

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra zadávající téma diplomové práce

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Koncepční návrh nového zdroje tepla spalující biomasu

Autor práce: **Bc. Lukáš Kojzar**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek CSc.**

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš KOJZAR**
Osobní číslo: **E20N0030P**
Studijní program: **N0713A060013 Výkonové systémy a elektroenergetika**
Specializace: **Elektroenergetika**
Téma práce: **Koncepční návrh nového zdroje tepla spalující biomasu**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky**

Zásady pro vypracování

1. Popište aktuální stav teplárenství v ČR a popište specifika při návrhu nového zdroje, definujte obecné základní varianty řešení.
2. Navrhněte technicko-ekonomický model pro vyhodnocení posuzovaných variant a aplikujte navržený model pro prostředí dodávek tepla lokality Poříčí.
3. Proveďte výpočet mezních hodnot provozních parametrů.
4. Stanovte měsíční bilance nového zdroje.
5. Proveďte ekonomické vyhodnocení variant.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**


Seznam doporučené literatury:

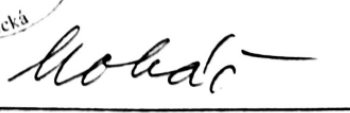
P. Mastný a kol. – Obnovitelné zdroje elektrické energie, ČVUT Praha 2011.
J. Cikhart, A. Polanský – Výměníky tepla v tepelných sítích, SNTL, Praha,
www. stránky.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání diplomové práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2022**




Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan


Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

V předkládané diplomové práci je vypracován technicko-ekonomický model určený pro prvotní posouzení zamýšlených variant nového tepelného zdroje v lokalitě Poříčí. V první části jsou popsány principy energetické výroby tepla, a to jak z fyzikálního hlediska, tak i z hlediska technických možností. Je zde popsáno fungování teplárenské soustavy České republiky, základní princip stanovení ceny za teplo a zároveň jakým směrem se teplárenství může ubírat v letech následujících. V praktické části je vytvořen samotný model, který dává uživateli možnost zvolit si základní komponenty zařízení s předdefinovanými doporučenými hodnotami, kterými se však uživatel řídit nemusí. Na základě zvolených parametrů jednotlivých komponent model dopočte výstupní hodnoty jako jsou potřebné množství paliva, provozní parametry, výkonová bilance, odhadované pořizovací a provozní náklady včetně návratnosti a další. Mimo dodávky tepla je model doplněn i o možnost doplňkové výroby elektrické energie. V závěrečné části jsou následně zhodnoceny ukázkové příklady a je doloženo vlastní doporučení pro stanovenou oblast.

Klíčová slova

Teplárenství, model, technicko-ekonomický model, teplárna, výtopna, biomasa, zemní plyn, obnovitelné zdroje energie, solární energie, solární panel

Abstract

In the presented diploma thesis there is developed a technical-economic model designed for the initial evaluation of the intended variants of the new heat source in the Poříčí location. The first part describes the principles of energy heat production, both from a physical point of view and from the technical point of view. It describes the basic function of the central heating system of the Czech Republic, the basic principle of determining the price for heat and at the same time in which direction the heating industry can go in the upcoming years. In the practical part, the model itself is giving the user the opportunity to choose the basic components of the whole heating station and their properties with predefined recommended values, which, however, the user does not have to follow. Based on the selected parameters of individual components, the model calculates the output values such as the required amount of fuel, operating parameters, power balance, estimated acquisition and operating costs, including return time and even more. In addition to the possibility of heat supply, the model also has the option of producing electricity. In the final part, sample examples are then evaluated and there are given recommendations for the specified area.

Key Words

Heating industry, model, technical-economic model, heating plant, heating station, biomass, natural gas, renewable energy sources, solar energy, solar panel

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval lidem, kteří mi pomohli s vypracováním této práce. Primárně bych chtěl poděkovat vedoucímu této práce Doc. Ing. Zbyňku Martínkovi CSc. a odbornému konzultantovi Ing. Jiřímu Benešovi Ph.D za věcné vedení, odborné rady a zpětnou vazbu. Dále bych rád poděkoval vyučujícím katedry elektroenergetiky, kteří mi poskytli znalosti potřebné k vypracování této práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za poskytnutí podpory a podmínek pro úspěšné vypracování této práce.

Obsah

Úvod.....	- 10 -
1 Teplárenství	- 11 -
1.1 Princip teplárenství.....	- 11 -
1.2 Současná situace v ČR	- 16 -
2 Zásady návrhu nového zařízení	- 21 -
2.1 Legislativní rámec	- 21 -
2.2 Návrh vzhledem k diagramu zatížení.....	- 22 -
2.3 Návrh vzhledem k možnostem dané lokality	- 23 -
3 Technicko-ekonomický model	- 25 -
3.1 Struktura modelu	- 25 -
3.1.1 Návod užití.....	- 26 -
3.1.2 Schéma.....	- 27 -
3.1.3 Horkovodní a parovodní síť	- 33 -
3.1.4 Výroba elektřiny	- 34 -
3.1.5 Zobrazení výsledků.....	- 35 -
3.1.6 Ekonomické vyhodnocení.....	- 36 -
3.2 Technická část modelu	- 37 -
3.2.1 Možné Využitelné technologie	- 37 -
3.2.2 Stanovení mezních parametrů.....	- 38 -
3.2.3 Bilanční výpočet	- 40 -
3.3 Ekonomická část modelu	- 45 -
3.3.1 Odhad nákladů a výnosů.....	- 46 -
3.3.2 Ekonomické zhodnocení.....	- 48 -
4 Zhodnocení ukázkové varianty.....	- 51 -
4.1 Vstupní hodnoty technické části ukázkové varianty	- 51 -
4.2 Vstupní hodnoty ekonomické části ukázkové varianty.....	- 53 -
4.3 Vyhodnocení ukázkové varianty	- 55 -
5 Závěr.....	- 62 -
Literatura.....	- 65 -

Přílohy.....	I
Příloha 1. Vstupní parametry pro výpočet tepelné části technického výpočtu.	I
Příloha 2. Vstupní parametry pro výpočet fotovoltaické výroby.....	II
Příloha 3. Zbylé parametry potřebné pro technickou část výpočtu.	II
Příloha 4. Zadané parametry pro výpočet ekonomické části modelu.	III
Příloha 5. Roční souhrn horkovodní výroby.....	III
Příloha 6. Grafické znázornění roční horkovodní výroby.	IV
Příloha 7. Roční souhrn parovodní výroby.....	VI
Příloha 8. Grafické znázornění roční parovodní výroby.....	VI
Příloha 9. Grafické znázornění roční elektrické výroby.	VIII

Seznam symbolů a zkratek

Značka	Popisek	Jednotka
<i>A</i>	Akumulace energie	(W)
<i>CZT</i>	Centrální zásobování teplem	
<i>ČNB</i>	Česká národní banka	
<i>ČR</i>	Česká republika	
<i>ČVUT</i>	České vysoké učení technické	
<i>E</i>	Elektrická energie	(W)
<i>EBITDA</i>	Zisk před započtením úroků, daní a odpisů (Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization)	
<i>EBT</i>	Zisk před úroky a zdaněním (Earnings Before Interest and Taxes)	
<i>ERÚ</i>	Energetický regulační úřad	
<i>EU</i>	Evropská unie	
<i>FV</i>	Fotovoltaická výroba	
<i>H</i>	Výhřevnost	(J/kg) (J/m ³)
<i>i</i>	Entalpie	(J/kg)
<i>IRR</i>	Kritérium vnitřní úrokové míry (Internal Rate of Return)	
<i>KVET</i>	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	
<i>m</i>	Hmotnost	(kg)
<i>M_n</i>	Jmenovitý hmotnostní průtok	(kg/h)
<i>MPO</i>	Ministerstvo průmyslu a obchodu	
<i>NPV</i>	Čistá současná hodnota (Net present value)	
<i>OZE</i>	Obnovitelné zdroje energie	
<i>PPC</i>	Paroplynný cyklus	
<i>P_{max}</i>	Maximální výkon	(W)
<i>P_{min}</i>	Minimální výkon	(W)
<i>P_n</i>	Jmenovitý výkon	(W)
<i>P_{str}</i>	Střední výkon	(W)
<i>P₀</i>	Příkon	(W)
<i>P_{0n}</i>	Jmenovitý příkon	(W)
<i>Q_d</i>	Dodané teplo	(W)
<i>Q_{chv}</i>	Teplo odvedené chladicí vodou	(W)
<i>RC cyklus</i>	Rankin-Clausiův cyklus	
<i>S</i>	Spotřeba	(W)
<i>V</i>	Objem	(m ³)
<i>Z</i>	Ztráty	(W)
<i>η</i>	Účinnost	(%)

Úvod

Česká republika se nachází v energetické krizi, kdy ceny energií stoupají, v dohledné budoucnosti hrozí, že Česká republika nebude energeticky soběstačná a tím pádem bude závislá na dovozu a riziko blackoutu je čím dál tím reálnější. Zároveň jsou na energetické zdroje kladeny čím dál vyšší environmentální nároky, což situaci ještě více komplikuje. Z důvodu zajištění energie jak elektrické, tak tepelné, je potřeba optimálně provozovat stávající zdroje a zároveň budovat zdroje nové, které budou mít zároveň minimální environmentální dopad. Je však nutné na zařízení pohlížet i z ekonomického hlediska, kdy kvůli konkurenceschopnosti musí být schopno generovat zisk.

Účelem této diplomové práce je vytvoření technicko-ekonomického modelu, který bude schopen vyhodnotit a porovnat jednotlivé varianty potenciálního tepelného zdroje spalujícího biomasu v lokalitě Poříčí. Při vložení základních parametrů zařízení do modelu a dat o odběru energie v dané lokalitě bude model schopen vypočítat provozní parametry, určit výkonové bilance, spotřebu paliva, náklady na výstavbu a provoz apod. Při vytváření modelu budou probíhat konzultace s odborníky na danou problematiku ze společnosti ČEZ.

V závěrečné části budou posouzeny některé vzorové případy, zdůvodněny limity nastavené v samotném modelu a uvedena vlastní doporučení.

1 Teplárenství

Teplárenství může mít hned dva různé významy, kdy v širším pojmu můžeme teplárenství interpretovat jako průmyslové odvětví zaměřené na výrobu a distribuci tepla, nebo jako již užší pojem lze považovat teplárenství za výrobu tepla a elektřiny v rámci jednoho zařízení – teplárny. Podrobněji budou tyto definice vysvětleny na následujících stranách.

1.1 Princip teplárenství

Cílem teplárenství je vyrobit a spolehlivě dodat tepelnou energii v potřebné míře koncovému spotřebiteli. Teplo jakožto nejméně vznešená forma energie vzniká jako vedlejší produkt (ztráty) při jiných energetických přeměnách, kdy většinu jiných energií (mechanická, elektrická) lze kompletně přeměnit na teplo. Obráceně tento vztah neplatí. Není problémem teplo vytvořit, ale spíše dosáhnout co nejvyšší účinnosti přeměn energií právě na zmíněné teplo, optimálně jej akumulovat a přenášet na danou vzdálenost a v neposlední řadě vyrobit dostatečné množství. Výroba a dodávka musí být také podřízena ekonomice, tak aby výroba byla ekonomicky výhodná a v posledních letech i environmentálně co nejvíce přátelská.

Jelikož je teplo druhem energie, je podřízeno zákonu zachování energie, přesněji řečeno zákonu zachování energie upraveného do tvaru vhodného pro popis tepelných procesů – 1. termodynamický zákon, který popisuje, že teplo lze měnit na práci. Teplo ovšem není plně transformovatelné na jiné typy energie a to popisuje 2. termodynamický zákon, který udává, jakým směrem přírodní procesy probíhají (teplejší těleso samovolně předává své teplo tělesu chladnějšímu a nikoli naopak). Zároveň říká, že aby bylo možné periodicky měnit tepelnou energii do jiné formy, nestačí pouze odebírat teplo z jednoho zdroje, ale že jsou třeba dva „zdroje“, každý o jiné teplotě, kdy při přestupu tepla je část energie přeměněna na mechanickou práci. Účinnost přeměny lze vyjádřit jako podíl získané práce a energie odebrané z prvního zdroje, přičemž čím je vyšší rozdíl teplot obou zdrojů, tím je účinnost vyšší.

Díky svým vlastnostem se pro přenos tepla jako teplonosné médium nejčastěji používá voda (případně voda ve skupenství páry). Je běžně dostupná ve velké části světa, umí dobře akumulovat teplo, je dobře známo, jak se chová za určitých tlaků a teplot, umožňuje snadnou přepravu potrubím, je netoxická atd. Voda se používá jak jako médium při výrobě, tak i při přepravě.

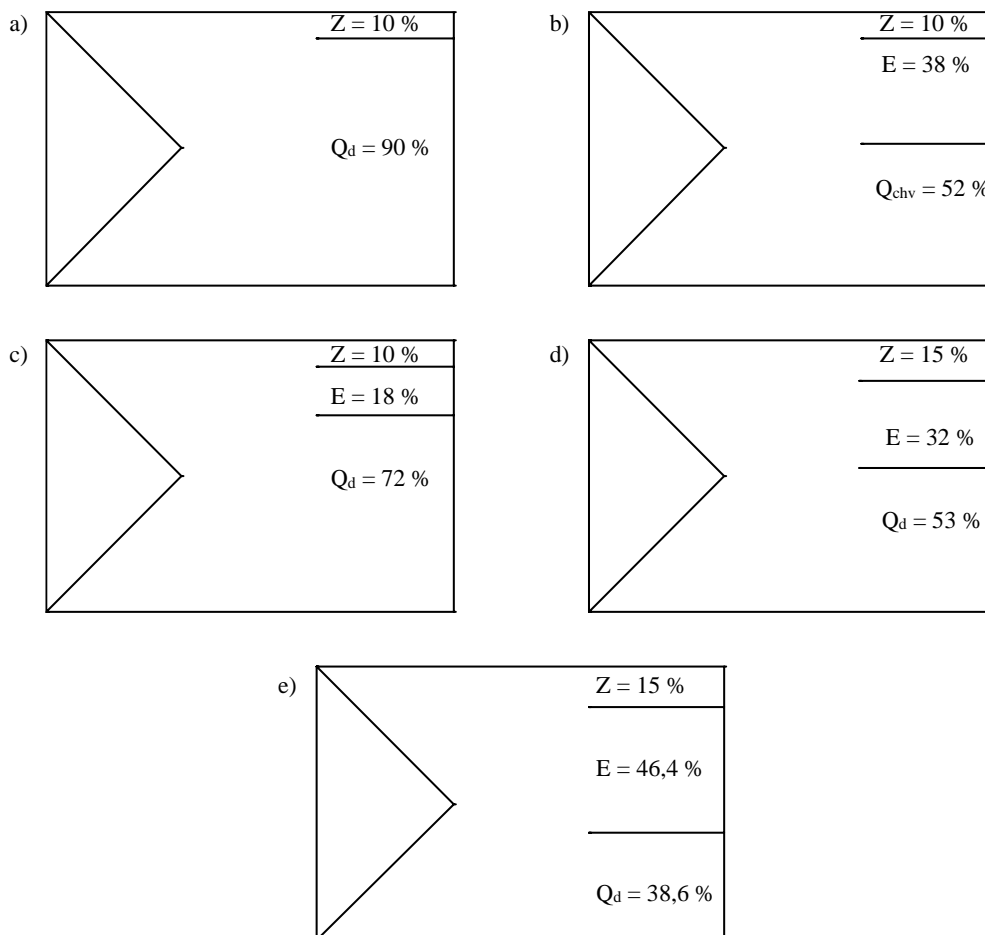
Jako vstupní energie potřebná pro ohřev vody může sloužit několik různých zdrojů. Kvůli podmínkám, které jsou v České republice, se ale užívá primárně energie uvolněná ze spalování látek organického původu – zemní plyn, různé ropné produkty, uhlí, biomasa aj. Během spalování dojde k uvolnění chemicky vázané energie ve formě tepla. Ve světě je možné setkat se s ohřevem vody pomocí energie slunce (vysokoteplotní solární systémy) nebo s energií geotermální. Ani jedna z těchto alternativ není pro ČR nejvhodnější vzhledem k podmínkám, které zde panují. Geotermální energie se na našem území nachází v minimální využitelné míře a u energie solární je zde poměrně nízká intenzita záření spolu s krátkou dobou denního svitu. Problémem by byla také regulace takového zdroje v průběhu dne, nemluvě o faktu, že k maximální výrobě tepla by docházelo v době, kdy je ho potřeba nejméně (slunný letní den) a naopak, když by byla dodávka tepla potřeba, byla by výroba minimální (zimní období po západu slunce). Další variantou je využití energie z rozpadu jader pomocí štěpné reakce. Přestože zde již v minulosti byly plánované projekty, k jejich realizaci došlo jen zřídka, protože by se jednalo o ekonomicky i bezpečnostně náročný projekt. Jednou z výjimek je jaderná elektrárna Temelín, která již několik let dodává teplo do města Týn nad Vltavou. Zároveň probíhá výstavba horkovodu do Českých Budějovic. [3, 4]

Jak bylo již zmíněno v úvodu této kapitoly, pojem teplárenství lze chápat dvěma různými způsoby. Pokud se nyní budeme držet širšího pojetí tohoto slova, tedy teplárenství jakožto průmyslového odvětví, pak můžeme rozdělit dodávkové zdroje v rámci CZT do dvou kategorií. Do první kategorie budou patřit zdroje dodávající pouze tepelnou energii, zatímco v druhé kategorii bude docházet k výrobě jak tepelné, tak i elektrické energie v rámci jednoho zařízení (kogenerace, KVET). Do první kategorie lze zařadit výtopny. Ty se vyznačují tím, že mají nejjednodušší cyklus, kdy se pouze spaluje palivo v kotli. Při spalování dochází k ohřevu vody, která následně ohřívá vodu v tepelném výměníku. Z něj následně odchází voda do soustavy CZT. Celková účinnost takového zařízení se pohybuje okolo 90 %. [3]

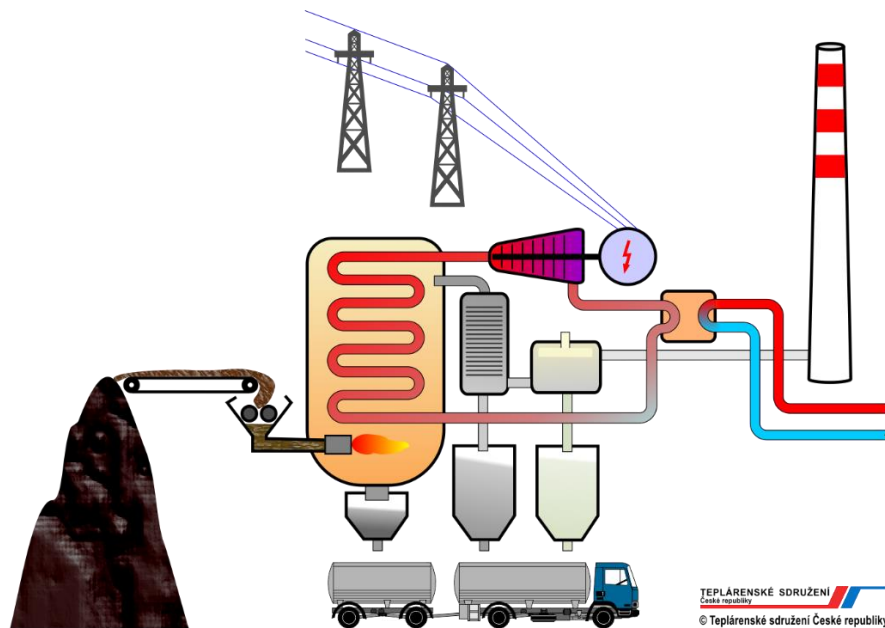
U kogenerace se můžeme také setkat s více typy zařízení. Přestože všechny tyto zdroje fungují na základě spalování paliva a produkují zároveň teplo i elektřinu, v jednotlivých částech přeměny se liší. Hlavní výhodou kogenerace je úspora paliva oproti dvěma nezávislým zdrojům (výtopna a elektrárna). Běžné uhelné elektrárny dosahují účinnosti okolo 40 %, přičemž zbytkové teplo, které se v elektrárně nevyužije, je vypuštěno do okolí. Z toho plyne, že souhrnná účinnost 2 zdrojů bude nižší než u KVET a tím bude potřeba i více paliva pro výrobu stejného množství tepla i elektřiny. Jedním ze základních teplotních ukazatelů úspory paliva je tzv. teplotní modul, který udává poměr mezi vyrobenou elektřinou a teplem. Tento poměr je odlišný jak u různých druhů teplotních zařízení, tak i u teploten pracujících na stejném principu. To znamená, že se bude lišit jak u teplotny spalující biomasu a teplotny využívající paroplynný cyklus, tak i u dvou různých teploten stejného typu v závislosti na použitých komponentech a specifickém nastavení.

Základem KVET jsou tzv. teplotny, kdy se v kotli uvolní teplo a následně se převádí pomocí pracovní látky do termodynamických cyklů (např. RC cyklus), ve kterých dochází k přeměně energie na mechanickou práci a z té následně na energii elektrickou a zbytkové teplo je odváděno do tepelného výměníku sloužícího jako zdroj tepla CZT. Nejčastěji teplotny využívají parní turbíny, kdy v kotli dochází ke spálení paliva. Zároveň dochází k ohřevu vody, která je přeměněna na páru a ta následně expanduje v turbíně, kterou roztáčí. Turbína roztáčí alternátor, který vyrábí elektřinu a zbytková pára putuje do tepelného výměníku, kde předává teplo a následně se vrací zpět do kotle, kde se cyklus opakuje. Další možností je teplotna využívající plynové turbíny. Plynová turbína využívá k přeměně chemickou a kinetickou energii plynu, který při hoření zvyšuje svůj objem a tím roztáčí turbínu. Výhodou těchto typů teploten je možnost rychlého náběhu, což umožňuje lepší regulaci. Také dosahují vyššího teplotenského modulu než teplotny s parní turbínou. Na druhou stranu dosahují nižší celkové účinnosti zhruba o 5 % kvůli vyšší komínové ztrátě způsobené potřebou vyššího obsahu vzduchu při spalování. Ten je nutný pro snížení teploty spalin oproti plamenu při vstupu do turbíny. Třetí alternativou je kombinace výše zmíněných způsobů, tedy teplotna paroplynná. Ta funguje ve 2 stupních. První stupeň odpovídá plynové teplotně s tím rozdílem, že zbytkové teplo není přivedeno do výměníku, ale ve druhém stupni ohřívá vodu, která se mění na páru, která roztáčí parní turbínu. Tato část tedy odpovídá parní teplotně. Tento typ dosahuje nejvyššího teplotenského modulu, jak je vidět na obrázku níže (Obr. 1), kde na vstupu je 100 % vložené energie; Z = ztráty;

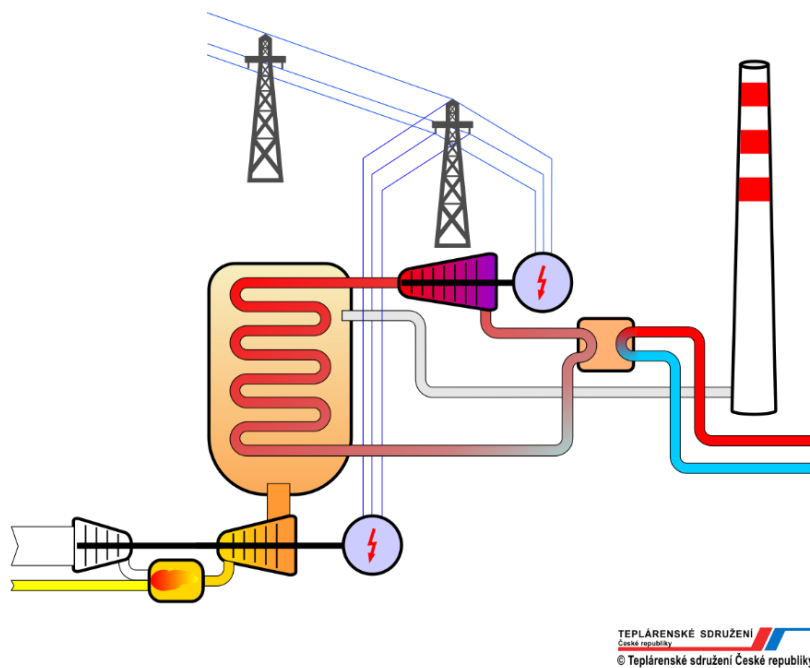
Q_d = teplo dodané; Q_{chv} = teplo odvedené chladicí vodou; E = elektrická energie pro
 a) výtopnu b) kondenzační elektrárnu c) parní teplárnu d) plynovou teplárnu e) paroplynovou
 teplárnu bez přitápění. [2, 5, 6]



Obr. 1 - Účinnosti a zastoupení výchozích energií u různých typů zařízení – vytvořeno na základě [2].



Obr. 2 - Zjednodušené schéma uhelné teplárny. [5]

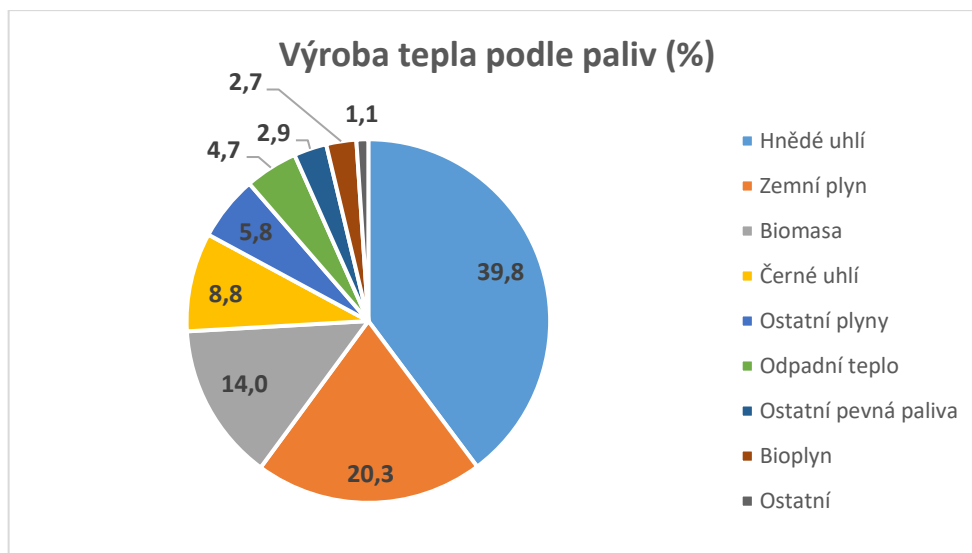


Obr. 3 - Zjednodušené schéma teplárny s PPC. [5]

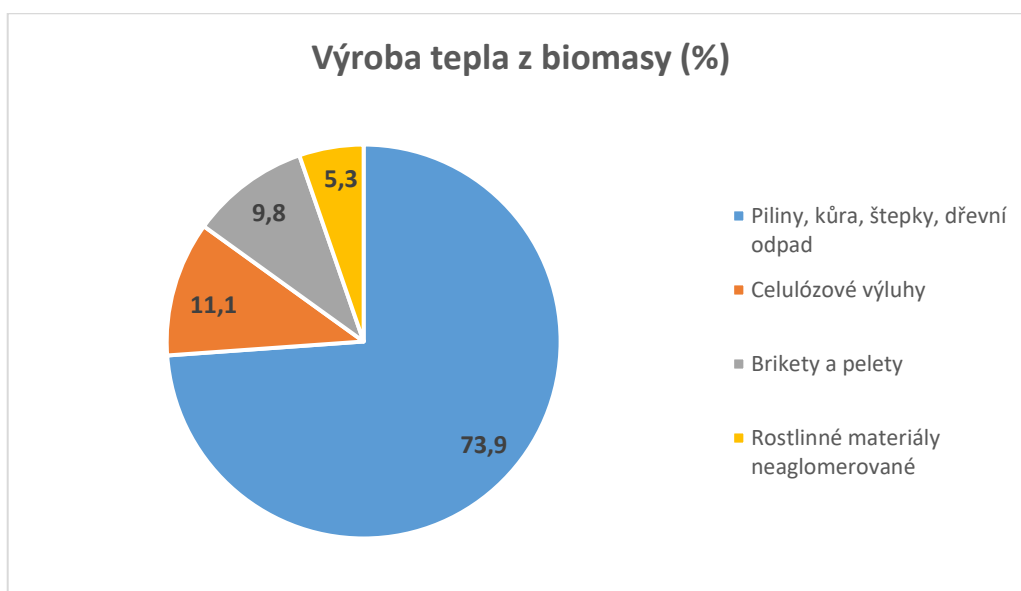
1.2 Současná situace v ČR

Teplárenství v České republice zastupuje značný podíl energetického průmyslu, kdy kromě výroby tepelné energie dochází i k výrobě energie elektrické. Stavba zdrojů pro centrální dodávky tepla byla nejvýznamnější během průmyslového rozvoje a výstavby velkých sídlišť během minulého režimu. Dnes je centrálním zásobením tepla (dále CZT) dodáváno teplo do 1,6 milionu domácností – tedy do každé třetí domácnosti. Dále je dodána přibližně 1/3 tepla do průmyslu a 1/4 do oblasti služeb, zdravotnictví a školství. Samotné CZT rozvádí teplo pomocí rozsáhlých sítí k jednotlivým odběratelům. Samotná délka teplovodného potrubí dosahuje okolo 10 000 km. [6, 7]

V posledních letech dochází napříč EU k tlaku na radikální omezení emisí, což by mělo nakonec vyústit v uhlíkově neutrální Evropu. Jedním z kroků, jak takového stavu dosáhnout, je odklon od spalování uhlí a následná náhrada za emisně přívětivější zdroje. Současné využití paliv v ČR je možné vidět na Obr. 4 a 5, kdy na Obr. 4 je zastoupení všech paliv a na Obr. 5 pak pouze obnovitelné zdroje. V současné době je téměř 40 % tepelné energie vyrobeno pomocí spalování uhlí. Podle plánu by od něj mělo být ustupováno. Na druhém místě je zemní plyn, který zastupuje přibližně 20 %. V příštích letech se uvažovalo, že by měla výroba ze zemního plynu růst. Mělo se však jednat pouze o přechodné řešení, jelikož je emisně přívětivější než uhlí, ale kvůli emisím by časem mělo dojít i k odstupu od zemního plynu. Situace se změnila při současné geopolitické situaci, kdy se dá uvažovat, že se kvůli omezení závislosti na dodávkách ruského plynu změní i koncepce na budoucí rozvoj energetických sítí. Biomasa je se 14 % zastoupením až na třetím místě. Z těchto 14 % celkového pokrytí výroby tepla jsou zhruba $\frac{3}{4}$ vyrobeny z odpadního dřevního materiálu jako jsou štěpka, piliny, kůra atd.



Obr.4 – Výroba tepla podle paliv – vytvořeno na základě dostupných dat. [8]



Obr. 5 – Výroba tepla z biomasy – vytvořeno na základě dostupných dat. [8]

Jedním z nástrojů sloužících k donucení teplárenských společností přejít na šetrnější zdroj paliva jsou primárně emisní povolenky, které každoročně zvyšují svoji cenu, jak je možné vidět na Obr. 6. Například jen během roku 2021 došlo k více než 100 % růstu ceny. Z těchto důvodů u mnoha společností dochází k masivním investicím v oblasti ekologizace výroby, kam lze zařadit například zmíněný přechod ze spalování uhlí na biomasu nebo využití jiných druhů OZE a dále pak k modernizaci a s ní souvisejícím zvyšování účinnosti (nové kotle, kvalitnější teplovody, přechod na KVET atd.). Podle Národního akčního plánu určeného k ochraně klimatu by mělo teplárenství sehrávat na energetickém trhu významnější roli, kde by mělo sloužit ke stabilizaci sítě. V době, kdy je přebytek v síti, by elektřina byla

přeměněna na teplo, které je možné levněji a technologicky jednodušeji akumulovat. Na druhou stranu při nedostatku elektřiny by se zvýšila její výroba z naakumulovaných tepelných zásob.

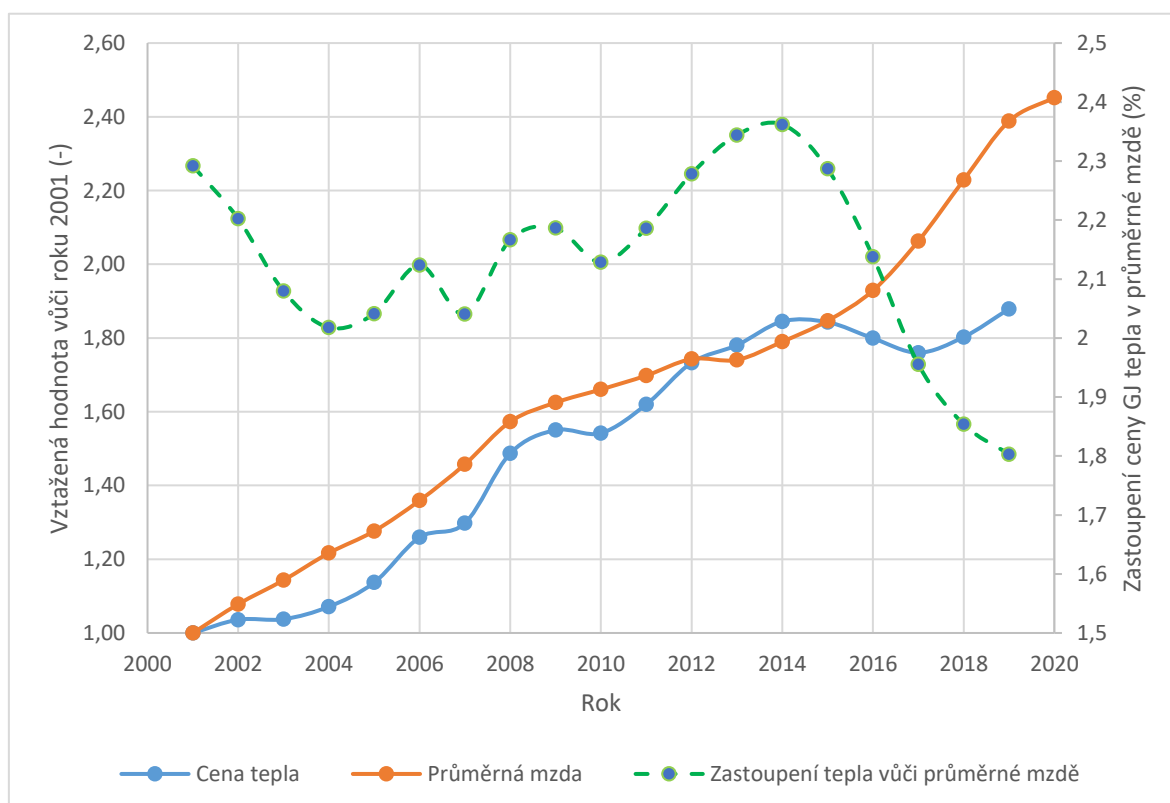


Obr. 6 – Vývoj ceny emisních povolenek v eur/t CO₂ k květnu 2022. [10]

Přeměna teplárenství již pár let na našem území probíhá. Dle statistik ERÚ klesla spotřeba hnědého uhlí při výrobě tepla o více než 1/10 mezi lety 2017 a 2020, přesněji vyrobená tepelná energie z hnědého uhlí klesla z 70,6 TJ na 62,4 TJ. Během tohoto časového úseku naopak vzrostlo zastoupení biomasy z původních 17,6 TJ na přibližně 22 TJ. Celý odklon by měl být dokončen do roku 2030 a finančně by měly pomoci mimo jiné fondy EU, ministerstva průmyslu a obchodu (dále MPO) a jiné, kdy hlavní roli by měl hrát zemní plyn a zmíněná biomasa, dále pak jiné OZE, spalování odpadu atd. Podle studie ČVUT bude nutné investovat okolo 100 miliard pouze do oblasti teplárenství. [11, 12, 13]

Dalším důležitým faktorem pro budoucí vývoj teplárenství je cena tepla. Ta je v České republice regulována ERÚ tak, aby docházelo k ochraně spotřebitele. Trh s teplem je značně nedokonalý, kdy pro jednotlivé oblasti je velmi nízká konkurence, což by mohlo vést k rapidnímu nárůstu cen. Samotný model regulace cen se musí měnit tak, aby podpořil finančně přechod na jiné primární zdroje, než je uhlí. Mimo jiné by se mohla měnit daňová sazba z přidané hodnoty za teplo a chlad z 15 % na 10 %, čímž by měla již zmíněný přechod zjednodušit. Zároveň byla na podzim roku 2021 schválena změna zákona o podporovaných zdrojích energie, tak aby byla pro domácnosti snížena cena rostoucí energie. [7]

Na Obr. 7 je možné vidět, jak se vyvíjejí ceny za teplo oproti průměrné měsíční mzdě vzhledem k roku 2001. V grafu lze vidět, že od roku 2015 vypadá situace s teplem pro koncového zákazníka více a více příznivěji, kdy průměrná mzda roste rychleji než cena tepla. V roce 2019 je průměrná mzda vyšší přibližně 2,4x a cena tepla 1,9x a 1 GJ tepla stojí pouze 1,8 % průměrné mzdy, což je minimum za více než 20 let. Problémem je ale predikce do budoucna, kdy by se situace mohla obrátit. Situaci může ovlivnit hned několik majoritních faktorů, které se v současné době odehrávají. Prvním faktorem je prudký nárůst emisních povolenek v posledních letech, který se jistě negativně podepíše na ceně koncového tepla. Další vliv má rostoucí inflace, kdy její hodnota stále roste. V roce 2015 dosahovala v průměru 0,3 %, v roce 2018 2,1 % a v roce 2020 3,2 %. V průběhu roku 2022 dochází ke stálému růstu, kdy během května převyšuje hodnotu 14 % a lze očekávat i následný růst, když pravděpodobně průměrná hodnota inflace za rok 2021 bude vyšší než rok předešlý. [18, 19]



Obr. 7 – Vývoj cen tepla vůči průměrné mzdě – vytvořeno na základě [15, 16, 17].

Dalším faktorem je rostoucí cena zemního plynu, který meziročně přibližně zčtyřnásobil svoji hodnotu (ke květnu 2022). Přestože v Obr. 7 se tyto parametry ve větší míře prozatím neprojevily, i když je viditelný pozvolný nárůst cen, lze je pocítit již v současné době. Energetickým odvětvím České republiky otřásla zpráva o krachu společnosti Bohemia Energy v říjnu roku 2021 v důsledku rostoucích cen plynu. Trend růstu ceny je očekávaný v celém teplotárenském odvětví. [20, 21]

2 Zásady návrhu nového zařízení

Trend posledních let v rámci celého energetického odvětví je decentralizace, což znamená odklon od výstavby velkých zdrojů lokalizovaných v blízkosti zdroje paliva (v České republice primárně uhelné elektrárny v blízkosti hnědouhelných pánví). Mezi zdroje decentralizované energetiky patří primárně OZE, kam bezesporu patří i teplárenská zařízení. Výhodou decentralizované soustavy je možnost pokrytí potřeb dodávky přímo v daném místě a tím mimo jiné omezení nároků na přenos.

2.1 Legislativní rámec

Pro návrh nového zařízení je stěžejní jeden bod a to takový, že dané zařízení musí být schváleno, vybudováno a provozováno dle platných legislativních předpisů. Základním kamenem energetiky z hlediska legislativy je Zákon č. 458/2000 Sb., Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, známý také jako „energetický zákon“. V něm jsou implementovány jednotlivé právní předpisy EU. Mimo jiné je zde stanoveno, jací účastníci jsou součástí trhu s elektrickou energií, plynem nebo teplem. Tento zákon je doplněn dalšími zákony, vyhláškami, nařízeními atd. primárně z per MPO a ERÚ. Mezi tyto vyhlášky patří například vyhláška č. 37/2016 Sb., tedy Vyhláška o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů. Tato vyhláška stanovuje mimo jiné, jakým způsobem je možné zažádat o vydání osvědčení o původu elektřiny, tepla a specifikuje podmínky pro jeho vydání. Dále udává, jakým způsobem určit množství vyrobené energie a vypočítat úspory primární energie při využití sekundárních zdrojů jako je například skládkový plyn nebo komunální odpad. Další významnou vyhláškou je Vyhláška 441/2012 Sb., o minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepla. Zde je možné se dočíst jaké minimální účinnosti by mělo zařízení dosahovat na základě použitého paliva (hnědé uhlí, biomasa, černé uhlí aj.), kotle (práškový, hořákový, fluidní, roštový aj.), turbíny (kondenzační, protitlaká) pro konkrétní hodnoty výkonů. Podobných vyhlášek a nařízení, podle kterých je nutné se při výstavbě či modernizaci již stávajícího energetického zařízení řídit, existuje řada. Jen pro přehled je důležitá například Vyhláška č. 476/2012 Sb., o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny, Vyhláška č. 387/2012 Sb., Vyhláška o státní autorizaci na výstavbu výrobní elektřiny, Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, Zákon 359/2003 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb.,

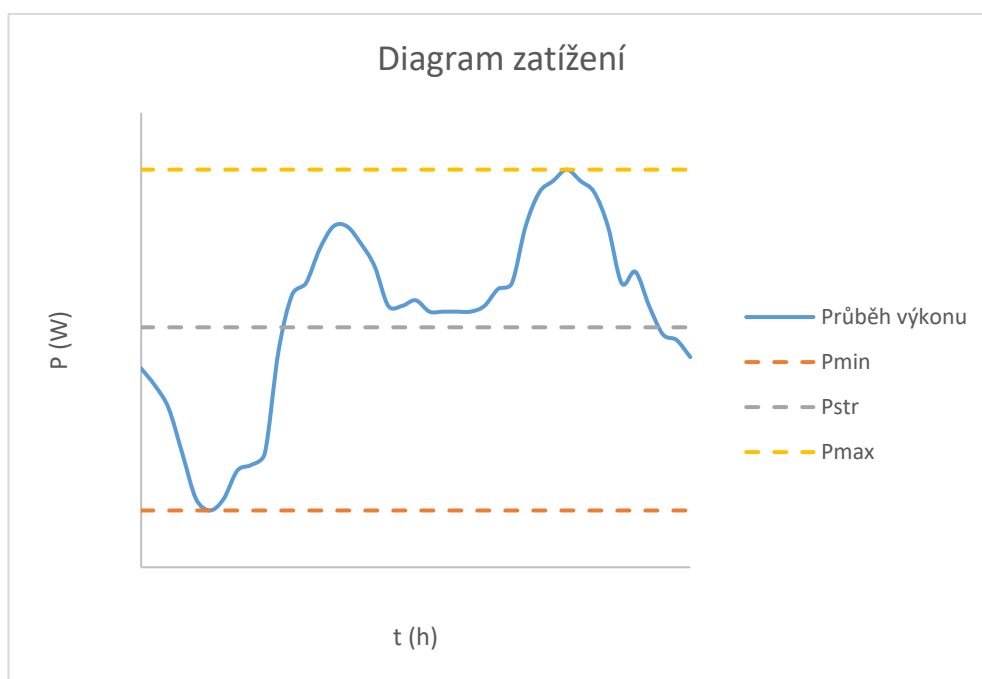
o hospodaření energií, Vyhláška 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu a mnoho dalších. [22, 23]

2.2 Návrh vzhledem k diagramu zatížení

Při návrhu nového teplotního zdroje je nutné uvědomit si hned několik zásadních věcí. Jednou z těchto věcí je účel, pro který má nový zdroj sloužit. Zda potřebujeme pouze dodávat teplo, nebo je vhodné dodávat i elektřinu, případně v jakém poměru obě formy energií. Tato informace nám pomůže vymezit, který typ zařízení bude nejvhodnější (viz Obr. 1). Nutné je určit, jaký výkon by měl zdroj dodávat, lépe řečeno, v jakém rozsahu by měl být schopen pracovat, protože jak je známo, poptávka po elektřině i teple je časově proměnlivá, a to jak v rámci dne, dnů v týdnu, případně i měsíců v roce. Další nevýhodou je i to, že potřeba těchto dvou energií spolu nemusí korespondovat. Z tohoto důvodu je nutné se v dané lokalitě podívat na průběh teplot okolí v určitém časovém období a odběru teplé vody z hlediska teplotnosti a zároveň na diagram zatížení z hlediska energetického. V diagramech zatížení se zpravidla vyskytují špičky – doby kdy je zatížení nejvyšší – ty lze v rámci jednoho dne očekávat převážně v ranních a večerních hodinách. Naopak v průběhu noci bývá patrný pokles spotřeby. Graf zatížení bývá proměnlivý i v rámci roku, kdy nejvyšší požadavky na teplo i elektřinu bývají v zimním období. Kvůli zvyšující se oblíbenosti klimatizací se v posledních letech zvyšuje špička elektrického odběru i v letním období.

Vzhledem k proměnlivosti spotřeby (a tím pádem i nutnosti výroby) je nutno zavést hodnoty, které by pomohly kvantifikovat průběh. Mezi tyto parametry můžeme zařadit maximální, střední a minimální výkon, jak je možné vidět na Obr. 8. Tyto parametry nám rozdělují diagram zatížení do tří základních oblastí. Do P_{\min} se nacházíme na úrovni základního zatížení. Zdroj by se tedy při svém běžném provozu neměl dostat pod tuto hranici. Mezi P_{\min} a P_{str} se vyskytuje pološpičkové pásmo, kde se zdroj pohybuje po většinu svého provozu. Třetí a poslední pásmo je pás mezi P_{str} a P_{\max} . Ten je nazýván špičkovým a jak název napovídá, je zde dosahováno maximálního zatížení. Tyto maxima tvoří tzv. špičky, během kterých je nutné dodat rychle vyšší výkon. Není vhodné, aby zařízení bylo závislé pouze na jednom zdroji energie (kotli), který se bude pohybovat v určitém regulačním rozsahu. Je vhodné a chtěné postavit zařízení z vyššího množství kotlů tak, aby bylo možné regulaci optimálně rozvrhnout. Pro základní a pološpičkové pásmo se více hodí

uhelné nebo biomasové kotle, kdežto pro špičkové zatížení je vhodné použít například plynové kotle. Tyto kotle je možné pořídit za nižší pořizovací cenu, ale jejich provoz je ekonomicky nákladnější. Jejich výhodou je, že jsou schopné rychlého rozběhu a také rychlé regulace výkonu. Z těchto důvodů je vhodné je použít jako doplňkový zdroj pro pokrytí krátkodobých špiček. Zároveň mohou sloužit jako vhodný náhradní zdroj, kdyby z důvodu například poruchy musel být odstaven jiný kotel, může být využit jako náhrada, tak aby byla udržena alespoň základní spotřeba.



Obr. 8 – Diagram zatížení.

2.3 Návrh vzhledem k možnostem dané lokality

Při návrhu nového zdroje je nutné přihlédnout i k podmínkám, které panují v dané lokalitě. První bod se vztahuje k návrhu vzhledem k diagramu zatížení, kdy je třeba určit, jaký výkon je vhodný pro danou lokalitu. To se odvíjí od množství potenciálně připojených domácností a potřebám místních průmyslových závodů a jednotlivých služeb. Zřetel musí být brán i na možný nárůst požadovaného výkonu v průběhu let z důvodu rozšíření aglomerace nebo průmyslu.

Dalších kritériem je možnost využití paliva. Konkrétně jaký druh paliva a v jaké míře se v oblasti nachází nebo je k dispozici. U starších klasických tepelných bloků docházelo k dovozu uhlí na větší vzdálenosti po železnici. Jak již bylo zmíněno, od spalování uhlí se upouští, a proto není tento druh paliva perspektivní. Alternativou je pevná biomasa. Zde je potřeba, aby spalovaná biomasa byla udržitelným zdrojem a její přeprava měla minimální environmentální dopad. Z toho důvodu by se mělo jednat o čistě lokální zdroj. Proto je při návrhu nového zdroje nutno zohlednit možnosti místní krajiny – zda jsou v okolí lesy, volné prostranství pro rychle rostoucí dřeviny (například topoly), louky a pole s využitelnou slámou apod. Na základě paliva je nutné vhodně zvolit co nejvíce optimální kotel. V případě zemního plynu je nutné zhodnotit dostupnost a kapacitu plynovodního potrubí. Pokud by v dané lokalitě nebyla dostatečná kapacita, je nutné zahrnout výstavbu do pořizovacích nákladů. Kromě druhu dostupného paliva je nezbytné pro volbu kotle určit jakým způsobem bude teplo přepraveno ke koncovému uživateli. V případě, že přepravní síť již stojí, můžeme se setkat s parovodem, teplovodem nebo horkovodem. U všech těchto sítí je teplotním médiem voda, jen v parovodu je ve formě páry a v druhých dvou ve formě vody. Rozdíl je v tom, že u teplovodu se pohybuje teplota vody do 110 °C a u horkovodu je dosaženo teploty vyšší (např 150 °C) při vyšším tlaku. Na jednu stranu, pokud v dané lokalitě není síť vybudována, opět to zvyšuje pořizovací náklady. Na stranu druhou má investor možnost volby, jaký typ vybuduje, kdy každý z těchto systémů má své výhody a nevýhody, jako jsou různé výkonové rozsahy, potřeba předávacích stanic apod. [24, 25]

3 Technicko-ekonomický model

Pro realizaci projektů vyžadujících větší finanční investici je vhodné vytvořit model, který co nejdříve napodobí očekávané funkce reálného celku. V dřívějších dobách byly tvořeny zmenšené fyzické modely, které při správném přepočtu reprezentovaly reálné chování potenciálního zařízení. Dnes je tento způsob využíván spíše minoritně nebo až v pozdějších fázích vývoje. Primární roli hrají modely vytvořené v počítačovém prostředí, kde se očekávané vlastnosti co nejdříve modelují matematicko-fyzikálním popisem. Do této kategorie počítačových modelů patří i technicko-ekonomický model. Ten poslouží k určení, zda daný celek bude plnit očekávanou funkci, a v případě, že ano, poslouží i ke zhodnocení ekonomických aspektů – tedy zda by se dané zařízení finančně vyplatilo, či zda by bylo prodělečné. Takový typ modelu je předmětem této diplomové práce.

Cílem tohoto modelu je stanovit přibližnou bilanci nového zdroje tepla spalujícího biomasu. Na základě měřených dat odběru tepla z dané lokality a zadaných parametrů vybraných komponent je model schopen určit hmotnostní průtoky jednotlivých kotlů, entalpie vody nebo vodní páry, potřebný příkon jednotlivých kotlů a celkovou dostupnou energii při jmenovitém stavu. Zároveň je schopen vypočítat i výrobu tepla, odchylky od požadavku, ztráty, spotřebu paliva a další ukazatele v daný jednotlivý okamžik. Model je opatřen relativně vysokou variabilitou použitelných komponent a celou řadou ochranných mechanismů pro správné zadání jednotlivých parametrů, tak aby bylo uživatelské rozhraní co nejvíce uživatelsky přívětivé a upozornilo na drobné přehlédnutí, či zaměnění hodnoty uživatelem.

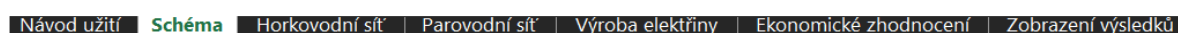
3.1 Struktura modelu

Pro tento specifický model bylo zvoleno prostředí Microsoft Excel, a to z několika důvodů. Výhodou tohoto prostředí je jednoduché užití – jedná se software běžně dostupný v populaci. Většina uživatelů je s jeho funkcemi seznámena alespoň na základní úrovni. Mnohdy odpadá problém s případnou instalací externího programu. Excel umožňuje jednoduchý přístup z více nezávislých zařízení bez nutnosti připojení k internetu a zároveň dává možnost i jednoduché kooperace více uživatelů připojených z různých míst pomocí internetu. Další výhodou může být možnost grafického zpracování jak jednotlivých výsledků, tak designu modelu jako takového. Nevýhodou tohoto prostředí je, že není zcela vhodné pro složitější a cyklicky se opakující výpočty. V tomto případě se jedná pouze

o prvotní zhodnocení, kde dochází k zanedbání určitých vlastností a provázaností veličin specifických pro konkrétní konstrukci, tak aby byl model použitelný pro co nejširší spektrum variant. Z tohoto důvodu odpadá nutnost užití složitějšího softwaru, který by efektivněji zvládl i náročnější výpočty. Přesto zanedbání, která byla provedena, by neměla ovlivnit výsledky do takové míry, aby se ztratila směrdatnost.

Aby byl model schopen správně určit veškeré parametry, je doplněn o excelovský doplněk „water97_v13.xla“ umožňující odečítat hodnoty z parovodních tabulek. V rámci tohoto modelu slouží doplněk ke stanovení entalpie vody/vodní páry na vstupu a výstupu z kotle a ke kontrole, zda její stav odpovídá předpokladu.

Samotný model je rozdělen do sedmi vzájemně provázaných listů.



Obr. 9 – Seznam jednotlivých listů modelu.

3.1.1 Návod užítí

Jedná se o první stranu (list) se kterou přijde uživatel do kontaktu. Její role je čistě informativní. Vyskytuje se zde zjednodušený popis každého následujícího listu, návod, jak správně zadat vstupní parametry, význam barevně rozlišených polí, způsob, jak si zobrazit výsledky modelu, a to pomocí tabulkových hodnot či grafiky ve formě grafu.

Tento model slouží k prvotnímu technicko-ekonomickému zhodnocení potenciálně nového zdroje tepla v oblasti Poříčí.

Rozložení bloků

Technicko-ekonomický model se skládá z několika vzájemně provázaných bloků a to:
 Návod užítí (tento list); Schéma; Horkovodní síť; Parovodní síť; Výroba elektřiny; Zobrazení výsledků - horkovod; Zobrazení výsledků - parovod; Ekonomické vyhodnocení.

Schéma
 Základním prvkem modelu je schéma, to se skládá z několika ucelených celků (**skládky paliva; výroba; přenos; prodej; doplněk; kontrolní panel**), které se dále dělí na menší části
 Schéma slouží jako prostor pro uživatele zadat jednotlivé vstupní parametry modelu dle vlastního uvážení; jednotlivé položky jsou barevně rozděleny:
 -> Sedě značená pole jsou určena pro zadání hodnot uživatelem; částo jsou opatřena rozbalovacími seznamy, případně nápovědou co a v jakém rozsahu zadat
 -> Žlutě značená pole vyznačují dopočtené jmenovité hodnoty; je-li chyba v zadání nebo nejsou-li doplněny veškeré potřebné informace, vyhodnotí hodnotu jako 0
 -> Zelená pole slouží jako indikátor stavu - může značit zapnutý stav, případně absenci chyby v kontrolním ukazateli
 -> Červená pole slouží jako indikátor stavu - může značit vypnutý stav, případně chyby v kontrolním ukazateli
 -> Červený text na bílém poli značí nesprávné zadání v jednotlivém řádku specifického bloku-> text popisuje chybu
 -> Bílý text na červeném poli značí celkovou chybu v jedné konkrétní části obsahující více hodnot; je-li zobrazena, celá cesta se jeví jako vypnuta

- Popis jednotlivých bloků
Składka paliva: Slouží k definici použitého paliva (biomasa, plyn) -> definuje primární výhřevnost daného paliva a nákupní cenu za jednotkové množství
Výroba: Dělí se do 3 podskupin: Horkovodní; Parovodní; Doplněková
 Horkovodní se skládá až z 5 kotlů (3 biomasové a 2 plynové); kdy uživatel volí primární vstupní a výstupní parametry, výkonový rozsah, účinnost atd.
 Parovodní funguje stejně jako horkovodní s dodatkem, že je možné jednotlivé kotle doplnit o výrobu elektřiny
 Doplněková slouží k možnému doplnění výrobního zařízení o solární panely sloužící k výrobě doplněkové elektřiny - lze doplnit o akumulaci pro hladší průběh výroby
Přenos: Slouží k vyvedení výkonu; uživatel zde zadá odhadované procentní ztráty v jednotlivých vývodech, zároveň stanovuje vlastní spotřebu výrobního zařízení
Prodej: Slouží ke stanovení ceny za jednotkový výkon, za který by dané zařízení prodávalo teplo a elektřinu
Doplněk: Slouží k udání zbývajících hodnot potřebných ke správné funkci modelu sloužících zejména k ekonomickému vyhodnocení
Kontrolní panel: Slouží pro kontrolu toho, který z prvků v daném modelu je zapnutý a zda se v něm nevyskytuje chyba (případně kde)

Horkovodní síť
 Slouží k numerickému výpočtu horkovodní sítě
 -> **Levá část:** Nachází se zde souhrn informativních hodnot horkovodní sítě jako jsou výkonové rozsahy jednotlivých kotlů, regulační rozsahy a také celkový roční souhrn výroby (náklady na palivo, vyrobená energie atd.)
 Pozn. pro lepší přehlednost je možné tuto část skrýt
 -> **Pravá část:** Nachází se zde místo pro zadání hodinových měřených hodnot dané lokality pro vytvoření diagramu zatížení

Obr. 10 – Ilustrativní výřez z návodu užítí technicko-ekonomického modelu.

3.1.2 Schéma

Schéma plní klíčovou roli při vytvoření samotného modelu. Dává možnost uživateli navolit si jednotlivé komponenty, ze kterých se bude zařízení skládat, a u každého z nich si zvolit potřebné parametry. Strukturně je tvořeno do přehledného blokového schématu. Pro jednoduchou orientaci jsou jednotlivé bloky opatřeny i barevným značením, kdy šedou barvou jsou označené buňky určené pro zadání potřebných parametrů a žlutě jsou značeny buňky, které automaticky počítají jmenovité hodnoty. Některé bloky je možné zapnout a vypnout pro jejich aktivaci v rámci modelu. Tato funkce je doplněna o barevnou indikaci stavu (červená = vypnuto, zelená = zapnuto).

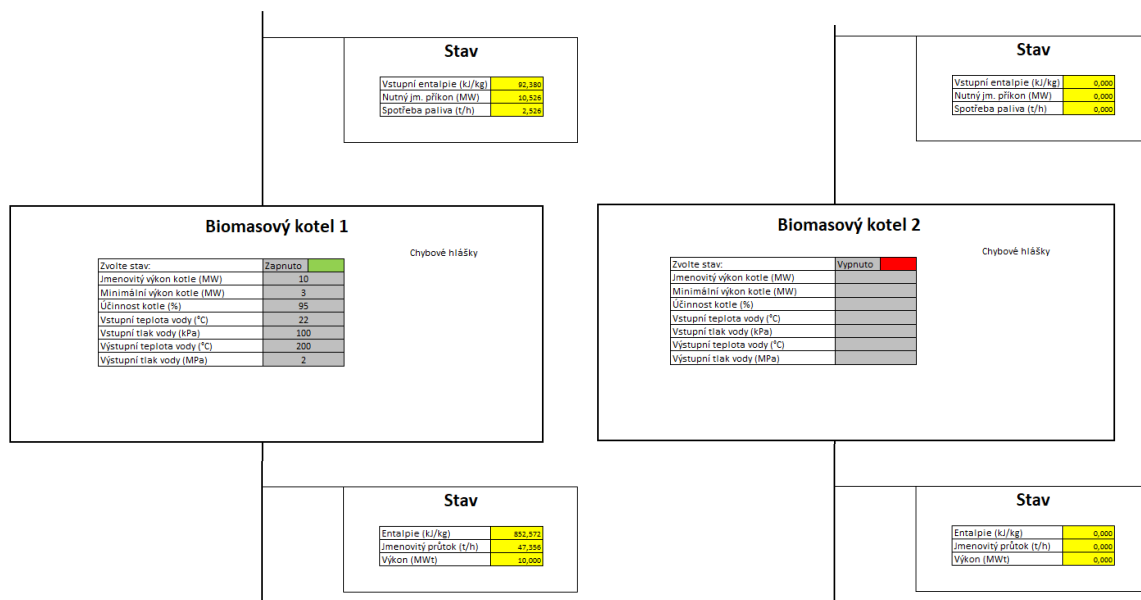
Hlavní část blokové struktury se shora skládá nejprve ze sekce určené pro **skládku paliva** (viz Obr. 11). V této sekci lze zadat základní parametry pro pevné (biomasu) a plynné palivo používané ke spalování v daném zařízení. Specificky se ke každému palivu doplní výhřevnost, skladovací kapacita a cena za jednotkové množství daného paliva. Rovněž je zde již výše zmíněný ukazatel jmenovitého stavu, kde lze vyčíst spotřebu při zvolené konfiguraci, finanční náročnost za určité časové období a dobu, za kterou by došlo k vyčerpání zásob z maximální kapacity na nulu při nulové dodávce nového paliva.

Skládka paliva																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Plynné palivo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: small;">Výhřevnost paliva (kJ/m³)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Zásoba paliva (m³)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Cena paliva (Kč/m³)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> </tbody> </table>	Plynné palivo		Výhřevnost paliva (kJ/m ³)		Zásoba paliva (m ³)		Cena paliva (Kč/m ³)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Pevné palivo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: small;">Výhřevnost paliva (kJ/kg)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Zásoba paliva (t)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Cena paliva (Kč/kg)</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> </tbody> </table>	Pevné palivo		Výhřevnost paliva (kJ/kg)		Zásoba paliva (t)		Cena paliva (Kč/kg)	
Plynné palivo																	
Výhřevnost paliva (kJ/m ³)																	
Zásoba paliva (m ³)																	
Cena paliva (Kč/m ³)																	
Pevné palivo																	
Výhřevnost paliva (kJ/kg)																	
Zásoba paliva (t)																	
Cena paliva (Kč/kg)																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Stav</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: small;">Spotřeba biomasy (t/h)</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Spotřeba plynu (m³/h)</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Spotřeba plynu (m³/denně)</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Cena biomasy (Kč/denně)</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Cena plynu (Kč/denně)</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Vyčerpání biomasy (dny)</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Vyčerpání plynu (dny)</td> <td style="background-color: #ffff00;"></td> </tr> </tbody> </table>		Stav		Spotřeba biomasy (t/h)		Spotřeba plynu (m ³ /h)		Spotřeba plynu (m ³ /denně)		Cena biomasy (Kč/denně)		Cena plynu (Kč/denně)		Vyčerpání biomasy (dny)		Vyčerpání plynu (dny)	
Stav																	
Spotřeba biomasy (t/h)																	
Spotřeba plynu (m ³ /h)																	
Spotřeba plynu (m ³ /denně)																	
Cena biomasy (Kč/denně)																	
Cena plynu (Kč/denně)																	
Vyčerpání biomasy (dny)																	
Vyčerpání plynu (dny)																	

Obr. 11 – Ilustrativní ukázka sekce pro udání parametrů spojených s palivem.

Na skládku paliva navazuje sekce věnující se samotné **výrobní části**. Zleva je možné nastavit požadované komponenty a parametry tepelné výroby fungující do **horkovodní sítě**. Celá sekce dává uživateli možnost zvolit si až 5 kotlů – 3 biomasové a 2 plynové. Toto číslo bylo zvoleno na základě praktické zkušenosti s množstvím kotlů vyskytujících se v teplárenských zařízeních podobného charakteru. Umožňuje širokou variantu možností, aniž by byl model příliš zahlcen prázdnými místy. Vyšší maximální počet by se jevil také ekonomicky nevhodný, jelikož by se nejspíše zvýšily investiční náklady za instalaci více kusů a složitější systém regulace a zvýšily by se i provozní náklady, kdy menší jednotky mívají nižší účinnost a při provozu by musely být častěji zapínány a vypínány.

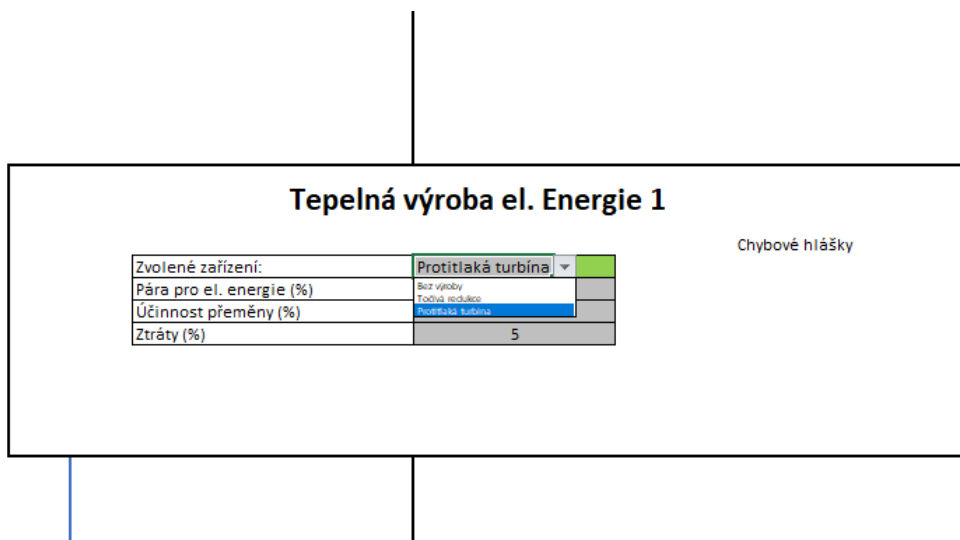
Na Obr. 12 je vidět ukázkový příklad 2 biomasových kotlů a hodnot potřebných ke správné funkci modelu. Jak již bylo zmíněno výše, aby model danou jednotku bral v úvahu, musí být zapnuta. To je možné pomocí rozevíracího seznamu. K ověření slouží barevná indikace ležící vpravo od zapínací buňky. Je-li kotel zapnut, je nutné zadat výkonový rozsah, ve kterém se daný kotel může pohybovat a účinnost, se kterou kotel pracuje. Co se týče parametrů vody, je nutné zadat teplotu a tlak před vstupem do kotle a na jeho výstupu. Pro správné zadání jsou některé buňky opatřeny nápovědou, kdy se při kliknutí na vybranou buňku zobrazí, v jakých mezích by se daná veličina měla pohybovat. Stavové ukazatele se nachází před a za kotlem, kdy vyčíslují mimo jiné entalpii vody, jmenovitý hmotnostní průtok, nutný příkon a spotřebu paliva.



Obr. 12 – Ilustrativní ukáзка dvou kotlů (jeden zapnutý a druhý vypnutý) v rámci výrobní sekce.

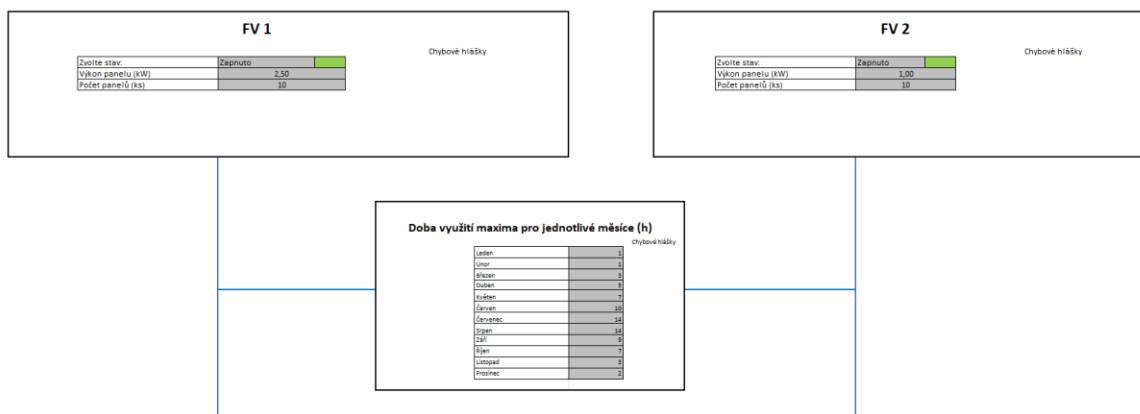
V prvé části se nachází výrobní část věnovaná **parovodní výrobě**. Ta je shodná s horkovodní výrobou s tím rozdílem, že každý kotel je možné doplnit o doplňkovou výrobu elektrické energie v podobě protitlaké turbíny nebo točivé redukce. Aby si uživatel zvolil jednu z těchto dvou variant nebo výrobu elektrické energie úplně vynechal, musí si vybrat jednu z nabízených možností z rozevíracího seznamu obdobně jako při zapnutí kotle. Parametry pro výrobu elektrické energie jsou zvoleny jednoduchým způsobem. Postačí pouze zadat kolik procent z průtoku kotle bude proudit do výroby elektřiny. Dále je nutné zadat účinnost přeměny – přesněji řečeno, kolik procent elektrické energie vznikne z tepelné energie na vstupu do elektrické výroby. Na posledním místě zbývá pouze odhad procentních ztrát – tedy kolik procent tepla již nebude dále využitelné.

Zbylé využitelné teplo pokračuje výrobou dál do parovodu. Jak je možné si na Obr. 13 povšimnout, tak do bloku vstupuje pouze jeden vstup a vystupují výstupy dva. Z důvodu přehlednosti jsou tepelné cesty značeny černou čarou, kdežto elektrické cesty čarou modrou.



Obr. 13 – Ilustrativní ukázka výroby elektrické energie v parovodní sekci.

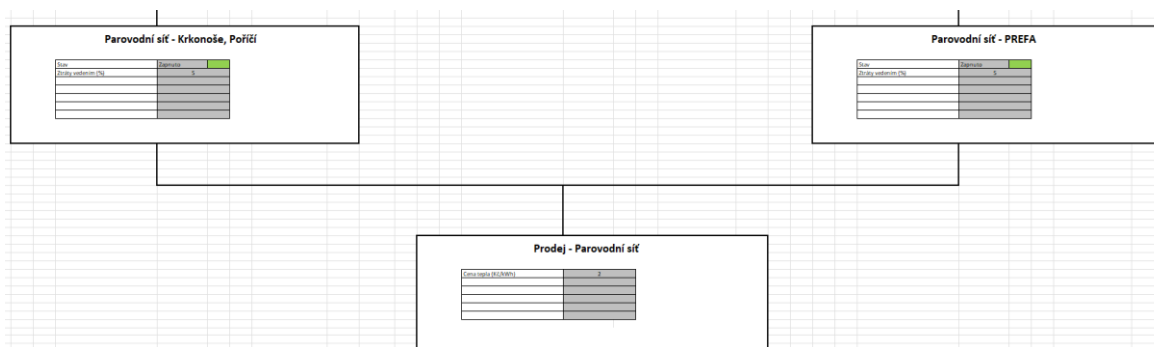
Poslední částí výrobního úseku je sekce určena pro doplňkovou výrobu elektrické energie. Teplárenská zařízení mívají k dispozici značné množství střešní plochy, která může sloužit k umístění fotovoltaických panelů. Model dává možnost využití až dvou typů solárních panelů naráz, kdy se k samotnému panelu zvolí pouze jejich výkon a kolik panelů by bylo použito. U fotovoltaických systémů je problematické určit jejich skutečný výkon, který se může velmi lišit od „špičkové“ hodnoty, jelikož je závislá na momentálních atmosférických podmínkách, zeměpisné poloze, tvaru horizontu apod. Aby měl model co nejširší využití a nebyl příliš závislý na lokálních podmínkách, byla zde vytvořena zjednodušující tabulka. Do této tabulky se pro jednotlivé měsíce udá odhadovaná doba využití maxima (kolik hodin z jednoho průměrného dne by musel panel vyrábět na maximální výkon, aby vyrobil stejné množství energie jako při proměnlivém stavu). Tímto způsobem model zjistí, kolik energie panely za jeden den vyrobí a tuto hodnotu pak rovnoměrně rozdělí do 12 hodin během celého dne, kdy svítí světlo.



Obr. 14 – Ilustrativní ukázka fotovoltaické výroby.

Všechny tři části výroby následně směřují do společného místa podle svého typu (kolektor horkovodu, kolektor parovodu a elektrická sběrnice), ze kterého následně pokračují do distribučních sítí, případně do akumulace či do vlastní spotřeby. Nejjednodušší výstup je u **horkovodní sítě**. Vzhledem k podmínkám dané lokality se zde vyskytuje pouze jedna horkovodní síť, a to konkrétně **Trutnov + Úpice**. V případě, že by měl být model použit pro jinou lokalitu, byla by potřeba drobná úprava. Síť je vyvedena ze společného kolektoru a do vývodu jsou sériově vřazeny 2 bloky. První blok slouží k definici distribuční sítě. Primárně plní funkci spínače, který může zprůchodnit danou cestu a umožnit tedy výpočet modelu. V případě, že je vstup zprůchodněn, je nutné zadat odhadované ztráty vedení – teplo, které zákazníci nebudou moci využít. Na tento blok navazuje blok určený pro prodej, kde lze navolit cenu prodáváného tepla.

Obdobným způsobem funguje vyvedení **parovodní sítě**, s tím rozdílem, že se v lokalitě Poříčí nacházejí hned dva parovody – specificky **Krkonoše + Poříčí** a parovod **PREFA**. V rámci modelu uvažujeme, že prodejní cena za jednotku tepla bude u obou parovodů stejná.



Obr. 15 – Ilustrativní ukázka vyvedení tepelného výkonu ve schématu.

V případě elektrické sítě existují tři typy výstupu. Prvním výstupem je běžné **vyvedení výkonu** a je charakterizován jakožto přípojně místo, kdy je zde uživatelem zadáno, za jakou průměrnou cenu bude případná vyrobená elektrická energie prodávána, případně za kolik korun bude zařízení elektřinu odebírat ze sítě pro vlastní užití. Oba tyto stavy jsou v rukou uživatele, zda bude zařízení plnit roli pouze výrobce tepelné energie (výtopna) a bude potřebovat odebírat elektřinu, nebo bude sloužit jako KVET a elektrickou energii bude stále dodávat, případně nějaký typ kompromisu, kdy například vzhledem k denní době nebo ročnímu období bude část doby elektřinu dodávat a část doby odebírat.

Další blok slouží pro specifikaci **vlastní spotřeby**. V rámci modelu je možné vlastní spotřebu kompletně zanedbat, nebo ji uvažovat jako konstantní hodnotu nezávisle na stavu, ve kterém se zařízení nachází. Případně je možné odvíjet spotřebu od výroby, kdy lze udat stálou hodnotu odebíraného výkonu za každé situace (bezpečnostní systémy, regulační systémy atd.) a proměnnou část vlastní spotřeby odvíjející se od hodnoty okamžité výroby. Stálá část lze zapsat jako odhadovaný procentní podíl z instalovaného výkonu všech kotlů a proměnná část jako procentní hodnota z každé vyrobené MWh.

Posledním blokem sloužícím pro vyvedení elektrického výkonu – přesněji řečeno pro „přelévání“ výkonu – je blok **akumulace**. Uživatel si zde může vybrat, zda zařízení bude využívat nějaký bateriový systém. Ten může sloužit k vyrovnání dodávek elektrické energie. Jelikož není známa konkrétní představa zákazníka, slouží bateriový systém pro pokrytí vlastní spotřeby v případě, že by bylo nutné ji dotovat ze sítě. Další využití by bylo v případě, že by byla použita fotovoltaická výroba a zákazník chtěl stabilizovat rozdíl dodávky ve dne vůči noci. V tomto případě by ale bylo nutné upravit algoritmus podle specifických požadavků. U tohoto bloku lze doplnit pouze jaké množství energie by byl akumulátorový systém schopen pojmout. Pro zjednodušení neuvažuje ztráty.

Poslední dva bloky se od předchozích liší tím, že nejsou přímo spojeny se strukturou schématu. Jedním z těchto bloků je místo určené pro zadání části nezbytných **ekonomických ukazatelů**, tak aby bylo možné zhodnotit ekonomický potenciál dané varianty. Úlohou této části je specifikovat náklady, které nebylo možné dopočítat samotným provozem, jakožto například náklady na údržbu, zaměstnance či samotnou investici. Je možné také specifikovat odhadovaný vývoj výstavby a provozu, stanovit úrokové sazby, způsob zdanění, či způsob odpisů investičních nákladů (viz. Obr. 16). Některé hodnoty stačí pouze doplnit, jinde je možnost výběru z rozevíracího seznamu (např. způsob úhrady investice či způsob odpisu) a tam, kde nemusí být zcela jasné, co by mělo být zadáno, se vyskytuje i poznámka s bližším objasněním (např. zbylé provozní náklady).

Ekonomické aspekty

chybové hlášky

Nákladové aspekty		
Odhadovaný počet zaměstnanců (-)	35	
Náklady na 1 zaměstnance (Kč/měsíc)	50 000	
Zbylé provozní náklady (Kč/rok)	50 000 000	
Časové úseky		
Hodnota výnosů k roku	2022	
Rok zahájení stavby (rok)	2024	
Doba výstavby (rok)	3	
Odhadovaná doba životnosti (rok)	25	
Investice		
Investiční náklady (Kč)	3 500 000 000	
Způsob úhrady investičních nákladů	Rovnoměrně rozepsáno	
Účetní veličiny		
Eskalace (%)	2,25	
Zdanění zisku (%)	19	
Diskontní procento (%)	7	
Akceptovat zápornou daň	Ano	
Odpisy		
Způsob odepsání	Odepisovat po dokončení stavby	
Zastoupení investičních nákladů v odpisových skupinách (%)	1. skupina	
	2. skupina	25
	3. skupina	25
	4. skupina	50
	5. skupina	

Obr. 16 – Ilustrativní ukázka zadání ekonomických ukazatelů.

V případě, že by u některých výše zmíněných polí byly zadané hodnoty mimo dovolenou funkční oblast, což by vedlo ke špatnému výsledku, obsahuje model chybové hlášky, které uživatele na chybu upozorní. Tyto chybové hlášky se vypisují vpravo od místa pro zadání hodnoty a lze je poznat jako červenou barvou psaný text. Pokud by daná chyba ovlivnila činnost celého bloku nebo komponenty, objeví se doplňkové chybové hlášení formou bílého textu „ERROR!“ na červeném pozadí. Tato chyba automaticky deaktivuje činnost celé komponenty (bude se chovat, jako by celá komponenta byla vypnuta). Chybu tohoto typu je možné nalézt také ve speciální sekci **Kontroly**, kde bude chyba již jen barevně indikována přehledně u komponenty, ve které se nachází. Tento blok zároveň zobrazuje, které bloky jsou zapnuty. Je-li blok vypnutý, bude vždy zobrazován jako bez chyby, zapne-li se, bude se jeho stav měnit v závislosti na obsahu chyb. Díky této funkci může uživatel rychleji chybu lokalizovat a opravit.

Kontrola					
V ý r o b a	Horkovodní síť			Ekonomické aspekty	
	Prvek	Stav	Správnost zadání	Prvek	Správnost zadání
	Biomasový kotel 1			Nákladové aspekty	
	Biomasový kotel 2			Časové úseky	
	Biomasový kotel 3			Investice	
	Plynový kotel 1			Účetní veličiny	
	Plynový kotel 2			Odpisy	
	Parovodní síť			Odběr	
	Prvek	Stav	Správnost zadání	Prvek	Stav
	Biomasový kotel 1			Horkovodní síť - Trutnov + Úpice	
Biomasový kotel 2			Parovodní síť - Krkonoše, Poříčí		
Biomasový kotel 3			Parovodní síť - PREFA		
Plynový kotel 1					
Plynový kotel 2					
Tepelná výroba el. Energie 1					
Tepelná výroba el. Energie 2					
Tepelná výroba el. Energie 3					
Tepelná výroba el. Energie 4					
Tepelná výroba el. Energie 5					
Fotovoltaická výroba					
Prvek	Stav	Správnost zadání			
FV 1					
FV 2					
Doba využití					

Obr. 17 – Ilustrativní ukázka kontroly stavu a správnosti zadání.

3.1.3 Horkovodní a parovodní síť

Jedná se o dva nezávislé listy – **Horkovodní síť** a **Parovodní síť**. Tyto listy slouží pro nahrání měřených dat dané oblasti, na základě kterých proběhne celý výpočet. Zároveň se jedná o části, ve kterých probíhá fyzický výpočet celé teplárenské sítě (mimo výrobu elektrické sítě). Pro oba tyto listy platí, že jsou členěny na dvě poloviny. Levá polovina slouží k sumarizaci všech potřebných zadaných konstant (nebo z nich vycházejících) ve schématu, regulační stupně kotlů, souhrny výroby v jednotlivých měsících a v celém roce. Tuto část lze pro lepší přehlednost skrýt. Pravá část obsahuje již zmíněný hodinový výpočet. Na základě algoritmu stanovuje výkon všech kotlů potřebný k poskytnutí

dostatečného množství energie pro uspokojení potřeby zákazníků. U každého kotle zároveň stanovuje i okamžitou spotřebu paliva a cenu za něj stanovenou. Rozdíl mezi oběma sítěmi je v tom, že v parovodní síti může docházet i k výrobě elektrické energie. Z tohoto důvodu se kromě výroby tepla určeného pro přenos k zákazníkům stanovuje také celkový výkon z kotlů a množství vyrobené elektřiny. Pro jednotlivé parametry, je-li to žádoucí, se v horní části tabulky stanovují hodnoty k přiblížení celkového charakteru v průběhu roku (např. suma všech hodnot, minimum, maximum nebo průměrná hodnota).

Aby se mohl uživatel snadno orientovat v rozsáhlém seznamu hodnot, jsou popisky dat, datum a čas pro které dané hodnoty odpovídají připnuty tak, aby byly vždy viditelné. Rovněž je možné hodnoty filtrovat podle konkrétního měsíce a dne v polích označených oranžovou barvou.

Číslo měření	Datum	Měsíc	Den	výroba kotlů													
				Horkovod Trutnov + Úpice (MWh)	Požadavek (MWh)	Rozdíl vůči reálné spotřebě (MWh)	Regulovaný kotel	Biomasový kotel 1 (MWh)	Biomasový kotel 2 (MWh)	Biomasový kotel 3 (MWh)	Plynový kotel 1 (MWh)	Plynový kotel 2 (MWh)	Celkový vyrobený výkon (MWh)	Celkový dodanný výkon (MWh)	Záloha energie při vypádnutí max. zdroje (MWh)		
Jednotka																	
SUMA				124 484	133 854	-12	14 153	68 775	62 579	0	2 476	13	133 842	124 473	173 586		
PRŮMĚR				14	15	0	2	8	7	0	0	0	15	14	20		
MIN				0	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	-19		
MAX				50	54	0	5	10	20	0	15	9	54	50	33		
1	01.01.2020 0:00			18,6	20,0	0	2	10	9,9978435	0	0	0	20,00	18,60	15,00		
2	01.01.2020 1:00			22,2	23,9	0	2	10	13,876007	0	0	0	23,88	22,20	11,12		
3	01.01.2020 2:00			25,5	27,4	0	2	10	17,424271	0	0	0	27,42	25,50	7,58		
4	01.01.2020 3:00			30,5	32,8	0	3,5	10	19,811607	0	3	0	32,81	30,51	2,19		
5	01.01.2020 4:00			30,9	33,2	0	4	10	20	0	3,2359737	0	33,24	30,91	1,76		
6	01.01.2020 5:00			30,7	33,0	0	4	10	20	0	3,0356093	0	33,04	30,72	1,96		
7	01.01.2020 6:00			39,6	42,5	0	4	10	20	0	12,545684	0	42,55	39,57	-7,55		
8	01.01.2020 7:00			35,7	38,4	0	4	10	20	0	8,4092563	0	38,41	35,72	-3,41		
9	01.01.2020 8:00			32,8	35,3	0	4	10	20	0	5,2724821	0	35,27	32,80	-0,27		
10	01.01.2020 9:00			30,5	32,8	0	3,5	10	19,790245	0	3	0	32,79	30,49	2,21		
11	01.01.2020 10:00			27,9	30,0	0	2	10	19,996111	0	0	0	30,00	27,90	5,00		
12	01.01.2020 11:00			26,7	28,7	0	2	10	18,728976	0	0	0	28,73	26,72	6,27		
13	01.01.2020 12:00			25,3	27,2	0	2	10	17,221804	0	0	0	27,22	25,32	7,78		
14	01.01.2020 13:00			21,8	23,5	0	2	10	13,455054	0	0	0	23,46	21,81	11,54		
15	01.01.2020 14:00			19,8	21,3	0	2	10	11,330535	0	0	0	21,33	19,84	13,67		
16	01.01.2020 15:00			21,0	22,6	0	2	10	12,560854	0	0	0	22,56	20,98	12,44		
17	01.01.2020 16:00			24,5	26,4	0	2	10	16,354991	0	0	0	26,35	24,51	8,65		
18	01.01.2020 17:00			28,3	30,5	0	3,5	10	17,479946	0	3	0	30,48	28,35	4,52		
19	01.01.2020 18:00			32,0	34,4	0	4	10	20	0	4,4192407	0	34,41	32,00	0,99		
20	01.01.2020 19:00			31,2	33,6	0	4	10	20	0	3,5943698	0	33,59	31,24	1,41		
21	01.01.2020 20:00			30,8	32,3	0	3,5	10	19,360099	0	3	0	32,26	30,00	2,74		
22	01.01.2020 21:00			28,9	31,1	0	3,5	10	18,070896	0	3	0	31,07	28,90	3,93		
23	01.01.2020 22:00			27,8	29,9	0	2	10	19,934259	0	0	0	29,93	27,84	5,07		
24	01.01.2020 23:00			28,8	25,6	0	2	10	15,562315	0	0	0	25,56	23,77	9,44		

Obr. 18 – Ilustrativní ukázka části hodinového výpočtu horkovodní sítě.

3.1.4 Výroba elektřiny

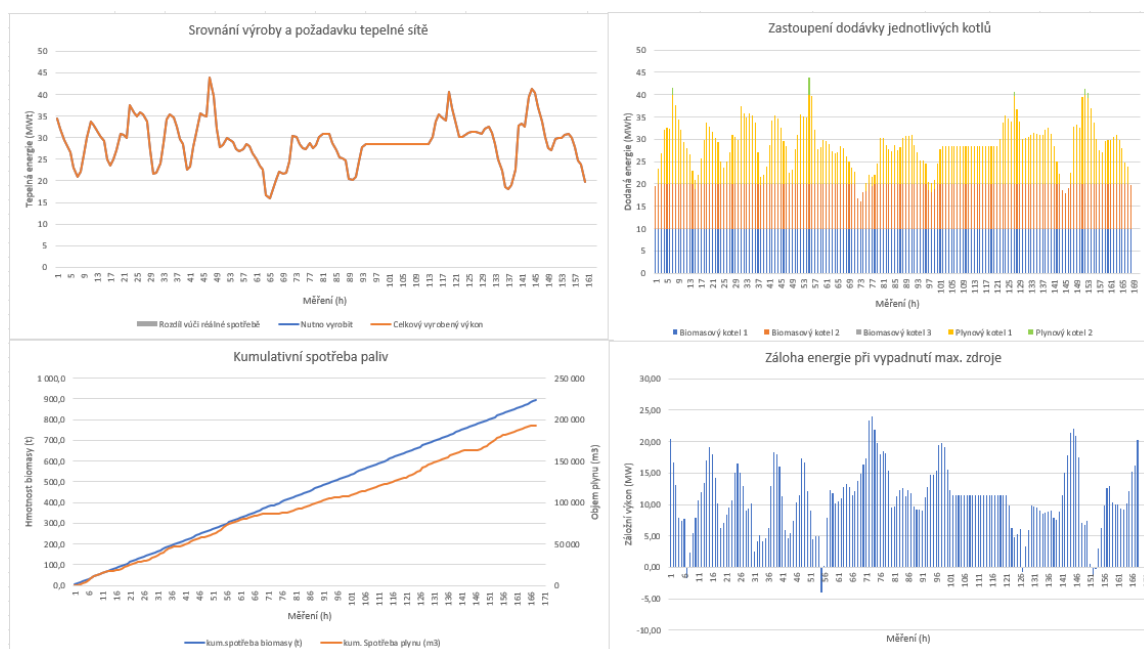
Úloha této sekce je podobná horkovodní a parovodní síti s tím rozdílem, že se zde jedná místo tepla o elektřinu. List se také dělí na dvě části. Liší se tím, že v levé části je mimo výpis základních údajů vyplývajících ze schématu také popis výroby elektrické energie v podobě fotovoltaických panelů. Pravá část zastupuje stejnou úlohu jako u předchozích sítí. Dochází zde ke kombinaci výroby elektřiny z tepelné části zařízení, fotovoltaických panelů a pokrytí vlastní spotřeby s případnou dodávkou nadbytečné energie do sítě. Zároveň je možné porovnat chování zařízení při přítomnosti či absenci akumulárního zařízení. Uživatel tak může lehce zvážit, zda je vůbec výhodné investovat do podobného zařízení a jak jej dimenzovat.

3.1.5 Zobrazení výsledků

V tomto listu je možné přehledně zobrazit výsledky ve formě grafu ze všech výrobních částí zařízení. V rámci výroby tepla dochází k vykreslení bilanční rovnováhy mezi spotřebou a výrobou včetně zastoupení podílu jednotlivých kotlů na celkovém stavu. Je možné sledovat, jakým způsobem dochází k postupnému spotřebovávání biomasy a plynu a v neposlední řadě kolik výkonu má teplotárenské zařízení k dispozici došlo-li by k výpadku největšího zdroje. V případě, že záloha je kladná, je zařízení schopné dodat veškerý potřebný výkon. Je-li záporná, bude při odstávce část poptávky neuspokojena.

U elektrické výroby je znázorněna okamžitá bilance dodávky a odběru, kdy je možné porovnat rozdílné stavy při přítomnosti či absenci akumulátoru. Dále jsou zde zastoupené grafy tepelné i fotovoltaické výroby a velikosti vlastní spotřeby.

Aby byly grafy opravdu přehledné a uživatel se mohl přesněji podívat na nejasná či problematická místa, jsou grafy napojeny na filtrování dat z předchozích sekcí (grafy elektrické výroby lze filtrovat pouze v listu elektrická výroba apod.). Na Obr. 19 je možné vidět ukázkový příklad výstupu modelu. Jedná se o horkovodní síť skládanou ze dvou biomasových a dvou plynových kotlů. Je patrné, že zvolená konfigurace je schopna pokrýt požadavky na výrobu. Jedná se o zobrazení prvního lednového týdne roku 2020.



Obr. 19 – Ilustrativní znázornění výstupu horkovodní sítě.

3.1.6 Ekonomické vyhodnocení

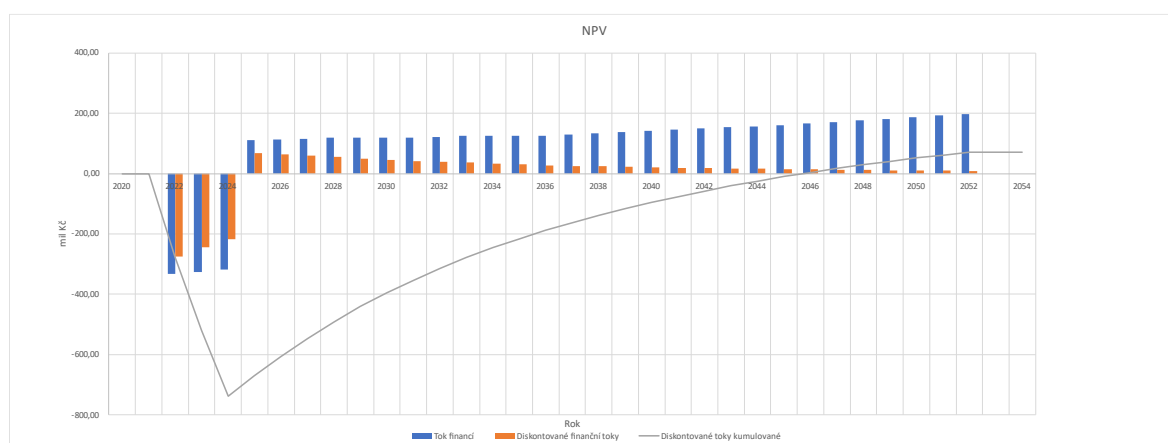
Fungují-li všechny části modelu tak, jak by si uživatel představoval, je nutné daný model zhodnotit ještě ekonomicky. V této části se vyhodnotí veškeré odhadované nákladové a výnosové toky, kdy je možné nastavit odhadovaný růst cen v budoucích letech a zároveň jakou měrou budou peníze ztrácet svoji hodnotu. Jelikož není možné přesně predikovat (obzvláště v současné době), jakým způsobem se budou ceny vyvíjet, je v modelu implicitně uvažováno s konstantně rostoucí změnou těchto veličin. Bude-li mít uživatel vlastní proměnlivou predikci, je možné procentní změny manuálně zadat právě v části pro každý rok zvlášť.

Toto vyhodnocení v celku udává 3 kritické ekonomické ukazatele:

- NPV (čistá současná hodnota), která udává celkovou míru výnosu daného projektu v přepočtu na současnou hodnotu peněz.
- IRR (kritérium vnitřní úrokové míry), které udává, při jakém diskontním procentu dojde k vyrovnání výnosů a nákladů, tedy celkový zisk bude roven nule.
- Doba návratnosti, která udává po kolika letech se zařízení stává výdělečným.

Všechny tyto ukazatele dají uživateli jasně najevo, zda se daná varianta jeví jako možná a tím pádem vhodná pro detailnější analýzu, či zda bude výhodnější se touto variantou dále nezaobírat.

Průběh ekonomického vývoje je možné detailněji pozorovat i v přehledném grafu umístěném pod samotným výpočtem.



Obr. 20 – Ilustrativní příklad grafického zpracování NPV.

3.2 Technická část modelu

Technická část modelu se zabývá samotným fyzikálním výpočtem.

3.2.1 Možné Využitelné technologie

V rámci tohoto modelu je možné se setkat hned s několika různými typy zařízení, kde každé má svá jistá specifika, ze kterých plynou jejich výhody i nevýhody, možnosti i limity.

3.2.1.1 Kotel

Funkce kotle jako takového je propojení dvou funkcí. První funkcí je spalování paliva a druhá funkce je předání tepla získaného spalováním do teplonosného média (většinou vody). Podle konstrukce může u kotle docházet pouze k ohřevu vody (skupenství se nezmění) nebo k výparu vody a následnému přehřátí vzniklé páry.

Dle typu spalovaného paliva se musí přizpůsobit ohniště. Jedná-li se o pevné palivo, můžeme se nejčastěji setkat s roštovým, práškovým, granulačním nebo fluidním ohništěm. Jedná-li se o plynné palivo, je cyklus spalování jednodušší, jelikož odpadá problém se správným prohořením a součinitel přebytku vzduchu nemusí být tak vysoký, aby docházelo k dokonalému spalování. Zároveň plynové kotle disponují výhodou rychlejší regulace, rozjezdu a dokáží fungovat při nižších výkonech než kotle na pevná paliva se stejnou jmenovitou hodnotou. Nevýhodou jsou mnohdy vyšší provozní náklady, kdy se jeví vhodnější jakožto pološpičkový až špičkový zdroj. Zvláště vlivem současné situace je problémem i spolehlivost dodávky a nestálost ceny.

3.2.1.2 Protitlaká turbína

Technologie protitlaké turbíny se využívají primárně v teplárnách. Jejich výhodou je, že narozdíl od klasické kondenzační turbíny umožňuje ukončení expanze na vyšším než atmosférickém tlaku, kdy je zbylé teplo využitelné pro zásobování teplem pro jednotlivé spotřebitele. Daná turbína bývá opatřena i redukční stanicí, kdy je možné část páry přeměřovat a nechat ji v případě potřeby zkondenzovat jako u typické parní elektrárny.

3.2.1.3 Točivá redukce

Jedná se o jeden z možných způsobů, jak přeměnit energii tepla na elektřinu. Funguje na principu redukce tlaku a obdobně jako turbína převádí tepelnou energii na mechanickou v podobě točivého pohybu hřídele, kdy je-li hřídel napojena na elektrický generátor, dochází k přeměně mechanické energie na elektřinu. Teplo nevyužitá při přeměně může být opět užito pro spotřebu, proto se jedná o vhodnou komponentu pro teplárenská zařízení. Jejich výhodou je, že se jedná o technicky (co se týče konstrukce i rozměru) i ekonomicky méně náročný komponent oproti turbíně. Nevýhodou je, že oproti turbínám mají nižší výkon. Proto se často můžeme setkat s náhradou redukční stanice právě točivou redukcí, kdy není-li nutno dodávat tolik tepla, může se část páry pustit do točivé redukce a vyrobit více elektřiny.

3.2.1.4 Fotovoltaický panel

Jedná se polovodičové zařízení schopné přeměnit dopadající energii slunečního záření na elektrickou energii. Narozdíl od předchozích způsobů výroby elektrické energie se jedná o přímou přeměnu (není nutno přeměnit některou z forem energie na energii mechanickou a tu následně na elektrickou) a to za využití fotoelektrického jevu. Výhodou tohoto způsobu výroby elektrické energie je, že jde o prakticky neomezený a nevyčerpatelný zdroj. Nevýhodou je nízká účinnost, nízká výkonová hustota na zastavěné ploše a složitý způsob regulace, kdy prakticky nelze regulovat vstup, ale pouze v nějaké formě akumulovat výstupní elektrickou energii.

3.2.2 Stanovení mezních parametrů

Aby bylo možné provozovat zařízení, je nezbytně nutné znát mezní stavy, které nelze překročit, nebo na ně není zařízení konstruované (ať už z dlouhodobého nebo krátkodobého hlediska). V případě kotle je nutné, aby výkon vyrobený spálením paliva byl odveden a nedošlo ke zničení kotle. Jaký výkon lze dosáhnout u kotle je dáno jmenovitým výkonem, což je označení pro maximální trvalý výkon, na který je zařízení konstruované. V případě, že by byla hodnota překročena, začne docházet ke zkracování životnosti až k následnému zničení. Mezní údaj pro odvedení vzniklého tepla stanoví výrobce dle maximálního výstupního tlaku a teploty teplotnosného média (vody). Při využití parovodních tabulek lze jednoduše z těchto dvou veličin odečíst, jakou entalpií bude voda disponovat.

Pro určení, jaké množství energie bylo předáno, je nutné vědět, jak velkou hodnotou entalpie disponovala voda na vstupu do kotle. Je tedy opět nutno zadat při jaké teplotě a při jakém tlaku vstupuje voda. Rozdíl těchto dvou hodnot udává, jaké množství energie se

ukrývá v jednom kilogramu vody. Právě odečet z parovodních tabulek probíhá v rámci modelu v příloženém dodatku „water97_v13.xla“.

Víme-li, jaký výkon chceme odvádět a kolik energie můžeme do vody uložit, stačí již dopočítat, jak velký musí být hmotnostní průtok za určitý čas dle vzorce:

$$M_n = \frac{P_n}{(i_2 - i_1)}; \left(\frac{kg}{h}; \frac{kJ}{h}; \frac{kJ}{kg} \right), \quad (1)$$

kde M_n značí jmenovitý hmotnostní průtok, P_n značí jmenovitý výkon, i_2 značí výstupní entalpii vody a i_1 vstupní entalpii vody.

Při tomto výpočtu je jedinou problematickou veličinou právě vstupní entalpie, kdy se v průběhu roku mění okolní teplota a zároveň i tlak není konstantní. Proto pokud by se stalo, že vzhledem k okolním podmínkám by došlo k překročení k jednoho z mezních stavů udávaných výrobcem, bude nutné snížit výkon tím, že se sníží průtok nebo se sníží výstupní entalpie. To samé platí je-li potřeba upravit výkon na hodnotu jinou, než je hodnota jmenovitá (nižší) podle momentální potřeby dodávky.

Podle toho, o jaký kotel se jedná, je nutné ohlídat, aby médium odpovídalo stavu, na který je navrženo. Jedná-li se o dodávku do horkovodní sítě, je nutné zajistit, aby výstup nedosáhl stavu, kdy se bude jednat o páru. Obdobně u parovodního zásobení je nutné zajistit, aby na výstupu byla pára a nikoli voda. Tato nutnost vyplývá z toho, že fyzikální vlastnosti vody se výrazně liší v závislosti na skupenském stavu, kdy zařízení je konstruováno na konkrétní stavy a případné odchylky by je mohly potenciálně poškodit. Pro kontrolu, zda zadaný stav vody odpovídá teoretickému předpokladu, využívá model opět odečtu z parovodních tabulek pomocí doplňku „water97_v13.xla“.

V reálné situaci je nutno počítat s tím, že fyzicky není možné veškeré vyrobené teplo převést do vody. Jelikož žádné zařízení není bezztrátové, i zde dochází k jistým energetickým ztrátám. Mezi typické ztráty patří ztráty únikem spalin komínem, ztráty únikem hořlaviny, ztráty v tuhých zbytcích nebo ztráty přestupem tepla do okolí. Z důvodu těchto a dalších ztrát je nutné dodat více energie, než kolik energie chceme odebírat, a to podle vzorce:

$$P_{0n} = \frac{P_n}{\eta_k}; (MW; MW; -), \quad (2)$$

kdy P_{0n} značí jmenovitý příkon kotle, P_n značí jmenovitý výkon a η_k označuje účinnost.

Právě účinnost zastupuje roli ztrát. Lze vypočítat podle vztahu:

$$\eta_k = 1 - \frac{z_k}{100}; \quad (-; \%), \quad (3)$$

kdy z_k značí ztráty kotle v procentní hodnotě.

Stejný výpočet platí pro všechny hodnoty výkonu, nikoli pouze výkon jmenovitý.

V případě, jedná-li se o kombinovanou výrobu tepla a elektřiny. je nutné, aby voda vystupující z kotle a vstupující do turbíny nebo točivé redukce byla v plynném stavu – ve formě páry. Co se výkonu týče, dochází k rozdělení výkonu na více částí.

$$P_n = P_e + P_t + Z_e; \quad (MW), \quad (4)$$

kdy P_e značí elektrický výkon, P_t značí využitelný tepelný výkon a Z_e značí ztráty při přeměně na elektrickou energii (v turbíně či točivé redukci). V rámci modelu je možnost rozdělit část průtoku, což umožní přeměnu pouze zvolené části energie. V samotné turbíně/točivé redukci dochází k přeměně, kdy část energie se změní na elektřinu (v rámci modelu označeno jako „Účinnost přeměny (%)“) a kolik energie bude nevratně ztraceno ve formě ztrát. Zbytek energie, který se nepřeměnil a neztratil, pokračuje dále ve formě tepla do parovodní sítě. Jaký maximální elektrický výkon a jak vysoké parametry vstupní páry na vstupu snese turbína je opět dáno dle specifikací výrobce a je nutné tyto omezení v rámci zařízení respektovat.

3.2.3 Bilanční výpočet

Známe-li parametry, které nelze přesáhnout, je nutné uvažovat, že zařízení bude nutno provozovat v jistém rozsahu výkonů a tomu se musí uzpůsobit veškerá algoritmicke výpočtů. Základem bilančního výpočtu je tato rovnice:

$$V = S + Z \pm A, \quad (5)$$

kdy V značí výrobu, S značí spotřebu, Z značí veškeré ztráty a A značí akumulaci, kdy je možné do akumulčního zařízení ukládat část vyrobené energie a v případě potřeby tuto energii využít jakožto přídavný zdroj. Tato rovnice musí platit jak u tepelné výroby, tak i u výroby elektrické. V rámci modelu potenciálního zařízení na spalování biomasy se vyskytují hodinové hodnoty odebíraného tepla ze tří různých tepelných sítí, kdy by v ideálním případě měly být tyto požadavky naplněny.

V rámci bilančního výpočtu je nezbytné propočítat řadu vzájemně provázaných veličin, tak aby se vždy vstup rovnal výstupu a ztrátám. Účelem tohoto modelu je primárně naplnění poptávky po tepelné energii, kdy je nutné v daný moment vyrobit potřebné množství (ne méně a ne více) energie. Aby toto bylo možné, je nutné znát hodnotu kterou chceme dosáhnout. Jelikož transport tepelné energie není bezztrátový, je nutno počítat s určitou

ztrátou a o tu zvýšit výrobu. K výrobě tepla zřídka dochází pouze v jednom kotli, takže je dále nutno rozhodnout, jakým způsobem se výroba rozdělí mezi jednotlivé kotle, tak aby celková energie stále odpovídala poptávce. V případě, že je známo, kolik má vyrobit každý kotel, je nutné znát s jakou účinností pracuje samotný kotel a jaký příkon v podobě paliva potřebuje. Na to navazuje, kolik paliva je potřeba. To je zjistitelné na základě toho, jak vysokou hodnotou výhřevnosti disponuje konkrétní typ paliva. Od čehož se odvíjí, jaké množství paliva je nutné dodávat. Jedná-li se o pevnou biomasu, je potřeba zjistit potřebnou hmotnost, jedná-li se o plyn, je nutné znát potřebný objem plynu. Podle množství paliva lze následně dopočítat, jaká finanční částka je nutná pro nákup příslušného množství paliva. Poslední úlohou je stanovení ceny za prodej tepla tak, aby výnos byl vyšší než celkové vynaložené náklady, což je již otázkou ekonomického zhodnocení.

3.2.3.1 Regulace kotlů

Aby se mohl výkon rozdělit mezi výrobní kotle, je nutné mít algoritmus, podle kterého se bude celý proces řídit. Tento algoritmus může být různý u specifických konfigurací a je na provozovateli, co uzná za nejvhodnější řešení. Jelikož není znám konkrétní uvažovaný algoritmus řízení kotlů, je chtěné, aby byl model co nejuniverzálněji použitelný. V rámci modelu se uvažuje algoritmus, kdy se nejprve regulují biomasové kotle pro nižší požadované výkony a až následně se s rostoucím výkonem zapínají kotle plynové, jelikož mají vyšší dynamiku a ekonomicky náročnější provoz.

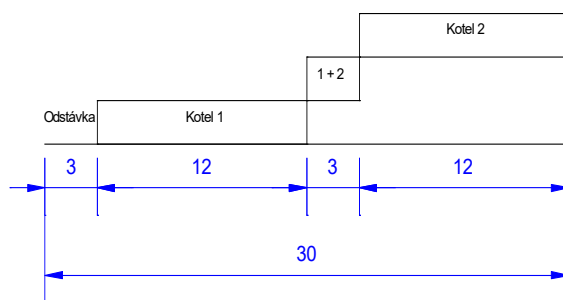
Při využití více kotlů stejného typu postupuje regulace postupně od kotle č. 1, přes kotel č. 2, až po kotel č. 3 u biomasových kotlů. Obdobně to platí pro plynové kotle, kdy plynový kotel č. 1 bude regulován až po biomasových kotlech a následně, když by jeho možnosti nestačily, přijde do provozu i plynový kotel č. 2. Z tohoto důvodu musí brát uživatel na zřetel, který kotel zvolí jako první a který jako druhý. Zaměnění pořadí kotlů může vést ke změně výsledku celého modelu.

Aby nedocházelo k najíždění kotle na maximální výkon a až po tom k najíždění kotle následujícího, je v modelu implementováno přesahové pásmo. Jelikož kotle nemusí být schopny pracovat od nulového výkonu (je nutné dosáhnout minimálního výkonu, aby byl operativní stav udržitelný), dojde v přesahové části ke snížení výkonu prvního kotle tak, aby byl druhý kotel schopen udržet své minimum. Je-li požadovaný výkon nižší než výkon, který je schopný udržet první kotel, dojde k odstávce a poptávka nebude uspokojena. Tento minimální výkon není stanoven na konkrétní odběrovou síť, ale na celkový odběr

z parovodní nebo horkovodní sítě. Model uvažuje, že veškeré vyrobené teplo jdoucí do každé z těchto dvou sítí směřuje do společného kolektoru, ze kterého je následně teplo rozváděno do dílčích sektorů. Například v lokalitě určené pro tento model se vyskytují 2 parovodní odběry. Aby došlo k odstávce, musel by být celkový odebíraný výkon nižší než součet odběrů obou těchto sítí.

Pro znázornění, jakým způsobem probíhá regulace kotlů uveďme příklad. Máme-li 2 shodné kotle o maximálním výkonu 15 MW a minimálním výkonu 3 MW rozdělí se jejich výroba podle Obr. 21 tak, že při požadavku 0 – 3 MW nebude zařízení schopno dodávat výkon. Při požadavku na 3 – 12 MW bude energii vyrábět pouze kotel č. 1, při 12 – 15 MW budou oba kotle regulovány a při vyšším výkonu než 15 MW bude kotel č. 1 vyrábět na plný výkon a regulován bude pouze kotel č. 2. Je-li v konfiguraci zvoleno více kotlů, bude překryv jejich regulací fungovat stejným způsobem. Rozhodujícím faktorem při stanovení překryvného pásma je velikost minimálního výkonu, kdy společná regulace bude zahájena při výkonu odpovídajícím rozdílu maximálního dosažitelného výkonu kotle předcházejícího a minimálního výkonu kotle následujícího. Tato logika není přímo vypovídající o průběhu skutečné regulace, ale nastiňuje vyšší variabilitu, tudíž výsledné hodnoty by měly být bližší skutečnému stavu.

Jistou roli bude v reálném provozu hrát i proměnlivá účinnost při různé úrovni zatížení. Jelikož není známa konkrétní funkce, podle které by se měnila účinnost v závislosti na dodávaném výkonu, je v modelu uvažována průměrná účinnost.



Obr. 21 – Znázornění regulační logiky pro více kotlů.

3.2.3.2 *Odhadované ztráty přenosem*

Během přenosu tepla dochází také k dalším přidaným ztrátám, jelikož žádný materiál není dokonalým tepelným izolantem, uniká část tepla do okolí. Na velikost ztrát mají velký vliv materiálové vlastnosti potrubí. Čím vyšší je rozdíl mezi teplotami vody (případně páry) vůči okolnímu prostředí, tím budou ztráty vyšší a v neposlední řadě porostou ztráty s narůstající plochou, kterou může teplo unikat. Je tedy v nejvyšším zájmu, aby potrubní síť byla co možná nejkratší. Vzhledem k proměnlivosti okolních podmínek budou ztráty v průběhu roku proměnlivé. Proto obdobně jako u účinnosti kotlů je v modelu uvažována konstantní průměrná ztrátovost sítě.

Vzhledem k očekávaným ztrátám je nutné uvažovat zvýšení výkonu oproti požadavku odběratelů. V rámci modelu dojde k automatickému navýšení poptávky o procentní hodnotu odhadovaných ztrát.

3.2.3.3 *Výpočet spotřeby paliva*

Při výpočtu spotřeby paliva u jednotlivých kotlů je nutné znát několik kritických parametrů. V první řadě musíme znát jaký výkon který kotel v daný moment dodává. Sekundárně je nutné znát s jakou účinností kotel funguje. Z toho vyplývá, jaký je příkon (viz. vztah 2, při uvažování okamžité hodnoty namísto jmenovité).

Jsou-li známy tyto dvě hodnoty, je nutné je adekvátně vyrovnat s parametry paliva. V tomto případě se můžeme setkat se dvěma parametry, které mohou definovat možné energetické využití. Jedná se o spalné teplo nebo výhřevnost (častěji se setkáme s výhřevností). Spalné teplo vyjadřuje, kolik tepla se uvolní, dojde-li k dokonalému spálení paliva, a přitom odpařená voda zpátky zkondenzuje. Výhřevnost na druhou stranu uvažuje, že odpařená vodu zůstane v plynném skupenství.

V rámci modelu je uvažováno s výpočtem na základě výhřevnosti. Výhřevnost je možné udávat vztaženou k různým veličinám. U pevné biomasy je vztažena na hmotnost a u zemního plynu na objem. U dřevní biomasy lze očekávat hodnotu výhřevnosti v přibližném rozmezí 5–16 MJ/kg v závislosti na obsahu vody, nečistot apod. U zemního plynu se nejčastěji setkáváme s hodnotou přesahující 30 MJ/m³. Jedná-li se o zkapalněný zemní plyn (LNG), může se výhřevnost přibližovat až hodnotě 50 MJ/m³.

Výpočet hodinové spotřeby paliva lze vyjádřit vztahem:

$$m = \frac{3600 \cdot P_0}{H}; \left(kg, MWh, \frac{MJ}{kg} \right), \quad (6)$$

kde m značí potřebnou hmotnost paliva, P_0 značí potřebný příkon kotle a H značí výhřevnost paliva. Tento vztah platí za předpokladu, že po dobu jedné hodiny bude dodáván konstantní výkon, nebo proměnný výkon, který vyrobí stejné množství energie za danou dobu. Jednalo-li by se o plyn, výpočet zůstane stejný s tím rozdílem, že namísto hmotnosti bude uvažován objem:

$$V = \frac{3600 \cdot P_0}{H}; \left(m^3, MWh, \frac{MJ}{m^3} \right). \quad (7)$$

Suma tohoto výpočtu provedena pro každou hodinu provozu za rok pro všechny kotle nám stanoví, jakou spotřebu můžeme u daného zařízení očekávat.

3.2.3.4 Vlastní spotřeba

Nelze předpokládat, že zařízení bude pouze vyrábět energii. V rámci teplárny nebo výtopny je velká potřeba elektrické energie pro vlastní chod. Tato energie slouží k mnoha účelům – od napájení dopravníků paliva, čerpadel sloužících pro tlakování vody, nebo k mazání strojů, přes bezpečnostní a regulační systémy, až po osvětlení budovy. U běžných kondenzačních elektráren se uvádí velikost vlastní spotřeby okolo 10 % z celkové vyrobené elektřiny (při uvažování elektrárny čistě na plyn by se jednalo zhruba o poloviční hodnotu). Jelikož je model koncipován tak, aby mohl sloužit pro návrh jak výtopny, tak teplárny, je v tomto případě vhodnější uvažovat vlastní spotřebu vztahenou k vyrobenému teplu. Z Obr. 1 je patrné, že běžná kondenzační elektrárna může dosahovat přibližně 40 % účinnosti při výrobě elektřiny, kdy dalších 10 % tvoří ztráty a 50 % teplo odvedené chladicí vodou. Vztáhla-li by se vlastní spotřeba na vyrobené teplo, zmenšila by se procentní velikost vlastní spotřeby z 10 % na zhruba 4,5 % (ve fyzikálních jednotkách by zůstala spotřeba stejná v obou případech).

Vlastní spotřebu můžeme rozdělit do dvou celků – část nezávislá na výrobě a část závislá na výrobě. U vlastní spotřeby nezávislé na výrobě je zapotřebí neustále provozovat některá zařízení – jedná se primárně o bezpečnostní systémy, osvětlovací systémy apod. Spotřeba těchto celků je neměnná po celou dobu. V rámci modelu je možné ji zadat jako procentní hodnotu z celého instalovaného tepelného výkonu všech kotlů. Dále je možné nastavit proměnlivou část vlastní spotřeby, kdy vlastní spotřeba bude růst vzhledem k vyráběnému výkonu (nutno dopravit více paliva za stejný časový úsek, zvýšený průtok vody atd.).

Proměnlivá část vlastní spotřeby je v modelu možná definovat jako procentní hodnota z každé vyrobené MW tepelného výkonu.

3.3 Ekonomická část modelu

Jelikož se nacházíme v tržním prostředí, kde se činnost zařízení podřizuje tržní ekonomice, je nutné navrhnout jej tak, aby kromě plnění požadované funkce bylo i konkurenceschopné a ekonomicky výhodné.

Základem ekonomického návrhu je optimalizovat varianty tak, aby daný projekt dosahoval maximálního zisku a zároveň naplňoval požadavky na funkčnost. Dosáhnutí maximálního zisku lze zajistit například snížením investičních nákladů, snížením provozních nákladů, manipulací s cenou výsledného produktu apod. Tento úkol není jednoduchý a většinou je nutné jej zakládat na kompromisu, kdy například nákup levnější komponenty se může projevit jako méně výhodné rozhodnutí, protože tato levnější komponenta může být poruchovější a potřebovat častější opravy apod. Obdobně navyšování prodejní ceny produktu (v tomto případě tepla) může v dlouhodobém horizontu vést ke snížení výnosů, kdy pro koncového uživatele může být finančně výhodnější využít alternativní způsob ohřevu namísto CZT (vlastní kotel, tepelné čerpadlo, elektrický přímotop apod.).

Aby bylo možné posoudit, zda je konkrétní řešení výhodné či výhodnější než varianta druhá, zavádí se celá řada ekonomických ukazatelů. Tento model využívá 3 z nich. Nejjednodušším ukazatelem je doba návratnosti. Jedná se o jednoduchý ukazatel, který uživateli řekne, za jak dlouhé časové období se investice navrátí. Známe-li odhadovanou životnost a doba návratnosti bude nižší, pak lze předpokládat, že zařízení bude ziskové. To platí za předpokladu, že po zbytek životnosti budou náklady nižší než výnosy. Dalším ukazatelem je NPV a jak již bylo zmíněno výše, jedná se přepočtený předpokládaného celkového zisku za dobu životnosti, přepočtený na současnou hodnotu peněz. Jinak řečeno, kolik peněz přinese daná investice. Nevýhodou této metody je vysoká citlivost na diskontní sazbu, která může být v průběhu let značně proměnlivá. Třetí využitá metoda je IRR, tato metoda odstraňuje vnější vlivy na vyhodnocení varianty. Při využití této metody se stanoví takový diskont, aby výsledný zisk byl nulový.

3.3.1 Odhad nákladů a výnosů

3.3.1.1 Investiční náklady

Investiční náklady jsou kritické pro uvedení projektu, zvláště v případě takto rozsáhlého. Lze očekávat, že pro obstarání dostatečného množství financí bude budoucí provozovatel nucen vypůjčit si část financí od třetí strany (např. banky). Při vypůjčení části peněz je třeba uvažovat, že bude nutné vrátit vyšší částku, než jaká se obdrží, což přináší riziko. Proto je nutné, aby uvažované zařízení bylo schopné vygenerovat zisk dostatečně velký, aby pokryl investiční náklady včetně úroku a v ideálním případě ještě vyšší, aby měl provozovatel motivaci projekt zrealizovat.

3.3.1.2 Provozní náklady

Jedná se o náklady na celkový provoz v rámci jednoho roku. Jak by se dalo předpokládat, palivo patří mezi nejvýznamnější nákladové položky. Na základě výroby je možné stanovit odpovídající potřebně množství a tomu odpovídající cenu. V průběhu roku se spotřeba značně liší. Zatímco v zimních měsících budou náklady na palivo vysoké, v letních měsících může být spotřeba i nulová (není-li potřeba tepelná energie). Tento aspekt je v rámci modelu brán v potaz, kdy se spotřeba paliva stanovuje každou hodinu. Obdobným způsobem se může lišit i cena za jednotkové množství paliva v průběhu roku, kdy zejména v zimních měsících může být vyšší. To je mimo jiné způsobeno sníženou těžbou a zvýšenou spotřebou. Vývoj ceny zemního plynu je převážně v dnešní době velmi proměnlivou a nejasnou záležitostí, kdy je velmi těžké i jen predikovat další vývoj.

Teplárenská zařízení odebírají palivo ve velmi vysokém množství, kdy se uzavírají výhodné kontrakty, kdy je cena za jednotkové množství nižší, než kdyby šlo o běžný maloobchodní odběr. Z důvodu mnoha proměnných faktorů je v modelu uvažována pouze odhadovaná průměrná cena za celý rok, kdy se průměrná cena za jednotkové množství vynásobí s celkovým množstvím spotřebovaným za rok, a to udá celou výslednou částku.

Další položkou nákladů může být odběr elektrické energie. Podle volby účelu zařízení může být potřeba odebírat poměrně vysoké množství elektřiny na provoz. Bude-li se jednat o běžkou teplárnu využívající KVET, může tato položka být rovna nule, jelikož si veškeré množství zvládne vyrobit sama.

Jelikož dnes nejsme ještě natolik technologicky rozvinutí, aby byly veškeré procesy zautomatizované, je nutné počítat s jistým množstvím zaměstnanců, ať už se jedná o operátory, údržbáře, ředitele, či uklízeče. Každý zaměstnanec znamená jisté náklady, a to ve formě mzdy, odvodů státu, či nákladů na zaměstnanecké benefity. Uvažujeme-li velikost daného zařízení, můžeme očekávat až desítky zaměstnanců. Na základě předpokládaného množství zaměstnanců a průměrných měsíčních nákladů na jednoho zaměstnance určí model velikost celkových ročních nákladů spojených se zaměstnanci.

Jako poslední položka nákladové sekce je v modelu uvažována sekce „zbylé provozní náklady“. Do této skupiny lze zařadit odhadované náklady, které nepatřily do předchozích kategorií. Je možné sem zařadit například náklady na údržbu zařízení. Přestože voda v zařízení cirkuluje, nebývá zařízení absolutně těsnící a dochází k drobným průsakům, kdy je nutné vodu doplnit. Zároveň je nutné vodu upravovat, zvláště u KVET, aby neobsahovala nečistoty. Jedná-li se o kotel na pevné palivo, je při najíždění nutné zažehnutí. Na to je potřeba používat například mazut, či plyn v plynovém hořáku, jehož spotřeba se také projeví na nákladech. Všechny tyto položky a další je možné započíst do této skupiny nákladů.

Všechny tyto položky se sečtou a udají tak odhadované náklady za celý rok.

3.3.1.3 Provozní výnosy

V kontrastu k provozním nákladům je nutné stanovit provozní výnosy. Aby se dalo uvažovat, že daný provoz bude ekonomicky výhodný, je nutno zajistit, aby výnosy byly vyšší než náklady. Jinými slovy, aby zařízení vydělalo více peněz, než je potřeba pro jeho provoz. Jedná-li se o topárenské zařízení, tak za vývozní artikl lze považovat primárně teplo. Sekundárně se může jednat o elektrickou energii jedná-li se o KVET, či je využíváno fotovoltaických panelů, kogeneračních jednotek apod. Terciálně lze ekonomicky využít například dodávku chladu v rámci trigenerace či nespálené zbytky pro účely například výroby hnojiv. Tyto dvě poslední možnosti nejsou v modelu zahrnuty.

Výnosy za dodávku tepla jsou kalkulovány v modelu jako množství dodané energie koncovým zákazníkům vynásobené cenou za jednotkové množství. Výnosy se budou značně lišit v závislosti na ročním období, kdy v letních měsících lze očekávat odstávku z důvodu nízké poptávky. Naopak v zimních měsících budou výnosy maximální.

Výnosy za dodávku elektrické energie jsou kalkulovány obdobným způsobem jako u dodávky tepelné energie s tím rozdílem, že model uvažuje vlastní spotřebu, kdy při nedostatečné výrobě bude elektřina pouze nákladovou položkou a nikoli výnosovou. Vzhledem ke konfiguraci uvažovaného zařízení může elektrická energie být zároveň složkou výnosu i nákladu, kdy se nemůže pouze odečíst odebraný a dodaný výkon, jelikož se cena za dodávku a odběr může lišit.

Celkové výnosy jsou v modelu uvažovány jako součet výnosů za teplo a výnosů za elektřinu.

3.3.2 Ekonomické zhodnocení

Základním předpokladem pro potenciálně výnosné zařízení je, aby provozní náklady byly nižší než provozní výnosy. Rozdíl těchto dvou hodnot je v modelu označen jako EBITDA – zisk bez započtení daní, odpisů apod. Je-li tento předpoklad splněn, je nutné odhadnout jakým způsobem se bude zisk vyvíjet v průběhu let a jak bude kompenzovat počáteční investici. V průběhu let se i za předpokladu, že bude stálá výroba a odběr, bude cena za jednotlivé části lišit. To je způsobeno ztrátou hodnoty peněz v průběhu let. To znamená, že např. že 100 Kč za několik let může mít stejnou hodnotu jako dnes například 50 Kč. V základu tento vývoj popisuje inflace. Tu se snaží korigovat ČNB, aby se v ideálním případě pohybovala okolo hodnoty 2 % [27]. Vzhledem k událostem v posledních letech (pandemie koronaviru, válka na Ukrajině apod.) Přesahuje současná hodnota inflace 14 % a nepřestává dále růst. Z tohoto hlediska je velmi obtížné predikovat vývoj inflace v průběhu několika let, kdy by dané zařízení mělo operovat. V rámci modelu je vliv ztráty hodnoty peněz znázorněn v podobě ukazatele „Eskalace“, kdy lze uvažovat, že hodnotově budou náklady a výnosy stejné i v průběhu let, jen se bude měnit množství financí odpovídající dané hodnotě. Model primárně uvažuje konstantní procentní meziroční nárůst cen. Bude-li mít uživatel vlastní predikční model, je možné procentní nárůst zadat zvlášť pro každý jednotlivý rok.

Co se týče investice, v rámci modelu lze investici zrealizovat třemi způsoby úhrady a to:

- Uhrazení celé částky předem
- Uhrazení celé částky po dokončení stavby
- Rovnoměrné rozdělení částky po dobu stavby

kdy na každý z těchto způsobů navazuje způsob odpisů. Odpis vyjadřuje peněžní hodnotu opotřebení majetku v průběhu let. Toto stárnutí je možné zahrnout do formy nákladů a účetně snížit zisk. V rámci modelu je možné odepisovat investiční náklady v pěti odpisových skupinách podle typu majetku a doby odpisování (3, 5, 10, 20 a 30 let). Existuje i šestá odpisová skupina s dobou odpisu 50 let, která ale není v rámci modelu uvažována, neboť není očekáváno, že by zařízení mělo být funkční po takovou dobu. Je dána možnost udat, kolik procent investice může být odepisováno v různé odpisové skupině. Odpisy je rovněž možné provést dvěma způsoby a to tak, že se začne odepisovat ihned po uhrazení částky, nebo až po dokončení stavby.

Z rozdílu EBITDA a odpisu se pro každý rok stanoví EBT, což je zisk před zdaněním. Od EBT je nutné následně odvést daně. V modelu je možné zvolit, zda má být uvažována záporná daň či nikoli. Na základě zaplacené daně se stanoví čistý roční zisk. Je možné, že v prvních letech provozu bude čistý zisk záporný, ale to nemusí znamenat, že výsledné zařízení bude prodělečné celou dobu provozu.

Jsou-li známy všechny tyto hodnoty, model stanoví „cash flow“, neboli tok financí v jednotlivých letech. Ten je spočten jako rozdíl EBITDA, zaplacených daní a investic. Cash flow je nutné stáhnout na hodnotu peněz k současné době, aby byla částka porovnatelná. K tomu dochází pomocí diskontování, kdy diskontní sazba charakterizuje cenu, kterou investor požaduje za svoji investici. Do této sazby se promítá podstupované riziko a míra inflace apod. Z tohoto důvodu by měla diskontní sazba být vyšší než samotná eskalace, tak aby investice byla pro investora výhodnou.

V úplném závěru dojde k celkové sumaci diskontovaného cash flow v průběhu let. Tato sumace nám určí výsledné NPV. Je-li výsledek kladný, lze předpokládat, že zařízení bude ziskové a čím vyšší bude hodnota, tím lukrativnějším se projekt stává. Pomocí diskontovaného cash flow dojde také k určení doby návratnosti a to tak, že dojde k sečtení počtu let, po kterých bylo kumulované diskontované cash flow záporné, než se stalo kladným. K vyhodnocení IRR je využít ještě nediskontovaný cash flow a získané číslo nám udá, při jaké hodnotě diskontní sazby dojde k vyrovnání všech nákladů a výnosů.

Výsledek je rovněž přehledně znázorněn v grafu, kdy uživatel vidí roční vývoj cash flow, diskontovaného cash flow a kumulovaného diskontovaného cash flow.

4 Zhodnocení ukázkové varianty

Jelikož v době vypracování této práce nebyly k dispozici žádné uvažované varianty pro výstavbu nového zdroje tepla pro oblast Poříčí, je provedeno ukázkové vyhodnocení pro fiktivní návrh, tak aby se jednoduše vysvětlily konkrétní funkce modelu a jejich výstupy.

4.1 Vstupní hodnoty technické části ukázkové varianty

V modelu jsou uvažovány měřené hodnoty z odběru tepla z roku 2020. Lze očekávat, že se odběr v současné době nebude příliš lišit a měl by být i nadále směrodatný. Nachází se zde jeden horkovodní odběr pro oblast Trutnov – Úpice. Odběr se zde pohybuje v rozsahu od 0 do 50 MW, kdy průměrný roční odběr se pohybuje okolo 14 MW. Pro parovodní odběr se nachází dvě odběrové sítě – Krkonoše – Poříčí a parovod PREFA, kdy maximální odběr lehce přesahuje 55 MW, minimum je opět 0 a v průměru se pohybuje okolo 26 MW. Pro definování ztrát v rozvodné síti uvažujeme 7 % ztrátovost u horkovodní síti a 10 % u parovodních sítí [29].

U horkovodní síti uvažujeme využití až 4 kotlů – 2 biomasových a 2 plynových. U parovodní síti uvažujeme shodně 4 kotle – 2 biomasové a 2 plynové, kdy 2 biomasové kotle a 1 plynový jsou opatřeny protitlakou turbínou pro výrobu elektřiny. Parametry těchto zařízení jsou shrnuty v příloze (Příloha 1). Lze očekávat, že základní výrobu budou zastupovat převážně biomasové kotle, kdy by jejich provoz měl být ekonomicky výhodnější, ale mohou mít nižší dynamiku a nižší poměrový výkonový rozsah než kotle plynové. Funkcí prvního plynového kotle by mělo být vyrovnávat výkonové špičky převážně v zimních měsících. Druhý plynový kotel slouží primárně jako záloha nebo k pokrytí maximálních špiček. U tohoto kotle lze očekávat nízké využití, proto není vhodné investovat příliš vysokou částku do kvalitního kotle a bude dostačující kotel o nižší účinnosti. Z toho důvodu není druhý plynový kotel v parovodní výrobě doplňkovým zdrojem elektrické energie, která by pouze zvýšila investici. Zároveň bude vhodnější využít celý výkonový rozsah tohoto kotle jako případnou zálohu.

U elektrické výroby jsou zvoleny konvenční protitlaké turbíny. Primárním účelem tohoto zařízení je dodávka tepelné energie, kdy výrobu elektrické energie směřujeme především na pokrytí vlastní spotřeby s možným přesahem do dodávky do sítě. Samotná vlastní spotřeba je uvažována jako 0,5 % celkového instalovaného tepelného výkonu a k ní připočtena proměnná část vyžadující 4,5 % z každé vyrobené tepelné MWh. Z čehož vyplývá, že se vlastní spotřeba může pohybovat v rozmezí 0,775 MW do 7,75 MW.

Výrobu doplňuje ještě doplňková výroba elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů. Uvažujeme 2 skupiny panelů, kdy první skupina bude tvořena 50 panely o maximálním výkonu 2 kW každý a druhá skupina je tvořena shodně 50 panely, ale o maximálním výkonu 1,5 kW každý. Jelikož nejsou známy skutečné hodnoty osvětlení dané oblasti s přihlédnutím k možnému stínění uvažujeme dobu využití maxima pro jednotlivé měsíce podle Tab. 1. K fotovoltaickým panelům je uvažován i akumulátor o schopnosti uložení až 20 MWh pro vyrovnání vlastní spotřeby v případě nedostatečné výroby.

Tab. 1 – Doba využití maxima fotovoltaických panelů.

Doba využití maxima (h/den)	
Leden	1
Únor	1
Březen	3
Duben	5
Květen	7
Červen	10
Červenec	12
Srpen	12
Září	9
Říjen	7
Listopad	3
Prosinec	2

Pro palivo je uvažována výhřevnost biomasy 12 MJ/kg, což odpovídá přibližnému průměru výhřevnosti dřevního materiálu, kdy různé zdroje uvádějí hodnoty v rozmezí 8 – 15 MJ/kg. U zemního plynu je uvažována výhřevnost 33,5 MJ/m³. Tato výhřevnost opět odpovídá očekávaným hodnotám udávaných literaturou pro zemní plyn.

4.2 Vstupní hodnoty ekonomické části ukázkové varianty

Uvažujeme, že pro výstavbu bude potřeba 3,5 miliardy korun investic, kdy výstavba bude probíhat po dobu 3 let a k úhradě investic bude docházet rovnoměrně v průběhu celé doby výstavby. Uvažujeme životnost na dobu 25 let s tím, že samotná výstavba bude zahájena v roce 2024.

Investice bude rozdělena do tří odpisových skupin v následujícím zastoupení:

- 25 % investice bude odpisováno ve druhé odpisové skupině s dobou odpisu 5 let, kam se řadí například automobily, počítače atd.
- 25 % bude odpisováno ve třetí odpisové skupině s dobou odpisu 10 let, kam lze zařadit například kotle.
- 50 % do čtvrté odpisové skupiny s dobou odpisu 20 let, kam patří například plynovody, energetická výrobní díla atd. [30]

Všechny tyto položky začnou být odpisovány až po zahájení provozu, tedy po dokončení stavby.

Průměrná cena za dodávku byla nastavena na hodnotu 3,5 Kč/kWh. Tato hodnota je proměnlivá v průběhu roku, ale dle informací z [31] se v průběhu roku pohybovala cena v přibližném rozmezí 80 – 250 EUR/MWh, což odpovídá přibližně 2 – 6 Kč/kWh. Pro případný odkup energie ze sítě je uvažována průměrná cena 5 Kč/kWh s přihlédnutím k nutnosti hrazení dalších plateb spojených s přenosem energie.

Cena za odběr tepla byla stanovena na 1,8 Kč/kWh. Tato cena byla stanovena dle cen nedalekého tepelného zásobování v Hradci Králové [32], kde je udávána cena za GJ tepla okolo 500 Kč, což odpovídá 1,8 Kč/kWh. Cena by měla být tedy konkurenceschopná vzhledem k danému území. V rámci celé České republiky se tato cena jeví jako podprůměrná, takže lze uvažovat případné navýšení ceny v případě nutnosti.

K odběru paliva uvažujeme nákup biomasy za 2,25 Kč/kg. Tato cena je uvažována na základě interních informací o výši ceny za dřevní štěpku v energetických zařízeních, kdy můžeme uvažovat přibližně 150 – 200 Kč/GJ, což při uvážení výhřevnosti 12 MJ/kg stanovuje cenu mezi 1,8 – 2,4 Kč/kg. Cena se pohybuje ve vyšší části rozmezí z důvodu očekávání navýšení ceny, jelikož cena dřevní štěpky byla v posledních letech tlačena dolů kůrovcovou kalamitou.

U zemního plynu je velmi složité určit uvažovanou cenu. Vzhledem k událostem ve světě (převážně v posledním roce) je cena zemního plynu velmi nestabilní a prakticky nepredikovatelná, když se její hodnota v posledním roce prakticky zčtyřnásobila. I při zanedbání stoupajícího trendu je cena velmi nestabilní, kdy se razantně mění i v rámci jednotlivých dnů. Ke květnu roku 2022 se cena pohybuje okolo 2000 – 2500 Kč/MWh, což při uvažování výhřevnosti 33 MJ/m³ odpovídá ceně 18 – 23 Kč/m³. V modelu je uvažováno 25 Kč/m³, protože se počítá s pokračujícím růstem, který by mohl být doprovázen nutností výstavby nových plynovodů, jejichž investice se promítne do výsledné ceny plynu apod.

Jako další položku do nákladů uvažujeme zaprvé platy a odvody za zaměstnance, kdy vzhledem k odhadované velikosti zařízení uvažujeme přibližně 35 zaměstnanců, kdy průměrné náklady na jednoho zaměstnance za měsíc dosahují výše 50 000 Kč. Zadruhé uvažujeme zbytkové provozní náklady, které byly odhadem stanoveny na 50 milionů Kč/rok.

Na základě výše zmíněných hodnot dojde v modelu ke kalkulaci provozních nákladů a výnosů. Cena je kalkulována pro rok 2022, kdy se výsledná částka bude meziročně zvedat eskalací. Jelikož nejsou k dispozici predikce vývoje jednotlivých položek, uvažuje model stejný procentní růst nákladů i výnosů v průběhu let. Pro eskalaci uvažujeme hodnotu 2,5 %. Tato hodnota je opět velmi obtížně predikovatelná. Hodnota inflace v současné době přesahuje 10 %. U výstavby je uvažováno zahájení v roce 2024 a zahájení provozu v roce 2027, kdy situace ve světě může být již stabilizována. Z tohoto důvodu jsem se přiklonil k volbě 2,25 % jakožto k lehce vyšší hodnotě, než o kterou se pokouší ČNB (2 %).

V případě diskontní sazby uvažujeme hodnotu 7 %. Tato hodnota byla zvolena jako adekvátní na základě doporučení odborného konzultanta této práce a splňuje předpoklad, že přesahuje míru inflace.

Model uvažuje zdanění zisku právnických osob hodnotou 19 % dle patných nařízení a bude uvažovat zápornou daň z příjmu.

4.3 Vyhodnocení ukázkové varianty

Při využití zadaných hodnot z předchozí části vyhodnotil model po technické a ekonomické stránce uvažovanou variantu.

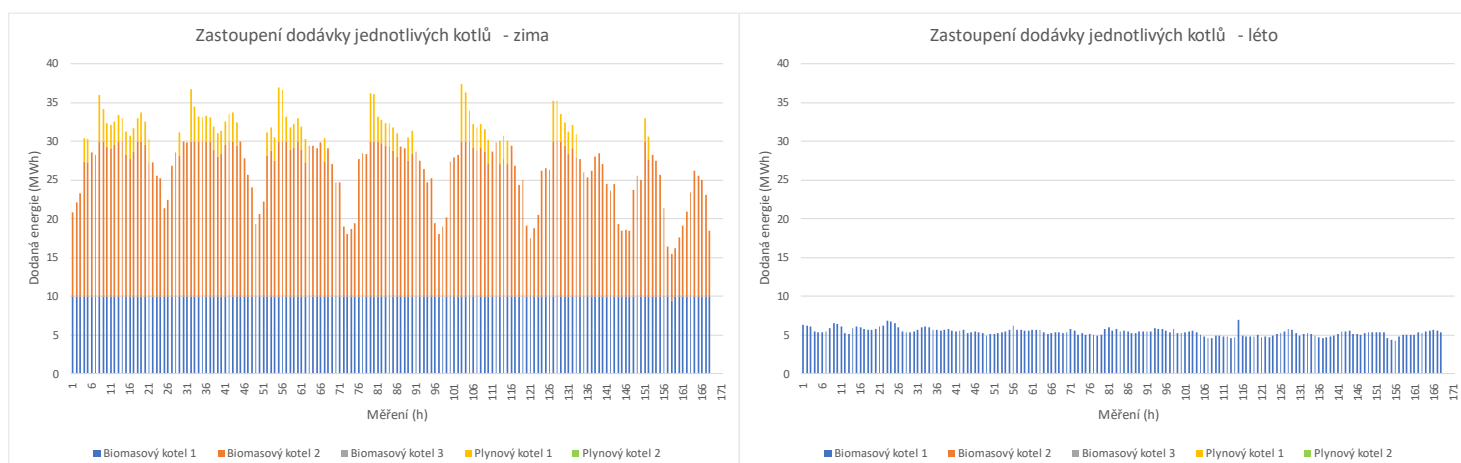
Nejprve se zhodnotila horkovodní výroba. Měsíční souhrn celé výroby je zobrazen v Tab. 2. Je zde patrné, že podle předpokladu byla nejvyšší výroba v zimních měsících, kdy lze očekávat maximální poptávku. Celkem bylo za celý rok vyrobeno 133,8 GWh tepelné energie. Oproti požadavku nebyla poptávka naplněna pouze v 16 případech (hodinách) v celém roce, kdy se nedodalo 11,7 MWh, což tvoří 0,087 % celé dodávky. Tyto nedodávky jsou způsobeny odstávkou z důvodu příliš nízkého požadavku převážně v letní období. Přibližně polovina nedodávky odpovídá časům, kdy končila nebo začínala sezóna. V případě, že by byla známá logika regulace jednotlivých kotlů, bylo by možné i tuto odchylku pravděpodobně odstranit. Vzhledem k zastoupení vůči celkové výrobě, je tento rozdíl zanedbatelný.

Tab. 2 – Měsíční bilance horkovodní výroby tepelné energie.

Měsíc	Vyrobena energie (MWh)	Dodaná energie (MWh)	Rozdíl vůči poptávce (MWh)	Spotřeba biomasy (t)	Spotřeba plynu (m ³)	Cena za palivo (Kč)	Výdělek za teplo (Kč)
Leden	21 030,725	19 555,943	0,000	6 611,842	142 738,653	18 445 110	35 205 434
Únor	16 894,331	15 711,181	0,000	5 536,967	33 842,481	13 304 237	28 281 111
Březen	16 175,788	15 047,262	0,000	5 294,780	34 799,695	12 783 248	27 078 269
Duben	10 483,034	9 738,645	0,000	3 445,806	17 386,975	8 187 738	17 548 599
Květen	8 324,412	7 740,705	0,000	2 773,804	358,209	6 250 014	13 935 065
Červen	4 190,257	3 894,677	-4,537	1 396,752	0,000	3 142 693	7 014 490
Červenec	2 270,135	2 110,500	-4,667	756,712	0,000	1 702 602	3 800 207
Srpen	3 886,015	3 614,900	0,000	1 295,338	0,000	2 914 511	6 505 190
Září	5 588,692	5 202,330	-2,504	1 862,897	0,000	4 191 519	9 355 470
Říjen	11 043,068	10 270,012	0,000	3 678,577	876,132	8 298 701	18 486 096
Listopad	15 384,333	14 317,702	0,000	5 075,121	18 981,545	11 893 561	25 753 374
Prosinec	18 571,665	17 251,031	0,000	6 056,058	48 238,977	14 832 105	31 088 967
Celkem	133 842,456	124 454,886	-11,707	43 784,654	297 222,667	105 946 038	224 052 271

Z tabulky je také patrné, že převážná část výroby je zastoupena biomasovými kotli a plynové kotle slouží jako zdroj přes zimní měsíce a v průběhu roku spíše pokrývají výkonové špičky.

Chování horkovodní výroby je dobře patrné na Obr. 22. Obrázek znázorňuje typický zimní a letní týden. V zimním týdnu je patrné, že oba biomasové kotle nepřetržitě fungují, kdy první kotel pracuje celou dobu téměř na maximální výkon. Druhý biomasový kotel také operuje celou dobu, ale na rozdíl od prvního kotle je jeho výkon značně proměnlivý na základě aktuální poptávky. První plynový kotel slouží k pokrytí výkonových špiček v průběhu dne a druhý plynový kotel tento týden není využit vůbec a slouží pouze jako záloha. Na druhou stranu v létě je využíván pouze jeden biomasový kotel, který je schopný sám pokrýt spotřebu po celý týden.



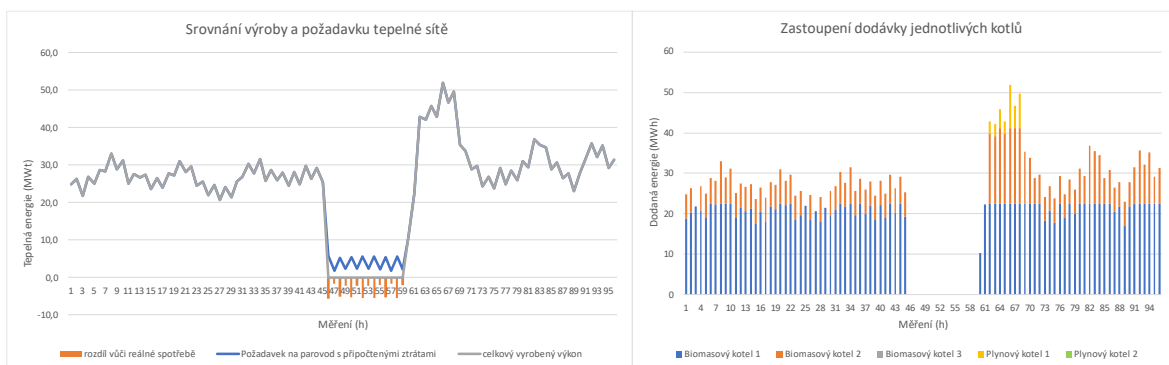
Obr. 22 – Chování horkovodní výroby v průběhu zimního (leden) a letního (červen) týdne.

Obdobně můžeme zhodnotit data z parovodní výroby v Tab. 3. Je patrné, že parovodní síť je výkonově vytíženější než horkovodní síť, kdy za rok dojde k výrobě přibližně dvou a půl násobku horkovodní výroby. Ke konečnému odběrateli se dostane méně než dvojnásobné množství tepla, než které odebírá uživatel u horkovodní síti. To je způsobeno, jak uvažováním vyšší ztrátovosti parovodu, tak i tím, že část tepelné energie slouží k výrobě k elektřině. Obdobně jako u parovodní síti i zde je maximální odběr v zimních měsících než v měsících letních.

Tab. 3 – Měsíční bilance parovodní výroby tepelné energie.

Měsíc	Vyrobená energie (MWh)	Dodaná tepelná energie (MWh)	Rozdíl vůči poptávce (MWh)	Spotřeba biomasy (t)	Spotřeba plynu (m ³)	Cena za palivo (Kč)	Výdělek za teplo (Kč)
Leden	45 469,445	30 691,875	0,000	13 416,259	623 363,254	45 770 665	55 245 376
Únor	39 333,546	26 550,144	0,000	12 229,781	315 725,725	35 410 151	47 790 259
Březen	38 419,038	25 932,851	0,000	12 349,123	163 781,470	31 880 063	46 679 131
Duben	27 744,935	18 727,831	0,000	9 205,601	15 299,451	21 095 088	33 710 096
Květen	24 724,062	16 688,742	0,000	8 241,354	0,000	18 543 047	30 039 736
Červen	17 232,423	11 631,886	0,000	5 744,141	0,000	12 924 317	20 937 394
Červenec	8 512,162	5 745,709	-3,586	2 837,387	0,000	6 384 122	10 342 277
Srpen	15 992,687	10 795,064	0,000	5 329,562	477,612	12 003 456	19 431 115
Září	18 972,729	12 806,592	0,000	6 324,243	0,000	14 229 547	23 051 866
Říjen	29 174,962	19 693,099	-52,677	9 703,055	7 856,430	22 028 284	35 447 578
Listopad	35 373,963	23 877,425	0,000	11 449,806	122 333,821	28 820 408	42 979 364
Prosinec	39 663,642	26 773,878	0,000	12 624,654	213 754,295	33 749 328	48 192 981
Celkem	340 613,594	229 915,096	-56,263	109 454,966	1 462 592,058	282 838 474	413 847 173

Jelikož není známý přesný systém distribuce tepla mezi obě parovodní sítě, využívá model ztrát ze sítě Krkonoše, Poříčí, která má roční odběr téměř desetinásobný oproti parovodu PREFA, z tohoto důvodu udává směrodatnější hodnotu. Toto zanedbání se neprojeví při běžném výpočtu dodávky, ale pouze v situaci, kdy nebude naplněna celá poptávka. Co se nedodávky týká, tak nebyla naplněna podobnou dobu jako u horkovodní sítě – 15 hodin v průběhu celého roku. Jak je ale již z Tab. 3 vidět, tak k nedodávce došlo mimo letní období, a to až v říjnu. Tato nedodávka je znázorněna na Obr. 23, kdy je možné vidět průběh odběru čtyř dnů, kdy okolo 45. hodiny došlo k razantnímu snížení poptávky. Nejspíše došlo k poruše části tepelného rozvodu Krkonoše, Poříčí, kdy musela být dodávka do této části zastavena. Úbytek trval přibližně 15 hodin. Možnosti poruchy napovídá i následný zvýšený odběr, který se po několika hodinách ustálil. Během této pravděpodobné poruchy byl požadavek na tepelný výkon od sítě PREFA příliš nízký a celé zařízení muselo přerušit výrobu. V reálné situaci byl bylo možné část energie mařit a tím zachovat dodávku. V celkové bilanci ale tato chyba neznamená přílišnou odchylku, kdy celková roční nedodávka odpovídá 0,22 % celkového vyrobeného výkonu. Celkový průběh celého roku je možné vidět na grafech v příloze.



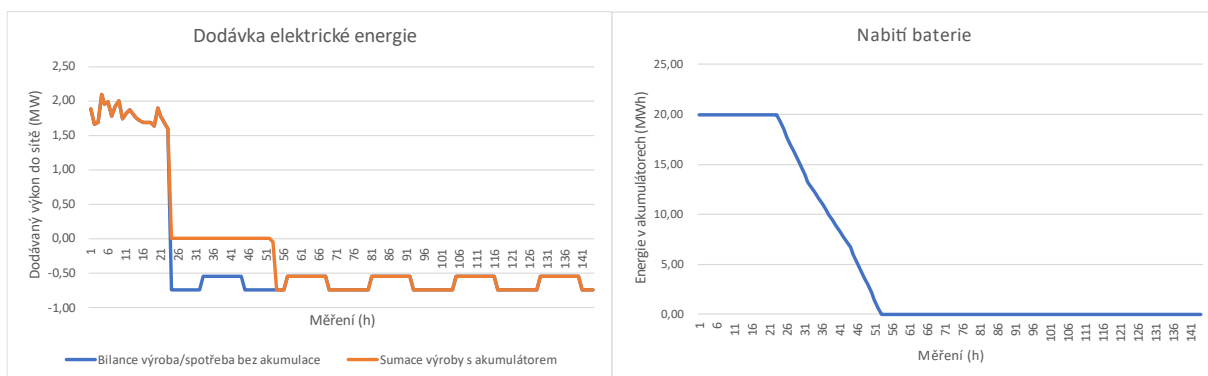
Obr. 22 – Znázornění poruchy parovodní sítě.

Průběh výroby elektrické energie je přehledně znázorněn v Tab. 4. Je zde možné vyčíst, že v čisté sumě by bylo zařízení každý měsíc schopné pokrýt vlastní spotřebu nezávisle na dodávce z vnější sítě. Avšak z průměrné hodnoty nabití akumulátoru je patrné, že téměř každý druhý měsíc nastala chvíle, kdy v daný okamžik nebyla výroba dostatečná a energii bylo nutno čerpat ze zmíněné baterie. Většinou se jednalo pouze o drobný nedostatek, který se na stavu nabití baterie výrazně neprojevil.

Tab. 4 – Měsíční bilance výroby elektrické energie.

Měsíc	Celková vyrobená elektřina (MWh)	Hodnota vlastní spotřeby (MWh)	Dodávka elektřiny do sítě (MWh)	Odběr elektřiny ze sítě (MWh)	Průměrné nabití akumulátoru (%)	Výdělek za elektřinu (Kč)
Leden	9 099,314	3 550,508	5 528,806	0,000	99,830	19 350 822
Únor	7 871,784	3 052,254	4 819,530	0,000	100,000	16 868 354
Březen	7 700,083	3 014,017	4 686,065	0,000	99,995	16 401 229
Duben	5 575,237	2 260,259	3 314,978	0,000	100,000	11 602 425
Květen	4 988,212	2 045,181	2 943,031	0,000	100,000	10 300 609
Červen	3 498,985	1 504,021	1 994,964	0,000	99,432	6 982 374
Červenec	1 778,382	1 043,203	911,804	176,625	60,653	2 308 189
Srpen	3 274,487	1 452,542	1 821,946	0,000	100,000	6 376 810
Září	3 841,796	1 645,264	2 196,532	0,000	100,000	7 687 861
Říjen	5 872,967	2 368,561	3 504,406	0,000	98,910	12 265 421
Listopad	7 090,543	2 824,123	4 266,419	0,000	100,000	14 932 467
Prosinec	7 942,761	3 178,589	4 764,172	0,000	100,000	16 674 601
Celkem	68 534,551	27 938,522	40 752,654	176,625	96,568	141 751 163

Nejvýrazněji se nedostatek vlastní výroby projevil v červenci, kdy 11. 7. došlo k odstavení parovodní dodávky a tím byla značně omezena výroba elektřiny, která v tu dobu byla zastoupena pouze fotovoltaickými panely. Názorně je toto odpojení na Obr. 23. Přestože byla tepelná výroba mimo provoz, vlastní spotřeba byla stále uvažována dle zadání jako 0,5 % instalovaného tepelného výkonu, což při současné konfiguraci činí 775 kW, na což solární výroba vlastním výkonem nevystačí. Jak je vidět na obrázku, tak akumulční systém byl schopen udržet více než den vlastní spotřebu z vlastní zásoby, než bylo nutné začít odebírat. Aby nedošlo k odběru elektrické energie ze sítě, bylo by nutné navýšit solární výrobu na více než třináásobek současné hodnoty, nebo využít jiný alternativní zdroj, případně při vypnutém stavu snížit velikost vlastní spotřeby změnou návrhu.



Obr. 23 – Stav výroby elektrické energie a nabití baterií během letní odstávky (10. až 15. červenec).

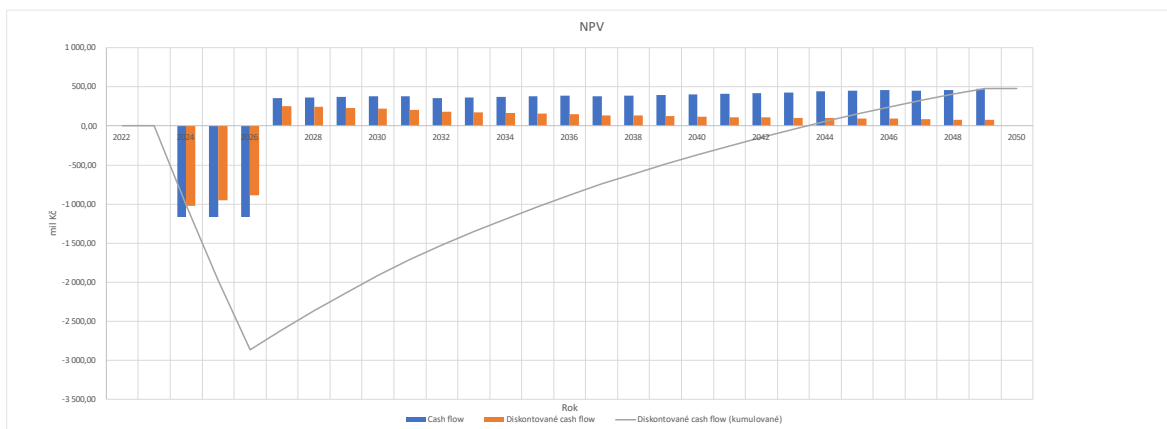
Co se ekonomických ukazatelů týče, byly vyčísleny přibližné roční náklady a výnosy (viz Tab. 5). Již z této tabulky je patrné, že by potenciálně mohla být varianta výnosná, když roční zisk bez odpisů, daní atd. činí přibližně 320 milionů Kč. Výsledné ekonomické zhodnocení je vidět v Tab. 6 a Obr. 23.

Tab. 5 – Odhadovaná investice a roční náklady a výnosy podniku.

Položka	jednotka	hodnota
Investice celkem	(mil Kč)	3 500,00
Náklady na biomasu	(mil Kč/rok)	344,79
Náklady na plyn	(mil Kč/rok)	44,00
Náklady na zaměstnance	(mil Kč/rok)	21,00
Náklady z odběru elektřiny	(mil Kč/rok)	0,88
Zbylé provozní náklady	(mil Kč/rok)	50,00
Výnos za dodávku tepla	(mil Kč/rok)	637,90
Výnos za dodávku elektřiny	(mil Kč/rok)	142,63
Provozní náklady celkem	(mil Kč/rok)	460,67
Provozní výnosy celkem	(mil Kč/rok)	780,53

Tab. 6 – Výsledné ekonomické ukazatele.

Ekonomické výsledky	
NPV (mil Kč)	480,29
IRR (%)	8,62%
Tnávr (roky)	20



Obr. 23 – Průběh NPV po dobu životnosti.

Ekonomické výsledky naznačují, že zamýšlená varianta by měla být ekonomicky výhodná a vhodná pro realizaci, kdy celá investice by za očekávaných podmínek měla přinést zisk přibližně 480 milionů Kč (v dnešní hodnotě). Dle hodnoty IRR by diskontní násobek musel být vyšší než 8,62 %, aby varianta vycházela jakožto neutrální (ani zisková, ani prodělečná). Dále je v tabulce i na obrázku patrné, že zařízení se stává ziskovým po 4/5 své životnosti – tedy po 20 letech.

Bohužel jak již bylo vícekrát zmíněno, je velmi obtížné odhadovat vývoj cen za jednotlivé položky v průběhu takto dlouhého období, a i drobné odchylky mohou způsobit velké změny v celkovém výsledku. Například kdyby byla uvažována změna pouze ceny za nakoupeno biomasu ze současně uvažovaných 2,25 Kč/kg na 2,5 Kč/kg, NPV by kleslo na hodnotu 119 milionů Kč s dobou návratnosti 24 let. V případě, že by cena byla uvažována 3 Kč/kg, zařízení by se stalo prodělečným se ztrátou okolo 600 milionů Kč.

Obdobným způsobem by působila i změna výhřevnosti uvažovaného paliva. Byla-li by průměrná výhřevnost biomasy 10 MJ/kg namísto 12 MJ/kg, které byly uvažovány (všechny ostatní hodnoty by zůstaly neměnné), stalo by se zařízení opět prodělečným se ztrátou téměř 170 milionů Kč. Aby zařízení bylo výnosné, musely by tyto ztráty být kompenzovány navýšením cen za teplo a elektřinu. Například při výše zmíněném nárůstu cen za biomasu na 3 Kč/kg a k tomu doprovázejícímu navýšení cen za teplo z 1,8 Kč/kWh na 2 Kč/kWh by došlo k zamezení ztráty, kdy výsledné NPV odpovídalo přibližně 65 milionům Kč.

5 Závěr

V rámci této diplomové práce byl vytvořen model určený pro prvotní zhodnocení variant zdroje tepla situovaného v lokalitě Poříčí. Model hodnotí technickou i ekonomickou stránku návrhu.

V úvodu se práce věnuje současnému stavu v teplárenském odvětví v České republice. Vysvětluje základní principy teplárenství a popisuje kritéria, podle kterých je možné navrhovat nové zdroje. Dále nastiňuje možný vývoj tohoto odvětví do budoucna.

Ve vlastní model má uživatel možnost využít až 3 kotle určené ke spalování biomasy a až 2 kotle určené pro spalování zemního plynu, a to jak pro horkovodní síť, tak i pro parovodní síť zvlášť. Kromě výroby tepla je možné navolit případnou výrobu elektrické energie, která je navázána na parovodní kotle. Je možné uvážit i osazení části plochy budoucí teplárny fotovoltaickými panely, které mohou zvýšit výkonovou hustotu zastavěné plochy.

Z technického hlediska stanoví model rozsahy výkonů či limity výstupní entalpie, průtoků a spotřeby paliva, ve kterých by se dané zařízení mohlo trvale pohybovat. Na základě změřeného odběru z jednotlivých sítí stanoví model okamžitou výrobu jednotlivých kotlů, jejich nutný příkon ve formě paliva a případnou odchylku výroby oproti spotřebě. S odchylkou se pojí i výpočet výkonové zálohy v případě odpojení zdroje s nejvyšším výkonem. Tento výpočet proběhne pro každou hodinu během celého roku, kdy na základě jednotlivých dat dojde k vytvoření celkové měsíční či roční bilanci. Výsledky jsou zobrazené jak v přehledné tabulce, tak i v grafické podobě, kdy je možné libovolně filtrovat zobrazené měsíce a dny, což dává uživateli pohodlný přístup k problematickým oblastem, kde může případnou chybu lépe zanalyzovat.

Jelikož zatím nejsou k dispozici žádné uvažované varianty, byl model vytvořen tak, aby byl co možná nejuniverzálnější a bylo možné jej lehce upravit pro konkrétní variantu. Což znamená, že ve výpočtu musí docházet k různým zjednodušením, avšak jejich vliv by neměl být příliš velký. Z tohoto důvodu dochází k nasazování jednotlivých kotlů čistě v chronologickém pořadí s částečným překryvem, kdy jsou regulovány 2 kotle naráz. Nevýhodou tohoto způsobu regulace může být zapínání a vypínání kotlů po hodinových intervalech, které by u reálné varianty neměly nastávat. Systém regulace by bylo možné upravit v závislosti na specifických požadavcích jednotlivých variant. Model uvažuje také výrobu každé komponenty při konstantní účinnosti přeměny během celého rozsahu. Pokud by byly známy charakteristiky jednotlivých kotlů/turbín, bylo by možné je do modelu implementovat a zpřesnit tak celkový výpočet. Jelikož model uvažuje výrobu o konstantní

účinnosti, dostane-li se poptávka na příliš nízkou úroveň, dojde k celkovému odstavení namísto toho, aby zařízení fungovalo na nejnižší možný udržitelný výkon a část energie mařilo vypouštěním tepla do okolí. U fotovoltaické výroby nejsou známy odhadované parametry dopadajícího slunečního světla. Přestože je známá přibližná lokace, kde by mohly být panely nasazeny, není známo, v jaké výšce by byly umístěny z důvodu okolního zastínění, případně jaký by měly náklon. Solární výroba je také obtížně predikovatelná z důvodu atmosférických jevů, které mohou stínit, proto model uvažuje výrobu na základě odhadované doby využití maxima během dne pro jednotlivé měsíce. Následná výroba se rovnoměrně rozloží do 12 hodin během dne. Budeme-li uvažovat veškerá tato zjednodušení a výsledný model vyjde zejména po technické stránce jakožto ziskový, lze předpokládat, že následná optimalizace průběhu výsledek dále vylepší a lze očekávat vyšší zisk.

Z ekonomického hlediska vypočte model přibližné roční náklady a výnosy z nákupu paliv, prodeje tepla a prodeje či odběru elektřiny a pro kompletnost výpočtu musí uživatel zadat výši investice a způsob její úhrady a přibližně vyčíslit náklady spojené se zaměstnanci a dalšími činnostmi spojenými s provozem zařízení. U vypočtených položek je využito zjednodušení, že se celoročně uvažuje stálá cena za jednotkové množství. V praxi se v průběhu roku mění cena například dřeva, cena plynu je také proměnlivá a cena za elektřinu se na spotovém trhu mění každou hodinu. Proto je doporučeno průměrnou cenu zpětně upravit. Po technickém výpočtu dojde ke stanovení spotřeby/výroby v jednotlivých měsících a na základě těchto dat by bylo vhodné upravit cenu tak aby skutečně odpovídala průměrné hodnotě.

Jelikož teplárenské zařízení vyžaduje poměrně vysokou investiční částku, která se „nezaplatí“ během jednoho roku je nutné odhadnout ekonomickou efektivnost za celý průběh životnosti. K tomu využívá model metod NPV, IRR a dobu návratnosti. V průběhu let se uvažuje změna hodnoty koruny. Je také možné využít odpisu majetku pro snížení daně ze zisku. Problémem této predikce jsou nejistoty. Zejména v podobě nestálosti inflace, která zvláště v tuto dobu dosahuje velmi vysokých hodnot, které v období před 5 lety nemohl nikdo s jistotou predikovat, natož mít předpověď na několik desítek let. Mimo míru znehodnocení peněz je problémem i nejistý vývoj hodnoty jednotlivých položek, kdy například u zemního plynu vidíme vysoké změny cen. V podobné míře se mohou měnit ceny i dalších komodit, jakožto například elektřiny, kdy se nacházíme v průběhu energetické krize a v průběhu strukturální změny celé energetické koncepce, kdy i cena této položky

může být v budoucích letech velmi proměnlivá. Tyto nejistoty mohou ve značné míře odradit případné investory.

Pro ukázkou funkcí modelu byl vytvořen fiktivní návrh nového zařízení, jehož vstupy a výstupy je možné vidět v přílohách.

I přes všechna zjednodušení a omezení, je tento model schopen porovnat více různých variant mezi sebou a nastínit potenciál, který daná konfigurace skýtá. Model může fungovat téměř univerzálně pouze s drobnou následnou úpravou.

Literatura

- [1] KADRNOŽKA, Jaroslav. Tepelné elektrárny a teplárny. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. 607 s.
- [2] KADRNOŽKA, Jaroslav, OCHRANA, Ladislav. Teplárenství. Brno: CERM, 2001. 178 s. ISBN 80-7204-222-X.
- [3] Ministerstvo průmyslu a obchodu: Teplo díky jaderné elektrárně získá třicet tisíc lidí, Temelín splňuje nejpřísnější bezpečnostní kritéria [online]. 5.8.2019 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/teplo-diky-jaderne-elektrarne-ziska-tricet-tisic-lidi--temelin-splnuje-nejprisnejsi-bezpecnostni-kriteria--248159/>
- [4] SUK, Pavel. OENERGETICE: Dodávky tepla z jaderné elektrárny Haiyang byly zahájeny [online]. 29.11.2020 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/dodavky-tepla-jaderne-elektrarny-haiyang-byly-zahajeny>
- [5] Teplárenské sdružení České republiky [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <http://www.tscr.cz/>
- [6] BUDÍN, Jan. OENERGETICE: Jak funguje soustava centrálního zásobování teplem v ČR? [online]. 26.2.2015 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/jak-funguje-soustava-centralniho-zasobovani-teplem-v-cr>
- [7] Ministerstvo průmyslu a obchodu: Česká republika přechází na nové zdroje vytápění, 4 miliony obyvatel a firmy dostanou cenově dostupné teplo i nadále [online]. 7.9.2020 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/ceska-republika-prechazi-na-nove-zdroje-vytapeni--4-miliony-obyvatel-a-firmy-dostanou-cenove-dostupne-teplo-i-nadale--256716/>
- [8] ERU: ROČNÍ ZPRÁVA O PROVOZU TEPLÁRENSKÝCH SOUSTAV ČESKÉ REPUBLIKY ZA ROK 2020 [online]. In: . s. 37 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/7156840/Rocni_zprava_provoz_TS_2020.pdf/f353f7f2-ad73-4a82-8bb2-c0209b38b26a
- [9] KUBR, Josef. Svět průmyslu: TEPLÁRENSTVÍ PROCHÁZÍ VELKÝMI ZMĚNAMI [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://svetprumyslu.cz/2020/02/05/teplarenstvi-prochazi-velkymi-zmenami/>

- [10] TRADING ECONOMICS: EU Carbon Permits [online]. [cit. 2022-5-25]. Dostupné z: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>
- [11] KNÁPEK, Jaroslav, Michaela VALENTOVÁ, Rostislav KREJCAR, Jiří VAŠÍČEK a Jiří VECKA. KLIMATICKO-ENERGETICKÉ INVESTICE V TEPLÁRENSTVÍ 2014–2030 [online]. Praha: ČVUT, únor 2021, , 91 s. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://ekonom.feld.cvut.cz/cs/katedra/lide/valenmi7/cic2030/reports/ipp-teplarenstvi-report-final.pdf>
- [12] OENERGETICE: ERÚ: Za čtyři roky klesla výroba tepla z hnědého uhlí v ČR o více než desetinu [online]. 12. 7. 2021 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplo/eru-za-ctyri-roky-klesla-vyroba-tepla-z-hnedeho-uhli-v-cr-o-vice-nez-desetinu>
- [13] OENERGETICE: E15: Konec uhlí vyjde teplárny podle studie ČVUT na zhruba sto miliard korun [online]. 8. 4. 2021 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/e15-konec-uhli-vyjde-teplarny-podle-studie-cvut-na-zhruba-sto-miliard-korun>
- [14] OENERGETICE: Vláda schválila změnu zákona o podporovaných zdrojích energie [online]. 20. . 2021 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje-energie/vlada-schvalila-zmenu-zakona-o-podporovanych-zdrojich-energie>
- [15] ERU: VYHODNOCENÍ CEN TEPELNÉ ENERGIE K ROKU 2007 [online]. listopad 2008 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/484223/Vyhodnoceni+cen+TE+k+roku+2007opr+na+web.pdf/b82a772a-f693-47a2-ab69-e52af0890ba2>
- [16] ERU: Vyhodnocení cen tepelné energie a jejich vývoj k 1. lednu 2019 [online]. listopad 2008 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/462928/Vyhodnoceni+cen+tepelne+energie+k+1.+1.+2019.pdf/1c2be8d5-1a7f-44b5-a647-c2437fd22043>
- [17] Český statistický úřad: Počet zaměstnanců a průměrné hrubé měsíční mzdy [online]. 2020 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=MZD01-A&z=T&f=TABULKA&skupId=855&katalog=30852&pvo=MZD01-A&evo=v208_!_MZD-LEG4_1

- [18] Český statistický úřad: Průměrná roční míra inflace [online]. 13. 1. 2021 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/132433649/Inflace_2000_2020.pdf
- [19] TRADING ECONOMICS: Czech Republic Inflation Rate [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://tradingeconomics.com/czech-republic/inflation-cpi>
- [20] Finex: Graf ceny zemního plynu [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://finex.cz/komodita/zemni-plyn>
- [21] OENERGETICE: Teplárny Brno oznámily zdražení tepla o čtvrtinu, tedy o 149 Kč na GJ [online]. 14. 10. 2021 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplo/teplarny-brno-oznamily-zdrazeni-tepla-o-ctvrtinu-tedy-o-149-kc-na-gj>
- [22] Zákony pro lidi [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>
- [23] RAKOVÁ, Lenka. Přednášky z předmětu NTE: Současný stav energetiky a její předpokládaný vývoj v ČR [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://classroom.google.com/u/1/c/MzKxNDM5NDUxMzI0>
- [24] Moje energie: Teplárenství - Dodávka energie [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/teplarenstvi-dodavka-energie>
- [25] SKŮPOVÁ, Jana. SANACE TEPLOVODNÍ A HORKOVODNÍ SÍTĚ [online]. 2015, Brno [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=108576.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Jaroslav Raclavský.
- [26] PÍSAŘOVIC, Antonín. Implementace točivých redukcí v teplárenské praxi [online]. Brno, 2012 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=51556.
Diplomová práce. Vysoké učení technické, Brno. Vedoucí práce Antonín Matoušek.
- [27] Česká národní banka: Historie inflačních cílů ČNB [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/inflacni-cil/historie-inflacnich-cilu-cnb/#c2>
- [28] Průvodce podnikání: Co to jsou odpisy majetku a k čemu slouží? [online]. 6. 10. 2021 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.pruvodcepodnikanim.cz/clanek/odpisy-majetku/>
- [29] EnergieRegion: CENTRÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM (CZT) - ZEFEKTIVNĚNÍ (ROZVODY) [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <http://www.mas-moravsky-kras.cz/ftp/ENERGYREGION/opatreni/C5.pdf>

- [30] TRYNER, Miroslav. ODPISOVÉ SKUPINY 2022. JAK A PO JAKOU DOBU MAJETEK ODEPISOVAT? [online]. 5. 1. 2021 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/odpis-odpisove-skupiny-hmotneho-majetku-auto-tabulka-kalkulacka-1458462>
- [31] OTE [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs>
- [32] Tepelné hospodářství Hradec Králové, a.s.: CENÍK SLUŽEB [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.thhk.cz/Cenik-sluzeb.html>

Přílohy

Příloha 1. Vstupní parametry pro výpočet tepelné části technického výpočtu.

Horkovodní výroba					
	Biomasový kotel 1	Biomasový kotel 2	Biomasový kotel 3	Plynový kotel 1	Plynový kotel 2
P_{max} (MWh)	10	20	0	15	10
P_{min} (MWh)	3	6	0	3	2
účinnost (%)	90	90	0	90	85
Parovodní výroba					
	Biomasový kotel 1	Biomasový kotel 2	Biomasový kotel 3	Plynový kotel 1	Plynový kotel 2
P_{max} (MWh)	30	25	0	25	15
P_{min} (MWh)	10	8	0	4	2
účinnost (%)	90	90	0	90	80
Parametry vyrobené elektřiny – tepelná část					
	Biomasový kotel 1	Biomasový kotel 2	Biomasový kotel 3	Plynový kotel 1	Plynový kotel 2
P_{max} (MWh)	6	5	0	5	0
P_{min} (MWh)	2	1,6	0	0,8	0
účinnost přeměny (%)	20	20	0	20	0
množství páry (%)	100	100	0	100	0
nevyužitelné ztráty (%)	5	5	0	5	0
Parametry vyrobené tepelné energie					
	Biomasový kotel 1	Biomasový kotel 2	Biomasový kotel 3	Plynový kotel 1	Plynový kotel 2
P_{max} (MWh)	22,5	18,75	0	18,75	15
P_{min} (MWh)	7,5	6	0	3	2

Příloha 2. Vstupní parametry pro výpočet fotovoltaické výroby.

Fotovoltaická výroba	
FV 1	
Výkon panelu (kW)	2
Počet kusů	50
FV 2	
Výkon panelu (kW)	1,5
Počet kusů	50
Akumulátor	
Velikost akumulátoru (MWh)	20
Doba využití maxima (h/den)	
Leden	1
Únor	1
Březen	3
Duben	5
Květen	7
Červen	10
Červenec	12
Srpen	12
Září	9
Říjen	7
Listopad	3
Prosinec	2

Příloha 3. Zbylé parametry potřebné pro technickou část výpočtu.

Zbylé potřebné parametry			
Palivo			
Biomasa		Plyn	
Výhřevnost (MJ/kg)	12	Výhřevnost (MJ/m ³)	33,5
Cena (Kč/kg)	2,25	Cena (Kč/m ³)	25
Ztráty			
Horkovod Trutnov, Úpice (%)		7	
Parovod Krkonoše, Poříčí (%)		10	
Parovod PREFA (%)		10	
Vlastní spotřeba			
Stálá spotřeba (%)		0,5	
Proměnlivá spotřeba (%)		4,5	
Prodej energií			
Horkovod - prodej (Kč/kWh)		1,8	
Parovod - prodej (Kč/kWh)		1,8	
Elektřina - prodej (Kč/kWh)		3,5	
Elektřina - výkup (Kč/kWh)		5	

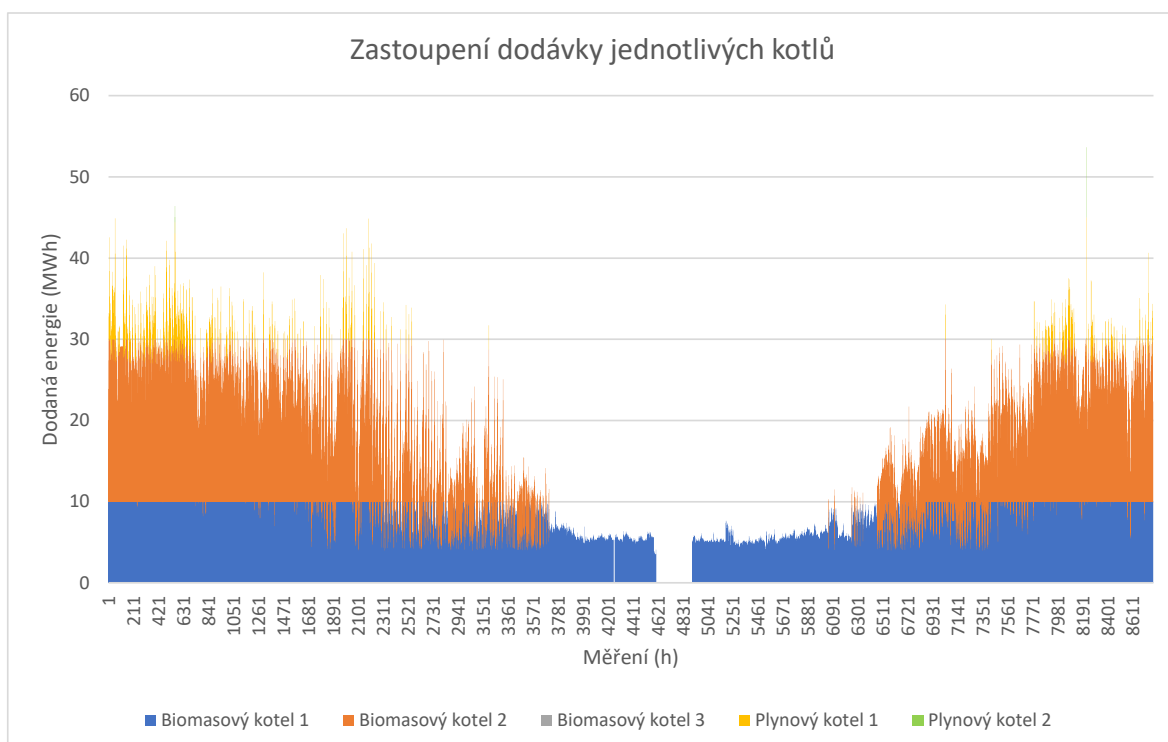
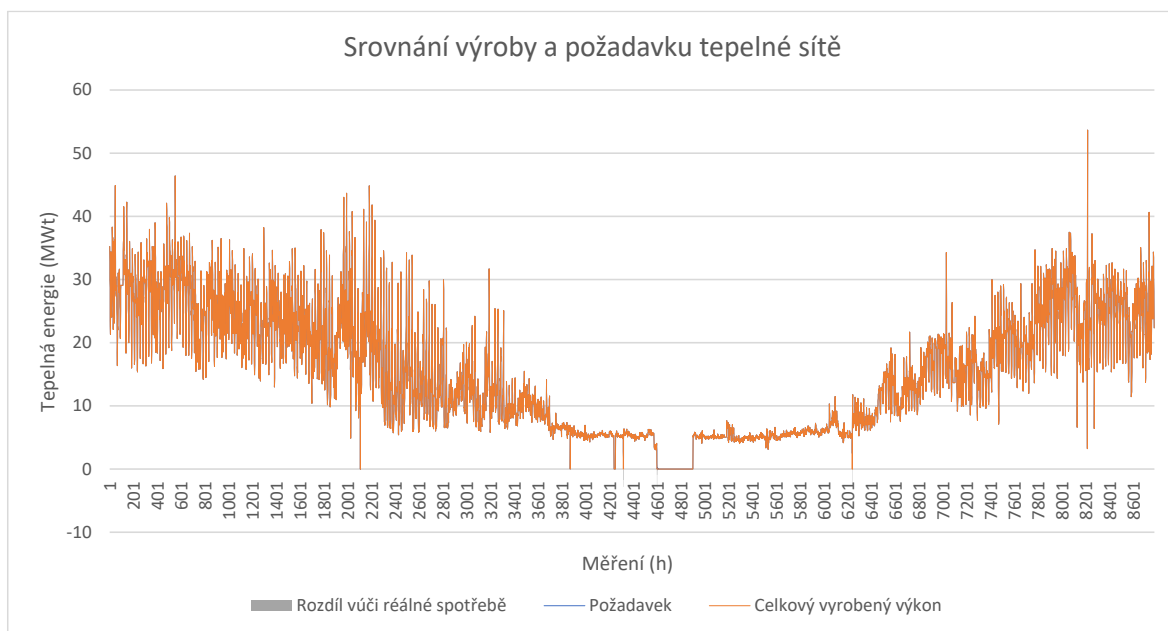
Příloha 4. Zadané parametry pro výpočet ekonomické části modelu.

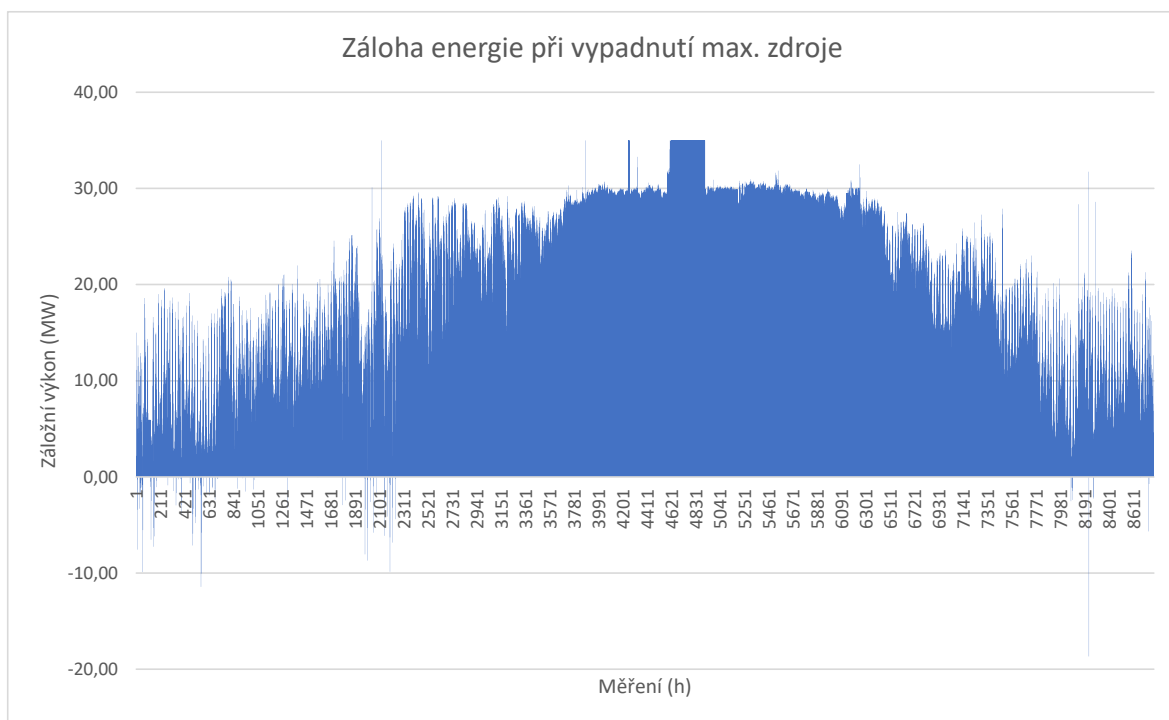
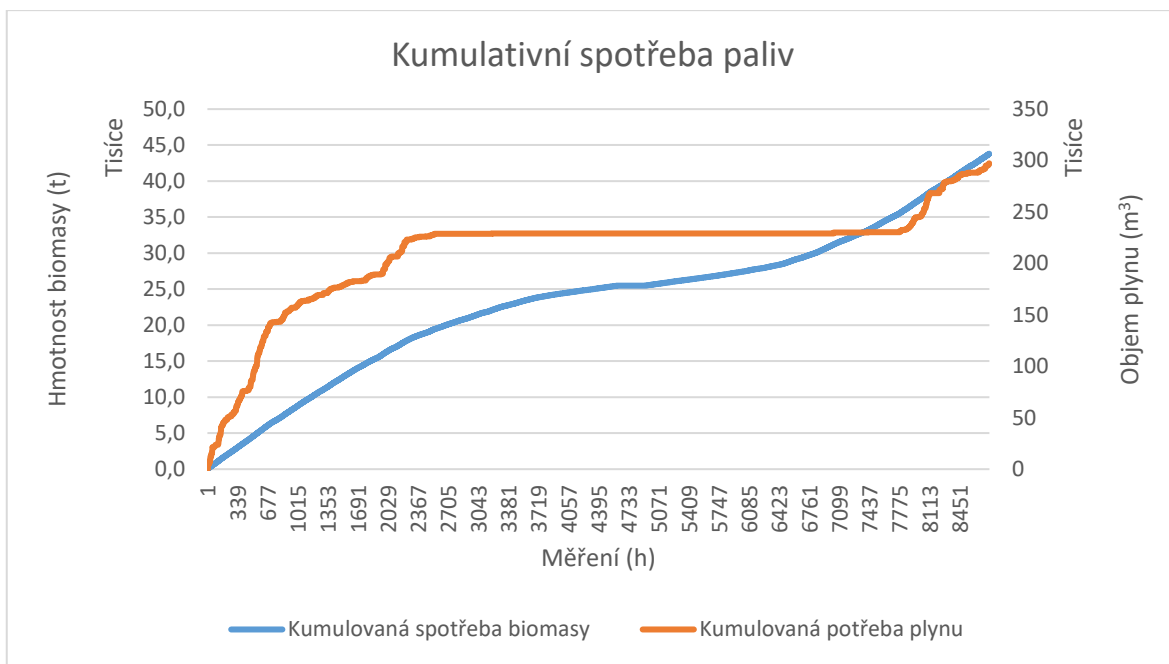
Zadané hodnoty	
Odhadovaná doba životnosti (rok)	25
Doba výstavby (rok)	3
Rok zahájení stavby (rok)	2024
náklady a výnosy k roku (rok)	2022
Způsob úhrady investičních nákladů	Rovnoměrně rozepsáno
Akceptovat zápornou daň	Ano
Odpisové skupiny	
1. skupina (%)	-
2. skupina (%)	25,00
3. skupina (%)	25,00
4. skupina (%)	50,00
5. skupina (%)	-
způsob odepsání	Odepisovat po dokončení stavby

Příloha 5. Roční souhrn horkovodní výroby.

Sumace roční výroby vztážená k jednotlivým kotlům						
	Biomasový kotel 1	Biomasový kotel 2	Biomasový kotel 3	Plynový kotel 1	Plynový kotel 2	Celkem
Spotřeba biomasy (t)	22 925	20 860	0	-	-	43 785
Spotřeba plynu (m ³)	-	-	-	295 621	1 602	297 223
Cena biomasy (mil Kč)	51,58	46,93	0,00	-	-	98,52
Cena plynu (mil Kč)	-	-	-	7,39	0,04	7,43
Vyrobená energie (MWh)	68 775	62 579	0	2 476	13	133 842
Maximální dosažený výkon (MW)	10,00	20,00	0,00	15,00	8,67	53,67
Minimální dosažený výkon (MW)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W _{max} (MWh)	87 830	175 660	0	131 745	87 830	483 065
Doba využití maxima (h)	6 878	3 129	0	165	1	2 433

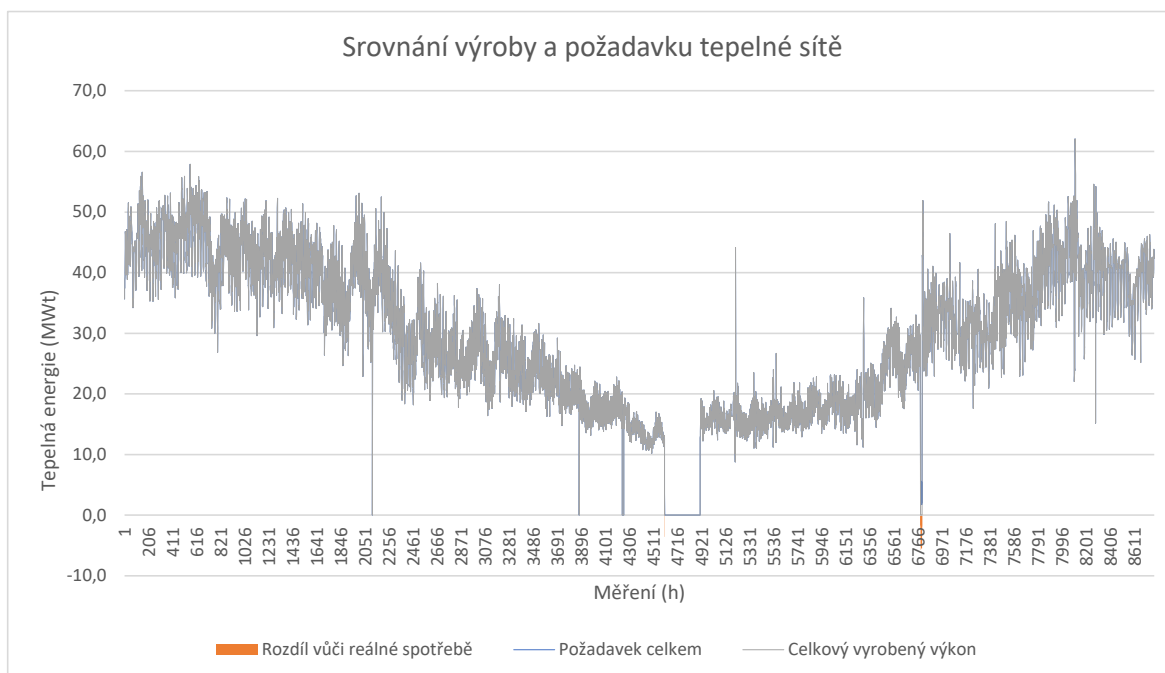
Příloha 6. Grafické znázornění roční horkovodní výroby.

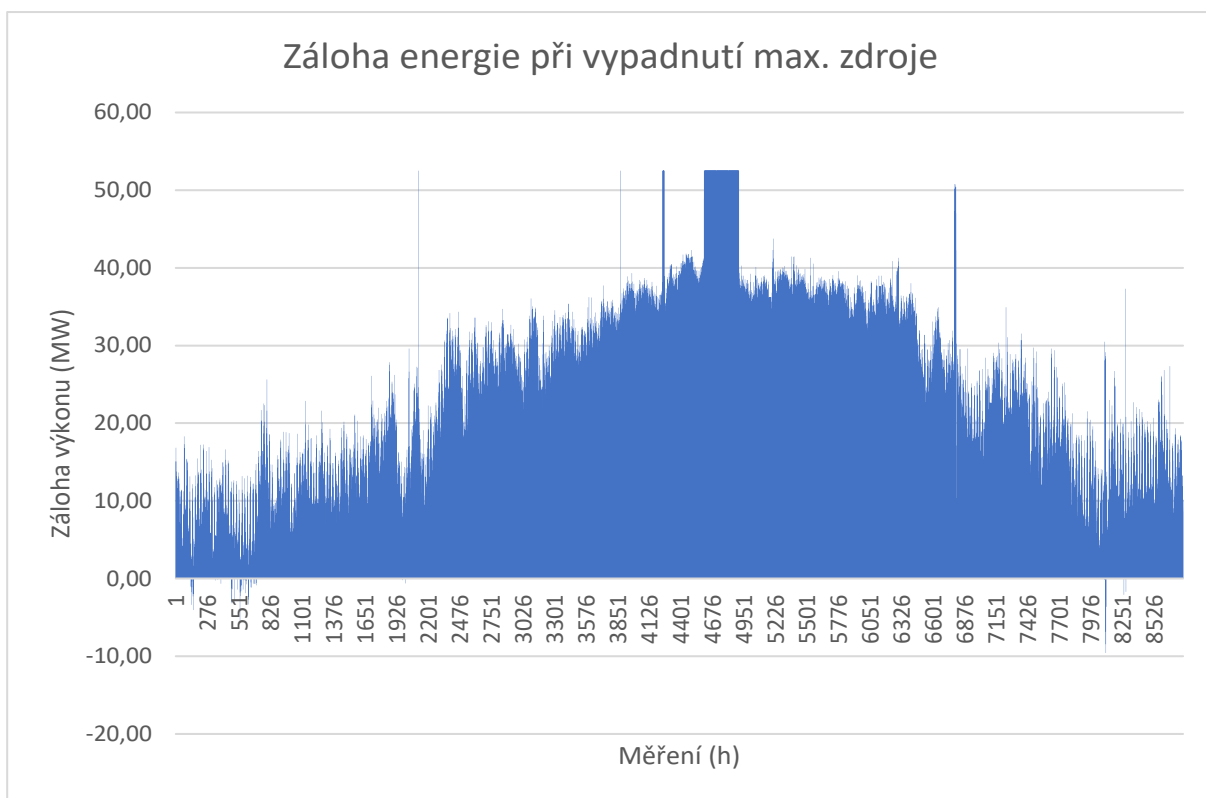
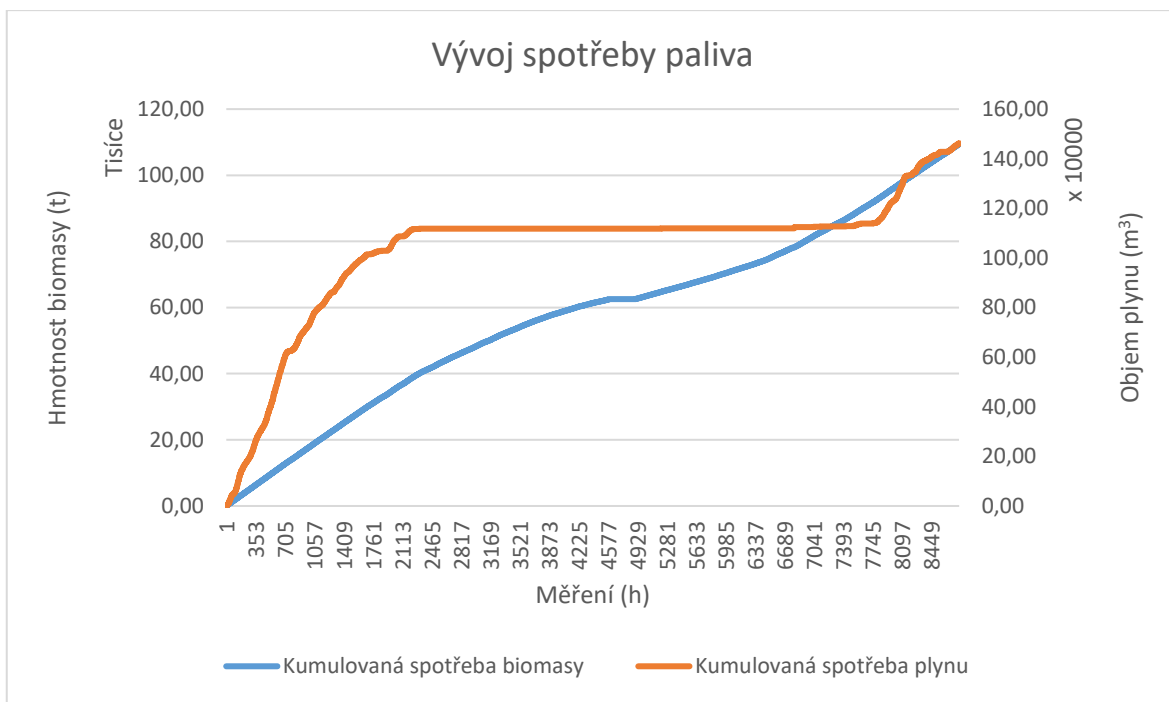




Příloha 7. Roční souhrn parovodní výroby.

Sumace roční výroby vztážená k jednotlivým kotlům						
	Biomasový kotel 1	Biomasový kotel 2	Biomasový kotel 3	Plynový kotel 1	Plynový kotel 2	Celkem
Spotřeba biomasy (t)	76 451	33 004	0	-	-	109 455
Spotřeba plynu (m3)	-	-	-	1 462 043	549	1 462 592
Cena biomasy (mil Kč)	172,01	74,26	0,00	-	-	246,27
Cena plynu (mil Kč)	-	-	-	36,55	0,01	36,56
Celková vyrobená energie (MWh)	229 353	99 012	0	12 245	4	340 614
Vyrobená tepelná energie (MWh)	172 015	74 259	0	9 183	4	255 461
Vyrobená elektrická energie (MWh)	45 871	19 802	0	2 449	0	68 122
Maximální dosažený výkon	30,00	25,00	0,00	25,00	2,09	82,09
Minimální dosažený výkon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wmax	263 490	219 575	0	219 575	131 745	834 385
Doba využití maxima (h)	7 645	3 960	0	490	0	3 585

Příloha 8. Grafické znázornění roční parovodní výroby.



Příloha 9. Grafické znázornění roční elektrické výroby.

