



**České vysoké  
učení technické  
v Praze**

**F3**

**Fakulta elektrotechnická  
Katedra ekonomiky,  
manažerství a  
humanitních věd**

Bakalářská práce

**Energetický audit  
administrativního objektu**

Václav Poživil

Vedoucí práce: Mgr. Ing. Vít Klein, Ph.D.  
2021



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Poživil** Jméno: **Václav** Osobní číslo: **487015**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Specializace: **Elektrotechnika a management**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Energetický audit administrativního objektu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Energy audit of an administrative building**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Legislativní úprava energetického auditu.
- 2) Metodika zpracování energetického auditu.
- 3) Energetický audit – popis výchozího stavu a návrhy úsporných opatření.
- 4) Ekonomické a ekologické vyhodnocení navrhovaných opatření.

Seznam doporučené literatury:

- 1) Česká republika. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2000, ročník 2000, částka 115, číslo 406.
- 2) Česká republika. Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2012, ročník 2012, částka 182, číslo 480.
- 3) Česká republika. Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2020, ročník 2020, částka 98, číslo 264.
- 4) Učebnice energetického specialisty – Energetický audit, energetický posudek [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D., katedra elektroenergetiky FEL**

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

Datum zadání bakalářské práce: **13.01.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21.05.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2022**

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Ústí nad Labem dne 21. 05. 2021

.....

Václav Poživil



## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Mgr. Ing. Vítu Kleinovi, Ph.D., za veškerou odbornou pomoc, vstřícnost a ochotu, kterou mi věnoval při vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji své rodině a přátelům, kteří mě podpořili při zpracování této práce.

V Ústí nad Labem dne 21. 05. 2021

.....

Václav Poživil





## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce je vymezení energetického auditu v zákonech, vyhláškách a normách České republiky a následné zpracování energetického auditu administrativní budovy.

Začátek bakalářská práce je věnován vymezení pojmu energetického auditu a jeho definice v právním řádu České republiky. V následujících kapitolách je zpracován a vyhodnocen výchozí stav administrativní budovy a jsou vypracovány návrhy úsporných opatření. Následně jsou zhodnoceny navrhované varianty úspory energie z ekonomického a ekologického hlediska. V závěru bakalářské práce je uvedena vybraná doporučená varianta spolu s odůvodněním jejího výběru.

## **Klíčová slova**

Energetický audit, energetický specialista, energetická náročnost budovy, spotřeba energie, úspora energie, úsporné opatření, ekonomické hodnocení.



## **Abstract**

The aim of the bachelor's thesis is to define the energy audit in the laws, decrees and standards of the Czech Republic and the subsequent processing of the energy audit of the administrative building.

The beginning of the bachelor thesis is devoted to the definition of the term energy audit and his definition in the legal order of the Czech Republic. In the following chapters is processed and evaluated the initial state of the office building and are developed proposals for saving measures. Subsequently, are evaluated the proposed variants of energy savings from an economic and environmental point of view. At the end of the bachelor's thesis is presented the selected recommended variant together with the justification of her choice.

## **Keywords**

Energy audit, energy specialist, energy performance of a building, energy consumption, energy saving, saving measures, economic evaluation.



## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Pojmy .....	3
3	Právní předpisy energetického auditu.....	5
3.1	Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií .....	5
3.2	Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku .....	6
3.2.1	Obsah energetického auditu .....	6
3.2.2	Ekonomické vyhodnocení .....	9
3.2.3	Ekologické vyhodnocení .....	10
3.3	Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu.....	13
3.3.1	Obsah zprávy o provedeném energetickém auditu.....	14
3.3.2	Ekonomické hodnocení .....	15
3.3.3	Ekologické hodnocení .....	16
4	Metodika zpracování energetického auditu .....	17
5	Popis výchozího stavu .....	21
5.1	Základní údaje a charakteristika předmětu energetického auditu .....	21
5.2	Základní údaje o energetických vstupech objektu EA.....	23
5.2.1	Elektrická energie .....	23
5.2.2	Energetické vstupy do předmětu EA.....	25
5.3	Informace o stavební části .....	28
5.4	Vlastní zdroje energie .....	29
5.4.1	Zdroj tepla pro vytápění a chladu pro chlazení.....	29
5.4.2	Zdroj elektrické energie .....	31
5.5	Rozvody energie.....	32
5.5.1	Rozvod tepla a chladu .....	32

5.5.2	Rozvody elektrické energie.....	32
5.5.3	Rozvody studené a teplé vody.....	32
5.6	Další významné spotřebiče energie.....	33
5.6.1	Zdroj tepla na přípravu teplé vody.....	33
5.6.2	Vzduchotechnická zařízení.....	33
5.6.3	Úprava vlhkosti.....	34
5.6.4	Osvětlení.....	35
5.6.5	Další významné elektrické spotřebiče .....	36
6	Vyhodnocení výchozího stavu .....	39
6.1	Roční energetická bilance výchozího stavu předmětu EA.....	39
6.2	Posouzení tepelně – technických vlastností objektu .....	41
6.3	Vyhodnocení vlastních zdrojů energie .....	43
6.4	Vyhodnocení výchozího stavu dalších spotřebičů .....	44
7	Navržená opatření.....	45
7.1	Opatření č. 1 – Změna připojení instalované FVE k objektu .....	45
7.2	Opatření č. 2 – Instalace bateriového úložiště.....	46
7.3	Opatření č. 3 – Instalace FVE o výkonu 50 kWp .....	46
7.4	Opatření č. 4 – Instalace FVE o výkonu 100 kWp.....	47
7.5	Opatření č. 5 – Instalace FVE o výkonu 100 kWp s bateriovým úložištěm .. .....	48
7.6	Opatření č. 6 – Instalace FVE o výkonu 255 kWp.....	49
7.7	Souhrn úsporných opatření.....	50
8	Navržené Varianty.....	53
8.1	Varianta č. 1.....	53
8.2	Varianta č. 2.....	54
9	Ekonomické vyhodnocení variant.....	57
10	Ekologické vyhodnocení variant.....	63

11	Výběr doporučené varianty .....	65
11.1	Popis doporučené varianty.....	66
12	Závěr .....	67
	Seznam literatury a zdrojů informací .....	69
	Seznam použitých zkratek.....	75
	Seznam příloh.....	77

## Seznam obrázků

Obrázek 4.1 Průběh postupu energetického auditu .....	18
Obrázek 5.1 Východní strana objektu – hlavní vchod.....	22
Obrázek 5.2 Letecký snímek objektu s přilehlým pozemkem .....	23
Obrázek 5.3 Pohled na východní stranu objektu .....	28
Obrázek 5.4 Tepelná čerpadla umístěná na střeše objektu .....	30
Obrázek 5.5 Elektrický přímotopný konvektor.....	30
Obrázek 5.6 Část fotovoltaické elektrárny na střeše objektu .....	31
Obrázek 5.7 Střídače a rozvody pro FVE.....	32
Obrázek 5.8 Zásobníkový ohřívač na TV .....	33
Obrázek 5.9 Parní zvlhčovač Condair RS .....	35
Obrázek 5.10 Osvětlení v kancelářích .....	35
Obrázek 5.11 Venkovní osvětlení .....	36
Obrázek 5.12 Pohled do kanceláře .....	36

## Seznam grafů

Graf 5.1 Měsíční spotřeby elektrické energie.....	25
Graf 6.1 Procentuální rozložení spotřeby energie.....	40
Graf 6.2 Procentuální rozložení nákladů na energie .....	40
Graf 9.1 Změny ročních peněžních toků po dobu hodnocení variant.....	59
Graf 9.2 Citlivostní analýza - závislost NPV na diskontu.....	60
Graf 9.3 Citlivostní analýza - závislost NPV na výši investičních nákladů .....	60
Graf 9.4 Citlivostní analýza - závislost NPV na ceně elektrické energie.....	61



## Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Soupis základních údajů o energetických vstupech .....	7
Tabulka 3.2 Výchozí roční energetická bilance .....	8
Tabulka 3.3 Emisní faktory znečišťujících látek .....	11
Tabulka 3.4 Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého .....	12
Tabulka 5.1 Měsíční a celková roční spotřeba elektrické energie .....	24
Tabulka 5.2 Celková roční spotřeba elektrické energie jednotlivých elektroměrů .....	24
Tabulka 5.3 Průměrná cena vstupní energie.....	25
Tabulka 5.4 Energetické vstupy do objektu EA v roce 2018.....	26
Tabulka 5.5 Energetické vstupy do objektu EA v roce 2019.....	26
Tabulka 5.6 Energetické vstupy do objektu EA v roce 2020.....	27
Tabulka 5.7 Průměrné energetické vstupy do objektu EA v období 2018 - 2020 .....	27
Tabulka 5.8 Seznam tepelných čerpadel.....	29
Tabulka 5.9 Roční bilance výroby z tepelných čerpadel.....	30
Tabulka 5.10 Roční bilance výroby z fotovoltaické elektrárny .....	31
Tabulka 5.11 Seznam zásobníkových ohříváčů.....	33
Tabulka 5.12 Seznam VZT jednotek.....	34
Tabulka 5.13 Stropní anemostat .....	34
Tabulka 5.14 Další spotřebiče elektrické energie .....	37
Tabulka 6.1 Roční energetická bilance výchozího stavu .....	39
Tabulka 6.2 Technické parametry objektu .....	41
Tabulka 6.3 Vlastnosti konstrukcí obálky budovy .....	42
Tabulka 6.4 Základní technické ukazatele tepelných čerpadel.....	43
Tabulka 6.5 Základní technické ukazatele fotovoltaické elektrárny .....	43
Tabulka 7.1 Opatření č. 1 - Změna připojení instalované FVE k objektu .....	45
Tabulka 7.2 Opatření č. 2 - Instalace bateriového úložiště.....	46
Tabulka 7.3 Opatření č. 3 - Instalace FVE o výkonu 50 kWp.....	47
Tabulka 7.4 Opatření č. 4 - Instalace FVE o výkonu 100 kWp .....	48
Tabulka 7.5 Opatření č. 5 - Instalace FVE o výkonu 100 kWp s bateriovým úložištěm .....	49
Tabulka 7.6 Opatření č. 6 - Instalace FVE o výkonu 255 kWp .....	50

Tabulka 7.7 Souhrn úsporných opatření.....	50
Tabulka 8.1 Varianta č. 1 .....	53
Tabulka 8.2 Upravená roční energetická bilance pro variantu č. 1 .....	54
Tabulka 8.3 Varianta č. 2 .....	55
Tabulka 8.4 Upravená roční energetická bilance pro variantu č. 2 .....	55
Tabulka 9.1 Ekonomické vyhodnocení .....	58
Tabulka 10.1 Ekologické vyhodnocení .....	63
Tabulka 11.1 Ekonomické vyhodnocení doporučené varianty.....	66
Tabulka 11.2 Ekologické vyhodnocení doporučené varianty.....	66

# 1 Úvod

Tématem zpracování bakalářské práce je energetický audit administrativní budovy. Důvodem, proč jsem si zvolil toto téma je zájem o danou problematiku a následně po dokončení studia bych rád začal pracovat v tomto oboru energetiky. Dalším důvodem je fakt, že v dnešní době je kladen důraz na hledání nových úspor energie a tím snížení výdajů za energii, ale i snížení ekologické zátěže, která je pro mě z hlediska budoucnosti velice důležitá.

V úvodní části bakalářské práci jsou rozebrány základní pojmy k dané problematice. Následně jsou uvedeny právní předpisy, které se týkají energetického auditu a na závěr je uvedena metodika postupu zpracování energetického auditu.

V následující části je zhodnocen výchozí stav administrativní budovy i s doplňujícími informacemi ohledně popisu objektu. Dále je analyzována spotřeba energie posuzované administrativní budovy, jak pro vytápění, osvětlení, vzduchotechniku, ohřev teplé vody, tak i pro jiné spotřebiče energie. Následně jsou zpracovány a vyhodnoceny jednotlivé návrhy úsporných opatření.

V poslední části jsou vybrány nejvýhodnějších opatření, ze kterých následně vypracujeme navrhované varianty řešení. U jednotlivých variant upravíme energetickou bilanci a provedeme ekonomické a ekologické vyhodnocení.

Na závěr je vybrána doporučená varianta k realizaci spolu s odůvodněním jejího výběru.



## 2 Pojmy

K orientaci v právním řádu se bude třeba seznámit se základními pojmy. Uvedené pojmy slouží k lepšímu porozumění bakalářské práce. Pojmy jsou vysvětleny v zákoně č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, ve vyhlášce č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů a ve vyhlášce č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu.

### a) nakládání s energií

Nakládáním s energií se rozumí „výroba, přenos, přeprava, distribuce, rozvod, spotřeba energie a uskladňování energie, včetně souvisejících činností.“<sup>1</sup>

### b) energetické hospodářství

Energetické hospodářství je „budova nebo provoz, jestliže lze u nich stanovit spotřebu energie na základě měřitelného vstupu a výstupu.“<sup>2</sup>

### c) Energetická náročnost budovy

Energetická náročnost budovy je „vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení.“<sup>3</sup>

### d) Energetický audit (dále jen „EA“)

Energetickým auditem se rozumí „systematická kontrola a analýza spotřeby energie za účelem získání dostatečných znalostí o stávajícím nakládání s energií v energetickém hospodářství, která identifikuje a kvantifikuje možnosti nákladově efektivních úspor energie a podává zprávy o zjištěních.“<sup>4</sup>

### e) Větší změna dokončené budovy

Větší změna dokončené budovy je „změna dokončené budovy na více než 25 % celkové plochy obálky budovy.“<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů; § 2. Základní pojmy.

<sup>2</sup> Tamtéž.

<sup>3</sup> Tamtéž.

<sup>4</sup> Tamtéž.

<sup>5</sup> Tamtéž.

## f) Celková energeticky vztažná plocha

Celková energeticky vztažná plocha budovy je „*vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím ve všech podlažích budovy nebo její ucelené části.*“<sup>6</sup>

## g) Obálka budovy

Obálka budovy je „*soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru nebo sousední budově.*“<sup>7</sup>

## h) Úspora energie

Úsporou energie se rozumí „*množství ušetřené energie určené měřením nebo výpočtem spotřeby energie před provedením jednoho či více opatření ke zvýšení účinnosti užití energie a po něm, při zajištění normalizace vnějších podmínek, které spotřebu energie ovlivňují.*“<sup>8</sup>

## i) Energonositel

Energonositel je „*hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla nebo na ovládání chemických nebo fyzikálních procesů.*“<sup>9</sup>

## j) Primární energie z neobnovitelných zdrojů energie

Primární energie z neobnovitelných zdrojů energie je „*energie, která neprošla žádným procesem přeměny; její výše je vypočtena pomocí faktorů primární energie z neobnovitelných zdrojů energie.*“<sup>10</sup>

## k) Příležitost ke snížení energetické náročnosti

příležitostí ke snížení energetické náročnosti se rozumí „*technické nebo organizačně proveditelné opatření nebo jejich soubor vedoucí k úspoře energie nebo emisí CO<sub>2</sub> nebo ke snížení hodnoty ukazatele energetické náročnosti.*“<sup>11</sup>

---

<sup>6</sup> Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů; § 2. Základní pojmy.

<sup>7</sup> Tamtéž.

<sup>8</sup> Tamtéž.

<sup>9</sup> Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů; § 2. Základní pojmy.

<sup>10</sup> Tamtéž.

<sup>11</sup> Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu; § 2. Vymezení pojmů.

## 3 Právní předpisy energetického auditu

V této kapitole jsou rozebrány vybrané právní předpisy vztahující se k tématu energetického auditu. Hlavní zákon týkající se energetického auditu je zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon byl již v minulosti několikrát upravován kvůli měnícím se požadavkům na energetické úspory a zlepšení jeho výkladu. Zákon se odkazuje na další zákony, prováděcí vyhlášky a technické normy.

Dalšími důležitými předpisy jsou:

Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov,

Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku (již neplatná vyhláška),

Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu (účinná od 01. 04. 2021),

Vyhláška č. 4/2020 Sb., o energetických specialistech.

### 3.1 Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů nám definuje základní pojmy v oblasti hospodaření s energií, dále se věnuje státní a územní energetické koncepci, státnímu programu na podporu úspory energie a státní energetické inspekci.

Zákon dále upravuje opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie, do kterých například spadá povinnost plnit požadavky na energetickou náročnost budovy, jak fyzických, tak i právnických osob s ohledem na rozlohu, typ využití, a spotřebu energie budovy. S opatřeními pro zvyšování hospodárnosti užití energie souvisí dále průkaz energetické náročnosti budovy.

Pro zpracování této práce je nejdůležitější částí tohoto zákona paragraf 9, ve kterém je uvedena povinnost zpracovávat energetický audit pro:

- podnikatele, který zaměstnává 250 a více osob nebo vykazuje roční obrat vyšší než 1,3 mld. Kč nebo roční bilanční sumu rozvahy vyšší než 1,1 mld. Kč po sobě jdoucí 2 kalendářní roky.

- energetické hospodářství, jehož roční spotřeba energie je vyšší než 5 000 MWh za poslední 2 kalendářní roky. Pokud energetické hospodářství vlastní například Česká republika, kraj, obec či státní organizace, je povinnost zpracovat EA již od 500 MWh roční spotřeby energie energetického hospodářství.<sup>12</sup>

Energetický audit je platný 10 let a zpracovat ho může pouze energetický specialista, který získá oprávnění od ministerstva průmyslu a obchodu, jehož povinnosti jsou uvedené níže v tomto zákoně nebo ve vyhlášce č. 4/2020 Sb., o energetických specialistech.

### 3.2 Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku

V této vyhlášce je stanoven rozsah energetického auditu a energetického posudku. Dále je rozebrán obsah a způsob zpracování energetického auditu a posudku. V přílohách této vyhlášky je přesněji zpracováno, jak má vypadat evidenční list, soupis vstupů a výstupů auditu či posudku a jak provést ekonomické a ekologické vyhodnocení navrhovaných variant. Tato vyhláška byla platná do 31. 03. 2021.

#### 3.2.1 Obsah energetického auditu

Energetický audit obsahuje:

- titulní list, identifikační údaje,
- popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu,
- vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu,
- návrhy opatření ke zvýšení účinnosti užití energie,
- varianty z návrhu jednotlivých opatření,
- výběr optimální varianty, doporučení energetického specialisty,
- evidenční list energetického auditu a kopii dokladu o vydání oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů; § 9. Energetický audit.

<sup>13</sup> Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů; § 3. Obsah energetického auditu.



Titulní list obsahuje například název předmětu energetického auditu, datum vypracování, jméno a příjmení energetického specialisty, číslo oprávnění a evidenční číslo energetického auditu.

Identifikační údaje obsahují údaje o vlastníkovi energetického auditu, kterými jsou například jméno fyzické osoby nebo název firmy, identifikační číslo, adresa trvalého bydliště či sídlo firmy. Dále identifikační údaje obsahují údaje o předmětu energetického auditu, kterými jsou název, adresa nebo umístění předmětu energetického auditu.

Popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu obsahuje údaje o předmětu energetického auditu, jako je hlavní činnost předmětu, popis technických zařízení, systémů a budov, které jsou součástí předmětu a situační plán. Jako další obsahuje seznam energetických vstupů za předcházející 3 roky (viz. Tabulka 3.1), které se získají z účetních dokladů.

Pro rok: před realizací projektu					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh				
Teplo	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TO	t				
TOEL	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ·MWh <sup>-1</sup>				
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie					
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)					
Celkem spotřeba paliv a energie					

Tabulka 3.1 Soupis základních údajů o energetických vstupech<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Příloha č. 2 k vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

Popis stávajícího stavu obsahuje také údaje o rozvodech energie, jejichž údaje se zjišťují pro hlavní rozvody tepla, chladu a energie či významné spotřebiče energie, jejichž údaje jsou například druh spotřebiče, příkon a roční provozní hodiny. Součástí jsou i tepelně technické vlastnosti budov a systém managementu hospodaření s energií.

Vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu obsahuje účinnost užití energie ve zdrojích energie, v rozvodech tepla a chladu či ve významných spotřebičích energie. Dále obsahuje vyhodnocení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí budov a celkovou energetickou bilanci (viz. Tabulka 3.2).<sup>15</sup>

ř.	Ukazatel	Energie		Náklady
		(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstupy paliv a energie			
2	Změna zásob paliv			
3	Spotřeba paliv a energie (ř. 1 + ř.2)			
4	Prodej energie cizím			
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3 - ř.4)			
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie (z ř.5)			
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)			
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)			
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)			
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)			
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)			
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)			
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)			

Tabulka 3.2 Výchozí roční energetická bilance<sup>16</sup>

Návrhy jednotlivých opatření ke zvýšení účinnosti užití energie obsahují zejména název, popis opatření, investiční náklady, roční úspory energií v MWh/rok s porovnáním úspor oproti výchozímu stavu, roční provozní náklady v tisících Kč/rok s porovnáním provozních nákladů oproti výchozímu stavu.

Z návrhů na opatření se navrhnou alespoň dvě varianty, které obsahují popis navrhovaných opatření, investiční náklady varianty, roční úspory energie v MWh/rok s porovnáním úspor oproti výchozímu stavu, roční provozní náklady v

<sup>15</sup> Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů; § 4. Způsob zpracování jednotlivých částí energetického auditu.

<sup>16</sup> Příloha č. 4 k vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

tisících Kč/rok s porovnáním provozních nákladů oproti výchozímu stavu a upravenou roční energetickou bilancí varianty. Následně se provede ekonomické a ekologické vyhodnocení navržených variant, jejichž postup vyhodnocení je uveden v následující části kapitoly.

Podle výsledků ekonomického a ekologického vyhodnocení s ohledem na velikost úspory nebo podle zvolených kritérií se vybere optimální varianta.

V závěru auditu se uvede doporučení energetického specialisty, které obsahuje popis optimální varianty, její roční úspory energie, investiční náklady, roční provozní náklady, upravenou energetickou bilanci, ekonomické a ekologické vyhodnocení a návrh koncepce systému managementu hospodaření s energií.<sup>17</sup>

### 3.2.2 Ekonomické vyhodnocení

Vyhodnocení se provede podle několika kritérií. Vyhláška stanovuje jako hlavní rozhodovací kritérium, pro výběr optimální varianty, čistou současnou hodnotu (dále jen „NPV“). Doplňujícími kritérii pro vyhodnocení jsou kritérium vnitřní výnosové procento (dále jen „IRR“) a kritérium reálná doba návratnosti (dále jen „T<sub>sd</sub>“).

Čistá současná hodnota je součet diskontovaných hotovostních toků v průběhu životnosti projektu. Toto kritérium nám ukazuje příspěvek investice k hodnotě firmy a je vhodné pro určení ekonomické efektivnosti investic. Dále je možné tímto kritériem porovnat investice mezi sebou v případě, že mají stejnou dobu životnosti. Při výběru vhodné investice zvolíme tu investici, která dosahuje vyšší kladné hodnoty. Jestliže je hodnota NPV obou porovnávaných investic záporná, tak vyberu tu s nejméně zápornou hodnotou. NPV se vypočítá podle vzorce:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN \quad (\text{tis. Kč} \cdot r^{-1}),^{18} \quad (3-1)$$

kde:

T<sub>z</sub> je doba životnosti projektu (roky),

<sup>17</sup> Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů; § 5. Způsob zpracování jednotlivých částí energetického auditu.

<sup>18</sup> Příloha č. 5 k vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

$CF_t$  jsou roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu) (tis. Kč),

$r$  je diskont (časová hodnota peněz),

$(1 + r)^{-t}$  je odúročitel,

$IN$  jsou investiční výdaje projektu (tis. Kč).

Vnitřní výnosové procento nám určí výnosnost projektu s ohledem na časovou hodnotu peněz. IRR nám určuje hodnotu diskontu pro kterou je hodnota NPV rovna nule a investici realizujeme v případě, že hodnota IRR je vyšší než diskont. Nevýhodou tohoto kritéria je složitost výpočtu při delší době životnosti nebo nemožnosti najít řešení, například v případě záporného peněžního toku. IRR se vypočítá z podmínky:

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t} - IN = 0 \text{ (\%)}.^{19} \quad (3-2)$$

Reálná doba návratnosti je doba splacení investice s úvahou diskontovaných peněžních toků. Při výběru vhodné investice zvolíme tu investici, která dosahuje nižší doby návratnosti.  $T_{sd}$  se vypočte z podmínky:

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN = 0 \text{ (roky)}.^{20} \quad (3-3)$$

Výsledky ekonomického hodnocení se uvedou tabulky obsahující zejména jednotlivá kritéria, investice a provozní přínosy navrhovaných variant.

### 3.2.3 Ekologické vyhodnocení

Fosilní paliva svým spalováním znečišťují životní prostředí a proto je nutné vyhodnotit jaká je emise znečišťujících látek do ovzduší, a v případě jednotlivých variant, které sníží spotřebu fosilních zdrojů, vyhodnotit změnu emisí těchto látek po realizaci jednotlivých variant. Vyhodnocení se provede pro ve vyhlášce uvedené znečišťující látky a vyhodnotí se emise daných látek za současného stavu a stavu

<sup>19</sup> Příloha č. 5 k vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

<sup>20</sup> Tamtéž.

po realizaci navrhovaných variant. Pokud dojde k navýšení výroby, provede se posouzení ekologické proveditelnosti na základě změny emisí znečišťujících látek.

### 3.2.3.1 Výpočet emisí znečišťujících látek

Množství emisí znečišťujících látek (TZL, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC) se vypočítá jako součin měrné výrobní emise a příslušné vztažné veličiny za rok. Měrnou výrobní emisi získáme z protokolu o měření emisí. Pokud nemáme dostupné údaje z protokolu, tak se vypočte množství emisí jako součin aktuálního emisního faktoru zveřejněného ve Věstníku Ministerstva životního prostředí a příslušné vztažné veličiny za rok.

Jestliže není emisní faktor uveden ve Věstníku Ministerstva životního prostředí, tak se znečištění danou látkou nepočítá. Je-li hlavním zdrojem elektrická energie, určí se množství emisí znečišťujících látek jako součin příslušné vztažné veličiny za rok a emisního faktoru uvedeného v následující tabulce.

Znečišťující látka	NH <sub>3</sub>	VOC	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	TZL	PM <sub>2,5</sub>
Emisní faktor (kg·MWh <sup>-1</sup> )	0	0,00249	0,08621	0,56764	0,84124	0,0368	0,02208

Tabulka 3.3 Emisní faktory znečišťujících látek <sup>21</sup>

V případě emise tuhých znečišťujících látek (dále jen „TZL“) se vypočte emise částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> obsažených v TZL podle poměru těchto částic v TZL. Poměr částic je uvedený ve Věstníku Ministerstva životního prostředí.

Výsledky ekologického hodnocení se uvedou do tabulky, která obsahuje množství emise znečišťujících látek výchozího stavu, tak i navrhovaných variant a jejich rozdíl. <sup>22</sup>

### 3.2.3.2 Výpočet emisí oxidu uhličitého

V každé jednotce spáleného paliva je obsaženo určité množství oxidu uhličitého (dále jen „CO<sub>2</sub>“). Emisní faktor nám uvádí právě toto množství CO<sub>2</sub> v dané jednotce energie spáleného paliva. Emisní faktory jsou místně specifické nebo všeobecné.

<sup>21</sup> Příloha č. 6 k vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

<sup>22</sup> Tamtéž.

**a) Místně specifické emisní faktory oxidu uhličitého**

Emise CO<sub>2</sub> se vypočtou ze vzorce:

(hmotnost paliva) x (výhřevnost paliva) x (emisní faktor) x (1 - nedopal).

Kde emisní faktor je určený podle složení místního paliva, které je využíváno v daném návrhu. Doporučené hodnoty pro nedopal jsou 0,02 pro tuhá paliva (kamna 0,05), 0,01 pro kapalná paliva a 0,005 pro plynná paliva.<sup>23</sup>

**b) Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého**

Množství emise CO<sub>2</sub> se vypočítá jako součin všeobecného emisního faktoru a příslušné vztahné veličiny za rok. Všeobecné emisní faktory CO<sub>2</sub> uvedeny v následující tabulce.<sup>24</sup>

Palivo nebo energie		kg · GJ <sup>-1</sup>
pevná paliva	černé uhlí tříděné	92,4
	hnědé uhlí tříděné	99,1
	jiné pevné palivo	94,1
	koks	107
	proplástek	94,1
kapalná paliva	těžký topný olej (s obsahem síry do 1 % hm. v č.) - nízkosírný	77,4
	jiná kapalná paliva	76,6
	TOEL	73,3
	benzín	69,2
	plynový olej (s obsahem síry do 0,1 % hm. vč.)	73,3
plynná paliva	zemní plyn	55,4
	koksárenský plyn	44,4
	propan-butan	65,9
	vysokopecní plyn	240,6
	jiné plynné palivo	54,7
elektřina	elektřina	281
biomasa		0

Tabulka 3.4 Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Příloha č. 6 k vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

<sup>24</sup> Příloha č. 6 k vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

<sup>25</sup> Tamtéž.

### 3.3 Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu

V této vyhlášce je uveden způsob stanovení výše ročního obratu, bilanční sumy rozvahy a počtu zaměstnanců pro určení povinnosti zpracovávat energetický audit. Dále je zde uveden obsah a způsob zpracování energetického auditu. V přílohách této vyhlášky jsou uvedeny tabulky k souhrnu příležitostí, k bilanci energetických vstupů a dále je také uveden postup, jak zpracovat ekonomické hodnocení, ekologické hodnocení a metodiku multikriteriálního hodnocení příležitostí. Tato vyhláška je účinná od 01. 04. 2021.

Cílem nové vyhlášky je zpřesnění způsobu vypracování energetického auditu a zjednodušení písemné zprávy o provedeném energetickém auditu, aby i nepřilíš technicky či ekonomicky znalý zadavatel porozuměl, jaké jsou závěry energetického auditu.

Obsah této vyhlášky není v této bakalářské práci popsán v tak detailním rozsahu jako původní vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, jelikož se energetický audit, zpracovávaný v dalších kapitolách, řídí dle původní vyhlášky.

Určení povinnosti zpracovávat energetický audit vychází výhradně z údajů uvedených v účetní závěrce podnikatele, jestliže na základním kapitálu nebo hlasovacích právech tohoto podnikatele (podle § 9 odst. 1 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů) nemá podíl jiný podnikatel.

Pokud se jiný podnikatel podílí na jeho základním kapitálu nebo hlasovacích právech z

- 25 % - 50 %, tak se k údajům z účetní závěrky podnikatele přičtou i údaje z účetní závěrky dalšího podnikatele, a to úměrně procentuálnímu podílu nebo
- více než 50 %, tak se k údajům z účetní závěrky podnikatele přičtou i údaje z účetní závěrky dalšího podnikatele v plné výši.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu; § 3. Stanovení údajů rozhodných pro povinný energetický audit.

Do počtu zaměstnanců podnikatele se nezapočítávají zaměstnanci či zaměstnankyně čerpající mateřskou nebo rodičovskou dovolenou a studenti na odborné praxi. Jestliže zaměstnanec nepracoval po celou dobu účetního období pro podnikatele, tak se práce zaměstnance stanoví jako zlomková roční hodnota.<sup>27</sup>

Další důležitou změnou nové vyhlášky je „plán energetického auditu“, na kterém se musí energetický specialista a zadavatel EA dohodnout. Obsah tohoto plánu je obsažen v příloze č. 2 této vyhlášky a také v české technické normě ČSN ISO 50002 Energetické audity - Požadavky s návodem pro použití, uvedené v další kapitole.

### 3.3.1 Obsah zprávy o provedeném energetickém auditu

Dle nové vyhlášky zpráva o provedeném energetickém auditu obsahuje:

- souhrn energetického auditu,
- vymezení předmětu energetického auditu,
- podrobnosti zprávy o provedeném energetickém auditu a
- přílohy zprávy o provedeném energetickém auditu.<sup>28</sup>

Souhrn energetického auditu obsahuje identifikační údaje zadavatele a specialisty, cíle auditu, den zahájení a ukončení energetického auditu, souhrn příležitostí ke snížení energetické náročnosti a program realizace těchto příležitostí.

Vymezení předmětu energetického auditu obsahuje zejména hranice a polohu hodnoceného energetického hospodářství, nebo jeho ucelené části, která se stanovila podle územního, organizačního nebo procesního členění. Dále je nutné uvést veškeré užívané dopravní prostředky pro přepravu osob i zboží.

V podrobnostech zprávy o provedeném EA se uvádí přehled užití a spotřeby energie energetického hospodářství i jeho ucelených částí. Dále jsou zde uvedeny příležitosti ke snížení energetické náročnosti (dále jen „příležitosti“), které by měly odpovídat stanovenému cíli EA. Dle této vyhlášky by měly bilance navržených příležitostí dosahovat minimálně 10 % úspory spotřeby energie nebo 10 % úspory

---

<sup>27</sup> Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu; § 3. Stanovení údajů rozhodných pro povinný energetický audit.

<sup>28</sup> Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu; § 5. Obsah zprávy o provedeném energetickém auditu.



celkových emisí CO<sub>2</sub>, pokud toho ovšem nelze dosáhnout, musí energetický specialista uvést odůvodnění.<sup>29</sup>

Každá navržená příležitost musí obsahovat specifikace výchozího stavu, popis navržené příležitosti, identifikaci přínosů a dopadů, odhad investičních nákladů, stanovení rizik, hodnocení navržené příležitosti z hlediska ekonomického a ekologického.

Nejvhodnější příležitost se zvolí pomocí metody multikriteriálního hodnocení, jejíž hodnotící kritéria a jejich váhy jsou dohodnuty v plánu energetického auditu.

Do přílohy zprávy o provedeném EA se uvede zejména plán energetického auditu, seznam podkladů s podpisem zástupce zadavatele, plán měření a soubor ilustrativních fotografií předmětu energetického hospodářství.<sup>30</sup>

### 3.3.2 Ekonomické hodnocení

Vyhodnocení se opět provede podle několika kritérií. Vyhláška stanovuje jako hlavní rozhodovací kritérium pro výběr optimální příležitosti ke snížení energetické náročnosti čistou současnou hodnotu (NPV) a reálnou dobu návratnosti (T<sub>sd</sub>). Doplňujícím kritériem pro vyhodnocení je kritérium vnitřní výnosové procento (IRR).

Ekonomické výpočty v této vyhlášce nově zohledňují reinvestice do zařízení s kratší dobou životnosti, než je doba hodnocení a zůstatkovou hodnotu zařízení s delší dobou životnosti, než je doba hodnocení. Reinvestice ani zůstatková hodnota nebyla požadována v původní vyhlášce č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.

Výsledky ekonomického hodnocení obsahují zejména jednotlivá kritéria, investice, zůstatkovou hodnotu, provozní náklady a přínosy navrhovaných příležitostí. Vzorce sloužící k výpočtu jednotlivých kritérií jsou uvedeny v příloze č. 7 této vyhlášky.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu; § 9. Příležitosti ke snížení energetické náročnosti.

<sup>30</sup> Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu; § 10. Přílohy zprávy o provedeném energetickém auditu.

<sup>31</sup> Příloha č. 7 k vyhlášce č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu.

### 3.3.3 Ekologické hodnocení

Ekologické hodnocení nové vyhlášky již nehodnotí emise znečišťujících látek a emise CO<sub>2</sub>, ale hodnotí pouze dopad navržených příležitostí ke snížení energetické náročnosti na emise CO<sub>2</sub>. Hodnocení se provede porovnáním emise CO<sub>2</sub> výchozího stavu a stavu po realizaci příležitosti ke snížení energetické náročnosti. Množství emise CO<sub>2</sub> se vypočítá jako součin emisního faktoru CO<sub>2</sub> a příslušné vztažné veličiny za rok.

Emisní faktory CO<sub>2</sub> jsou uvedeny v příloze č. 8 této vyhlášky.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Příloha č. 8 k vyhlášce č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu.

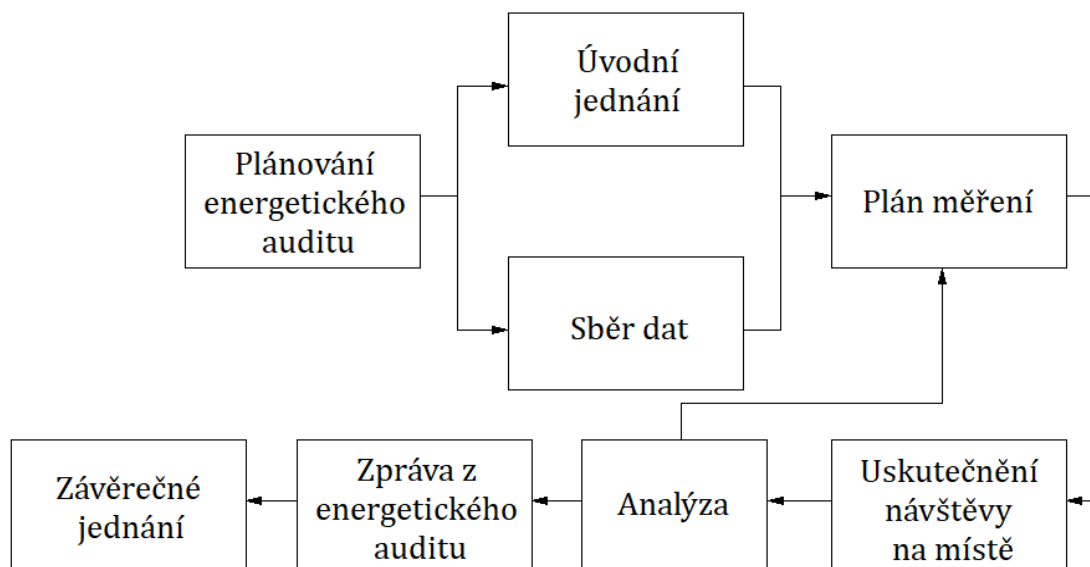
## 4 Metodika zpracování energetického auditu

Energetický audit je třeba zpracovat přehledně a pochopitelně, aby i zadavatel pochopil, co mu jednotlivé energeticky úsporné varianty přinesou a jaké jsou nedostatky jeho energetického hospodářství. Obsah a způsob zpracování jednotlivých částí energetického auditu, který je uplatněn v této práci, je popsán starou vyhláškou č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů. Nová vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu nebyla použita z důvodu rozpracovanosti bakalářské práce během nabytí účinnosti této vyhlášky. Jako další možná pomůcka energetického specialisty může být i česká technická norma ČSN ISO 50002 Energetické audity - Požadavky s návodem pro použití, ve které je popsáno doporučení, jak začít a postupovat při zpracování auditu.

Metodika zpracování energetického auditu se dělí do několika fází uvedených v obrázku 4.1. Jedná se o:

- a) Plánování energetického auditu,
- b) Úvodní jednání a sběr dat,
- c) Plán měření,
- d) Uskutečnění návštěvy na místě,
- e) Analýza,
- f) Zpráva z energetického auditu,
- g) Závěrečné jednání.

Grafické zobrazení uvedených fází je uvedeno na následující straně.

Obrázek 4.1 Průběh postupu energetického auditu<sup>33</sup>

### a) Plánování energetického auditu

Na začátku si zadavatel a energetický specialista určí předmět auditu, jeho cíle či hranice. Dále se informují o nezbytných okolnostech a dohodnou se na dalších potřebných podrobnostech jako je průběh zpracování, lhůta na vypracování, očekávaný výstup apod.

### b) Úvodní jednání a sběr dat

Následuje osobní setkání, kde se specifikují další náležitosti auditu jako je metoda hodnocení, informuje se o bezpečnosti v hodnoceném objektu a přidělí se personál s potřebnou kompetencí pro komunikaci s energetickým specialistou. Dále si specialista vyžádá energetická data, pokud nějaká již existují, a veškeré potřebné informace ke kvalitnímu zpracování auditu. Může se jednat o historické a aktuální energetické náročnosti, budoucí plány, přehled cen energií, provozní a konstrukční dokumenty, kontroly, revize nebo systém distribuce energie a jeho řízení.

### c) Plán měření

Energetický specialista a zadavatel si musí určit, jaký bude postup při měření, přesnost a opakovatelnost měření, odpovědné osoby za měření a jaké místa potřebují podrobit měření.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> ČSN ISO 50002. *Energetický audit - Požadavky s návodem pro použití.*

<sup>34</sup> Tamtéž.

#### d) Uskutečnění návštěvy na místě

Energetický specialista provede vizuální zhodnocení objektu pro nalezení nedostatků v rozvodech, izolaci, užívaných zařízeních a dalších. Seznámí se s provozní rutinou, instalací zařízení monitorující spotřebu energie či jiné měřící zařízení, zkontroluje správnost měření a zda-li dodané informace o objektu odpovídají realitě.

#### e) Analýza

V této fázi se vypočte podle zvolených metod a získaných podkladů energetická náročnost a nalezne se příležitost nebo opatření, které povede ke snížení energetické náročnosti. Specialista vyhodnotí každé opatření dle získaných přínosů, potřebných investic a dalších faktorů. Ze zvolených opatření se sestaví optimálně dvě varianty, které se porovnájí podle ekonomického a ekologického hodnocení a zvolí optimálně jednu variantu jako nejvhodnější. V případě nedostatku v dodaných materiálech či nalezení chyby se tyto skutečnosti opraví a případně se provedou měření znova.

#### f) Zpráva z energetického auditu

Po zjištění výsledků z analýzy, energetický specialista vypracuje vyhodnocení, které bude obsahovat shrnutí auditu, tedy přehled užití a spotřeby energie, navrhované varianty opatření a klasifikaci příležitostí. Jako další bude obsahovat informace o sběru dat, plán měření, analýzy a základy pro výpočty. Závěrem bude obsahovat prohlášení o mlčenlivosti, právní či jiné požadavky vztahující se k auditu a další formální dokumenty.

#### g) Závěrečné jednání

Na závěrečném jednání energetický specialista prezentuje výsledky energetického auditu. Specialista by měl být schopný vysvětlit veškeré výsledky a odpovědět na otázky týkající se zpracovaného auditu.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> ČSN ISO 50002. *Energetické audity - Požadavky s návodem pro použití.*



## 5 Popis výchozího stavu

### 5.1 Základní údaje a charakteristika předmětu energetického auditu

Předmětem energetického auditu je administrativní budova obchodní akciové společnosti, která se nachází v Ústí nad Labem a zabývá se distribucí a prodejem reklamního textilu v České republice a Evropě. Tato společnost je zadavatelem EA. Objekt i přilehlé pozemky jsou ve vlastnictví zadavatele EA.

Energetický audit je zpracován podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů. Nová vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu nebyla použita z důvodu rozpracovanosti bakalářské práce během nabytí účinnosti této vyhlášky.

Ke zpracování EA byly použity zejména následující podklady:

- Projektová dokumentace objektu vypracovaná Ing. Milanem Pilečkem, 11/2015.
- Technická zpráva – silnoproudé rozvody vypracovaná Ing. Miroslavem Kučabou, 04/2015.
- Technika prostředí staveb – vytápění, vzduchotechnika a klimatizace, vypracovaná Ing. Jiřím Dubnem, 03/2015.
- Technika prostředí staveb – vytápění, vzduchotechnika a klimatizace, vypracovaná Ing. Josefem Dubnem, 10/2014.
- Technologie stravování vypracovaná Ing. Michalem Boudou, 03/2015.
- Průkaz energetické náročnosti budovy vyhotovený Ing. Martinou Slavíkovou, 26. 06. 2019.
- Projektová dokumentace – Instalace fotovoltaického systému vypracovaná Ing. Jiřím Horákem, 01/2018.
- Faktury za elektrickou energii za období 2018 – 2020.
- Ústní informace o provozu objektu a vlastní fotografie objektu.

Podrobnější specifikace dokumentace je uvedena v seznamu použité literatury a zdrojů informací.



Obrázek 5.1 Východní strana objektu – hlavní vchod

Objekt byl postaven v roce 2016 a je tvořen dvoupodlažní čtvercovou hmotou se střešní nástavbou. Půdorys objektu je přibližně 31 x 31 m. Během let neproběhly žádné větší opravy objektu a technický stav objektu odpovídá jeho stáří, což znamená, že objekt je v dobrém technickém stavu. Objekt je využíván během pracovních dní, tj. od pondělí do pátku, od 6:00 do 18:00 hodin. Kapacita osob objektu je dle projektové dokumentace stanovena na 142 osob v jeden čas.

Na východní straně objektu se nachází hlavní vstup do objektu. Do objektu se vstupuje z parkoviště, ve vlastnictví zadavatele EA, s celkovou kapacitou 42 míst. V úrovni 1. NP se nacházejí zasedací místnosti, kanceláře, showroom, jídelna se zázemím, sklady, sociální a hygienická zařízení a vstupní hala s recepcí. Do úrovně 2. NP se dostaneme po hlavním nebo požárním schodišti. V úrovni 2. NP se nacházejí kanceláře, zasedací místnosti, skladové a technické prostory, sociální a hygienická zařízení. Do úrovně 3. NP (střešní nástavba) se dostaneme po požárním schodišti. Ve střešní nástavbě se nachází technická místnost pro vzduchotechnická zařízení.

Objekt je vytápěn teplovodním systémem typu VRF (zařízení s proměnným průtokem teplotnosného média), který získává teplo z tepelných čerpadel. Dále se v objektu nachází lokální regulované elektrické přímotopné konvektory. K přívodu



čerstvého vzduchu a odtahu odpadního vzduchu slouží větrací jednotky s rekuperací tepla (dále jen „VZT“), které jsou napojeny na kazetové jednotky a stropní anemostaty. Ohřev a chlazení přiváděného vzduchu je zajištěno přímým výparníkem ve VZT jednotce, napojeným do systému VRF.

Pozemek neleží v památkové zóně, v chráněném přírodním území, ani v záplavové oblasti. Objekt se nachází v katastrálním území Skorotice u Ústí nad Labem.



Obrázek 5.2 Letecký snímek objektu s přílehlým pozemkem<sup>36</sup>

## 5.2 Základní údaje o energetických vstupech objektu EA

Do objektu je přivedena elektrická energie a studená voda.

### 5.2.1 Elektrická energie

Objekt má dva elektroměry. Elektroměr o proudových hodnotách 3 x 160 A sloužící pro vytápění je dvoutarifní se sazbou C56d. Elektroměr o proudových hodnotách 3 x 125 A sloužící pro ostatní spotřebu (osvětlení, vybavení kanceláří, sociální zařízení...) je jednotarifní se sazbou C03d. Dodavatel elektrické energie je NWT a. s., se sídlem nám. Míru 1217, Hulín. Objekt je napájen z transformační stanice DTS UL\_0616, která je ve vlastnictví společnosti ČEZ Distribuce, a. s.

<sup>36</sup> Mapy.cz [online]. [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://mapy.cz/s/jozefogado>

Část zásuvkových rozvodů, část osvětlení a datové rozvody jsou napájeny záložními zdroji UPS, které je možné v případě potřeby přepnout na dieselgenerátor.

Požárně bezpečnostní zařízení je napájeno samostatnými nezávislými zdroji. Pro nouzové osvětlení je instalován centrální automatický bateriový systém ENSTO Ceag ZB-S. Pro požární odvětrávání chráněné únikové cesty je instalován nouzový zdroj napájení UPS Schrack GENIO TOWER USPRP 1,0 kVA.

Následující tabulka uvádí měsíční a celkovou roční spotřebu elektrické energie v objektu za roky 2018 - 2020.

Celková měsíční spotřeba elektrické energie za sítě									
Měsíc	2018			2019			2020		
	VT	NT	Platba	VT	NT	Platba	VT	NT	Platba
	kWh	kWh	Kč bez DPH	kWh	kWh	Kč bez DPH	kWh	kWh	Kč bez DPH
leden	10 534	17 456	65 947	11 899	19 365	72 312	10 679	18 170	79 122
únor	8 803	17 022	61 201	9 373	14 353	60 124	9 229	13 224	67 137
březen	10 185	17 598	65 328	9 064	11 508	56 530	8 057	10 846	60 360
duben	8 086	7 750	46 927	8 289	9 261	50 766	6 070	5 013	42 184
květen	6 894	3 516	37 219	8 269	7 732	48 369	6 310	1 292	35 139
červen	7 055	5 677	41 158	7 057	5 448	41 575	7 271	2 240	40 099
červenec	6 912	6 149	41 602	7 448	5 094	42 035	7 414	3 894	44 004
srpen	7 634	6 366	43 816	7 213	5 601	42 228	6 929	4 102	42 833
září	6 988	5 587	40 652	7 365	5 800	42 898	6 771	3 361	40 838
říjen	9 147	9 109	52 110	8 284	7 429	48 086	5 133	1 871	32 684
listopad	9 466	12 420	58 207	9 359	12 314	57 928	5 147	8 282	45 847
prosinec	8 776	14 999	59 089	8 632	15 404	59 537	6 665	10 976	56 059
<b>Celkem</b>	<b>100 480</b>	<b>123 649</b>	<b>613 254</b>	<b>102 252</b>	<b>119 309</b>	<b>622 389</b>	<b>85 675</b>	<b>83 271</b>	<b>586 305</b>

Tabulka 5.1 Měsíční a celková roční spotřeba elektrické energie

Následující tabulka uvádí celkovou roční spotřebu elektrické energie za jednotlivé elektroměry.

EAN odběrového místa	Sazba	Jistič	Tarif	2018		2019		2020	
				Spotřeba elektřiny	Platba	Spotřeba elektřiny	Platba	Spotřeba elektřiny	Platba
				MWh	Kč bez DPH	MWh	Kč bez DPH	MWh	Kč bez DPH
859182400408233012	C03d	3x125 A	VT	82,98	302 157	85,51	307 347	74,15	303 458
			NT	0,00		0,00		0,00	
859182400408323096	C56d	3x160 A	VT	17,50	311 097	16,74	307 347	11,52	282 847
			NT	123,65		119,31		83,27	
<b>Celkem</b>				<b>224,13</b>	<b>613 254</b>	<b>221,56</b>	<b>614 694</b>	<b>168,95</b>	<b>586 305</b>

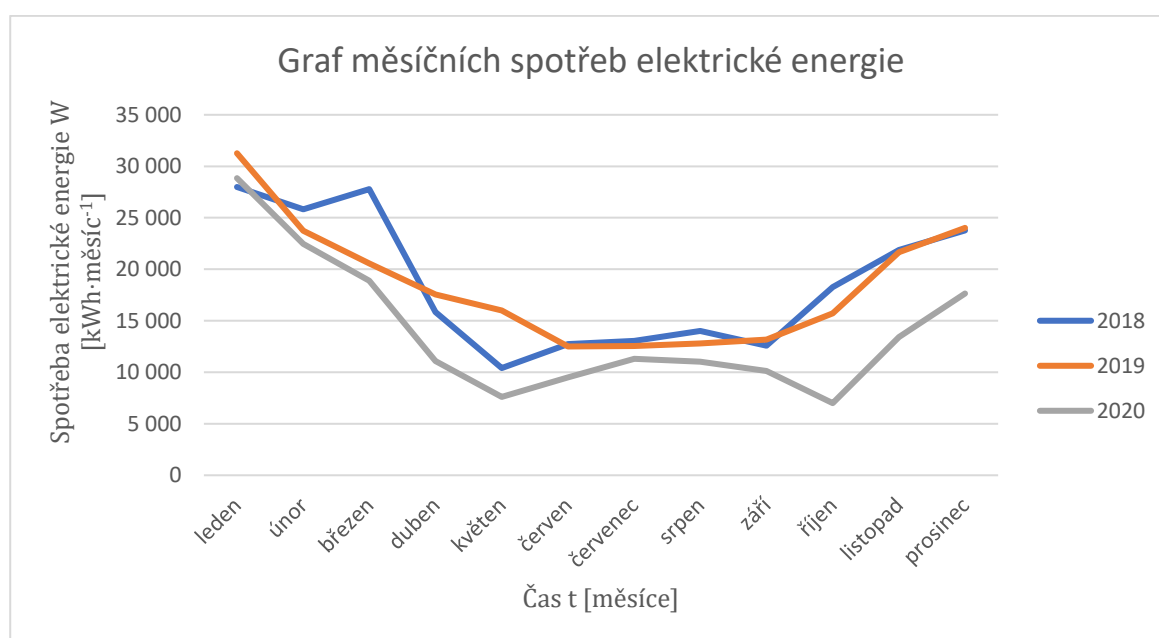
Tabulka 5.2 Celková roční spotřeba elektrické energie jednotlivých elektroměrů

Následující tabulka uvádí průměrnou cenu elektrické energie za roky 2018 – 2020.

Průměrná cena elektrické energie	
Období	Elektrická energie [Kč bez DPH·MWh <sup>-1</sup> ]
2018	2 736,2
2019	2 774,4
2020	3 470,4

Tabulka 5.3 Průměrná cena vstupní energie

Následující graf porovnává měsíční spotřebu elektrické energie za roky 2018 – 2020. Z grafu je zřejmý pokles spotřeby elektrické energie v roce 2020 z důvodu omezení provozu objektu následkem pandemie COVID-19.



Graf 5.1 Měsíční spotřeby elektrické energie

### 5.2.2 Energetické vstupy do předmětu EA

V následujících tabulkách jsou uvedeny veškeré energetické vstupy do objektu EA za roky 2018 – 2020. Náklady jsou uvedeny v cenách bez DPH. Množství a cena elektřiny byly stanoveny podle dodaných faktur zadavatele EA a dále podle výroby elektrické energie z fotovoltaické elektrárny. V obnovitelných zdrojích je uvedena energie prostředí, která se využívá v tepelných čerpadlech. Z důvodu grafické přehlednosti jsou tabulky uvedeny na následujících stranách.

Energetické vstupy v roce 2018					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ-jednotku <sup>-1</sup>	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
El. energie	MWh	259,99	1	259,99	613,25
Nákup tepla	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TO	t				
TOEL	t				
Druhotná energie	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ	46,48	1	46,48	0,00
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				306,47	613,25
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)					
Celkem spotřeba paliv a energie				306,47	613,25

Tabulka 5.4 Energetické vstupy do objektu EA v roce 2018

Pozn.: Roční náklady jsou uvedeny bez DPH.

Energetické vstupy v roce 2019					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ-jednotku <sup>-1</sup>	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
El. energie	MWh	255,72	1	255,72	622,39
Nákup tepla	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TO	t				
TOEL	t				
Druhotná energie	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ	46,48	1	46,48	0,00
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				302,20	622,39
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)					
Celkem spotřeba paliv a energie				302,20	622,39

Tabulka 5.5 Energetické vstupy do objektu EA v roce 2019

Pozn.: Roční náklady jsou uvedeny bez DPH.

Energetické vstupy v roce 2020					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ-jednotku <sup>-1</sup>	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
El. energie	MWh	199,40	1	199,40	586,30
Nákup tepla	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TO	t				
TOEL	t				
Druhotná energie	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ	46,48	1	46,48	0,00
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				245,87	586,30
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)					
Celkem spotřeba paliv a energie				245,87	586,30

Tabulka 5.6 Energetické vstupy do objektu EA v roce 2020

Pozn.: Roční náklady jsou uvedeny bez DPH.

Průměrné energetické vstupy v období 2018 - 2020					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ-jednotku <sup>-1</sup>	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
El. energie	MWh	238,37	1	238,37	607,32
Nákup tepla	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TO	t				
TOEL	t				
Druhotná energie	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ	46,48	1	46,48	0,00
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				284,85	607,32
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)					
Celkem spotřeba paliv a energie				284,85	607,32

Tabulka 5.7 Průměrné energetické vstupy do objektu EA v období 2018 - 2020

Pozn.: Roční náklady jsou uvedeny bez DPH.

### 5.3 Informace o stavební části

Fasáda objektu je složena z horizontálně členěných pásů prosklených ploch s otevíratelnými křídly, a z pásů plných ploch bondových desek z hliníkového plechu. Na osluněných stranách objektu jsou instalovány vodorovné slunolamy z hliníkových profilů. Prosklené plochy objektu jsou v některých místech doplněny neprůhlednými výplněmi. Prosklená fasáda typu WICONA WICTEC50 je zasklena tepelně a zvukově izolačním trojsklem tl. 52 mm.



Obrázek 5.3 Pohled na východní stranu objektu

Objekt je založen na železobetonových základových dvoustupňových patkách. Krajiní patky jsou navzájem propojeny prefabrikovaným základovým prahem ze železobetonu. Vnitřní ztužující železobetonové stěny jsou založeny na monolitických železobetonových základových pasech. Nosná konstrukce objektu je tvořena z montovaného železobetonového dvoupodlažního skeletu – sloupy 400 x 400 mm, vnitřní průvlaky tvaru T 750 x 600 mm, krajní průvlaky tvaru L 625 x 600 mm, ztužidla kolmá na průvlaky 500 x 600 mm, stěnové panely tl. 200 mm a stropní panely typu SPIROLL tl. 265 mm. Nosnou konstrukci střešní nástavby tvoří obvodové stěny z broušených cihel typu POROTHERM 30T Profi plněných vatou tl. 300 mm a strop z panelů typu SPIROLL tl. 265 mm. Plochá střecha je nevětraná a jednoplášťová s tepelnou izolací z EPS a s hydroizolační fólií typu EVALON. Okna a dveře jsou z hliníkových profilů s přerušeným tepelným mostem a jsou zasklena tepelně izolačním dvojsklem.

Vnitřní příčky oddělující kancelářské prostory tvoří montovaná prosklená rámová konstrukce typu LINDNER LIFE110 tl. 100 mm s nosným ocelovým profilem a bezpečnostním kaleným sklem typu ESG. Vnitřní příčky oddělující pomocné proozy, sklady a sociální zařízení tvoří převážně akustické příčkovky typu POROTHERM 11.5 AKU tl. 150 mm. Nášlapnou vrstvu podlahy tvoří dlažby, stěrky a zátěžové koberce. Podhledy jsou akustické minerální s rastrem 600 x 600 mm a sádkartonové na roštu z kovových profilů.<sup>37</sup>

## 5.4 Vlastní zdroje energie

### 5.4.1 Zdroj tepla pro vytápění a chladu pro chlazení

K vytápění objektu slouží tepelná čerpadla vzduch - vzduch (dále jen „TČ“), uvedená v tabulce níže, a elektrické přímotopné konvektory. Tepelná čerpadla slouží i k výrobě chladu v letních měsících. TČ jsou napojena na systém VRF (zařízení s proměnným průtokem teponosného média), na který jsou dále napojeny jednotlivé vnitřní kazetové jednotky a anemostaty. Systém VRF zajišťuje přečerpávání tepla a chladu z vnějšího do vnitřního prostředí (i opačně) i v rámci budovy.

Označení tepelných čerpadel	Typ	Počet kusů	Rok výroby	Topný výkon [kW]	Chladicí výkon [kW]	Výkon [kW]
č.1 - 6	TOSHIBA MMY-MAP1404FT8-E	6	2014	45	40	12,70
č.7	TOSHIBA MMY-MAP0804HT8-E	1	2014	25	22,4	5,53
č.8	TOSHIBA RAV-SP564ATP-E	1	2014	5,6	5	1,50

Tabulka 5.8 Seznam tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo č. 8 slouží ke klimatizaci serverové místnosti umístěné ve 2. NP. Zbylá tepelná čerpadla slouží k vytápění či chlazení kanceláří, zasedacích místností a recepce. Elektrické přímotopné konvektory o celkovém výkonu 12 kW slouží k vytápění prostor hygienického zázemí, skladů a zázemí jídelny.

<sup>37</sup> Volně dle Projektové dokumentace arch. č. 1474-5/13, části B, vypracované Ing. Milanem Pilečkem, z 11/2015

Roční bilance výroby z tepelných čerpadel			
ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	MW	-
2	Instalovaný tepelný výkon celkem*	MW	0,30
3	Výroba elektřiny	MWh	-
4	Prodej elektřiny	MWh	-
5	Vlastní technologická spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	MWh	-
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ·r <sup>-1</sup>	-
7	Výroba tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	104,91
8	Dodávka tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
9	Prodej tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
10	Vlastní technologická spotřeba tepla na výrobu tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	299,74
12	Spotřeba energie v palivu celkem	GJ·r <sup>-1</sup>	299,74

Tabulka 5.9 Roční bilance výroby z tepelných čerpadel

\*Přepočtený jmenovitý tepelný výkon dodávaný do vytápění objektu.

Na následujících obrázcích jsou vyfotografována tepelná čerpadla a elektrický přímotop.



Obrázek 5.4 Tepelná čerpadla umístěná na střeše objektu



Obrázek 5.5 Elektrický přímotopný konvektor



### 5.4.2 Zdroj elektrické energie

Na střeše objektu se nachází fotovoltaická elektrárna (dále jen „FVE“), která byla postavena v roce 2017. Výkon fotovoltaické elektrárny je 42,12 kWp a jeho průměrná roční výroba činí cca 33,5 MWh. Fotovoltaická elektrárna je složena ze 162 ks panelů od tchajwanského výrobce BEN-Q o jednotkovém výkonu 260 Wp a se sklonem 10°. Panely jsou orientovány východo-západně. Větve stejnosměrného proudu jednotlivých panelů jsou svedeny do spojovacích skříní a následně do měničů. Z měničů jsou vedeny kabely do rozvaděče a do rozvodů objektu. Fotovoltaická elektrárna je bez bateriového systému a slouží primárně pro vlastní spotřebu objektu. Pokud je výroba elektřiny z FVE větší než spotřeba elektřiny objektu, je přebytek prodáván do distribuční sítě.

Roční bilance výroby z fotovoltaické elektrárny			
ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	MW	0,04
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	MW	-
3	Výroba elektřiny	MWh	33,49
4	Prodej elektřiny	MWh	9,90
5	Vlastní technologická spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	MWh	-
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ·r <sup>-1</sup>	753,55
7	Výroba tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
8	Dodávka tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
9	Prodej tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
10	Vlastní technologická spotřeba tepla na výrobu tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ·r <sup>-1</sup>	-
12	Spotřeba energie v palivu celkem	GJ·r <sup>-1</sup>	753,55

Tabulka 5.10 Roční bilance výroby z fotovoltaické elektrárny



Obrázek 5.6 Část fotovoltaické elektrárny na střeše objektu



Obrázek 5.7 Střídače a rozvody pro FVE

## 5.5 Rozvody energie

### 5.5.1 Rozvod tepla a chladu

Vytápění je zajištěno třítrubkovým systémem VRF s teponosným médiem, který zajišťuje proudění tepla i chladu tak, aby každá vnitřní jednotka dostala pouze vyžadované množství tepla či chladu.

### 5.5.2 Rozvody elektrické energie

Objekt je napojen zemním kabelovým vedením z rozvodů nízkého napětí ČEZ Distribuce, a.s., v celkové délce kabelové přípojky cca 100 m. Tato přípojka bude ukončena v přípojkové skříni, kde bude umístěn i elektroměrový rozvaděč. Veškeré vnitřní rozvody jsou napojeny z hlavního rozvaděče a z podružných rozvaděčů rozmístěných v 1. a 2. NP objektu. V objektu se nachází rozvody světelné, zásuvkové, napojení technologie vytápění, ohřevu teplé vody a vzduchotechniky.

### 5.5.3 Rozvody studené a teplé vody

Rozvod pitné studené vody je veden převážně izolací podlahy a následně je rozvod vody veden k jednotlivým zařízením veden zdí nebo instalační předstěnou. Každá stoupačka vody je osazena uzavíracím kohoutem. Rozvod studené i teplé vody je proveden z polypropylenových „PPR“ trubek s ochrannou a tepelnou izolací min. tl. 20 mm. Požární rozvod je proveden z ocelových pozinkovaných trubek.

## 5.6 Další významné spotřebiče energie

### 5.6.1 Zdroj tepla na přípravu teplé vody

Teplá voda (dále jen „TV“) je připravována lokálně v elektrických zásobníkových ohřivačích o různých objemech. Teplá voda je využívána hlavně v kuchyňkách k oplachu nádobí nebo umývání rukou. Ohřivače jsou nastaveny na „eco“ mód, který zajišťuje nejekonomičtější provoz ohřivačů. V následující tabulce jsou uvedeny typy zásobníkových ohřivačů používané v objektu.

Výrobce	Typ	Objem [l]	Příkon [kW]	Třída energetické účinnosti
STIEBEL ELTRON	SN 15 SL	15	3,3	A
STIEBEL ELTRON	SHZ LCD 100l	100	4,0	C

Tabulka 5.11 Seznam zásobníkových ohřivačů



Obrázek 5.8 Zásobníkový ohřivač na TV

### 5.6.2 Vzduchotechnická zařízení

V objektu se nachází dvě větrací jednotky s rekuperací tepla (dále jen „VZT“) sloužící k přívodu čerstvého vzduchu a odtahu odpadního vzduchu. VZT jednotky se nacházejí v technické místnosti v 3. NP a jsou napojeny na kazetové jednotky a stropní anemostaty, umístěné v jednotlivých částech objektu. Rozvody jsou vedeny čtyřhranným potrubím nad podhledy místností.

VZT jednotky jsou ovládány nadřazenou regulací s čidly kvality vzduchu a teploty v jednotlivých místnostech.

Označení VZT jednotek	Typ	Rok výroby	Příkon [kW]	Vzduchové množství [m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ]	Účinnost [%]
č. 1	DUPLEX 8000 Multi	2015	5,0	1 820	88
č. 2	DUPLEX 2500 Multi	2015	10,4	6 575	87

Tabulka 5.12 Seznam VZT jednotek

VZT jednotka č. 1 slouží k výměně vzduchu v kancelářích, zasedacích místnostech, jídelně a recepci. Ohřev a chlazení přiváděného vzduchu ve VZT jednotce č. 1 je zajištěno přímým výparníkem napojeným do systému VRF. VZT jednotka č. 2 slouží k výměně vzduchu v hygienickém zázemí, skladech a zázemí jídelny.



Tabulka 5.13 Stropní anemostat

### 5.6.3 Úprava vlhkosti

Pro úpravu vlhkosti se v objektu nachází dva parní zvlhčovače typu Condair RS o celkovém příkonu 12 kW. Parní zvlhčovače se nacházejí v technické místnosti ve 3. NP a jsou napojeny na VZT jednotky. Parní zvlhčovač udržuje správnou hodnotu vlhkosti k zajištění vhodného pracovního prostředí a celkového komfortu v objektu. Regulací vlhkosti lze také docílit snížení teploty adiabatickým chlazením v letních měsících.<sup>38</sup>

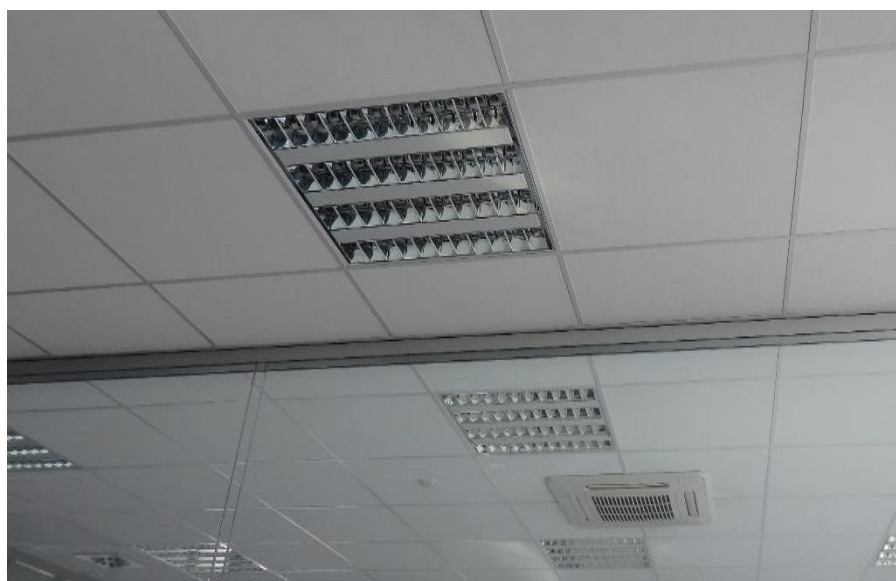
<sup>38</sup> Proč je důležité udržovat správnou hladinu vlhkosti v interiéru? [online]. In: . [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/Proc-je-dulezite-udrzovat-spravnou-hladinu-vlhkosti-v-interieru>



Obrázek 5.9 Parní zvlhčovač Condair RS

#### 5.6.4 Osvětlení

Osvětlení v objektu je zajištěno LED svítidly typu Disano 43 W zapuštěnými v podhledem modulu typu 600. V objektu se nachází cca 400 kusů tohoto typu osvětlení. Svítidla v kancelářích lze spínat po řadách a svítidla v zasedaních místnostech lze spínat po řadách nebo skupinách. Osvětlení lze ovládat ručně pomocí tlačítkových ovladačů nebo automaticky pomocí pohybových senzorů či nastavení denního režimu zapínání a vypínání.



Obrázek 5.10 Osvětlení v kancelářích

Venkovní osvětlení pro osvětlení vnitřních komunikací a parkovacích stání uvnitř areálu se skládá ze sedmi bezpaticových osvětlovacích stožárů s LED svítidly. Venkovní osvětlení je spínáno soumrakovým spínačem s časovým omezením nebo ručně pomocí tlačítkových ovladačů.



Obrázek 5.11 Venkovní osvětlení

### 5.6.5 Další významné elektrické spotřebiče

Dalšími významnými spotřebiči elektrické energie jsou kancelářská zařízení, které jednotlivě nemají příliš velkou spotřebu, ale při započítání elektrických příkonů všech zařízení nelze tuto skupinu zařízení opomenout. V objektu se nacházejí stolní počítače, monitory, tiskárny, projektory a další kancelářská zařízení.



Obrázek 5.12 Pohled do kanceláře

Dále se v objektu nachází několik menších kuchyněk pro potřeby zaměstnanců, ve kterých jsou například lednice, mikrovlnné trouby, rychlovarné konvice, kávovary apod. V objektu nedochází k přípravě jídla, ale pouze k výdeji dovezeného teplého jídla. Pro potřeby výdeje jídel je v objektu jídelna se zázemím a technologickými zařízeními. Jedná se například o chladicí skříň, myčku na nádobí, el. parní konvektomat, výdejní stůl s ohřívací vanou. Některé typy zařízení jsou uvedené v tabulce níže.

Název spotřebiče	Typ nebo značka	Počet kusů	Elektrický příkon jednoho zařízení [kW]
Rychlovarná konvice	Concept	6	2,0
Mikrovlnná trouba	Electrolux EMS20300	4	1,3
Myčka	Whirlpool	5	1,0
Vestavěná chladnička	ENJ2301AOW	4	-
Pračka	WD80M4	2	4,8

Tabulka 5.14 Další spotřebiče elektrické energie

Před hlavním vchodem do objektu se nachází dobíjecí stanice pro elektromobily značky ETREL G6, která umožňuje současné nabíjení dvou vozidel s výkonem až 2 x 22 kW.

Podrobnější informace o spotřebičích nejsou k dispozici a žádný z výše uvedených spotřebičů nemá podružné měření, jejich spotřeba bude tedy pouze odhadnuta.





## 6 Vyhodnocení výchozího stavu

### 6.1 Roční energetická bilance výchozího stavu předmětu EA

Stanovení spotřeby energie jednotlivých spotřebičů je provedeno odhadem s ohledem na jejich časové využití a instalované příkony, protože se v objektu nenachází podružné měření jednotlivých spotřebičů. Dále byly hodnoty spotřeby energie jednotlivých spotřebičů porovnány s hodnotami uvedenými v Průkazu energetické náročnosti budovy, evid. č.: 225934.0, ze dne 26. 06. 2019, vypracovaného Ing. Martinou Slavíkovou a případně byly tyto hodnoty převzaty z výše uvedeného Průkazu energetické náročnosti budovy.

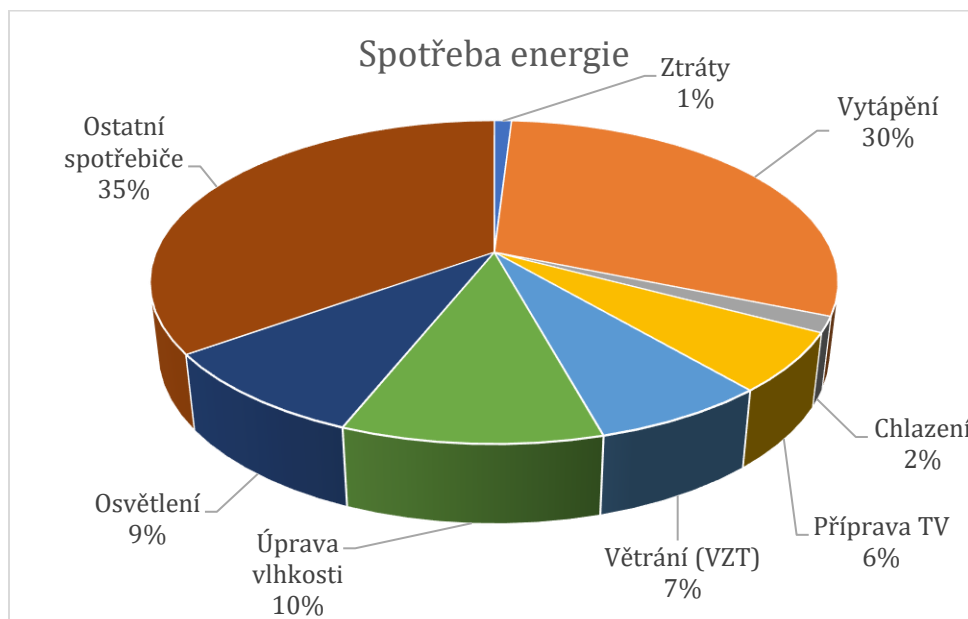
Hodnota vstupní energie do energetické bilance je průměrnou spotřebou za roky 2018 – 2020 dle fakturačních údajů, výroby elektřiny z FVE a spotřeby obnovitelné energie v tepelných čerpadlech. Náklady za energie jsou vztaženy k průměrné ceně elektrické energie v roce 2021, která činí 2 994,3 Kč bez DPH · MWh<sup>-1</sup>, dle dostupných fakturačních údajů.

ř.	Ukazatel	Energie		Náklady
		GJ	MWh	tis. Kč
1	Vstupy paliv a energie	1025,44	284,85	613,47
2	Změna zásob paliv	0,00	0,00	0,00
3	Spotřeba paliv a energie (ř. 1 + ř.2)	1025,44	284,85	613,47
4	Prodej energie cizím	35,64	9,90	5,92
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3 - ř.4)	989,80	274,95	607,55
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie (z ř.5)	9,53	2,65	7,93
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	299,74	83,26	33,58
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)	15,48	4,30	12,88
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	58,81	16,33	48,91
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	69,08	19,19	57,46
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	102,10	28,36	84,92
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	89,16	24,77	74,16
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	345,91	96,09	287,71

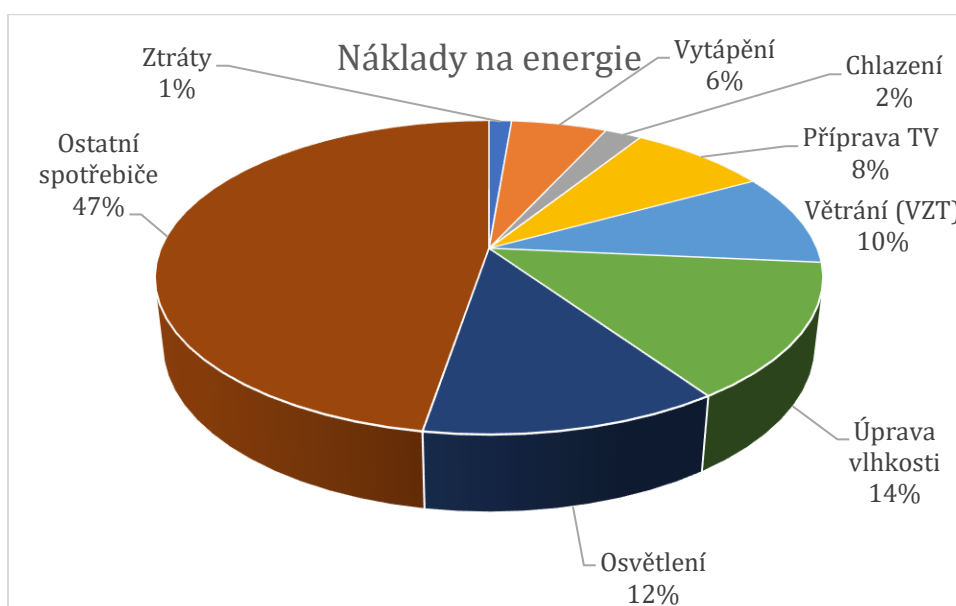
Tabulka 6.1 Roční energetická bilance výchozího stavu

Pozn.: Náklady jsou uvedeny bez DPH.

V následujících grafech je ukázáno průměrné procentuální rozložení spotřeby energie a nákladů za energii.



Graf 6.1 Procentuální rozložení spotřeby energie



Graf 6.2 Procentuální rozložení nákladů na energie

Z grafu o spotřebě energie je zřejmé, že nejvíce energie spotřebují Ostatní spotřebiče do kterých se řadí například zařízení v kancelářích a v kuchyňkách. Největším spotřebičem energie, z pohledu jednoho typu spotřebiče, jsou zařízení určená k vytápění.

Z grafu o nákladech na jednotlivé formy energie lze pozorovat, že náklady na vytápění objektu jsou velice malé proti celkové spotřebě energie objektu. Vytápění má nízké náklady na energii, protože obnovitelná energie, která je získávána z vnějšího prostředí, je zadarmo a dále ke snížení nákladů na energii přispívá vyrobená elektrická energie z FVE, která slouží k zajištění funkce tepelných čerpadel a je rovněž získávána bezplatně z energie Slunce.

## 6.2 Posouzení tepelně – technických vlastností objektu

Informace uvedené v této podkapitole jsou převzaty z Průkazu energetické náročnosti budovy vydaného podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, evid. č.: 225934.0, ze dne 26. 06. 2019, vypracovaného Ing. Martinou Slavíkovou.

Technické parametry objektu		
	Jednotka	Množství
Počet podlaží	-	3,0
Objem budovy V	m <sup>3</sup>	7 651,4
Celková plocha obálky budovy A	m <sup>2</sup>	3 057,2
Objemový faktor tvaru budovy A/V	m <sup>2</sup> ·m <sup>-3</sup>	0,4
Celková energeticky vztažná plocha budovy	m <sup>2</sup>	1 950,1
Plocha střechy	m <sup>2</sup>	929,5
Plocha podlahy	m <sup>2</sup>	937,2
Plocha plné části svislých obvodových konstrukcí	m <sup>2</sup>	494,2
Plocha výplní otvorů	m <sup>2</sup>	696,4

Tabulka 6.2 Technické parametry objektu

V tabulce uvedené níže jsou uvedeny jednotlivé části obálky budovy s údaji o ploše, součiniteli prostupu tepla, měrné ztrátě prostupem tepla a posouzení součinitelů prostupu tepla s normovanými hodnotami podle ČSN 73 0540-2:2011, Tepelná ochrana budov - Část 2: Funkční požadavky.

Konstrukce obálky budovy	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Měrná ztráta prostupem tepla	Splněno
	[m <sup>2</sup> ]	[W·(m <sup>2</sup> ·K) <sup>-1</sup> ]	[W·K <sup>-1</sup> ]	[-]
ZÓNA č. 1 - Administrativa				
Střecha	860,55	0,130	111,9	ano
Podlaha	928,17	0,276	139,7	ano
Okna S	136,32	1,000	136,3	ano
Okna V	180,36	1,000	180,4	ano

Okna J	99,18	1,000	99,2	ano
Okna Z	180,18	1,000	180,2	ano
Okna světlíky	9,67	1,000	9,7	ano
Dveře	2,52	1,000	2,5	ano
SO 300	19,80	0,232	4,6	ano
Podlaha exteriér	9,02	0,161	1,5	ano
Fasáda	288,60	0,254	73,3	ano
Strop lodžie	14,53	0,212	3,1	ano
SO lodžie	70,23	0,226	15,9	ano
1NP jih	81,33	1,000	81,3	ano
Tepelné vazby			57,6	
ZÓNA č. 2 - Technická místnost				
Okna V	1,50	1,000	1,5	ano
Okna J	1,50	1,000	1,5	ano
Okna Z	2,25	1,000	2,3	ano
Dveře	1,60	1,000	1,6	ano
SO 300	100,99	0,232	23,4	ano
Střecha strojovna	68,95	0,160	11,0	ano
Tepelné vazby			8,8	
<b>Celkem</b>	<b>3 057,24</b>		<b>1 147,2</b>	

Tabulka 6.3 Vlastnosti konstrukcí obálky budovy

Z tabulky je zřejmé, že všechny konstrukce obálky budovy splňují výše uvedenou normu a mají velice nízký součinitel prostupu tepla.

Budova splňuje požadavek na průměrný součinitel tepla podle ČSN 73 0540-2:2011, Tepelná ochrana budov - Část 2: Funkční požadavky, jestliže všechny součinitele prostupu tepla jsou menší nebo rovny doporučeným hodnotám nebo pokud  $U_{em} \leq U_{em,R}$ .

Vypočtená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla celého objektu je  $U_{em} = 0,38 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$  a referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla celého objektu je  $U_{em,R} = 0,49 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$ . Objekt **splňuje** požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla a obálka budovy je zařazena do **klasifikační třídy C** (úsporná).

Objekt má měrnou hodnotu celkové dodané energie stanovenou dle výše uvedeného průkazu energetické náročnosti budovy na **109 kWh·(m<sup>2</sup>·rok)<sup>-1</sup>** a je zařazen do **klasifikační třídy A** (Mimořádně úsporná) dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

### 6.3 Vyhodnocení vlastních zdrojů energie

Zdroje tepla k vytápění a chladu k chlazení byly vyrobeny v roce 2014 a v objektu se využívají od jeho postavení v roce 2016. U tepelných čerpadel probíhá pravidelná kontrola a údržba. Jednotky jsou v dobrém technickém stavu a odpovídají svému stáří a údržbě. Rozvody tepla a chladu jsou také stále v dobrém technickém stavu a odpovídají svému stáří a údržbě. V následující tabulce jsou uvedeny základní technické ukazatele zdrojů tepla a chladu.

Základní technické ukazatele tepelných čerpadel			
ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	%	35,00
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	%	-
3	Roční účinnost výroby tepla	%	35,00
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ·MWh <sup>-1</sup>	-
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ·GJ <sup>-1</sup>	2,86
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	hod	-
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	hod	96,94

Tabulka 6.4 Základní technické ukazatele tepelných čerpadel

Zdrojem elektrické energie je fotovoltaická elektrárna instalovaná na střeše objektu v roce 2017. Fotovoltaická elektrárna je pravidelně kontrolována a dle podkladů zaslaných zadavatelem EA je FVE schopna bezpečného provozu a splňuje veškeré bezpečnostní požadavky. FVE je v dobrém technickém stavu a odpovídá svému stáří a údržbě.

Základní technické ukazatele fotovoltaické elektrárny			
ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	%	16,00
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	%	16,00
3	Roční účinnost výroby tepla	%	-
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ·MWh <sup>-1</sup>	22,50
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ	-
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	hod	797,40
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	hod	-

Tabulka 6.5 Základní technické ukazatele fotovoltaické elektrárny

## 6.4 Vyhodnocení výchozího stavu dalších spotřebičů

Objekt je relativně nový a proto jsou všechna zařízení v dobrém technickém stavu. Z místního šetření nevyplývaly žádné závady omezující či bránící v provozu nebo nevhodné chování z hlediska používání spotřebičů. Detailní zhodnocení provozu spotřebičů není možné, jelikož není instalováno podružné měření spotřeb jednotlivých forem energie pro tyto účely.

Zásobníkové ohřívače pro přípravu teplé vody umístěné lokálně v různých částech objektu ohřívají teplou vodu pomocí elektřiny. Příprava TV v těchto ohřívačích je prováděna po celý rok. Zařízení i rozvody pro přípravu TV jsou v dobrém technickém stavu a odpovídají svému stáří a údržbě.

Vzduchotechnická zařízení umístěná v technické místnosti i stropní anemostaty a kazetové jednotky umístěné v jednotlivých částech objektu slouží k přívodu a odvodu vzduchu. VZT zařízení i rozvody jsou v dobrém technickém stavu a odpovídají svému stáří a pravidelně prováděné údržbě. Dle poskytnutých podkladů od zadavatele EA probíhá pravidelná kontrola a údržba VZT jednotek každého půl roku. Regulovat lze každou místnost samostatně, čímž je dosaženo vhodné regulace vytápění či chlazení v jednotlivých částech a tím i hospodárného provozu.

Parní zvlhčovače sloužící k úpravě vlhkosti, které se nacházejí v technické místnosti, jsou v dobrém technickém stavu a odpovídají svému stáří a údržbě.

Osvětlení v objektu je zajištěno LED svítilny, která jsou úsporná s dlouhou životností. Díky variabilnímu spínání a ovládání je zajištěno hospodárného využívání osvětlení a nedochází tak k plýtvání elektrické energie v nevyužívaných místnostech.

Pro kancelářská zařízení se využívají zejména novější a úsporná zařízení. Zařízení jsou vypnuta, jestliže se nevyužívají, aby se zamezilo nadbytečné spotřebě elektrické energie. Zařízení používaná v kuchyňkách jsou také novější s lepší energetickou třídou.

## 7 Navržená opatření

V této kapitole jsou uvedena jednotlivá úsporná opatření, ze kterých se následně zkombinují alespoň dvě varianty. Objekt byl postaven v roce 2016 a je vyhodnocen jako mimořádně úsporný dle Průkazu energetické náročnosti budovy. Díky nízkému stáří objektu a nízké energetické náročnosti objektu je omezený výběr úsporných opatření, které by se alespoň ekonomicky vyplatily.

Během zpracování auditu jsem uvažoval o mnoha dalších opatřeních, jako například zateplení objektu, výměnu oken, úsporné osvětlení nebo spotřebiče. Tato opatření se ekonomicky určitě nevyplatí a je otázkou zda by vůbec došlo k určité úspoře, jelikož objekt má novou fasádu s relativně nízkými tepelnými ztrátami a v objektu se již využívají úsporné spotřebiče a osvětlení.

Veškeré cenové údaje jsou uvedeny bez DPH v této kapitole.

### 7.1 Opatření č. 1 – Změna připojení instalované FVE k objektu

Fotovoltaická elektrárna, která je již instalovaná na střeše objektu, o výkonu 42,12 kWp, část své vyrobené elektrické energie prodává do distribuční sítě v případě přebytku výroby nad spotřebou objektu. FVE dodává elektrickou energii pouze do rozvaděče, který napájí zdroj vytápění a chlazení, vzduchotechniku a zařízení pro úpravu vlhkosti.

V tomto opatření navrhuji změnit připojení elektrických rozvodů FVE k objektu tak, aby FVE mohla dodávat elektrickou energii do celého objektu, čímž se veškerá vyrobená elektrická energie ve FVE spotřebuje v objektu.

Parametr	Jednotka	Opatření č. 1
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>60 000</b>
<b>Úspora energie</b>	GJ·rok <sup>-1</sup>	<b>0</b>
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	607 316
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>583 595</b>
Úspora nákladů	%	3,9
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>23 721</b>

Tabulka 7.1 Opatření č. 1 - Změna připojení instalované FVE k objektu

## 7.2 Opatření č. 2 – Instalace bateriového úložiště

Fotovoltaická elektrárna, která je již instalovaná na střeše objektu, o výkonu  $P = 42,12$  kWp, část své vyrobené elektrické energie prodává do distribuční sítě v případě přebytku výroby nad spotřebou objektu. Proto navrhuji instalovat bateriové úložiště o kapacitě 30 kWh, které by přebytečnou elektrickou energii uschovalo. Díky tomuto opatření se veškerá vyrobená elektrická energie ve FVE spotřebuje v objektu.

Z průzkumu trhu s bateriovými úložišti byla stanovena průměrná cena za pořízení bateriového úložiště ve výši 25 000 Kč bez DPH za jednotku kapacity baterie (kWh).

Parametr	Jednotka	Opatření č. 2
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>750 000</b>
Úspora energie	GJ·rok <sup>-1</sup>	0
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>589 747</b>
Úspora nákladů	%	3,9
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>23 721</b>

Tabulka 7.2 Opatření č. 2 - Instalace bateriového úložiště

## 7.3 Opatření č. 3 – Instalace FVE o výkonu 50 kWp

Okolo objektu se nachází nevyužitá plocha ve vlastnictví zadavatele. Na této ploše navrhuji instalovat fotovoltaickou elektrárnu o výkonu  $P = 50$  kWp se sklonem 35°. FVE panely by byly orientovány východo – západně. Jednotkový výkon jednoho FVE panelu je 375 Wp a celkově by byla FVE složena ze 133 panelů na ploše zhruba 500 m<sup>2</sup>.

Z průzkumu trhu s fotovoltaickými elektrárnami byla stanovena průměrná cena za pořízení FVE ve výši 24 000 Kč bez DPH·kWp<sup>-1</sup>.

Celková roční vyrobená elektrická energie FVE je zhruba 50 MWh<sup>39</sup>. Při výpočtu velikosti úspor nákladů se uvažuje, že se veškerá vyrobená elektrická energie ve FVE spotřebuje v objektu.

<sup>39</sup> Množství vyrobené elektrické energie je vypočteno dle výpočetního programu na webových stránkách: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.



V Příloze č. 1 jsou uvedeny vstupní parametry pro výpočet výroby elektrické energie FVE a graf výroby elektrické energie FVE po měsících.

Při ekonomickém hodnocení jsou do výpočtu zahrnuty pravidelné revize každé 3 roky a výměna střídačů v 10. roce doby hodnocení investice. Cena jedné revize je stanovena na 7 000 Kč a cena výměny střídačů je stanovena na 245 162 Kč. U revizí je třeba počítat s ročním nárůstem ceny o 2,5 %.

Parametr	Jednotka	Opatření č. 3
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>1 197 000</b>
<b>Úspora energie</b>	GJ·rok <sup>-1</sup>	0
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>463 784</b>
Úspora nákladů	%	24,4
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>149 685</b>

Tabulka 7.3 Opatření č. 3 - Instalace FVE o výkonu 50 kWp

## 7.4 Opatření č. 4 – Instalace FVE o výkonu 100 kWp

Okolo objektu se nachází nevyužitá plocha ve vlastnictví zadavatele. Na této ploše navrhuji instalovat fotovoltaickou elektrárnu o výkonu  $P = 100 \text{ kWp}$  se sklonem  $35^\circ$ . FVE panely by byly orientovány východo – západně. Jednotkový výkon jednoho FVE panelu je  $375 \text{ Wp}$  a celkově by byla FVE složena z 267 panelů na ploše zhruba  $1000 \text{ m}^2$ .

Z průzkumu trhu s fotovoltaickými elektrárnami byla stanovena průměrná cena za pořízení FVE ve výši  $24\,000 \text{ Kč bez DPH} \cdot \text{kWp}^{-1}$ .

Celková roční vyrobená elektrická energie FVE je zhruba  $100 \text{ MWh}$ <sup>40</sup>. Při výpočtu velikosti úspor nákladů se uvažuje, že se část vyrobené elektrické energie ve FVE prodá do distribuční sítě, protože výroba elektrické energie ve FVE převyšuje spotřebu elektrické energie v objektu v letních měsících.

<sup>40</sup> Množství vyrobené elektrické energie je vypočteno dle výpočetního programu na webových stránkách: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.

V Příloze č. 2 jsou uvedeny vstupní parametry pro výpočet výroby elektrické energie FVE a graf výroby elektrické energie FVE po měsících.

Při ekonomickém hodnocení jsou do výpočtu zahrnuty pravidelné revize každé 3 roky a výměna střídačů v 10. roce doby hodnocení investice. Cena jedné revize je stanovena na 12 000 Kč a cena výměny střídačů je stanovena na 492 167 Kč. U revizí je třeba počítat s ročním nárůstem ceny o 2,5 %.

Parametr	Jednotka	Opatření č. 4
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>2 403 000</b>
Úspora energie	GJ·rok <sup>-1</sup>	0
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>380 090</b>
Úspora nákladů	%	38,0
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>233 378</b>

Tabulka 7.4 Opatření č. 4 - Instalace FVE o výkonu 100 kWp

## 7.5 Opatření č. 5 – Instalace FVE o výkonu 100 kWp s bateriovým úložištěm

Okolo objektu se nachází nevyužitá plocha ve vlastnictví zadavatele. Na této ploše navrhuji instalovat fotovoltaickou elektrárnu o výkonu  $P = 100 \text{ kWp}$  a bateriové úložiště o kapacitě 60 kWh. FVE panely by byly orientovány východo – západně se sklonem 35°. Jednotkový výkon jednoho FVE panelu je 375 Wp a celkově by byla FVE složena z 267 panelů na ploše zhruba 1000 m<sup>2</sup>.

Z průzkumu trhu s fotovoltaickými elektrárnami a bateriovými úložišti byla stanovena průměrná cena za pořízení FVE ve výši 24 000 Kč bez DPH·kWp<sup>-1</sup> a průměrná cena za pořízení bateriového úložiště ve výši 25 000 Kč bez DPH za jednotku kapacity baterie (kWh).

Celková roční vyrobená elektrická energie FVE je zhruba 100 MWh<sup>41</sup>. Při výpočtu velikosti úspor nákladů se uvažuje, že se veškerá vyrobená elektrická energie ve

<sup>41</sup> Množství vyrobené elektrické energie je vypočteno dle výpočetního programu na webových stránkách: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.

FVE spotřebuje v objektu. V Příloze č. 2 jsou uvedeny vstupní parametry pro výpočet výroby elektrické energie FVE a graf výroby elektrické energie FVE po měsících.

Při ekonomickém hodnocení jsou do výpočtu zahrnuty pravidelné revize každé 3 roky a výměna střídačů v 10. roce doby hodnocení investice. Cena jedné revize je stanovena na 12 000 Kč a cena výměny střídačů je stanovena na 492 167 Kč. U revizí je třeba počítat s ročním nárůstem ceny o 2,5 %.

Parametr	Jednotka	Opatření č. 5
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>3 903 000</b>
<b>Úspora energie</b>	GJ·rok <sup>-1</sup>	<b>0</b>
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>318 782</b>
Úspora nákladů	%	48,0
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>294 686</b>

Tabulka 7.5 Opatření č. 5 - Instalace FVE o výkonu 100 kWp s bateriovým úložištěm

## 7.6 Opatření č. 6 – Instalace FVE o výkonu 255 kWp

Okolo objektu se nachází nevyužitá plocha ve vlastnictví zadavatele. Na této ploše navrhuji instalovat fotovoltaickou elektrárnu o výkonu 255 kWp se sklonem 35°. FVE panely by byly orientovány východo – západně. Jednotkový výkon jednoho FVE panelu je 375 Wp a celkově by byla FVE složena z 680 panelů na ploše zhruba 2 550 m<sup>2</sup>.

Z průzkumu trhu s fotovoltaickými elektrárnami byla stanovena průměrná cena za pořízení FVE ve výši 24 000 Kč bez DPH·kWp<sup>-1</sup>.

Celková roční vyrobená elektrická energie FVE je zhruba 255,6 MWh<sup>42</sup>. Při výpočtu velikosti úspor nákladů se uvažuje, že se část vyrobené elektrické energie ve FVE se prodá do distribuční sítě, protože výroba elektrické energie ve FVE převyšuje několikanásobně spotřebu elektrické energie v objektu v některých měsících.

<sup>42</sup> Množství vyrobené elektrické energie je vypočteno dle výpočetního programu na webových stránkách: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.

V Příloze č. 3 jsou uvedeny vstupní parametry pro výpočet výroby elektrické energie FVE a graf výroby elektrické energie FVE po měsících.

Při ekonomickém hodnocení jsou do výpočtu zahrnuty pravidelné revize každé 3 roky a výměna střídačů v 10. roce doby hodnocení investice. Cena jedné revize je stanovena na 21 000 Kč a cena výměny střídačů je stanovena na 1 253 459 Kč. U revizí je třeba počítat s ročním nárůstem ceny o 2,5 %.

Parametr	Jednotka	Opatření č. 6
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>6 120 000</b>
Úspora energie	GJ·rok <sup>-1</sup>	0
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>171 394</b>
Úspora nákladů	%	72,1
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>442 074</b>

Tabulka 7.6 Opatření č. 6 - Instalace FVE o výkonu 255 kWp

## 7.7 Souhrn úsporných opatření

Z uvedených úsporných opatření se zpracují varianty u kterých následně provedeme ekonomické a ekologické hodnocení. Jestliže nebude vyhovovat ani jedna varianta je zde možnost realizovat úsporné opatření jednotlivě, bude-li mít zadavatel auditu zájem. Pro přesnější odhady a technické provedení bude třeba vypracovat projektovou dokumentaci u některé z firem zabývajících se instalací FVE a bateriových úložišť.

Opatření	Investice	Úspora energie	Úspora nákladů	NPV	IRR	T <sub>sd</sub>
	tis. Kč	MWh·rok <sup>-1</sup>	tis. Kč·rok <sup>-1</sup>	tis. Kč	%	let
č. 1 - Změna zapojení FVE	60,00	0,00	23,72	226,66	42,97	3
č. 2 - Instalace bateriového úložiště	750,00	0,00	23,72	-463,34	-1,61	>20
č. 3 - Instalace FVE o výkonu 50 kWp	1 197,00	0,00	149,68	473,17	12,57	13
č. 4 - Instalace FVE o výkonu 100 kWp	2 403,00	0,00	233,38	146,20	8,75	19
č. 5 - Instalace FVE o výkonu 100 kWp s bateriovým úložištěm	3 903,00	0,00	294,69	-612,92	5,98	>20
č. 6 - Instalace FVE o výkonu 255 kWp	6 120,00	0,00	442,07	-1 433,76	4,90	>20

Tabulka 7.7 Souhrn úsporných opatření

Z tabulky 7.7, která je uvedena na předchozí straně je zřejmé, že příliš velká fotovoltaická elektrárna je z ekonomického hlediska nenávratná, protože velká část vyrobené elektrické energie se prodává do distribuční sítě, u níž je smluvní prodejní cena pouze 900 Kč bez DPH · MWh<sup>-1</sup>. Dále i instalace samostatného bateriového úložiště u již instalované FVE je ekonomicky nenávratná.



## 8 Navržené Varianty

V této kapitole jsou navrženy varianty, které jsou složeny z úsporných opatření uvedených v předchozí kapitole. Z následujících variant bude navržena k realizaci jedna optimální varianta dle výsledku ekonomického a ekologického hodnocení.

Do investičních výdajů nelze započítat dotační podporu a proto výsledné investiční výdaje mohou být ještě menší. Zároveň můžou být přínosy z navržených variant nižší z důvodu vyšších ztrát v instalovaných zařízeních, změny charakteru využívání spotřebičů v objektu nebo neočekávatelných změn počasí.

Veškeré cenové údaje jsou uvedeny bez DPH v této kapitole.

### 8.1 Varianta č. 1

V této variantě jsou zahrnuta tato opatření:

- Opatření č. 1 - Změna připojení instalované FVE k objektu, ve kterém dojde ke změně připojení elektrických rozvodů FVE k objektu tak, aby FVE mohla dodávat elektřinu do celého objektu.
- Opatření č. 3 – Instalace FVE o výkonu 50 kWp, ve kterém navrhuji instalaci FVE na nevyužitou plochu okolo objektu.

Bližší informace k uvedeným opatřením jsou v předchozí kapitole, kde byla jednotlivá úsporná opatření navržena.

Parametr	Jednotka	Varianta č. 1
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>1 257 000</b>
<b>Úspora energie</b>	GJ·rok <sup>-1</sup>	<b>0</b>
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>450 532</b>
Úspora nákladů	%	26,6
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>162 936</b>

Tabulka 8.1 Varianta č. 1

V následující tabulce je upravená roční energetická bilance, kde se porovnává energetická bilance výchozího stavu a navrhované Varianty č. 1. Tabulka je z grafických důvodů uvedena na následující straně.

ř.	Ukazatel	Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		GJ	MWh	tis. Kč	GJ	MWh	tis. Kč
1	Vstupy paliv a energie	1 025,44	284,85	613,47	1 007,80	279,94	450,53
2	Změna zásob paliv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Spotřeba paliv a energie (ř. 1 + ř.2)	1 025,44	284,85	613,47	1 007,80	279,94	450,53
4	Prodej energie cizím	35,64	9,90	5,92	18,00	5,00	4,50
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3 - ř.4)	989,80	274,95	607,55	989,80	274,95	446,03
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie (z ř.5)	9,53	2,65	7,93	9,53	2,65	5,94
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	299,74	83,26	33,58	299,74	83,26	15,78
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)	15,48	4,30	12,88	15,48	4,30	9,65
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	58,81	16,33	48,91	58,81	16,33	36,66
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	69,08	19,19	57,46	69,08	19,19	43,07
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	102,10	28,36	84,92	102,10	28,36	63,66
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	89,16	24,77	74,16	89,16	24,77	55,59
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	345,91	96,09	287,71	345,91	96,09	215,67

Tabulka 8.2 Upravená roční energetická bilance pro variantu č. 1

V tabulce je viditelný pokles vstupní energie z důvodu použité metodiky energetické bilance dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů. Reálně dojde k využití skoro veškeré vyrobené elektrické energie FVE v objektu a snížení prodeje do distribuční sítě, při zachování stejné spotřeby objektu. Úspora energií je nulová, jelikož v objektu nedošlo ke snížení spotřeby energie jednotlivých spotřebičů, ale pouze ke změně množství elektrické energie vstupující do objektu z distribuční sítě a z FVE.

## 8.2 Varianta č. 2

V této variantě jsou zahrnuta tato opatření:

- Opatření č. 1 - Změna připojení instalované FVE k objektu, ve kterém dojde ke změně připojení elektrických rozvodů FVE k objektu tak, aby FVE mohla dodávat elektřinu do celého objektu.
- Opatření č. 4 – Instalace FVE o výkonu 100 kWp, ve kterém navrhuji instalaci FVE na nevyužitou plochu okolo objektu.

Bližší informace k uvedeným opatřením jsou v předchozí kapitole, kde byla jednotlivá úsporná opatření navržena.



Parametr	Jednotka	Varianta č. 2
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>2 463 000</b>
<b>Úspora energie</b>	GJ·rok <sup>-1</sup>	<b>0</b>
	MWh·rok <sup>-1</sup>	0
Původní průměrné roční provozní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468
<b>Nové průměrné roční provozní náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>377 103</b>
Úspora nákladů	%	38,5
<b>Úspora nákladů (Přínosy projektu)</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>236 365</b>

Tabulka 8.3 Varianta č. 2

V následující tabulce je upravená roční energetická bilance, kde se porovnává energetická bilance výchozího stavu a navrhované Varianty č. 2.

ř.	Ukazatel	Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		GJ	MWh	tis. Kč	GJ	MWh	tis. Kč
1	Vstupy paliv a energie	1 025,44	284,85	613,47	1 140,84	316,90	377,10
2	Změna zásob paliv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Spotřeba paliv a energie (ř. 1 + ř.2)	1 025,44	284,85	613,47	1 140,84	316,90	377,10
4	Prodej energie cizím	35,64	9,90	5,92	151,04	41,95	37,76
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3 - ř.4)	989,80	274,95	607,55	989,80	274,95	339,34
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie (z ř.5)	9,53	2,65	7,93	9,53	2,65	4,26
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	299,74	83,26	33,58	299,74	83,26	30,59
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)	15,48	4,30	12,88	15,48	4,30	6,93
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	58,81	16,33	48,91	58,81	16,33	26,31
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	69,08	19,19	57,46	69,08	19,19	30,91
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	102,10	28,36	84,92	102,10	28,36	45,68
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	89,16	24,77	74,16	89,16	24,77	39,89
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	345,91	96,09	287,71	345,91	96,09	154,77

Tabulka 8.4 Upravená roční energetická bilance pro variantu č. 2

V tabulce 8.4 můžeme sledovat nárůst vstupní energie z důvodu použité metodiky energetické bilance dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů. Reálně dojde ke zvýšení výroby ve FVE a zvýšení prodeje do distribuční sítě, při zachování stejné spotřeby objektu. Úspora energií je nulová, protože v objektu nedošlo ke snížení spotřeby energie jednotlivých spotřebičů, ale pouze ke změně množství elektrické energie vstupující do objektu z distribuční sítě a z FVE.



## 9 Ekonomické vyhodnocení variant

V této kapitole provedeme ekonomické hodnocení. Metodika výpočtu jednotlivých kritérií je uvedena v příloze č. 5 vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů. V této bakalářské práci jsem metodiku výpočtu jednotlivých kritérií uvedl v podkapitole 3.2.2.

Hlavním rozhodovacím kritériem pro výběr optimální varianty je čistá současná hodnota (NPV). Doplnujícími kritérii pro vyhodnocení jsou kritérium vnitřní výnosové procento (IRR) a kritérium reálná doba návratnosti ( $T_{sd}$ ).

Veškeré cenové údaje uvedené v ekonomickém vyhodnocení jsou bez DPH a do ekonomického vyhodnocení nelze započítat žádné dotační tituly.

Varianty hodnotíme po dobu 20 let a do výpočtu jsou zahrnuty i pravidelné revize každé 3 roky a výměna střídačů v 10 roce doby hodnocení investice. V cenách počátečních investic nejsou zahrnuty pravidelné revize ani výměna střídačů.

Roční růst cen energií je stanoven na 2,5 % dle průměrného růstu ceny elektřiny uvedeného ve Zprávách o inflaci za roky 2011 – 2020<sup>43</sup> vydaných Českou národní bankou. Diskontní sazba je stanovena na 8 %, což je optimální hodnota mezi minimální diskontní sazbou, která se pohybuje okolo 4 %, a výnosností u podnikatelských subjektů, které požadují výnosnost okolo 10 – 12 %.

Ceny elektrické energie jsou uvedeny v úrovni roku 2021. Průměrná cena nakupované elektrické energie v roce 2021 činí 2 994,30 Kč bez DPH · MWh<sup>-1</sup> dle dostupných faktur. Prodejní cena elektrické energie v roce 2021 činí 900,00 Kč bez DPH · MWh<sup>-1</sup> dle dostupného smluvního ujednání.

Ekonomické vyhodnocení je uvedeno v tabulce níže, která je z grafické přehlednosti umístěna na následující straně.

---

<sup>43</sup> Zprávy o inflaci jsou dostupné na webové stránce <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/>.

Parametr	Jednotka	Varianta č. 1	Varianta č. 2
<b>Investiční výdaje projektu</b>	<b>Kč</b>	<b>1 257 000</b>	<b>2 463 000</b>
<b>Úspora energie</b>	MWh·rok <sup>-1</sup>	0	0
Původní náklady	Kč·rok <sup>-1</sup>	613 468	613 468
<b>Nové náklady</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>450 532</b>	<b>377 103</b>
Úspora nákladů	%	26,6	38,5
<b>Úspora nákladů</b>	<b>Kč·rok<sup>-1</sup></b>	<b>162 936</b>	<b>236 365</b>
<b>Doba hodnocení</b>	<b>roky</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>Diskont</b>	<b>%</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Čistá současná hodnota NPV</b>	<b>tis. Kč</b>	<b>573,31</b>	<b>122,30</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>	<b>%</b>	<b>13,22</b>	<b>8,61</b>
<b>Reálná doba návratnosti T<sub>sd</sub></b>	<b>roky</b>	<b>12</b>	<b>19</b>

Tabulka 9.1 Ekonomické vyhodnocení

Z tabulky je zřejmé, že obě navrhované varianty mají kladné NPV, čímž se jedná o ekonomicky návratné investice. Jestliže nelze realizovat obě varianty, tak se vybere varianta, která má vyšší hodnotu čisté současné hodnoty. NPV u Varianty č. 1 je 573 311 Kč a u Varianty č. 2 je 122 298 Kč. V tomto hodnocení dosahuje vyšší hodnoty NPV Varianta č. 1.

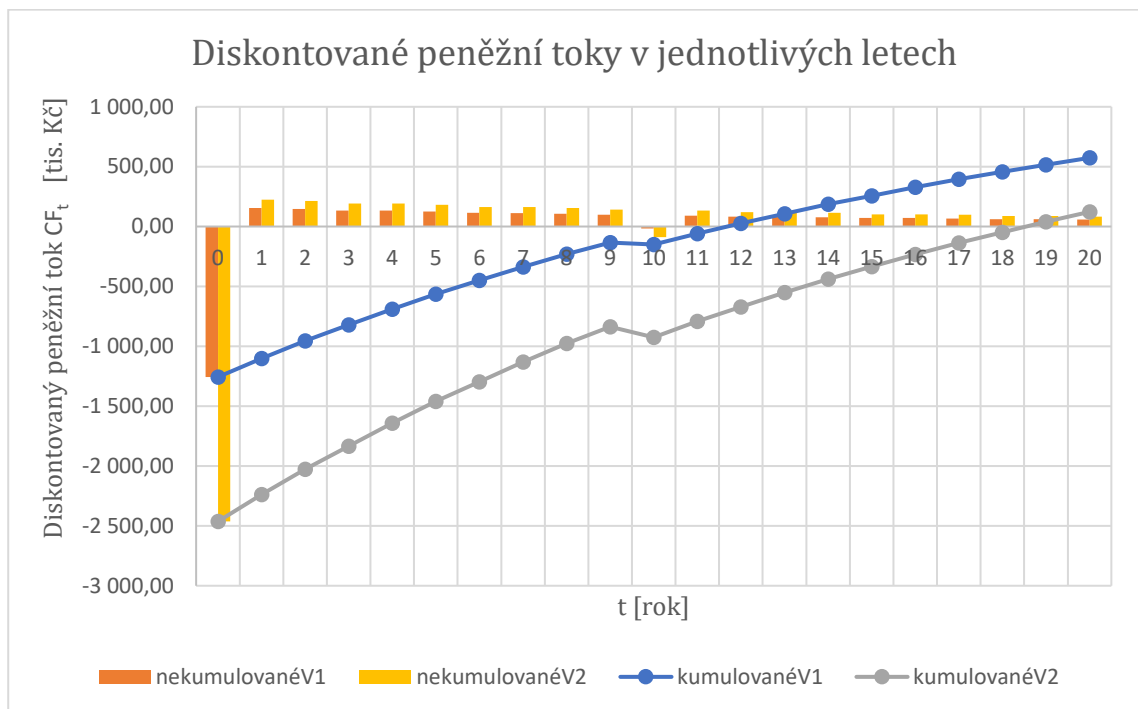
U vnitřního výnosového procenta platí stejná kritériální podmínka jako u NPV a to, že pokud jsou hodnoty IRR kladné, tak vybereme variantu s vyšší hodnotou. IRR u Varianty č. 1 je 13,22 % a u Varianty č. 2 je 8,61 %. V tomto hodnocení dosahuje vyšší hodnoty IRR Varianta č. 1.

U Reálné doby návratnosti vybereme variantu, která má nižší hodnotu. Reálná doba návratnosti u Varianty č. 1 je 12 let a u Varianty č. 2 je 19 let. V tomto hodnocení dosahuje nižší doby návratnosti Varianta č. 1.

V Ekonomickém vyhodnocení dosahuje lepších výsledků ve všech třech kritériích Varianta č. 1 a proto tuto variantu doporučuji.

Na následujícím grafu můžeme porovnat změnu diskontovaných peněžních toků (dále jen „DCF“) v jednotlivých letech po dobu hodnocení. V grafu používám tato označení:

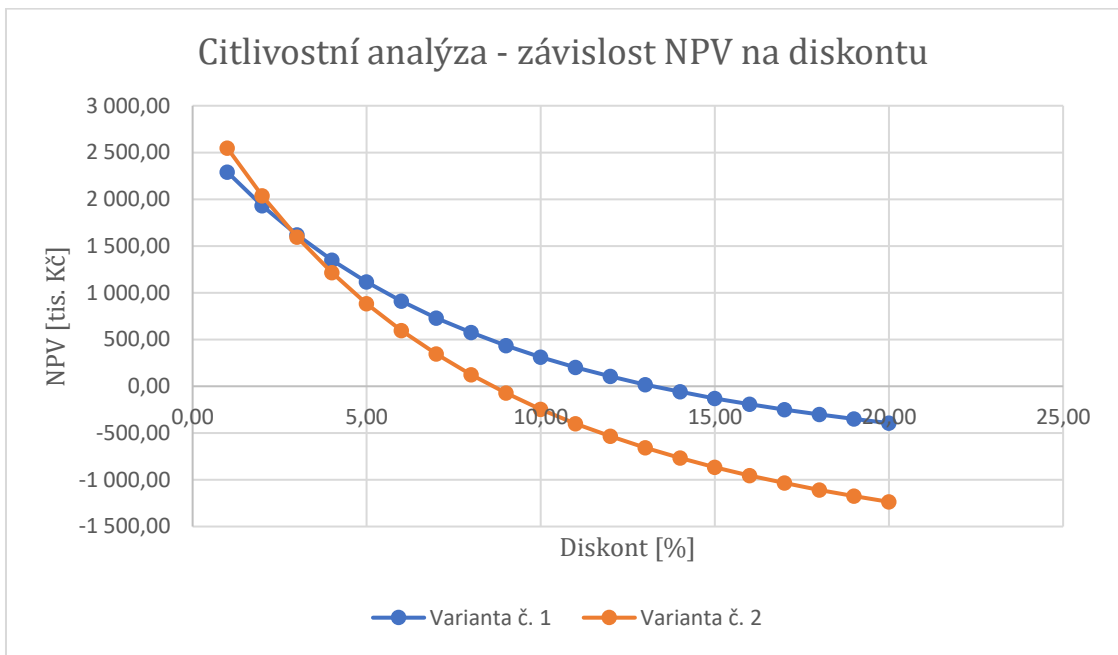
- NekumulovanéV1 – nekumulované DCF Varianty č. 1. v jednotlivých letech.
- NekumulovanéV2 – nekumulované DCF Varianty č. 2 v jednotlivých letech.
- KumulovanéV1 – součet DCF v průběhu doby hodnocení Varianty č. 1.
- kumulovanéV2 – součet DCF v průběhu doby hodnocení Varianty č. 2.



Graf 9.1 Změny ročních peněžních toků po dobu hodnocení variant

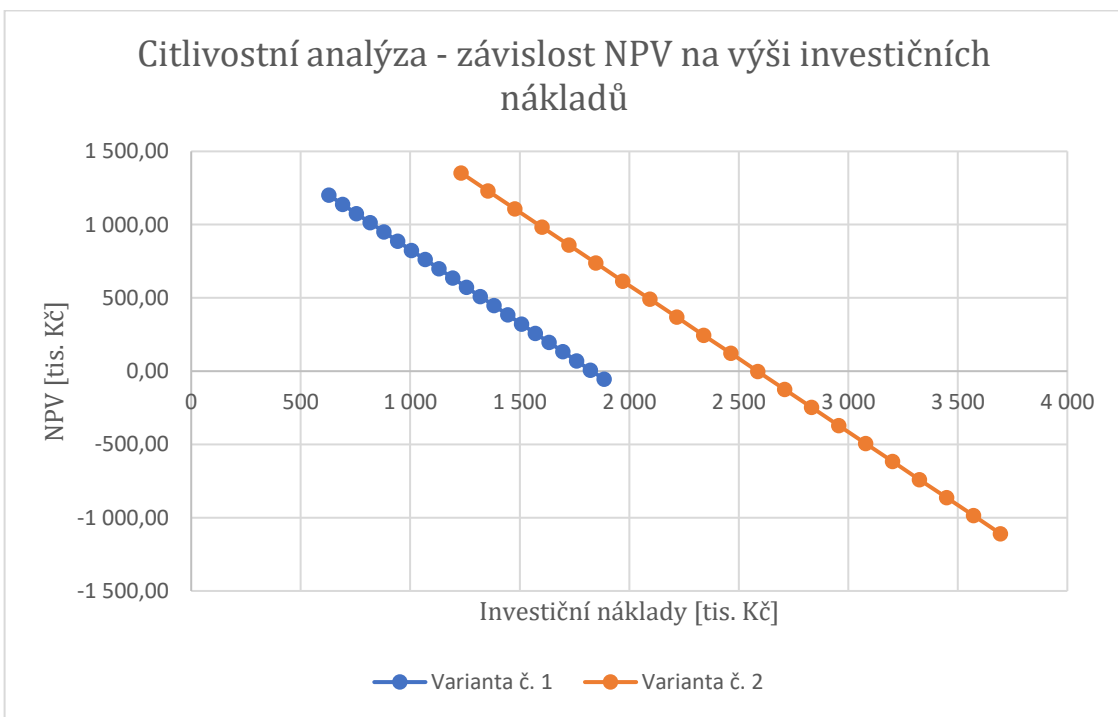
V grafu je zobrazen i průběh kumulovaných diskontovaných peněžních toků jednotlivých variant, kde pozorujeme postupné splácení investice. U Varianty č. 1 dojde ke splacení ve 12. roce a u Varianty č. 2 dojde ke splacení v 19. roce.

Na následujících grafech jsou ukázány citlivostní analýzy dle zvoleného proměnlivého parametru. Z důvodu grafické přehlednosti jsou grafy uvedeny na následujících stranách.



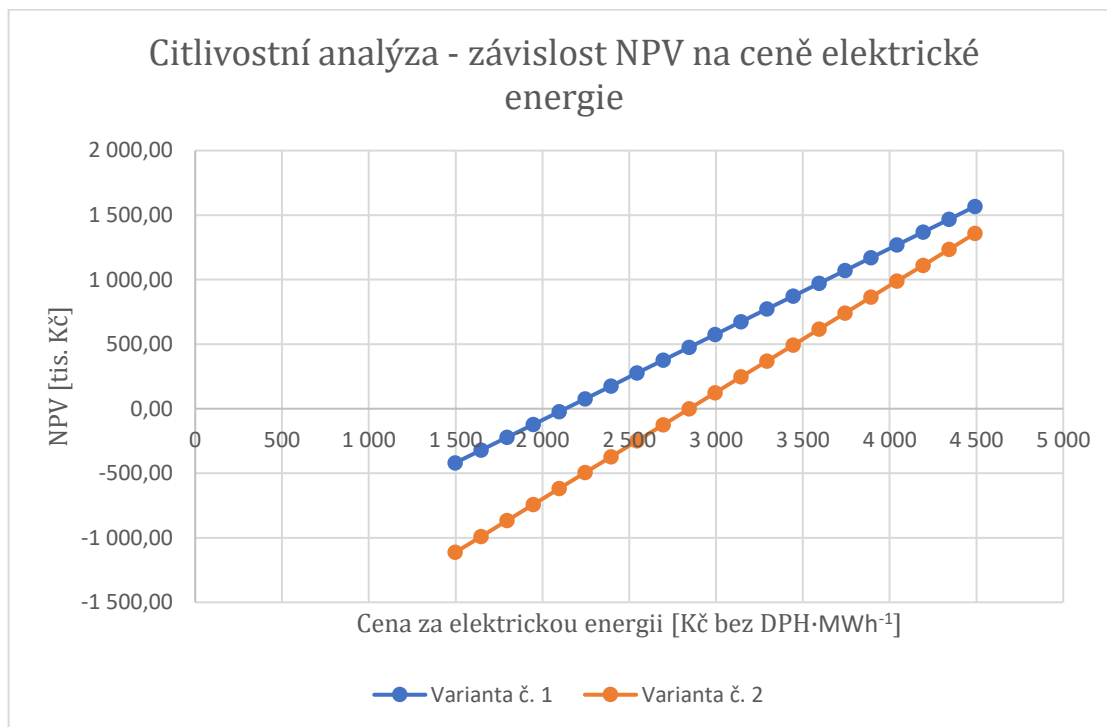
Graf 9.2 Citlivostní analýza - závislost NPV na diskontu

Ve výše uvedeném grafu je zobrazena závislost NPV na změně diskontu jednotlivých variant. Z grafu lze vyhodnotit, že Varianta č. 2 je výhodnější do diskontu 2,8 % u kterého má vyšší NPV než Varianta č. 1. Varianta č. 1 je naopak výhodnější od diskontu 2,8 %. Dále je zřejmé, že NPV u Varianty č. 2 dosáhne záporné hodnoty okolo diskontu 9 % a u Varianty č. 1 dosáhne NPV záporné hodnoty až okolo diskontu 13 %.



Graf 9.3 Citlivostní analýza - závislost NPV na výši investičních nákladů

V grafu 9.3, uvedeném na předchozí straně, je zobrazena závislost NPV na změně investičních nákladů jednotlivých variant. Z grafických průběhů lze vyhodnotit, že Varianta č. 1 je opět výhodnější a hodnota NPV bude záporná po zvýšení investičních nákladů o 50 %. Naopak u Varianty č. 2 bude hodnota NPV záporná po zvýšení investičních nákladů již o 5 %.



Graf 9.4 Citlivostní analýza - závislost NPV na ceně elektrické energie

Ve výše uvedeném grafu je zobrazena závislost NPV na změně ceny elektrické energie jednotlivých variant. Z grafu lze vyhodnotit, že Varianta č. 1 je výhodnější v celém rozsahu  $\pm 50\%$  původní ceny za elektrickou energii. Dále lze vyhodnotit, že u Varianty č. 2 dosáhne NPV záporné hodnoty při snížení ceny za elektrickou energii již o 5 %, což odpovídá hodnotě okolo 2 845 Kč bez DPH · MWh<sup>-1</sup>. U Varianty č. 1 dosáhne NPV záporné hodnoty při snížení ceny za elektrickou energii o více než 25 %, což odpovídá hodnotě okolo 2 246 Kč bez DPH · MWh<sup>-1</sup>.





## 10 Ekologické vyhodnocení variant

V této kapitole provedeme ekologické hodnocení. Metodika výpočtu ekologického hodnocení je uvedena v příloze č. 6 vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů. V této bakalářské práci jsem metodiku výpočtu ekologického hodnocení uvedl v podkapitole 3.2.3. Emisní faktory znečišťujících látek jsou uvedené také v podkapitole 3.2.3.

Po realizaci jednotlivých variant dojde ke snížení produkce emisí znečišťujících látek, protože v obou variantách dojde k instalaci fotovoltaické elektrárny, která je zdrojem elektrické energie bez produkce emise znečišťujících látek.

Parametr	Výchozí stav	Varianta č. 1	Rozdíl		Varianta č. 2	Rozdíl	
	t·rok <sup>-1</sup>	t·rok <sup>-1</sup>	t·rok <sup>-1</sup>	%	t·rok <sup>-1</sup>	t·rok <sup>-1</sup>	%
Tuhé znečišťující látky (TZL)	0,007540	0,0055196	-0,0020200	-26,79	0,0050259	-0,0025137	-33,34
PM <sub>2,5</sub>	0,004524	0,0033117	-0,0012120	-26,79	0,0030155	-0,0015082	-33,34
SO <sub>2</sub>	0,172352	0,1261757	-0,0461764	-26,79	0,1148903	-0,0574618	-33,34
NO <sub>x</sub>	0,116297	0,0851391	-0,0311583	-26,79	0,0775241	-0,0387732	-33,34
NH <sub>3</sub>	0,000000	0,0000000	0,0000000	0,00	0,0000000	0,0000000	0,00
VOC	0,000510	0,0003735	-0,0001367	-26,79	0,0003401	-0,0001701	-33,34
CO	0,017663	0,0129304	-0,0047321	-26,79	0,0117739	-0,0058887	-33,34
CO <sub>2</sub>	207,255259	151,7276420	-55,5276172	-26,79	138,1568600	-69,0983992	-33,34

Tabulka 10.1 Ekologické vyhodnocení

Ve výše uvedené tabulce je porovnání množství znečišťujících látek produkovaných za rok ve výchozím stavu a v navržených variantách. Obě varianty snižují roční emise znečišťujících látek. V ekologickém hodnocení vybereme variantu, která dosahuje vyšší úspory v produkci emisí znečišťujících látek.

Varianta č. 1 snižuje produkci emisí znečišťujících látek o 26,79 % a Varianta č. 2 snižuje produkci emisí znečišťujících látek o 33,34 %. Varianta č. 2 snižuje produkci emisí znečišťujících látek více než Varianta č. 1 a proto z ekologického vyhodnocení doporučuji Variantu č. 2.



## 11 Výběr doporučené varianty

V této kapitole vyberu jednu z navržených variant jako doporučenou variantu k realizaci.

Varianta č. 1 dosahuje lepších výsledků ve všech třech kritériích ekonomického hodnocení než Varianta č. 2. Například u hlavního rozhodovacího kritéria (NPV) je hodnota Varianty č. 1 vyšší o více než 300 % oproti Variantě č. 2. U doplňujícího kritéria IRR má Varianta č. 1 vyšší hodnotu o více než 50 % oproti Variantě č. 2 a reálná doba návratnosti Varianty č. 1 je o 7 let kratší oproti Variantě č. 2.

Naopak Varianta č. 2 dosahuje lepších výsledků v ekologickém hodnocení než Varianta č. 1. V produkci emisí znečišťujících látek dosahuje Varianta č. 2 vyšší hodnoty snížení emisí znečišťujících látek a to o zhruba 24 % oproti Variantě č. 1.

Při výběru doporučené varianty zohledním pohled investora, pro kterého má vyšší váhu ekonomického hodnocení a výsledky z něj, protože požaduje, aby jeho investice měli co nejvyšší výnosnost. Po srovnání obou hodnocení volím Variantu č. 1, jelikož v ekonomickém hodnocení dosahuje mnohem lepších hodnot než Varianta č. 2. V ekologickém hodnocení dosahuje Varianta č. 1 sice menšího snížení produkce emisí, ale rozdíl mezi snížením produkce emisí znečišťujících látek Varianty č. 1 a Varianty č. 2 není tak značný.

Z tohoto výběru nevyplývá žádná povinnost realizovat doporučenou variantu. Pokud by zadavatel EA hleděl více na životní prostředí, které by mělo pro něj větší hodnotu než ekonomická výnosnost, může zvolit k realizaci druhou variantu.

## 11.1 Popis doporučené varianty

V doporučené variantě jsou zahrnuta tato opatření:

- Opatření č. 1 - Změna připojení instalované FVE k objektu, ve kterém dojde ke změně připojení elektrických rozvodů FVE k objektu tak, aby FVE mohla dodávat elektřinu do celého objektu.
- Opatření č. 3 – Instalace FVE o výkonu 50 kWp, ve kterém navrhuji instalaci FVE na nevyužitě ploše okolo objektu.

Bližší informace k uvedeným opatřením jsou v kapitole 7, kde byla jednotlivá úsporná opatření navržena.

Počáteční investice této varianty je stanovena na 1 257 000 Kč bez DPH s ročním přínosem 162 936 Kč bez DPH. V této variantě dojde ke spotřebě 55 MWh elektrické energie vyrobené z FVE v objektu. Čímž bude snížena potřeba elektrické energie dodávané ze sítě a dojde ke snížení produkce emise znečišťujících látek.

V níže uvedené tabulce jsou výsledky ekonomického vyhodnocení doporučené varianty.

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>	<b>tis. Kč</b>	<b>573,31</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>	<b>%</b>	<b>13,22</b>
<b>Reálná doba návratnosti <math>T_{sd}</math></b>	<b>roky</b>	<b>12</b>

Tabulka 11.1 Ekonomické vyhodnocení doporučené varianty

V níže uvedené tabulce jsou výsledky ekologického vyhodnocení doporučené varianty.

Parametr	Výchozí stav	Varianta č. 1	Rozdíl	
	t·rok <sup>-1</sup>	t·rok <sup>-1</sup>	t·rok <sup>-1</sup>	%
Tuhé znečišťující látky (TZL)	0,007540	0,005520	-0,002020	-26,79
PM <sub>2,5</sub>	0,004524	0,003312	-0,001212	-26,79
SO <sub>2</sub>	0,172352	0,126176	-0,046176	-26,79
NO <sub>x</sub>	0,116297	0,085139	-0,031158	-26,79
NH <sub>3</sub>	0,000000	0,000000	0,000000	0,00
VOC	0,000510	0,000373	-0,000137	-26,79
CO	0,017663	0,012930	-0,004732	-26,79
CO <sub>2</sub>	207,255259	151,727642	-55,5276	-26,79

Tabulka 11.2 Ekologické vyhodnocení doporučené varianty

## 12 Závěr

Bakalářská práce se zabývá problematikou okolo energetických auditů, snižováním energetické náročnosti budov a hledáním úsporných opatření. V úvodní teoretické části jsou popsány hlavní právní předpisy vztahující se k energetickému auditu. Dále byla představena metodika postupu zpracování energetického auditu a praktická část, ve které byl vyhodnocen výchozí stav objektu, navržena úsporná opatření s nimiž jsou spojena ekonomická a ekologická vyhodnocení. Praktická část je zpracována dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, ve znění pozdějších předpisů.

Přínosem této bakalářské práce pro zadavatele je navržení úsporných opatření, která mohou snížit náklady za energie a přispět k ochraně životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek. Z úsporných opatření byly složeny dvě varianty, u nichž jsem provedl ekonomická a ekologická vyhodnocení.

Ve Variantě č. 1 je navržena změna připojení elektrických rozvodů již instalované FVE k objektu a instalace nové FVE o výkonu 50 kWp na nevyužitě ploše okolo objektu. Počáteční investiční výdaje této varianty činí **1 257 000 Kč bez DPH** s roční úsporou nákladů zhruba **162 936 Kč bez DPH**. Čistá současná hodnota této varianty je **573 311 Kč bez DPH** se zvoleným 8 % diskontem a reálná doba návratnosti je okolo 12 let. V ekologickém hodnocení dosahuje tato varianta snížení produkce emisí znečišťujících látek o více než **26 %**.

Ve Variantě č. 2 je navržena změna připojení elektrických rozvodů již instalované FVE k objektu a instalace nové FVE o výkonu 100 kWp na nevyužitě ploše okolo objektu. Počáteční investiční výdaje této varianty činí **2 463 000 Kč bez DPH** s roční úsporou nákladů zhruba **236 365 Kč bez DPH**. Čistá současná hodnota této varianty je **122 298 Kč bez DPH** se zvoleným 8 % diskontem a reálná doba návratnosti je okolo 19 let. V ekologickém hodnocení dosahuje tato varianta snížení produkce emisí znečišťujících látek o více než **33 %**.

Po srovnání provedených hodnocení byla doporučena optimální varianta k realizaci. Touto variantou byla zvolena **Varianta č. 1**, jelikož dosahuje mnohem lepších výsledků v ekonomickém hodnocení než Varianta č. 2 a rozdíl mezi

snížením produkce emisí znečišťujících látek Varianty č. 1 a Varianty č. 2 není tak značný v ekologickém hodnocení. Detailnější rozbor jednotlivých hodnocení a výběru doporučené varianty je uveden v kapitole 9, 10 a 11.

V návaznosti na tuto práci lze zpracovat projektovou dokumentaci a následně realizovat vybraná úsporná opatření.

Věřím, že jsem splnil veškeré stanovené cíle v této bakalářské práci a alespoň částečně přispěl k možnosti ochraně životního prostředí, prostřednictvím možné realizace navržených úsporných opatření vedoucí ke snížení produkce emisí znečišťujících látek.

Za osobní přínos této bakalářské práce považuji prohloubení znalostí a orientaci v problematice energetických auditů, s tím související vyhodnocení výchozího stavu objektu, ekonomických a ekologických přínosů, psaní odborných textů, analýz výsledků a stylizaci závěrů odborných textů. Za důležitou součást osobního přínosu také považuji zdokonalení komunikace při jednání s odpovědnými zástupci společností a formulace formálních žádostí.

## Seznam literatury a zdrojů informací

- [1] ČAJČÍKOVÁ, Jolana. ENERGETICKÝ AUDIT POLYFUNKČNÍHO OBJEKTU. Brno, 2016 [cit. 2021-3-1]. Dostupné také z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=120615](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=120615). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Petr Horák, Ph.D.
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2000, ročník 2000, částka 115, číslo 406. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2012, ročník 2012, částka 182, číslo 480. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-480>
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2020, ročník 2020, částka 98, číslo 264. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-264>
- [5] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 4/2020 Sb., o energetických specialistech. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2020, ročník 2020, částka 2, číslo 4. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-4>
- [6] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 140/2021 Sb., o energetickém auditu. In: Sbírka zákonů. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2021, ročník 2021, částka 55, číslo 140. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-140>
- [7] ČSN EN 15316-2. Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 2: Části pro sdílení (vytápění a chlazení), Modul M3-5, M4-5. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, říjen 2018.
- [8] ČSN EN 15316-3. Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 3: Části soustav pro rozvod (teplé vody, vytápění a chlazení), Modul M3-6, M4-6, M8-6. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, říjen 2018.

- [9] ČSN EN 16247-1. Energetické audity – Část 1: Obecné požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, leden 2013.
- [10] ČSN EN 16247-2 – Energetické audity – Část 2: Budovy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, listopad 2014.
- [11] ČSN EN 16247-3 – Energetické audity – Část 3: Procesy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, listopad 2014.
- [12] ČSN ISO 50002. Energetické audity - Požadavky s návodem pro použití. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, květen 2016.
- [13] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, říjen 2011.
- [14] Energetické hodnocení budov. Brno: Vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-214-5274-9.
- [15] EUROPEAN COMMISSION. Photovoltaic Geographical Information System [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [16] Fotovoltaické elektrárny - KONFIGURÁTOR FVE 2021. Silektro [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.silektro.cz/fotovoltaicke-elektrarny/konfigurator-fve/>
- [17] Fotovoltaické elektrárny - PŘÍPADOVÉ STUDIE. Silektro [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.silektro.cz/fotovoltaicke-elektrarny/pripadove-studie/>
- [18] IBLER, Zdeněk. Technický průvodce energetika. Praha: BEN – technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-026-1.



- [19] KOREL, Jan. Projektování a měření přídatného uzemnění vedení VVN a ZVN [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-3-8]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10467/86031>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Mgr. Ing. Vít Klein, Ph.D.
- [20] KUBÁTOVÁ, Věra. Návratnost fotovoltaiky: kdy vám ušetří statisíce a kdy se naopak nevyplatí? TZB-info [online]. 2020 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/21585-navratnost-fotovoltaiky-kdy-vam-usetri-statisice-a-kdy-se-naopak-nevyplati>
- [21] NOS, Filip. Základní možnosti připojení fotovoltaické elektrárny. Se sítí nebo bez ní? Estav [online]. [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/6456.fotovoltaika-jak-se-lisi-zarizeni-pro-primou-spotrebu-a-pro-prodej-elektricke-energie-do-site>
- [22] PROUZA, Mikuláš. Bateriové úložiště pro domácnost s využitím solárních panelů. Praha, 2020 [cit. 2021-3-08]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/89838>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Mgr. Ing. Vít Klein, Ph.D.
- [23] ŠUBRT, Jan a kolektiv. Učebnice energetického specialisty – Energetický audit, energetický posudek [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2021-2-27]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/efekt/publikace/71258>
- [24] Zpráva o inflaci – IV/2012. Praha: Česká národní banka, 2012. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2012/>
- [25] Zpráva o inflaci – IV/2013. Praha: Česká národní banka, 2013. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2013/>

- [26] Zpráva o inflaci – IV/2014. Praha: Česká národní banka, 2014. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2014/>
- [27] Zpráva o inflaci – IV/2015. Praha: Česká národní banka, 2015. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2015/>
- [28] Zpráva o inflaci – IV/2016. Praha: Česká národní banka, 2016. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2016/>
- [29] Zpráva o inflaci – IV/2017. Praha: Česká národní banka, 2017. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2017/>
- [30] Zpráva o inflaci – IV/2018. Praha: Česká národní banka, 2018. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2018/>
- [31] Zpráva o inflaci – IV/2019. Praha: Česká národní banka, 2019. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2019/>
- [32] Zpráva o inflaci – IV/2020. Praha: Česká národní banka, 2020. ISSN 1804-2457. Dostupné také z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/zpravy-o-inflaci/Zprava-o-inflaci-IV-2020/>

### **Podklady objektu a jeho systémů**

- [33] Projektová dokumentace s názvem: „Novostavba administrativní budovy firmy“, zpracovaná společností Architektonická kancelář – Ing. arch. Vlastimil Stránský, IČ 445 73 707, Jiřího z Poděbrad 56/1, Děčín VI, vypracoval: Ing. Milan Pileček, Arch. č. 1474-5/13, datum: 11/2015. Není volně dostupné. (název publikace je z části anonymizován.)

- [34] Technická zpráva – silnoproudé rozvody s názvem: „Novostavba administrativní budovy“, zpracovaná společností Architektonická kancelář – Ing. arch. Vlastimil Stránský, IČ 445 73 707, Jiřího z Poděbrad 56/1, Děčín VI, vypracoval: Ing. Miroslav Kučaba, Arch. č. 1474-4/13, datum: 04/2015. Není volně dostupné.
- [35] Projektová dokumentace, část D.1 Dokumentace stavby – technická zpráva s názvem : „Novostavba administrativní budovy firmy“, zpracovaná společností Architektonická kancelář – Ing. arch. Vlastimil Stránský, IČ 445 73 707, Jiřího z Poděbrad 56/1, Děčín VI, vypracoval: Ing. Milan Pileček, Arch. č. 1474-3/13, datum: 10/2014. Není volně dostupné. (název publikace je z části anonymizován.)
- [36] Projektová dokumentace, část D.1.4 - Technika prostředí staveb – vytápění, vzduchotechnika a klimatizace s názvem: „SO 02 – NOVOSTAVBA ADMINISTRATIVNÍ BUDOVI“, zpracovaná společností ATELIER PŘÍPEŘ – Ing. Josef Duben, IČ 148 20 340, Drážďanská 23, 405 02 Děčín 16 – Přípeř, vypracoval: Ing. Jiří Duben, č. zak. 131/2014, datum: 03/2015. Není volně dostupné.
- [37] Projektová dokumentace, část D.1.4 - Technika prostředí staveb – vytápění, vzduchotechnika a klimatizace s názvem: „SO 02 – NOVOSTAVBA ADMINISTRATIVNÍ BUDOVI“, zpracovaná společností ATELIER PŘÍPEŘ – Ing. Josef Duben, IČ 148 20 340, Drážďanská 23, 405 02 Děčín 16 – Přípeř, vypracoval: Ing. Josef Duben, č. zak. 131/2014, datum: 10/2014. Není volně dostupné.
- [38] Projektová dokumentace s názvem: „Instalace fotovoltaického systému o výkonu 42,12 kWp na budově XXX“, zpracoval: Ing. Jiří Horák, ČKAIT 1102406, IČ 731 15 606, Poděbradova 4, 741 01 Nový Jičín, datum: 01/2018. Není volně dostupné. (název publikace je z části anonymizován.)
- [39] Technická zpráva - Technologie stravování s názvem: „SO 02 – NOVOSTAVBA ADMINISTRATIVNÍ BUDOVI“, zpracovaná společností Architektonická kancelář – Ing. arch. Vlastimil Stránský, IČ 445 73 707, Jiřího z Poděbrad 56/1, Děčín VI, vypracoval: Ing. Michal Bouda, Arch. č. 1474-4/13, datum: 03/2015. Není volně dostupné.
- [40] Průkaz energetické náročnosti vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, evid. č.: 225934.0, zpracovatel: Ing. Martina Slavíková, osvědčení č. 1732, 17. Listopadu 12, 405 02 Děčín I, datum: 26. 06. 2019.



## Seznam použitých zkratek

a.s.	Akciová společnost
CF	Peněžní tok ("cash flow")
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
ČSN	Česká technická norma
DC	Stejnoseměrný proud
DCF	Diskontovaný peněžní tok
DPH	Daň z přidané hodnoty
EA	Energetický audit
FVE	Fotovoltaická elektrárna
IN	Investiční výdaje
IRR	Vnitřní výnosové procento
KCF	Kumulovaný peněžní tok
LED	Dioda emitující světlo
MS	Microsoft
NKCF	Nekumulovaný peněžní tok
NN	Nízké napětí
NP	Nadzemní podlaží
NPV	Čistá současná hodnota
NT	Nízký tarif
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
PPR	Polypropylen
r	Diskont
Sb.	Sbírky
TČ	Tepelné čerpadlo
tl.	Tloušťky
T <sub>sd</sub>	Reálná doba návratnosti
TV	Teplá voda
T <sub>ž</sub>	Doba životnosti
VRF	Zařízení s proměnným průtokem teplonosného média
VT	Vysoký tarif
VZT	Vzduchotechnické zařízení
Wp	Špičkový výkon ("Watt - peak")



## Seznam příloh

- [1] Příloha č. 1: Výsledek kalkulace výroby elektřiny z FVE o výkonu 50 kWp
- [2] Příloha č. 2: Výsledek kalkulace výroby elektřiny z FVE o výkonu 100 kWp
- [3] Příloha č. 3: Výsledek kalkulace výroby elektřiny z FVE o výkonu 255 kWp
- [4] Příloha č. 4: Výpočetní program ke zpracování EA