



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

**Posouzení možnosti alternativního vytápění objektů Dendrologické
zahrady ve VÚKOZ, v.v.i.**

**Evaluation of alternative heating options of premises at VUKOZ, v.v.i.
Dendrological garden**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Jan Weger, MSc., Ph.D.

Bc. Nicola Kyjevská

Praha 2018

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kyjevská** Jméno: **Nicola** Osobní číslo: **405313**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Posouzení možnosti alternativního vytápění objektů dendrologické zahrady ve VÚKOZ, v.v.i.

Název diplomové práce anglicky:

Evaluation of alternative heating options of premises at VUKOZ, v.v.i. dendrological garden

Pokyny pro vypracování:

- analýza současného stavu vytápění
- analýza možností náhrady vytápění plynem za vytápění dřevní štěpkou a solárními kolektory
- metodika ekonomického hodnocení využití štěpky a solárních kolektorů pro vytápění v podmínkách VÚKOZ, v.v.i.
- návrh variant vytápění
- ekonomické hodnocení, citlivostní analýza, hodnocení rizik

Seznam doporučené literatury:

Knapek a et al.: Energy for Sustainable Development IV. Wolters Kluwer, 2015, ISBN 978-80-7478-993-9
The Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing. Earthscan 2010, ISBN 978-1-84971-104-3
Brealey, Myers, Allen: Teorie a praxe firemních financí. BizBooks 2014, ISBN 978-80-265-0028-5

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Weger, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **12.09.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **09.01.2018**

Platnost zadání diplomové práce:

do konce letního semestru 2018/2019

Ing. Jan Weger
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Posouzení možnosti alternativního vytápění objektů Dendrologické zahrady ve VÚKOZ, v.v.i. vypracovala samostatně a do použité literatury uvedla všechny použité zdroje a podkladové materiály.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze

.....

Nicola Kyjevská

Poděkování

Především bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Janu Wegerovi, MSc., Ph.D. za vedení práce, ochotu, trpělivost a cenné rady. Také bych velice ráda poděkovala mému konzultantovi Ing. Tomášovi Králíkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a možnost konzultací, které mi pomohly při psaní této práce. Dále děkuji Ing. Jiřímu Beranovskému za technické podklady a rady z praxe.

Abstrakt

Tato práce je věnována posouzení několika možných náhrad plynových kotlů jako zdroje vytápění vybraných objektů Dendrologické zahrady ve VÚKOZ, v.v.i. První část se zabývá analýzou současného stavu vybraných objektů a zhodnocením potřeby tepla na jejich vytápění a ohřev teplé vody. V další části pojednává práce o možnosti změny současného způsobu vytápění, navrhovaným řešením je kombinace kotle na dřevní štěpku a solárních kolektorů. Na základě odlišných technických předpokladů zkoumaných objektů je práce rozdělena na dva projekty: skleníky a Návštěvnické centrum. V poslední části práce jsou jednotlivé navržené varianty náhrady vytápění technicky a ekonomicky zhodnoceny.

Klíčová slova: plynový kotel, biomasa, štěpka, vytápění, solární kolektory, kotel na dřevní štěpku, potřeba tepla

Abstract

This thesis is dedicated to the evaluation of possible replacement of gas boilers as a heating system in selected objects of Dendrological garden in RILOG, p.r.i. The first part deals with current condition analysis of selected objects and assessment of the amount of heat required to sustain desired temperature as well as water heating. Next section describes possible changes to the present heating system where the proposed solution is a combination of wooden chip boiler and solar collectors. Based on different technical assumptions of the examined objects is this thesis divided into two separate projects: greenhouses and Visitor center. The final part of the thesis contains technical and economic evaluation for the proposed variations of heating system replacement.

Key words: wooden chips, wooden chips boiler, gas boiler, heating, solar collector, heat consumption

Obsah

Úvod	11
1 OZE a podpory	12
1.1 Obnovitelné zdroje energie v ČR	12
1.2 Legislativa a regulace OZE	15
1.3 Dotační programy OZE v roce 2017	16
2 Analýza objektu	17
2.1 Dendrologická zahrada	17
2.2 Návštěvnické centrum	18
2.3 Skleníky na sazenice	20
2.4 Přípravný skleník	21
3 Analýza současného stavu vytápění objektu	22
3.1 Analýza energetické náročnosti skleníků	23
3.1.1 Výpočet tepelné ztráty objektu pomocí obálkové metody	24
3.1.2 Toky energie ve sklenících	26
3.1.3 Potřeba tepla pro vytápění skleníku	27
3.2 Analýza energetické náročnosti Návštěvnického centra	31
3.2.1 Analýza potřeby tepla Návštěvnického centra	31
3.3 Současné vytápění plynovým kotlem	34
3.3.1 Kotelna v Návštěvnickém centru	35
3.3.2 Kotelna ve sklenících	35
3.4 Spotřeba plynu	36
3.5 Provozní náklady	38
3.6 Investiční náklady na realizovaný projekt	38
4 Analýza možností náhrady vytápění plynem za alternativní vytápění	39
4.1 Motivace Dendrologické zahrady	39
4.2 Technologické požadavky Dendrologické zahrady	42
4.3 Instalace solárních termických systémů do Návštěvnického centra	42
4.3.1. Princip a výběr solárního kolektoru	43
4.3.2 Výhody a nevýhody solárních kolektorů	44
4.3.3 Výpočet energetického přínosu	44
4.3.4 Investiční náklady na solární kolektor	49

4.3.5 Provozní náklady na variantu solární kolektory + plynový kotel	51
4.4 Náhrada za kotel na biomasu	52
4.4.2 Štěpka	53
4.4.3 Současné náklady na štěpku.....	55
4.4.4 Výběr kotle na štěpku.....	56
4.4.5 Náklady na kotle	57
4.4.6 Potřeba dřevní štěpky.....	58
4.4.7 Vybudování nové kotelny a skladu na štěpku	59
4.4.8 Náklady na výstavbu nové kotelny	60
4.4.9 Provozní náklady na vytápění biomasou	62
5 Metodika ekonomického hodnocení alternativního vytápění v podmínkách VÚKOZ	63
5.1 Metodika výpočtu.....	63
5.2 Výpočetní model	63
5.2.1 Odepisování	64
5.2.2 Financování.....	64
5.2.3 Daňový režim	64
5.2.4 Diskont.....	64
5.2.5 Náklady ušlé příležitosti.....	64
5.3 Metody porovnávání	65
5.3.1 Čistá současná hodnota	65
5.3.2 Vnitřní výnosové procento	65
6 Vyhodnocení variant projektu.....	66
6.1 Vyhodnocení instalace kotle na štěpku.....	66
6.1.1 Plynový kotel	66
6.1.2 Instalace kotlů na štěpku	67
6.1.3 Citlivostní analýzy	69
Citlivostní analýza na cenu plynu	70
Citlivostní analýza na potřebu tepla	70
6.1.4 Dílčí závěr Varianty kotle na štěpku	71
6.2 Vyhodnocení instalace solárních kolektorů	72
6.2.1 Varianta 1 - plynové kotle.....	72
6.2.2 Varianta 2 – soustava solárních kolektorů a plynových kotlů	73
6.2.3 Citlivostní analýzy	74
6.2.4 Dílčí závěr varianty kolektory	76
6.3 Rizika projektu.....	76

Závěr	78
Seznam obrázků	80
Seznam tabulek	81
Seznam grafů	82
Seznam zkratk.....	82
Obrazová příloha	83
Literatura	84

Využívání a obnovitelných zdrojů energie je v naší moderní společnosti stále častějším tématem. Tlak na jejich používání a rozvoj se každoročně zvyšuje a do povědomí veřejnosti se stále více dostává pojem ekologická zodpovědnost. Jedním z hlavních důvodů, které vedou ke snaze o navyšování podílu obnovitelných zdrojů, je narůstající množství skleníkových plynů v atmosféře a jejich negativní vliv na klima na Zemi. Dalším důvodem je konečná, vyčerpatelná zásoba neobnovitelných zdrojů energie, mezi něž patří fosilní a jaderná paliva, ropa a zemní plyn.

Tato práce vznikla na podnět Dendrologické zahrady, která je součástí Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. (VÚKOZ) v Průhonicích u Prahy, za účelem zhodnocení stávající situace vytápění fosilními palivy a nalezení alternativního řešení vytápění. Ústav a Dendrologická zahrada vedou projekty a výzkumné činnosti a podílejí se na osvětě udržitelného využívání naší krajiny a jejích zdrojů. Ústav se v rámci činnosti fytoenergetiky aktivně zabývá problematikou energetického případně surovinového využití biomasy, která je nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem energie v ČR i v EU (cca 60 % všech OZE). Ústav se aktivně věnuje potenciálu biomasy jako energetického zdroje a na experimentálních plantážích pěstují rychle rostoucí rostliny a produkují vlastní dřevní štěpku, kterou lze použít pro alternativní vytápění. Jako doplňující alternativní druh vytápění bylo navrženo využívání sluneční energie za použití solárních kolektorů.

Tato práce zhodnocuje současný stav a potřeby vybraných objektů Dendrologické zahrady, mezi které patří atypické skleníky a Návštěvnické centrum. Na základě technických předpokladů a specifčnosti jednotlivých objektů Dendrologické zahrady jsou energetická náročnost a návrhy možností vytápění řešeny odděleně. Práce se zabývá zhodnocením možnosti výměny stávajících plynových kotlů za vytápění dřevní štěpkou pomocí nízko výkonového kotle a instalace solárních kolektorů. V dnešní době se štěpka v ČR používá pro energetické účely v kotlech s velkým a středním výkonem, ale v případě kotlů s menším výkonem není tato varianta příliš rozšířená. V této práci jsou shrnuty požadavky na vytápění, výhody a nevýhody použití alternativních způsobů vytápění a cílem zhodnocení je zjistit, zda i v atypických provozech jako jsou skleníky, lze použít zdroj využívající obnovitelné zdroje a případně do jaké míry může být takový provoz energeticky nezávislý a zvyšovat lokální využití biomasy v regionu. Cílem této práce bylo zhodnotit problematiku výměny zdroje v areálu Dendrologické zahrady a na základě analýzy vytápění navrhnout ekonomicky a technologicky realizovatelné varianty

1 OZE a podpory

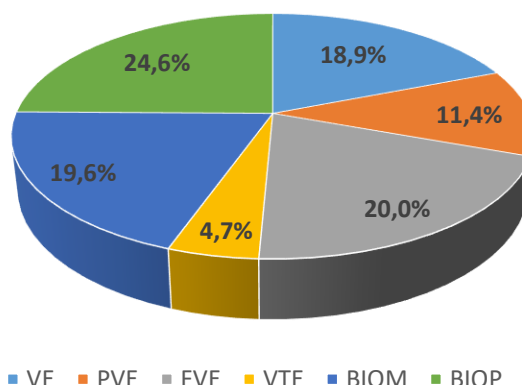
Energetické zdroje jsou neodmyslitelnou součástí naší planety a lze je rozdělit dle obnovitelnosti na neobnovitelné, obnovitelné a třetí, zvláštní případ, druhotné. Neobnovitelný zdroj je takový, u kterého je očekávaná doba vyčerpání několikanásobně kratší než její obnovení (stovky let a více). Mezi nejznámější neobnovitelné zdroje patří fosilní paliva (černé a hnědé uhlí), dále ropa, zemní plyn a jaderná paliva. Obnovitelné zdroje energie (OZE) mají velký význam v hledání alternativy k fosilním zdrojům a vyznačují se tím, že snižují emise skleníkových plynů a úroveň znečištění způsobovaného pronikáním škodlivin do ovzduší (oxidy dusíku, polévatý popílek, atd). Také napomáhají snižování produkce tuhých odpadů, dále podporují průmyslový rozvoj, vytváří pracovní příležitosti, zvyšují hospodářský růst a přispívají k diversifikaci podnikání v zemědělských oblastech. Obnovitelné zdroje jsou ve většině případů domácího původu, bývají decentralizované a přispívají ke zmírnění energetické závislosti na dodávkách energie a zdrojů ze zahraničí. Obnovitelné zdroje mají však i některé nevýhody, mezi něž patří nízká plošná hustota energie a závislost na přírodních podmínkách v dané lokalitě, které nelze ovlivnit. [1][2]

Dle definice podle zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie se mezi obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie řadí energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu. Dále k obnovitelným a neobnovitelným zdrojům řadíme druhotné zdroje energie, které vznikají jako důsledek spotřeby paliv a energie v technologických procesech. Příkladem je odpadní teplo vzniklé při spalování paliv neboli tepelná ztráta. [3]

1.1 Obnovitelné zdroje energie v ČR

V roce 2016 se dle MPO (Ministerstvo Průmyslu a Obchodu) hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů podílela na celkové hrubé výrobě elektřiny 11,3 %. Podíl OZE na konečné spotřebě byl přibližně 15%. V následujícím grafu vidíme rozložení zastoupení jednotlivých druhů OZE, největší podíl na výrobě elektřiny mají zdroje na bioplyn a biomasu a fotovoltaické zdroje. Vzhledem ke geografickému umístění ČR zde najdeme jen omezené zastoupení využívání geotermální energie (např. využívání geotermální energie na výrobu tepla v Děčíně; u elektrické energie je zatím využití ve stadiu příprav, projekt v Litoměřicích) nebo oceánské energie. Níže jsou popsány základní informace o jednotlivých druzích OZE využívaných k výrobě elektrické a tepelné energie v ČR. [4]

Graf podílu jednotlivých OZE na celkové hrubé výrobě elektřiny z OZE v roce 2016



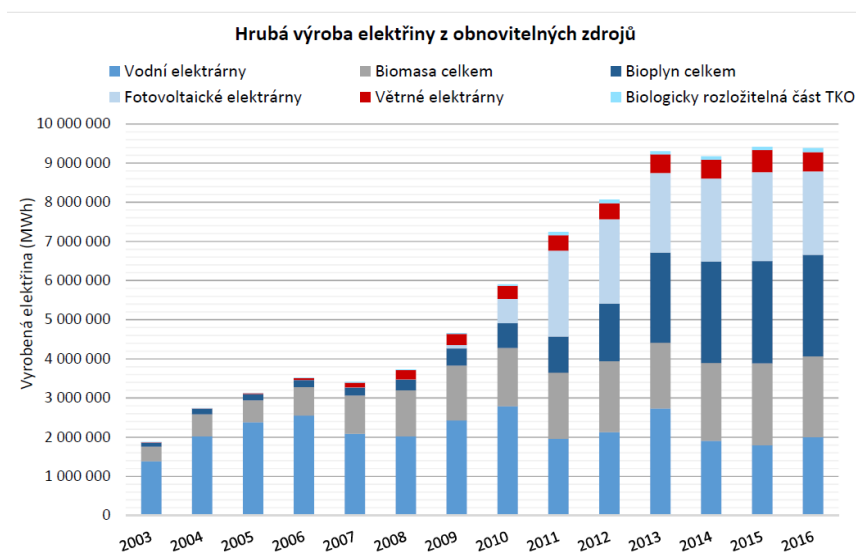
Graf 1 - Podíl jednotlivých OZE na celkové hrubé výrobě elektřiny v roce 2016 [44]

- **Větrná energetika** – Větrné elektrárny přeměňují kinetickou energii větru na mechanickou, která je následně transformována v elektrickou energii. Využití energie větru je spojeno s řadou problémů, které vycházejí z jeho fyzikální podstaty. Zařízení využívající energii větru nejsou schopna pracovat celý rok v důsledku nepravidelnosti, nahodilosti a špatné předvídatelnosti síly a směru větru, v našich podmínkách pouze 10-20 % času roku. Tímto dochází k problémům s regulací v elektrizační soustavě a pokrývání diagramů zatížení.
- **Fotovoltaika** – Energie Slunce (elektromagnetické záření) patří mezi nejčistší a nejlépe dosažitelné zdroje energie. Spektrum slunečního záření lze rozdělit na ultrafialové, viditelné a infračervené. Pro výrobu elektrické energie je nejrozšířenější fotovoltaický článek, který využívá fotoelektrický jev, při němž jsou elektrony uvolňovány z látky v důsledku absorpce elektromagnetického záření látkou.
- **Biomasa** – Biomasa označuje hmotu biologického původu, v níž je uložena sluneční energie, která pochází z pěstování rostlin, chovu živočichů, produkce ze zemědělství a další organické odpady. Biomasu můžeme rozdělit podle druhu vzniku (fytomasa, dendromasa, organické odpady, vedlejší produkty živočišné původu a směsi různých organických odpadů) a dle druhu získávání (záměrně pěstovaná, reziduální a odpadní). Způsob zpracování a využití biomasy je dáno jejími fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Mezi nejdůležitější parametry se řadí obsah vody v biomase (neboli obsah sušiny v čerstvé biomase), který určuje výhřevnost biomasy využívané k energetickým účelům. Ke zpracování biomasy se používá celá řada procesů jako, termochemická přeměna biomasy - suché procesy (spalování, zplyňování, pyrolýza), biochemická přeměna biomasy – mokré procesy (alkoholové a metanové kvašení), fyzikální a chemická přeměna biomasy

(mechanicky a chemicky) a získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (kompostování, anaerobní fermentace organických odpadů).

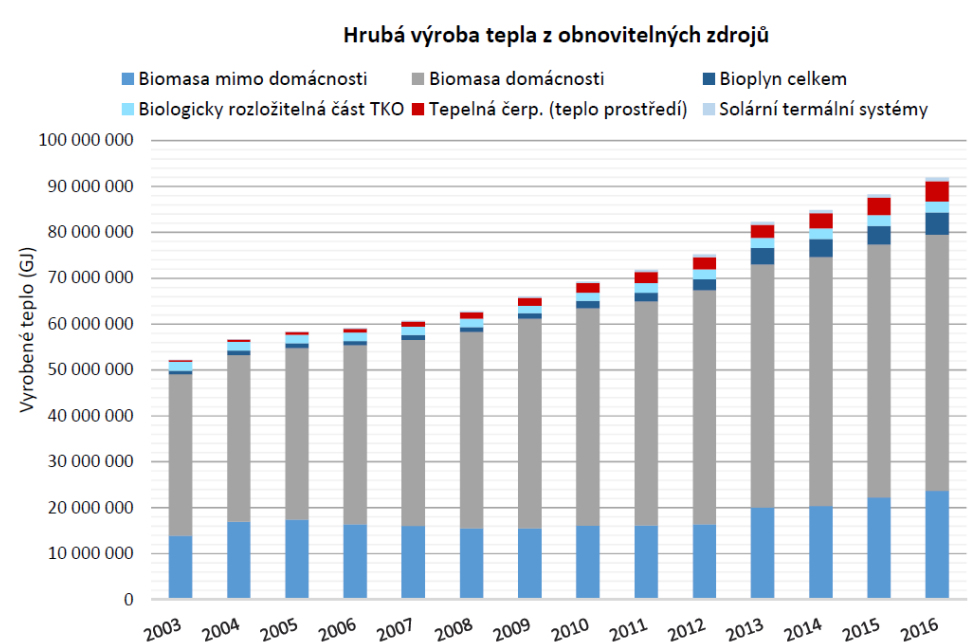
- **Geotermální energie** – Geotermální energie je energie zemské kůry, kdy je teplo ze zemského jádra přenášeno pomocí proudění a vedením. V České republice je energie zemské kůry využívána pouze omezeně z důvodu malé plošné hustoty energie. Mezi nejznámější systém, který využívá nízkopotenciální energii pro výrobu tepelné energie, patří tepelná čerpadla.
- **Vodní energie** – Mezi největší potenciál vodních elektráren patří možnost pohotově reagovat na potřebu elektrické energie v energetické soustavě, navíc nezatěžují životní prostředí odpady a mají vodohospodářský význam. V České republice se nachází dva druhy vodních elektráren – průtokové a akumulární. Hlavním principem vodních elektráren je přeměna mechanické energie proudící vody na energii elektrickou. [5]

V roce 2017 vznikla podrobná statistika Ministerstva průmyslu a obchodu, které mapuje vývoj OZE v ČR od roku 2003 do 2016 pro výrobu elektrické a tepelné energie. Na hrubé výrobě elektřiny se nejstabilněji podílí vodní elektrárny, a naopak největší růst byl zaznamenán u fotovoltaických elektráren a bioplynových stanic, který byl způsoben dotační politikou ČR. [4]



Graf 2 - Hrubá výroba elektřiny z OZE v letech 2003-2016 [4]

Největší podíl v hrubé výrobě tepla z OZE v ČR v letech 2003 až 2016 tvoří biomasa, a to buď použitá v domácnostech nebo mimo ně, tento velký podíl biomasy je daný dostupností a relativně nízkou cenou oproti neobnovitelným zdrojům jako je například zemní plyn. [4]



Graf 3- Hrubá výroba tepla z OZE v letech 2003-2016 [4]

1.2 Legislativa a regulace OZE

Po připojení k Evropské unii v roce 2004 jsme se ČR zavázala k řešení snížení závislosti na dovozu energií a ekologických dopadů a tím i co největšímu navýšení využívání obnovitelných zdrojů. Tímto v roce 2005 nabyl účinnosti Zákon č. 180/2005 Sb., který pojednává o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Společně s ním vyšlo v platnost několik vyhlášek. Vyhláška ERÚ č. 475/2005 Sb., kterou se prováděla některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Tato vyhláška stanovila termíny a podrobnosti výběru způsobu podpory elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů, termíny oznámení záměru nabídnout elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů k povinnému výkupu a technické a ekonomické parametry. [6]

V dubnu 2009 vydává Evropský parlament a Rada novou směrnicí 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a tímto ruší směrnici 2001/77/ES a 2003/30/ES, kde stanoví závazné cíle členských zemí do roku 2020, tzv. 20-20-20. Snížit emise skleníkových plynů o 20% ve srovnání se stavem v roce 1990, podíl energie z OZE 20% a 10% podílu energie z OZE v dopravě a zvýšit energetickou účinnost o 20 %. [7]

Rozhodnutí Komise 2009/548/ES závazně určuje formu a strukturu národního akčního plánu ČR pro energii z OZE a pro ČR byl Evropskou Komisí stanoven podíl energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie na minimálně 13 % a dále musí zajistit podíl energie z OZE v dopravě 10 % v roce 2020. Na základě těchto požadavků byl vypracován Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů, který předpokládá v roce 2020 dosažení 14 % podílu energie z OZE a 10,8 % podílu energie z OZE v dopravě v roce 2020. [1] [8]

Směrnice 2009/28/ES, která je implementována v zákoně č. **165/2012 Sb.** s účinností od ledna 2013, ruší a nahrazuje řadu zákonů: č. 180/2005 Sb., 137/2010 Sb., 330/2010 Sb. Tento zákon přinesl řadu změn v podporování energie z OZE.

Mezi nejdůležitější změny Zákona č. 165/2012 Sb. patří změna nastavení výše podpory, výkupní ceny a zelené bonusy jsou nastavovány tak, aby byla zajištěna patnáctiletá doba návratnosti. Nárok na výkupní cenu mají pouze zdroje do 100 kW instalovaného výkonu a malé vodní elektrárny do 10 MW. Podpora využití spalování biomasy je vázána na využití tepla (kogenerace) a zavedla se provozní podpora tepla z OZE formou zeleného bonusu za teplo, vícenáklady se promítají do cen elektřiny prostřednictvím speciálního poplatku. [2][3]

1.3 Dotační programy OZE v roce 2017

Jednou z možností podpory výstavby nového zdroje je investiční podpora. Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost vypsaly podpory v letech 2014 – 2020 pro čtyři oblasti podpory:

- Prioritní osa 1 – Rozvoj výzkumu a vývoje
- Prioritní osa 2 – Podpora podnikání malých a středních firem
- Prioritní osa 3 – Efektivnější nakládání s energií
- Prioritní osa 4 – Rozvoj informačních a komunikačních technologií

Naplánováno je rozdělení 120 mld. Kč mezi jednotlivé projekty. Pro Dendrologickou zahradu by přicházel v úvahu **program Úspory energie**, který umožňuje podporu projektů na snižování energetické náročnosti výroby a omezení výdajů za energie v podnicích. Dotace je možné čerpat na výměnu starých technologií za úspornější, modernizaci a rekonstrukci rozvodů elektřiny, plynu a tepla, zateplení, výměnu a renovaci otvorových výplní, modernizaci soustav osvětlení a instalaci obnovitelných zdrojů energie pro vlastní spotřebu podniku. Výše dotace se pohybuje od 500 tis. do 250 mil. Kč a pro střední podniky od 50 do 249 zaměstnanců (VÚKOZ jich má dle výroční zprávy

z 2016 165) je výše dotace 40 % z prokázaných způsobilých výdajů. Mezi klíčová hodnotící kritéria patří efektivní poměr výše investice vůči snížení emisí CO₂ v kg za rok, absolutní výše úspory energie oproti původnímu stavu, příprava projektu a kvalitně zpracovaný rozpočet projektu. [9]

Dalším programem je Nová zelená úsporám, který se týká rodinných a bytových domů. Investiční dotace se vypisují na výměnu neekologického zdroje tepla za efektivní, ekologicky šetrné zdroje a na napojení na soustavu zásobování teplem. Maximální výše dotace je dána fixní částkou dle typu pořízeného nového zdroje/systému a podoblasti a celková výše podpory na jednu žádost je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů. Tuto dotaci Dendrologická zahrada čerpat nemůže, protože patří do sekce střední firmy a Zelená úsporám je navržena pro rodinné a bytové domy.[10]

2 Analýza objektu

2.1 Dendrologická zahrada

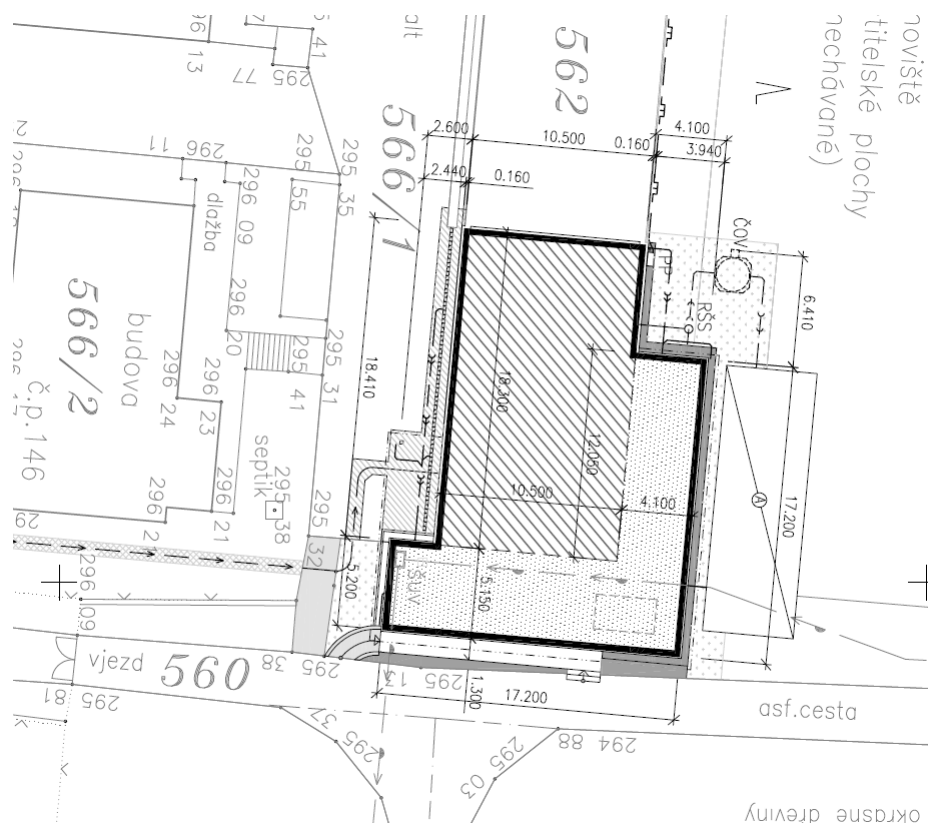
Cílem této práce je zhodnocení alternativního vytápění v objektech, které se nachází v Průhonicích nedaleko Prahy v Dendrologické zahradě, která slouží jako demonstrační a pokusné pracoviště Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i (VÚKOZ). V Dendrologické zahradě probíhají akce a činnosti zaměřené na oblasti taxonomie, ochrany rostlin, osvěty a výzkumné aktivity v oblasti životního prostředí. Enviromentální vzdělávání, výchova a osvěta je určena pro děti i dospělé a je zprostředkována pomocí výukových programů pro mateřské a základní školy, akcí pro veřejnost (workshopy, komentované exkurze, atd.) a tematické výstavy rostlin. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, pod který patří Dendrologická zahrada (dále VÚKOZ) je v současnosti veřejnou výzkumnou institucí, zřízenou 1.1.2007 Ministerstvem životního prostředí ČR dle zákona 241/2005 Sb. Hlavní účel výzkumného ústavu je zkoumání všech typů krajiny a souvisejících environmentálních rizik, výzkum biologické rozmanitosti a její ochrany. Ústav vznikl v roce 1927 na bývalém panství hraběte Arnošta Emanuela Silva Taroucy v Průhonicích.

Součástí zkoumání jsou v rámci této práce dva skleníky na pěstování kontejnerových sazenic, jeden přípravný skleník a návštěvnické centrum. Objekty jsem od začátku rozdělila na do dvou skupin, jednou je Návštěvnické centrum, které se nachází ve vlastní budově s vlastní kotelnou a druhou skupinu představují skleníky, které mají také vlastní kotelnu. [11] [12]

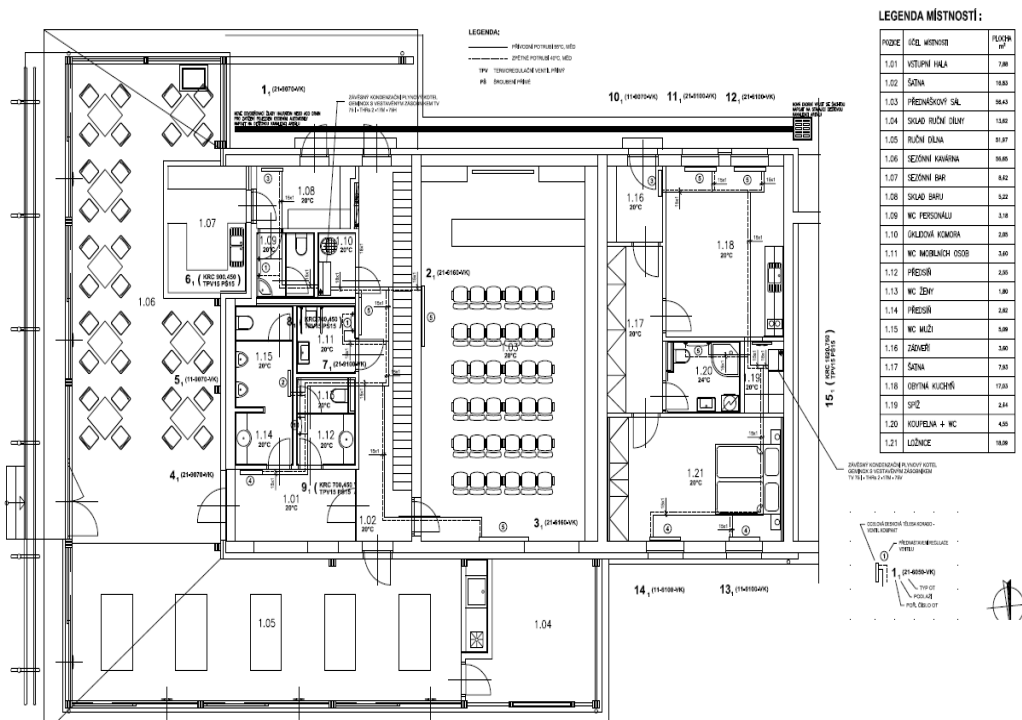
2.2 Návštěvnické centrum

Návštěvnická budova byla zrekonstruována a částečně přistavěna v roce 2015 a slavnostně otevřena 23. června 2015. Slouží jako návštěvnické, informační a vzdělávací centrum v areálu Dendrologické zahrady Průhonice. Součástí stavby je bytová jednotka s využitím jako služební byt pro vybraného zaměstnance Dendrologické zahrady. Celková zastavěná plocha (stávající objekt + přístavba + terasa přístavby) činí 354,64 m². Bytová jednotka má samostatný vstup z navazující venkovní zpevněné plochy na jižní straně původního objektu. Bytová jednotka se skládá ze dvou obytných místností, hygienického zázemí a šatny. Návštěvnické centrum má hlavní vstup z východní strany ze stávající vnitřní komunikace areálu. Prostor návštěvnického centra je rozdělen na ruční dílnu se skladem, sezónní kavárnu, přednáškový sál, šatnu a hygienické zázemí. Centrum je navrženo pro 38 osob v sále, 32 osob v sezónní kavárně a 14 osob v ruční dílně. Bytová jednotka je navržena pro maximálně 3 obyvatele, nyní je využívána pouze správcem objektu. Plná kapacita doposud nebyla nikdy využita. Od spuštění návštěvnického centra do konce roku 2016 se zde pořádaly akce během 13 dní. Tento nízký počet využitých dnů správci přisuzují začínající poptávce o přednášky a akce a předpokládají výrazný nárůst v nadcházejících letech. Pro srovnání za měsíc březen 2017 se zde pořádaly akce celkem 17 dní. V případě pořádání akce se místnosti vytápějí na 18 °C v době od 8:00 do 16:00, vytápět se začíná o hodinu dříve z důvodu nahřátí místností. Zbytek dne jsou místnosti temperovány na nezámrznou teplotu 12 °C.

Na obrázku č. 1 lze vidět projektovou dokumentaci centra a přiléhajících garáží, které jsou využívány jako zázemí pro technické pracovníky Dendrologické zahrady a jako sklad nářadí a zahradnické techniky. Na dalším obrázku lze pozorovat jednotlivé místnosti v Návštěvnickém centru, jako je přednáškový sál, letní kavárna, zázemí a bytová jednotka.



Obr. 1 – Půdorys Návštěvního centra



Obr. 2 – Půdorys Návštěvního centra – interiér

2.3 Skleníky na sazenice

V blízkosti Návštěvnického centra se nacházejí tři skleníky, které slouží jako sklady kontejnerových sazenic. Dva skleníky jsou propojené technickou budovou, kde se nachází zázemí pro zahradníky, sklady materiálů a kotelna. Skleníky pocházejí z roku 1930, původně byly vytápěny koksem a v roce 1998 došlo k rekonstrukci, kdy se přešlo na vytápění plynem. V roce 2003 se vytvořila nová kotelna a došlo k modernizaci celého vytápění, od této doby se původní sklepení pro vytápění koksem nepoužívá.

První a druhý skleník jsou připojené na vytápění z kotelny, která se nachází v technickém zázemí v přímé blízkosti skleníků. První skleník se vytápí v zimních měsících na 18–20 °C a druhý skleník na nezámrznou teplotu 6–9 °C. Dále se v areálu nachází částečně zanořený skleník typu Japan, který se nevytápí a slouží k zimování citlivých rostlin.

V Dendrologické zahradě se pěstuje široké spektrum rostlin, proto se ve sklenících využívá širší škála teplot, které se v průběhu let mohou měnit dle potřeby. Skleníky se využívají k výsevům, roubování a zakořeňování řízků. Zazimovávají se zde mladé rostliny, semenáčky i zakořeněné rostliny, ale i rostliny v kontejnerech a dekorativní rostliny ve velkých nádobách.

Součástí jednoho ze skladovacích skleníků je technická budova, jež byla postavena za účelem instalace kotle na koks, který se nacházel ve sklepě a k vytvoření zázemí pro zahradníky. Nyní jsou zde nainstalované dva plynové kotle na propan, plně automatizované a napojené na stávající rozvody propanu. Ve sklenících se také nachází plně automatizované větrání, které má za úkol udržovat stálou požadovanou teplotu a vlhkost. Vytápění prvního skleníku probíhá dvojnásobným způsobem, pomocí spirál vedoucích pod kořeny sazenic, jež slouží k lepší cirkulaci tepla a zabraňují zamrznutí kořenového systému rostlin v chladných měsících a pomocí otopného systému trubek vedoucího po obvodu skleněné plochy skleníků.

Technická budova se skládá ze sklepa, přízemí a jednoho patra, ale využívá se pouze přízemí, které slouží jako kotelna, zázemí pro zaměstnance, sklad zeminy, nářadí a rostlin. Sklep se nevyužívá, protože se v něm stahuje podzemní voda a panuje se zde vysoká vzdušná vlhkost. V technické budově se nachází jeden radiátor, kterým se přitápí v zimních měsících. Velikost technické budovy je 5,6 m x 5,5 m, součástí je přístavek (5,1 m x 3,7 m), který propojuje technickou budovu s druhým skleníkem. Budova je v dobrém technickém stavu, není ale zateplena a okna jsou dřevěná a staršího data.

První i druhý skleník mají stejnou konstrukci, jedná se o repasované skleníky anglické firmy Robinsons of Winchester Ltd, rozměry skleníků jsou 19,7 m x 3,6 m a 20,5 m x 3,6 m. Třetí, zapuštěný skleník se nachází vedle druhého skleníku a v zimě se nevytápí, velikostí odpovídá druhému skleníku. V zimě slouží k uskladnění na chlad náchylnějších rostlin. Tento skleník nebude předmětem zkoumání, neboť nezasahuje do celkové bilance spotřeby plynu.

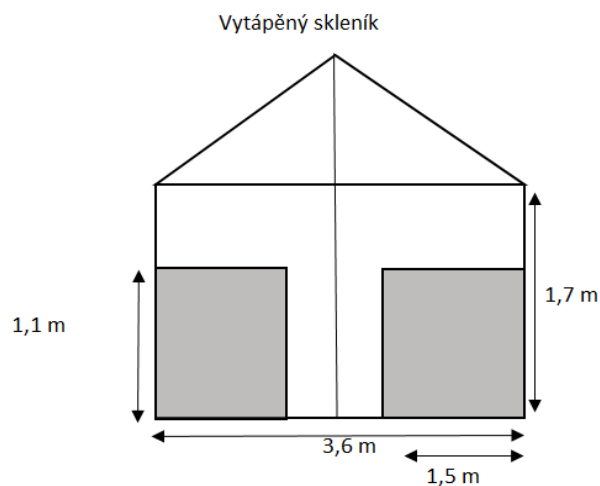
2.4 Přípravný skleník

Přípravný skleník je největší a poslední vystavěný ze zkoumaných skleníků. Rozměry skleníku jsou 9,6 m x 21 m a na výšku cca 8 m. Slouží k přezimování choulostivějších druhů rostlin. Ve skleníku se nachází ohřívač vzduchu (ventilátor), který slouží pouze jako záložní zdroj, který se využívá v zimních měsících na roztátí sněhové pokrývky na střeše skleníku, aby nedošlo k jejímu poškození. Přítápí se ventilátorem

při teplotách pod -10 °C, dle statistiky zhruba 6 x za zimu. Přípravný skleník nebude zahrnovat do výpočtu, protože také nezasahuje do celkové bilance spotřeby plynu. Tento skleník by však mohl potenciálně sloužit jako zimní sklad štěrky, která by sloužila jako palivo do kotle na biomasu.



Obr. 3 - Ukázka mapy technického zázemí Dendrologické zahrady [1]



Obr. 4 - Náčrt profilu vytápěného skleníku [vlastní zdroj]

Obr. 4 znázorňuje hrubý náčrt profilu skleníku na sazenice, šedá plocha znázorňuje podezdívku a bílá skleněnou výplň.

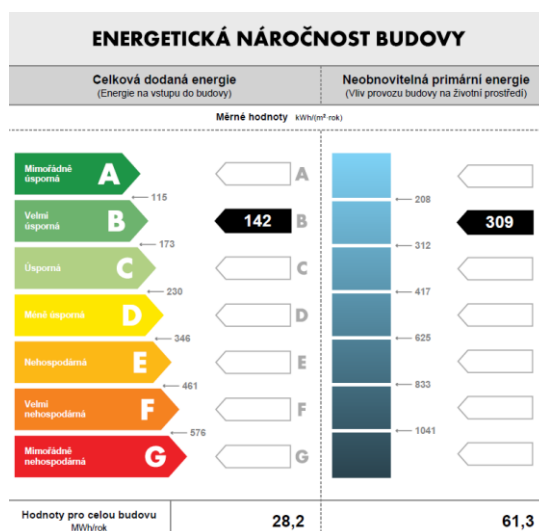
3 Analýza současného stavu vytápění objektu

V dnešní době mnoho domácností využívá plynové kotle do výkonu 50 kW, dle zpracované statistiky dat od tuzemských dodavatelů dělá procentuální podíl plynových kotlů na trhu za rok 2015 45%. Zákaznickou oblíbenost plynových kotlů lze přisuzovat výhodám, mezi které patří téměř nulová obsluha a plná automatizace, vysoká účinnost díky kondenzačním kotlům a možnost dosažení velké pružnosti otopné soustavy. Nejinak tomu bylo v případě Dendrologické zahrady, kde jsou kladeny velké požadavky na automatizaci a minimalizování času obsluhy kotlů, proto jsou zde jako stávající vytápění kotle na propan. [13] [14]

Abych mohla navrhnout nové vytápění, musím znát energetickou náročnost stávajícího objektu. K dimenzování nového kotle a solárních kolektorů je potřeba znát maximální výkon kotle v topné sezoně a celkovém průběhu potřeby tepla v soustavě.

Výpočet energetické náročnosti jsem prováděla u obou objektů odděleně. Nejprve popíši energetickou náročnost návštěvního centra, veškeré podklady o tomto centru mi byly dodány od vedení Dendrologické zahrady. Objekt je přízemní a je tvořen stavební úpravou tří lodí garáží a z části přístavbou dřevěné konstrukce. Pro přístavbu ke stávajícímu objektu byly využity volné plochy na severní, východní a jižní straně. K úpravě došlo v roce 2015. Budova je částečně moderně

zhotovena a tepelně odizolována. Součástí dokumentace je i průkaz ENB, který byl vyhotoven v roce 2015, podle kterého objekt spadá do kategorie B, velmi úsporná.



Obr. 5 - Energetická náročnost Návštěvnické budovy ENB

Kondenzační kotle vykazují dle specifikace účinnost 93 %. Celková spotřeba propanu v Návštěvnickém centru včetně bytu byla vypočtena na cca 20000 kWh/rok. Dále je známá celková skutečná spotřeba skleníků a Návštěvnického centra. Pouze tyto hodnoty jsou pro návrh nového alternativního vytápění v Dendrologické zahradě nedostačující. Proto jsem na základě znalostí o objektech určila tepelné ztráty jednotlivých objektů a potřebu tepla v průběhu celého roku. Tepelná ztráta na vytápění je okamžitá tepelná energie, která z objektu uniká prostupem tepla, zářením skrz průsvitné konstrukce a větráním. [15] Tepelná ztráta se vždy počítá za předpokladu extrémních podmínek, nejčastěji při teplotě -15°C (v Praze -12°C). Roční potřeba tepla na vytápění a ohřev vody je celkové množství tepelné energie, které je nutno soustavě dodat, aby v něm byla udržována požadovaná teplota a voda ohřátá na požadovanou teplotu. Z hodnoty tepelné ztráty tepla můžeme modelem napočítat tepelné zisky, které získáme ze slunečního záření.

3.1 Analýza energetické náročnosti skleníků

Na rozdíl od Návštěvnického centra, skleníky a přilehlý objekt nejsou moderní a nejsou nijak tepelně odizolovány. Skleníky se skládají z cihlové podezdívky s železnou konstrukcí vyplněné skleněnými tabulkami. Ztráty tepla probíhají samotným prostupem tepla použitou krytinou, v našem případě cihly podezdívky a tabulkami skel, další ztráty tepla jsou ve spojích nosné konstrukce s krytinou. Stářím jsou již některé tabulky popraskané a dochází tak také nechtěnému úniku tepla prostupem

prasklin. Mezi další příčiny tepelných ztrát patří ztráty větráním, které jsou přímo závislé na intenzitě větrání a samozřejmě velikost rozdílu mezi vnitřní a venkovní teplotou. Abych mohla určit potřebu tepla, musím znát průběh potřeby energie během roku. V následující kapitole popíši výpočet tepelných ztrát pomocí obálkové metody, která by se dala použít i pro výpočet ztrát v Návštěvnickém centru a získání potřeby tepla na základě těchto výpočtů porovnávám s výpočty z modelu, který reflektuje toky energií ve sklenících. Model byl vytvořen přímo pro výpočty potřeby tepla ve sklenících, kde se nedají použít standardizované výpočty potřeby tepla pro klasické budovy, např. Návštěvnické centrum.

3.1.1 Výpočet tepelné ztráty objektu pomocí obálkové metody

Pro výpočet tepelné ztráty objektu jsem si vybrala obálkovou metodu, která vychází z již neplatné vyhlášky 291/2001, nicméně fyzikální podstata metody stále platí a získáme tím odhadované množství tepelných ztrát. Dle známých vstupů na základě této metodiky jsem spočítala celkové tepelné ztráty a potřebu tepla pro soustavu.

Celková tepelná ztráta [W] je dána vztahem,

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad (1)$$

kde Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla (W)

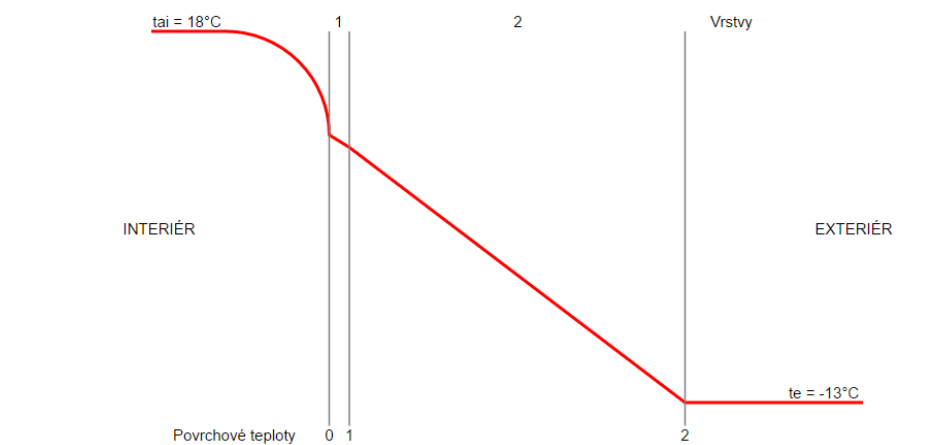
Q_v je tepelná ztráta větráním (W)

Q_z trvalý tepelný zisk (W)

Nejprve je nutné vypočítat součinitele prostupu tepla U_k jednotlivými konstrukcemi. Součinitel prostupu tepla charakterizuje izolační schopnost konstrukce, tj. udává množství tepla ve wattech vyměněného za 1 sekundu přes m^2 plochy materiálu. Skleník se skládá převážně z jednoduchého tabulkové skla, kde je součinitel prostupu tepla dán od výrobce. U vícevrstvé neprůsvitné konstrukce je potřeba součinitel prostupu tepla vypočítat. U skleníků se nachází podezdívka z pálených cihel vysoká 1,1 metru. Pro výpočet součinitele prostupu tepla pro jednotlivé neprůsvitné konstrukce jsem využila výpočtový model. [16] Navrhovaná teplota venkovního vzduchu v zimním období je $-13\text{ }^\circ\text{C}$, která odpovídá výpočtové extrémní teplotě pro oblast Praha a okolí, protože Dendrologická zahrada se nachází v Průhoncích nedaleko Prahy a navrhovaná vnitřní teplota prvního skleníku v zimním období je 18 ° . Vypočtený součinitel prostupu tepla cihlové podezdívky je $U = 2,14\text{ W} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ a s porovnáním s maximální požadovanou hodnotou

$U_N = 0,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ dle ČSN 73 0540-2:2011 nevyhovuje tomuto standardu. Tento velký rozdíl mezi referenční hodnotou a hodnotou podezdívky přisuzují absenci jakékoliv izolace. [17] Teplotní součinitel prostupu tepla tabulkového skla byl vypočten a odpovídá $5,19 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Pro srovnání, stará skleněná okna s netěsnostmi dosahují hodnoty U kolem $5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, u dvojitého běžného zasklení se uvádí hodnoty mezi $2,7 - 3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. [18]



Obr. 6 - Průběh teplot v konstrukci skleníku

Celková tepelná ztráta prostupem tepla Q_p byla vypočtena a odpovídá $Q_p = 15,668 \text{ kW}$. Dále byla odhadnuta tepelná ztráta výměnou vzduchu $Q_v = 1 \text{ kW}$, hodnota je pouze orientační, protože nelze přesně odhadnout větrání ve sklenících, které je závislé mimo jiné i na vzdušné vlhkosti uvnitř skleníku a ztrátě netěsnostmi spár. Proto jsem ztrátu větráním odhadla jako průměrnou intenzitu větrání. Celková tepelná ztráta skleníku byla odhadnuta na $Q_c = 16,67 \text{ kW}$. [16]

Stejným způsobem jsem vypočetla celkovou tepelnou ztrátu druhého skleníku, který je stavebně stejný jako první skleník, ale je temperován pouze na 8° . Celková tepelná ztráta druhého skleníku je proto značně nižší $Q_c = 12,1 \text{ kW}$.

Z hodnoty výpočtové tepelné ztráty lze získat přibližný údaj o roční potřebě tepla na vytápění a tím zjistit jaký výkon kotle potřebujeme k pokrytí tepelných ztrát. Dle metodiky výpočtu potřeby tepla pro vytápění jsem zjistila orientační potřebu tepla pro vytápění, u prvního skleníku, který se temperuje na 18°C ; je potřeba 141 GJ/rok . U druhého skleníku, který se temperuje na nezámrznou teplotu 8°C je potřeba tepla pro vytápění 57 GJ/rok . [19]

Tab. 1 - Potřeba tepla skleníků na základě obálkové metody

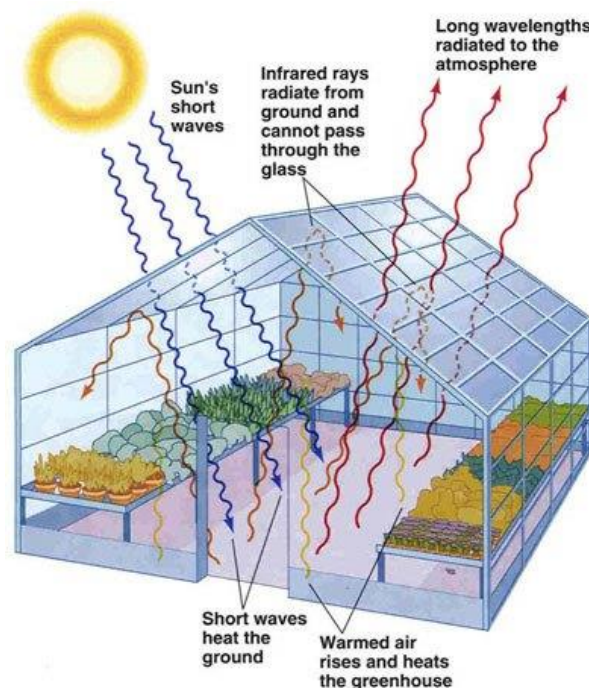
	Vypočtená potřeba tepla (GJ/rok)	Skutečná spotřeba (GJ/rok)	Odchylka potřeby a spotřeby
skleník 1+2	198	302	34 %

Vypočtenou hodnotu celkové roční potřeby tepla vycházející z metody výpočtu tepelných ztrát pomocí obálkové metody jsem porovnávala s průměrnou skutečnou spotřebou skleníků (hodnota je průměr za poslední tři roky). Odchylka této orientační metody od skutečné spotřeby je 34 %, proto jsem metodu shledala jako nedostatečnou.

3.1.2 Toky energie ve sklenících

U předcházející metody vycházela velká odchylka od skutečné spotřeby tepla, proto jsem hledala metodu, která by lépe odhadla potřeby tepla pro speciální zasklené objekty, kterými skleníky jsou. U výpočtu potřeby tepla ve sklenících se musí vzít v potaz i toky energií ve sklenících a tepelné zisky ze Slunce, proto se následující kapitola zabývá toky energií a problematikou skleníků více dopodrobna a na základě těchto znalostí jsem použila metodiku pro výpočet potřeby tepla ve sklenících vytvořenou pro Ministerstvo zemědělství ČR.

Základní princip skleníků a oken obecně je, že krátkovlnné sluneční záření sklem dobře prochází, nedochází k významnějšímu odrazu a pohltivost materiálu je zanedbatelná. Sluneční záření proniká do vnitřního prostoru skleníku, je pohlcováno vnitřními povrchy a dochází k jeho transformaci na teplo. Pro takto vytvořené tepelné záření je propustnost sklem nižší, a naopak větší je odrazivost, a proto je omezené rozptýlení do okolí a odražené tepelné záření se opět vrací na povrchy uvnitř skleníků a je opět vysíláno radiací. Tento princip tepelných toků vede ke zvyšování teploty uvnitř skleníků. Tento základní princip je důležitý k pochopení složitějších procesů uvnitř skleníku. [20] [46]



Obr. 7 - Průběh toků sluneční energie ve skleníku [45]

Jsou známé různé způsoby přenášení energií ve sklenících: záření (globální záření, vyzařování), vedení, konvencí a formou latentního tepla vodní páry. Globální záření se skládá ze součtu přímého a rozptýleného slunečního záření, které dopadá na vodorovnou plochu na úrovni zemského povrchu. [49]

3.1.3 Potřeba tepla pro vytápění skleníku

V metodice na technické opatření k úspoře energie při vytápění skleníků byl odvozen vztah pro výpočet okamžité potřeby tepla přepočtené na jednotku zasklené plochy q ($W \cdot m^{-2}$), kde ztráty tepla jsou přímo úměrné rozdílu vnitřní a vnější teploty vzduchu a koeficientu skleníkové potřeby tepla. Okamžitá potřeba tepla vypočteme rozdílem ztrát tepla a množství energie globálního záření využitě pro ohřev skleníku [49]:

$$q = k_s \cdot \frac{A_p}{A_z} \cdot (t_s - t_v) - D \cdot G \cdot n \quad (2)$$

kde k_s [$Wm^{-2}K^{-1}$] – koeficient skleníkové potřeby tepla

A_p [m^2] plocha skleníkového pláště

A_z [m^2] – zasklená plocha

t_s [$^{\circ}C$] – teplota vzduchu ve skleníku

t_v [$^{\circ}C$] – venkovní teplota vzduchu

D [-] – propustnost světla skleníkovým pláštěm

G [Wm^{-2}] – globální záření vně skleníku

n [-] – faktor pro přepočet globálního záření na tepelnou energii ve skleníku

Koeficient skleníkové spotřeby tepla k_s se také označuje jako nepravý koeficient prostupu tepla skleníkovým pláštěm (dnes U). Zahrnuje v sobě přirážku na přirozené větrání (provzdušňenost, infiltraci) dané netěsnostmi skleníkového pláště. Jeho velikost závisí na:

- skleníkové konstrukci (tepelné můstky, netěsnosti)
- použité krytině
- topném systému
- zařízeních instalovaných za účelem úspory energie
- typu závlahy
- počasí (vítr, srážky, oblačnost).

Pro jednoduše zasklený skleníkový s horním trubkovým topením se uvádí hodnota k_s od 7,5 do 8,7 [$Wm^{-2}K^{-1}$], při průměrné rychlosti větru $4 m.s^{-1}$. U skleníku s dvojitým zasklením nebo z plastické hmoty (např. PMMA – polymethylmethakrylát) jsou hodnoty k_s mnohem nižší. Druhý člen pravé části rovnice $D \cdot G \cdot n$ udává, jaká část globálního záření je využita pro ohřev skleníku. Čím je větší propustnost skleníkového pláště pro globální záření, tím nižší je ve dne spotřeba energie pro vytápění skleníků. [49]

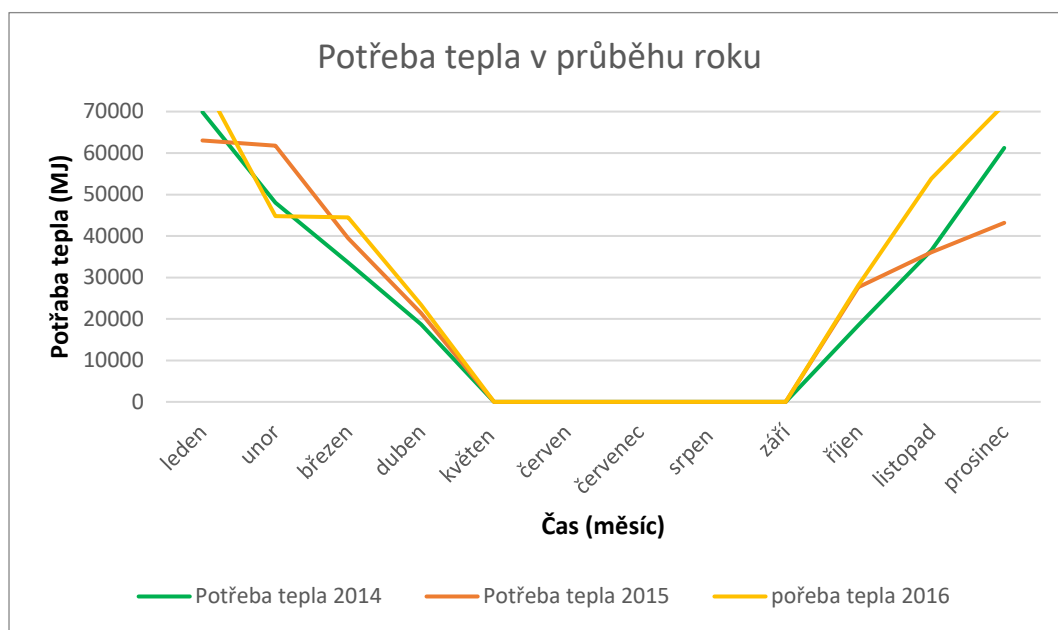
Dle této výpočtové metodiky, která reflektuje plochu zasklené plochy, globální záření, propustnost světla skleníkovým pláštěm a díky koeficientu prostupu tepla i skleníkovou konstrukci, závlahu, větrání i typ vytápění, jsem namodelovala celkovou roční potřebu tepla (GJ). Potřebu tepla znám pro každou průměrnou hodinu v daném měsíci za celý rok. K výpočtu jsem využila data z meteorologické stanice, která se nachází v areálu Dendrologické zahrady. K dispozici jsem měla hodinové maximální, minimální a průměrné hodnoty venkovní teploty ($^{\circ}C$) a globálního záření (W/m^2). Tyto hodnoty jsem zprůměrovala pro každou hodinu v daném měsíci pro roky 2014 – 2016. Koeficient skleníkové spotřeby tepla k_s jsem použila z tabulkových hodnot pro jednoduché sklo viz metodika. Koeficient propustnosti světla skleníkovým pláštěm jsem pro zjednodušení dala roven 1.

Pomocí tohoto vypočteného modelu lze odhadnout celkovou roční potřebu tepla, která je zapotřebí k vytápění na předem stanovenou teplotu v závislosti na počasí (teplota venkovního vzduchu a globálního záření). Skleníky se nevytápí zhruba od května do začátku října, přijala jsem zjednodušení nevytápět od začátku května do konce září, kdy je spotřeba tepla rovna 0 (J). Vypočtené hodnoty jsem opět porovnávala se skutečnou spotřebou tepla, z následující tabulky lze vidět, že výpočty se liší maximálně o 15 % a průměrně jen o 8 %. Výpočetní model má tendenci hodnoty potřeby nadhodnocovat, což nám dává prostor pro změnu vytápěcí teploty ve sklenících v průběhu zimy dle požadavků optimální teploty pro zazimované rostliny nebo pružně reflektovat vyšší teploty, než byly poslední tři roky. V porovnání se zjednodušující obálkovou metodou, kde byl rozdíl 35 % se jeví tato metoda jako dostačující.

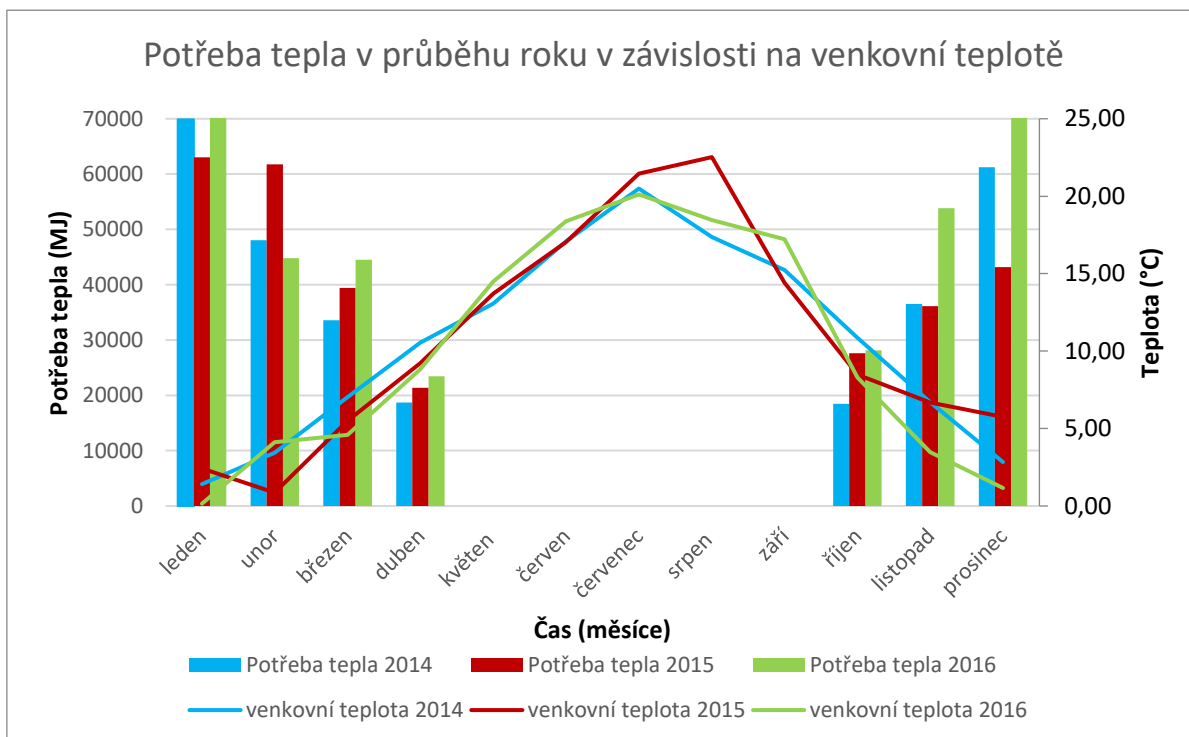
Tab. 2 -Souhrn vypočtené a skutečné potřeby tepla v letech 2014–2016 (GJ/rok)

	Vypočtená roční potřeba tepla [GJ]	Skutečná roční potřeba tepla [GJ]	Porovnání
2014	289,09	284,55	2%
2015	295,06	319,83	8%
2016	347,40	302,3	15%

V grafu z vypočtených hodnot potřeby tepla v průběhu roku lze vyčíst kolik tepla v MJ je potřeba k vytopení skleníků na požadovanou hodnotu a celkové průběhy křivek, které reflektují, že se v letních měsících ve sklenících netopí. V dalším grafu lze vidět závislost potřeby tepla na vytápění na venkovní teplotě, čím vyšší je teplota vně skleníku, tím se snižuje potřeba tepla na vytápění.

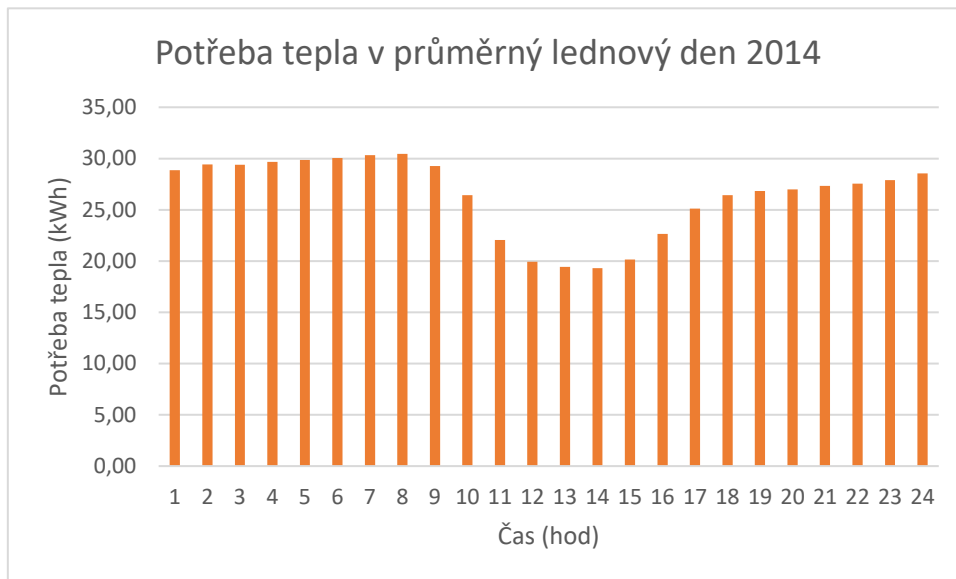


Graf 4 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v průběhu let 2014–2016 (MJ)

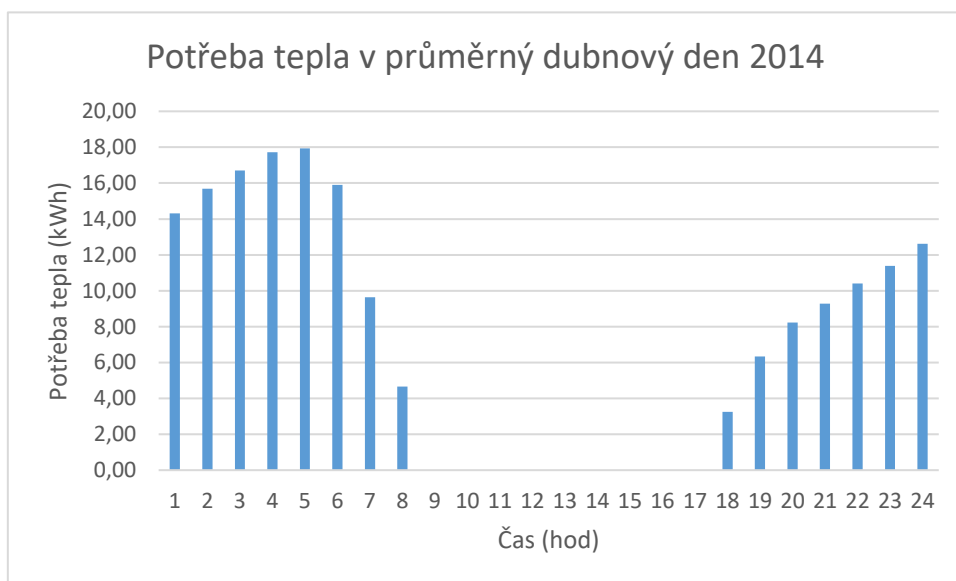


Graf 5 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v letech 2014–2016 v závislosti na venkovní teplotě

Pro porovnání jsem vybrala z vypočtených dat potřebu tepla v průměrný lednový den v roce 2014, kde lze pozorovat využívání globálního záření ze Slunce mezi 10 a 17 hodinou, zbytek dne je potřeba dovytápět plynovými kotli, aby byla dodržena minimální určená teplota ve sklenících.



Graf 6 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v průměrný lednový den 2014

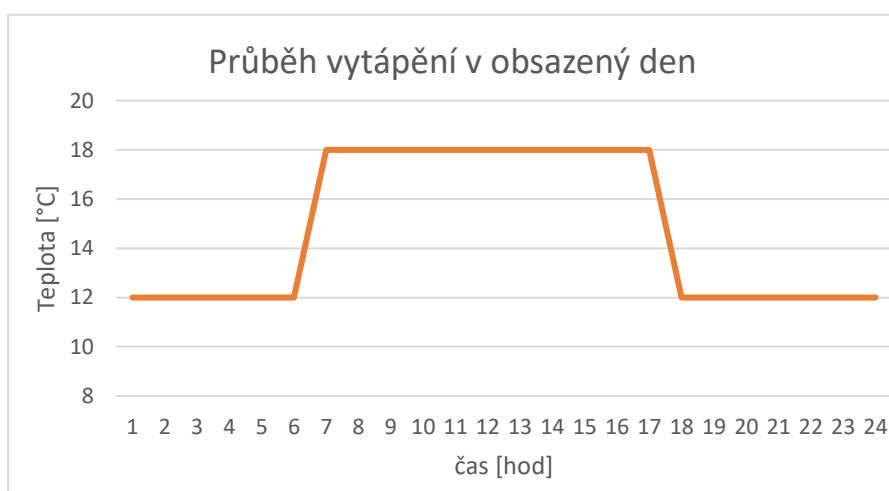


Graf 7 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v průměrný dubnový den 2014

Naopak průběh potřeby tepla v průměrný den v dubnu téhož roku z vypočtených dat dokazuje, že globální záření vně skleníku v době mezi 9 a 17 je dostatečně velké, že není potřeba v tuto dobu skleníky vytápět. Nedostatek tepla mimo tuto dobu opět zajišťuje vytápění využívající plyn.

3.2 Analýza energetické náročnosti Návštěvníckého centra

Návštěvnícké centrum vzniklo přestavbou 3 garážových jednotek a přístavbou, bylo zkolaudované v dubnu 2015 a využívat se začalo v listopadu 2015. V případě pořádání akce se místnosti vytápějí na 18 °C v době od 8:00 do 16:00, vytápět se začíná o hodinu dříve. Zbytek dne jsou místnosti temperovány na nezámrznou teplotu 12 °C. Následující graf ukazuje průběh vytápění v obsazený den. V případě bytové jednotky se vytápí na minimálně 21 °C v průběhu celého dne. Přijala jsem zjednodušující předpoklad, že se vytápí každý den, z důvodu vytápění v bytové jednotce a nemožnosti přesně určit vytíženost samotného Návštěvníckého centra. Předpokládám maximální vytížený stav, kdy se bude minimálně na 18 °C v době od 7:00 do 18:00 vytápět celou sezonu. Velikost nového zdroje bude odpovídat maximální potřebě tepla a nebude se po svou živostnost měnit, pouze se může měnit spotřeba tepla v závislosti na vytíženosti Návštěvníckého centra různými přednáškami a jinými akcemi, které se zde v průběhu roku pořádají.



Graf 8 - Průběh vytápění v obsazený den v Návštěvníckém centru

3.2.1 Analýza potřeby tepla Návštěvníckého centra

U zhodnocení potřeby tepla pro Návštěvnícké centrum jsem postupovala odlišně než u výpočtu potřeby tepla u skleníků. Známe pouze částečnou potřebu tepla neobsazeného centra za rok 2016, abych mohla zjistit kolik tepla v průběhu roku budu potřebovat, bylo nezbytné stanovit vlastní potřebu tepla v tomto projektu pomocí zjednodušeného výpočtu. Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody a vytápění $Q_{p,c}$ se stanoví jako součet potřeby tepla na přípravu teplé vody $Q_{p,TV}$ a vytápění Q_{VYT} .

Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody $Q_{p,TV}$ [kWh] v daném časovém úseku se stanoví jako potřeba tepla na ohřev vody a krytí tepelných ztrát soustavy přípravy teplé vody $Q_{z,TV}$.

$$Q_{p,TV} = Q_{TV} + Q_{z,TV} \quad (3)$$

Potřeba teplé vody je dána vztahem

$$Q_{TV} = \frac{V_{TV,den} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6} \quad (4)$$

$V_{TV,den}$ je denní potřeba vody za určeného teplotního spádu t_{TV}/t_{SV} , v m^3/den

ρ hustota vody, v kg/m^3

c měrná tepelná kapacita vody, v $J/(kg \cdot K)$

t_{SV} teplota studené vody, ve $^{\circ}C$

t_{TV} teplota teplé vody, ve $^{\circ}C$ [21]

Měrná denní potřeba vody za teplotního spádu, který jsem určila $55/10^{\circ}C$ $V_{TV,den}$, v obytných domech s nízkým standardem odpovídá dle výpočtů na 10-20 l/os.den. Tepelné ztráty přípravou teplé vody $Q_{z,TV}$ se vypočítají dle vztahu $Q_{z,TV} = z \cdot Q_{TV}$, kde z odpovídá přírážce dle typu přípravy teplé vody nabývající hodnot od 0 do 2, ve výpočtu jsem přírážku uvažovala 0,4 odpovídajícímu centrálnímu zásobníkovému ohřevu s řízenou cirkulací. [19] Hodnota celkové potřeby tepla na ohřev teplé vody pro Návštěvnické centrum je 7,3 GJ/rok (2 027 kWh/rok). Spotřeba teplé vody se během roku liší, v letních měsících bývá až o 20–25 % nižší z důvodu letních prázdnin a dovolených uživatelů, vyšších teplot studené vody v letním období. A také kvůli rozdílnému chování uživatelů v různých ročních obdobích (v letních měsících převažují studenější sprchování než naopak v zimních měsících). [21]

Potřeba tepla na vytápění

Odhad potřeby tepla na vytápění v průběhu roku lze získat více metodami, například simulačními výpočty, které využívají zjednodušené modely budovy se zohledněním stavby a vlastností konstrukcí, vnitřních tepelných zisků atd. Na základě dynamického modelu jsou modelovány tepelné toky v jednotlivých zónách budovy s definovaným profilem (obsazenost, osvětlení, vytápění, větrání, atd.) a klimatickými podmínkami v hodinovém toku. Další metodou je výpočet podle ČSN EN ISO 13790, obdobně jako simulační metody potřebují vstupy ohledně geometrie budovy, konstrukce, ztráty prostupu tepla, definovaný profil dané budovy, atd. Stejně jako simulační metoda má nevýhodu velkého množství dat, které jsou k výpočtu zapotřebí a časové náročnosti výpočtu modelu. Časová náročnost je neúměrná stanovení přesnosti potřeby. Pokud

nejsou k dispozici výsledky z předchozího energetického hodnocení budovy, je vhodné použít zjednodušenou denostupňovou metodu, která odhadne přibližnou potřebu tepla v určitém období, pro výpočet je potřeba znát jmenovitou tepelnou ztrátu objektu.

V mém případě jsem měla k dispozici celkovou roční potřebu tepla na vytápění Q_{VYT} (kWh/rok), z energetického hodnocení, které proběhlo v roce 2015. Popřípadě lze použít měrnou roční potřebu tepla na vytápění q_{VYT} v kWh/m²rok spolu se vztažnou podlahovou plochou A_p . Potřebu tepla v i-tém měsíci jsem stanovila dle vztahu:

$$Q_{VYT,i} = Q_{VYT} \frac{(t_{ip} - t_{ep})_i}{\sum_{IX} (t_{ip} - t_{ep})} = q_{VYT} \cdot A_p \frac{(t_{ip} - t_{ep})_i}{(t_{ip} - t_{ep})} \quad (5)$$

kde,

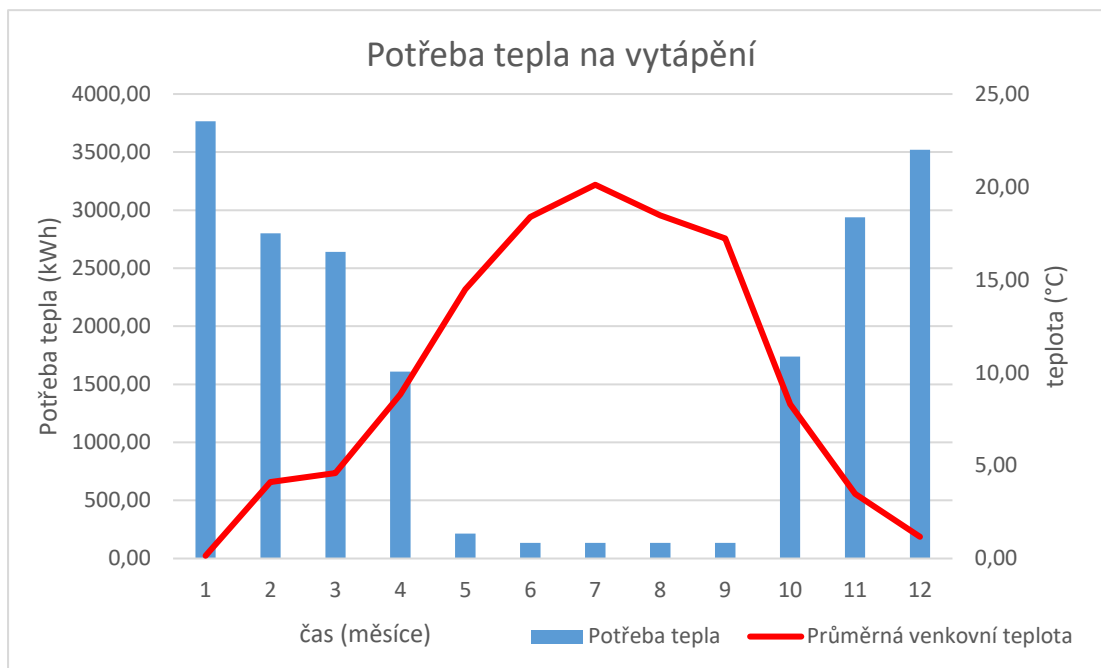
t_{ip} střední vnitřní teplota v daném měsíci, ve °C

t_{ep} střední venkovní teplota v daném měsíci, ve °C

Pro jednotlivé měsíce lze potřebu odhadnout podle středních měsíčních venkovních teplot v otopném období, které jsem měla k dispozici napočítané z analýzy skleníků, kde jsem využila hodnoty z meteorologické stanice. Otopné období uvažuji od října do května. Vypočtená výsledná měsíční bilance potřeby tepla je včetně tepelné ztráty otopné soustavy, která je paušalizována na přírážku 5 % z měsíční potřeby tepla. Tuto hodnotu přírážky jsem převzala z metodiky výpočtu tepla na vytápění pro solární kolektory. [22] [23] Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody a vytápění $Q_{p,c}$ se stanoví jako součet potřeby tepla na přípravu teplé vody $Q_{p,TV}$ a vytápění Q_{VYT} .

$$Q_{p,c} = 2027 + 16900 = 19772 \text{ kWh/rok}$$

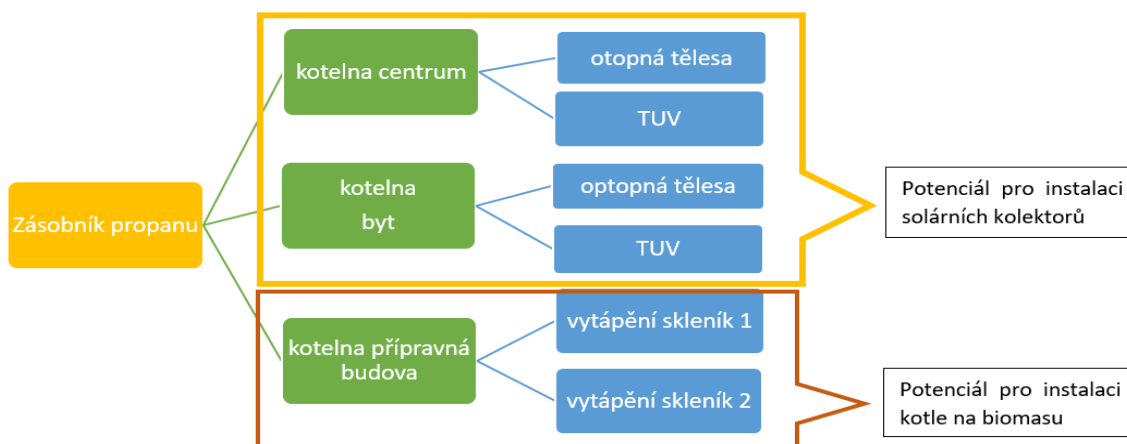
Potřebu tepla pro jednotlivé měsíce v roce lze sledovat v grafu, kde lze také pozorovat závislost potřeby tepla soustavy na okolní teplotě.



Graf 9 - celková vypočtená potřeba tepla na TUV + ohřev Návštěvníckého centra

3.3 Současné vytápění plynovým kotlem

Následujícím schéma znázorňuje systém kotelen v posuzovaném projektu Dendrologické zahrady. Celkem se zde nachází tři kotelny napojené na jeden centrální zásobník propanu. Kotelny v Návštěvníckém centru jsou vzdálené kotelně v přípravné budově u skleníků viz Obr. 3. Další kotelna se nachází v přípravném skleníku.



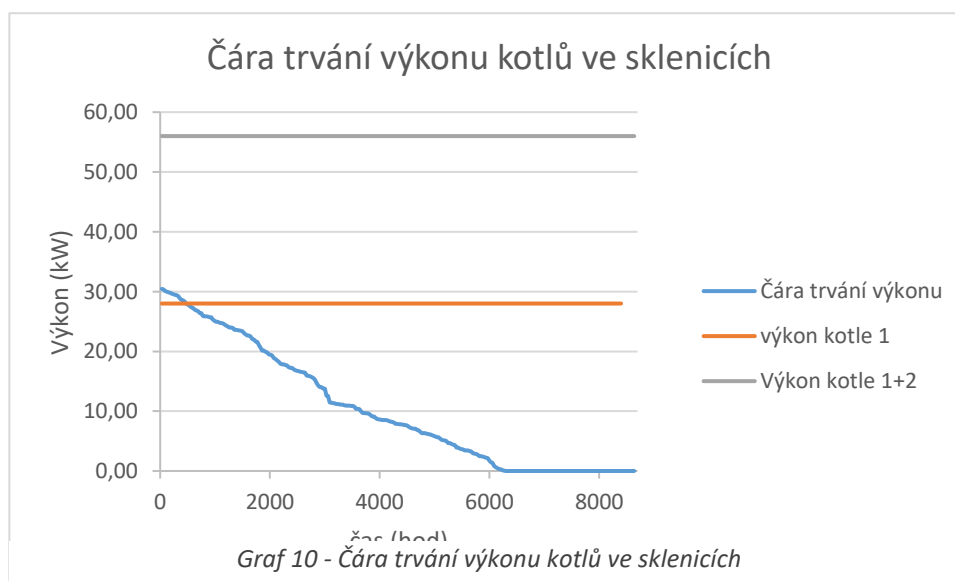
Obr. 8 - Schéma toku energií ve zkoumaném objektu

3.3.1 Kotelna v Návštěvnickém centru

Na pozemku se nachází stávající nádrž na propan, ke kterému vede přívod plynu do objektu Návštěvnického centra a do skleníků. První co, se nachází v Návštěvnickém centru a sestává se za dvou kotlů nainstalovaných v roce 2015, jeden vytápí samotné centrum a druhý bytovou jednotku. Na obvodové stěně Návštěvnického centra je vybudován plynoměrný pilíř s HUPem a dvěma plynoměry pro veřejnou a bytovou jednotku. V budově se nachází dva kondenzační kotle Gemixon THRs s vestavěným zásobníkem TV o výkonu 2,3-16,9 kW se spotřebou 0,19-0,98 kg/hod propanu. Teplota je řízena ekvitermní regulací, jejíž součástí je prostorový přístroj, který optimalizuje výkon na základě venkovní teploty, prostorové teploty a nastavených parametrů potřebné žádané hodnoty topné vody. Jako zdroj ohřevu teplé vody pro veřejnou část i bytovou jednotku zajišťují dva samostatné zásobníkové ohřivače umístěné v plynovém kotli o objemu 75 litru. Z důvodu vzdálenosti zařizovacích předmětů od ohřivače je ve veřejné části zajištěna cirkulace cirkulačním čerpadlem Grundfos s vestavěným termostatem. K vytápění byla použita otopná desková tělesa s ovládací armaturou.

3.3.2 Kotelna ve sklenících

Přípravná budova se sestává z jedné průchozí místnosti, nevyužívaného sklepa a podkroví. V průchozí místnosti se nachází u vchodové stěny kotelna složená ze dvou plynových kotlů, rozvodů otopných těles a automatiky na udržování teploty ve sklenících a otevírání oken. V kotelně byly v roce 2003 nainstalovány dva závěsné kotle Vaillant VU CZ 282/2-5 R3 a výkonem 12,4 – 28 kW, které jsou napojené na zásobník s propanem. Účinnost kotlů je 93 %. Rozvody s plynem do kotelny jsou z roku 1998 a jsou vedené v podzemí.



Z vypočtených hodnot potřeby tepla pro vytápění pro rok 2014 jsem vytvořila čáru trvání výkonu, pomocí seřazení jednotlivých výkonů od nejvyššího po nejnižší. V diagramu lze vysledovat trvání výkonu v období T, což je v tomto případě celý rok (8770 h). Plocha diagramu udává celkovou potřebu tepla za rok. Graf dále ukazuje, že maximální výkon nepřevyšuje výkon jednoho kotle (28 kW) většinu roku. Zbylé dva roky byla potřeba tepla obdobná jako v roce 2014, takže i diagram trvání výkonu. Na základě čáry trvání výkonu jsem odhadla, že nový kotel by měl být dimenzován na 40 kW. [24]

3.4 Spotřeba plynu

Návštěvnické centrum a okruh se skleníky jsou připojeny na centrální zásobník plynu. Na patě skleníků není plynoměr, ale do nového Návštěvnického centra byly dva v rámci rekonstrukce nainstalovány, aby se dokázalo vysledovat jakou spotřebu má bytová jednotka a samotné centrum. Centrum začalo propan využívat v dubnu 2015, topná sezóna začala v listopadu 2015, plyn se nevyužíval celý rok. Díky znalosti odečtů z plynoměrů ze centra jsem od celkových faktur za plyn odečíst spotřebu samotných skleníků.

Spotřeba plynu je fakturována v kg propanu, spotřebu v kWh jsem si vypočetla následujícím způsobem. Z faktur plynu vím, že spotřeba propanu s celním kódem KN 27111294, který by měl odpovídat zkvalitněnému propanu o čistotě převyšující 90 %, avšak nižší než 99 %, byla v roce 2015 6658 kg a v roce 2016 6966 kg. Firma TOMEGAS, s.r.o., která plyn dodává poskytla informaci, že 1 m³ propanu odpovídá 2,019 kg. Z tohoto vztahu jsem vypočetla spotřebu v metrech krychlových, posléze jsem vypočetla množství dodané energie v kWh dle vztahu:

$$Q = V_p \cdot k \cdot H_s \text{ [kWh]} \quad (6)$$

kde: V_p představuje spotřeba plynu v m³

k přepočtový objemový součinitel, který se rovná odhadem 1

H_s účtované objemové spalné teplo, které se určí vztahem:

$$H_s = 1,11 \cdot \frac{H}{3,6} \text{ [kWh/m}^3\text{]} , \text{ kde } H \text{ (výhřevnost) jsem odhadla z tabulkových hodnot na } 87 \text{ kWh/m}^3\text{ [25]}$$

Byla odhadnuta roční množství dodané energie a tím lze porovnat s odhadovanou hodnotou získanou z energetického hodnocení budovy, výsledky jsou zobrazené v tabulce č. 3 V dalších výpočtech potřeby energie pro Návštěvnické centrum neuvažuji rok 2015, ale pouze 2016, protože v roce 2015 se netopilo celou topnou sezónu, protože budova byla zkolaudována až v půlce roku.

Tab. 3- Souhrn předpokládané a skutečné spotřeby v letech 2015 a 2016 v Návštěvnickém centru

	Předpokládaná celková potřeba tepla (kWh)	Předpokládaná celková potřeba tepla (GJ)	Skutečná celková spotřeba tepla (kWh)	Skutečná celková spotřeba tepla byt (GJ)
2015	19772	75,53	2 232*	8,0352
2016	19772	75,53	11311	40,7196

*spotřeba měřena od 04/2015 do 12/2015

K dispozici mám spotřebu energií ve sklenících za poslední 3 roky, díky čemuž lze vysledovat, že spotřeba nemá stoupající charakter, ale spíše bude reflektovat klimatické podmínky a měnící se potřebu na teplotu ve sklenících v důsledku druhu přezimovaných rostlin, která se může každoročně i během zimního období měnit.

Tab. 4- Celková spotřeba propanu skleníků v letech 2014-2016

skleníky (dohromady)	spotřeba propanu (m3)	spotřeba energie (kWh)	Roční spotřeba tepla (GJ)
2014	2862	79042,8	284,55
2015	3216,9	88844,4	319,83
2016	3040,5	83972,6	302,3

Tab. 5- Celková spotřeba propanu celého objektu v letech 2016-2017

	Celková spotřeba propanu objektu (m ³)	Celková spotřeba objektu (kWh)	Celková spotřeba objektu (GJ)
2015	3297,7	91073,2	327,86
2016	3450,2	95287,7	343,03

Z výsledků lze vidět, že nyní je soustava v Návštěvnickém centru značně naddimenzovaná, ale tento průběh se bude v budoucnu měnit a množství dodané energie se bude zvyšovat s rostoucím zájmem o Návštěvnické centrum, kde se plánují každoročně navyšovat počty přednášek během zimní sezony a tím i dny, kdy se bude objekt vytápět na vyšší než na nezámrznou teplotu. Nižší spotřeba může být ovlivněna i tím, že v bytové jednotce, která je navržena pro tři dospělé osoby, zatím přebývá pouze jedna.

3.5 Provozní náklady

Provozní náklady jsou náklady na udržení stavu a chodu provozované soustavy, dělíme je na stálé (údržba, revize kotlů, atd.) a proměnné (spotřeba plynu). Největší podíl na provozních nákladech vytápění pomocí propanu má cena propanu. Roční spotřeba byla vypočtena z poskytnutých dat a faktur za plyn.

Tab. 6- Přehled spotřeby plynu v letech 2014-2016

rok	spotřeba (m3)	spotřeba (kWh)	cena (Kč)	Cena za kWh (Kč)
2014	2682,02	79042	137940	1,75
2015	3297,67	91073,2	163217	1,79
2016	3450,22	95287,7	155236	1,63

Mezi stálé náklady zahrnují servisní a provozní náklady kotlů a soustavy. Roční provozní a servisní náklady jsem z poskytnutých informací vyčíslila do tabulky č.7. V tabulce je uvedena cena za kotelnu, popřípadě ks a za celkový počet provedených úkonů. Dále náklady obsahují pronájem zásobníku na propan, který je splatný na konci každého roku a cena se nemění. Roční provozní stálé náklady tak činí 9815 Kč.

Tab. 7 - Provozní náklady celé soustavy

provozní náklady	(Kč/kotelna-ks)	celkem (Kč)
revize kotlů	800	1600
servis kotelny	1600	3200
revize tlakové nádoby	300	600
revize elektřiny	800	1600
revize kouřových cest	500	1000
nájem zásobníku	1815	1815
roční náklady celkem	5815	9815

3.6 Investiční náklady na realizovaný projekt

V roce 2015 došlo k přestavbě a vybudování návštěvnického centra, z tohoto důvodu byly vytvořeny nové kotelny, jedna se nachází v technickém zázemí návštěvnického centra a druhá v bytové jednotce. Z poskytnutých materiálů jsem vytvořila tabulku investic, které se týkají přímo plynových kotlů, nebudu uvažovat investice na otopná tělesa a rozvody, které by se v případě přechodu na jiný druh vytápění mohly využít. Celková investice do nového vytápění pomocí kondenzačních plynových kotlů s výkonem 2-17 kW s integrovaným zásobníkem 75 l vertikálně a v druhém případě

horizontálně uloženém vychází na 177 662 Kč. Kotle spadají do 3. odpisové kategorie, která činí 10 let, tudíž investice do kotlů ještě není odepisována a v ekonomickém modelu tento fakt zohledním.

Tab. 8 - Investice nového zdroje vytápění v Návštěvnickém centru z roku 2015

investice	cena za ks (Kč)	cena za 2 ks (Kč)
kondenzační plynový kotel	77990	155980
ekvitermní regulátor	4499	8998
střešní koncovka odkouření	2699	5398
montáž kotlů	3643	7286
investice celkem		177662

V roce 2000 byly do přípravného prostoru u skleníků nainstalovány dva závěsné plynové kotle Vaillant VU CZ 282, k této úpravě nemám k dispozici dokumentaci. Kotel se dnes již v ČR neprodává, protože nespňuje novou legislativu EU a jeho cena se nyní na trhu pohybuje v rozmezí 30000 – 38000 Kč. Dá se předpokládat, že se kotle ve sklenících blíží konci své životnosti.

4 Analýza možností náhrady vytápění plynem za alternativní vytápění

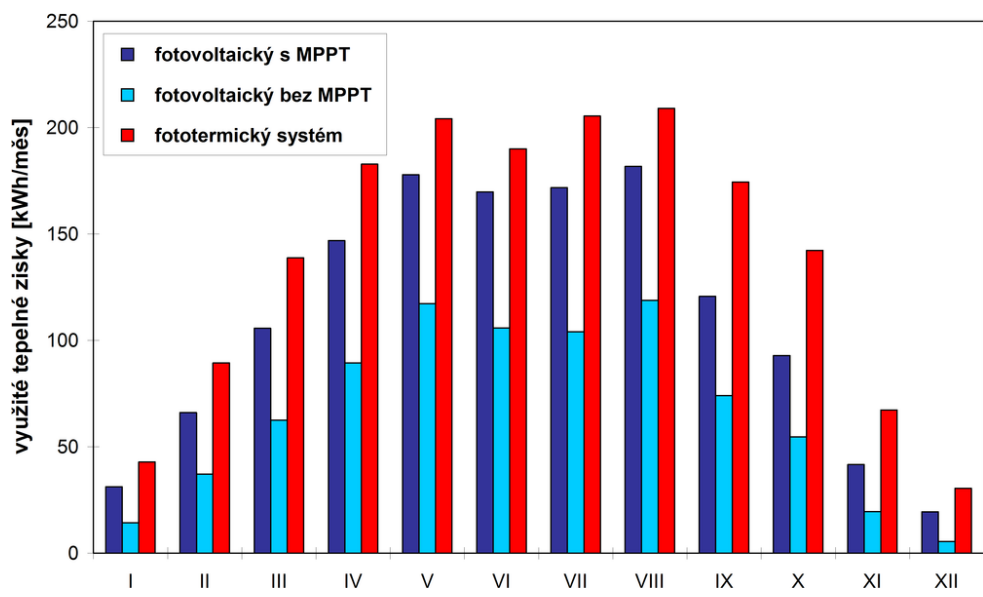
4.1 Motivace Dendrologické zahrady

Ústav každoročně i dlouhodobě vede desítky projektů a výzkumné činnosti, mimo jiné se dlouhodobě věnuje biomase. Mezi probíhající projekty patří např. „Potenciál biomasy jako energetické zdroje pro krytí lokálních, regionálních či celostátních potřeb paliva“ a „Nástroje pro analýzu tržního uplatnění a konkurenceschopnosti biomasy pro lokální potřeby energie v obcích“, které řeší odbor Fytoenergetiky, který zajišťuje komplexní poradenství o pěstování a využití biomasy. Jejich specializací je pěstování vytrvalých energetických plodin na zemědělské půdě, zpracování a využití biomasy k energetickým a průmyslovým účelům včetně plnění podmínek souvisejících dotací a legislativy. Vypracovávají analýzy potenciálu biomasy a také ekonomické analýzy a stejně jako Dendrologická zahrada se angažují v osvětě, vedení přednášek pro veřejnost a vydávají odborné publikace a články. [26] [12] Z důvodu projektových a vzdělávacích potřeb ve v pokusném centru pěstuje cca 4 ha experimentálních porostů rychle rostoucích dřevin a energetických plodin. Další biomasa je pravidelně produkována za údržby a rušení pokusných a produkčních porostů ústavu. Na základě tohoto využití vznikl požadavek na posouzení výměny

stávajícího vytápění na propan, který se řadí mezi neobnovitelné zdroje, za ekologičtější náhradu – lokální vlastní biomasu.

Varianta spočítat analýzu náhrady vytápění za vytápění biomasou se nabízí sama, je k dispozici vlastní štěpka, která se nyní prodává zahradníkům jako hnojivo. Ve VÚKOZ je možné čerstvou štěpku, která při sklizni dosahuje vysoké vlhkosti (cca 52 %), vysušit za vegetační sezonu (venkovní skladování) na vlhkost 30-35 %. Do Dendrologické zahrady by bylo možné již proschlou štěpku dopravovat. Cílem analýzy náhrady stávajícího vytápění za vytápění biomasou je vyhodnocení potřeby tepla a množství štěpky potřebné k dosažení potřebného tepla ve sklenících s ohledem na účinnost jednotlivých kotlů, aby byly dodrženy požadavky na teplotu uvnitř skleníků. Dále je cílem analýza trhu s kotli na biomasu a návrh variant, zhodnocení možnosti umístění nového kotle a ekonomické vyhodnocení s ohledem na možné dotační programy v ČR. Velký zájem o biomasu dokazují i statistiky, pro srovnání v roce 2016 bylo v ČR vyrobeno 2067,4 GWh/r z biomasy (dřevěné brikety, pelety, celulózové výluhy, kapalná biopaliva, ostatní biomasa, palivové dříví, piliny, kůra, štěpky, dřevní odpad, rostlinné materiály). [27][28]

Další velký potenciál v Dendrologické zahradě tvoří velké ploché střechy zastřešující garážové koje v přímé blízkosti Návštěvnického centra, plocha střech u garáží je cca 400 m² a u centra 120 m². Proto se zde nabízí možnost instalace solárních kolektorů nebo fotovoltaických solárních panelů. Při rozhodování mezi solárními kolektory a fotovoltaickými panely hraje velkou roli využití energie, v našem případě převážně ohřevu teplé vody a vytápění. Byl proveden modelový výpočet a porovnání různých variant ohřevu vody, fototermickým systémem i fotovoltaických panelů (s a bez sledovače maximálního výkonu) pomocí simulace celoročního chování systémů. Výsledky této simulace ukázaly, že fototermické kolektory pracují i v zimních měsících a tepelný zisk byl vyšší než přínos z fotovoltaického systému.



Graf 11 - Modelové porovnání tepelných zisků fotovoltaického a fototermického systému [29]

Tab. 9 - Výsledky porovnání tepelných zisků Fotovoltaických panelů a solárních kolektorů [29]

Varianta systému	Energie pro dohřev [kWh]	Solární tepelné zisky [kWh]	Solární podíl [%]
FV bez sledovače	1964	803	29
FV se sledovačem	1442	1325	48
FT	1090	1677	61

V tabulce jsou uvedeny výsledky tepelných zisků a solárního podílu, investiční náklady jednotlivých variant byly srovnatelné, ale přesto dle ekonomického vyhodnocení vycházela fototermická varianta jako výhodnější. Tento srovnávací výpočetní model ukazuje, že nelze porovnávat pouze investiční náklady, ale také musíme zahrnout tepelné zisky. Na základě dostupných porovnání a výpočetních modelů jsem se rozhodla pro variantu fototermického systému a budu se jí nadále věnovat. [29]

4.2 Technologické požadavky Dendrologické zahrady

Jak jsem již předesílala v kapitole se stávajícím vytápěním v soustavě, ve zkoumaném projektu se nachází dvě oddělené kotelny. Jedna v Návštěvnickém centru, která byla vybudovaná v roce 2015, druhá se nachází v přípravné budově v bezprostřední blízkosti skleníků; tato kotelna je téměř na konci své životnosti. Dle plánu rozložení Návštěvnického centra a skleníků nebudu uvažovat jednu společnou kotelnu, protože náklady na nové rozvody tepla do jednotlivých budov by byly velké a ztráty tepla by převyšovaly užitek. Tudíž jednu variantu společné kotelny pro oba okruhy nebudu uvažovat a namísto toho projekt rozdělím na dva okruhy, skleníky s možností spalování štěpky v kotli na biomasu a druhý v centru, kde bych uvažovala nové kotle na plyn ve spolupráci se solárními kolektory.

Z technologických předpokladů se jeví, že je možné kotelnu s kotlem na biomasu dát do přípravného skleníku, který sousedí se skleníky a vytvořit nový okruh do skleníků. V přípravném skleníku by také vznikl sklad proschlé štěpky, nebyla by tu uskladněna všechna štěpka z důvodu zapařování a vzniku plísní. Štěpka na doschnutí by se umístila buď v areálu VÚKOZ a do Dendrologické zahrady by se převezla už proschlá nebo je zde možnost štěpku uskladnit po dosušení na pozemku Dendrologické zahrady, protože je zde dostatek prostoru i techniky pro manipulaci.

Pro solární kolektory je potřeba přítomnost velké plochy vhodné střechy. Téměř plochá střecha se nachází u centra. V blízkosti skleníků jsme limitováni nedostatkem vhodných střech, a tudíž budu uvažovat solární kolektory pouze pro Návštěvnické centrum. Solární kolektory lze umístit přímo na střeše centra a je možnost se přímo napojit na stávající rozvody teplé vody a otopné soustavy. Na základě těchto předpokladů a omezení budu dále uvažovat dva okruhy a varianty, skleníky s kotlem na biomasu a solární kolektory se stávajícím vytápěním v centru.

4.3 Instalace solárních termických systémů do Návštěvnického centra

Jako první náhradu stávajícího vytápění uvažuji náhradu stávajícího vytápění za vytápění pomocí solárních kolektorů. V dnešní době je solární, popřípadě kombinovaná solární soustava, využívaná k přípravě teplé vody i vytápění, hojně využívána. Při ekonomickém, energetickém a ekologickém rozhodování hraje roli tzv. hodnota solárního pokrytí, která určuje pokrytí teplou vodou ku celkové roční potřebě teplé vody na ohřev vody a vytápění. Dále musí projekt splňovat základní předpoklady pro úspěšnou instalaci, kterými jsou zejména dostatečná tepelná izolace domu, nízkoteplotní

otopná soustava, sklon kolektoru cca 45° až 90°, jižní orientace kolektoru a možnost využít letní přebytky solární soustavy. [30] Střecha nad garážemi a Zákaznickým centrem je v dobrém technickém stavu a není proto potřeba dodatečných stavebních úprav, rozvody tepla jsou již připravené pouze by se připojila solární soustava.

4.3.1. Princip a výběr solárního kolektoru

V následující kapitole shrnu základní princip kolektorů, základní konstrukční druhy a jejich výhody a nevýhody. Základní princip solárních kolektorů představuje předání energie slunečního záření zachycené absorpční plochou kolektoru ve formě tepla teplonosné látky, která ji dovádí přímo spotřebičům nebo do zásobníku. Teplonosnou látkou v okruhu kolektoru je buď kapalina (voda, nemrznoucí kapalinová směs) nebo vzduch (v ČR využíván pouze okrajově). V této práci jsem uvažovala aktivní sluneční systém, součástí primárního okruhu takového systému jsou kolektory, zásobník tepla a výměníky, spojovací potrubí, oběhové čerpadlo nebo ventilátor, zabezpečovací zařízení, zařízení pro automatickou regulaci. Nejdůležitější částí systému jsou solární kolektory, které slouží k zachycování sluneční energie záření a k převodu této energie na teplo. Kolektory jsou umístěné venku, a proto podléhají všem nepříznivým vlivům počasí a zároveň je kladen důraz na zajištění přiměřené účinnosti, se kterou pracují. Konstrukce kolektorů je tedy vždy kompromisem mezi teoretickými poznatky, výrobními možnostmi a celkovou ekonomickou efektivností slunečních systémů. [47] [48]

Sluneční kolektory lze dle konstrukce rozdělit na ploché, trubicové a koncentrační. U plochých kolektorů se absorpční plocha rovná ploše přední části kolektoru, kterou procházejí sluneční paprsky. Ploché kolektory se v závislosti na konstrukci používají od sezonnímu ohřívání vody (plochý nekrytý a neselektivní kolektor) až po celoroční solární ohřev vody a vytápění (selektivní a vakuový kolektor). Trubicové vakuové kolektory jsou založeny na systému soustředěných skleněných trubic. Trubicové kolektory jsou díky své vysoké účinnosti i při nízkém slunečním záření a nízkých teplotách vhodné pro celoroční systémy pro ohřev teplé vody a vytápění. Další výhodou nastává při poškození vakuové trubice, není potřeba odvzdušňovat celý systém, pouze se vymění vadná trubice za nový kus. Mají však nevýhodu vyšší hmotnosti, vyšší ceny a možnosti mechanického poškození. Koncentrační kolektory, které využívají princip zrcadel a čoček k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, se v ČR téměř nevyužívají, protože efektivně fungují pouze za předpokladu dostatečného množství sluneční energie během celého roku. [32] [47] Na základě výhod i nevýhod jednotlivých druhů solárních kolektorů jsem se rozhodla pro trubicový vakuový kolektor.

4.3.2 Výhody a nevýhody solárních kolektorů

Jak jsem již popisovala v předešlé kapitole, Dendrologická zahrada klade velký důraz na ekologická řešení, osvětu a snaží se být v souladu s přírodou. Jsou si vědomi, že spalováním fosilních paliv (v jejich případě propanu) přispívají ke znečišťování emisemi SO_2 , CO_2 , NO_x a prachovými částicemi a tím k celkovému oteplování planety. Sluneční energie je v lidském měřítku nevyčerpatelným zdrojem a při provozu nevznikají žádné emise nebo jiné škodlivé látky. Provoz je zcela bezhlučný a nenarušuje ráz krajiny. Instalace i provoz jsou velice jednoduché a nevyžadují téměř žádnou obsluhu. Solární kolektory mají mimo jiné vysokou životnost a nízké provozní náklady, protože sluneční energie je zdarma.

Největší nevýhoda solárních kolektorů tkví v kolísání přísunu slunečního záření během roku a to zejména v našem pásmu. Tento sluneční profil neumožňuje používat solární zdroj jako jediný a je potřeba instalace doplňkového zdroje, který vykryje výkyvy sluneční energie. Pro instalaci je potřeba poměrně velké počáteční investice a často je potřeba udělat stavební úpravy na domě a stávající otopné soustavy jako je zateplení atd.

V případě využívání teplé vody je potřeba instalovat zásobník teplé vody, jehož velikost závisí na obsazenosti domu. Další nevýhodou solární soustavy jsou přebytky teplé vody v hodně teplých letních měsících u instalace s absencí bazénu, kde by se přebytky využily. [33] [34]

4.3.3 Výpočet energetického přínosu

Pro výpočet energetického přínosu lze využít zjednodušené výpočtové postupy, u kterých stačí znát pouze měsíční údaje o potřebě tepla a klimatické podmínky. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla pro využití zjednodušené měsíční bilanční metody. Potřebu tepla pro centrum během roku znám z předchozí kapitoly.

Zjednodušená bilanční metoda vznikla na popud nereálného hodnocení energetických přínosů solárních soustav v auditech, které nereflektovalo tepelné ztráty vlastní soustavy, používalo nereálné provozní podmínky a zahrnovalo letní nevyužitelné přebytky energie. Tento výpočet nadhodnocoval tepelné zisky solárních soustav, které neodpovídali realitě. Zjednodušená měsíční bilanční metoda je výpočtový postup, který zohledňuje orientaci a sklon kolektorů, tepelné ztráty soustavy a využití tepelných zisků z kolektorů. Výsledkem je určení skutečně využitých zisků, které určíme porovnáním využitelných tepelných zisků solární soustavy a potřeby tepla daného projektu. Bilanční metoda počítá se vstupními předpoklady znalosti měsíční dávky slunečního ozáření $H_{T,měs} [kWh/m^2]$, středního slunečního ozáření $G_{T,m} [W/m^2]$ a střední měsíční teploty v době

slunečního osvětlení $t_{e,s}$ [°C]. Vstupními parametry solárního kolektoru jsou konstanty křivky účinnosti μ_0 , a_1 , a_2 a plocha apertury kolektoru A_k , ke které je křivka účinnosti vztažena. Při použití výpočtu zjednodušené bilanční metody se řada vstupů paušalizuje, např. střední teplota v kolektorech je v celém roce konstantní hodnota, tepelné ztráty solární soustavy jsou konstantní srážka ze zisků (neuvažuje se vliv různé úrovně tepelné izolace solárního zásobníku a rozvodů) a z důvodu snížení náročnosti výpočtu je paušálně zavedena hodnota modifikátoru.

Pro výpočet teoreticky využitelných zisků ze solárních kolektorů musíme nejdříve určit účinnost solárních kolektorů pro dané klimatické podmínky v jednotlivých měsících podle vztahu

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \frac{t_{k,m} - t_{e,s}}{G_{T,m}} - a_2 \frac{(t_{k,m} - t_{e,s})^2}{G_{T,m}} \quad (7)$$

kde,

$G_{T,m}$ je střední sluneční ozáření uvažované plochy solárních kolektorů pro podmínky jasné oblohy

(v době provozu solárních kolektorů) podle sklonu a orientace plochy kolektorů, W/m^2

$t_{k,m}$ průměrná teplota teplotonosné kapaliny v solárních kolektorech, ve °C, hodnota se uvažuje se celoročně konstantní a stanoví se podle typu aplikace

$t_{e,s}$ průměrná venkovní teplota v době slunečního svitu, °C

Teoretický měsíční využitelný tepelný zisk ze solárních kolektorů $Q_{k,u}$ [kWh/měs] je dán vztahem

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot \eta_k \cdot n \cdot H_{T,den} \cdot A_k \cdot (1 - p) \quad (8)$$

kde

η_k průměrná denní (měsíční) účinnost solárního kolektoru

$H_{T,den}$ skutečná dávka slunečního ozáření (kWh/m^2den)

A_k plocha apertury solárního kolektoru v m^2

p hodnota srážky tepelných zisků z kolektoru vlivem tepelných ztrát solární soustavy (rozvody, solární zásobník)[35]

Korelační činitel 0,9 zohledňuje vliv podmínek reálného provozu solárního kolektoru na jeho účinnost na rozdíl od zadávaných vstupních parametrů získaných z laboratorních zkoušek. Zohledňuje úhel dopadu slunečního záření, vliv difúzního záření na účinnost kolektoru (podmínkou je přímé sluneční záření, jaké je při jasné obloze), povětrnostní podmínky (podmínkou je rychlost větru 3 m/s). Využitelné zisky solární soustavy $Q_{ss,u}$ [kWh/měs], pokrývající potřebu tepla v dané aplikaci,

se vyjádří jako průnik křivky potřeby tepla a teoreticky využitelných zisků solárních kolektorů a celkové potřeby tepla v jednotlivých měsících

$$Q_{ss,u} = \min(Q_{k,u}; Q_{p,c}) \quad (9)$$

Dále máme ukazatel měrných tepelných zisků solární soustavy $q_{ss,u}$ [kWh/m^2rok], které odpovídají celkovým ročním ziskům vztaženým k instalované ploše solárního kolektoru. Používá se jako energetické, ekologické a ekonomické kritérium pro posouzení úspory energie, emisí či provozních nákladů z $1 m^2$ instalovaných solárních kolektorů. Měrné tepelné zisky $q_{ss,u}$ jsou nejčastěji hodnoceným kritériem energetické kvality solární soustavy. [35]

Z měsíčních a ročních hodnot využitelných tepelných zisků solární soustavy $Q_{ss,u}$ je možné dále určit solární pokrytí (solární podíl) f [%], tj. procentní pokrytí potřeby tepla v dané aplikaci využitelnými tepelnými zisky v daném období podle vztahu

$$f = 100 \frac{Q_{ss,u}}{Q_{p,c}} \quad (10)$$

Pro výpočet energetických zisků solární soustavy byla použita metodika zjednodušené bilanční metody. Při výpočtu byla přijata řada zjednodušujících předpokladů ve výpočtu napomáhajících ke zjednodušení bilanční metody standardizované v technické normalizační informaci TNI 73 0302 – Energetické hodnocení solárních tepelných soustav. Při výpočtu byly použity jednotné klimatické údaje a byla uvažována konstantní střední teplota v kolektorech v celém roce. Tepelné ztráty solární soustavy byly započteny paušální srážkou ze zisků, nezohledňuje se skutečná tloušťka tepelných rozvodů ani zásobníku, předpokládá se dobrý izolační standard dle vyhlášky 193/2007 Sb. [35]

Pro výpočet byl použit solární vakuový kolektor Florian SPA(B), tedy trubicový konektor se zesílenou nerezovou konstrukcí a ochrannými prvky. Počet trubic je 20 a jmenovitý výkon 1357 W a rozměr 1983x1696x100 mm. Instalace solárních kolektorů byla uvažována na střechu garážových kójí vedle centra, sklon střechy je cca 10° , maximální zvažovaný počet instalovaných solárních kolektorů 30. V případě uvažování střechy nad zákaznickým centrem, která plynule přechází ze střechy garážových stání je maximální počet kolektorů 35. Uvažuje se o instalaci nosné konstrukce pro střechy se sklonem od 0° do 10° , která zaručí ideální sklon solárních kolektorů 45° s azimutem 0 (jih). Kolektor funguje na principu vakuové trubice, typ Sydney-Dewarova buňka, který využívá technologie s vysokou fototepelnou účinností. [36]

Pro výpočet solárních zisků jsem pracovala s počtem od 3 do 35 kusů solárních kolektorů a výsledky získané na základě zjednodušené bilanční metody jsou zaznamenané v následující tabulce.

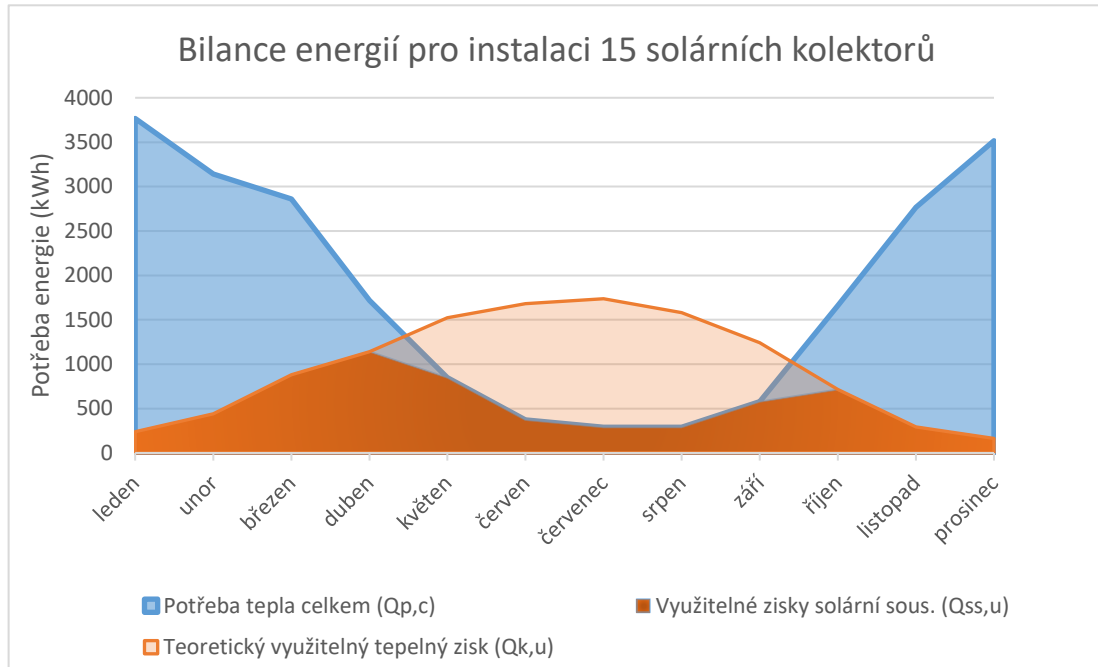
Na základě výpočtu dosahují zisky ze solární soustavy od 11 % do 50% v závislosti na počtu instalovaných solárních kolektorů. Můžeme říct, že využitelné zisky solární soustavy, a tím procentuální pokrytí potřeby tepla, jsou přímo úměrné počtu instalovaných panelů, a proto jsem tyto hodnoty napočítala pro různé počty kolektorů.

Tab. 10 – Přehled solárních zisků a využitelného tepla v závislosti na počtu solárních kolektorů

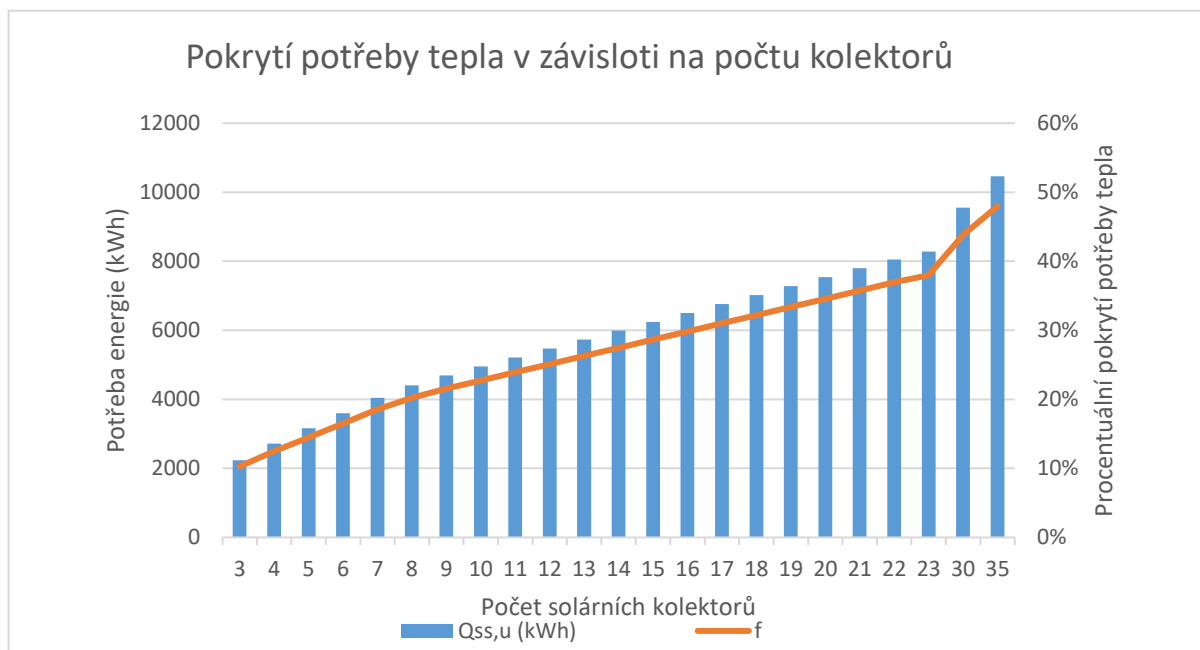
Počet solárních kolektorů	Potřeba tepla celkem $Q_{p,c}$ (kWh)	Využitelné teplo $Q_{ss,u}$ (kWh)	Celkové využitelné teplo $Q_{k,u}$ (kWh)	Solární zisk f (%)	Teplo potřebné dodané kotlem (kWh)
3	20 803	2240	2327	11%	18 563
4	20 803	2718	3103	13%	18 085
5	20 803	3160	3879	15%	17 643
6	20 803	3602	4654	17%	17 201
7	20 803	4044	5430	19%	16 759
8	20 803	4404	6206	21%	16 399
9	20 803	4697	6982	23%	16 106
10	20 803	4956	7757	24%	15 847
11	20 803	5214	8533	25%	15 589
12	20 803	5472	9309	26%	15 331
13	20 803	5730	10085	28%	15 073
14	20 803	5988	10860	29%	14 815
15	20 803	6246	11636	30%	14 557
16	20 803	6505	12412	31%	14 298
17	20 803	6763	13188	33%	14 040
18	20 803	7021	13963	34%	13 782
19	20 803	7279	14739	35%	13 524
20	20 803	7537	15515	36%	13 266
21	20 803	7795	16291	37%	13 008
22	20 803	8054	17066	39%	12 749
23	20 803	8279	17842	40%	12 524
30	20 803	9554	23272	46%	11 249
35	20 803	10457	27151	50%	10 346

V následujícím grafu lze vidět bilanci energií napočítané například pro 15 solárních kolektorů na ukázkou, jak proudí energie v rámci roku s tím, že největší přínos solárních kolektorů je v letních měsících, kdy je zároveň nejnižší potřeba tepla. Množství teoreticky a prakticky využitelného tepla se mění v závislosti na množství instalovaných kolektorů, potřeba tepla pro soustavu na vytápění a ohřev teplé vody pro centrum zůstává stejná u různých variant se solárními kolektory.

Využitelné zisky solární soustavy $Q_{ss,u}$ pokrývající potřebu tepla v dané aplikaci pro 15 solárních kolektorů, jsou 6246 kWh/rok. Známe celkovou potřebu Návštěvního centra na teplo pro ohřev vody a vytápění, a proto můžeme určit, že procentuální pokrytí potřeby tepla v dané aplikaci využitelnými tepelnými zisky v daném období (rok) a pro 15 solárních panelů odpovídá 29 %.



V Graf 13 je shrnuto pokrytí celkové potřeby pomocí solárních zisků z kolektorů $Q_{ss,u}$, kde lze sledovat stoupající trend v závislosti na počtu kolektorů, jak jsem již popsáno.



Graf 13 - Pokrytí potřeby tepla v závislosti na počtu kolektorů

4.3.4 Investiční náklady na solární kolektory

Obecně jsou investiční náklady na instalaci solární soustavy závislé na instalované ploše, typu solárních kolektorů a ceně prvků solární soustavy. Cena závisí na objemu solárního zásobníku tepla, (jeho velikost odvozujeme od potřeby tepla soustavy), dále na výměníku tepla, světlosti potrubí a objemu expanzní nádoby. K samotné instalaci solární soustavy je potřeba mimo solárních kolektorů také nosná soustava, která kolektory připevňuje ke střeše či jinému povrchu. Nosná soustava, stejně jako kolektory, bude neustále pod vlivem vnějšího prostředí, proto jsem zvolila celohliníkovou konstrukci, která je bezúdržbová a jejíž životnost odpovídá životnosti solárních kolektorů, proto není potřeba během životnosti soustavy solárních kolektorů nosnou soustavu nahrazovat za novou. Mezi další komponenty, nezbytné pro instalaci kolektorů patří zásobník na teplou vodu, dle tabulkových hodnot jsem zvolila velikost 275 litrů, která by měl odpovídat požadavkům na potřebu teplé vody pro centrum. Cena je uvažována i s izolací zásobníku, která má zamezit nechtěnému úniku tepla. Dalšími nemalými náklady jsou řídicí jednotka, elektrická jednotka do zásobníku a solární expanzní nádoba. Dále jsem uvažovala náklady na solární směs, objem této směsi se zásobníkem 300 litrů je cca 30-35 l, konečný objem je také závislý na délce rozvodů a velikosti expanzní nádoby. K základnímu zařízení lze doinstalovat i přídatná zařízení, která nejsou povinná, ale mohou zlepšit funkci solárního systému. Mezi přídatná zařízení patří např. filtry mechanických

nečistot, tlakoměry, teploměry a průtokoměry atd., které by navýšily náklady na celou soustavu a v mých výpočtech je neuvažuji.

Tab. 11 - Náklady na instalaci solárních kolektorů

položka	cena/ks	ks	celkem (bez DPH)
solární kolektor Florian	11 570,00 Kč	1	11 570,00 Kč
kotvení kolektorů na plochou střechu	2 590,00 Kč	1	2 590,00 Kč
řídící jednotka	3 700,00 Kč	1	3 700,00 Kč
zásobník 275 l + izolace	14 990,00 Kč	1	14 990,00 Kč
elektrická jednotka do zásobníku	4 130,00 Kč	1	4 130,00 Kč
Solární expanzní nádoba	2 500,00 Kč	1	2 500,00 Kč
Solární teponosná směs	2 400,00 Kč	1	2 400,00 Kč
Potrubí	5 000,00 Kč	1	5 000,00 Kč

Celkové investiční náklady na systém solární soustavy dle počtu instalovaných kolektorů jsou zobrazeny v tabulce 12.

Tab. 12 - Investiční náklady na jednotlivé počty solárních kolektorů

Počet solárních kolektorů	Investice solárních kolektorů (Kč)
3	90 992,00 Kč
4	108 125,60 Kč
5	125 259,20 Kč
6	142 392,80 Kč
7	159 526,40 Kč
8	176 660,00 Kč
9	193 793,60 Kč
10	210 927,20 Kč
11	228 060,80 Kč
12	245 194,40 Kč
13	262 328,00 Kč
14	279 461,60 Kč
15	296 595,20 Kč
16	313 728,80 Kč
17	330 862,40 Kč
18	347 996,00 Kč
19	365 129,60 Kč
20	382 263,20 Kč
21	399 396,80 Kč
22	416 530,40 Kč
23	433 664,00 Kč
30	553 599,20 Kč
35	639 267,20 Kč

4.3.5 Provozní náklady na variantu solární kolektory + plynový kotel

Roční náklady na údržbu a servis jsou dle dostupných referencí odhadnuty na 0,2 % až 0,5 % z investičních nákladů. Roční servisní náklady tvoří náklady na výměnu komponent solární soustavy, solární nemrznoucí kapalina se mění cca po 5 letech a oběhová čerpadla po 10 letech. Roční servisní náklady jsem v mém případě uvažovala 0,5 %. V uvažované variantě soustavy vytápění pomocí stávajících plynových kotlů a solárních kolektorů hrají nemalou roli provozní náklady na plynové kotle. Stálé roční provozní náklady na revize kotlů, spalinových cest, elektřiny a pronájem zásobníku na propan jsem dle údajů z Dendrologické zahrady odhadla na 5815 Kč a vypsala Tab. 13 . Proměnné provozní náklady na plynové kotle tvoří spotřeba propanu v závislosti na solárních ziscích, aby byla dodržena potřeba tepla v soustavě.[37]

Tab. 13 - Roční provozní náklady na plynové kotle v Návštěvnickém centru

Provozní náklady	
revize kotlu	800 Kč
servis	1 600 Kč
tlaková nádoba	300 Kč
revize elektřiny	800 Kč
nájem zásobníku	1 815 Kč
kouřové cesty	500 Kč
celkem	5 815 Kč

Proměnné náklady na spotřebu plynu se liší v závislosti na počtu instalovaných kolektorů a pohybují se cca od 18 000 do 32 000 Kč/rok. S navyšujícím množstvím kolektorů se zvyšuje solární zisk a tím se snižuje potřeba dodávat teplo pomocí plynových kotlů a tím se snižují roční proměnné náklady na provoz plynových kotlů. Celkové náklady na tuto variantu spolupráce plynového kotle na propan a soustavy solárních kolektorů v závislosti na velikosti soustavy jsou uvedené v následující Tab. 14.

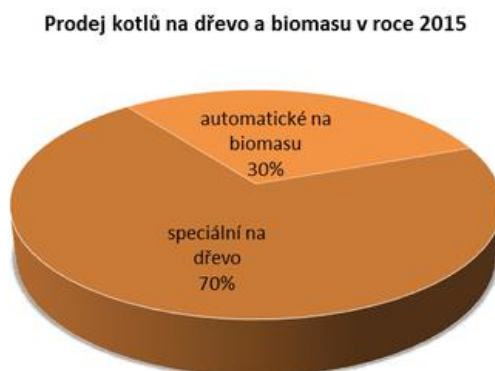
Tab. 14 - Roční náklady pro variantu plynových kotlů a solárních kolektorů

Roční náklady na solární kolektory a plynové kotle				
Počet kolektorů	Provozní a servisní náklady na kolektory (Kč)	Provozní náklady na kotle (Kč)	Náklady na plyn (Kč)	Celkem (Kč)
3	455 Kč	5 815 Kč	32 894 Kč	39 164 Kč
4	541 Kč	5 815 Kč	32 047 Kč	38 402 Kč
5	626 Kč	5 815 Kč	31 263 Kč	37 705 Kč
6	712 Kč	5 815 Kč	30 480 Kč	37 007 Kč
7	798 Kč	5 815 Kč	29 697 Kč	36 310 Kč
8	883 Kč	5 815 Kč	29 059 Kč	35 757 Kč
9	969 Kč	5 815 Kč	28 540 Kč	35 324 Kč
10	1 055 Kč	5 815 Kč	28 081 Kč	34 951 Kč
11	1 140 Kč	5 815 Kč	27 624 Kč	34 579 Kč
12	1 226 Kč	5 815 Kč	27 167 Kč	34 208 Kč
13	1 312 Kč	5 815 Kč	26 709 Kč	33 836 Kč
14	1 397 Kč	5 815 Kč	26 252 Kč	33 464 Kč
15	1 483 Kč	5 815 Kč	25 795 Kč	33 093 Kč
16	1 569 Kč	5 815 Kč	25 336 Kč	32 720 Kč
17	1 654 Kč	5 815 Kč	24 879 Kč	32 348 Kč
18	1 740 Kč	5 815 Kč	24 422 Kč	31 977 Kč
19	1 826 Kč	5 815 Kč	23 965 Kč	31 605 Kč
20	1 911 Kč	5 815 Kč	23 507 Kč	31 234 Kč
21	1 997 Kč	5 815 Kč	23 050 Kč	30 862 Kč
22	2 083 Kč	5 815 Kč	22 591 Kč	30 489 Kč
23	2 168 Kč	5 815 Kč	22 193 Kč	30 176 Kč
30	2 768 Kč	5 815 Kč	19 933 Kč	28 516 Kč
35	3 196 Kč	5 815 Kč	18 333 Kč	27 344 Kč

4.4 Náhrada za kotel na biomasu

Biomasa se celkově řadí ke zdrojům, které mají příznivý dopad na životní prostředí a protože během spalování biomasy se uvolní pouze tolik oxidu uhličitého, kolik při svém růstu spotřebovala, má tedy nulovou bilanci. [27]Dle statistik z roku 2015 měly nejvyšší podíl na trhu prodeje zdrojů do 50 kW plynové kotle, který činil 45 % a podíl spalování dřeva nebo biomasy činil pouze 4 %. Dle statistik mají však kotle na biomasu velký potenciál. Z celkového počtu prodaných kotlů a krbů na biomasu na tuzemském trhu byly automatické kotle na biomasu (tedy i štěpku), což není zanedbatelný podíl. Hlavní motivací pro instalaci kotle na štěpku v Dendrologické zahradě je zaručená dodávka štěpky požadované vlhkosti a požadovaném objemu, který pokryje potřebu tepla na vytápění skleníků

v zimních měsících. Dalším důvodem je neekologičnost spalování propanu a jeho vysoká cena, která výrazně navyšuje náklady na variantu vytápění plynovými kotli. Momentálně se stávající kotle blíží konci své reálné životnosti, proto je potřeba začít řešit náhradu za nové a navrhované alternativní a výrazně ekologičtější řešení se jeví jako velmi vhodná náhrada. [38][39]



Graf 14 - Procentuální podíl prodeje jednotlivých druhů kotlů a krbů na dřevo a biomasu v ČR v roce 2015[39]

4.4.2 Štěpka

Produkce štěpky probíhá přímo ve VÚKOZ, kde se i skladuje a vyhodnocují se výsledky z technologií těžby. K výrobě štěpky jsou používány kmeny speciálních odrůd topolů a vrb a o stáří 3 -5 let jichž průměr se pohybuje obvykle v rozmezí od tří do patnácti centimetrů podle odrůdy. Nejvhodnějším obdobím pro sklizeň jsou zimní měsíce (prosinec-březen) z důvodu nižšího obsahu vody v sušině a je možno využít volné pracovní kapacity a strojů, když je půda promrzlá nebo dnes častěji suchá a pohyb po plantáži je možný. Štěpkování na VÚKOZ probíhá nejčastěji dvoufázovou metodou těžby, kde dojde nejprve k pokácení stromů, které se nechávají nějakou dobu pokácené ležet. Díky tomu dřevina částečně proschne a sníží se obsah vody v sušině. Samotné štěpkování probíhá pomocí mobilního štěpkovače, který se dle potřeby přesouvá k hromadám sklizených kmenů. Po naštěpkování se štěpka navrší na hromadu kuželovitého tvaru do maximální výšky 3-4 m, který je vhodný pro venkovní prosychání. Kvalitu štěpky ovlivňuje obsah vody (vlhkosti) v sušině a také venkovní teplota a vlhkost. Pokud je štěpka dlouhodobě vystavena nevhodným podmínkám, rychle podléhá nežádoucím změnám vlivem chemických procesů, kterými jsou chemické oxidování, hydrolýza celulósových komponentů v kyselém prostředí a vlivem biologické aktivity bakterií a hub. Důsledkem těchto procesů dochází k samozahřívání a teplota skladované štěpky vzrůstá i na 50-60 °C, která na jednu stranu urychluje prosychání uvnitř hromady, ale současně sníží částečně

energetickou kvalitu. Při extrémních podmínkách může dojít ke samovznícení štěpky. V takovýchto situacích se nedoporučuje překračovat lhůtu skladování štěpky zhruba 3 měsíce.[40]

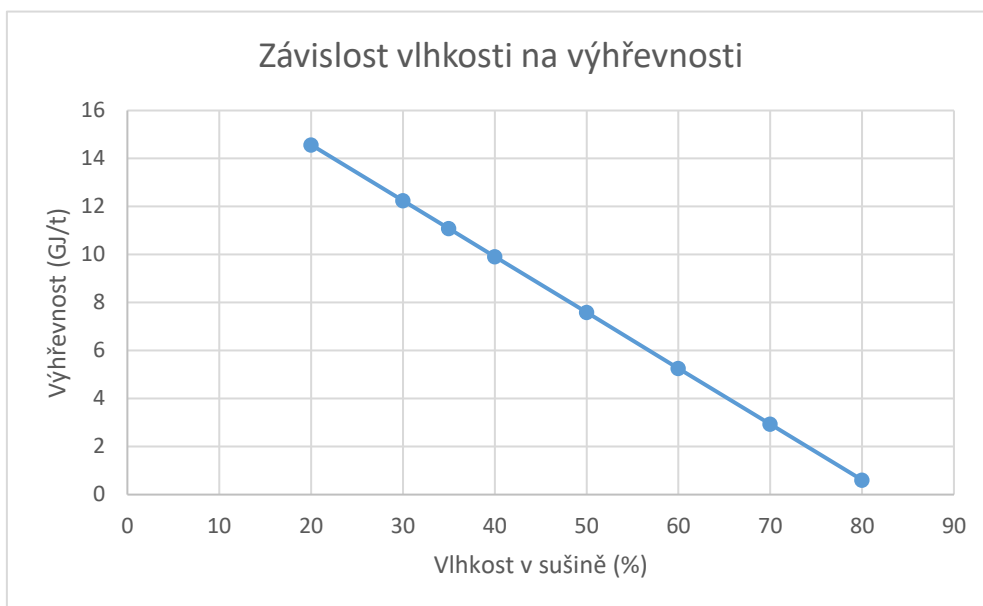
Výzkumný ústav štěpku proto skladuje v kuželovitých kopcích, kde se na povrchu vytvoří nepropustná křusta, která zabraňuje pronikání srážek do hromady štěpky. Výsledný podíl vody v sušině se pohybuje kolem 30-35 % po 6-7 měsících. Hromady jsou skladovány na nezatřešeném prostranství, ale je možno využít uskladnění v zastřešeném prostoru. Celková výhřevnost paliva je závislá na obsahu vody v sušině A . Výzkumný ústav provedl vlastní analýzu, kde odvodil vztah pomocí empirického měření pro výslednou výhřevnost Q . [41]

$$Q = -0,2327 * A + 19,225 \quad (11)$$

Dle uvedeného vztahu lze vypočítat celkovou výhřevnost, výpočet platí pro štěpku s 30 % vlhkostí v sušině a vychází 12,27 GJ/t a cena za kterou ústav prodává štěpku je 150 Kč/GJ, výsledná cena je 1841 Kč/t. Cena štěpky pro zahradníky se nevyjadřuje v Kč/GJ, ale v Kč/m³. Pro zahradníky je výhodnější štěpka s vyšší vlhkostí v sušině, kvůli rychlejšímu rozkladu a uvolňování živin do půdy. Její cenu VÚKOZ stanovil na 402 Kč/m³, cena je nižší než u blízké konkurence (470 Kč/m³), aby získali konkurenční výhodu. Na rozdíl od štěpky pro energetické účely se štěpka pro zahradnické účely prodává čerstvá s vlhkostí kolem 52 %. [41] Od roku 2016, kdy skončilo spolu spalování biomasy s uhlím v teplárně Kladno, přestala být štěpka prodávaná na energetické účely. Nejbližší teplárna, která by nyní připadala v úvahu, Plzeňská teplárenská je vzdálená 77 km. Dovážení do této teplárny by se VÚKOZu ekonomicky nevyplatilo, a proto se rozhodli ukončit prodej na energetické účely. Nyní se štěpka prodává zahradníkům, sice za nižší cenu, než se prodávalo teplárnám, ale ústav ušetří na nákladech za odvoz, protože si ji zahradníci vyzvedávají přímo na místě. V práci uvažují stejné hodnoty množství produkce štěpky jako v roce 2015, protože dle vedení VÚKOZ se množství produkce štěpky téměř nemění, a i v roce 2016 byla produkce podobná. V následující tabulce můžeme sledovat závislost ceny na obsahu vlhkosti v sušině u štěpky prodávající se na energetické účely.

Tab. 15 - Výhřevnost a cena biomasy v závislosti na vlhkosti sušiny

Vlhkost [%]	Výhřevnost [GJ/t]	Cena [Kč/t]
20	14,57	2185,6
30	12,24	1836,6
40	9,91	1487,5
50	7,59	1138,5
60	5,26	789,45
70	2,93	440,4
80	0,60	91,35



Graf 15 - Vypočtená závislost vlhkosti na výhřevnosti

4.4.3 Současné náklady na štěpku

Nyní se štěpka nikam nepřeváží, ústav si proto nepronajímá nákladní vůz a nakladač, a proto jsou náklady na její produkci sníženy o náklady na nakládku a přepravu do Kladenské teplárny. Nyní se čerstvá štěpka prodává zahradníkům a ti si ji odváží přímo z areálu VÚKOZ. Náklady na mzdy v roce 2016 zůstaly stejné jako v roce 2015, a proto jsem použila kalkulaci z tohoto roku. Uvažuji pouze osobní náklady spojené s produkcí štěpky. Cenu na pohonné hmoty pro štěpkovač a mechanizaci na výrobu štěpky neuvažuji.

Tab. 16 - Náklady na štěpkování za rok [42]

Náklad	Cena
Osobní náklady	28350 Kč

Výzkumný ústav prodává štěpku od začátku roku 2016 pouze na zahradnické účely. Výnosy za prodej štěpky jsou v následující tabulce.[41]

Tab. 17 - Výnosy ze štěpkování

Výnos	Cena
Prodej štěpky na energetické účely	0 Kč
Prodej štěpky na zahradnické účely	52662Kč
Celkem	52662Kč

4.4.4 Výběr kotle na štěpku

Projekt má několik zadání, prvním je zajištění automatické obsluhy kotle z důvodu vytíženosti zaměstnanců Dendrologické zahrady. Z toho důvodu se zvažuje varianta kotle na biomasu s podavačem a dávkovacím systémem. Automatický kotel si zajišťuje obsluhu sám, od zapálení, přes přikládání až po regulaci vytápění dle venkovní teploty. Počáteční investice do těchto kotlů bývá vyšší, ale mají díky regulaci spotřeby a dávkování štěpky a tím efektivnímu spalování vyšší účinnost a není potřeba fyzicky přikládat, což sníží náklady na obsluhu. Dalším požadavek bylo, aby byl kotel dimenzován na reálnou spotřebu objektu; dle vypočtené čáry skutečného výkonu kotlů jsem určila výkon nového kotle na biomasu na 40 kW, v případě, že výrobce kotlů nebude nabízet ve své výkonové řadě kotel s výkonem 40 kW, lze použít 49 nebo 50 kW.

Na trhu s kotli se pohybuje několik českých i zahraničních výrobců menších kotlů na biomasu. Omezení při hledání nastalo vzhledem druhu spalované biomasy. Ne všechny kotle jsou přizpůsobené na štěpku, některé kotle mají omezení na vlhkost štěpky, mnozí výrobci striktně 30% (na jmenovitý výkon 20-25%), po překročení této hranice se účinnost snižuje. V rámci získávání údajů jsem oslovila 3 dodavatele kotlů spalujících štěpku. Prvním z dodavatelů je firma CSTfire, která dodává kotle HAMONT v různých výkonových řadách. Kotle lze dodat se zásobníkem paliva nebo s automatickým podavačem paliva, které doplňuje palivo z centrálního skladu do mezi zásobníku kotle. Podávací rameno má na délku 3 metry. Funkce celého kotle je kontrolována přes řídicí jednotkou GSM model, která optimalizuje spalovací proces. Kotle v této řadě jsou dodávány od 40 do 101 kW výkonu, v práci jsem uvažovala kotel o výkonu 40 kW. Tyto kotle dosahují jmenovitého výkonu při vlhkosti 25 % a jsou určeny maximálně pro vlhkost 30-35 %. Dalším důležitým hráčem na trhu jsou kotle Viessman, ve výkonové řadě 50 až 101 kW. Pro práci uvažuji výkon 50 kW. Tento kotel má přednost ve vysoké účinnosti spalování až 95 %, dále je plně automatizovaný, včetně automatického odstraňování popela do mobilního pojízdného popelového kontejneru. Spalovat v něm lze štěpku a pelety. Posledním mnou osloveným dodavatelem je firma Froling, která opět nabízí plně automatizovaný kotel o výkonu 40 kW, včetně odstraňování popela. Nevýhodou tohoto kotle je, že dokáže spalovat biomasu o vlhkosti 30%, maximálně 35% při snížení účinnosti.

4.4.5 Náklady na kotle

Po oslovení výrobců kotlů jsem dostala nabídku na kotel a jeho na instalaci kotle. Ceny jednotlivých kotlů jsou uvedené v Tab. 18 - Parametry porovnávání jednotlivých kotlů, kotle se liší výkonem, schopností spalování vlhké štěpky a účinností. Návrh na instalaci je individuální a liší se v požadavcích, umístění kotle i vzdálenosti od dodavatele. Kotle s nižší účinností potřebují k dosažení optimální potřeby tepla spálit větší množství štěpky, v případě méně kvalitní štěpky (vyšší obsah vody v sušině), se potřeba štěpky ještě více navýší. Všechny kotle dosahují nejlepších vlastností a optimálního výkonu při spalování štěpky kolem 30% vlhkosti.

Tab. 18 - Parametry porovnávání jednotlivých kotlů

kotel	účinnost kotle (%)	výkon kotle (kW)	maximální vlhkost sušiny (%)	Cena celkem (bez DPH)
Froling	94	40	30-35	455 621,00 Kč
Hamont	90,4	40	30-40	469 000,00 Kč
Viessman	94,7	50	30-35	447 700,00 Kč

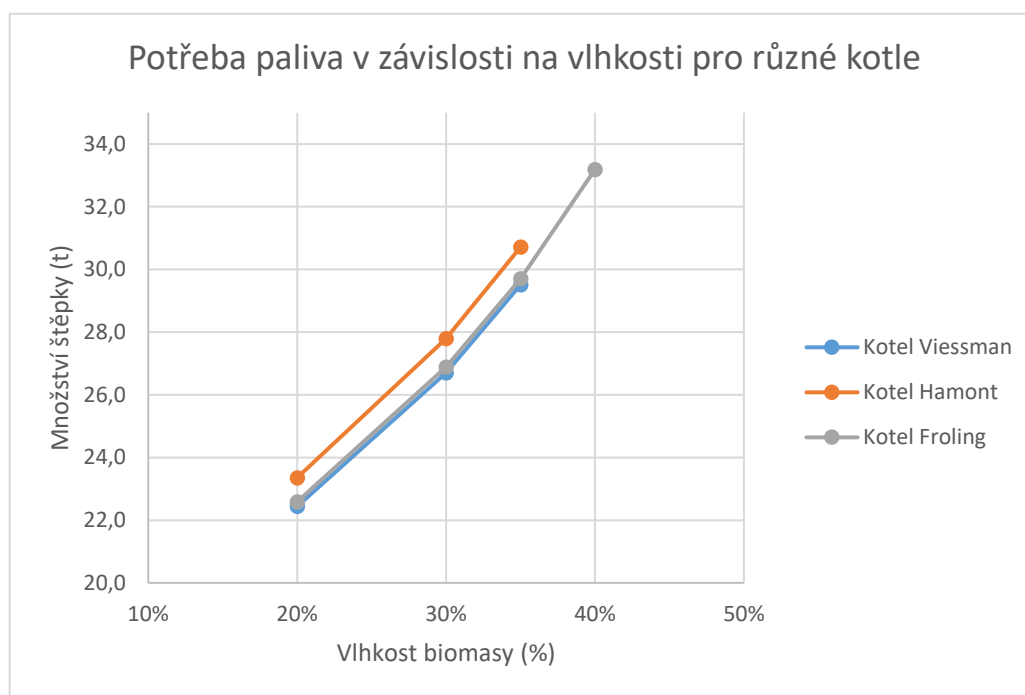
Pro ukázkou schématu kotelny s podavačem štěpky jsem použila obrázek z produktového listu firmy Froling, schémata dalších dvou výrobců jsou podobná. K vybudování soustavy je zapotřebí vlastní kotelny oddělené od skladu štěpky. Otvorem ve zdi prochází šnekový podavač na štěpku, který dopraví štěpku do meziskladu do těsné blízkosti kotle a poté proběhne proces spalování. Podávání a spalování je řízeno automaticky.



Obr. 9 - Schéma kotelny, podavače štěpky a skladu na štěpku [41]

4.4.6 Potřeba dřevní štěpky

Dalším důležitým parametrem návržení tepelné soustavy je spotřeba štěpky. Ve spotřebě štěpky jsem vycházela z výpočtů potřeby tepla pro skleníky. Tato potřeba tepla odpovídá teoretické potřebě tepla při plném využití skleníků, spotřeba se může měnit v závislosti na požadavcích tepelné náročnosti ve sklenících, avšak potřeba tepla je vypočtena pro nadprůměrné teploty uvnitř skleníků, proto by měla potřeba tepla odpovídat skutečné spotřebě. Známe-li spotřebu tepla v GJ, můžeme si jednoduše přes výhřevnost dřevní štěpky dopočítat potřebu štěpky v tunách popřípadě v m^3 . Dále byl výpočet upraven o účinnost jednotlivých kotlů, protože na rozdíl od plynového kotle není účinnost kotlů na biomasu 100%. Při nižší účinnosti kotlů se zvyšuje potřeba dřevní štěpky. Dále byla napočítána potřeba dřevní štěpky v závislosti na vlhkosti obsažené v sušině dřevní štěpky. Výsledky jsou zanesené do grafu potřeby paliva v závislosti na vlhkosti pro různé kotle. Z grafu je patrné, že nejhůře ze srovnání vychází kotel značky Hamont, jehož potřeba dřevní štěpky je nejvyšší. Kotel značky Froling naopak dosahuje nižší potřeby štěpky a dokáže spalovat i vlhčí štěpku. Kotel značky Viessman dosahuje podobných hodnot jako kotel Froling, ale dokáže efektivně spalovat pouze štěpku do 35 % vlhkosti v sušině.



Graf 16 - Potřeba paliva v závislosti na vlhkosti pro různé kotle

Dle výpočtu bude roční spotřeba dřevní štěpky průměrně 27 tun při vlhkosti dřevní štěpky 30%, aby byla dosažena teoretická potřeba tepla průměrně 320 GJ/rok. Pokud bych pro porovnání uvažovala dosavadní průměrnou spotřebu tepla v propanu tato potřeba dřevní štěpky na rok by se blížila 26 tunám. Produkce štěpky v roce 2015 byla 27 tun, což ukazuje, že produkce dřevní štěpky pokryje potřebu tepla pro vytápění skleníků.

Tab. 19 - Potřeba štěpky v závislosti na vlhkosti štěpky a účinnosti jednotlivých kotlů

	Hamont	Froling	Viessman	
Vlhkost	Potřeba štěpky (t)	Potřeba štěpky (t)	Potřeba štěpky (t)	Průměrná potřeba štěpky (t)
20%	23,4	22,6	22,4	22,8
30%	27,8	26,9	26,7	27,1
35%	30,7	29,7	29,5	30,0
40%	34,3	33,2	33,0	33,5

4.4.7 Vybudování nové kotelny a skladu na štěpku

Pro kotelny na tuhá paliva do výkonu 50 kW neplatí speciální normy, pouze musí být do prostoru kotelny zajištěn dostatečný přívod vzduchu pro spalování. Dále musí být oddělena od obytné zóny a dveře kotelny se musí otevírat směrem ven. Provozovatel spalovacího zařízení o jmenovitém výkonu od 10 do 300 kW je povinen provádět jednou za dva kalendářní roky kontrolu technického stavu a provozu spalovacího zařízení prostřednictvím odborně způsobilé osoby.

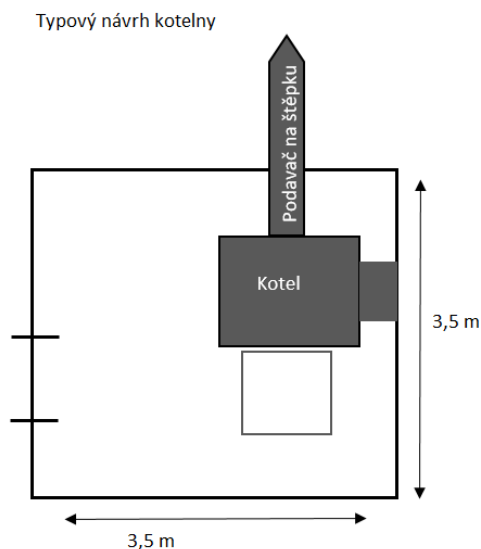
Umístění kotle v Dendrologické zahradě je nelehkou otázkou. Stávající kotle jsou umístěné v průchozí místnosti přípravný skleníků v přízemí, která zároveň slouží jako zázemí pro zaměstnance Dendrologické zahrady a sklad materiálu. Dále potřebujeme prostor na uskladnění štěpky, která je velice náročná na uskladnění kvůli své nízké objemové hmotnosti, je potřeba mít prostornější sklady, či štěpku uskladnit na hromadě venku v blízkosti kotelny. V případě uskladnění uvnitř musí být zaručené nezbytné odvětrávání, aby se náchylná štěpka nezapařovala a neplesnivěla. Dostatečné větrání nám také zajistí dodatečné prosychání štěpky a tím snižování vlhkosti v sušině. Z důvodu nákladnosti vedení teplé vody z vedlejších garáží jsem uvažovala pouze prostory v bezprostřední blízkosti skleníků. V přípravné budově jsem stávající místo kotelny bylo zavrženo z důvodu nedostatku volného místa. V přípravné budově se dále nachází sklep a půda. Sklep je nevyhovující z důvodu vysoké vzdušné vlhkosti, protože se zde nachází studna s podzemní vodou, dříve se sklep využíval pro vytápění koksem, až poté se přešlo na vytápění plynem. Půda nepřichází v úvahu z důvodu nemožnosti dopravení štěpky a vysoké hmotnosti kotle a spalované štěpky, které

by zatěžovaly konstrukci budovy. Další možností je využít jako sklad štěpky přípravný skleníku, který se nachází v blízkosti skleníků, zejména by se hodil jako sklad pro štěpku, je zde možnost vjezdu velké techniky a výměra je cca 200 m². Nevýhodou tohoto skleníku je poměrně velká vzdálenost od Návštěvnického centra a bylo by zapotřebí vybudovat rozvody topné soustavy. Dále by bylo zapotřebí v tomto skleníku vybudovat vyzděné zázemí pro samotný kotel, protože stávající zázemí je pro kotelny nevyhovující. Poslední variantou je vybudovat novou kotelnu v blízkosti skleníků a k ní i sklad na štěpku. Sklad by nemusel být velký, protože Výzkumný ústav štěpku vlastní a nebyl by problém několikrát během zimy sklad doplnit čerstvou štěpkou, která je uskladněná v areálu Výzkumného ústavu. Avšak i stavbu kotelny mimo areál skleníků na volném prostranství jsem neuvažovala z důvodu vysokých počátečních nákladů na výstavbu, tak aby vyhovovala požadavkům na kotelnu.

Po prozkoumání možností umístění kotle na biomasu jsem shledala, že nejvýhodnější bude umístit kotel do přípravného skleníku, který je poměrně blízko umístěn k přípravné budově se stávajícími rozvody do otopného systému pro skleníky.

4.4.8 Náklady na výstavbu nové kotelny

Nová kotelna by se budovala v přípravném skleníku, kde jsem uvažovala stavbu odděleného prostoru pro kotel s protipožárními aspekty a stavbu nového komína. Z této kotelny by vedl přes oddělenou zeď podavač se šnekem pro štěpku, která by byla uskladněná ve zbývajících prostorách přípravného skleníku. Stěny a strop kotelny by byly z nehořlavého sádrokartonu a budou zde nainstalovány kovové dveře otevírané směrem ven dle normy. Provedla jsem hrubý odhad stavby nové kotelny, částky jsou uvedené v následující tabulce Tab. 20, částky jsou uvažované i s montáží a dopravou případného materiálu. Pro hrubou představu rozložení nové kotelny jsem načrtla schéma, kde lze vidět zhruba umístění kotle a šneka sahajícího do zbylé části skleníku.



Obr. 12 - Typový náčrt nové kotelny



Obr. 11 - Přípravný skleník (místo pro nový kotel a sklad štěpky)

Tab. 20 - Náklady na vybudování nové kotelny

Položka	ks	cena/ks	celkem cena (bez DPH)
Sádkartón stěny + strop (včetně profilů)			5 500 Kč
Podesta pod kotel + dlažba			7 900 Kč
Vstupní dveře kovové	1	5 500 Kč	5 500 Kč
Komín (nerezový třívstvý, 6,5 m)+kotvící lanka			27 000 Kč
Zásuvky, světlo, jističe, kabeláž			18 000 Kč
Izolované potrubí do země, 15 m			14 220 Kč
Expanzní nádoba + pojišťovací ventil, 100l	1	3 000 Kč	3 000 Kč
Ocelové trubky mezi izol. Vedením a primárním			2 000 Kč
Bezpečnostní dochlazovací jednotka	1	6 000 Kč	6 000 Kč
Spojovací materiál + potrubí primárního okruhu			10 000 Kč
Teploměry a manometry	1		6 000 Kč
Oběhová čerpadla	2	5 100 Kč	10 200 Kč
Řídící jednotka	1	17 000 Kč	17 000 Kč
Montáž			25 000 Kč
		celkem	157 320 Kč

Mezi další náklady musíme počítat revizi elektrického zapojení a tlakovou zkoušku kotle. Tyto revize nezajišťují výrobci kotlů a probíhají pouze jednou po zapojení kotle, proto je budu počítat do investičních nákladů k nákladům na výstavbu nové kotelny.

Tab. 21 - Náklady na zprovoznění kotle

Položka	cena
Výchozí revize spalinové cesty dle ČSN 73 4201	2 200 Kč
Tlaková zkouška	2 300 Kč
Elektro revize	500 Kč
Celkem	5000 Kč

4.4.9 Provozní náklady na vytápění biomasou

V budoucnu se bude každoročně provádět revize komínových cest a revize tlakové nádoby. Dále mezi provozní náklady na nové vytápění uvažují náklady na produkci, nakládku a odvoz štěpky. Budoucí náklady na produkci štěpky uvažují stejné jako jsou teď při produkci štěpky na prodej zahradníkům, protože výrobní ani zpracovatelské postupy a množství se při spalování biomasy pro vlastní účely nemění. Navíc uvažují náklady na zaměstnance, který bude celoročně kotel obsluhovat. Předpokládám, že se štěpka během roku poveze do Dendrologické zahrady dvakrát, aby měla možnost dodatečně proschnout a poté bude nakladačem naložena a převezena do Dendrologické zahrady. Plantáž a sklad štěpky jsou od Dendrologické zahrady vzdáleny 3 km. Tuto cesty uvažují čtyři krát (2krát tam a zpět), díky této krátké vzdálenosti mezi objekty se výrazně sníží náklady na dopravu štěpky. Výhodou vzájemné spolupráce ústavu a zahrady je, že se mohou kdykoliv domluvit na zavážce a nejsou odkázáni na třetí osobu.

Tab. 22 - Náklady na vytápění pomocí biomasy

Náklady	
Revize a čištění spalinových cest	1 500,00 Kč
Revize tlakové nádoby	300,00 Kč
Revize elektra	500,00 Kč
Doprava štěpky	479,00 Kč
Osobní náklady – produkce štěpky	28 350,00 Kč
Plat zaměstnance – obsluha kotle	17 110,00 Kč
Nakládka štěpky	2 178,00 Kč
Celkem	50417 Kč

5 Metodika ekonomického hodnocení alternativního vytápění v podmínkách VÚKOZ

5.1 Metodika výpočtu

Nejdříve jsem zpracovala analýzu současného stavu zkoumaných objektů Dendrologické zahrady. Zkoumané objekty jsem rozdělila do dvou skupin, vytápěné skleníky Dendrologické zahrady a Návštěvnické centrum. V jednotlivých skupinách jsem zhodnotila stávající stav objektu, vytápění a požadavky Dendrologické zahrady. Na základě celkové spotřeby plynu jsem pomocí metodiky pro hodnocení ztrát a potřeby tepla vypočetla potřebu tepla v jednotlivých měsících a na základě tohoto výpočtu jsem zhodnotila vytiženost kotlů a navrhla výkon kotlů. Data potřebná k výpočtům jako spotřeby plynu, faktury za plyn a celá dokumentace k nově zrekonstruovanému Návštěvnickému centru jsem získala od vedení Dendrologické zahrady. Dalším zdrojem byly poskytnuté cenové nabídky od jednotlivých společností nabízejících kotle na dřevní štěpku a solární kolektory. Z navržených průběhů potřeby tepla a maximálního výkonu kotle jsem navrhla dle požadavků a omezení Dendrologické zahrady následující varianty řešení. První je instalace solárních kolektorů na střechu Návštěvnického centra za účelem snížit potřebu propanu. Druhá, souběžná varianta je instalace a výstavba nového kotle na biomasu za účelem pokrýt celou potřebu tepla pro vytápění skleníků a tím plně nahradit stávající vytápění pomocí plynových kotlů. Na základě cenových nabídek od výrobců kotlů a kolektorů, znalosti provozních nákladů a budoucích nákladů jsem ekonomicky zhodnotila navržené varianty pomocí metody NPV. Na základě zhodnocení jsem provedla citlivostní analýzy na základních vstupů do modelu, jako cena propanu, cena kotelny, vlhkost a cena biomasy a zvýšení potřeby tepla soustavy.

5.2 Výpočetní model

Před samotným výpočtem jednotlivých řešení je potřeba si nejprve definovat postup výpočtu, parametry. Uvažovala jsem každoroční navýšení ceny štěpky o 1% a ceny plynu o 0,9%.

Základní vstupy	
zvýšování ceny plynu	0,9%
zvýšování ceny štěpky	1%
daň z příjmu	19%
DPH	21%
diskont	3%

5.2.1 Odepisování

Kotle spadají do 3. odpisové skupiny, které má dobu odepisování stanovenou na 10 let. Odpisy budou z důvodu zjednodušení modelu prováděny rovnoměrně dle vzorců

$$d_1 = \frac{inv}{2 * T - 1} \quad (12)$$

$$d_2 = \frac{2 * inv}{2 * T - 1} \quad (13)$$

5.2.2 Financování

VÚKOZ dle výroční zprávy z roku 2015 i 2016 disponoval volnými finančními prostředky, a proto uvažuji, že se projekt bude financovat z vlastních zdrojů.

5.2.3 Daňový režim

Přijala jsem předpoklad, že Dendrologická zahrada a VÚKOZ jsou jeden právní subjekt a v roce 2015 i 2016 měl VÚKOZ kladný ekonomický výsledek celé firmy. Na základě toho předpokladu uvažuji výpočet s daňovým štítem, kterým si firma sníží daňový základ.

5.2.4 Diskont

Investování není hlavní náplní podnikání výzkumného ústavu, diskont tudíž nelze určit na základě porovnání s jinou investiční činností. Velikost diskontu jsem proto zvolila 1 procento nad inflační cíl ČNB, tedy 3%. Ve vlastním zpracování byla provedena citlivostní analýza na výši diskontu.

5.2.5 Náklady ušlé příležitosti

Oportunitní náklad by mohl vzniknout v rámci používání přípravného skleníku, který nyní slouží jako sklad pro potřeby Dendrologické zahrady, ale zahrada disponuje dostatečným množstvím jiných skladů a míst, kde by se dal materiál uskladnit, proto ani toto neuvažuji za oportunitní náklady.

5.3 Metody porovnávání

V této podkapitole se budu věnovat metodám, kterými budu hodnotit ekonomickou efektivnost jednotlivých návrhů variant vytápění. Za porovnávací metody jsem zvolila čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento.

5.3.1 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (Net present value), používající také zkratku NPV je nejvíce používaná metoda pro porovnávání investic. Metoda převádí budoucí hotovostní toky (Cash flow) na současnou hodnotu. Zohledňuje časovou hodnotu peněz pomocí zvoleného diskontu po celou dobu porovnání investice. Zvolení doby porovnání a odpovídajícího diskontu je v této metodě klíčové, protože pokud je stanovíme chybně, můžeme z hodnocených variant vybrat špatně. NPV se vypočítá dle vztahu

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (14)$$

kde, CF_t jsou hotovostní toky v roce t , T je doba porovnání investice, t je daný rok a r je diskont.

Při porovnání více variant vybírám investici s nejvyšší hodnotou NPV. Obecně mohou nastat tři situace, NPV je záporná hodnota, v tomto případě je investice nevýhodná. Pokud je výsledek je roven 0, čili investice má stejný ekonomický efekt jako jiná posuzovaná investice. Kladná hodnota značí, že je investice výhodná a náš ekonomický zisk je roven této hodnotě. V případě, že má kladnou hodnotu více posuzovaných investic, volím investici s maximálním NPV. Čistá současná hodnota má omezující podmínku, a to stejně dlouho dobu porovnání u všech investic, jinak by byly výsledky zkreslené. [42].

5.3.2 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento neboli IRR (anglicky Internal Rate of Return) je metoda, která udává relativní výnos (rentabilitu) daného projektu po dobu životnosti. Metoda hledá takovou hodnotu diskontu, aby hodnota NPV byla rovna 0.

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (17)$$

kde, CF_t jsou hotovostní toky v roce t , T je doba porovnání investice, t je daný rok a r je diskont.

U hodnocení metodou IRR opět hledáme maximální hodnotu, a i tato metoda má své omezení, které nastává, pokud se nám během životnosti mění znaménka u hotovostních toků, pak se může

stát, že IRR má více kořenů funkce a nemusím IIR nalézt vůbec nebo několik. Při porovnání více projektů se musí použít metoda rozdílové investice mezi projekty. V případě, že se v hotovostních tocích objeví pouze výdaje, není tato metoda vhodná pro porovnávání investic, protože v takovém případě IRR nenalezneme. [42]

6 Vyhodnocení variant projektu

Základním kritériem pro hodnocení ekonomických variant je ekonomická náročnost projektu. Pro hodnocení jednotlivých variant jsem použila nákladové NPV (čistou současnou hodnotu) a zhodnotila efektivnost jednotlivých variant vůči nulové variantě (původní stav). Ekonomicky jsem hodnotila Návštěvnické centrum a skleníky odděleně, každý projekt obsahuje jiný druh alternativního vytápění. V případě skleníků jsem určila jako nejlepší náhradu kotle na biomasu s ohledem na předpoklady Dendrologické zahrady, potřeby tepla, technologické předpokladům a omezení, které tento projekt skýtal. Druhý samostatný projekt Návštěvnické centrum, který je specifické tím, že v roce 2015 došlo k jeho přestavbě a instalaci nového vytápění, jsem posuzovala odděleně. Nároky na potřebu tepla zde jsou několikanásobně nižší, a i technicky se budova v mnohém liší od atypických skleníků. Na základě technologických možností jsem navrhla přidání solárních kolektorů ke stávajícímu vytápění plynovým kotlem.

6.1 Vyhodnocení instalace kotle na štěpku

Na základě analýzy stávajícího vytápění, výpočtu potřeby tepla a návrhů na alternativní vytápění jsem navrhla 4 varianty. První varianta představuje ponechání stávajícího systému na vytápění pomocí propanu, tato varianta slouží jako porovnávací pro další tři varianty, které představují ekonomické zhodnocení návrhů na kotel na štěpku od tří různých výrobců kotlů. Jednotlivé varianty jsou více popsány níže.

6.1.1 Plynový kotel

V případě skleníků jsem vypočítala nákladovou současnou čistou hodnotu stávajícího vytápění pomocí kotlů na propan. Stávající kotle jsou po odpisové životnosti i po skutečné životnosti, a proto jsem uvažovala investici do nových kotlů. Cena investice obsahuje i nové expanzní nádoby. Jak jsem již popisovala v předchozích kapitolách, v objektu přípravné budovy u skleníků jsou nainstalované

kotle na propan. Ponechání původní kotelny a opětovný nákup plynových kotlů pro vytápění skleníků uvažuji jako výchozí variantu. Plynové kotle zde byly nainstalovány před více než 15 lety a jsou již odepsané a už končí i jejich životnost. Dobu životnosti i dobu porovnání v ekonomickém modelu uvažuji na 15 let. V následující tabulce lze vidět ekonomické výsledky v závislosti na výši nákladů na plyn, provozní náklady kotlů, nákladů na produkci štěpky a výnosů z prodeje štěpky na zahradnické účely.

Tab. 23 -Hotovostní toky varianty plynové kotle

	2017	2018	2032
investice	80 000,00 Kč		
odpisy		4 210 Kč	- Kč
Náklady na plyn		148 762 Kč	168 644 Kč
Náklady štěpka (produkce)		28 350 Kč	28 350 Kč
Náklady na provoz		4 907 Kč	4 908 Kč
Výnosy za prodej štěpky		52 250Kč	60 060 Kč
EBT		- 133 980 Kč	-141 841 Kč
daň		- Kč	- Kč
daňový štít		25 456 Kč	26 950 Kč
CF	- 80 000,00 Kč	- 104 313 Kč	-114 891 Kč

Nejvyšší poměr nákladů tvoří náklady na palivo (propan), které několikanásobně převyšují výnosy z prodeje štěpky. Výsledné NPV je **-1 385 284 Kč**, jelikož uvažuji nákladové NPV, k této variantě neexistuje vnitřní výnosové procento. Nákladové NPV této nulové varianty budu dále porovnávat s jednotlivými nákladovými NPV kotlů. na štěpku.

6.1.2 Instalace kotlů na štěpku

Kotel Froling

Automatizovaný Kotel značky Froling a s podavačem, dosahuje výkonu 40 kW s účinností 94 % při spalování štěpky o vlhkosti sušiny 30%. Životnost kotle je garantovaná výrobcem na 20 let, ale dle referencí uživatelů mají kotle na štěpku, zvláště ty, kde se spaluje štěpka s vyšší vlhkostí v sušině, životnost kolem 15 let a poté je potřeba kotel vyměnit. Přijala jsem tedy předpoklad životnosti 15 let a dobu porovnání projektu rovněž 15 let. Z tohoto důvodu nedojde k nadhodnocené životnosti. Investice do nového kotle obsahuje také investici na výstavbu nové kotelny, která je nezbytná k použití této varianty. Cena nového kotle je 455 tis. Kč, což ho řadí cenově mezi kotle značky Viessman a Hamont. Hlavní hotovostní toky u první varianty, náklady na plyn se snížily na nulu, protože se bude vytápět pomocí dřevní štěpky, kterou si VÚKOZ sám vyprodukuje. Uvažuji zde dále

náklady na produkci a dopravu štěpky a vyčíslila jsem náklad na zaměstnance. Protože produkce štěpky přesně pokryje potřebu štěpky na vytápění štěpky, v hotovostních tocích se již neobjevují výnosy z prodeje štěpky, které jsou nižší než náklady na plyn. Výsledek nákladového NPV je **-1 127 834 Kč**. I přes velkou počáteční investici do kotle a nové kotelny vychází tato varianta lépe než varianta s levnějšími kotly na propan a to z důvodu velkých úspor na množství propanu, který je na vytápění skleníků potřeba.

Kotel Viessman

Pro práci uvažuji kotel o výkonu 50 kW z důvodu téměř shodné cenové nabídky kotle výkonu 40 kW a 50 kW. Tento kotel má přednost ve vysoké účinnosti spalování až 95 % a je také plně automatizovaný. I přes vysoký výkon a možnost spalovat štěpku do vlhkosti 35% je cena kotle nejnižší. Stejně jako u kotle Froling jsem uvažovala investici do nové kotelny, náklady na propan jsou nulové, protože produkce štěpky pokryje potřebu tepla na vytápění. Provozní náklady této varianty odpovídají provozním nákladům předešlého kotle, hotovostní toky se pouze liší ve výši investice do kotle. Doba životnosti je dle výrobce 20 let, ale opět jsem uvažovala pesimistický pohled a určila jsem dobu životnosti 15 let a dobu porovnání v ekonomickém modelu taktéž. Výsledek nákladového NPV je **-1 119 524 Kč**. Opět jsem čistou současnou hodnotu této varianty porovnála s variantou investice do plynových kotlů, ekonomický výsledek vychází podobně jako u kotle značky Froling.

Kotel Hamont

V práci jsem uvažovala kotel o výkonu 40 kW. Tyto kotle dosahují jmenovitého výkonu při vlhkosti 25 % a jsou určeny maximálně pro vlhkost 30-35 %, což tento kotel s účinností pouhých 90 % a nejvyšší investicí řadí mezi nejméně výhodné varianty. Potřeba štěpky je u tohoto kotle nejvyšší, při spalování štěpky o vlhkosti 30% je potřeba štěpky 27,8 tun. Doba životnosti a porovnání je stejné jako v předchozích variantách určena na 15 let. Hotovostní toky opět odpovídají předcházejícím variantám, pouze se liší v investici do kotle. Výsledky ekonomického zhodnocení lze vidět v následující tabulce. Nákladové NPV pro tuto variantu vychází **-1 141 870 Kč**

Dle porovnání nákladových čistých současných hodnot se jeví jako nejlepší varianta instalace kotle značky Viessman, který vyniká svojí vysokou účinností, možností spalovat štěpku až do 35% vlhkosti v sušiči a nízkými investičními náklady. V základním modelu počítám se 100 % potřebou tepla a se spotřebou veškeré spotřebované štěpky. Z tohoto důvodu negenerujeme výnosy za prodej štěpky

zahradníkům, avšak i bez výnosů varianty investice do nových kotlů na štěpku vycházejí lépe než vytápění pomocí plynových kotlů, a to z důvodu vysokých provozních nákladů na plyn. Pro porovnání, provozní náklady na plynové kotle v prvním roce jsou 182 000 Kč a na kotle na biomasu pouze 50 417 Kč. V následující tabulce jsou shrnuté nákladové NPV jednotlivých variant.

Tab. 24 - Přehled nákladových NPV jednotlivých variant

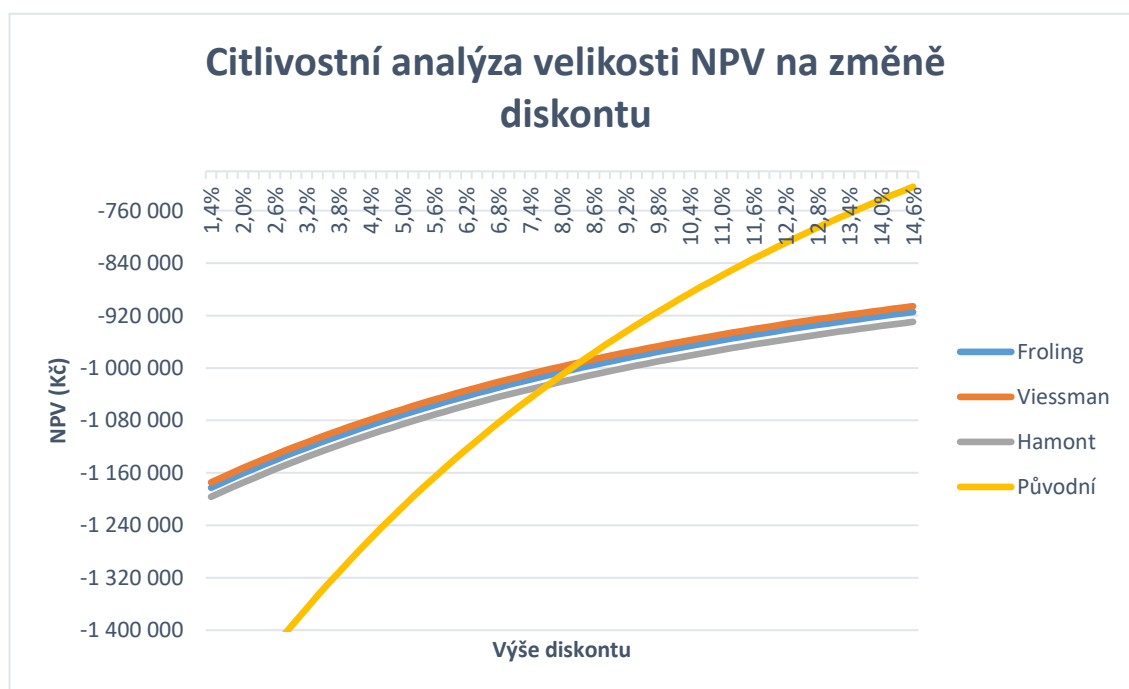
Varianta	Nákladové NPV varianty
Kotel Viessman	- 1 119 524 Kč
Kotel Froling	- 1 127 834 Kč
Kotel Hamont	- 1 141 870 Kč
Současný stav - plynové kotle	- 1 385 284 Kč

6.1.3 Citlivostní analýzy

Při výpočtu jsem si určila některé vstupní předpoklady, které jsem se snažila co nejvíce přiblížit skutečnosti, avšak v reálném světě se může cokoliv změnit a mělo by to dopad na výsledky ekonomického modelu. Vytvořila jsem citlivostní analýzy na základní vstupy, které popisují průběh ekonomických výsledků na základě změny vstupů. Citlivostních analýz lze vytvořit celá řada, já jsem se zaměřila na ty nejdůležitější, které ovlivňují výsledky.

Citlivostní analýza na diskont

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující ekonomický výsledek investice je určení výše diskontu.

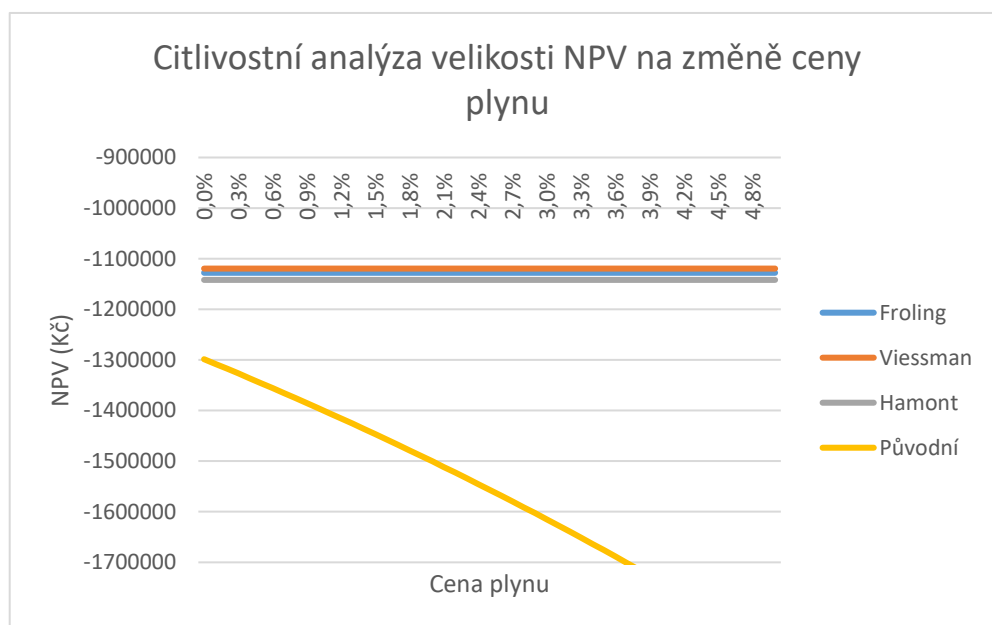


Graf 17 - Citlivostní analýza velikosti NPV při změně diskontu

V mém případě jsem volila 3% a může se stát, že se diskont změní. Avšak dle citlivostní analýzy nemá měna diskontu vliv na pořadí variant kotlů na biomasu. Hraniční hodnota v porovnání s variantou plynové kotle je pro kote Hamont 7,4 %, pro kotel Froling 8 % a pro kotel Viessman 8,4 %.

Citlivostní analýza na cenu plynu

Cena plynu je faktor, který každoročně sledují všichni uživatelé tohoto paliva, protože je určujícím faktorem výše provozních nákladů na plyn a Dendrologická zahrada není výjimkou. Provedla jsem citlivostní analýzu na pohyb ceny plynu a jak se budou měnit hotovostní toky první varianty vytápění pomocí plynu v porovnání. Cena plynu nemá vliv na varianty kotlů na štěpku, protože jsou náklad na plyn nulové. Opět jsem jednotlivé varianty porovnála v následujícím grafu. Dle výsledků lze vyvodit, že žádný pohyb ceny plynu nás nemotivuje k ponechání původní varianty.

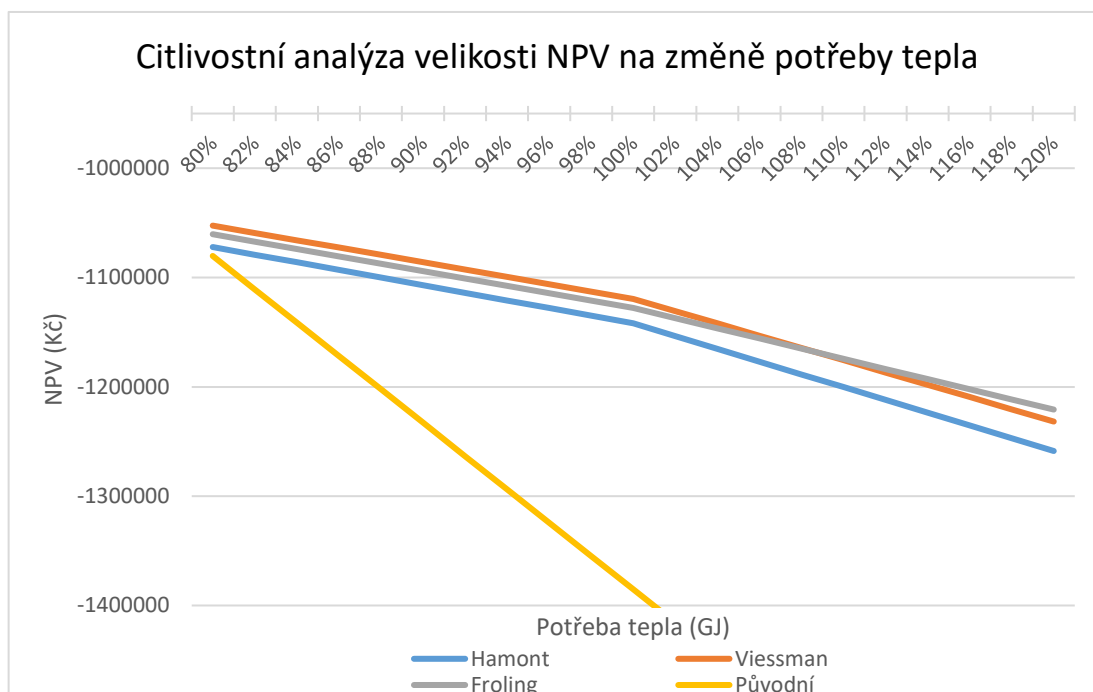


Graf 18- Citlivostní analýza velikosti NPV při změně ceny plynu

Citlivostní analýza na potřebu tepla

Na základě meteorologických dat, technického stavu a požadavků Dendrologické zahrady byla napočítána potřeba tepla, která opět významně ovlivňuje konečný ekonomický výsledek, dle citlivostní analýzy jsem zhodnotila, jak by vypadalo NPV, kdyby se potřeba tepla snížila a zvýšila o 20 % od modelu. Průměrná potřeba tepla pro skleníky je 302 GJ, avšak tato potřeba tepla je pro každý kotel rozdílná v závislosti na účinnosti kotle. Pro tento případ jsem napočítala reálnou

potřebu tepla pro jednotlivé kotle s ohledem na účinnost kotle a na štěpku o vlhkosti 30%. Model zohledňuje navýšení a snížení potřeby tepla v GJ. V případě snížení potřeby tepla, kdy nespotřebujeme veškerou dřevní štěpku pro spalování ve vlastních kotlích, uvažují zbytek prodat zahradníkům za cenu 108,9 Kč/GJ. V případě, že se potřeba tepla navýší nad 100 %, tudíž nebude stačit dodávaná štěpka od ústavu, bude Dendrologická zahrada nucena štěpku navíc nakupovat externě. Cenu za štěpku, která by se případně kupovala jsem uvažovala stejnou, za jakou ústav prodával Kladenské teplárně a to 150 Kč/GJ. Tato extra nakoupená štěpka navýší náklady na varianty vytápění pomocí biomasy. Provedla jsem citlivostní analýzu na potřebu tepla pro jednotlivé varianty a z výsledků lze vidět, v případě navýšení potřeby o 8 % oproti stávající spotřebě se kotel značky Froling stane výhodnějším než kotel Viessman.



Graf 19- Graf 19 - Citlivostní analýza velikosti NPV při změně potřeby tepla

6.1.4 Dílčí závěr Varianty kotle na štěpku

Ve všech třech případech porovnání kotlů na biomasu vycházejí lépe než řešení kotlů na plyn. Nejlépe ze všech variant vychází kvalitní kotel značky Viessman o výkonu 50 kW, výsledek nákladového NPV je -1 119 524 Kč. Jako druhý nejvýhodnější se jeví kotel značky Froling o výkonu 40 kW a výsledkem nákladového NPV -1 127 834 Kč. Dle citlivostní analýzy na potřebu tepla se však ukázalo, že už při navýšení potřeby tepla již o 8% vychází lépe kotel značky Froling, který patří také mezi kvalitní řešení schopné spalovat i štěpku o vlhkosti 40%. Kotel Viessman zvládá efektivně

spalovat pouze štěpku o vlhkosti 35 %. Dle ekonomické efektivity vstupních faktorů mohu projekt na výměnu kotle na biomasu doporučit.

6.2 Vyhodnocení instalace solárních kolektorů

Druhým odděleným projektem je instalace solárních kolektorů do Návštěvnického centra. Kotle ještě nejsou účetně odepsané a celková životnost bude minimálně dalších 13 let.

6.2.1 Varianta 1 - plynové kotle

Po prvotním zhodnocení ekonomických aspektů stávající situace jsem navrhla několik variant dalšího postupu. Toto je první z nich, zůstat u původního řešení vytápění objektu plynovými kotli. Výsledné ekonomické výsledky jsem porovnávala s dalšími variantami spolupráce se soustavou kolektorů. Na základě technologických požadavků jsem odhadla výši investice a provozní náklady pro proměnlivé počty kolektorů zapojených do systému. Provedla jsem citlivostní analýzu na ekonomický výsledek spolupráce kolektorů s kotlem v závislosti na počtech kolektorů.

Nejdůležitější toky jsem shrnula do tabulky, investice na kotle z roku 2015 se budou odepisovat do roku 2025. Na základě výpočtu potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody jsem odhadla náklady na plyn. V celém modelu uvažuji, že se bude cena plynu každý rok zvyšovat o 0,9 %. Náklady na provoz, které obsahují roční povinné revize a pronájem zásobníku na propan jsem odhadla na 4907 Kč.

Tab. 25 - Hotovostní toky plynových kotlů

	2018	2028	2032
Investice			
Odpisy	- 16 315 Kč		
Náklady na plyn	- 37 194 Kč	- 40 681Kč	- 42 165 Kč
Náklady na provoz	- 4 907 Kč	- 4 907 Kč	- 4 908 Kč
CF	- 42 10 Kč	- 45 588 Kč	- 47 073 Kč

Výsledný hotovostní tok varianty bez instalace solárních kolektorů vychází záporný, protože bilance neobsahuje výnosy, objevují se zde pouze náklady na plyn a provoz. Výsledek nákladového NPV pro tuto variantu vychází záporné - **529 380 Kč** a vnitřní výnosové procento vzhledem k nákladovému NPV opět neexistuje.

6.2.2 Varianta 2 – soustava solárních kolektorů a plynových kotlů

Druhou uvažovanou variantou je spolupráce plynových kotlů a solárních kolektorů, z tohoto důvodu bylo nutné si ekonomicky zhodnotit investici a provoz soustavy kolektorů. Investice do soustavy kolektorů se liší v závislosti na počtu instalovaných kolektorů. Životnost solárních kolektorů je garantovaná výrobcem minimálně na 20 let, v modelu jsem uvažovala opět z důvodu snížení životnosti a opotřebení jednotlivých částí soustavy, jako například zásobník na teplou vodu (životnost 15 let) dobu porovnání 15 let. Provozní a servisní náklady byly odhadnuty dle referencí na 0,5 % z investičních nákladů na danou soustavu. Plynové kotle i solární soustava je bezobslužná, proto není potřeba uvažovat osobní náklady na zaměstnance, který by systém obsluhoval. Náklady na provoz pro plynové kotle zůstávají pro tuto variantu stejné jako u varianty 1. Proměnné provozní náklady na palivo plynových kotlů jsou sniženy o solární zisk z kolektorů. Hotovostní toky jsou opět záporné a navýšené o náklady na provoz a investici solárních panelů. I přes snížení nákladů na palivo pro plynové kotle je výsledný hotovostní tok záporný, výsledné čisté současné hodnoty pro proměnlivé počty kolektorů je v Tab. 26. Z této analýzy mohu říci, že nejlépe vychází soustava 3 kolektorů v jedné soustavě. Soustavu dvou a jednoho kolektoru v soustavě jsem vyloučila, protože výsledný zisk a pokrytí potřeby tepla v Návštěvnickém centru nebyl zajímavý, nedosahoval ani 10%, proto se zabývám variantami, které dosahují alespoň 10% pokrytí potřeby tepla.

Tab. 26 - Výsledky nákladové čisté současné hodnoty v závislosti na počtu kolektorů

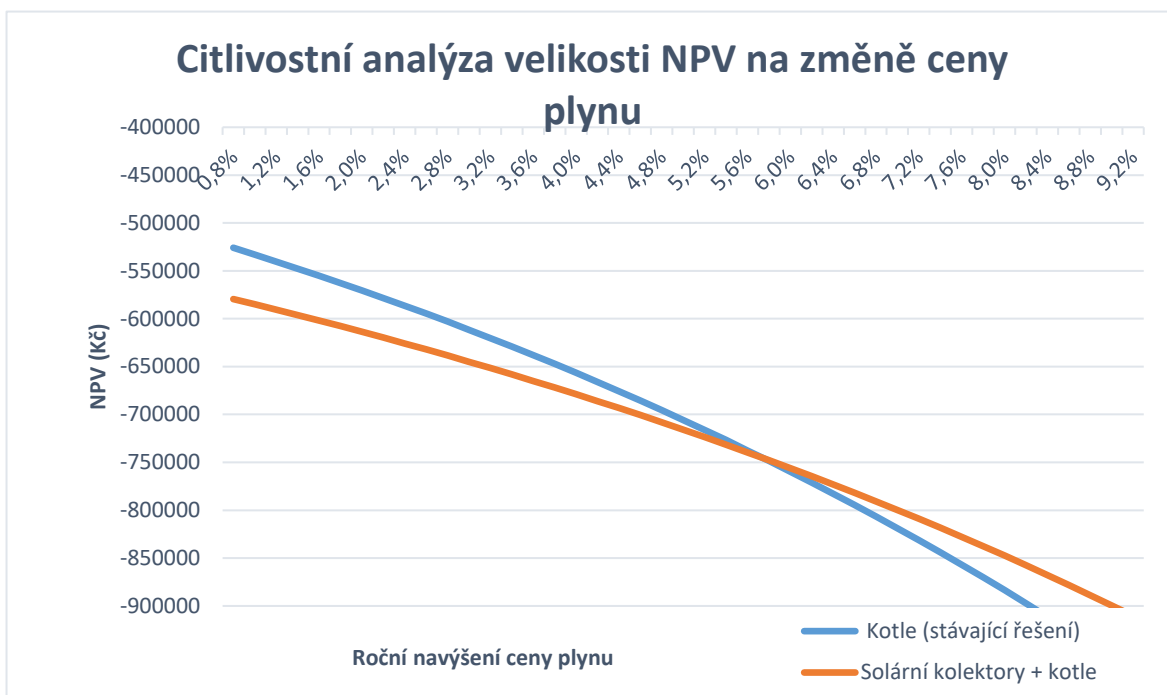
počet kolektorů	NPV
3	-582 196 Kč
4	-589 631 Kč
5	-688 865 Kč
6	-714 242 Kč
7	-830 610 Kč
8	-874 959 Kč
9	-1 011 803 Kč
10	-1 075 551 Kč
11	-1 230 313 Kč
12	-1 311 217 Kč
13	-1 483 113 Kč
14	-1 581 150 Kč
15	-1 770 180 Kč
16	-1 885 329 Kč
17	-2 091 492 Kč
18	-2 223 797 Kč
19	-2 447 093 Kč
20	-2 596 532 Kč
21	-2 836 962 Kč
22	-3 003 512 Kč
23	-3 261 816 Kč
30	-3 531 649 Kč
35	-3 864 505 Kč

Spolupráce solárních kolektorů a plynových kotlů je ztrátová, NPV plynových kotlů je - **529 380 Kč** a NPV soustavy 3 kolektorů je -**582 196 Kč**. Vytvořila jsem citlivostní analýzu na základní vstupy modelu, a to na diskont, zvyšování ceny plynu a navyšování potřeby tepla a pozorovala změny NPV.

6.2 3 Citlivostní analýzy

Cena plynu

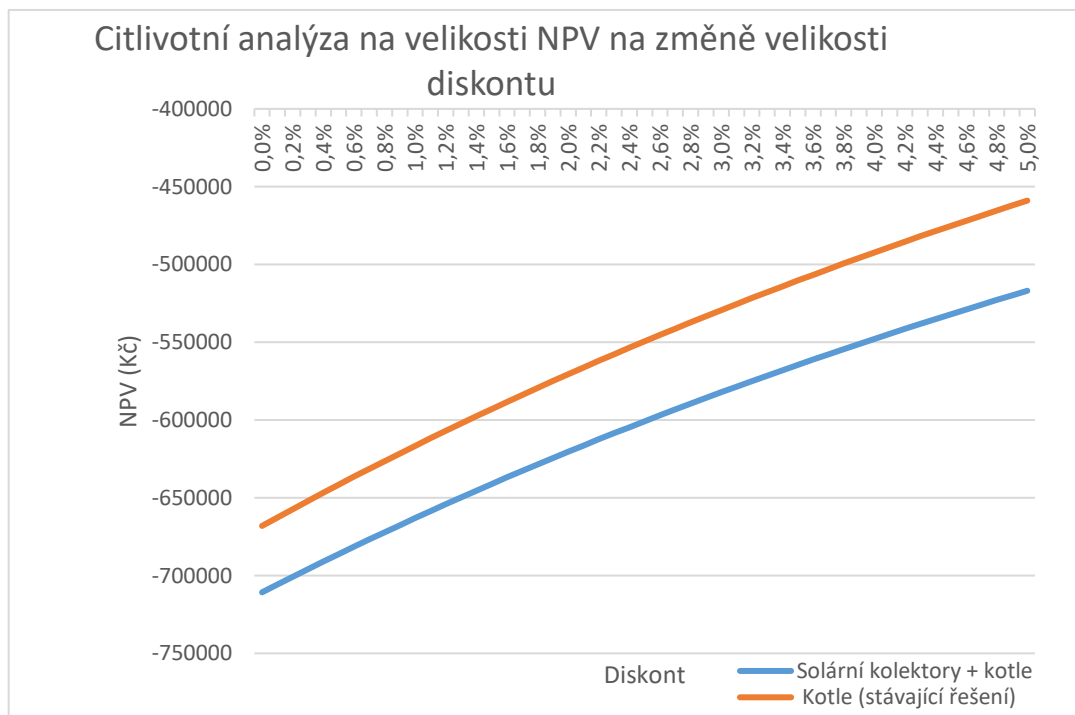
V modelu jsem uvažovala, že se bude cena zvyšovat každoročně o 0,9%, pokud by se cena plynu navyšovala ročně o více jak 5,8 % varianta se solárními kolektory by se stala méně ztrátová než varianta pouze s plynovými kotli. Avšak vzhledem k vývoji cen plynu v ČR tuto variantu nepředpokládám.



Graf 20 -Citlivostní analýza velikosti NPV při změně ceny plynu

Výše diskontu

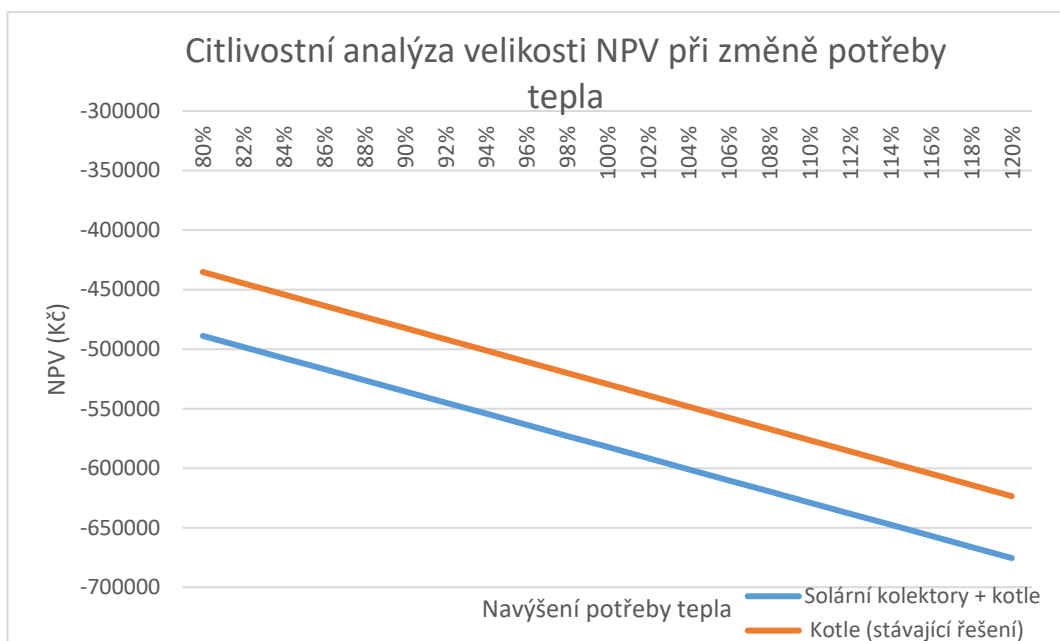
Změna výše diskontu nemá vliv na pořadí variant, stále vychází výhodněji původní varianta.



Graf 21 -Citlivostní analýza velikosti NPV na změně výši diskontu

Potřeba tepla

Změna potřeby tepla v soustavě nemá vliv na pořadí variant důvodu. Při změně potřeby tepla se solární zisky nemění, jsou stále konstantní viz graf č.23.



Graf 22 -Citlivostní analýza velikosti NPV na změnu potřeby tepla

6.2.4 Dílčí závěr varianty kolektory

Nákladové NPV původní varianty plynových kotlů vychází lépe než varianty se solárními kolektory, čím více zapojíme solárních kolektorů do soustavy, tím více bude investice ztrátová a nevýhodnější oproti stávajícímu řešení. Solární kolektory se stávají efektivnějšími pouze v případě navýšení ceny plynu ročně o více než 5,8 %, toto zvyšování cen je vzhledem k vývoji cen plynu nepravděpodobné. Nedoporučuji variantu investice do solárních kolektorů.

6.3 Rizika projektu

Riziko je obecně stav, který označuje nejistý výsledek s možným negativním dopadem na projekt. Rizika se dělí dle závažnosti, předvídatelnosti, rozsahu dopadu na projekt, ovlivnitelnosti, míry pravděpodobnosti, velikosti atd. [43] Jak lze vidět, riziko je široký pojem, proto jsem se zaměřila pouze na ekonomická a finanční rizika a provozní rizika. V rámci tohoto projektu jsem přijala předpoklad, že se investice bude financovat z vlastních zdrojů ústavu, proto projekt není zatížen

úvěrovým rizikem. Ve výpočtu NPV předpokládám možnost využití daňového štítu, předpokládám, že VÚKOZ, v.v.i a Dendrologická zahrada jsou jeden právní subjekt. Projekt je nejvíce zatížen investičním rizikem, ke kterému patří odhad ziskovosti jednotlivých variant a spolehlivosti investice. Ekonomický model, vyhodnocení i citlivostní analýzy jsou uvedeny v předešlých kapitolách, kde jsem popsala nejdůležitější vstupy do ekonomického výpočtu. Ekonomická efektivnost je závislá na zvyšování či snižování ceny plynu během roku, dále na správném určení diskontu a změně potřeby tepla. Projekt je počítán na dvacet let, což je dlouhá doba na to, aby se poměry v Dendrologické zahradě změnilo. Například nyní slouží skleníky k zazimování teplomilných rostlin v chladnějších měsících roku a tomu také ve své práci uzpůsobují výpočty. Avšak do budoucna se tato potřeba může změnit nebo se může změnit požadovaná teplota vytápění, což by mělo výrazný dopad na celou napočítanou soustavu.

Dále se mohou měnit klimatické podmínky, výpočty nevycházejí z dlouhodobých dat, ale pouze z průměrných hodinových teplot za poslední tři roky. Dalším rizikem je zákaznická vytíženost Návštěvnického centra, které je nyní v zimních měsících téměř nevyužívané, ve výpočtech jsem uvažovala plné vytížení centra. V případě nezvyšujícího se tempa využívání centra by byla soustava zbytečně naddimenzována.

Dalším neopomenutelným rizikem jsou investice, které byly odhadnuty dle technických předpokladů a omezení, i tento projekt je zatížen rizikem neočekávaných výdajů, které mohou během instalace vzniknout a tím změnit celý ekonomický výsledek. Investice do alternativního vytápění tvoří nejvyšší podíl hotovostních toků, proto jejich výše výrazně ovlivňuje výsledek.

Projekt výměny plynových kotlů za kotle na štěpku zatěžuje riziko předpokladu stálé výroby štěpky v samotném VÚKOZ, kde se do provozních nákladů promítají pouze náklady na přípravu a dovoz, pokud by byla ukončena nebo snížena produkce štěpky v ústavu, Dendrologická zahrada by byla nucena požadované množství štěpky nakupovat z jiných zdrojů, což by navýšilo náklady na palivo. Dle citlivostní analýzy by se musela spotřeba tepla zvýšit u kotle Hamont o 42%, u kotle značky Viessman o 48% a u kotle Froling o více než 50 % oproti napočítanému modelu, aby se změnilo pořadí variant a stávající varianta byla výhodnější než investice do kotlů na biomasu.

Mezi další počítám uvažuji vytíženost zaměstnanců Dendrologické zahrady, v modelu jsem předpokládala, že se vybraný zaměstnanec bude 154 hodin ročně věnovat obsluze kotle na štěpku, což není zanedbatelný čas, pokud by došlo k výpadku zaměstnanců v Dendrologické zahradě. Stávající plynový kotel má oproti tomu výhodu úplné automatizace, do vytápění není potřeba do níjak zasahovat.

Závěr

Z požadavků, činností a celkového profilu Dendrologické zahrady a Výzkumného ústavu vychází pocit ekologické zodpovědnosti a snaha zlepšit stávající ekologicky nevyhovující systém vytápění. Vedle ekologie a snahy přejít na obnovitelné zdroje hraje také velkou roli možnost snížit energetickou náročnost pomocí energeticky úspornějšího zařízení, a tím snížit množství dodávané tepelné energie.

Cílem práce bylo zhodnotit současný stav objektů a jejich stávajícího vytápění. Již od počátku jsem práci rozdělila na dva projekty, které jsou na sobě energeticky nezávislé: skleníky a Návštěvnické centrum. Zhodnocení stávajícího stavu skleníků nebylo jednoduché, vzhledem ke stáří skleníků a komplikovanosti odhadu roční potřeby tepla v zimních měsících. Toky energií v objektech, kde převažuje zasklená plocha, proudí rozdílně než v konvenčních obytných objektech. Potřebu tepla dodávaného do skleníků jsem vypočetla podle dostupných materiálů a za pomoci zjednodušeného výpočetního modelu, který jsem upravila dle vlastních požadavků. Díky konzultacím jsem měla potřebné informace o sklenících a jejich samotného využívání skleníků, jako je například teplota vytápění. Druhým, odděleným projektem je Návštěvnické centrum, které svojí konstrukcí a využíváním spíše připomíná obytný dům, proto bylo zhodnocení energetické náročnosti jednodušší, navíc jsem měla k dispozici energetický štítek budovy, který byl vyhotoven v roce 2015, kdy budova prošla přestavbou na Návštěvnické centrum.

Po zhodnocení energetické náročnosti obou objektů jsem dle technických předpokladů navrhla varianty vytápění. Prvním z nich je kotel na dřevní štěpku, umístěný v blízkosti skleníků. Dřevní štěpku si pěstuje ústav sám v rámci projektů v oblasti fytoenergetiky, proto jsem uvažovala dovoz této štěpky do areálu Dendrologické zahrady. Stávající kotelna s plynovými kotly je nevyhovující pro umístění kotle na štěpku, zejména rozměrově, a proto jsem v rámci projektu navrhla novou kotelnu, která se nacházela v nedalekém přípravné skleníku, který nyní slouží pouze jako sklad. V tomto skleníku navrhuji umístit i sklad štěpky, z něhož by se štěpka automaticky dopravovala do kotle. Druhým projektem je vytápění a ohřev teplé vody v Návštěvnickém centru, kde jsem uvažovala instalaci solárních kolektorů na střechu. Solární kolektory by spolupracovaly se stávajícím vytápěním na plyn z roku 2015.

Na základě zhodnocení jsem oslovila několik výrobců kotlů na dřevní štěpku a solární kolektory a zjistila výše investic do nového vytápění a stavby kotelny. Ve sklenících jsou nyní plynové kotle po své době životnosti, proto jsem uvažovala v první variantě nákup nových plynových kotlů a

výsledky porovnávala s druhou variantou, náhradou za kotel na štěpku. I přes vysoké investiční náklady na kotle na biomasu a novou kotelnu vycházela tato varianta výhodněji, a to hlavně z důvodu nízkých nákladů za štěpku a úspor nákladů na plyn. Z oslovených výrobců vycházel ekonomicky nejlépe kotel značky Viessman, který má nejvyšší účinnost spalování a také je schopný účinně spalovat vlhčí štěpku. Osobně bych volila z navržených variant investici do kotle na dřevní štěpku, a to z důvodu energetické soběstačnosti a podporování lokálních obnovitelných energetických zdrojů. Toto řešení by se v případě Dendrologické zahrady dalo použít jako modelový příklad v rámci ekologické osvěty a přednášek.

Druhým odděleným projektem byla již zmíněná instalace solárních kolektorů ve spolupráci s novými kotli na propan z roku 2015. Vzhledem ke geografickému umístění ČR nejsme schopni s úhrnem globálního záření v zimních měsících dostatečně pokrýt potřebu tepla, která je právě v této době nejvyšší. Z toho důvodu byly napočítané solární zisky, a tím i úspory na energii vyrobené spalováním plynu, příliš nízké. Vzhledem k vysoké počáteční investici do solární soustavy se tato varianta ukazuje jako nevýhodná. Byla provedena analýza na proměnlivé počty solárních panelů, ale ani přes to se nepodařilo najít optimální stav, kdy by investice nebyla ve ztrátě. V tomto případě shledávám, že je ekonomicky výhodnější zůstat u stávajícího vytápění pomocí fosilních paliv a po skončení životnosti kotlů se znovu zamyslet nad výměnou za alternativní zdroj.

Seznam obrázků

Obr. 1 – Půdorys Návštěvního centra	19
Obr. 2 – Půdorys Návštěvního centrum – interiér	19
Obr. 3 - Ukázka mapy technického zázemí Dendrologické zahrady [1]	21
Obr. 4 - Náčrt profilu vytápěného skleníku [vlastní zdroj]	22
Obr. 5 - Energetická náročnost Návštěvníké budovy ENB.....	23
Obr. 6 - Průběh teplot v konstrukci skleníku	25
Obr. 7 - Průběh toků sluneční energie ve skleníku [45]	26
Obr. 8 - Schéma toku energií ve zkoumaném objektu	34
Obr. 10 - Schéma kotelny, podavače štěpky a skladu na štěpku [41]	57
Obr. 11 - Schéma kotelny, podavače štěpky a skladu na štěpku [produktový leták Froling].....	57
Obr. 12 - Přípravný skleník (místo pro nový kotel a sklad štěpky)	61
Obr. 13 - Typový náčrt nové kotelny	61

Seznam tabulek

Tab. 1 - Potřeba tepla skleníků na základě obálkové metody	25
Tab. 2 -Souhrn vypočtené a skutečné potřeby tepla v letech 2014–2016 (GJ/rok).....	28
Tab. 3- Souhrn předpokládané a skutečné spotřeby v letech 2015 a 2016 v Návštěvnickém centru	37
Tab. 4- Celková spotřeba propanu skleníků v letech 2014-2016	37
Tab. 5- Celková spotřeba propanu celého objektu v letech 2016-2017	37
Tab. 6- Přehled spotřeby plynu v letech 2014-2016	38
Tab. 7 - Provozní náklady celé soustavy.....	38
Tab. 8 - Investice nového zdroje vytápění v Návštěvnickém centru z roku 2015	39
Tab. 9 - Výsledky porovnání tepelných zisků Fotovoltaických panelů a solárních kolektorů [29] ..	41
Tab. 10 – Přehled solárních zisků a využitelného tepla v závislosti na počtu solárních kolektorů .	47
Tab. 11 - Náklady na instalaci solárních kolektorů.....	50
Tab. 12 - Investiční náklady na jednotlivé počty solárních kolektorů	50
Tab. 13 - Roční provozní náklady na plynové kotle v Návštěvnickém centru	51
Tab. 14 - Roční náklady pro variantu plynových kotlů a solárních kolektorů	52
Tab. 15 - Výhřevnost a cena biomasy v závislosti na vlhkosti sušiny	54
Tab. 16 - Náklady na štěpkování za rok [42]	55
Tab. 17 - Výnosy ze štěpkování	55
Tab. 18 - Parametry porovnávání jednotlivých kotlů	57
Tab. 19 - Potřeba štěrky v závislosti na vlhkosti štěrky a účinnosti jednotlivých kotlů	59
Tab. 20 - Náklady na vybudování nové kotelny.....	61
Tab. 21 - Náklady na zprovoznění kotle	62
Tab. 22 - Náklady na vytápění pomocí biomasy.....	62
Tab. 23 -Hotovostní toky varianty plynové kotle	67
Tab. 24 - Přehled nákladových NPV jednotlivých variant.....	69
Tab. 26 - Hotovostní toky plynových kotlů.....	72
Tab. 27 - Výsledky čisté současné hodnoty v závislosti na počtu kolektorů	74

Seznam grafů

Graf 1 - Podíl jednotlivých OZE na celkové hrubé výrobě elektřiny v roce 2016 [44].....	13
Graf 2 - Hrubá výroba elektřiny z OZE v letech 2003-2016 [4].....	14
Graf 3- Hrubá výroba tepla z OZE v letech 2003-2016 [4].....	15
Graf 4 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v průběhu let 2014–2016 (MJ)	29
Graf 5 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v letech 2014–2016 v závislosti na venkovní teplotě	29
Graf 6 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v průměrný lednový den 2014	30
Graf 7 – Vypočtená potřeba tepla ve sklenících v průměrný dubnový den 2014	30
Graf 8 - Průběh vytápění v obsazený den v Návštěvnickém centru.....	31
Graf 9 - celková vypočtená potřeba tepla na TUV + ohřev Návštěvnického centra	34
Graf 10 - Čára trvání výkonu kotlů ve sklenících	35
Graf 11 - Modelové porovnání tepelných zisků fotovoltaického a fototerického systému [29] ..	41
Graf 12 – Ukázková bilance energií pro instalaci 15 solárních kolektorů	48
Graf 13 - Pokrytí potřeby tepla v závislosti na počtu kolektorů.....	49
Graf 14 - Procentuální podíl prodeje jednotlivých druhů kotlů a krbů na dřevo a biomasu v ČR v roce 2015[39]	53
Graf 16 - Vypočtená závislost vlhkosti na výhřevnosti	55
Graf 17 - Potřeba paliva v závislosti na vlhkosti pro různé kotle	58
Graf 18 - Citlivostní analýza velikosti NPV při změně diskontu	69
Graf 19- Citlivostní analýza velikosti NPV při změně ceny plynu	70
Graf 20- Graf 19 - Citlivostní analýza velikosti NPV při změně potřeby tepla.....	71
Graf 21 -Citlivostní analýza velikosti NPV při změně ceny plynu	75
Graf 22 -Citlivostní analýza velikosti NPV na změně výši diskontu	75
Graf 23 -Citlivostní analýza velikosti NPV na změnu potřeby tepla	76

Seznam zkratk

OZE – Obnovitelné energetické zdroje

VÚKOZ, v.v.i – Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví

NAP – Národní Akční Plán

MPO – Ministerstvo Průmyslu a Obchodu

SEK – Státní Energetická Koncepce

ERÚ – Energetický regulační úřad

EU – Evropská Unie

ASEK – Aktualizovaná státní energetická koncepce

NPV – Net Present Value

IRR – Internal Rate of Return

Obrazová příloha



Příloha 1: Ukázka skleníku na kontejnerové sazenice [vlastní foto]

Literatura

- [1] MPO, "Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů," 2015. Available: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/54909/62718/649151/priloha001.pdf/>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [2] VÁVROVÁ K. and KNÁPEK J., *Ekonomické aspekty využívání obnovitelných zdrojů energie v Ústeckém kraji*. Průhonice, 2012. ISBN 978-80-85116-67-0
- [3] Parlament České republiky, *165/2012 Sb. Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů*. 2012.
- [4] BUFKA Aleš and VEVERKOVÁ Jana, oddělení analýz datové podpory koncepcí Ministerstvo průmyslu obchodu ČR and I. Daniel Rosecký Energetický regulační úřad, "Obnovitelné zdroje energie v roce 2016," 2017.
- [5] P. MASTNÝ *et al.*, *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha, 2011.
- [6] *Vyhláška 475/2005 Sb.* 2013. [Online]. Available: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-475>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [7] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE, *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADA 2009/28/ES*, no. 1. 2009.
- [8] MPO, "Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů," 2012.
- [9] "OPPIK.cz | Dotace až 400 mil. Kč na úspory elektrické energie," 2017. [Online]. Available: <http://www.oppiik.cz/dotacni-programy/uspory-energie>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [10] MŽP, "NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM," 2017. [Online]. Available: <http://www.novazelenausporam.cz/>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [11] v. v. i. VÚKOZ, "Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, veřejná výzkumná instituce." [Online]. Available: <http://www.vukoz.cz/>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [12] Dendrologická zahrada Průhonice, "DENDROLOGICKÁ ZAHRADA PRUHONICE," 2017. [Online]. Available: <http://www.dendrologickazahrada.cz/>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [13] BLAŽÍČEK J., "Prodej zdrojů tepla o výkonu do 50 kW v ČR v roce 2015 - TZB-info," 2016.
- [14] Operační program Rozvoj lidských zdrojů, "PLYNOVÉ KOTLE PRO VYTÁPĚNÍ," 2017.
- [15] ŠUBRT R., "Co je tepelná ztráta objektu a výpočet potřeby tepla na vytápění," 2008. [Online]. Available: <http://www.revitalizace.com/teorie-vypocty/co-je-tepelna-ztrata-objektu-a-vypocet-potreby-tepla-na-vytapeni/>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [16] REINBERK Z., "Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210 - TZB-info." 2017.
- [17] TZBinfo, "Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci - TZB-info." 2017. [Online] Available: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestvrou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci/>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [18] Polykarbonat-expert.cz, "Koeficient prostupu tepla," 2013. [Online]. Available: <https://www.polykarbonat-expert.cz/poradna/slovník-pojmu/koeficient-prostupu-tepla/>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [19] TZBinfo, "Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody - TZB-info." 2017. [Online] Available: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody/>. [Accessed: 03-Jan-2018].

- [20] SIKOROVÁ A., "Skleníkový efekt," 2010. [Online] Available: <http://www.otevrene-dvere.eu/data/clanky/171/files/Sklen%C3%ADkov%C3%BD%20efekt.pdf/> [Accessed: 03-Jan-2018].
- [21] MATUŠKA T., "Potřeba teplé vody," 2010.[Online] Available: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/37-spotreba-tepla-na-ohrev-teple-vody.html/> [Accessed: 03-Jan-2018].
- [22] MATUŠKA T., "Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav," 2009, in: ČVUT v Praze.[Online] Available: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/14/4497-metodika_bilance_ss.pdf/ [Accessed: 03-Jan-2018].
- [23] MATUŠKA T., "Výpočtové hodnocení solárních tepelných soustav." [Online] Available: https://ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/AZE/vypoctove_hodnoceni_SS_txt_20.pdf/[Accessed: 03-Jan-2018].
- [24] "Sestrojení čáry trvání výkonů a výrobní čáry." [Online] Available: https://www.powerwiki.cz/attach/EN1Podklady/CV01_Cara_trvani_vykonu.pdf/[Accessed: 03-Jan-2018]
- [25] Katedra technických zařízení budov, "OBJEMOVÉ PRŮTOKY PRO PLYNOVÉ SPOTŘEBIČE NA ZEMNÍ PLYN."
- [26] v. v. i. VÚKOZ, "Seznam rostlin pro energetické účely," 2012. [Online]. Available: <http://www.vukoz.cz/index.php/sluzby/energeticke-plodiny>. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [27] I. OBERNBERGER AND THEK GEROLD, *The Pellet Handbook: The Production and Thermal Utilisation of Pellets - Ingwald Obernberger, Gerold Thek - Knihy Google*. London, 2010. ISBN 978-1-84407-631-4
- [28] Ministerstvo zemědělství, *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020*. 2012.
- [29] MATUŠKA, T., ŠOUREK B., "Porovnání solárního fototermického a fotovoltaického ohřevu vody," 2014.[Online] Available: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/11103-porovnani-solarniho-fototermickeho-a-fotovoltaickeho-ohrevu-vody/> [Accessed: 03-Jan-2018].
- [30] MATUŠKA T., "Solární vytápění - TZB-info." [Online] Available: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/142-solarni-vytapeni/> [Accessed: 03-Jan-2018].
- [31] Vitejtenazemi, "Solární elektrárny | Vítejte na Zemi," 2013. [Online]. Available: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=solarni_elektrarny&site=energie. [Accessed: 03-Jan-2018].
- [32] MATUŠKA T., "Typy solárních kolektorů," 2017.[Online] Available: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru/>[Accessed: 03-Jan-2018].
- [33] solarni-energie.info, "Solární sluneční energie a vše o ní." [Online]. Available: <http://www.solarni-energie.info/>. [Accessed: 06-Jan-2018].
- [34] Energetické služby PRE, "Solární ohřev vody," 2013. [Online]. Available: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8526-solarni-ohrev-vody>. [Accessed: 06-Jan-2018].
- [35] MATUŠKA T., "Zjednodušená bilance solárního kolektoru," 2011.[Online] Available: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru/> [Accessed: 06-Jan-2018].
- [36] "Solární kolektory Florian," 2017. [Online]. Available: <http://www.eflorian.cz/solarni-kolektory>. [Accessed: 06-Jan-2018].
- [37] MATUŠKA T., "Ekonomika solárních tepelných soustav," 2011.[Online] Available:

- <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7072-ekonomika-solarnich-tepelnych-soustav-i/> [Accessed: 06-Jan-2018]
- [38] BLAŽÍČEK, Jan “Prodej zdrojů tepla o výkonu do 50 kW v ČR v roce 2015,” 2016. [Online] Available: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/14862-prodej-zdroju-tepla-o-vykonu-do-50-kw-v-cr-v-roce-2015/> [Accessed: 06-Jan-2018]
- [39] S. VAN LOO AND J. KOPPEJAN, “The handbook of biomass combustion and co-firing,” 2008. ISBN 9788578110796
- [40] Zprávy z oboru lesnictví a dřevařství, “Vlhkost a kvalita uskladněné štěpky,” 2015. [Online]. Available: <http://www.silvarium.cz/zpravy-z-oboru-lesnictvi-a-drevarstvi/vlhkost-a-kvalita-uskladnene-stepky-zemedelec>. [Accessed: 06-Jan-2018].
- [41] M. HABA, “Posouzení možnosti instalace kotle na dřevní štěpku jako náhrady za plynové kotle,” ČVUT v Praze, 2016.
- [42] R. BREALEY, S. MYERS, AND F. ALLEN, *Principles of Corporate Finance*, vol. 6. 2011. ISBN 00221082
- [43] Managementmania.com, “Rizika (Risks),” 2017. [Online]. Available: <https://managementmania.com/cs/rizika>. [Accessed: 07-Jan-2018].
- [44] ERÚ, “Roční zpráva o provozu ES ČR 2016 Oddělení statistiky a sledování kvality ERÚ, Praha 2017,” 2007. [Online] Available: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2016.pdf/800e5a09-a58a-4a73-913f-abc30cda42a5/ [Accessed: 07-Jan-2018].
- [45] Greenhouses.com, “Greenhouse,” 2015. [Online]. Available: http://greenhousesonline.com.au/index.php?route=information/information&information_id=11. [Accessed: 07-Jan-2018].
- [46] KADRNOŽKA, J. Globální oteplování země. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 2008. ISBN 978-80-214-3498-1.
- [47] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha: T. Malina, 1994. ISBN 80-900-7595-9.
- [48] KOLEKTIV, ŠOUREK, Bořivoj, ed. *Navrhování a bilancování solárních soustav*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2007.
- [49] FRANTIŠEK, Šrámek. *Technická opatření k úspoře energie při vytápění skleníků*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1995. ISBN 0231-9470.