

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Technická fakulta

Katedra elektrotechniky a automatizace

**Snižování spotřeby elektrické energie ve  
vybraném podniku**

Diplomová práce

Autor: **Ondřej Rolník**

Vedoucí práce: Ing. Monika Hromasová, Ph. D.

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Rolník

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Snižování spotřeby elektrické energie ve vybraném podniku

Název anglicky

Reducing electricity consumption in selected company

---

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza současného stavu spotřeby elektrické energie a návrh opatření snižující spotřebu elektrické energie ve vybraném podniku.

Metodika

- úvod do problematiky snižování spotřeby elektrické energie
- analýza současného stavu spotřeby elektrické energie ve vybraném podniku
- měření a vyhodnocení naměřených údajů
- návrh opatření snižující spotřebu elektrické energie ve vybraném podniku
- zhodnocení navržených opatření

**Doporučený rozsah práce**

cca 50 stran

**Klíčová slova**

účinnost, výkon, zátěž, efektivnost

---

**Doporučené zdroje informací**

KORENC, V., HOLOUBEK, J. Kompenzace jalového výkonu v praxi. Praha: IN-EL, 1999. ISBN 80-86230-07-4.

ORSÁGOVÁ, J. Rozvodná zařízení. Brno: VUT v Brně.

PETRÁŠ, D. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. ISBN 978-80-8076-069-4.

TESAŘOVÁ, M. Průmyslová elektroenergetika. Plzeň: ZČU v Plzni, 2000.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Monika Hromasová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 12. 1. 2016

prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 04. 03. 2017

---

### **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Snižování spotřeby elektrické energie ve vybraném podniku“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 31.3. 2017

.....  
Podpis autora

## **Poděkování:**

Tímto bych rád poděkoval paní Ing. Monice Hromasové, Ph. D., za její cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování mé diplomové práce. Dále pak panu Jaroslavovi Frýdlovi za technickou podporu a zapůjčení třífázového analyzátoru.

## **Abstrakt:**

Cílem diplomové práce je seznámit se s výchozím stavem vybraného podniku a navrhnout opatření, která povedou ke snížení spotřeby elektrické energie. Diplomová práce je členěna do pěti částí. První část práce je věnována úvodu do problematiky spotřeby elektrické energie a dále pak uvádí všeobecné teoretické poznatky snižující spotřebu elektrické energie. V druhé části práce je nastíněn současný stav spotřeby elektrické energie. Následující část práce se zabývá měřením pomocí třífázového analyzátoru. Předposlední část práce se věnuje návrhu opatření, která vedou ke snížení spotřeby elektrické energie. V této části je i návrh bezpečnostního systému dle požadavků zadavatele podniku v tomto případě SVJ. Poslední část práce je věnována závěrečnému zhodnocení navržených opatření a nastínění optimálního způsobu financování těchto řešení.

**Klíčová slova:** účinník, výkon, zátěž, efektivnost

## **Reducing electricity consumption in selected company**

### **Summary:**

The main goal of this thesis is the introduction of the default state of chosen company and to propose measures that will lead to a reduction of the energy consumption. The thesis is divided into five parts. The first part is mainly focused on the introduction to the issue of the power consumption and also provides general theoretical knowledge in a field of reducing energy consumption as such. The second part of the thesis is focused on becoming acquainted with the company's current state of the energy consumption. The next part deals with the problematics of the measurement with three phase analyzer. The following part of the thesis is dedicated to the solutions of the reduction of energy consumption. In this part of thesis, there is also included the proposed plan of the safety system according to the client requirements the enterprise OA. The last part is focused to the final evaluation of the proposed measures and is focused also on the optimal method of financing these proposed solutions.

**Key words:** power factor, performance, power load, efficiency

# Obsah

<b>Cíl práce .....</b>	<b>1</b>
<b>Metodika práce .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Úvod do problematiky elektrická energie .....</b>	<b>2</b>
1.1 Zvýšením efektivity a účinnosti .....	5
1.1.1 Jednotlivá kompenzace .....	6
1.1.2 Skupinová kompenzace .....	7
1.1.3 Ústřední kompenzace .....	7
1.1.4 Smíšená kompenzace .....	8
1.1.5 Typy zdrojů osvětlení .....	8
1.2 Využití obnovitelných zdrojů energie .....	9
1.2.1 Fotovoltaické panely .....	9
1.2.2 Solární kolektory .....	12
1.2.3 Tepelná čerpadla .....	13
1.3 Měření termokamerou .....	16
1.4 Projektování systému EZS .....	17
1.4.1 Návrh bezpečnostního systému .....	17
1.5 Total Harmonic Distortion .....	19
<b>2 Analýza současného stavu spotřeby elektrické energie .....</b>	<b>20</b>
2.1 Výchozí stav .....	20
2.2 Požadavky zadavatele .....	20
2.3 Poskytovatel elektrické energie .....	21
2.4 Ekonomická situace SVJ .....	21
2.5 Stávající osvětlení .....	22
<b>3 Měření a vyhodnocení naměřených údajů .....</b>	<b>23</b>
3.1 Power link .....	23
3.2 Měření třífázovým analyzátozem .....	23
3.3 Vyhodnocení naměřených údajů .....	25
3.4 Denní cyklus měření .....	25
3.5 Týdenní cyklus měření .....	26
3.6 Celkové harmonické zkreslení .....	28
3.7 Vypínání ohřevu vody .....	29

3.8	Měření termokamerou .....	30
<b>4</b>	<b>Návrh opatření snižující spotřebu elektrické energie.....</b>	<b>32</b>
4.1	Snížení energetické náročnosti .....	32
4.2	Návrh osvětlení.....	32
4.3	Instalace fotovoltaických panelů na střechu .....	34
4.3.1	Návrh fotovoltaické elektrárny na střese panelového domu .....	35
4.3.2	Celková kalkulace .....	39
4.3.3	Návratnost investice .....	39
4.4	Instalace tenkovrstvého fotovoltaického panelu.....	43
4.4.1	Návrh tenkovrstvé fotovoltaické elektrárny na střese panelového domu.....	44
4.4.2	Celková kalkulace .....	45
4.4.3	Návratnost investice .....	45
4.5	Instalace fotovoltaické elektrárny na štítech panelového domu .....	46
4.6	Instalace fotovoltaické elektrárny pomocí markýz.....	46
4.7	Solární kolektory .....	47
4.8	Projektování systému EZS.....	51
4.8.1	Bezpečnostní analýza objektu .....	51
4.8.2	Výpočet záložního zdroje.....	53
4.8.3	Celková kalkulace .....	55
<b>5</b>	<b>Zhodnocení navržených opatření a závěr .....</b>	<b>56</b>
	<b>Použitá literatura.....</b>	<b>58</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>61</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>63</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>63</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>0</b>
	<b>Příloha 1 Měření kvality elektrické energie.....</b>	<b>1</b>
	<b>Příloha 2 Simulační program Polysun .....</b>	<b>7</b>
	<b>Příloha 3 Návratnost investice fotovoltaických panelů.....</b>	<b>9</b>



## **Cíl práce**

Cílem diplomové práce je analýza současného stavu spotřeby elektrické energie ve vybraném podniku, kterým je SVJ (společenství vlastníků jednotek) v panelovém domě a navrhnout opatření vedoucí ke snížení spotřeby elektrické energie.

## **Metodika práce**

V teoretické části bude pomocí dostupné literatury zpracován teoretický přehled, který nastíní možné snížení spotřeby elektrické energie ve vybraném podniku. Před samotným návrhem opatření snižující spotřebu elektrické energie bude nezbytné provést celkovou analýzu současného stavu vybraného podniku, z hlediska ekonomického i technického. Vybraným podnikem bude společenství vlastníků jednotek, tedy zkráceně SVJ. Analýza současného stavu bude probíhat přes výbor SVJ a bude čerpat údaje z dodané dokumentace i faktur, bude nutné znát taktéž účetní rozvahu a výkaz zisků a ztrát. Následně bude možné zjistit celkové cash-flow SVJ z hlediska nákladů i z případného zisku, ten je tvořen z větší části z dlouhodobých záloh na služby. Dále bude vyhověno požadavkům vedení SVJ na návrh bezpečnostního systému ve sklepním prostoru, kde pro budoucí návrh půdorysu místnosti, bude použit software pro tvorbu schémat Microsoft Visio ve verzi 2013. Po získání představy výchozího stavu objektu, dojde k měření termografické diagnostiky pomocí termokamery Flir i7, k měření elektrických veličin bude využít třífázového analyzátoru sítě od společnosti Metrel s označením MI 2192, který umožní během tří měsíců měření, vytvořit představu vývoje spotřeby elektrické energie. Pro vyhodnocení naměřených dat bude využít software Power link ve verzi 5.5., kde komunikace s třífázovým analyzátozem bude probíhat přes sériovou linku. Po vyhodnocení naměřených údajů bude možné přistoupit k návrhům opatření snižující spotřebu elektrické energie ve vybraném objektu. Další možností snížení spotřeby elektrické energie bude nově navržené osvětlení, které bude vycházet z naměřených hodnot spotřeby osvětlení v daném objektu. Poslední variantou úspory energie bude efektivnější způsob spotřeby vody s využitím solárních kolektorů. Návrh solárních kolektorů bude vycházet ze simulačního programu Polysun ve verzi 9.1.

# Teoretická část

## 1 Úvod do problematiky elektrická energie

Elektrická energie je podle definice schopnost elektromagnetického pole konat elektrickou práci. Čím větší energii má elektromagnetické pole, tím více elektrické práce může vykonat. Elektrický potenciál mají všechna tělesa s elektrickým nábojem. Nejčastěji se elektrický potenciál udává pro elektrické zdroje ve formě elektromotorického napětí. Schopnost přenášet elektrickou energii vyplývá z Maxwellových rovnic elektromagnetického pole, které toto pole přesně popisují. (1)

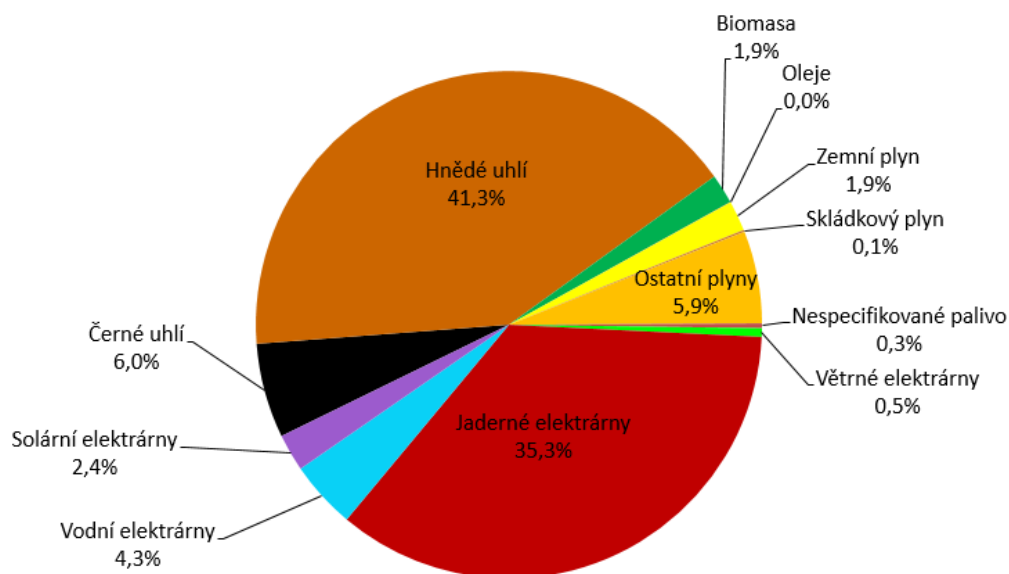
Energetika v České republice je postavena na využívání vlastních zdrojů a to především uhlí, z kterého se na našem území vyrobí téměř 50 % elektrické energie. (2) Vysoký podíl pevných paliv má za následek zvýšenou produkci emisí a to především jedovatého oxidu siřičitého a oxidu dusíku.

Uhelné elektrárny dodávají do elektrizační soustavy v České republice celkový výkon přesahující 40 GWh to je 45% podíl z celkové produkce vyrobené elektrické energie. Dvě české jaderné elektrárny zaujímají podíl 35 % z celkově vyrobené energie na našem území. (2) Na obnovitelné zdroje pak připadá méně jak 10 % z celkové produkce, z nichž nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem v ČR je vodní energie. Procentuální výrobu elektrické energie podle typu paliv znázorňuje obrázek 1.

V současné době jsou jednotlivé elektrárny v Česká republice schopné vyrobit dostatek elektrické energie a to nám zaručuje energetickou soběstačnost. Dokonce se elektrická energie stala exportní komoditou, kde zhruba 25 % produkce se vyváží do okolních států v Evropě. (3) Mezi největší dovozce elektrické energie patří sousední Německo, kam míří více než polovina českého exportu. (4) Mezi další importéry elektrické energie z České republiky patří Slovensko a Rakousko, které exportovanou energií pokrývá své denní špičky. Nejvíce z Evropy importují elektrickou energii Italové a to ve výši 44 TWh, Finsko 18 TWh, Belgie 18 TWh, Nizozemsko 15 TWh,

Maďarsko 13 TWh a naopak mezi největší exportéry elektrické energie patří Francie, která dodává elektrickou energii ve výši 67 TWh, Německo 34 TWh, Česká republika, Norsko, Švédsko se shodnými 16 TWh. (5)

Obrázek 1 Grafické znázornění výroby elektrické energie podle typů paliv v ČR za rok 2013 (2)



Je důležité mít na paměti, že postavení České republiky v Evropě jako země, která patří k jedním z hlavních exportérů elektrické energie v Evropě, nemusí trvat věčně. V České republice zásoby i těžba uhlí pro výrobu elektrické energie v tepelných elektrárnách dlouhodobě klesají. V tabulce 1 jsou uvedeny snižující se vytěžitelné zásoby černého uhlí. Většina tepelných elektráren je zároveň na hranici své životnosti nebo nemožnosti splnění ekologických limitů. Závislost výroby elektrické energie na černém a hnědém uhlí je stále okolo 50 %.

Tabulka 1 Vytěžitelné zásoby dle České geologické služby (6)

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vytěžitelné zásoby (mil. tun)	168,9	180,7	168,5	66,3	56,6	41,8

Jedním z dalších problémů, který netrápí pouze Českou republiku je zastaralá infrastruktura, která v mnoha případech není dimenzována na stále se zvyšující dlouhodobý nárůst spotřeby elektrické energie.

Vedoucí představitelé Evropské unie se v březnu roku 2007 dohodli, že do roku 2020 sníží spotřebu elektrické energie o 20 % a pro rok 2030 o 27 %. Pro představu to odpovídá zastavením provozu zhruba 400 elektráren. (7) Ale i z dnešního hlediska v roce 2017 stále přetrvává mnoho překážek, které by vedly k výše zmíněnému snížení spotřeby elektrické energie. Dlouhodobě spotřeba elektrické energie roste. Spotřeba elektrické energie vzrostla v období mezi rokem 1992 až 2008 o 66 %. Zatímco počet obyvatel za stejné období zaznamenalo nárůst jen o 24 %. (8)

V České republice byl v roce 2014 ukončen tendr na výstavbu 3. a 4. bloku pro jadernou elektrárnu Temelín. Dojde-li k uzavření uhelných elektráren bez plánu na výstavbu nových zdrojů, energetická soběstačnost v rámci výroby elektrické energie v ČR, může v blízké budoucnosti skončit. Proto je nutné se zamyslet, jak těmto problémům předcházet a stát se pokud možno energeticky nezávislími.

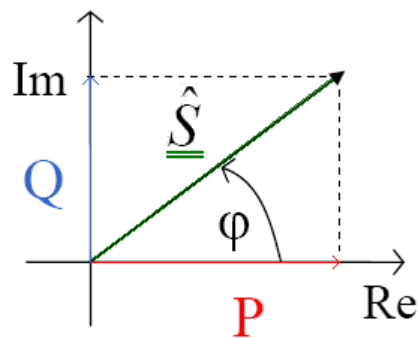
Elektrická energie je klíčovou komoditou a její cenový růst má přímý vliv na vývoj ekonomiky domácností a firem, a proto je na místě snižování spotřeby elektrické energie. Toho lze v konečném důsledku dosáhnout následujícími způsoby:

- snižováním energetické náročnosti,
- zvýšením efektivity a účinnosti,
- využití obnovitelných zdrojů energie.

## 1.1 Zvýšením efektivity a účinnosti

Jedna z metod umožňující snížování spotřeby elektrické energie je kompenzace účinníku. Ve spotřebiči se nachází činný, jalový a zdánlivý výkon. Vztah mezi činným, jalovým a zdánlivým výkonem je zobrazen na obrázku 2, kde úhel  $\varphi$  označuje účinník. Činný výkon vykonává ve spotřebiči práci, zatímco jalový výkon ve spotřebiči práci nevykonává a vrací se zpátky do elektrické sítě. Spotřebiče jako jsou například motory, transformátory, generátory odebírají větší proud, než odpovídá jejich činné složce výkonu a to způsobuje větší úbytky napětí, větší ztráty na vedení, a proto je zapotřebí zařízení dimenzovat na zdánlivý výkon, aby nedocházelo k sankcím od dodavatelů energií. Výhodou kompenzace je zmenšení celkového odebíraného proudu ze sítě, zmenšení ztrát výkonu na vedení, zmenšení úbytku napětí a nakonec také možnost vyjednat s odběratelem energií levnější sazbu za elektrickou energii. (9)

Obrázek 2 Trojúhelník výkonů (9)



Při rostoucí spotřebě elektrické energie je snaha nalézt způsoby, jak snížit ztráty při přenosu elektrické energie. V průmyslových podnicích je nejvýznamnějším způsobem úspory energie pomocí kompenzace účinníku. Průmyslová spotřeba zatěžuje síť jalovým odběrem. Nejčastěji používaným spotřebičem v průmyslu je asynchronní motor, aby byla zajištěna jeho funkčnost, je zapotřebí, aby byla v motoru činná složka a zároveň složka jalová, která slouží k vytvoření magnetického točivého pole v motoru, které je nezbytné pro správnou funkci motoru.

Způsobů, jak omezit jalovou složku, může být hned několik. Nejjednodušším řešením je opatření, které vede ke zlepšení účinníku bez nutnosti kompenzace. Například u motorů platí pár zásad. Omezení chodu naprázdno, málo zatížené motory by měly být nahrazeny menšími. V případech, kdy to není možné, je nutné alespoň tyto motory napájet sníženým napětím. Při chodu naprázdno je účinník velmi malý 0,1 až 0,2 a tak dochází k téměř čisté jalové zátěži.

Ke kompenzaci jalové složky se nejčastěji používají kondenzátory nebo synchronní kompenzátory.

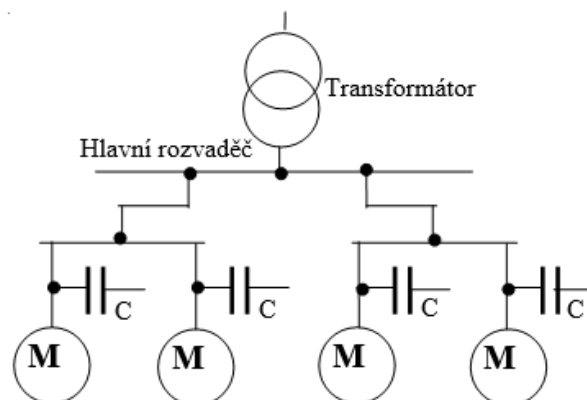
V běžných průmyslových podnicích rozeznáváme tři druhy kompenzace statickými kondenzátory:

- jednotlivou kompenzaci,
- skupinovou kompenzaci,
- ústřední kompenzaci.

### 1.1.1 Jednotlivá kompenzace

Při jednotlivé kompenzaci dochází ke kompenzaci každého spotřebiče zvlášť. Kompenzace účinníku se provádí paralelním připojením kompenzačního zařízení. Každý spotřebič může mít vlastní vhodně dimenzovaný kondenzátor. Při jednotlivé kompenzaci je možné docílit, že účinník je vykompenzován i v přívodech spotřebiče. Kompensátor se odpojuje zároveň se spotřebičem a v tomto případě motorem, jak je znázorněno na obrázku 3. Při špatném návrhu může dojít k překompenzování. Jednotlivá kompenzace má výhodu, že kompensátor nemusí být vybíjen, protože k vybití dochází přes vinutí motoru. Nevýhodou jednotlivé kompenzace je značně nákladná realizace v porovnání s ostatními způsoby kompenzace. Dále dochází k odlehčení vedení a k snížení úbytku napětí na přívodním vedení. U spotřebičů běžících krátký okamžik není kompensátor plně využit a v neposlední řadě se jednotlivá kompenzace nepoužívá u indukčních strojů a to z důvodů, že indukční stroj může za určitých podmínek přejít do generátorového chodu. Dalším negativním faktorem jednotlivé kompenzace je údržba a prostorová náročnost. Tento způsob kompenzace je vhodný pro stroje s vysokým časovým využitím a pro motory nad 5 kWh. (10)

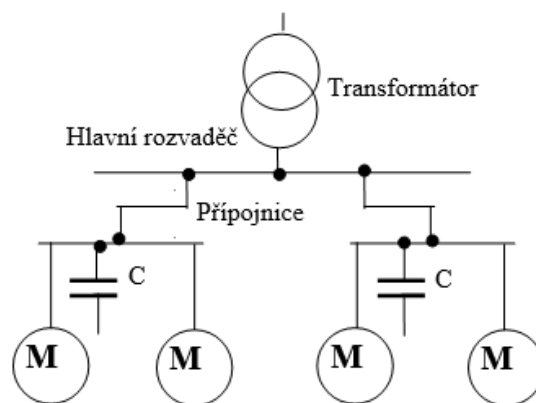
Obrázek 3 Jednotlivá kompenzace (9)



### 1.1.2 Skupinová kompenzace

Ve skupinové kompenzaci je kondenzátor připojen na přípojnice podružného rozvaděče. Tato možnost řešení je rozhodně levnější než předešlá varianta. Skupinová kompenzace vyžaduje vybíjecí rezistor, jištění, vypínače a ovládání. Prívod ke spotřebiči by měl být nastavený na nekompenzovaný výkon. Vedení od rozvaděče ke spotřebiči není kompenzovaný, jak je patrné z obrázku 4. Nutnost regulace jalového výkonu. Použití nejčastěji v rozvodu nízkého napětí pro skupiny motorů pod 5 kWh s nízkým časovým využitím. (10)

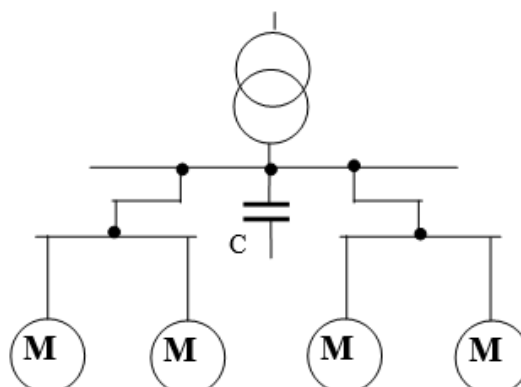
Obrázek 4 Skupinová kompenzace (9)



### 1.1.3 Ústřední kompenzace

Ústřední kompenzace má jedinou baterii kondenzátorů připojenou k přípojnicím hlavního rozvaděče. Ke kompenzaci dochází centrálně pro celý průmyslový podnik. K regulaci velikosti jalového výkonu dochází automaticky pomocí regulátoru. Výhodou ústřední kompenzace je menší kompenzační výkon. Ústřední kompenzace je znázorněna na obrázku 5. Používá se nejčastěji při málo proměnlivé zátěži. (10)

Obrázek 5 Ústřední kompenzace (9)



#### **1.1.4 Smíšená kompenzace**

Smíšená kompenzace je tvořena jednotlivými kombinacemi předchozích způsobů. Jedná se o nejčastěji používanou variantu v praxi, kde se využívají jednotlivé výhody ostatních typů kompenzace a kombinují se pro co nejefektivnější způsob kompenzace. (10)

#### **1.1.5 Typy zdrojů osvětlení**

Zvýšením účinnosti a efektivity lze dosáhnout i výměnou světelného zdroje. Světelné zdroje se od sebe vzájemně liší pořizovacími náklady, životností nebo náklady na provoz. Například pro výrobu jedné 75 W žárovky se spotřebuje 1,29 kWh energie; na 36 W zářivku je to 1,89 kWh, a při výrobě 15 W úsporné zářivky je to dokonce 3,36 kWh. (9) Zatímco tyto tři světelné zdroje vydávají srovnatelné množství světelného toku. Odlišují se ale svou životností a spotřebou elektrické energie.

##### **1.1.5.1 Žárovky**

Princip žárovky spočívá v zahřátí tenkého vodiče protékajícím proudem. Při zahřívání tenkého vodiče dochází k záření vlákna, aby vlákno neshořelo, je umístěno do vakua nebo jiného netečného plynu. Klasické wolframové žárovky jsou zastaralé a energeticky neekonomické. Žárovky většinu elektrické energie až 95 % převedou na teplo. Životnost wolframových žárovek je okolo 800 až 1 000 hodin provozu. (11)

##### **1.1.5.2 Úsporná kompaktní zářivka**

Úsporná kompaktní zářivka vychází z principu zářivkových trubic. Jedná se o efektivnější způsob přeměny elektrické energie na světlo než u klasických žárovek. Na světlo se přemění více jak 25 % vložené energie a oproti klasickým žárovkám nevyzařuje tak velké množství tepla. Nevýhodou realizace osvětlení úspornými zářivkami je pomalý náběh do plného světelného výkonu a zároveň špatná snášenlivost častého zapínání a vypínání svítidla. (12) Životnost úsporných zářivek je až 10 000 hodin provozu. (9)

##### **1.1.5.3 LED svítidla**

LED svítidla nabízí nejlepší efektivitu v přeměně elektrické energie na světlo s dlouhou životností okolo 100 000 hodin provozu. (9) Mezi další výhody LED svítidel patří, že neobsahují škodlivé látky jako je třeba rtuť. Rychlý náběh v řádek mikrosekund. Mezi nevýhody patří jejich vyšší pořizovací náklady ve srovnání s ostatními světelnými zdroji.



## 1.2 Využití obnovitelných zdrojů energie

V současné době je elektrická energie vyráběna většinou z fosilních paliv. Z důvodu jejich omezených zásob lze očekávat zvyšující se podíl elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Obnovitelné zdroje zatím nemohou být majoritní částí a zásadním zdrojem elektrické energie v České republice, ale mohou být významným regionálním a lokálním přínosem v místě výroby a to zvláště fotovoltaické panely. (13)

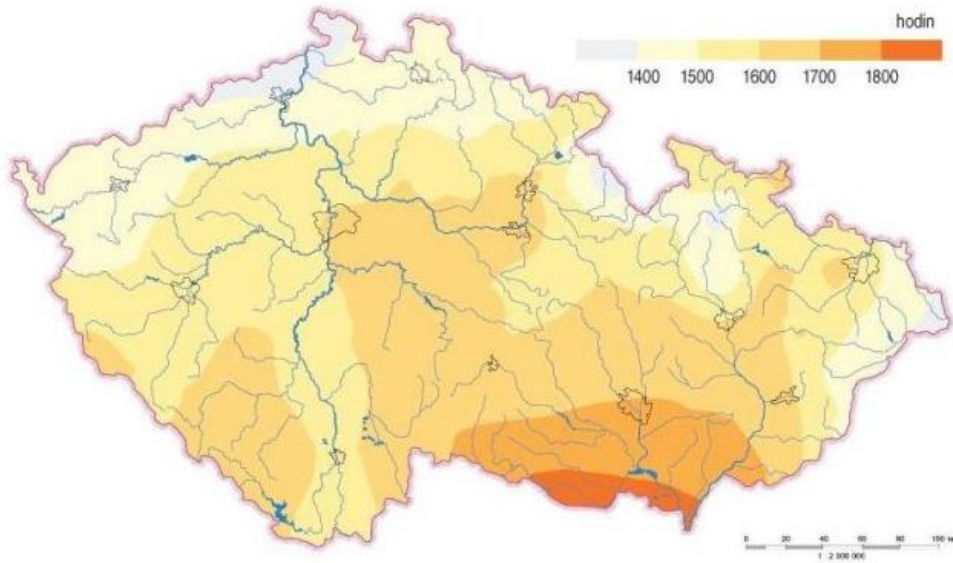
### 1.2.1 Fotovoltaické panely

Základem fotovoltaického panelu je křemíková destička s vodivostí typu P a tenká vrstva typu N. Fotovoltaický článek je v podstatě polovodičová dioda. Základem je tenká křemíková destička s vodivostí typu P, ve kterém převažují kladné díry. Na ní se při výrobě vytvoří tenká vrstva polovodiče typu N, kde je naopak přebytek volných elektronů. Obě vrstvy jsou odděleny a tvoří tzv. přechod P-N. Při dopadajícím slunečním zářením vznikne v polovodiči vnitřní fotoelektrický jev a v polovodiči se z krystalové mřížky začnou uvolňovat záporné elektrony. Energie dopadajícího světla se v článku mění na stejnosměrný elektrický proud, jenž je přímo úměrný ploše fotovoltaického článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření. (13), (14)

Fotovoltaické panely mají různé výkony a to nejčastěji od 100 až do 280 W v závislosti na jejich rozměrech. Výkonovou jednotkou panelů je značka Wp, která vychází z Wattpeak. Jedná se o hodnotu provedenou v laboratorních podmínkách při  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  při teplotě  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jde o přibližnou hodnotu, kterou by měl fotovoltaický panel dodávat při bezoblačnosti a optimálním sklonu.

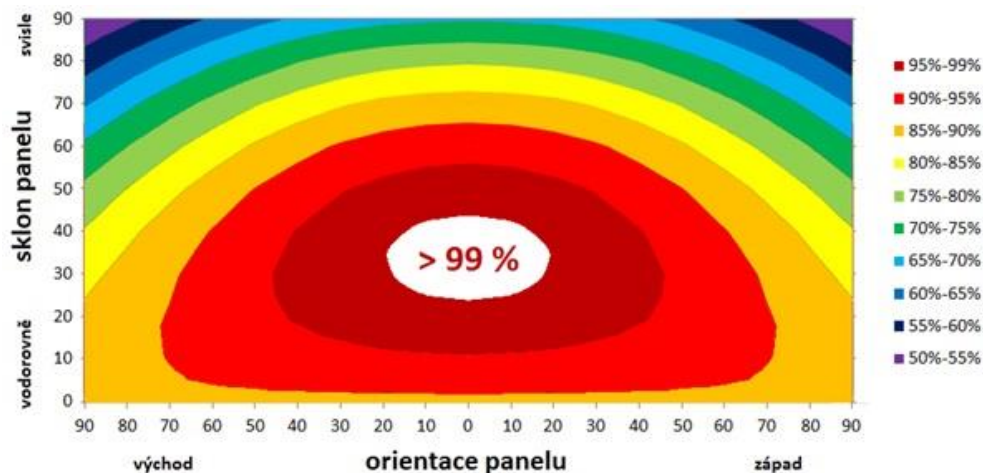
Česká republika svou geografickou polohou nepatří mezi nejideálnější místa z hlediska dopadu slunečního svitu, ale i přesto jsou v ČR dobré předpoklady pro využití fotovoltaické energie. Vhodné podmínky pro využití sluneční energie v České republice v průběhu roku kolísá. Na obrázku 6 je zobrazen průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu v České republice. Nejvyšší využití sluneční energie je od března do října. V ostatních měsících přibývá oblačnosti a tím ubývá množství dopadajícího slunečního svitu. Nejvhodnější oblastí pro využití sluneční energie je především jižní Morava, kde je pro srovnání s Prahou v některých oblastech až o 200 hodin slunečního svitu za rok více.

Obrázek 6 Průměrný roční úhrn globálního záření (15)



Při instalaci fotovoltaických panelů je důležité zajistit optimální orientaci a sklon, který by měl být přibližně  $35^\circ$ , jak je patrné z obrázku 7. Ideální orientace fotovoltaického panelů je na jih (J), v tomto spektru panel dodává maximální celoroční výnos elektrické energie. Pokud možnosti objektu nedovolují orientaci čistě na (J) je další možnosti jihozápad (JZ) a jihovýchod (JV), kde jsou ztráty výnosu oproti čistě J orientaci přibližně 5 %. Dalším důležitým parametrem při instalaci fotovoltaických panelů je jeho sklon. V případě realizace umístění fotovoltaického panelu do svislé polohy dochází ke snížení celoročního výnosu elektrické energie o 30 %.

Obrázek 7 Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu (16)



V případě instalace fotovoltaických panelů je několik způsobů upevnění, od kterého se odvíjí odlišný sklon a orientace panelu. Každá z možností má své výhody i nevýhody.

Návrh na instalaci fotovoltaických panelů nabízí nepřehledné množství způsobů, jak fotovoltaický panel začlenit do panelového domu, ať už instalací na plochou střechu nebo na štítovou stěnu objektu. Další možností je pokrýt panely zábradlí balkonů nebo využít fotovoltaických panelů jako markýzy.

#### **Výhody použití fotovoltaických panelů:**

- jedná se o nevyčerpatelný zdroj energie,
- fotovoltaické systémy vyžadují ve srovnání s ostatními obnovitelnými zdroji zanedbatelnou údržbu,
- nízké provozní náklady,
- úspora fosilních paliv,
- dlouhá životnost zařízení, výrobce garantuje 15 až 20 let, přičemž zařízení vydrží až 50 let nutno ale počítat s postupným snižováním účinnosti panelu.

#### **Nevýhody použití fotovoltaických panelů:**

- fotovoltaické panely nedodávají dostatek elektrické energie při nedostatku slunečního svitu,
- výrazné snížení účinnosti při nečistotách nebo v případě pokrytí vrstvy sněhu,
- fotovoltaické panely produkují stejnosměrný proud, který musí být přeměněn pomocí střídače na proud střídavý, to zvyšuje ztráty a pořizovací náklady,
- postupem času dochází ke snižování účinnosti, pokles výkonu je přibližně 1 % za rok provozu v závislosti na výrobci a typu panelu.

### 1.2.2 Solární kolektory

Solární kolektor je zařízení, které absorbuje sluneční energii a přeměňuje ji na energii tepelnou. Solární kolektor se skládá z absorberu, který je vyroben z mědi nebo hliníku. Povrch absorberu je upraven tak, aby pohlcovал co nejvíce slunečního záření. Získané teplo se odvádí vodou nebo nemrznoucí kapalinou proudící v trubicích. (17) Dále se pak kolektor skládá z krycího skla, které omezuje tepelné ztráty, přední stěny kolektoru a izolace, která brání úniku tepla z absorberu.

Pro případy havarijních stavů, jakým je například výpadek elektrického proudu a tím zastavení oběhu je v okruhu nainstalována expanzní nádoba, která vyrovnává tlakové výkyvy. (18)

Teplo získané v solárních kolektorech se využívá k přitápění nebo k ohřevu vody. Částečně lze získané teplo ze solárních kolektorů akumulovat v tepelně odizolovaných nádržích. Pro celoroční využití je zapotřebí použít doplňkový zdroj energie např. elektrickou energii, zemní plyn. Při maximální výtěžnosti systému je zapotřebí J orientace. Při jiné orientaci výtěžnost klesá obdobně jako u fotovoltaických panelů. Solární kolektor se nejčastěji dělí podle konstrukce na ploché, trubicové a koncentrační. (19)

#### **Výhody použití fotovoltaických panelů:**

- nevyčerpatelný zdroj energie,
- snížení nákladu na ohřev vody nebo vytápění.

#### **Nevýhody použití fotovoltaických panelů:**

- instalace vyžaduje další úpravy v objektu,
- nelze využít bez kombinace s jiným zdrojem energie,
- kolísavost intenzity slunečního záření.

### 1.2.3 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla patří mezi alternativní zdroje energie a mohou sloužit k vytápění nebo k ohřevu vody. Výstupní teplota závisí na topném faktoru tepelného čerpadla. Topný faktor udává účinnost tepelného čerpadla podílem výkonu a příkonu, tedy poměrem mezi vyrobeným a spotřebovaným teplem. Například tepelné čerpadlo s topným faktorem  $\epsilon=3$  spotřebuje 1 kWh elektrické energie, a zároveň vytvoří 3 kWh energie tepelné, tím lze ušetřit až 2/3 celkových nákladů. (20)

Podle toho, z jakého zdroje se teplo čerpá a kam se přenáší, rozdělujeme tepelná čerpadla na:

#### Země - voda

Teplo se čerpá z kolektoru uloženého v zemi. Tento druh tepelných čerpadel se hodí spíše pro rodinné domy, kde jsou větší možnosti na vhodný pozemek z hlediska rozměrů, který je při realizaci zapotřebí. (21)

Výhody:

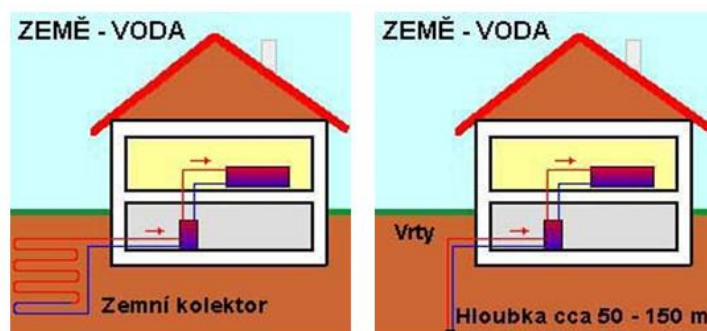
- vysoká životnost tepelného čerpadlo,
- nízké investiční náklady srovnatelné se vzduchovými tepelnými čerpadly,
- bezúdržbové a nehlukné řešení.

Nevýhody:

- řešení s plošným kolektorem vyžaduje dostatečně velký pozemek o 200 až 400 m<sup>2</sup>, (21)
- kvalitní zemina mohou nastat komplikace v místech, kde je skála, písek nebo velké kameny,
- problém se může dostavit i při rozmístění budoucích staveb, jako je bazén, garáž apod.

Na obrázku 8 vlevo je tepelné čerpadlo země - voda, kde dochází k ohřevu pomocí kolektoru uloženého v zemi a na obrázku vpravo vzniká ohřev z hloubkového vrtu v hloubce přibližně 50 až 150 metrů. Hloubkové vrtky jsou dražší možností než kolektory uložené v zemi ale oproti nim mají menší nároky na zastavěnost plochy.

Obrázek 8 Tepelné čerpadlo země-voda (9)



### Voda - voda

Tepelné čerpadlo voda - voda odebírají teplo ze spodní vody jako např. studna, potok, řeka, rybník. Voda je ze studny čerpána do výměníku tepelného čerpadla a po ochlazení vrácena zpět do země. Jeden metr hloubky studny stojí průměrně 1 000 Kč. Vrty by se měly od sebe umísťovat nejméně 10 metrů od sebe. (9)

Výhody:

- jedná se o řešení s nejvyšším topným faktorem,
- zpětné využití odpadního tepla,
- nižší nároky na prostor na rozdíl od systému s vrty,
- nižší investiční náklady ve srovnání s tepelnými čerpadly s vrty. (22)

Nevýhody:

- možnost použití jen v lokalitách s dostatkem vody,
- vyšší náklady na údržbu (čistění filtrů a výměníků),
- nižší životnost komponent z důvodu čerpání vody. (22)

### Vzduch - voda

Jak název napovídá, energie se odebírá ze vzduchu. Tepelné čerpadlo odebírá odpadní vzduch, který je následně ochlazen tepelným čerpadlem. Odebrané teplo může být využito k ohřevu čerstvého vzduchu, vytápění nebo k ohřevu vody v objektu. Provedení tepelného čerpadla vzduch – voda je na obrázku 9. (23)

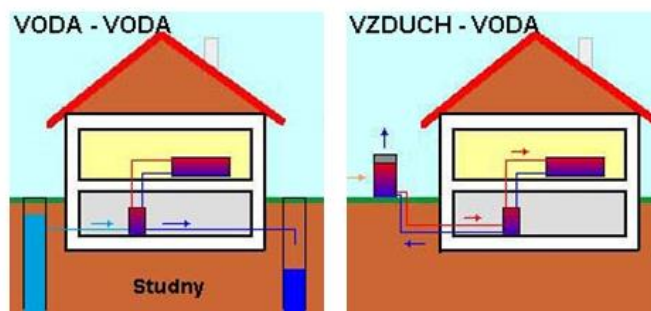
Výhody:

- jednodušší instalace,
- možnost rekuperace tepla. (23)

Nevýhody:

- nízký výkon. (23)

Obrázek 9 Tepelná čerpadla voda – voda a vzduch voda (9)



### 1.3 Měření termokamerou

Při měření termokamerou je zapotřebí dodržet několik důležitých zásad. V případě nedodržení těchto zásad může dojít k ovlivnění naměřených hodnot. Měření by mělo probíhat při nízkých okolních teplotách a bez přítomnosti tepelného slunečního záření. Sluneční záření je natolik silné, že i po několika minutách po východu slunce dochází k prohřátí fasády domu. Přímé sluneční záření zabraňuje nalezení tepelných mostů. Důležitým parametrem při měření termokamerou je emisivita. Emisivita vyjadřuje poměr intenzity vyzařovaného reálného tělesa k intenzitě černého tělesa o stejné teplotě. Pro nastavení emisivity na termokameře je možné zvolit několik způsobů. Pokud je známý měřený materiál je možné emisivitu určit dle tabulky. Další možností je kontaktní metoda, při které dochází nejprve ke změření teploty pomocí kontaktního měřidla. Hodnota emisivity se nastavuje do doby, kdy se teplota vyhodnocena termokamerou shoduje s naměřenou hodnotou teploty změřenou kontaktním měřením. Mezi další metody patří např.:

- metoda využívající materiál s referenční emisivitou,
- metoda použitím černého tělesa,
- metoda využívající fázový přechod.



## 1.4 Projektování systému EZS

Při návrhu bezpečnostního systému je nutno pohlížet, jak na oblast hmotnou tak i duševní, která poskytuje lidem obývajícím objekt pocit bezpečí. Zatímco hmotná oblast zaručuje fyzickou ochranu. Zabezpečovací systém by měl minimalizovat pravděpodobnost poškození majetku nejen společných prostor ale i jednotlivých bytů obyvatel.

### 1.4.1 Návrh bezpečnostního systému

Ze statistiky vyplývá, že častějším výběrem zlodějů jsou spíše byty než rodinné domy. Z četnosti vloupání, je nejvyšší počet evidován v hlavním městě Praze viz. tabulka 3. Podle statistiky policie ČR se pachatelé dostávají do objektu nejčastěji okny a hlavními dveřmi. Další méně časté způsoby jsou uvedeny v tabulce 2. Návrh bezpečnostního systému je proto zaměřen na nejzranitelnější místa objektu.

*Tabulka 2 Statistika způsobu napadení objektu pro Prahu za rok 2005 (24)*

<b>Způsob napadení objektu</b>	<b>Procentuální zastoupení</b>
Okny	35 %
Hlavními dveřmi	33,6 %
Dveřmi z chodby	9,9 %
Zadními dveřmi	5,5 %
Přes mříže	3,7 %
Skrze okenice	2,1 %
Výlohou	1,9 %
Přes plot	1,9 %
Sklepem	1,4 %
Dveřmi z balkonu	1,2 %
Jiným způsobem (střechou, po bleskosvodu, světlík)	3,8 %

Tabulka 3 Počet vloupání dle jednotlivých krajů v ČR za rok 2005 (24)

Kraj	Byty	Rodinné domy
Středočeský	363	1 154
Jihočeský	142	228
Západočeský	229	402
Severočeský	771	617
Východočeský	194	415
Jihomoravský	582	782
Severomoravský	681	588
Hl. m. Praha	2 505	638
Česká republika	5 537	4 824

K napadení objektu dveřmi a okny dochází z více než 68 % případů, a proto je nutné se na ně primárně zaměřit. To ale neznamená, že ostatní části objektu nebudou nijak zabezpečeny. Objekt je potřeba vnímat komplexně se všemi souvislostmi a mít na paměti, že stupeň bezpečnosti je na takové úrovni, jako je třída bezpečnosti nejslabší komponenty.

Každý detektor v elektrickém zabezpečovacím systému musí být certifikován zkušebnou a je mu přiřazen určitý stupeň bezpečnosti. Tyto stupně jsou definovány podle normy ČSN EN 50 131-1. Jednotlivé stupně nabývají hodnot od 1 do 4, kde čím větší stupeň tím větší schopnost a dovednost je kladena na potenciálního narušitele. V případě, že podle normy se předpokládá stupeň zabezpečení ve třetím stupni, nelze použít žádnou komponentu systému, která by nedosahovala alespoň této úrovně. To znamená, že instalovaný systém zabezpečovacího systému přísluší do té kategorie, do které patří nejnižší z komponent.

## 1.5 Total Harmonic Distortion

Jedná se o veličinu definující celkové zkreslení sinusového signálu. V případě, že hodnota THD roste, dochází k nekvalitnímu výstupu původního vstupního signálu. To způsobí zvýšený šum a snížení celkové kvality signálu. Celkové harmonické zkreslení neboli THD, je definováno jako poměr součtu amplitudy všech harmonických složek k výkonu základní frekvence. (25) THD se běžně vyjadřuje v procentech a v některé literatuře se uvádí v decibelech.

## 2 Analýza současného stavu spotřeby elektrické energie

### 2.1 Výchozí stav

Jako podnik je zvoleno společenství vlastníků jednotek (SVJ) spravující panelový dům v Praze s 80 bytovými jednotkami. Rozměry panelového domu jsou 58 metru na délku a 16 metrů na šířku, jak je zobrazeno na obrázku 10, který vychází z katastrální mapy. Objekt má za sebou částečnou rekonstrukci, při které došlo v roce 2010 k zateplení obvodových stěn, rekonstrukci střechy, výměně oken a vchodových dveří. Bytový dům má sedm pater a tři hlavní vchody a v každém z vchodů se nachází výtah. V suterénní části se nachází sklep s dalšími společnými prostory. Panelový dům má vypracovaný energetický štítek dle novely zákona o hospodaření s energií s výsledkem hodnocení C neboli vyhovující. Orientace objektu je JV. Ohřev vody je ohříván pomocí plynového kotle. Cena tepla je podle vyúčtování 502 Kč.GJ<sup>-1</sup>. Spotřeba teplé vody za rok 2015 je 3 934 m<sup>3</sup>.

Obrázek 10 Rozměry objektu (26)



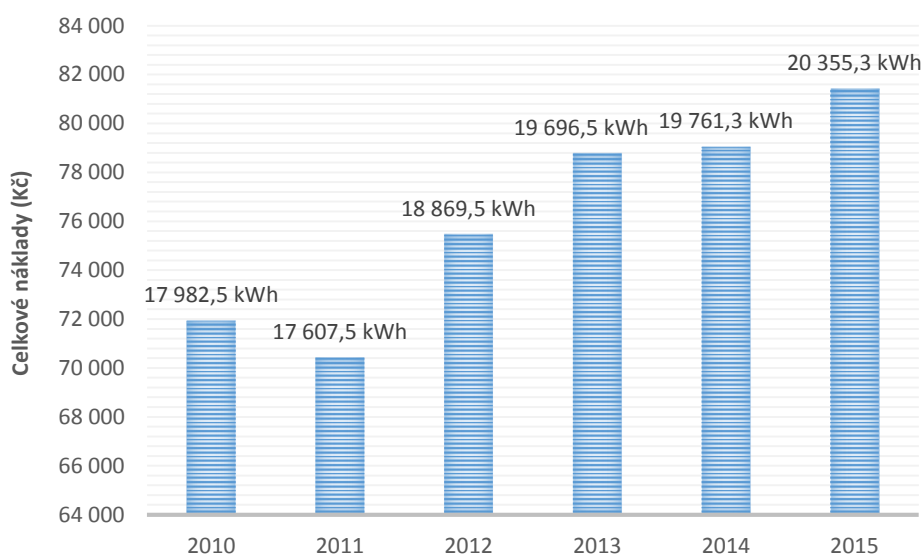
### 2.2 Požadavky zadavatele

Navrhnout investici, která by vedla ke snížení nákladů a splňovala kritérium návratnosti v horizontu 15 let. Zkontrolovat technický stav zateplení obvodových stěn a navrhnout efektivnější způsob osvětlení společenských prostor. Vytvořit bezpečný kamerový systém s vlastním uložištěm napojený na PC. Navrhnout záložní zdroj a zabezpečit sklepní prostor, který by měl být ve druhém stupni ochrany podle normy ČSN EN 50 131-1.

## 2.3 Poskytovatel elektrické energie

Z fakturačních údajů SVJ vyplývá, že poskytovatelem elektrické energie je společnost PRE se sazbou C02d. Jedná se o jednotarifovou distribuční sazbu, která je určena pro střední spotřebu. Celkově spotřebovaná elektrická energie byla za období leden 2015 až prosinec 2015 ve výši 20 355 kWh. Celkové náklady za tento rok činily 81 421 Kč. Na obrázku 11 je evidentní, že od roku 2010 do roku 2015 celkové náklady za elektrickou energii vzrostly o téměř 12 %. V roce 2010 došlo k zateplení panelového domu, a proto byla v tomto roce evidována vyšší spotřeba elektrické energie než v roce 2011.

Obrázek 11 Grafické znázornění celkových nákladů za elektrickou energii společných prostor v jednotlivých letech

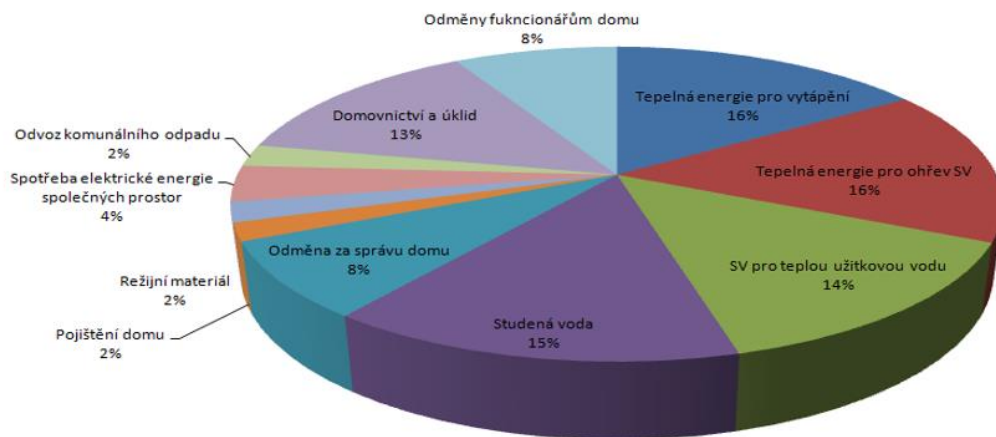


Zdroj: Vyúčtování nákladů a záloh SVJ

## 2.4 Ekonomická situace SVJ

V prosinci roku 2009 bylo vlastníky rozhodnuto o investici na provedení rekonstrukce. Výše úvěru se rovná 15 milionům korun českých. Měsíční splátka je 124 922,33 Kč. První splátka je zaznamenána v roce 2011 21. července. Poslední splátka je splatná do roku 2025 21. května. Banka poskytla fixní úrokovou míru ve výši 5,01 % do roku 2017 20. 6., kdy může při stávajících nízkých úrokových sazbách předseda a člen výboru vyjednat s bankou výhodnější úrok. Příjem SVJ je 380 000 Kč, v této částce jsou započítány režijní náklady, zálohy na energii pro ohřev vody a vytápění, pojištění domu, odměna za správu domu, studená voda, domovníctví a úklid, elektrická energie společných prostor, odměny funkcionářům, ostatní služby. Procentuální zastoupení jednotlivých nákladů jsou uvedeny v grafickém znázornění na obrázku 12.

Obrázek 12 Grafické znázornění jednotlivých nákladů SVJ za rok 2015



Zdroj: Vyúčtování nákladů a záloh SVJ za rok 2015

## 2.5 Stávající osvětlení

V objektu je osvětlení řešeno pomocí starých wolframových žárovek, jak je patrné z obrázku 13. Vypínače jsou v jednotlivých vchodech paralelně propojené a osvětlují celý vchod při stisku vypínače z jakéhokoliv patra. Nastavení doby svícení je pomocí relé nastaveno na 2 minuty. Dalším jednotlivým světelným okruhem jsou sklepní prostory a společné prostory v suterénní části.

Obrázek 13 Typ osvětlení v objektu



### 3 Měření a vyhodnocení naměřených údajů

Pro měření kvality elektrické energie byl použit třífázový analyzátor sítě od Slovinské společnosti Metrel s označením POWER QUALITY ANALYZER MI 2192. Analyzátor sítě umožnil měřit napětí, proud, frekvenci a zkreslení sinusového signálu THD.

Analyzátor je schopen měřit dle české státní normy ČSN 50 160. Jedná se o normu, která charakterizuje napětí dodávané z distribuční sítě. Definiuje odchylky, hodnoty, nesymetrie sítě a krátkodobá přerušení napájecího napětí.

Analyzátor kvality elektrické energie je vhodné použít i při velmi častých případech zničení elektrických zařízení, kde lze pomocí analyzátoru zjistit, z jakých důvodů dochází k poruchám.

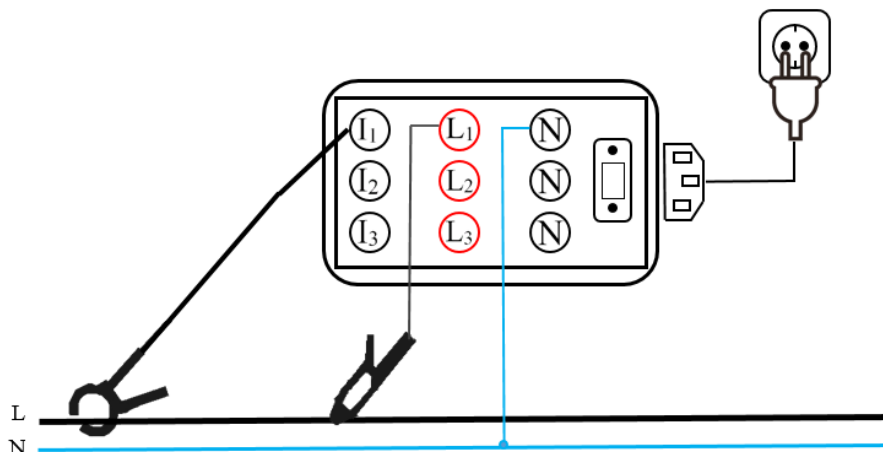
#### 3.1 Power link

Power link je software, který umožňuje komunikaci mezi třífázovým analyzátozem sítě a počítačem. Komunikace probíhá přes sériový port RS 232. Software, který je součástí balení nabízí nastavení rychlosti komunikace *Instrument Baud Rate*. Analyzátor povoluje režimy měření v nabídkách *periodics*, *anomalies*, *statistics* a *EN 50 160*. Hodnoty lze zobrazit v grafu a nastavit dle požadovaného filtru jejich zobrazení. Software umožňuje zobrazit anomálie a zobrazit jejich výskyt v závislosti na čase.

#### 3.2 Měření třífázovým analyzátozem

Měření probíhalo na podružném rozvaděči, který byl připojen k hlavnímu rozvaděči, jak je patrné z blokového schématu na obrázku 15. Měření na hlavním rozvaděči nebylo možné uskutečnit, protože se jedná o rozvaděč, který byl zaplombovaný společností PRE. Pro správnou funkci analyzátoru bylo zapotřebí zapojit proudový a napětový okruh třífázového analyzátoru. Proudový okruh byl připojen pomocí klešťového měřícího ampérmetru a napětový okruh byl zapojen na fázi a nulový vodič rozvaděče, jak je patrné z obrázku 14, na kterém je znázorněné schéma zapojení. Došlo tedy k jednofázovému zapojení. Analyzátor sítě byl po většinu měření nastavený v režimu *Periodics*. V tomto režimu analyzátor sbíral data po určitý časový úsek.

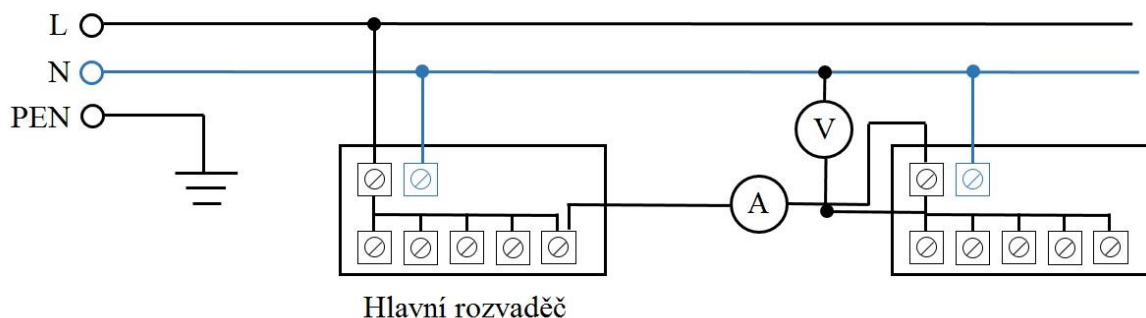
Obrázek 14 Schéma zapojení analyzátoru sítě



Měření probíhalo ve dvou cyklech, kde v prvním z cyklů docházelo k odečítání hodnot po 30 sekundách. V tomto denním cyklu došlo k měření od pátku do čtvrtka a to pouze všední dny. Měření v denním cyklu umožnilo z naměřených hodnot interpretovat chování lidí a jejich návyky v závislosti na spotřebě elektrické energie v jednotlivých dnech.

Další z měření bylo měření probíhající v týdenním cyklu. Tento opakující se cyklus probíhal každé pondělí během třech měsíců a to 24 hodin denně. Tento cyklus měření umožnil analyzovat a vzájemně porovnávat každé pondělí během třech měsíců a nalézt podobné nebo totožné znaky ve spotřebě elektrické energie. Časový interval k odečítání hodnot byl nastaven v intervalu 60 sekund. Celkem došlo v týdenním cyklu k 9. měření. Měření probíhalo od 19. 12. 2016 do 27. 2. 2017.

Obrázek 15 Blokové schéma

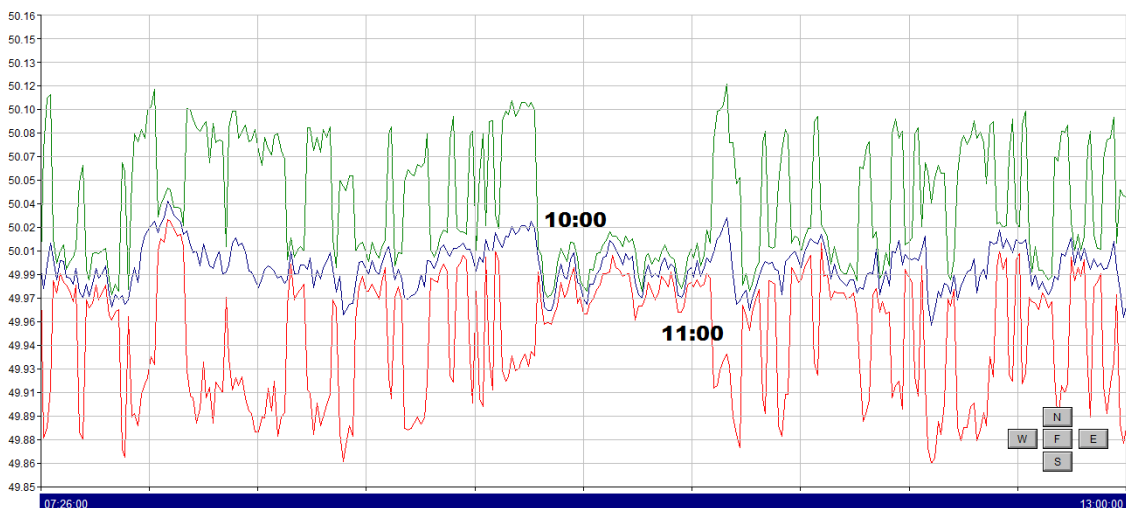




### 3.3 Vyhodnocení naměřených údajů

Z naměřených hodnot frekvence bylo zřejmé, že naměřená data splňovala veškeré požadavky stanovené normou ČSN 50 160, která povoluje interval hodnot frekvence v rozmezí 49,5 Hz až 50,5 Hz. Tedy odchylku ve výši  $\pm 1\%$ . Na obrázku 16 je patrné, že při měření frekvence nedošlo k žádným anomáliím. Frekvence se během měření pohybovala v rozmezí od 49,85 Hz do 50,12 Hz. K nejmenším výkyvům frekvence v obvodu docházelo mezi 10 a 11 hodinou dopoledne. Tento jev byl pozorovatelný i z hodnot, které byly měřené v ostatních dnech. Nepatrné nárůsty frekvence nastávaly v ranních hodinách, kdy docházelo zároveň i k nárůstu napětí. Barevné rozdělení v grafu je následující. Zeleně je znázorněna maximální hodnota frekvence. Modře průměrná hodnota frekvence a nakonec červeně je vykreslena minimální hodnota frekvence.

Obrázek 16 Celkový průběh frekvence 9. 12. 2016



Zdroj: Vlastní z programu Power Link

### 3.4 Denní cyklus měření

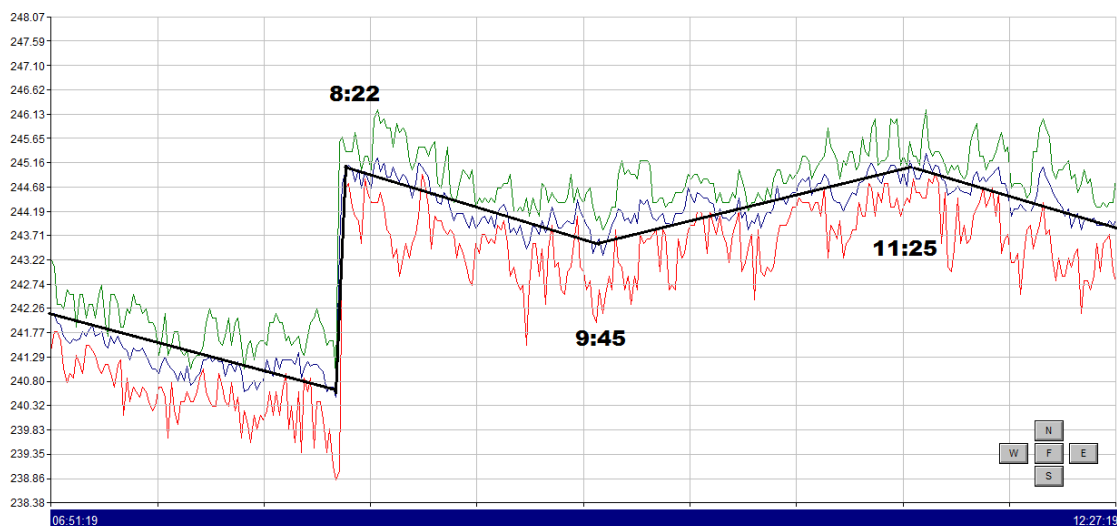
Z naměřených hodnot napětí z pátku 9. 12. 2016 lze usoudit, že první den měření byl největší napěťový nárůst po 8 hodině ranní. Maximální napětí bylo 248 V a to v čase 11:51. V jednu hodinu odpoledne napětí klesalo a oscilovalo v rozmezí mezi 243 V a 246 V. Napětí by se mělo pohybovat v rozmezí  $\pm 10\%$ , aby splňovalo českou státní normu ČSN 50 160. Minimální hodnota napětí naměřena dne 9. 12. 2016 byla 239 V. Maximální hodnota napětí byla 248 V difference mezi jednotlivými naměřenými hodnotami

byla v rozmezí 3,63 %. Celkový průběh napětí je uveden v příloze 1 měření kvality elektrické energie.

Nadcházející pracovní den probíhalo měření až v pondělí 12. 12. 2016, kde došlo k nárůstu napětí až okolo 9:00 hodiny ranní. Poté se hodnoty napětí ustálily a oscilovaly v rozmezí mezi 244 V a 246 V. K napěťovým výkyvům docházelo v 9:35 a 11:17 hodin, kdy došlo k poklesu minimálních hodnot napětí. Tento jev byl pravděpodobně způsoben menším výskytem osob v objektu v době měření.

V úterý 13. 12. 2016 vznikl počáteční napěťový přírůstek po 8:00 hodině ranní stejně jako při měření, které probíhalo v pátek 9. 12. Od 8:30 hodin ráno dochází k poklesu, který se zastavil až 9:45 hodin a z tohoto lokálního minima má napětí pomalu rostoucí tendenci. V 11:25 hodin se napětí v síti opět snížilo viz. obrázek 17.

Obrázek 17 Denní cyklus měření napětí dne 13. 12. 2016



Zdroj: Vlastní z programu Power Link

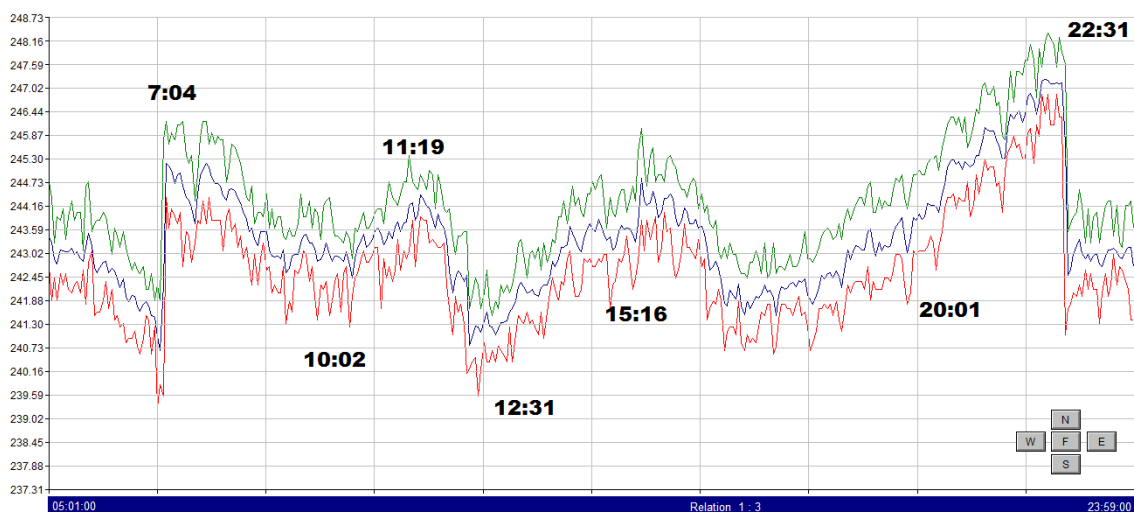
Ve středu 14. 12. 2016 došlo k nárůstu napětí podobně jako předchozí dny tj. okolo 8:00 hodiny ranní. Ve čtvrtek 15. 12. 2016 došlo k podobnému chování a nárůstu napětí okolo 8:00 hodiny, což lze přičítat zvýšenému pohybu osob dopravující se do práce a využívající elektrickou energii ve společných prostorách.

### 3.5 Týdenní cyklus měření

V tomto režimu bylo provedeno celkem devět měření, které probíhaly od prosince do února. Čas měření byl nastaven na 24 hodin a odečítání hodnot probíhalo během jedné

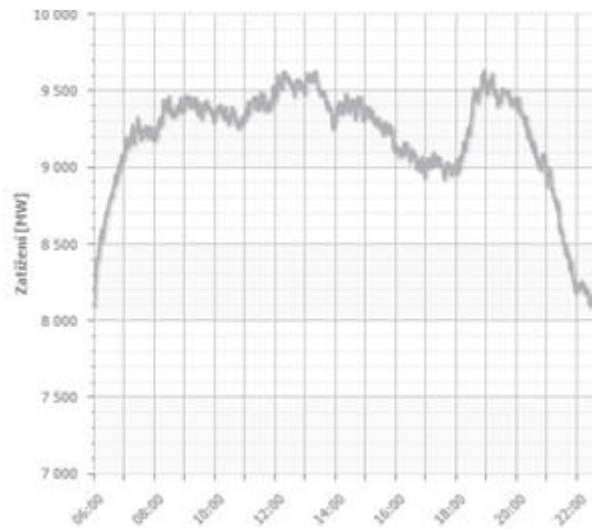
minuty. Na obrázku 18 je znázorněn průběh napětí ze dne 16. 1. 2017. Největší napěťový nárůst byl evidován v 7:00 hodin ráno. Poté došlo k menšímu snížení napětí a v 10 hodin k opětovnému nárůstu. V 12:31 hodin došlo k poklesu napětí na 239 V. V tento okamžik napětí nabývá až do 16:00 hodin. Maximální hodnota napětí dne 16. 1. 2017 byla 248 V ve 22:31 hodin. Poté dochází k poklesu a k ustálení hodnot. Tento nárůst lze pravděpodobně přičíst větší četnosti používání osvětlení v objektu, které mělo vliv na zvýšení napětí. Tento jev byl patrný i z ostatních dnů, které jsou uvedeny v příloze měření kvality elektrické energie. Ranní nárůsty napětí byly nejčastěji zaznamenány okolo 7:00 hodiny ránní. Ke kontinuálním nárůstům hodnot napětí dochází i v ostatních dnech měření. Největší hodnoty napětí byly nejčastěji v časech mezi 21:30 až 22:30 hodin. V případě porovnání se zatížením elektrizační soustavy od společnosti ČEPS, dochází k nejvyšším nárůstům stejně okolo 7:00 hodiny ránní, jako při měření třífázovým analyzátozem v objektu. Maximální zatížení elektrizační soustavy bylo dne 20. 3. 2017 v 19:00 hodin. Zatímco maximální hodnota napětí v měřeném objektu ze dne 16. 1. 2017 byla až v 22:30. Celkový průběh elektrizační soustavy je znázorněn na obrázku 19.

Obrázek 18 Týdenní cyklus měření napětí ze dne 16. 1. 2017



Zdroj: Vlastní z programu Power Link

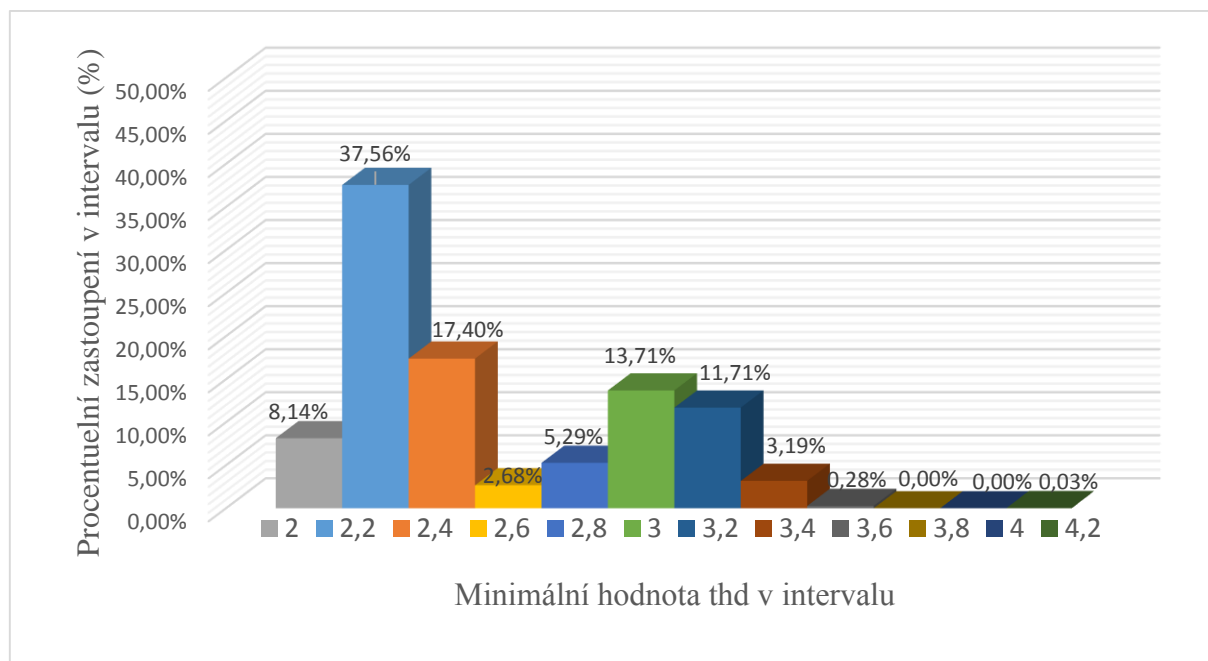
Obrázek 19 Zatížení elektrizační soustavy 20. 3. 2017 (27)



### 3.6 Celkové harmonické zkreslení

Při měření celkového harmonického zkreslení se hodnoty nacházely v intervalech od 1,81 - 4,17 %  $\text{thd}U_1$ . To znamená, že v místě a době měření docházelo k rušení signálu. K nejvyššímu nárůstu došlo 9. 12. 2016 v 8:42 hodin, tedy v době, kdy došlo i k nárůstu napětí. V tento okamžik došlo k již velmi silnému harmonickému zkreslení, které dosahovalo naměřené hodnoty 4,17 %. Zatímco nejnižší hodnota THD byla dle měření 1,81 % a to 15. 12. 2016 v 10:46 hodin, kdy došlo k ustálení hodnot napětí a menšímu výskytu osob nacházející se ve společných prostorách objektu. Celkový činitel zkreslení THD napájecího napětí musí být menší nebo roven 8%, aby splňoval požadavky dané normou ČSN 50 160. Z toho to hlediska je podmínka splněna, protože maximální hodnota harmonického zkreslení při měření kvality energie na podružném rozvaděči dosahovala, již výše zmíněných 4,17 %. Během měření se hodnota harmonického zkreslení nacházela v rozmezí 2 až 2,2 % a to s téměř 38% zastoupením. Na obrázku 20 je zobrazeno procentuální četnost zastoupení harmonického zkreslení. Grafické znázornění procentuálního zastoupení harmonického zkreslení vychází z více než 3 500 hodnot.

Obrázek 20 Procentuální zastoupení THD



### 3.7 Vypínání ohřevu vody

Dalším měřením byl přerušovaný ohřev vody. Měření spočívalo v nalezení optimálního způsobu, jak s minimálními náklady ohřát teplou vodu v objektu, aniž by došlo ke snížení komfortu obyvatel panelového domu.

Měření probíhalo celkem 42 dní a to přesně od 15. října 2016 do 2. prosince 2016. V prvním odečtu se zaznamenala výchozí hodnota a došlo k nastavení kotle na přerušovaný ohřev vody a to v časech od 23:00 do 4:00 hodin ráno. To znamená, že v tento časový interval nedocházelo k ohřevu vody a ohřev teplé vody byl úplně zastaven. Teplota teplé vody vydržela pro obyvatelé domu přibližně jednu hodinu po vypnutí ohřevu. V závislosti na spotřebě a okolní teplotě, poté teplota teplé vody klesala. Během těchto dní byla naměřena průměrná denní spotřeba 1,47 GJ na den. Dne 4. listopadu roku 2016 byl nastaven režim kotle na nepřerušovaný ohřev teplé vody a měření probíhalo celkem 28 dní a poslední hodnota byla odečtena 2 prosince 2016. V tomto režimu byla průměrná denní spotřeba 2,58 GJ na den. Jednotlivé odečtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4. Dle vyúčtování nákladů a záloh byla cena za ohřev teplé vody za rok 2015 502,5 Kč.GJ<sup>-1</sup>. Roční náklady dosahují částky 267 782 Kč v režimu přerušování a 473 395 Kč při trvalém ohřevu. Úspora pro vlastníky domu by činila při nastavení kotle na přerušovaný ohřev celkem 205 613 Kč za jeden rok.

Omezení ohřevu vody v nočních hodinách, kdy je spotřeba teplé vody minimální, vyžaduje souhlas většiny majitelů domu, a proto tento způsob řešení není vhodný pro každý bytový komplex, kde nejsou obyvatelé domu schopni se na přerušeném ohřevu domluvit.

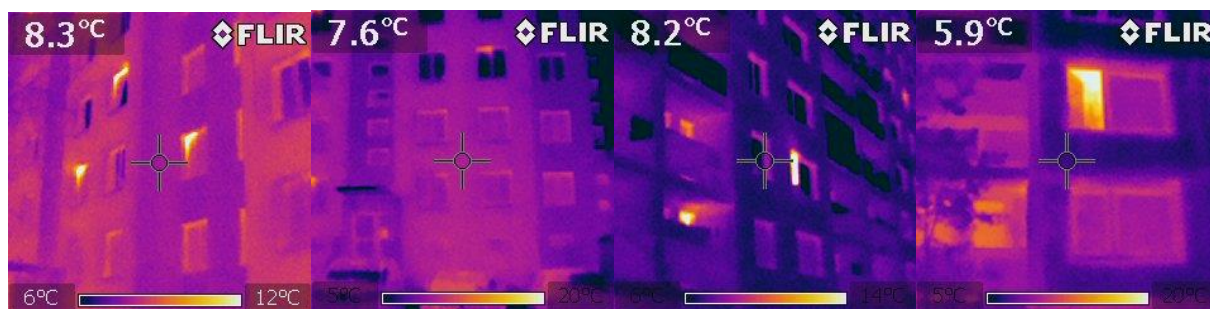
Tabulka 4 Ohřev teplé vody

Datum	Stav (GJ)	Rozdíl (GJ)	Počet dnů mezi měřeními	Průměrná spotřeba na den (GJ/den)
15. říjen 2016	0	došlo pouze k odečtení výchozí hodnoty		
4. listopad 2016	29,35	29,35	20	1,468
16. listopad 2016	57,25	27,9	12	2,325
18. listopad 2016	62,6	5,35	2	2,675
30. listopad 2016	91,03	28,43	12	2,369
2. prosinec 2016	96,94	5,91	2	2,955
		Počet dní celkem	Průměrná spotřeba na den (GJ/den)	
Přerušovaný provoz		20	1,46	
Neprerušovaný provoz		28	2,58	

### 3.8 Měření termokamerou

Společenství vlastníků jednotek v roce 2010 snížilo energetickou náročnost budovy z hodnocení E nevhodná na C vyhovující. Došlo k zateplení obvodových stěn, instalaci nových plastových oken a rekonstrukci střechy. Pro kontrolu došlo k měření pomocí termokamery Flir i7. Měření se provádělo při teplotě vnějšího vzduchu okolo 10 °C a v bytových jednotkách teplota dosahovala teploty 21 °C. Emisivita byla nastavena na  $\varepsilon = 0,94$ . Je možné konstatovat, že zateplení obvodových stěn bylo provedeno kvalitně. Tepelné mosty a tepelné vazby mezi konstrukcemi, kde často dochází k chybám na straně zhotovitele, byly v pořádku. Problematické bývají nejčastěji lodžie, ale ani zde nebyly zjištěny žádné nedostatky, jak je patrné z obrázku 21.

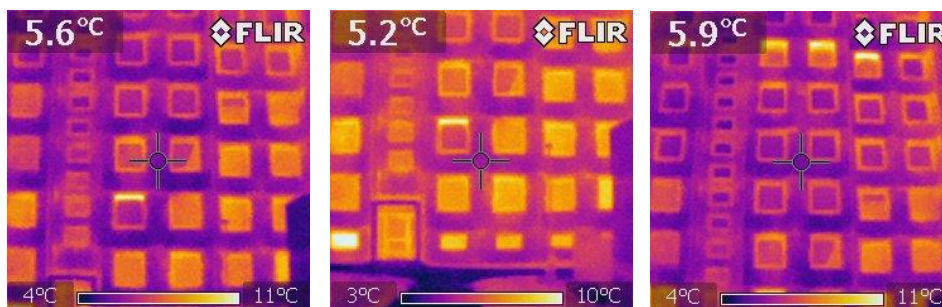
Obrázek 21 Měření termokamerou zateplený objekt



Zdroj: Termokamera Flir i7

Pro porovnání byly pořízené snímky i ze sousedního panelového domu, který zateplen není. Jedná se o stejný panelový dům ze stejného roku. Fotografie z termokamery jsou zobrazeny na obrázcích 22. Největší ztráty u nezatepleného sousedního panelového domu byly patrné u oken. U zatepleného objektu jsou tepelné ztráty také okolo oken, ale ne v takové míře jako na obrázcích 22. Dále je ze snímků zřejmé, že v určitých místech jsou ztráty u oken větší než v jiných částech. To je způsobeno tím, že některá okna byla v době měření otevřena.

Obrázek 22 Měření termokamerou nezateplený sousední panelový dům



Zdroj: Termokamera Flir i7

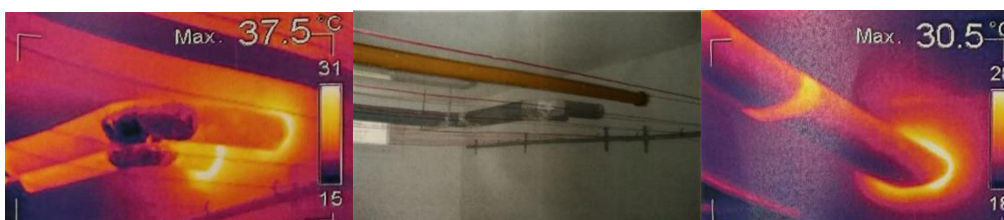
Zhotovitel se, ale přeci jenom určitých chyb dopustil. Při měření termokamerou ThermaCam E4 za teploty vnějšího vzduchu  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  a při teplotě vnitřního vzduchu  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  bylo zjištěno, že na střeše nástavby je patrný tepelný most, který je vidět na obrázku 23. Měření probíhalo i v technickém podlaží, kde se nachází rozvody potrubí ústředního vytápění i teplé vody. Výsledky měření ukázaly vysoké povrchové teploty izolace viz. obrázek 24.

Obrázek 23 Tepelný most na střeše zástavby v místě soklu



Zdroj: ThermaCam E4

Obrázek 24 Nedostatečná tepelná izolace rozvodů ústředního vytápění a teplé vody



Zdroj: ThermaCam E4

## **4 Návrh opatření snižující spotřebu elektrické energie**

### **4.1 Snížení energetické náročnosti**

Bylo by vhodné nechat provést kontrolu stávajících rozvodů teplé vody a ústředního topení. V případě naměření stejných nebo podobných hodnot jako při měření termokamerou ThermaCAM E4 je řešením nechat opravit nebo doplnit tepelnou izolaci v technickém podlaží. Pokud by dané opatření nebylo uskutečněno, docházelo by k vysokým finančním a tepelným ztrátám.

Po zateplení objektu jsou největší tepelné ztráty způsobeny odvětráváním bytových jader. V této oblasti je možné vedení SVJ doporučit v rámci budoucí rekonstrukce vzduchotechnický systém s rekuperačními jednotkami, jako je lokální rekuperační jednotka DL 50. Při rekuperaci dochází ke zpětnému získávání tepla, což má za následek, že teplý vzduch neodchází bez užitku ven.

### **4.2 Návrh osvětlení**

Pokud má dojít k efektivnímu nakládání s elektrickou energií je vhodné uvažovat o světle s pohybovým senzorem jako je světlo od společnosti Ecoplanet s označením W131-BI s čidlem viz. obrázek 25. Pohybový senzor má spotřebu okolo 0,9 W a obsahuje integrovaný vysokofrekvenční detektor, který pracuje na základě vysílání vysoko-frekvenčních elektromagnetických vln. Pohyb je snímám až do vzdálenosti 9 metrů. Reakce na soumrak lze nastavit v rozmezí 2 až 2 000 lux. Patice je E27. Jedná se o ideální řešení pro osvětlení schodiště a chodby. Protože není součástí balení světelný zdroj, je zapotřebí zjistit jaký zdroj je optimální z hlediska efektivnosti a nákladů na provoz. Všechny světelné zdroje jsou vybírány s ohledem na patici a rozměry světla. Je také brán zřetel na světelný tok, který je u stávající klasické wolframové žárovky o příkonu 60 W = 700 lm. Vybrán je nejbližší vyšší tak, aby nedošlo k poddimenzování světleného toku v objektu.



Obrázek 25 Světlo pro vnitřní i venkovní použití W131-BI (28)



V tabulce 5 jsou uvedeny jednotlivé světelné zdroje v závislosti na jednotlivých parametrech. Prvním zástupcem je stávající a zároveň nevyhovující řešení, které je řešeno pomocí wolframových žárovek, jak je z tabulky 5 patrné mají nejvyšší příkon tedy 60 W a zároveň nejnižší světelný tok z toho vyplývá, že účinnost, která je vypočtena jako podíl světelného toku a příkonu je u tohoto typu světelného zdroje nejnižší. Náklady na tisíc hodin svitu je stanoven jako součin příkonu a ceny jedné odebrané kWh v tomto případě 5 Kč plus pořizovací cena svítidla. Náklady úsporných žárovek jsou oproti klasickým wolframovým žárovkám při době svitu 1 000 hodin o 44 % nižší. V nákladech na 10 000 hodin svitu jsou již započítány i náklady na pořízení nového světla, které by v ideálním případě pro stávající typ světla bylo zapotřebí 10 kusů dle životnosti 10 000 hodin. Ideální životnost, ale v tomto provozu nelze očekávat a skutečné náklady na pořízení na 10 000 hodin svitu a déle lze jen odhadovat. Z tabulky je dále patrné, že úsporné žárovky ECOLITE nejsou vhodné pro časté zapínání, což by mohlo mít za následek snížení životnosti svítidla. Roční spotřeba za osvětlení je podle měření 3 053,25 kWh. V případě stávajícího osvětlení jsou tedy roční náklady za osvětlení objektu 15 266 Kč. V případě řešení LED je zapotřebí jedné šestiny příkonu při stejném množství svítidel s podobným světelným tokem. Náklady jsou pouhých 2 544 Kč za rok bez započítání pořizovacích nákladů. Jedná se o optimální variantu řešení, při které by došlo k roční úspoře ve výši 12 722 Kč. Lze předpokládat, že roční náklady na provoz světelných zdrojů by klesl, protože hodnoty jsou započítány podle roční spotřeby klasických wolframových žárovek, které svítí v celém patře bez možnosti pohybového vypnutí. Reálně uspořené náklady lze pouze odhadovat, ale je zřejmé, že finanční úspora bude při osvětlení jednotlivých pater s pohybovým senzorem výrazně vyšší, než je v tabulce 5 uvedeno.

Tabulka 5 Parametry světel

Typ světelného zdroje	Klasická wolframová žárovka	Úsporná žárovka ECOLITE	LED ECOLITE
Příkon $P_0$ (W)	60	15	10
Světelný tok $\Phi$ (lm)	700	800	730
Pořizovací cena (Kč vč. DPH)	14,-	65,-	69,-
Efektivita účinnost $\eta = \Phi/P_0$ (%)	11,7	53,3	73
Doba svitu na 1kWh = $1000/P_0$ (hod.)	16,7	66,7	100
Náklady na 1000 hod. svitu včetně energie (Kč)	314,-	140,-	119,-
Náklady na 10000 hod. svitu včetně energie (Kč)	3 140,-	880,-	569,-
Životnost (h.)	1 000	8 000	40 000
Vhodné pro časté zapínání	ano	ne	ano
Náklady při roční spotřebě 3 053 kWh	15 266 Kč	3 816 Kč	2 544 Kč

### 4.3 Instalace fotovoltaických panelů na střechu

Jedná se o nejpoužívanější variantu realizace pro rodinné a bytové domy. Vzhledem k využitelnosti plochy, která je zobrazena na obrázku 26, je na střeše umístěna trojice výtahových šachet. Výtahové šachty mají za následek, že v určitých místech dochází ke stínění části fotovoltaických panelů, a tím se následně snižuje jejich výsledná celoroční energetická výnosnost. Mezi výhody instalace fotovoltaických panelů na střechu objektu patří snadná realizace, oproti instalaci na štítu nebo fotovoltaických markýz, nízká cena ve srovnání se svislou instalací a malé stavební narušení stávajícího stavu objektu.

Obrázek 26 Střeška objektu (29)



Výtahové šachty jsou ve vzdálenosti pěti metrů od okraje JV části. Optimální řešení při instalaci fotovoltaických panelů na střechu je umístit panely ve sklonu  $35^\circ$  s pevnou konstrukcí a orientací na JV.

V některých případech lze využít tzv. trackeru od společnosti Terms TT50. Jedná se o dvouosé polohovací zařízení, které se v automatizovaném režimu natáčí a naklápí v závislosti na slunečním svitu, tak aby fotovoltaické panely dosahovaly optimální účinnosti. V případě instalace na panelový dům by montáž trackeru nebyla vhodnou volbou. V tomto případě by došlo k problémům s ukotvením polohovacího zařízení na střeše objektu. Mezi další nevýhody patří četnější poruchovost pohyblivých částí zařízení a zvýšené provozní náklady.

Při orientaci na JV a JZ se dá očekávat snížená produkce o zhruba 5 % oproti čistě J orientaci. Snížená produkce je způsobena tím, že paprsky slunce nedopadají na fotovoltaický panel kolmým směrem. Plocha umístění, kde by byla případná instalace fotovoltaických panelů optimální je patrná z obrázku 27. Rozměry celkové instalační plochy jsou 57 metrů na délku a 5 metrů na šířku. Reálně nelze počítat s celou plochou ale přibližně s délkou okolo 50 metrů a šířkou 4 až 4,5 metrů.

Obrázek 27 Schéma fotovoltaických panelů na střeše (30)



#### 4.3.1 Návrh fotovoltaické elektrárny na střeše panelového domu

Základní rozměry, ze kterých lze vycházet jsou délka 50 m a šířka přibližně 4 m. Optimálním řešením se nabízí nosná konstrukce Suzhou Radiant Photovoltaic Technology určená pro instalaci fotovoltaických panelů.

Nejprve je vhodné zjistit kolik fotovoltaických panelů na délku lze vložit do nosné konstrukce a jakou bude mít konstrukce rozměry. Konstrukce je zobrazena na obrázku 28.

Obrázek 28 Fotovoltaické panely na ploché střeše. (ČVUT) (31)



Výpočet vychází z pravoúhlého trojúhelníku o úhlu  $\beta = 35^\circ$  to je ideální sklon panelu a délce  $a = 4$  m. Rozměry a parametry fotovoltaického panelu jsou uvedeny v tabulce 6. Pro výpočet celkové délky přepony je použita goniometrická funkce cosinus. Pomocí výpočtu obsaženém ve vzorci (1) se zjistí počet panelů umístěných v přeponě dané nosné konstrukce.

$$\cos\beta = \frac{4}{c} = c = \frac{4}{\cos(35^\circ)} = 4,88 \text{ m} \quad (1)$$

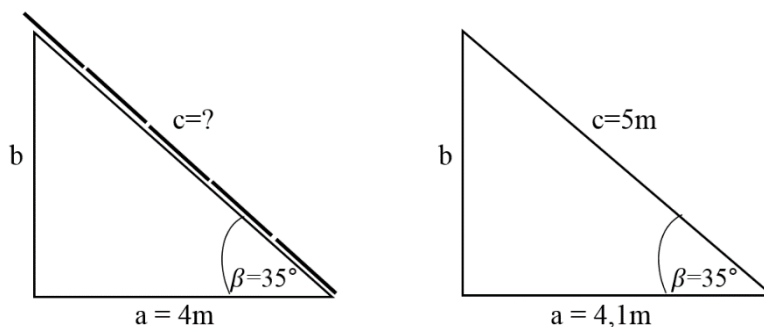
To je přibližně 5 panelů o šířce 1 metr, aby vyšla konstrukce s daným sklonem na celé panely tedy na rovných 5 panelů je zapotřebí brát v úvahu konstrukci o délce 4,1 m namísto dřívějších 4 m viz. vzorec (2).

$$\cos\beta = \frac{a}{c} \Rightarrow a = c \times \cos\beta = 5 \times \cos(35) = 4,095 \text{ m} = 4,1 \text{ m} \quad (2)$$

Na přeponu trojúhelníku by tedy bylo možné při sklonu  $35^\circ$  vložit přesně 5 panelů na délku o rozměrech jeden metr za předpokladu, že by došlo ke zvýšení rozměrů nosné konstrukce o 10 cm. Výšku nosné konstrukce lze stanovit pomocí Pythagorovy věty ze vzorce (3).

$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{5^2 - 4,1^2} = 2,86 \text{ m} \quad (3)$$

Obrázek 29 Nosná konstrukce fotovoltaických panelů



Při výběru fotovoltaického panelu rozhoduje poměr nominálního výkonu k ceně panelu a jeho deklarovaná účinnost. Ideálním řešením je panel od společnosti Sharp pod označením ND-RC250. Jedná se o fotovoltaický panel z polykrystalických křemíkových solárních článků s tvrzeným sklem. Bližší popis panelu je uveden v tabulce 6.

Tabulka 6 Parametry fotovoltaického panelu Sharp ND-RC250 (32)

<b>Nominální výkon</b>	250 W
<b>Účinnost panelu</b>	15,2 %
<b>Rozměry</b>	1 660 x 990 x 50 mm
<b>Napětí naprázdno</b>	37,5 V
<b>Napětí po zatížení</b>	30,3 V
<b>Cena vč. DPH</b>	5 445 Kč

Za předpokladu, že nosná konstrukce má užitečnou plochu o rozměrech 50 m na 4,1 m. Na výšku je konstrukce schopna uchytit 5 panelů. Na délku je konstrukce schopna uchytit 30 panelů viz. vzorec (4).

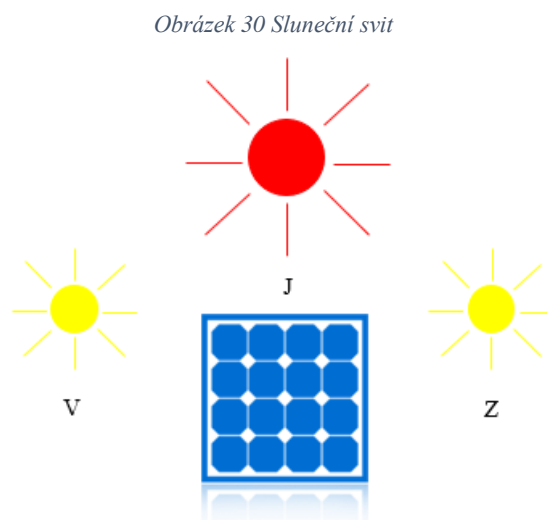
$$\text{Počet panelů na délku konstrukce} = \frac{\text{Rozměry délky instalace}}{\text{Rozměr panelu na délku}} = \frac{50\,000}{1\,660} = 30 \text{ panelů} \quad (4)$$

Celkový počet panelů je potom dán součinem počtu panelů umístěných na délku a šířku tedy 30 x 5 to je 150 fotovoltaických panelů celkem. Nominální výkon těchto panelů je 250 x 150 = 37 500 W = 37,5 kW. Na tento celkový nominální výkon je dimenzován měnič stejnosměrného napětí na střídavý třífázový. Zapotřebí je dvou měničů Fronius Eco

o maximálním výstupním výkonu 2x 27 kW. Řešení poskytuje dostatečný výstupní výkon a navíc počítá s budoucím rozšířením za účinnější fotovoltaické panely. V případě poruchy jednoho ze střídačů zajistí druhý střídač dostatečnou dodávku elektrické energie, aniž by došlo k výrazným ztrátám způsobené poruchou jednoho z měničů.

Na obrázku 6 je zobrazen průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu. Pro objekt v Praze to znamená přibližně 1 600 hodin svitu za rok.

Dále je nutné si uvědomit, že slunce svítí kolmo na fotovoltaický panel pouze 1/3 z těchto 1 600 hodin. Další 2/3 jsou paprsky, které fotovoltaický panel zachytává ze strany a tím se snižuje účinnost fotovoltaického panelu, jak znázorňuje obrázek 30.



Dále je vhodné snížit hodnotu Wp tedy špičkový výkon při ideálních podmínkách, alespoň o 20 % z toho vyplývá, že fotovoltaický panel je schopný dodat maximálně 200 W namísto výrobcem deklarovaných 250 W. Po dobu jedné třetiny průměrného ročního úhrnu slunečního svitu tedy  $1\ 600 / 1/3 = 533$  hodin za rok. Zbývající čas nejsou paprsky slunce v kolmém směru tedy v ideálním úhlu a dochází tak ke snížení dodávané elektrické energii fotovoltaických panelů. Panel dodává přibližně 30 % z maximálního výkonu, který je reálně 200 W. Reálný zisk energie ze slunce během jednoho roku je potom uveden ve vzorci (5). Pro jeden fotovoltaický panel je roční energetický zisk přibližně 170,56 kWh při ceně 5 Kč za 1 kWh odebrané energie se jedná o úsporu 850 Kč na jednom panelu za jeden rok.

$$\text{Výroba energie} = \left(533 * \frac{200}{1000}\right) + \left(533 * \frac{\frac{200}{100} * 30}{1000}\right) + \left(533 * \frac{\frac{200}{100} * 30}{1000}\right) = 170,56 \text{ kWh za rok 1 panel} \quad (5)$$

$$\text{Celkem} = \text{Počet panelů} \times \text{energetický zisk jednoho panelu} = 150 \times 170,56 = 25\,500 \text{ kWh.rok}^{-1} \quad (6)$$

Ze všech panelů umístěných na střeše panelového domu je to celkem 25 500 kWh za rok viz. vzorec (6). To by znamenalo, že by fotovoltaické panely pokrývaly roční spotřebu elektrické energie využívanou vlastníky domu ve společných prostorách, kde roční spotřeba činí 20 355 kWh a stojí majitelé panelového domu ročně za poslední rok více jak 81 000 Kč.

#### 4.3.2 Celková kalkulace

Celková výše investice by vlastníky bytů v panelovém domě vyšla na 1 135 060 Kč včetně DPH a práci za instalaci. Nejvyšší náklady jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 Celková kalkulace

Název	Výrobce	Počet	Cena (Kč)
Fotovoltaické panely	Sharp ND RC-250	150	816 750
Nosná konstrukce hliník	Suzhou Radiant Photovoltaic Technology	7	64 092
Měnič stejnosměrného napětí na střídavý 3f	Fronius Eco	2	149 028
Wattrouter	Solar controls s.r.o.	1	5 190
Cena práce		-	100 000
<b>Celkové náklady vč. DPH</b>			<b>1 135 060</b>

#### 4.3.3 Návratnost investice

Výrobce fotovoltaického panelu udává životnost 25 let a poskytuje záruku po dobu pěti let. Fotovoltaický panel, ale časem degraduje a jeho účinnost klesá. Výrobci obvykle garantují 90 % účinnost po 12 letech a 80 % účinnost po 25 letech životnosti fotovoltaického panelu. V případě skeptické předpovědi opotřebení fotovoltaického panelu lze předpokládat roční ztrátu ve výši 1,5 % ročně to znamená, že během 20 let fotovoltaický panel ztratí účinnost o  $20 * 1,5 \% = 30 \%$ , tedy 70 % namísto výrobcem deklarované 80 % účinnosti. Návratnost investice při nákladech v hodnotě 1 135 060 Kč je 9 let. V roce 2025 by se i přes snižující se účinnost fotovoltaických panelů vyrobila energie v celkové hodnotě téměř 217 000 kWh za 9 let provozu. V tomto roce by zároveň došlo k 100 % návratnosti investice, pokud by vlastníci panelového domu nevyužili cizích zdrojů.

V tabulce 14 v příloze návratnost investice fotovoltaických panelů je uvedená účinnost v jednotlivých letech po dobu 25 let, dále roční výroba energie z jednoho fotovoltaického panelu, celkový energetický přírůstek ze všech panelů dohromady a finanční úspora, která předpokládá, že cena jedné kWh stojí 5 Kč.

V případě investice cizího kapitálu s 50 % vlastních prostředků je pomocí anuitního splácení (33) stanoven úrok a úmor dluhu. Anuita ze vzorce (7) počítá s úrokem po dobu celé investice ve výši 5 %. Doba splácení je 12 let. Anuitní splátka je po dobu splácení neměnná. Půjčená částka je polovinou celkové investice tedy  $1\,135\,060 / 2 = 567\,530$  Kč. Měsíční splátku je možné stanovit z anuitní splátky tedy  $64\,031/12 = 5\,336$  Kč.

$$A = \frac{(1+i)^n * ((1+i) - 1)}{(1+i)^n - 1} * k_o = \frac{\left(1 + \frac{5}{100}\right)^{12} * \left(\left(1 + \frac{5}{100}\right) - 1\right)}{\left(1 + \frac{5}{100}\right)^{12} - 1} * 567\,530 = 64\,031,8 \text{ Kč} \quad (7)$$

V tabulce 8 je patrné, že v prvních letech splácení se na umoření dlužné částky dává nejméně a splácí se hlavně úrok, který je uveden pro první rok splácení ve vzorci (8). Úmor je pouhým rozdílem anuity a úroku v daném roce viz. vzorec (9). Ze zákona je možné z úroku odečíst 15 % daň z daňového základu viz. tabulka 8.

$$\text{Úrok}_1 = \frac{\text{Stav dlužné částky}}{100} * i = \frac{567\,530}{100} * 5 = 28\,376,5 \text{ Kč} \quad (8)$$

$$\text{Úmor} = A - \text{Úrok}_1 = 64\,031,8 - 28\,376,5 = 35\,655,3 \text{ Kč} \quad (9)$$

Celková částka, kterou bance dlužník zaplatí, činí 768 382 Kč. Jedná se o součin anuity a doby splácení tedy 12 let. Celková investice dosahuje hodnoty 1 335 912 Kč a návratnost je až v roce 2027, jak je vyznačeno v tabulce 14 nacházející se v příloze návratnost investice fotovoltaických panelů.



Tabulka 8 Anuitní splácení v případě 50 % cizího kapitálu a 50 % vlastního

Rok	Stav dlužné částky	Anuita	Úrok	Úmor	Odečitatelná 15 % daň
1	567 530	64031,8	28 376,50	35655,3	4 256
2	531 875	64031,8	26 593,73	37438,07	3 989
3	494 437	64031,8	24 721,83	39309,97	3 708
4	455 127	64031,8	22 756,33	41275,47	3 413
5	413 851	64031,8	20 692,56	43339,25	3 104
6	370 512	64031,8	18 525,60	45506,21	2 779
7	325 006	64031,8	16 250,29	47781,52	2 438
8	277 224	64031,8	13 861,21	50170,59	2 079
9	227 054	64031,8	11 352,68	52679,12	1 703
10	174 374	64031,8	8 718,72	55313,08	1 308
11	119 061	64031,8	5 953,07	58078,73	893
12	60 983	64031,8	3 049,13	60982,67	457
Celkový úrok:			<b>200 852</b>	Kč	

Pokud by došlo na investici bez vlastních prostředků je výpočet stanoven obdobným způsobem jako v předchozím řešení. Půjčená částka je rovna celkové částce investice tedy 1 135 060 Kč. Doba splácení zůstává 12 let. V tabulce 9 jsou uvedeny anuitní splátky, úrok, úmor a celkový úrok. Celková částka po 12 letech splácení je 1 536 763 Kč. Návratnost by v tomto případě nastala až v roce 2029 viz. tabulka 14, která je uvedena v příloze návratnost investice fotovoltaických panelů.

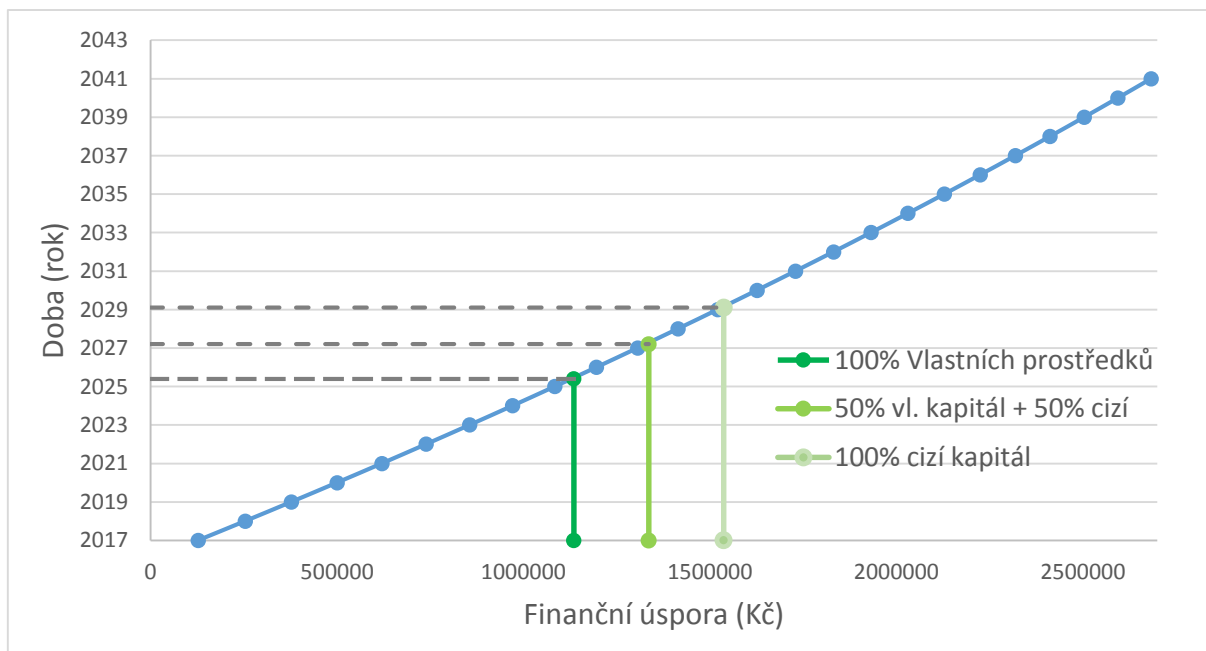
Tabulka 9 Anuitní splácení se 100 % úvěrem bez vlastních finančních prostředků

Rok	Stav dlužné částky	Anuita	Úrok	Úmor	Odečitatelná 15 % daň
1	1 135 060	128063,6099	56 753	71310,61	8 513
2	1 063 749	128063,6099	53 187	74876,14	7 978
3	988 873	128063,6099	49 444	78619,95	7 417
4	910 253	128063,6099	45 513	82550,94	6 827
5	827 702	128063,6099	41 385	86678,49	6 208
6	741 024	128063,6099	37 051	91012,42	5 558
7	650 011	128063,6099	32 501	95563,04	4 875
8	554 448	128063,6099	27 722	100341,2	4 158
9	454 107	128063,6099	22 705	105358,2	3 406
10	348 749	128063,6099	17 437	110626,2	2 616
11	238 123	128063,6099	11 906	116157,5	1 786
12	121 965	128063,6099	6 098	121965,3	915
Celkový úrok:			<b>401 703</b>	Kč	

Elektrická energie, kterou vlastníci bytů využívají pro společné prostory, by od prvního roku instalace fotovoltaických panelů, snížila náklady za elektrickou energii na 0 Kč. Dle výpočtů by fotovoltaická elektrárna instalovaná na střeše panelového domu dodávala více elektrické energie, než jsou vlastníci bytů schopni ve společných prostorách spotřebovat. Při nadměrné produkci fotovoltaických panelů je možné místo do elektrizační soustavy dodávat elektrickou energii jednotlivým obyvatelům domu.

Z obrázku 31 je zřejmé, že i přes snižující se účinnost fotovoltaických panelů dochází k návratnosti investice již v roce 2025. Za použití vlastních finančních prostředků. Pokud by situace nedovolovala investici ve výši 1 135 060 Kč, nabízí se možnost 100 % úvěru anebo využití finanční páky v poměru 50 % vlastních finančních prostředků a 50 % dofinancování pomocí úvěru v bance. V případě 100 % úvěru je doba návratnosti až v roce 2029. Úrok by v tomto případě činil 401 703 Kč. Měsíční splátka pro 100 % úvěr je 10 672 Kč a doba splácení je 12 let. Navýšení dlouhodobých záloh na služby by znamenalo nárůst o 133 Kč měsíčně. Úrok je 5 %, který je na dnešní poměry nízkých úrokových sazeb dost nadhodnocen a počítá s horšími úrokovými sazbami na bankovním trhu.

Obrázek 31 Grafické znázornění návratnosti investice v závislosti na způsobu financování



#### 4.4 Instalace tenkovrstvého fotovoltaického panelu

Další možností umístění fotovoltaického systému na plochou střechu panelového domu je pomocí tenkovrstvých fotovoltaických panelů. Nejvhodnější okamžik instalace je při rekonstrukci střechy. Instalace tenkovrstvého fotovoltaického panelu v sobě skrývá hydroizolační a fotovoltaickou funkci. Při instalaci fotovoltaické hydroizolace se jednotlivé moduly spojí vodiči, které jsou umístěné na střeše pod spodní stranou fólie a jsou svedeny pod střešní konstrukci do sběrné sítě. Pásky je nutno instalovat v celku. Nelze je použít na střechu, kde jsou časté větrací otvory nebo další prvky, které narušují instalační plochu objektu. Oproti předchozí variantě tenkovrstvé panely nezatěžují konstrukci střechy nadměrnou hmotností a zároveň není potřeba řešit problém s kotvením konstrukce. Navíc nepůsobí rušivě na vzhled budovy. Mezi nevýhody patří jejich menší účinnost a nominální výkon oproti fotovoltaickým panelům Sharp ND RC-250. Mezi další nevýhodu lze řadit instalaci ve vodorovném směru, kde lze očekávat zvýšené nároky na čištění od sněhu, listí nebo dalších druhů nečistot, které způsobují celkové snížení energetického zisku.

*Obrázek 32 Instalace tenkovrstvého fotovoltaického panelu a schéma na panelovém domě (30)*



#### 4.4.1 Návrh tenkovrstvé fotovoltaické elektrárny na střeše panelového domu

Při výběru tenkovrstvého fotovoltaického panelu je brán opět zřetel na jeho účinnost a poměr nominálního výkonu a ceny. Optimálním řešením je tenkovrstvý fotovoltaický panel od společnosti Sharp s označením SHARP NA E 130L5 podrobné parametry jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10 Základní parametry tenkovrstvého fotovoltaického panelu SHARP

<b>Nominální výkon</b>	130 W
<b>Účinnost panelu</b>	9,3 %
<b>Rozměry</b>	1 402 x 1 001 x 6,7 mm
<b>Napětí naprázdno</b>	60,4 V
<b>Napětí po zatížení</b>	46,1 V
<b>Cena vč. DPH</b>	2 287 Kč

Střecha panelového domu má na JV straně užitečnou plochu 57 metrů na 5 metrů. Jedná se o plochu od kraje ke kraji. V této ploše nedochází k narušení přímého slunečního svitu výtahovými šachtami, které jsou vidět na obrázku 26. Ve vzorci (10) je uveden vzorec pro výpočet počtu tenkovrstvých panelů na délku střechy.

$$\text{Počet panelů na délku} = \frac{\text{Rozměry délky instalace}}{\text{Rozměr panelu na délku} + \text{rozměr potřebný pro možnost údržby}} \quad (10)$$

$$\text{Počet panelů na délku} = \frac{57\,000}{1\,402 + 100} = 37 \text{ panelů}$$

$$\text{Počet panelů na šířku} = \frac{\text{Rozměry šířky instalace}}{\text{Rozměr panelu na délku} + \text{rozměr potřebný pro možnost údržby}} \quad (11)$$

$$\text{Počet panelů na šířku} = \frac{5\,000}{1\,001 + 100} = 4 \text{ panely}$$

Na rozdíl od instalace fotovoltaických panelů v nosné konstrukci, lze při instalaci tenkovrstvého panelu využít celou délku JV části střechy od kraje ke kraji. Je vhodné, vynechávat alespoň 10 cm z jedné šířky a délky tenkovrstvé fólie. Hlavním důvodem je snazší přístup pro údržbu i případné opravy.

Celkový počet tenkovrstvých panelů je dán součinem počtu panelů na délku a šířku, tedy  $4 \times 37 = 148$ . Tenkovrstvé panely instalovány na střeše objektu mají celkový nominální výkon  $148 \times 130 = 19\,240 \text{ W} = 19,24 \text{ kWh}$ , kde 130 je nominální výkon tenkovrstvého fotovoltaického panelu z tabulky 10.

Reálný roční výkon tenkovrstvých panelů lze stanovit obdobně jako u fotovoltaických panelů. Doba svitu je v místě panelového domu 1 600 hodin za rok viz. obrázek 6. Nominální ideální špičkový výkon je zapotřebí z důvodu objektivních výsledků snížit, alespoň o 20 % tedy na 104 W z původních výrobcem udávaných 130 W. Tenkovrstvý panel, přes to dodává snížený výkon o 15 %, který je zapříčiněn vodorovnou instalací panelu, jak je patrné z obrázku 7. Reálný výkon je tedy 88,4 W. Zbývající 2/3 ročního slunečního svitu panel dodává přibližně 30 % reálného maximálního výkonu. Celková výroba elektrické energie za rok je dána vzorcem (12). Množství vyrobené elektrické energie jedním tenkovrstvým panelem je 75,38 kWh za rok. Celkově jsou tenkovrstvé panely schopny dodat elektrickou energii danou součinem celkového počtu panelů a výrobou energie z jednoho panelu tj.  $148 \times 75,38 = 11\,156 \text{ kWh}$  za rok.

$$\text{Výroba energie} = \left(533 \times \frac{88,4}{1000}\right) + \left(533 \times \frac{\frac{88,4}{100} \times 30}{1000}\right) + \left(533 \times \frac{\frac{88,4}{100} \times 30}{1000}\right) = 75,38 \text{ kWh za rok} \quad (12)$$

#### 4.4.2 Celková kalkulace

Z důvodu nižšího nominálního výkonu je zapotřebí oproti předchozímu řešení pouze jeden měnič. Další položka, která u tenkovrstvých panelů není zapotřebí, je nosná konstrukce. K navýšení dochází v práci, protože se jedná o náročnější instalaci než u předchozího řešení.

Tabulka 11 Kalkulace tenkovrstvých fotovoltaických panelů

Název	Výrobce	Počet	Cena
Fotovoltaické tenkovrstvé panely	Sharp NA E 130 L5	148	343 050
Měnič stejnosměrného napětí na střídavý 3f	Fronius Eco	1	74 514
Wattrouter	Solar controls s.r.o.	1	5 190
Cena práce			200 000
<b>Celkové náklady vč. DPH</b>			<b>622 754</b>

#### 4.4.3 Návratnost investice

Návratnost investice tenkovrstvých fotovoltaických panelů je označena zeleně v tabulce 15 v příloze návratnost investice fotovoltaických panelů. Návratnost investice je v roce 2028. Za předpokladu, že cena jedné odebrané kWh je po celou dobu investice rovna

5 Kč. Celkové náklady jsou oproti předešlé variantě bezmála poloviční. Nevýhodou je, že roční energetický zisk nepokrývá spotřebu elektrické energie společných prostor. Nejedná se tedy o energetickou soběstačnost a je v tomto případě nutné již od prvního roku elektrickou energii kombinovat s dodávanou energií od společnosti PRE. V delším horizontu lze očekávat sníženou účinnost tenkovrstvých panelů a tím i nárůst faktur za spotřebovanou elektrickou energii dodávanou dodavateli elektrické energie.

#### **4.5 Instalace fotovoltaické elektrárny na štítech panelového domu**

Z důvodu špatné orientace panelového domu není možné bez patřičných energetických ztrát instalovat fotovoltaické panely Sharp ND RC-250 na štít objektu. Orientace štítu je na SV a SZ došlo by ke snížení celoročního výnosu přibližně o 50 % z důvodu špatné orientace a o dalších 30 % z důvodu svislé orientace jak je patrné z obrázku 33. V nižších patrech by účinnost fotovoltaických panelů byla ještě menší. V těchto místech by docházelo k stínění okolním terénem a stromy. Nevýhodou instalace je, že fotovoltaické panely ve štítu je zapotřebí ukotvit do panelu panelového domu. Jak již bylo zmíněno panelový dům je zateplený a kotvení panelů do štítů by mělo za následek zvýšený výskyt tepelných mostů. Řešení nedává ekonomický smysl, ať už z hlediska nákladů, tak z hlediska účinnosti fotovoltaických panelů.

*Obrázek 33 Schéma fotovoltaických panelů na štítu panelového domu (30)*



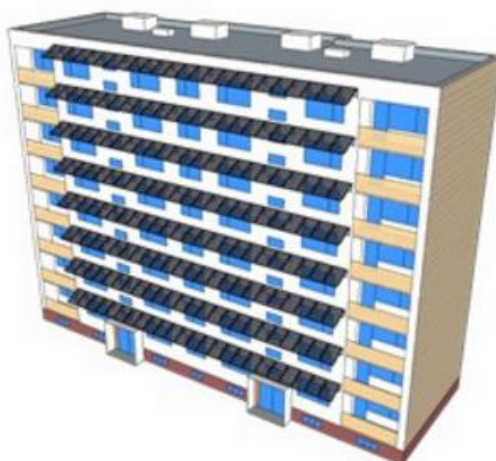
#### **4.6 Instalace fotovoltaické elektrárny pomocí markýz**

Tato aplikace fotovoltaiky je velmi zajímavým architektonickým přínosem do jinak nezajímavého vzhledu fasády panelového domu. U oken s J orientací je možné nainstalovat fotovoltaické markýzy Sharp ND RC-250, které současně s výrobou energie v létě vyřeší nežádoucí solární zisky, a tím i nepříjemné přehřívání bytů. Zajímavým řešením je v tomto

případě fotovoltaika integrovaná do skla jedná se o inovativní možnost využití fotovoltaických panelů, která není prozatím komerčně životaschopná.

Výhodou v tomto případě je příznivější sklon fotovoltaiky. Případná odchylka budovy od J směru nemusí být závažným nedostatkem. Snížení produkce při orientaci na JV nebo JZ se dá očekávat o 5 % nižší, než při orientaci přímo na J viz obrázek 7. U budov s orientací více na východ či západ není stínění markýzou efektivním způsobem. Z důvodu vyšší pracnosti a narušení nově zhotovené fasády domu není tento netradiční způsob ve vybraném objektu vhodný.

Obrázek 34 Schéma fotovoltaického panelu, který je instalován jako markýza (30)



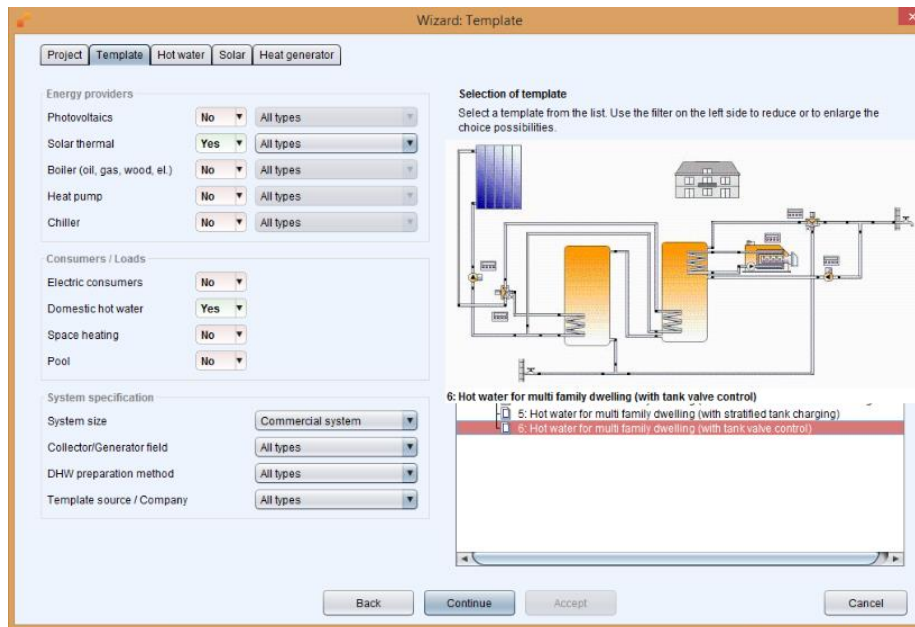
#### 4.7 Solární kolektory

Při návrhu solárních kolektorů je použit návrhový simulační software Polysun, který umožňuje konfigurovat, modelovat a simulovat zařízení využívající obnovitelné zdroje energie. Jeho výhodou jsou rozsáhlé meteorologické údaje z celého světa. Databáze zobrazuje již existující zařízení s možností vytvoření zcela nových, kterým je možné přidávat jednotlivé parametry.

Při prvním spuštění programu je zapotřebí zadat jméno a adresu projektu, tak aby došlo ke spolehlivé předpovědi energetické bilance na základě meteorologických údajů z dané lokality. Poté je nezbytné vybrat požadovanou šablonu. Z důvodu, rozsáhlé databáze je vhodné si upřesnit výběr viz. obrázek 35. V záložce *Template* jsou možnosti *Energy providers* neboli poskytovatelé energie. Na výběr je fotovoltaika, solární energie, kotel na olej, plyn, dřevo, elektrická energie, tepelná čerpadla a chladicí jednotky. Zaškrtnutím jedné nebo více položek se přednastavené šablony filtrují podle zadaného výběru. V *Consumers/Loads*

a *System specification* je na výběr další oblast možností, pomocí nichž, lze docílit snadnějšího výběru požadované šablony, kterých je přes 750. Zde je vybráno komerční řešení projektu.

Obrázek 35 Grafické rozhraní simulačního softwaru Polysun



Zdroj: Vlastní z programu Polysun

Dalším krokem je záložka *Hot water*, kde je možné vyplnit počet osob nebo skutečnou roční spotřebu teplé vody v  $\text{m}^3$ , která za rok 2015 v požadovaném panelovém domě činila  $3\,934 \text{ m}^3$ . Vhodné je zvolit v *Annual hot water profile* režim *Residential buildings*, tento profil nabízí roční model poptávky po teplé vodě založený na datech z obytných budov. V záložce *solar* je možné vyplnit orientaci solárních kolektorů v tomto případě je to JV orientace, která vyplývá z obrázku 10. Na výběr je možnost zvolit vlastního výrobce solárních kolektorů a solárních nádrží nebo ponechat doporučené výchozí výrobce. Seznam jednotlivých předefinovaných výrobce je na obrázku 36.



Obrázek 36 Výběr jednotlivých solárních kolektorů

Catalog no.	Name	Manufacturer	Data Source	Collector type	Test d.	Quality test	Keymark	Absorber area [m <sup>2</sup> ]	Apert
15883	HP58/1800x20HE	Solar2all	TUV	Tube collector	2016	no	yes	1.84	1.84
15884	HP58/1800x25HE	Solar2all	TUV	Tube collector	2016	no	yes	2.31	2.31
15885	HP58/1800x30HE	Solar2all	TUV	Tube collector	2016	no	yes	2.77	2.77
15886	SolvisLuna LU-304	SOLVIS GmbH & ...	TZS ITW	Tube collector	2016	no	yes	2.57	2.57
15901	SEIDO 1-12	Beijing Sunda Sol...	Intertek	Tube collector	2016	no	yes	2.18	2.18
15902	SEIDO 1-16	Beijing Sunda Sol...	Intertek	Tube collector	2016	no	yes	2.9	2.9
15903	SEIDO 1-8	Beijing Sunda Sol...	Intertek	Tube collector	2016	no	yes	1.45	1.45
15904	HP 22	Sunex	TUV	Tube collector	2016	no	yes	2.7	2.7
15905	HP 30	Sunex	TUV	Tube collector	2016	no	yes	3.68	3.68
15594	BAKI 21+ SLIM	BDR Thermea	Cenar	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.92	1.92
15595	BAKI MEDITERRANE...	BDR Thermea	Cenar	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.92	1.92
15596	BAKI MEDITERRANE...	BDR Thermea	Cenar	Fiat-plate collector	2016	no	yes	2.4	2.4
15597	BRÖTJE FKS 20	BDR Thermea	Cenar	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.92	1.92
15598	CHAPPEE SOL 200 S...	BDR Thermea	Cenar	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.92	1.92
15599	DE DIETRICH CH200	BDR Thermea	Cenar	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.92	1.92
15600	DE DIETRICH CH250	BDR Thermea	Cenar	Fiat-plate collector	2016	no	yes	2.4	2.4
15622	EM1V2.0B Al-Cu	Ensol	TUV Rheinland	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.88	1.88
15623	EM1V2.0S Al-Cu	Ensol	TUV Rheinland	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.88	1.88
15635	FS-PTY95-2.0	Fivestar	Intertek	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.76	1.76
15636	FS-PTY95-2.5	Fivestar	Intertek	Fiat-plate collector	2016	no	yes	2.39	2.39
15730	KE2.0R	Kaltech Energy	TZS ITW Stuttgart	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.91	1.91
15731	KE2.5R	Kaltech Energy	TZS ITW Stuttgart	Fiat-plate collector	2016	no	yes	2.29	2.29
15745	SSP ProSun 2.02	Santer Solarprofi...	TUV Rheinland	Fiat-plate collector	2016	no	yes	1.85	1.85
15832	HTHeatboost 35/08	ARCON Solvarme	SP Sweden	Fiat-plate collector	2016	no	yes	12.6	12.6
15833	HTHeatboost 35/10	ARCON Solvarme	SP Sweden	Fiat-plate collector	2016	no	yes	12.6	12.6

Zdroj: Vlastní z programu Polysun

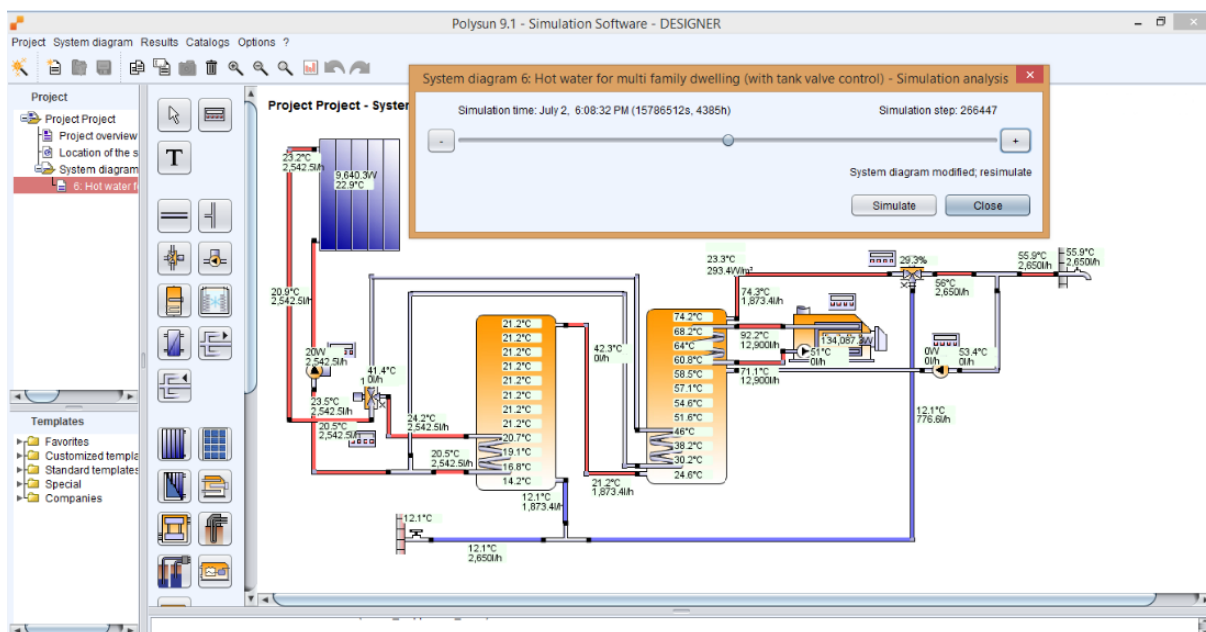
Pokud je vše v pořádku, tak proběhne načtení dat. V opačném případě proběhne varovné hlášení o chybách, které by při ignoraci vedly ke zkresleným výsledkům nebo v horším případě nemožnosti realizace projektu v praxi. Častým problémem může být poddimenzovaný objem nádrže pro teplou vodu nebo výkonově slabý kotel a mnohé další. Program poskytuje nepřehledné množství užitečných funkcí od porovnání jednotlivých solárních soustav v čase a místě do tvorby profesionálních pdf reportů s vlastním logem společnosti.

V záložce *Result > tabular evaluation* se skrývá obsáhlá databáze čítající více jak 8 500 hodnot, které jsou odečítány po jedné hodině během celého roku. Mezi ně patří např. průměrná teplota, vlhkost vzduchu, teplota studené vody, průtok, tepelné ztráty a mnohé další. V záložce *Result > result overview* jsou zobrazeny roční hodnoty účinnosti, energetický zisk, výkon systému atd. Vše je přehledně vykresleno do grafu, podle hodnot v jednotlivých měsících i s průměrnou roční hodnotou. V záložce *Result > profitability calculation* je možné nastavit cenu elektrické energie a plynu kotle, který v tomto případě doplňuje solární kolektory v dobách, kdy není schopný do soustavy přivádět dostatek teplé vody.

Výhodou simulačního softwaru Polysun je ale jeho roční simulace provozu. Simulace programu dovoluje více jak 530 000 kroků tedy pro představu přibližně minutové kroky během jednoho roku provozu. Ze simulace se lze dozvědět aktuální teplotu studené a teplé vody v nádržích, teplotu vody v potrubí, aktuální energetický zisk nebo ztrátu pokud je v provozu kotel, který ohřívá nádrž teplé vody bez solárního kolektoru. Dále pak směr teplé a studené vody i dobu provozu plynového kotle. Polysun simuluje i poptávku po vodě, ať už teplé nebo studené podle zvoleného profilu *Residential buildings*. Spotřeba vody začíná většinou od 6:00 hodin ráno. Solární kolektory začínají ohřívát vodu v letních měsících zhruba od 9 hodin ráno z 11°C je za hodinu provozu její teplota dvojnásobná v zimních měsících je energetický zisk získaný ze solárních kolektorů mírně patrný přibližně až v 11 hodin dopoledne.

Celkový energetický zisk pro panelový dům v Praze je dle simulace 50 116 kWh za rok viz obrázek 59, který je uveden v příloze simulační program Polysun. Simulace počítá s umístěním 49 solárních kolektorů z JV orientací se sklonem 40°. Plynový kotel o výkonu 100 kW, by dle simulace nebyl schopný v zimních měsících uspokojit poptávku po teplé vodě v požadovaném množství a teplotě, a proto je nutné zvolit kotel s výkonem alespoň 150 kW a nádrž o objemu 1 500 litrů pro teplou i studenou vodu. Z hlediska nákladů a technického zásahu v objektu není výhodné solární kolektory v panelovém domě realizovat. Prvním důvodem je, že ohřev teplé vody v objektu je pomocí plynového kotle, kde energetické náklady činí 502 Kč.GJ<sup>-1</sup> tedy 1,8072 Kč.kWh<sup>-1</sup>. Dalším aspektem je finanční náročnost zhotovení projektu a jeho celkově náročná proveditelnost. Další nevýhodou je, že solární kolektory nejsou schopné pokrýt celoroční ohřev teplé vody. Dle simulace i v některých letních měsících ve špičkách dochází k sepnutí plynového kotle, jak je patrné z obrázku 37. To je v časech zvýšené poptávky po teplé vodě, která je přibližně okolo 18 hodiny. Řešením by mohlo být v dobách zvýšené poptávky pouštět větší množství studené vody, tím by se docílilo snížení celkové teploty teplé vody tekoucí z kohoutků. Pro koncové obyvatele by to mělo za následek odložení spotřeby teplé vody nebo rychlejší způsob používání teplé vody. Obě varianty by měly za následek snížení celkového komfortu obyvatel panelového domu.

Obrázek 37 Simulace ročního provozu ohřevu vody pomocí solárních kolektorů



Zdroj: Vlastní z programu Polysun

## 4.8 Projektování systému EZS

### 4.8.1 Bezpečnostní analýza objektu

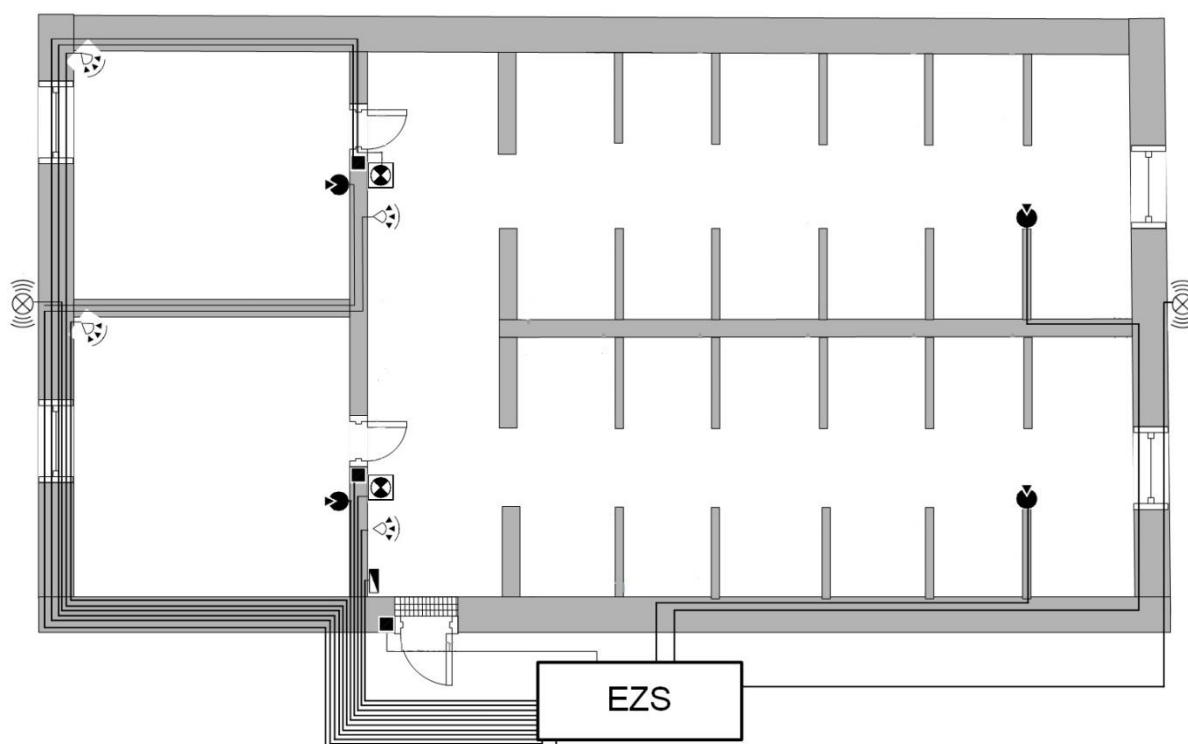
Návrh zabezpečovacího systému je požadavkem zadavatele. Objekt se nachází na málo frekventované ulici a jedná se zároveň o málo rušnou část z hlediska výskytu cizích osob. Objekt není oplocen a má 3 hlavní vchody ze SZ strany a tři vchody z JV strany. Z ulice je vidět do objektu pouze do sklepní části domu.

Návrh zabezpečení šesti vchodových dveří vedoucí do jednotlivých vchodů domu je realizováno pomocí čipů, který slouží k identifikaci jednotlivých uživatelů. Mezi hlavní výhody vstupu do objektu přes čip je možnost deaktivace při jeho ztrátě či odcizení. Čip umožní i vstup do různých částí společných prostor, ať už do sklepa nebo kanceláří SVJ. Dveře by měli být z bezpečnostních důvodů odpojeny od elektromagnetických zámků. Jen za těchto okolností lze eliminovat nežádoucí vstup lidem, kteří v objektu nemají co dělat.

Kamery CCTV by měly pokrýt a chránit nově realizovanou fasádu před poškozením. Kamery Cantonk je vhodné umístit před vstup do domu u domovních zvonků. Kamerový systém ukládá pořízený záznam na lokální NASové uložení. Záznam bude zaznamenáván v týdenní smyčce a v době potřeby může být daný úsek dohledán. Týdenní smyčka zajišťuje kompromis mezi náklady na kapacitu úložného prostoru a doby pořízeného záznamu.

Hlavním požadavkem je vytvořit bezpečnostní systém sklepních prostor. Obrys sklepních prostor s návrhem bezpečnostních komponent je na obrázku 38.

Obrázek 38 Půdorys objektu










Zdroj: Vlastní z programu Visio

Před vstupem do sklepa jsou vstupní dveře vybavené magnetickým kontaktem, přes které je vstup možný pouze pomocí čipu. Dále jsou železné mříže, které se otvírají pomocí klíče po otevření dveří je v prostoru PIR detektor s funkcí antimaskingu, což umožňuje ochranu proti zastínění. PIR detektory nesmí být instalovány proti oknu, protože slunce je silným zdrojem infračerveného záření a tím by docházelo k falešným poplachům. PIR detektor zajišťuje prostorovou ochranu objektu. Prostor je vybaven detektory rozbití skla tzv. tříštivými detektory. Nezbytnou součástí zabezpečovacího systému jsou vnitřní a venkovní signalizace se zvukovou sirénou. EZS ústředna je umístěna mimo sklepní prostor.

Význam schématických značek použitých na obrázku 38 jsou uvedeny v tabulce 12. Komponenty jsou brány z velkoobchodního ceníku společnosti Variant plus.

Tabulka 12 Schématické značky a komponenty

Schematická značka	Název a objednací číslo	Proudový odběr	Počet kusů	Cena
	Polarizovaný mg. kontakt 0701-062	-	3	169,-
	Digitální detektor rozbití skla Paradox 0701-020	15mA - 23mA	4	699,-
	Vnitřní signalizace s bzučákem 0703-019	LED 50 mA Bzučák 50mA	2	229,-
	PIR detektor RISCO s infra-antimaskingem 0701-016	12mA	4	1 099,-
	EZS ústředna značky Paradox 0702-036	100mA	1	2 699,-
	LCD klávesnice Paradox 0702-188	80 - 120mA	1	2 599,-
	Bezdrátová venkovní siréna MAGELLAN 0904-001	0,130mA	2	2 999,-
	TRAFO 230V/16V objednací číslo 0703-095	-	1	669,-
	Akumulátor 12V/7Ah 0703-111	-	1	888,-
	Kabel 0,22 mm <sup>2</sup> (100m) 0703-121	-	2	469,-
Cena bez DPH				13 351
Cena včetně DPH 21%				<b>16 154</b>

#### 4.8.2 Výpočet záložního zdroje

Většina přístrojů z tabulky 12 jsou mezi stupněm bezpečnosti 2 a 3. Pro návrh záložního napájení je nutné splnit tři podmínky, které jsou dané normou ČSN EN 50 131. Realizace a výpočet odpovídá druhému stupni ochrany. Nejprve je zapotřebí stanovit celkový odebíraný proud obvodu  $I_c$ , který je uveden ve vzorci (13).

$$I_c = \text{počet kusů komponent} * \text{proudový odběr [mA]} \quad (13)$$

$$I_c = 4 * 15 + 2 * (50 + 50) + 4 * 12 + 1 * 100 + 1 * 80 + 2 * 0,130 = 488,26 \text{ mA}$$

V případě, že je znám celkový odběr bezpečnostního systému lze podle výpočtu stanovit potřebnou kapacitu akumulátoru. Pro výpočet kapacity akumulátoru je nutné vycházet z normy ČSN EN 50 131, kde pro bezpečnostní systém stupně ochrany 1 a 2 odpovídá doba zálohování 12 hodinám a pro stupně ochrany 3 a 4 je to 60 hodin.

$$\text{Kapacita akumulátoru} = \text{odebíraný proud} * \text{doba zálohování} \quad (14)$$

$$\text{Kapacita akumulátoru} = 0,48826 * 12 = 5,85912 \text{ Ah} = 7 \text{ Ah volíme nejbližší vyšší}$$

Po té, co se stanoví kapacita akumulátoru, je možné přistoupit k výběru kapacity baterie dle katalogu Variant plus. Cena a objednáčíslo je uvedeno v tabulce 12.

Druhá podmínka pro návrh záložního zdroje je, že doba nabití akumulátoru se musí pro stupeň ochrany 1 a 2 nabít na 80 % své kapacity za 72 hodin a pro stupeň ochrany 3 a 4 za 24 hodin. Pro výpočet je ale zapotřebí znát dobíjecí proud EZS ústředny, která podle Datasheetu má dobíjecí proud v rozmezí 350 mA až 700 mA. Dobíjecí čas, za který se baterie nabije na 100 % své kapacity je uveden ve vzorci (15).

$$\text{Dobíjecí čas} = \frac{\text{Kapacita akumulátoru}}{\text{Dobíjecí proud}} [\text{h, Ah, A}] \quad (15)$$

$$\text{Dobíjecí čas} = \frac{7}{0,7} = 10 \text{ hodin}$$

Norma ČSN EN 50 131 říká, že záložní akumulátor je nutné nabít za 72 hodin alespoň na 80 % své kapacity. V tomto případě se baterie nabije za 10 hodin na 100 % své kapacity.

Třetím kritériem je maximální možná kapacita akumulátoru. Podmínka je uvedena ve vzorci (16). Hodnota kapacity se zadává v Ah a dobíjecí proud EZS ústředny v ampérech. Při větší kapacitě již ústředna akumulátor plně nedobije a reálná doba zálohování nebude odpovídat kapacitě akumulátoru.

$$\text{Kapacita akumulátoru} < \text{dobíjecí proud} * 20 \quad (16)$$

$$7 < 0,7 * 20 \text{ Podmínka vyhovuje!}$$

### 4.8.3 Celková kalkulace

Do celkové kalkulace je započítáno NASové uložení od společnosti Synology, které umožňuje maximální kapacitu uložení 8 TB. Pevný disk není součástí balení, a proto je optimální volbou WD red disky, které jsou vhodné pro nepřetržitý provoz. Z důvodu bezpečnosti interních dat, bude NAS server přístupný pouze z lokální sítě. Záložní napájecí zdroj UPS je od společnosti AEG o výkon 2 300 W. Záložní zdroj zajistí dostatek výkonu pro nenadále výpadky proudu pro NAS, který slouží jako uložení pro kamerový systém. Zabezpečovací systém by měl být připojen k pultu centralizované ochrany zkráceně PCO. Připojovací poplatek činí 1 000 Kč a měsíční paušál je v rozmezí 350 až 900 Kč. V ceně nejsou zahrnuty další poplatky jako například plané výjezdy bezpečnostní agentury. Práce na objektu je odhadována na 40 hodin pro čtyři manuálně zručné pracovníky. V některých místnostech je nutné sekání do zdiva objektu. Pokud by pracovník pracoval za 150 Kč za hodinu. Mzdové náklady na jednoho pracovníka by poté činily 6 000 Kč pro 4 pracovníky pak 24 000 Kč. Položka ostatní náklady obsahuje nenadále výdaje a položky jako sádra, flexibilní lepidlo, krimpovací kleště a mnohé další nečekané položky podobného typu. Celkové náklady na realizaci zabezpečovacího systému viz. tabulka 13.

Tabulka 13 Celková kalkulace zabezpečovacího systému

Položka	Cena
<b>Bezpečnostní systém</b>	
Komponenty bezpečnostního systému	16 154,-
Práce realizace	24 000,-
<b>Hardware</b>	
Synology DiskStation DS116	4 786,-
WD Red Pro 8TB 128MB cache	13 819,-
Záložní zdroj UPS aeg protect b.pro 2 300 W	18 322,-
<b>Domovní zvonek a čtečky dveří</b>	
Domovní zvonek Fermax marine	3x 14 000,-
Bezkontaktní čtečka HD500 EM	12x 9 580,-
Čip	43,-
<b>Kamery</b>	
Kamery nad vchody Cantonk IP200DH20SL/POE	6x 2 786,-
Kamery CCTV bipro - 54014	4x 4 249,-
<b>Připojení k PCO</b>	
Připojovací poplatek	1000,-
Měsíční poplatek	350 - 900,-
Ostatní náklady	5 000,-
<b>Cena celkem včetně DPH</b>	<b>274 696,-</b>

## 5 Zhodnocení navržených opatření a závěr

Z vývoje spotřeby a ceny elektrické energie jasně vyplývá, že i přes restrikce Evropské unie cena i spotřeba elektrické energie bude i nadále narůstat, a proto je vhodné minimalizovat budoucí náklady za odběr elektrické energie.

První opatření snižující spotřebu je zavést ve vybraném objektu přerušovaný provoz teplé vody, kde dochází k roční úspoře 205 613 Kč. Měření probíhalo celkem 48 dní a při přerušovaném ohřevu dochází k vypnutí ohřevu teplé vody a to v intervalu od 23:00 do 4:00 hodin. Tímto způsobem ohřevu teplé vody lze docílit roční úspory ve výši 409 GJ za jeden rok. V době měření si nikdo na nedostatek teplé vody nestěžoval a z toho lze usoudit, že interval, kdy dochází k vypnutí ohřevu vody, byl správně vyhodnocen a nastaven. Významnou výhodou je, že řešení, které vede k výše zmíněné úspoře, lze docílit za nulové neboli minimální náklady, které jsou s opatřením spojeny.

Dalším možným řešením, které lze uskutečnit je zvýšení účinnosti osvětlení společných prostor v objektu. V případě realizace nových svítidel LED s pohybovým senzorem o stejném světelném toku jako je v současné době nevyhovující a méně efektivní provedení světél. Tímto řešením lze snížit cenu odebrané elektrické energie za provoz osvětlení v objektu ze stávajících 15 266 Kč na 2 544 Kč za rok. Jedná se o úsporu v hodnotě 12 722 Kč za rok.

Další možnost, která vede ke snížení spotřeby a dokonce k energetické soběstačnosti je využití alternativních zdrojů a to zejména fotovoltaických panelů. Při instalaci 150 fotovoltaických panelů s pevnou konstrukcí o nominálním výkonu 37,5 kWh dochází k návratnosti investice během devíti let. V případě investování vlastního kapitálu bez použití cizích zdrojů. Druhým způsobem je investovat 50 % vlastních finančních prostředků a 50 % cizího kapitálu. V tomto případě dochází k návratnosti investice do fotovoltaických panelů o dva roky později. Pokud by SVJ nedisponovalo žádným našetřeným kapitálem z dlouhodobých záloh na služby, došlo by k 100 % financování z cizích zdrojů a návratnost investice by se o další dva roky prodloužila. Došlo by zároveň k nutnosti splatit úrok ve výši 401 703 Kč za předpokladu fixního úroku, který by činil 5 % po dobu 12 let splácení.

Poslední úsporou je změna dodavatele elektrické energie pomocí srovnávačů cen jako je [www.usetreno.cz](http://www.usetreno.cz), kde je cenové srovnání všech dodavatelů elektrické energie a je možné docílit úspory ve výši až 20 % z ceny ročních nákladů za elektrickou energii.



Při analýze měření třífázovým analyzátozem lze konstatovat, že v době měření frekvence i harmonického zkreslení, splňovalo požadavky dané normou ČSN 50 160, která povoluje interval frekvence sítě v rozmezí 49,5 Hz až 50,5 Hz, tedy odchylky ve výši  $\pm 1 \%$ . Při měření harmonického zkreslení se hodnota nacházela nejčastěji v rozmezí mezi 2 až 2,2 % a maximální hodnota harmonického zkreslení byla naměřena 4,17 %. Norma ČSN 50 160 připouští hodnotu menší nebo rovnou 8%. Při měření, které probíhalo každé pondělí lze během 9. měření usoudit, že k největšímu nárůstu napětí docházelo okolo sedmé hodiny ranní, po sedmé hodině došlo většinou k mírnému poklesu. Od 10:00 hodin byl zaznamenán pomalý nárůst napětí, který trval do 11:00 hodin. Mezi 11:00 a 12:00 hodinou docházelo ke snížení napětí. Mezi 12 a 15 hodinou docházelo k opětovnému nárůstu. V případě porovnání devíti měření, které probíhaly v průběhu třech měsíců, každé pondělí s odlišným dnem např. s pátkem, je možné spatřit rozdílné chování v průběhu napětí z tohoto dne. V tento den dosahuje zvýšení napětí až okolo osmé hodiny ranní. Od té doby nelze spatřit žádný pokles napětí, jako tomu bylo ve většině případů v pondělcích. Z toho lze usoudit, že v pátek se v objektu nachází více osob, které používají elektrickou energii ve společných prostorách.

## Použitá literatura

1. *Elektrická energie*. [Online] 26. Srpen 2014. [Citace: 14. Říjen 2016.] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1\\_energie](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A1_energie).
2. *Výroba elektrické energie*. [Online] [Citace: 14. Říjen 2016.] [http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyroba\\_elektricke\\_energie&site=energie](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyroba_elektricke_energie&site=energie).
3. Petráš, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění*. Bratislava : Jaga group, 2008. ISBN 978-80-8076-069-4.
4. Baroch, Pavel. *Česko vyvezlo rekordní množství proudu*. [Online] 28. Leden 2012. [Citace: 14. Říjen 2016.] <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/cesko-vyvezlo-rekordni-mnozstvi-proudu-a-sve-prirody/r~i:article:730519/?redirected=1476472406>.
5. *Key world energy statistic 2016*. [Online] [Citace: 14. Říjen 2016.] <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf>.
6. *Zásob černého uhlí v Česku ubývá*. [Online] 15. Květen 2016. [Citace: 14. Říjen 2016.] <http://oenergetice.cz/energetika-v-cr/zasob-cerneho-uhli-pripravenych-k-vytezeni-v-cesku-ubyva/>.
7. *Energetická účinnost EU*. [Online] 9. Duben 2015. [Citace: 8. Říjen 2015.] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=URISERV:en0002>.
8. Petáková, Zdeňka. *Hospodaření s nerostnými zdroji*. [Online] 15. Září 2015. [Citace: 8. Říjen 2016.] <http://www.envigogika.cuni.cz/index.php/Envigogika/article/view/356/360>.
9. Kulhánek, Eduard. *Silnoproudá elektrotechnika*. *Skripta*. : SPŠE F. Křižíka.
10. Tesařová, Miloslava. *Průmyslová elektroenergetika. Kompenzace účiniku v průmyslových sítích*. [Online] ZČÚ. [Citace: 5. Listopad 2016.] <http://home.zcu.cz/~tesarova/PE/Soubory/Kap7.pdf>.
11. Šťastný, Jiří. *Autoelektrika a autoelektronika*. Tomáš Malina nakladatelství 2003, 1994. ISBN 80-9000759-6-7.
12. Honek, Lukáš. *Test LED žárovek*. [Online] 30. Prosince 2013. [Citace: 3. Březen 2017.] <http://www.digilidi.cz/test-led-zarovek-usporne-i-vyhodne>.
13. Křečková, Monika. *Vliv racionalizace spotřeby elektrické energie na ekonomickou efektivnost podniku*. Praha : TF ČZU, 2009.
14. Kosmák, František. *Princip fotovoltaického článku*. [Online] 3. Září 2009. [Citace: 3. Březen 2017.] <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>.

15. Hořčík, Jan. *Mapa slunečního svitu na území ČR*. [Online] [Citace: 10. Říjen 2016.] <http://www.ekobydleni.eu/solarni-elektrarny/kolik-elektřiny-vyrobi-solarni-panel-vyplati-se/attachment/solar-1-mapa>.
16. Bechník, Bronislav. *Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů*. [Online] 23. Červen 2014. [Citace: 10. Leden 2017.] <http://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaickych-panelu>.
17. *Princip solárního kolektoru*. [Online] [Citace: 3. Březen 2017.] <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>.
18. *Princip solárních systémů*. [Online] [Citace: 3. Březen 2017.] <http://www.rekostav-zti.cz/princip.php>.
19. *Solární kolektory*. [Online] ČVUT. [Citace: 3. Březen 2017.] [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/AZE/P2-solarni\\_kolektory.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/AZE/P2-solarni_kolektory.pdf).
20. Kolektiv. *Tepelná čerpadla*. [Online] ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 31. Říjen 2005. [Citace: 5. Listopad 2016.] <http://www.tzb-info.cz/2820-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-i>.
21. *Tepelná čerpadla země/voda*. [Online] [Citace: 3. Březen 2017.] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-plocha>.
22. *Tepelná čerpadla voda/voda*. [Online] [Citace: 3. Březen 2017.] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda-studny>.
23. *Tepelná čerpadla vzduch/voda*. [Online] [Citace: 3. Březen 2017.] <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-ventilaci-vzduch>.
24. Votruba, Zdeněk. *Projektování a návrh systémů EZS. Přednáška elektronické instalace budov*. TF ČZU, 2013.
25. *Harmonické zkreslení THD*. [Online] 2. Červen 2015. [Citace: 5. Březen 2017.] <https://cs.wikipedia.org/wiki/THD>.
26. *Cenová mapa*. [Online] [Citace: 9. Leden 2017.] <http://mpp.praha.eu/app/map/cenova-mapa/>.
27. Čeps. [Online] [Citace: 20. Březen 2017.] <http://www.ceps.cz/cze/data/vsechna-data/stranky/zatizeni.aspx>.
28. *Světlo W131-BI s čidlem*. [Online] [Citace: Leden. 9 2017.] <https://www.eva.cz/zbozi/DOP05676/svetlo-kruh-w131-bi-victor-s-cidlem-bile-ip44/?gclid=CM-N9uuTINACFWgq0wodw0QI3w#popis>.
29. *Google maps*. [Online] [Citace: 8. Leden 2017.] <https://www.google.cz/maps>.

30. Náprstek, K. Použití fotovoltaiky v panelových domech. *Diplomová práce*. Praha : ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2009.
31. Staněk, Kamil. *Lze využít fotovoltaické panely pro panelový dům*. [Online] 11. Říjen 2010. [Citace: 28. Prosinec 2016.] <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6840-lze-vyuzit-fotovoltaicke-panely-pro-panelovy-dum>.
32. *SHARP ND-RC250*. [Online] [Citace: 28. Prosinec 2016.] <http://eshop.terms.eu/cz/eshop/1255397/c68811-fotovoltaicke-panely/sharp-nd-rc250.html>.
33. Rosochatecká, Eva. *Ekonomika podniků. Skripta*. Praha : ČZU, 2013. ISBN 978-80-213-1886-1.
34. Votruba, Zdeněk. Rozdělení detektorů a schéma zapojení. *Přednáška elektronické instalace budov*. TF ČZU, 2013.
35. Matuška, Tomáš. *Solární záření v příkladech*. Praha : Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-3525-2.
36. Grygera, Petr a Alice, Kupčecová. *Bydlete úsporně*. Brno : Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2857-2.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Grafické znázornění výroby elektrické energie podle typů paliv v ČR za rok 2013	3
Obrázek 2 Trojúhelník výkonů .....	5
Obrázek 3 Jednotlivá kompenzace .....	6
Obrázek 4 Skupinová kompenzace .....	7
Obrázek 5 Ústřední kompenzace .....	7
Obrázek 6 Průměrný roční úhrn globálního záření .....	10
Obrázek 7 Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu .....	10
Obrázek 8 Tepelné čerpadlo země-voda .....	14
Obrázek 9 Tepelná čerpadla voda – voda a vzduch voda .....	15
Obrázek 10 Rozměry objektu .....	20
Obrázek 11 Grafické znázornění celkových nákladů za elektrickou energii společných prostor v jednotlivých letech .....	21
Obrázek 12 Grafické znázornění jednotlivých nákladů SVJ za rok 2015.....	22
Obrázek 13 Typ osvětlení v objektu .....	22
Obrázek 14 Schéma zapojení analyzátoru sítě.....	24
Obrázek 15 Blokové schéma.....	24
Obrázek 16 Celkový průběh frekvence 9. 12. 2016.....	25
Obrázek 17 Denní cyklus měření napětí dne 13. 12. 2016.....	26
Obrázek 18 Týdenní cyklus měření napětí ze dne 16. 1. 2017 .....	27
Obrázek 19 Zatížení elektrizační soustavy 20. 3. 2017 .....	28
Obrázek 20 Procentuální zastoupení THD.....	29
Obrázek 21 Měření termokamerou zateplený objekt .....	30
Obrázek 22 Měření termokamerou nezateplený sousední panelový dům.....	31
Obrázek 23 Tepelný most na střeše zástavby v místě soklu .....	31
Obrázek 24 Nedostatečná tepelná izolace rozvodů ústředního vytápění a teplé vody.....	31
Obrázek 25 Světlo pro vnitřní i venkovní použití W131-BI .....	33
Obrázek 26 Střecha objektu .....	34
Obrázek 27 Schéma fotovoltaických panelů na střeše .....	35
Obrázek 28 Fotovoltaické panely na ploché střeše. (ČVUT) .....	36
Obrázek 29 Nosná konstrukce fotovoltaických panelů.....	37
Obrázek 30 Sluneční svit.....	38
Obrázek 31 Grafické znázornění návratnosti investice v závislosti na způsobu financování..	42

Obrázek 32 Instalace tenkovrstvého fotovoltaického panelu a schéma na panelovém domě (30) .....	43
Obrázek 33 Schéma fotovoltaických panelů na štítu panelového domu .....	46
Obrázek 34 Schéma fotovoltaického panelu, který je instalován jako markýza .....	47
Obrázek 35 Grafické rozhraní simulačního softwaru Polysun.....	48
Obrázek 36 Výběr jednotlivých solárních kolektorů .....	49
Obrázek 37 Simulace ročního provozu ohřevu vody pomocí solárních kolektorů .....	51
Obrázek 38 Půdorys objektu .....	52
Obrázek 39 Harmonické zkreslení měřeno dne 9. 12. 2016 .....	1
Obrázek 40 Harmonické zkreslení měřeno dne 12. 12. 2016 .....	1
Obrázek 41 Harmonické zkreslení 9. 12. 2016 .....	1
Obrázek 42 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 9. 12. 2016 .....	2
Obrázek 43 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 12. 12. 2016 .....	2
Obrázek 44 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 13. 12. 2016 .....	2
Obrázek 45 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 14. 12. 2016 .....	3
Obrázek 46 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 15. 12. 2016 .....	3
Obrázek 47 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 27. 2. 2017 .....	4
Obrázek 48 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 20. 2. 2017 .....	4
Obrázek 49 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 13. 2. 2017 .....	4
Obrázek 50 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 6. 2. 2017 .....	5
Obrázek 51 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 30. 1. 2017 .....	5
Obrázek 52 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 23. 1. 2017 .....	5
Obrázek 53 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 16. 1. 2017 .....	6
Obrázek 54 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 9. 1. 2017 .....	6
Obrázek 55 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 19. 12. 2017 .....	6
Obrázek 56 Simulační program Polysun 1. leden. v 11:00:54.....	7
Obrázek 57 Simulační program Polysun 4. července v 9:00:00 .....	7
Obrázek 58 Výsledky ze simulačního programu Polysun ohřev vody .....	8
Obrázek 59 Výsledky ze simulačního programu Polysun solární kolektory .....	8

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Vytěžitelné zásoby dle České geologické služby .....	3
Tabulka 2 Statistika způsobu napadení objektu pro Prahu za rok 2005 .....	17
Tabulka 3 Počet vloupání dle jednotlivých krajů v ČR za rok 2005 .....	18
Tabulka 4 Ohřev teplé vody .....	30
Tabulka 5 Parametry světel .....	34
Tabulka 6 Parametry fotovoltaického panelu Sharp ND-RC250 .....	37
Tabulka 7 Celková kalkulace .....	39
Tabulka 8 Anuitní splácení v případě 50 % cizího kapitálu a 50 % vlastního.....	41
Tabulka 9 Anuitní splácení se 100 % úvěrem bez vlastních finančních prostředků.....	41
Tabulka 10 Základní parametry tenkovrstvého fotovoltaického panelu SHARP .....	44
Tabulka 11 Kalkulace tenkovrstvých fotovoltaických panelů .....	45
Tabulka 12 Schematické značky a komponenty .....	53
Tabulka 13 Celková kalkulace zabezpečovacího systému.....	55
Tabulka 14 Návratnost investice fotovoltaických panelů s nosnou konstrukcí .....	9
Tabulka 15 Návratnost investice tenkovrstvých panelů.....	10

## Seznam příloh

Příloha 1 Měření kvality elektrické energie.....	1
Příloha 2 Simulační program Polysun.....	7
Příloha 3 Návratnost investice fotovoltaických panelů.....	9

---

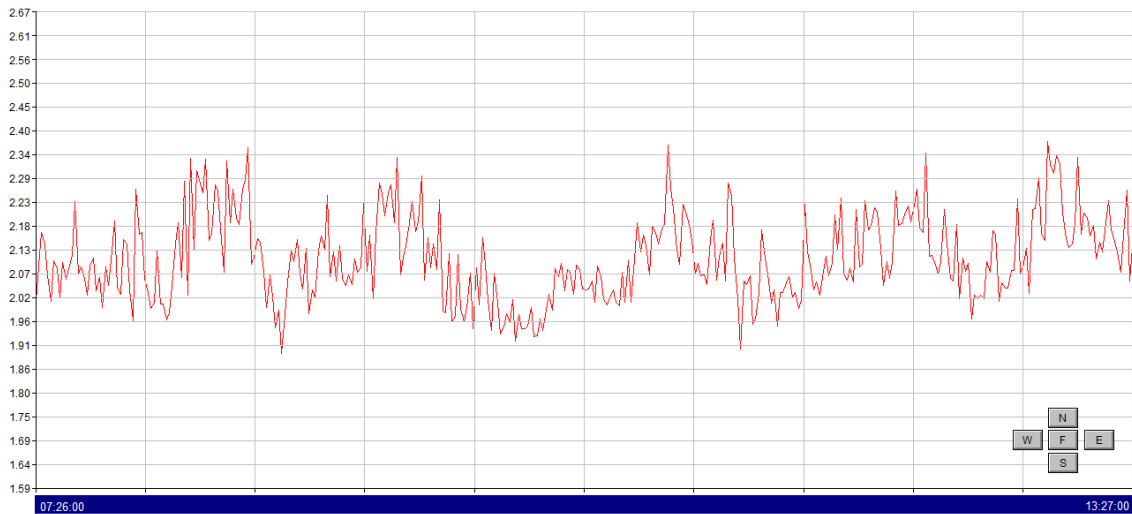
## Přílohy

---



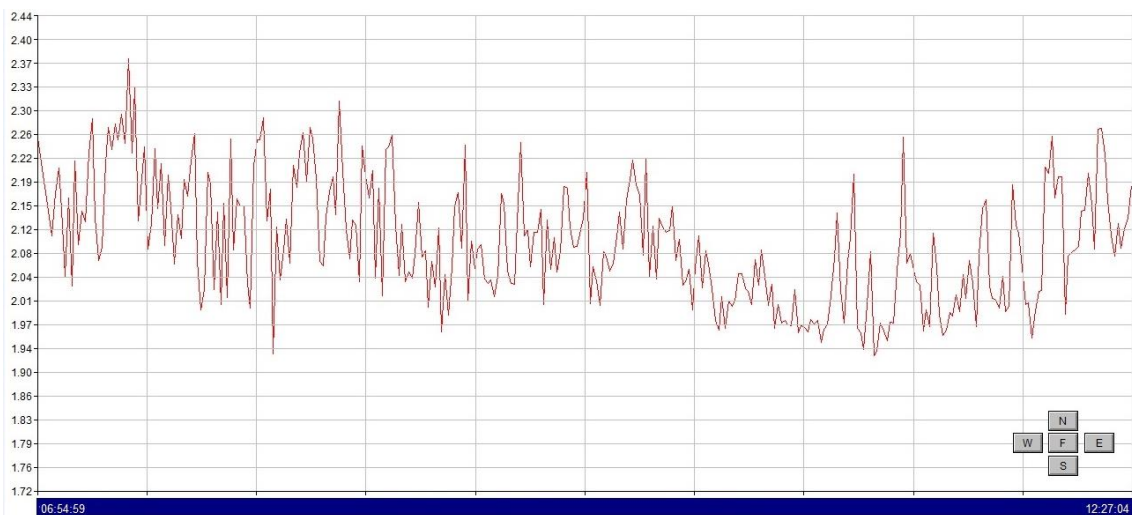
# Příloha 1 Měření kvality elektrické energie

Obrázek 39 Harmonické zkreslení měřeno dne 9. 12. 2016



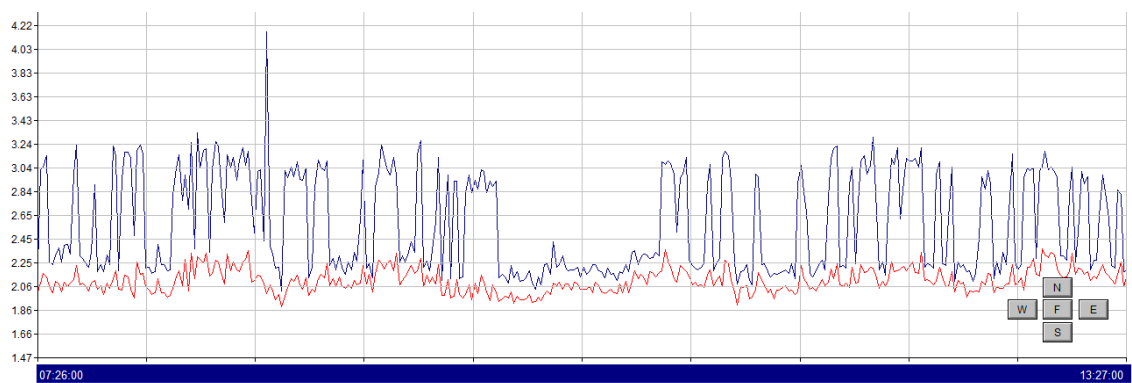
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 40 Harmonické zkreslení měřeno dne 12. 12. 2016



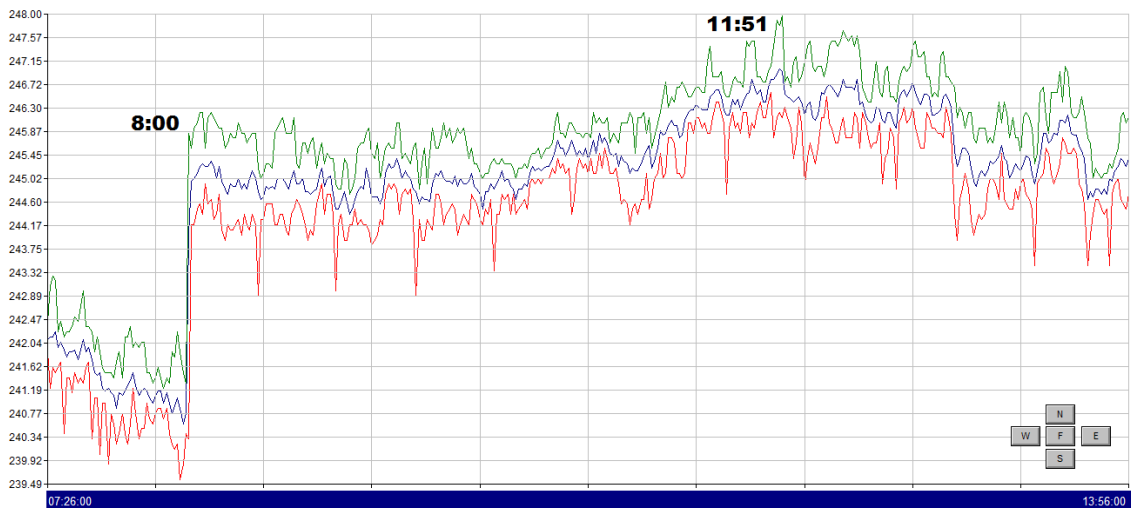
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 41 Harmonické zkreslení 9. 12. 2016



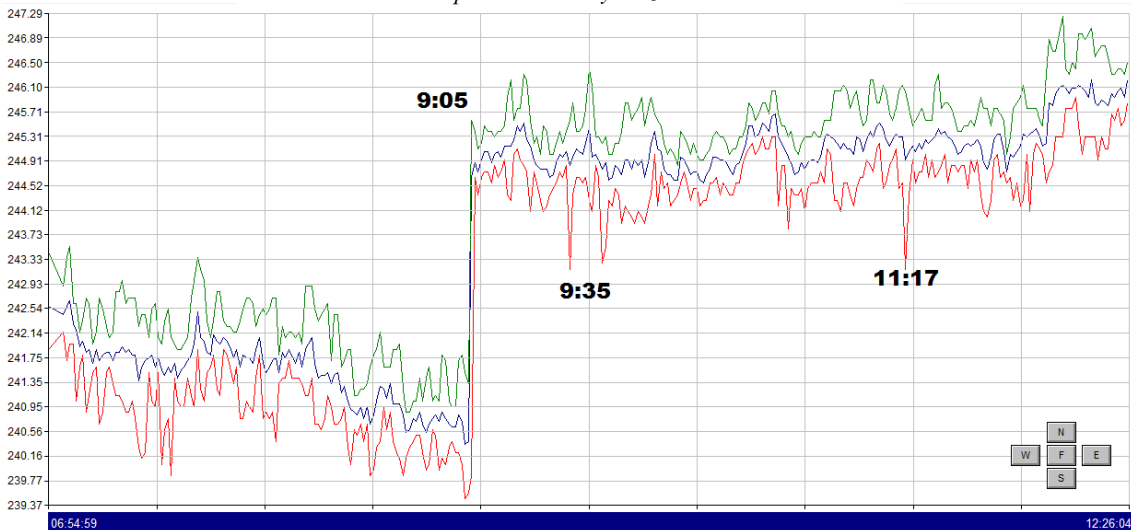
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 42 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 9. 12. 2016



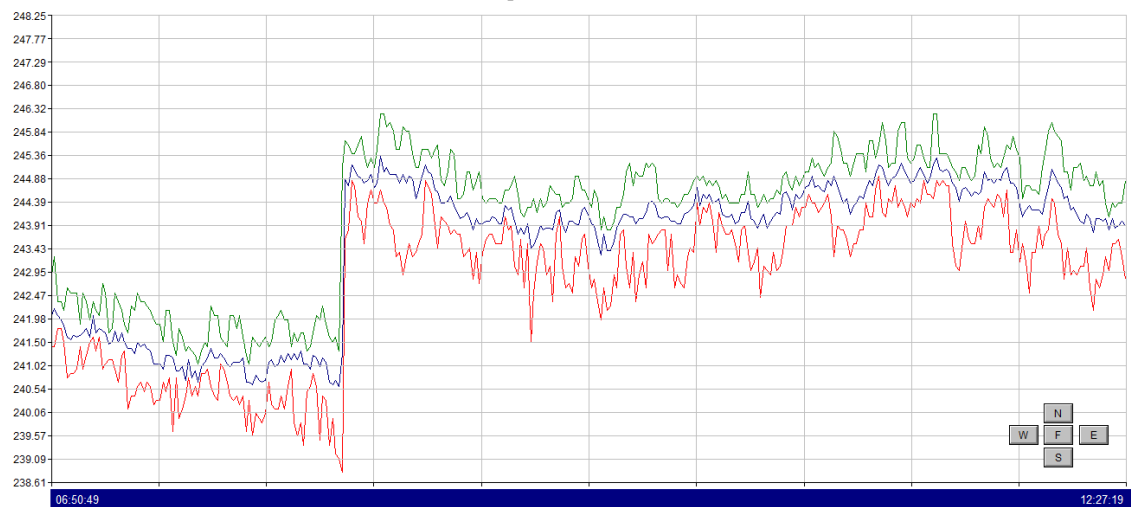
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 43 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 12. 12. 2016



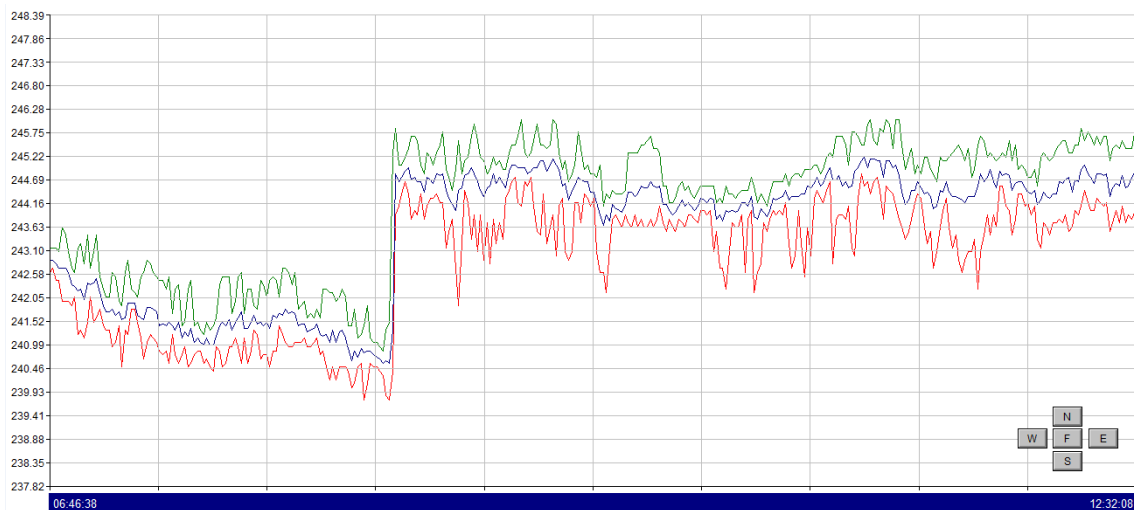
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 44 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 13. 12. 2016



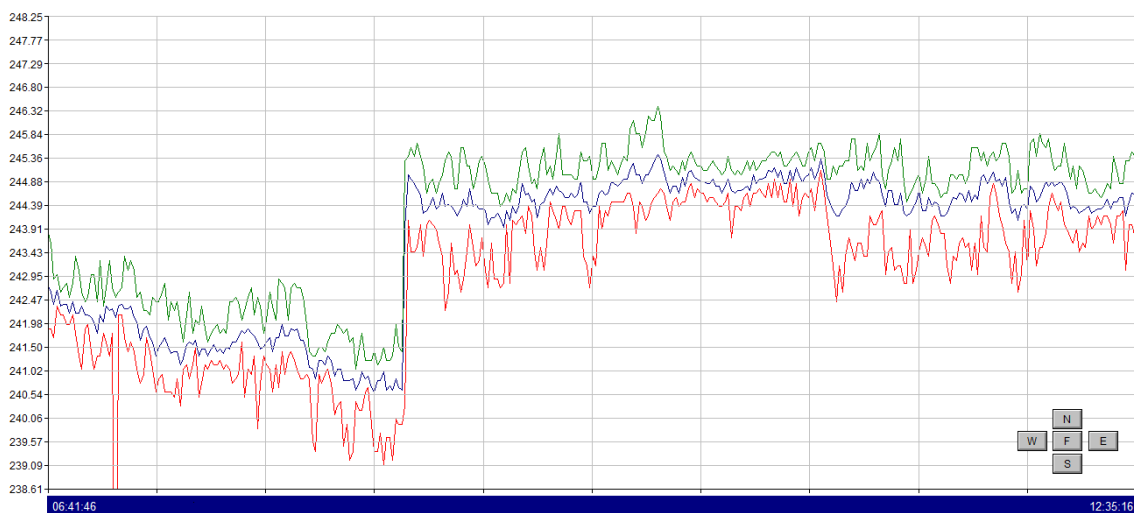
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 45 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 14. 12. 2016



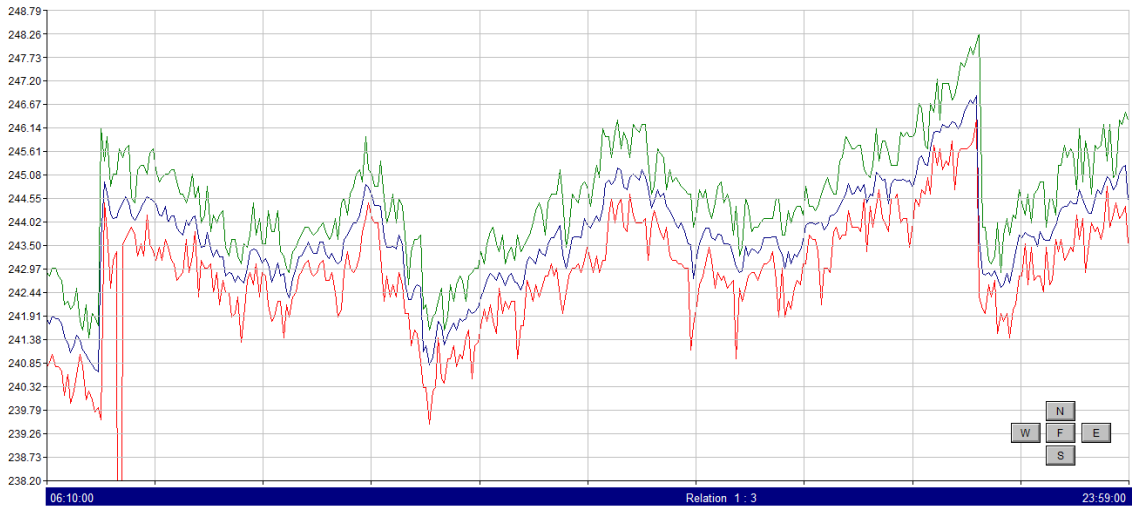
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 46 Průběh napětí v denním cyklu ze dne 15. 12. 2016



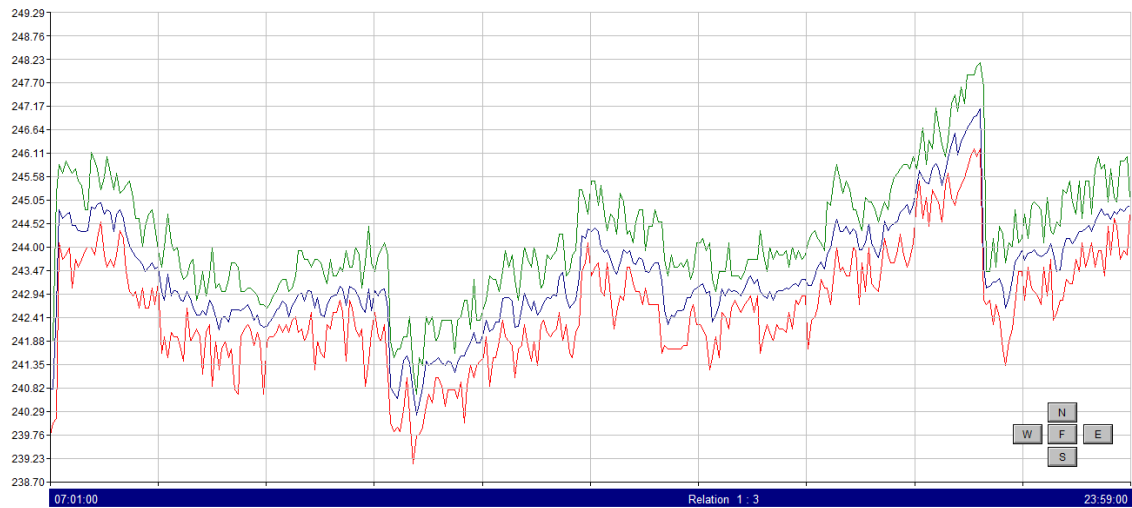
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 47 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 27. 2. 2017



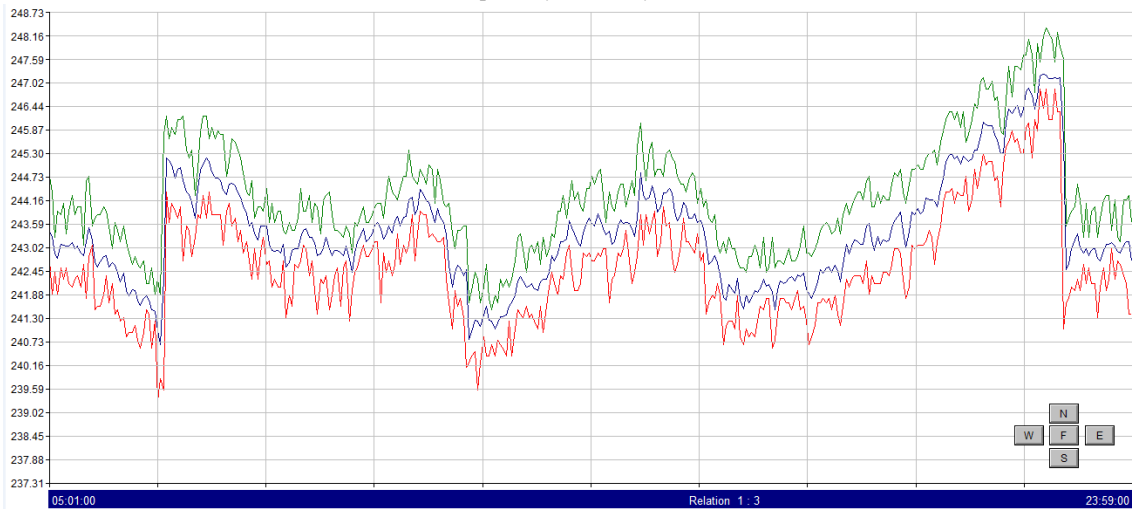
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 48 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 20. 2. 2017



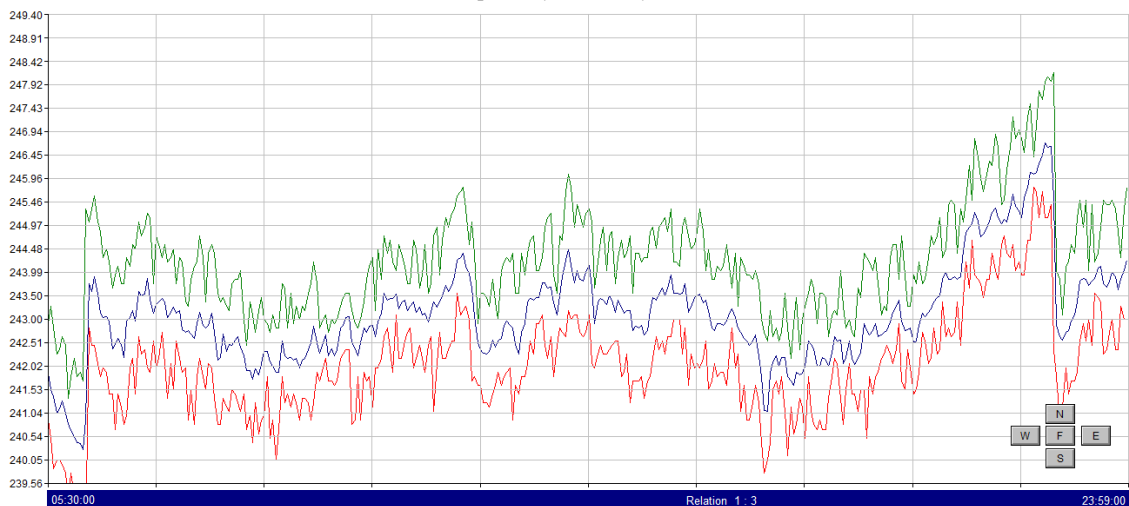
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 49 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 13. 2. 2017



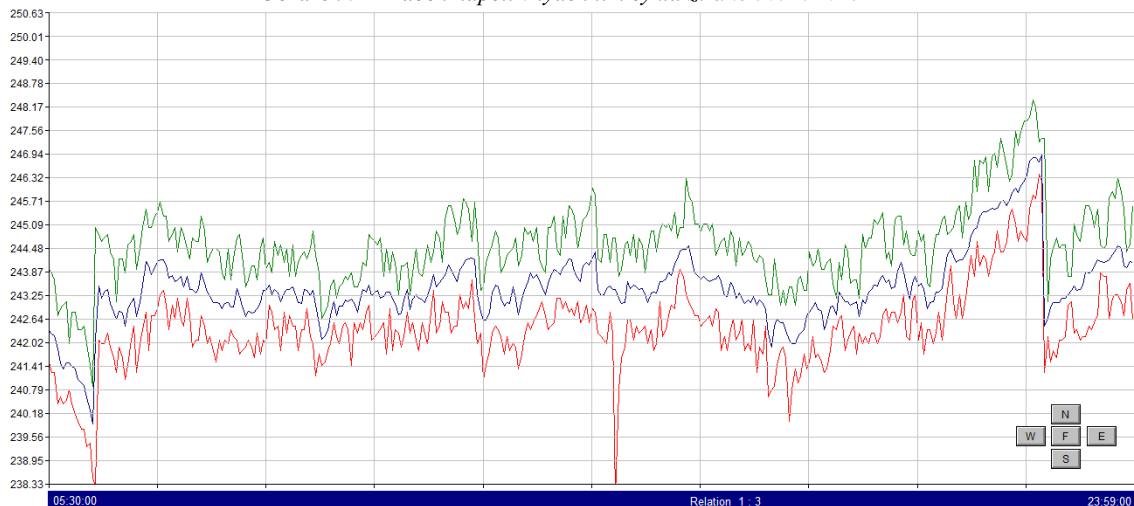
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 50 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 6. 2. 2017



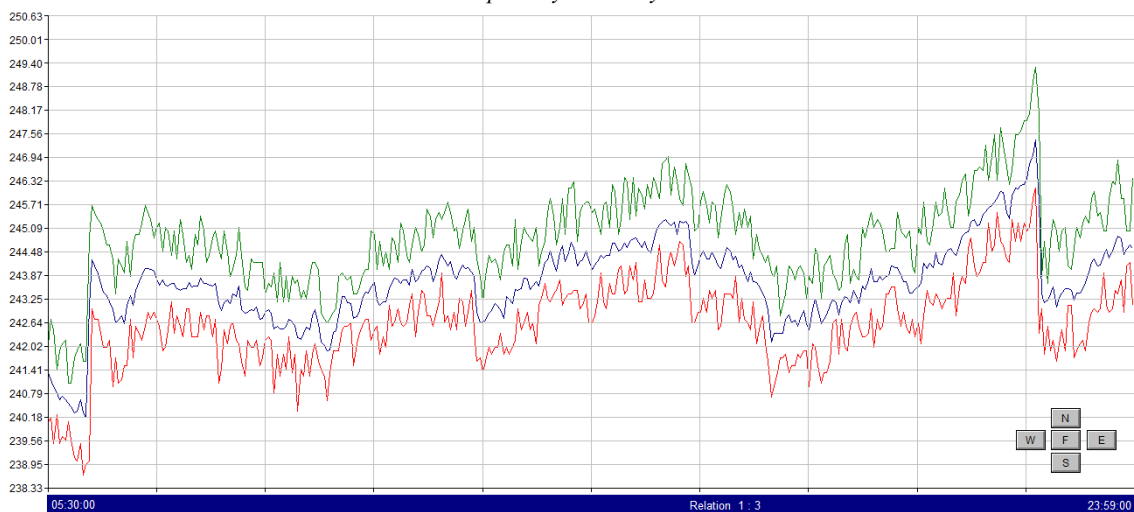
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 51 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 30. 1. 2017



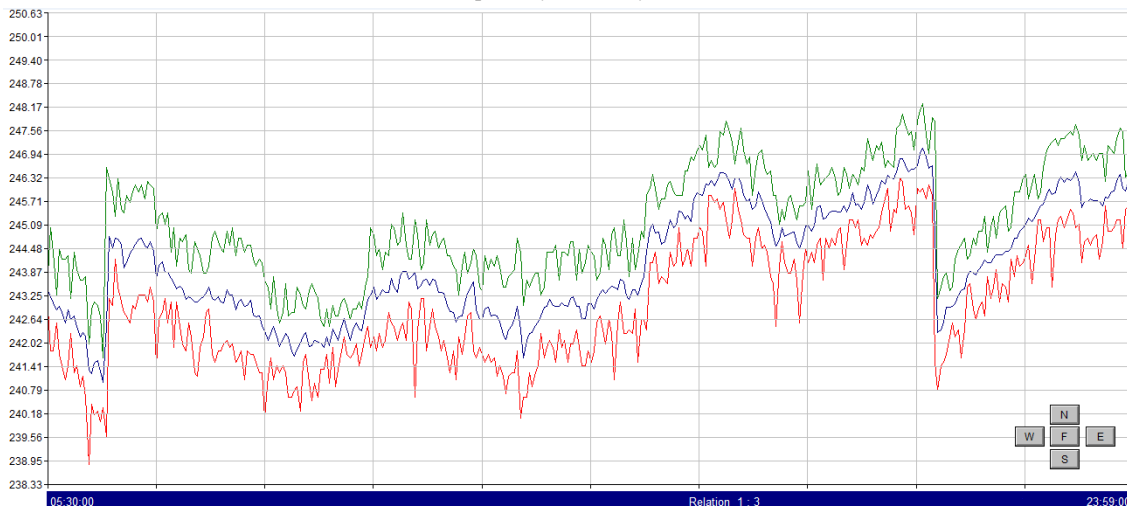
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 52 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 23. 1. 2017



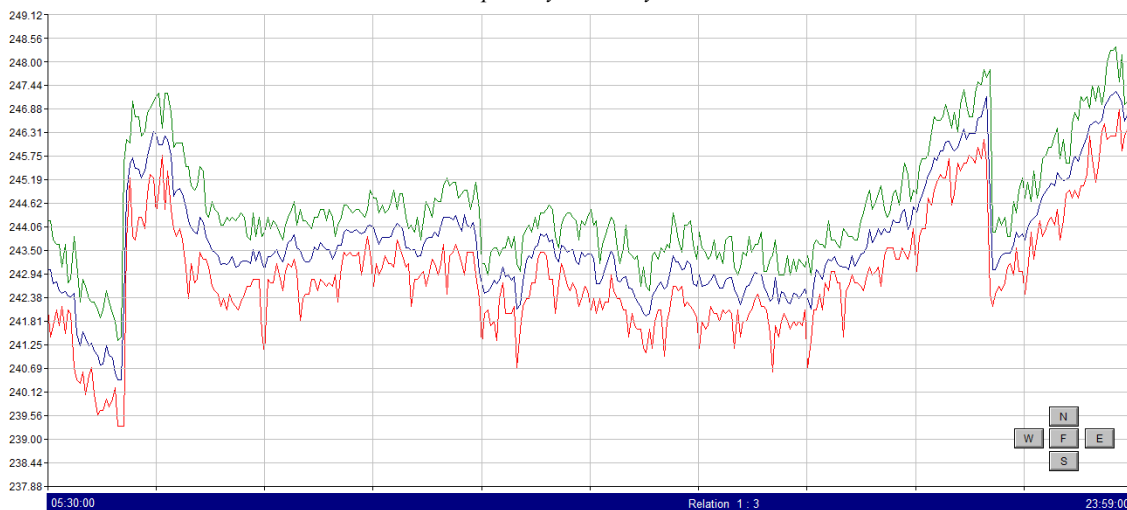
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 53 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 16. 1. 2017



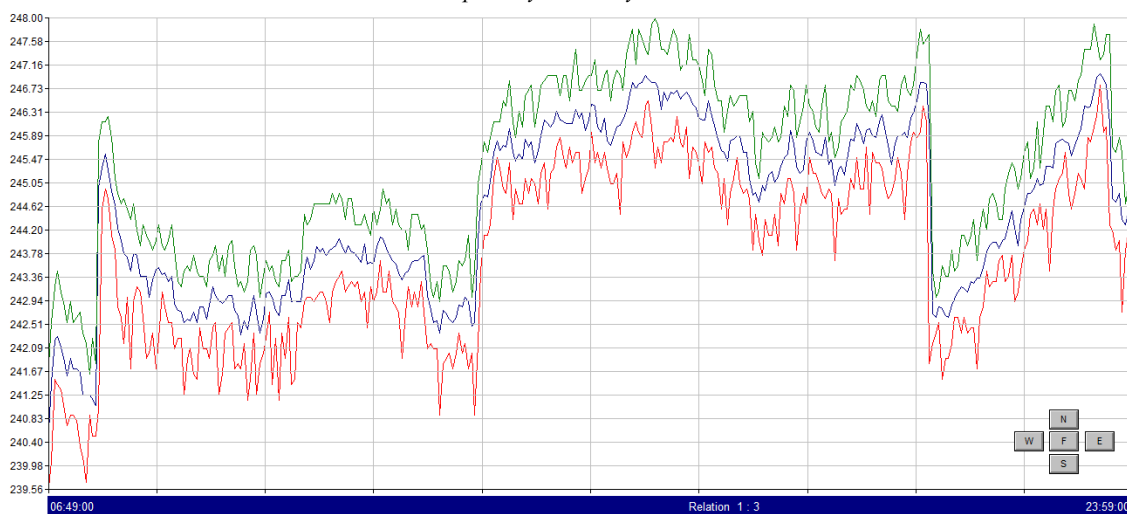
Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 54 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 9. 1. 2017



Zdroj: Vlastní z programu Power Link

Obrázek 55 Průběh napětí v týdenním cyklu ze dne 19. 12. 2017

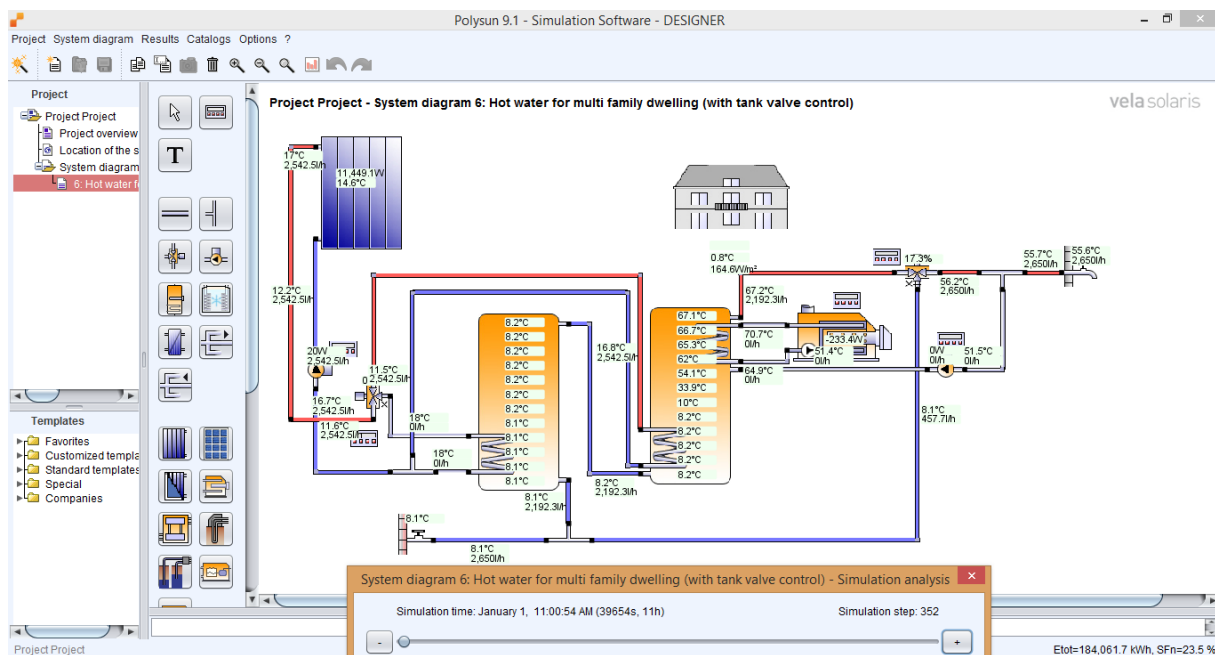


Zdroj: Vlastní z programu Power Link

## Příloha 2 Simulační program Polysun

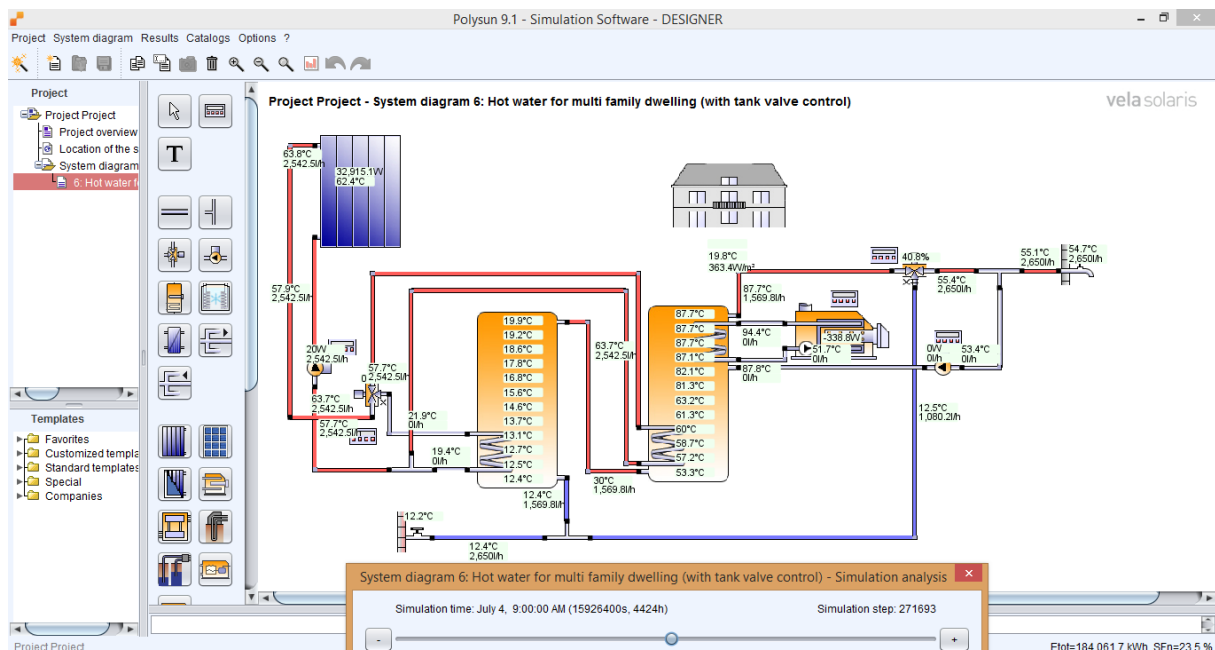
Na obrázku 56 je vidět simulace z 1. ledna v 11 hodin plynový kotel není aktivní a solární kolektory jsou schopné krýt dodávky teplé vody, která je na obrázku 49 2 650 litrů za hodinu o teplotě 54,7 °C. Teplota vody ohřáté pomocí kolektorů dosahuje teploty 62,4 °C.

Obrázek 56 Simulační program Polysun 1. leden. v 11:00:54



Zdroj: Vlastní z programu Polysun

Obrázek 57 Simulační program Polysun 4. července v 9:00:00



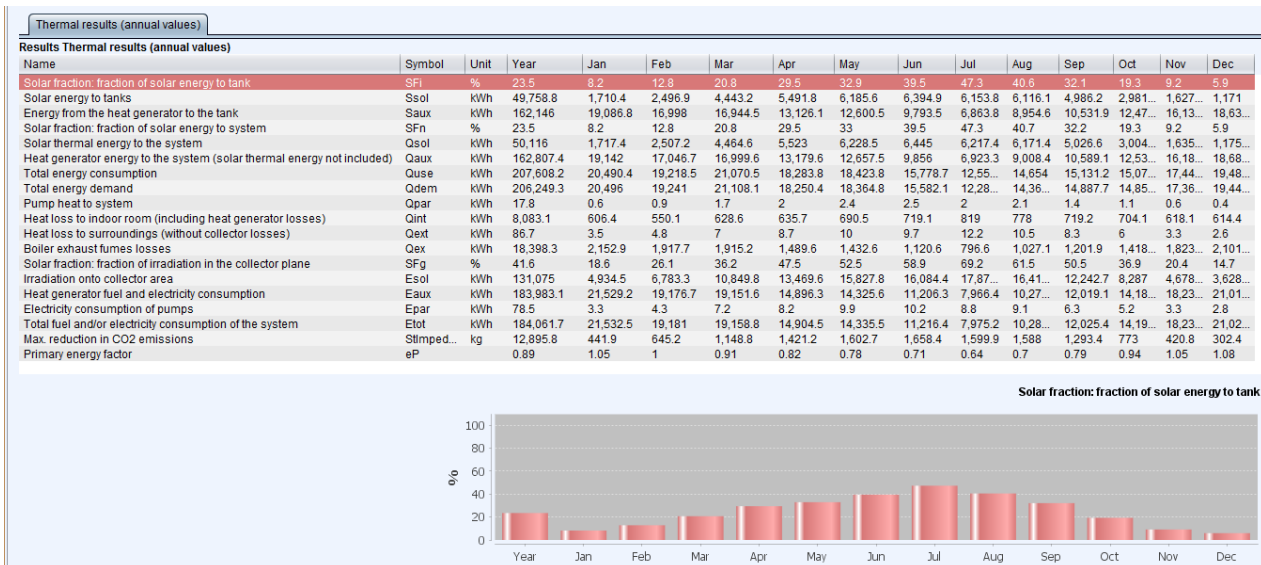
Zdroj: Vlastní z programu Polysun

Obrázek 58 Výsledky ze simulačního programu Polysun ohřev vody

	Boiler	Building	Cold water	Collector	Hot water demand	Storage tank	Storage tank	Storage tank Coil heat exchanger [1]	Storage tank Coil heat exchanger [1]						
<b>Results Boiler</b>															
Name	Symb...	Unit	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Temperature		°C	76.5	72.4	72.8	74.5	76.3	77.2	79.4	84.9	80.1	78.6	77.3	72.9	72
Minimum value		°C	35.1	35.4	35.1	35.3	36.4	37.5	38.5	49.5	41.4	39.8	39.4	38.1	36.7
Maximum value		°C	100.6	98.3	97.2	100.2	99	98.4	100.6	100.4	98.3	100.6	98.1	98.7	98.7
Flow rate		l/h	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900	12,900
Heat loss	Qhl	kWh	2,777.4	234.4	212.3	236.8	227.1	235.6	229.6	246.5	236	228.2	235.9	223.3	231.9
Minimum value (Power)		W	199.7	200.5	209.4	199.7	200	201	201.6	229.9	202.2	200.6	199.8	202.5	208.3
Maximum value (Power)		W	1,022.4	989.4	973.9	995.7	997	989.2	1,022...	1,000...	977	1,015...	983.2	995.1	996.9
Energy from/to the system	Qaux	kWh	162.80...	19,142	17,04...	16,99...	13,17...	12,65...	9,856	6,923...	9,008...	10,58...	12,53...	16,18...	18,68...
Minimum value (Power)		W	-367.1	-357	-352.1	-365.2	-360.2	-357.6	-367.1	-366.2	-357.1	-367.1	-356	-358.6	-358.9
Maximum value (Power)		W	134,78...	134,7...	134,7...	134,7...	134,7...	134,7...	134,7...	134,6...	134,7...	134,7...	134,7...	134,7...	134,7...
Fuel and electricity consumpt...	Eaux	kWh	183,98...	21,52...	19,17...	19,15...	14,89...	14,32...	11,20...	7,966...	10,27...	12,01...	14,18...	18,23...	21,01...
Minimum value (Power)		W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Maximum value (Power)		W	150,000	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...	150,0...
On/Off		%	14	19.3	19	17.2	13.8	12.8	10.4	7.1	9.2	11.1	12.7	16.9	18.8
Circuit pressure drop		bar	0.71	0.591	0.603	0.645	0.751	0.785	0.894	1.162	0.849	0.776	0.752	0.616	0.586
Minimum value		bar	0.482	0.482	0.483	0.483	0.483	0.483	0.482	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483
Maximum value		bar	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173	4.173
CO2 emissions		kg	42,608.3	4,985...	4,441...	4,435...	3,449...	3,317...	2,595...	1,844...	2,378...	2,783...	3,285...	4,223...	4,867...
Number of switch-on times		-	5,401	548	474	509	440	455	387	301	367	405	461	514	540
CO2 savings solar thermal		kg	12,895.8	441.9	645.2	1,148...	1,421...	1,602...	1,658...	1,599...	1,588	1,293...	773	420.8	302.4
Energy savings solar thermal		kWh	55,684.4	1,908...	2,785...	4,960...	6,136...	6,920...	7,161...	6,908...	6,857...	5,585...	3,337...	1,817	1,305...
Fuel savings solar thermal		m³(g...	5,303.3	181.7	265.3	472.4	584.4	659.1	682	657.9	653.1	531.9	317.9	173.1	124.4
Operation time		h	1,226.6	143.5	127.8	127.7	99.3	95.5	74.7	53.1	68.5	80.1	94.6	121.6	140.1
Total efficiency		%	88.5	88.9	88.9	88.8	88.5	88.4	88	86.9	87.7	88.1	88.3	88.8	88.9
Fuel consumption of the bac...	Baux	m³(g...	17,522.2	2,050...	1,826...	1,824	1,418...	1,364...	1,067...	758.7	978.2	1,144...	1,351	1,736...	2,001...
Exhaust fumes losses	Qex	kWh	18,398.3	2,152...	1,917...	1,915...	1,489...	1,432...	1,120...	796.6	1,027...	1,201...	1,418...	1,823...	2,101...
Minimum value (Power)		W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Zdroj: Vlastní z programu Polysun

Obrázek 59 Výsledky ze simulačního programu Polysun solární kolektory



Zdroj: Vlastní z programu Polysun



## Příloha 3 Návratnost investice fotovoltaických panelů

Tabulka 14 Návratnost investice fotovoltaických panelů s nosnou konstrukcí

Rok	Účinnost (%)	Výroba energie za jeden rok 1 panel (kWh)	150 panelů (kWh) za rok	Celkem vyrobené energie (kWh)	Finanční úspora
2017	100	170,56	25 584	25 584	127 920
2018	98,5	168,00	25 200	50 784	253 921
2019	97	165,48	24 822	75 606	378 032
2020	95,5	163,00	24 450	100 056	500 282
2021	94	160,55	24 083	124 140	620 698
2022	92,5	158,15	23 722	147 861	739 307
2023	91	155,77	23 366	171 228	856 138
2024	89,5	153,44	23 016	194 243	971 216
<b>2025</b>	<b>88</b>	<b>151,14</b>	<b>22 670</b>	<b>216 913</b>	<b>1 084 567</b>
2026	86,5	148,87	22 330	239 244	1 196 219
<b>2027</b>	<b>85</b>	<b>146,64</b>	<b>21 995</b>	<b>261 239</b>	<b>1 306 196</b>
2028	83,5	144,44	21 665	282 905	1 414 523
<b>2029</b>	<b>82</b>	<b>142,27</b>	<b>21 340</b>	<b>304 245</b>	<b>1 521 225</b>
2030	80,5	140,14	21 020	325 265	1 626 326
2031	79	138,03	20 705	345 970	1 729 851
2032	77,5	135,96	20 394	366 365	1 831 824
2033	76	133,92	20 089	386 453	1 932 266
2034	74,5	131,91	19 787	406 240	2 031 202
2035	73	129,94	19 490	425 731	2 128 654
2036	71,5	127,99	19 198	444 929	2 224 644
2037	70	126,07	18 910	463 839	2 319 195
2038	68,5	124,18	18 626	482 465	2 412 327
2039	67	122,31	18 347	500 812	2 504 062
2040	65,5	120,48	18 072	518 884	2 594 421
2041	64	118,67	17 801	536 685	2 683 425

Tabulka 15 Návrátnost investice tenkovrstvých panelů

Rok	Účinnost (%)	Výroba energie za jeden rok 1 panel (kWh)	148 panelů (kWh) za rok	Celkem vyrobená energie (kWh)	Finanční úspora
2017	100	75,38	11 156	11 156	55 781
2018	98,5	74,25	11 137	22 294	111 468
2019	97	73,14	10 970	33 264	166 320
2020	95,5	72,04	10 806	44 070	220 349
2021	94	70,96	10 644	54 713	273 567
2022	92,5	69,89	10 484	65 197	325 987
2023	91	68,85	10 327	75 524	377 621
2024	89,5	67,81	10 172	85 696	428 481
2025	88	66,80	10 019	95 715	478 577
2026	86,5	65,79	9 869	105 584	527 922
2027	85	64,81	9 721	115 305	576 527
<b>2028</b>	<b>83,5</b>	<b>63,83</b>	<b>9 575</b>	<b>124 881</b>	<b>624 403</b>
2029	82	62,88	9 432	134 312	671 560
2030	80,5	61,93	9 290	143 602	718 011
2031	79	61,00	9 151	152 753	763 764
2032	77,5	60,09	9 013	161 766	808 832
2033	76	59,19	8 878	170 645	853 223
2034	74,5	58,30	8 745	179 390	896 948
2035	73	57,43	8 614	188 004	940 018
2036	71,5	56,56	8 485	196 488	982 441
2037	70	55,72	8 357	204 846	1 024 228
2038	68,5	54,88	8 232	213 078	1 065 388
2039	67	54,06	8 109	221 186	1 105 931
2040	65,5	53,25	7 987	229 173	1 145 866
2041	64	52,45	7 867	237 040	1 185 202