



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**Fakulta elektrotechnická**  
**Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Studie proveditelnosti energetických úspor pro vybraný objekt  
nebo technologii**

**Feasibility study of energy savings for selected object or technology**

**Energetické úspory a snížení uhlíkové stopy obchodního centra**

**Energy savings and carbon footprint reduction of a shopping centre**

Diplomová práce

Master thesis

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Management energetiky a elektrotechniky

Vedoucí práce: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA

**Stanislav Axman**  
**Praha 2022**



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Axman** Jméno: **Stanislav** Osobní číslo: **474534**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Specializace: **Management energetiky a elektrotechniky**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Studie proveditelnosti energetických úspor pro vybraný objekt nebo technologii**

Název diplomové práce anglicky:

**Feasibility study of energy savings for selected object or technology**

Pokyny pro vypracování:

- Analýza stávajícího stavu, sestavení energetické bilance.
- Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby a jejich případné hodnocení ve smyslu platné legislativy či programů podpor.
- Sestavení optimálních variant řešení a sestavení ekonomického modelu.
- Vyhodnocení variant, shrnutí a vyhodnocení výsledků, formulace závěrů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Zákon č. 406/2000 Sb.
- [2] Vyhláška č. 140/2021 Sb.
- [3] Vyhláška č. 141/2021 Sb.
- [4] Kancelář Paktu starostů a primátorů a Společným výzkumným střediskem Evropské komise (Květen 2014) Pokyny pro podávání zpráv k Akčnímu plánu pro udržitelnou energii a Monitorování. Verze 1.0
- [5] Ing. Lenka Wimmerová, MSc., Ph.D., Mgr. Lubomír Bartoš, RNDr. Viktor Třebický, Ph.D. (2021) Metodika výpočtu uhlíkové stopy městských částí hlavního města Prahy.
- [6] Klimatický plán hl. města Prahy Doporučení poradního orgánu Rady hl. m. Prahy – Komise pro udržitelnou energii a klima, jak snížit emise CO<sub>2</sub> do roku 2030 o 45 % (Prosinec 2020).
- [7] ENVIROS, s. r. o., kol. autorů. (červenec 2020) Akční plán udržitelné energetiky a klimatu (2030) – Hlavní město Praha. – Návrhové znění k připomínkám. Závěrečná zpráva

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL**

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

Datum zadání diplomové práce: **14.02.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **15.08.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **19.02.2024**

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

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



## Prohlášení

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

V Praze dne

.....  
Stanislav Axman

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D., MBA za vedení diplomové práce, odborný dohled a cenné rady a konzultace při psaní této práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Tomáši Voříškovi ze společnosti SEVEN za umožnění spolupráce a pomoci při hledání vhodného projektu. Rád bych také poděkoval Ing. Petru Šrutkovi, též ze společnosti SEVEN, za rady při technickém návrhu systémů.

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem opatření energetických úspor a snížení uhlíkové stopy obchodního centra. V první části je popsána uhlíková stopa, její složení a hlavní přispěvatelé. Dále je v práci popsán technický stav vybraného obchodního centra, jeho energetické vstupy a hlavní spotřebiče elektrické a tepelné energie. Pro tento objekt jsou následně navržena energeticky úsporná opatření, ze kterých jsou následně vytvořeny vhodné varianty. Tyto varianty jsou podrobeny ekonomické analýze a analýze uhlíkové stopy. V závěrečné části práce jsou provedeny citlivostní analýzy vybraných variant na zvolené vstupní parametry.

## Klíčová slova

Energetické úspory, uhlíková stopa, fotovoltaická elektrárna

## Abstract

The aim of this diploma thesis is the design of energy saving measures of a shopping centre which also reduce its carbon footprint. The first part consists of the description of a carbon footprint, its composition and main contributors. Next part of this thesis describes the technical state of chosen shopping centre, its energy inputs and main electrical and heat energy consumers. Energy saving measures are presented and made into variants which are then evaluated from economic and environmental point of view. Those variants are subjected to sensitivity analysis on chosen input parameters at the end of the work.

## Key words

Energy savings, carbon footprint, solar power plant

# Obsah

1. Úvod .....	10
2. Uhlíková stopa.....	11
2.1. Uhlíková stopa dle sektorů.....	12
2.2. Uhlíková stopa dle zemí .....	13
2.3. Uhlíková stopa budov.....	15
2.4. Emisní faktory.....	15
2.5. Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB).....	18
2.6. Emisní povolenka .....	19
2.6.1. EU ETS.....	19
2.6.2. Vývoj ceny emisní povolenky .....	21
2.7. Uhlíkové offsety .....	24
2.8. Postoj VIA Outlets k udržitelnosti .....	25
3. Současný technický stav objektu .....	27
3.1. Energetické vstupy a výstupy .....	28
3.1.1. Elektrická energie.....	28
3.1.2. Tepelná energie.....	30
3.2. Zařízení pro dopravu vzduchu .....	33
3.2.1. Vzduchotechnické jednotky .....	33
3.2.2. Vzduchové clony .....	35
3.2.3. Politika otevřených dveří .....	35
3.2.4. Nedostatky stávajícího systému vzduchotechniky.....	37
3.3. Výpočet současné uhlíkové stopy obchodního centra .....	38
3.4. Energetická bilance budovy .....	39
3.5. Energetická bilance budovy před realizací projektu .....	41
4. Souhrn možných opatření .....	43
4.1. Instalace FVE .....	43
4.1.1. Standardní panely .....	45
4.1.2. Tenkovrstvé panely 800 kWp.....	45
4.1.3. Tenkovrstvé panely 1 000 kWp.....	47
4.1.4. Vyčíslení energetických úspor FVE .....	47
4.1.4.1. Současný stav .....	48
4.1.4.2. Sloučení odběrných míst .....	49
4.2. Obnova VZT jednotek.....	50
4.2.1. Maximalistická varianta .....	50
4.2.2. Minimalistická varianta .....	52
4.3. Obnova vzduchových clon.....	53
4.4. Alternativní zdroj tepla a chladu .....	55
4.4.1. TČ vzduch/voda + SZT .....	56
4.4.2. Připojení k ZEVO Malešice.....	58
4.5. Instalace VTE .....	59
4.5.1. Nové technologie VTE .....	63
4.5.1.1. O větrná turbína .....	63
4.5.1.2. Větrná turbína AeroMINE.....	64
4.5.1.3. Větrná turbína Halo .....	64

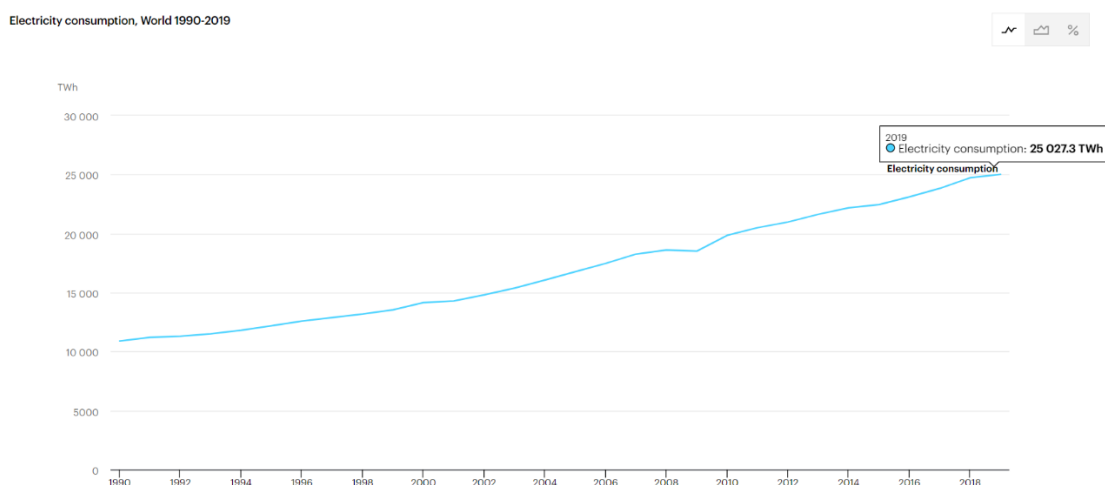


5. Určení ekonomických faktorů .....	66
5.1. Diskont .....	66
5.2. Inflace .....	68
5.3. Eskalace cen elektřiny a tepla .....	68
5.4. Dotační programy.....	70
6. Souhrn možných variant, jejich ekonomické zhodnocení a citlivostní analýzy.....	72
6.1. Ekonomické zhodnocení .....	73
6.2. Citlivostní analýzy .....	74
6.2.1. Citlivostní analýza NPV na ceně silové elektřiny v roce 2023 .....	75
6.2.2. Citlivostní analýza NPV na růstu cen EE po roce 2028 .....	76
6.2.3. Citlivostní analýza NPV na diskontu .....	77
6.2.4. Citlivostní analýza NPV na inflaci .....	78
6.2.5. Citlivostní analýza na růstu cen TE.....	79
6.3. Shrnutí a energetická bilance.....	79
7. Závěr.....	81
Seznam použité literatury .....	83
Seznam tabulek.....	90
Seznam grafů.....	91
Seznam obrázků .....	91
Seznam rovnic .....	92
Seznam příloh.....	92
Přílohy .....	92

# 1. Úvod

Celý svět čelí významné výzvě globálního oteplování, které se nyní nachází na úrovni 1,1 °C celosvětově zvýšené průměrné teploty od počátku průmyslové revoluce, přičemž k nenávratným environmentálním změnám dojde při průměrném oteplení planety nad 1,5 °C. Hlavní příčinou tohoto děje jsou skleníkové plyny, které jsou produkovány při většině průmyslových činností člověka a hromaděny v atmosféře. Za účelem omezení produkce skleníkových plynů vznikla celá řada mechanismů, jež mají zaručit kontrolu nad celkovým množstvím vypuštěných skleníkových plynů do atmosféry. V Evropské unii je využíván systém obchodování s emisemi EU ETS (EU Emissions Trading System) založený v roce 2008. Účastníci trhu obchodují emisní povolenky EUA (European Union Allowance), jež představují právo vypustit do ovzduší 1 tunu CO<sub>2e</sub>.

Cena emisní povolenky v systému EU ETS měla v roce 2021 výrazný vliv na zvýšení cen energií a v blízké budoucnosti se neočekává návrat k cenám z konce roku 2020. A neroste jen cena elektřiny a plynu, roste i spotřeba. Na grafu 1 je znázorněn celosvětový vývoj spotřeby elektřiny do roku 2019, ve kterém celosvětová spotřeba elektřiny překročila 25 000 TWh. Spotřeba České republiky se v tomto roce pohybovala okolo 70 TWh [1]. Roky 2020 a 2021 v grafu znázorněny nejsou, protože pandemie COVID-19 se velmi výrazně promítla do spotřeb energií a data z těchto let tak mají mnohem menší vypovídající hodnotu.



Graf 1 Vývoj světové spotřeby elektřiny [1]

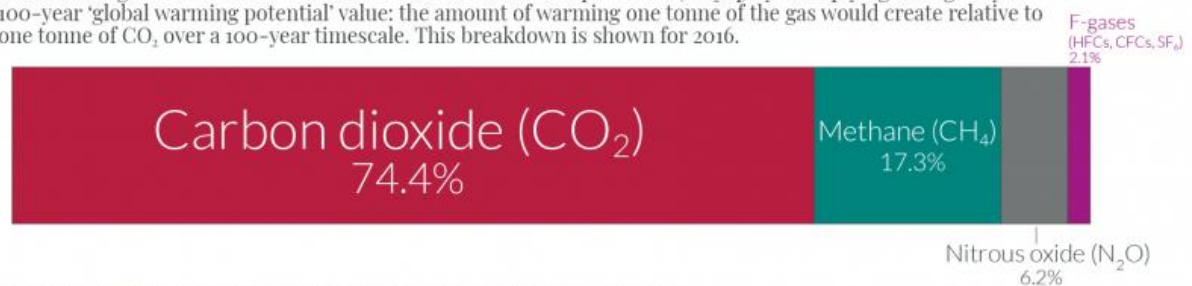
Tyto turbulentní vývoje v posledních 2 letech na energetických trzích podporují mimo jiné snahy lépe hospodařit s energiemi, podporovat decentralizaci a investice do obnovitelných zdrojů energie, snižovat energetickou náročnost, a naopak zvyšovat energetickou účinnost. Nejen tyto body splňují současné zelené projekty po celé republice, které jsou výrazně podporovány Evropskou unií. Mezi takové projekty se řadí například i energetické investice ve Fashion Areně Prague Outlet v Praze Štěrboholech.

## 2. Uhlíková stopa

Uhlíková stopa je celkové množství skleníkových plynů, které jsou vygenerovány sledovaným objektem. Jinými slovy je uhlíková stopa měřítkem dopadu lidské činnosti na životní prostředí. Sledovaným médiem jsou skleníkové plyny, což jsou takové plyny, které nejvíce přispívají ke skleníkovému jevu. Mezi hlavní skleníkové plyny se řadí například oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ) nebo vodní pára. Nejvíce (cca 75 %) potom přispívá oxid uhličitý [2]. Z toho důvodu se emise všech ostatních skleníkových plynů přepočítávají na  $\text{CO}_2$  ekvivalent.  $\text{CO}_2$  ekvivalent je potom takové množství  $\text{CO}_2$ , které by mělo ekvivalentní příspěvek ke skleníkovému jevu, jako sledované množství jiného plynu [3]. Pro přepočítání na  $\text{CO}_{2e}$  se využívá tzv. Global Warming Potential, neboli GWP. Jedná se o potenciál globálního ohřevu, který popisuje příspěvek daného plynu ke globálnímu oteplování během 100 let. Pro  $\text{CO}_2$  je GWP roven 1 a 1 t vypuštěného  $\text{CO}_2$  je tedy rovna 1 t  $\text{CO}_{2e}$ . 1 t metanu ( $\text{CH}_4$ ) odpovídá 28 t  $\text{CO}_{2e}$  a 1 t oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dokonce 265 t  $\text{CO}_{2e}$  [4]. Na následujícím obrázku je znázorněn příspěvek jednotlivých skleníkových plynů na skleníkovém efektu.

### Global greenhouse gas emissions by gas

Greenhouse gas emissions are converted to carbon dioxide-equivalents ( $\text{CO}_2\text{eq}$ ) by multiplying each gas by its 100-year 'global warming potential' value: the amount of warming one tonne of the gas would create relative to one tonne of  $\text{CO}_2$  over a 100-year timescale. This breakdown is shown for 2016.



OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.  
Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Graf 2 Nejvýznamnější skleníkové plyny [5]

Výhodou tohoto konceptu je, že ho lze snadno uplatnit v podstatě na jakoukoliv činnost, objekt, skupinu či jedince. Sledované subjekty a jejich uhlíkovou stopu lze následně porovnat a identifikovat tak její největší přispěvatele, kteří mají velký potenciál ke snížení svého dopadu na životní prostředí.

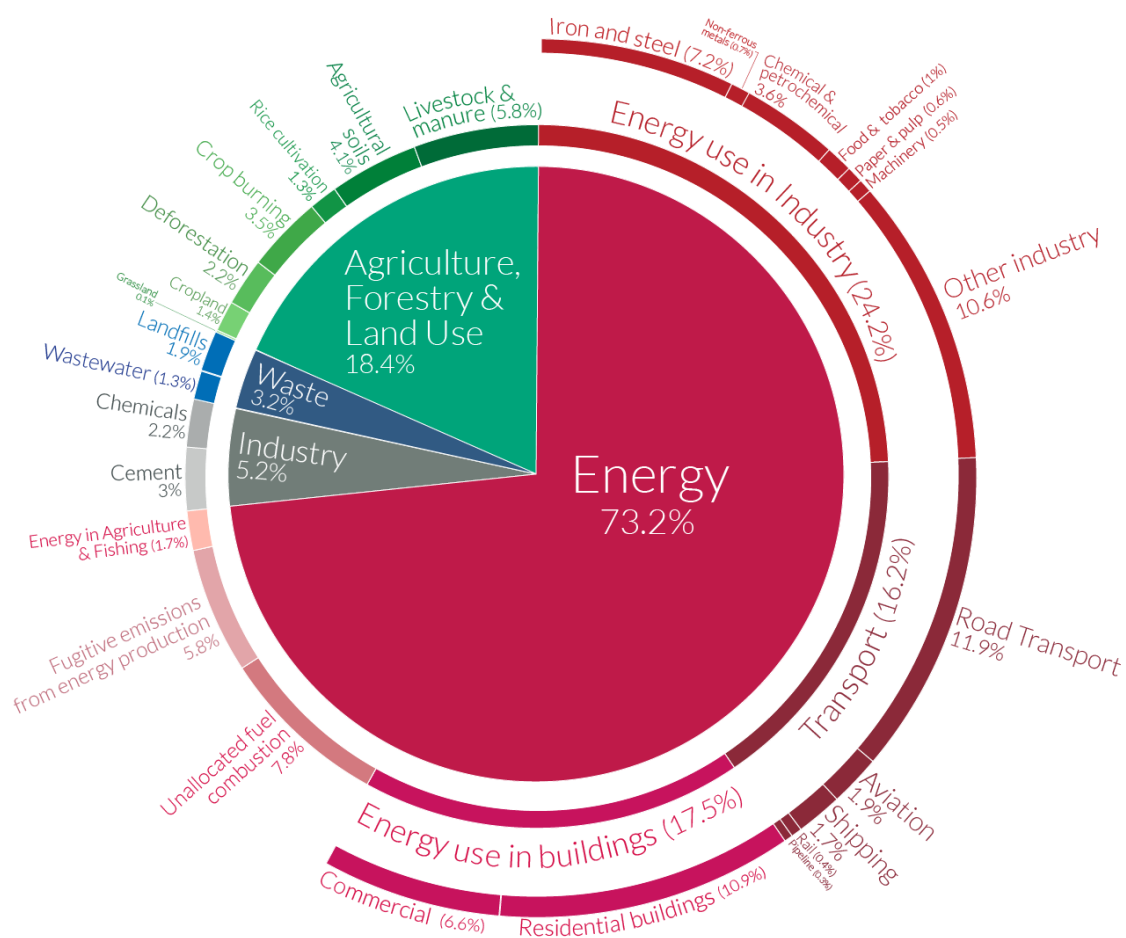
Uhlíkovou stopu lze rozdělit na přímou a nepřímou. Přímá stopa je množství emisí uvolněných bezprostředně při sledované činnosti, jako je například spalování pohonných hmot, vytápění či výroba elektřiny. Přímou uhlíkovou stopu lze snadno stanovit a kontrolovat. Naopak určení množství nepřímé uhlíkové stopy je obtížnější a k jejímu stanovení jsou nezbytné údaje z LCA (Life Cycle Assessment), neboli posuzování životního cyklu výrobků. Stanovení nepřímé stopy je reálné pouze pro menší subjekty, jako je například domácnost nebo podnik. Kalkulace nepřímé stopy větších subjektů, jako je například město nebo stát je nereálné [4]. Jako nepřímou uhlíkovou stopu lze klasifikovat například vypuštěné emise při výrobě produktů, které subjekt využívá, emise vzniklé při dopravě těchto produktů nebo například emise související s výstavbou budov a produkcí stavebních materiálů.

## 2.1. Uhlíková stopa dle sektorů

Pro hlubší porozumění produkce skleníkových plynů, a tedy i uhlíkové stopy, je vhodné rozdělení dle sektorů zobrazené na grafu 3. Téměř tři čtvrtiny celkové světové produkce uhlíkové stopy souvisí s tepelnou a elektrickou energií. Přes 24 % uhlíkové stopy generuje průmysl, ve kterém nejvíce přispívá hutní průmysl. 10 % přispívá ostatní průmysl, do kterého se řadí například textilní průmysl. 16 % generuje doprava, ze které je nejvýraznější ta automobilová. Z pohledu ekologie často kritizovaná letecká doprava generuje pouze necelá 2 % světové uhlíkové stopy. Pro tuto práci je nejdůležitější částí uhlíková stopa vytvářená budovami a jejich zařízeními, která tvoří 17,5 %. Zbylou část generace uhlíkové stopy související s energiemi tvoří emise vzniklé při lokální generaci energií a transportu, jako je například oxid uhličitý vznikající při provozu malých kogeneračních a bioplynových jednotek, úniky metanu při transportu a těžbě nebo pálení přebytečného zemního plynu a bioplynu na fléře.

Přes 18 % uhlíkové stopy vytváří zemědělství a lesnictví. Odlesňování nevytváří uhlíkovou stopu v pravém slova smyslu, ale odstraňuje stromy, které oxid uhličitý přeměňují na kyslík. Naopak sázení nových stromů je v rámci generace uhlíkové stopy považováno za opačný krok, kterým se uhlíková stopa snižuje. Značný vliv má také hnojení, které vypouští do ovzduší oxid dusný, který je také jedním z hlavních skleníkových plynů. Necelých 6 % produkují hospodářská zvířata, hlavně skot a ovce, která při trávení vytváří metan. Zbylých přibližně 8 % uhlíkové stopy vzniká při chemických procesech výroby cementu, hnojiv či plastů. Kompletní rozložení generace uhlíkové stopy do sektorů je znázorněné na následujícím vícestupňovém koláčovém grafu. Jeho vstupní data jsou z roku 2016, nicméně rozložení se do roku 2019 (nejnovější dostupná data) příliš nezměnilo a pro pochopení produkce uhlíkové stopy jsou tato data dostačující. Celková roční světová uhlíková stopa vzrostla z 47,5 Gt CO<sub>2e</sub> v roce 2016 na 49,75 Gt CO<sub>2e</sub> v roce 2019, tedy o 4,7 % [6] [7].

## Global greenhouse gas emissions by sector



OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

Graf 3 Produkce uhlíkové stopy dle sektorů [7]

## 2.2. Uhlíková stopa dle zemí

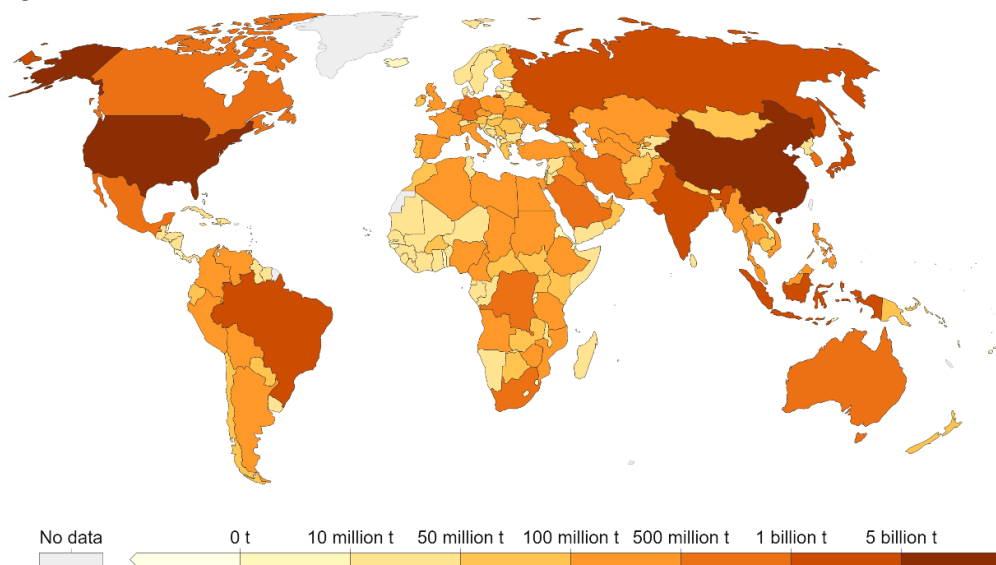
Největším světovým producentem skleníkových plynů je Čína, která produkuje přes 20 % celkových světových ročních emisí. Pro srovnání celá Evropská unie produkuje 3,33 Gt CO<sub>2e</sub> ročně, zatímco samotná Čína vypouští ročně přes 11,7 Gt CO<sub>2e</sub>. Druhým největším producentem je USA s polovičními emisemi oproti Číně. Přibližně stejné emise jako celá EU má potom třetí Indie [5]. Česká republika má pro porovnání roční emise skleníkových plynů přibližně 0,12 Gt. Všechny tyto údaje jsou z posledního dostupného roku 2018. Zároveň všechny hodnoty zahrnují pozitivní i negativní dopad využití území, jako je například odlesňování a zalesňování. Prvních 10 zemí, které v roce 2018 emitovaly nejvíce skleníkových plynů jsou uvedeny v následující tabulce. Pro porovnání jsou navíc uvedeny i emise celé EU. Na následující mapě jsou poté znázorněny tyto emise pro celý svět, kdy nejtmavší barva určuje roční emise vyšší než 5 Gt CO<sub>2e</sub>.

Země	Roční produkce skleníkových plynů [Gt CO <sub>2e</sub> ]
Čína	11,70
USA	5,79
Indie	3,33
Rusko	1,99
Indonésie	1,70
Brazílie	1,42
Japonsko	1,15
Írán	0,83
Německo	0,78
Kanada	0,76
EU	3,33

Tabulka 1 Největší producenti skleníkových plynů v roce 2018 [5]

### Total greenhouse gas emissions, 2018

Emissions are measured in carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq). This means non-CO<sub>2</sub> gases are weighted by the amount of warming they cause over a 100-year timescale. Emissions from land use change – which can be positive or negative – are taken into account.



Source: CAIT Climate Data Explorer via Climate Watch

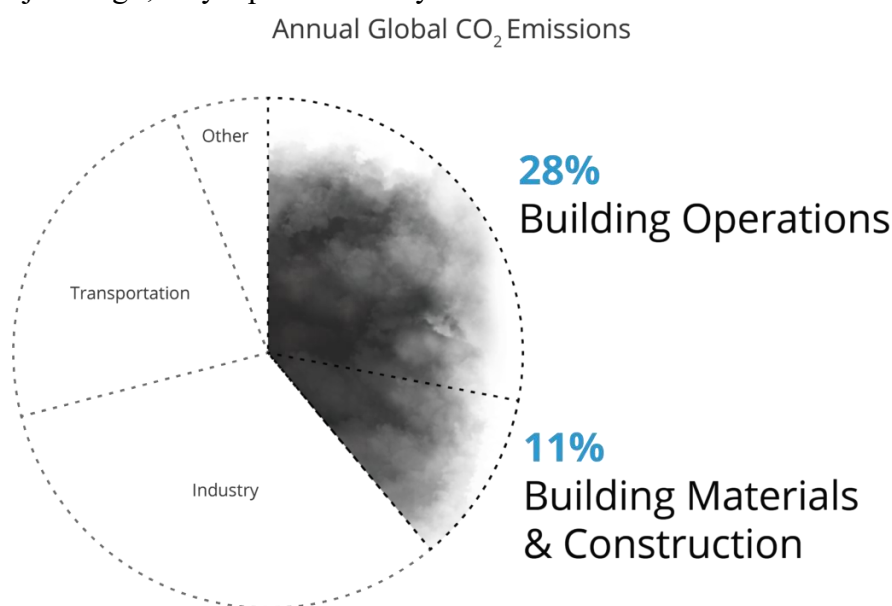
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Note: Greenhouse gases are weighted by their global warming potential value (GWP100). GWP100 measures the relative warming impact of one molecule of a greenhouse gas, relative to carbon dioxide, over 100 years.

Obrázek 1 Mapa emitentů skleníkových plynů [5]

## 2.3. Uhlíková stopa budov

Pro účely této práce je důležitá uhlíková stopa budov. Jak je znázorněno na grafu 2, tak 18 % celkové světové produkce skleníkových plynů tvoří pouze spotřeba energií v budovách. Jedná se tedy o tepelnou energii (vytápění a chlazení) a elektrickou energii (osvětlení a ostatní technologie). Poměrná část emisí pouze CO<sub>2</sub> je ještě větší, provoz budov produkuje 28 % a materiály a jejich stavba produkují dalších 11 %. Složení celkových ročních světových emisí pouze oxidu uhličitého je znázorněno na grafu 2. Snižování uhlíkové stopy budov má tedy smysl a pro pokles uhlíkové stopy mají budovy velký potenciál. Pro co nejvyšší dekarbonizaci provozu budovy je nutné zvýšení energetické účinnosti na maximum a využívání obnovitelných bezemisních zdrojů energií, tedy tepla a elektřiny.



© Architecture 2030. All Rights Reserved.  
Data Sources: Global ABC Global Status Report 2018, EIA

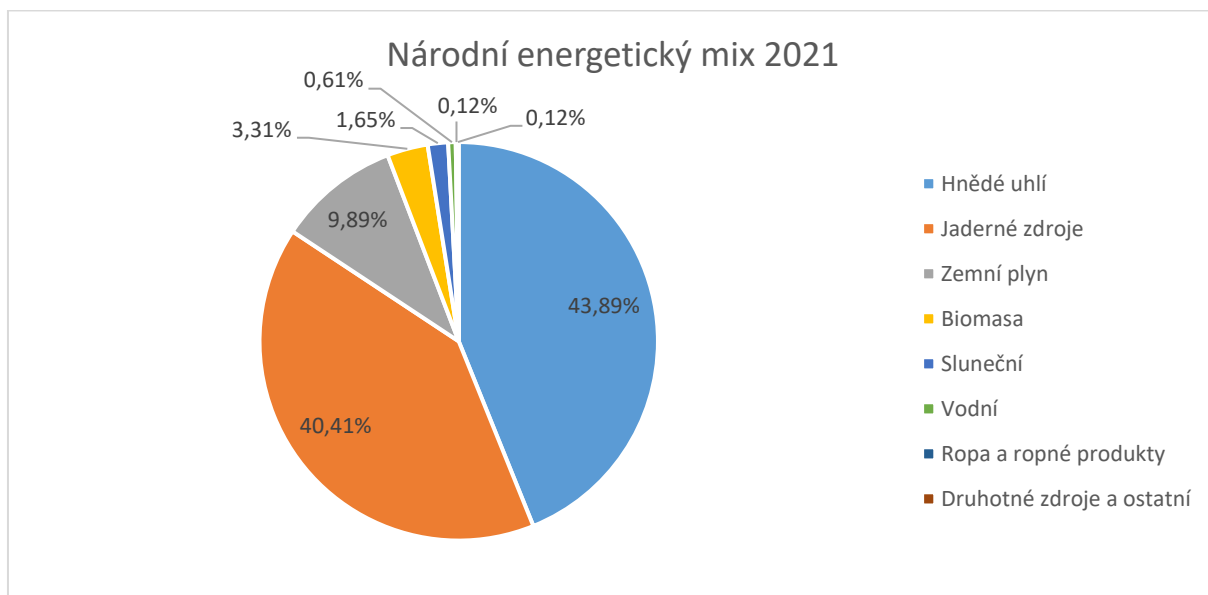
Graf 4 Zdroje globálních emisí CO<sub>2</sub> [8]

## 2.4. Emisní faktory

Pro výpočet marginálního dopadu jednotlivých činností jako je například výroba 1 MWh elektřiny, tepla nebo zastavění 1 hektaru lesa se využívají tzv. emisní faktory. Nejdůležitější faktor je pro výrobu elektřiny, který závisí na národním energetickém mixu, který každoročně zveřejňuje OTE. Národní energetický mix ČR pro rok 2021 je znázorněn na grafu 6 a udává, že přes 50 % elektrické energie je v ČR vyrobeno z fosilních zdrojů, konkrétně z hnědého uhlí a zemního plynu. Přes 40 % elektřiny potom vyrábí jaderné elektrárny Temelín a Dukovany. Tyto 3 zdroje mají tedy největší vliv na výsledný emisní faktor výroby elektřiny, který byl v metodice výpočtu uhlíkové stopy městských částí a hlavního města Prahy určen jako 0,535 t CO<sub>2e</sub>/MWh [4].

Emisní faktor výroby elektřiny je udáváný pro celou ČR z důvodu charakteru elektřiny jako energetického média. Existuje výjimka v podobě certifikované zelené elektřiny, která má emisní faktor 0 t CO<sub>2e</sub>/MWh. Jedná se o takovou elektrickou energii, která byla vyrobena pouze

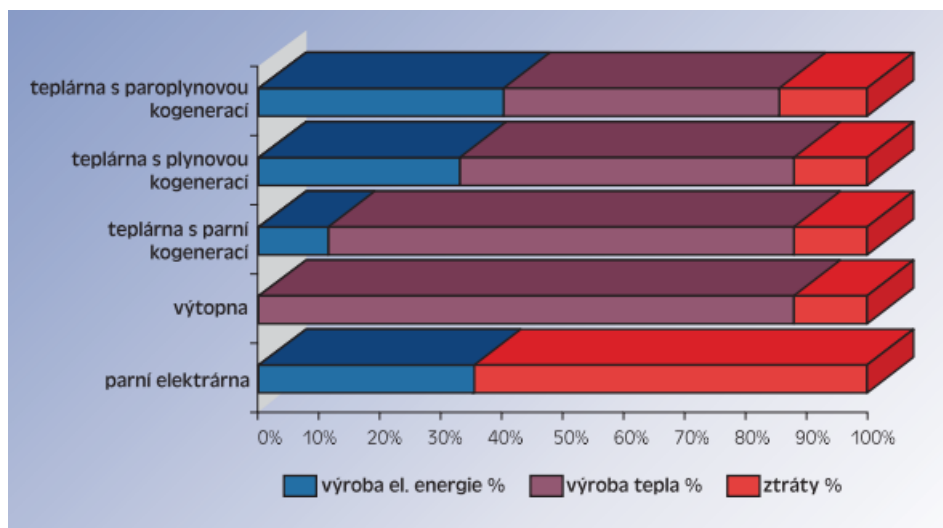
z obnovitelných zdrojů. Prověření výrobci zelené elektřiny mohou prodávat zelené certifikáty obchodníkům, kteří pak tento produkt nabízí jako bezemisní elektřinu za mírně vyšší cenu. Odběratel pak přispívá k redukci uhlíkové stopy, podporuje obnovitelné zdroje a nakoupené certifikáty může například používat pro svůj marketing. Zelené certifikáty vydává Operátor trhu s elektřinou, který zároveň na celý systém obchodování s certifikáty dohlíží. Pro výrobu tzv. „zelené elektřiny“ může být využito sluneční, vodní nebo například energie z lokální biomasy.



Graf 5 Národní energetický mix 2021 [9]

Na rozdíl od elektřiny neexistuje emisní faktor pro výrobu tepla pro celou ČR, protože tepelná energie má jiný charakter a rozvodnou síť než elektrická energie. Pro účely této práce je vzhledem k lokaci vybraného objektu a jeho smluv s Pražskou teplárenskou důležitý emisní faktor soustavy centrálního zásobování teplem v Praze. Primárním výrobcem a dodavatelem tepla do Pražské teplárenské soustavy je teplárna Mělník I. (EMĚ I), kterou ze 100 % vlastní ČEZ, a.s. Jedná se o hnědouhelnou teplárnu o výkonu 240 MW, která mimo Prahu zásobuje teplem i město Neratovice, které leží na trase právě mezi Mělníkem a Prahou. Dle ČHMÚ je emisní faktor při výrobě tepla z hnědého uhlí 0,486 t CO<sub>2e</sub>/MWh. Velké teplárny, jakou je i EMĚ I., z dodaného paliva vyrábí cca 80-85 % tepelné energie, čemuž odpovídá výsledný emisní faktor pro výrobu tepla v systému CZT pro Prahu přibližně 0,4 t CO<sub>2e</sub>/MWh [10]. Tuto hodnotu lze potvrdit jednoduchým výpočtem s využitím údajů výroční zprávy společnosti Energotrans a.s., která provozuje Elektrárnu Mělník I. Společnost Energotrans je dceřinou společností Skupiny ČEZ. Dle její výroční zprávy z roku 2020 bylo v EMĚ I vyrobeno 8 193 723 GJ tepelné energie [11]. Dle ČHMÚ [12] je emisní faktor hnědého uhlí, které je spalováno v EMĚ I, 97,8 CO<sub>2e</sub>/TJ. Pro výhřevnost hnědého uhlí 11,7 GJ/t [13] a spotřebu EMĚ I 798 496 t byly celkové emise CO<sub>2e</sub> EMĚ I 913 479 t. Emisní faktor tepelné energie z EMĚ I je tedy 0,11 t CO<sub>2e</sub>/GJ, tedy přibližně výše zmiňovaných 0,4 t CO<sub>2e</sub>/MWh.





Graf 6 Kogenerační rozdělení přivedeného tepla [10]

Činnost	Emisní faktor	Jednotka
Výroba elektřiny ČR	0,535	t CO <sub>2e</sub> /MWh
Výroba tepla CZT Praha	0,4	t CO <sub>2e</sub> /MWh
Spalování biomasy (místní)	0	t CO <sub>2e</sub> /MWh
Výroba elektřiny z FVE	0	t CO <sub>2e</sub> /MWh
Doprava	0,182	t CO <sub>2e</sub> /1000 oskm
Zastavění lesa	440	t CO <sub>2e</sub> /ha
Přeměna zastavěných ploch na les	-8,8	t CO <sub>2e</sub> /ha

Tabulka 2 Emisní faktory [4] [10]

V tabulce 2 jsou uvedeny vybrané emisní faktory, mezi které byly pro zajímavost zahrnuty i faktory dopravy, které mají neobvyklou jednotku, a faktory přeměny a zastavění lesa, které mohou mít zápornou hodnotu. Emisní faktor dopravy, v tomto případě osobní dopravy, se měří v t CO<sub>2e</sub> vztažených na tisíc „osobokilometrů“. Jeden osobokilometr představuje přepravu jedné osoby na vzdálenost jednoho kilometru. Hodnoty faktorů zveřejňuje britské Ministerstvo životního prostředí, výživy a vědeckých záležitostí. Pro rok 2021 udává pro osobní dopravu hodnotu 0,182 t CO<sub>2e</sub>/1000 oskm, což znamená, že při přepravě jedné osoby na vzdálenost 1000 km osobním automobilem je průměrně vypuštěno 0,182 t CO<sub>2e</sub>. Pro veřejnou autobusovou dopravu je pro porovnání tato hodnota přibližně 7 krát nižší. Hodnoty faktorů pro využití území v ČR zveřejňuje Ministerstvo životního prostředí, které uvádí, že při zastavění jednoho hektaru lesa je vyprodukovaná uhlíková stopa o velikosti 440 t CO<sub>2e</sub>. Zastavění jednoho hektaru lesa tedy vyprodukuje stejně velkou uhlíkovou stopu jako výroba přes 1 100 MWh elektřiny v ČR v současných podmínkách. Naopak při teoretické přeměně zastavěných ploch a nádvoří na les se uhlíková stopa sníží o 8,8 t CO<sub>2e</sub> [4].

## 2.5. Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Výpočet uhlíkové stopy budovy není v ČR v současné době přímo vyžadován zákonem, ale faktory, které ovlivňují uhlíkovou stopu se velmi výrazně podílejí na výsledném Průkazu energetické náročnosti budovy (PENB). PENB je upraven zákonem 406/2000 Sb. a jeho platnost je 10 let nebo do doby větší změny budovy. Vystavení průkazu je povinné pro novostavby, při větších změnách na dokončené budově a při prodeji a pronájmu budovy. PENB znázorňuje veškeré energie spotřebované při standardním provozu budovy. Jedná se tedy o energii na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vzduchu větráním a klimatizací a energii na osvětlení. Dle spotřeb energií a hodnot ukazatelů je budova zařazena do kategorie A–G, kde A je nejlepší a G nejhorší. Třídy A–G stanovují, kolik energie z neobnovitelných zdrojů je pro provoz budovy potřeba zajistit. Vzorový Průkaz energetické náročnosti budovy je znázorněn na obrázku 2.



Obrázek 2 Vzorový PENB [14], upraveno

## 2.6. Emisní povolenka

Významným nástrojem pro kompenzaci uhlíkové stopy a její snižování je emisní povolenka. Emisní povolenka, zkráceně EUA (European Union emission allowance), je povolení k vypuštění 1 t CO<sub>2e</sub> do ovzduší. CO<sub>2e</sub> je jednotka, která slouží k porovnání emisí různých skleníkových plynů. Jako referenční plyn se využívá právě oxid uhličitý, který má tzv. koeficient GWP rovný 1. Tento koeficient, česky potenciál globálního oteplování, popisuje, kolik tepla v atmosféře zachytí skleníkový plyn v daném časovém horizontu. CO<sub>2e</sub> je následně pro každý skleníkový vypočtený z jeho GWP. Zjednodušeně řečeno je CO<sub>2e</sub> takové množství oxidu uhličitého, které by ohřálo planetu stejně jako dané množství zkoumaného plynu [15].

Dle zákona 383/2012 Sb., který upravuje obchodování s povolenkami v rámci systému EU ETS pro českou legislativu, mezi nejvýznamnější skleníkové plyny patří oxid uhličitý, metan, oxid dusný a perfluorované deriváty uhlovodíků [16]. Tyto plyny jsou jmenovitě uvedeny i na stránkách Evropské komise jako plyny, jejichž emise jdou spolehlivě změřit a ověřit s vysokou přesností. Při vypuštění většího množství, než k jakému daný subjekt opravňuje odevzdané povolenky, obdrží pokutu 100 EUR za tunu emisí a potřebné povolenky si subjekt musí dokoupit a odevzdat. Emise těchto plynů jsou měřeny hlavně při generaci elektřiny a tepla, v těžkém průmyslu a v komerční letecké dopravě. Mezi největší producenty emisí v těžkém průmyslu se řadí ropné rafinerie, celý hutní průmysl nebo výroba cementu a papíru. Účast v systému EU ETS je pak povinná pro všechny společnosti podnikající v těchto sektorech. Výjimkou je například výroba elektřiny a tepla, kde je účast podmíněná velikostí instalace [17].

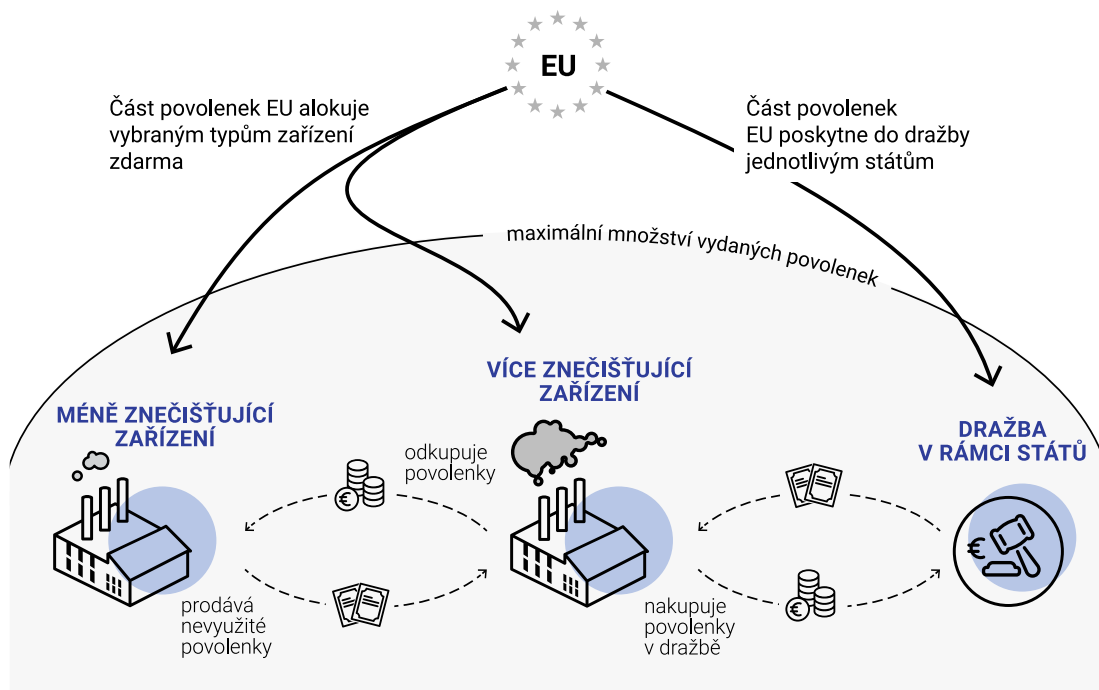
### 2.6.1. EU ETS

Jak již bylo zmíněno výše, v Evropské unii jsou emisní povolenky obchodovány v systému EU ETS. EU ETS bývá často označováno jako cap and trade, protože je v tomto systému kombinovaný strop celkových emisí (počtu povolenek) s volným obchodováním mezi jednotlivými subjekty. Princip systému je znázorněn na následujícím obrázku. EU každoročně emituje část povolenek vybraným typům zařízení zdarma a část poskytne členským státům do dražby. Povolenky zdarma mohou obdržet takové odvětví hospodářství, ve kterých by jinak bylo levnější přesunout výrobu do zemí, kde nejsou emise skleníkových plynů zpoplatňovány, a výrobky do EU dovážet. Tento problém by měl vyřešit mechanismus uhlíkového vyrovnání na hranicích (CBAM – carbon border adjustment mechanism), který je jedním z hlavních bodů legislativního balíčku Fit for 55 [18]. Navrhované změny v systému EU ETS tímto legislativním balíčkem jsou popsány níže. Česká republika si jako jeden z mála států vyjednal bezplatnou alokaci zařízení na výrobu elektrické energie až do roku 2019, za účelem modernizace energetických zařízení pro výrobu elektřiny. Ostatní země nedostávaly bezplatné povolenky na výrobu elektřiny už od roku 2013 [19].

## JAK FUNGUJE POVOLENKOVÝ SYSTÉM EU

Kdo více znečišťuje, ten více platí.

 peníze  povolenky



Obrázek 3 Princip systému obchodování s emisními povolenkami EU ETS [19]

Druhá část emisních povolenek je Evropskou unií přidělena jednotlivým státům, které je poté umísťují do aukcí. Subjekt, který pro svou činnost nemá dostatečné množství povolenek, může potřebné povolenky nakoupit právě v těchto státních aukcích nebo na volném trhu. Tam nabízejí přebytečné povolenky naopak subjekty, které jich mají přebytek a nechtějí na jejich cenu spekulovat. Celkový objem povolenek, které se každoročně dostávají do oběhu, je pak omezený EU (tzv. cap). Tento strop se meziročně lineárně snižuje (2,2 % před Fit for 55 [20]) za účelem snížení emisí skleníkových plynů a dosažení stále se posouvajících evropských klimatických cílů. Alespoň danou část výnosů z aukčního prodeje povolenek (50 % před Fit for 55 [21]) musí ČR reinvestovat na klimatické a energetické účely. V letech 2013 – 2019 bylo přes všechny členské státy EU z výnosů z aukcí emisních povolenek využito 78 % na klimatické a energetické účely [21].

Povolení volného obchodování s povolenkami zajišťuje, že k investicím do nových zařízení a ke snižování emisí bude docházet nejdříve v takových výrobnách, kde je investice nejnižší. Díky tomu zaručuje EU ETS nákladově efektivní dosažení evropských klimatických cílů. Získané finance ze systému jsou využívány k nápravě a budoucímu zamezení škod způsobených emisemi skleníkových plynů na základě principu „polluter pays“ publikovaném na konferenci v Riu v roce 1992. Ten je založený na tom, že znečišťovatel platí za škody životnímu prostředí, které způsobil. V tomto případě platba probíhá pomocí nákupu emisních povolenek, z jehož je financována náprava. Jedná se tedy o tzv. internalizaci externalit, kde externalitou je produkce emisí a znečišťování životního prostředí. V první fázi, 2005–2007, se systém testoval a shromažďovala se data o emisích jednotlivých zařízení. Systém byl povinný pouze pro zařízení na výrobu energie a energeticky náročný průmysl. V dalších fázích se

postupně zvyšoval cíl na snížení emisí proti baseline hodnotě v roce 2005 a přidávala se další odvětví. Průběh fází je popsán v následující tabulce.

Fáze	Rozpětí let	Cíl snížení emisí oproti roku 2005	Sektory
1	2005-2007	Baseline	Výroba energie, těžký průmysl
2	2008-2012	8 %	Letectví
3	2013-2020	21 %	Výroba hliníku, CCS
4	2021-2030	43 %	Námořní doprava, silniční doprava, budovy

Tabulka 3 Fáze EU ETS [19] [22]

Fit for 55 je návrh legislativního balíčku, který mimo jiné zahrnuje revizi 4. obchodovacího období EU ETS Evropskou komisí. Hlavním cílem balíčku je snížení emisí skleníkových plynů alespoň o 55 % oproti hodnotám z roku 1990, což odpovídá snížení o 43 % oproti emisím z roku 2005 [20]. Tomu má napomoci například zahrnutí námořní a silniční dopravy a budov do systému ETS, rozšíření povolenek v letecké dopravě a rychlejší snižování povolenek v oběhu. Pro rozšíření do těchto 2 odvětví navrhuje EK spuštění samostatných trhů v rámci EU ETS, které by se postupem času do ETS začlenily přímo. V současné době se emisní systém vztahuje na přibližně 30 % emisí z vytápění budov (CZT, elektřina) a v tomto odvětví je tedy vysoký potenciál pro snižování emisí [23]. Zároveň z původních 50 % výnosů z aukcí povolenek, které musí být v současnosti využity na klimatické a energetické účely, nově komise navrhuje využití 100 % výnosů.

Dále je představen zmiňovaný systém CBAM, který by zajistil dodatečné zpoplatnění produktů, jejichž výrobě produkuje větší množství emisí. Jednalo by se například o ocel a cement. Tento mechanismus by měl zabránit odsouvání výroby produktů náročných na emise skleníkových plynů mimo EU, kde by výroba nebyla zatížena povolenkami. Návrh současně podporuje tvorbu Sociálně klimatického fondu, který míří na podporu skupin obyvatel, které by v důsledku těchto změn potřebovaly finanční podporu.

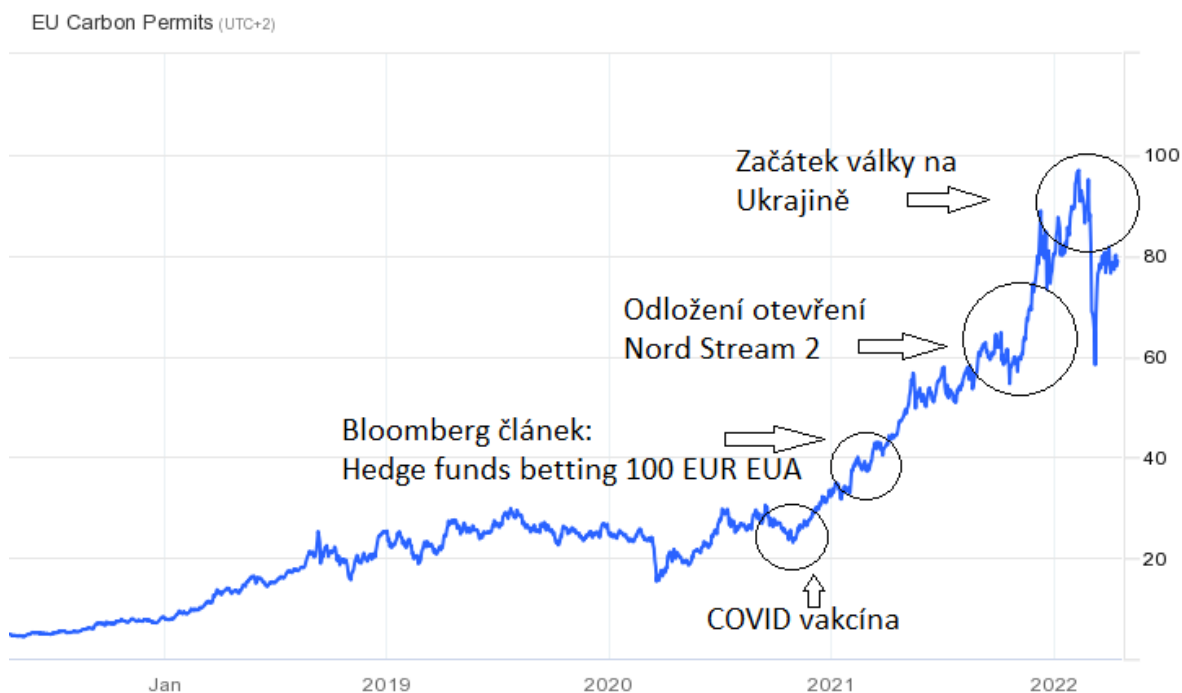
## 2.6.2. Vývoj ceny emisní povolenky

Jak již bylo vysvětleno výše, tak kromě bezplatného přidělení lze emisní povolenku nakoupit v aukci nebo na burze. Na burze se potom obchodují současné a budoucí kontrakty. Současné kontrakty se obchodují na tzv. spotovém trhu a jedná se o přímý nákup v den realizace. Budoucí kontrakty, tzv. futures, jsou závazné dohody o povinném nákupu určitého množství povolenek za určitou dobu. Na burzách se nejčastěji obchodují měsíční, čtvrtletní a roční futures. Tyto hodnoty lze využít k jednoduchému odhadu budoucí ceny povolenky pomocí trhu. Posledním obchodovaným produktem jsou opce. Jedná se také o budoucí kontrakty, ale na rozdíl od obyčejných futures kontraktů dávají kupující straně právo nakoupit nebo prodat smlouvené množství povolenek, které ovšem nemusí být využito. Obchodovány jsou

evropské opce a nakupující tedy může právo uplatnit, na rozdíl od americké opce, pouze ve smluvenou dobu a ne kdykoliv v průběhu [24].

Cena emisní povolenky je hlavním parametrem celého systému, který určuje jeho efektivitu. Při příliš nízké ceně systém není efektivní, protože znečišťovatelé nejsou motivováni ke snížení produkovaných emisí. Příliš vysoká cena zase výrazně ovlivňuje ceny produktů, při jejichž výrobě jsou emise produkovány. V roce 2021 tomu tak bylo například u tolik diskutované ceny elektřiny, kde ovšem cena povolenky byl pouze jeden z faktorů, který vedl k prudkému zvýšení cen. Cena povolenky je primárně zvyšovaná každoročním nižším počtem, který EU emituje. Oboustrannou regulaci poté zajišťuje tzv. Market stability reserve (rezerva tržní stability) neboli MSR. Jedná se o automatickou regulaci počtu povolenek na trhu při překročení dolní nebo horní hranice. Při překročení hranice 833 milionů povolenek na trhu dojde ke stažení 100 milionů kusů a při poklesu pod 400 milionů bude naopak 100 milionů do systému přidáno [25].

Vývoj ceny emisní povolenky byl v posledním roce velmi dramatický. Před koncem roku 2021 odstartovala prudký růst cen nově vytvořená vakcína proti COVID-19, díky které se mohl pomalu spouštět průmysl, který svou aktivitou produkuje emise a cena povolenky tak vzrostla. Nedlouho poté začaly nakupovat povolenky různé investiční fondy, protože i díky článku agentury Bloomberg věřily, že cena povolenky se během relativně blízké doby vyšplhá až na hranici 100 EUR. V listopadu 2021 pak následoval ještě jeden prudký vzestup ceny, když Německo odložilo certifikaci plynovodu Nord Stream 2, díky kterému by do Evropy proudilo více zemního plynu. Nejistotu, jak se bude trh dále vyvíjet poté odstartoval začátek války na Ukrajině, který vyvolal prudký pokles ceny v únoru 2022, kdy cena prudce spadla z přibližně 100 EUR až na 60 EUR. Během dalších týdnů se ovšem cena stabilizovala na současných cca 80 EUR.

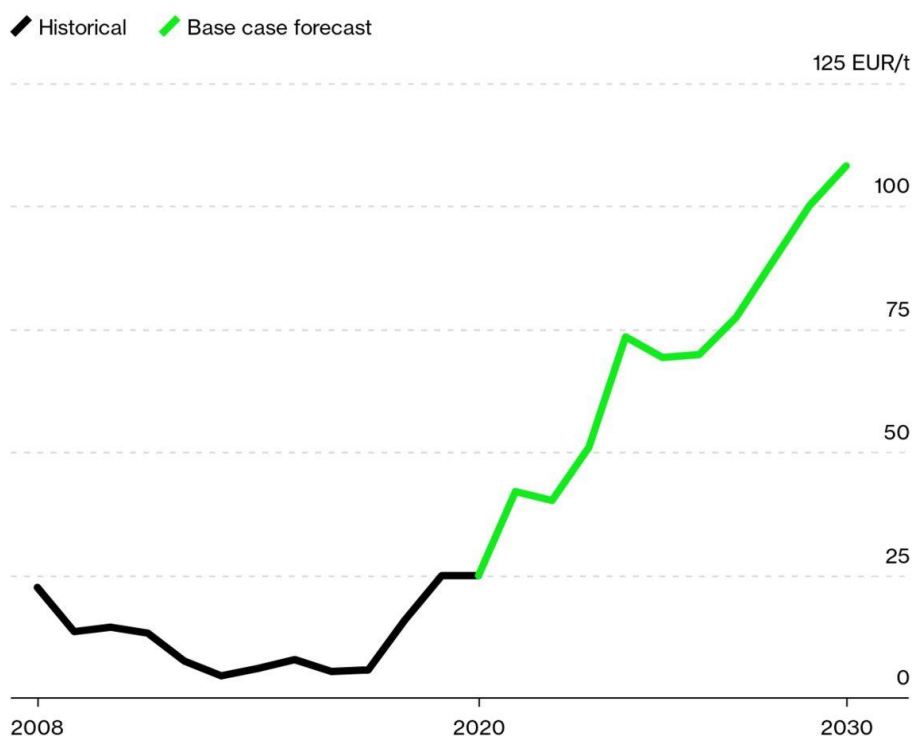


Graf 7 Vývoj ceny EUA za posledních 5 let [26], upraveno [27]

Odhadovat budoucí cenu je velmi složité a odborníci se ve svých odhadech často liší o desítky procent. Na čím delší období se cena odhaduje tak tím větší nepřesností je odhad zatížen. Všichni se ale shodují, že cena bude nejméně do roku 2030 růst. Například agentura Bloomberg NEF odhaduje, že se cena emisní povolenky v roce 2030 bude pohybovat okolo hranice 110 EUR. Vypuknutí války na Ukrajině dramaticky zhoršilo vztahy států EU a Ruska, které Evropu v roce 2019 zásobovalo přes 40 % celkového objemu dováženého zemního plynu [28]. Vysoké ceny a nejisté dodávky zemního plynu do evropských zemí výrazně ovlivňují ekonomickou efektivitu plynových elektráren. Právě ceny zemního plynu způsobují opětovné využívání uhelných elektráren, které produkují přibližně dvakrát takové emise jako plynové elektrárny [29]. Cena plynu má tak na cenu emisní povolenky také výrazný vliv. Prognóza vývoje cen emisní povolenky do roku 2030 agentury Bloomberg NEF je znázorněna na následujícím grafu. Odhad byl proveden v roce 2020 a cena povolenky pro rok 2022 byla odhadnuta na přibližně 50 EUR, kdežto reálná cena se v tomto období pohybovala v rozmezí od 80 do 100 EUR. To jen dokazuje, že jakékoliv odhady vývoje ceny do roku 2030 jsou zatíženy velmi vysokou chybou.

### Now We're Here (or Will Be)

Historical European Union Carbon Emission Allowance price and BloombergNEF price forecast



Graf 8 Predikce ceny EUA do roku 2030 [30]

Celkově má systém EU ETS své výhody i nevýhody. Hlavní výhodou je, že mechanismus je tržní a emisních cílů tak lze dosáhnout co nejefektivněji. Producenti emisí se

mohou podle ceny povolenky rozhodnout, jestli dále produkovat emise a platit povolenky, nebo raději investovat do nového zařízení, které bude produkovat méně emisí a ušetřit tak na povolenkách. Nové navrhovaný Sociálně klimatický fond by také měl pomoci těm, kterým zavedení ETS do nových sektorů způsobí finanční potíže. Společně s cap mechanismem tak lze dosáhnout stanovených klimatických cílů s co nejnižšími náklady. Výnosy z dražeb povolenek jsou investovány do inovací zařízení produkujících emise a systém tak dalším způsobem podporuje energetiku, průmysl a ochranu životního prostředí. Systém také lze propojit s ostatními systémy ETS a tím dosáhnout vyrovnání cen povolenky se zeměmi, které nejsou jeho součástí. Propojení dobře funguje například se Švýcarskem a plánované je i propojení s Velkou Británií [19].

Mezi nevýhody se pak řadí například velmi těžko předvídatelná cena povolenky, která je ovlivňována velkým množstvím faktorů. To zabraňuje například efektivnímu plánování budoucího využití elektráren a průmyslu. Velmi diskutovaným faktem je také to, že EU ETS neobsahuje všechny sektory, které produkují skleníkové plyny nebo zahrnutí instalací od určitých výkonů. To způsobuje například nerovnováhu v cenách tepla, kdy velké teplárny musí platit emisní povolenky a domácí plynové kotelny nemusí. Zahrnutí dalších sektorů a problém teplárenství už je ovšem v řešení [19].

## 2.7. Uhlíkové offsety

Jinou variantou kompenzace uhlíkové stopy jsou tzv. uhlíkové offsety (kompenzace). Jde o snížení emisí skleníkových plynů za účelem kompenzace emisí, které byly vyprodukovány v jiném místě. Všechny emise skleníkových plynů se smíchají v atmosféře a z globálního hlediska není důležité, kde jsou vypouštěny a kde redukovány. Z klimatického hlediska má stejný vliv ukončení produkce emisí a provozování takové aktivity, která redukuje emise skleníkových plynů o stejné množství. Stejně jako u emisní povolenky se ke srovnání emisí různých skleníkových plynů využívá jednotka CO<sub>2e</sub>. Emisní povolenka je svým způsobem také uhlíkový offset, protože finance z jejího nákupu jsou využívány na inovaci zařízení produkující emise skleníkových plynů a jejich redukcí [31].

Kromě emisní povolenky je tedy za uhlíkový offset považováno například sázení nových stromů, které přeměňují oxid uhličitý na kyslík. Uhlíkové offsety nejsou povinné, ale jsou vhodné například pro takové území, kde není velký potenciál energetických a klimatických investic. Příkladem je Norsko, které 98 % elektřiny vyrábí z obnovitelných zdrojů, nejvíce z vodních elektráren. Norsko tedy financuje vysazování stromů v Jižní Americe nebo produkci vysoce účinných a nízkoemisních vařičů v Keni, které nahrazují vaření na otevřeném ohni. Sázením stromů jako uhlíkovým offsetem se zabývá více společností, ale za zmínku stojí například společnost Ecologi, která sázením stromů zredukovala emise skleníkových plynů o 1,7 milionu tun CO<sub>2e</sub> [32]. Druhá zmiňovaná aktivita za 4 roky zredukovala emise o 1,5 milionu tun CO<sub>2e</sub> [33]. Výhodou oproti emisní povolenke je například mnohem stabilnější cena. Další variantou uhlíkového offsetu je například uhlíková daň, která ovšem zatím v ČR zavedená není.



## 2.8. Postoj VIA Outlets k udržitelnosti

Majitelem a provozovatelem FAPO je skrz českou společnost Via FAOC s.r.o. Nizozemská společnost VIA Outlets. VIA Outlets provozuje po celé Evropě mimo FAPO dalších 11 obchodních center. Všechna centra jsou znázorněna na následující mapě.

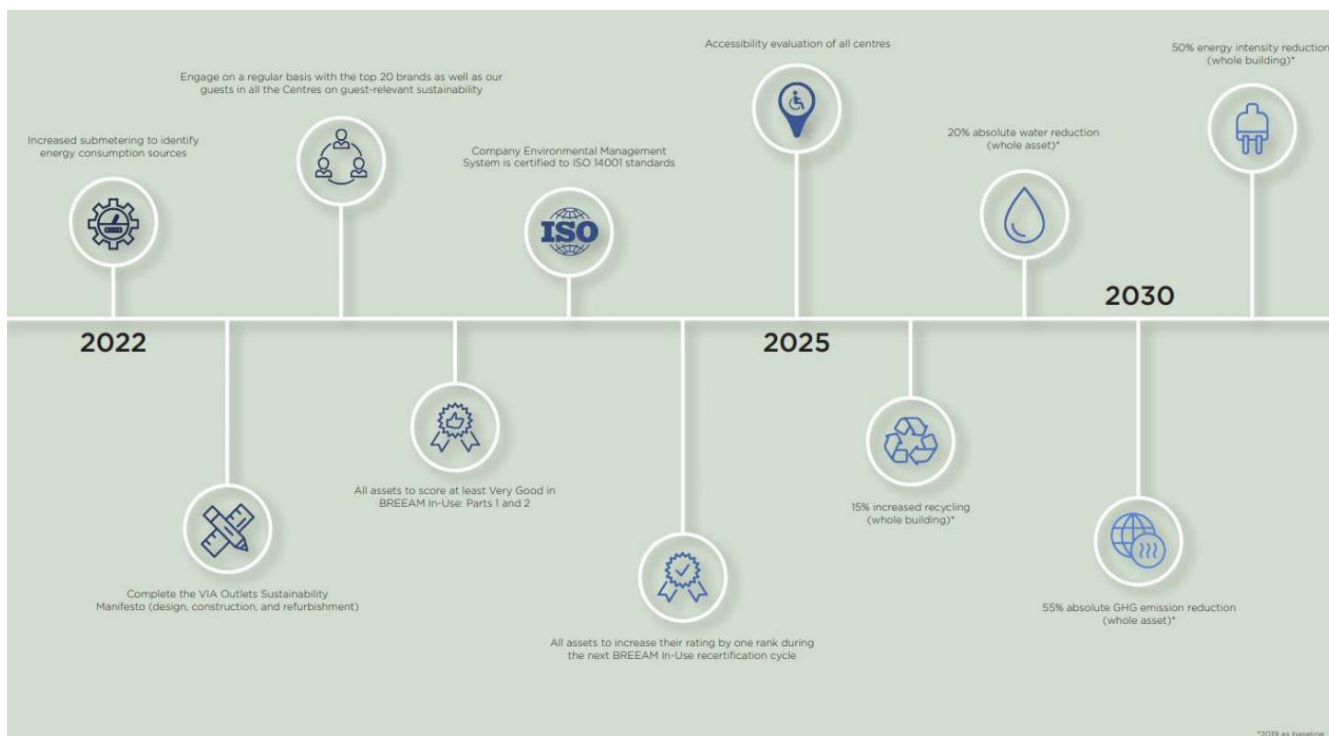


Obrázek 4 Mapa všech obchodních center vlastněných VIA Outlets [34]

Společnost VIA Outlets spravuje všech 12 obchodních center a pro všechny implementovala politiku udržitelného rozvoje, která je jedním z důvodů, proč vedení přemýšlí o energetických úsporách a snižování uhlíkové stopy FAPO. Jejich tzv. „Beyond sustainable“ strategie je postavená na 4 zásadách. Jedná se o udržitelné budovy, odolné komunity, svědomité spotřebitele a angažované zúčastněné strany. Odolnými komunitami je myšleno rozšíření konceptu udržitelného rozvoje nejenom mezi zaměstnance, ale i mezi zákazníky, kteří o něm jsou informováni na internetových stránkách a pomocí bannerů v obchodních centrech. Pro podporování svědomitých spotřebitelů se VIA Outlets snaží zajišťovat dopravu do areálů autobusy s elektromotory, poskytovat dostatečné množství odpadkových košů na recyklovaný odpad nebo omezovat využití plastů v co největším měřítku. Vlastník také podporuje jednotlivé obchody v jejich vlastních iniciativách udržitelného rozvoje, jako je například prodej výrobků z recyklovaných nebo částečně recyklovaných materiálů.

Pro tuto práci jsou ovšem důležitější další dva body. Pro zajištění angažovanosti třetích stran jsou na internetových stránkách zveřejňovány reporty o udržitelnosti a budoucích cílech v této oblasti a komunikace s návštěvníky centra. V rámci této politiky VIA Outlets spolupracuje s poradenskými firmami v oboru, aby si stanovila vhodné a dosažitelné cíle

v oblasti udržitelného rozvoje. Tyto cíle jsou v této kapitole dále popsány. Posledním bodem této politiky jsou udržitelné budovy, díky kterému je vyvíjena snaha o minimalizaci dopadu budov, jejich stavby a provozu na životní prostředí. Konkrétně je jmenován cíl nepřekročení nárůstu teploty o 1,5 °C a redukce emisí skleníkových plynů. Výše zmiňované cíle udržitelného rozvoje jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obrázek 5 Dlouhodobý plán udržitelného rozvoje VIA Outlets [35]

### 3. Současný technický stav objektu

Zkoumaný objekt Fashion Arena Prague Outlet (FAPO) se nachází v ulici Zamenhofova v Praze Štěrboholech. Jedná se o obchodní centrum, které se skládá ze 102 samostatných oddělených obchodních jednotek, společné a administrativní části. Ve společné části se nachází zejména prostory pro stravování a zázemí pro návštěvníky, jako například místa pro odpočinek a toalety. Obchodní jednotky se nacházejí po celém obvodu objektu v 1.NP. V části objektu, která je na následujícím obrázku znázorněna modře, se v 2.NP nachází prostory pro stravování, infocentrum a kanceláře vlastníka. Oproti ostatním obchodním střediskům nejenom v Praze je FAPO unikátní tím, že do jednotlivých obchodů se vstupuje z venku. Po vnitřním obvodu budovy vede promenáda, na které se nacházejí jednotlivé obchody. Součástí objektu jsou také nadzemní i podzemní garáže situované ve středu objektu, které jsou na obrázku znázorněny zelenou barvou. Na východní straně mimo budovu se nachází parkovací plocha určená pro zaměstnance, na obrázku znázorněna žlutě. Objekt byl uveden do provozu v roce 2007. Střecha na východní části budovy, na následujícím obrázku znázorněna červeně, prošla v roce 2012 částečnou rekonstrukcí, v rámci které byla mimo jiné vyměněna hydroizolace.



Obrázek 6 Satelitní mapa FAPO [36], upraveno

Jednotlivé obchodní jednotky jsou členěné na část pro zákazníky a zázemí pro zaměstnance spojené se skladem zboží, kdy část pro zákazníky tvoří přibližně 80 % prostoru nájemní jednotky. Jednotky jsou situované tak, že vstup pro zákazníky je z vnitřní části budovy směrem od hlavního parkoviště, a zásobování probíhá z vnějšího obvodu budovy kam je pro zákazníky vstup uzavřen. Očíslovaný seznam jednotek s nájemci je součástí přílohy 1.

## 3.1. Energetické vstupy a výstupy

Pro účely této práce budou uvažovány vstupy z let 2018 a 2019. Jakékoliv vstupy z let 2020 a 2021 jsou výrazným způsobem ovlivněny pandemií COVID-19 a při jejich použití by byla výstupní data výpočtů, jako například NPV, IRR nebo doba návratnosti velkou mírou zkreslena. V následujících dvou kapitolách budou probrány obecné informace o elektrické a tepelné energii. Konkrétní spotřebiče, které mají po výměně potenciál energetických úspor, budou rozebrány v dalších podkapitolách.

Objekt FAPO spotřebovává

- Elektrickou energii na osvětlení, přípravu teplé vody, dopravu vzduchu, odvod tepelné zátěže a provoz dalších technologií
- Tepelnou energii na vytápění

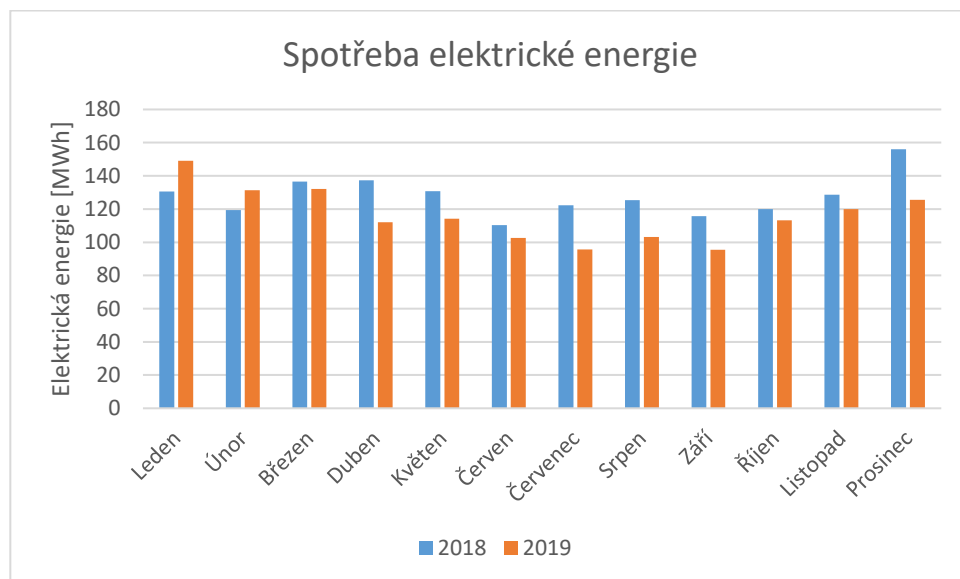
### 3.1.1. Elektrická energie

Dodavatelem elektrické energie do objektu je Pražská energetika. Spotřeba v MWh v jednotlivých měsících během let 2018 a 2019 včetně celkové roční spotřeby je znázorněna v následující tabulce a grafu. Budova spotřebovává elektrickou energii na ohřev TV, osvětlení, dopravu vzduchu, napájení oběhových a cirkulačních čerpadel topného systému, chlazení pomocí split systémů a na provoz dalších technologií jako např. výtahů, havarijních a zabezpečovacích systémů a výpočetní techniky. Vzhledem k popsanému charakteru spotřeby elektrické energie lze očekávat, že v letních měsících bude oproti zimním měsícům spotřeba mírně nižší. V letních měsících se spotřebovává méně energie na osvětlení, dopravu vzduchu a napájení oběhových čerpadel topného systému. Nižší spotřebu v letních měsících oproti zimním lze vidět v tabulce 4 a grafu 9.

EE	2018	2019
	Spotřeba [MWh]	
Leden	131	149
Únor	119	131
Březen	136	132
Duben	137	112
Květen	131	114
Červen	110	103
Červenec	122	96
Srpen	125	103
Září	116	96
Říjen	120	113
Listopad	129	120
Prosinec	156	125
Suma	1 533	1 394

Tabulka 4 Spotřeba elektrické energie ve FAPO

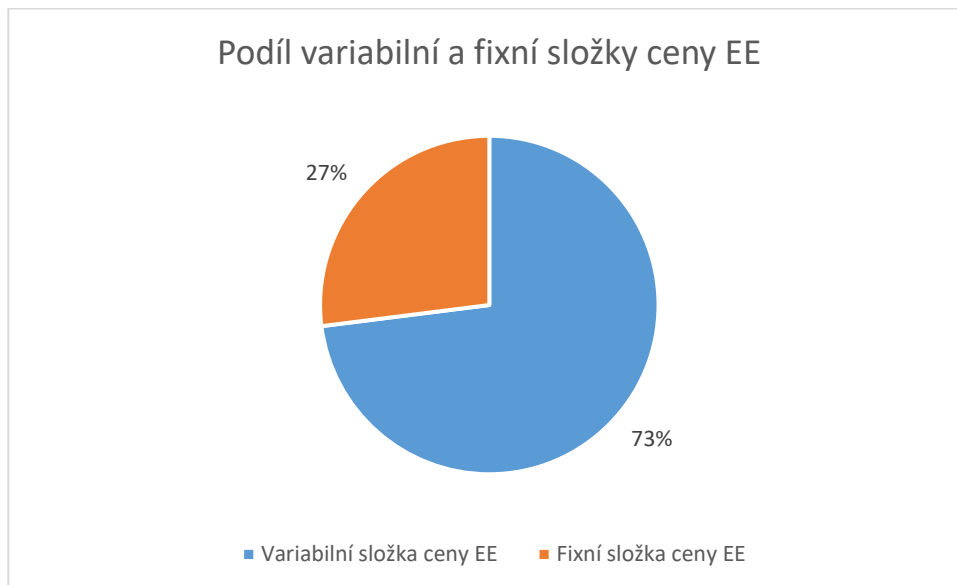
Budova je zásobována elektrickou energií z vnější distribuční soustavy 22 kV kabelovou přípojkou. Technicky je dodávka uskutečňována ze čtyř trafostanic o jmenovitém výkonu 635 kVA. Jedna trafostanice je v majetku majitele FAPO a zásobuje společné prostory, zbylé tři trafostanice jsou v majetku PRE a zásobují nájemní jednotky. Spotřeba elektrické energie obchodních jednotek je vždy předmětem samostatného odběrného místa s fakturačním elektroměrem provozovatele OJ. Celková spotřeba EE objektu v roce 2019 byla necelých 1 400 MWh. Tato hodnota nezahrnuje spotřebu nájemních jednotek.



Graf 9 Spotřeba elektrické energie ve FAPO

Pro výpočty energetických úspor v dalších kapitolách je důležitá především variabilní složka ceny EE, která dle následujícího grafu tvoří 73 % ceny. Více jak polovinu ze zbylých 27

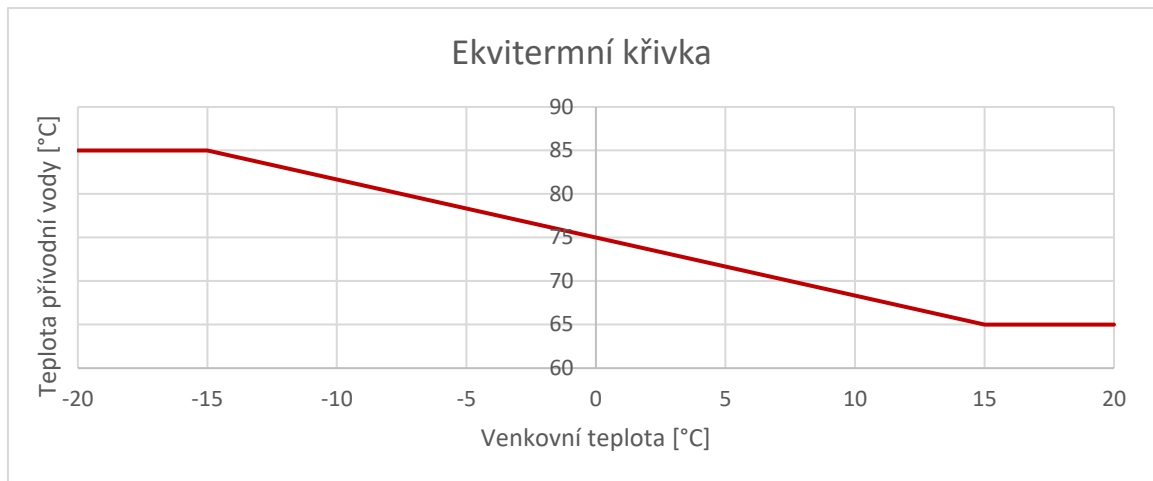
% pak tvoří platba za rezervovanou kapacitu, která bude v rámci některých opatření zvyšována. V roce 2022 je cena za variabilní složku 2 690 Kč/MWh.



Graf 10 Podíl variabilní a fixní složky ceny EE

### 3.1.2. Tepelná energie

Objekt čerpá tepelnou energii ze soustavy zásobování teplem (SZT), tedy od Pražské teplárenské. Tepelná energie je z distribučního systému zavedena do centrální výměňkové stanice (VS) situované v 1. PP objektu pomocí vlastní přípojky DN 150. VS je horkovodní (HV), tlakově nezávislá, typu horká voda – topná voda. Na primární straně je VS připojena HV potrubím, přivedeným od vstupní měřicí trati, navazující na HV přípojku a obsahující hlavní ruční uzávěry, regulátor diferenčního tlaku a fakturační měřič spotřebovaného tepla. Ze sekundární strany VS je vyveden páteřní rozvod topné vody pro otopnou soustavu objektu. Na přívodním potrubí jsou osazena centrální oběhová čerpadla. VS je řešena jako bezexpanzní, s doplňováním vody sekundárního okruhu ze zpátečky primární strany-dopouštění a odpouštění vody z otopné soustavy. Tepelný výkon výměníků je regulován na základě snímané teploty výstupní topné vody škrcením průtoku HV přes výměníky prostřednictvím el. havarijně regulačního ventilu. Přívodní topná voda je ekvitermně regulována (v závislosti na venkovní teplotě) v rozsahu 85 až 65 °C (při  $t_e = -15$  °C, resp. +15 °C). Ekvitermní křivka je znázorněna na následujícím grafu.



Graf 11 Ekvitermní křivka

Instalovaný výkon deskových výměníků oddělujících distribuční systém a systém obchodního centra činí 5,2 MW, projektované parametry VS jsou:

- a) Primér, horká voda ze sítě CZT, zdroj tepla tepelný přivaděč Mělník-Praha
  - zima ... 130/70 °C, ekvitermně regulovaná
  - léto ... 80/60 °C, konstantní
- b) Sekundér: topná voda
  - 85 / 60 °C-otopná tělesa, ekvitermně regulovaná

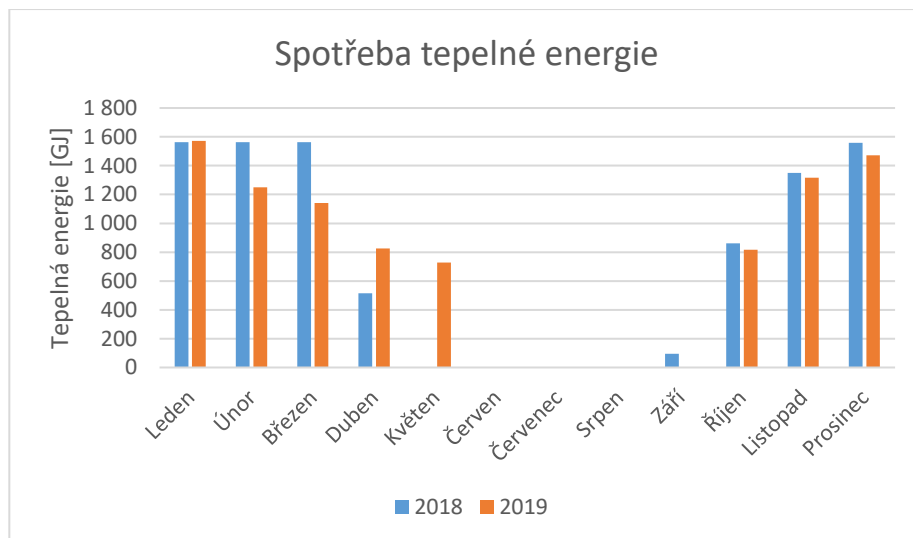
Topný systém objektu je teplovodní s nuceným oběhem topné vody oběhovým čerpadlem. Topná voda o základním výpočtovém spádu 85/60 °C je v objektu rozváděna páteřními rozvody topné vody (RTV), vedenými pod stropem 1.NP.

Vytápění prostor restaurace a kanceláří ve 2.NP je řešeno otopnými tělesy. Pro vytápění některých veřejných prostor v 1. a 2.NP (soc. zař. apod.) slouží el. přímotopné konvektory. Vytápění nájemních OJ, tj. převažující části objektu, je řešeno teplovzdušně, prostřednictvím VZT větracích jednotek v každé OJ. Sekundární zdroj teplého vzduchu v OJ jsou vzduchové clony, které jsou napojeny na stejný okruh jako VZT jednotky. Systém byl původně zamýšlen pro primární vytápění VZT jednotkami doplněnými o vzduchové clony. Realita je ovšem taková, že se vytápí téměř výhradně vzduchovými clonami a VZT jednotky jsou většinu času z důvodu vyššího hluky vypnuty. Toto souvisí s politikou otevřených dveří, v rámci které vlastník budovy vyžaduje po nájemních jednotkách od 5 °C venkovní teploty udržovat alespoň jedno křídlo dveří plně otevřené. Aby se udržela v nájemních jednotkách vyšší teplota než venku, je ve dveřích každé jednotky instalovaná vzduchová clona. Ta teoreticky zabraňuje míšení teplého vnitřního vzduchu a studeného venkovního.

V následující tabulce jsou opět uvedeny spotřeby tepelné energie v jednotlivých měsících během let 2018 a 2019 včetně celkové roční spotřeby pod tabulkou. Z grafu 12 lze vidět, že tepelná energie je skutečně používána jen na vytápění, protože její odběr v letních měsících je nulový. Z fakturované spotřeby činí spotřeba tepelné energie OJ, která jsou osazena podružnými kalorimetry, zhruba 69-74 %, ročně cca 6 900 GJ.

TE	2018	2019
	Spotřeba [GJ]	
Leden	1 563	1 571
Únor	1 563	1 250
Březen	1 563	1 142
Duben	514	825
Květen	0	728
Červen	0	0
Červenec	0	0
Srpen	0	0
Září	96	0
Říjen	862	816
Listopad	1 350	1 317
Prosinec	1 559	1 472
Suma	9 070	9 121

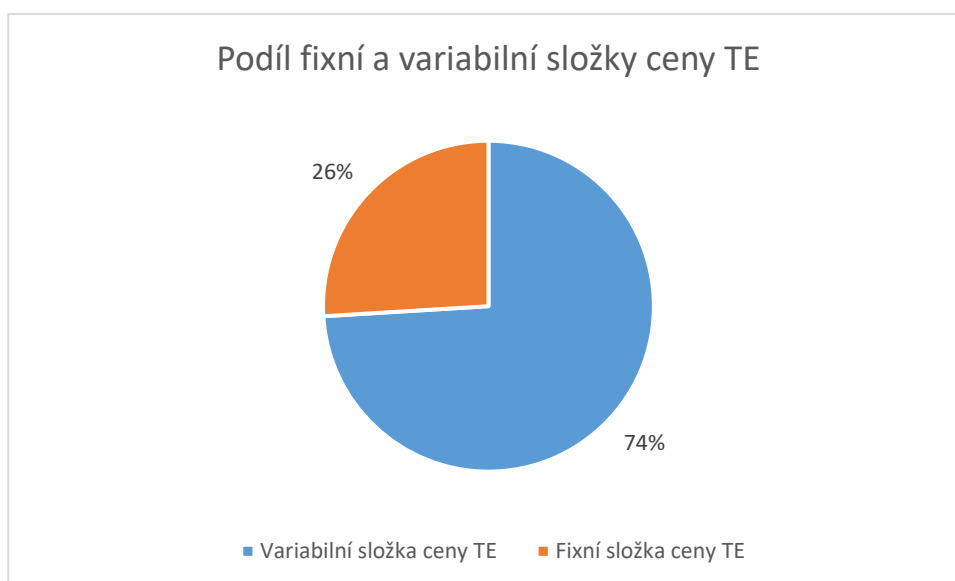
Tabulka 5 Spotřeba tepelné energie ve FAPO



Graf 12 Spotřeba tepelné energie ve FAPO



Podíl fixní a variabilní složky ceny TE je podobný jako v případě EE. Naopak od EE bude ale v některých opatřeních rezervovaná kapacita TE snižována. Cena variabilní složky v roce 2022 je 580 Kč/GJ.



Graf 13 Podíl fixní a variabilní složky ceny TE

## 3.2. Zařízení pro dopravu vzduchu

Dopravu vzduchu po objektu zařizuje kombinace centrálních a decentrálních vzduchotechnických jednotek, kazetových jednotek klimatizace a vzduchových clon. Způsob větrání a primárního způsobu dopravy vzduchu je různý pro společné prostory a pro jednotlivé OJ. Pro společné prostory, tedy hlavně kanceláře, foodcourt, hygienické zázemí a koridory, je k dopravě vzduchu využíváno 5 centrálních VZT jednotek. Naopak v obchodních jednotkách je voleno decentrální řešení.

### 3.2.1. Vzduchotechnické jednotky

#### **Sdílené prostory**

Vzduchotechnické jednotky určené pro společné prostory nasávají venkovní vzduch ze střešních prostor, který následně prochází několikastupňovou filtrací. Jeho úprava probíhá v centrálních vzduchotechnických a klimatizačních jednotkách umístěných na střeše nad prostory koridoru. Klimatizační jednotky kromě filtrace vzduch dokáží i chladit a případně ohřívat. Regulace chladicího výkonu je řízena regulací VZT jednotky, která využívá ekologické chladivo R410a. Prostory foodcourtu jsou pro odvod tepelné zátěže doplněny o 4 kusy splitových chladičů s venkovní jednotkou se vzduchem chlazeným kondenzátorem, který je opět umístěný na střeše. Pro zajištění ideální teploty a množství čerstvého vzduchu ve společných prostorách je využíváno celkem 5 různých jednotek. Největší jednotka má průtok

přiváděného vzduchu 19 300 m<sup>3</sup>/hod, ostatní jednotky mají průtok vzduchu značně menší. Vlastníkem i provozovatelem těchto jednotek je FAPO.

### **Obchodní jednotky**

Systém pro větrání a vytápění byl navržen tak, aby co největší část pokryla VZT jednotka a zbytek potřeby byl doplněn klimatizační kazetovou jednotkou a částečně i vzduchovou clonou. Potrubí od VZT jednotky, která je vždy umístěna na střeše nad každou OJ, vstupuje do nájemních prostor přibližně veprostřed každé OJ a dále se větví do 6 až 10 vývodů vzduchu. Počet vývodů v OJ je různý z důvodu nesjednoceného požadavku na podhledy, design atd. Jednotky jsou dimenzovány tak, aby jejich standardní provoz zajistil 25% poměr čerstvého vzduchu a 75% část oběhového vzduchu. Většina těchto jednotek, narozdíl od vzduchových clon, disponuje plynulou regulací, která zajišťuje udržování požadované teploty a dostatečný přísun čerstvého vzduchu do OJ, resp. dostatečný odvod CO<sub>2</sub>. Vlastníkem všech VZT a klimatizačních jednotek je FAPO, nicméně každý nájemník si „svoje“ jednotky sám provozuje i servisuje. Provoz ventilátorů VZT jednotek v OJ je součástí spotřeby elektřiny každé OJ. Na následujících 2 obrázcích je znázorněno typické uspořádání výstupu VZT potrubí na střeše, klimatizační kazetové jednotky, vzduchové clony a rozvodů vzduchu uvnitř OJ. Toto rozložení není identické pro všech 102 obchodních jednotek, nicméně odpovídá cca 75 % případů. Ve zbylých jednotkách je uspořádání typově podobné a v jednotkách případů je řešeno individuálně. Individuální řešení bylo zvoleno např. pro jednotky 1–3, které si všechny pronajímá Nike a jsou spojené do jednoho prostoru. Mezi stížnosti obsluhy patřilo mimo produkovaný hluk i umístění jednotek, které jsou poměrně vysoko a není zajištěn bezpečný přístup pro servis.



*Obrázek 7 Typické uspořádání podstropní vzduchotechniky v OJ*



Obrázek 8 Typické uspořádání kazetové jednotky klimatizace, vzduchové clony a potrubí vzduchotechniky

### 3.2.2. Vzduchové clony

Jak již bylo zmíněno výše, pro vytápění prostor obchodních jednotek bylo původně zamýšleno využívání VZT jednotek. Ty jsou především kvůli hluku k vytápění OJ využívány jen minimálně a místo nich využívají nájemci tišších vzduchových clon. Vzduchová clona je v každé jednotce umístěna nad vstupními dveřmi. Důvodem instalace vzduchových clon je teplotní a kvalitativní oddělení vnitřního a venkovního vzduchu. Nutnost vzduchových clon způsobuje především politika otevřených dveří, která bude dále více popsána.

Clony jsou připojené na otopnou vodu se stálým tepelným spádem, nominálně 85/60°C. Clony jsou umístěné nad dveřmi do výšky max. 3,2 m a mají šířku 2,5 m. Maximální výška nad zemí je pro efektivní fungování tepelných clon jedním ze stěžejních parametrů. Jmenovité vzduchové výkony jsou 4 200 m<sup>3</sup>/h a tepelné výměníky mají výkon 27,5 kW.

Instalovány jsou v drtivé většině clony s ventilátory s třístupňovou regulací otáček. Nastavení záleží individuálně na obsluze OJ, není zde žádná vazba na centrální MaR. Průběžně dochází k prosté obnově clon u jednotlivých OJ, kde se postupně přechází na podhledové vzduchové clony při doplňování podhledů do prodejních prostorů. Nově instalované clony již disponují efektivními ventilátory s plynule regulovatelnými EC motory.

### 3.2.3. Politika otevřených dveří

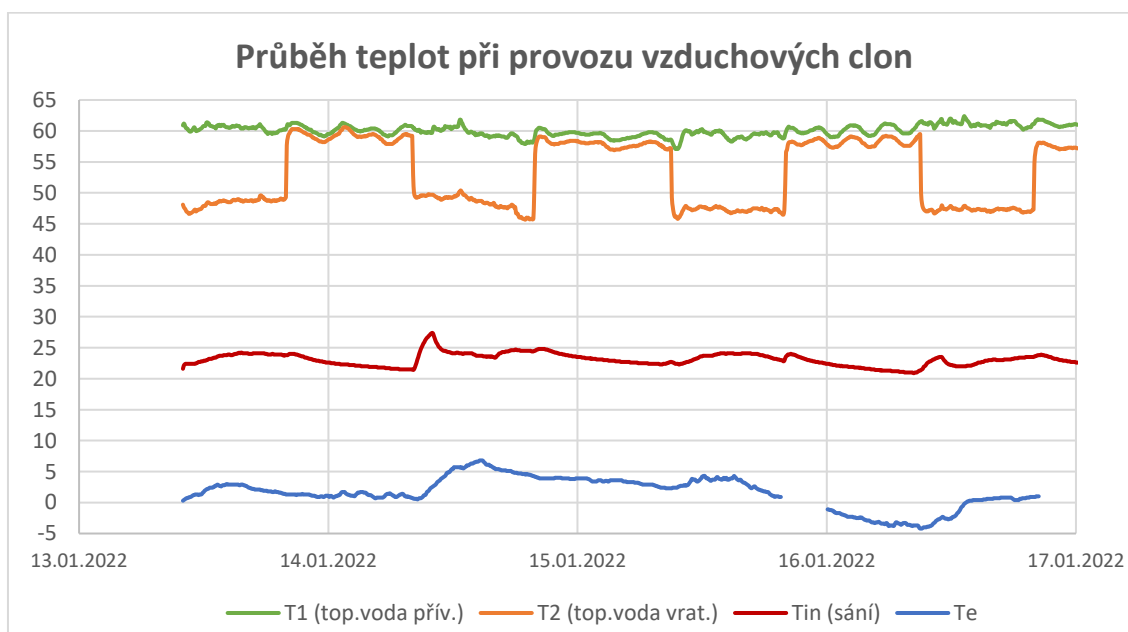
Vedení společnosti vyžaduje od všech obchodních jednotek dodržování tzv. politiky otevřených dveří. Ta udává v otevíracích hodinách při teplotách vyšších než 5 °C povinnost udržovat stále otevřené obě křídla vstupních dveří. Při poklesu venkovních teplot do intervalu od 0 do 5 °C se jedná pouze o jedno křídlo dveří a pouze při poklesu teploty pod 0 °C není vyžadováno mít stále otevřené dveře.

Vzhledem k tomu, že pasáž, do které směřují všechny vstupy OJ v obchodním centru je pouze zastřešená, ale jinak jde o vnější prostor, je z pohledu energetické efektivity toto opatření velmi negativním prvkem v provozu. Politika otevřených dveří je tak bezpochyby určujícím opatřením pro provoz a efektivitu energetických systémů, a to v negativním slova smyslu. Vedení FAPO dostalo v minulosti silné doporučení od energetického auditora na zrušení politiky otevřených dveří, ale rozhodlo se, že přínos stále otevřených dveří je vyšší než energetická ztráta jimi způsobená. Je tedy pravděpodobné, že bude vedení dodržování této energeticky velmi neefektivní politiky vyžadovat i nadále.

I přes přítomnost a trvalý provoz vzduchových clon, které omezují průnik vnějšího vzduchu přes otevřené dveře do vnitřních prostor nájemních jednotek, dochází v provozních hodinách k nadměrnému provětrávání prostoru a tím i k nadměrné spotřebě tepelné energie.

Pro zjištění skutečných provozních teplot jak vzduchu, tak topné vody u vzduchových clon, byla ve vybrané jednotce instalována teplotní čidla. Byly vyzkoušeny i provozní stavy s různými otáčkami ventilátorů pro zjištění vlivu na stav vnitřního prostředí. Bohužel při měření a manipulaci s jedním čidlem došlo k jeho poškození a data teploty vzduchu na výfuku ze vzduchové clony tak nejsou k dispozici. Provozní režimy byly nastaveny následovně:

- 13.1. – 1. stupeň otáček ventilátoru
- 14.1. – 10-16h 1. st.; 16-18h 2. st; 18-20h 3. st
- 15.1. – 1. st



Graf 14 Průběh teplot při provozu vzduchových clon

Z grafu a hodnot je patrné, že teplota přívodní vody do vzduchových clon (T1) dosahuje průměrně 60 °C. Nicméně podle teploty vnějšího vzduchu by podle ekvitermní křivky odpovídala teplota cca 75 °C. Dále z hodnot vyplynulo, že na teplotu vnitřního vzduchu v úrovni clony (Tin, cca 3,2 m) mělo nastavení stupně ventilátoru velmi malý vliv (při teplotách venkovního vzduchu mezi 0–5 °C). Teplota vzduchu měřená v úrovni clony se zpravidla pohybovala mezi 21-25°C. Jedná se o teplotu v oblasti vstupu a clony, nicméně lze konstatovat, že teplotu není nutno udržovat na takto vysokých hodnotách. Při měření vzhledem k poškození

čidla na výfuku vzduchové clony bohužel nebylo dosaženo požadovaných výsledků, nicméně byl zjištěn nedostatek v ekvitermní regulaci teploty přívodní vody. Při následné kontrole regulace byl odhalen problém s venkovním teploměrem, který způsoboval nesprávný průběh regulace.

Při průzkumu skutečného provozního využití vzduchových clon provedeného ve 46 OJ bylo zjištěno, že na nejvyšší 3. stupeň otáček pracovaly clony ve 4 prodejnách (9 %), na 2. stupeň v 19 prodejnách (41 %), na 1. stupeň v 15 prodejnách (33 %) a v 8 prodejnách potom byly vypnuté zcela (17 %). Pokud se zohlední tato současnost provozu na celkový potřebný aktuální výkon zdroje tepla, jeví se jeho dimenze jako nadhodnocená.

### 3.2.4. Nedostatky stávajícího systému vzduchotechniky

Provoz ventilátorů VZT jednotek, stejně jako spotřeba tepla na ohřev vzduchu nebo elektrické energie pro chlazení vzduchu, je součástí spotřeby elektřiny a tepla v OJ hrazené nájemcem. Úkolem nájemce OJ je zajištění servisu, provádění periodických výměn filtrů a udržování VZT v provozuschopném stavu. To se promítá do provozních nákladů nájemce a je to významným demotivačním prvkem v provozování jednotek. To vede k nedodržování povinností souvisejících se vzduchotechnikou a jejímu celkovému horšímu technickému stavu.

Další významnou překážkou provozu je absence tlumičů hluku na odtahovém potrubí, což vyvolává citelný hluk při provozu jednotky v prodejním prostoru. Výsledným stavem tohoto provozního modelu je neprovozování VZT jednotek a nahrazení jejich funkce jinými zdroji, které k tomuto účelu nejsou primárně určené.

Provozně využívané technologie v OJ, nahrazující funkci nepoužívaných VZT jednotek:

- **Větrání:** přívod čerstvého vzduchu zajišťuje politika otevřených dveří a čerstvý vzduch vstupující do prostoru přes vzduchovou clonu
- **Vytápění:** sdílení tepla do prostoru OJ je suplováno vzduchovými clonami se jmenovitým výkonem 27,5 kW, což zpravidla dostatečně převyšuje jmenovitou tepelnou ztrátu prostoru. Teplo je v prostoru sdíleno a distribuováno nerovnoměrně v důsledku umístění clony ve vstupu do OJ. V případě nutnosti dodatečného zdroje tepla nájemci využívají vlastní (multi)split jednotky.
- **Chlazení:** pro chlazení jsou nájemci využívány prakticky výhradně vlastní (multi)split jednotky.

Z pohledu uživatelského komfortu to znamená, že uvnitř OJ v režimu vytápění nutně dochází k jeho snížení vlivem nerovnoměrného vytápění až přehřívání prostorů v blízkosti vstupu, aby bylo teplo distribuováno v dostatečné míře i do zadní části prodejny a zázemí. To také vede ke zvýšení nároků na objem dodané energie. Neexistuje také vazba na provoz VZT (pokud by se provozovaly), kdy by mělo při otevřených dveřích a provětrávání prostoru dveřmi dojít k uzavření přívodu čerstvého vzduchu přes VZT a zahájení pouze cirkulačního provozu a

vzduchovému vytápění prostoru. Velkým nedostatkem celého topného okruhu je nefunkční ekvitermní regulace topné vody způsobená venkovním teploměrem.

Dalším vlivem přispívajícím k neprovozování VZT jednotek je absence plynulé a automatické regulace v závislosti na vlivech jako je obsazenost jednotky, resp. aktuální koncentrace CO<sub>2</sub> v jednotce. Současná regulace je manuální a třístupňová. 3 výkonové stupně zároveň nejsou příliš dobře odstupňovány, kdy rozdíl mezi prvním a druhým stupněm není výrazný a rozdíl mezi druhým a třetím stupněm je naopak až moc velký.

Podstatným faktem, který vyplynul z rozhovorů se smluvním servisním technikem VZT jednotek, který vyjíždí k servisům na pokyn nájemců při potřebě běžné údržby či jiným nestandardním servisním zásahům, byl nevyhovující stav přístupnosti VZT jednotek pro servisní úkony. Umístění jednotek ve výši cca 4,5 m nad zemí a mnohdy také nad doplněným podhledem v OJ velmi znesnadňuje jakoukoliv servisní práci. To jen prohlubuje otázku nakolik dodržují nájemci servis svěřené vzduchotechniky.

K energetické efektivitě nutno dodat, že z hlediska provozních nákladů je energetická efektivita důležitá v očích nájemce OJ. Z pohledu nájemce tak je nejefektivnější VZT vůbec neprovozovat, pokud jsou parametry vnitřního prostředí, zejména v topné sezóně, zajišťovány primárně nutným provozem vzduchových clon v závislosti na politice otevřených dveří. Což je samo o sobě energeticky velmi neefektivní. Většina provozních problémů tedy pramení z vyžadování dodržování politiky otevřených dveří ze strany vedení FAPO, které o tomto faktu bylo v minulosti informováno odborníkem, ale není ochotné od politiky ustoupit.

### 3.3. Výpočet současné uhlíkové stopy obchodního centra

Pro výpočet současné roční uhlíkové stopy FAPO byly využity údaje o spotřebě TE a EE z roku 2019 a emisní faktory určené v kapitole 2.4. Do spotřeby EE byla zahrnuta i spotřeba OJ.

Stávající hodnota uhlíkové stopy		
Spotřeba TE	9 121	GJ/rok
<b>Uhlíková stopa TE</b>	<b>1 013</b>	<b>t CO<sub>2e</sub>/rok</b>
Spotřeba EE	1 395	MWh/rok
<b>Uhlíková stopa EE FAPO</b>	<b>746</b>	<b>t CO<sub>2e</sub>/rok</b>
Spotřeba EE OJ	2 624	MWh/rok
<b>Uhlíková stopa EE OJ</b>	<b>1 404</b>	<b>t CO<sub>2e</sub>/rok</b>
<b>Celková uhlíková stopa obchodního centra</b>	<b>3 163</b>	<b>t CO<sub>2e</sub>/rok</b>

Tabulka 6 Stávající hodnota uhlíkové stopy

## 3.4. Energetická bilance budovy

Energetická bilance budovy je sestavena pro všechny energie, které spadají pod vlastníka objektu. Všechny nájemní jednotky mají uzavřenou vlastní smlouvu o dodávce elektrické energie s dodavatelem a spotřeba EE tak není v bilanci zahrnuta. Veškerá tepelná energie je spotřebovaná na vytápění objektu. Při tvorbě energetické bilance bylo využito nepřímé metody s následujícími přijatými předpoklady.

### Spotřeba energie na vytápění

Odběr TE na vytápění je známý, účinnost rozvodů po objektu byla určena na základě konzultace s odborníkem v oboru a vedoucím práce Ing. Jiřím Beranovským, Ph.D., MBA, jako 95 % [37].

### Spotřeba energie na chlazení

Chlazení společných prostor probíhá pomocí splitových klimatizačních jednotek na střeše objektu, z nichž některé jsou připojeny na vzduchotechnické jednotky. S pomocí technického správce objektu byl proveden odhad doby provozu jednotek na červen až polovinu září s průměrným využitím maximálního výkonu po dobu 3 hodin denně. Celkový výkon jednotek 125 kW tedy odpovídá roční spotřebě 37,5 MWh. Vstupní parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Parametr	Hodnota
Celkový výkon split jednotek [kW]	125
Počet dní v provozu za rok	100
Průměrné denní využití max. výkonu [hod]	3
<b>Roční spotřeba EE split jednotek [MWh]</b>	<b>37,5</b>

Tabulka 7 Vstupní parametry split systému

### Spotřeba energie na přípravu TV

Roční potřeba energie na přípravu TV byla spočtena s pomocí průměrného denního odběru 5 m<sup>3</sup> a rozdílu teplot na vstupu  $t_{w1}$  a výstupu  $t_{w2}$  pomocí následujícího vzorce. Spotřeba byla následně přepočtena přes účinnosti rozvodů a zdroje na výsledných 126 096 kWh elektrické energie potřebných k ohřevu TV. Vstupní údaje, výsledné hodnoty a jejich označení v rovnici je uvedeno v tabulce 8.

$$E_{TUV} = \frac{(t_{w2} - t_{w1}) \cdot 365 \cdot 0,8 \cdot \rho_w \cdot c_w}{1000 \cdot \mu_r \cdot \mu_z}$$

Rovnice 1

Příprava TV	Hodnota
Denní odběr $O_d$ (m <sup>3</sup> /den)	5
Teplota vstupní vody $t_{w1}$ (°C)	10
Teploty výstupní vody $t_{w2}$ (°C)	55
Měrná tepelná kapacita vody $c_w$ (J*kg <sup>-1</sup> *K <sup>-1</sup> )	4,2
Hustota vody $\rho_w$ (kg/m <sup>3</sup> )	1
Účinnost rozvodů $\mu_r$ [37] (-)	0,8
Účinnost zdroje $\mu_z$ [38] (-)	0,95
Potřeba tepla pro přípravu TV (GJ/rok)	344,9
Potřeba tepla pro přípravu TV (kWh/rok)	95 813
<b>Spotřeba EE pro přípravu TV <math>E_{TV}</math> (kWh/rok)</b>	<b>126 069</b>

Tabulka 8 Základní parametry přípravy TV

### Spotřeba energie na větrání

Spotřeba energie na větrání ve společných prostorách je zajištěna pěti VZT jednotkami. Jejich parametry spolu s využitým označením jsou uvedeny v následující tabulce. Výpočet roční spotřeby EE VZT jednotek je proveden na základě rovnice 2. Celková roční spotřeba EE na větrání je přibližně 149 MWh.

$$E_{DV} = P_V \cdot T_h \cdot T_d$$

Rovnice 2

VZT	Provozní příkon ventilátorů $P_v$ (kW)	Provozní doba $T_h$ (h/den)	Počet provozních dní $T_d$ (dny/rok)	Spotřeba energie na větrání $E_{DV}$ (kWh/rok)
1	2	10	365	<b>7 300</b>
2	7,8	14	365	<b>39 858</b>
3	18,9	14	365	<b>96 579</b>
4	0,6	14	365	<b>3 066</b>
5	0,9	9	365	<b>2 957</b>
				<b>149 076</b>

Tabulka 9 Základní parametry VZT jednotek

### Spotřeba energie na osvětlení

Určení spotřeby EE na osvětlení ve vnitřních i venkovních společných prostorách objektu bylo provedeno na základě průměrné doby provozu v letních a zimních měsících (obě období 6 měsíců) a výkonu LED osvětlovací techniky. Celkový příkon veškeré vnitřní i venkovní osvětlovací techniky (mimo OJ) je 23,4 kW. S pomocí technické obsluhy objektu byla stanovena průměrná denní doba provozu v letních měsících na 10 hodin a v zimních měsících na 14 hodin. Celková roční spotřeba pak činí necelých 270 MWh EE ročně. Vstupní parametry a celková spotřeba na osvětlení jsou uvedeny v následující tabulce.



Období	Počet hodin provozu [hod/den]	Výkon LED [kW]	Spotřeba LED [kWh]
Letní	10	62,1	111 780
Zimní	14	62,1	156 492
			268 272

Tabulka 10 Vstupní parametry LED osvětlení

### Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy

Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy byla vypočtena jako rozdíl celkové spotřeby EE a ostatních spotřeb EE. Jedná se zejména o spotřebu akumulčních ohřivačů vody v hygienických prostorách, výtahů a administrativního vybavení centra, jako jsou počítače a podobná menší technologie. Energetické úspory této spotřeby nebudou navrhovány z důvodu velké rozmanitosti těchto ostatních spotřebičů a jejich velmi časově náročné a téměř nereálné inventury.

## 3.5. Energetická bilance budovy před realizací projektu

V následujících dvou tabulkách je znázorněna energetická bilance EE a TE objektu před realizací projektu. Tabulka je rozdělena do dvou podle energonositele z důvodu přehlednosti. Postup stanovení jednotlivých položek je popsán v předchozích podkapitolách.

ř.	Ukazatel	Před realizací projektu			
		Energie		Náklady	Energonositel
		(GJ/rok)	(MWh/rok)	(tis. Kč)	
1	Vstup elektrické energie	5 020,9	1 394,7	3 751,7	EE
2	Spotřeba energie na chlazení	126,0	35,0	94,2	EE
3	Spotřeba energie na přípravu TV	453,8	126,1	339,1	EE
4	Spotřeba energie na větrání	536,8	149,1	401,1	EE
5	Spotřeba energie na osvětlení	965,8	268,3	721,7	EE
6	Spotřeba en. na technol. a ost. procesy	3 223,5	816,3	2 195,7	EE

Tabulka 11 Energetická bilance EE objektu před realizací projektu

ř.	Ukazatel	Před realizací projektu			
		Energie		Náklady	Energonositel
		(GJ/rok)	(MWh/rok)	(tis. Kč)	
1	Vstup tepelné energie	9 121,3	2 533,7	5 290,4	TE
2	Ztráty v rozvodech	456,1	126,7	264,5	TE
3	Spotřeba energie na vytápění	8 665,2	2 407,0	5 025,8	TE

Tabulka 12 Energetická bilance TE objektu před realizací projektu

Pro stanovení nákladů na energie byly použity následující ceny pro rok 2022.

<b>Energonositel</b>	<b>Cena [Kč/MWh]</b>	<b>Cena [Kč/GJ]</b>
EE	2 690	746
TE	2 090	580

*Tabulka 13 Ceny energonositelů 2022*

## 4. Souhrn možných opatření

V této kapitole budou technicky popsána všechna proveditelná opatření pro snížení spotřeby, energetických nákladů a uhlíkové stopy objektu. V následující kapitole budou z těchto opatření navrženy varianty, tedy skupiny opatření, které budou následně ekonomicky zhodnoceny.

### 4.1. Instalace FVE

Nejrozsáhlejším navrhovaným opatřením je instalace fotovoltaické elektrárny na střechu objektu. Podstatnými výchozími okrajovými podmínkami záměru je výkonová kapacita stávající trafostanice, vybavené transformátorem o výkonu 635 kVA, a statická únosnost stávajících střešních konstrukcí objektu. Vzhledem k okrajovým podmínkám byly zvažovány varianty zahrnující kromě standardní instalace také moderní FV panely tvořené tenkovrstvými foliovými krystalickými články s účinností 16-17 %, lepenými na stávající hydroizolační krytinu. Vzhledem k vysoké dostupnosti kapacitě instalační plochy je také zvažována náhrada stávajícího transformátoru za transformátor o výkonu až 1000 kVA, který umožní maximalizovat výkon FVE výroby na maximum z hlediska využití plochy konstrukcí objektu. V poslední variantě je spolu s náhradou trafostanice a tenkovrstvými panely na střeše uvažováno i s instalací stejných panelů na fasádu objektu. Srovnání standardních a tenkovrstvých fotovoltaických panelů je přehledně uvedeno v následující tabulce.

	Tenkovrstvé lepené panely	Standardní panely
<b>Účinnost výroby elektřiny</b>	16 %	20-21 %
<b>Poměr instalovaného výkonu na potřebnou plochu</b>	0,13 kW/m <sup>2</sup>	0,08 kW/m <sup>2</sup>
<b>Montáž</b>	Lepení panelů na foliovou hydroizolaci pomocí lepícího trvale pružného tmelu-SPUR polymer	Aretace v montážní konstrukci v požadovaném sklonu. Upevnění ke střeše probíhá lokálním přitížením balastním materiálem (betonové prvky).
<b>Demontáž</b>	Nedestruktivní ke střešní konstrukci: Proříznutím pružného tmelu ve spojích pod panelem řezacím drátem z nerezové oceli o tl. 0,6 mm	Nedestruktivní ke střešní konstrukci: Rozebráním šroubových spojů kotvicích prvků u montážních konstrukcí a odebráním balastních přitěžovacích prvků.
<b>Výhody</b>	Absence statického zatížení střechy – přitížení 3-4 kg/m <sup>2</sup> ; Dobry marketing pro FAPO (panely na fasádě); <b>Vyšší poměr instalovaného výkonu vůči potřebné ploše střechy.</b>	Optimalizace sklonu panelů; <b>Vyšší účinnost výroby;</b> <b>Vyšší měrná výroba elektrické energie.</b>

<b>Nevýhody</b>	Nižší účinnost výroby ve srovnání se standardními panely;	Mechanické lokální bodové zatížení hydroizolační vrstvy a vytváření prohlubní se stojící vodou;
	Nemožnost náklonu do optimálnějšího sklonu;	Nižší poměr instalovaného výkonu na plochu střechy;
	<b>Teplotní namáhání polystyrenové tepelné izolace střechy;</b>	<b>Vyšší dodatečné zatížení střešní konstrukce může vést k nemožnosti realizace s ohledem na statickou únosnost stávajících konstrukcí.</b>
	<b>Nevýhody vedou k nižší měrné produkci elektrické energie.</b>	

Tabulka 14 Srovnání standardních a tenkovrstvých fotovoltaických panelů

V současném stavu mají všechny OJ vlastní smlouvu s dodavatelem EE a přebytky z FVE by tak bylo FAPO nuceno prodávat do soustavy typicky za nižší cenu. Doporučením pro zvýšení ekonomických přínosů, a také lokální využitelnosti elektrické energie vyráběné z FVE, je sjednocení odběrných míst elektrické energie nájemníků pod odběrné místo FAPO a zajištění dodávky elektřiny nájemcům v rámci jednoho OM s využitím stávající (případně doplněné) infrastruktury. Alternativně lze využít v právních předpisech připravovaný model komunitní energetiky na obchodní bázi a vyráběnou energii obchodně dodávat do odběrných míst nájemců. Došlo by tak k významnému navýšení dodávky elektrické energie za cenu na úrovni ceny nakupované na úkor jejího prostého dodávání do distribuční sítě za nižší výkupní cenu smlouvenou s dodavatelem. Tím dojde k navýšení přínosů a zlepšení ekonomiky celého projektu.

Cena elektřiny v prvním roce je dána uzavřenou smlouvou s PRE. FAPO má aktivní vysoký tarif od 6:00 do 22:00. Z dat výroby FVE je patrné, že před 6:00 a po 22:00 je výroba minimální. S bateriovým úložištěm není uvažováno. Z těchto důvodů je ve výpočetním modelu fotovoltaik počítáno jen s variabilní složkou nákupní ceny EE ve vysokém tarifu, kterou bude případná instalace vytěšňovat. Výkupní cena v prvním roce je stanovena na 1 500 Kč/MWh. Je to na současné poměry spíše vyšší výkupní cena, ale někteří dodavatelé ji nabízejí. Například Nano Energies tuto cenu nabízí při současném odběru elektřiny [39]. Právě nabízená cena a s ní nucený přechod od PRE by mohl být dobrým vyjednávacím nástrojem pro zvýšení výkupní ceny na 1 500 Kč/MWh a setrvání u PRE, které v současnosti nabízí pouze 1 000 Kč/MWh [40]. Výše dotace z Národního plánu obnovy je pro každou velikost instalace stanovena dle instalovaného výkonu. Postup výpočtu je popsán v kapitole 5.4.

V následujících podkapitolách jsou navrhovány 3 varianty FVE. Jedná se o jednu variantu s využitím standardních panelů a 2 varianty s využitím tenkovrstvých panelů. Vyhodnocení výše energetických úspor je následně znázorněno pro všechny 3 varianty v jedné tabulce.

## 4.1.1. Standardní panely

Před začátkem technického návrhu instalace standardních panelů na střechu objektu bylo nutné zjistit, zda by střecha přepočtené zatížení na  $\text{m}^2$  byla schopna unést. Za tímto účelem byl proveden neveřejný posudek Ing. Petrem Matyášem, jehož závěr byl negativní [41]. Závěrem posudku je, že i když je zatížení instalace  $35 \text{ kg/m}^2$  a únosnost střechy  $50 \text{ kg/m}^2$ , instalací skloněných panelů dojde ke zdvojnásobení zatížení sněhem vlivem závějí. Konstrukce střechy je tedy pro instalaci takovýchto panelů nevyhovující. Další teoretickou možností bylo vynesení ocelové konstrukce nad dvoupatrové zákaznické parkoviště. Pro vynesení konstrukce ze země mezi budovou a parkovištěm ovšem není dostatečné místo a samotné parkoviště nemá zejména kvůli parkovací kapacitě dostatečnou únosnost.

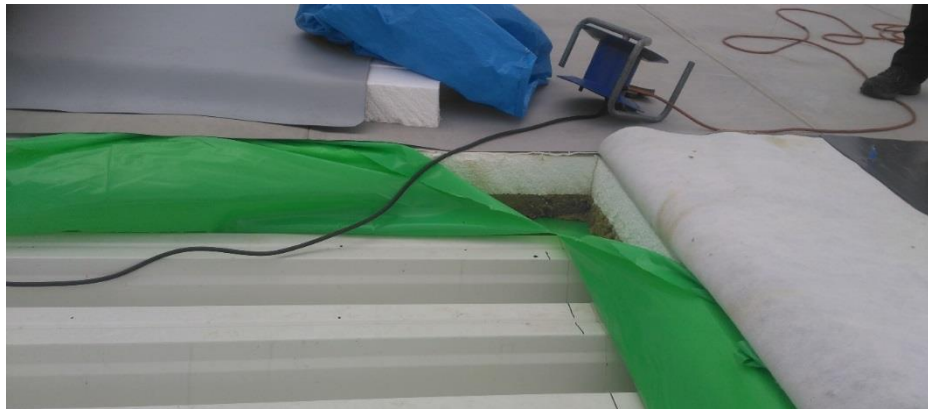
Pro umístění standardních fotovoltaických panelů tak zbývají pouze 2 lokace. Jedná se o část střechy nad průchozí pasáží, která je oproti zbytku střechy výrazně snižena. Má ovšem nižší únosnost a mnohem menší plochu. Maximální možný výkon umístitelný na ocelové konstrukce nad pasáž vyčíslil statik na 275 kWp. Posledním místem je zaměstnanecké parkoviště umístěné jihovýchodně od samotné budovy FAPO, nad které by bylo možné vynést konstrukci s panely, které by zároveň v létě poskytovaly zaparkovaným autům stín. Vzhledem k umístění, ploše parkoviště a výkonu stávajícího transformátoru je velikost FVE nad parkovištěm navrhována na 360 kWp. Cena podpůrné konstrukce byla odhadnuta na 1 000 000 Kč. Nejdůležitějšími parametry pro výběr standardních panelů byla z důvodu statiky váha a rozměry. Proto byl vybrán panel *Q-Cells 370W mono* s váhou 19,9 kg [42].

## 4.1.2. Tenkovrstvé panely 800 kWp

Vzhledem k problémům především s váhou standardních panelů uvažují následující 2 návrhy s velmi lehkými tenkovrstvými panely. V obou případech je počítáno s monokrystalickým panelem Das Energy 11X6 s výkonem 330 kWp a váhou necelých 6,6 kg [43]. V obou případech je ale také nutné vzhledem k velikosti instalace vyměnit stávající transformátor vysokého napětí za výkonnější. Cena za výměnu transformátoru za variantu o výkonu 1 000 kVA byla s využitím průměrných cen dopravní a technické infrastruktury obcí [44] odhadnuta na 1 000 000 Kč. Do investičních nákladů je dále započítána hodnota zmařené investice do stávající hydroizolace při její obnově před instalací výroby (jako zůstatková hodnota 5-ti leté zbývající životnosti). Hodnotu lze také případně připsat demontáži a montáži FVE při případné budoucí obnově hydroizolace střechy (příp. zateplení) po ukončení doby životnosti původní.

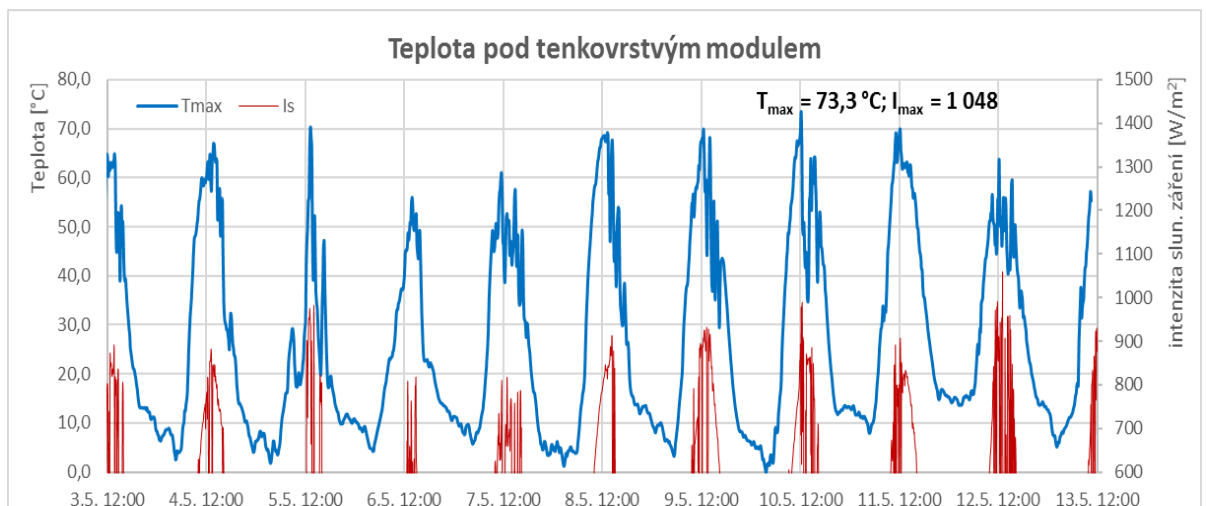
Velkou nevýhodou tenkovrstvých panelů je tepelné namáhání expandovaného polystyrenu ve skladbě střešní konstrukce. Samotná teplota šedé foliové HI může dosahovat  $65^\circ\text{C}$ , v extrému až  $70^\circ\text{C}$ . U hydroizolací blízkých černé barvě potom teploty dosahují až  $80^\circ\text{C}$ . Podobně na tom budou právě tenkovrstvé panely, u kterých provozní teplota při špičkovém slunečním ozáření může být 75 až  $80^\circ\text{C}$ . Tato hodnota zároveň představuje limitní teplotu pro expandovaný polystyren, nad kterou u něj dochází k podstatné změně struktury, ztrátě tvarové stability a požadovaných vlastností. Dle [45] snese bez dodatečného mechanického zatížení

pěnový polystyren krátkodobé teploty do 100 °C. Pokud je polystyren zatěžován tak teplota klesá na hranici 75 až 80 °C. Na následujícím obrázku je znázorněna stávající skladba střešní konstrukce pod hydroizolační folií.



Obrázek 9 Skladba střešní konstrukce pod hydroizolační folií

Tenkvrstvé panely jsou tak lehké (3-4 kg/m<sup>2</sup>), že jejich instalaci lze považovat za zanedbatelné zatížení. Pro ověření reálných teplot pod panely byl na izolaci provizorně instalován jeden tenkvrstvý panel, pod který byly umístěny 2 teplotní sondy. Pomocí dataloggeru byly pak teploty snímány v 10 minutových intervalech po dobu 10 dní. Ve sledovaném období se vyskytovaly i dny, které se dají přirovnat téměř k letním, kdy za jasné slunečné oblohy na území Prahy dosahovalo sluneční záření intenzity přes 1000 W/m<sup>2</sup> a teploty vzduchu dosáhly 27 °C. Právě v tento den byla zaznamenána nejvyšší dosažená teplota pod povrchem panelu a to 73,3 °C. Díky nízké váze panelů by tedy polystyren měl vydržet dosahované teploty bez dlouhodobé deformace. Průběh zaznamenaných teplot je znázorněn na následujícím grafu.



Graf 15 Teplota pod tenkvrstvým panelem

Z pohledu zvýšení teplotního zatížení vnitřních prostorů vlivem zvýšení povrchové teploty střechy lze konstatovat, že tepelná zátěž prostupem v rozsahu celé střechy (více než 25 tis. m<sup>2</sup>) představuje zátěž cca 200 kW, zatímco zvýšení teploty povrchu střechy cca o 15 °C při

instalaci 800 kWp v tenkovrstvých panelech představuje na 4 850 m<sup>2</sup> navýšení proti běžné tepelné zátěži o cca 20 kW. V celkovém měřítku instalovaného výkonu zdrojů chladu to tedy představuje zanedbatelný vliv.

V této variantě je navrhováno maximálně využít plochu střechy, protože tenkovrstvé panely mají oproti standardním nižší účinnost. Tenkovrstvé panely jsou také lepené přímo na hydroizolaci střechy a nelze tak zvolit úhel jejich natočení. Po zvážení všech vhodných míst, na které například nestíní navýšený kus střechy nebo VZT jednotky, je maximální možný výkon instalovaný na střechu budovy 800 kWp. Přibližné rozmístění panelů na střeše je shodné s následující navrhovanou variantou a je znázorněno na obrázku 10 (mimo panely umístěné na fasádě budovy).

### 4.1.3. Tenkovrstvé panely 1 000 kWp

Poslední varianta počítá s identickou instalací tenkovrstvých panelů jako v předchozí variantě doplněnou o dalších 200 kWp umístěných na fasádě budovy. Opět se počítá s výměnou transformátoru a zmařenou investicí do hydroizolace. Přibližné umístění panelů v této variantě je znázorněno na následujícím obrázku. Velikost instalace na fasádě budovy je omezena zejména dostupnou plochou.



Obrázek 10 Umístění FV panelů 1 000 kWp

### 4.1.4. Vyčíslení energetických úspor FVE

Energetické úspory jsou vyčísleny pro všechny 3 navrhované varianty FVE. Vzhledem k vysoké spotřebě EE obchodních jednotek je navrženo sloučení všech odběrných míst EE pod FAPO a tím zvýšení spotřeby, kterou lze pokrýt výrobou FVE. Úspory všech variant jsou tedy vyčísleny pro současný stav i pro sloučená odběrná místa.

Moderní fotovoltaické panely mají udávanou dobu životnosti 20-25 let. Výrobce vybraných standardních panelů garantuje lineární pokles do 85 % výkonu po dobu 25 let, u tenkovrstvých panelů dokonce 40 let. Z toho důvodu byla zvolena vyšší doba životnosti panelů 25 let. Pokles výkonu po prvním roce používání je u obou panelů 2 procentní body a pro další roky 0,5 procentního bodu pro standardní panely a 0,25 procentního bodu pro tenkovrstvé panely [42] [43].

#### 4.1.4.1. Současný stav

Následující tabulka znázorňuje využití vstupní hodnoty a průběžné výsledky při výpočtu energetických úspor v prvním roce provozu všech variant FVE. Výroba FVE byla spočtena v programu PV\*SOL, ve kterém lze nastavit vstupní parametry elektrárny. Provozní náklady (opravy a údržba) byly odhadnuty jako 1 % z nákladů na panely a instalaci FVE. Tato roční položka může případně reprezentovat opravný fond, ze kterého by byly financovány větší opravy jako např. výměna měničů atd. Měrné investiční náklady včetně kompletní instalace byly dodavateli vyčísleny na 24 700 Kč/kWp pro standardní panely a 27 500 Kč/kWp pro tenkovrstvé panely.

Instalovaný výkon	kWp	635	800	1 000
Roční výroba jmenovitá	MWh/r	562	650	760
pro vl. spotřebu	MWh/r	399	418	444
pro dodávku do sítě	MWh/r	162	231	317
Využití inst. výkonu	h/r	885	812	760
Využití inst. výkonu pro vl. spotřebu	h/r	629	523	444
Výroba pro vl. spotř. ku celkové výrobě	%	71%	64%	58%
Výroba pro dod. do sítě ku celkové výrobě	%	29%	36%	42%
<b>Investiční náklady</b>				
<b>Investiční náklady celkem</b>	<b>kKč</b>	<b>18 485</b>	<b>26 100</b>	<b>31 800</b>
měrné investiční náklady FVE	kKč/kWp	24,70	27,50	27,50
Hodnota zmařené investice do hydroizolace	kKč	0	1 100	1 100
investiční náklady TS	kKč	0	1 000	1 000
investiční náklady projektová příprava	kKč	1 800	2 000	2 200
investiční náklady ocelová konstrukce	kKč	1 000	0	0
<b>Přínosy</b>				
<b>Přínosy</b>	<b>kKč/r</b>	<b>1 318</b>	<b>1 473</b>	<b>1 668</b>
Úspora nákupu el. ze sítě	kKč/r	1 074	1 125	1 193
<i>Cena el. pro vl. spotřebu</i>	<i>Kč/KWh</i>	<i>2,69</i>	<i>2,69</i>	<i>2,69</i>
prodej el. do sítě	kKč/r	244	347	475
<i>Cena el. pro dodávku do sítě</i>	<i>Kč/KWh</i>	<i>1,50</i>	<i>1,50</i>	<i>1,50</i>
<b>Provozní náklady</b>				
Provozní náklady (o&ú)	kKč/r	157	220	275
<b>Výše podpory</b>				
Způsobilé výdaje (dle výše inst. výkonu)	kKč	13 597	16 246	18 967
Míra podpory (ze způsobilých výdajů)	%	35%	35%	35%
<b>Výše podpory</b>	<b>kKč</b>	<b>4 759</b>	<b>5 686</b>	<b>6 638</b>

Tabulka 15 Energetické úspory při instalaci FVE, současný stav



Stejně jako úspory bude i snížení uhlíkové stopy bez sloučení odběrných míst nižší. Globální uhlíková stopa bude vlivem vyrobené zelené elektřiny nižší, ovšem v této práci je vyčíslena pouze uhlíková stopa obchodního centra, jemuž stopa klesne pouze spotřebovanou zelenou elektřinou. Snížení uhlíkové stopy vlivem instalace FVE o všech uvažovaných výkonech je znázorněno v následující tabulce.

FVE, současný stav			
Výkon [kWp]	635	800	1 000
Úspora EE [MWh]	399	418	444
Snížení uhlíkové stopy EE	214	224	237

Tabulka 16 Snížení uhlíkové stopy vlivem FVE, současný stav

#### 4.1.4.2. Sloučení odběrných míst

Sloučení odběrných míst obchodních jednotek pod provozovatele FAPO by zvýšilo spotřebu EE, kterou lze pokrýt výrobou FVE a zlepšilo tak ekonomiku celé investice. Nájemné by se zvedlo o cenu EE a provozovatel by z instalace FVE více benefitoval. Oproti současnému stavu účtování EE se roční přínosy sloučením odběrných míst do jednoho zvedly o 15-20 %, v závislosti na velikosti instalace, kdy nejvíce benefitovala varianta 1 000 kWp.

Instalovaný výkon	kWp	635	800	1 000
<b>Roční výroba jmenovitá</b>	<b>MWh/r</b>	<b>562</b>	<b>650</b>	<b>760</b>
pro vl. spotřebu	MWh/r	561	644	735
pro dodávku do sítě	MWh/r	1	5	26
Využití inst. výkonu	h/r	885	812	760
Využití inst. výkonu pro vl. spotřebu	h/r	884	806	735
Výroba pro vl. spotř. ku celkové výrobě	%	100%	99%	97%
Výroba pro dod. do sítě ku celkové výrobě	%	0%	1%	3%
<b>Investiční náklady</b>				
<b>Investiční náklady</b>	<b>kKč</b>	<b>18 535</b>	<b>26 095</b>	<b>31 795</b>
Měrné investiční náklady FVE	kKč/kWp	24,70	27,50	27,50
Hodnota zmařené investice do hydroizolace	kKč	0	1 100	1 100
investiční náklady TS	kKč	0	1 000	1 000
investiční náklady projektová příprava	kKč	1 850	1 995	2 195
investiční náklady ocelová konstrukce	kKč	1 000	0	0
<b>Přínosy</b>				
<b>Přínosy</b>	<b>kKč/r</b>	<b>1 510</b>	<b>1 742</b>	<b>2 015</b>
Úspora nákupu el. ze sítě	kKč/r	1 509	1 734	1 977
<i>Cena el. pro vl. spotřebu</i>	<i>Kč/kWh</i>	<i>2,69</i>	<i>2,69</i>	<i>2,69</i>
prodej el. do sítě	kKč/r	1	8	38
<i>Cena el. pro dodávku do sítě</i>	<i>Kč/kWh</i>	<i>1,50</i>	<i>1,50</i>	<i>1,50</i>
<b>Provozní náklady</b>				
Provozní náklady (o&ú)	kKč/r	157	220	275
<b>Výše podpory</b>				
Způsobitelné výdaje (dle výše inst. výkonu)	kKč	13 597	16 246	18 967
Míra podpory (ze způsobilých výdajů)	%	35%	35%	35%
<b>Výše podpory</b>	<b>kKč</b>	<b>4 759</b>	<b>5 686</b>	<b>6 638</b>

Tabulka 17 Energetické úspory při instalaci FVE, sloučení odběrných míst

Spotřebováním většího množství zelené elektřiny oproti elektřině z uhléhného zdroje svoji uhléhnou stopu FAPO sníží více než v předchozí variantě. Konkrétní hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce.

<b>FVE, sloučení odběrných míst</b>			
Výkon [kWp]	635	800	1 000
Úspora EE [MWh]	561	644	735
<b>Snížení uhléhnové stopy EE</b>	<b>300</b>	<b>345</b>	<b>393</b>

*Tabulka 18 Snížení uhléhnové stopy vlivem FVE, sloučená odběrná místa*

Další možností jak zvýšit přínosy FVE oproti současnému stavu účtování EE je koncept energetické komunity. FAPO by spolu se všemi OJ vytvořilo energetickou komunitu, v rámci které by vyrobené přebytky energie z FVE právě nájemním jednotkám obchodně prodával za nižší cenu, než za kterou ji mohou nakoupit od svého dodavatele. Fyzicky nelze říct, kdo vyrobenou energii skutečně spotřeboval, jde jen o finanční vyrovnání. V ČR je tento systém legislativně teprve připravovaný, ale například v Rakousku či Německu už funguje [46].

## 4.2. Obnova VZT jednotek

V rámci obnovy VZT jednotek bude navržena maximalistická a minimalistická varianta. Maximalistická varianta uvažuje s komplexní obměnou VZT jednotek za nové, minimalistická varianta pak s repasí současných jednotek. Důležitý předpoklad pro VZT jednotky a vzduchové clony je převedení provozování a zodpovědnosti za technický stav na provozovatele FAPO, nikoliv na nájemce. V současném stavu by z energetických úspor EE benefitovali nájemci OJ a nikoliv provozovatel FAPO.

### 4.2.1. Maximalistická varianta

Maximalistická varianta zahrnuje výměnu současných VZT jednotek za nové se zpětným získáváním tepla (ZZT). Jednotky dále mají optimálně dimenzovaný vzduchový výkon (pro dodržování předepsané úrovně čerstvého vzduchu v závislosti na počtu zákazníků v prodejně) a výměníky tepla i chladu pro provoz s nízkopotenciálními zdroji energie. Optimální výkon byl stanovený z prodejní plochy, návrhového maximálního počtu zákazníků (max 1 osoba/5 m<sup>2</sup>) a minimálního množství čerstvého vzduchu na osobu. Minimální hodnota je stanovená vládním nařízením č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, na 25 m<sup>3</sup>/osobu [47]. Aby měly jednotky rezervní výkon pro případ poruchy, je počítáno s objemem 30 m<sup>3</sup>/osobu. Seznam vybraných jednotek se vzduchovými výkony a orientačními cenami je uveden v příloze 1. Stejně jako v minimalistické variantě by byla provedena úprava řídicího systému MaR pro automatickou regulaci v závislosti na úrovni CO<sub>2</sub>.

Parametry, využití pro výpočet ušetřené energie provedením maximalistické varianty, jsou uvedeny v následujících dvou tabulkách. Návrhový počet návštěvníků přímo závisí na prodejní ploše a minimálním prostorem pro jednoho zákazníka (5 m<sup>2</sup>). Důležitým

předpokladem výpočtu je úprava politiky otevřených dveří (posun teplotních hranic o 5° C), která by nájemce více motivovala k využívání VZT jednotek. Bez této úpravy by investice do nových VZT jednotek ztrácela smysl, protože v současném stavu jsou jednotky využívány velmi málo. Návrhový instalovaný výkon přímo závisí na počtu návštěvníků a minimálním množství čerstvého vzduchu (30 m<sup>3</sup>/os). Teploty v současném stavu byly zjištěny z technické dokumentace a teplota  $t_e$  byla přepočtena pomocí účinnosti ZZT. Koeficient využívání VZT v současném stavu, který se promítá do provozních hodin, byl stanoven s pomocí vybraných nájemců. Koeficient v návrhovém stavu byl stanoven vzhledem k požadované úpravě politiky otevřených dveří a instalaci ZZT na 100 %. Díky ZZT s 75 % účinností by instalace nových jednotek snížila potřebu tepla o 191 GJ ročně, ale spotřeba elektřiny by naopak kvůli zvýšenému využívání vzrostla o 98 MWh. Výpočet potřeby tepla na větrání, potažmo úspory tepla, byl proveden dle následujícího vztahu. Označení veličin spolu s jednotkami je uvedeno v následujících dvou tabulkách.

$$P_t = V_v \cdot \rho_v \cdot c_v \cdot (t_i - t_e) \cdot T_p \cdot 0,000001$$

Rovnice 3

Návrhový počet návštěvníků	4 821	osob
Minimální mn. č. vzduchu	30	m <sup>3</sup> /os
Hustota vzduchu $\rho_v$ [48]	1,25	kg/m <sup>3</sup>
Temp. kapacita vzduchu $c_v$ [49]	0,28	Wh/(kg*K)
Provozní hodiny	2 760	hod
Účinnost ZZT [50]	75 %	

Tabulka 19 Obecné vstupní parametry VZT

	Současný stav	Návrhový stav	Jednotka
Podíl č. vzduchu	25%	30%	
Instalovaný výkon	192 000	144 642	m <sup>3</sup> /h
Prodejní plocha	24 107	24 107	m <sup>2</sup>
Výměna vzduchu $V_v$	48 000	43 393	m <sup>3</sup> /h
$t_i$	20	20	°C
$t_e$	5	16	°C
Využívání VZT	30%	100%	
Provozní hodiny $T_p$	828	2 760	hod
Potřeba tepla na větrání $P_t$	216	162	MWh
Potřeba tepla na větrání	776	585	GJ
Měrný příkon ventilátorů	3 426	2 250	W/(m <sup>3</sup> /s)
Příkon VZT	183	90	kW
Spotřeba EE VZT	151	250	MWh/rok
Úspora TE		191	GJ/rok
Úspora EE		-98	MWh/rok
<b>Finanční úspora</b>		<b>-466 380 Kč</b>	

Tabulka 20 Parametry pro výpočet úspory energií maximalistické varianty

V tomto případě by vytápění probíhalo pomocí VZT jednotek spolu se vzduchovými clonami. Provoz vzduchových clon nelze vyloučit, protože provozovatel FAPO není ochoten kompletně upustit od politiky otevřených dveří a vzduchové clony tak musí být provozovány i nadále. Za těchto podmínek při současných cenách by toto opatření nejenom nepřineslo žádné úspory, ale dokonce by ročně stálo přibližně o 460 000 Kč více. Výpočet NPV ani výpočet snížení uhlíkové stopy není v tomto případě nutný, protože opatřením by nebyly dosaženy žádné úspory a lze ho jednoznačně zamítnout.

## 4.2.2. Minimalistická varianta

V minimalistické variantě je zamýšleno s instalací plynule regulovatelných EC ventilátorů do stávajících VZT jednotek spolu s doplněním o ZZT výměníky. Dále by byly doplněny chybějící tlumiče hluku a řídicí systém MaR by byl rozšířen o zpětnou vazbu na senzor otevřených dveří, který by umožnil automatickou regulaci čerstvého vzduchu v závislosti na hodnotách CO<sub>2</sub>. Provedení této varianty je zamýšleno spolu s výměnou vzduchových clon, která bude popsána v další podkapitole. Nevýhodou této varianty je současné umístění VZT jednotek, které neumožňuje snadný přístup pro servis. Výpočet úspor byl proveden obdobně jako v maximalistické variantě s následujícími hodnotami. Koefficient využití VZT byl vzhledem k nesníženému instalovanému výkonu na rozdíl od maximalistické varianty stanoven v uvažované kombinaci s výměnou a provozem vzduchových clon o nižším tepelném výkonu na 60 %.

MIN	Současný stav	Návrhový stav	Jednotka
Podíl č. vzduchu	25%	30%	
Inst. výkon	192 000	192 000	m <sup>3</sup> /h
Prodejní plocha	24 107	24 107	m <sup>2</sup>
Výměna vzduchu	48 000	57 600	m <sup>3</sup> /h
t <sub>i</sub>	20	20	°C
t <sub>e</sub>	4,5	16,1	°C
Využívání VZT	30%	60%	
Provozní hodiny	828	1 656	hod
Potřeba tepla na větrání	216	129	MWh
Potřeba tepla na větrání	776	466	GJ
Měrný příkon ventilátorů	3 426	2 250	W/(m <sup>3</sup> /s)
Příkon VZT	183	120	kW
Spotřeba EE VZT	151	199	MWh/rok
Úspora TE		310	GJ/rok
Úspora EE		-47	MWh/rok
<b>Finanční úspora</b>		<b>-94 079 Kč</b>	

Tabulka 21 Parametry pro výpočet úspory energií minimalistické varianty

Dodavatel Stavoklima opět předběžně vyčíslil náklady této varianty na 8,5 mil. Kč bez DPH. Je tedy opět patrné, že toto opatření samotné nepřináší úspory. Nicméně toto opatření je zamýšleno v kombinaci s výměnou vzduchových clon o nižším tepelném výkonu. Při jejich provozu je tedy nutné rozdíl výkonu pokrýt právě VZT jednotkami.

V následující tabulce je znázorněno snížení uhlíkové stopy vlivem změny spotřeby energií s využitím emisních faktorů z kapitoly 2.4.

VZT, MIN		
Položka	Hodnota	Jednotka
Úspora TE	86,2	MWh
Úspora EE	-47,4	MWh
Snížení uhlíkové stopy TE	34	t CO <sub>2e</sub>
Snížení uhlíkové stopy EE	-25	t CO <sub>2e</sub>
<b>Celkové snížení uhlíkové stopy</b>	<b>9</b>	<b>t CO<sub>2e</sub></b>

Tabulka 22 Snížení uhlíkové stopy minimalistickou obnovou VZT jednotek

### 4.3. Obnova vzduchových clon

Po konzultaci s technickým správcem objektu byl učiněn závěr, že vzduchové clony přichází do stavu, kdy bude nutné řešit jejich technický stav. Zejména pak nutnost výměny poruchových ventilátorů, pro které se po 15 letech od výroby obtížně shánějí náhradní díly, které se na trhu nacházejí za nepřiměřeně vysoké ceny. V současnosti o přesném stavu clon nemá FAPO dokonalý přehled, jejich servisní povinnost je přenesena na nájemce OJ a ti tyto činnosti do určité míry mohou zanedbávat. Stejně jako pro VZT jednotky platí stejný předpoklad převedení provozování a servisování na provozovatele FAPO. Regulace chodu vzduchových clon je pouze třístupňová a především manuální, bez vazby na otevření dveří, a závisí tedy pouze na lidském faktoru obsluhy. U cca 100 OJ je tak téměř jisté, že ne všichni tato zařízení provozují optimálně a vzniká tak významný prostor pro neefektivitu v provozu.

Při průzkumu provozních stavů vzduchových clon bylo zjištěno, že většina clon je provozována na první nebo druhý výkonnostní stupeň ze tří. Třetí výkonnostní stupeň je dle zaměstnanců velmi hlučný, což bylo při návštěvě vybraných jednotek potvrzeno. Většina jednotek je tedy provozována na 50 až 75 % průtoku vzduchu z nominálních 4 200 m<sup>3</sup>/hod.

Tento stav podporuje myšlenku postupné obnovy clon za nové. FAPO preferuje při nových instalacích změnu koncepce s umístěním vzduchových clon do nově budovaných podhledů. Stejně jako u VZT jednotek je vhodné předpokládat provoz vzduchových clon s nižším teplotním spádem topné vody (60/40 °C), a současně tak akceptovat mírně nižší teplotu vyfukovaného vzduchu na výstupu z clony. Podle návrhových hodnot clon dodavatele Stavoklima [51] by teplota na výstupu za těchto teplotních podmínek dosahovala hodnot mírně přes 30 °C, což je stále velmi komfortní hodnota. Naopak snižování teplot topné vody, a tím výkonu clon, povede k omezení celkového požadovaného výkonu na zdroji tepla a současně

také k omezení spotřeby tepla. Na straně nájemců OJ tak při sníženém výkonu clony nebude docházet k využívání clon pro neefektivní a nerovnoměrné vytápění prostoru.

V návrhu jsou uvažovány clony Stavoklima Econ-C III 200 N EC se vzduchovým výkonem 4 150 m<sup>3</sup>/hod, tepelným výkonem 22,1 kW (v současnosti 27,5 kW) a výstupní teplotou vzduchu 30-35 °C. Uvedené údaje jsou platné pro teplotní spád 60/40 °C a vstupní teplotu vzduchu 22 °C [51]. Jedná se o vzduchovou clonu s EC motorem a plynulou regulací otáček. Pro optimální chod jednotek by měla mít regulace nastavenou vazbu na otevření obou křídel dveří s pomocí magnetického kontaktu. Zároveň by všechny clony měly být připojeny do řídicího systému MaR. Pro dosažení co nejdelší doby životnosti vzduchových clon je doporučeno, aby byly clony provozovány a servisovány provozovatelem objektu. Tím se mimo jiné zajistí lepší přehled nad provozním nastavením clon a umožní se začlenění do energetického managementu. Je očekáváno, že zvýšení nákladů na provoz a servis jednotek se promítne do nájemních cen OJ a provozovateli tak nevzniknou dodatečné náklady.

Dle předběžné cenové nabídky dodavatele Stavoklima by byl náklad na náhradu clon včetně montáže 11 mil. Kč bez DPH. Jedná se o 90 clon, protože 12 clon bylo již vyměněno z důvodu špatného technického stavu. Pro určení ročního spotřebovaného tepla vzduchovými clonami bylo využito charakteru vytápění v objektu a s pomocí technického správce a vybraných nájemníků bylo odhadnuto, že 70 % celkového tepla je spotřebováno na vytápění pomocí vzduchových clon. Zbýlých 30 % tepla se dělí mezi centrální VZT jednotky využívané ve společných prostorách a VZT jednotky v OJ. Spotřebovanému teplu odpovídá přibližně 733 hodin provozu na plný výkon ročně. Předpokladem této varianty je opět posunutí teplotních hranic politiky otevřených dveří o 5 °C. Tomuto posunu odpovídá dle průměrných denních teplot v jednotlivých měsících v Praze [52] úspora přibližně 20 % času provozu vzduchových clon. V návrhovém stavu by tedy byly clony provozovány přibližně 713 hodin ročně oproti původním 733. Snížením výkonu clon hodiny vzrostou, ale úpravou politiky otevřených dveří naopak klesnou. Výpočet úspor TE byl proveden jako součin instalovaného tepelného výkonu a doby využití maximálního výkonu. Výpočet úspor EE byl proveden obdobně jako v případě VZT jednotek, tedy přes měrný příkon ventilátorů. Životnost clon byla dle údajů výrobce o provozních hodinách stanovena na 20 let. Náklady na údržbu se promítnou do nájmu OJ a není s nimi tedy počítáno. Parametry výpočtu a výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

	Současný stav	Návrhový stav	Jednotka
Instalovaný výkon	2 420	1 989	2 420
Využití instalovaného výkonu	733	713	733
Spotřeba TE	6 385	5 108	6 385
Měrný příkon ventilátorů	939	660	939
Průtok vzduchu	4 200	4 150	4 200
Příkon ventilátorů	112,89	78,37	112,89
Spotřeba EE	82,73	55,90	82,73
Úspora TE		1 277	
Úspora EE		26,83	
<b>Finanční úspora</b>		<b>926 891 Kč</b>	

Tabulka 23 Parametry pro výpočet úspory obnovou vzduchových clon

Jak lze z tabulky vidět, finanční úspora tohoto opatření je poměrně vysoká. Je nutné si ale uvědomit, že toto opatření nelze provést samotné. Nové vzduchové clony totiž nemají dostatečný tepelný výkon pro uspokojení všech OJ. Zároveň s výměnou vzduchových clon je tedy nutné provozovat i decentrální VZT jednotky, které ovšem v současném stavu vyžadují úpravy. Vhodné řešení, které by stále splňovalo tepelné požadavky nájemců, je výměna vzduchových clon spolu s minimalistickou obměnou VZT jednotek. V následující tabulce je znázorněno snížení uhlíkové stopy při obměně vzduchových clon.

Vzduchové clony		
Položka	Hodnota	Jednotka
Úspora TE	266,0	MWh
Úspora EE	23,3	MWh
Snížení uhlíkové stopy TE	142	t CO <sub>2e</sub>
Snížení uhlíkové stopy EE	14	t CO <sub>2e</sub>
<b>Celkové snížení uhlíkové stopy</b>	<b>156</b>	<b>t CO<sub>2e</sub></b>

Tabulka 24 Snížení uhlíkové stopy obměnou vzduchových clon

## 4.4. Alternativní zdroj tepla a chladu

Dalším opatřením s vysokým potenciálem finanční úspory a snížení uhlíkové stopy je nahrazení současného zdroje tepla tepelnými čerpadly. Výměna se musí obejít bez dotační podpory, protože současné dotační programy nepodporují změny, které zapříčiní snížení objemu odběru, nebo dokonce odpojení od SZT.

Výkon TČ je určen na základě následujících úvah a měření. Původní projektová dokumentace uvádí špičkový jmenovitý výkon zdroje tepla o hodnotě 5,65 MW. Z toho 3,21 MW představuje topný výkon pro VZT jednotky v OJ. Jak je uvedeno v předchozích kapitolách, VZT jednotky jsou provozovány spíše výjimečně. Většina zbylého výkonu 2,42 MW potom připadá na dveřní vzduchové clony, které jsou nekonceptně, navzdory svému původnímu účelu, provozovány zároveň jako jeden z hlavních zdrojů tepla pro vytápění OJ. Druhým doplňujícím zdrojem jsou vlastní instalované chladivové VRF a split systémy nájemců OJ.

V závěru kapitoly 3.2.3 byl uveden skutečný zjištěný stav provozního využití dveřních clon. Po přepočtení na základě vzorku téměř 50% OJ výsledky na celkové množství, vyjde za předpokladu výkonu vzduchových clon 20 kW (při kombinaci s obnovou vzduchových clon rezerva) (při 60/40°C) potřebný příkon zdroje tepla ve výši 900–1000 kW. Současně byl v několika dnech zaznamenáván odběr tepla v 3h intervalech a z něj poté stanoven průměrný odebíraný výkon z VS. Z výsledků je potom patrné, že při venkovních teplotách v rozmezí 0-3 °C docházelo k odběrům ve výši 800–1300 kW, což s uvedenými odhady potřeby výkonu pro pokrytí potřeby vzduchových clon s doplněním dalších potřeb (např. pro centrální VZT) v součtu poměrně dobře koresponduje. Hodnoty získané z provedeného měření jsou uvedeny v následující tabulce. Hodnota příkonu 3 060 kW byla vyřazena jako odlehlé pozorování.

Příčina až 3násobného odběru tepla v tomto období nebyla zjištěna, ale je možné, že došlo pouze k chybnému odečtení hodnoty technickou obsluhou areálu.

Datum	Čas odečtu	Vnější teplota [°C]	Průměrný příkon zdroje tepla přepočtený z 3h odečtů kalorimetru [kW]
<b>09.12.2021</b>	9:00	-0,1	
	12:00	-0,6	<b>780</b>
	15:00	~0	<b>980</b>
	18:00	~0	<b>1 060</b>
<b>11.12.2021</b>	9:00	~0	<b>480</b>
	12:00	~0	<b>1 290</b>
	15:00	~0	<b>930</b>
	18:00	~0	<b>1 300</b>
<b>12.12.2021</b>	9:00	~0	<b>260</b>
	12:00	~3	<b>3 060</b>
	15:00	~3	<b>390</b>
	18:00	~0	<b>170</b>

Tabulka 25 Měření průměrného příkonu zdroje

#### 4.4.1. TČ vzduch/voda + SZT

Návrhem tohoto opatření je instalace alternativního zdroje tepla a jeho provoz paralelně ke stávajícímu připojení k SZT. Z provedeného měření vyplývá, že v běžném provozu do teploty 0 °C postačuje průměrný hodinový tepelný výkon cca 1 MW. Špičkové odběry TE, které by následující návrh nedokázal pokrýt, by bylo možné krýt s využitím SZT.

Návrh modelově pracuje s centrálním tepelným čerpadlem typu vzduch/voda v podobě 4-trubkového chilleru se schopností souběhu režimů chlazení a topení. V návrhu je uvažováno s instalací dvou jednotek DAIKIN EWYD5504ZXR2 o jmenovitém tepelném výkonu 384 kW při 0 °C a topné vodě o teplotě 55 °C [53]. Tato konfigurace bude schopná pokrýt dodávku tepla v min. 75% času topné sezóny. Ve zbývajícím období podnulových teplot a špičkových odběrů bude dodávku tepla zajišťovat stávající zdroj tepla.

Pro výpočet úspor byly přijaty následující předpoklady:

- Snížení kapacity dodávky tepla ze SZTE o 1 MW ze současných 1,6 MW na budoucích 0,6 MW.
- Navýšení roční i měsíční kapacity odběru elektrické energie i technického maxima o 400 kW (výpočet s využitím topného faktoru, doplňuje se s instalací FVE).
- Sezónní topný faktor TČ SCOP stanoven na 2,65 dle následujícího výpočtu
- Životnost tepelného čerpadla 15 let [54]
- Fixní části plateb EE i TE jsou eskalovány spolu s inflací



TČ + SZT		
Tepelný výkon jednoho stroje při A7/W55	486	kW
COP stroje při A7/W55	3	-
Tepelný výkon jednoho stroje při A0/W55	384	kW
COP stroje při A0/W55	2,5	-
Tepelný výkon jednoho stroje při A-7/W52	207	kW
COP stroje při A-7/W55	1,5	-
<b>Odhadovaná sezónní hodnota COP - SCOP (při 70 % A0/W55, 25 % A0/W55 a 5 % A-7/W52 a za současné korekce o 5 % pro reálné podmínky provozu)</b>	<b>2,65</b>	<b>-</b>

Tabulka 26 Výpočet SCOP

Označení např. A7/W55 znamená teplotu vzduchu na vstupu do výparníku 7 °C a teplotu otopné vody z kondenzátoru 55 °C. V následující tabulce je znázorněn výpočet a průběžné výsledky celkové roční finanční úspory při instalaci dvou TČ vzduch/voda bez současného odpojení od SZT. Úspory jsou dosaženy z titulu snížení odběru TE a její nahrazení TE z tepelných čerpadel s topným faktorem 2,65. Úspory se zároveň dosáhne i snížením rezervované kapacity TE, a naopak zvýšením rezervované kapacity EE. Měrná cena zvýšení kapacity EE zahrnuje měsíční i roční rezervovanou kapacitu. Stejně jako v případě FVE byly započítány roční provozní náklady na údržbu a opravy ve výši 1 % z investičních nákladů. Tato položka může také být chápána jako rezervní fond na větší opravy či výměnu komponent TČ.

TČ + SZT		
Snížení odběru TE	6840,75	GJ
<b>Snížení odběru TE</b>	<b>3 967 635 Kč</b>	Kč
Zvýšení odběru EE	715,9	MWh
<b>Zvýšení odběru EE</b>	<b>1 925 693 Kč</b>	
Snížení rezervované kapacity TE	1	MW
Měrné náklady na snížení kapacity TE	1 289 000	Kč/MW/rok
<b>Snížení rezervované kapacity TE</b>	<b>1 289 000 Kč</b>	
Zvýšení roční rezervované kapacity EE	0,4	MW
Měrné náklady na navýšení kapacity EE	3 059 436	Kč/MW/rok
Roční provozní náklady	150 000	Kč
<b>Zvýšení rezervované kapacity EE</b>	<b>1 223 774 Kč</b>	
<b>Roční úspora</b>	<b>1 957 167 Kč</b>	

Tabulka 27 Výpočet úspor instalací TČ bez odpojení od SZT

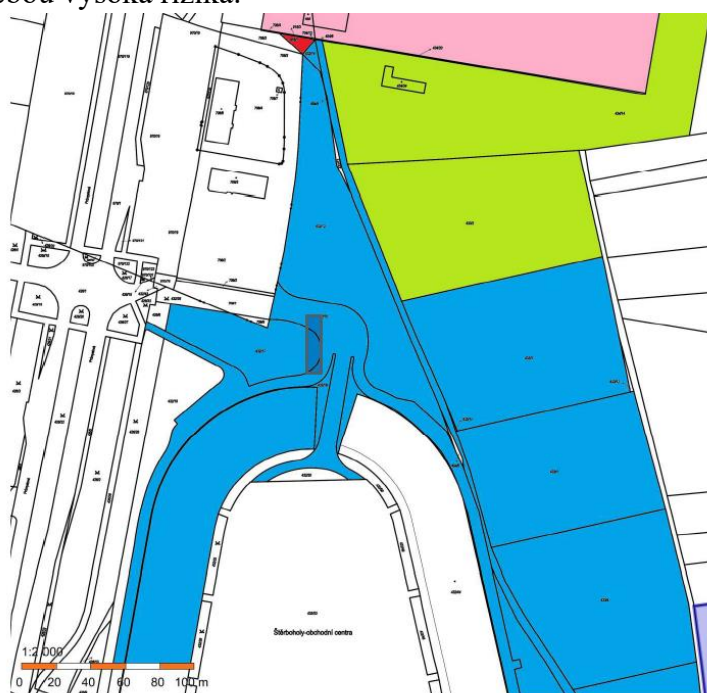
Snížení uhlíkové stopy vlivem provedení výše popisovaného opatření je vyčísleno v následující tabulce. Snížení bylo dosaženo nahrazením přímé spotřeby TE spotřebou EE s nižším emisním faktorem a zároveň využitím TČ s topným faktorem 2,65. Záporné znaménko v položce úspora EE znamená navýšení spotřeby vlivem využití TČ.

TČ + SZT		
Položka	Hodnota	Jednotka
Úspora TE	1 900,2	MWh
Úspora EE	-715,9	MWh
Snížení uhlíkové stopy TE	760	t CO <sub>2e</sub>
Snížení uhlíkové stopy EE	-383	t CO <sub>2e</sub>
<b>Celkové snížení uhlíkové stopy</b>	<b>377</b>	<b>t CO<sub>2e</sub></b>

Tabulka 28 Snížení uhlíkové stopy využitím TČ bez odpojení od SZT

## 4.4.2. Připojení k ZEVO Malešice

Jiný teoretický zdroj tepla by mohlo představovat přímé připojení na nedaleký areál ZEVO (zařízení na energetické využití odpadu) Malešice. Jednalo by se o ojedinělý projekt svého druhu a je spíše teoretický. ZEVO Malešice v současnosti dodává teplo do pražské teplárenské soustavy a přímému připojení by tak nemuselo být nakloněno. Připojení teoreticky možné je, protože Via Outlets Praha vlastní pozemky, které přímo sousedí s areálem ZEVO. Přípojka by byla dlouhá cca 400 m a náklady na její vybudování by muselo uhradit FAPO. Vzhledem k unikátnosti projektu je velmi těžké odhadnout případnou cenu TE. Velkým rizikem by byla stabilita dodávek energie a její samotná cena. Jedná se o zajímavý alternativní návrh zdroje tepla, který je ovšem pouze teoretický a jeho provedení by bylo velmi administrativně náročné a neslo by s sebou vysoká rizika.



- Via Outlets Praha s.r.o., Zamenhofova 440, 108 00 Praha 10
- Pražské služby, a.s., Pod šancemi 444/1, 190 00 Praha 9
- Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s., Sokolovská 42/217, 190 00 Praha 9
- HLAVNÍ MĚSTO PRAHA, Mariánské náměstí 2/2, 110 00 Praha 1

Obrázek 11 Katastrální mapa FAPO a ZEVO [55], upraveno

## 4.5. Instalace VTE

Dalším obnovitelným zdrojem je větrná energie. Větrné elektrárny budou více rozebrány, protože v blízkém okolí areálu FAPO se na střechách jiných objektů nachází hned 2 větrné elektrárny. Pro provoz malé VTE na střeše objektu ve městě se mezi nejdůležitější technické parametry řadí výkon při nominální rychlosti větru, náběhová rychlost a váha a hlavním ekonomickým parametrem je samozřejmě pořizovací cena. Při výběru vhodného modelu není důležité brát v potaz jenom udávaný výkon, ale výkon při nominální rychlosti větru. Výkon VTE je přibližně závislý na třetí mocnině rychlosti větru, jak je vidět z rovnice 1 pro výkon VTE. Tři turbíny se stejným výkonem 1 kW udávaným pro nominální rychlost 8, 10 a 12 m/s mají při skutečném větru 8 m/s reálné výkony přibližně 1 000 W, 500 W a 300 W. Při výběru je tedy zásadní minimalizace nominální rychlosti větru. Pro výkon VTE platí následující rovnice [56]

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 c_p$$

Rovnice 4

,kde P je výkon turbíny [W],

$\rho$  je hustota vzduchu [ $\text{kg/m}^3$ ],

A je plocha zametaná listy rotoru [ $\text{m}^2$ ],

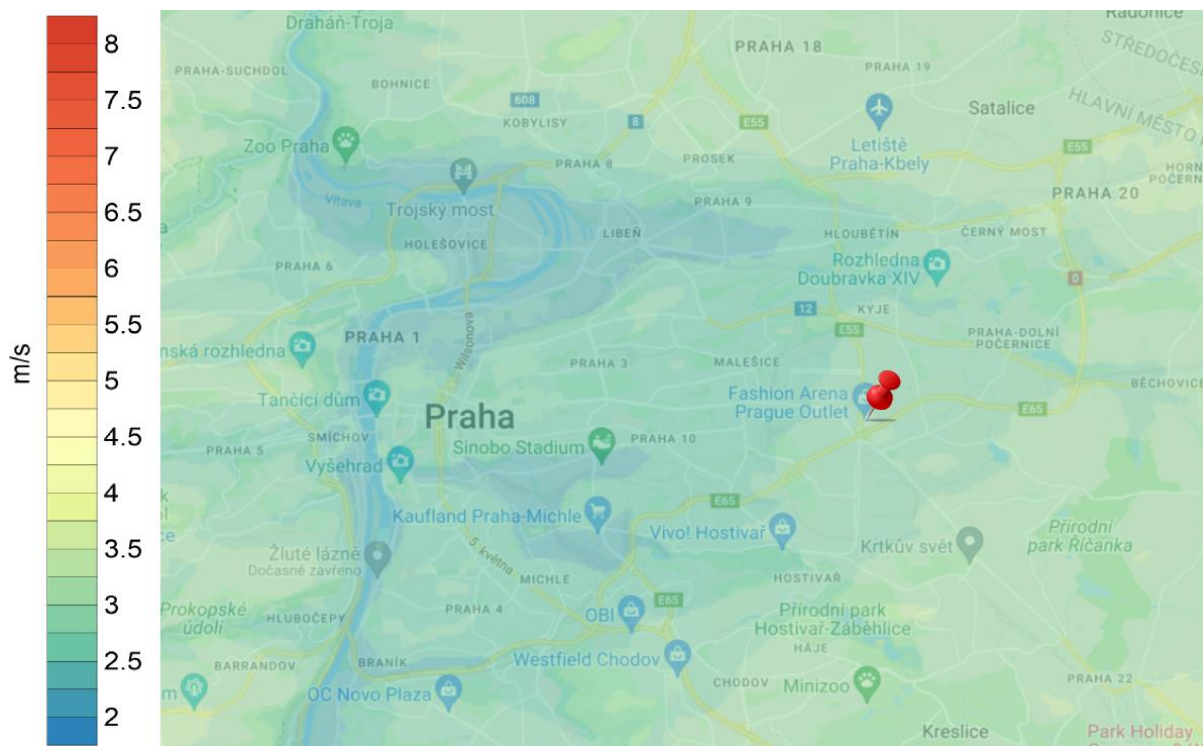
v je rychlost proudění vzduchu [m/s]

a  $c_p$  je součinitel výkonnosti [-].

Okamžitý výkon tedy závisí na třetí mocnině rychlosti větru a na všech ostatních parametrech lineárně. Součinitel výkonnosti  $c_p$  je jinak také označován jako Betzův koeficient. Znázorňuje, jaké množství kinetické energie větru je možné přeměnit na mechanickou energii, která otáčí rotorem generátoru. Jeho teoretická maximální hodnota je 0,59, přesněji  $\frac{16}{27}$ , a dnešní větrné turbíny dosahují přibližně 75 až 85 % této hodnoty [57].

Při nižších průměrných rychlostech větru v oblasti instalace je také důležitá náběhová rychlost turbíny. Aby se listy roztočily a generátor začal přeměňovat mechanickou energii na elektrickou je tedy zapotřebí alespoň minimální rychlosti větru, která je nazývána náběhová rychlost turbíny. Stejně jako v případě nominální rychlosti větru je žádoucí tento parametr minimalizovat, zvláště ve městech. Při instalaci VTE na střechu objektu je kvůli statické důležitosti i váha celé sestavy.

Pro jakýkoliv odhad množství vyrobené elektřiny je nutné znát průměrnou roční rychlost proudění větru. Tato informace byla získána přesně pro objekt FAPO z větrné mapy ČR Ústavu fyziky atmosféry. Ta uvádí, že pro výšku instalace 10 m nad zemí (střed rotoru), je průměrná roční rychlost větru v této oblasti přibližně 3 m/s. Vzhledem k tomu, že uvažovaná instalace by mohla být umístěna výše než 10 m nad zemí, bude z důvodu absence dat v jiných výškách odhadnuta průměrná rychlost ve větší vzdálenosti od země na 5 m/s. Při výpočtu budou tyto rychlosti, tedy 3 m/s a 5 m/s, brány v potaz jako nízký a vysoký scénář. Na obrázku 1 je větrná mapa Prahy, červený špendlík značí polohu FAPO.



Obrázek 12 Větrná mapa Prahy [58], upraveno

Komerčně dostupné a rozšířené varianty turbín se dělí na 2 skupiny, a to na turbíny s horizontální nebo s vertikální osou otáčení. Turbíny s horizontální osou otáčení mají oproti podobně výkonným turbínám s vertikální osou otáčení vyšší náběhové rychlosti. Z důvodu nižších průměrných rychlostí větru v obydlených oblastech je náběhová rychlost důležitým faktorem. Turbíny s vertikální osou otáčení jsou také méně citlivé na změny proudění větru. Ve městech se často vyskytuje turbulentní a chaotické proudění, a to je další důvod, proč jsou turbíny s vertikální osou otáčení vhodnější k využití ve městech a na střechách objektů [59]. Turbíny s horizontální osou otáčení o vyšším výkonu vyžadují delší listy, což výrazně zvedá váhu celé sestavy, která pak již nemusí být vhodná k umístění na střechy. Z těchto důvodů je v následujícím porovnání vybrána pouze jedna VTE s horizontální osou otáčení a 3 s vertikální osou.

Komerčně dostupné jsou pouze turbíny s velmi nízkým výkonem při nízkých průměrných rychlostech větru v uvažované oblasti. V následující tabulce jsou uvedeny 4 varianty VTE, které je možné instalovat na střechy, přičemž pro typ SS by bylo v případě ekonomické výhodnosti potřeba ověřit reálnost jeho instalace na střechu. Varianty jsou znázorněny na obrázcích 6 až 9 a jejich parametry v tabulce 7. H značí horizontální osu otáčení a V vertikální osu otáčení.

Typ	HY	SS	Atlas	DOMUS
Osa otáčení	H	V	V	V
Výkon při v=3 m/s [W]	30	200	150	200
Výkon při v=5 m/s [W]	100	1 800	300	500
Náběhová rychlost [m/s]	2	2,5	2	1,6
Roční výroba (3 m/s) [kWh]	50	350	250	350
Roční výroba (5 m/s) [kWh]	175	3 000	525	900
Váha [kg]	32	205	24	14
Cena za komplet	31 000 Kč	265 000 Kč	42 000 Kč	40 000 Kč

Tabulka 29 Varianty VTE a jejich parametry



Obrázek 13 VTE HY 1 kW [60]



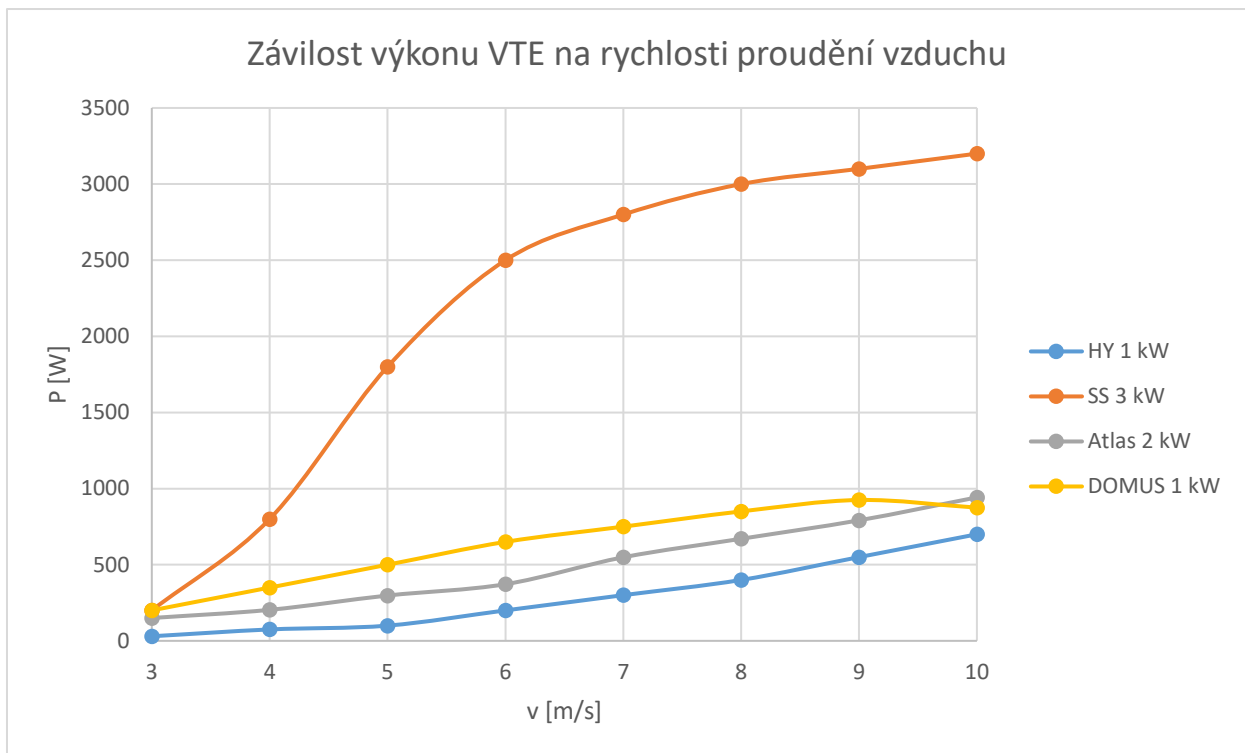
Obrázek 15 VTE Atlas 2 kW [62]



Obrázek 14 VTE SS 3 kW [61]



Obrázek 16 VTE DOMUS 1kW [63]



*Graf 16 Závislost výkonu VTE na rychlosti proudění vzduchu*

V grafu 3 je znázorněná závislost okamžitého výkonu na rychlosti proudění vzduchu. Rychlost vzduchu je v grafu vynesena pouze do 10 m/s, protože většina turbín, kromě turbíny Atlas, už s vyšší rychlostí nedosahuje vyšších výkonů. Rychlost proudění více než 10 m/s se v této oblasti vyskytuje pouze velmi krátkodobě a pro porovnání je tedy zanedbatelná [64]. Z grafu lze vidět, že při zvolených scénářích, tedy 3 a 5 m/s, vychází technicky nejlépe 3kW turbína SS. Při nízkém scénáři rychlosti větru 3 m/s dosahují všechny turbíny srovnatelného velmi nízkého výkonu. Je téměř jasné, že pro tyto hodnoty rychlosti větru nebude žádná z turbín rentabilní. I při vysokém scénáři, tedy konstantním proudění větru o rychlosti 5 m/s, dosahuje turbína SS odhadovaného výkonu pouze 1 800 W, kdežto ostatní turbíny výkonů od 200 do 650 W. Cena instalace této VTE se ovšem pohybuje v řádů jednotek statisíců a lze tedy předpokládat, že takovýto výkon nebude pro rentabilitu dostačující. To bylo podpořeno rychlým výpočtem s využitím vyrobené energie ve vysokém scénáři s nejvyššími cenami elektřiny (2023) po celou dobu životnosti. Ani v tomto extrémně optimistickém případě žádná z variant není ekonomicky rentabilní.

Typ	HY	SS	Atlas	DOMUS
NPV	-23 415 Kč	-134 980 Kč	-19 246 Kč	-994 Kč

*Tabulka 30 Rentabilita VTE*

## 4.5.1. Nové technologie VTE

V současné době se vyvíjí více nových typů malých větrných turbín, které mohou být oproti současným typům vhodnější k využití na střechách budov ve městech. Jak již bylo řečeno, problém využití malých větrných turbín ve městech je především nízká průměrná rychlost proudění vzduchu a také přítomnost turbulentního a chaotického proudění vzduchu způsobené okolními budovami. I přes to, že pro využití ve městech jsou vhodnější turbíny s vertikální osou otáčení, bude v následujícím přehledu nových technologií VTE uvedena i jedna turbína s horizontální osou pro porovnání.

### 4.5.1.1. O větrná turbína

Mezi nově vyvíjené turbíny s vertikální osou otáčení patří například tzv O turbína. Její klíčová výhoda oproti konvenčním turbínám s vertikální osou spočívá ve schopnosti zachytávat a přeměňovat kinetickou energii vzduchu proudícím všemi směry. Není k tomu zapotřebí žádný mechanismus, který by vhodně nakláněl turbínu v reakci na směr proudění větru. Samotný sférický tvar turbíny a jejich „lopatky“ umožňuje její otáčení kolem jedné nehybné osy. Pro mechanický pohyb využívá turbína Bernoulliho rovnici. „Lopatky“ turbíny mají velké vstupní otvory a menší výstupní otvory, což vytváří rozdíl tlaků způsobující mechanický pohyb. Rozmístění vstupních otvorů zaručuje využitelnost větru ze všech horizontálních i vertikálních směrů [65].

Turbína bude schopná generovat menší výkon, ale zároveň zabírá velmi málo místa. Vhodné místo pro umístění turbíny je dle vynálezců například balkón vícepodlažního domu. Přijatelné místo na střeše FAPO by tedy bylo například vysoko na vnější hraně pláště budovy. Pro smysluplné hodnoty vyrobené energie by bylo zapotřebí instalovat větší množství O turbín. Autoři konceptu O turbíny Yaseen Noorani a Nicolas Orellana za něj získali James Dyson award a plánují jeho další optimalizaci a později i uvedení na trh. Turbína je znázorněna na obrázku 12.

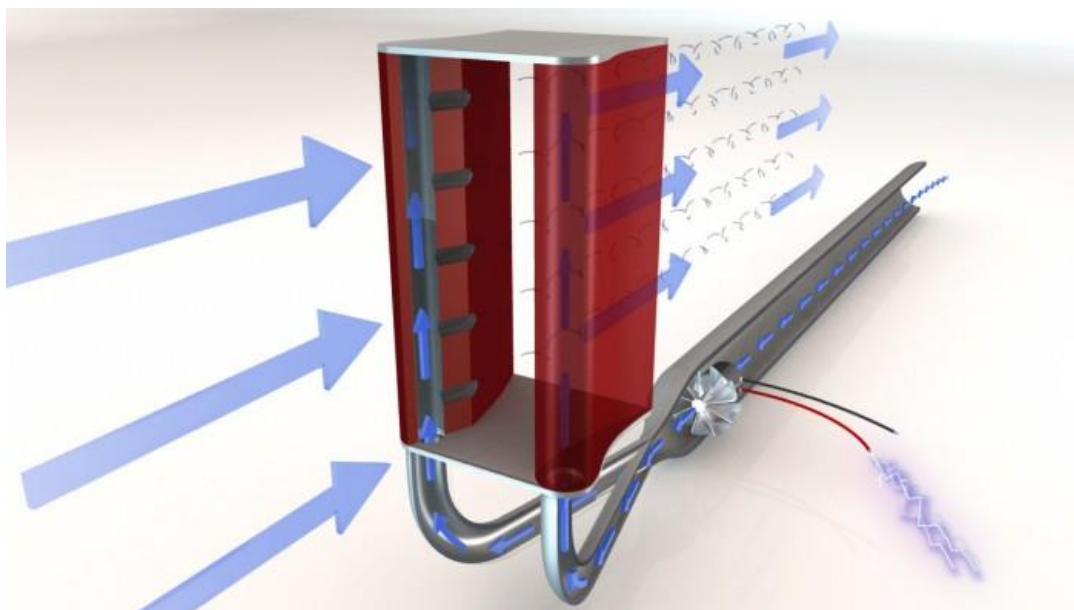


Obrázek 17 O větrná turbína [66]

## 4.5.1.2. Větrná turbína AeroMINE

Na jiném principu funguje větrná „turbína“ AeroMINE. MINE je zkráceně Motionless, Integrated Extraction, neboli bezpohybová integrovaná extrakce. Princip této turbíny je znázorněn na obrázku 11. Tvar bočních stěn AeroMINE způsobuje při proudění vzduchu změny tlaku, které následně způsobují aerodynamický vztlak, který je využíván například u letadel nebo u lopatek běžných větrných turbín s horizontální osou otáčení. V tomto typu turbíny jsou ovšem tyto aerodynamické kusy fixní a nerotují. Umístění dvou těchto kusů blízko k sobě způsobí zvýšení žádoucí aerodynamického vztlaku. Nízký tlak mezi oběma kusy nasává vzduch z malých děr, které jsou umístěny po celé jejich délce. Tyto díry jsou spojeny do jedné trubky o větším průměru, ve které se nachází samotná větrná turbína.

Díky svému designu dokáže AeroMINE využít energii větru z větší plochy, než dokáže samotná turbína s horizontální osou otáčení. Oproti standardním turbínám také generují méně hluku a vibrací a díky méně se pohybujícím částem vyžadují méně údržby. Další výhodou je, že na střeše zabírá AeroMINE málo prostoru. Při umístění více těchto jednotek na hranu střechy je tedy lze snadno kombinovat s fotovoltaickou elektrárnou. Velkou nevýhodou poté je absence natáčení lopatek. Tento typ turbíny umí tedy zachytávat proudění vzduchu pouze z jednoho směru. Stejně jako všechny turbíny zmíněné v této kapitole je ale i AeroMINE ve stádiu vývoje a budoucí přidání mechanismu natáčení tak není vyloučené [67].



Obrázek 18 Větrná turbína AeroMINE [68]

## 4.5.1.3. Větrná turbína Halo

Posledním typem nově vyvíjených větrných turbín je větrná turbína Halo, znázorněna na obrázku 10. Jedná se o klasickou turbínu s horizontální osou otáčení, která je doplněna o skruž. Ta zvětšuje svůj průměr ve směru proudění větru a způsobuje jeho zvýšení skrz plochu skruže, kterou zametají lopatky. Toto zvýšení rychlosti zaručuje zvýšení účinnosti, a tudíž i



zvýšení výroby. Stejně jako v případě turbíny AeroMINE je využit profil křídla, který způsobuje snížení aerodynamického tlaku. V případě turbíny Halo je tento profil křídla uzavřený do kruhového tvaru.



Obrázek 19 Větrná turbína Halo [69]

Výrobce uvádí, že turbína Halo je schopná vyrábět dvojnásobný až trojnásobný množství energie, jako konvenční turbína s horizontální osou otáčení o stejné délce lopatek bez aerodynamické skruže. Výrobce na svých stránkách prezentuje pouze jednu variantu turbíny Halo, a to o výkonu 6 kW při rychlosti větru 12 m/s, průměru lopatek 2,4 m a největším rozměrem skruže 3,7 m. Vzhledem k průběhu okamžitého výkonu v závislosti na rychlosti větru je ideální umístění turbíny oblast s vyššími rychlostmi proudění. Protože závislost této turbíny je konvexní, přinese například nárůst rychlosti větru z 11 m/s na 12 m/s větší přírůstek, než nárůst z 5 m/s na 6 m/s. Tento průběh, mechanismus uchycení a otáčení turbíny, ale také její kompaktní rozměry a vysoká účinnost, ji umožňuje k efektivnímu využití na telekomunikačních stožárech [69].

V současné době není tato turbína komerčně dostupná, na střeše FAPO ani na jeho pozemku se žádné telekomunikační stožáry nenacházejí a jejich případná konstrukce pouze pro instalaci větrné turbíny, případně většího počtu, by byla velmi nákladná. V případě budoucí dostupnosti produktu a instalace vhodného stožáru i pro jiné účely, by tato varianta mohla být rentabilní. Umístění této turbíny do výšky uvažované v kapitole 4.6. by při rychlosti větru 5 m/s zaručovalo dle výrobce roční výrobu přibližně 6 000 kWh, což by znamenalo při současných cenách úsporu přibližně 16 000 Kč ročně. Pro turbínu Halo zatím není známá pořizovací cena, ale vzhledem k jejímu maximálnímu výkonu a cenám podobně výkonných turbín lze předpokládat, že pro tyto rychlosti větru by investice nebyla rentabilní.

## 5. Určení ekonomických faktorů

Pro výpočet ekonomické efektivity navrhovaných opatření je nutné stanovení ekonomických faktorů a jejich průběh za dobu životnosti, které vhodně popisují navrhované opatření a stav okolního světa. Jedná se zejména o diskont, inflaci, průběh cen elektřiny a tepla a dostupné programy dotační podpory a podmínky pro jejich dosažení. Doba životnosti bude pro všechny varianty určena individuálně. Zhodnocení rentability variant bude provedeno ekonomickou analýzou, nikoliv finanční, takže vliv daní a např. ani odpisů v analýze není započítány.

### 5.1. Diskont

Diskont byl určen jako vážené náklady kapitálu mezinárodní firmy VIA Outlets B.V.. Pro výpočet byly využity hodnoty z New Yorkské univerzity od profesora Damodarana [70]. Dle [71] pracuje firma VIA Outlets s poměrem value to loan 30 – 40 %. Tento poměr byl ve výpočtu využit jako poměr debt ku equity, tedy cizího kapitálu k vlastnímu kapitálu. Pro výpočet byla vzhledem k absenci jiných dat využita střední hodnota, tedy 35 %. Pro výpočet WACC a poměrů D a E byly využity následující vzorce

$$WACC = \frac{E}{E+D} \cdot r_e + \frac{D}{E+D} \cdot r_d \cdot (1 - \tau)$$

*Rovnice 5*

$$r_e = r_f + MRP \cdot \beta_L$$

*Rovnice 6*

$$\beta_L = \beta_U \cdot \left[1 + \frac{D}{E} \cdot (1 - \tau)\right]$$

*Rovnice 7*

$$\frac{D}{E} = 0,35$$

*Rovnice 8*

$$D + E = 1$$

*Rovnice 9*

,kde WACC je vážená cena kapitálu [%]

E je poměrná část vlastního kapitálu z celkovém kapitálu [%],

D je poměrná část cizího kapitálu z celkovém kapitálu [%],

$r_e$  je cena vlastního kapitálu [%],

$r_d$  je cena cizího kapitálu [%],

$\tau$  je daňová sazba [%],

$r_f$  je bezrizikový výnos [%],

MRP je market risk premium (prémie za tržní riziko) [%],

$\beta_L$  je zadlužený koeficient beta,

$\beta_U$  je nezadlužený koeficient beta.

Nezadlužený koeficient  $\beta_U$  byl převzat od profesora Damodarana pro odvětví “apparel“, protože právě oblečení je nejvíce prodávanou položkou ve FAPO. Hodnoty pro ostatní odvětví, které by také bylo částečně možné uvažovat, se od odvětví apparel liší jen velmi málo. Byla využita zprůměrovaná data z let 2017–2019, protože hodnoty z následujících let jsou výrazně ovlivněny pandemií covid 19. V současné době si lze vzít podnikatelské půjčky od banky s úrokovými sazby přibližně mezi 8 a 10 %, cena cizího kapitálu  $r_d$  byla tedy stanovena jako 9 % [72] [73].  $\beta_U$  je rovna 1,02 a MRP pro Českou republiku 4,89 % [70]. Jako bezrizikový výnos byl využit výnos 10-letých státních dluhopisů ČR, které jsou v době poslední kontroly při psaní práce 4,63 % [74]. Vzhledem k tomu, že inflace bude namodelována jako konstantní hodnota, nebude se v průběhu let měnit ani bezrizikový výnos. Daňová sazba je rovna 19 %, protože i když firma VIA Outlets sídlí v Nizozemí, tak FAPO odvádí daně v ČR.

Výsledná hodnota WACC, a tedy používaný diskont, je 10,68 % a bude uvažována pro všechny navrhované varianty. ERÚ v návrhu cenového rozhodnutí o POZE pro rok 2022 uvádí WACC 6,12 % [75]. Výsledný WACC FAPO je vyšší, protože je při výpočtu používána hodnota nezadlužené bety pro jiné odvětví a zároveň bezrizikový výnos je v době psaní práce vyšší, než použilo ERÚ. ERÚ ve výpočtech používá hodnotu bezrizikového výnosu 2,04 a nezadluženou betu 0,58 pro obnovitelné zdroje energie. FAPO má ale jinou nezadluženou betu a tedy i jinou hodnotu vlastního kapitálu, protože její primární zdroj financí není podnikání s obnovitelnými zdroji energie. Všechna vstupní data nutná pro výpočet WACC jsou uvedena v následující tabulce.

Parametr	Hodnota
E	74 %
D	26 %
$r_e$	11,3 %
$r_d$	9 %
$\tau$	19 %
$r_f$	4,63 %
MRP	4,89 %
$\beta_U$	1,02
$\beta_L$	1,37
<b>WACC</b>	<b>10,68 %</b>

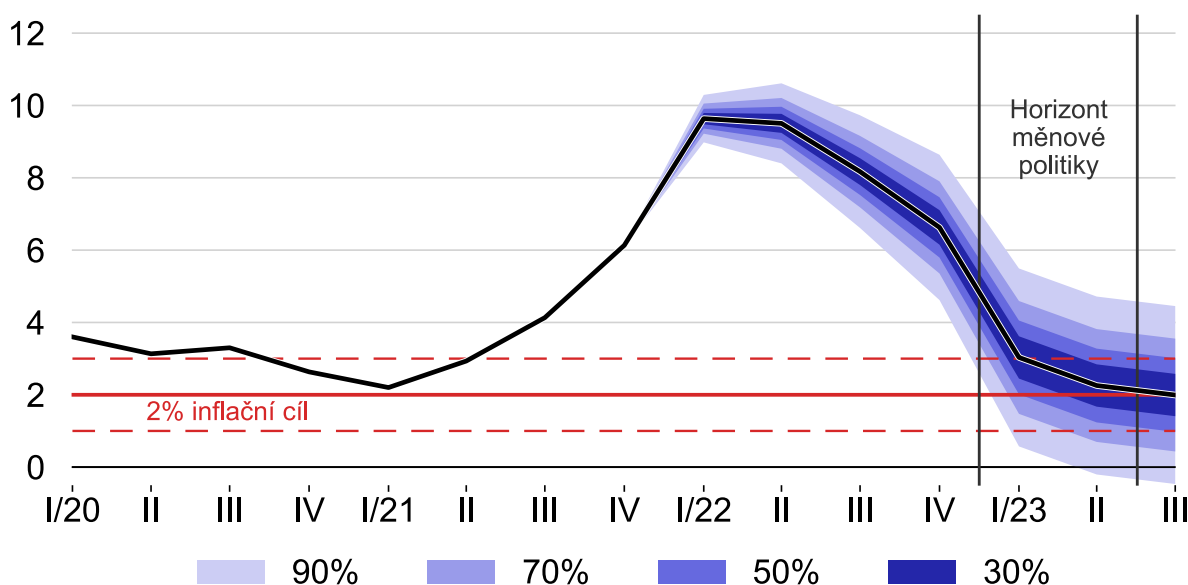
Tabulka 31 Vstupní data pro výpočet WACC

V případě, že by FAPO chtělo úsporná opatření financovat pouze z vlastních zdrojů by bylo vhodnější použít jako diskont cenu vlastního kapitálu  $r_e$ . Závislost výsledného NPV na zvoleném diskontu je diskutována v citlivostní analýze v kapitole 6.2.3.

## 5.2. Inlace

V době psaní této práce (jaro 2022) je odhadováno, že průměrná inflace v letošním roce dosáhne 12,3 % [76]. K takto vysokým hodnotám inflace významně přispívají ceny ropy, zemního plynu a elektřiny, ale také sankce, které uvaluje EU na Rusko v důsledku války s Ukrajinou. Tyto sankce pak negativně ovlivňují ekonomickou situaci v zemích EU.

Dle aktuální prognózy ČNB bude inflace v ČR v roce 2023 zpátky na předcovidových hodnotách, konkrétně 2,7 % [77]. V dalších letech bude ČNB usilovat o návrat inflace k dlouhodobému inflačnímu cíli 2 %. I přes to, že o dosažení a udržení tohoto cíle se ČNB snaží dlouhodobě, i předcovidová inflace dosahovala dle ČSÚ průměrně právě okolo 2,7 % [78]. Z těchto důvodů je v práci počítáno s konstantní inflací 2,7 %. Předpokládaný vývoj inflace do března roku 2023 je znázorněn na následujícím grafu. Poklesu inflace na hodnotu okolo 2,7 % do konce roku 2023 plánuje ČNB dosáhnout posílením kurzu a stabilizujícím vlivem měnové politiky skrze domácí poptávku. V horizontu měnové politiky je znázorněna pravděpodobnost, s jakou se inflace v tomto období bude nacházet ve vymezeném rozsahu. V posledních dvou kvartálech dosahuje rozsah přibližně  $\pm 2,5$  % a z toho důvodu bude v práci provedena citlivostní analýza na změnu inflace.



Graf 17 Prognóza vývoje inflace v ČR [77]

## 5.3. Eskalace cen elektřiny a tepla

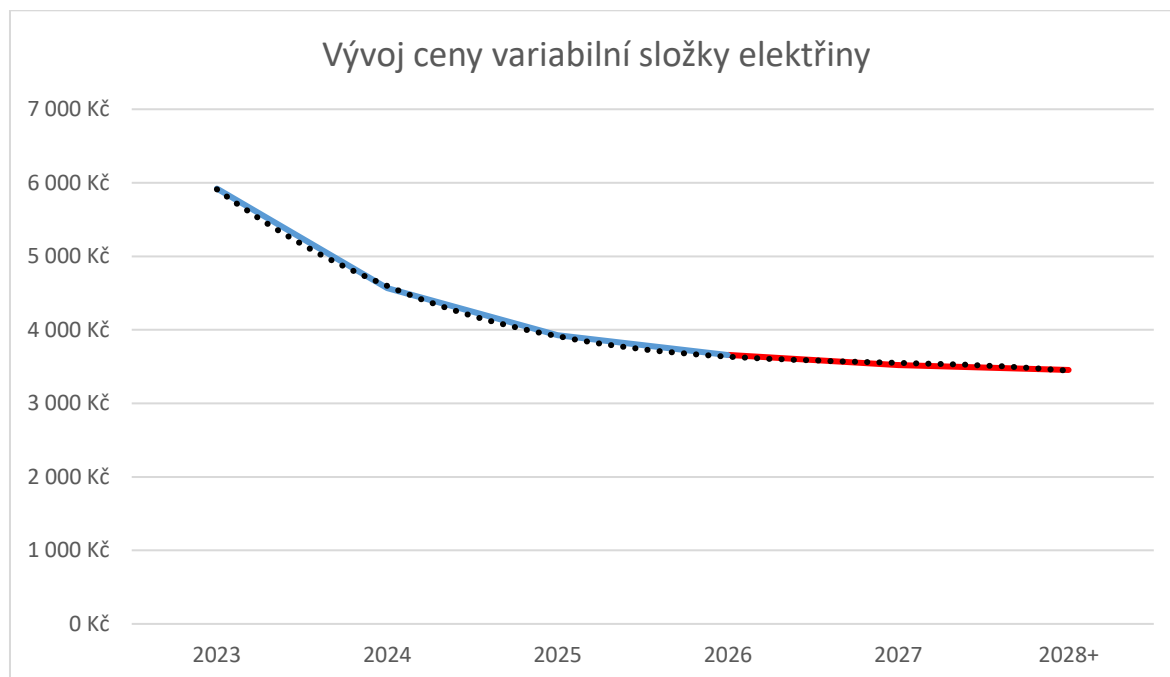
### Elektřina

Současná výhledová cena silové elektřiny od PRE (dodavatel pro FAPO) pro rok 2022 je 2 590 Kč/MWh. Při započtení zbylých poplatků za využití sítí atd. je výsledná variabilní složka 2 782 Kč/MWh. S využitím futures kontraktů na PXE byla určena cena silové elektřiny,

a zní po přičtení poplatků variabilní složka, až do roku 2026 [79]. Po zanesení do grafu meziroční poklesy cen odpovídaly proložení polynomem třetího stupně a z toho důvodu byly odhadnuty poklesy pro další 2 roky o 4, respektive 2 %. V grafu jsou známé futures ceny značeny modrou barvou a odhadnuté ceny barvou červenou. Jedná se o ceny včetně inflace. V následujících letech je už pokles velmi mírný a jakákoliv předpověď vývoje cen zatížena velkou chybou. Proto je od roku 2028 počítáno s konstantní cenou 3 454 Kč/MWh, která je meziročně eskalována pouze o inflaci. Je předpokládáno, že stejným tempem jako nákupní cena elektřiny se bude měnit i její výkupní cena. Fixní část ceny EE, pro výpočty je důležitá pouze cena rezervované kapacity, je eskalována spolu s inflací.

Rok	Variabilní složka [Kč/MWh]	Výkupní cena [Kč/MWh]	Relativní pokles oproti minulému roku
2023	5 921	3 302	-
2024	4 569	2 548	22,8%
2025	3 929	2 191	14,0%
2026	3 659	2 040	6,9%
2027	3 520	1 959	4%
2028+	3 454 + inflace	1 920 + inflace	2%

Tabulka 32 Vývoj ceny variabilní složky elektřiny



Graf 18 Vývoj ceny variabilní složky elektřiny

V objektu platí vysoký tarif od 6:00 do 22:00. Objekt je pro zákazníky otevřen od 10:00 do 20:00 a mimo interval od 8:00 do 21:00 (brzký příchod a pozdní odchod zaměstnanců) je spotřeba energií (elektřina i teplo) minimální. Spotřeba energií v objektu je v průběhu let

předpokládaná konstantní. Z těchto důvodů je pro účely úsporných opatření (FVE a TČ) v dalších kapitolách zanedbán nízký tarif a v této kapitole není více rozebírán.

## Teplo

Výhledová cena proměnné složky tepelné energie od Pražské teplárenské je v roce 2022 580 Kč/GJ [80]. Jak již bylo psáno v předchozích kapitolách věnujících se tepelné energii, většinu tepla odebírá Pražská teplárenská z EMĚ I., kde se vyrábí z hnědého uhlí, které není tak výrazně ovlivněno současným děním ve světě jako zemní plyn. Po turbulentním vývoji ceny v prvním kvartálu letošního roku (2022) se cena ustaluje, ale stále lze pozorovat mírný vzrůst [81]. Z toho důvodu bude cena tepla meziročně eskalována o 1 % nad inflaci. Fixní složka ceny TE je stejně jako v případě EE meziročně eskalována o inflaci.

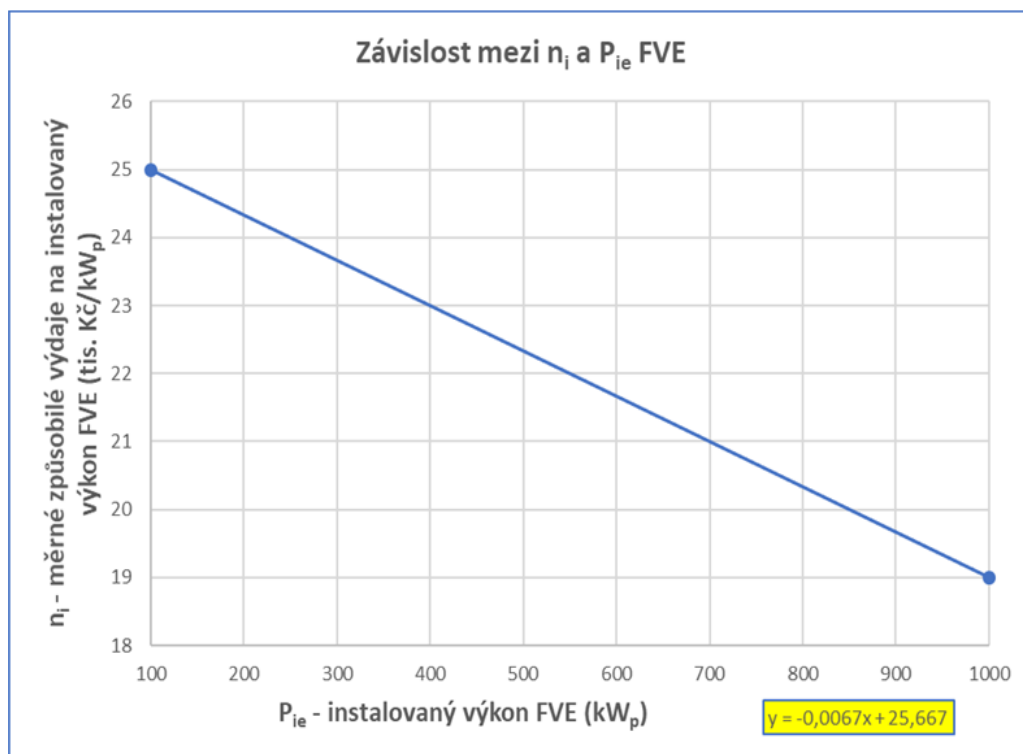
## 5.4. Dotační programy

Dotační program Nová zelená úsporám podporuje pouze rekonstrukce a novostavby rodinných a bytových domů, takže projektu úspor obchodního centra se tento program netýká [82]. Další dotační program Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost v době psaní této práce ještě nebyl spuštěn [83]. Pro získání dotace z Modernizačního fondu je pak zapotřebí podání předběžné žádosti, kterou FAPO v letošním roce nepodala. Podání předběžné žádosti bude znovu možné v dalším kole [84]. Posledním velkým programem je nově spuštěný (březen 2022) Národní plán obnovy. Ten je dle současného ministra průmyslu a obchodu Jozefa Síkela soustředěný zejména na fotovoltaické systémy bez i s bateriovým úložištěm [85]. V rámci tohoto plánu je s pomocí financí z EU připraveno téměř 200 miliard Kč, které mohou být alokovány všem podnikům v ČR, nezávisle na jejich velikosti. Program směřuje svoji podporu do 6 oblastí, ve kterých se nachází i tzv. Zelená tranzice, která mimo jiné obsahuje i obnovitelné zdroje, snižování spotřeby energií nebo zvyšování energetické účinnosti [85].

Využití dotačního programu se v rámci tohoto projektu týká pouze případné instalace fotovoltaické elektrárny. Program Obnovitelné zdroje energie, v rámci kterého bude možná i podpora větrných elektráren se v současnosti připravuje a jeho spuštění je plánované na říjen 2022 [86]. Instalace tepelného čerpadla není z důvodu výrazného omezení odběru či úplného odpojení ze systému SZT tímto programem podporována. Program naopak podporuje modernizaci a rozvoj rozvodů tepelné energie systému SZT [87]. Případná podpora z tohoto programu je formou investiční dotace, která je vyplácena ex-post, tedy až po dokončení realizace daného projektu. Žádosti o dotace jsou v roce 2022 otevřeny od 22. března do 30. června. U FVE se v rámci výše podpory jedná o jednotnou míru 35 % z celkových způsobilých výdajů. Za způsobilý výdaj může být uznán pouze takový výdaj, který vznikl po datu přijatelnosti projektu, tedy po dnu podání žádosti o podporu. Nelze tedy v letošním roce začít výstavbu FVE, žádost podat až v následujícím roce a požadovat vyplacení podpory na „způsobilé výdaje“ provedené před podáním žádosti. Dle [88] jsou za způsobilé výdaje považovány zejména inženýrské sítě, projektová dokumentace a samotná instalace FVE včetně panelů a nosné konstrukce. Způsobilé výdaje na inženýrské sítě jsou ve stejném dokumentu

popsány jako „Výdaje na modernizace a rekonstrukce rozvodů elektřiny související s instalací FV systému, včetně akumulace elektřiny“ a lze mezi ně tedy počítat investiční náklady na modernizaci TS v areálu objektu. Podpora FVE je omezena instalovaným výkonem zespoda 1 kWp a zezhora 1 MWp [85].

Pro výpočty je využita podpora z Národního plánu obnovy. Její výše se odvíjí od instalovaného výkonu. V intervalu výkonů od 100 kWp do 1 000 kWp se výše podpory řídí lineární interpolací vydanou Ministerstvem průmyslu a obchodu. Tato závislost i s rovnicí pro výpočet je znázorněna na následujícím grafu.



Graf 19 Závislost měrných způsobilých výdajů na instalovaném výkonu pro interval 100-1000 kWp [89]

## 6. Souhrn možných variant, jejich ekonomické zhodnocení a citlivostní analýzy

V následující kapitole jsou představeny všechny uvažované varianty složené z výše popsaných úsporných opatření. Vzhledem k interní politice VIA Outlets o udržitelném rozvoji vyslovilo vedení FAPO výrazný zájem o instalaci fotovoltaické elektrárny, pokud by to bylo ekonomicky výhodné. Z toho důvodu není uvažována varianta samotné instalace TČ, ale pouze v kombinaci s FVE. Všechny varianty FVE jsou navrhovány pouze se spojením odběrných míst, protože se při správném rozdělení nákladů na EE do nájmu OJ jedná o beznákladové opatření, které významně zlepšuje ekonomiku všech variant FVE, viz. kapitola 4.1.4.2. Pro porovnání je v ekonomickém zhodnocení uvedena tabulka, která porovnává NPV všech 3 samotných fotovoltaik s a bez sloučení odběrných míst. U všech variant s instalací FVE je uvažováno s dotací z Národního plánu obnovy.

Do variant nejsou zahrnuty opatření maximalistické obnovy VZT, instalace VTE ani připojení k ZEVO Malešice z důvodu příliš nízkých energetických úspor a velké rizikovosti a nejistotě v případě posledního opatření. V následující tabulce je uveden souhrn všech uvažovaných variant s odhadovanými investičními náklady a snížením uhlíkové stopy.

Číslo varianty	1	2	3	4	5	6	7
Popis opatření	FVE 635 kWp	FVE 800 kWp	FVE 1 000 kWp	FVE 635 kWp + TČ	FVE 800 kWp + TČ	FVE 1 000 kWp + TČ	Minimalistická repase VZT + obměna vzduchových clon
Investiční náklady [kkč]	18 485	26 100	31 800	33 485	41 100	46 800	17 500
Snížení uhlíkové stopy [t CO <sub>2e</sub> ]	300	345	393	677	722	756	165

Tabulka 33 Souhrn navrhovaných variant

Výsledné hodnoty ekonomických hodnotících parametrů NPV a IRR jsou uvedeny v následující tabulce. Tučně jsou zvýrazněny nejvýhodnější varianty bez a s instalací TČ. Při výše popsaných vstupních parametrech se ekonomicky vyplatí všechny varianty kromě FVE 1 000 kWp (varianta 3) a minimalistické repase VZT a obměny vzduchových clon (varianta 7). Varianta 7 by byla rentabilní až při diskontu nižším než přibližně 4,8 %, což je vzhledem k výši vypočteného diskontu (10,68 %) považováno za nereálné. Z důvodu velmi vysokého záporného NPV a nízkého IRR tedy tato varianta ani nebude podrobena citlivostní analýze. Citlivostní analýzy na vybrané parametry pro ostatní varianty jsou provedeny v kapitole 6.2.

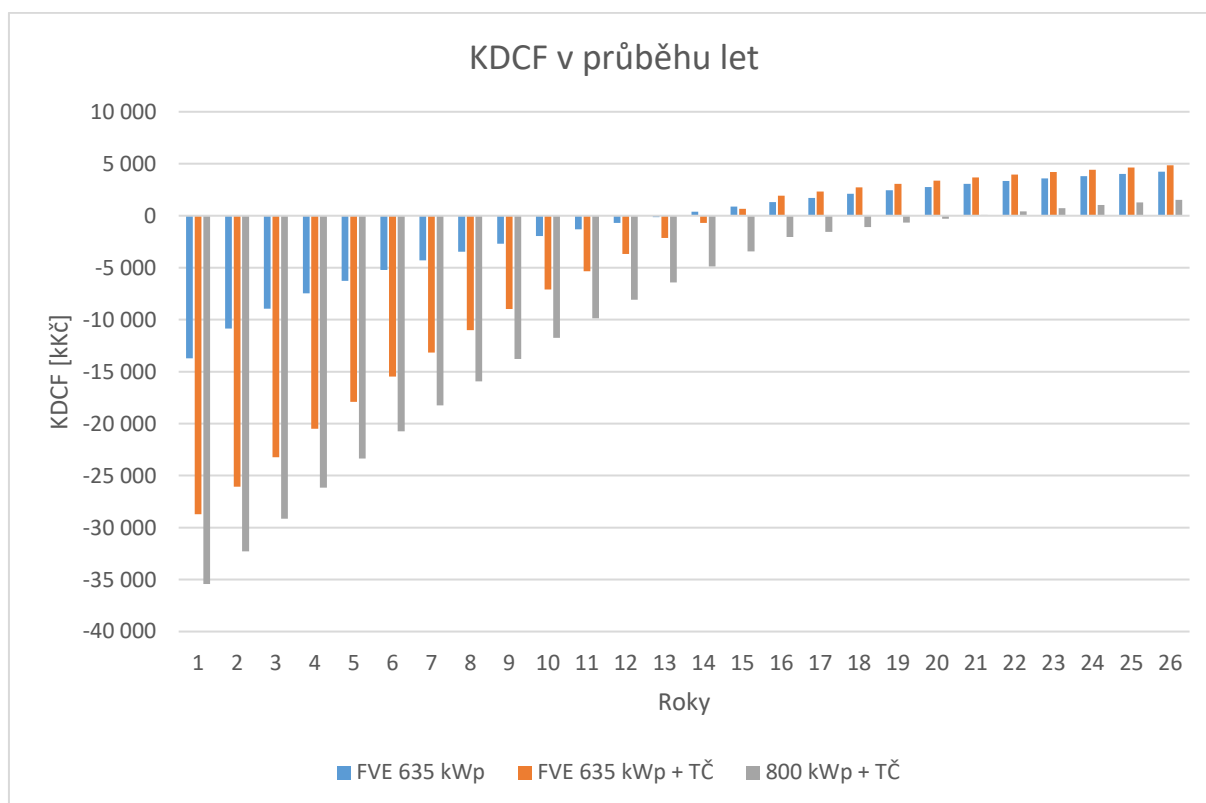


Varianta	1	2	3	4	5	6	7
Popis opatření	FVE 635 kWp	FVE 800 kWp	FVE 1 000 kWp	FVE 635 kWp + TČ	FVE 800 kWp + TČ	FVE 1 000 kWp + TČ	Minimalistická repase VZT + obměna vzduchových clon
NPV [kkč]	4 229	930	-205	4 841	1 541	406	-6 889
IRR	14,9%	11,3%	10,6%	12,9%	11,3%	10,8%	4,8%

Tabulka 34 Výsledné NPV a IRR variant

## 6.1. Ekonomické zhodnocení

Podle stanovených vstupních parametrů tedy nejlépe vychází varianta 4, tedy instalace FVE o výkonu 635 kWp spolu s dvojicí tepelných čerpadel vzduch/voda. Druhá nejvýhodnější varianta je samotná instalace FVE o výkonu 635 kWp. V následujícím grafu průběhu kumulovaného diskontovaného cash flow (KDCF) lze vidět, že varianta bez TČ má lehce nižší NPV (hodnota v posledním roce) a vyšší IRR, ale má také výrazně nižší investiční náklady. Varianta s TČ má přibližně dvojnásobné investiční náklady a nižší IRR, ale také nabízí vyšší NPV. Záleží tedy na investorovi, zda je ochotný akceptovat takto vysoké investiční náklady s vyhlídkou lepší rentability v horizontu 20 let. Diskontovaná doba návratnosti obou variant je téměř stejná. Třetí nejvýhodnější variantou, která má výrazně nižší NPV než varianty 1 a 4, je instalace FVE o výkonu 800 kWp s TČ. Ta nabízí NPV ve výši přibližně 1,5 mil. Kč, ale srovnatelné IRR s variantou 4.



Graf 20 KDCF variant 1, 4 a 5 v průběhu let

Co se týká snížení uhlíkové stopy tak ze prvních třech ekonomicky nejvýhodnějších variant sníží uhlíkovou stopu nejvíce varianta 5 a to o 722 t CO<sub>2e</sub>. Druhá je varianta 4 se snížením o 677 t CO<sub>2e</sub> a ekonomicky nejvýhodnější varianta 1 sníží uhlíkovou stopu jen o 300 t CO<sub>2e</sub>.

## 6.2. Citlivostní analýzy

Ve všech citlivostních analýzách je sledován vývoj ukazatele NPV v závislosti na vybraných parametrech. Varianty 1 až 6 jsou podrobeny citlivostním analýzám na následující parametry:

### - **Cena silové elektřiny v roce 2023**

Pro instalaci fotovoltaických systému je jedním z nejdůležitějších parametrů cena variabilní složky elektrické energie, kterou spotřeba vyrobené EE z FVE vytěšňuje. V kapitole 5.3. byl vývoj ceny stanoven na základě futures kontraktů silové elektřiny a jejich vývoje od roku 2023. V této citlivostní analýze je tedy sledována změna NPV právě v závislosti na ceně silové elektřiny v roce 2023. Určené procentuální změny v ceně do roku 2028 jsou zachovány.

### - **Růst cen EE po roce 2028**

V návaznosti na předchozí bod je důležitý i vývoj cen variabilní složky EE po roce 2028, který je v návrhovém scénáři eskalován spolu s inflací. V této analýze je sledována změna NPV v závislosti na reálné změně růstu. Růst 3,7 % tedy znamená meziroční růst o 1 % nad inflaci, která je stanovena na 2,7 % po celou dobu hodnocení projektu.

### - **Diskont**

Důležitým vstupním parametrem výpočtu NPV je diskont, který byl stanoven pomocí výpočtu WACC na 10,68 %. Jak již bylo zmíněno, pokud by investor financoval celý projekt pouze z vlastních zdrojů, diskont by byl 11,3 %.

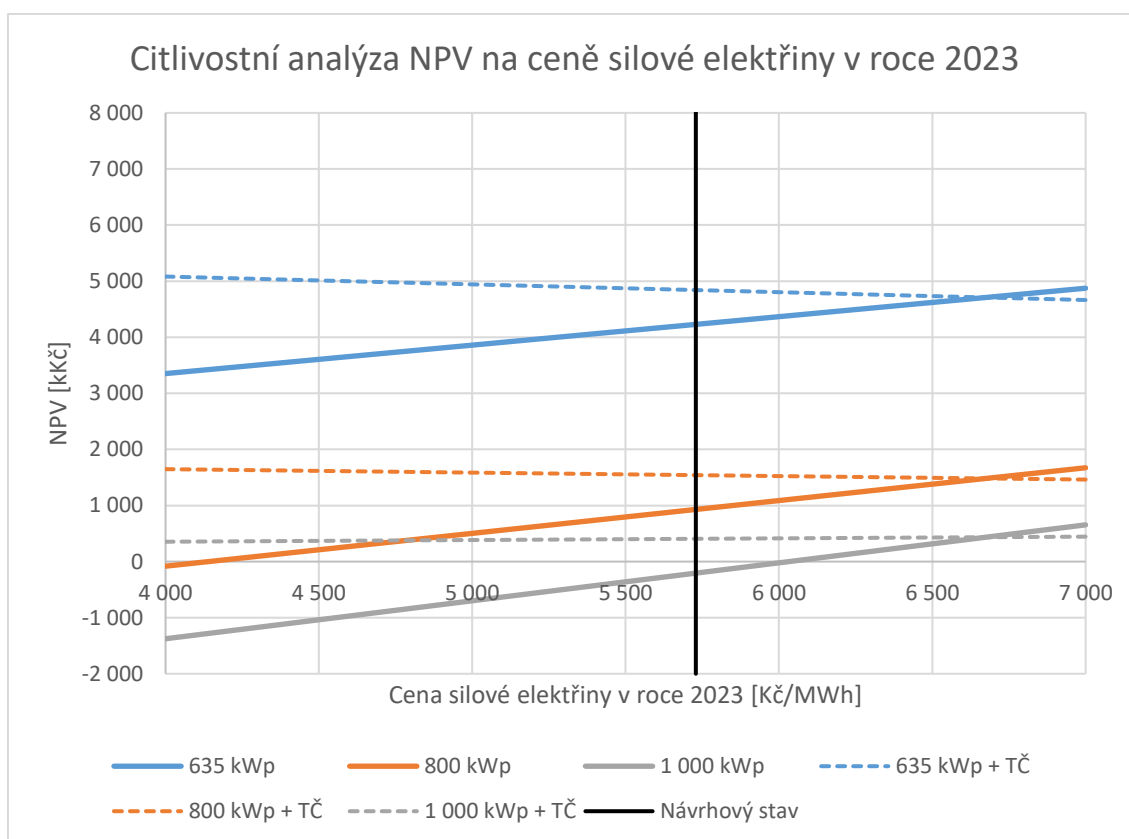
### - **Inflace**

Posledním faktorem, pro který jsou provedeny citlivostní analýzy pro všechny varianty je inflace. Inflace je počítána konstantní po celou dobu hodnocení variant. Pokud se mění inflace, mění se i růst cen EE po roce 2028.

Varianty 4 až 6 jsou následně podrobeny citlivostní analýze růstu variabilní složky ceny TE. Pro varianty 1 až 3 tato citlivostní analýza nebyla provedena, protože jejich provedením není dosaženo úspor TE a ani tedy nezávisí na jejich cenách. Varianty s instalací TČ jsou naopak na ceně TE výrazně závislé, protože její spotřeba je s korekcí topným faktorem čerpadel nahrazována spotřebou EE.

## 6.2.1. Citlivostní analýza NPV na ceně silové elektřiny v roce 2023

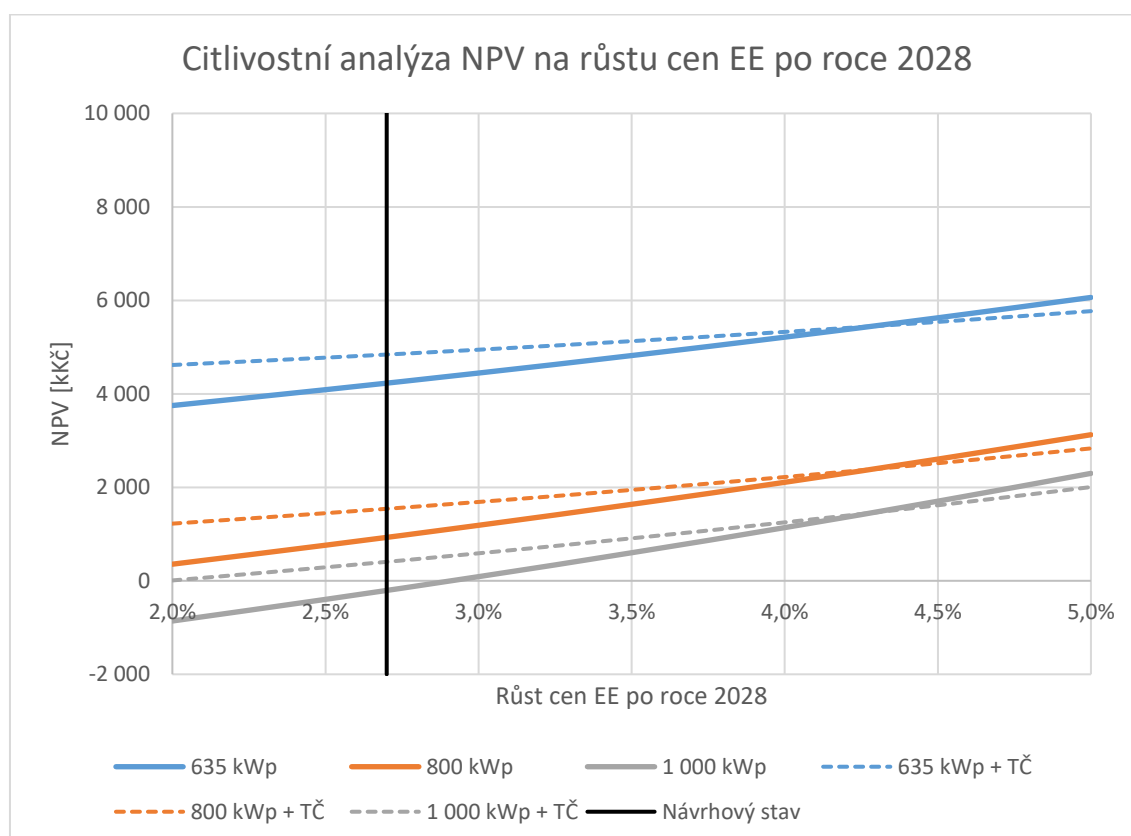
Varianty bez tepelného čerpadla na rostoucí ceně silové elektřiny v roce 2023 a tedy i vyšší následné ceně v dalších letech profitují, protože využíváním elektřiny vyrobené ve FVE je dosaženo vyšších úspor. Naopak NPV variant FVE s TČ s rostoucí cenou EE klesá, protože dvojice tepelných čerpadel vytváří dodatečnou spotřebu EE, kterou není výroba z FVE schopna pokrýt. S vyšším instalovaným výkonem FVE není závislost tak výrazná, protože FVE vyrobí více EE. NPV varianty 1 000 kWp fotovoltaiky s TČ je tedy na změně ceny silové elektřiny v roce 2023 v určeném rozmezí téměř nezávislé. Při ceně silové elektřiny v roce 2023 přibližně 6 700 Kč se stává ekonomicky rentabilnější instalace pouze FVE o výkonu 635 kWp bez TČ.



Tabulka 35 Citlivostní analýza NPV na ceně silové elektřiny v roce 2023

## 6.2.2. Citlivostní analýza NPV na růstu cen EE po roce 2028

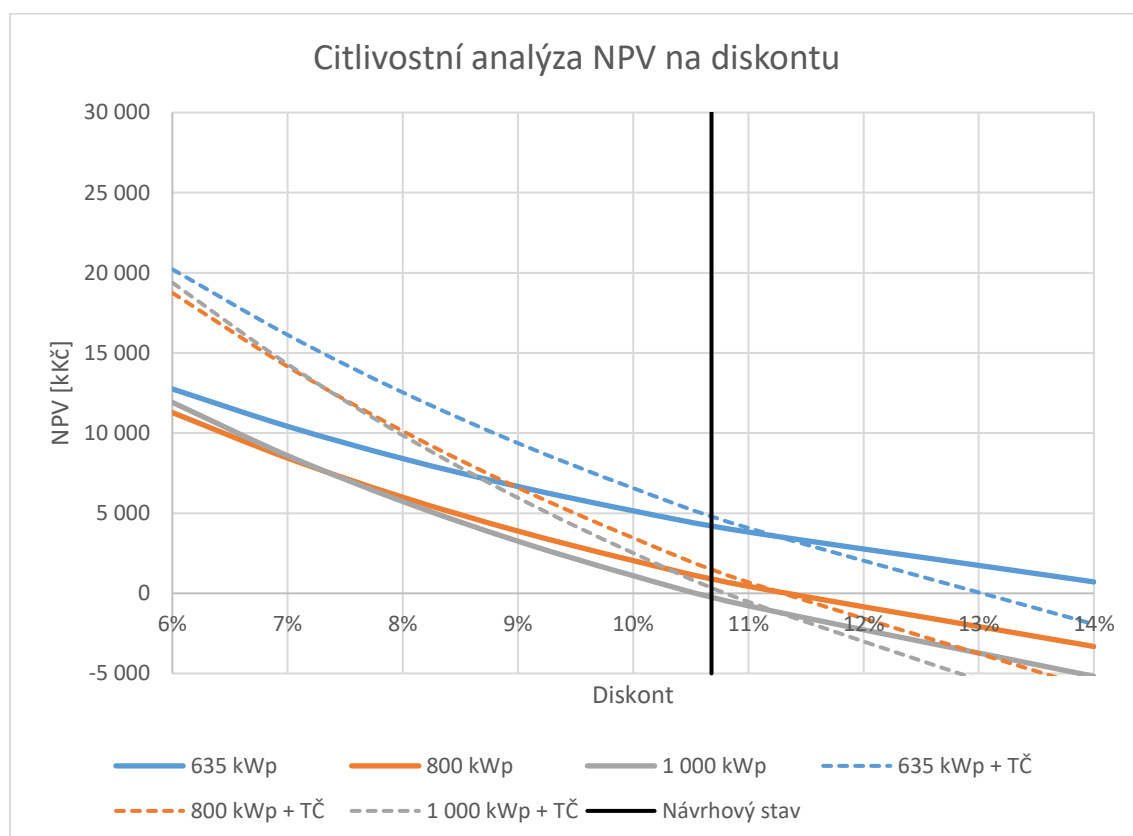
Návrhový stav počítá s eskalací cen variabilní složky EE spolu s inflací, tedy o 2,7 % ročně. S rostoucí eskalací cen v určeném intervalu roste NPV všech navrhovaných variant. Zvýšení spotřeby EE provozem tepelných čerpadel kompenzuje úspora EE výrobou fotovoltaických systémů. Při překročení hranice meziročního růstu cca 4,5 % se opět stává výhodnější varianta 1.



Tabulka 36 Citlivostní analýza NPV na růstu cen EE po roce 2028

## 6.2.3. Citlivostní analýza NPV na diskontu

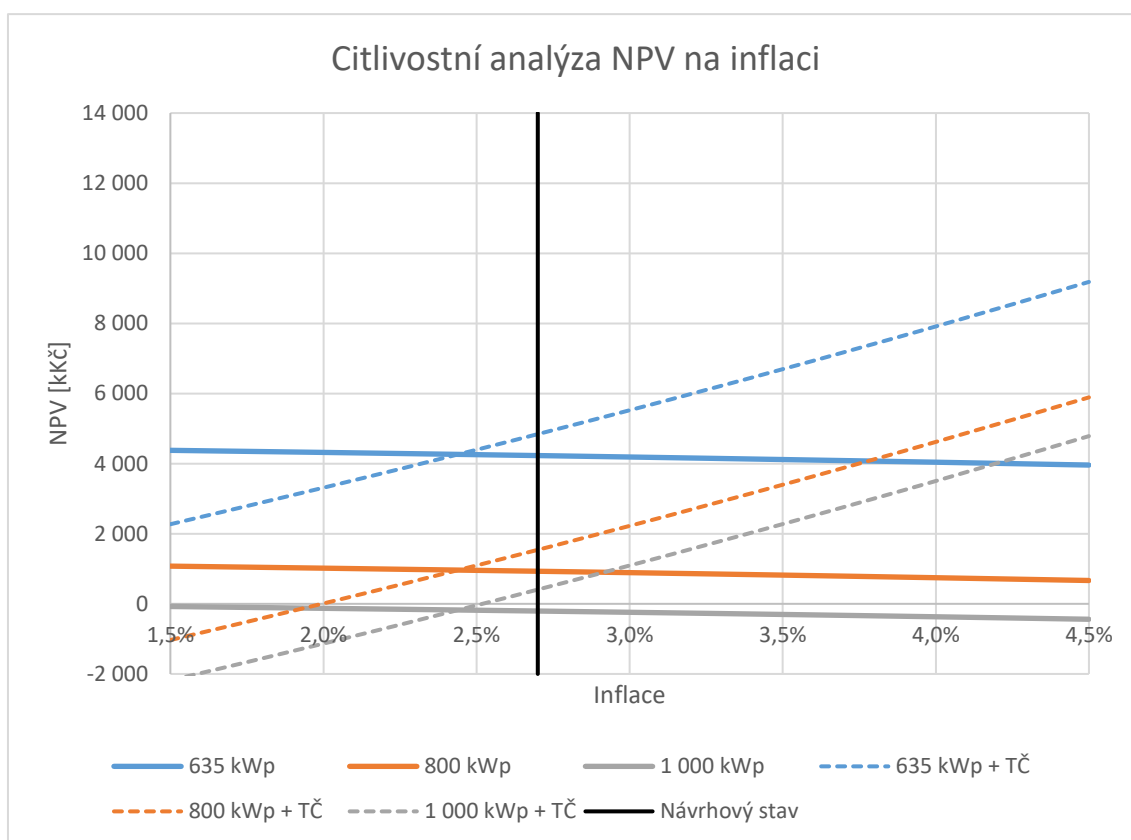
Pro všechny varianty platí, že s rostoucím diskontem jejich rentabilita klesá. Nejvýhodnější zůstává varianta 4 až do diskontu přes 11 %, kdy se stává výhodnější varianta 1. To přibližně odpovídá diskontu při financování vlastními zdroji. Při tomto diskontu jsou varianty 1 a 4 přibližně stejně rentabilní, ale varianta 4 má stále více jak dvojnásobnou redukci uhlíkové stopy. Varianta 4 přestává být rentabilní při diskontu přibližně 13 %, varianta 1 pak až při diskontu přes 14,5 %. Varianty s TČ klesají s rostoucím diskontem rychleji, protože mají vyšší úspory.



Tabulka 37 Citlivostní analýza NPV na diskontu

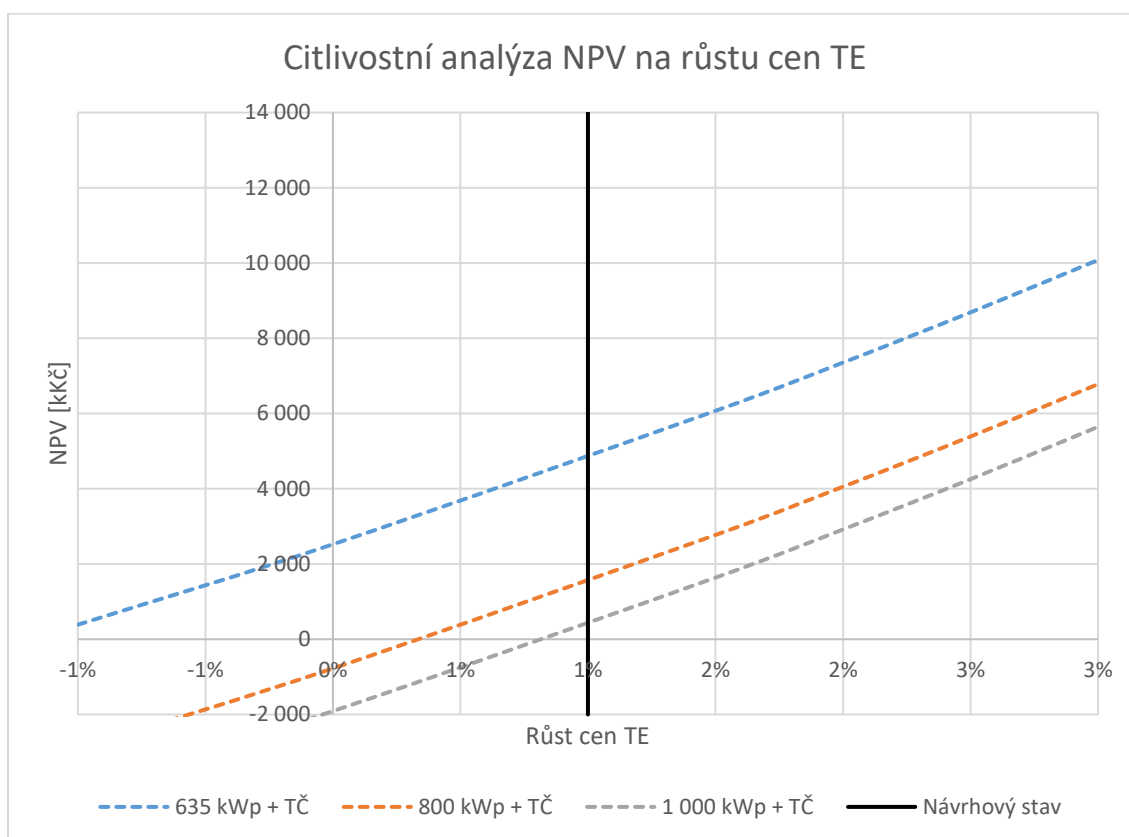
## 6.2.4. Citlivostní analýza NPV na inflaci

S rostoucí inflací roste rentabilita variant s TČ z důvodu rostoucích cen TE spolu s inflací. NPV variant bez TČ s rostoucí inflací klesá, protože cena EE je sice v roce 2023 vysoká, ale do roku 2028 klesá a roste znovu s inflací až od roku 2028. Při vyšší inflaci než 2,5 % zůstává nejvýhodnější varianta 4, ale při nižší inflaci je opět výhodnější varianta 1. Nutné je ale si uvědomit, že model počítá s konstantní inflací po celou dobu životnosti variant, a její historický vývoj ukazuje, že i přes výraznější světové krize se ve 21. století dlouhodobě drží mezi 2 a 3 % [90]. V tomto rozmezí se mezi variantami 1 a 4 nejedná o nijak dramatické rozdíly a varianta 4 má stále více jak dvakrát vyšší snížení uhlíkové stopy.



## 6.2.5. Citlivostní analýza na růstu cen TE

Se zvyšujícím se růstem cen TE roste i rentabilita variant s TČ. Varianta 5, která je v návrhovém stavu třetí nejvýhodnější, přestává být rentabilní až při konstantním nominálním poklesu cen TE v horizontu 25 let o téměř 1,5 % ročně oproti inflaci, což se jeví jako nepravděpodobné. Varianta 4 přestane být rentabilní až při konstantním poklesu cen TE oproti inflaci přes 2 % ročně.



Graf 21 Citlivostní analýza NPV na růstu cen TE

## 6.3. Shrnutí a energetická bilance

Vzhledem k výsledkům a citlivostním analýzám prezentovaným výše se jako nejvýhodnější varianta jeví varianta 4, tedy instalace fotovoltaiky o výkonu 635 kWp s dvojicí tepelných čerpadel a snížením rezervované kapacity TE z SZT. V uvažovaných mezích téměř všech provedených citlivostních analýz tato varianta zůstává nejvýhodnější. V krajních případech některých citlivostních analýz je výhodnější varianta 1, která ovšem redukuje uhlíkovou stopu o 300 t CO<sub>2e</sub>, zatímco varianta 4 ji redukuje o 677 t CO<sub>2e</sub>. Nevýhodou varianty 4 jsou poměrně vysoké investiční náklady odhadované přibližně na 33,5 mil. Kč. Varianta nabízí při stanovených parametrech NPV přes 4,8 mil. Kč s IRR 12,9 %. V případě požadavku na nižší investiční náklady je vhodnou náhradou varianta 1, tedy pouze instalace FVE o stejném výkonu bez TČ. Tato varianta nabízí NPV přes 4,2 mil. Kč s IRR 14,9 % s investičními náklady

„pouze“ 18,5 mil. Kč. Nevýhodou této varianty je nižší redukce uhlíkové stopy ve výši 300 t CO<sub>2e</sub> ročně. Záleží tedy na investorovi, kolik je ochotný do projektu investovat financí, a na kolik si cení redukci uhlíkové stopy. Varianty minimalistické obnovy VZT spolu s modernizací vzduchových clon, instalace VTE ani připojení k ZEVO Malešice z důvodu příliš nízkých energetických úspor a velké rizikovosti nebyly hodnoceny.

V následujících dvou tabulkách je znázorněna energetická bilance EE a TE po provedení varianty 4, tedy instalaci FVE o výkonu 635 kWp spolu s dvojicí tepelných čerpadel o kombinovaném tepelném výkonu 972 kW. Instalací FVE nebylo dosaženo žádných úspor spotřeby EE a instalací tepelných čerpadel se spotřeba EE naopak zvýšila o 716 MWh. Tepelná čerpadla ale snížila spotřebu TE o 6 840 GJ ročně. V tabulkách je znázorněna úspora nákladů, ovšem s cenami z roku 2022. Reálné úspory budou dosahovány nejdříve v roce 2023 a jedná se tak pouze o porovnání.

ř.	Ukazatel	Před realizací projektu	Po realizaci varianty 4			Energonositel
		Energie	Energie	Úspora	Úspora	
		(MWh/rok)	(MWh/rok)	(MWh/rok)	(Kč/rok)	
1	Vstup elektrické energie	1 394,7	2 110,6	-715,9	-1 925 693	EE
2	Spotřeba energie na chlazení	35,0	35,0	0,0	0	EE
3	Spotřeba energie na přípravu TV	126,1	126,1	0,0	0	EE
4	Spotřeba energie na větrání	149,1	149,1	0,0	0	EE
5	Spotřeba energie na osvětlení	268,3	268,3	0,0	0	EE
6	Spotřeba energie na vytápění	0,0	715,9	-715,9	-1 925 693	EE
7	Spotřeba en. na technol. a ost. procesy	816,3	816,3	0,0	0	EE

Tabulka 39 Energetická bilance EE po realizaci varianty 4

ř.	Ukazatel	Před realizací projektu	Po realizaci varianty 4			Energonositel
		Energie	Energie	Úspora	Úspora	
		(GJ/rok)	(GJ/rok)	(GJ/rok)	(Kč/rok)	
1	Vstup tepelné energie	9 121,3	2 280,6	6 840,8	3 967 635	TE
2	Ztráty v rozvodech	456,1	456,1	0,0	0	TE
3	Spotřeba energie na vytápění	8 665,2	1 824,5	6 840,8	3 967 635	TE

Tabulka 40 Energetická bilance TE po realizaci varianty 4



## 7. Závěr

Hlavním předmětem této práce bylo navrhnout a zhodnotit opatření, které by vedly k energetickým a finančním úsporám spolu s redukcí uhlíkové stopy obchodního centra. V první části práce byla obecně popsána uhlíková stopa, její složení, používaná jednotka t CO<sub>2e</sub> a hlavní rozdělení na přímou a nepřímou. Byly prezentovány statistiky uhlíkové stopy zemí a sektorů, v rámci kterých byly popsány nejvýznamnější přispěvatelé. Byla popsána emisní povolenka i její evropská obchodovací platforma EU ETS. Dále byl popsán vývoj ceny emisní povolenky právě v systému EU ETS a byly identifikovány významné události, které cenu povolenky ovlivnily. Mimo emisní povolenky byla popsána i jiná metoda redukce uhlíkové stopy v podobě tzv. uhlíkových offsetů. Byl představen postoj majitelů obchodního centra k udržitelnosti a ke snížení vlastní uhlíkové stopy. Pro budoucí výpočet uhlíkové stopy obchodního centra a její redukce byly stanoveny nezbytné emisní faktory využívané elektrické a tepelné energie.

Pro návrh úsporných opatření bylo nejdříve nutné popsat současný technický stav objektu včetně vstupů energií a jejich současných cen. Jako vstupní data byly využity spotřeby energie z roku 2019 jakožto posledního běžného roku, který nebyl ovlivněn pandemií COVID-19. Spotřeba tepelné i elektrické energie byla následně rozdělena do dílcích spotřeb jako je například vytápění či doprava vzduchu po areálu. V této kapitole byly také analyzovány ceny energie jejich rozdělení na variabilní a fixní složky. Kromě ekonomické části byla popsána i technická část energetických vstupů, jakou jsou například rozvody TE po areálu nebo trafostanice.

Více byly rozebrány zařízení na dopravu vzduchu, tedy centrální a decentrální vzduchotechnické jednotky a vzduchové clony v nájemních jednotkách. Detailněji byla popsána majitelem stanovená politika otevřených dveří, která nařizuje nájemníkům povinnost mít od určité venkovní teploty otevřené jedno nebo obě křídla vstupních dveří. V návaznosti na toto pravidlo byly následně shrnuty nedostatky stávajícího stavu těchto zařízení, mezi které se řadí především vytápění pomocí vzduchových clon místo hlučných VZT jednotek. Na konci této kapitoly byla sestavena energetická bilance budovy před realizací opatření a vypočtena uhlíková stopa provozování centra, která činí 3 163 t CO<sub>2e</sub> ročně.

V další kapitole byly navrženy úsporné opatření, u kterých byla následně určena roční energetická a finanční úspora. Jako ekonomicky nevýhodná se ukázala maximalistická obměna VZT jednotek, připojení k ZEVO Malešice a instalace větrné elektrárny, o kterou projevil vedení FAPO společně s fotovoltaikou velký zájem. Minimalistická obměna VZT jednotek se samotná ekonomicky také nevyplatila, ale toto opatření bylo navrženo pro kombinaci s obnovou vzduchových clon. Samotná obnova vzduchových by byla rentabilní, ale nepokryla by tepelnou potřebu centra. Jako ekonomicky rentabilní se v této části práce ukázala investice do dvojice tepelných čerpadel při současném snížení rezervovaná kapacity TE z SZT. Dostatečné finanční úspory také přináší fotovoltaické systémy o všech navrhovaných výkonech 635, 800 i 1 000 kWp s 35% investiční dotační podporou z Národního plánu obnovy. Při návrhu systému byl identifikován problém v podobě únosnosti střešní konstrukce budovy, kterou statik pro instalaci standardních panelů označil za nedostatečnou. Z toho důvodu bylo umístění FVE o nejnižším zmiňovaném výkonu 635 kWp navrženo z části na snížené části střechy nad průchozí pasáží a ocelové konstrukci nad zaměstnaneckým parkovištěm. Výkon 635 kWp byl

zvolen kvůli výkonu současně instalovaných transformátorů. Varianta 800 kWp využívá maximální plochu střechy pro umístění lehčích tenkovrstvých panelů spolu s výměnou transformátoru. Nejvýkonnější FVE o instalovaném výkonu 1 000 kWp využívá oproti variantě 800 kWp umístění dodatečných panelů na fasádu budovy. Výkon FVE je omezen horní hranicí dotačního programu, která je právě 1 000 kWp. Z prezentovaných opatření bylo následně sestaveno 7 variant, které zahrnují instalaci samotných FVE o všech výkonech, instalaci všech FVE v kombinaci s tepelnými čerpadly a minimalistickou obměnou VZT spolu s obměnou vzduchových clon.

Pro výpočty rentability bylo nutné stanovit ekonomické faktory a předpoklady. Diskont byl stanoven výpočtem WACC na 10,68 %. V případě financování projektů pouze z vlastních zdrojů lze využít cenu vlastního kapitálu re, která byla ve stejném výpočtu stanovena jako 11,3 %. Inflace byla dle odhadů ČNB a dlouhodobých statistik stanovena na 2,7 %. Diskont i inflace byl ve všech výpočtech uvažován konstantní. Variabilní složka ceny elektřiny byla do roku 2028 stanovena dle futures kontraktů z PXE a od roku 2028 dále byla eskalována spolu s inflací. Variabilní složka ceny tepla byla vzhledem ke zdroji (EMĚ I, hnědé uhlí) stanovena po celou dobu životnosti opatření na 1 % nad inflaci. Fixní složky cen elektřiny i tepla byly eskalovány s inflací. Předpokladem výpočtu rentability všech fotovoltaických systémů bylo dosažení na 35% investiční dotaci z programu Národního plánu obnovy. Pro ostatní opatření není v době psaní práce dostupný vhodný dotační program.

Výsledkem práce je zhodnocení navrhovaných variant z pohledu finančních úspor a snížení uhlíkové stopy. Kombinace repase VZT jednotek a obměny vzduchových clon ze všech variant snižuje uhlíkovou stopu nejméně a není ekonomicky rentabilní. Uhlíkovou stopu nejvíce snižuje instalace FVE o výkonu 1 000 kWp spolu s tepelnými čerpadly, a to konkrétně o 756 t CO<sub>2e</sub> ročně. Ekonomicky nejvýhodněji se při přijatých předpokladech jeví instalace FVE o výkonu 635 kWp s tepelnými čerpadly, případně samotná FVE bez čerpadel s hodnotami NPV přibližně 4 841 000 Kč, respektive 4 229 000 Kč. Ostatní varianty mají oproti těmto 2 výrazně nižší NPV.

Všechny varianty mimo minimalistické obměny VZT jednotek s výměnou vzduchových clon byly podrobeny citlivostním analýzám na vybrané parametry. Vybranými parametry byla cena silové elektřiny v roce 2023, růst cen variabilní složky elektřiny po roce 2028, diskont a inflace. U variant s TČ byla provedena navíc citlivostní analýza na růst variabilní složky ceny tepelné energie. Při změně téměř všech parametrů v určených mezích se měnilo pouze pořadí variant FVE 635 kWp s a bez TČ. Varianta bez tepelných čerpadel byla výhodnější při ceně silové elektřiny v roce 2023 přes 6 700 Kč/MWh, růstu cen variabilní složky elektřiny po roce 2028 přes 4,5 %, diskontu vyšším než 11,3 % a inflaci nižší než 2,5 %. V ostatních případech zůstala výhodnější varianta s TČ, která oproti variantě bez TČ snižuje uhlíkovou stopu o více jak dvojnásobek, konkrétně o 677 t CO<sub>2e</sub> místo 300 t CO<sub>2e</sub>. V případě reálné investice do jedné z těchto variant tedy záleží na investorovi, na kolik si cení snížení uhlíkové stopy. V případě investice je také doporučena aktualizace investičních nákladů, které se od vypracování této práce mohly změnit.

## Seznam použité literatury

- [1] Electricity - Fuels & Technologies. *IEA* [online]. [vid. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>
- [2] US EPA, OAR. *Overview of Greenhouse Gases* [online]. 23. prosinec 2015 [vid. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- [3] Glossary:Carbon dioxide equivalent - Statistics Explained. *Eurostat* [online]. [vid. 2022-02-07]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon\\_dioxide\\_equivalent](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent)
- [4] *metodika\_vypoctu\_uhlikove\_stopy\_final\_optimized.pdf* [online]. [vid. 2022-07-25]. Dostupné z: [https://ci2.co.cz/sites/default/files/souboryredakce/metodika\\_vypoctu\\_uhlikove\\_stopy\\_final\\_optimized.pdf](https://ci2.co.cz/sites/default/files/souboryredakce/metodika_vypoctu_uhlikove_stopy_final_optimized.pdf)
- [5] RITCHIE, Hannah, Max ROSER a Pablo ROSADO. CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data* [online]. 2020 [vid. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>
- [6] | Greenhouse Gas (GHG) Emissions | Climate Watch. *Climate watch* [online]. [vid. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>
- [7] RITCHIE, Hannah, Max ROSER a Pablo ROSADO. CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data* [online]. 2020 [vid. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
- [8] *Why The Building Sector? – Architecture 2030* [online]. [vid. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://architecture2030.org/why-the-building-sector/>
- [9] Národní energetický mix. *OTE, a.s.* [online]. [vid. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>
- [10] SRDEČNÝ, Karel, Jiří BERANOVSKÝ, František MACHOLDA a Jan TRUXA. *Kogenerace - kombinovaná výroba elektřiny a tepla* [online]. 2010. Dostupné z: [https://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/kogenerace\\_web.pdf](https://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/kogenerace_web.pdf)
- [11] *energotrans\_vz-2020\_final.pdf* [online]. [vid. 2022-07-31]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/2021/07/energotrans\\_vz-2020\\_final.pdf](https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/2021/07/energotrans_vz-2020_final.pdf)
- [12] NIS data pro ETS. *ČHMI* [online]. [vid. 2022-07-26]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/ets/ets\\_ta\\_cz.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/ets/ets_ta_cz.html)
- [13] NOVÁK, Jan. Výhřevnosti paliv. *TZB-info* [online]. [vid. 2022-07-31]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>

- [14] Průkaz energetické náročnosti budovy - vše co o PENB potřebujete vědět. *V-systém elektro, s.r.o.* [online]. [vid. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.v-system.cz/blog/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-vse-co-o-penb-potrebuje-vedet/>
- [15] Glossary:Carbon dioxide equivalent. *Eurostat* [online]. [vid. 2022-04-14]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon\\_dioxide\\_equivalent](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent)
- [16] 383/2012 Sb. Zákon o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-383>
- [17] EU Emissions Trading System (EU ETS). *European Commission* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_cs](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_cs)
- [18] Rada se dohodla na mechanismu uhlíkového vyrovnání na hranicích (CBAM). *Rada EU* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2022/03/15/carbon-border-adjustment-mechanism-cbam-council-agrees-its-negotiating-mandate/>
- [19] PROTIVÍNSKÝ, Tomáš. Jak fungují evropské emisní povolenky? *Fakta o klimatu* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/emisni-povolenky-ets>
- [20] Revision for phase 4 (2021-2030). *European Commission* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en)
- [21] Auctioning. *European Commission* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/auctioning\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/auctioning_en)
- [22] Co je Fit for 55. *Fakta o klimatu* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/fit-for-55>
- [23] *resource.pdf* [online]. [vid. 2022-04-15]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:618e6837-ee6-11eb-a71c-01aa75ed71a1.0022.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:618e6837-ee6-11eb-a71c-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_1&format=PDF)
- [24] EU ETS Spot, Futures & Options. *EEX* [online]. [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.eex.com/en/markets/environmental-markets/eu-ets-spot-futures-options>
- [25] *Market Stability Reserve / Redshaw Advisors* [online]. [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://redshawadvisors.com/learn-carbon/eu-ets/market-stability-reserve/>
- [26] EU Carbon Permits - 2022 Data - 2005-2021 Historical - 2023 Forecast - Price - Quote. *Tradnig economics* [online]. [vid. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>
- [27] EVANS, Michael. *Spotlight: EU carbon price strengthens to record highs in November* [online]. 8. prosinec 2021 [vid. 2022-04-17]. Dostupné

z: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/120821-spotlight-eu-carbon-price-strengthens-to-record-highs-in-november>

- [28] Shedding light on energy on the EU: From where do we import energy ? *Shedding light on energy on the EU* [online]. [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2c.html>
- [29] TWIDALE, Susanna. Analysts raise EU carbon price forecasts as gas rally persists. *Reuters* [online]. 2022 [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/business/energy/analysts-raise-eu-carbon-price-forecasts-gas-rally-persists-2022-01-25/>
- [30] BULLARD, Nathaniel. The EU's Carbon Market Is About to Enter Its Turbulent 20s. *Bloomberg Quint* [online]. [vid. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.bloombergquint.com/business/the-eu-s-carbon-market-is-about-to-enter-its-turbulent-20s>
- [31] What is a Carbon Offset? *Carbon Offset Guide* [online]. [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/what-is-a-carbon-offset/>
- [32] Become Climate Positive with Ecologi. *Ecologi* [online]. [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: [https://ecologi.com/?gclid=CjwKCAjw9e6SBhB2EiwA5myr9qZ\\_8LY8ayUc-nHn686a7dNeCBZp2fRmp-tOV-WclAEDjU2-9IHtRRoCSygQAvD\\_BwE](https://ecologi.com/?gclid=CjwKCAjw9e6SBhB2EiwA5myr9qZ_8LY8ayUc-nHn686a7dNeCBZp2fRmp-tOV-WclAEDjU2-9IHtRRoCSygQAvD_BwE)
- [33] Our Clients. *Climate impact* [online]. [vid. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.climatecare.org/case-studies/government-of-norway/>
- [34] VIA Outlets - Homepage. *VIA Outlets* [online]. [vid. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://www.viaoutlets.com/>
- [35] *via2020-final-lr.pdf* [online]. [vid. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.viaoutlets.com/content/documents/via2020-final-lr.pdf>
- [36] Aktivita • Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. [vid. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5401858&y=50.0751562&z=17&l=0&base=ophoto>
- [37] BERANOVSKÝ, Jiří. Konzultace o energetické účinnosti a ztrátách. 11. srpen 2022
- [38] TZB-INFO, Diskuzní fórum. *Vyplatí se el. bojler místo plynového?* [online]. [vid. 2022-08-11]. Dostupné z: <https://forum.tzb-info.cz/109154-vyplati-se-el-bojler-misto-plynového>
- [39] *CenikyVyroba2022.pdf* [online]. [vid. 2022-08-02]. Dostupné z: <https://elektrinanazeleno.cz/wp-content/uploads/2021/11/CenikyVyroba2022.pdf>
- [40] *pre-proud-solar.pdf* [online]. [vid. 2022-08-02]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/ke-stazeni/cenik/2022/08/elektrina/pre/moo/pre-proud-solar/>
- [41] MATYÁŠ, Petr. Posudek únosnosti střešní konstrukce v souvislosti s instalací FVE. říjen 2021

- [42] 370W mono black frame (Qpeak-DUO G10 370). *Q-Cells* [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: [https://shop.solarity.cz/modules\\_c4316442132534/q-cells-370w-mono-black-frame-qpeak-duo-g10-4\\_p3173](https://shop.solarity.cz/modules_c4316442132534/q-cells-370w-mono-black-frame-qpeak-duo-g10-4_p3173)
- [43] Universal - DAS Energy. *DAS Energy* [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: <https://das-energy.com/en/pv-module/das-universal-modul>
- [44] *04-elektro-ceny-ti-2017.pdf* [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: <https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/prumerne-ceny-TI/2017/04-elektro-ceny-ti-2017.pdf>
- [45] NOVOTNÝ, Marek. Problematika použití expandovaného polystyrenu (EPS) z hlediska vysokých teplot. *TZB-info* [online]. [vid. 2022-08-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/16279-problematika-pouziti-expandovaneho-polystyrenu-eps-z-hlediska-vysokych-teplot>
- [46] BOLD, Frank. *Energetické komunity: jak se ČR může inspirovat u sousedů?* | Frank Bold [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: <https://frankbold.org/zpravodaj/kategorie/aktualne/energeticke-komunity-jak-se-cr-muze-inspirovat-u-sousedu>
- [47] 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [48] CHYSKÝ, Jaroslav. Hustota suchého vzduchu. *TZB-info* [online]. [vid. 2022-07-31]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/70-hustota-sucheho-vzduchu>
- [49] CHYSKÝ, Jaroslav. *Fyzikální hodnoty pro suchý vzduch při tlaku 100 kPa* - *TZB-info* [online]. [vid. 2022-07-31]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/38-fyzikalni-hodnoty-pro-suchy-vzduch-pri-tlaku-100-kpa>
- [50] *Březen - REKUPERAČNÍ JEDNOTKY.pdf* [online]. [vid. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://www.airtrend.cz/data/files/Frapol\\_Katalog\\_OnyX\\_022020\\_CZ\\_www\(1\).pdf](https://www.airtrend.cz/data/files/Frapol_Katalog_OnyX_022020_CZ_www(1).pdf)
- [51] *Econ\_C\_III\_A4\_CZ510.pdf* [online]. [vid. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://www.stavoklima.cz/uploads/soubory/Econ\\_C\\_III\\_A4\\_CZ510.pdf](https://www.stavoklima.cz/uploads/soubory/Econ_C_III_A4_CZ510.pdf)
- [52] KURZY.CZ. *Počasí statistiky Praha, ČR* | *Kurzy.cz* [online]. [vid. 2022-07-31]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/pocasi-v-ceske-republice/praha/statistiky/>
- [53] EWYD-4ZXR | Daikin. *Daikin* [online]. [vid. 2022-08-01]. Dostupné z: [https://www.daikin.cz/cs\\_cz/produkty/ewyd-4zxr.html](https://www.daikin.cz/cs_cz/produkty/ewyd-4zxr.html)
- [54] KHAN, Umara. The environmental footprint of the 500-kW heat output Stirling cycle HP... *ResearchGate* [online]. [vid. 2022-08-09]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/The-environmental-footprint-of-the-500-kW-heat-output-Stirling-cycle-HP-for-construction\\_tbl3\\_344011582](https://www.researchgate.net/figure/The-environmental-footprint-of-the-500-kW-heat-output-Stirling-cycle-HP-for-construction_tbl3_344011582)
- [55] Úvodní stránka | Nahlížení do katastru nemovitostí. *Katasrt nemovitostí* [online]. [vid. 2022-07-31]. Dostupné z: <https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>

- [56] *23-wind-turbine.pdf* [online]. [vid. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.raeng.org.uk/publications/other/23-wind-turbine>
- [57] BECHNÍK, Bronislav. Roční využití výkonu větrných elektráren v České republice. *TZB-info* [online]. [vid. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/11077-rocni-vyuziti-vykonu-vetrnych-elektraren-v-ceske-republice>
- [58] *Větrné podmínky ve výšce 10 m, podmínky pro malé větrné elektrárny* [online]. [vid. 2022-03-07]. Dostupné z: <http://vitr.ufa.cas.cz/male-vte/>
- [59] TASNEEM, Zinat, Abdullah AL NOMAN, Sajal K. DAS, Dip K. SAHA, Md. Robiul ISLAM, Md. Firoj ALI, Md. Faisal R BADAL, Md. Hafiz AHAMED, Sumaya I. MOYEEN a Firoz ALAM. An analytical review on the evaluation of wind resource and wind turbine for urban application: Prospect and challenges. *Developments in the Built Environment* [online]. 2020, **4**, 100033. ISSN 2666-1659. Dostupné z: doi:10.1016/j.dibe.2020.100033
- [60] ČECH, Plán cé, Miroslav. *Větrná turbína 1 KW 12/24V* [online]. [vid. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.plance.cz/produkt/1-kw/>
- [61] *Roof Mount Wind Turbine* [online]. [vid. 2022-03-07]. Dostupné z: [https://www.solarstore.co/Roof-Mount-3000w-3-kw-Vertical-Axis-Wind-Turbine-\\_p\\_13.html](https://www.solarstore.co/Roof-Mount-3000w-3-kw-Vertical-Axis-Wind-Turbine-_p_13.html)
- [62] Cool Energy Atlas 2kW Vertical Axis Wind Turbine VAWT CE-WTAT2. *Cool Energy Shop* [online]. [vid. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://coolenergyshop.com/products/cool-energy-2kw-vertical-axis-wind-turbine-vawt-ce-wtat2>
- [63] *Vertikální větrná turbína Sada MAKEMU DOMUS 1 kW* [online]. [vid. 2022-03-07]. Dostupné z: <http://www.ekouspora.cz/vertikalni-vetrna-turbina-makemu-domus-1-kw.html>
- [64] Simulované historické údaje o klimatu a počasí pro Praha. *meteoblue* [online]. [vid. 2022-03-22]. Dostupné z: [https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodel/led/praha\\_%c4%8cesko\\_3067696](https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodel/led/praha_%c4%8cesko_3067696)
- [65] NOORANI, Yaseen. O-Wind Turbine. *James Dyson Award* [online]. [vid. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.jamesdysonaward.org/en-US/2018/project/o-wind-turbine/>
- [66] Introducing the O-Wind. *Science Museum Blog* [online]. [vid. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://blog.sciencemuseum.org.uk/introducing-the-o-wind/>
- [67] THOMPSON, Andrea. Rooftop Wind Power Might Take Off by Using Key Principle of Flight. *Scientific American* [online]. [vid. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.scientificamerican.com/article/rooftop-wind-power-might-take-off-by-using-key-principle-of-flight/>
- [68] AeroMINE. *F6S* [online]. [vid. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.f6s.com/aeromine>
- [69] Halo 6kW. *Halo Energy* [online]. [vid. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://www.halo.energy/project-gallery-page>

- [70] DAMODARAN, Aswath. *Useful Data Sets* [online]. [vid. 2022-04-07]. Dostupné z: [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datacurrent.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html)
- [71] VIA Outlets B.V. *Fitch ratings* [online]. [vid. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.fitchratings.com/research/corporate-finance/via-outlets-bv-03-11-2021>
- [72] *Úvěry a financování | ČSOB* [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: [https://www.csob.cz/portal/firmy/uvery-a-financovani?bid1=pc-SME-CSOB-sme-1CSB0023I|02|txt|src|nonbrand~sme~investicni~uver-w48-text-google-red170017123&gclid=CjwKCAjw6MKXBhA5EiwANWLODA12fl0sfKitpWjXKsj8iXAxVMER4Bj8k\\_bDAYj1sJRt\\_UL4pGcQPRoCRKMQAvD\\_BwE](https://www.csob.cz/portal/firmy/uvery-a-financovani?bid1=pc-SME-CSOB-sme-1CSB0023I|02|txt|src|nonbrand~sme~investicni~uver-w48-text-google-red170017123&gclid=CjwKCAjw6MKXBhA5EiwANWLODA12fl0sfKitpWjXKsj8iXAxVMER4Bj8k_bDAYj1sJRt_UL4pGcQPRoCRKMQAvD_BwE)
- [73] Podnikatelský Profi úvěr | Až 5 mil. Kč | Komerční banka. *ČSOB* [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: [https://www.kb.cz/cs/podnikatele-a-male-firmy/podnikatelske-uvery/na-cokoli/profi-uver?utm\\_term=pujcka\\_podnikatel\\_bmm&utm\\_id=163272&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google&utm\\_campaign=profi\\_uver~profi\\_uver\\_generic&utm\\_content=search&tgt=S1-11857452210-120877253008-486827686751](https://www.kb.cz/cs/podnikatele-a-male-firmy/podnikatelske-uvery/na-cokoli/profi-uver?utm_term=pujcka_podnikatel_bmm&utm_id=163272&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=profi_uver~profi_uver_generic&utm_content=search&tgt=S1-11857452210-120877253008-486827686751)
- [74] KURZY.CZ. *Státní dluhopisy | Kurzy.cz* [online]. [vid. 2022-07-27]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/dluhopisy/statni-dluhopisy/>
- [75] *Návrh T-E parametrů 2. kolo.pdf* [online]. [vid. 2022-07-27]. Dostupné z: [https://www.eru.cz/sites/default/files/import\\_files/N%C3%A1vrh%20T-E%20parametr%C5%AF%202.%20kolo.pdf](https://www.eru.cz/sites/default/files/import_files/N%C3%A1vrh%20T-E%20parametr%C5%AF%202.%20kolo.pdf)
- [76] PODATELNA@MFCR.CZ, TEL.ÚSTŘEDNA:+420 257 041 111, IČO: 00006947 a Dič: CZ00006947. *Ekonomika letos zvolní na 1,2 %, inflace dosáhne 12,3 %*. *Ministerstvo financí České republiky* [online]. [vid. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/aktualne/tiskove-zpravy/2022/ekonomika-letos-zvolni-na-12-inflace-do-47119>
- [77] *Aktuální prognóza ČNB - Česká národní banka* [online]. [vid. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>
- [78] *Inflace, spotřebitelské ceny. Inflace, spotřebitelské ceny* [online]. [vid. 2022-07-27]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/inflace\\_spotrebitelske\\_ceny](https://www.czso.cz/csu/czso/inflace_spotrebitelske_ceny)
- [79] *Elektřina - Obchodní data | PXE. PXE* [online]. [vid. 2022-07-27]. Dostupné z: <https://pxe.cz/cs/derivatovy-trh/elektrina>
- [80] *cenik-tepelne-energie-teple-vody-a-nosnych-medii-platny-od-1-7-2022-f194.pdf* [online]. [vid. 2022-07-27]. Dostupné z: <https://www.ptas.cz/data/folders/cenik-tepelne-energie-teple-vody-a-nosnych-medii-platny-od-1-7-2022-f194.pdf>
- [81] *API2 Rotterdam Coal Futures | ICE. ICE* [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: <https://www.theice.com/products/243/API2-Rotterdam-Coal-Futures/data?marketId=5310592&span=2>
- [82] *Nová zelená úsporám – Dotace pro úsporné bydlení* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/>



- [83] Enovation. *Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OP TAK) / enovation* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://www.enovation.cz/optak>
- [84] SOLIDSUN. *Fotovoltaika na střechu firmy a Národní plán obnovy. TZB-info* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/129528-fotovoltaika-na-strechu-firmy-a-narodni-plan-obnovy>
- [85] Výzva MPO z Národního plánu obnovy podpoří fotovoltaické systémy. Alokace je 4 miliardy korun | MPO. *MPO* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/vyzva-mpo-z-narodniho-planu-obnovy-podpori-fotovoltaicke-systemy--alokace-je-4-miliardy-korun--266313/>
- [86] Enovation. *Obnovitelné a alternativní zdroje energie | prehledotaci.cz* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://www.prehledotaci.cz/operacni-program/optak/obnovitelne-zdroje-energie/>
- [87] *NPO\_SZTE\_I--vyzva.pdf* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/narodni-plan-obnovy/vyzvy/2022/5/NPO\\_SZTE\\_I--vyzva.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/narodni-plan-obnovy/vyzvy/2022/5/NPO_SZTE_I--vyzva.pdf)
- [88] *ue-fve-iii-vyzva-priloha-c.-2-vymezeni-zpusobilych-vydaju.pdf* [online]. [vid. 2022-07-28]. Dostupné z: <https://www.agentura-api.org/wp-content/uploads/2019/12/ue-fve-iii-vyzva-priloha-c.-2-vymezeni-zpusobilych-vydaju.pdf>
- [89] *NPO-Fotovoltaicke-systemy-s\_bez-akumulace--I--vyzva.pdf* [online]. [vid. 2022-08-08]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/2022/3/NPO-Fotovoltaicke-systemy-s\\_bez-akumulace--I--vyzva.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/2022/3/NPO-Fotovoltaicke-systemy-s_bez-akumulace--I--vyzva.pdf)
- [90] *Cenová statistika | Století statistiky. ČSÚ* [online]. [vid. 2022-08-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/stoletistatistiky/oblasti-statistiky/cenova-statistika/>

# Seznam tabulek

TABULKA 1 NEJVĚTŠÍ PRODUCENTI SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ROCE 2018 [5] .....	14
TABULKA 2 EMISNÍ FAKTORY [4] [10] .....	17
TABULKA 3 FÁZE EU ETS [19] [22] .....	21
TABULKA 4 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE VE FAPO .....	29
TABULKA 5 SPOTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE VE FAPO .....	32
TABULKA 6 STÁVAJÍCÍ HODNOTA UHLÍKOVÉ STOPY .....	38
TABULKA 7 VSTUPNÍ PARAMETRY SPLIT SYSTÉMU .....	39
TABULKA 8 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PŘÍPRAVY TV .....	40
TABULKA 9 ZÁKLADNÍ PARAMETRY VZT JEDNOTEK .....	40
TABULKA 10 VSTUPNÍ PARAMETRY LED OSVĚTLENÍ .....	41
TABULKA 11 ENERGETICKÁ BILANCE EE OBJEKTU PŘED REALIZACÍ PROJEKTU .....	41
TABULKA 12 ENERGETICKÁ BILANCE TE OBJEKTU PŘED REALIZACÍ PROJEKTU .....	41
TABULKA 13 CENY ENERGOPOSITELŮ 2022 .....	42
TABULKA 14 SROVNÁNÍ STANDARDNÍCH A TENKOVRSŤVÝCH FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ .....	44
TABULKA 15 ENERGETICKÉ ÚSPORY PŘI INSTALACI FVE, SOUČASNÝ STAV .....	48
TABULKA 16 SNÍŽENÍ UHLÍKOVÉ STOPY VLIVEM FVE, SOUČASNÝ STAV .....	49
TABULKA 17 ENERGETICKÉ ÚSPORY PŘI INSTALACI FVE, SLOUČENÍ ODBĚRNÝCH MÍST .....	49
TABULKA 18 SNÍŽENÍ UHLÍKOVÉ STOPY VLIVEM FVE, SLOUČENÁ ODBĚRNÁ MÍSTA .....	50
TABULKA 19 OBECNÉ VSTUPNÍ PARAMETRY VZT .....	51
TABULKA 20 PARAMETRY PRO VÝPOČET ÚSPORY ENERGIÍ MAXIMALISTICKÉ VARIANTY .....	51
TABULKA 21 PARAMETRY PRO VÝPOČET ÚSPORY ENERGIÍ MINIMALISTICKÉ VARIANTY .....	52
TABULKA 22 SNÍŽENÍ UHLÍKOVÉ STOPY MINIMALISTICKOU OBNOVOU VZT JEDNOTEK .....	53
TABULKA 23 PARAMETRY PRO VÝPOČET ÚSPORY OBNOVOU VZDUCHOVÝCH CLON .....	54
TABULKA 24 SNÍŽENÍ UHLÍKOVÉ STOPY OBMĚNOU VZDUCHOVÝCH CLON .....	55
TABULKA 25 MĚŘENÍ PRŮMĚRNÉHO PŘÍKONU ZDROJE .....	56
TABULKA 26 VÝPOČET SCOP .....	57
TABULKA 27 VÝPOČET ÚSPOR INSTALACÍ TČ BEZ ODPOJENÍ OD SZT .....	57
TABULKA 28 SNÍŽENÍ UHLÍKOVÉ STOPY VYUŽITÍM TČ BEZ ODPOJENÍ OD SZT .....	58
TABULKA 29 VARIANTY VTE A JEJICH PARAMETRY .....	61
TABULKA 30 RENTABILITA VTE .....	62
TABULKA 31 VSTUPNÍ DATA PRO VÝPOČET WACC .....	67
TABULKA 32 VÝVOJ CENY VARIABILNÍ SLOŽKY ELEKTRINY .....	69
TABULKA 33 SOUHRN NAVRHOVANÝCH VARIANT .....	72
TABULKA 34 VÝSLEDNÉ NPV A IRR VARIANT .....	73
TABULKA 35 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NPV NA CENĚ SILOVÉ ELEKTRINY V ROCE 2023 .....	75
TABULKA 36 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NPV NA RŮSTU CEN EE PO ROCE 2028 .....	76
TABULKA 37 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NPV NA DISKONTU .....	77
TABULKA 38 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NPV NA INFLACI .....	78
TABULKA 39 ENERGETICKÁ BILANCE EE PO REALIZACI VARIANTY 4 .....	80
TABULKA 40 ENERGETICKÁ BILANCE TE PO REALIZACI VARIANTY 4 .....	80

## Seznam grafů

GRAF 1 VÝVOJ SVĚTOVÉ SPOTŘEBY ELEKTRINY [1] .....	10
GRAF 2 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ SKLENÍKOVÉ PLYNY [5] .....	11
GRAF 3 PRODUKCE UHLÍKOVÉ STOPY DLE SEKTORŮ [7] .....	13
GRAF 4 ZDROJE GLOBÁLNÍCH EMISÍ CO <sub>2</sub> [8] .....	15
GRAF 5 NÁRODNÍ ENERGETICKÝ MIX 2021 [9] .....	16
GRAF 6 KOGENERAČNÍ ROZDĚLENÍ PŘIVEDENÉHO TEPLA [10] .....	17
GRAF 7 VÝVOJ CENY EUA ZA POSLEDNÍCH 5 LET [26], UPRAVENO [27] .....	22
GRAF 8 PREDIKCE CENY EUA DO ROKU 2030 [30] .....	23
GRAF 9 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE VE FAPO .....	29
GRAF 10 PODÍL VARIABILNÍ A FIXNÍ SLOŽKY CENY EE .....	30
GRAF 11 EKVITERMNÍ KŘIVKA .....	31
GRAF 12 SPOTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE VE FAPO .....	32
GRAF 13 PODÍL FIXNÍ A VARIABILNÍ SLOŽKY CENY TE .....	33
GRAF 14 PRŮBĚH TEPLŮ PŘI PROVOZU VZDUCHOVÝCH CLON .....	36
GRAF 15 TEPLŮTA POD TENKOVSTVÝM PANELEM .....	46
GRAF 16 ZÁVISLOST VÝKONU VTE NA RYCHLOSTI PROUDĚNÍ VZDUCHU .....	62
GRAF 17 PROGNOZA VÝVOJE INFLACE V ČR [77] .....	68
GRAF 18 VÝVOJ CENY VARIABILNÍ SLOŽKY ELEKTRINY .....	69
GRAF 19 ZÁVISLOST MĚRNÝCH ZPŮSOBILÝCH VÝDAJŮ NA INSTALOVANÉM VÝKONU PRO INTERVAL 100-1000 kWp [89] .....	71
GRAF 20 KDCF VARIANT 1, 4 A 5 V PRŮBĚHU LET .....	73
GRAF 21 CITLIVOSTNÍ ANALÝZA NPV NA RŮSTU CEN TE .....	79

## Seznam obrázků

OBRAZEK 1 MAPA EMITENTŮ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ [5] .....	14
OBRAZEK 2 VZOROVÝ PENB [14], UPRAVENO .....	18
OBRAZEK 3 PRINCIP SYSTÉMU OBCHODOVÁNÍ S EMISNÍMI POVOLENKAMI EU ETS [19] .....	20
OBRAZEK 4 MAPA VŠECH OBCHODNÍCH CENTER VLASTNĚNÝCH VIA OUTLETS [34] .....	25
OBRAZEK 5 DLOUHODOBÝ PLÁN UDRŽITELNÉHO ROZVOJE VIA OUTLETS [35] .....	26
OBRAZEK 6 SATELITNÍ MAPA FAPO [36], UPRAVENO .....	27
OBRAZEK 7 TYPICKÉ USPOŘÁDÁNÍ PODSTROPNÍ VZDUCHOTECHNIKY V OJ .....	34
OBRAZEK 8 TYPICKÉ USPOŘÁDÁNÍ KAZETOVÉ JEDNOTKY KLIMATIZACE, VZDUCHOVÉ CLONY A POTRUBÍ VZDUCHOTECHNIKY .....	35
OBRAZEK 9 SKLADBA STŘEŠNÍ KONSTRUKCE POD HYDROIZOLAČNÍ FOLÍÍ .....	46
OBRAZEK 10 UMÍSTĚNÍ FV PANELŮ 1 000 kWp .....	47
OBRAZEK 11 KATASTRÁLNÍ MAPA FAPO A ZEVO [55], UPRAVENO .....	58
OBRAZEK 12 VĚTRNÁ MAPA PRAHY [58], UPRAVENO .....	60
OBRAZEK 13 VTE HY 1 kW [60] .....	61
OBRAZEK 14 VTE SS 3 kW [61] .....	61
OBRAZEK 15 VTE ATLAS 2 kW [62] .....	61
OBRAZEK 16 VTE DOMUS 1kW [63] .....	61
OBRAZEK 17 O VĚTRNÁ TURBÍNA [66] .....	63
OBRAZEK 18 VĚTRNÁ TURBÍNA AEROMINE [68] .....	64
OBRAZEK 19 VĚTRNÁ TURBÍNA HALO [69] .....	65

## Seznam rovnic

ROVNICE 1.....	39
ROVNICE 2.....	40
ROVNICE 3.....	51
ROVNICE 4.....	59
ROVNICE 5.....	66
ROVNICE 6.....	66
ROVNICE 7.....	66
ROVNICE 8.....	66
ROVNICE 9.....	66

## Seznam příloh

PŘÍLOHA 1 SEZNAM OJ A NOVÝCH VZT JEDNOTEK PRO MAXIMALISTICKOU VARIANTU OBNOVY .....	92
---	----

## Přílohy

*Příloha 1 Seznam OJ a nových VZT jednotek pro maximalistickou variantu obnovy*

OJ	Nájemce	Počet návštěvníků	Vzduchový výkon VZT	Jmenovitý tepelný výkon výměníku VZT s rekuperací	Jednotka	Počet	Orientační cena bez DPH
Číslo		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /hod	kW			
		(pro ~ 5 m <sup>2</sup> /os.)		70 % účinnost rekuperace, ti = 21 °C, te = -12 °C			
1+2+3	Nike	199	7 000	25	ONYX SKY 3000	3	603 900 CZK
4	Claire's	15	500	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
5	Lee/Wrangler	50	1 800	6	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
6	Calzedonia	63	2 200	8	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
7	MANGO	64	2 200	8	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
8	Under Armour	65	2 300	8	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
9	Puma	63	2 200	8	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
10	Levi's	63	2 200	8	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
11	Bushman	53	1 800	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
12	Rossignol	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
13	Corso Roma	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
14	MARCIANO & PINKO	43	1 500	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
15	Home & Cook	43	1 500	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK

16	Marc O'Polo	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
17	Pietro Filipi	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
18	FERATT	52	1 800	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
19	GEAR1963	52	1 800	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
20	Lacoste	47	1 600	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
21	SALOMON	47	1 600	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
22	GEOX	49	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
23	Gas	39	1 400	5	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
24	Hugo BOSS	40	1 400	5	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
25	Boxeur des Rues	40	1 400	5	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
26	GANT MAN	40	1 400	5	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
27	Salamander	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
28	Gant Women	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
29	Benetton	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
30	LIU JO	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
31	Hannah	70	2 400	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
32	Potten & Pannen	56	1 900	7	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
33	Desigual	70	2 400	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
34	Calvin Klein	72	2 500	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
35	SPARKYS	52	1 800	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
36	Bohemia Crystal	44	1 600	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
37	Esprit	70	2 400	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
38	Pepe Jeans	54	1 900	7	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
39	Jerem	59	2 100	8	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
40	SAMSONITE	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
41	Max Mara Weekend	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
42	Alpine Pro	49	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
43+44+45	Adidas and Reebok	165	5 800	21	ONYX SKY 3000	2	402 600 CZK
46	Superdry	29	1 000	4	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
47	Visto footwear	39	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
48	KILPI, ICEBUG	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
49	Seidensticker	39	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
50	The Cosmetics Company Store	39	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
51	Deliberti	39	1 400	5	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK

52	LUXURY ZONE	53	1 800	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
53	GUESS	71	2 500	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
54	s.Oliver	70	2 400	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
55	Tchibo	71	2 500	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
56	Tom Tailor	71	2 500	9	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
57.1	Yankee Candle, Milefiori and Woodwick	21	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
57.2	American Eagle	89	3 100	11	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
58	Karl Lagerfeld	24	800	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
59	Klenoty Aurum	16	500	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
60	Vacant	26	900	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
61	PRIMIGI	27	900	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
62	La Martina	26	900	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
63	HÖGL	27	1 000	4	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
64	Trussardi	27	1 000	4	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
65	Camel Active	20	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
66	ODD MOLLY, BROOKS BROTHERS	20	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
67	Starbucks	19	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
68+69+70	Tommy Hilfiger	148	5 200	19	ONYX SKY 3000	2	402 600 CZK
71	Vacant	49	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
72	Retro Jeans	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
73	Piere Cardin, Luggi, Betty Balclay, Gerry Weber	39	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
74	Lee Cooper	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
75	Skechers	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
76	Helly Hansen	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
77	Fox/Volcom	40	1 400	5	ONYX SKY 1500	1	140 300 CZK
78	ECCO	49	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
79	Kennet Street, Polbot, Eskey	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
80	TIME OUT	47	1 600	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
81	Billabong	47	1 600	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
82	Steilmann	48	1 700	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
83+84	GAP	96	3 400	12	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
85	Quiksilver	47	1 600	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
86	Mustang	52	1 800	6	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
87	ASICS	65	2 300	8	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK

88	Armani	84	2 900	10	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
90	Costa Coffee	18	600	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
91	Victorinox, Kipling	21	700	3	ONYX SKY 3000	1	201 300 CZK
92+93+94	Polo Ralph Lauren	236	8 300	30	ONYX SKY 3000	3	603 900 CZK
95	Lindt	20	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
96	Sunglass Hut	20	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
97	fusakle	20	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
98	Sweet Story	19	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
99	TRIUMPH and Sloggi	20	700	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
100	OUTLY	13	500	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
101	Fokus optik	13	400	1	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
102	Swarovski	13	500	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
103	Rip Curl	16	600	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
104	Pandora	11	400	1	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
105+106	CHRONO	11	400	1	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
107	JD krejčovství	5	200	1	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
108	Exchange office	4	100	0	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
201	Regal Burger and Regal Coffee	16	600	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
202	OFFICE – Infocentre	15	500	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
203	WRAP 'N ROLL	25	900	3	ONYX SKY 1000	1	118 950 CZK
204	FRUITISIMO	10	400	1	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
205	SATYAM	17	600	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
206	Červené jablko (Red Apple)	15	500	2	ONYX SKY 650	1	115 900 CZK
	<b>Celkem</b>		<b>168 500</b>	<b>602</b>			<b>18 257 300 CZK</b>