

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



DIPLOMOVÁ PRÁCE

TVORBA SOFTWAREVÉHO NÁSTROJE PRO MODELOVÁNÍ
APLIKAČNÍHO POTENCIÁLU TEPELNÝCH ČERPADEL

DEVELOPMENT OF SOFTWARE TOOL FOR MODELLING
APPLICATION POTENTIAL OF HEAT PUMPS

AUTOR: Bc. David Zhouf

STUDIJNÍ PROGRAM: Řízení průmyslových systémů

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.

PRAHA 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Zhouf** Jméno: **David** Osobní číslo: **483154**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Řízení průmyslových systémů**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Tvorba softwarového nástroje pro modelování aplikačního potenciálu tepelných čerpadel

Název diplomové práce anglicky:

Development of Software Tool for Modelling Application Potential of Heat Pumps

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza problematiky vhodnosti využití tepelných čerpadel
2. Určení oblastí pro zlepšení aktuálně využívaných softwarových nástrojů v podniku při rozhodování o vhodnosti tepelných čerpadel
3. Tvorba efektivnějšího softwarového nástroje a zhodnocení jeho přínosů
4. Zpracování případové studie
5. Návrh dalšího postupu

Seznam doporučené literatury:

1. GRASSI, Walter. Heat Pumps: Fundamentals and Applications, Springer, 2018, ISBN 3319621998, , 9783319621999
2. BONIN, Jurgen. Heat Pump Planning Handbook, Routledge, 2015, ISBN 9781315708584
3. SAITO, Takamoto. Heat Pumps: Solving Energy and Environmental Challenges. Pergamon, 2013. ISBN 9780080401935;0080401937.
4. VALACH, Josef. Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. Praha: Ekopress, 2006, s. [1a]. ISBN 80-86929-01-9.
5. ALEXANDER, Michael a Richard KUSLEIKA. Microsoft Excel 365 Bible. Newark: Wiley, 2022; ISBN: 978-1-119-83510-3.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Barbora Stieberová, Ph.D. ústav řízení a ekonomiky podniku FS

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

Datum zadání diplomové práce: **17.10.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **04.01.2024**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2024**

Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne:

.....

Podpis

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá posuzováním technicko-ekonomické vhodnosti tepelných čerpadel a tvorbou softwarové podpory pro toto posuzování. Cílem je uvést čtenáře do problematiky, analyzovat softwarové nástroje využívané k tomuto účelu v podniku GT Energy, s. r. o., stanovit možná zlepšení daných nástrojů a vytvořit efektivnější softwarový nástroj. Pomocí tohoto nového nástroje je zpracována případová studie a je navrhnout další možný postup vývoje tohoto nástroje.

Klíčová slova

Tepelná čerpadla, zdroje tepla, vytápění, investice, čistá současná hodnota

Annotation

This master thesis deals with assessment of technical and economic suitability of heat pumps and development of software support for this assessment. The aim is to introduce to the issue, to analyse software tools used for this purpose in company GT Energy, s. r. o., to determine possible improvements of the tools and to create a more effective software tool. Using this new tool, a case study is developed and a possible further procedure for the development of this tool is proposed.

Keywords

Heat pumps, heat sources, heating, investment, net present value

Poděkování

Chtěl bych upřímně vyjádřit hlubokou vděčnost a poděkovat mé vedoucí diplomové práce, paní Ing. Barboře Stieberové, Ph.D., za její nedocenitelný čas, trpělivost a obrovskou ochotu a vstřícnost, kterou mi projevila při vedení této práce.

Chtěl bych poděkovat Ing. Richardu Beberovi za námět pro tuto práci, ale především za jeho jedinečnou kombinaci vysoké profesionality, šíření nadšení pro věc, ochoty předávat znalosti a jeho dobrých lidských vlastností, kterými je mi inspirací.

Dále bych chtěl poděkovat i Ing. Filipu Špindlerovi a Ing. Michalovi Kletečkovi za jejich čas, sdílení znalostí a zkušeností ohledně projektování tepelných čerpadel i za vytváření příjemné a pozitivní atmosféry při konzultacích k této diplomové práci.

Obsah

Úvod	8
1 Tepelná čerpadla – úvod do problematiky.....	9
1.1 Základní princip fungování tepelných čerpadel	9
1.2 Hlavní výhody tepelných čerpadel.....	11
1.3 Hlavní nevýhody tepelných čerpadel.....	13
1.4 Pojem bivalentní zdroj tepla (bivalence).....	14
1.5 Trh s tepelnými čerpadly v České republice.....	14
1.6 Trh s tepelnými čerpadly v Evropě	16
1.7 Vstupní informace pro posouzení technicko-ekonomické vhodnosti tepelných čerpadel	18
2 Analýza původních nástrojů a návrh zlepšení	21
2.1 Původní podnikem používané softwarové nástroje	21
2.1.1 Soubor vytvořený v programu Microsoft Excel „kalkulace_GT.xlsx“	21
2.1.2 Soubor vytvořený v programu Microsoft Excel „Poměry energií TČ vs bivalence_v6 úprava SCOP.xlsx“	22
2.1.3 Soubor vytvořený v programu Microsoft Excel „Návrh TČ orientační.xlsx“	23
2.1.4 Webová pomůcka z tzb-info.cz „Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody“	23
2.2 Postup posouzení vhodnosti investice do tepelných čerpadel s využitím původních softwarových nástrojů	24
2.3 Příležitosti pro zlepšení původních nástrojů	27
3 Případová studie použití nově vytvořeného softwaru	30
3.1 Vstupní informace	30
3.2 Druhy polí v modelu	32
3.3 Nastavení parametrů objektu	32
3.4 Stanovení průměrné roční potřeby energie na vytápění a výkonu tepelných ztrát objektu (kW)	33
3.4.1 Výpočty ze spotřeb energií z minulých let (vytápění bez TUV).....	33
3.4.2 Výpočty z energeticky vztažené podlahové plochy, typu a stavu zateplení objektu (vytápění bez TUV).....	36

3.4.3	Hodnoty z dokumentace	37
3.4.4	Shrnutí metod stanovení průměrné roční potřeby energie na vytápění a výkonu tepelných ztrát objektu	37
3.5	Stanovení potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody	39
3.5.1	Výpočty ze spotřeb energií z minulých let (TUV bez vytápění).....	40
3.5.2	Výpočty z uvažovaného počtu osob	41
3.5.3	Dimenzování nabíjecího výkonu TUV (kW) a objemu akumulace TUV (m ³).....	46
3.5.4	Stanovení průměrné roční potřeby tepelné energie na přípravu TUV	48
3.6	Stanovení požadovaného výkonu zdroje tepla	49
3.7	Uvedení informací o původním zdroji tepla	51
3.8	Nastavení parametrů pro ekonomické hodnocení	52
3.9	Zadání cen paliv a ostatních provozních nákladů	53
3.10	Určení investičních nákladů	55
3.11	Výsledky ekonomické kalkulace.....	58
3.12	Automatické vyhodnocení všech investičních variant z databáze	64
3.13	Nastavení zobrazovaných vstupů a výstupů týkajících se konkrétní varianty.....	72
4	Závěr.....	76
	Seznam zdrojů.....	78
	Seznam obrázků	80

Přílohy:

„Nový nástroj – Technicko-ekonomické kalkulace tepelných čerpadel.pdf“

„kalkulace_GT.pdf“

„Poměry energií TČ vs bivalence_v6 úprava SCOP.pdf“

„Návrh TČ orientační.pdf“

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá problematikou určování technicko-ekonomické vhodnosti aplikace tepelných čerpadel. Cílem je vytvořit efektivnější softwarový nástroj, který vychází z původních k tomuto účelu využívaných softwarových nástrojů v podniku GT Energy, s. r. o., který se specializuje na tepelná čerpadla všech velikostí – výkony od několika kW až po několik MW.

V úvodní kapitole je čtenář uveden do problematiky tepelných čerpadel. Kapitola obsahuje stručný popis principu fungování tepelných čerpadel a charakteristiku jejich hlavních výhod a nevýhod. Čtenáři je dále představen aktuální vývoj trhu s tepelnými čerpadly v České republice a v Evropě. Kapitola rovněž obsahuje souhrn vstupních informací, které jsou nezbytné pro návrh vhodné velikosti tepelného čerpadla pro různé typy objektů.

V druhé kapitole jsou popsány a analyzovány původní pomocné softwarové nástroje, které se dosud používaly v podniku k určování vhodnosti aplikace tepelných čerpadel. Kapitola obsahuje popis procesu návrhu tepelného čerpadla za použití původních nástrojů a návrh změn, které bude reflektovat nově navrhovaný efektivnější softwarový nástroj.

V třetí kapitole je představen nově vytvořený softwarový nástroj. Jeho použití při návrhu vhodného tepelného čerpadla je demonstrováno na případové studii konkrétního bytového domu. Případová studie demonstruje nejen ilustraci výhod nového nástroje, ale je také metodickým postupem pro návrh tepelných čerpadel s využitím tohoto nového nástroje. Třetí kapitola je tak jádrem celé diplomové práce a obsahuje rovněž návrh dalšího možného postupu pro pokračování ve vývoji tohoto nového nástroje.

Poslední kapitolu tvoří závěrečné shrnutí výsledků této diplomové práce.

Softwarová podpora pro posuzování vhodnosti využití tepelných čerpadel je pro podnik důležitá, jelikož toto posuzování velmi usnadňuje a poskytuje komplexnější informace pro rozhodování.

1 Tepelná čerpadla – úvod do problematiky

V této kapitole bude představen základní princip fungování tepelných čerpadel, jejich hlavní výhody a nevýhody, pojem bivalentní zdroj tepla, vývoj trhu s tepelnými čerpadly v České republice a v Evropě. Na závěr kapitoly je uveden souhrn vstupních informací, které jsou nezbytné pro návrh tepelného čerpadla.

1.1 Základní princip fungování tepelných čerpadel

Princip fungování tepelných čerpadel je velmi podobný jako princip fungování běžných domácích chladniček.

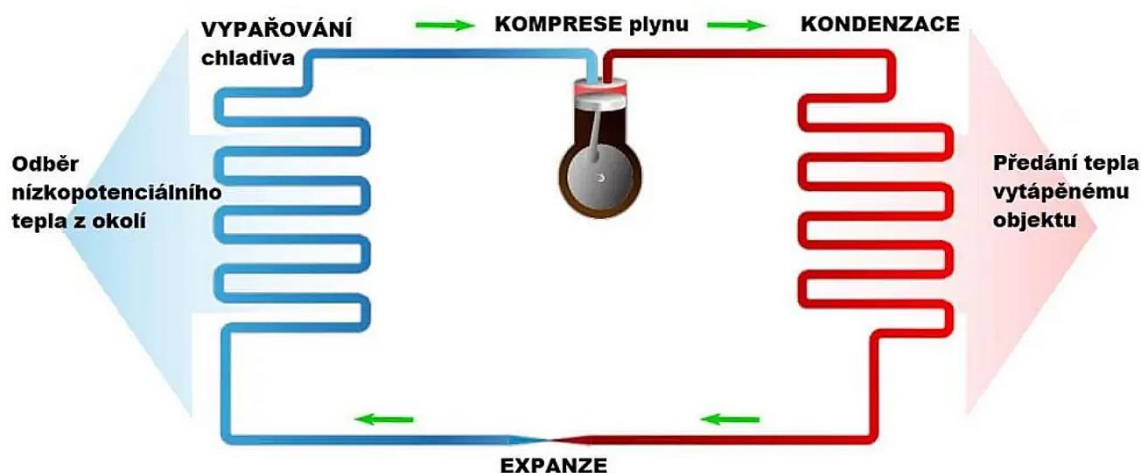
Kdybychom to mohli popsat zjednodušeně, tepelné čerpadlo je něco jako velká chladnička, která chladí vnější prostředí a zahřívá budovu a lze tento proces i obrátit. [1]

Základem principu fungování tepelných čerpadel je „teplo skupenské přeměny“. Při přeměně kapaliny na plyn tento proces odebírá teplo z okolí. Při přeměně plynu na kapalinu tento proces naopak předává teplo do okolí. Toto platí pro všechny látky, nejen pro nejnázve představitelnou vodu. [1]

Změna skupenství určité látky se děje vždy při určité teplotě, která je závislá na tlaku a naopak. Lze tedy donutit látku změnit skupenství i pouhou změnou tlaku. S tím proběhne i zmíněné předání tepla.

Když v uzavřeném okruhu s určitou látkou pomocí kompresoru tlak látky zvýšíme za kompresorem a snížíme před kompresorem, pro zintenzivnění rozdílu okruh přiškrtíme expanzním ventilem a bude-li tento rozdíl tlaků dostatečný pro donucení látky změnit skupenství, aniž by látka přestala okruhem kolovat, vytvoříme tak tepelné čerpadlo. [1]

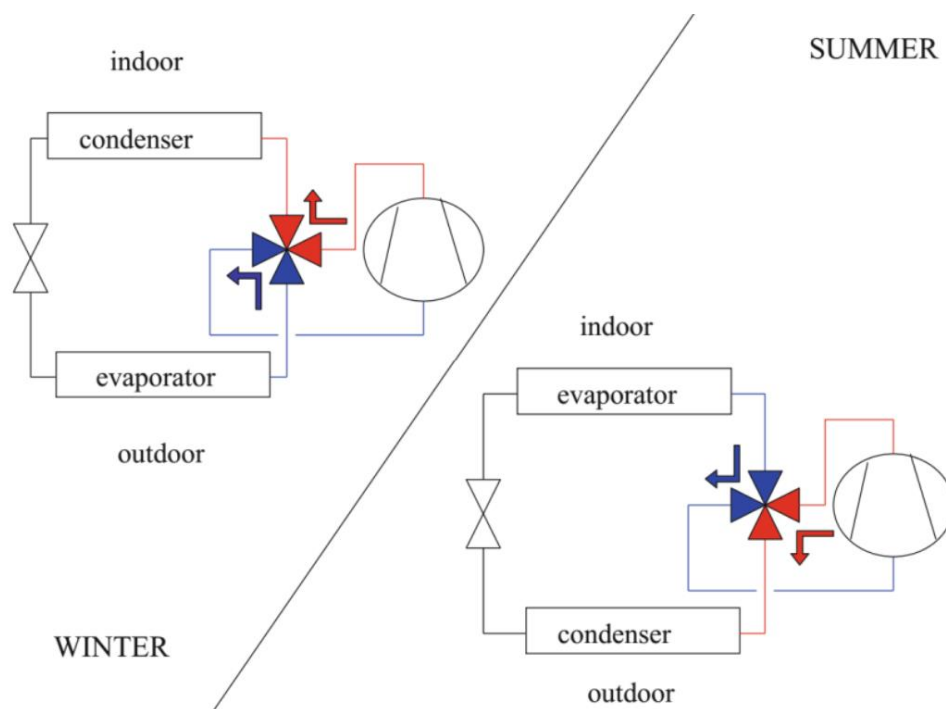
Princip tepelného čerpadla je ilustrován na následujícím obrázku.



Obrázek 1: Princip tepelného čerpadla [2]

Pokud je do systému zabudován i čtyřcestný ventil, je možné tepelným čerpadlem v případě potřeby i chladit. [3]

Na následujícím obrázku je vidět schéma zapojení čtyřcestného ventilu a princip jeho funkce.



Obrázek 2: Schéma zapojení čtyřcestného ventilu [3]

1.2 Hlavní výhody tepelných čerpadel

Mezi hlavní výhody tepelných čerpadel patří například vysoký topný faktor, možnost chlazení a možnost využití odpadního tepla. V této podkapitole budou tyto hlavní výhody blíže popsány.

Vysoký topný faktor

Topný faktor je poměr mezi energií spotřebovanou na pohon kompresoru W a tepelnou energií jím dodanou do objektu Q . I v českém prostředí je využívána anglická zkratka COP – Coefficient of Performance.

$$COP = \frac{|Q|}{W}$$

Konkrétní tepelné čerpadlo má různé COP při různých podmínkách (teplota na primární straně, teplota na sekundární straně, otáčky kompresoru a další). [18]

Pokud vyjádříme průměrné COP za sezónu, mluvíme o sezónním topném faktoru SCOP, což lze považovat za průměrnou roční účinnost tepelného čerpadla.

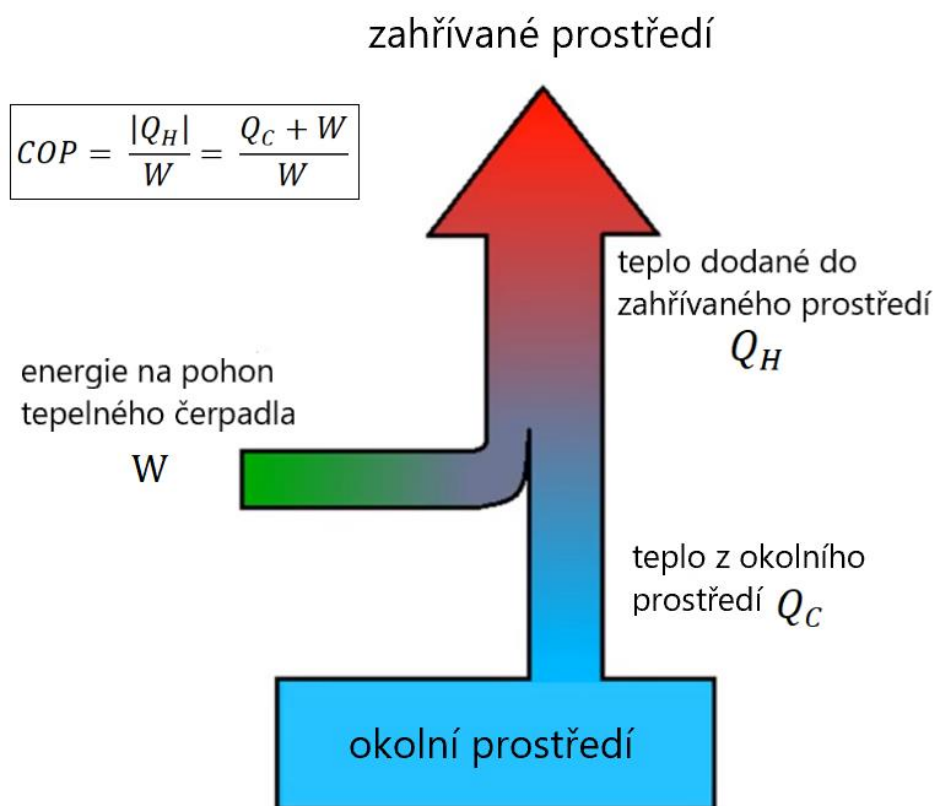
SCOP je jedním z nejdůležitějších parametrů, který nás u tepelného čerpadla zajímá, jelikož se dá porovnávat s účinnostmi ostatních druhů zdrojů tepla, jakým je například plynový kotel.

Zatímco většina druhů zdrojů tepla má účinnost nižší než 1, tepelná čerpadla dosahují účinnosti (hodnot SCOP) několikanásobně vyšších než 1.

SCOP moderních tepelných čerpadel se za různých podmínek nejčastěji pohybuje mezi 2 až 6, ve speciálních aplikacích mohou dosahovat topného faktoru ještě vyššího.

To je z fyzikálního hlediska možné díky tomu, že tepelná čerpadla kromě pouhé přeměny jednoho druhu energie na druhý (např. energie elektrické na energii tepelnou) energii také přesouvají (z venkovního prostředí do objektu). A to i přestože okolní zdroj nízkopotenciálního tepla (vzduch, země, voda, odpadní teplo,...) má výrazně nižší teplotu než je cílená teplota v objektu. [1,4]

Tento jev zdánlivého překonání fyzikálního maxima účinnosti může čtenáři přiblížit následující schéma:



Obrázek 3: Schéma vysvětlující topný faktor tepelných čerpadel (COP) [15]

Možnost chlazení

Díky čtyřcestnému ventilu lze tepelné čerpadlo přepnout do reverzního módu, který může například v létě zajistit tepelný komfort uživatelů objektu i ve velkém dlouhotrvajícím horku. [3]

Tepelné čerpadlo je zdroj tepla a chladu zároveň. Ve speciálních aplikacích, kdy je potřeba výroba tepla i chladu zároveň, dosahuje systém díky využití tepelného čerpadla mimořádně vysoké účinnosti. [5]

Možnost využití odpadního tepla

Tepelná čerpadla nejčastěji v aplikacích využívají nízkopotenciální teplo z venkovního vzduchu, okolní půdy nebo dnes už čím dál s menší četností z nedalekého vodního zdroje. [12]

Se zvyšující se teplotou nízkopotenciálního zdroje tepla roste topný faktor. V průmyslových podnicích dochází často k výskytu odpadního tepla z průmyslových procesů, které je za běžných okolností uvolňováno bez využití do okolí.

Při zakomponování tepelných čerpadel do objektů, kde dochází k takovému průmyslovým procesům s odpadním teplem, může být toto odpadní teplo využito jako zdroj nízkopotenciálního tepla pro tepelná čerpadla, která díky tomu mohou například vytápět přilehlé kanceláře se zvýšeným topným faktorem, tedy se zvýšenou efektivitou a ještě nižšími provozními náklady, než jaké jsou u běžných aplikací tepelných čerpadel. [14]

1.3 Hlavní nevýhody tepelných čerpadel

Mezi hlavní nevýhody tepelných čerpadel lze řadit vyšší investiční náklady a citlivost topného faktoru na výstupní teplotu.

Vyšší investiční náklady

Oproti jiným druhům zdrojů tepla mají tepelná čerpadla většinou vyšší pořizovací cenu. Vyšší pořizovací cena se ale investorovi vrátí v podobě nižších provozních nákladů díky nižší spotřebě energie. Viz výše popsaná výhoda vysokého topného faktoru. Nejvyšší investiční náklady bývají u instalací s hloubkovými vrty, o něco nižší u těch s plošným zemním kolektorem a nejnižší investiční náklady bývají u tepelných čerpadel vzduch-voda, což může být jedním z důvodů jejich vysoké popularity v České republice. [6,7]

Citlivost topného faktoru na výstupní teplotu

Tepelná čerpadla mají nejvyšší topný faktor a tím i sezonní topný faktor a tím i nejlepší ekonomiku provozu, když je požadovaná teplota výstupní vody z tepelného čerpadla nižší. Nejvhodnějším otopným systémem bývá podlahové topení, které umožní vytopit daný objekt i při výstupní teplotě vody z tepelného čerpadla 35 °C. Se vzrůstající výstupní teplotou se topný faktor snižuje. [7]

Tepelná čerpadla však mohou být ekonomická i při vyšších výstupních teplotách nebo i při zohlednění případné přídatné investice do otopných těles umožňujících potřebnou výstupní teplotu vody ze zdroje tepla snížit. [7]

1.4 Pojem bivalentní zdroj tepla (bivalence)

Bivalentní zdroj tepla nebo zkráceně bivalence je dotopový kotel, z pravidla s výrazně nižší cenou za instalovanou kW výkonu, který začne topit ve chvíli, kdy kvůli silným mrazům instalovaný výkon tepelného čerpadla již nestačí vytopit objekt na požadovanou teplotu.

Tato kombinace se ve většině případů vyplatí, protože provozně dražší bivalence se spustí jen v malém počtu dní v roce, někdy se nespustí ani po většinu topných sezón, takže celkové provozní náklady o tolik nenavýší a přitom ušetří investiční náklady za tepelné čerpadlo.

Výkon bivalentního zdroje tepla se určí odečtením výkonu tepelného čerpadla při návrhových podmínkách od požadovaného výkonu zdroje tepla. [9]

1.5 Trh s tepelnými čerpadly v České republice

Na základě dat Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky ze statistického šetření zažívají tepelná čerpadla v letech 2022 a 2023 velmi intenzivní nárůst dodávek na tuzemský trh. [12]

Tento velmi intenzivní nárůst dodávek s nejvyšší pravděpodobností souvisí s energetickou krizí, která v těchto letech zvýšila ceny energií, zejména zemního plynu. [18]

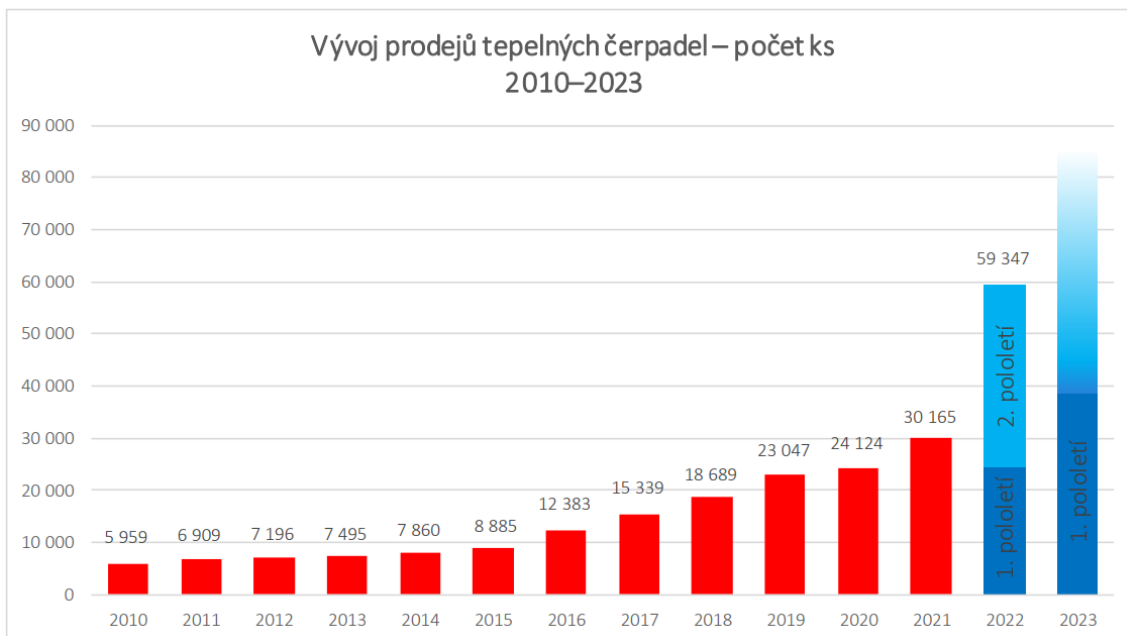
Jelikož jsou tepelná čerpadla z principu technologie energeticky úsporná, s rostoucími cenami energií roste jejich aplikační potenciál.

V roce 2021 bylo v České republice prodáno 30165 kusů tepelných čerpadel, v roce 2022 to bylo téměř dvojnásobné množství, a to 59347 kusů. [12]

V první polovině roku 2023 bylo na tuzemský trh dodáno zhruba 40 tisíc kusů. Oproti 25 tisícům kusů dodaných v první polovině roku 2022 se tedy jedná o 60% nárůst. Za předpokladu pokračování tohoto trendu by bylo na trh v roce 2023 dodáno až 100 tisíc kusů tepelných čerpadel. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR bylo však dodavatelskými firmami informováno, že velká část dodávek prvního pololetí roku 2023 řešila teprve objednávky z předchozího roku, že objednávky prvního pololetí 2023 poklesly a že se jejich oživení očekává až na

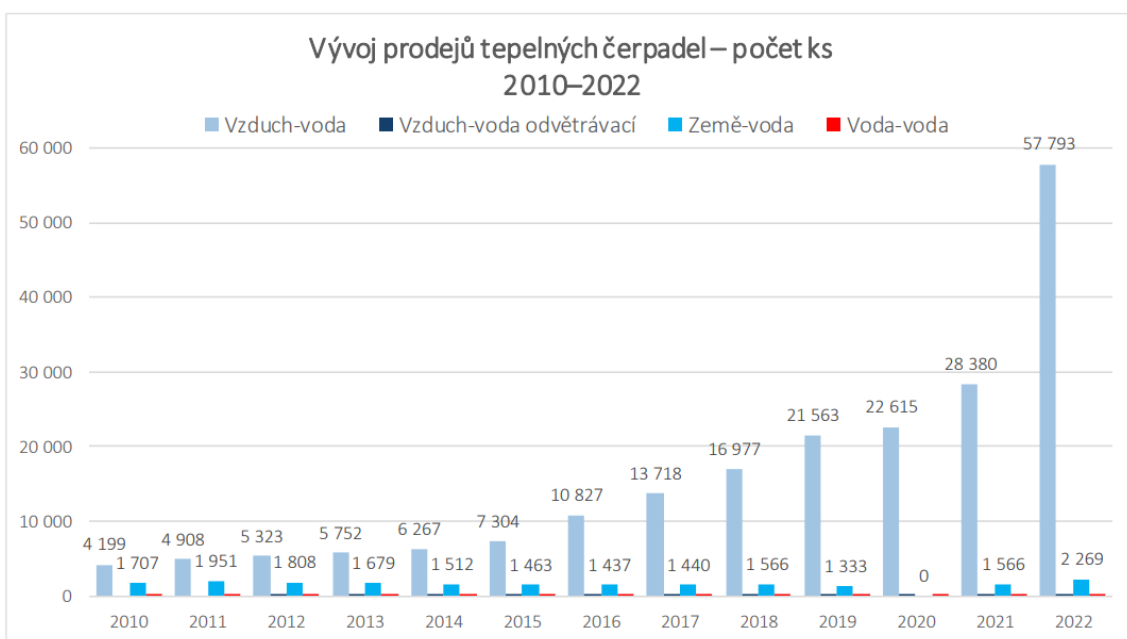
podzim tohoto roku. Přesto lze dle ministerstva předpokládat, že dodávky tepelných čerpadel za rok 2023 přesáhnou hodnotu 75 tisíc kusů. [12]

Na následujícím obrázku je vidět vývoj trvale rostoucích prodejů tepelných čerpadel v ČR, včetně již popsaného intenzivního nárůstu v letech 2022 a 2023.



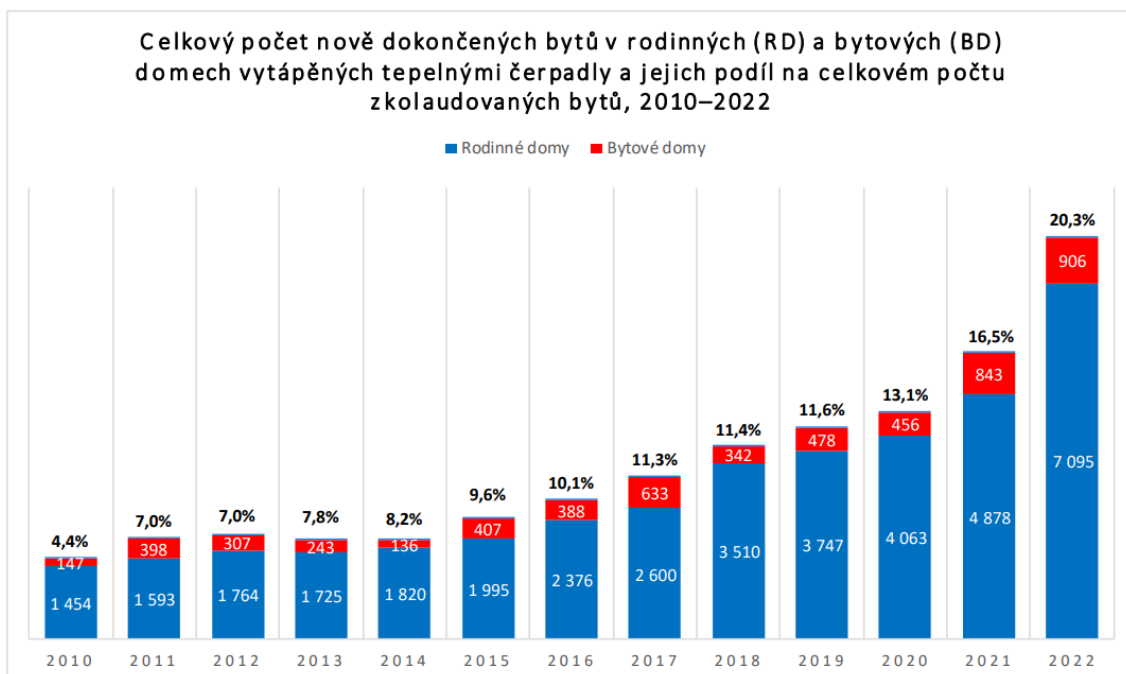
Obrázek 5: Vývoj prodejů tepelných čerpadel v ČR 2010-2023 [12]

Na obrázku níže můžeme vidět přetrvávající jednoznačnou dominanci prodejů typu „vzduch-voda“ vůči prodejům ostatních druhů tepelných čerpadel.



Obrázek 4: Vývoj prodejů tepelných čerpadel dle typu 2010-2022 [12]

Na obrázku níže můžeme vidět trvalý růst podílu aplikací tepelných čerpadel na celkovém počtu zkolaudovaných bytů v rodinných i bytových domech. Je zde vidět i výrazný nárůst tohoto podílu mezi lety 2021 a 2022.



Obrázek 6: Celkový počet nově dokončených bytů v rodinných a bytových domech vytápěných tepelnými čerpadly a jejich podíl na celkovém počtu zkolaudovaných bytů 2010-2022 [12]

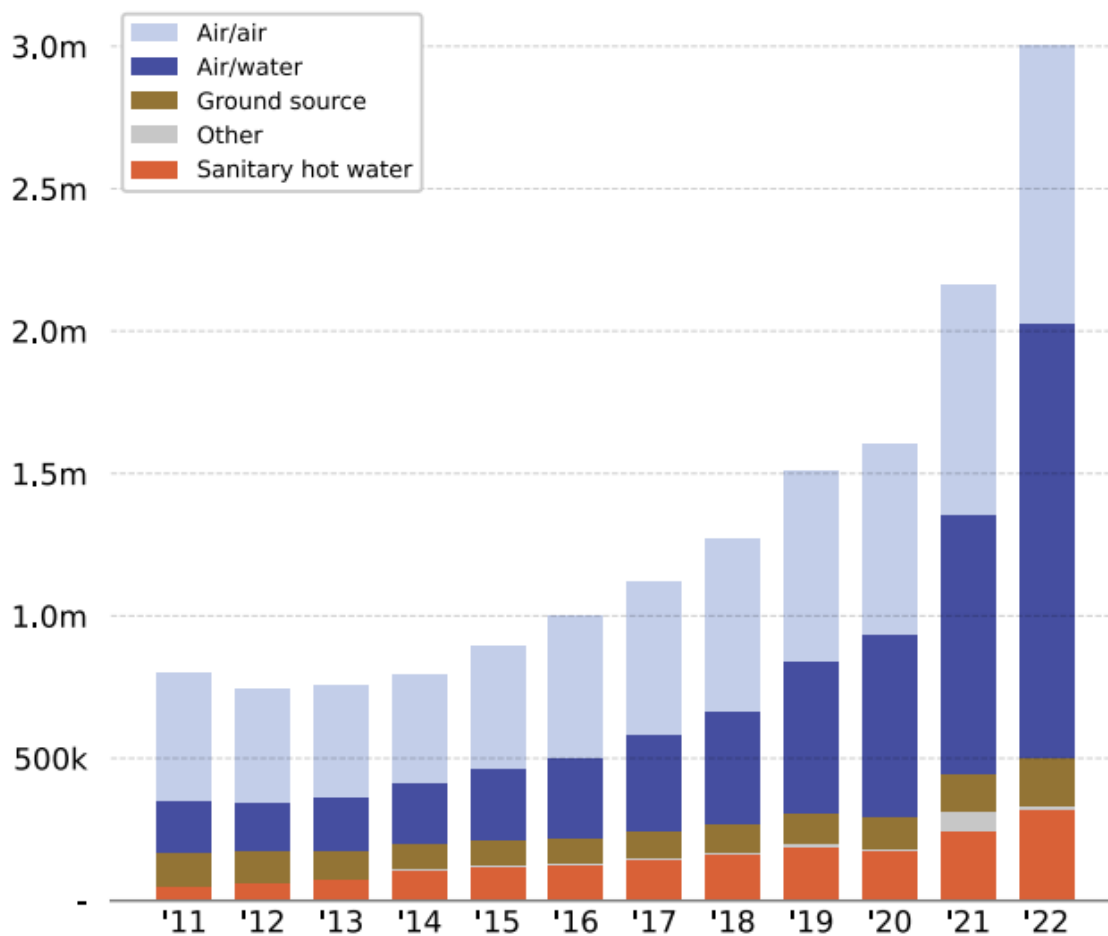
Dle těchto dat a dle očekávání celkové dominance tepelných čerpadel mezi zdroji tepla v Evropské unii v roce 2050 lze prohlásit trh s tepelnými čerpadly v České republice za velice perspektivní. [13]

1.6 Trh s tepelnými čerpadly v Evropě

Shrnutí dokumentu „European Heat Pump Market and Statistics Report 2023“ od Evropské asociace pro využití tepelných čerpadel EHPA zahrnuje data o trhu s tepelnými čerpadly v Evropě do roku 2022. Z grafů tohoto dokumentu je vidět, že výrazný nárůst prodejů tepelných čerpadel nastal i z hlediska celé Evropy. Je třeba upozornit, že evropské statistiky započítávají do prodejů tepelných čerpadel i prodeje typu vzduch-vzduch, které lze označit pojmem klimatizace. [16]

V českých statistikách uvedených dříve v této diplomové práci prodeje typu vzduch-vzduch zahrnutý nejsou. [12, 16]

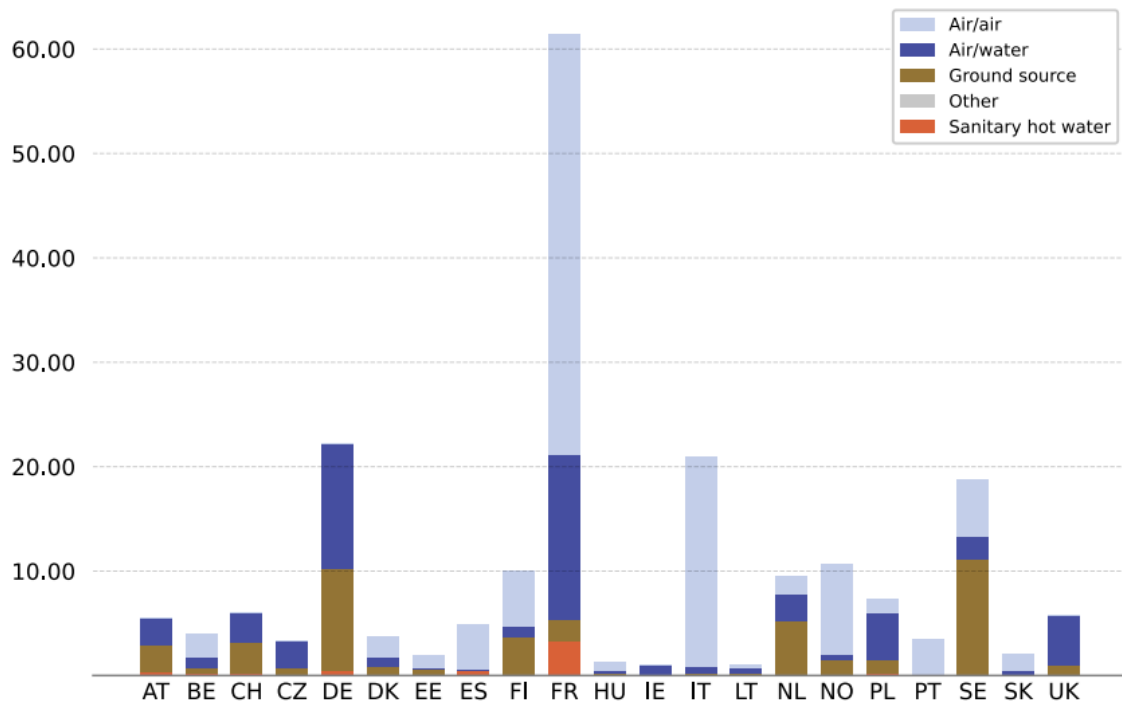
Z grafů je však vidět, že výrazný nárůst prodeje tepelných čerpadel v Evropě je patrný i v případě neuvažování tohoto typu, viz následující graf.



Obrázek 7: Vývoj prodeje tepelných čerpadel v Evropě [16]

Následující graf ukazuje množství tepelné energie v TWh, která pochází z obnovitelných zdrojů (primárně tepelných čerpadel), dle země a typu zdroje v roce 2022.

Za povšimnutí stojí rozdílné podíly energií z tepelných čerpadel země-voda a vzduch-voda mezi jednotlivými státy. Ne ve všech státech dominuje typ vzduch-voda, jako tomu je v České republice.



Obrázek 8: Obnovitelná tepelná energie dle země a typu v roce 2022 (v TWh) [16]

1.7 Vstupní informace pro posouzení technicko-ekonomické vhodnosti tepelných čerpadel

Aby bylo možné posuzovat vhodnost aplikace tepelných čerpadel pro konkrétní objekt, je nutné nejprve zjistit určité informace týkající se daného objektu a ekonomická očekávání investora.

Tyto potřebné informace zahrnuje následující:

- Typ objektu (rodinný dům, bytový dům, administrativní budova, sportovní hala,...)
- Již existující či teprve budoucí objekt
- Stav zateplení (přibližný pro lepší odhad, pokud nejsou přesnější informace o tepelné (a chladové) ztrátě při výpočtových podmínkách (v kW))
- Lokalita objektu (ideálně i nadmořská výška v konkrétní lokalitě objektu)
- Energeticky vztažná podlahová plocha (součet ploch všech podlaží počítaný z vnějšího rozměru budovy)

- Tepelná ztráta objektu (kW) při výpočtových podmínkách (nejlépe z dokumentace, případně lze dopočítat s nižší přesností odhad ze spotřeb energií či typu, stavu zateplení a energeticky vztažné podlahové plochy objektu)
- Počet dlouhodobě ubytovaných osob (v případě bytového domu lze odhadnout z počtu bytových jednotek na 2,5 osoby na bytovou jednotku) [7]
- Cirkulace teplé užitkové vody – zda a jak jsou zateplené (staré) rozvody
- Systém rozvodu tepla (radiátory 55 °C / podlahové topení 45 °C / podlahové topení 35 °C)
- Spotřeby energií z alespoň 3 předchozích let a účinnost původního zdroje tepla (pro novostavby se vychází z dokumentace)
- Případný tepelný výkon vzduchotechniky a její roční spotřeba energií
- Upřesnění potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody (u velkých nebytových objektů) – následný výpočet potřeby tepla dle normy v kWh/osoba*den
 - Uživatelé (počet osob, lůžek, sportovců)
 - Byty
 - Hotel
 - Ubytovna
 - Nemocnice
 - Sportovní zařízení
 - Personál (počet osob)
 - Čistý provoz
 - Špinavý provoz
 - Gastro (počet jídel za den)
 - Jen výdej
 - Malý sortiment
 - Restaurace
 - Úklid (velikost uklízené plochy)
 - Ostatní (v m³ za den) [7]
- Pro upřesnění potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody časové rozložení této potřeby ve dne

- Informace o případně vyhříváném bazénu (přibližná velikost, sezónní/celoroční provoz)
- Potřeba chladu (zda jen pro tepelný komfort v horku nebo i průmyslové, potravinářské či jiné potřeby chladu)
- Dostupnost inženýrských sítí (elektrina, plyn, centrální zásobování teplem)
- Typ investora z pohledu daní
 - nepodnikatel/SVJ/družstvo
 - podnikatel - OSVČ
 - podnikatel - práv. os. (s. r. o.,...)
 - korporace
 - jiné
- Diskontní míra požadovaná investorem
- Ceny energií nabízené od dodavatelů do objektu pro rok realizace (Někdy má majitel objektu možnost odebírat energie výrazně levněji, než je běžná cena na trhu. Je tomu tak, když majitel objektu pod jedním IČO například vlastní i lakovací komory na plyn, kterého tak odebírá nadstandardní množství a má tak od odběratele zajištěnou lepší cenu. Nebo například dopravní podniky provozující tramvajovou dopravu mívají výrazně levnější elektřinu.) [7]
- Investorem očekávané průměrné roční změny cen jednotlivých energií od cen v roce realizace (nebo lze nechat standardně dle vyhlášky o energetickém auditu a energetickém posudku: Dle novely zákona 406/2000 Sb. od 1.1.2013 jsou stanoveny parametry pro ekonomické hodnocení na dobu hodnocení 20 let a roční růst cen energie 3 %) [8]

2 Analýza původních nástrojů a návrh zlepšení

Cílem této kapitoly je analyzovat, původní podnikem používané nástroje a postup posouzení vhodnosti investice do tepelných čerpadel s jejich využitím a příležitosti, jak pomocí nového softwarového nástroje tento postup zefektivnit. Použití nově vytvořeného nástroje bude demonstrováno pomocí případové studie v kapitole následující.

Vytvářený softwarový nástroj bude sloužit například pro tvorbu studií proveditelnosti aplikace tepelných čerpadel na daný objekt. Díky své zjednodušené formě a vysoké míře automatizace výpočtů bude užitečný i pro obchodníky, aby dokázali klientovi poskytnout do několika minut předběžný odhad nejvhodnější investiční varianty.

Tento nový nástroj tedy bude rychleji poskytovat komplexnější informace pro rozhodování investora v počáteční fázi projektu než původně využívané softwarové nástroje.

2.1 Původní podnikem používané softwarové nástroje

V této podkapitole budou představeny původní v podniku využívané pomocné nástroje k posuzování vhodnosti investice do tepelných čerpadel. Zobrazení těchto nástrojů ve verzi PDF je přiloženo do přílohy této diplomové práce.

Původně se v podniku používaly zejména následující pomocné nástroje softwarové podpory - soubory vytvořené v programu Microsoft Excel „*kalkulace_GT.xlsx*“, „*Poměry energií TČ vs bivalence_v6 úprava SCOP.xlsx*“, „*Návrh TČ orientacni.xlsx*“ a webová výpočtová pomůcka ze serveru tzb-info.cz „*Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody*“.

2.1.1 Soubor vytvořený v programu Microsoft Excel „*kalkulace_GT.xlsx*“

Jedná se o výpočetní nástroj pro určení doporučení investičních variant do nového zdroje tepla (a chladu) zejména do velkých objektů (případně doporučení neinvestovat). Autor výpočtové pomůcky: Ing. Richard Beber

Nástroj slouží jako pomůcka, kterou musí uživatel velmi podrobně do detailu znát, aby ji mohl využívat a pro výsledné určení je potřeba využívat i další pomůcky a velmi dobře se orientovat a mít praxi v určování vhodnosti zdroje tepla (a chladu) pro objekt. Z tohoto důvodu nemohli nástroj využívat jiní pracovníci.

Vyniká svou přesností výpočtů ohledně přípravy teplé užitkové vody pro velké objekty. Teoretické nadhodnocení požadavků na teplou užitkovou vodu bývá velmi častým důvodem předimenzování návrhu zdroje tepla u velkých objektů, což vede v obecný neprospěch všech stran - ekologický a účinný zdroj tepla (tepelná čerpadla) to výrazně prodraží, což vede k nižšímu počtu aplikací pro firmu, větší zátěž pro životní prostředí, a hlavně snížení ekonomického prospěchu pro investora. [7]

Na českém trhu prý málokdo umí správně a co nejlíže realitě vypočítat potřebu teplé užitkové vody pro větší a netypické objekty. [7]

S tím souhlasí i upozornění pro uživatele v návodu pro druhý nástroj „*Poměry energií TČ vs bivalence_v6 úprava SCOP.xlsx*“, které je citováno následovně: „*Velmi důležité je věnovat pozornost požadavku na teplou vodu. V mnohých případech bývá požadavek na výkon pro přípravu teplé vody výrazně předimenzován a dochází pak k volbě zbytečně vysoké výkonové řady tepelného čerpadla.*“

Jedním z cílů rozvoje nové softwarové podpory je tento nástroj upravit tak, aby dovoloval flexibilnější typy a množství variant. Rovněž je nezbytné navrhnout nástroj tak, aby s ním byla práce jednodušší a rychlejší.

2.1.2 Soubor vytvořený v programu Microsoft Excel „*Poměry energií TČ vs bivalence_v6 úprava SCOP.xlsx*“

Jedná se o výpočetní nástroj sloužící k výpočtu poměrů spotřeby tepla a elektřiny mezi tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem tepla (bivalencí).
Autor výpočtové pomůcky: Ing. Filip Špindler

Vyniká svým velmi příjemným uživatelským rozhraním a detailním výpočtem poměru mezi energií spotřebovanou tepelných čerpadlem a bivalentním zdrojem.

Obsahuje databázi výpočtových teplot a dalších informací o lokalitách v České republice, které jsou užitečné pro topenářské výpočty.

Obsahuje data o výkonech a topných faktorech jednotlivých vybraných tepelných čerpadel v závislosti na venkovní teplotě a výstupní teplotě vody z tepelného čerpadla (teplotě v otopném systému).

(Nástroj „kalkulace_GT.xlsx“ má podrobnější výpočty ohledně přípravy teplé užitkové vody.)

2.1.3 Soubor vytvořený v programu Microsoft Excel „Návrh TČ orientační.xlsx“

Jedná se o nástroj pro velmi zjednodušený pouze orientační návrh tepelných čerpadel. Autor interní výpočtové pomůcky: Ing. Richard Beber

Užitečnou funkcí je relativně jednoduché zjištění vhodných kombinací různých tepelných čerpadel o různém počtu tak, aby se jejich výkon v součtu pohyboval v doporučeném rozmezí procent z potřebného výkonu zdroje tepla za výpočtových podmínek (zbytek potřebný jen pár dní v roce pokryje bivalentní zdroj s nižšími investičními náklady).

2.1.4 Webová pomůcka z tzb-info.cz „Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody“

Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapani-vetrani-a-pripravu-teple-vody>

Jedná se o online nástroj, pomocí kterého lze vypočítat celková roční potřeba energie na vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Autor online výpočtové pomůcky: Ing. Zdeněk Reinberk, Ph.D.

[17]

2.2 Postup posouzení vhodnosti investice do tepelných čerpadel s využitím původních softwarových nástrojů

S využitím původních softwarových pomůcek pro rozhodování o vhodnosti využití tepelných čerpadel na daném objektu **lze postupovat následujícím způsobem** (uvažována pouze potřeba tepla, bez potřeby chladu):

Největší část procesu posuzování vhodnosti tepelných čerpadel na daný objekt lze provést v nástroji „kalkulace_GT.xlsx“, jelikož mimo jiné obsahuje i prvky pro ekonomické posuzování. Budeme tedy používat zejména tento nástroj a v procesu jeho používání budeme přecházet i do ostatních pomocných nástrojů.

Pokud nejsou přímo známé hodnoty požadovaný výkon zdroje tepla a potřeba tepla na vytápění, vzduchotechniku a teplou užitkovou vodu, je potřeba tyto hodnoty dopočítat.

V nástroji „kalkulace_GT.xlsx“ na listu „1_pomTV“ (pomocný list týkající se teplé užitkové vody) zadáme informace ohledně přípravy teplé užitkové vody (TUV či kratší TV). Poté na listu „1_objekt“ stanovíme dle doporučení nabíjecí výkon pro TUV a objem akumulace.

Pro výpočet požadovaného výkonu zdroje tepla zadáme tepelnou ztrátu objektu. Pokud ji neznáme z dokumentace, můžeme využít hrubý odhad ze spotřeb energií na stejném listu. Pokud však chceme přesnější odhad ze spotřeb energií reagující mimo jiné i na lokaci objektu, musíme otevřít nástroj „Poměry energií TČ vs bivalence_v6 úprava SCOP.xlsx“ a tam využít pomocnou tabulku a číslo poté zkopírovat zpět.

Pokud nejsou známy ani spotřeby z minulosti, můžeme využít jinou pomocnou tabulku stejného nástroje a tepelné ztráty odhadnout s nižší přesností z vytápění podlahové plochy a stavu zateplení objektu. Ve stejném nástroji můžeme zjistit i venkovní výpočtovou teplotu pro danou lokalitu. Výsledky z nejpřesnějších metod výpočtů z dostupných informací poté zkopírujeme zpět do nástroje „kalkulace_GT.xlsx“.

V listu „2_zdroj“ vypíšeme, se kterými hodnotami chceme dále počítat.

Poté otevřeme nástroj „Návrh TČ orientacni.xlsx“ a přepíšeme tam vybrané dosud vypočítané či určené hodnoty týkající se objektu. V tomto nástroji zkusíme vytvářet kombinace výkonů jednotlivých modelů tepelných čerpadel o různém počtu kusů za dané venkovní výpočtové teplotě a daném otopném systému tak, aby se jejich výkon pohyboval v doporučeném rozmezí 60 až 80 % z požadovaného výkonu zdroje tepla. Nejsou zde však předpřipravena všechna tepelná čerpadla z portfolia společnosti, je tedy potřeba případně jiné zvažované tepelné čerpadlo doplnit ručně.

Když s určitou mírou intuice nalezneme pravděpodobně nejvhodnější kombinaci výkonů, pokládáme takto vybraná tepelná čerpadla za jednu z možných investičních variant. Od těchto modelů tepelných čerpadel si připravíme technické listy, které si stáhneme z webové stránky <https://www.projektuji-tepelna-cerpadla.cz/>.

Poté jdeme zpět do nástroje „kalkulace_GT.xlsx“. Na listu „2_zdroj“ vyplníme údaje o původním zdroji tepla do správných řádků varianty č. 0, která původní zdroj představuje.

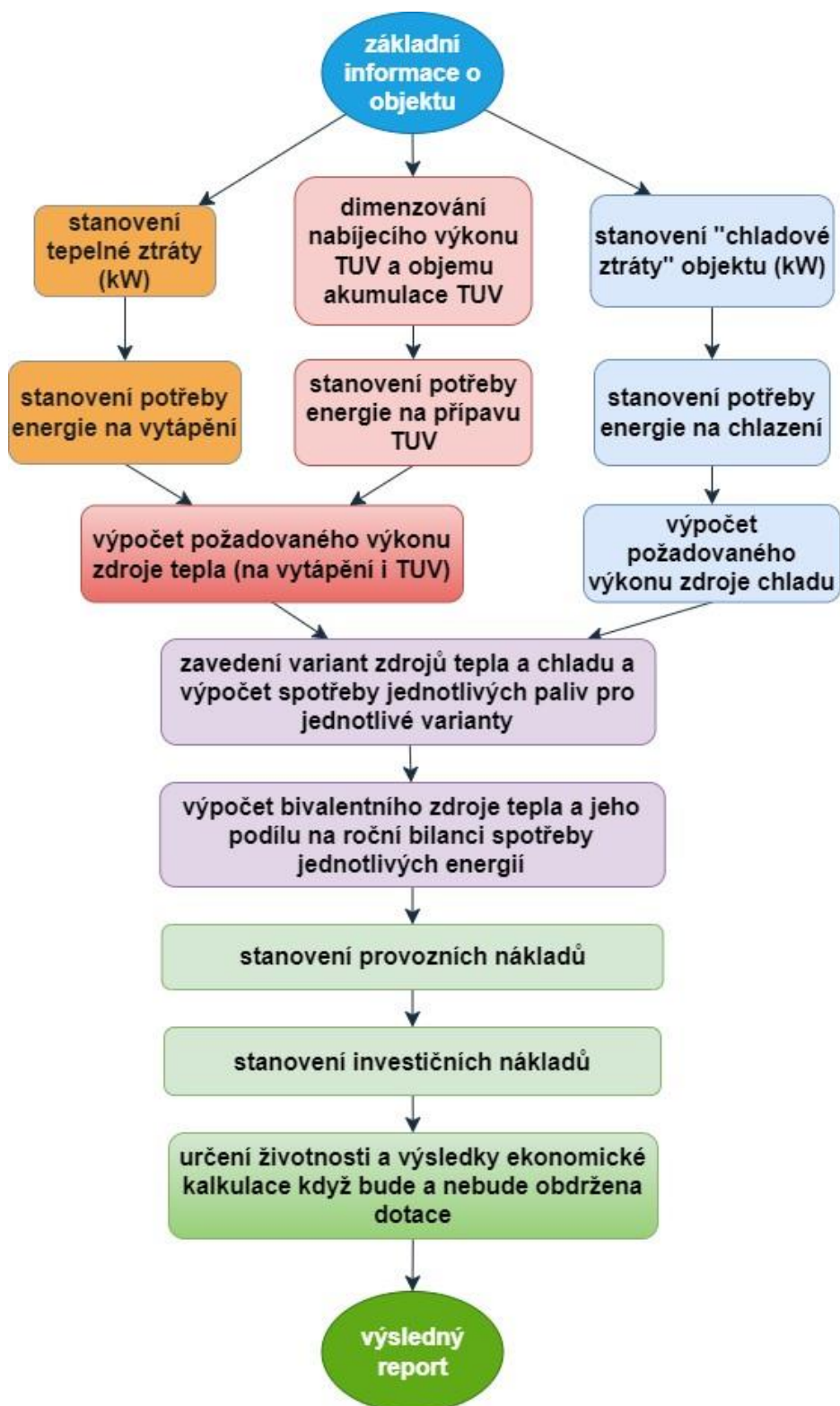
Do variant č. 1 a 2 přepíšeme údaje z technických listů. Pokud bychom chtěli srovnávat více variant, musíme si výsledky zaznamenat a poté přepsat jednu z variant č. 1 nebo 2 údaji další varianty.

Následně si otevřeme nástroj „Poměry energií TČ vs bivalence_v6 úprava SCOP.xlsx“, vyplníme potřebné buňky a vypočítáme pro každou variantu s tepelnými čerpadly poměry energií mezi tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem tepla, které poté přepíšeme zpět do nástroje „kalkulace_GT.xlsx“ a určíme tak spotřeby paliv potřebné pro ekonomické zhodnocení.

Na listu „3_ekonom“ vyplníme hodnoty týkající se provozních nákladů. Poté si otevřeme ceníky a vyhledáme ceny položek potřebných k realizaci jednotlivých variant. Tyto ceny přepíšeme do listu „3_pomVV“, který se týká investičních nákladů jednotlivých variant.

Pokud jsme si jisti správností svých výpočtů, zapíšeme výsledky na listu „4_report“, který je poté připraven na export do formátu PDF a předání zákazníkovi v elektronické či tištěné podobě.

Tento postup lze vizualizovat následujícím vývojovým diagramem:



Obrázek 9: Vývojový diagram

2.3 Příležitosti pro zlepšení původních nástrojů

Integrovaní nástrojů do propojeného celku

Jednou z příležitostí pro zlepšení je propojení nástrojů tak, aby byly integrované do sebe. Díky tomu uživatel nebude muset mezi nástroji tolikrát přecházet a výsledky dílčích výpočtů budou uvažovány automaticky bez nutnosti přepisování výsledků. Navíc je možno přehledněji porovnat výsledky z více metod výpočtu pro kontrolu a automaticky počítat dál s výsledkem metody nastavené jako v pořadí nejpřesnější, pokud s tím uživatel souhlasí.

Využití silných stránek jednotlivých nástrojů

Každý z původně využívaných nástrojů něčím vyniká. Všechny tyto nástroje mají alespoň jednu či více užitečných funkcí, které obsahuje i jiný nástroj. V jednom z nich může být však funkce lépe zpracována. Další příležitostí pro zlepšení je tedy zakomponování do nového nástroje těch nejlépe zpracovaných užitečných prvků z jednotlivých původních nástrojů.

Zvýšení uživatelské přívětivosti

Některé nástroje byly původně vytvářeny pouze pro potřebu jejich autora. Jejich autor při jejich tvorbě nepotřeboval klást důraz na uživatelskou přívětivost, jelikož jakožto autor byl s každým detailem nástroje dobře obeznámen. Tato skutečnost bránila využívání těchto pomůcek mezi ostatními potenciálními uživateli v podniku.

Další příležitostí pro zlepšení je tedy zvýšení uživatelské přívětivosti pomocí:

- jednoznačnějších popisků jednotlivých prvků
- vysvětlujících poznámek
- předvyplněných rozbalovacích seznamů
- barevného rozlišení
- podmíněného formátování
- možnosti volby jednotek energie u vstupních buněk

Zlepšení již existujících prvků

Některé prvky byly vytvářeny tak, aby vytvořily jakési optimum mezi množstvím potřebných informací k výpočtu, náročností vytvoření takového prvku a výslednou přesností výstupní hodnoty.

Příležitostí ke zlepšení je tedy rozvíjení prvků tak, aby to zásadním způsobem nenavyšovalo náročnost získávání ani zadávání vstupních informací, ale zároveň to zvyšovalo přesnost výstupů.

Příkladem může být zavedení vlivu účinnosti původního zdroje tepla a klimatických podmínek konkrétní lokace na odhad tepelných ztrát objektu.

Zavedení nových prvků

Zavedením nových prvků lze zpřesnit výsledky, zjednodušit práci s nástrojem pro uživatele nebo umožnit provedení studie i při nedostupnosti některé z potřebných informací od zákazníka díky novým metodám odhadu.

Mezi nově vytvořenými prvky bude například možnost odhadu tepelné ztráty objektu a průměrné roční potřeby tepelné energie na vytápění z informací o druhu objektu, stavu zateplení objektu a energeticky vztažené podlahové plochy.

Dále bude nově k dispozici možnost nastavení druhu paliva bivalentního zdroje tepla i na jiná paliva, než je elektřina a dle toho automaticky doplněný objem spotřeby u daného paliva pro případ dané investiční varianty.

Mezi novými prvky bude i přednastavení defaultně uvažovaných hodnot daňové sazby a diskontní míry dle typu investora, které lze i upravit dle přání investora.

Vytvoření jednotné databáze tepelných čerpadel (investičních variant) a navázání online ceníku

V rámci této diplomové práce bude vytvořena databáze možných investičních variant. Ve stavu zveřejněném touto diplomovou prací bude databáze předvyplněna částí portfolia tepelných čerpadel společnosti GT Energy, s. r. o. tak, že jednotlivé investiční varianty budou tvořit jednotlivé modely tepelných čerpadel a jejich kombinace.

Budou to kombinace o různých výkonových řadách od různých výrobců z portfolia a jejich násobný počet kusů až do maximálního počtu kusů, který lze zapojit do tzv. kaskády (více tepelných čerpadel zapojených do jednoho topného systému) bez potřeby nadřazeného řídicího systému MaR (měření a regulace).

Data o jednotlivých tepelných čerpadlech lze nalézt na serveru <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/>.

Automatické propočítání výsledků všech investičních variant z databáze

Díky vytvoření jednotné databáze tepelných čerpadel (investičních variant) bylo umožněno automatické propočítání výsledků všech investičních variant z databáze. Z těchto výsledků je automaticky vytvořeno pořadí pro výběr variant doporučených k možné realizaci.

Uživatel díky tomu může posoudit vhodnost mnohanásobně více investičních variant bez toho, aniž by byla navýšena časová náročnost práce s tímto nástrojem.

V následující kapitole bude ukázán postup s využitím nově vytvořeného softwarového nástroje.

3 Případová studie použití nově vytvořeného softwaru

Byl vytvořen nový softwarový nástroj pro posuzování vhodnosti aplikace tepelných čerpadel pro různé typy objektů.

V této kapitole bude použití nového nástroje demonstrováno na zpracování případové studie na posouzení vhodnosti aplikace tepelných čerpadel na konkrétní částečně zateplený bytový dům v Praze.

Bude zdůrazněno k jakým inovacím a rozšířením softwarové podpory došlo v porovnání s původním stavem.

3.1 Vstupní informace

Poskytnuté informace od zákazníka jsou tyto:

- Typ objektu: **bytový dům**
- Již existující či teprve budoucí objekt: **již existující**
- Stav zateplení: **částečně zateplený objekt**
- Lokalita objektu: **Praha**
- Energeticky vztažná podlahová plocha: **2420 m²**
- Tepelná ztráta objektu (kW) při výpočtových podmínkách: **75 kW (z dokumentace)**
- Počet dlouhodobě ubytovaných osob (v případě bytového domu lze odhadnout z počtu bytových jednotek na 2,5 osoby na bytovou jednotku [7]): **37 bytů**
- Cirkulace teplé užitkové vody – zda a jak zateplené (staré) rozvody: **nové rozvody**
- Systém rozvodu tepla: **podlahové topení 35 °C**
- Spotřeby energií z alespoň 3 let a účinnost původního zdroje tepla: **účinnost 88 % (výkon 100 kW), spotřeby viz tabulky**

Vytápění		
rok	MWh/rok	Kč/rok (bez DPH)
2018	145,45	297804
2019	146,59	296184
2020	145,45	290684
2021	144,32	291558
2022	145,45	291.678

Teplá užitková voda		
rok	MWh/rok	Kč/rok (bez DPH)
2018	111,36	228006
2019	110,23	222712
2020	112,50	224826
2021	109,09	220390
2022	113,64	227873

- Případný tepelný výkon vzduchotechniky a její roční spotřeba energií: **bez vzduchotechniky**
- Upřesnění potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody (u velkých nebytových objektů): **jedná se o čistě bytový objekt**
- Pro upřesnění potřeby tepla časové rozložení ve dne: **objekt je obydlen různými věkovými skupinami včetně rodin s dětmi**
- Informace o případně vyhřívaném bazénu: **nemá bazén**
- Potřeba chladu: **chlazení nevyžadováno**
- Dostupnost inženýrských sítí: **elektřina ano, plyn ano, CZT (centrální zásobování teplem) ne**
- Typ investora z pohledu daní: **SVJ (společenství vlastníků jednotek)**
- Diskontní míra investora: **2,5 %**
- Ceny energií nabízené od dodavatelů do objektu pro rok realizace: **Zákazník si přeje uvažovat ceny paliv v roce realizace, do kterých již rozpočítal fixní složky: plyn 3000 Kč/MWh a elektřina 6000 Kč/MWh**
- Investorem očekávané průměrné roční změny cen jednotlivých energií od cen v roce realizace: **průměrně 3% roční zdražení všech druhů paliv**

3.2 Druhy polí v modelu

V celém nástroji jsou jednotně zavedena barevná rozlišení pro snazší uživatelskou orientaci. Modré podbarvení značí nutnost vyplnit buňku, žluté možnost editovat buňku a zelené podbarvení je pro zvýraznění dílčího výsledku.

legenda
nutno zadat
možno editovat
dílčí výsledek

Obrázek 10: Legenda barev

3.3 Nastavení parametrů objektu

V úvodním formuláři se zadávají vstupní parametry objektu. Vyplníme hodnoty poskytnuté zákazníkem.

Jelikož se jedná o bytový dům a bližší informace o počtu ubytovaných osob nejsou známy, ponecháme softwarem automaticky předvyplněný počet osob vycházející z odhadu 2,5 osoby na jednu bytovou jednotku. Editace ostatních spotřebitelů teplé užitkové vody (TUV) bude vysvětlena dále.

Jelikož byl původním zdrojem tepla objektu plynový kotel, uvažujeme, že druh paliva provozně nejlevnějšího možného bivalentního zdroje tepla je plyn.

Pro cirkulaci teplé užitkové vody, systém rozvodu tepla a druh paliva bivalentního zdroje tepla byly nově vytvořeny rozbalovací seznamy s předvyplněnými možnostmi. Všechny dosazené údaje (kromě názvu) ovlivňují následující výpočty.

NÁZEV STUDIE/OBJEKTU/AKCE/PŘÍLEŽITOSTI	
Testovací studie bytového domu	
ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU	
typ objektu:	bytový dům
stav zateplení objektu:	částečně zateplený objekt
lokality objektu:	Praha (Karlov)
energeticky vztažná podlahová plocha:	2420 m ²
<i>poznámka: Součet ploch všech podlaží počítaný z vnějšího rozměru b.</i>	
počet bytových jednotek:	37 b. j.
<i>poznámka: Vyplnit pouze pro BD, jinak editovat list "1_pomTV".</i>	
počet dlouhodobě ubytovaných osob:	92,5 osob
<i>poznámka: Ostatní spotřebitele teplé (užitkové) vody editovat na listu "1_pomTV". Pro bytové domy, nejsou-li podrobnější informace, automaticky 2,5 osoby/b.j.</i>	
cirkulace teplé užitkové vody:	nové rozvody
<i>poznámka: Pro určení součinitele tepelných ztrát v cirkulaci TV.</i>	
systém rozvodu tepla:	Podlahový s teplotou 35°C
druh paliva bivalentu:	plyn
<i>poznámka: druh paliva provozně nejlevnějšího bivalentního zdroje tepla</i>	

Obrázek 11: Základní údaje o objektu (pozn.: list „1_pomTV“ obsahuje tabulky z obrázků č. 9 a 10)

3.4 Stanovení průměrné roční potřeby energie na vytápění a výkonu tepelných ztrát objektu (kW)

Dalším krokem je stanovení průměrné roční potřeby energie na vytápění (MWh) a tepelných ztrát objektu při výpočtových podmínkách (kW).

Tyto dvě hodnoty lze stanovit několika metodami.

3.4.1 Výpočty ze spotřeb energií z minulých let (vytápění bez TUV)

První metodou pro výpočet obou hodnot jsou výpočty ze spotřeb energií z minulých let (myšleno dodavatelem dodaných spotřeb paliv či tepla z centrálního zásobování teplem).

Jelikož tyto dvě hodnoty nesouvisí se spotřebou teplé užitkové vody, je potřeba uvažovat spotřeby energií z minulých let týkajících se pouze vytápění objektu.

Pokud jsou informace o spotřebách energií z minulých let neznámé (např. z důvodu, že se jedná o novostavbu), využijeme pro stanovení těchto hodnot jiné metody, pro jejichž provedení máme dostatek informací.

V této případové studii však informace o spotřebách energií od zákazníka máme, můžeme tedy výpočet touto metodou provést.

Od zákazníka máme zároveň i informaci o tepelné ztrátě objektu z dokumentace objektu. Tuto metodu stanovení pokládáme v případě tepelné ztráty jako z našich možností nejpřesnější. Výpočet odhadu tepelné ztráty ze spotřeb energií budeme tedy pokládat jako kontrolní údaj.

Pro určení průměrné roční spotřeby energie na vytápění je ale výpočet ze spotřeb energií z našich možností metodou nejpřesnější. Vypočtená hodnota průměrné roční spotřeby energie na vytápění z této metody bude tedy využita k dalším výpočtům.

Znamená to tedy, že vyplnění následujícího formuláře není pouze pro kontrolu vstupních hodnot, ale bude přímo ovlivňovat další výpočty.

V následujícím formuláři vyplníme spotřeby energií z minulých let týkajících se pouze vytápění a účinnost původního zdroje vytápění. Výsledky se automaticky přepíší do dále vysvětlené tabulky.

VYTÁPĚNÍ

Výpočty ze spotřeb energií z minulých let (vytápění bez TV)				
<i>poznámka: Z faktur posledních alespoň 3 let opiš spotřeby energií (vytápění bez TV).</i>				
rok	MWh/rok	GJ/rok	Kč/rok (bez DPH)	X
2018	145,45	523,6	297.804	X
2019	146,59	527,7	296.184	X
2020	145,45	523,6	290.684	X
2021	144,32	519,5	291.558	X
2022	145,45	523,6	291.678	X
průměr	145,45	523,6	X	X
průměrná platba za energie při ceně za GJ posledního roku (vytápění)		291.678 Kč/rok		
jednotkové variabilní náklady na energie v posledním roce (vytápění)		557,02 Kč/GJ 2005,29 Kč/MWh		
účinnost původního zdroje vytápění		88%	(%)	
pr. roční potřeba tepla na vyt. (zohledněna účinnost pův. zdroje)		460,8 GJ/rok 128 MWh/rok		
násobitel (výkon kW -> energie MWh):		1,915164 (-)		
<p><i>poznámka: Dynamicky se mění podle zadané lokality. Výpočet viz list "Poměry_výkonů". Námí zavedený násobitel vycházející z denostupňové metody zohledňující podmínky konkrétní lokality ČR (méně přesná, když je zatepleno, protože např. ze 6 kW se 2 kW zadýchá a zavaří). Slouží pouze k odhadu, protože neznámé chování uživatele (větrání, nastavená teplota atd.) může ovlivnit výsledky i o více než 10 %. Původně převzato z TZB-info: https://bit.ly/3IDyqlr</i></p>				
odhad výkonu vytápění z PRŮMĚRNÉ roční spotřeby energií minulých let		66,8 kW		
odhad výkonu vytápění z MAXIMÁLNÍ roční spotřeby energií minulých let		67,4 kW		
<p><i>poznámka: Pokud se maximální roční spotřeba liší od té průměrné o více než 10 % (zvýrazní se červeně), tak zvážit počítání s tou maximální přepsáním do pole "z dokumentace". Může se totiž např. stát, že nějaký rok bude spotřeba nižší kvůli nezohlednění dotápění alternativním zdrojem (dřevem, uhlím atd.), což ovlivní průměrnou spotřebu.</i></p>				

Obrázek 12: odhad tepelné ztráty (kW) a průměrné spotřeby (MWh) ze spotřeb energií z minulých let

Výpočet výsledných hodnot nově ovlivňuje i zadaná lokace objektu, viz poznámky pro uživatele napsané v tomto formuláři.

Nově již není potřeba přepočítávat případně klientem předané spotřeby z MWh/rok na GJ/rok či obráceně, jelikož byla zavedena možnost uvádět spotřeby energií z minulých let v obou z těchto jednotek.

Informace týkající se plateb za energie jsou pouze jako doplňující informace pro uživateleův přehled a není s nimi dále automaticky kalkulováno.

Aby spotřeby energií (paliv) byly převedeny na potřebu tepelné energie, je potřeba zadat účinnost původního zdroje vytápění do k tomuto účelu nově vytvořené vstupní buňky ovlivňující výsledek.

3.4.2 Výpočty z energeticky vztažné podlahové plochy, typu a stavu zateplení objektu (vytápění bez TUV)

Další metodou výpočtu průměrné roční potřeby energie na vytápění a tepelných ztrát objektu je výpočet z energeticky vztažné podlahové plochy, typu objektu a stavu zateplení objektu.

Výsledky této metody slouží především jako hrubý odhad poskytující přibližné hodnoty, které mohou být užitečné například pro obchodníky, kteří při prvním kontaktu se zákazníkem nemají k dispozici detailnější informace.

Informace o těchto 3 vstupních hodnotách jsme již vyplnili v úvodním formuláři týkajícím se základních údajů o objektu. Výsledek je stejně jako v případě metody výpočtu ze spotřeb energií ovlivněn i zadanou lokací objektu.

V následující tabulce jsou uvedeny výsledky této metody, které jsou automaticky přepsány do dále vysvětlené tabulky.

Výpočty z metrů čtverečných, typu a zateplení objektu (vytápění bez TV)	
potřebný tepelný výkon na m ²	50 W/m ²
<i>poznámka: Načteno z tabulky dle typu a zateplení objektu.</i>	
odhad tepelné ztráty z metrů čtverečných, typu a stavu zateplení objektu	121,0 kW
násobitel (výkon kW -> energie MWh)	1,915164 (-)
<i>poznámka: Viz poznámka u stejného koeficientu výše.</i>	
odhadovaná průměrná roční potřeba tepelné energie na vytápění	834,2454 GJ/rok
	231,7348 MWh/rok

Obrázek 13: Odhad tepelné ztráty (kW) a průměrné spotřeby (MWh) z metrů čtverečných, typu a zateplení objektu

Tato metoda byla zakomponována nově. Parametry k její realizaci poskytl odhadem ze zkušeností z praxe Ing. Richard Beber. [7]

Tyto parametry, pomocí kterých tato metoda počítá, byly zapsány do tabulky na novém listu „Parametry k typům objektů“.

3.4.3 Hodnoty z dokumentace

Další možností stanovení průměrné roční potřeby energie na vytápění a výkonu tepelných ztrát objektu je odečtením hodnot z již vytvořené dokumentace objektu.

Tímto způsobem stanovená hodnota tepelné ztráty je softwarem považována jako nejpřesnější z možností stanovení.

Pro hodnotu průměrné roční potřeby energie na vytápění je však tato možnost stanovení odečtením z dokumentace až na druhém místě v pořadí přesnosti, jelikož na prvním je metoda stanovení ze spotřeb energií z minulých let.

3.4.4 Shrnutí metod stanovení průměrné roční potřeby energie na vytápění a výkonu tepelných ztrát objektu

Pro shrnutí tedy tento software nabízí stanovení tepelné ztráty objektu (kW) a průměrné roční potřeby tepelné energie (MWh) celkem 3 možnosti stanovení:

1. Ze spotřeb energií z minulých let
2. Z metrů čtverečných energeticky vztažné podlahové plochy, typu objektu a stavu zateplení objektu
3. Z dokumentace

Pro **tepelnou ztrátu objektu** (kW) je software přednastaven tak, aby vybral výsledek pro další výpočty z výsledků těchto tří metod dle pořadí přesnosti (3. -> 1. -> 2.), pokud jsou výsledky známé.

Pokud nejsou vyplněny údaje některé z metod, počítá dále s výsledkem té nejpřesnější ze zbývajících vyplněných metod. Může se totiž například stát, že se jedná o velmi starý objekt a dokumentace je ztracena nebo naopak nový objekt, ze kterého ještě nejsou naměřené žádné spotřeby energií z minulých let.

Pro **průměrnou roční potřebu tepelné energie** (MWh) je software přednastaven tak, aby vybral výsledek stejným způsobem, avšak dle rozdílného pořadí přesnosti, a to (1. -> 3. -> 2.).

Pro přehledné porovnání výsledků těchto metod stanovení těchto 2 hodnot byly vytvořeny následující tabulky.

Tepelná ztráta objektu [kW] při výpočtových podmínkách		
odhad ze spotřeb energií: 66,8 kW	odhad z metrů čtverečných: 121,0 kW	z dokumentace: 75 kW
Následné výpočty se budou provádět s hodnotou: 75,0 kW		
<i>pozn.: Uvažuje pořadí přesnosti: dokumentace -> spotřeby -> m2</i>		

Obrázek 14: Tabulka pro přehled výsledků tepelné ztráty objektu a uvedení jakou metodou získaná čísla budou použita pro následující výpočty

Prům. roční potřeba tepelné energie NA VYTÁPĚNÍ		
odhad ze spotřeb energií:	odhad z metrů čtverečných:	z dokumentace:
460,80 GJ/rok	834,25 GJ/rok	MWh/rok
128,00 MWh/rok	231,73 MWh/rok	0 GJ/rok
Následné výpočty provádět s hodnotou:		
460,8 GJ/rok		
128 MWh/rok		
pozn.: Uvažuje pořadí přesnosti: spotřeby -> dokumentace -> m2		

Obrázek 15: Tabulka pro přehled výsledků týkajících se průměrné roční potřeby tepelné energie na vytápění a uvedení jakou metodou získaná čísla budou použita pro následující výpočty

I zde má uživatel na výběr možnost zadat hodnotu energie buď v MWh/rok či GJ/rok, jelikož se obě jednotky objevují v informacích od klientů s podobnou četností. [7]

3.5 Stanovení potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody

Pod pojmem „teplá užitková voda“ (TUV) nebo také zkráceně „teplá voda“ (TV), je chápána voda určená například ke sprchování, mytí nádobí apod. [5]

Cirkulace teplé užitkové vody

V objektech, kde by z důvodu délky potrubí a nekontinuálního odběru teplé užitkové vody docházelo k časté nežádoucí potřebě „odtáčení vody“ (čekání, než doteče teplá), a tím k nežádoucímu plýtvání vodou, časem i komfortem uživatelů, se instaluje „cirkulace teplé užitkové vody“ (oběhové čerpadlo udržuje teplou užitkovou vodu neochlazenou od trubek blízko odběrovým místům). [7]

Ačkoli uživatel ochlazení vody od trubek, které následně ochlazuje okolí, nepocítí, jelikož zdroj tepla vodu v okruhu po určitém ochlazení dohřívá zpět na požadovanou teplotu, ke ztrátám bohužel v určité míře dochází a je potřeba to zohlednit ve výpočtech.

Tuto ztrátu tepelné energie z potrubí TUV zohledníme pomocí součinitele ztrát z potrubí. Ten je nově automaticky doplněn do výpočtů na základě přednastavených parametrů k rozbalovacímu seznamu v úvodním formuláři, ve kterém uživatel zadá informaci o rozvodech (trubkách). Jednou z možností ze seznamu je „zjistím zadáním spotřeb TV“. Při zvolení této možnosti a zadání spotřeb teplé užitkové vody do níže uvedené tabulky se součinitel ztrát dopočítá díky rozdílu mezi fyzikálně vypočítanou potřebnou energií na ohřev určitého objemu vody z 10 °C na 55 °C a reálným množstvím energie dodané zdrojem tepla na tento účel.

3.5.1 Výpočty ze spotřeb energií z minulých let (TUV bez vytápění)

Do následujícího formuláře vyplníme spotřeby energií z minulých let, které se týkají pouze teplé užitkové vody (TUV). Vyplníme i účinnost původního zdroje tepla na přípravu teplé užitkové vody. Je uvažováno, že zdroj tepla na přípravu TUV má stejnou účinnosti, jako zdroj tepla na vytápění.

TEPLÁ (užitková) VODA (dále jen TV)						
Výpočty ze spotřeb energií z minulých let (TV bez vytápění)					Výpočet součinitele ztrát tepla z TV (z 10°C na 55°C)	
<i>poznámka: Z faktur posledních alespoň 3 let opiš spotřeby energií (TV bez vytápění).</i>					<i>poznámka: Bude použit pouze při zvolení "zjistím zadáním spotřeb TV".</i>	
rok	MWh/rok	GJ/rok	Kč/rok (bez DPH)	m3/rok	MWh/rok	součinitel ztrát
2018	111,36	400,9	228.006			
2019	110,23	396,8	222.712			
2020	112,50	405,0	224.826			
2021	109,09	392,7	220.390			
2022	113,64	409,1	227.873			
průměr	111,36	400,9				
průměrná platba za energie při ceně za GJ posledního roku (příprava TV)			223.316 Kč/rok			
jednotkové variabilní náklady na energie v posledním roce (příprava TV)			557,02 Kč/GJ 2005,29 Kč/MWh			
účinnost původního zdroje přípravy TV			88% (%)			
pr. roční potřeba tepla na přípravu TV (zohledněna účinnost pův. zdroje)			352,8 GJ/rok 98 MWh/rok			

Obrázek 16: Odhad průměrné roční potřeby tepla na přípravu TUV

Výsledná průměrná roční potřeba tepla na přípravu teplé užitkové vody je automaticky přepsána do srovnávací tabulky s pořadím přesnosti, podobně jako tomu bylo v případě již dříve popsaného vytápění.

3.5.2 Výpočty z uvažovaného počtu osob

V následující tabulce pro potřebu tepla pro přípravu teplé užitkové vody v den představující roční špičku (kWh/den) má uživatel hodnoty nově částečně již přednastavené dle typu objektu.

potřeba tepla pro přípravu teplé vody v den představující roční špičku [kWh/den]			
<i>popis</i>		<i>l/d</i>	<i>norma / celkem</i>
uživatelé		uživatelé celkem:	398 kWh/den
byty	92,5 osob	82 l/d	4,3 kWh/osoba.den
hotel	0 osob	67 l/d	3,5 kWh/osoba.den
ubytovna	0 osob	48 l/d	2,5 kWh/osoba.den
nemocnice	0 lůžek	191 l/d	10 kWh/osoba.den
sportovní zařízení	0 sporto	42 l/d	2,2 kWh/sportovců.den
personál		personál celkem:	0 kWh/den
čistý provoz	0 osob	15 l/d	0,8 kWh/osoba.směna
špinavý provoz	0 osob	42 l/d	2,2 kWh/osoba.směna
gastro		gastro celkem:	0 kWh/den
jen výdej	0 jídel	2 l/d	0,1 kWh/jídlo
malý sortiment	0 jídel	3 l/d	0,15 kWh/jídlo
restaurace	0 jídel	4 l/d	0,2 kWh/jídlo
úklid		úklid celkem:	0 kWh/den
plocha	0 m ²	15 l/d	0,8 kWh/100m ²
ostatní		ostatní celkem:	0 kWh/den
množství vody	0 m ³ /den		
odhad denní potřeby tepelné energie na přípravu TV BEZ ZTRÁT:			398 kWh/den

součinitel ztrát tepla z TV:	0,50	(-)
<i>poznámka: Automaticky vyplněno z tabulky dle typu objektu a stavu cirkulace TV.</i>		
ztráty tepla v cirkulaci TV	199 kWh/den	
odhad denní potřeby tepelné energie na přípravu TV VČ. ZTRÁT:	597 kWh/den	
"současnost přípravy TV" - koef. (maxima pro denní špičku bez ztrát -> dlouhodobá spotřeba)	0,6	(-)

odhad celk. roční potřeby tepelné energie na přípravu TV (VČ. ZTRÁT):	574,9 GJ/rok
	159,7 MWh/rok

Obrázek 17: Specifikace potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody v den představující roční špičku

Jelikož v naší případové studii uvažujeme běžný bytový dům s blíže nespecifikovaným počtem osob (od zákazníka jsme dostali pouze informaci, že se v tomto bytovém době nachází 37 bytů), ponecháme přednastavené hodnoty v této tabulce beze změny, včetně koeficientu pro přepočítání maxima pro denní špičku bez ztrát na odhadovanou celkovou roční potřebu tepelné energie na přípravu TUV.

Se zadaným typem objektu se v této tabulce mění i podmíněné formátování (podbarvení vstupních buněk), které uživateli naznačí, zda je editovatelné buňky editovat možné nebo přímo nutné.

Jak již bylo zmíněno, tabulka je částečně automaticky předvyplněná. Například buňka v sekci „uživatelé“ – „byty“ odkazuje na jinou buňku, která je definována vzorcem:

```
=IFS(H8='parametry k typům objektů'!C6;4;'1_objekt'!H8='parametry k typům objektů'!C7;2,5*'1_objekt'!J13;'1_objekt'!H8='parametry k typům objektů'!C8; 0;'1_objekt'!H8='parametry k typům objektů'!C9;0;'1_objekt'!H8='parametry k typům objektů'!C10;0)
```

Buňka v sekci „personál“ – „čistý provoz“ jsou definovány vzorcem:

```
=IFERROR('1_objekt'!J11*SVYHLEDAT('1_objekt'!H8;'parametry k typům objektů'!C6:O10;12;NEPRAVDA);"zadej ručně")
```

Buňka „špinavý provoz“ vzorcem:

```
=IFERROR('1_objekt'!J11*SVYHLEDAT('1_objekt'!H8;'parametry k typům objektů'!C6:O10;13;NEPRAVDA);"zadej ručně")
```

U těchto 2 buněk při přednastavené hodnotě „zadej ručně“, která se objeví při nastavení typu objektu na „ostatní“ se i změni podmíněným formátováním podbarvení na modrou barvu signalizující nutnost vyplnění těchto buněk.

Buňka v sekci „úklid“ – „plocha“ je definována vzorcem:

```
=KDYŽ(NEBO('1_objekt'!H8="administrativní budova";'1_objekt'!H8="komerční budova");'1_objekt'!J11;"0")
```

V následující tabulce s názvem potřeba tepla pro přípravu teplé užitkové vody v průběhu dne ponecháme přednastavené hodnoty, které odpovídají časovému rozložení potřeby tepla pro přípravu TUV v průběhu dne běžného bytového domu. Díky tomu nám software vypočítá doporučený nabíjecí výkon TUV a doporučený objem akumulace TUV.

časové rozmezí	potřeba tepla pro přípravu TV v průběhu dne											ztráta součinitel z = 0,50	spotřeba		výkon		akumul. energie
	celk.	uživatelé		personál		gastro		úklid		ostatní			celková	ohřivače	kW	kWh	
		%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh						
0 - 1	4	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	8	12	6%	2	105	
1 - 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	28%	8	105	
2 - 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	28%	8	105	
3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	28%	8	105	
4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	28%	8	105	
5 - 6	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	41%	12	105	
6 - 7	12	3	12	0	0	1	0	20	0	0	0	8	20	67%	20	105	
7 - 8	16	4	16	3	0	2	0	20	0	0	0	8	24	81%	24	105	
8 - 9	20	5	20	15	0	3	0	0	0	0	0	8	28	94%	28	105	
9 - 10	28	7	28	6	0	5	0	0	0	0	0	8	36	100%	30	99	
10 - 11	32	8	32	5	0	7	0	20	0	0	0	8	40	100%	30	88	
11 - 12	24	6	24	10	0	16	0	20	0	0	0	8	32	100%	30	86	
12 - 13	16	4	16	8	0	15	0	20	0	0	0	8	24	100%	30	92	
13 - 14	8	2	8	4	0	7	0	0	0	0	0	8	16	96%	29	105	
14 - 15	8	2	8	4	0	5	0	0	0	0	0	8	16	54%	16	105	
15 - 16	12	3	12	8	0	4	0	0	0	0	0	8	20	67%	20	105	
16 - 17	24	6	24	25	0	4	0	0	0	100	0	8	32	100%	30	102	
17 - 18	88	22	88	8	0	5	0	0	0	0	0	8	96	100%	30	37	
18 - 19	48	12	48	3	0	6	0	0	0	0	0	8	56	100%	30	11	
19 - 20	28	7	28	1	0	7	0	0	0	0	0	8	36	100%	30	5	
20 - 21	12	3	12	0	0	7	0	0	0	0	0	8	20	100%	30	14	
21 - 22	8	2	8	0	0	3	0	0	0	0	0	8	16	100%	30	28	
22 - 23	4	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	8	12	100%	30	46	
23 - 24	4	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	8	12	100%	30	64	
celkem %		100		100		100		100		100							
kWh/den	398	398		0		0		0		0		199	597				

<p>poznámka: Využití akumulace nesmí být >100%, jinak je kombinace nabíjecího výkonu a objemu akumulace nedostačující k pokrytí normové spotřeby objektu (příliš nízký nabíjecí výkon nebo příliš malý objem akumulace). Možno připustit pouze u větších objektů s nižší současností odběru.</p>	<p>Kontrolní ukazatel využití akumulace:</p> <p>✓ 95,64%</p>
---	--

Obrázek 18: Časové rozložení potřeby tepla na přípravu teplé užitkové vody v den představující roční špičku

Bylo zde zakomponováno automatické doplnění koeficientu ztrát v cirkulaci teplé užitkové vody, viz výše.

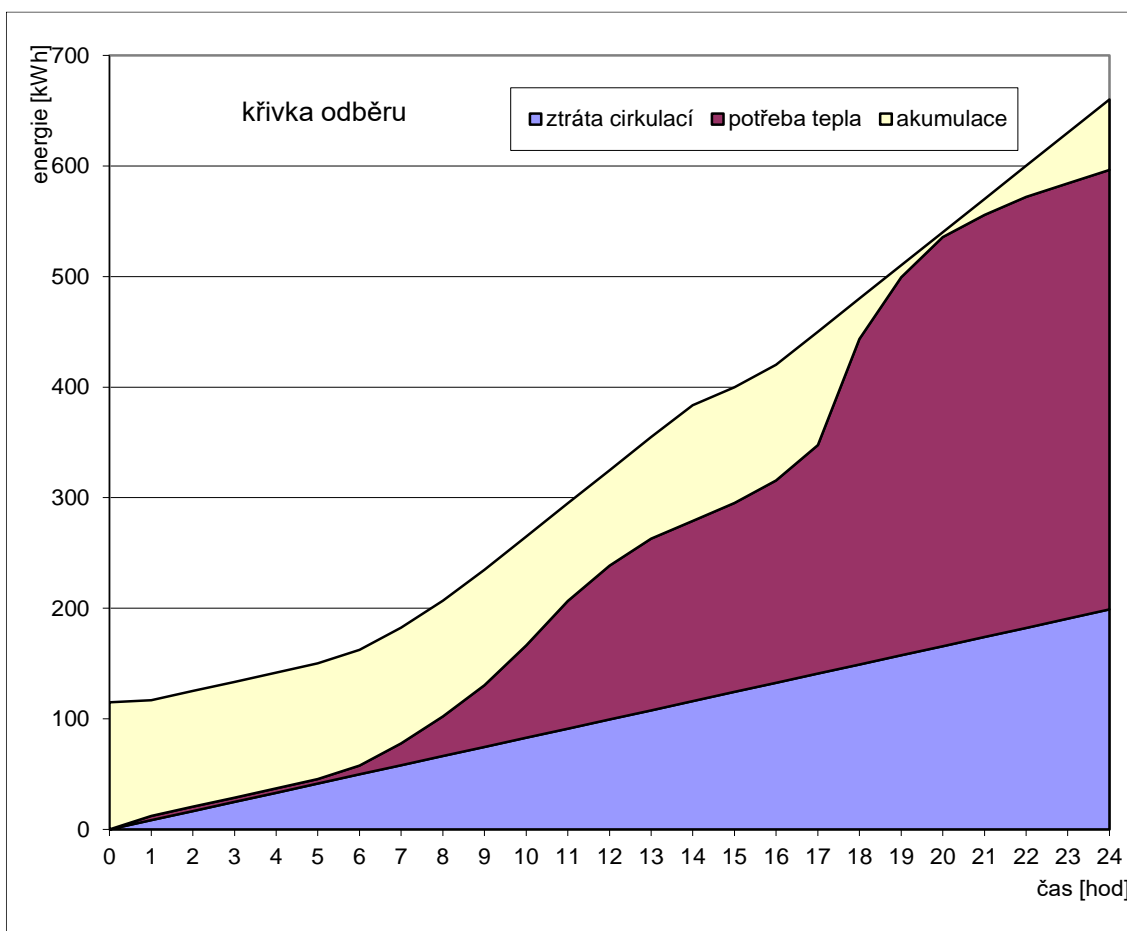
Sloupec nejvíce vpravo byl doplněn podmíněným formátováním upozorňujícím v případě, že by stav akumulace energie vycházel v záporných číslech.

Také zde byl doplněn kontrolní ukazatel využití akumulace, který byl v původní verzi jinde a bez podrobnějšího vysvětlení pro případné ostatní uživatele, než je autor původní výpočtové pomůcky. Byl také doplněn vysvětlující poznámkou a podmíněným formátováním, které uživatele důrazněji upozorní na potřebné změny v návrhu.

<i>poznámka: Využití akumulace nesmí být >100%, jinak je kombinace nabíjecího výkonu a objemu akumulace nedostačující k pokrytí normové spotřeby objektu (příliš nízký nabíjecí výkon nebo příliš malý objem akumulace). Možno připustit pouze u větších objektů s nižší současností odběru.</i>	Kontrolní ukazatel využití akumulace:
	✘ 128,58% Zvyš nabíjecí výkon nebo objem akumulace TV!

Obrázek 19: Kontrolní ukazatel využití akumulace signalizující upozornění

Užitečnou vizualizací je křivka odběru, která je vidět na následujícím obrázku. Ukazuje, zda potřeba tepla v daný moment není vyšší, než kolik je uchováno v akumulaci. Pokud je křivka akumulace výše než křivka potřeby tepla a nepřekrývají se, dimenzování je v pořádku. [7]

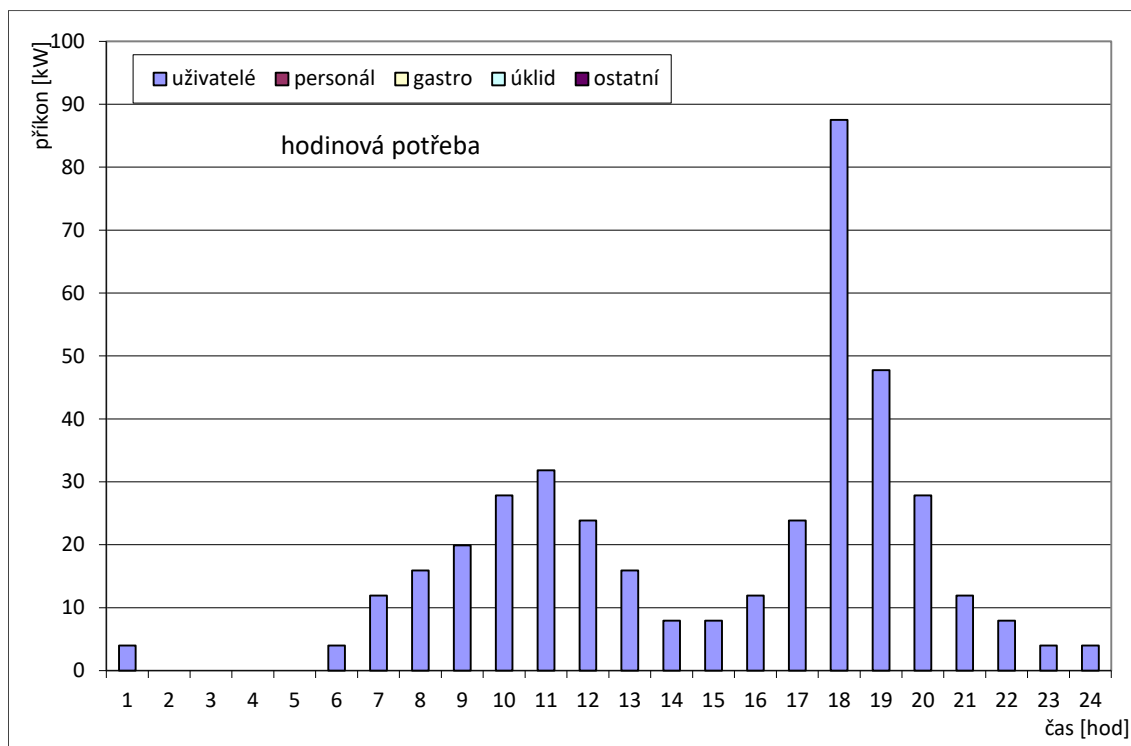


Obrázek 20: Křivka odběru

Histogram hodinových potřeb teplé užitkové vody poskytuje vizualizaci nastavených hodnot.

V našem případě jsou hodnoty nastaveny tak, že nejvyšší potřeba teplé užitkové vody je okolo 18:00, kdy se setkává to, že se uživatelé objektu např. sprchují po příchodu z práce a zároveň myjí nádoby. Zvýšená spotřeba TUV je také nastavena okolo 11:00, kdy se může např. potkávat sprchování později vstávajících a příprava oběda. Tyto činnosti jsou statisticky rozloženy, jelikož je uvažováno, že objekt užívá 93 lidí.

Tento histogram je zobrazen na následujícím obrázku.




Obrázek 21: Histogram hodinových potřeb

Charakter spotřeby TUV je také ovlivněn demografií uživatelů. Výraznější rozdíl hodinové potřeby TUV může být například mezi vysokoškolskými kolejemi a byty pro seniory, přestože by se oba objekty daly nazvat bytovými domy.

3.5.3 Dimenzování nabíjecího výkonu TUV (kW) a objemu akumulace TUV (m³)

V následujícím formuláři nastavíme kombinaci hodnot nabíjecího výkonu TUV a objemu akumulace TUV tak, aby se tato kombinace příliš nelišila od doporučených hodnot a zároveň splňovala podmínku, aby kontrolní ukazatel využití akumulace nepřesáhl hodnotu 100 %.

Lze upřednostňovat snížení potřeby nabíjecího výkonu TUV na úkor potřeby zvýšeného objemu akumulace TUV a naopak. V případě upřednostnění snížení potřebného nabíjecího výkonu TUV ušetříme investiční náklady na zdroj tepla. V případě upřednostnění snížení potřebného objemu akumulace TUV ušetříme místo v kotelně, které může být omezené.

Dimenzování nabíjecího výkonu TV [kW] a objemu akumulace TV [m ³]		
doporučený nabíjecí výkon TV	24,9 kW	Kontrolní ukazatel využití akumulace:
nabíjecí výkon TV	30,0 kW	
doporučený objem akumul. TV	2,585 m ³	
objem akumul. TV	2,00 m³	
<p><i>poznámka: Využití akumulace nesmí být >100%, jinak je kombinace nabíjecího výkonu a objemu akumulace nedostačující k pokrytí normové spotřeby objektu (příliš nízký nabíjecí výkon nebo příliš malý objem akumulace). Možno připustit pouze u větších objektů s nižší současností odběru.</i></p>		 95,64%

Obrázek 22: Nabíjecí výkon a objem akumulace TUV

Doporučený nabíjecí výkon se vypočítá tak, že se celková spotřeba TUV v den představující roční špičku (v kWh) vydělí 24 (počet hodin jednoho dne). [7]

Doporučený objem akumulace TUV vyžaduje složitější výpočet (viz původní výpočetní pomůcka „kalkulace_GT.xlsx“) zahrnující přepočtení energie na objem vody, jejíž teplota se zvýší o 45 °C (Ohřátí vody z vodovodního řadu o teplotě 10 °C na požadovanou teplotu 55 °C.).

Nabíjecí výkon je defaultně přednastaven stejný jako doporučený.

Objem akumulace TUV je defaultně přednastaven vzorcem:

```
=MIN(KDYŽ('Databáze zásobníků TV'!$A$2:$A$1000>'1_objekt'!N88;'Databáze zásobníků TV'!$A$2:$A$1000))
```

Výše zmíněný vzorec vybere nejmenší vyšší objem, než je ten doporučený z nově zavedené databáze zásobníků TUV (akumulací). Tato nová databáze obsahuje v současném stavu pouze seznam dostupných objemů a jejich kombinací zásobníků TUV od výrobců, se kterými společnost GT Energy, s.r.o. spolupracuje.

Do budoucna je však možné tuto databázi rozšířit o data konkrétních zásobníků TUV – jejich ceny, rozměry, dostupnost a další data, díky kterým by bylo možné z tohoto softwaru dostat ještě užitečnější výstupy bez navýšení složitosti používání.

3.5.4 Stanovení průměrné roční potřeby tepelné energie na přípravu TUV (MWh)

Editovatelnou vstupní buňku pro stanovení průměrné roční potřeby tepelné energie na přípravu TUV z dokumentace ponecháme prázdnou, jelikož tuto informaci od zákazníka k dispozici nemáme.

Průměrná roční potřeba tepelné energie na přípravu teplé užitkové vody (včetně ztrát v cirkulaci) lze v tomto softwaru odhadnout 3 možnými způsoby:

1. Ze spotřeb energií
2. Z počtu osob
3. Z dokumentace

Software dále defaultně počítá s výsledkem té nejpřesnější z vyplněných metod, podobně jako tomu je u podobné tabulky patřící k určování průměrné roční energie na vytápění.

Zde je ovšem nastaveno pořadí přesnosti metod na 1. -> 2. -> 3. Výsledek ze spotřeb energií bývá nejpřesnější, jelikož vychází z reálných spotřeb z minulosti, jako druhé nejpřesnější je nastaven výpočet z počtu osob, jelikož bývá detailnější, než projektanti v běžné praxi budoucí spotřebu TUV počítají. [7]

Prům. roční potřeba tepelné energie NA PŘÍPRAVU TV (vč. ztrát v cirkulaci TV)		
odhad ze spotřeb energií:	odhad z počtu osob (viz "1_pomTV")	z dokumentace:
352,80 GJ/rok	574,91 GJ/rok	MWh/rok
98,00 MWh/rok	159,70 MWh/rok	0 GJ/rok
Následné výpočty provádět s hodnotou: 352,80 GJ/rok 98,00 MWh/rok		
<i>pozn.: Uvažuje pořadí přesnosti: spotřeby -> osoby -> dokument.</i>		

Obrázek 23: tabulka pro přehled výsledků týkajících se průměrné roční potřeby tepelné energie na přípravu TUV a uvedení jakou metodou získaná čísla budou použita pro následující výpočty

3.6 Stanovení požadovaného výkonu zdroje tepla

Když jsme již určili hodnoty tepelné ztráty objektu (kW) a nabíjecí výkon TUV (kW) se kterými chceme dál počítat, můžeme vypočítat požadovaný výkon zdroje tepla.

Následující tabulku ponecháme beze změny, jelikož námi posuzovaný bytový dům nemá aplikovanou vzduchotechniku (VZT) a jiné vstupní buňky v této tabulce nejsou.

Výpočet požadovaného výkonu zdroje tepla (pro vytápění i přípravu TV)		
<i>(popis)</i>	<i>(jednotka)</i>	výpočtové podmínky
venkovní teplota	°C	-12
četnost dní s nižší teplotou (Praha)	dní	5
tepelný výkon - vytápění	kW	75,0
tepelný výkon - VZT	kW	0,0
ohřev TV	kW	30,0
provozní špička 1	kW	82,5
provozní špička 2	kW	75,0
požadovaný výkon zdroje tepla	kW	82,5

Obrázek 24: Výpočet požadovaného výkonu zdroje tepla (pro vytápění i přípravu TUV)

Výše požadovaného výkonu zdroje tepla velmi významně ovlivňuje investiční náklady. U tepelných čerpadel, kde jsou v porovnání s ostatními zdroji tepla vysoké investiční náklady na každou kW instalovaného výkonu, jsme o to více motivováni návrh výkonu zdroje tepla nepředimenzovat. [10]

Venkovní výpočtová teplota byla automaticky doplněna dle zadané lokality objektu.

Tento vypočítaný požadovaný výkon zdroje tepla bude buď celý pokrývat navržené tepelné čerpadlo nebo pouze jeho část a zbytek pokryje na kW výkonu provozně dražší, ale investičně levnější bivalentní zdroj tepla.

Vzorce pro výpočet požadovaného výkonu zdroje tepla pro větší budovy jsou následující (výsledkem je vyšší číslo z výsledků Q_I ; Q_{II}):

$$Q_I = 0,7 \times (Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TECH}) + Q_{TUV}$$

(zohledňuje současnost pro vyšší výkon pro přípravu TUV, v tabulce nástroje uvedeno jako „provozní špička 1“)

$$Q_{II} = Q_{VYT} + Q_{VZT}$$

(platí pokud je příprava TUV pod 30 % tepelné ztráty budovy, v tabulce nástroje uvedeno jako „provozní špička 2“)

$Q_{VYT} = Q_V + Q_T =$ Tepelný výkon na vytápění (tepelná ztráta prostupem konstrukcemi + tepelná ztráta větráním)

$Q_{VZT} =$ Tepelný výkon vzduchotechniky (je-li větrání strojní, nezapočítává se ztráta větráním)

$Q_{TECH} =$ Potřebný výkon pro technologii

$Q_{TUV} =$ Nabíjecí výkon pro přípravu teplé užitkové vody [10]

3.7 Uvedení informací o původním zdroji tepla

Do následující tabulky uvedeme informace o původním zdroji tepla.

V případě tohoto bytového domu se jedná o plynový kotel s účinností 88 %. Hodnoty přednastavené pro další možné původní zdroje tepla můžeme ponechat předvyplněné, jelikož bez udání jejich jmenovitého výkonu nejsou uvažovány. Uvažovanou účinnost distribuce ponecháme na 89 %. Stejně tak ponecháme hodnotu přednastavenou pro účinnosti sdílení.

V současném stavu softwaru je tato tabulka stále potřeba, do budoucna by šla zakomponovat do „jednotné databáze tepelných čerpadel (investičních variant)“.

Varianta 0:		původní zdroj tepla (a chladu)				(některé sloupce byly pro úhlednější zobrazení skryty)								spotřebovaná paliva			vyrobené (dodané) teplo	
název zdroje	jm.výkon	sezónní	účinnost	účinnost	potřeba tepla			spotřeba energie v palivu				pomocné energie	CZT	plyn	elektro			
	kW	účinnost	distibuce	sdílení	VYT	VZT	TV	VYT	VZT	TV	celkem					jed.	MWh/rok	MWh/rok
CELKEM															0,00	274,80	2,00	226,00
PLYNOVÉ ZDROJE																		plyn
plynový kond. kotel	100,00	88%	89%	100%	128,00	0,00	98,00	163,43	0,00	111,36	274,80	MWh	2,00		274,80	2,00	274,80	
plynové TČ			89%	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MWh	0,00		0,00	0,00	0,00	
ELEKTROZDROJE											0,00	MWh						elektro
elektrokotel		0,99	89%	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MWh	0,00			0,00	0,00	
VRV			89%	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MWh	0,00			0,00	0,00	
CZT											0,00	MWh						CZT
výměníková stanice		0,99	89%	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MWh	0,00	0,00		0,00	0,00	

Obrázek 25: Informace o původním zdroji tepla (sloupce ohledně chladu byly pro přehlednost skryty)

3.8 Nastavení parametrů pro ekonomické hodnocení

V následující tabulce vybereme z rozbalovacího seznamu pro typ investora hodnotu „nepodnikatel/SVJ/družstvo“. Ostatní editovatelné vstupy necháme tak, jak jsou již přednastavené, jelikož si zákazník přeje uvažovat již přednastavené hodnoty průměrného ročního růstu ceny všech paliv 3 % a diskontní míru 2,5 %.

PARAMETRY PRO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ		
typ investora	nepodnik./SVJ/družstvo	
diskontní míra	2,5%	
daňová sazba	0%	
očekávaná průměrná roční změna cen	CZT	+3%
	plyn	+3%
	elektro	+3%
	jiné	+3%
	ostatní	+3%

*poznámka: Dle vyhlášky o energetickém auditu a energetickém posudku dle novely zák.406/2000 Sb. od 1.1.2013 jsou stanoveny parametry pro ekonomické hodnocení na dobu hodnocení **20 let** a roční růst cen energie **3 %** (zdroj:<https://bit.ly/3rTy70S>)*

Obrázek 26: Parametry pro ekonomické hodnocení

Nově bylo zautomatizováno předvyplnění diskontní míry investora a daňová sazba. Obě tyto hodnoty závisí na typu investora z hlediska právní formy (v možnostech jsou volby nepodnikatel/SVJ/družstvo, podnikatel – OSVČ, podnikatel – právnická osoba, korporace, jiné). Diskontní míra je předvyplněna orientačně pro případ, že zákazník nemá konkrétní požadavky na uvažovanou diskontní míru, jinak lze upravit, jak naznačuje žluté podbarvení této vstupní buňky.

Očekávaná průměrná roční změna cen energií je faktorem, který se špatně predikuje a významně ovlivňuje výsledky. Je proto v možnostech na přání klienta

udělat studii s optimistickým či pesimistickým výhledem na budoucí ceny energií a modelovat různé scénáře dle jeho osobních očekávání.

V naší ukázkové studii ponecháme přednastavenou očekávanou průměrnou roční změnu cen energií u všech paliv na +3% (průměrně tříprocentní zdražení ročně).

3.9 Zadání cen paliv a ostatních provozních nákladů

V následujícím formuláři vyplníme uvažované ceny energií (paliv a tepla z centrálního zásobování teplem CZT) dle zákaznických přání nebo dle aktuální tržní ceny. V našem případě chce zákazník uvažovat počáteční ceny v roce realizace dle jeho úsudku. Ceny za CZT můžeme nechat přednastavené, protože nemají vliv na výsledky, jelikož objekt nemá možnost odebírat teplo z CZT.

PROVOZNÍ (každoroční) NÁKLADY (v roce realizace)				
<i>poznámka: Neditovatelné buňky patřící k "NOVÝ zdroj tepla (a chladu)" jsou kvůli funkčnosti automatických výpočtů předvyplněny jednou z investičních variant z "Databáze TČ". Variantu možno vybrat na listu "Vyhodnocení".</i>				
		PŮVODNÍ zdroj tepla (a chladu)		NOVÝ zdroj tepla (a chladu)
CZT	variabilní složka	objem spotřeby	0,00 MWh/rok	0,00 MWh/rok
		jednotková cena	2.000,00 Kč/MWh	2.000,00 Kč/MWh
		variabilní celkem	0 Kč/rok	0 Kč/rok
	fixní složka		Kč/rok	Kč/rok
		fixní celkem	0 Kč/rok	0 Kč/rok
celkem za palivo CZT		0 Kč/rok	0 Kč/rok	
plyn	variabilní složka	objem spotřeby	274,80 MWh/rok	7,04 MWh/rok
		jednotková cena	3.000,00 Kč/MWh	3.000,00 Kč/MWh
		variabilní celkem	824.387 Kč/rok	21.119 Kč/rok
	fixní složka		Kč/rok	Kč/rok
		fixní celkem	0 Kč/rok	0 Kč/rok
celkem za palivo plyn		824.387 Kč/rok	21.119 Kč/rok	
elektřina	variabilní složka	objem spotřeby	2,00 MWh/rok	58,04146 MWh/rok
		jednotková cena	6.000,00 Kč/MWh	6.000,00 Kč/MWh
		variabilní celkem	12.000 Kč/rok	348.249 Kč/rok
	fixní složka		Kč/rok	Kč/rok
		fixní celkem	0 Kč/rok	0 Kč/rok
celkem za palivo elektřina		12.000 Kč/rok	348.249 Kč/rok	
ostatní	oprava a údržba	1,50%	0 Kč/rok	12.864 Kč/rok
	revize zdroje		10.000 Kč/rok	10.000 Kč/rok
	pojištění	0,50%	0 Kč/rok	4.288 Kč/rok
	technolog. spotř. vody	1 m3/rok	80 Kč/rok	80 Kč/rok
	dozor/pohotov./správa		26.000 Kč/rok	26.000 Kč/rok
	celkem za ostatní provozní náklady		36.080 Kč/rok	53.232 Kč/rok
CELKEM provozní náklady (v roce realizace)			872.467 Kč/rok	422.600 Kč/rok
<i>poznámka: Dodatkem "v roce realizace" je myšleno před vnesením vlivu očekávané průměrné roční změny cen provozních nákladů.</i>				

Obrázek 27: Provozní náklady

V tabulce provozních nákladů jsme tedy vyplnili ceny energií v roce realizace. Od těchto cen se pak odvíjí předpokládané budoucí provozní náklady v dalších letech. Pokud uživatel či jeho klient očekává, že se aktuální ceny energií vymykají dlouhodobému trendu, je potřeba to zohlednit v nastavených výchozích cenách (v roce realizace) či v očekávané průměrné roční změně cen energií tak, aby to bylo co nejbližší jeho očekávání.

Možným vylepšením tohoto nástroje do budoucna je zavedení možnosti vyplnění očekávaných změn v cenách energií pro každý rok zvlášť. V současné verzi je potřeba očekávané odchylky od stabilně nastaveného trendu rozpočítat do doby životnosti investice (v našem případě 20 let).

Objemy spotřeb jednotlivých energií (paliv) spotřebovaných původním zdrojem tepla jsou automaticky doplněny z tabulky „Informace o původním zdroji tepla“. Objemy spotřeb novým zdrojem tepla jsou automaticky doplněny po vzoru následujícího vzorce, který se váže na výsledky rozsáhlých výpočtů poměrů dodaného tepla a poměrů spotřebovaných paliv mezi hlavním a bivalentním zdrojem tepla (CZT – centrální zásobování teplem – je pro jednodušší pochopení uživatelem označeno také jako „palivo“):

```
=SUMA(KDYŽ((SVYHLEDAT('Databáze TČ'!$A$1;'Databáze TČ'!$KW$7:$LW$9999;26;NEPRAVDA))="elektrina";SVYHLEDAT('Databáze TČ'!$A$1;'Databáze TČ'!$KW$7:$LW$9999;22;NEPRAVDA);0);KDYŽ((SVYHLEDAT('Databáze TČ'!$A$1;'Databáze TČ'!$KW$7:$LW$9999;27;NEPRAVDA))="elektrina";SVYHLEDAT('Databáze TČ'!$A$1;'Databáze TČ'!$KW$7:$LW$9999;24;NEPRAVDA);0))
```

Ve všech v současné verzi nástroje námi porovnávaných investičních variantách je hlavním zdrojem tepla tepelné čerpadlo nebo více kusů tepelných čerpadel zapojených do tzv. kaskády, díky čemuž se chovají velmi podobně jako tepelné čerpadlo s násobně velkým výkonem dle počtu.

Mezi ostatní provozní náklady patří i náklady na opravu a údržbu, které jsou odhadnuty a automaticky doplněny jako 1,5 % z investičních nákladů (kterým se budeme věnovat později) na technologie (bez stavebních a dalších nákladů) za rok, revize zdroje je přednastavena fixně, v našem případě jako 10 000 Kč za rok, pojištění je odhadováno a automaticky doplněno jako 0,5 % z investičních

nákladů na technologie. Je zde zařazena i téměř zanedbatelná položka na technologickou spotřebu vody.

Položka s názvem „dozor/pohotovost/správa/ostatní“ slouží k zohlednění následujícího:

V bytovém domě mohou být např. varianty, že se domovník do kotelny jednou týdně podívá zadarmo nebo chce 500 Kč týdně nebo ho nahradí facility firma za např. 10 000 Kč měsíčně. V našem případě budeme předpokládat, že se majitel dohodne s domovníkem na kontrole kotelny na stejných podmínkách, jako byly dosud, a to 500 Kč týdně. Při 52 týdnech v roce to činí 26 000 Kč za rok. [7]

3.10 Určení investičních nákladů

V následující tabulce vyplníme očekávané investiční náklady, které se týkají všech investičních variant. V případě této studie uvažujeme náklad 50 tisíc Kč za inženýrské sítě, což spadá do investičních nákladů kategorie „stavba“.

	popis	výkon (kW)	jednotka	množství	cena/jednotka	cena celkem
PŮVODNÍ zdroj tepla (a chladu)	plynový kond. kotel	100		0		- Kč
	plynové TČ	0		0		- Kč
	elektrokotel	0		0		- Kč
	VRV	0		0		- Kč
	výměníková stanice	0		0		- Kč
	vrty/kolektor	stavba		0		- Kč
	inž.sítě	stavba		0		- Kč
	ostatní + montáž další	technologie technologie		0 0		- Kč - Kč
NOVÝ zdroj tepla (a chladu)	0	0		0		- Kč
	0	0		0		- Kč
	0	0		0		- Kč
	0	0		0		- Kč
	0	0		0		- Kč
	vrty/kolektor	stavba		0		- Kč
	inž.sítě	stavba		1	50.000 Kč	50.000 Kč
	ostatní + montáž další	technologie technologie		0 0	- Kč	- Kč - Kč

Obrázek 28: Pomocná tabulka k investičním nákladům

Tato pomocná tabulka původně určená k zadávání investičních nákladů porovnávaných variant byla zatím zachována pro možnost zadání investičních nákladů, které se týkají všech porovnávaných variant.

V následující tabulce vyplníme možnou výši dotace dle aktuálně platných dotačních programů. Pro ukázkou funkčnosti nástroje byla zvolena možná výše dotace 50 %, kterou vyplníme do vstupní buňky.

INVESTIČNÍ (jednorázové) NÁKLADY					
poznámka: Needitovatelné buňky patřící k "NOVÝ zdroj tepla (a chladu)" jsou kvůli funkčnosti automatických výpočtů předvyplněny jednou z investičních variant z "Databáze TČ". Variantu možno vybrat na listu "Vyhodnocení".					
		PŮVODNÍ zdroj tepla (a chladu)		NOVÝ zdroj tepla (a chladu)	
investice v roce 0	technologie	0 Kč		857.610 Kč	
	stavební	0 Kč		50.000 Kč	
	projektová příprava 5%	0 Kč		45.381 Kč	
	technický dozor 1%	0 Kč		9.076 Kč	
	celk. inv. nákl. v 0. r. BEZ DOTACE	0 Kč		962.067 Kč	
	dotace	- Kč	0%	- 481.033 Kč	50%
	celk. investiční nákl. v 0. r. VČETNĚ DOTACE	0 Kč		481.033 Kč	
reinvestice v letech 11 a 21	technologie z % tech. z r. 0	- Kč	20%	171.522 Kč	20%
	další	0 Kč		0 Kč	
	celkem reinvestiční náklady po 10 letech	0 Kč		171.522 Kč	

Obrázek 29: Investiční náklady

Investiční náklady týkající se konkrétních variant zvlášť jsou zadány u každé investiční varianty v listu „Databáze TČ“ a jsou provázány s firemním online ceníkem jednotlivých produktů potřebných k realizaci jednotlivých investičních variant.

Když vedení společnosti rozhodne o změnách v ceníku, v interní verzi tohoto nástroje se cena okamžitě upraví v databázi a ovlivní výsledky daných upravených variant. K tomuto provázání byla využita služba od společnosti Airtable (<https://www.airtable.com>).

Ve verzi zveřejněné v rámci této diplomové práce byly jednotlivé ceny položek jednorázově vynásobeny vygenerovanými náhodnými čísly v rozmezí od 0,8 do 1,2.

Odhadovaná cena montáže je u každé investiční varianty přednastavena jako 20 % ze součtu všech zbylých investičních nákladů týkajících se technologie a je možno tento procentní odhad upravit u každé investiční varianty zvlášť.

V tabulce investičních nákladů jsou již doplněny výsledné náklady za technologie v součtu cen všech potřebných položek včetně odhadnutých nákladů za montáž a ostatních investičních nákladů za technologie.

Investiční náklady týkající se stavebních úprav jsou součtem položek vyplněných v tabulce „Pomocná tabulka k investičním nákladům“ v řádcích „vrty/kolektor“ a „inženýrské sítě“.

Investiční náklady za projektovou přípravu jsou odhadnuty jako 5 % ze součtu nákladů za technologie a nákladů stavebních. Náklady za technický dozor obdobně, ale jako 1 %. [7]

Vstupní buňka pro výši dotace byla zavedena nově. Dříve se počítaly ekonomické výsledky pouze bez dotace nebo musel uživatel původních nástrojů s tímto omezením počítat a upravit podle toho vstupy. Toto zavedení možnosti zohlednění výše dotace má zásadní vliv na ekonomické výsledky. Může se však stát, že investor nakonec dotaci neobdrží kvůli nedodržení jejích podmínek.

Proto je nově zavedeno automatické vyhodnocení ekonomických výsledků všech investičních variant včetně obdržení dotace i bez obdržení dotace – výsledky obou scénářů při vyplnění vstupů pouze jednou.

Aby se ekonomicky zohlednila potřeba výměny součástí s nižší životností, než je celková předpokládaná životnost investice, kterými bývají například kompresory či základní řídicí deska, je odhadnuta potřebná výše reinvestice po 10 letech jako 20 % z investičních nákladů na technologie vynaložených na počátku životnosti investice. [7]

V případě kalkulování životnosti investice delší než 20 let je tato potřeba reinvestice zohledněna 2krát.

3.11 Výsledky ekonomické kalkulace

V následující tabulce máme možnost změny očekávané doby životnosti investice. V této případové studii ponecháme u tepelných čerpadel standardně uvažovanou dobu životnosti investice 20 let. [7]

VÝSLEDKY EKONOMICKÉ KALKULACE		
<i>poznámka: Needitovatelné buňky patří k "NOVÝ zdroj tepla (a chladu)" jsou kvůli funkčnosti automatických výpočtů předvyplněny jednou z investičních variant z "Databáze TČ". Variantu možno vybrat na listu "Vyhodnocení".</i>		
	PŮVODNÍ zdroj tepla (a chladu)	NOVÝ zdroj tepla (a chladu)
PRO OČEKÁVANOU DOBU ŽIVOTNOSTI INVESTICE:		20 let
když BUDE obdržena dotace		
"PROSTÁ" DOBA NÁVRATNOSTI (viz pozn.)		1,07 let
"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)		1,04 let
DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNOSTI		1,11 let
ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA	ČSH (NPV)	8.860.973 Kč
VNITŘNÍ VÝNOSOVÉ PROCENTO	VVP (IRR)	99,3%
když NEBUDE obdržena dotace		
"PROSTÁ" DOBA NÁVRATNOSTI (viz pozn.)		2,14 let
"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)		2,04 let
DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNOSTI		2,18 let
ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA	ČSH (NPV)	8.379.940 Kč
VNITŘNÍ VÝNOSOVÉ PROCENTO	VVP (IRR)	51,0%

Obrázek 30: Výsledky ekonomické kalkulace (1. investiční varianty)

V současné verzi nástroje se nastavuje očekávaná životnost investice hromadně pro všechny varianty stejná. Možným vylepšením do budoucna je zavedení možnosti nastavit očekávanou dobu životnosti investice pro každou investiční variantu zvlášť.

V současném stavu zveřejněném v rámci této diplomové práce je předvyplněno více než 100 investičních variant s tím, že je potenciálně možno předvyplnit **investičních variant i několik tisíc**, jejichž data se zadají jednou a jsou připraveny jako investiční varianta pro teoreticky nekonečný počet posuzování nekonečného množství objektů.

Výsledky ekonomické kalkulace jsou vypočteny automaticky 2x, a to jednou za předpokladu, že bude obdržena dotace, a podruhé, že dotace obdržena nebude.

Výsledkem každého z těchto scénářů je 5 výstupů. Znamená to tedy 10 výstupů pro každou možnou investiční variantu z databáze tepelných čerpadel (investičních variant).

Zmíněných 5 výstupů pro každý scénář a každou variantu představují 3 druhy návratnosti, čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento.

Návratnosti

V původní verzi výpočtové pomůcky byly zavedeny 2 druhy návratnosti. Prostá doba návratnosti a diskontovaná doba návratnosti. S nově zavedeným zohledněním ovlivnění daňových odvodů byla nově zavedena „nediskontovaná“ doba návratnosti. Pro lepší pochopení uživatele jsou takto zavedené výpočty dob návratnosti doplněny poznámkami.

„Prostá“ doba návratnosti

Poznámka pro uživatele: „Neuvažuje zdražování energií, daně ani diskontní míru -> velmi málo vypovídající“

Výpočet je proveden vzorcem odkazujícím na celkové provozní náklady a celkové investiční náklady:

=KDYŽ(A(((I65-G65)/(G49-I49))<I76;((I65-G65)/(G49-I49))>0);(I65-G65)/(G49-I49);"nikdy")

„Nediskontovaná“ doba návratnosti

Poznámka pro uživatele: „Uvažuje zdražování energií, ale ne diskontní míru -> málo vypovídající“

Výpočet je proveden odkázáním funkcí „SVYHLEDAT“ na příslušný řádek tabulky s toky peněz (CF - cash flow) dle očekávané životnosti investice, ve kterém je uplatněn následující vzorec:

=KDYŽ(AI62<(KDYŽ(AE63>0;Q63-1+(12-AE63/W63)/12;"nikdy")); AI62;KDYŽ(AE63>0;Q63-1+(12-AE63/W63)/12;"nikdy"))

Diskontovaná doba návratnosti

Poznámka pro uživatele: „Uvažuje zdražování energií i diskontní míru -> nejvíce vypovídající“

Výpočet je proveden také odkázáním funkcí „SVYHLEDAT“ na příslušný řádek tabulky s toky peněz (CF - cash flow) dle očekávané životnosti investice, ve kterém je uplatněn podobný vzorec:

=KDYŽ(AJ62<(KDYŽ(AG63>0;Q63-1+(12-AG63/W63)/12;"nikdy"));AJ62;
KDYŽ(AG63>0;Q63-1+(12-AG63/W63)/12;"nikdy"))

Čistá současná hodnota (ČSH)

Výstupní buňka čisté současné hodnoty (ČSH nebo také anglicky NPV – net present value) je odkazována funkcí „SVYHLEDAT“ na příslušný řádek tabulky s toky peněz (CF - cash flow) dle očekávané životnosti investice.

Na daném řádku je hodnota rovnající se kumulovanému diskontovanému toku peněz (CF – cash flow) do daného roku.

Pokud bychom chtěli vypočítat čistou současnou hodnotu bez vytváření výpočtových tabulek, potřebovali bychom k tomu následující vzorec:

$$\check{C}SH = -K + \sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

Kde: ČSH = čistá současná hodnota

$P_{1,2,\dots,n}$ = peněžní příjem (CF – Cash Flow) z investice
v jednotlivých letech její životnosti

i = požadovaná výnosnost (diskontní sazba; úrok v %/100)

K = kapitálový výdaj

N = doba životnosti investice

n = jednotlivé roky životnosti [11]

Vnitřní výnosové procento (VVP)

Podobně jako u ostatních ekonomických výstupů je i tento odkázán funkcí „SVYHLEDAT“ na příslušný řádek v tabulce s toky peněz (CF - cash flow) dle očekávané životnosti investice.

Pro výpočet hodnoty je využita funkce „MÍRA.VÝNOSNOSTI“:

=MÍRA.VÝNOSNOSTI(\$AD\$61:AD63)

Na následující stránce bude zobrazena tabulka s toky peněz při scénáři, že bude obdržena dotace.

Tabulky s toky peněz jsou pro správné fungování výpočtů v softwaru vytvořeny dvě. Jedna tabulka je určena pro výpočty při scénáři, že bude obdržena dotace, druhá tabulka je určena pro výpočty při scénáři, že dotace obdržena nebude.

Nově tabulka s toky peněz počítá i s vlivem daňových odpisů, které mají vliv na výsledek, pokud je investorem podnikající fyzická či právnická osoba. V případě šetření peněz je potřeba zohlednit navýšení základu daně firmy, v případě platby navíc je potřeba zohlednit tím vytvořený daňový štít.

Dle zákona č. 586/1992 Sb. - Zákon České národní rady o daních z příjmů (verze 132) by měla „*klimatizační zařízení*“ spadat do odpisové skupiny 3, což znamená daňové odepisování 10 let.

Bylo zvoleno rovnoměrné odepisování, u kterého jsou ze zákona první rok jiná procenta z investičních nákladů než ve zbylých letech odepisování.

V tabulce bylo oproti původní období nově zakomponováno následující:

- přepočet provozních nákladů za rok na měsíční částku,
- 4 sloupce týkající se výpočtu CF (cash flow) z rozdílu daňových nákladů,
- lépe pochopitelná vyjádření návratností,
- vysvětlující poznámky týkající se znamének před čísly a daňových odpisů,
- celkové zpřehlednění tabulky.

Následující tabulka s toky peněz slouží k výpočtům ekonomických výsledků jednotlivých variant.

rok	Výpočet CF z rozdílu provozních nákladů (varianta 0 - varianta 1) poznámka: Kladný rozdíl je úspora. Záporný je platba navíc.						CF z rozdílu (re)investičních nákl. (v. 0 - v. 1)		Výpočet CF z rozdílu daňových nákladů (varianta 0 - varianta 1) pozn.: U CF z r. d. n.: Minus = daň. Plus = daňový štít. (viz pozn. pod tab.			výsledné CF	kumulované CF	diskontované CF	ČSH (NPV) pro ž. i. do daného r. (=kum. dis. CF)	VVP (IRR) pro životnost inv. do daného roku	"nediskont." doba návratnosti	diskontovaná doba návratnosti		
	CZT	plyn	elektro	ost.	celkem	měsíčně	nákl. (v. 0 - v. 1)	odpisy (daňové)	Hrubý zisk	CF z r. d. n.	Čistý zisk									
0	- Kč				- Kč		- 481.033 Kč					- 481.033 Kč	- 481.033 Kč	- 481.033 Kč	- 481.033 Kč					
1	- Kč	827.366 Kč	- 346.336 Kč	- 17.667 Kč	463.363 Kč	38.614 Kč		- 26.457 Kč			436.906 Kč	- Kč	436.906 Kč	463.363 Kč	- 17.670 Kč	452.061 Kč	- 28.972 Kč	-3,673%	nikdy	nikdy
2	- Kč	852.187 Kč	- 356.726 Kč	- 18.197 Kč	477.264 Kč	39.772 Kč		- 50.509 Kč			426.755 Kč	- Kč	426.755 Kč	477.264 Kč	459.593 Kč	454.266 Kč	425.294 Kč	58,804%	1,04 let	1,11 let
3	- Kč	877.752 Kč	- 367.428 Kč	- 18.743 Kč	491.582 Kč	40.965 Kč		- 50.509 Kč			441.073 Kč	- Kč	441.073 Kč	491.582 Kč	951.175 Kč	456.482 Kč	881.777 Kč	81,813%	1,04 let	1,11 let
4	- Kč	904.085 Kč	- 378.451 Kč	- 19.305 Kč	506.329 Kč	42.194 Kč		- 50.509 Kč			455.820 Kč	- Kč	455.820 Kč	506.329 Kč	1.457.504 Kč	458.709 Kč	1.340.486 Kč	91,217%	1,04 let	1,11 let
5	- Kč	931.208 Kč	- 389.804 Kč	- 19.884 Kč	521.519 Kč	43.460 Kč		- 50.509 Kč			471.010 Kč	- Kč	471.010 Kč	521.519 Kč	1.979.023 Kč	460.947 Kč	1.801.433 Kč	95,407%	1,04 let	1,11 let
6	- Kč	959.144 Kč	- 401.499 Kč	- 20.481 Kč	537.165 Kč	44.764 Kč		- 50.509 Kč			486.656 Kč	- Kč	486.656 Kč	537.165 Kč	2.516.187 Kč	463.195 Kč	2.264.628 Kč	97,382%	1,04 let	1,11 let
7	- Kč	987.918 Kč	- 413.544 Kč	- 21.095 Kč	553.279 Kč	46.107 Kč		- 50.509 Kč			502.770 Kč	- Kč	502.770 Kč	553.279 Kč	3.069.467 Kč	465.455 Kč	2.730.083 Kč	98,346%	1,04 let	1,11 let
8	- Kč	1.017.556 Kč	- 425.950 Kč	- 21.728 Kč	569.878 Kč	47.490 Kč		- 50.509 Kč			519.369 Kč	- Kč	519.369 Kč	569.878 Kč	3.639.345 Kč	467.725 Kč	3.197.808 Kč	98,827%	1,04 let	1,11 let
9	- Kč	1.048.082 Kč	- 438.728 Kč	- 22.380 Kč	586.974 Kč	48.915 Kč		- 50.509 Kč			536.465 Kč	- Kč	536.465 Kč	586.974 Kč	4.226.319 Kč	470.007 Kč	3.667.815 Kč	99,071%	1,04 let	1,11 let
10	- Kč	1.079.525 Kč	- 451.890 Kč	- 23.051 Kč	604.583 Kč	50.382 Kč		- 50.509 Kč			554.074 Kč	- Kč	554.074 Kč	604.583 Kč	4.830.902 Kč	472.300 Kč	4.140.115 Kč	99,195%	1,04 let	1,11 let
11	- Kč	1.111.910 Kč	- 465.447 Kč	- 23.743 Kč	622.721 Kč	51.893 Kč	- 171.522 Kč	- 9.434 Kč			613.287 Kč	- Kč	613.287 Kč	451.199 Kč	5.282.101 Kč	343.879 Kč	4.483.994 Kč	99,241%	1,04 let	1,11 let
12	- Kč	1.145.268 Kč	- 479.410 Kč	- 24.455 Kč	641.403 Kč	53.450 Kč		- 18.010 Kč			623.393 Kč	- Kč	623.393 Kč	641.403 Kč	5.923.504 Kč	476.919 Kč	4.960.912 Kč	99,274%	1,04 let	1,11 let
13	- Kč	1.179.626 Kč	- 493.793 Kč	- 25.189 Kč	660.645 Kč	55.054 Kč		- 18.010 Kč			642.635 Kč	- Kč	642.635 Kč	660.645 Kč	6.584.148 Kč	479.245 Kč	5.440.157 Kč	99,291%	1,04 let	1,11 let
14	- Kč	1.215.015 Kč	- 508.606 Kč	- 25.944 Kč	680.464 Kč	56.705 Kč		- 18.010 Kč			662.454 Kč	- Kč	662.454 Kč	680.464 Kč	7.264.612 Kč	481.583 Kč	5.921.740 Kč	99,300%	1,04 let	1,11 let
15	- Kč	1.251.465 Kč	- 523.865 Kč	- 26.723 Kč	700.878 Kč	58.406 Kč		- 18.010 Kč			682.868 Kč	- Kč	682.868 Kč	700.878 Kč	7.965.490 Kč	483.932 Kč	6.405.672 Kč	99,304%	1,04 let	1,11 let
16	- Kč	1.289.009 Kč	- 539.581 Kč	- 27.524 Kč	721.904 Kč	60.159 Kč		- 18.010 Kč			703.894 Kč	- Kč	703.894 Kč	721.904 Kč	8.687.394 Kč	486.293 Kč	6.891.965 Kč	99,307%	1,04 let	1,11 let
17	- Kč	1.327.679 Kč	- 555.768 Kč	- 28.350 Kč	743.561 Kč	61.963 Kč		- 18.010 Kč			725.551 Kč	- Kč	725.551 Kč	743.561 Kč	9.430.956 Kč	488.665 Kč	7.380.630 Kč	99,308%	1,04 let	1,11 let
18	- Kč	1.367.510 Kč	- 572.441 Kč	- 29.200 Kč	765.868 Kč	63.822 Kč		- 18.010 Kč			747.858 Kč	- Kč	747.858 Kč	765.868 Kč	10.196.824 Kč	491.049 Kč	7.871.678 Kč	99,308%	1,04 let	1,11 let
19	- Kč	1.408.535 Kč	- 589.614 Kč	- 30.076 Kč	788.844 Kč	65.737 Kč		- 18.010 Kč			770.834 Kč	- Kč	770.834 Kč	788.844 Kč	10.985.668 Kč	493.444 Kč	8.365.122 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
20	- Kč	1.450.791 Kč	- 607.303 Kč	- 30.979 Kč	812.510 Kč	67.709 Kč		- 18.010 Kč			794.500 Kč	- Kč	794.500 Kč	812.510 Kč	11.798.178 Kč	495.851 Kč	8.860.973 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
21	- Kč	1.494.315 Kč	- 625.522 Kč	- 31.908 Kč	836.885 Kč	69.740 Kč	- 171.522 Kč	- 9.434 Kč			827.451 Kč	- Kč	827.451 Kč	665.363 Kč	12.463.540 Kč	396.148 Kč	9.257.121 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
22	- Kč	1.539.144 Kč	- 644.287 Kč	- 32.865 Kč	861.991 Kč	71.833 Kč		- 18.010 Kč			843.981 Kč	- Kč	843.981 Kč	861.991 Kč	13.325.532 Kč	500.700 Kč	9.757.821 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
23	- Kč	1.585.318 Kč	- 663.616 Kč	- 33.851 Kč	887.851 Kč	73.988 Kč		- 18.010 Kč			869.841 Kč	- Kč	869.841 Kč	887.851 Kč	14.213.383 Kč	503.143 Kč	10.260.964 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
24	- Kč	1.632.878 Kč	- 683.524 Kč	- 34.867 Kč	914.487 Kč	76.207 Kč		- 18.010 Kč			896.477 Kč	- Kč	896.477 Kč	914.487 Kč	15.127.870 Kč	505.597 Kč	10.766.561 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
25	- Kč	1.681.864 Kč	- 704.030 Kč	- 35.913 Kč	941.921 Kč	78.493 Kč		- 18.010 Kč			923.911 Kč	- Kč	923.911 Kč	941.921 Kč	16.069.791 Kč	508.063 Kč	11.274.625 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
26	- Kč	1.732.320 Kč	- 725.151 Kč	- 36.990 Kč	970.179 Kč	80.848 Kč		- 18.010 Kč			952.169 Kč	- Kč	952.169 Kč	970.179 Kč	17.039.970 Kč	510.542 Kč	11.785.166 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
27	- Kč	1.784.290 Kč	- 746.906 Kč	- 38.100 Kč	999.284 Kč	83.274 Kč		- 18.010 Kč			981.274 Kč	- Kč	981.274 Kč	999.284 Kč	18.039.254 Kč	513.032 Kč	12.298.199 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
28	- Kč	1.837.819 Kč	- 769.313 Kč	- 39.243 Kč	1.029.263 Kč	85.772 Kč		- 18.010 Kč			1.011.253 Kč	- Kč	1.011.253 Kč	1.029.263 Kč	19.068.517 Kč	515.535 Kč	12.813.734 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
29	- Kč	1.892.953 Kč	- 792.392 Kč	- 40.420 Kč	1.060.141 Kč	88.345 Kč		- 18.010 Kč			1.042.131 Kč	- Kč	1.042.131 Kč	1.060.141 Kč	20.128.657 Kč	518.050 Kč	13.331.783 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let
30	- Kč	1.949.742 Kč	- 816.164 Kč	- 41.633 Kč	1.091.945 Kč	90.995 Kč		- 18.010 Kč			1.073.935 Kč	- Kč	1.073.935 Kč	1.091.945 Kč	21.220.602 Kč	520.577 Kč	13.852.360 Kč	99,309%	1,04 let	1,11 let

poznámka: "Odpis je náklad, který není výdajem." -> Pouze pro určení výše daně. Dle zákona č. 586/1992 Sb. - Zákon České národní rady o daních z příjmů (verze 132) by měla „klimatizační zařízení“ spadat do odpisové skupiny 3, což znamená daňové odepisování 10 let. Bylo zvoleno rovnoměrné odepisování (1. rok má ze zákona jiná procenta). Pro zachování jednoty v tabulce je u daňových nákladů záporně odtok peněz (platba daně) a kladně přítok peněz ("daňový štít" snižuje daň zbytku firmy).

Obrázek 31: Tabulka s toky peněz a výpočty ekonomické kalkulace

Jednotková cena vyrobeného tepla/chladu a hlubší analýza nákladů

Následující tabulka umožňuje vypočítat jednotkovou cenu vyrobeného tepla (v případě potřeby chlazení i chladu). Podává výsledky bez rozpočítání investičních nákladů i včetně rozpočítání investičních nákladů. Dalo by se říci, že poskytuje možnost hlubší analýzy nákladů, zejména pak v případech, kdy je posuzováno i chlazení.

VÝPOČET JEDNOTKOVÉ CENY VYROBENÉHO TEPLA/CHLADU (NIKOLI odebraného paliva od dodavatele)			
<i>poznámka: Needitovatelné buňky patří k "NOVÝ zdroj tepla (a chladu)" jsou kvůli funkčnosti automatických výpočtů předvyplněny jednou z investičních variant z "Databáze TČ". Variantu možno vybrat na listu "Vyhodnocení".</i>			
		PŮVODNÍ zdroj tepla (a chladu)	NOVÝ zdroj tepla (a chladu)
jednotková cena vyrobeného tepla (bez rozpočítání investičních nákladů)		1.072,35 Kč/GJ	519,42 Kč/GJ
		3.860,47 Kč/MWh	1.869,91 Kč/MWh
jednotková cena vyrobeného tepla (včetně rozpočítání investičních nákladů)		1.072,35 Kč/GJ	576,50 Kč/GJ
		3.860,47 Kč/MWh	2.075,38 Kč/MWh
jednotková cena vyrobeného chladu (bez rozpočítání investičních nákladů)		--- Kč/GJ	--- Kč/GJ
		--- Kč/MWh	--- Kč/MWh
jednotková cena vyrobeného chladu (včetně rozpočítání investičních nákladů)		--- Kč/GJ	--- Kč/GJ
		--- Kč/MWh	--- Kč/MWh
objemy potřeby en. [MWh/rok]	potřeba tepla	226,00 MWh/rok	226,00 MWh/rok
	potřeba chladu	0,00 MWh/rok	0,00 MWh/rok
objemy spotřeby paliv podle účelu [MWh/rok]	celkem CZT (<i>logicky jen teplo</i>)	0,00 MWh/rok	0,00 MWh/rok
	plyn pro výrobu tepla	274,80 MWh/rok	7,04 MWh/rok
	plyn pro výrobu chladu	0,00 MWh/rok	0,00 MWh/rok
	celkem plyn	274,80 MWh/rok	7,04 MWh/rok
	elektřina pro výrobu tepla	0,00 MWh/rok	58,04 MWh/rok
	elektřina pro výrobu chladu	0,00 MWh/rok	0,00 MWh/rok
	elektřina pro pomocné účely	2,00 MWh/rok	0,00 MWh/rok
	celkem elektřina	2,00 MWh/rok	58,04 MWh/rok
podíl výroby tepla na nákladech za spotřebu elektřiny pro pomocné účely (<i>zbytek do 100 % je podíl výroby chladu</i>)		100% (%)	100% (%)
podíl výroby tepla na ostatních provozních nákladech (<i>zbytek do 100 % je podíl výroby chladu</i>)		100% (%)	100% (%)
podíl výroby tepla na celkových investičních nákladech (<i>zbytek do 100 % je podíl výroby chladu</i>)		100% (%)	100% (%)
roční náklady podle původu a účelu [Kč/rok]	celkem CZT (<i>logicky jen teplo</i>)	0 Kč/rok	0 Kč/rok
	plyn pro výrobu tepla	824.387 Kč/rok	21.119 Kč/rok
	plyn pro výrobu chladu	0 Kč/rok	0 Kč/rok
	celkem plyn	824.387 Kč/rok	21.119 Kč/rok
	elektřina pro výrobu tepla	0 Kč/rok	348.249 Kč/rok
	elektřina pro výrobu chladu	0 Kč/rok	0 Kč/rok
	el. pro pomoc. účely - podíl výroby tepla	12.000 Kč/rok	0 Kč/rok
	el. pro pomoc. účely - podíl výroby chladu	0 Kč/rok	0 Kč/rok
	celkem elektřina	12.000 Kč/rok	348.249 Kč/rok
	ostatní (prov. n.) pro výrobu tepla	36.080 Kč/rok	53.232 Kč/rok
	ostatní (prov. n.) pro výrobu chladu	0 Kč/rok	0 Kč/rok
	celkem ostatní (provozní náklady)	36.080 Kč/rok	53.232 Kč/rok
	invest. nákl. rozp. na r. - podíl výr. tepla	0 Kč/rok	46.437 Kč/rok
	invest. nákl. rozp. na r. - podíl výr. chladu	0 Kč/rok	0 Kč/rok
celkem investiční n. rozpočítané na rok	0 Kč/rok	46.437 Kč/rok	
očekávaná životnost	technologie	20 let	20 let
	stavby	60 let	60 let

Obrázek 32: Výpočet jednotkové ceny vyrobeného tepla/chladu

V naší případové studii jsme zde nastavili editovatelné buňky v procentech na 100 %, aby výsledky odpovídaly tomu, že se v objektu neočekává potřeba chlazení.

Popisky této tabulky byly v původním nástroji vytvořeny pouze pro potřeby autora nástroje, takže by bylo pro potenciální ostatní uživatele velmi obtížné pochopit význam jednotlivých hodnot a způsob jejich výpočtu

Tabulka byla tedy důkladně zanalyzována a po pochopení významu jednotlivých vzorců a provizorních názvů řádků v původní verzi byly nově vytvořeny nové popisky se snahou o maximální usnadnění pochopení významu a nastavení editovatelných buněk této tabulky dalšími uživateli.

3.12 Automatické vyhodnocení všech investičních variant z databáze

Na listu vyhodnocení máme již automaticky vypočítané výsledky všech investičních variant z databáze, včetně automatického předběžného pořadí doporučení 5 nejvýhodnějších investičních variant od typu vzduch-voda a 5 nejvýhodnějších investičních variant od typu země-voda.

Toto předběžné pořadí doporučení je automaticky vytvořeno dle výše čistých současných hodnot při obdržení dotace těch variant, které splňují procentuální minimum pokrytí požadovaného výkonu zdroje tepla, které je nastaveno na 60 %.

Toto pořadí doporučení je označeno jako předběžné z důvodů, které jsou vysvětleny dále v této kapitole.

Před zobrazením výsledků této případové studie v rámci této diplomové práce je nutno znovu připomenout, že ceny z připojeného online ceníku byly pro tuto zveřejňovanou verzi jednorázově vynásobeny vygenerovanými náhodnými čísly v rozmezí 0,8 až 1,2.

Zároveň je třeba důkladněji probrat s odborníky, zda v položkách investičních nákladů jednotlivých variant některé položky nutné k realizaci nechybí či zda by odhad ceny montáže a ostatních investičních nákladů neměl být u jednotlivých variant upraven.

Nicméně tento nový softwarový nástroj je na tyto případné změny připraven a lze je snadno provést v databázi tepelných čerpadel (investičních variant).

Výsledky tedy slouží především k demonstraci funkčnosti nástroje a jeho schopností.

Výsledky jednotlivých variant jsou automaticky porovnány dle jejich čistých současných hodnot při scénáři, že bude obdržena dotace.

Nejekonomičtějších 5 investičních variant od každého z obou typů TČ (vzduch-voda či země-voda) je automaticky označeno i s číslem pořadí v pravé části tabulky vyhodnocení.

Automatické zvýraznění některých řádků zeleně je nastaveno pro lepší uživatelskou orientaci, viz vysvětlení dále v této kapitole.

V následujících tabulkách máme vyhodnocení ekonomických výsledků všech investičních variant z databáze.

V první tabulce vidíme výsledky vybraných variant pro názornost rozložení tabulky v softwarovém nástroji.

V druhé jsou zobrazeny výsledky většího množství variant za scénáře, že bude obdržena dotace.

V třetí tabulce jsou výsledky scénáře, že dotace obdržena nebude.

ID	název varianty	typ	cena za celkový počet kusů kompletů TČ bez DPH celkem [Kč]	z kolika % pokrýje/pokryjí TČ požadovaný výkon zdroje tepla [%]	když BUDE obdržena dotace					když NEBUDE obdržena dotace					VÝSLEDNÉ POŘADÍ DOPORUČENÍ
					PROSTÁ DOBA NÁVRATNO STI (viz pozn.)	"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)	DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATN OSTI	ČŠH (NPV)	VVP (IRR)	PROSTÁ DOBA NÁVRATNOS TI (viz pozn.)	"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)	DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNOS TI	ČŠH (NPV)	VVP (IRR)	
9	Heliotherm S30L-M-R 1 ks	vzduch/voda	1.378.518 Kč	37,1%	2,21 let	2,11 let	2,25 let	6.233.003 Kč	49%	4,43 let	4,10 let	4,44 let	5.475.888 Kč	25%	
10	Heliotherm S30L-M-R 2 ks	vzduch/voda	2.757.036 Kč	74,1%	4,43 let	4,10 let	4,44 let	5.166.080 Kč	25%	8,86 let	7,76 let	8,72 let	3.678.351 Kč	12%	2. místo mezi typy vzduch/voda
11	Heliotherm S30L-M-R 3 ks	vzduch/voda	4.135.554 Kč	111,2%	7,14 let	6,38 let	7,00 let	3.697.840 Kč	15%	14,27 let	13,56 let	15,76 let	1.479.496 Kč	5%	4. místo mezi typy vzduch/voda
20	Heliotherm S40L-M-R 1 ks	vzduch/voda	1.250.430 Kč	43,0%	1,88 let	1,80 let	1,87 let	6.834.638 Kč	58%	3,76 let	3,51 let	3,75 let	6.145.410 Kč	30%	
21	Heliotherm S40L-M-R 2 ks	vzduch/voda	2.500.860 Kč	86,0%	3,93 let	3,66 let	3,89 let	5.517.677 Kč	28%	7,85 let	6,97 let	7,74 let	4.165.721 Kč	14%	1. místo mezi typy vzduch/voda
22	Heliotherm S40L-M-R 3 ks	vzduch/voda	3.751.290 Kč	128,9%	6,30 let	5,69 let	6,31 let	4.152.148 Kč	17%	12,59 let	12,22 let	13,90 let	2.137.465 Kč	7%	3. místo mezi typy vzduch/voda
23	Heliotherm S40L-M-R 4 ks	vzduch/voda	5.001.720 Kč	171,9%	9,08 let	7,93 let	8,89 let	2.772.219 Kč	11%	18,15 let	16,47 let	19,82 let	94.807 Kč	3%	5. místo mezi typy vzduch/voda
58	IVT GEO G238 1 ks	země/voda	707.932 Kč	46,9%	1,01 let	0,98 let	1,05 let	7.860.763 Kč	105%	2,02 let	1,93 let	2,08 let	7.459.060 Kč	54%	
59	IVT GEO G238 2 ks	země/voda	1.415.863 Kč	93,8%	1,74 let	1,67 let	1,75 let	8.382.638 Kč	62%	3,49 let	3,27 let	3,50 let	7.605.730 Kč	32%	5. místo mezi typy země/voda
60	IVT GEO G238 3 ks	země/voda	2.123.795 Kč	140,7%	2,67 let	2,53 let	2,67 let	7.607.342 Kč	41%	5,34 let	4,89 let	5,36 let	6.455.231 Kč	21%	
63	IVT GEO G248 1 ks	země/voda	747.851 Kč	57,6%	0,99 let	0,96 let	0,99 let	8.447.981 Kč	107%	1,98 let	1,90 let	1,97 let	8.025.120 Kč	55%	
68	IVT GEO G254 1 ks	země/voda	857.610 Kč	66,5%	1,07 let	1,04 let	1,11 let	8.860.973 Kč	99%	2,14 let	2,04 let	2,18 let	8.379.940 Kč	51%	1. místo mezi typy země/voda
69	IVT GEO G254 2 ks	země/voda	1.715.220 Kč	133,1%	2,10 let	2,01 let	2,15 let	8.198.707 Kč	52%	4,19 let	3,90 let	4,24 let	7.263.140 Kč	27%	
70	IVT GEO G254 3 ks	země/voda	2.572.830 Kč	199,6%	3,24 let	3,05 let	3,28 let	7.252.280 Kč	34%	6,48 let	5,85 let	6,46 let	5.862.180 Kč	17%	
73	IVT GEO G264 1 ks	země/voda	874.866 Kč	77,6%	1,10 let	1,07 let	1,14 let	8.733.558 Kč	96%	2,21 let	2,11 let	2,25 let	8.243.379 Kč	50%	4. místo mezi typy země/voda
74	IVT GEO G264 2 ks	země/voda	1.749.732 Kč	155,2%	2,21 let	2,11 let	2,25 let	7.849.706 Kč	49%	4,43 let	4,10 let	4,44 let	6.895.848 Kč	25%	
78	IVT GEO G272 1 ks	země/voda	897.839 Kč	88,2%	1,12 let	1,08 let	1,16 let	8.805.047 Kč	95%	2,24 let	2,14 let	2,28 let	8.302.692 Kč	49%	2. místo mezi typy země/voda
79	IVT GEO G272 2 ks	země/voda	1.795.678 Kč	176,5%	2,27 let	2,16 let	2,30 let	7.832.610 Kč	48%	4,53 let	4,19 let	4,54 let	6.854.401 Kč	25%	
83	IVT GEO G280 1 ks	země/voda	1.048.370 Kč	94,9%	1,29 let	1,24 let	1,32 let	8.771.411 Kč	83%	2,58 let	2,44 let	2,59 let	8.189.275 Kč	43%	3. místo mezi typy země/voda
84	IVT GEO G280 2 ks	země/voda	2.096.741 Kč	189,8%	2,64 let	2,50 let	2,64 let	7.618.910 Kč	42%	5,28 let	4,84 let	5,31 let	6.481.138 Kč	21%	
85	IVT GEO G280 3 ks	země/voda	3.145.111 Kč	284,7%	4,13 let	3,84 let	4,19 let	6.461.966 Kč	27%	8,26 let	7,29 let	8,26 let	4.768.558 Kč	13%	
96	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 1 ks	země/voda	1.010.483 Kč	72,2%	1,38 let	1,33 let	1,40 let	7.849.063 Kč	77%	2,76 let	2,62 let	2,76 let	7.287.007 Kč	40%	
97	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 2 ks	země/voda	2.020.966 Kč	144,5%	2,79 let	2,64 let	2,78 let	6.883.296 Kč	40%	5,58 let	5,09 let	5,56 let	5.785.684 Kč	20%	
98	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 3 ks	země/voda	3.031.448 Kč	216,7%	4,37 let	4,06 let	4,40 let	5.768.163 Kč	25%	8,75 let	7,67 let	8,64 let	4.134.996 Kč	12%	
104	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 1 ks	země/voda	1.033.644 Kč	105,1%	1,39 let	1,34 let	1,41 let	7.964.050 Kč	77%	2,78 let	2,63 let	2,77 let	7.389.719 Kč	40%	
105	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 2 ks	země/voda	2.067.288 Kč	210,2%	2,86 let	2,70 let	2,85 let	6.823.358 Kč	39%	5,72 let	5,21 let	5,68 let	5.701.195 Kč	20%	
106	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 3 ks	země/voda	3.100.932 Kč	315,3%	4,49 let	4,16 let	4,50 let	5.682.666 Kč	25%	8,99 let	7,86 let	8,82 let	4.012.672 Kč	12%	
107	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 4 ks	země/voda	4.134.576 Kč	420,4%	6,32 let	5,71 let	6,33 let	4.541.973 Kč	17%	12,64 let	12,26 let	13,94 let	2.324.148 Kč	7%	

Obrázek 33: Automatické vyhodnocení všech investičních variant včetně automatického pořadí doporučení investičních variant dle typu tepelných čerpadel (některé z hlediska výsledků nezajímavé řádky byly pro lepší zobrazení skryty)

ID	název varianty	cena za celkový počet kusů kompletů TČ bez DPH celkem [Kč]	z kolika % pokryje/pokryjí TČ požadovaný výkon zdroje tepla [%]	když BUDE obdržena dotace				
				PROSTÁ DOBA NÁVRATNOSTI (viz pozn.)	"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)	DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNOSTI	ČŠH (NPV)	VVP (IRR)
7	IVT AIR X 170 1 ks	331.438 Kč	13,6%	1,19 let	1,15 let	1,22 let	3.334.748 Kč	90%
8	IVT AIR X 170 2 ks	662.875 Kč	27,2%	1,44 let	1,39 let	1,46 let	5.051.836 Kč	75%
20	Heliotherm S40L-M-R 1 ks	1.250.430 Kč	43,0%	1,88 let	1,80 let	1,87 let	6.834.638 Kč	58%
21	Heliotherm S40L-M-R 2 ks	2.500.860 Kč	86,0%	3,93 let	3,66 let	3,89 let	5.517.677 Kč	28%
22	Heliotherm S40L-M-R 3 ks	3.751.290 Kč	128,9%	6,30 let	5,69 let	6,31 let	4.152.148 Kč	17%
23	Heliotherm S40L-M-R 4 ks	5.001.720 Kč	171,9%	9,08 let	7,93 let	8,89 let	2.772.219 Kč	11%
24	Heliotherm S40L-M-R 5 ks	6.252.150 Kč	214,9%	12,37 let	13,61 let	15,51 let	1.392.290 Kč	6%
25	Heliotherm S40L-M-R 6 ks	7.502.580 Kč	257,9%	16,34 let	17,03 let	19,97 let	12.360 Kč	3%
26	Heliotherm S40L-M-R 7 ks	8.753.010 Kč	300,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 1.367.569 Kč	-1%
27	Heliotherm S40L-M-R 8 ks	10.003.440 Kč	343,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 2.747.498 Kč	-3%
31	Heliotherm S55L-M-R 1 ks	2.628.455 Kč	55,6%	3,90 let	3,63 let	3,87 let	5.849.762 Kč	29%
32	Heliotherm S55L-M-R 2 ks	5.256.910 Kč	111,2%	9,82 let	8,50 let	9,66 let	2.419.378 Kč	10%
33	Heliotherm S55L-M-R 3 ks	7.885.364 Kč	166,7%	17,98 let	18,34 let	nikdy	- 481.290 Kč	1%
34	Heliotherm S55L-M-R 4 ks	10.513.819 Kč	222,3%	nikdy	nikdy	nikdy	- 3.381.957 Kč	-5%
35	Heliotherm S55L-M-R 5 ks	13.142.274 Kč	277,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 6.282.625 Kč	-11%
36	Heliotherm S55L-M-R 6 ks	15.770.729 Kč	333,5%	nikdy	nikdy	nikdy	- 9.183.293 Kč	#ČÍSLO!
37	Heliotherm S55L-M-R 7 ks	18.399.184 Kč	389,1%	nikdy	nikdy	nikdy	-12.083.960 Kč	#ČÍSLO!
38	Heliotherm S55L-M-R 8 ks	21.027.638 Kč	444,6%	nikdy	nikdy	nikdy	-14.984.628 Kč	#ČÍSLO!
48	IVT GEO G222 1 ks	565.616 Kč	27,8%	1,05 let	1,02 let	1,09 let	6.121.875 Kč	101%
49	IVT GEO G222 2 ks	1.131.233 Kč	55,5%	1,47 let	1,42 let	1,49 let	8.143.293 Kč	73%
50	IVT GEO G222 3 ks	1.696.849 Kč	83,3%	2,07 let	1,98 let	2,12 let	8.218.992 Kč	52%
51	IVT GEO G222 4 ks	2.262.466 Kč	111,0%	2,80 let	2,65 let	2,79 let	7.634.713 Kč	39%
52	IVT GEO G222 5 ks	2.828.082 Kč	138,8%	3,58 let	3,35 let	3,59 let	7.010.519 Kč	31%
53	IVT GEO G228 1 ks	759.030 Kč	35,0%	1,24 let	1,20 let	1,27 let	6.733.218 Kč	86%
54	IVT GEO G228 2 ks	1.518.060 Kč	70,1%	1,89 let	1,81 let	1,89 let	8.181.800 Kč	57%
55	IVT GEO G228 3 ks	2.277.090 Kč	105,1%	2,85 let	2,69 let	2,83 let	7.544.373 Kč	39%
56	IVT GEO G228 4 ks	3.036.120 Kč	140,1%	3,91 let	3,65 let	3,88 let	6.706.735 Kč	28%
57	IVT GEO G228 5 ks	3.795.150 Kč	175,2%	5,06 let	4,65 let	4,99 let	5.869.097 Kč	22%
58	IVT GEO G238 1 ks	707.932 Kč	46,9%	1,01 let	0,98 let	1,05 let	7.860.763 Kč	105%
59	IVT GEO G238 2 ks	1.415.863 Kč	93,8%	1,74 let	1,67 let	1,75 let	8.382.638 Kč	62%
60	IVT GEO G238 3 ks	2.123.795 Kč	140,7%	2,67 let	2,53 let	2,67 let	7.607.342 Kč	41%
61	IVT GEO G238 4 ks	2.831.726 Kč	187,6%	3,66 let	3,42 let	3,66 let	6.826.094 Kč	30%
62	IVT GEO G238 5 ks	3.539.658 Kč	234,5%	4,72 let	4,35 let	4,70 let	6.044.846 Kč	23%
63	IVT GEO G248 1 ks	747.851 Kč	57,6%	0,99 let	0,96 let	0,99 let	8.447.981 Kč	107%
64	IVT GEO G248 2 ks	1.495.702 Kč	115,2%	1,86 let	1,78 let	1,85 let	8.230.095 Kč	58%
65	IVT GEO G248 3 ks	2.243.552 Kč	172,7%	2,86 let	2,70 let	2,84 let	7.404.794 Kč	39%
66	IVT GEO G248 4 ks	2.991.403 Kč	230,3%	3,93 let	3,66 let	3,89 let	6.579.493 Kč	28%
67	IVT GEO G248 5 ks	3.739.254 Kč	287,9%	5,08 let	4,66 let	5,14 let	5.754.192 Kč	22%
68	IVT GEO G254 1 ks	857.610 Kč	66,5%	1,07 let	1,04 let	1,11 let	8.860.973 Kč	99%
69	IVT GEO G254 2 ks	1.715.220 Kč	133,1%	2,10 let	2,01 let	2,15 let	8.198.707 Kč	52%
70	IVT GEO G254 3 ks	2.572.830 Kč	199,6%	3,24 let	3,05 let	3,28 let	7.252.280 Kč	34%
71	IVT GEO G254 4 ks	3.430.440 Kč	266,2%	4,48 let	4,15 let	4,49 let	6.305.852 Kč	25%
72	IVT GEO G254 5 ks	4.288.050 Kč	332,7%	5,82 let	5,30 let	5,77 let	5.359.425 Kč	19%
73	IVT GEO G264 1 ks	874.866 Kč	77,6%	1,10 let	1,07 let	1,14 let	8.733.558 Kč	96%
74	IVT GEO G264 2 ks	1.749.732 Kč	155,2%	2,21 let	2,11 let	2,25 let	7.849.706 Kč	49%
78	IVT GEO G272 1 ks	897.839 Kč	88,2%	1,12 let	1,08 let	1,16 let	8.805.047 Kč	95%
79	IVT GEO G272 2 ks	1.795.678 Kč	176,5%	2,27 let	2,16 let	2,30 let	7.832.610 Kč	48%
83	IVT GEO G280 1 ks	1.048.370 Kč	94,9%	1,29 let	1,24 let	1,32 let	8.771.411 Kč	83%
84	IVT GEO G280 2 ks	2.096.741 Kč	189,8%	2,64 let	2,50 let	2,64 let	7.618.910 Kč	42%
85	IVT GEO G280 3 ks	3.145.111 Kč	284,7%	4,13 let	3,84 let	4,19 let	6.461.966 Kč	27%
96	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 1 ks	1.010.483 Kč	72,2%	1,38 let	1,33 let	1,40 let	7.849.063 Kč	77%
97	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 2 ks	2.020.966 Kč	144,5%	2,79 let	2,64 let	2,78 let	6.883.296 Kč	40%
98	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 3 ks	3.031.448 Kč	216,7%	4,37 let	4,06 let	4,40 let	5.768.163 Kč	25%
104	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 1 ks	1.033.644 Kč	105,1%	1,39 let	1,34 let	1,41 let	7.964.050 Kč	77%
105	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 2 ks	2.067.288 Kč	210,2%	2,86 let	2,70 let	2,85 let	6.823.358 Kč	39%

Obrázek 34: Automatické vyhodnocení všech investičních variant - výsledky, když BUDE obdržena dotace (některé z hlediska výsledků nezajímavé řádky byly pro lepší zobrazení skryty)

ID	název varianty	cena za celkový počet kusů kompletů TČ bez DPH celkem [Kč]	z kolika % pokryje/pokryjí TČ požadovaný výkon zdroje tepla [%]	když NEBUDE obdržena dotace				
				PROSTÁ DOBA NÁVRATNOSTI (viz pozn.)	"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)	DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNOSTI	ČSH (NPV)	VVP (IRR)
7	IVT AIR X 170 1 ks	331.438 Kč	13,6%	2,37 let	2,26 let	2,40 let	3.132.586 Kč	46%
8	IVT AIR X 170 2 ks	662.875 Kč	27,2%	2,88 let	2,72 let	2,86 let	4.674.012 Kč	39%
20	Heliotherm S40L-M-R 1 ks	1.250.430 Kč	43,0%	3,76 let	3,51 let	3,75 let	6.145.410 Kč	30%
21	Heliotherm S40L-M-R 2 ks	2.500.860 Kč	86,0%	7,85 let	6,97 let	7,74 let	4.165.721 Kč	14%
22	Heliotherm S40L-M-R 3 ks	3.751.290 Kč	128,9%	12,59 let	12,22 let	13,90 let	2.137.465 Kč	7%
23	Heliotherm S40L-M-R 4 ks	5.001.720 Kč	171,9%	18,15 let	16,47 let	19,82 let	94.807 Kč	3%
24	Heliotherm S40L-M-R 5 ks	6.252.150 Kč	214,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 1.947.850 Kč	-1%
25	Heliotherm S40L-M-R 6 ks	7.502.580 Kč	257,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 3.990.507 Kč	-3%
26	Heliotherm S40L-M-R 7 ks	8.753.010 Kč	300,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 6.033.164 Kč	-6%
27	Heliotherm S40L-M-R 8 ks	10.003.440 Kč	343,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 8.075.822 Kč	-8%
31	Heliotherm S55L-M-R 1 ks	2.628.455 Kč	55,6%	7,79 let	6,92 let	7,70 let	4.430.181 Kč	14%
32	Heliotherm S55L-M-R 2 ks	5.256.910 Kč	111,2%	19,63 let	17,52 let	nikdy	- 393.284 Kč	2%
33	Heliotherm S55L-M-R 3 ks	7.885.364 Kč	166,7%	nikdy	nikdy	nikdy	- 4.687.033 Kč	-4%
34	Heliotherm S55L-M-R 4 ks	10.513.819 Kč	222,3%	nikdy	nikdy	nikdy	- 8.980.782 Kč	-9%
35	Heliotherm S55L-M-R 5 ks	13.142.274 Kč	277,9%	nikdy	nikdy	nikdy	- 13.274.530 Kč	-14%
36	Heliotherm S55L-M-R 6 ks	15.770.729 Kč	333,5%	nikdy	nikdy	nikdy	- 17.568.279 Kč	#ČÍSLO!
37	Heliotherm S55L-M-R 7 ks	18.399.184 Kč	389,1%	nikdy	nikdy	nikdy	- 21.862.028 Kč	#ČÍSLO!
38	Heliotherm S55L-M-R 8 ks	21.027.638 Kč	444,6%	nikdy	nikdy	nikdy	- 26.155.776 Kč	#ČÍSLO!
48	IVT GEO G222 1 ks	565.616 Kč	27,8%	2,10 let	2,01 let	2,15 let	5.795.598 Kč	52%
49	IVT GEO G222 2 ks	1.131.233 Kč	55,5%	2,95 let	2,78 let	2,93 let	7.517.239 Kč	38%
50	IVT GEO G222 3 ks	1.696.849 Kč	83,3%	4,15 let	3,86 let	4,20 let	7.293.162 Kč	27%
51	IVT GEO G222 4 ks	2.262.466 Kč	111,0%	5,61 let	5,12 let	5,58 let	6.409.106 Kč	20%
52	IVT GEO G222 5 ks	2.828.082 Kč	138,8%	7,16 let	6,41 let	7,20 let	5.485.136 Kč	15%
53	IVT GEO G228 1 ks	759.030 Kč	35,0%	2,48 let	2,36 let	2,50 let	6.304.432 Kč	44%
54	IVT GEO G228 2 ks	1.518.060 Kč	70,1%	3,79 let	3,54 let	3,77 let	7.350.728 Kč	30%
55	IVT GEO G228 3 ks	2.277.090 Kč	105,1%	5,69 let	5,19 let	5,66 let	6.311.015 Kč	20%
56	IVT GEO G228 4 ks	3.036.120 Kč	140,1%	7,82 let	6,94 let	7,72 let	5.071.091 Kč	14%
57	IVT GEO G228 5 ks	3.795.150 Kč	175,2%	10,11 let	8,73 let	9,88 let	3.831.167 Kč	10%
58	IVT GEO G238 1 ks	707.932 Kč	46,9%	2,02 let	1,93 let	2,08 let	7.459.060 Kč	54%
59	IVT GEO G238 2 ks	1.415.863 Kč	93,8%	3,49 let	3,27 let	3,50 let	7.605.730 Kč	32%
60	IVT GEO G238 3 ks	2.123.795 Kč	140,7%	5,34 let	4,89 let	5,36 let	6.455.231 Kč	21%
61	IVT GEO G238 4 ks	2.831.726 Kč	187,6%	7,32 let	6,54 let	7,32 let	5.298.779 Kč	15%
62	IVT GEO G238 5 ks	3.539.658 Kč	234,5%	9,44 let	8,22 let	9,38 let	4.142.328 Kč	11%
63	IVT GEO G248 1 ks	747.851 Kč	57,6%	1,98 let	1,90 let	1,97 let	8.025.120 Kč	55%
64	IVT GEO G248 2 ks	1.495.702 Kč	115,2%	3,72 let	3,48 let	3,71 let	7.410.873 Kč	30%
65	IVT GEO G248 3 ks	2.243.552 Kč	172,7%	5,71 let	5,20 let	5,67 let	6.189.211 Kč	20%
66	IVT GEO G248 4 ks	2.991.403 Kč	230,3%	7,85 let	6,97 let	7,74 let	4.967.549 Kč	14%
67	IVT GEO G248 5 ks	3.739.254 Kč	287,9%	10,15 let	8,76 let	9,91 let	3.745.887 Kč	10%
68	IVT GEO G254 1 ks	857.610 Kč	66,5%	2,14 let	2,04 let	2,18 let	8.379.940 Kč	51%
69	IVT GEO G254 2 ks	1.715.220 Kč	133,1%	4,19 let	3,90 let	4,24 let	7.263.140 Kč	27%
70	IVT GEO G254 3 ks	2.572.830 Kč	199,6%	6,48 let	5,85 let	6,46 let	5.862.180 Kč	17%
71	IVT GEO G254 4 ks	3.430.440 Kč	266,2%	8,96 let	7,84 let	8,80 let	4.461.219 Kč	12%
72	IVT GEO G254 5 ks	4.288.050 Kč	332,7%	11,65 let	9,88 let	12,90 let	3.060.258 Kč	8%
73	IVT GEO G264 1 ks	874.866 Kč	77,6%	2,21 let	2,11 let	2,25 let	8.243.379 Kč	50%
74	IVT GEO G264 2 ks	1.749.732 Kč	155,2%	4,43 let	4,10 let	4,44 let	6.895.848 Kč	25%
78	IVT GEO G272 1 ks	897.839 Kč	88,2%	2,24 let	2,14 let	2,28 let	8.302.692 Kč	49%
79	IVT GEO G272 2 ks	1.795.678 Kč	176,5%	4,53 let	4,19 let	4,54 let	6.854.401 Kč	25%
83	IVT GEO G280 1 ks	1.048.370 Kč	94,9%	2,58 let	2,44 let	2,59 let	8.189.275 Kč	43%
84	IVT GEO G280 2 ks	2.096.741 Kč	189,8%	5,28 let	4,84 let	5,31 let	6.481.138 Kč	21%
85	IVT GEO G280 3 ks	3.145.111 Kč	284,7%	8,26 let	7,29 let	8,26 let	4.768.558 Kč	13%
96	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 1 ks	1.010.483 Kč	72,2%	2,76 let	2,62 let	2,76 let	7.287.007 Kč	40%
97	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 2 ks	2.020.966 Kč	144,5%	5,58 let	5,09 let	5,56 let	5.785.684 Kč	20%
98	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 3 ks	3.031.448 Kč	216,7%	8,75 let	7,67 let	8,64 let	4.134.996 Kč	12%
104	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 1 ks	1.033.644 Kč	105,1%	2,78 let	2,63 let	2,77 let	7.389.719 Kč	40%
105	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 2 ks	2.067.288 Kč	210,2%	5,72 let	5,21 let	5,68 let	5.701.195 Kč	20%

Obrázek 35: Automatické vyhodnocení všech investičních variant - výsledky, když NEBUDE obdržena dotace (některé z hlediska výsledků nezajímavé řádky byly pro lepší zobrazení skryty)

Doporučení vybraných variant pro zákazníka lze dle ekonomických výsledků studie provést tak, že jsou doporučeny investiční varianty, které splňují požadavek pokrytí alespoň 60 % požadovaného výkonu zdroje tepla tepelným čerpadlem a mají zároveň nejvyšší kladnou čistou současnou hodnotu při scénáři, že bude obdržena dotace.

Pro zvýšení uživatelské přívětivosti bylo zavedeno podmíněné formátování zvýrazňující tyto varianty mezi ostatními variantami, viz popis tohoto prvku dále.

(Kdyby tyto dvě podmínky nespĺňovala žádná z možných investičních variant, bylo by závěrečným doporučením do žádné z těchto variant neinvestovat.)

Je vhodné zahrnout do doporučení možných investičních variant, alespoň jednu investiční variantu s typem tepelných čerpadel země-voda a alespoň jednu s typem vzduch-voda. Zákazník tak bude mít bližší informace o tom, jaký užitek mu přinese případný zásah do pozemku navíc v podobě plošného zemního kolektoru nebo hloubkových vrtů pro realizaci variant s typem tepelných čerpadel země-voda.

Uživatel může dle těchto softwarem vytvořených předběžných doporučení stanovit finální doporučení zákazníkovi. Finální doporučení zákazníkovi se může mírně lišit. Pro konečné rozhodování o nejvhodnější variantě musí být dále brána v úvahu dostupnost zboží, hlučnost, rozměry, potřebná plocha pozemku na případný plošný zemní kolektor či hloubka případného vrtu a další. I tyto další vlivy lze v budoucnu zakomponovat do databáze a tím ještě více usnadnit uživatelské posuzování vhodnosti investice do tepelných čerpadel.

V budoucnu je možno do tohoto softwarového nástroje zakomponovat i prvek, který by zohlednil, zda se investice vyplatí i přes úroky případné půjčky na zbytek investičních nákladů převyšující finanční možnosti investora.

Výsledné pořadí automaticky vytvořených předběžných doporučení této případové studie je následující:

celkové předběžné pořadí	název varianty	investiční náklady	pokrytí TČ požad. výkonu zdroje tepla	ČSH při scénáři obdržení dotace	pořadí dle typu
1.	IVT GEO G254 1 ks	857.610 Kč	66,5%	8.821.826 Kč	1. země/voda
2.	IVT GEO G272 1 ks	897.839 Kč	88,2%	8.802.741 Kč	2. země/voda
3.	IVT GEO G280 1 ks	1.048.370 Kč	94,9%	8.769.376 Kč	3. země/voda
4.	IVT GEO G264 1 ks	874.866 Kč	77,6%	8.733.558 Kč	4. země/voda
5.	IVT GEO G238 2 ks	1.415.863 Kč	93,8%	8.382.456 Kč	5. země/voda
6.	Heliotherm S40L-M-R 2 ks	2.500.860 Kč	86,0%	5.589.389 Kč	1. vzduch/voda
7.	Heliotherm S30L-M-R 2 ks	2.757.036 Kč	74,1%	5.316.002 Kč	2. vzduch/voda
8.	Heliotherm S40L-M-R 3 ks	3.751.290 Kč	128,9%	4.152.148 Kč	3. vzduch/voda
9.	Heliotherm S30L-M-R 3 ks	4.135.554 Kč	111,2%	3.706.465 Kč	4. vzduch/voda
(10.	Heliotherm S40L-M-R 4 ks	5.001.720 Kč	171,9%	2.772.219 Kč	5. vzduch/voda)

(10. v pořadí Heliotherm S40L-M-R 4 ks – pokrývá 172 % z požadovaného výkonu zdroje tepla, tedy značně naddimenzované, viz vysvětlení dále v této kapitole)

Otázkou je, zda do doporučovaných variant nezahrnout i variantu IVT GEO G248 1 ks, která pokrývá 57,6 % z požadovaného výkonu zdroje tepla (nastavené minimum je 60 %) a dle výsledné čisté současné hodnoty by se umístila na 4. místě v pořadí doporučení. V následujících tabulkách byla pro potřeby této diplomové práce zvýrazněna oranžovou barvou.

Podobně by bylo možné zvažovat i variantu Heliotherm S55L-M-R 1 ks, která by se umístila na 6. místě v celkovém pořadí doporučení a na 1. místě v pořadí variant typu vzduch-voda.

Pro zajímavost a širší demonstraci funkčnosti tohoto nového nástroje je v následující tabulce zobrazeno vyhodnocení hypotetické studie, kdyby stejný posuzovaný bytový dům se zachováním všech ostatních vstupů neměl podlahové topení s dostačující výstupní teplotou vody 35 °C, ale radiátory s dostačující výstupní teplotou vody 55 °C. Stojí za povšimnutí, že se proměnilo pořadí doporučení variant typu vzduch-voda, jelikož TČ varianty s ID 10 při této teplotě již nejsou schopny pokrýt 60 % požadovaného výkonu zdroje tepla. Toto hypotetické přídatné vyhodnocení trvá uživateli pouhé jednotky vteřin. Stačí změnit výběr v rozbalovacím seznamu.

ID	název varianty	typ	cena za celkový počet kusů kompletů TČ bez DPH celkem [Kč]	z kolika % pokryje/pokryjí TČ požadovaný výkon zdroje tepla [%]	když BUDE obdržena dotace					když NEBUDE obdržena dotace					VÝSLEDNÉ POŘADÍ PŘEDBĚŽNÝCH DOPORUČENÍ
					PROSTÁ DOBA NÁVRATNO STI (viz pozn.)	"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)	DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNO STI	ČSH (NPV)	VVP (IRR)	PROSTÁ DOBA NÁVRATNO TI (viz pozn.)	"NEDISKONTOVANÁ" DOBA NÁVR. (viz pozn.)	DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNO TI	ČSH (NPV)	VVP (IRR)	
9	Heliotherm S30L-M-R 1 ks	vzduch/voda	1.378.518 Kč	29,7%	3,68 let	3,44 let	3,67 let	3.370.796 Kč	30%	7,35 let	6,56 let	7,35 let	2.613.681 Kč	15%	
10	Heliotherm S30L-M-R 2 ks	vzduch/voda	2.757.036 Kč	59,4%	5,74 let	5,23 let	5,70 let	3.548.665 Kč	19%	11,48 let	9,76 let	12,76 let	2.060.936 Kč	8%	
11	Heliotherm S30L-M-R 3 ks	vzduch/voda	4.135.554 Kč	89,2%	8,95 let	7,83 let	8,79 let	2.372.847 Kč	11%	17,89 let	16,28 let	19,66 let	154.503 Kč	3%	3. místo mezi typy vzduch/voda
20	Heliotherm S40L-M-R 1 ks	vzduch/voda	1.250.430 Kč	34,5%	2,98 let	2,81 let	2,95 let	3.992.108 Kč	37%	5,96 let	5,41 let	5,88 let	3.302.880 Kč	19%	
21	Heliotherm S40L-M-R 2 ks	vzduch/voda	2.500.860 Kč	68,9%	4,84 let	4,46 let	4,80 let	4.150.227 Kč	23%	9,68 let	8,40 let	9,56 let	2.798.271 Kč	11%	1. místo mezi typy vzduch/voda
22	Heliotherm S40L-M-R 3 ks	vzduch/voda	3.751.290 Kč	103,4%	7,69 let	6,83 let	7,61 let	2.933.451 Kč	14%	15,37 let	14,41 let	16,87 let	918.767 Kč	5%	2. místo mezi typy vzduch/voda
23	Heliotherm S40L-M-R 4 ks	vzduch/voda	5.001.720 Kč	137,9%	11,29 let	9,62 let	13,99 let	1.553.522 Kč	7%	nikdy	19,51 let	nikdy	- 1.123.890 Kč	0%	4. místo mezi typy vzduch/voda
58	IVT GEO G238 1 ks	země/voda	707.932 Kč	47,0%	1,11 let	1,07 let	1,15 let	7.124.503 Kč	96%	2,22 let	2,11 let	2,26 let	6.722.799 Kč	49%	
59	IVT GEO G238 2 ks	země/voda	1.415.863 Kč	94,1%	1,93 let	1,85 let	1,92 let	7.466.468 Kč	56%	3,87 let	3,61 let	3,84 let	6.689.560 Kč	29%	5. místo mezi typy země/voda
60	IVT GEO G238 3 ks	země/voda	2.123.795 Kč	141,1%	2,97 let	2,81 let	2,95 let	6.689.920 Kč	37%	5,94 let	5,40 let	5,86 let	5.537.809 Kč	19%	
63	IVT GEO G248 1 ks	země/voda	747.851 Kč	57,8%	1,08 let	1,05 let	1,12 let	7.696.642 Kč	98%	2,16 let	2,07 let	2,21 let	7.273.781 Kč	51%	
68	IVT GEO G254 1 ks	země/voda	857.610 Kč	69,3%	1,18 let	1,14 let	1,21 let	7.989.512 Kč	90%	2,36 let	2,24 let	2,38 let	7.508.479 Kč	47%	1. místo mezi typy země/voda
69	IVT GEO G254 2 ks	země/voda	1.715.220 Kč	138,7%	2,35 let	2,24 let	2,38 let	7.179.035 Kč	47%	4,70 let	4,34 let	4,68 let	6.243.468 Kč	24%	
70	IVT GEO G254 3 ks	země/voda	2.572.830 Kč	208,0%	3,65 let	3,42 let	3,65 let	6.232.607 Kč	30%	7,30 let	6,52 let	7,31 let	4.842.508 Kč	15%	
73	IVT GEO G264 1 ks	země/voda	874.866 Kč	77,6%	1,24 let	1,19 let	1,27 let	7.721.747 Kč	86%	2,47 let	2,35 let	2,49 let	7.231.568 Kč	44%	4. místo mezi typy země/voda
74	IVT GEO G264 2 ks	země/voda	1.749.732 Kč	155,2%	2,50 let	2,37 let	2,51 let	6.826.245 Kč	44%	4,99 let	4,59 let	4,93 let	5.872.387 Kč	23%	
78	IVT GEO G272 1 ks	země/voda	897.839 Kč	89,6%	1,24 let	1,20 let	1,27 let	7.861.907 Kč	86%	2,49 let	2,36 let	2,51 let	7.359.552 Kč	44%	2. místo mezi typy země/voda
79	IVT GEO G272 2 ks	země/voda	1.795.678 Kč	179,2%	2,53 let	2,40 let	2,55 let	6.880.869 Kč	43%	5,07 let	4,65 let	4,99 let	5.902.660 Kč	22%	
83	IVT GEO G280 1 ks	země/voda	1.048.370 Kč	98,3%	1,43 let	1,38 let	1,45 let	7.813.649 Kč	75%	2,87 let	2,71 let	2,85 let	7.231.513 Kč	39%	3. místo mezi typy země/voda
84	IVT GEO G280 2 ks	země/voda	2.096.741 Kč	196,6%	2,95 let	2,79 let	2,93 let	6.655.151 Kč	37%	5,91 let	5,37 let	5,84 let	5.517.378 Kč	19%	
85	IVT GEO G280 3 ks	země/voda	3.145.111 Kč	294,9%	4,65 let	4,29 let	4,63 let	5.498.207 Kč	24%	9,30 let	8,11 let	9,27 let	3.804.798 Kč	11%	
96	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 1 ks	země/voda	1.010.483 Kč	65,5%	1,70 let	1,63 let	1,70 let	6.264.315 Kč	64%	3,39 let	3,18 let	3,42 let	5.702.259 Kč	33%	
97	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 2 ks	země/voda	2.020.966 Kč	130,9%	3,34 let	3,14 let	3,37 let	5.516.432 Kč	33%	6,68 let	6,01 let	6,63 let	4.418.820 Kč	17%	
98	Ecoforest EcoGEO HP3 15-70 3 ks	země/voda	3.031.448 Kč	196,4%	5,29 let	4,85 let	5,32 let	4.401.300 Kč	21%	10,59 let	9,09 let	11,79 let	2.768.132 Kč	9%	
104	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 1 ks	země/voda	1.033.644 Kč	97,0%	1,69 let	1,62 let	1,70 let	6.417.292 Kč	64%	3,38 let	3,18 let	3,41 let	5.842.961 Kč	33%	
105	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 2 ks	země/voda	2.067.288 Kč	193,9%	3,52 let	3,30 let	3,53 let	5.279.709 Kč	32%	7,04 let	6,30 let	6,92 let	4.157.546 Kč	16%	
106	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 3 ks	země/voda	3.100.932 Kč	290,9%	5,60 let	5,11 let	5,58 let	4.139.017 Kč	20%	11,20 let	9,54 let	12,54 let	2.469.023 Kč	9%	
107	Ecoforest EcoGEO HP3 25-100 4 ks	země/voda	4.134.576 Kč	387,9%	7,99 let	7,08 let	7,85 let	2.998.325 Kč	13%	15,98 let	14,87 let	17,64 let	780.499 Kč	4%	

Obrázek 36: Vyhodnocení, kdyby objekt neměl podlahové topení s dostačující výstupní teplotou 35 °C, ale radiátory s dostačující výstupní teplotou 55 °C

3.13 Nastavení zobrazovaných vstupů a výstupů týkajících se konkrétní varianty

Na listu s vyhodnocením je nově zaveden i rozbalovací seznam, ve kterém uživatel vybere konkrétní investiční variantu, jejíž vstupy a výstupy pak budou zobrazeny ve všech konkrétními variantami ovlivněných vstupech a výstupech.

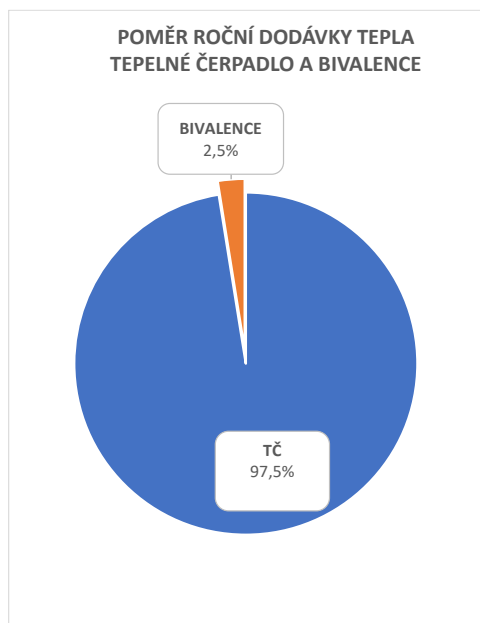
Na ostatních listech zobrazovat vstupy a výstupy týkající se varianty:		
IVT GEO G254 1 ks		
Heliotherm	S55L-M-R	9 ks
Heliotherm	S55L-M-R	10 ks
Heliotherm	S55L-M-R	11 ks
Ecoforest	EcoAIR 1-7	1 ks
Ecoforest	EcoAIR 1-9	1 ks
Ecoforest	EcoAIR 3-12	1 ks
Ecoforest	EcoAIR 3-18	1 ks
Ecoforest	EcoAIR 3-18	2 ks
Ecoforest	EcoAIR 3-18	3 ks
IVT	GEO G222	1 ks
IVT	GEO G222	2 ks
IVT	GEO G222	3 ks

Obrázek 37: Výběr investiční varianty, jíž se mají týkat zobrazované vstupy a výstupy na ostatních listech nástroje

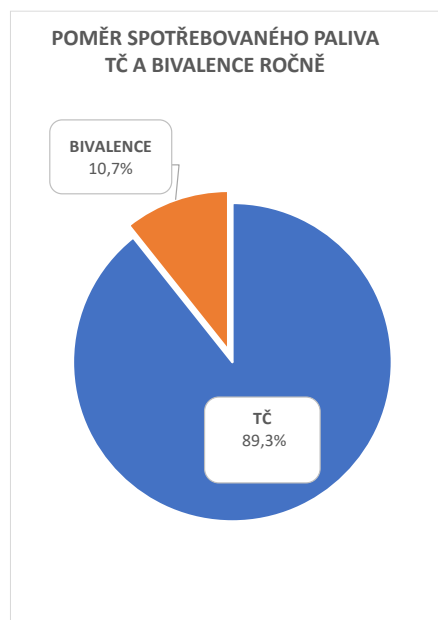
Před vkládáním obrázků do této diplomové práce byla na listu s vyhodnocením nastavena varianta s nejvyšší čistou současnou hodnotou ve výsledcích této případové studie, a to „IVT GEO G254 1 ks“. Všechny tabulky dříve uvedené v této diplomové práci týkající se ekonomických výpočtů jsou tak předvyplněny hodnotami týkajícími se této v předběžných výsledcích nejvýhodnější varianty.

Stejně tak se této varianty týkají následující 4 grafy. Hodnoty v tabulkách i zobrazení grafů lze okamžitě změnit na hodnoty týkající se jiné varianty pouhým výběrem ze seznamu na listu s vyhodnocením.

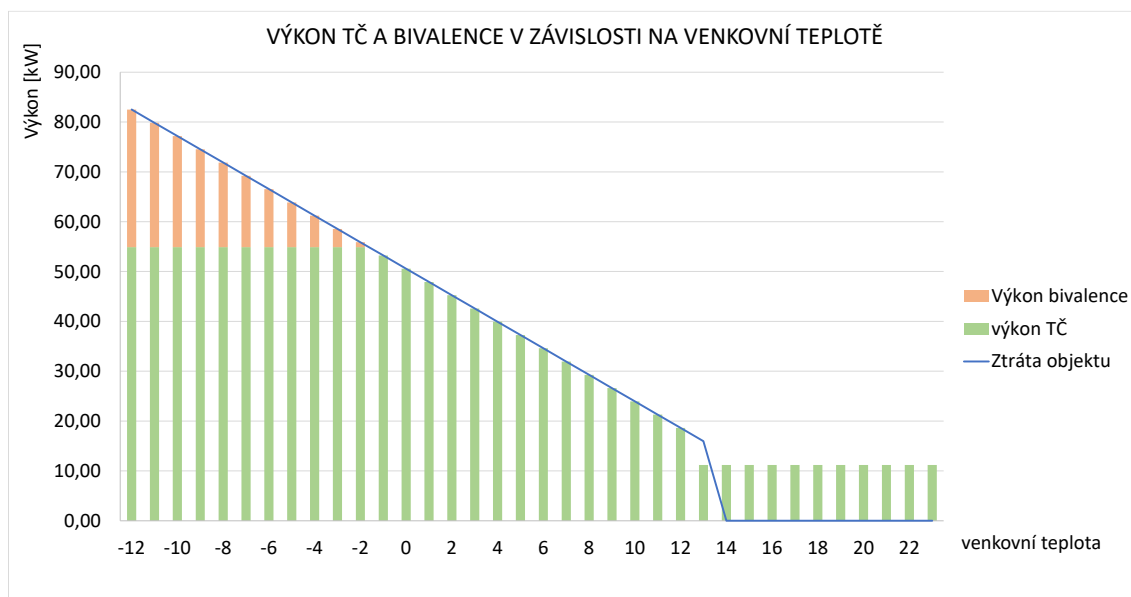
Na následujících grafech jsou znázorněny poměry roční dodávky tepla a spotřebovaného paliva mezi tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem, jejich výkony v závislosti na venkovní teplotě a vývoj kumulovaných cash flow. Všechny grafy se týkají varianty umístěné na prvním místě předběžného doporučení „IVT GEO G254 1 ks“.



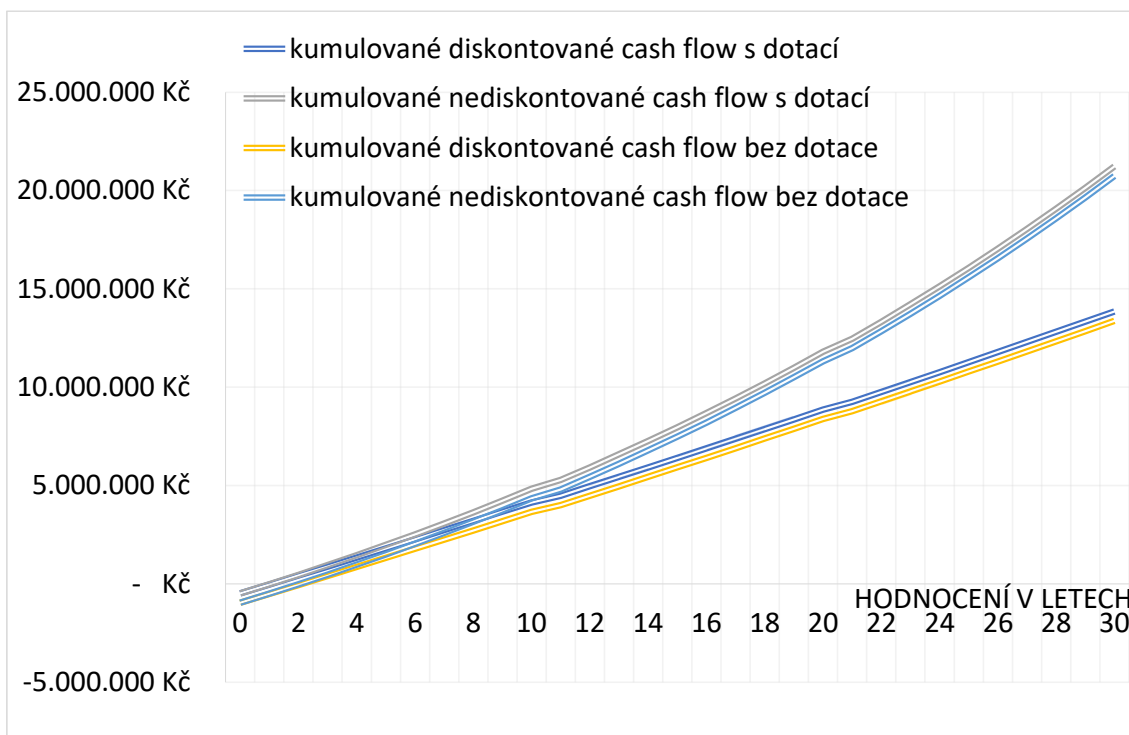
Obrázek 40: poměr roční dodávky tepla mezi tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem tepla varianty IVT GEO G254 1 ks



Obrázek 39: poměr spotřebovaného paliva mezi tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem tepla varianty IVT GEO G254 1 ks



Obrázek 38: výkon tepelného čerpadla a bivalentního zdroje tepla v závislosti na venkovní teplotě varianta IVT GEO G254 1 ks



Obrázek 41: vývoj cash flow varianty IVT GEO G254 1 ks

Toto automatické vyhodnocení a porovnání potenciálně i tisíců různých investičních variant do tepelných čerpadel je pravděpodobně nejvýraznější a nejužitečnější novou funkcí tohoto softwarového nástroje.

Nástroj automaticky zvýrazní ty investiční varianty, které splňují 2 podmínky zároveň:

- Tepelná čerpadla pokrývají alespoň 60 % a maximálně 150 % požadovaného výkonu zdroje tepla (toto procentuální rozmezí může být předmětem diskuse a je snadno upravitelné).
- Mají kladnou čistou současnou hodnotu u scénáře, že dotace bude obdržena.

První výše uvedená podmínka vychází z toho, že mezi odborníky v současné době panuje i přes občasné otevírání diskusí shoda, že je vhodné dimenzovat tepelná čerpadla na zhruba 60 až 80 % požadovaného výkonu zdroje tepla z čísel z praxe. [7]

Je důležité zmínit, že je to dle hodnot z praxe, jelikož dle ředitele společnosti GT Energy, s. r. o. Ing. Richarda Bebera jsou v praxi v 90 až 95 % případů zdroje

tepla od projektantů předdimenzované, protože výpočet má svoji toleranci a většina projektantů se pohybuje co nejlíže maximální bezpečnosti výpočtu. [7]

Pokud se nám tedy podaří požadovaný výkon zdroje tepla nepředdimenzovat, pohybuje se doporučené procentuální rozmezí o něco výše. V současné verzi nástroje však budeme uvažovat doporučené rozmezí 60 až 80 %.

Dolní mez tohoto rozmezí je dle odborníků z GT Energy, s. r. o. nastavena především z technických důvodů, které však mohou být otázkou diskuze. Jedná se například o snížení životnosti a vyšší hlučnost u poddimenzovaných tepelných čerpadel, které pak musejí častěji pracovat na vyšší výkon. [7]

Horní mez tohoto rozmezí je nastavena především z ekonomických důvodů. [7]

Díky dříve nedostupným schopnostem tohoto nového softwarového nástroje hromadně ekonomicky vyhodnotit všechny možné investiční varianty a následně je porovnat můžeme tuto horní mez ignorovat, a nevyřadit tak z porovnávání možné výhodnější varianty, které do teď nebyly zvažovány.

Je málo pravděpodobné, že by některá investiční varianta do tepelných čerpadel s výkonem vyšším než 150 % požadovaného výkonu zdroje tepla byla ekonomicky výhodnější než všechny ostatní technicky vhodné varianty o výkonu nižším.

Byla proto horní mez zvýrazňovaných ekonomicky vhodných variant posunuta z 80 % na odhadem nastavených 150 % požadovaného výkonu zdroje tepla.

Kdybychom žádnou horní mez nenastavili, mohlo by se stát, že v případě objektu, pro který by tepelná čerpadla byla investičně velmi vhodná, by software zvýraznil technicko-ekonomicky vhodných variant zbytečně mnoho a zvýrazňování pro lepší uživatelskou orientaci ve vyhodnocení by ztrácelo na významu.

Výsledkem tohoto posuzování vhodnosti aplikace tepelných čerpadel na daný bytový dům je doporučení 9 investičních variant do tepelných čerpadel. První v pořadí doporučených investičních variant se umístila varianta „IVT GEO G254 1 ks“. Dle výsledků studie je investice do tepelných čerpadel pro daný objekt velmi výhodná.

4 Závěr

Byla provedena analýza problematiky posuzování vhodnosti využití tepelných čerpadel.

Trh s tepelnými čerpadly v České republice i Evropě lze považovat za velmi perspektivní.

V práci byly představeny původní podnikem využívané podpůrné softwarové nástroje pro rozhodování o technicko-ekonomické vhodnosti tepelných čerpadel a příležitosti z nich vycházející pro tvorbu nového softwarového nástroje.

Byl vytvořen nový softwarový nástroj pro podporu rozhodování o technicko-ekonomické vhodnosti aplikace tepelných čerpadel (viz příloha).

Nový nástroj propojuje silné stránky původních nástrojů, je více uživatelsky přívětivý, vylepšuje v původních nástrojích již existující prvky, zavádí nové užitečné prvky.

Velmi rozsáhlým novým prvkem je jednotná databáze možných variant investic do tepelných čerpadel, kterou ve verzi zveřejňované v rámci této diplomové práce tvoří více než 100 řádků vyplněných investičních variant ve více než 350 sloupcích zajišťujících funkčnost celého softwarového nástroje. Tuto databázi v této verzi tak tvoří více než 40 tisíc buněk.

Velmi užitečným novým prvkem je automatické hromadné propočítání výsledků potenciálně až tisíců různých investičních variant z databáze a automatické určení těch nejvýhodnějších z nich pro daný objekt.

Tento nově vytvořený softwarový nástroj byl představen na případové studii posouzení vhodnosti aplikace tepelných čerpadel pro konkrétní bytový dům. Dle výsledků studie jsou tepelná čerpadla pro tento bytový dům velmi výhodnou investicí.

Na prvním místě v pořadí doporučení se umístila investiční varianta „IVT GEO G254 1 ks“.

Návrh dalšího postupu pro pokračování ve vývoji tohoto nového softwarového nástroje byl popsán společně s postupem využití tohoto nástroje na případové studii u popisu jednotlivých prvků.

Nový nástroj umožňuje rychlejší, přesnější a komplexnější posouzení aplikačního potenciálu tepelných čerpadel než původní podpůrné softwarové nástroje.

Pokud bude vývoj tohoto nového softwarového nástroje pokračovat, má potenciál poskytovat v řádu desítek minut velmi cenné informace pro rozhodování, jejichž získání by za normálních podmínek trvalo v řádu desítek hodin.

Na závěr lze konstatovat, že všechny cíle této diplomové práce byly splněny.

Seznam zdrojů

- [1] KAPOUN, Michal. *Co je to tepelné čerpadlo – základní části, druhy*. In: vytapeni.tzb-info.cz [online]. 2K Energy, s.r.o., 30.4.2015 [cit. 14.10.2023]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12629-co-je-to-tepelne-cerpadlo-zakladni-casti-druhy>
- [2] GEROTop, s.r.o. *Princip tepelného čerpadla* [online]. 2020 [cit. 15.11.2023]. Dostupné z: <https://www.gerotop.cz/princip-tepelneho-cerpadla>
- [3] GRASSI, Walter. *Heat Pumps: Fundamentals and Applications*, Springer, 2018, ISBN 3319621998, 9783319621999
- [4] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada, 2009. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [5] ŠPINDLER, Filip. Konzultace (projektuj-tepelna-cerpadla.cz; GT Energy, s.r.o.).
- [6] STRAKA, Tomáš. *Budoucnost tepelných čerpadel v Evropě a ČR*. In: vytapeni.tzb-info.cz [online]. Asociace pro využití tepelných čerpadel, 7.12.2018 [cit. 16.12.2020]. <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/18356-budoucnost-tepelnych-cerpadel-v-evrope-a-v-cr>
- [7] BEBER, Richard. Konzultace (projektuj-tepelna-cerpadla.cz; GT Energy, s.r.o.; Asociace pro využití tepelných čerpadel, z.s.).
- [8] *Nová vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku dle novely zák.406/2000 Sb. od 1.1.2013* [online]. Praha: Konference TZBinfo, Praha 8.11.2012, ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV 2013, Miroslav Mareš [cit. 4.12.2023]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0092/009274_nov-i-vyhl-i-ika-o-energetick-em-auditu-a-energetick-em-posudku.pdf
- [9] *Projektuj tepelná čerpadla, Bivalentní zapojení tepelného čerpadla s dotopovým kotlem*. [online]. [cit. 5. 12. 2023]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/bivalentni-zapojeni-tepelneho-cerpadla-s-dotopovym-kotlem>

- [10] Projektuj tepelná čerpadla, *Správný potřebný výkon zdroje tepla*. [online]. [cit. 12. 12. 2023]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-potrebny-vykon-zdroje-tepla>
- [11] VALACH, Josef. Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. Praha: Ekopress, 2006, s. [1a]. ISBN 80-86929-01-9.
- [12] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. *Statistické šetření, Tepelná čerpadla – prodeje 2010-2023*. [online]. [cit. 23.12.2023]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2023/7/Tepelna-cerpadla-2010-2023.pdf>
- [13] Ram M., Bogdanov D., Aghahosseini A., Gulagi A., Oyewo A.S., Child M., Caldera U., Sadovskaia K., Farfan J., Barbosa LSNS., Fasihi M., Khalili S., Dalheimer B., Gruber G., Traber T., De Caluwe F., Fell H.-J., Breyer C. *Global Energy System based on 100% Renewable Energy – Power, Heat, Transport and Desalination Sectors*. Study by Lappeenranta University of Technology and Energy Watch Group, Lappeenranta. Berlín, březen 2019. ISBN: 978-952-335-339-8.
- [14] SAITO, Takamoto. Heat Pumps: Solving Energy and Environmental Challenges. Pergamon, 2013. ISBN 9780080401935;0080401937.
- [15] University of Calgary, Energy Education, Coefficient of performance. [online]. [cit. 14. 12. 2023]. Dostupné z: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Coefficient_of_performance
- [16] EHPA – European Heat Pump Association. European Heat Pump Market and Statistics Report 2023 – Executive Summary [online]. [cit. 15.12.2023]. Dostupné z: <https://www.ehpa.org/news-and-resources/publications/european-heat-pump-market-and-statistics-report-2023/>
- [17] REINBERK, Zdeněk. *Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody*. In: vytapeni.tzb-info.cz [online]. [cit. 16.10.2023]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapeni-vetrani-a-pripravu-teple-vody>
- [18] KLETEČKA, Michal. Konzultace (projektuj-tepelna-cerpadla.cz; GT Energy, s.r.o.).

Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip tepelného čerpadla [2]	10
Obrázek 2: Schéma zapojení čtyřcestného ventilu [3].....	10
Obrázek 3: Schéma vysvětlující topný faktor tepelných čerpadel (COP) [15]	12
Obrázek 5: Vývoj prodejů tepelných čerpadel dle typu 2010-2022 [12]	15
Obrázek 4: Vývoj prodejů tepelných čerpadel v ČR 2010-2023 [12].....	15
Obrázek 6: Celkový počet nově dokončených bytů v rodinných a bytových domech vytápěných tepelnými čerpadly a jejich podíl na celkovém počtu zkolaudovaných bytů 2010-2022 [12].....	16
Obrázek 7: Vývoj prodejů tepelných čerpadel v Evropě [16]	17
Obrázek 8: Obnovitelná tepelná energie dle země a typu v roce 2022 (v TWh) [16] ...	18
Obrázek 9: Vývojový diagram	26
Obrázek 10: Legenda barev.....	32
Obrázek 11: Základní údaje o objektu (pozn.: list „1_pomTV“ obsahuje tabulky z obrázků č. 9 a 10).....	33
Obrázek 12: odhad tepelné ztráty (kW) a průměrné spotřeby (MWh) ze spotřeb energií z minulých let.....	35
Obrázek 13: Odhad tepelné ztráty (kW) a průměrné spotřeby (MWh) z metrů čtverečných, typu a zateplení objektu	37
Obrázek 14: Tabulka pro přehled výsledků tepelné ztráty objektu a uvedení jakou metodou získaná čísla budou použita pro následující výpočty	38
Obrázek 14: Tabulka pro přehled výsledků týkajících se průměrné roční potřeby tepelné energie na vytápění a uvedení jakou metodou získaná čísla budou použita pro následující výpočty	39
Obrázek 15: Odhad průměrné roční potřeby tepla na přípravu TUV	40
Obrázek 16: Specifikace potřeby tepla pro přípravu teplé užitkové vody v den představující roční špičku	41
Obrázek 17: Časové rozložení potřeby tepla na přípravu teplé užitkové vody v den představující roční špičku	43
Obrázek 18: Kontrolní ukazatel využití akumulace signalizující upozornění	44
Obrázek 19: Křivka odběru	45
Obrázek 20: Histogram hodinových potřeb	46
Obrázek 21: Nabíjecí výkon a objem akumulace TUV	47
Obrázek 22: tabulka pro přehled výsledků týkajících se průměrné roční potřeby tepelné energie na přípravu TUV a uvedení jakou metodou získaná čísla budou použita pro následující výpočty	48

Obrázek 23: Výpočet požadovaného výkonu zdroje tepla (pro vytápění i přípravu TUV)	49
Obrázek 24: Informace o původním zdroji tepla (sloupce ohledně chladu byly pro přehlednost skryty)	51
Obrázek 25: Parametry pro ekonomické hodnocení	52
Obrázek 26: Provozní náklady	53
Obrázek 27: Pomocná tabulka k investičním nákladům	55
Obrázek 28: Investiční náklady	56
Obrázek 29: Výsledky ekonomické kalkulace (1. investiční varianty)	58
Obrázek 30: Tabulka s toky peněz a výpočty ekonomické kalkulace	62
Obrázek 31: Výpočet jednotkové ceny vyrobeného tepla/chladu	63
Obrázek 32: Automatické vyhodnocení všech investičních variant včetně automatického pořadí doporučení investičních variant dle typu tepelných čerpadel (některé z hlediska výsledků nezajímavé řádky byly pro lepší zobrazení skryty)	66
Obrázek 33: Automatické vyhodnocení všech investičních variant - výsledky, když BUDE obdržena dotace (některé z hlediska výsledků nezajímavé řádky byly pro lepší zobrazení skryty)	67
Obrázek 34: Automatické vyhodnocení všech investičních variant - výsledky, když NEBUDE obdržena dotace (některé z hlediska výsledků nezajímavé řádky byly pro lepší zobrazení skryty)	68
Obrázek 35: Vyhodnocení, kdyby objekt neměl podlahové topení s dostačující výstupní teplotou 35 °C, ale radiátory s dostačující výstupní teplotou 55 °C	71
Obrázek 36: Výběr investiční varianty, jíž se mají týkat zobrazované vstupy a výstupy na ostatních listech nástroje	72
Obrázek 40: výkon tepelného čerpadla a bivalentního zdroje tepla v závislosti na venkovní teplotě variantu IVT GEO G254 1 ks	73
Obrázek 37: poměr spotřebovaného paliva mezi tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem tepla variantu IVT GEO G254 1 ks	73
Obrázek 38: poměr roční dodávky tepla mezi tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem tepla variantu IVT GEO G254 1 ks	73
Obrázek 39: vývoj cash flow variantu IVT GEO G254 1 ks	74