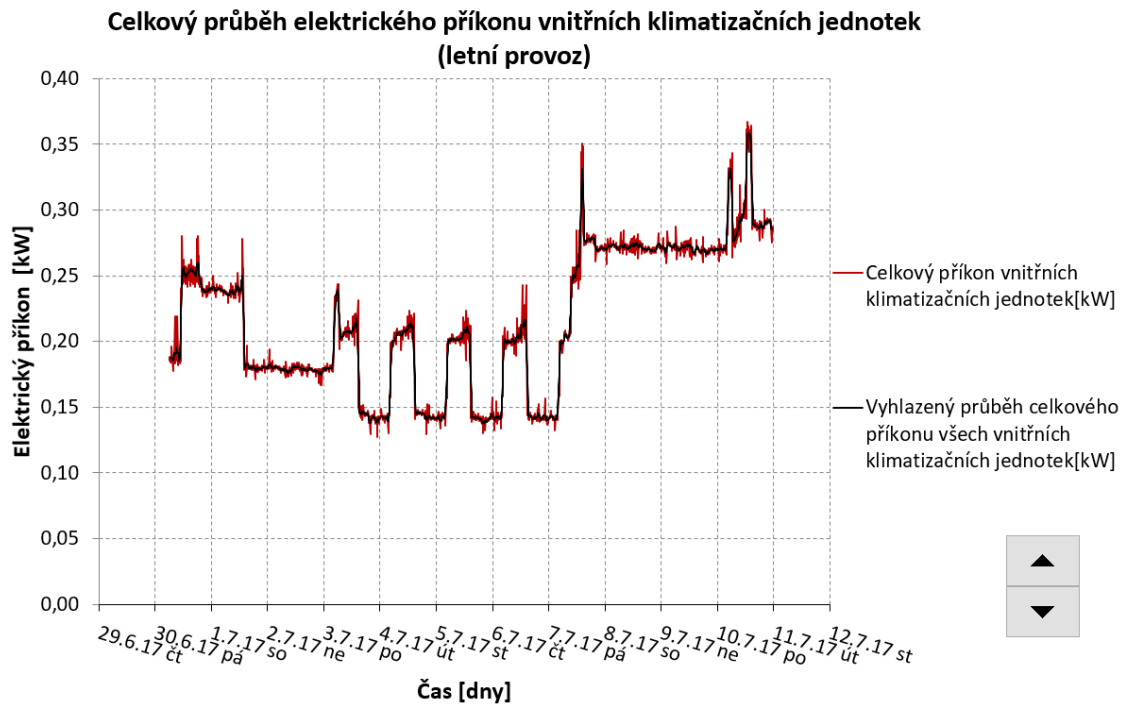
Na vybraných grafech (Obr. 13 a 14) jsou znázorněny celkové průběhy elektrických příkonů venkovních klimatizačních jednotek pro letní i zimní provoz v roce 2017, jelikož v tomto období bylo nejméně výpadků měření, byl tento rok ideální pro vynesení dat do grafu. Graf (Obr.13) byl sestaven na základě dat získaných v lednu v roce 2017 a zde je názorně vidět, že v tomto období byly příkony každý den velmi podobné. Dále je z grafu patrné, kdy probíhala maxima elektrických příkonů klimatizačních zařízení. Zároveň je i z grafu patrné, že v tomto období fungovala klimatizační zařízení v provozu vytápění. Vyšší hodnoty jsou platné především pro pracovní dny, nižší hodnoty pro sobotu a neděli, neboli nepracovní dny. Nejvyšší příkon mají jednotky od 7h do 17 hodiny, kdy v objektu končí pracovní doba. V letním období je z grafu patrné, že jednotky byly využívány pro chlazení objektu a opět můžeme vidět, že vyšších hodnot příkonů bylo dosaženo v pracovní dny, nižší případně nulové hodnoty v nepracovní dny. Dále v tomto období se vyskytují i nulové hodnoty, které nám vyjadřují, že klimatizační zařízení nebyla v provozu. Při sepnutí kompresoru se hodnoty příkonů začaly navyšovat.

7.2 Elektrické příkony vnitřních klimatizačních jednotek

Dále jsem zpracoval průběhy celkových elektrických příkonů vnitřních klimatizačních jednotek a tyto průběhy jsem vynesl do grafů pro letní i zimní provoz a provedl hodnocení vybraných grafů. Celkovou hodnotu příkonu jsem získal sečtením všech dílčích příkonů vnitřních klimatizačních jednotek v naměřeném kroku a následně jsem tyto hodnoty vynesl do grafů (Obr. 15-16) v 14denním intervalu.



Obrázek 15: Celkový průběh elektrického příkonu vnitřních klimatizačních jednotek (zimní provoz – 2017)

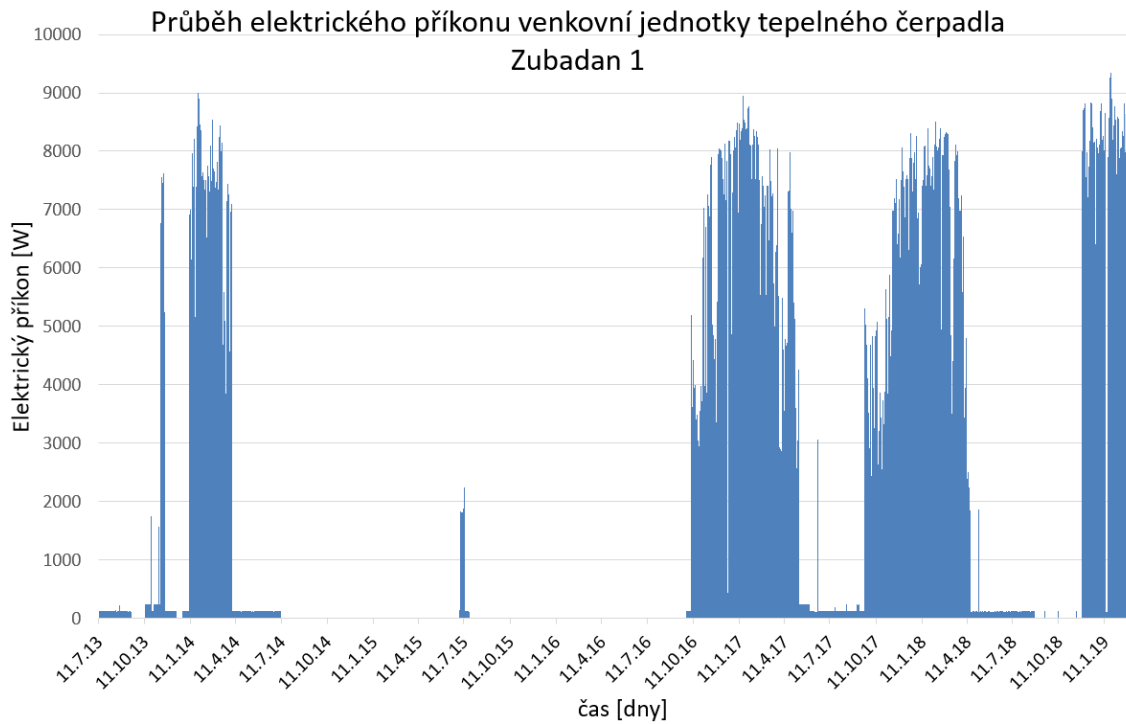


Obrázek 16: Celkový průběh elektrického příkonu vnitřních klimatizačních jednotek (letní provoz – 2017)

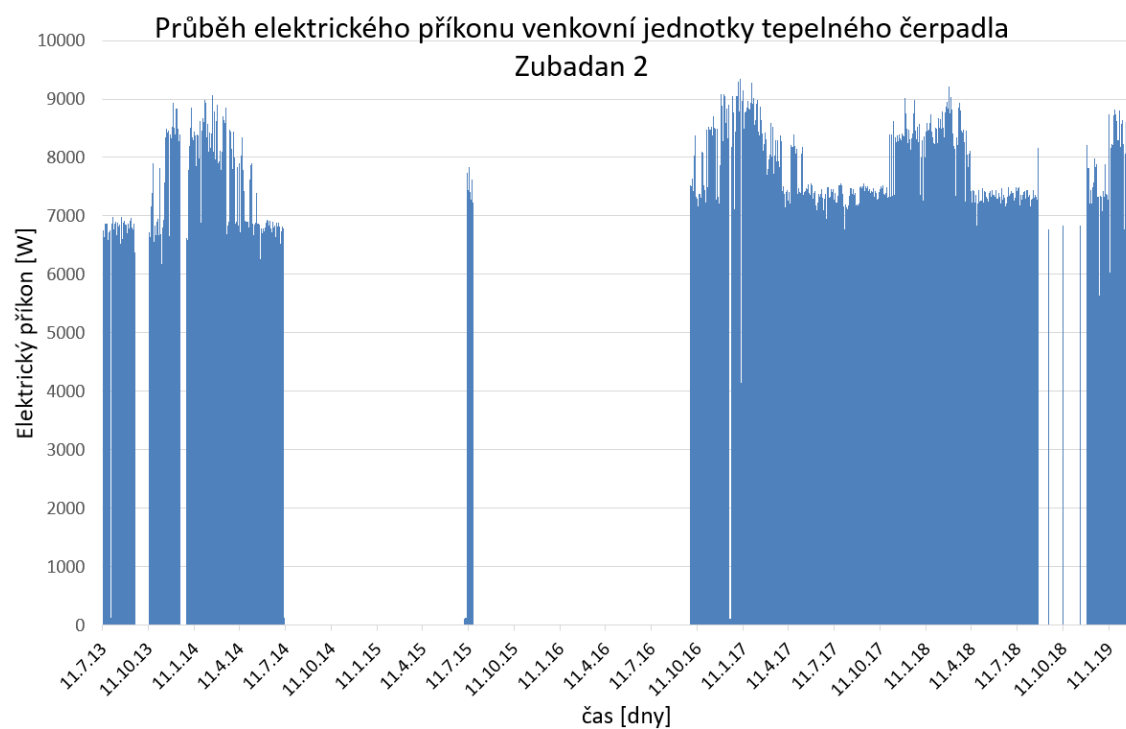
7.3 Elektrické příkony tepelných čerpadel

Naměřená data pro venkovní tepelná čerpadla Zubadan jsem zpracoval stejnou metodou jako venkovní klimatizační jednotky. I zde přikládám grafy pro zimní a letní provoz v se 14denním časovým intervalem, kde je možné vidět příkony jednotlivých čerpadel.

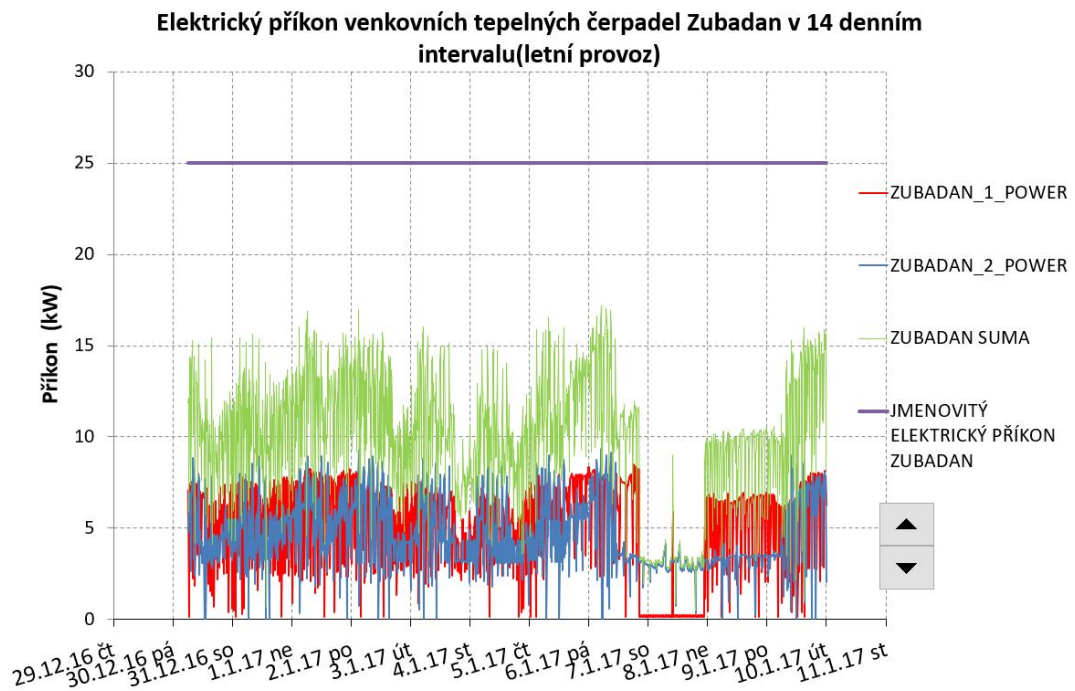
Při porovnání grafu (Obr. 17) a grafu (Obr. 18) je názorně vidět, že Zubadan 1 slouží jako sekundární tepelné čerpadlo pro vytápění a funguje pouze jen v topném období a Zubadan 2 funguje jako primární tepelné čerpadlo slouží jak pro vytápění, tak i pro ohřev teplé vody.



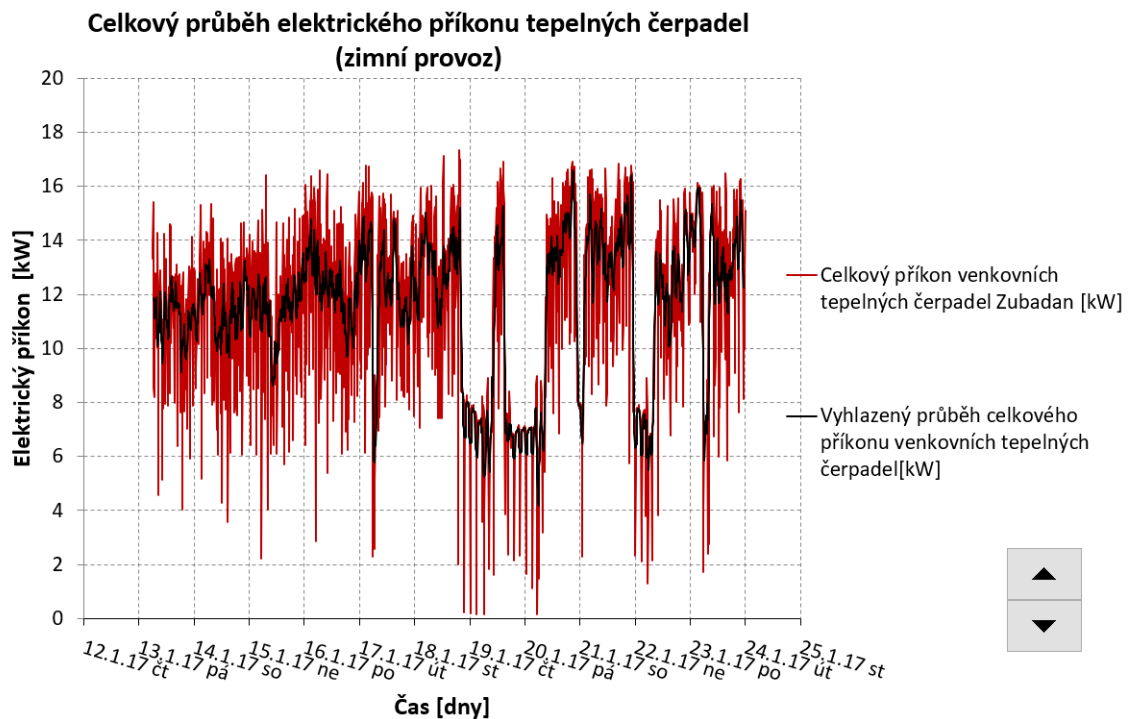
Obrázek 17: Průběh elektrického příkonu venkovní jednotky tepelného čerpadla
Zubadan 1



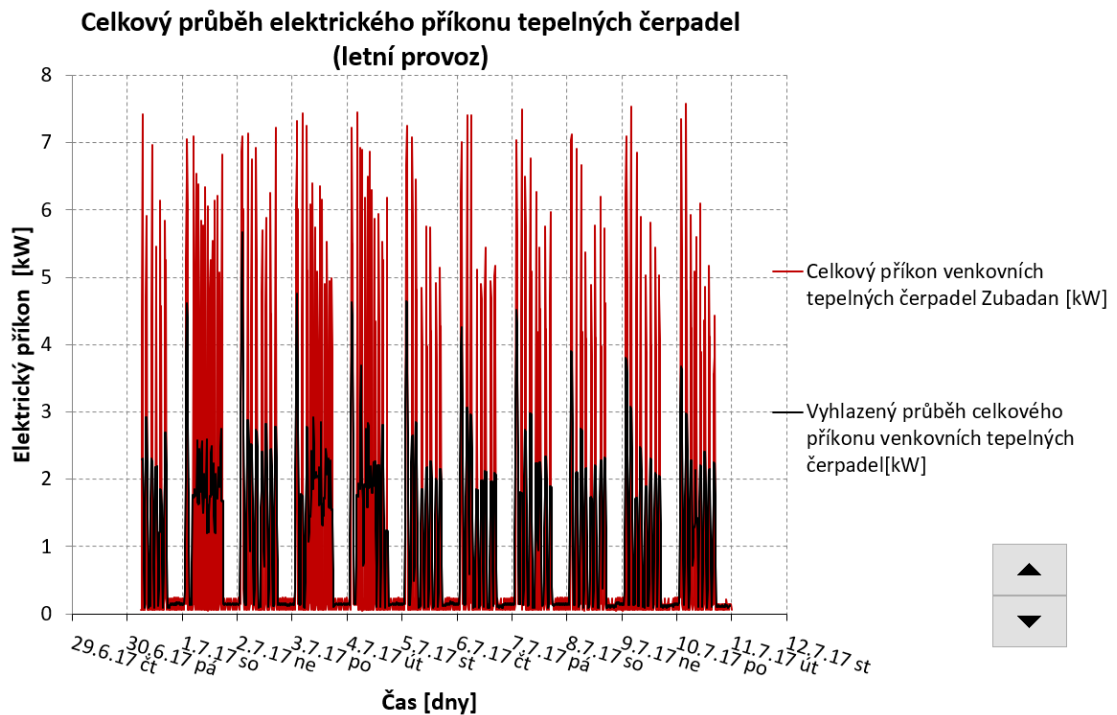
Obrázek 18: Průběh elektrického příkonu venkovní jednotky tepelného čerpadla
Zubadan 2



Dále jsem zpracoval průběhy celkových elektrických příkonů venkovních tepelných čerpadel Zubadan a tyto průběhy jsem vynesl do grafů pro letní i zimní provoz v roce 2017 a provedl hodnocení vybraných grafů. Celkovou hodnotu příkonu jsem získal sečtením všech dílčích příkonů venkovních tepelných čerpadel v naměřeném kroku a následně jsem tyto hodnoty vynesl do grafu (Obr. 19) o 14denním intervalu.



Obrázek 20: Celkový průběh el. příkonu tepelných čerpadel (zimní provoz)

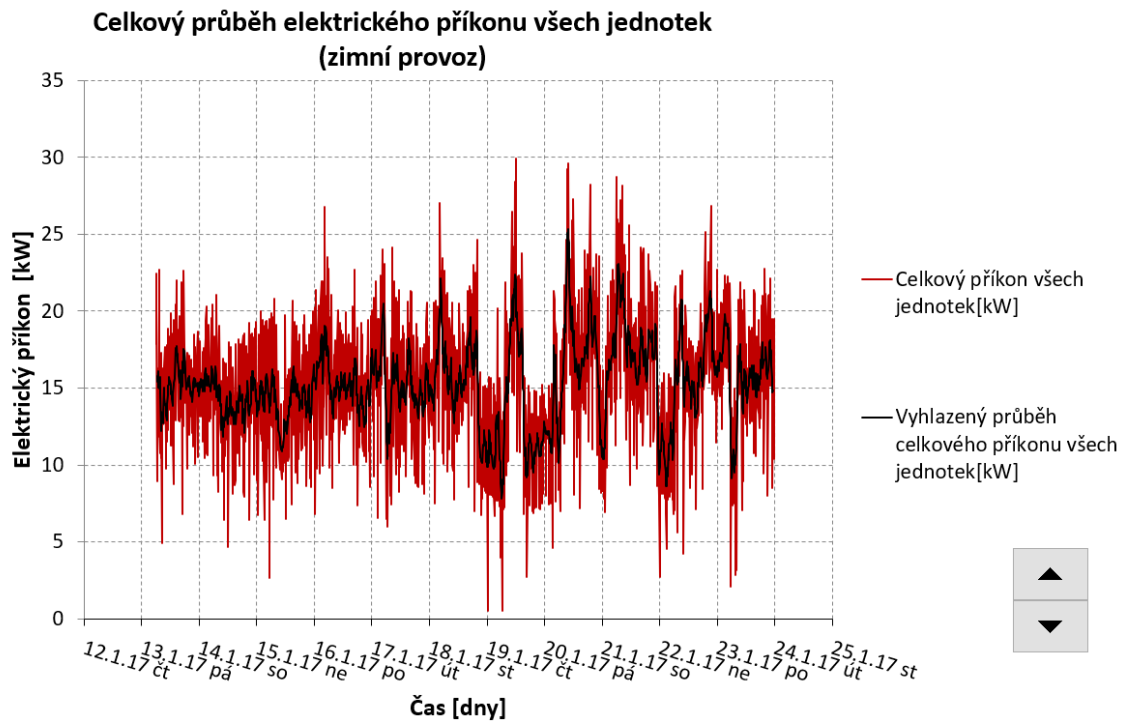


Obrázek 21: Celkový průběh el. příkonu tepelných čerpadel (letní provoz)

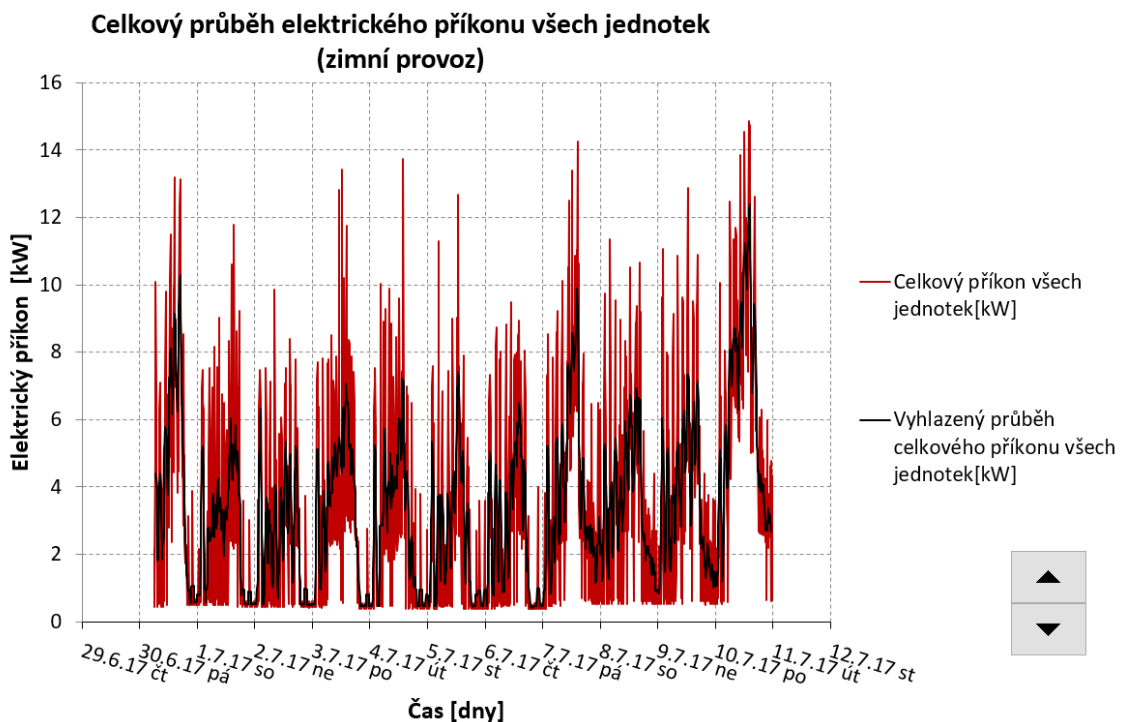
Na grafu (Obr. 20) je vybraný týdenní cyklus provozu tepelných čerpadel v zimním období. Tepelná čerpadla dosahují velkých elektrických příkonů, v maximech až 16 kW. Vzhledem ke jmenovitému celkovému příkonu tepelných čerpadel, který činí 5,26 kW při COP 4,26 je trojnásobná hodnota. Hodnota topného faktoru (COP) není však jedno konstantní číslo, ale je závislé okolní parametrech, např. venkovní teplotě. Hodnotě 16 kW elektrického příkonu by tedy odpovídal topný faktor cca 1,4 jednoho tepelného čerpadla. Další možností je, že došlo k sepnutí záložního zdroje tepla na vytápění. Takto vysoké hodnoty nemají však velkou četnost výskytu.

7.4 Elektrické příkony všech zařízení

Provedl jsem dílčí součet všech zařízení vně a uvnitř objektu pro zjištění celkového příkonu všech zařízení a následně jsem tyto hodnoty vynesl do grafu opět pro letní i zimní období v roce 2017.



Obrázek 22: Celkový průběh el. příkonu všech jednotek (zimní provoz)



Obrázek 23: Celkový průběh el. příkonu všech jednotek (letní provoz)

Na těchto grafech (Obr. 22-23) můžeme vidět, že v zimním období byl pro objekt mnohem vyšší příkon u všech zařízení, než v letním období. Vyšší příkony v zimním

období byly z důvodu potřeby tepla na vytápění. V letním období je z grafu patrné, že všechny zařízení v nepracovní čas jeli na minimální výkon a udržovali se pouze v pohotovostním režimu.

8 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE OBJEKTU

Po získání dat jsem provedl zpracování naměřených dat v programu MS Excel, kde jsem si data rozdělil do jednotlivých roků, následně jsem data každého roku rozdělil do měsíců. Poté jsem provedl chronologické seřazení naměřených podle času od nejstaršího po nejnovější. Po tomto seřazení byly zjištěny velké výpadky měření od roku 2013 do roku 2016. Dále jsem provedl kontrolu elektrických příkonů a spotřeb klimatizačních jednotek a tepelných čerpadel.

8.1 Vztažné plochy objektu

Získané hodnoty spotřeb jsou vztaženy na jednotku plochy a tím jsem dostal měrné spotřeby. Zvolil jsem dohromady čtyři možnosti vztažných ploch, viz.Tab. 8.1. Tyto plochy jsem vypočítal z výkresů každého nadzemního podlaží [P1, P2, P3]. Zastavěná plocha odpovídá čistě půdorysu budovy. Součtem všech ploch místností jsem získal vnitřní plochu. Podlahová plocha je vnitřní plocha bez místností jako je např. zádveří, místnosti technického rázu apod. Klimatizovaná plocha odpovídá plochám klimatizovaných místností a prostor.

Tab. 8.1 Vztažné plochy

	1.NP	2.NP	3.NP	celkem
Zastavěná plocha [m²]	412,2	412,2	412,2	412,2
Vnitřní plocha [m²]	318,6	302	302	922,6
Podlahová plocha [m²]	289,7	281,4	281,4	852,5
Klimatizovaná plocha [m²]	177,1	169,9	254,6	601,6

8.2 Rozbor naměřených spotřeb elektrické energie

8.2.1 Rozbor spotřeby klimatizace

V následující části se zabývám rozbohem naměřených a zpracovaných hodnot spotřeb elektrické energie pro venkovní a vnitřní klimatizační jednotky. Vypracoval jsem pro každý rok tabulku, kde můžeme vidět měsíční spotřeby a měrné měsíční spotřeby

elektrické energie. Některé roky byly velké výpadky měření, tudíž hodnoty nebylo možné získat. Hodnoty jsou zpracovány pro každé podlaží zvlášť, dále jsou tyto hodnoty přepočteny ke vztažným klimatizovaným plochám, abychom mohli vidět hodnoty v kWh na m².

Spotřeba elektrické energie klimatizačních jednotek v roce 2013

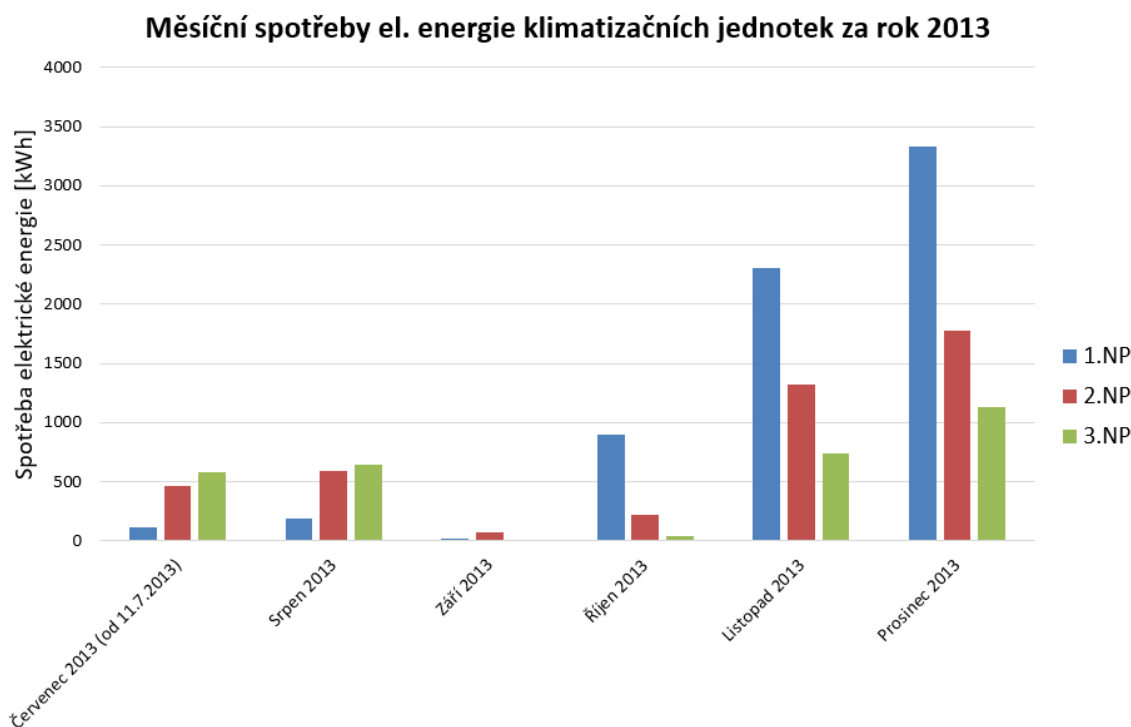
V Tab.8.2 je možné vidět spotřeby elektrické energie vnitřní a venkovní klimatizace pro rok 2013. Získaná data byla od 11.7.2013 do 31.12.2013. Zbylé měsíce a dny nebyly měřeny nejspíše z důvodu výpadku měření. Do tabulky byly pouze zaznamenány naměřené a zpracované hodnoty. Teoreticky je ale možné říci, že v zimním období mají být hodnoty nejvyšší, jelikož klimatizace se využívala pro vytápění a dále můžeme vidět, že hodnoty v letním období jsou nižší, z čehož můžeme usuzovat, že objekt měl menší tepelné zisky a byly lepší venkovní podmínky, tudíž nebyla velká potřeba chlazení objektu.

Tab. 8.2 Spotřeby elektrické energie klimatizace (2013)

[kWh]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Červenec 2013 (od 11.7.2013)	119	465	583	1167
Srpen 2013	185	596	641	1422
Září 2013	21	79	14	114
Říjen 2013	904	222	42	1168
Listopad 2013	2306	1327	740	4373
Prosinec 2013	3335	1776	1136	6247
Celkem	6870	4465	3156	14491
Podíl	47 %	30 %	23 %	

Tab. 8.3 Měsíční měrné spotřeby elektrické energie klimatizace (2013)

[kWh/m ²]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Červenec 2013 (od 11.7.2013)	0,67	2,74	2,29	5,7
Srpen 2013	1,04	3,51	2,52	7,07
Září 2013	0,12	0,46	0,05	0,63
Říjen 2013	5,10	1,31	0,16	6,57
Listopad 2013	13,02	7,81	2,91	23,74
Prosinec 2013	18,83	10,45	4,46	33,74
Celkem	38,78	26,28	12,39	77,45
Vztaženo ke klimatizované ploše objektu				



Obrázek 24: Měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2013

Spotřeba elektrické energie klimatizačních jednotek v roce 2014

Dále jsem vypracoval spotřeby elektrické energie klimatizačních jednotek pro rok 2014 a tyto hodnoty jsou zobrazeny v Tab. 8.4. Hodnoty jsou zobrazeny do 9.7.2014, kdy poté nastal velký výpadek měření. Z těchto hodnot je patrné, že v zimních měsících jsou vyšší spotřeby elektrické energie. Nejvyšší podíl spotřeby elektrické energie má především spotřeba klimatizace pro 1.NP.

Tab. 8.4 Spotřeby elektrické energie klimatizace (2014)

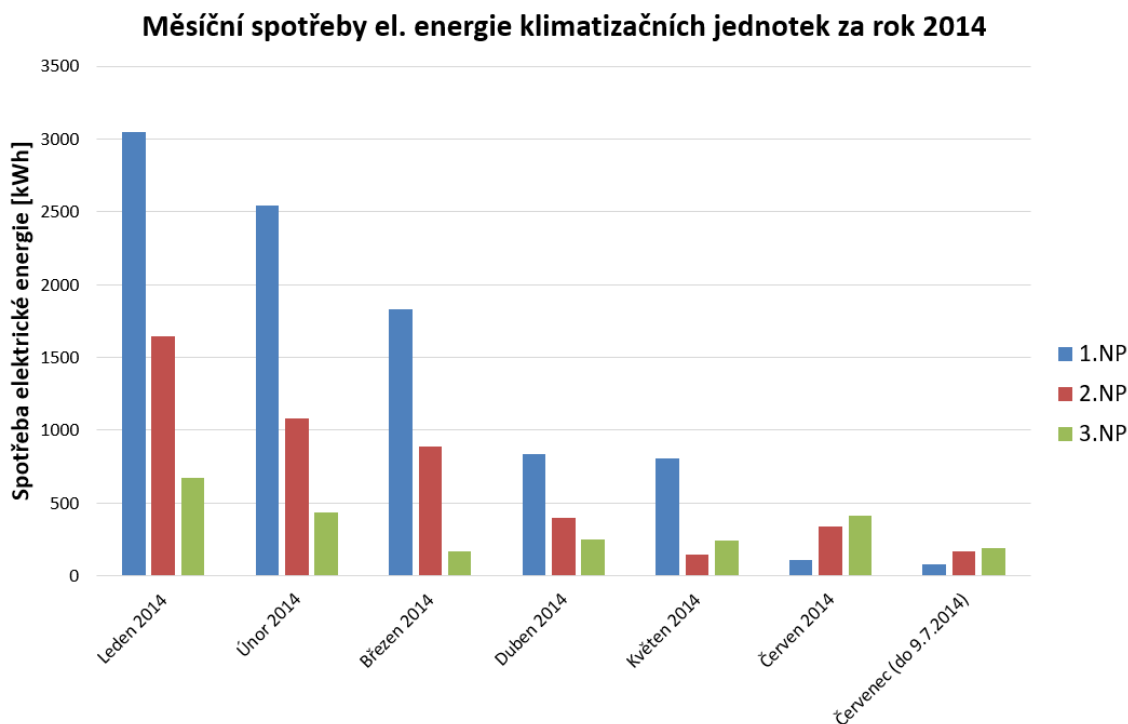
[kWh]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2014	3052	1647	676	5375
Únor 2014	2540	1082	436	4059
Březen 2014	1830	891	169	2890
Duben 2014	836	398	254	1487
Květen 2014	803	150	246	1199
Červen 2014	110	338	410	858
Červenec 2014 (do 9.7.2014)	78	167	193	438
Celkem	9249	4673	2384	16306
Podíl	57%	29%	15%	

Vypracoval jsem měrné měsíční spotřeby, které jsem zanesl do Tab. 8.5. Je patrné, že v letním období jsou hodnoty nejnižší, za to v zimním období jsou zase nejvyšší.

Tab. 8.5 Měsíční měrné spotřeby elektrické energie klimatizace (2014)

[kWh/m ²]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2014	17,23	9,69	2,66	29,58
Únor 2014	14,34	6,37	1,71	22,43
Březen 2014	10,33	5,25	0,66	16,24
Duben 2014	4,72	2,34	1,00	8,06
Květen 2014	4,54	0,88	0,97	6,38
Červen 2014	0,62	1,99	1,61	4,22
Červenec 2014 (do 9.7.2014)	0,44	0,98	0,76	2,18
Celkem	52,22	27,50	9,36	89,09
Vztaženo ke klimatizované ploše				

Následně jsem vypracoval graf (Obr. 25), na kterém jsou zobrazeny měsíční spotřeby elektrické energie klimatizačních jednotek za rok 2014. Graf byl vypracován pro celý rok pro lepší přehlednost. Z grafu je patrné, že nejvyšší podíl klimatizace za rok 2014 má klimatizace 1.NP, která je nejvíce v provozu a dosahuje nejvyšších hodnot.



Obrázek 25: Měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2014

Spotřeba elektrické energie klimatizačních jednotek v roce 2015

V roce 2015 došlo k největšímu výpadku měření a bylo změřeno pouze 18 dní v měsíci červenec. Hodnoty jsem vynesl do tabulky (Tab.8.6). Dále s těmito hodnoty nebylo pracováno z nedostatku dat.

Tab. 8.6 Spotřeby elektrické energie klimatizace (2015)

[kWh]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Červenec 2015 (od 2.7.2015 do 20.7.2015)	157	290	346	792
Celkem	157	290	346	792
Podíl	20%	37%	44%	

Tab. 8.7 Měsíční měrné spotřeby elektrické energie klimatizace (2015)

[kWh/m ²]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Červenec 2015 (od 2.7.2015 do 20.7.2015)	0,88	1,71	1,36	3,95
Celkem	0,88	1,71	1,36	3,95
Vztaženo ke klimatizované ploše				

Spotřeba elektrické energie klimatizačních zařízení v roce 2016

Měření bylo navázáno až v 27.9.2016. Pro tento rok jsem vynesl měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace pro jednotlivá podlaží do Tab 8.8. hodnoty jsou velmi podobné, jak v minulých letech. V zimních období jsou hodnoty nejvyšší, v letním nižší.

Dále jsem provedl přepočty měrných měsíčních spotřeb elektrické energie pro jednotlivá podlaží a tyto hodnoty jsou dány do Tab. 8.9.

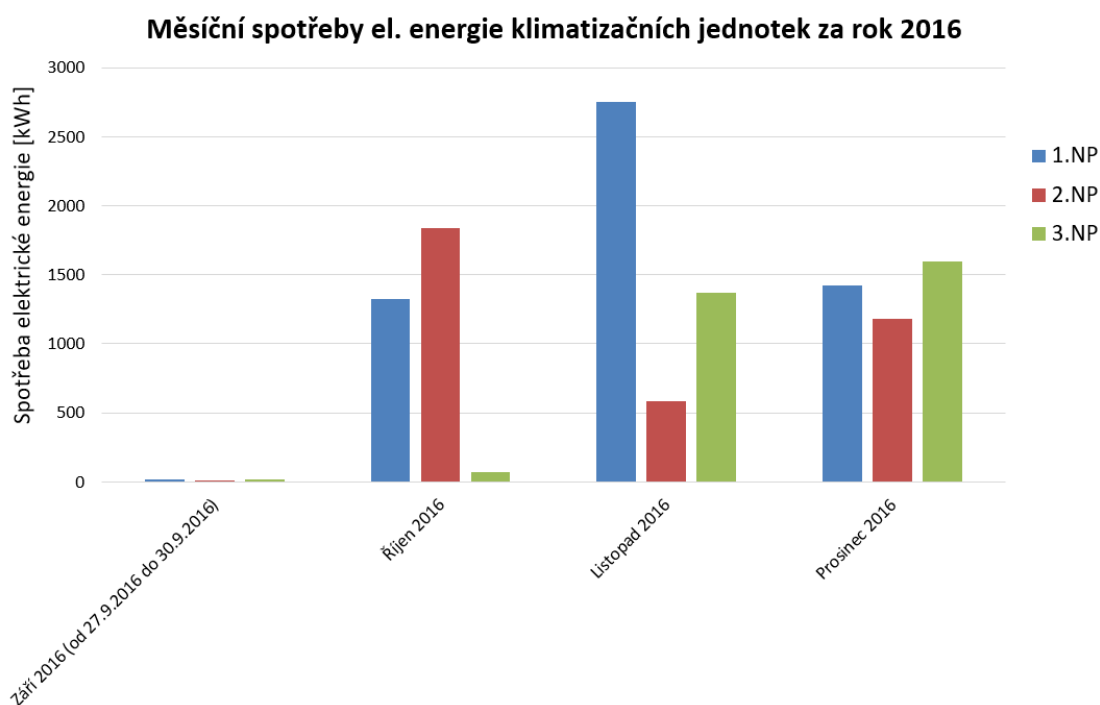
Tab. 8.8 Spotřeby elektrické energie klimatizace (2016)

[kWh]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Září 2016 (od 27.9.2016 do 30.9.2016)	20	6	17	43
Říjen 2016	1327	1837	67	3231
Listopad 2016	2754	585	1370	4709
Prosinec 2016	1419	1177	1599	4196
Celkem	5520	3605	3053	12178
Podíl	45%	30%	25%	

Tab. 8.9 Měsíční měrné spotřeby elektrické energie klimatizace (2016)

[kWh/m ²]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Září 2016 (od 27.9.2016 do 30.9.2016)	0,11	0,04	0,07	0,22
Říjen 2016	7,50	10,81	0,26	18,57
Listopad 2016	15,55	3,45	5,38	24,37
Prosinec 2016	8,01	6,93	6,28	21,22
Celkem	31,17	21,22	11,99	64,38
Vztaženo ke klimatizované ploše				

Následně jsem vytvořil graf (Obr. 26) se zobrazením jednotlivých podlaží a jejich elektrických spotřeb. Nejvyšší hodnoty elektrické spotřeby energie bylo dosaženo v listopadu 2016, kdy byla spotřeba přes 2700 kWh pro 1.NP.



Obrázek 26: Měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2016

Spotřeba elektrické energie klimatizačních zařízení v roce 2017

V tomto roce byla získána data z celého roku, proto bylo možné data zobrazit v Tab. 8.10. Z těchto hodnot je zřejmé, že v zimním období byly hodnoty nejvyšší, kdy klimatizační jednotky byly využívány k vytápění. Během jara byly hodnoty nejnižší, jelikož klimatizační jednotky pracovali na minimální provoz. V letním provozu se hodnoty výrazněji zvýšili z důsledku potřeby chlazení objektu.

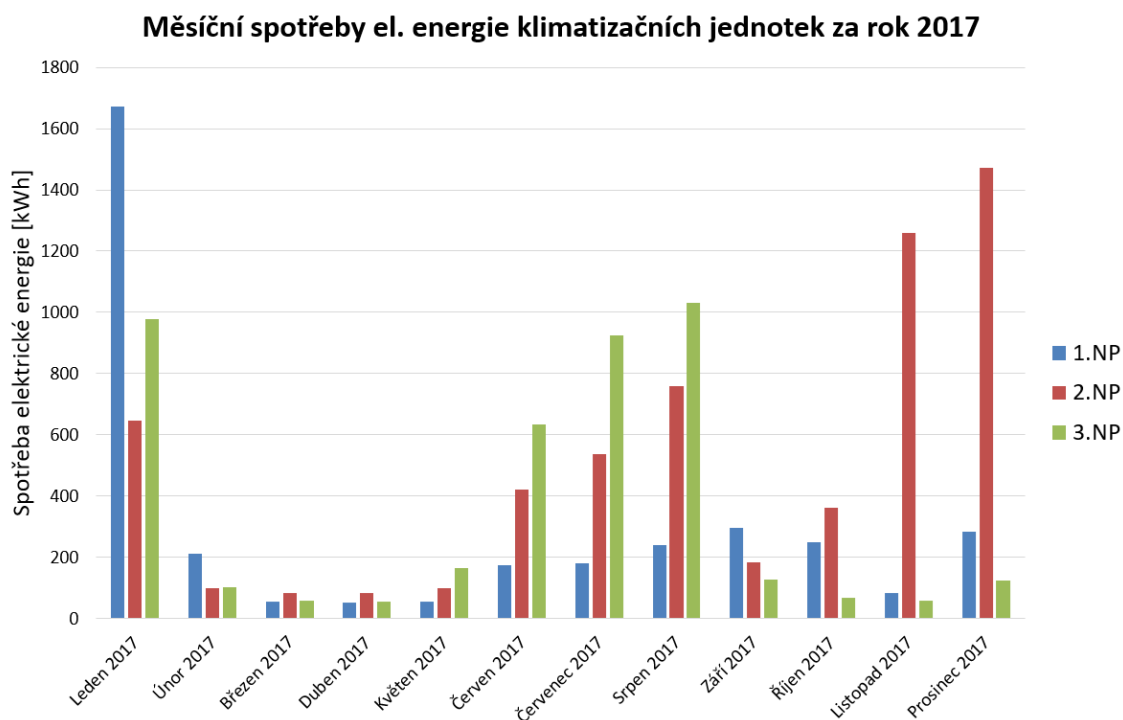
Tab. 8.10 Spotřeby elektrické energie klimatizace (2017)

[kWh]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2017	1672	648	977	3298
Únor 2017	213	100	104	416
Březen 2017	56	83	59	199
Duben 2017	53	85	57	195
Květen 2017	55	99	165	319
Červen 2017	176	423	635	1234
Červenec 2017	180	538	926	1644
Srpen 2017	242	758	1030	2030
Září 2017	297	186	129	612
Říjen 2017	249	361	68	678
Listopad 2017	84	1258	60	1403
Prosinec 2017	284	1472	125	1881
Celkem	3562	6011	4335	13908
Podíl	26%	43%	31%	

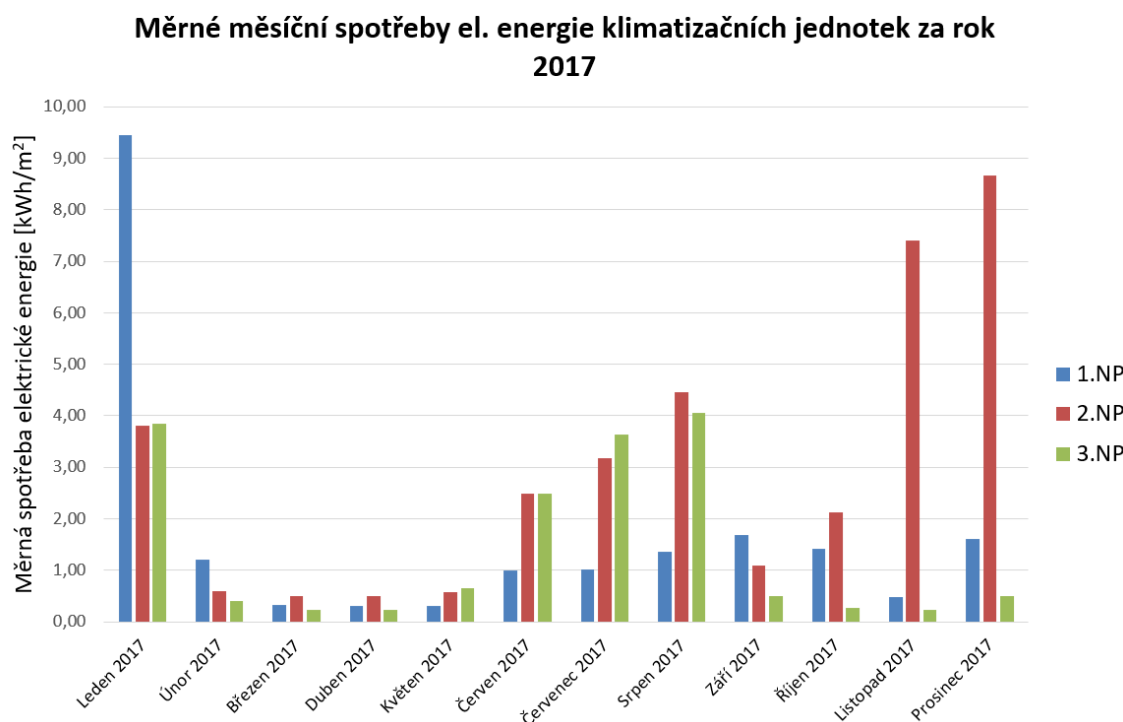
Dále byly vypracovány jako v minulých letech i měrné měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace pro jednotlivá podlaží a tyto data jsou uvedeny v Tab. 8.11.

Tab. 8.11 Měsíční měrné spotřeby elektrické energie klimatizace (2017)

[kWh/m ²]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2017	9,44	3,81	3,84	17,10
Únor 2017	1,20	0,59	0,41	2,20
Březen 2017	0,32	0,49	0,23	1,04
Duben 2017	0,30	0,50	0,22	1,02
Květen 2017	0,31	0,58	0,65	1,54
Červen 2017	0,99	2,49	2,49	5,98
Červenec 2017	1,01	3,17	3,64	7,82
Srpen 2017	1,36	4,46	4,05	9,87
Září 2017	1,68	1,09	0,51	3,28
Říjen 2017	1,41	2,13	0,27	3,80
Listopad 2017	0,48	7,41	0,24	8,12
Prosinec 2017	1,60	8,67	0,49	10,76
Celkem	20,11	35,38	17,02	72,52
Vztaženo ke klimatizované ploše				



Obrázek 27: Měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2017



Obrázek 28: Měrné měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2017

Spotřeba elektrické energie klimatizačních zařízení v roce 2018

Jelikož v roce 2018 bylo též provedeno a získáno měření z celého roku, bylo možné tyto data zpracovat a zapsat do Tab 8.12, kde jsou vidět jednotlivá podlaží a jejich spotřeby elektrické energie. Tyto hodnoty jsou velmi podobné jako v roce 2017. V zimním

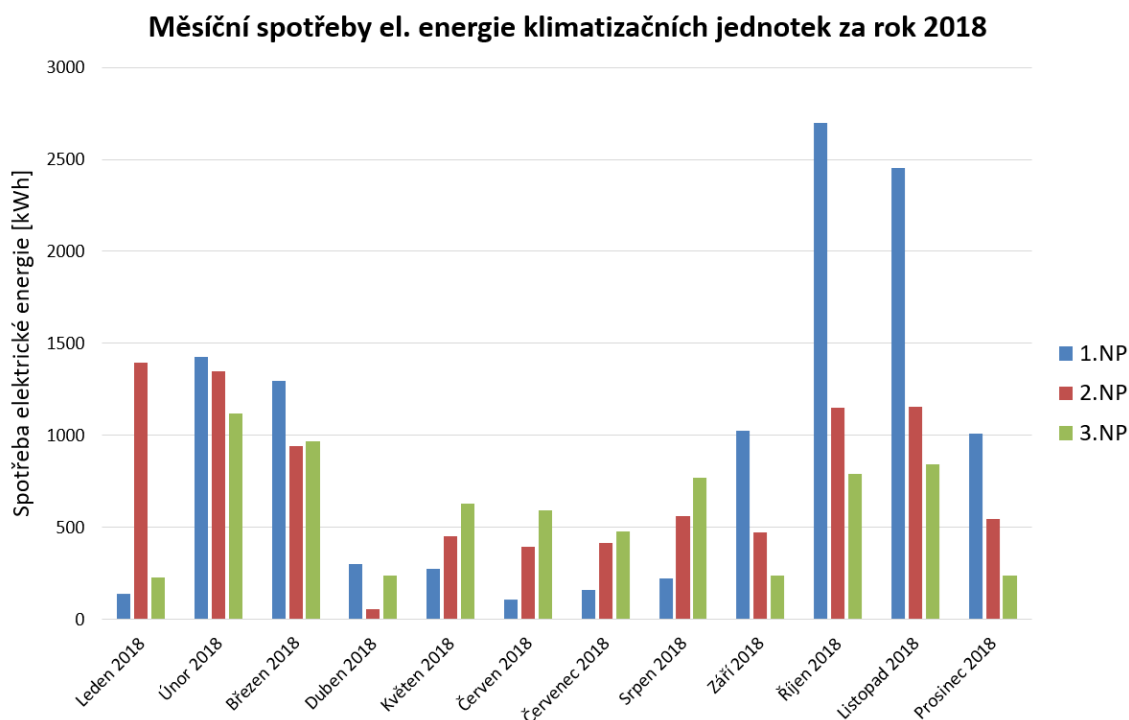
období jsou hodnoty vyšší pro vytápění objektu, na jaře jsou hodnoty zase nejnižší a v letním období zase vzrůstají z důvodů chlazení objektu.

Tab. 8.12 Spotřeby elektrické energie klimatizace (2018)

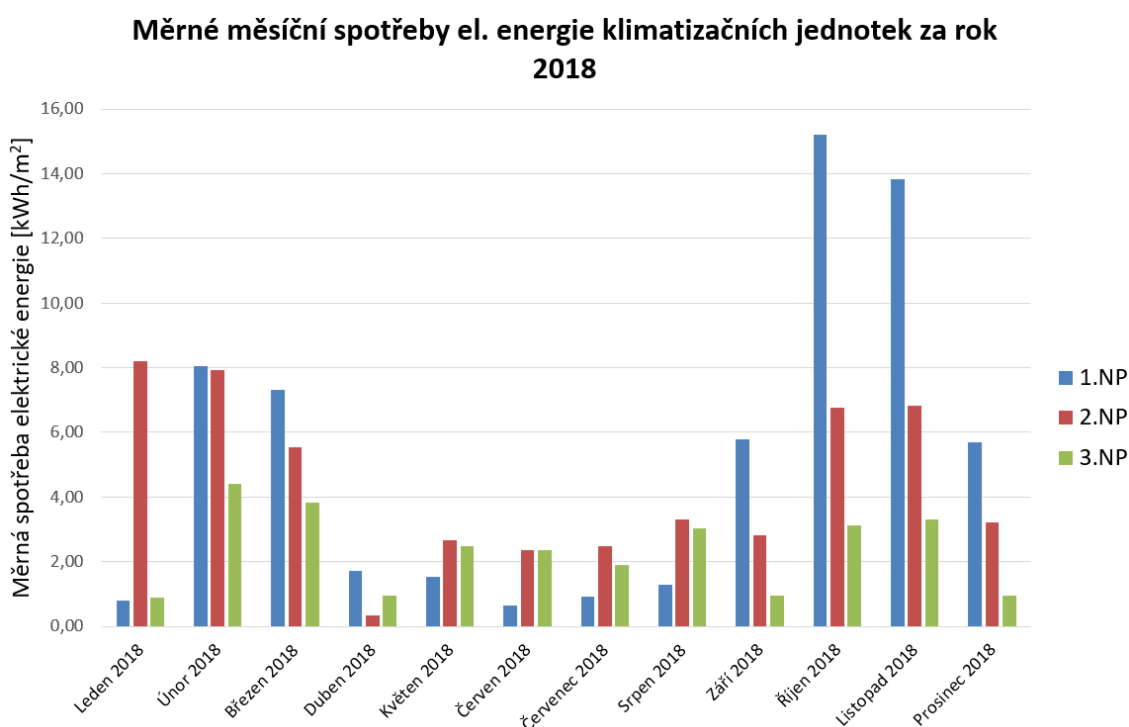
[kWh]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2018	141	1395	228	1764
Únor 2018	1426	1349	1118	3893
Březen 2018	1297	941	970	3209
Duben 2018	301	59	240	601
Květen 2018	273	450	629	1353
Červen 2018	111	398	596	1106
Červenec 2018	161	419	480	1059
Srpen 2018	225	561	768	1554
Září 2018	1023	476	240	1739
Říjen 2018	2696	1151	792	4640
Listopad 2018	2452	1158	843	4454
Prosinec 2018	1009	545	241	1795
Celkem	11117	8904	7146	27166
Podíl	41%	33%	26%	

Tab. 8.13 Měsíční měrné spotřeby elektrické energie klimatizace (2018)

[kWh/m ²]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2018	0,80	8,21	0,90	9,90
Únor 2018	8,05	7,94	4,39	20,38
Březen 2018	7,33	5,54	3,81	16,68
Duben 2018	1,70	0,35	0,94	2,99
Květen 2018	1,54	2,65	2,47	6,67
Červen 2018	0,63	2,34	2,34	5,31
Červenec 2018	0,91	2,46	1,89	5,26
Srpen 2018	1,27	3,30	3,02	7,59
Září 2018	5,78	2,80	0,94	9,52
Říjen 2018	15,22	6,77	3,11	25,11
Listopad 2018	13,85	6,82	3,31	23,98
Prosinec 2018	5,70	3,21	0,95	9,85
Celkem	62,77	52,41	28,07	143,24
Vztaženo ke klimatizované ploše				



Obrázek 29: Měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2018



Obrázek 30: Měrné měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2017

Spotřeba elektrické energie klimatizačních zařízení v roce 2019

Pro rok 2019 byly získány pouze dvouměsíční naměřená data a to do 26. února 2019. Naměřená a získaná data jsem zpracoval a spotřeby elektrické energie jsem zaznamenal do Tab. 8.14. Dále jsem zpracoval tabulku (Tab. 8.15) měsíčních měrných spotřeb elektrické energie klimatizace pro rok 2019

Tab. 8.14 Spotřeby elektrické energie klimatizace (2019)

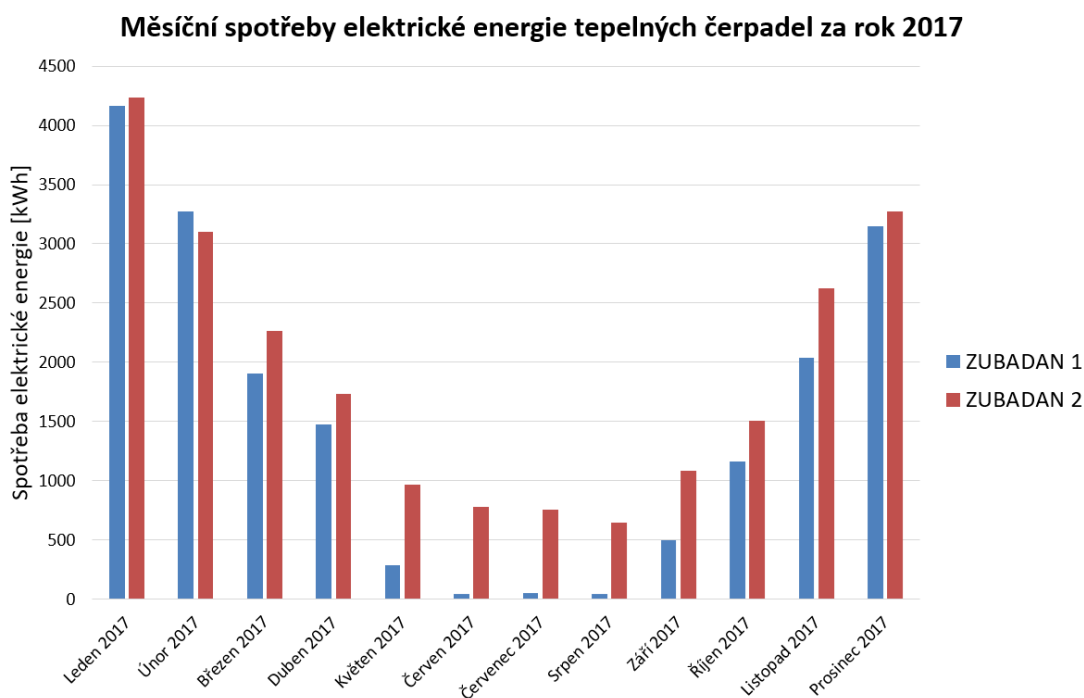
[kWh]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2018	1041	786	670	2497
Únor 2018	567	612	279	1457
Celkem	1607	1398	949	3954
Podíl	41%	35%	24%	

Tab. 8.15 Měsíční měrné spotřeby elektrické energie klimatizace (2019)

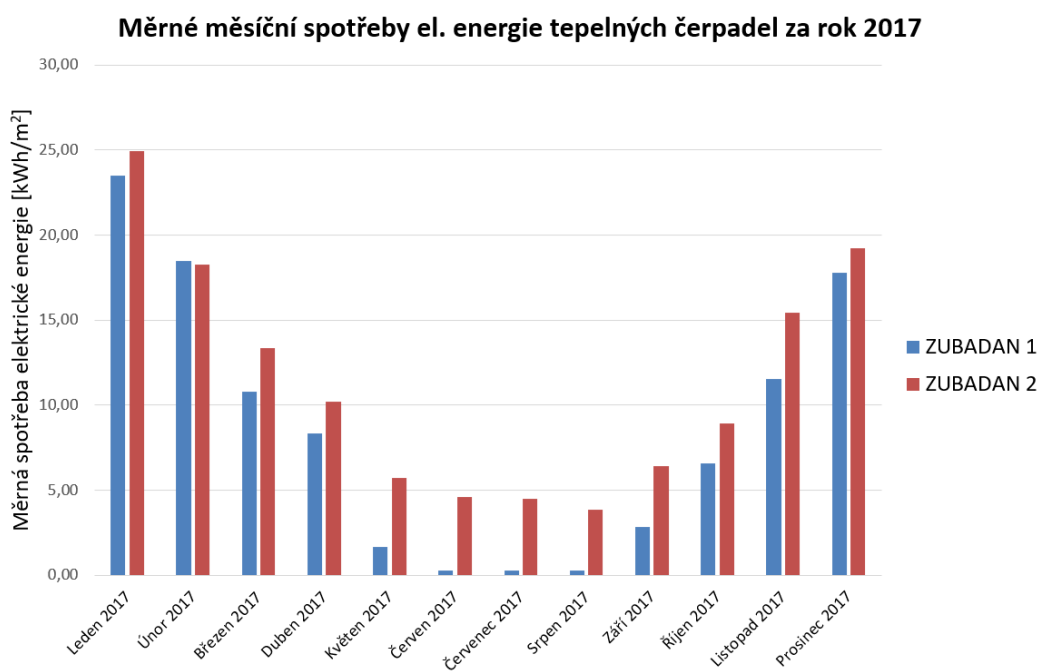
[kWh/m ²]	1.NP	2.NP	3.NP	Celkem
Leden 2018	5,88	4,63	2,63	13,13
Únor 2018	3,20	3,60	1,09	7,89
Celkem	9,08	8,23	3,73	21,03
Vztaženo ke klimatizované ploše				

8.2.2. Rozbor spotřeby tepelných čerpadel

Provedl jsem rozbor spotřeb elektrické energie venkovních tepelných čerpadel Zubadan používané pro vytápění a ohřev teplé vody. Jelikož stanovení spotřeby tepelných čerpadel nebylo hlavním předmětem této práce, příkládám sem pouze dva názorné grafy (Obr. 31 a Obr. 32) spotřeb a měrných měsíčních spotřeb elektrické energie pro rok 2017, kdy nebyl žádný výpadek měření.



Obrázek 31: Měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2017



Obrázek 32: Měrné měsíční spotřeby el. energie klimatizačních jednotek za rok 2017

8.3 Dopočet spotřeb elektrické energie

Jelikož v naměřených hodnotách byly velké výpadky měření, dalo se využít toho, že při výpadku se přestaly zapisovat data do systému a na příslušném elektroměru byl zanesen konečný stav. Po zapnutí měření se do dalšího období zvětšil stav daného elektroměru. Z toho lze soudit, že je možné sebe odečíst tyto stavy a tím získat spotřebu energie v období, kdy byl výpadek měření. Následně stačilo hodnoty podělit počtem měsíců, ve

kterých nebylo provedeno měření a výsledkem bylo získány průměrné hodnoty v době výpadku měření. Tohoto postupu jsem využil pro všechny měsíce, ve kterých byl výpadek měření. Dopočet spotřeb elektrické energie jsem provedl pro veškerá klimatizační zařízení a dále pro tepelná čerpadla Zubadan.

V Tab.8.16 je možné vidět kompletní zpracování měsíčních spotřeb elektrické energie pro každé jednotlivé roky. Černou barvou jsou vyznačeny hodnoty, které byly změřeny, červenou barvou jsou dopočtené hodnoty a modrou barvou jsou označeny hodnoty, které byly získáním průměrných hodnot pro daný měsíc ze stejného řádku.

Tab. 8.16 Celkové měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace

[kWh]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	1168	5375	2395	1814	3298	1764	2497
Únor	1168	4059	2395	1814	416	3893	1457
Březen	1168	2890	2395	1814	199	3209	1946
Duben	1168	1487	2395	1814	195	601	1277
Květen	1168	1199	2395	1814	319	1353	1375
Červen	1168	858	2395	1814	1234	1106	1429
Červenec	1168	438	792	1814	1644	1059	1152
Srpen	1422	2395	1814	1814	2030	1554	1838
Září	114	2395	1814	43	612	1739	1120
Říjen	1168	2395	1814	3231	678	4640	2321
Listopad	4374	2395	1814	4709	1403	4454	3191
Prosinec	6247	2395	1814	4196	1881	1795	3055

Tab. 8.16 Celkové měsíční spotřeby elektrické energie tepelných čerpadel Zubadan

[kWh]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	2504	3911	1657	1942	8398	6198	8131
Únor	1693	3285	1657	1942	6375	6511	5652
Březen	1693	2430	1657	1942	4173	5791	2948
Duben	1693	731	1657	1942	3208	1431	1777
Květen	1693	542	1657	1942	1256	581	1279
Červen	1168	406	1657	1942	830	531	1089
Červenec	247	115	201	1942	810	562	646
Srpen	388	1657	1942	1942	701	389	1170
Září	153	1657	1942	71	1586	829	1040
Říjen	963	1657	1942	2732	2676	2704	2112
Listopad	2657	1657	1942	4297	4665	1387	2768
Prosinec	2765	1657	1942	5862	6415	7192	4306

9 VYHODNOCENÍ SPOTŘEB ELEKTRICKÉ ENERGIE

Jelikož byly velké výpadky v měření, bylo nutné značné množství hodnot dopočítat. Tímto jsou tedy hodnoty velmi zkreslené a mohou se od skutečnosti velmi lišit. Z celkových 84 měsíců za 7 let bylo 44 měsíců naměřených, což je z celkového počtu 52 %. Tato procentuální hodnota platí pro klimatizační jednotky i pro tepelná čerpadla.

9.1 Spotřeby elektrické energie klimatizace

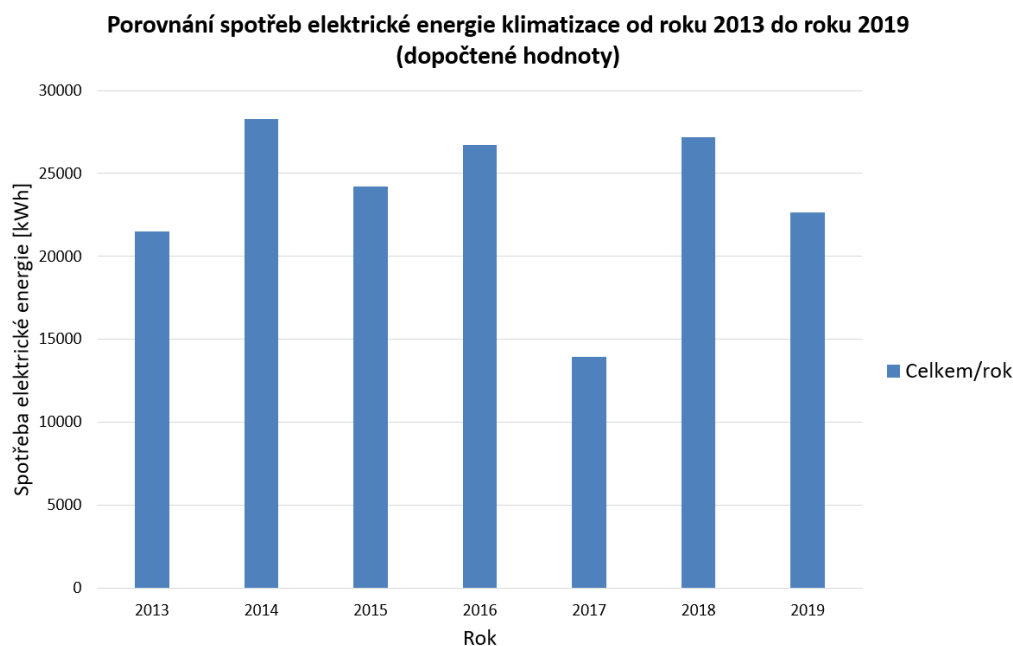
Z Tab.9.1 můžeme vidět jednotlivé měsíční spotřeby a dále celkové roční spotřeby pro celý objekt, dále průměrnou roční spotřebu a celkovou spotřebu elektrické energie. Nejnižších hodnot bylo dosaženo v roce 2017 a nejvyšších spotřeb bylo dosaženo v roce 2014.

Celková spotřeba elektrické energie za celé měřené období je 164 435 kWh, průměrná roční spotřeba činí 27 406 kWh.

Tab.9.1 Celkové měsíční spotřeby elektrické energie na provoz klimatizace

[kWh]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	1168	5375	2395	1814	3298	1764	2497
Únor	1168	4059	2395	1814	416	3893	1457
Březen	1168	2890	2395	1814	199	3209	1946
Duben	1168	1487	2395	1814	195	601	1277
Květen	1168	1199	2395	1814	319	1353	1375
Červen	1168	858	2395	1814	1234	1106	1429
Červenec	1168	438	792	1814	1644	1059	1152
Srpen	1422	2395	1814	1814	2030	1554	1838
Září	114	2395	1814	43	612	1739	1120
Říjen	1168	2395	1814	3231	678	4640	2321
Listopad	4374	2395	1814	4709	1403	4454	3191
Prosinec	6247	2395	1814	4196	1881	1795	3055
Celkem/rok	21501	28281	24232	26690	13908	27166	22657
Podíl	13%	17%	15%	16%	8%	17%	14%
Celkem	164435						
Průměr/rok	27406						

Na grafu (Obr.33) jsem porovnal spotřeby elektrické energie klimatizace od roku 2013 do roku 2019, kdy byla získána data. Porovnání spotřeb je z dopočtených hodnot, tudíž rok nezměřené měsíce se ve skutečnosti mohou lišit. Dle grafu je vidět, že nejnižší spotřeba byla v roce 2017, nejvyšší spotřeba v roce 2014, poté v roce 2018. Dále je z grafu patrné, že kromě roku 2013 jsou roční spotřeby elektrické energie velmi podobné.



Obrázek 33: Porovnání spotřeb el. energie klimatizace od roku 2013 do roku 2019

9.1.1 Měrné měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace

Vypracoval jsem měrné měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace pro všechny plochy a jako hlavní měrnou plochu jsem zvolil klimatizovanou plochu budovy, která činí 601,6 m² (Tab. 9.2). Dále jsem vypracoval měrné měsíční spotřeby elektrické energie vztažené k dalším plochám a tyto hodnoty jsem vynesl do jednotlivých tabulek (Tab. 9.3 až Tab. 9.5).

Tab. 9.2 Celkové měrné měsíční spotřeby el. energie vztaženo ke klimatizované ploše

[kWh/m ²]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	1,94	8,93	3,98	3,02	5,48	2,93	4,15
Únor	1,94	6,75	3,98	3,02	0,69	6,47	2,42
Březen	1,94	4,80	3,98	3,02	0,33	5,33	3,23
Duben	1,94	2,47	3,98	3,02	0,32	1,00	2,12
Květen	1,94	1,99	3,98	3,02	0,53	2,25	2,28

Červen	1,94	1,43	3,98	3,02	2,05	1,84	2,38
Červenec	1,94	0,73	1,32	3,02	2,73	1,76	1,92
Srpen	2,36	3,98	3,02	3,02	3,37	2,58	3,06
Září	0,19	3,98	3,02	0,07	1,02	2,89	1,86
Říjen	1,94	3,98	3,02	5,37	1,13	7,71	3,86
Listopad	7,27	3,98	3,02	7,83	2,33	7,40	5,30
Prosinec	10,38	3,98	3,02	6,97	3,13	2,98	5,08
Celkem/rok	35,74	47,01	40,28	44,37	23,12	45,16	37,66
Vztaženo ke klimatizované ploše							

Tab. 9.3 Celkové měrné měsíční spotřeby el. energie vztaženo k podlahové ploše

[kWh/m ²]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	1,41	6,51	2,90	2,20	3,99	2,14	3,02
Únor	1,41	4,92	2,90	2,20	0,50	4,72	1,77
Březen	1,41	3,50	2,90	2,20	0,24	3,89	2,36
Duben	1,41	1,80	2,90	2,20	0,24	0,73	1,55
Květen	1,41	1,45	2,90	2,20	0,39	1,64	1,67
Červen	1,41	1,04	2,90	2,20	1,49	1,34	1,73
Červenec	1,41	0,53	0,96	2,20	1,99	1,28	1,40
Srpen	1,72	2,90	2,20	2,20	2,46	1,88	2,23
Září	0,14	2,90	2,20	0,05	0,74	2,11	1,36
Říjen	1,42	2,90	2,20	3,91	0,82	5,62	2,81
Listopad	5,30	2,90	2,20	5,70	1,70	5,40	3,87
Prosinec	7,57	2,90	2,20	5,08	2,28	2,17	3,70
Celkem/rok	26,05	34,26	29,35	32,33	16,85	32,91	27,45
Vztaženo k podlahové ploše							

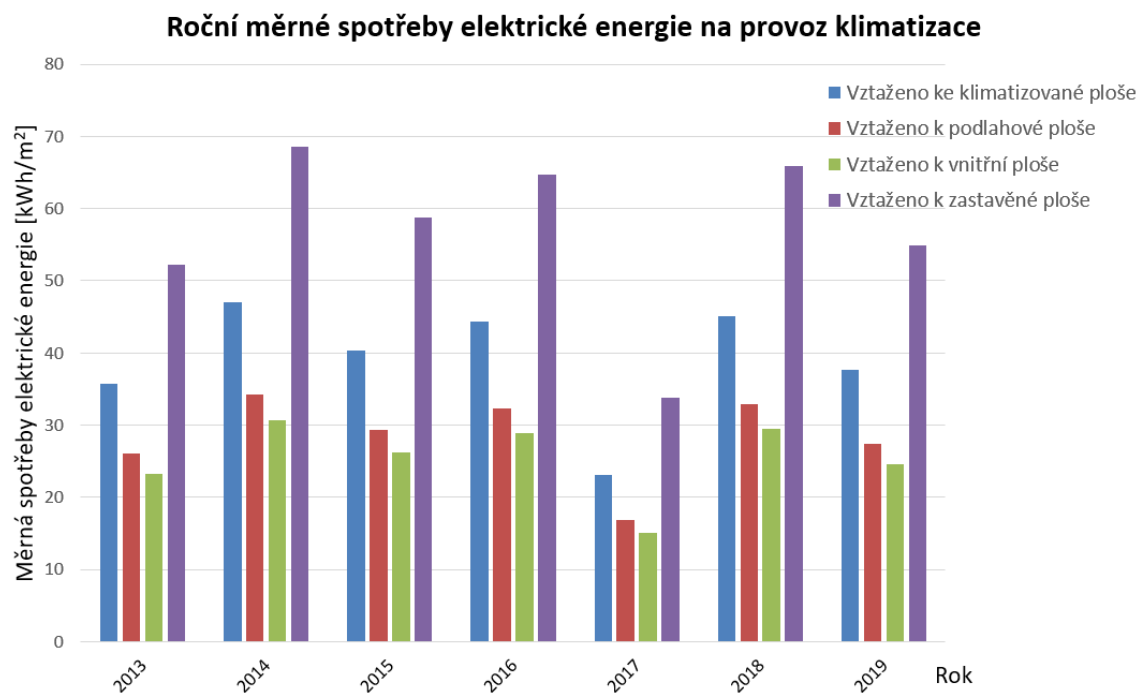
Tab. 9.2 Celkové měrné měsíční spotřeby el. energie vztaženo k vnitřní ploše

[kWh/m ²]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	1,27	5,83	2,60	1,97	3,57	1,91	2,71
Únor	1,27	4,40	2,60	1,97	0,45	4,22	1,58
Březen	1,27	3,13	2,60	1,97	0,22	3,48	2,11
Duben	1,27	1,61	2,60	1,97	0,21	0,65	1,38
Květen	1,27	1,30	2,60	1,97	0,35	1,47	1,49
Červen	1,27	0,93	2,60	1,97	1,34	1,20	1,55
Červenec	1,27	0,47	0,86	1,97	1,78	1,15	1,25
Srpen	1,54	2,60	1,97	1,97	2,20	1,68	1,99
Září	0,12	2,60	1,97	0,05	0,66	1,89	1,21
Říjen	1,27	2,60	1,97	3,50	0,73	5,03	2,52
Listopad	4,74	2,60	1,97	5,10	1,52	4,83	3,46
Prosinec	6,77	2,60	1,97	4,55	2,04	1,95	3,31
Celkem/rok	23,30	30,65	26,27	28,93	15,07	29,45	24,56
Vztaženo k vnitřní ploše							

Tab. 9.5 Celkové měrné měsíční spotřeby el. energie vztaženo k zastavěné ploše

[kWh/m ²]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	2,83	13,04	5,81	4,40	8,00	4,28	6,06
Únor	2,83	9,85	5,81	4,40	1,01	9,44	3,53
Březen	2,83	7,01	5,81	4,40	0,48	7,78	4,72
Duben	2,83	3,61	5,81	4,40	0,47	1,46	3,10
Květen	2,83	2,91	5,81	4,40	0,77	3,28	3,33
Červen	2,83	2,08	5,81	4,40	2,99	2,68	3,47
Červenec	2,83	1,06	1,92	4,40	3,99	2,57	2,80
Srpen	3,45	5,81	4,40	4,40	4,92	3,77	4,46
Září	0,28	5,81	4,40	0,10	1,48	4,22	2,72
Říjen	2,83	5,81	4,40	7,84	1,64	11,26	5,63
Listopad	10,61	5,81	4,40	11,42	3,40	10,80	7,74
Prosinec	15,16	5,81	4,40	10,18	4,56	4,36	7,41
Celkem/rok	52,16	68,61	58,79	64,75	33,74	65,91	54,97
Vztaženo k zastavěné ploše							

Z těchto hodnot jsem vypracoval graf, kde jsou zobrazeny všechny roční měrné spotřeby elektrické energie na provoz klimatizace. Z grafu je patrné, že hodnoty jsou pro každý rok velmi podobné a že nejvyšší hodnoty jsou pro zastavěnou plochu řešeného objektu.



Obrázek 34: Roční měrné spotřeby elektrické energie na provoz klimatizace

9.2 Spotřeby elektrické energie na vytápění a ohřev vody

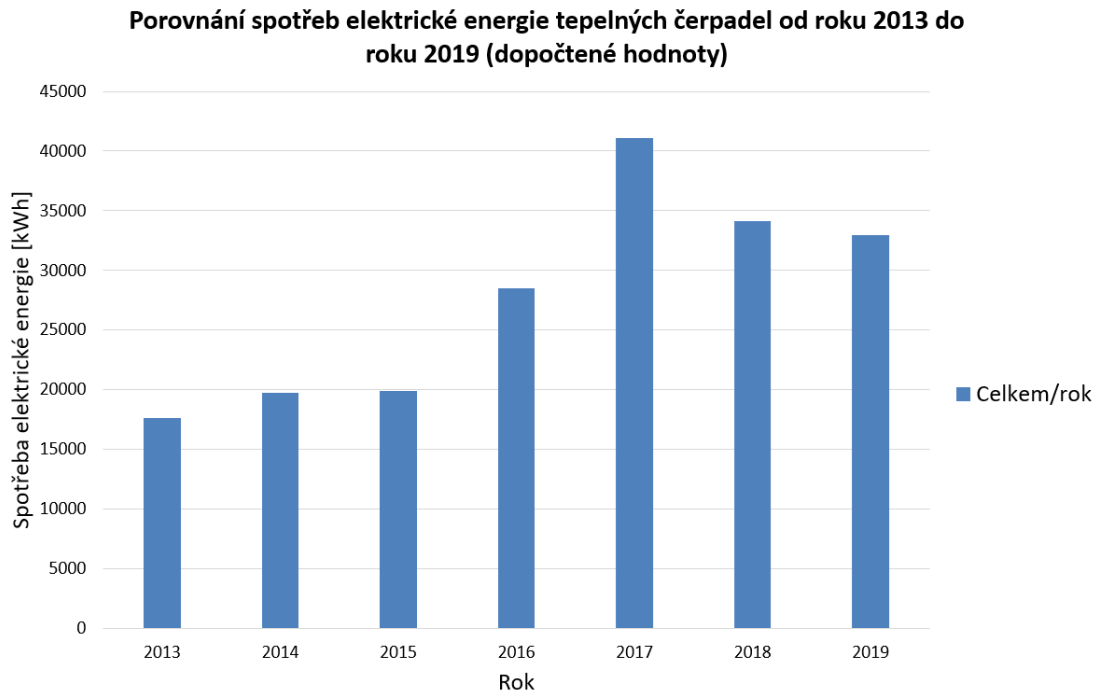
Dále jsem řešil spotřeby elektrické energie tepelných čerpadel Zubadan, které slouží pro vytápění a ohřev vody a tyto hodnoty jsem vynesl do tabulky (Tab. 9.6). Podobně jako u klimatizace jsem vypracoval i měsíční spotřeby elektrické energie tepelných čerpadel z dopočítaných hodnot. Nejnižších hodnot bylo dosaženo v roce 2013 a nejvyšších hodnot bylo dosaženo v roce 2017.

Celková spotřeba elektrické energie tepelných čerpadel za celé měřené období je 193 788 kWh, průměrná roční spotřeba činí 32 298 kWh.

Tab.9.6 Celkové měsíční spotřeby elektrické energie tepelných čerpadel Zubadan

[kWh]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Leden	2504	3911	1657	1942	8398	6198	8131
Únor	1693	3285	1657	1942	6375	6511	5652
Březen	1693	2430	1657	1942	4173	5791	2948
Duben	1693	731	1657	1942	3208	1431	1777
Květen	1693	542	1657	1942	1256	581	1279
Červen	1168	406	1657	1942	830	531	1089
Červenec	247	115	201	1942	810	562	646
Srpen	388	1657	1942	1942	701	389	1170
Září	153	1657	1942	71	1586	829	1040
Říjen	963	1657	1942	2732	2676	2704	2112
Listopad	2657	1657	1942	4297	4665	1387	2768
Prosinec	2765	1657	1942	5862	6415	7192	4306
Celkem/rok	17617	19705	19853	28498	41093	34106	32916
Podíl	9 %	10 %	10 %	15 %	21 %	18 %	17 %
Celkem	193788						
Průměr/rok	32298						

Obdobně jako u klimatizace jsem vytvořil graf (Obr.35) pro porovnání spotřeb elektrické energie tepelných čerpadel od roku 2013 do roku 2019 z dopočtených hodnot. Dle grafu je vidět, že spotřeba el. energie na klimatizaci v roce 2013 byla nejnižší, za to spotřeba el. energie na vytápění a ohřev teplé vody byl nejvyšší.



Obrázek 35: Porovnání spotřeb el. energie klimatizace od roku 2013 do roku 2019

10 ZÁVĚR

Dle zadání mé bakalářské práce jsem vypracoval analýzu klimatizace administrativní budovy v Pardubicích. Navíc jsem k tomu vypracoval analýzu vytápění a ohřevu tepelných čerpadel. Na základě této analýzy jsem zjistil, že v objektu byly od roku 2013 do roku září roku 2016 byly velké výpadky měření. Od září roku 2017 funguje systém zcela bez výpadků a díky tomu bylo možné zpracovat analýzu a spotřeby elektrické energie minimálně pro rok 2017 a 2018.

Z naměřených hodnot jsem vypracoval celkové příkony pro jednotlivé klimatické jednotky a dále pro tepelná čerpadla. Z těchto hodnot jsem následně vypracoval grafy se 14denním intervalem pro lepší přehlednost. Delší interval bych nedoporučoval z důvodů možné nepřehlednosti dat.

Dále jsem provedl analýzu spotřeb elektrické energie klimatizačních jednotek a tepelných čerpadel. Výsledkem analýzy spotřeb pro klimatizační jednotky je zjištění že vyšších hodnot bylo dosaženo v zimním období, jelikož tepelné ztráty budovy jsou vyšší než tepelné zisky budovy. Bylo zjištěno, že klimatizační zařízení je v zimním období využíváno jako sekundární vytápění objektu a v letním období využíváno pro chlazení objektu, především klimatizovaných prostor. Následně jsem provedl kontrolu a porovnání hodnot jmenovitých elektrických příkonu jednotek, které jsem porovnal s naměřenými hodnotami. Z těchto hodnot je patrné, že skutečný příkon jednotek je pod nominální hodnotou a že klimatizační systém je nadimenzován správně a s rezervou.

Výsledkem jsou jednotlivé měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace, dále celkové roční spotřeby pro celý objekt a průměrné roční spotřeby a také celkové spotřeby elektrické energie. Celková spotřeba elektrické energie klimatizace za celé měřené období je 164 435 kWh, průměrná roční spotřeba činí 27 406 kWh. Průměrná měrná spotřeba vztažena ke klimatizované ploše za celé měřené období činí 39,05 kWh/m².

Výsledkem analýzy spotřeb elektrické energie pro tepelná čerpadla je, že tepelné čerpadlo Zubadan 2 bylo využíváno po celý rok, jako primární zdroj pro vytápění a dále také pro ohřev teplé vody. Díky analýze bylo zjištěno, že tepelné čerpadlo Zubadan 1 funguje jako sekundární zdroj, který je v zimním období využíván pro vytápění a v letním provozu funguje na minimální výkon.

Pro tepelná čerpadla jsou podobně jako u klimatizace vypracovány jednotlivé měsíční spotřeby elektrické energie klimatizace, dále celkové roční spotřeby pro celý objekt a průměrné roční spotřeby a celkové spotřeby elektrické energie. Celková spotřeba elektrické energie tepelných čerpadel za celé měřené období je 193 788 kWh, průměrná roční spotřeba činí 32 298 kWh. Průměrná měrná spotřeba tepelných čerpadel vztažena ke klimatizované ploše za celé měřené období činí 46 kWh/m². "

Seznam použité literatury:

- [1] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06378-1.
- [2] DRKAL, František, Miloš LAIN a Vladimír ZMRHAL. *Klimatizace*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05652-3.
- [3] DBALÝ, Libor. *Provoz klimatizace administrativní budovy*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT v Praze, fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Miloš Lain Ph.d.
- [4] M-TECH SOLAR s.r.o. In: *Firmy.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-06-17]. Dostupné z: <https://www.firmy.cz/detail/2068890-m-tech-solar-s-r-o-pardubice-pardubicky.html>
- [5] ZMRHAL, Vladimír. PROJEKT III. (IV.) - Vzduchotechnika: Popis výpočtu tepelné zátěže klimatizovaných prostor dle ČSN 73 0548. [Http://www.users.fs.cvut.cz](http://www.users.fs.cvut.cz) [online]. b.r. [cit. 2019-06-19]. Dostupné z: http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf
- [6] Tepelná čerpadla Ecodan a Zubadan. <Http://www.zubadan.cz> [online]. 2017 [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: http://www.zubadan.cz/tepelne-cerpadlo-zubadan-download?f=qg9cdz&n=katalog_tepelnych_cerpadel_vzduch-voda_od_mitsubishi_electric_pro_r-2017-2018.pdf

Seznam příloh:

- Příloha č.1: Naměřená data - Excel Mtech1
- Příloha č.2: Naměřená data, klimatizace spotřeby - Excel Mtech2
- Příloha č.3: Grafy – Elektrické příkony venkovních jednotek - Excel Mtech3
- Příloha č.4: Grafy – Elektrické příkony jednotek - Excel Mtech4
- Příloha č.5: Naměřená data – Spotřeby elektrické energie jednotek - Excel Mtech5
- Příloha č.6: Výpočet a grafy naměřených hodnot – Spotřeby elektrické energie jednotek - Excel Mtech6
- Příloha č.7: Katalog tepelných čerpadel Zubadan a Ecodan