

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

Marek Jan Vrba

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra aplikované ekologie



**Využití lokální biomasy jako zdroj budoucí energetické nezávislosti
města Kašperské Hory**

**Utilization of local biomass as a source of future energy
independence of municipality Kašperské Hory**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

Diplomant: Bc. Marek Jan Vrba

2020

Prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením paní Ing. Terezy Hnátkové, Ph.D. a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Další informace mi poskytla Ing. Jindra Radilová.“

„Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém“.

V Kašperských Horách dne 6. prosince 2020

Poděkování:

Děkuji své vedoucí práce paní Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D., za odborné vedení a konzultantskou činnost při tvorbě této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, a hlavně manželce Martině za neskonalou trpělivost.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá hodnocením zdrojů biomasy konkrétní lokality s ohledem na její využití pro budoucí zajištění energetické nezávislosti města Kašperské Hory. Práce analyzuje soustavu centrálního zásobování teplem (CZT) v Kašperských Horách, její fungování ve specifických místních podmínkách a její klíčovou roli v procesu přeměny na hlavní zdroj výroby a využití tepla v uvedené lokalitě. Hodnotí stávající a navrhuje další možná opatření ke snížení emisí tuhých znečišťujících látek (TZL) z třítahových žárotrubných kotlů s přesuvným roštem na dřevěné štěpky – mj. využitím mokré vypírky spalin v městské výtopně. Práce se okrajově věnuje také intenzifikaci místní čistírny odpadních vod (ČOV) s důrazem na likvidaci a využití odpadních kalů v energetice, konkrétně ve výtopně na biomasu. Část práce se zabývá rovněž možnostmi zpracování zelené štěpky, odpadní biomasy, a právě kalů z ČOV a jejich využití ve výtopně na biomasu, což v budoucnu může výrazně přispět k zajištění energetické soběstačnosti města.

ANNOTATION (EXECUTIVE SUMMARY)

This MA thesis deals with the assessment of the biomass sources available in the specific location of Kašperské Hory with a view to its use for securing the energy self-sufficiency of the town. The thesis analyzes the central heat supply system (CHS) in Kašperské Hory, its operation under specific local conditions, and the key role of biomass in the process of the system's transformation into the main source of heat production and use in the aforesaid location. Furthermore, the thesis evaluates existing measures aimed at reducing solid pollutant emissions (SPE) from three-phase fire-tube boilers with movable grate for wooden chips and proposes new ones - using, for example, wet flue gas scrubber in the town's heating plant. In a marginal manner, the thesis also addresses the possibility of intensifying the operations of the local wastewater treatment plant (WWTP) with an emphasis on the

disposal of waste sludge and its utilization in the energy sector, namely in the biomass heating plant. Part of the thesis also deals with the possibilities of processing green chips, waste biomass, and sludge from the WWTP and their use in the biomass heating plant, which in the future can make a significant contribution to the energy self-sufficiency of the town.

Klíčová slova:

CZT, ČOV, TZL, mokrá vypírka, energetická nezávislost, Kašperské Hory, KVET, biomasa, výtopna na biomasu, odpadní kaly

Keywords:

CHS, WWTP, SPE, wet scrubber, energy self-sufficiency, Kašperské Hory, CHP, biomass, biomass heating plant, sewage sludge

Obsah

1. Úvod.....	13
2. Cíle diplomové práce.....	13
3. Metodika	13
4. Legislativní rešerše.....	14
5. Charakteristika zájmového území.....	15
5.1 Historie sídla	15
5.2 Charakteristika a geografická poloha	17
5.3 Osídlení.....	18
5.4 Klimatické podmínky.....	18
6. Dostupné surovinové zdroje	19
6.1 Surovinové zdroje města a jejich využití.....	21
6.2 Popis zdrojů	29
6.3 Složení surovin pro výtopnu na biomasu	29
6.4 Materiálové toky.....	30
7. Energie, poptávka a zajištění	31
7.1 Elektrická energie	32
7.2 Tepelná energie.....	33
7.2.1 Tepelná energie z centrálního zásobování.....	33
7.2.2 Tepelná energie z lokálních zdrojů.....	34
7.2.2.1 Fosilní paliva	34
7.2.2.2 OZE (palivové dříví, štěpky, dřevěné brikety, peletky)	35
7.3 Možnosti dalšího rozvoje	37
8. Využití technologie	39
8.1 Centrální zásobování teplem	41
8.1.1 Analýza soustavy CZT	41
8.1.2 Fungování CZT v místních podmínkách.....	41
8.1.3 Biomasa jako hlavní surovina pro výrobu tepelné energie města.....	43
8.1.4 Kotle na biomasu jako hlavní zdroj výroby tepelné energie ..	45
8.2 Lokální zdroje vytápění.....	46
8.3 Zajištění z cizích zdrojů.....	47
8.4 Čistírna odpadních vod.....	47
8.4.1 Intenzifikace čistírny odpadních vod.....	48

8.4.2	Likvidace a využití kalů v energetice.....	49
9.	Finanční podpora energetických projektů.....	49
10.	Opatření ke snížení emisí.....	50
11.	Koncepce rozvoje energetiky.....	53
11.1	Technologická vize	54
11.2	Energetická koncepce se zaměřením na tepelnou energii.....	55
11.3	Přidružené technologie	75
12.	Návratnost investic	76
13.	Diskuse	82
14.	Závěr: Vyhodnocení řešení vedoucí k energetické nezávislosti města.....	85
15.	Seznam odkazů:.....	89
16.	Přehled literatury a použitých zdrojů:	97
17.	Seznam obrázků, tabulek a příloh:.....	104

Seznam použitých zkratek a symbolů

- BD bytový dům
- BPS Bioplynová stanice
- CO oxid uhelnatý
- CO₂ oxid uhličitý
- CH₄ methan
- CZT centrální zásobování teplem
- ČEZ České energetické závody
- ČSN Česká státní norma
- ČSÚ Český statistický úřad
- ČOV čistírna odpadních vod
- DN jmenovitá světlost potrubí
- DP Design Pressure (návrhový tlak)
- Δp symbol změny tlaku
- DPS domovní předávací stanice (výměník tepla)
- ELTO extra lehký topný olej
- EO ekvivalentní obyvatel
- ERÚ Energetický regulační úřad
- EU Evropská unie
- EVK EVK Kašperské Hory s.r.o.
- H₂ vodík
- IRR vnitřní výnosové procento
- KVET kombinovaná výroba elektřiny a tepla
- kW kilowatt
- LHC Lesní hospodářské celky
- LTO Lehký topný olej
- MaR Měření a Regulace
- MPO Ministerstvo průmyslu a obchodu
- MW megawatt
- MŽP Ministerstvo životního prostředí
- N₂ dusík
- NO₂ oxid dusičitý
- NPV čistá současná hodnota
- OPPIK Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
- OPS odběrná předávací stanice
- ORC organický Rankinův cyklus
- OTE společnost zajišťující činnosti operátora trhu
- OZE obnovitelné zdroje energie
- RD rodinný dům

- SO₂ oxid sírový
- SZT soustava zásobování teplem
- TUV teplá užitková voda
- TZL tuhé znečišťující látky

1. Úvod

Město Kašperské Hory leží v malebné krajině na rozhraní hvozdů centrální Šumavy (přírodní krajiny Národního parku Šumava) a kulturní krajiny Pošumaví. Jeho poloha v 750 m.n.m. a návaznost na vyšší partie Šumavy předurčuje obec pro vyšší spotřebu energie, a to zejména na vytápění. Topná sezóna v této lokalitě je delší, trvá zpravidla bez omezení či přerušení od konce srpna až do června následujícího roku. Náklady na vytápění jsou proto při využití stejného paliva oproti níže položeným místům znatelně vyšší, což v minulosti vedlo, a i v současnosti některé obyvatele či právnické subjekty vede k využívání levnějších fosilních paliv mnohdy v zastaralých lokálních zdrojích na vytápění.

2. Cíle diplomové práce

Cílem diplomové práce je charakterizovat a vyhodnotit aktuální stav využití obnovitelných zdrojů energie (OZE) v lokalitě Kašperské Hory a navrhnout cestu budoucího rozvoje energetiky vedoucí k energetické nezávislosti města Kašperské Hory postavené na dostupných obnovitelných zdrojích. Najít a navrhnout nejschůdnější variantu umožňující dosáhnout soběstačnosti v energetice, která omezí odliv finančních prostředků z oblasti a současně povede ke zlepšení, resp. zajištění kvalitního a zdravého životního prostředí za přijatelných výdajů pro místní obyvatele i město Kašperské Hory.

3. Metodika

Představení konkrétních možností využití lokální biomasy jako zdroj budoucí energetické soběstačnosti města Kašperské Hory.

- 1) Legislativní rešerše
- 2) Přehled a charakteristika dostupných technologií pro energetické využití biomasy a čistírenských kalů
- 3) Charakteristika zájmového území a současné energetické koncepce města

- 4) Vlastní výzkum:
 - představení a analýza zdrojů biomasy v dotčené lokalitě
 - analýza soustavy centrálního zásobování tepla v Kašperských Horách a stávající výtopny na biomasu
 - zavedení a analýza tzv. mokré vypírky spalin pro snížení emisí tuhých znečišťujících látek (TZL)
 - sledování průběhu a hodnocení výsledku realizace intenzifikace lokální čistírny odpadních vod
- 5) Zpracování výsledků výzkumu s ohledem na koncepci energetické nezávislosti města
- 6) Vyhodnocení a představení variant řešení v rámci specifických místních podmínek vedoucí k budoucí energetické nezávislosti města Kašperské Hory

Fotografie použité v této diplomové práci byly pořízeny autorem v průběhu zpracování v letech 2019 a 2020.

4. Legislativní rešerše

Legislativní předpisy týkající se oblasti výroby, distribuce a spotřeby energií jsou zahrnuty především v energetickém zákoně č. 458/2000 Sb. zákona o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. Tento zákon upravuje podmínky v oblasti elektroenergetiky, plynárenství a teplárenství v souladu s předpisy Evropské unie. V roce 2011 nahrazuje tento energetický zákon nové znění, zákon č. 211/2011 Sb. a následně novela zákona č.131/2015 Sb. [1].

Pro provozovatele energetických zařízení jsou dále důležité:

- Zákon č. 3/2020 Sb., novela zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů [2].
- Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov ve znění vyhlášky č. 230/2015 Sb. [3].
- Vyhláška č. 269/2015 Sb. Vyhláška o rozúčtování nákladů na vytápění a společnou přípravu teplé vody pro dům [4].

- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší v platném znění [5].
- Vyhláška MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší [6].
- Aktuální cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu [7].
- Další vyhlášky, sdělení a nařízení týkající energetiky.

Provozovatel zdrojů pro výrobu tepla je oprávněn tepelnou energii vyrábět a rozvádět jednotlivým odběratelům na základě licence od Energetického regulačního úřadu [8]. Energetický regulační úřad a společnost OTE, a.s., zajišťující činnosti operátora trhu s energiemi, jsou pro výrobce a distributory energií zásadní při povolování, změnách, ohlašovací povinnosti a statistice v energetickém odvětví.

5. Charakteristika zájmového území

Charakter Kašperských Hor, stejně jako ostatních českých měst, je bezprostředně spjat se svou geografickou polohou, historickým vývojem a existencí přírodních nerostných zdrojů. Tyto faktory ovlivňovaly a ovlivňují bohatství města a dnešními slovy i životní úroveň jeho obyvatel [9].

5.1 Historie sídla

Oblast Pošumaví byla osídlena již v pravěku, nicméně vzhledem k horské poloze a s tím spojenými složitějšími klimatickými podmínkami došlo k osídlení území v lokalitě Kašperských Hor podstatně později. Bezprostřední příčinou osídlení a vzniku Kašperských Hor byla naleziště zlata – rýžoviště a zlatonosné rudy. Rýžování zlata vedlo na přelomu 12. a 13. stol. nejprve ke vzniku osady Červená, což dokládá i její původní název Rothsaiifen neboli „červené

sejpy“ [10]. Dnes je Červená součástí obce Kašperské Hory – nachází



se 3,5km východně od centra města u přítoku řeky Losenice.

Výsledky archeologického průzkumu prokazují osídlení v samotných Kašperských Horách ve 13.století. Souvisí s nálezy ložisek zlata – zlatonosných rud. Historikové předpokládají, že se původně jednalo o městečko, které tvořilo jeden celek s dnešní obcí Rejštejn (původní název Reichenstein).

Obr. 1: Štola po těžbě zlata, Amálino údolí (Foto autor, 2019)

Odtud pak pochází pozdější název města Kašperské Hory neboli Bergreichenstein (hora, ve které se doluje) [11]. První písemná zmínka o již existujících Kašperských Horách pochází z r. 1345. Jedná se o privilegium Jana Lucemburského odpouštějící Kašperskohorským veškerý ungelt (daně) s výjimkou soli právě díky příjmům, které měl panovník zajištěny v souvislosti s rozkvětem těžby zlata v této lokalitě. V následujících stoletích k městu přibýly další pozemky (osady). Za období vlády Karla IV. došlo k vybudování hradu Kašperk (od něj následně pochází současný název města – původně Hora Kašperská) a k otevření obchodní cesty do Pasova, která vedla Kašperskými Horami, tzv. Kašperskohorská větev Zlaté stezky, což významně přispělo k dalšímu rozkvětu města [12]. V r. 1584 udělil Rudolf II. městu titul svobodného horního města. V období třicetileté války bylo pro svůj hospodářský význam město ušetřeno bezprostředních válečných útrap,

kontribučních poplatků i placení velké části daní. Od 18.stol. dochází k postupnému útlumu těžby zlata. Vzrůstá význam místních obchodníků se solí, řeznických mistrů a obchodníků s obilím. Kromě těžby zlata jsou Kašperské Hory známy také bohatstvím lesů a s tím souvisejícími starými řemesly, jako je sklářství (v bývalé osadě Vogelsgang, součásti Kašperských Hor, fungovala sklárna až do zač.20.st.), dřevařství (od 2.pol. 19.st. až do r. 1927 sídlila v Kašperských Horách odborná dřevařská škola) či truhlářství [13].

K částečnému obnovení těžby zlata pak došlo ještě v letech 1916–1930 [11].

V 90 letech 20.st. byly ze strany zahraničních těžařských společností zaznamenány aktivní pokusy o znovuoobnovení těžby zlata v lokalitě Kašperských Hor. S ohledem na okolní krajinu, která je součástí Národního parku a CHKO Šumava, Ministerstvo životního prostředí žádosti na průzkum ložisek v oblasti Kašperských Hor zamítlo a tím došlo, doufejme, k definitivnímu zastavení důlní činnosti v této přírodně tak cenné lokalitě. V současnosti je obec Kašperské Hory známa především jako turisticky navštěvovaná lokalita milovníků přírody, cyklistiky, lyžování apod.

5.2 Charakteristika a geografická poloha

Město Kašperské Hory se rozprostírá ve střední části Šumavy na rozhraní Plzeňského a Jihočeského kraje mezi městy Sušice a Vimperk v nadmořské výšce 739 m. Je nejvýše položeným městem Plzeňského kraje [14]. Obec Kašperské Hory zahrnuje 9 částí. Kromě Kašperských Hor jsou to lokality Červená, Dolní Dvorce, Kavrlík, Lídlovy Dvory, Opolenec, Podlesí, Tuškov a Žlíbek. [10]. Kašperské Hory leží v bezprostředním sousedství Národního parku Šumava v Chráněné krajinné oblasti Šumava. Především díky nepřítomnosti hluku, velkých staveb, stabilitě podloží a malému seizmickému neklidu byla v r.1960 vybudována a stále působí v Kašperských Horách v bývalé zlatonosné štolě seismologická stanice (KHC) zaznamenávající seizmické signály (zemské otřesy) po celém světě.

Dnes turisticky známé šumavské městečko s náměstím obdélníkového tvaru vznikalo podobně jako ostatní horní města nahodilou výstavbou obydlí v blízkosti místa, kde bylo možné těžít [9]. Vzhledem k malému zastoupení průmyslu se Kašperské Hory vyznačují poměrně kvalitním stavem životního prostředí.

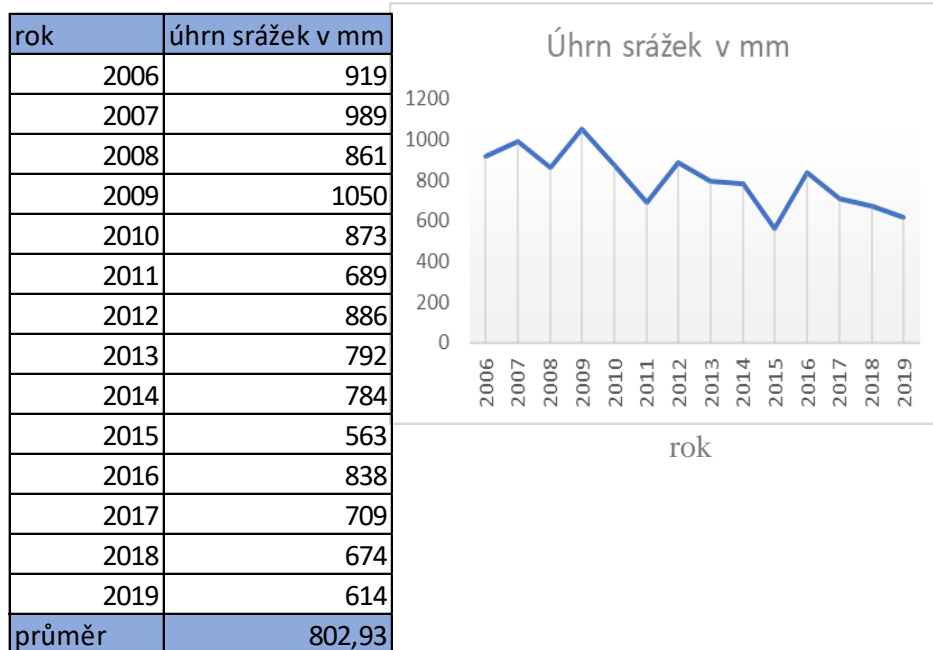
5.3 Osídlení

V období „zlaté horečky“ ve 14.století žilo v Kašperských Horách dle odhadu až 3000 obyvatel, v roce 1890 přibližně 2400 obyvatel, před 2.světovou válkou pak téměř 4000 obyvatel [9]. V současné době v Kašperských Horách žije 1449 obyvatel s trvalým pobytem, jejichž průměrný věk činí 45,4 let (údaj ČSÚ k 31.12.2019) [15]. I přes tento relativně nízký počet obyvatel město působí díky své architektuře a okolní krajině daleko větším dojmem. Kromě trvale žijících obyvatel v rodinné zástavbě či bytových domech tvoří podstatnou část obce také rekreační chalupy, chaty a v samotném městě Kašperské Hory rovněž několik hotelů a velké množství dalších ubytovacích zařízení, která mají podstatný vliv na konečný počet lidí, kteří v průběhu roku v obci pobývají. Počty hostů, kteří v Kašperských Horách nocují, se v průběhu posledních několika let stále zvyšují. Zatímco v r. 2012 navštívilo Kašperské Hory dle údajů ČSÚ 13 457 hostů, kteří byli ubytováni celkem 43 929 nocí, v r.2018 to bylo již 22 095 hostů a 66 230 přenocování [16].

5.4 Klimatické podmínky

Vzhledem k nadmořské výšce obce, jež se pohybuje od 540 m v údolí řeky Otavy až do téměř 1140 m na Ranklovské rovině se tato lokalita řadí k chladnějším místům České republiky (části jde o chladnou klimatickou oblast) s drsnějším horským podnebím. Průměrné roční teploty se pohybují v závislosti na nadmořské výšce. V roce 2018 činila průměrná roční teplota v Kašperských Horách 8,5 °C [17]. Posledních několik let jsou i v lokalitě Kašperské Hory stejně jako na dalších místech České republiky zaznamenávány nárůsty

průměrné roční teploty. Pro srovnání, dle údajů hydrometeorologického ústavu, průměrná roční teplota v této lokalitě za léta 1961–1990 byla 6°C. Alarmující je i menší počet srážek – průměrný roční úhrn srážek za léta 1961-1990 byl v Kašperských Horách 833 mm [18] v porovnání s roky 2006 až 2019, kdy byl průměrný roční úhrn srážek již necelých 803 mm a měl klesající tendenci (viz následující tabulka).



Tab. 1: Úhrn srážek v lokalitě Kašperské Hory v letech 2006 až 2019 vč. grafického znázornění (Mäntl, 2020)

6. Dostupné surovinové zdroje

Je zřejmé, že kvalita života obecně bude čím dál více závislá na obnovitelných zdrojích. Primární neobnovitelné zdroje fosilních paliv, především ropa, zemní plyn, uhlí, jakož i jaderná energie se svým problematickým ukládáním vyhořelého paliva budou dříve či později vyčerpány, příp. jejich využití bude postupně omezováno. Obnovitelné zdroje jsou obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie vycházející ze sluneční, geotermální nebo slapové energie moří. Jedná se o sluneční záření, energii větru, teplo okolí, energii v biomase, energie vody a moří [19].

V Kašperských Horách je relevantní zabývat se následujícími zdroji energie:

- Elektrická energie
- Tepelná energie z elektřiny
- Tepelná energie z CZT
- Tepelná energie z fosilních paliv
- Tepelná energie z OZE

Nejdostupnější zdroj energie v oblasti Kašperských Hor má původ v rozsáhlých lesních plochách v okolí, které jsou navíc z velké části ve vlastnictví samotné obce. Město Kašperské Hory je téměř nepřetržitě již od 14.st. vlastníkem značného lesního majetku (zhruba od 18.st. začíná racionální hospodaření v místních lesích) a je za Brnem a Pískem třetím městem v České republice co do rozsahu obecního lesního majetku. Obci patří 6075 ha lesů v rámci jednoho hospodářského celku (LHC), z toho 4835 ha lesa se nachází na území Národního parku Šumava. Zvláštností je značné výškové rozpětí území Kašperskohorských městských lesů, které se pohybuje od 700 až do cca 1200 m n.m. a zahrnuje v sobě tudíž několik lesních vegetačních stupňů. Převládající dřevinou LHC Kašperskohorské městské lesy je z 83% smrk, následuje borovice – 3 % a jedle – 2 %, z listnatých dřevin je zastoupen 7% buk následován břízou – 2 % a olší 1 % [20]. S těžbou a následným zpracováním dřeva souvisí i rozvoj (dnes znovuobnovení) řemesel – v minulosti v této lokalitě známé ruční výroby papíru, tzv. dřevěného drátu (na výrobu okenic) či výroby sirek, v současné době především uměleckého truhlářství. V Kašperských Horách fungovala více než 100let pila, která je od 90.let 20.st. ve vlastnictví města. V dubnu 2019 došlo k ukončení jejího provozu. Aktuálně je pilařský provoz částečně realizován formou pronájmu.

Tradiční biomasa v našem případě v podobě štěpek či kusového palivového dříví je jedním z obnovitelných nefosilních zdrojů energie.

Jak je uvedeno v Zákoně č. 165/2012 Sb., biomasou se rozumí biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického

původu z provozování zemědělství, hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětvích, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu. [21]

Tato tradiční biomasa je v podstatě jediná, a proto zásadní energetická surovina, která se do Kašperských Hor nemusí dovážet ze vzdálených míst. Zásoby palivového dříví, odpadů z pily, zbytků po těžbě dřeva či z prořezů mezi a čištění zemědělských ploch od náletu mohou dostatečně pokrýt místní spotřebu tepelné energie.

6.1 Surovinové zdroje města a jejich využití

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, obec Kašperské Hory je se svými 6075 ha třetím největším vlastníkem obecních lesů v České republice. Jejich obhospodařování je úkolem a v kompetenci společnosti Kašperskohorské městské lesy s.r.o., která je ze 100 % vlastněna městem Kašperské Hory. Rozsáhlé lesní plochy ve vlastnictví obce stály za výstavbou městské výtopny na biomasu, která byla dokončena a uvedena do provozu v r.2005. Díky vlastnictví významného lesního majetku není totiž obec, resp. dnes její městská kotelna zajišťující centrální zásobování teplem, závislá na dodávkách paliva od externích dodavatelů.



Obr. 2: Výtopna na biomasu v Kašperských Horách (Foto autor, 2019)

Palivo tvoří převážně hnědá štěpka z dříví s hnilobou nebo palivového dříví horší kvality, štěpka a piliny z odpadů z pilařské výroby či zelená štěpka z klestu. Tato surovinová základna je velkou devizou města. Lze konstatovat, že v současné době je dříví hlavním palivem pro výrobu tepelné energie pro většinu objektů ve městě. Část bytových domů a objektů služeb, zdravotnictví, školství i průmyslové výroby ve městě a některé rodinné domy jsou zásobovány teplem centrálně z městské výtopny na biomasu. Výtopna využívá k vytápění výhradně štěpky s příměsí menšího množství pilin ze sousední pily. Ostatní objekty jsou vytápěny z lokálních zdrojů. Kusové dříví využívají jako palivo převážně rodinné domy a některé objekty z uliční městské zástavby.



Obr.3: Sklad paliva pro centrální výtopnu na biomasu, dřevní štěpka (Foto autor, 2019)

Pro aktuální přehled cen za palivo byl proveden následující rozbor v tabulce pod textem. Z něho vyplývá, že kusové dříví je nejlevnější variantou vytápění a GJ tepla na spotřebě je již kolem 120,- Kč. Při samovýrobě je možné navíc docílit ještě i značně nižší ceny dřeva, než je v přehledu. Tento způsob je nicméně velmi náročný na správné skladovací prostory a činnosti spojené s vytápěním, jako je pravidelné čištění kotle, likvidace popela, každoroční revize a čištění komínů.

Díky lepší skladovatelnosti a poměrně příznivé ceně jsou i přes ekologickou zátěž stále žádaná a využívaná fosilní paliva – hnědé a černé uhlí, které ceně dříví konkurují a mají při stejném množství podstatně vyšší výhřevnost. Při účinnosti zdroje 86 % se cena pohybuje na úrovni cca 218 Kč/GJ u hnědého uhlí a 144 Kč/GJ dokonce při topení černým uhlím.

Jako nejdražší zdroj vytápění vycházejí elektřina, a to v ceně 870,- Kč/GJ, a lehké topné oleje za 919,- Kč za GJ. U LTO není v přehledu odečtena spotřební daň ve výši 10,39 Kč na 1 l. Odpočet daně je po spotřebě a podání příznání na celní úřad vrácen spotřebiteli.

V následující tabulce je uveden zmíněný přehled paliv využívaných v Kašperských Horách k vytápění a jejich ceny. Ceny jsou platné k lednu roku 2020 [22].

Porovnání zdrojů tepla pro vytápění města Kašperské Hory									
Palivo	Cena za jednotku bez DPH		Cena tepla bez provozní účinnosti zdroje za GJ	Provozní účinnost	Cena tepla včetně provozní účinnosti zdroje za GJ	Dodavatel	Výhřevnost		Pozn.
		Kč/MWh						GJ/MWh	
Elektrina	3 100		861	99 %	870	ČEZ Distribuce	3,6		Sazba D25d
CZT	388	Kč/GJ	408	95 %	430	EVK Kašperské Hory	0,95	GJ/GJ	*
Hnědé uhlí ořech	3 300	Kč/t	188	86 %	218	Cena obvyklá (Sušice)	17,6	GJ/t	automatický kotel
Černé uhlí ořech	4 100	Kč/t	124	86 %	144	Cena obvyklá (Sušice)	33	GJ/t	automatický kotel
Koks ořech - I	6 460	Kč/t	282	78 %	362	Cena obvyklá (Sušice)	22,9	GJ/t	
LTO	36 145	Kč/t	854	93 %	919	SILMET Příbram	42,3	GJ/t	30 Kč/l; 0,83 t/m ³
Propan	25 000	Kč/t	539	93 %	579	TOMEGAS	46,4	GJ/t	
Pelety	7 000	Kč/t	412	92 %	448	Optimtop	17	GJ/t	
Štěpky	1 500	Kč/t	136	85 %	160	EVK Kašperské Hory	11	GJ/t	
Štípané dříví	522	Kč/prms	104	86 %	121	JZDrev Sušice	14,3	GJ/t	měr. hm. 351 kg/prms voda 40 %

Všechny ceny jsou uvedeny bez DPH.
** U CZT jsou uvažovány ztráty v prostoru předávací stanice*
Účinnosti z tabulky TZB-info <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>

Tab. 2: Porovnání palivových zdrojů pro výrobu tepla v lokalitě Kašperské Hory (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020)

Palivo do výtopy je nakupováno v několika typech. Jedná se o surové kmeny, sortimenty 2–5 m, prořezy z pily, hotovou štěpku a piliny. Vstupní ceny a jejich vývoj za posledních pět let ukazuje následující tabulka.

Spotřeba a vývoj cen paliva v návaznosti na výrobu tepelné energie pro CZT v Kašperských Horách v letech 2014 až 2019						
Rok	Výroba tepelné energie v GJ	Spotřeba paliva v tunách	Spotřeba v atrotunách	Celková cena za palivo vč. štěpkování a dopravy	Jednotková cena tepla Kč/GJ	Jednotková cena paliva Kč/atrotuna
2014	25 783	4116	2 264	5 720 668	222	2 527
2015	27 957	3283	1 909	3 323 407	119	1 741
2016	30 417	3879	2 111	4 904 112	161	2 323
2017	31 061	4146	2 374	4 866 822	157	2 050
2018	29 223	3485	2 109	4 017 766	137	1 905
2019	31 440	3332	2 152	4 234 651	135	1 968

Podklady pro výpočet ceny paliva byly převzaty za roky 2014 a 2015 od tehdejšího provozovatele CZT. Následující roky 2016, 2017, 2018 a 2019 jsou z evidence stávajícího provozovatele společnosti EVK Kašperské Hory s.r.o.

Tab. 3: Spotřeba paliva a celkové náklady za palivo v letech 2014–2019 v centrální výtopy na biomasu v Kašperských Horách (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020)



Obr. 4: Vývoj ceny paliva pro CZT v Kašperských Horách vč. nákladů na dopravu a štěpkování (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020)

Aby přejímky a evidence paliva měly vypovídací hodnotu, jsou příjem i spotřeba evidovány v atrotunách, tj. v tunách sušiny. Atro metoda je založena na zjištění obsahu vlhkosti, resp. absolutní sušiny

v dovezeném palivu. Sušina je zjišťována vlhkoměrem nebo odběrem vzorku s následným vysušením.

Každá dodávka paliva do skladu výtopy je vážena. Nejprve je zváženo kompletní vozidlo s nákladem a po vyložení pak i samostatné vozidlo pro zjištění váhy dopravního prostředku a nákladu v tunách. Způsob odebrání vzorku záleží na povaze dovezeného paliva. Štěpka nebo piliny jsou odebírány z několika náhodných míst dodávky do jedné nádoby, následně promíchány a rozděleny do šesti vzorků, každý o váze cca 200 g.



Obr. 5: Vzorky dřevní štěrky určené k sušení (Foto autor, 2019)

Vzorky jsou podrobeny sušení při 105 °C po dobu 12 hodin a následně znovu zváženy. Váha celé dodávky v atrotunách se zjišťuje následujícím výpočtem:

$$At = V * \frac{m}{M}$$

At = hmotnost dodávky paliva v atrotunách

V = váha dodávky paliva v tunách

M = váha dodaného "mokrého" vzorku

m = váha vysušeného vzorku [23]



Obr. 6: Sušení vzorků dřevní štěpky (Foto autor, 2019)

V případě dodávky kulatiny jsou vzorky odebírány motorovou pilou, lištou rovnoběžně na kmen tak, aby vznikly hobliny. Postup vážení nákladu a určení sušiny je stejný jako v předešlém případě. Vzhledem k poměru váhy a velikosti hoblin je potřeba dbát na to, aby vzorek neměl méně než 100 g.

Po zjištění atrotun nákladu je dodavateli zaslán podklad pro fakturaci paliva. Jedná se o metodu, která nezvýhodňuje žádnou ze zúčastněných stran.

Pro lokální zdroje tepla je využíváno kusové dříví. Kusové dříví je dodáváno odběratelům nejčastěji v m^3 (plnometr) - jedná se o „kubík“ dříví představující krychli 1x1x1 metr, případně v prostorových metrech rovného (prmr) či prostorových metrech sypaného (prms) dříví. Pro představu, prmr naskládané hraně kulatiny je cca $0,66 m^3$. Takto dodané palivo ovšem nevypovídá nic o vlhkosti, a tudíž ani o výhřevnosti. Přejímka v atrotunách, jak je uvedena výše, je proto mnohem objektivnější a vypovídající metodou.

Jako další surovinu pocházející z městských zdrojů je možno uvést i odvodněné čistírenské kaly z ČOV Kašperské Hory. Jedná se o odvodněný kal šnekovým kaloliselem na cca 27 % sušiny. Po dalším

dosušení lze pak tento kal energeticky využít v procesu spalování. Kaly představují přibližně 1-2 % objemu čistěných vod, je v nich však zkoncentrováno až 50–80 % původního znečištění.

Představují suspenzi pevných látek a agregovaných koloidních látek původně přítomných v odpadních vodách a vzniklých při různých způsobech jejich čištění. Koncentrace kalů se vyjadřuje jako obsah sušiny kalu (vyjádřený buď v g/l nebo v %). Složení a obsah sušiny kalu závisí především na charakteru znečištění odpadních vod a na čistírenských procesech, kterým byla daná odpadní voda podrobena (mechanické čištění, biologické čištění nebo jejich kombinace, fyzikálně-chemické čištění nebo dočištění apod.).

Celkové množství produkovaných kalů závisí na množství zpracovávaného znečištění (počet EO) a na způsobu čištění odpadních vod a typu kanalizace.

V Kašperských Horách je ČOV projektována na 2500 EO [24].



Obr. 7: Odvodněné kaly z ČOV v Kašperských Horách (Foto autor, 2020)

6.2 Popis zdrojů

V Kašperských Horách bylo do r. 2005 vytápění zajišťováno výhradně z lokálních topenišť, podnikových kotelen a kotelen pro rodinné a bytové domy. Jako palivo pro tyto zdroje sloužilo převážně uhlí, v menší míře pak dříví, elektřina, topný olej či propan. Kotle byly většinou zastaralé a jejich údržba byla nedostatečná, v případě lokálních topenišť často žádná.

Tento stav měl neblahý dopad na kvalitu ovzduší ve městě. Situace se začala postupně zlepšovat spolu s uvedením do provozu nízkotlaké teplovodní kotelny, kdy byl v první etapě v roce 2005 současně s kotelnou zahájen provoz teplovodní sítě zásobující zpočátku cca 100 odběrných míst. V době zahájení provozu celou spotřebu tepelné energie zajišťovala a v tuto chvíli zatím stále zajišťuje nízkotlaká teplovodní kotelna čítající dva třítahové žárotrubné kotle Schmid s přesuvným roštem o celkovém jmenovitém výkonu 4 MW. První kotel, dále označovaný jako K1 o jmenovitém tepelném výkonu 1,6 MW, a druhý kotel K2 o výkonu 2,4 MW.

Dle údajů technické dokumentace mají oba kotle 89% účinnost. Jejich celkový tepelný příkon je tedy 4 494 kW. Kotle a palivové cesty jsou konstruovány na přísun a spalování dřevní štěpky. Alternativně lze využít příměsí pilin nebo menší kusové dříví o průměru 100 mm a maximální délce 600 mm. [25]

6.3 Složení surovin pro výtopnu na biomasu

Materiálové složení vstupních surovin tvoří výhradně biomasa v podobě dřevní štěpky, v menší míře piliny a dřevní odřezky jako odpad z pilařského provozu přiléhajícího na objekt výtopny. Dřevní štěpka je vyráběna štěpkováním nezpracovatelných zbytků z pilařské výroby a z palivového dříví horší kvality s hnilobou. V době kůrovcové kalamity je využíváno i dříví, na které není odbyt ve zpracovatelském průmyslu. Pro spalování se využívá i tzv. zelená štěpka z klestu. Tato surovina je těžebním zbytkem a v době kůrovcové kalamity je téměř

neprodejná jiným subjektům. Je tak co nejvíce využívána městskou výtopnou. Štěpkování klestu je z ekonomických důvodů prováděno přímo v lese a štěpka je následně nákladními auty svážena do skladu výtopny.



Obr.8: Štěpkování kulatiny s hnilobou přímo na odvozním místě v lese (Foto autor, 2019)

6.4 Materiálové toky

Biomasa dřevní hmoty jako lokální obnovitelný zdroj energie je pro město Kašperské Hory, jak již bylo uvedeno, nejdostupnějším zdrojem energie a v programu decentralní energetiky je součástí energetického mixu.

Výsledná cena paliva je úzce závislá na cenách ostatních materiálových toků. Ekonomické a v místních podmínkách hlavně politické prostředí nutí provozovatele centrálního zásobování teplem (CZT), tj. městské výtopny k udržení prodejní ceny tepelné energie na co nejnižší úrovni. Výslednou cenu tepelné energie ovlivňuje z velké části cena vstupních surovin, která je sama závislá na úrovni logistických postupů a výrobních procesů – s jejich zlepšováním dochází současně k optimalizaci materiálových toků.

Ke zmiňované optimalizaci přispívá zavedení podrobné evidence a sledování cen okolních dodavatelů surovin a služeb.

Pro provozovatele CZT je zcela zásadní cena dříví, klestu, dřevního odpadu a jejich doprava do skladu paliva výtopny. Důležité je logistické zajištění štěpkování a doprava štěpek z jednotlivých odvozních míst v lese. K optimalizaci se využívají zkušenosti pracovníků v kombinaci s výpočtovými tabulkami a evidence pomocí kvalitního a cenově dostupného účetního softwaru dopracovaného dle individuálních potřeb výtopny. Pro samotnou výrobu tepelné energie je přínosné zavedení simulačních modelů. Tímto způsobem lze nastavit přísuny surovin pro výrobu paliva v jednotlivých měsících, přiměřené zásoby odpovídající skladovacím plochám a výrobu štěpek s ohledem na jejich degradaci.

Důležité pro následující výrobu je naplánování možných rizikových stavů. Tímto modelem lze předcházet odstávkám ve výrobě a s tím souvisejícím finančním ztrátám. Provozovatel může prevencí ve formě např. nákupu strategického dílu pro technologii výroby, preventivní výměnou nebo opravou části technologie předejít případné finanční ztrátě, která by finálně ovlivnila konečnou cenu tepelné energie pro spotřebitele.

7. Energie, poptávka a zajištění

Hlavní energetické potřeby města tvoří elektrická a tepelná energie. Elektrickou energii zajišťují distribuční společnosti přes elektrizační distribuční soustavu. Tepelnou energii zajišťují lokální zdroje nebo centrální zdroj města, a to převážně s využitím místních vstupů z kašperskohorských lesů.

Město Kašperské Hory není plynofikováno. Vlastní zdroje jsou využívány ve formě štípaného dříví nebo štěpky. Lokální zdroje jako peletkové kotle, uhelné kotle či kotle na LTO jsou závislé na dovozu paliva z větší vzdálenosti. Město Kašperské Hory disponuje také záložní kotelnou na extra lehké topné oleje. Jedná se o zdroj, který je využíván při havarijních stavech na teplovodu nebo ve výtopně na biomasu. Po hydraulickém zregulování soustavy bude možno záložní kotelnou využívat jako další zdroj pro zvýšení výkonu v době mrazových špiček [26].

7.1 Elektrická energie

Elektrina je zajišťována společností ČEZ Distribuce. Dodávky elektrické energie, vyjma mimořádných situací, jsou stabilní a odpovídají současným požadavkům. Na distribuční síť je možné připojení nových spotřebičů i zdrojů. Samotný prodej elektřiny a služeb koncovým spotřebitelům zprostředkovává ČEZ Prodej s.r.o., popřípadě další obchodníci s elektřinou. Cena je rozdělena na regulovanou a neregulovanou část. Cena regulované části je dána platným cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu. Neregulovanou částí se označuje část platby obsahující silovou elektřinu. Cena silové elektřiny je ovlivněna situací na trhu s elektřinou jak v České republice, tak díky propojení soustav i v okolních státech. Aktuální cena je dána vývojem na pražské burze. Město Kašperské Hory je pouze odběratelem z distribuční soustavy a nemá v současnosti žádný zdroj pro výrobu elektrické energie. Pouze ojediněle jsou na soukromých objektech instalovány fotovoltaické panely. Jedním z úkolů pro zajištění budoucí energetické soběstačnosti města by mělo být také zvýšení podílu technologií pro využití solární energie, respektive podpora soukromých i podnikatelských subjektů, kteří tyto technologie využijí.

Pro výrobu elektřiny je možné a výhodnější než přímé spalování biomasy v elektrárenských kotlích využít termochemické transformace energie. Forma hořlavého plynu spalovaného v plynovém motorgenerátoru je dle dlouhodobých ukazatelů efektivnější. Zplyňování nebo pyrolýza používané pro transformaci energie mají svoje výhody a nevýhody. Každá z koncových technologií pro výrobu elektrické energie si žádá využití rozdílného biopaliva. Zplyňování je termochemickou přeměnou pevného organického materiálu na plynné palivo [27].

Pyrolýzou je míněn termický rozklad organických materiálů za nepřístupu médií obsahujících kyslík. Podstatou pyrolýzy je ohřev materiálu nad mez termické stability přítomných organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stálé nízkomolekulární

produkty a tuhý zbytek. Pyrolýza probíhá bez kontaktu se zplyňovacím médiem, a proto vždy vyžaduje přísun tepelné energie. Produktem procesu jsou tři hlavní složky: pevný uhlíkatý zbytek, kapalný podíl a hořlavý plyn. Složení a distribuce hlavních produktů v obou případech závisí na použitém typu reaktoru/generátoru a provozní teplotě. Výhodou zplyňování je oproti pyrolýze tvorba převážně hořlavého plynu, který obsahuje kromě žádoucích složek (H_2 , CO , CH_4) rovněž složky nehořlavé CO_2 , N_2 , vyšší uhlovodíky, dehet a další nežádoucí látky (TZL, sloučeniny síry, chloru) [28].

7.2 Tepelná energie

V současné době je tepelná energie zajišťována částečně z centrálního zdroje zásobování z výtopny na biomasu a částečně z lokálních zdrojů. Centrální zásobování v současnosti zajišťují zmiňované dva nízkotlaké teplovodní kotle na štěpky, lokální zdroje jsou převážně kotle na fosilní paliva, kotle na kusové dříví, příp. peletky, elektrokotle, elektrické přímotopy a výjimečně kotle na topné oleje. Ojediněle u nových rodinných domů zajišťují výrobu tepelná čerpadla.

7.2.1 Tepelná energie z centrálního zásobování

Je zajišťována nízkotlakou teplovodní kotelnou na dřevěné štěpky. Kotelna byla vystavěna jako samostatná budova vedle pily Kašperskohorských městských lesů. Součástí kotelny je zastřešený sklad paliva s kapacitou 1150 m^3 . Palivo o vlhkosti 30–50 % je nakládáno automatickým mostovým jeřábem s drapákem do zásobníků paliva jednotlivých kotlů. Do ohniště kotlů je následně palivo přepravováno dle potřebného množství hydraulickým zařízením. Zdrojem jsou dva třítahové žárotrubné kotle Schmid s přesuvným roštem. Kotel (K1) Schmid UTSR 1600.32 o výkonu 1600 kW a kotel (K2) UTSR 2400.32 o výkonu 2400 kW. Provoz kotlů je automatický, řízený z velína, ovládaný softwarem výrobce. Vizualizaci a načítání dat měřičů tepla zajišťuje specializovaný software Promotic vyvinutý

společností Microsys [26]. V současné době je kapacita na zdroji CZT vyčerpána a připojování dalších odběrných míst je možné jen s rizikem narušení stability a bezpečnosti dodávek v chladných měsících. Výkon na zdroji 4 MW neodpovídá případné maximální spotřebě všech odběrných míst, která je 8,3 MW [22].

7.2.2 Tepelná energie z lokálních zdrojů

Tepelná energie z lokálních zdrojů v Kašperských Horách je vyráběna z dostupných a pro obyvatele cenově přijatelných paliv. Nejrozšířenějším palivem je v současnosti uhlí – ořech 2 pro automatické kotle a kusové dříví pro zplyňovací kotle nebo krbová kamna s výměníkem. Obě tyto komodity jsou v místě dostupné za příznivé ceny. Další variantou jsou kotle na peletky či dřevěné brikety. Méně jsou díky ceně využívány elektrokotle a kotle na topné oleje. V následujících několika letech by bylo vhodné tyto lokální zdroje nahradit ekologičtějšími, resp. připojit tyto odběrná místa při současném navýšení kapacity v rámci programu energetické soběstačnosti města na soustavu CZT.

7.2.2.1 Fosilní paliva

Fosilní paliva uhlí, ropa, zemní plyn a jaderná paliva jsou neobnovitelné zdroje energie, na kterých byla a je Česká republika závislá. Vzhledem ke skutečnosti, že Česká republika nedisponuje většími zásobami zemního plynu, ropy a utlumuje těžbu uhlí a uranu, je energeticky závislou na dovozu těchto paliv. V lokalitě Kašperských Hor je v současnosti z fosilních paliv využíváno uhlí, topné oleje, propan, a to především pro výrobu tepelné energie v lokálních zdrojích. Paliva, vyjma štípaného dříví a štěpek, jsou do Kašperských Hor dovážena. Nejbližší dodavatelé mají své sklady převážně v Sušici nebo Vimperku. Níže v tabulce jsou uvedeny příklady dodavatelů paliv. Ceny paliv jsou platné k začátku roku 2020. V průběhu psaní této práce došlo ke světové pandemii koronaviru Covid 19 s následkem utlumení

průmyslu a dopravy, čímž cena paliv z ropy výrazně klesla. Tento stav je brán jako přechodný do doby plné obnovy a s tím spojeným zpětným nárůstem cen paliv.

Dodavatelé paliva pro tepelné zdroje v Kašperských Horách			
Palivo	Cena za jednotku bez DPH		Dodavatel
Elektřina	3 100	Kč/MWh	ČEZ Distribuce
Hnědé uhlí ořech	3 300	Kč/t	ALVEPAL, s.r.o., Vimperk
Černé uhlí kostka	5 000	Kč/t	ALVEPAL, s.r.o., Vimperk
Koks ořech - II	6 800	Kč/t	ALVEPAL, s.r.o., Vimperk
LTO	36 145	Kč/t	SILMET Příbram
Propan	25 000	Kč/t	TOMEGAS
Pelety	7 000	Kč/t	Optimtop
Štěpky	1 500	Kč/t	EVK Kašperské Hory
Štípané dříví	522	Kč/prms	JZDřev Sušice
<i>Pozn. Ceny jsou uvedeny bez DPH a bez dopravy</i>			

Tab. 4: Přehled paliv a jejich cen u lokálních dodavatelů (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020)

7.2.2.2 OZE (palivové dříví, štěpky, dřevěné brikety, peletky)

Jak již bylo konstatováno, obnovitelné zdroje energie využívané v Kašperských Horách mají svůj původ především v rozsáhlých lesních plochách Kašperskohorských městských lesů nebo lesů jiných vlastníků v okolí. Na počátku výroby paliva z této komodity je těžba, a to plánovaná nebo nahodilá, např. po polomech nebo napadení stromů, povětšinou lýkožroutem smrkovým. Pro energetické účely výtopny se zpracovávají jak lesní těžební zbytky, tzv. nehroubí (větve a stromové vršky), tak hroubí (nadzemní dřevní hmota od 7cm tloušťky) horší kvality, např. s hnilobou. Dalším zdrojem je prořez mezí, kde jsou zpracovávány celé stromy a křoviny. Prořezy jsou realizovány v kooperaci s majiteli zemědělských ploch a městským úřadem odborem životního prostředí, který přesně určí rozsah těžby při zachování zapojení vegetace mezí. Centrální zdroj vytápění zpracovává rovněž surovinu v podobě pilařských zbytků převážně z pily v areálu výtopny, ojediněle i z jiných pilařských provozů v okolí. Ve výtopně jsou využívány pouze čisté dřevní štěpky, dle ČSN se jedná o třídu A1, A2 a B1 [29].

Stále častější větrné kalamity, kůrovcové kalamity či vysychání půdy, které se týkají i popisované lokality, mají velký vliv na stoupající nahodilou těžbu. Stát se tuto situaci snaží řešit podporou na využívání nadbytečného dříví k výrobě energie, např. podporou spalování uhlí a biomasy ve velkých kondenzačních elektrárnách a teplárnách jako v roce 2005, kdy do zákona o obnovitelných zdrojích energie zařadil společné spalování uhlí a biomasy ve velkých kondenzačních elektrárnách a výtopnách. Bohužel toto rozhodnutí vedlo k následným značným problémům na trhu s biomasou. V některých regionech docházelo ke skupování biomasy provozovateli velkých energetických zdrojů. Některé z nich dokonce přešly celkově na biomasu, následkem čehož nebylo palivo pro obecní kotelny či efektivnější kogenerační zdroje. Tento scénář by se mohl brzy znovu opakovat, pokud stát nenajde mechanismus, jak při podpoře chránit bioenergetický trh. Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) počítá v národním energeticko-klimatickém plánu s nárůstem spotřeby energie z biomasy mimo domácnosti z 26,6 na 36,7 petajoulů (PJ). MPO také připravilo návrh novely zákona o podporovaných zdrojích, podle které se má spalování biomasy s uhlím ve velkých teplárnách opět rozšířit [30]. Pokud stát nenajde jiné řešení, lze očekávat velké výkyvy cen paliva v bioenergetice. Krátkodobou pojistkou je možnost předzásobení v kulatině. Dlouhodobou je v konkrétním případě smluvní závazek Kašperskohorských městských lesů v zásobování výtopny při nedostatku surovinových zdrojů.

Spotřebitelé, kteří nejsou napojeni na CZT, tedy lokální zdroje výroby tepelné energie, využívají převážně palivové dříví, ojediněle pelety nebo peletky. Největšími prodejci palivového dříví v lokalitě Kašperské Hory jsou Kašperskohorské městské lesy, Jihozápadní dřevařská a.s. nebo Sušická lesní a obchodní s.r.o. Výroba pelet a peletek ve městě ani v blízkém okolí není a spotřebitelé jsou tak závislí na dovozu ze vzdálenějších míst.

Velkým problémem s dopady na způsob vytápění může být do budoucna změna klimatu, kterou bude nutné vzít v úvahu a přizpůsobit

se jí. Vedle již zmíněného sucha, kůrovcových kalamit či častějších poryvů větru to může být také zvýšení rizika vzniku požáru. Zpráva o změně klimatu z roku 2014 vypracovaná pro univerzitu v Cambridge zařadila většinu území České republiky od roku 2041 do vysokého stupně nebezpečí vzniku lesních požárů. Tento faktor, který není v současnosti považován za závažný, může být pro lesní hospodářství a následně i bioenergetiku v plánované těžbě velmi limitující [31].

7.3 Možnosti dalšího rozvoje

Vyloučíme-li možnost dovozu primárních paliv a budeme-li následovat trend v energetice a současně směřovat k energetické soběstačnosti města, je volba v daných podmínkách jednoznačná. Pro obec Kašperské Hory hraje primát v energetice biomasa jako nejdostupnější a ekonomicky výhodné palivo, stejně jako u podobných vybraných příkladových již realizovaných evropských projektů uvedených dále v této kapitole. Biomasu lze vhodně doplnit o další zdroje z oblasti OZE a tím vytvořit vhodný energetický mix co nejméně zatěžující životní prostředí.

V úvahu je možno vzít energii větru, vody, slunečního záření a energii okolí.

Vítr je podle atlasu podnebí České republiky v oblasti Kašperských Hor proměnlivý a jeho průměrné hodnoty dosahují 2-3 m/s. Pro rentabilní provoz větrných elektráren je uváděna průměrná rychlost 4 m/s a 1200 provozních hodin. Skutečná data by bylo potřeba dlouhodobým měřením ověřit. Energie větru naráží díky poloze města v CHKO a na hranici Národního parku i na legislativní neprůchodnost [26].

Energie vody je pro výrobu elektrické energie v oblasti otavského údolí nejvíce využívaným obnovitelným zdrojem. Nachází se zde několik malých vodních elektráren (MVE), převážně na řece Otavě. Jedná se o MVE Čeňkova Pila, Rejštejn, Radešov a Anín. Pro další instalaci v řádu stovek kW je vhodná jedna z posledních lokalit na

Otavě nad obcí Rejštejn vzdálená od města Kašperských Hor cca 6 km. Pro menší instalace nemající podstatný vliv na zásobování elektřinou je možné využít dvě historické lokality na Losenici a menší na Zlatém potoku.

Energie slunečního záření by mohla být využita ve větším měřítku formou fotovoltaických panelů na výrobu elektřiny nebo slunečních kolektorů na výrobu tepelné energie.

V podmínkách Kašperských Hor lze jako nejvhodnější doplňkový obnovitelný zdroj využít solární energii, případně energii okolního prostředí získanou prostřednictvím tepelných čerpadel. Alternativním zdrojem je pak energetické využití odpadových materiálů.

Zdrojem inspirace a ověření si správnosti navrhovaných řešení je možné i porovnáním a rozbořením vhodných technologií z praxe. V následujícím přehledu je uvedeno několik příkladových již realizovaných projektů z obcí v Německu, Polsku a dalších vybraných evropských zemích [32-54].

Příklady dobré praxe energetické soběstačnosti v obcích							
stát/lokality	počet obyvatel v obci	připojené objekty	zdroj tepla	vyráběná energie	technologie	Pozn.	zdroj
Polsko - Uniejów	3 000	bytové domy, lázně a veřejné objekty (cca 70% obyvatel)	geotermální energie, LTO	tepelná	tepelná čerpadla a 2x kotel na LTO	celkový jmenovitý výkon 5,6 MWt (tep. čerpadla 3,2 MWt, LTO 2,4 MWt)	[32,33]
Makedonie - Berovo (Rusinovo)	2 170	základní škola	biomasa (dřevní štěpka)	tepelná	kotel na biomasu	jmenovitý výkon 150 kWt	[34]
Dánsko - Aarhus	1 200 000	obytné domy cca 25% obyvatel	biomasa (dřevní štěpka, sláma)	tepelná/elektrická	kotle na biomasu/zplyňování	jmenovitý výkon 77 MWt / 37 MWeL.	[35]
Dánsko - Aalborg	211 000	příprava TUV a vytápění pro cca 2 000 domácností, obyvatel - 1,18 %	solární energie, větrná energie	tepelná	solární a větrný park s akumulací 1 mil m ³ vody	akumulace přebytečné energie ve formě horké vody	[36]
Česká republika - Kněžice	500	většina objektů v obci, cca 90% obyvatel	bioplyn, biomasa	KVET/tepelná	kogenerační jednotka/ kotle na biomasu	BPS - 330 kWel./ 405 kWt, kotle na biomasu 1,2 MWt	[37,38,39]
Slovensko - Maribor	96 000	bytové domy a veřejné objekty (blíže nespecifikováno)	biomasa (dřevní štěpka)	tepelná	kotel na biomasu	5 MWt	[40]
Slovensko - Vrnsko	2 526	bytové domy, cca 60% obyvatel	biomasa, solární energie, LTO	tepelná/elektrická	kotle na biomasu, zplyňování, kotle na LTO, solární kolektory, akumulace	biomasa - 3,2 MWt, LTO 1,5 MWt, solární kolektory 0,37 MWt a zplyňování 0,12 MWeL.	[41]
Německo - Feldheim	130	všechny objekty v obci - 100%	větrná/solární/biomasa	KVET	větrné elektrárny, BPS, fotovoltaický park, kotle na biomasu	větrné 123 MWeL.BPS - 526 kWel. a 560 kWt.	[42, 43]
Polsko - Kisielice	6 500	většina objektů v obci, až 85% obyvatel	větrná,solární,biomasa	KVET	Větrné elektrárny, BPS, fotovoltaický park, kotle na biomasu	větrné 94,5 MWeL. biomasa 6 MWt, BPS 1 MWeL, FVE	[44, 45]
Rakousko - Flachau	2638	všechny objekty v obci - 100% obyvatel	biomasa,tepelné čerpadlo,LTO, kondenzace spalin	tepelná	kotle na biomasu,tepelné čerpadlo, záložní olejový kotel	biomasa 7 MWt, tepelné čerpadlo 1.27 MW, kondenzace 1,4 MW	[46, 47]
Rakousko - Güssing	3 700	550 domácností a téměř všechny veřejné objekty, cca 50 % obyvatel	biomasa (dřevní štěpka), LTO	tepelná/KVET	kotle na biomasu se zplyňováním, kotel na LTO	8 MWt - biomasa, 6 MW LTO	[48, 49]
Německo - Grassau (region Achenal)	6 878	připojeno 600 domácností a 60 podniků, cca 30 % obyvatel	biomasa, LTO	tepelná/KVET	kotle na biomasu, zplyňování, špičkový kotel na LTO	6 MWt	[50, 51, 52]
Slovensko - Kuzma	1 577	škola, městský objekt, sál, dva apartmánové domy a domov seniorů	biomasa	tepelná	2 x kotel na biomasu 500 a 220 kW, akumulace na vykrytí špičky	0,72 MWt	[53]
Bosna a Hercegovina - Gračanica	10 028	372 odběratelů - 1 300 připojených obyvatel, cca 13 %	biomasa, LTO	tepelná	kotel na biomasu, špičkový zdroj - kotel na LTO	kotle na biomasu 6 MWt, LTO 11 MWt	[54]

Tab. 5: Příklady dobré praxe energetické soběstačnosti z Evropy (autor, 2020)

8. Využití technologie

Vysoký stupeň znečištění ovzduší z lokálních topenišť v dotčené lokalitě Kašperské Hory v zimním období bylo a je potřeba stále řešit. Logicky se nabízí využívat dostupné a cenově přijatelné technologie a paliva, které tato lokalita nabízí. Jak již bylo

konstatováno, Kašperské Hory jsou se svými 6075 ha lesů třetím největším vlastníkem obecního lesního majetku v ČR [20]. Ze svých lesních ploch jsou tak schopny zajistit si dostatek paliva pro výrobu tepelné energie pro celé město. Postupné zlepšení ovzduší ve městě začalo v roce 2005, kdy byla dokončena výstavba výtopny na biomasu. Po uvedení do provozu bylo v „první vlně“ připojeno cca 100 odběratelů. Po překonání počáteční nedůvěry k centrálnímu zdroji vytápění byla v roce 2011 započata druhá vlna připojování na CZT. Celkový počet připojených domovních předávacích stanic dosáhl počtu 200 a na této úrovni se držel do roku 2016, kdy provozování CZT převzala nově vzniklá městská společnost EVK Kašperské Hory s.r.o. (EVK). Nový provozovatel začal s revizí systému. Dle hydraulického přepočtu soustavy byly zrevidovány oblasti, kde je možné připojit nové odběratele. Společnost EVK začala iniciovat také rozšíření soustavy CZT do dalších částí města a zároveň i navýšení celkového výkonu zdroje vytápění.

V současné době Kašperské hory disponují již zmíněnou výtopnou na biomasu s instalovanými zdroji 1,6 a 2,4 MW, která zásobuje necelou polovinu objektů v obci. Dále je ve městě vybudována záložní kotelna na extra lehké topné oleje se dvěma kotli DeDietrich 495 kW [22]. Další technologie nejsou v nejbližší době plánovány. Současní představitelé města Kašperské Hory napříč politickým spektrem jsou si však vědomi toho, že je potřeba čistou energetiku ve městě dále rozvíjet. Aktuálně nejpálčivějším problémem je nízký instalovaný výkon výtopny. V době odběrových špiček nejsou zdroje 100% schopny dostatečně zajistit stálou teplotu topného média. Jako nejrychlejší a ekonomicky nepřijatelnější řešení se na první pohled jeví regulace dodávek, což by však zcela jistě naráželo na oprávněný nesouhlas odběratelů a celkovou situaci by dlouhodobě neřešilo. Jedním z řešení současné situace mohou být opatření technického rázu, kterými jsou u větších odběratelů například instalace vyvažovacích ventilů nebo úprava na servopohonech pro udržení nižšího průtoku s cílem hydraulického vyvážení soustavy. I toto je

ovšem vhodné považovat pouze za dílčí řešení. Nejspolehlivější a do budoucna pro další rozvoj CZT nezbytným je řešení vedoucí k navýšení výkonu na zdroji a hydraulickému vyvážení teplovodní sítě.

8.1 Centrální zásobování teplem

Centrální zásobování teplem (CZT) v Kašperských Horách je jednou z cest, jak nahradit lokální zdroje vytápění a tím dosáhnout celkového snížení emisí vypouštěných do ovzduší. Zároveň vytváří předpoklad pro budoucí soběstačnost města v zásobování tepelnou energií.

8.1.1 Analýza soustavy CZT

Centrální zásobování teplem v Kašperských Horách je prostředkem k budoucí soběstačnosti města v zásobování tepelnou energií. CZT v obci fungovalo setrvačností několik let bez výrazného zlepšení provozu a bez vize dalšího rozvoje. Několik zásadních kroků k budoucí energetické soběstačnosti obce bylo realizováno, a to prvotní výstavba výtopny a rozvodů tepla. Postupně došlo také k získání důvěry obyvatel Kašperských Hor v centrální zásobování. V současné době se obec potýká s nedostatečným výkonem na zdroji a jak konstatuje i tato práce, také s nedostatečnou kapacitou rozvodů. Tento stav je nutné změnit a nastavit dlouhodobé i střednědobé cíle rozvoje a zároveň realizovat opatření k udržení funkčního stavu soustavy CZT. Finálně je na rozhodnutí současných i budoucích zastupitelů obce, kam se tepelná energetika v Kašperských Horách bude dále ubírat, zda budou zváženy žádosti fyzických i právnických osob o připojení a realizována doporučení provozovatele CZT.

8.1.2 Fungování CZT v místních podmínkách

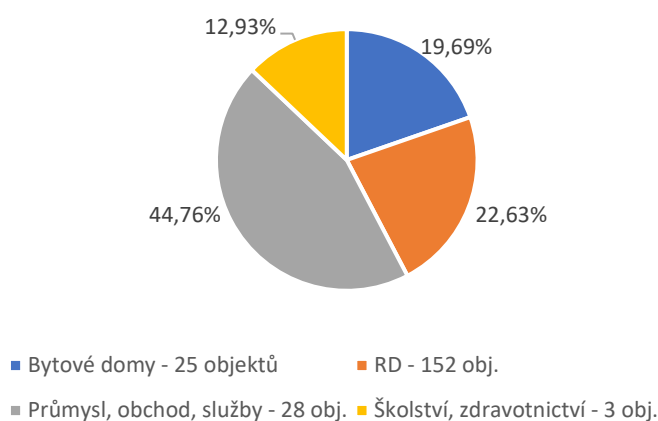
Pro město Kašperské Hory je důležité nastavení a udržení spolehlivého, trvalého a ekonomického provozu CZT. Za tímto účelem byla založena městská společnost EVK Kašperské Hory s.r.o., která

vedle již zmiňovaného provozování CZT zajišťuje pro obec i vodohospodářskou činnost. Zásobování teplem v provozních podmínkách Kašperských Hor je velmi náročné, a to zejména z ekonomického hlediska. Rozvody CZT zásobují teplem jak bytové domy, obecní úřad, objekty školství a zdravotnictví, tak rovněž soukromé rodinné domy. Odběratelé tepla v rodinných domech tvoří 3/4 všech odběrných míst, ovšem jejich odběr tepelné energie činí necelých 23 % z celkové spotřeby [22]. Dlouhé rozvody spojené s nízkou hustotou osídlení jsou rovněž jedním z důvodů relativně vysokých ztrát v systému.

Celková spotřeba tepelné energie dle odvětví			
	spotřeba/GJ	počet objektů	%
Bytové domy - 25 objektů	5651,14	25	19,69%
RD - 152 obj.	6495,41	152	22,63%
Průmysl, obchod, služby - 28 obj.	12849,89	28	44,76%
Školství, zdravotnictví - 3 obj.	3 710,50	3	12,93%
Celkem	28706,94	208	100,00%

Tab. 6: Spotřeba tepelné energie dle typu odběratele v roce 2019 z CZT (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020)

Spotřeba dle odvětví v roce 2019 v GJ



Obr. 9: Grafické znázornění spotřeby tepelné energie dle typu odběratele v roce 2019 z CZT (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020)

8.1.3 Biomasa jako hlavní surovina pro výrobu tepelné energie města

Pod pojem biomasa členíme nejenom dřevní odpady, ale i nedřevní fytomasu či průmyslové a komunální odpady rostlinného původu [55].

V podmínkách Kašperských Hor je pro CZT dle ČSN EN ISO 17225-4 nejčastěji využívána štěpka třídy A2. V menší míře piliny a odřezky z pilařské výroby [29].



Obr. 10: Palivo pro výtopnu – odřezky z pily a z manipulace (Foto autor, 2019)

Dostupnost a ceny biomasy pro vytápění jsou závislé na celkové situaci na trhu s dřívím. I když výtopna v Kašperských Horách má zajištěn přísun paliva od Kašperskohorských městských lesů, je kvalita a cena ovlivněna poptávkou na trhu. Výtopna se této situaci snaží alespoň částečně předejít případným předzásobením paliva. V případě příznivé ceny paliva je tak nakupováno dříví na dvě až tři sezóny dopředu.



Obr. 11: Zásoba dříví připravená pro průběžné štěpkování – sortiment vláknina a palivo (Foto autor, 2020)

V následujícím přehledu je uveden nákup a skutečná spotřeba paliva provozovatelem CZT za roky 2017–2019 [22].

Nákup a spotřeba paliva pro CZT v roce 2017					
	Množství	Platba za palivo	Platba za manipulaci	Platba celkem	Spotřeba
	At	tis.Kč	tis.Kč	tis.Kč	At
leden	251,1	370,1	141,1	511,2	488
únor	124,4	204,8	146,9	351,7	342
březen	67,3	107,4	18,8	126,2	218
duben	0	0	224,9	224,9	247
květen	247,7	245,1	17,4	262,5	147
červen	222	399,7	0,4	400,1	0
červenec	227,4	405,7	0	405,7	0
srpen	236,6	409,7	384,9	794,7	0
září	23,6	38	16,4	54,4	71
říjen	80,8	145,4	2,5	147,9	224
listopad	217,4	147,3	32,2	179,6	295
prosinec	24,2	28,1	558,9	587,1	342
celkem	1 722,60	2 501,30	1 544,40	4 045,80	2374

Tab. 7: Nákup paliva a jeho spotřeba ve výtopně na biomasu v roce 2017 (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2019)

Nákup a spotřeba paliva pro CZT v roce 2018					
	Množství	Platba za palivo	Platba za manipulaci	Platba celkem	Spotřeba
	At	tis.Kč	tis.Kč	tis.Kč	At
leden	256,5	400,5	35,9	436,4	330
únor	56	95,6	309,5	405,1	405
březen	256,6	344,9	237	581,9	356
duben	192,6	273,4	118,4	391,8	109
květen	141,8	255,2	64,8	320	96
červen	246,7	446	159,8	605,8	0
červenec	44,6	66,8	0	66,8	0
srpen	457,3	725,7	0	725,7	0
září	651,2	1 003,10	0,4	1 003,50	44
říjen	995,8	988,7	53,2	1 041,90	193
listopad	456,6	733,8	600,5	1 334,30	273
prosinec	89,9	107,8	27,4	135,2	303
celkem	3 845,50	5 441,60	1 606,70	7 048,30	2109

Tab. 8: Nákup paliva a jeho spotřeba ve výtopně na biomasu v roce 2018 (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2019)

Nákup a spotřeba paliva pro CZT v roce 2019					
	Množství	Platba za palivo	Platba za manipulaci	Platba celkem	Spotřeba
	At	tis.Kč	tis.Kč	tis.Kč	At
leden	0	0	202,2	202,2	405
únor	28,8	46 056,00	311,8	357,9	309
březen	112	138 682,00	55,4	194	253
duben	396,3	483 206,00	35,5	518,7	203
květen	659	969 829,70	13,9	983,7	203
červen	54,4	67 014,00	21	88	8
červenec	0	0	0	0	0
srpen	95,7	105 266,60	449,1	554,4	0
září	0	0	0	0	99
říjen	153	175 904,00	27	202,9	185
listopad	256	271 031,80	21,5	292,5	252
prosinec	114,4	104 600,00	27,8	132,4	271
celkem	1 869,50	2 361 590,10	1 165,10	3 526,70	2188

Tab. 9: Nákup paliva a jeho spotřeba ve výtopně na biomasu v roce 2019 (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2019)

8.1.4 Kotle na biomasu jako hlavní zdroj výroby tepelné energie

Kotle na biomasu jsou v současné době významným zdrojem vytápění v Kašperských Horách. Tento již osvědčený zdroj pro zásobování obyvatel tepelnou energií by měl do budoucna tvořit hlavní pilíř ve vytápění z centrálního zásobování a měl by nahradit většinu lokálních, často nevyhovujících zdrojů tepelné energie. Tepelné hospodářství je a stále více bude v Kašperských Horách postaveno na

spalování biomasy v centrálním zdroji. Pro další rozvoj CZT v Kašperských Horách je již nyní jasné, že je potřeba posílit jmenovitý výkon kotlů, např. výměnou za silnější kotle nebo výstavbou nové kotelny, která stávající zdroj posílí.

8.2 Lokální zdroje vytápění

Lokální zdroje vytápění v Kašperských Horách, zejména u starších objektů, sestávají z kotlů na spalování tuhých paliv, především uhlí, dříví, někdy s příměsí spalitelných odpadů. Tyto zdroje mají často nízkou účinnost a produkují množství znečišťujících látek. Z pohledu zkvalitnění ovzduší je žádoucí tyto zdroje minimalizovat a v ideálním případě zcela nahradit ekologickým zdrojem vytápění. Žádoucí pro provozovatele CZT i města je motivovat spotřebitele, aby si za nový zdroj vytápění vybrali právě centrální zásobování.

Poslední desetiletí jsou převážně u nových objektů, které nejsou v dosahu CZT, instalovány modernější zdroje tepelné energie. Jedná se o zplyňovací kotle na dříví, na peletky, ojediněle i s kombinací slunečních kolektorů. Dalšími zdroji jsou také tepelná čerpadla, elektrické kotle nebo přímotopy, či kotle na lehké topné oleje. V tuto chvíli sice nepředstavují tyto zdroje významnou zátěž pro ovzduší, ale cílem je připravenost provozovatele, po zastarání těchto zdrojů, napojit i tyto objekty na CZT [26].

V následujícím přehledu je uveden rozbor paliv u bytového fondu města, který představuje dvě třetiny staveb v Kašperských Horách.

Způsob vytápění bytového fondu	
Zdroj	počet bytů
CZT	280
Elektřina	26
Uhlí	131
Dříví	122
Topný olej	7
Tepelné čerpadlo	5
Zemní plyn	0
Propan	0
Ostatní	52
celkem bytů	623

Tab. 10: Způsob vytápění bytové fondu (Farták, 2017)

8.3 Zajištění z cizích zdrojů

Tato práce je zaměřena na rozvoj soběstačné energetiky v Kašperských Horách s využitím biomasy z lokálních zdrojů. Do budoucna je prioritou využití místních zdrojů v co největším rozsahu a eliminace dovážené energie a paliv.

8.4 Čistírna odpadních vod

Čistírna odpadních vod v Kašperských Horách slouží pro čištění splaškových odpadních vod z území města Kašperské Hory. Ve správním obvodu obce Kašperské Hory jsou provozovány městskou společností také menší ČOV mimo území města, a to v části obce Červená a samostatná ČOV hradu Kašperk.

Odpadní vody jsou do centrální ČOV sváděny jednotnou kanalizační sítí. Čistírna byla postavena a následně uvedena do zkušebního provozu v roce 1994 a v roce 2018 proběhla její intenzifikace. ČOV je vybavena mechanickým i biologickým stupněm čištění. Odpadní vody natékají do ČOV gravitačně potrubím v dimenzi DN 400. Vyčištěná voda odtéká do recipientu, Kašperského potoka v místě ř. km 0,6000 [24].

Výstupem z technologie ČOV je vyčištěná odpadní voda, hrubé nečistoty z lapáku štěrku a lapáku písku, shrabky z česlí a odvodněný čistírenský kal. Na vyprodukovaný kal je možné pohlížet jako na odpad,

ale i jako na energeticky využitelnou surovinu pro její další použití v procesu energetické soběstačnosti města.

8.4.1 Intenzifikace čistírny odpadních vod

Intenzifikace ČOV v Kašperských Horách proběhla v roce 2018 a od 1.11.2018 byl zahájen roční zkušební provoz. Čistírna slouží k čištění splaškových vod z území města Kašperské Hory s navýšenou maximální projektovanou kapacitou 2 500 ekvivalentních obyvatel [24]. Odpadní vody jsou přiváděny jednotnou kanalizací. Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV a nově s chemickým odstraňováním fosforu.

Vody protékají při rekonstrukci vybudovaným lapákem šterku do odlehčovací komory a následně do mechanického předčištění, které tvoří hrubé ručně stírané česle, jemné strojní česle a lapák písku. Nově jsou vody v době vyššího průtoku, kdy převyšují maximální hydraulickou kapacitu, odváděny do nové dešťové zdrže. Po skončení deště a snížení průtoku jsou předčištěné vody z dešťové zdrže čerpány zpět do procesu čištění. V případě překročení kapacity dešťové zdrže jsou vody odváděny do recipientu. Do biologického stupně čištění se vody dostávají z lapáku písku, který slouží zároveň jako rozdělovací objekt. Biologické čištění je tvořeno dvěma oběhovými aktivačními nádržemi vybavenými jemno-bublincovým aeračním systémem, ponorným míchadlem a dvěma dosazovacími nádržemi, ve kterých probíhá oddělení kalu a vyčištěné vody. V biologickém stupni dochází k odstraňování organického znečištění a nutrientů (dusíku a fosforu) a k separaci vyčištěné vody a kalu. Princip odstraňování dusíku je na bázi nitrifikace a následné denitrifikace. Fosfor je odstraňován srážením za pomoci chloridu nebo síranu železitého [24].

Vyčištěná voda odtéká přes měrný objekt do recipientu. Usazený kal je čerpán jako vratný kal do procesu čištění (do aktivační nádrže) nebo jako přebytečný do kalového hospodářství. Zde jde přes uskladňovací nádrž kalová voda opět do procesu čištění. Gravitačně

usazený kal je čerpán na odvodnění do šnekového kalolisu. Odvodňování kalu je posledním stupněm úpravy v kompletně rekonstruovaném kalovém hospodářství ČOV. Provoz šnekového lisu a s ním související čerpání kalu do lisu, příprava, dávkování flokulantu a doprava odvodněného kalu jsou řízeny vlastní automatikou. Z kalolisu je odvodněný kal dopraven šnekovým a následně pásovým dopravníkem do kontejneru.

Odhad produkce kalu je 231 m³ za rok. Předpokládaná sušina kalu dle údajů dodavatele technologie je 22 %. Reálná sušina podle vzorků se pohybuje do 25 %. Takto připravený kal je možné předsušit a využít v energetice [24].

8.4.2 Likvidace a využití kalů v energetice

Čistírenské kaly jsou komoditou, na kterou je možné nahlížet z různých úhlů pohledu. Jedná se o odpad z čištění odpadních vod, ale zároveň po určitých úpravách z něj lze vytvořit využitelný substrát či palivo. Pomineme-li ukládání na skládku či využití v zemědělství, přichází v úvahu technologie spalování, spoluspalování, či zplyňování.

Spoluspalování čistírenských kalů z ČOV Kašperské Hory je zvažováno v jedné z variant budoucího řešení energetiky viz dále v této práci.

9. Finanční podpora energetických projektů

Energetická nezávislost a s tím spojená realizace moderních technologií na transformaci energií je finančně velmi náročná a většinou se neobejde bez podpory ze strany státu či Evropské unie.

V současné době lze využít podpory zejména z Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OPPIK) - Úspory energie v soustavách zásobování teplem (SZT) – Výzva IV. Poskytuje na období 2014-2020 malým, středním i velkým podnikům, a to i s majetkovou účastí obcí až do výše 100 %, v prodlouženém

termínu příjmu žádostí do 30.6.2021 dotaci na podporu konkurenceschopnosti a udržitelnosti české ekonomiky prostřednictvím maximálního využití kombinované výroby elektřiny a tepla [56, 57].

Podporu lze získat mimo jiné i na aktivity vyplývající z navržených variant v této práci, jako je rozvoj a rekonstrukce existujících soustav zásobování tepelnou energií, instalace a modernizace technologických zařízení souvisejících s distribucí.

Z podpory lze získat částečné proplacení uznatelných nákladů spojených s výdaji na stavbu a technologická zařízení, dlouhodobý hmotný a nehmotný majetek, projektovou, inženýrskou činnost a energetické posouzení.

10. Opatření ke snížení emisí

Úroveň znečišťování ovzduší pro stacionární zdroje je dána vyhláškou č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování ovzduší a jejím zjišťování v platném znění. Dle vyhlášky jsou každoročně měřeny emise tuhých znečišťujících látek (TZL), oxidu uhelnatého (CO), oxidů dusíku vyjádřených jako oxid dusičitý (NO₂) a emise oxidu siřičitého (SO₂).

Do 19.12.2018 byl dle vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb. specifický emisní limit TZL pro stacionární zdroje spalující biomasu s celkovým jmenovitým tepelným příkonem v rozmezí od 1MW do 5MW 250 mg/m_N³. Od 20.12.2018 byl limit snížen na 33 mg/m_N³ [6]. Kotle v městské výtopně v Kašperských Horách dle záznamu z měření vyhovovaly všem sledovaným ukazatelům podle nových limitů vyjma TZL, které převyšovaly normu cca o 10-15 mg/m_N³. Kotle i s instalovanými multicyklony nedokázaly přísné emisní limity v ukazateli plnit a pro zachování provozu bylo potřeba najít řešení směřující ke snížení emisí. V roce 2017 došlo k instalaci technologie mokré vypírky spalín [22].

Tabulka měření emisí.

Autorizované měření emisí									
Datum měření	27.01.2016	28.01.2016	16.02.2017	17.02.2017	21.10.2017	27.12.2018	27.12.2018	17.12.2019	17.12.2019
Sledované látky	K1	K2	K1	K2	K1 + K2	K1	K2	K1	K2
CO ₃ (mg/mN)	78	457	78	46	7	60	91	314	301
CO (kg/h)	0,205	2,692	0,247	0,303	0,039	0,134	0,333	0,69	0,878
NO _{x3} (mg/mN)	206	156	129	131	208	240	291	175	202
NO _x (kg/h)	0,541	0,92	0,408	0,867	1,21	0,551	1,082	0,396	0,607
TZL ₃ (mg/mN)	66	61	74	69	16,7	13,5	23,6	15,8	13,9
TZL (kg/h)	0,171	0,358	0,224	0,456	0,096	0,0306	0,0934	0,0345	0,0415
Měrná výrobní emise v kg/t paliva									
	K1 - 2016	K2 - 2016	K1 - 2017	K2 - 2017	K1, K2 - 2017	K1 - 2018	K2 - 2018	K1 - 2019	K2 - 2019
CO (kg/t)	1,025	7,918	1,074	0,866	0,0591	0,287	0,5707	1,5925	1,5728
NO _x (kg/t)	2,705	2,706	1,774	2,477	1,8143	1,181	1,8545	0,9145	1,0863
TZL (kg/t)	0,855	1,053	0,974	1,303	0,1438	0,066	0,1602	0,0796	0,0744
Před instalací mokré vypírky spalin									
Po instalaci mokré vypírky spalin									
K1 - kotel UTSR 1600									
K2 - kotel UTSR 2400									

Tab. 11: Měření emisí v letech 2016–2019 (EVK Kašperské Hory do tabulky upravil autor, 2020)

Způsob mokré vypírky spalin byl upřednostněn před jinými technologiemi. Uvažováno bylo o elektrofiltrech a o textilních hadicových filtrech. Elektrofiltry byly dle dostupných informací od zastupitele města majícího na starosti energetiku zamítnuty z důvodu nevyhovující technologie pro čištění takto „studených“ spalin. Zmíněná technologie přes soustavu vysokonapěťových elektrod a usazovacích elektrod je určena pro čištění spalin o teplotě 130–200 °C. Textilní filtry byly naopak odmítnuty z obavy poškození filtru při úletu žhavých částic z procesu spalování. Hlavním ukazatelem při výběru byla bezpečnost, účinnost dočištění spalin, realizovatelnost ve stávajících podmínkách a až následně cena.

Celkové provozní řešení spočívá v odvodu spalin z jednotlivých kotlů přes stávající multicyklony a nově instalované výměníky tepla spalin do venkovní jednotky mokré vypírky [58].



Obr. 12: Venkovní jednotka mokré vypírky spalin (Foto autor, 2020)

Spaliny jsou na cestě chlazeny ve zmíněném výměníku tepla spalin z 110–130 °C na cca 75 °C. Následně jsou dochlazeny na potřebných provozních cca 45 °C přidavnými ventilátory s regulací otáček dle skutečné teploty spalin [22].

Ochlazené spaliny jsou vháněny do roštů venkovní jednotky, kde jsou jemné prachové částice odlučovány pomocí vodní sprchy. Znečištěná sprchová voda jde samospádem do vnitřní části instalace mokré vypírky do technologie hrubého čištění odstředivkou a bubnovým filtrem. Čištěné vody jsou vháněny čerpadlem znovu do procesu čištění spalin. Znečištěné vody z procesu jsou odváděny do čistírny odpadních vod [58]. Denní produkce odpadních vod je cca 2 m³ [22].



Obr. 13: Vnitřní filtrační jednotka mokré vypírky spalin (Foto autor, 2020)

11. Koncepce rozvoje energetiky

Prioritou pro koncepční rozvoj energetiky v Kašperských Horách je udržení a rozšíření výroby tepelné energie z biomasy dodávané prostřednictvím centrálního zásobování. Do budoucna je potřeba počítat s jeho modernizací pro zajištění bezproblémového provozu a rozvojem CZT, a to samozřejmě v souladu se zpřísnujícími emisními limity. CZT musí být schopno zvládat zásobovat nejenom stávající odběrná místa, ale i nové odběrné stanice budoucího rozšíření rozvodů. Biomasa se tak stane pilířem energetické soběstačnosti v Kašperských Horách.

Do budoucna je po uplatnění jedné z navrhovaných variant rozvoje třeba se zamyslet nad dalším rozvojem a způsobem navýšení výkonu dosavadní technologie. Rozvoj města bude souviset v přímé úměře s ekonomickou situací obce a jejích obyvatel. Lze předpokládat, že po odeznění současné virové pandemie se ekonomická situace

stabilizuje a následně se bude zlepšovat S tím bude spjat i následný rozvoj výstavby a potřebné infrastruktury, což je příležitost pro rozvoj nejenom tepelného hospodářství.

Rozvoj energetiky i na poli výroby elektrické energie by měl být další metou. Současné „pouhé“ spalování štěpek pro výrobu tepelné energie není ideální z pohledu využití energetického potenciálu.

Je nutno využít energii v palivu a k spalovacímu procesu přidat i jiné přidané hodnoty. Jednou z variant je vydat se cestou kombinované výroby elektrické a tepelné energie. Tato společná výroba probíhá v kogeneračních jednotkách a může při využívání jednoho primárního zdroje výrazně, ve srovnání se samostatnou výrobou elektrické nebo tepelné energie, zvýšit účinnost využití zdroje [59].

Koncepce rozvoje v bodech:

- Stabilizace dodávek tepelné energie
 - Zajištění dostatku kvalitního paliva z místních zdrojů.
 - Zajištění bezproblémového provozu výtopny a rozvodů tepla.
 - Zajištění kvalitního a cenově dostupného servisu.
 - Udržení přijatelné ceny pro spotřebitele.
- Rozvoj CZT vedoucí k energetické soběstačnosti města
 - Hydraulické vyvážení soustavy
 - Realizace jedné z variant rozvoje
 - Plánování dalšího rozvoje v souladu s územním plánem
- Rozvoj energetické nezávislosti
 - CTZ pro většinu objektů ve městě
 - Orientace na výrobu elektřiny z biomasy a jiných zdrojů OZE.

11.1 Technologická vize

Výroba tepelné energie vlastními energetickými zdroji s využitím lokálních energetických surovin a doplňková výroba elektřiny z dostupných OZE. Vlastní výroba štěpek pro zásobování energetických zdrojů CZT, příp. pro další subjekty formou služeb.

Cílem je energetická soběstačnost obce Kašperské Hory založená na zásobování teplem z centrálního zásobování s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla za současného využití čistírenských kalů v energetice a případné využití sluneční a vodní energie pro výrobu elektřiny v menších výrobnách.

Základním cílem je uspokojení poptávky po tepelné energii z CZT. Je potřeba zvýšit bezpečnost dodávek a poskytnout prostor pro další rozvoj tepelné sítě s cílem připojit na CZT co nejvíce spotřebitelů. Tímto směrem se ubírají obě variantní řešení popsané dále.

11.2 Energetická koncepce se zaměřením na tepelnou energii

Pro koncepční řešení energetické nezávislosti obce Kašperské Hory je třeba vzít v úvahu všechny aspekty související nejenom s výrobou tepelné energie, ale i výrobu elektrické energie a vyhodnotit další přínosy pro ostatní odvětví související s chodem města. Nejedná se tedy pouze o energetiku. Je vhodné zde zahrnout také vodohospodářskou činnost, především čištění odpadních vod, úpravu čistírenských kalů a jejich následné využití v energetice. Pro zdárné plnění energetické koncepce je podstatná úzká kooperace městských společností v oblasti plánování dodávek paliva. Týká se nejen lesního hospodářství, ale i hospodaření na zemědělských plochách.

Základní kroky pro následující přípravné období:

- Spolehlivý provoz stávající technologie na výrobu tepelné energie. Technologicky vyladěný provoz výtopy na biomasu s kvalitní údržbou.
- Dobrá kooperace městských společností za účelem stabilních a ekonomicky přijatelných dodávek surovin pro výrobu biopaliva do výtopy.
- Bezpečné dodávky tepelné energie odběratelům. V případě poruchy zajištění reakční doby servisního zásahu provozovatele

a uvedení do provozu funkčního záložního zdroje pro odvrácení krizových situací v dodávkách tepla.

- Nastavení koncepčního rozvoje energetiky s cílem dosáhnout energetické soběstačnosti obce a její dosažení v souladu s udržitelným rozvojem.

Pro budoucí rozvoj obce je nutné definovat vizi, základní cíle, reálnost, způsob financování a poukázat na případná omezení a limity navrhnutého řešení.

Pilířem výroby tepelné energie v lokalitě Kašperské Hory je zmiňovaná biomasa. Pokrytí vyšší poptávky po tepelné energii je řešitelné úpravou stávající technologie a navýšením výkonu na zdroji, případně výstavbou nového zdroje.

Tato práce v jednotlivých kapitolách definuje aktuální stav, poukazuje na jednotlivé nedostatky a navrhuje způsob dílčích řešení. Pro dosažení energetické soběstačnosti obce Kašperské Hory pak práce navrhuje následující komplexní řešení.

Jsou zde navrženy dvě varianty, které budou následně ekonomicky vyhodnoceny. Variantní řešení bude navrženo městu pro další možný rozvoj energetiky po roce 2024. Rok 2024 je rokem ukončení udržitelnosti projektu „Mokrá vypírka spalin“. Realizovat opatření do této doby je dle SFŽP zásahem do části technologie financované z dotací a s tím je spojené riziko vrácení dotace.



Obr. 14: Kotel K1 UTSR 1600.32 vlevo, ve variantě 1 určený k výměně (Foto autor, 2019)

Pro shrnutí jsou dále uvedeny výkonnostní parametry stávajícího stavu.

Současný instalovaný výkon:

Centrální kotelna na biomasu

Kotel Schmid UTSR 1600.32 (K1) 1 600 kW

Kotel Schmid UTSR 2400.32 (K2) 2 400 kW

Spalinový výměník kotle K1 160 kW (reálný výkon kolem 15 kW)

Spalinový výměník kotle K2 240 kW (reálný výkon kolem 25 kW)

Záložní kotelna na ELTO

Kotle DeDietrich GT 430-11 na ELTO 2x 430–495 kW

celkem 860–990 kW

Instalovaný výkon celkem: 5 390 kW

Reálně využitelný výkon: 4 040 kW

[22]

Pozn.

Ve skutečnosti nelze celkového instalovaného výkonu docílit z následujících důvodů:

- Kotelna na ELTO je pouze záložní a neumožňuje souběh provozu obou kotelen. Nyní slouží pouze pro vytápění při havarijních stavech na centrální výtopně.
- Výkon spalinových výměníků umístěných na centrální výtopně se z důvodu nesprávného zapojení a nízké teploty spalin ani zdaleka neblíží v projektu uvedenému instalovanému výkonu. Důvodem je, že vratná topná voda se před vstupem do výměníku tepla spalin míchá v tlakovém vyrovnávači – anuloidu. Z tohoto důvodu je teplota vstupní vody vyšší (cca 85 °C) než je teplota vratné vody na zpátečce (cca 65 °C). Do spalinového výměníku tedy vstupuje voda s vyšší teplotou. V kombinaci s nízkou teplotou spalin 110–130 °C je přenos tepla ze spalin do vody nízký. Dle pozorování vizualizace výměníků tepla spalin se okamžitý výkon výměníků pohybuje v průměru 15 kW u kotle K1 a 25 kW u kotle K2 [22].

Čerpací práce:

Zajišťují dvě hlavní oběhová čerpadla umístěná v centrální výtopně na biomasu WILO-BL 40/210-11/2.



Obr. 15: Oběhová čerpadla v centrální výtopně (Foto autor, 2019)

Pozn. Dle tlakového diagramu stávajícího stavu, který na základě podkladů provozovatele zhotovila společnost ENESA ve výpočetním programu ORTEP viz. příloha č. 1, je tlaková ztráta teplovodu 300 kPa, tlaková ztráta kotelny činí cca 100 kPa a pro stávající výkon 4 000 kW pak při průtoku 98 m³/h činí tlak čerpadel cca 500 kPa při práci obou čerpadel. V příloze č. 2 je grafické schéma s barevným rozlišením zobrazení střední rychlosti stávajících odběrů. Hodnoty jsou z přívodu v metrech za vteřinu. Ze schématu jsou patrná nejkritičtější místa soustavy. Jedná se o páteřní část soustavy od centrální výtopny, která v úseku cca 490 m je vyznačena červenou a dále do města žlutou barvou [60].

Z výsledku je zřejmé, že jakýkoli reálný rozvoj CZT je spojený s navýšením výkonu na zdroji. Bez něj by k dalšímu rozvoji prakticky nemohlo dojít a stav by se zakonzervoval. Připojování nových spotřebitelů by bez tohoto kroku nebylo možné. Navíc soustava rozvodů tepla vykazuje aktuálně značné nevyvážení. Již za současného stavu je na hranici možností ve vyvedení výkonu ze stávající centrální

výtopny. Jedno z nejkritičtějších míst v soustavě rozvodů tepla je právě na páteřní části rozvodů od výtopny směrem do centra obce.

V posuzovaných variantách tak musí být zohledněn i zvýšený přenos výkonu a je nutno počítat s posílením některých úseků soustavy spočívající ve zvýšení dimenze na potrubí.

V první etapě je v řešení počítáno s napojením nových odběrů, které jsou výhledově potvrzeny.

Tabulka nově plánovaných instalovaných výkonů (MW):

Plánované navýšení odběrných míst (potvrzené) v MW		
233	Bytový dům	0,077
234	RD	0,013
235	RD	0,070
236	Objekt obchodu a služeb	0,105
237	RD	0,025
238	RD	0,070
239	Bytový dům	0,098
240	Sokolovna	0,170
241	RD	0,025
242	RD	0,025
243	RD	0,025
celkem		0,703

Tab. 12: Plánované rozšíření CZT o odběrná místa (ENESA upravil autor, 2020)

Při sečtení projektových výkonů jednotlivých odběrných míst lze dojít k celkovému číslu 8,3 MW. Porovnáme-li tento celkový výkon s výkonem stávající kotelny 4,0 MW, je zřejmé, že stávající stav je na samotné hranici kapacity.

Pro správnost uvažovaných variant rozvoje je tedy nutné si stanovit podmínky výpočtových kroků:

- Základním údajem nejsou projektové odběry, ale skutečné odběry. Jako referenční je uveden rok 2019 a z něj vypočtené příkony odběrů (tabulka č. 13 dále).
- Tento přehled potvrzuje skutečnost, že centrální výtopna je na hranici výkonu a zejména při najíždění výroby a energetických špičkách dochází k přetížení a částečnému nedotápění některých objektů.

- Z důvodu ztrát v rozvodech jsou výpočty hydraulického zatížení sítě provedeny pro výkon 3,4 MW a tento stav je brán jako základní, ke kterému budou vztaženy obě posuzované varianty rozvoje soustavy.
- Navýšení výkonu je prozatím počítáno o potvrzená odběrná místa s celkovým příkonem 0,7 MW z tabulky č. 10.
- Z výše uvedeného lze stanovit základní parametry pro výpočet hydraulického vyvážení soustavy:
 - Výkon prostého součtu všech OPS dle projektové dokumentace: 8,3 MW.
 - Výkon stávající kotelny: 4 MW (bez výměníků tepla spalin) [22].
 - Přepočtený výkon odběrů dle referenčního roku 2019: 3,4 MW [60].

Stávající výkony podle roku 2019 jsou uvedeny v následující tabulce.

číslo DPS	POPIS	ADRESA	Název uzlu	Výkon pro výpočet (MW)
1,2,43	Byt v bytovém domě (BD)	Karlova 78 (a)	SP001/002/043	0,029
	Byt v BD	Karlova 78 (b)		
	Byt v BD	Karlova 78 c		
3	Město - základní škola	Vimperská 230	SP003_ZŠ	0,239
4,147,199	Město - bytový dům - UT	Besední 384-387	SP004_A, B/147/199	0,201
	Město - bytový dům – TUV (teplá užitková voda)	Besední 384-387		
	Olejevá kotelna	Besední čp. 384 - 387		
5	BD	Sušická 270	SP005	0,011
6	BD TUV	Sušická 270	SP006	0,009
7	RD	Smetanova 338	SP007	0,007
8	BD	Husova 252	SP008	0,011
9	RD	Husova 251	SP009	0,007
10	RD	Smetanova 271	SP010	0,005
11	BD	Náměstí 8	SP011	0,01

12	BD	Smetanova 272	SP012	0,012
13	MEDICA - provozní budova	MEDICA FILTER	SP013	0,064
14	MEDICA - výrobní budova stará	MEDICA FILTER	SP014	0,084
15	MEDICA - výrobní budova nová	MEDICA FILTER	SP015	0,041
16	BD	Smetanova 337	SP016	0,01
17	BD	Vímperská 212	SP017	0,021
18	BD	Smetanova 164	SP018	0,01
19	RD	Smetanova 211	SP019	0,008
20	Penzion Kašperk	Sušická 166	SP020	0,033
21	SNP a CHKO Šumava-provoz budova	Sušická 399	SP021	0,041
22,23	SNP a CHKO Šumava- inf. středisko	Sušická 399	SP022/23	0,024
	SNP a CHKO Šumava-bufet	Sušická 399		
24	SNP a CHKO Šumava-RD	Sušická 268	SP024	0,007
25	Město - bytový dům	Horní 381,382	SP025	0,022
26	BD Společenství vlastníků domu č.p. 83	Karlova 83	SP026	0,029
27	BD Společenství vlastníků č.p.361	Smetanova 361	SP027	0,057
28	BD Společenství vlastníků č.p.201	Smetanova 201	SP028	0,064
29	RD	Zlatá Stezka 97	SP029	0,003
30	Město - bytový dům	Smetanova 165	SP030	0,047
31	Město - bytový dům	Česká 301	SP031	0,035
32	Město - bytový dům	Sušická 160	SP032	0,033
33,37,178	Byt v BD	Karlova 74 (b)	SP033/037/178	0,014
	Byt v BD	Karlova 74 (a)		
	Byt v BD	Karlova č.p.74		
34	Město - radnice	Náměstí 1	SP034	0,066
35_A	Město - kino	Baarova 132	SP035_A_B_C	0,039
35_B	Byt			
35_C	Byt			
36_A	Město - lesy, statky	Zlatá stezka 95,96	SP036_A_B	0,041
36_B	Byt			
38	Město - zdravotní středisko	Zlatá stezka 360	SP038	0,057
40	Byt	Horní 158	SP040	0
41	Byt	Horní 157	SP041	0,007
42	Turistická ubytovna	Bohdana Týbla 15	SP042	0,032
44	FARA	Náměstí 14	SP044	0,021
45	BD	Náměstí 5	SP045	0,017

46	Dům s pečovatelskou službou	Žižkovo náměstí 401	SP046	0,142
47	Město - bytový dům	Klostermannova 402	SP047	0,038
48	BD Společenství vlastníků domu 184	Náměstí 184	SP048	0,037
49	BD	Sušická 305	SP049	0,013
50	SARK'S penzion a restaurace.	Náměstí 7	SP050	0,025
51	RD	Chelčického 30	SP051	0,007
52	RD	Dlouhá 376	SP052	0,003
53	RD	Klostermannova 254	SP053	0,009
54	RD	Zahradní 216	SP054	0,006
55	RD	Zahradní 109	SP055	0,01
56	RD	Zahradní 354	SP056	0,001
57	RD	Zahradní 191	Sp057	0
58	RD	Zahradní 356	SP058	0,005
59	RD	Zahradní 357	SP059	0,01
60,72	BD	Vímperská 12	SP060/072	0,025
	BD	Vímperská 15		
61	RD	Vímperská 321	SP061	0,007
62	BD	Vímperská 13-zadní	SP062	0,029
63	HYALIT spol. s.r.o. Hotel	Náměstí 3	SP063	0,081
64	Hotel TOSCH	Náměstí 1	SP064	0,242
65	RD	Vímperská 329	SP065	0,009
66	RD	Vímperská 274	SP066	0,005
67	RD	Vímperská 75	SP067	0,001
68,87	BD	Sušická č.p. 170	SP068/087	0,012
		Sušická č.p. 170		
69	RD	Vímperská 202	SP069	0,005
70	RD	Vímperská 323	SP070	0,004
71	RD	Vímperská 302	SP071	0,001
73	RD	Smetanova č.p.403	SP073	0
74	RD	Smetanova č.p.171	SP074	0,009
75	RD	Dolní 72	SP075	0,004
76	BD	Dlouhá 44	SP076	0,014
77	Město - Pila	Smetanova 156	SP077	0,032
78	RD	Smetanova č. Kat. 2020/14	SP078	0,005
79	RD	Nová 362	SP079	0,007
80	RD	Nová 148	SP080	0,009
81	RD	Horní 303	SP081	0,004
82	Technické Služby	Sušická 49	SP082	0
83	RD	Klostermannova 227	SP083	0,004

84	RD	Bohdana Týbla 29	SP084	0,005
85	RD	Zahrádkářů 290	SP085	0,003
86	RD	Zahradní 176	SP086	0,002
88	HYALIT spol. s.r.o.	Náměstí 2	SP088	0,005
89	BD	Barvířská 77	SP089	0,012
90_A,B	Městská jídelna, klub	Horní 168	SP090_A_B	0,016
91	BD Společenství vlastníků č.p. 234	Vimperská č.p. 234	SP091	0,009
92	RD	Vimperská č.p.71	SP092	0,012
93	BD Společenství vlastníků čp 67	Dlouhá 67	SP093	0,029
94	BD	Dlouhá 103	SP094	0,011
95	RD	Vimperská č.p.229	SP095	0,007
96	RD	Besední č.p. 23	SP096	0,003
97	RD	Husova 249	SP097	0,009
98	Společenství vlastníků čp 342	Nová č.p.342	SP098	0,002
99	RD	Nová č.p.371	SP099	0,004
100	RD	Nová č.p.366	SP100	0,002
101	RD	Sušická č.p.269	SP101	0,003
102	RD	Sušická č.p.322	SP102	0,009
103	RD	Vimperská 233	SP103	0,007
104	RD	Sušická čp.161	SP104	0,008
105	BD	Sušická č.p.163	SP105	0,004
106	RD	Sušická č.p.152	SP106	0,001
107	RD	Zahradní 217	SP107	0,002
108	RD	Zahradní 179	SP108	0,005
109	RD	Baarova č.p.149	SP109	0
110	BD Společenství vlastníků čp 273	Nerudova čp.273	SP110	0,014
111,39	RD	Dlouhá č.p.100	SP111/039	0,026
	Město - Bytový dům E5	Zlatá stezka 99		
112	RD	Dlouhá č.p.101	SP112	0,008
113	RD	Dlouhá č.p.104	SP113	0,034
114	RD	Dlouhá č.p.105	SP114	0,003
115	RD	Zahradní 352	SP115	0,067
116	RD	Dlouhá č.p. 106	SP116	0,001
117	RD	Barvířská č.p.400	SP117	0,008
118	RD	Barvířská č.p.79	SP118	0,006
119	RD	Dolní č.p.81	SP119	0,007
121	RD	Bezručova č.p.91	SP121	0,003

122	RD	Husova č.p.258	SP122	0,006
123	RD	Husova č.p.263	SP123	0,002
124	BD Společenství pro dům čp 153	Česká 153	SP124	0,045
125	RD	Husova č.p.264/RD	SP125	0,007
126	RD	Klostermannova č.p.240	SP126	0,009
127	BD	Dlouhá 128	SP127	0,012
128	RD	Okružní č.p. 214	SP128	0,004
129	RD	Okružní č.p. 422	SP129	0,001
130	RD	Zlatá Stezka č.p.222	SP130	0,009
131	RD	Zlatá Stezka č.p. 98	SP131	0,006
132	RD	Zlatá Stezka č.p.185	SP132	0,003
133	RD	Zlatá Stezka č.p.87	SP133	0,007
134	RD	Barvířská č.p.85	SP134	0,005
135	RD	Zlatá Stezka č.p.380	SP135	0,008
136	RD	Zlatá Stezka č.p.221	SP136	0,002
137	RD	Klostermannova č.p.256	SP137	0,009
138	RD	Zlatá Stezka č.p.186	SP138	0,01
139	RD	Husova č.p.247	SP139	0,007
140	RD	Husova č.p.248	SP140	0,006
141	RD	Náměstí č.p.6	SP141	0,003
142	BD Společenství pro dům čp 34	Náměstí č.p. 34	SP142	0,05
143	Prodejna ZKD TUTY	Náměstí č.p.143	SP143	0,027
145	BLS s.r.o. Maceška Bohuslav	Náměstí č.p. 35	SP145	0
146	Domov dětí	Náměstí 146	SP146	0,057
148	RD	Bohdana Týbla č.p.32	SP148	0,011
149	RD	Petra Chelčického č.p.319	SP149	0,008
150	RD	Zahradní 353	SP150	0,003
151	RD	Zahradní 126	SP151	0,003
152	RD	Zahradní 190	SP152	0,005
153	RD	Bohdana Týbla č.p. 28	SP153	0,006
154	RD	Vimperská 206	SP154	0,005
155	RD	Petra Chelčického 34	SP155	0,005
156	RD	Petra Chelčického 40	SP156	0,014
144	BD	Náměstí 189	SP144	0,051

157	RD	Šumavská č.p. 33	SP157	0,006
158	RD	Šumavská č.p. 57	SP158	0,003
159	RD	Šumavská č.p. 56	SP159	0
160	RD	Zahrádkářů č.p.284	SP160	0
161	RD	Zahradní č.p.127	SP161	0,002
162	RD	Vimperská č.p. 196	SP162	0,005
163	RD	Vimperská č.p.197	Sp163	0,004
164	RD	Vimperská č.p.198	SP164	0,002
165	RD	Vimperská č.p.199	SP165	0,001
166	RD	Zahradní č.p.177	SP166	0,003
167	RD	Zahradní č.p 180	SP167	0,007
168	RD	Zahradní č.p 182	SP168	0,005
169	RD	Zahradní č.p. 351	SP169	0,009
170	RD	Zahradní č.p 355	SP170	0,01
171	RD	Karlova č.p.359	SP171	0,011
172	RD	Karlova č.p.145	SP172	0,001
173	RD	Karlova č.p.372	SP173	0,007
174	BD	Klostermannova 241	SP174	0,028
175	RD	Klostermannova 327	SP175	0,002
176	RD	Klostermannova 279	SP176	0,004
177	RD	Klostermannova 278	SP177	0,002
179	RD	Vimperská č.p.233	SP179	0,002
180,18 2, 233	Byt v BD	Karlova č.p. 73	SP180/182, 233	0,013
	Byt v BD	Karlova 73		
	Byt v BD	Karlova 73		
181	RD	Dlouhá 93	SP181	0,002
183	RD	Besední 41	SP183	0,011
184	RD	Zahradní 122	SP184	0,013
185	RD	Zahradní 123	SP185	0,014
186	RD	Dlouhá 60	SP186	0,01
187	RD	Zahradní 129	SP187	0,011
188	RD	Klostermannova 257	SP188	0,002
189	RD	Nová 343	SP189	0,001
190	RD	Baarova 150	SP190	0,012
191	RD	Zlatá Stezka 377	SP191	0,009

192	RD	Okružní 391	SP192	0,007
193	RD	Vímperská č.par.1312/10	SP193_ALFA	0
194	RD	Husova 250	SP194	0,002
195	RD	Zahrádkářů č.p.363	SP195	0,004
196	RD	Zahrádkářů č.p.286	SP196	0,01
197	RD	Krátká č.p.406	SP197	0,004
198	RD	Krátká č.p.419	SP198	0,004
201	KOTELNA vlastní spotřeba	Smetanova156	SP201	0,008
230	RD	Karlova 9	SP230	0,025
231	RD	Na Pranýři	SP231	0,001
232	HPH H. penzion	Náměstí 10	SP232	0,002

Tab. 13: Přehled instalovaných výkonů dle referenčního roku 2019 (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020)

Navrhovaná opatření vedoucí k energetické nezávislosti:

Varianta 1 – hydraulické vyvážení soustavy, navýšení výkonu v centrální výtopně na biomasu, úprava a začlenění záložní kotelny na ELTO do provozu CZT jako špičkový zdroj.

Varianta 2 – navýšení výkonu výstavbou nové kotelny na biomasu, spoluspalování odvodněných kalů, úprava a začlenění záložní kotelny na ELTO do provozu CZT jako špičkový zdroj.

Pozn. Začlenění stávající záložní kotelny na ELTO není cílem v rozvoji energetiky, ale vzhledem k celkovému nízkému výkonu na zdroji a již uskutečněné investici do zdroje na ELTO, je s ním počítáno v případě dlouhodobých mrazů jako se špičkovým zdrojem. Nevyužití zdroje na ELTO by znamenalo zmařenou investici ve výši 8,7 mil. korun. (Tomáš Kožuch, finanční odbor MÚ Kašperské Hory, XI.2020, in verb)

Varianta 1

Pro přehlednost rozdělme variantu na dílčí části realizace:

- a) Hydraulické vyvážení soustavy.
- b) Navýšení výkonu na centrálním zdroji přímo ve výtopně na biomasu – výměna kotle a úprava napojení spalinových výměníků.

c) Úprava záložní kotelny na špičkový zdroj s možností začlenění do soustavy CZT.

Tyto úpravy technologie vedoucí k rozvoji CZT a ke zvýšení energetické soběstačnosti lze realizovat i samostatně. Pro dosažení maximálního účinku je ovšem potřeba postupná realizace všech opatření.

Ad a) Hydraulické vyvážení soustavy

Současně s instalací nového kotle je nutné provést i další úpravy pro zlepšení hydraulického vyvážení soustavy. Jedná se o zvýšení kapacity potrubí v kritických místech soustavy, možnosti dálkové regulace nejvýkonnějších stanic a výměně stávajících oběhových čerpadel. Pro zjištění stávajícího stavu byly společnosti ENESA zajišťující energetické služby dány podklady pro hydraulický přepočít soustavy. Tlakový diagram, který je výsledkem výpočtů z programu ORTEP viz. příloha č. 1, ukazuje následující tlakové ztráty:

- Tlaková ztráta teplovodu: 300 kPa.
- Tlaková ztráta kotelny cca 100 kPa.
- Při výkonu 4 MW a průtoku 98 m³/h tlak čerpadel cca 500 kPa [60].

V příloze č. 2 je znázorněno grafické schéma střední rychlosti stávajícího oběhu teplé vody v rozvodech CZT.

Ad b) Výměna kotle a úprava spalinových výměníků.

S ohledem na stáří a výkon se jeví jako nejvýhodněji výměna menšího kotle K1 s výkonem 1 600 kW za kotel s vyšším výkonem.

Kotel K1 je pro budoucí, ale i stávající stav již výkonnostně nedostatečný. Tento kotel je v současné době technologicky zastaralý a provozně opotřebovaný. Při zachování jeho provozu je možné odhadnout jeho životnost na 5, při rekonstrukci (obnově vyzdívky, klenby, hydraulického podavače, výměně elektromotorů šnekových dopravníků apod.) maximálně na 10 let.

Varianta počítající s umístěním nového kotle na místo stávajícího má svá specifická omezení. Při výměně stávajícího kotle je nutno brát ohled na:

- Prostorové uspořádání a na velikost vymezeného prostoru ve výtopně.
- Kapacitu stávajících cest pro dopravu paliva.
- Kapacitu kouřovodu a spalínového výměníku.
- Hydraulickou kapacitu potrubí a maximální možné vyvedení výkonu tepelné energie do sítě.

S ohledem na tato omezení a požadavky je tak nejvhodnější variantou nový kotel o výkonu 2 400 kW od stejného výrobce.

Úprava zapojení spalínových výměníků. Ve výtopně je nyní instalován pro každý kotel výměník tepla spalín. Funkcí spalínových výměníků je ochlazení spalín před vstupem do procesu čištění v mokré vypírce a přehřev topné vody. Deklarovaný výkon pro výměník kotle K1 160 kW a kotle K2 240 kW výměníky ani zdaleka nesplňují. Stávající výkon spalínových výměníků vysledovaný obsluhou kotelny je 25 kW pro kotel K1 a 40 kW pro kotel K2.

Důvodem jsou nízké rozdíly teplot mezi spalínami a vodou. Relativně studené spaliny z kotlů 115–130 °C nepředávají tepelnou energii teplé vodě o průměrné teplotě cca 80 °C.

Projektovaný výkon původně počítal se spalínami cca 180 °C. Nebral ovšem v potaz, že tento typ kotlů zahrnuje virbulátory, které zvyšují účinnost kotle, ale snižují i teplotu spalín, tzn. že spaliny proudící do výměníku mají výrazně nižší teplotu. Naopak vratná voda ze systému CZT je před vstupem do výměníků míchána v anuloidu a do výměníků vstupuje o teplotě cca 80 °C, a ne projektovaných 65 °C [60].

Výkonnostní parametry po navrhované výměně:

Plánovaný instalovaný výkon:

Kotel K1	2 400 kW
Kotel K2	2 400 kW

Spalinový výměník kotle K1 tzv. zpátečky)	55 kW (po úpravě napojení
Spalinový výměník kotle K2 tzv. zpátečky)	84 kW (po úpravě napojení
Kotle ELTO 2x 430–495 kW	990 kW [22]

Využitelný instalovaný výkon po navržených úpravách ve Variantě I. celkem: 5 929 kW

Pozn. U spalinových výměníků lze navýšit výkon oproti stávajícímu stavu, ale z důvodu vstupu chladných spalin do výměníku nelze dosáhnout projektovaných výkonů. Výkon spalinových výměníků po realizaci opatření za uvedených podmínek v následující tabulce.

Výkon spalinových výměníků po přepojení			
	K1	K2	
Spaliny - průtok	7 900	11 900	kg/h
Teplota spalin na vstupu	115	115	°C
Teplota spalin na výstupu	94	94	°C
Voda - průtok	15 700	24 000	kg/h
Teplota vody na vstupu	65	65	°C
Teplota vody na výstupu	68	68	°C
Výkon výměníku	55	84	kW

Tab. 14: Výkon spalinových výměníků po realizaci opatření (EVK Kašperské Hory, 2020)

Ad c) Úprava záložní kotelny na špičkový zdroj s možností začlenění do soustavy CZT.

Samotná záložní kotelna nemusí projít žádnou významnou úpravou. Pro využití jako špičkového zdroje je potřeba kotelnu začlenit do systému CZT, a to osazením nových čerpadel, novým systémem MaR, osazením systémem komunikace MaR, regulací topné vody a snímačů Δp .

Úpravy vyplývající z varianty 1:

- Strojní část
 - Výměna kotle K1 o jmenovitém výkonu 1,6 MW za nový kotel o výkonu 2,4 MW.
 - Úpravy kouřovodů, teplovodního a vzduchového potrubí, přísunu paliva, odvodu popela vč. stavebních úprav.
 - Výměna oběhových čerpadel.
 - Pro optimalizaci a přenesení výkonu je nutná výměna stávajícího předizolovaného potrubí DN 150 na páteřní trase od zdroje (centrální výtopy) k bodu OD067 na DN 200. v délce 490 m [60].
 - Po realizaci výměny kotle dosáhne celkový výkon výtopy 4,8 MW. Toto navýšení bude dostatečné pro realizaci připojení nových již potvrzených odběrných míst. Případná budoucí nová odběrná místa budou vyžadovat další rozvoj, tzn. další posílení CZT na zdroji. Zvýšené potřeby tepla lze krátkodobě pokrýt z výkonů výměníků a špičkového zdroje na ELTO.

- Část elektro, MaR
 - Součástí úprav je i navržení dálkové regulace předávacích stanic.

Ekonomicky odůvodnitelné je osazení regulátoru se vzdálenou regulací u 22 hlavních OPS nad 50 kW, čímž bude možné v topných špičkách rozložit plynulost dodávky v čase a tím zmírnit nárazovou potřebu tepla v soustavě.

- Klíčové je zajištění funkčnosti teplovodní soustavy, jejímž základním předpokladem je snímání DP i v okrajových místech teplovodní sítě, resp. zajištění řízení čerpadel na centrální výtopy, příp. na dalších navrhovaných zdrojích. Jedná se o monitoring DP v objektech SP065, SP197, SP129, SP098, příp. snímání co nejbližší u těchto objektů a jejich přenos do centrální výtopy [60].

- Změny budou vyžadovat výměnu zastaralého systému regulace s doplněním o komunikaci pro přenos hodnot DP, měřičů tepla a ovládání regulátorů v určených objektech.

Situace po navýšení výkonu a realizaci výše představených opatření je vyobrazena v tlakovém diagramu v příloze č.3. Rychlost proudění znázorňuje grafické schéma v příloze č. 4. Z diagramu a grafu vyplývá značné zlepšení přenosu média i po zvýšení výhledových odběrů. Navýšení dimenze potrubí v tomto úseku z DN 150 na DN 200 (od stávající centrální výtopny po odbočku OD067) vykazuje značné odlehčení v čerpací práci a s tím spojenou úsporu elektrické energie [60].

Varianta 2

Navýšení výkonu výstavbou nové kotelny na biomasu, spoluspalování odvodněných kalů, úprava a začlenění záložní kotelny na ELTO do provozu CZT jako špičkový zdroj.

Pro další rozvoj CZT a s tím spojené připojení dalších odběrných míst a potřeby navýšení výkonu celé soustavy CZT je variantou osazení nového zdroje v jiné části města, než je umístěna centrální kotelna. Varianta spočívá v zachování stávající výroby tepla z biomasy v centrální výtopně v nezměněné podobě s výkonem 4 MW a využití výměníků tepla spalín se stávajícími výkony 15 a 25 kW.

- a) Navýšení výkonu výstavbou nové kotelny na biomasu umožňující současně i spoluspalování čistírenských kalů.
- b) Úprava záložní kotelny na špičkový zdroj s možností začlenění do soustavy CZT a hydraulické vyvážení soustavy.

Ad a) Záměrem je v oblasti nejvzdálenější od výtopny vyprojektovat nový zdroj na biomasu cca o výkonu 1 – 1,5 MW s možností dalšího rozšíření. Zdroj na biomasu v této variantě je schopen zajistit i spoluspalování odvodněných kalů z ČOV. Z ekonomických důvodů se nabízí kontejnerové modulární technologie, kde lze bez náročných

stavebních úprav do budoucna navýšit výkon na zdroji připojením kontejneru s kotlem.

Výběr lokality ovlivňuje vlastnictví pozemků pro plánovanou výstavbu, vhodné napojení na teplovodní síť, potenciál rozvoje apod. Vhodné podmínky splňuje pouze několik lokalit v obci. Nejvhodnější místo je situováno v okrajové východní části města v lokalitě Na Cikánce.

V případě výstavby v této lokalitě je nezbytné od plánovaného zdroje k současnému rozvodu vybudovat propojení novým páteřním teplovodem DN 100 v délce cca 170 m a posílit stávající teplovod v délce cca 380 m až k odbočce OD144 [60].

Ad b) Úpravy pro začlenění stávající záložní kotelny do provozu CZT jsou obdobné jako u první varianty. Pouze nový systém MaR musí být propojen s novou kotelnou.

Úpravy při realizaci druhé varianty:

- Strojní část
- Výstavba nové kotelny o jmenovitém výkonu 1 – 1,5 MW. Pro snížení investičních nákladů lze využít např. modulární kotelnu v kontejnerech.

Skladba technologie:

- Zastřešený sklad paliva na biomasu (štěpka z dřevního odpadu)
- Zastřešené stání pro kontejnery z ČOV s odvodněným kalem
- Manipulační plocha pro zásobování a nakládání paliva
- Kontejner – dosoušení kalů
- Dávkovací vůz pro naložení paliva
- Palivová cesta ke kotlům
- Kotle v kontejneru vybaveny integrovanými multicyklony
- Spalinové cesty vedoucí do mokré vypírky spalin s bypassem do jednotlivých komínů
- ORC technologie – parní motor pro výrobu elektřiny pro dobíjení nakladače.
- Manipulační technika:

Vlastní manipulátor – nakladač s teleskopem na elektrický pohon.
Dobíjení zajištěno z ORC turbíny.

- Výměna části páteřního teplovodu za větší dimenzi DN100 v délce 380 m.
- Propojení stávající teplovodní sítě s novou kotelnou v délce cca 170 m.
- Část elektro, MaR
- S ohledem na skutečnost, že rozvody CZT jsou postupem času dotvářeny dle potřeb odběratelů tepelné energie a jsou několikanásobně zokruhovány, je pro další fungování nezbytné osazení nového systému MaR obou kotelen a osazení komunikace MaR včetně podružné regulace topné vody a snímačů Δp .

Doplněním o komunikaci pro přenos hodnot DP, měřičů tepla a ovládání regulátorů v určených objektech je shodné s variantou 1.

Výkonnostní parametry po realizaci varianty 2:

Kotel K1	1 600 kW
Kotel K2	2 400 kW
Spalinový výměník kotle K1	15 kW
Spalinový výměník kotle K2	25 kW
Kotle ELTO 2x495 kW	990 kW
Kotle na biomasu s možností spoluspalování kalů	1 000 - 1 500 kW
Instalovaný výkon celkem:	6 030 kW [22]

Příloha č. 5 znázorňuje tlakový diagram při realizaci varianty 2 a s ní spojené navýšení výkonu realizované formou výstavby nové kotelny v lokalitě Na Cikánce s předpokládaným navýšením výhledových odběrů 0,7 MW a posílením páteřního rozvodu od nové kotelny na dimenzi DN 100. V příloze č.6 je znázorněna změna střední rychlosti média oproti stávajícímu stavu z přílohy č.2 [60].

11.3 Přidružené technologie

O přidružené technologii lze reálně uvažovat u Varianty 2, kde se nejedná o samostatné spalování biomasy – štěpky, ale doplňkově rovněž o spoluspalování čistírenských kalů. Tato varianta počítá se dvěma kotli na spalování biomasy ve směsi se stabilizačním palivem LTO a s možností spoluspalování odvodněného čistírenského kalu. Jako inspirativní příklad může posloužit kontejnerová technologie realizovaná v bavorském Viechtachu. Tato technologie umožňuje vysoušení odpadní biomasy a odvodněného kalu z ČOV a spoluspalování. V testovacím zařízení ve Viechtachu je zařízení doplněno o ORC turbínu pro výrobu elektřiny. [26]



Obr.16: Viechtach, DEU: Technologie na spoluspalování biomasy a kalů (Foto autor, 2015)

Využití odpadní biomasy a čistírenských kalů díky této technologii má vliv na snížení nákladů na jejich standardní odstraňování. Tento přístup umožní využití jinak zbytkové biomasy a čistírenských kalů v místě jejich vzniku. Vzhledem k již realizované intenzifikaci čistírny v Kašperských Horách a zařazení technologie separátoru v kalovém hospodářství jde tak o logické technologické navázání dalšího nakládání s kaly. [26]

Díky této technologii jsou kaly využitelným energetickým palivem.

Navíc lze popel vzniklý při spalování navážet do místní kompostárny a následně využít v zemědělství jako hnojivo.

Z důvodu nižší investice do kontejnerové technologie a možnosti budoucího rozšíření instalovaného výkonu lze tuto variantu uplatnit místo výstavby klasické nové kotelny v budově.

V počáteční investici je možné navrhnout technologický celek se dvěma kontejnery s kotli, každý s instalovaným výkonem cca 500 kW.

12. Návratnost investic

Varianta 1:

Investiční náklady:

- Projektová příprava 0,4 mil. Kč
- Nový kotel o jmenovitém výkonu 2,4 MW: 7,5 mil. Kč
- Úpravy kouřovodů, teplovodního a vzduchového potrubí, cest přísunu paliva, odvodu popela vč. stavebních úprav: 1,1 mil. Kč.
- Výměna oběhových čerpadel: 0,4 mil. Kč
- Výměna stávajícího předizolovaného potrubí DN 150 na páteřní trase od zdroje (centrální výtopny) k bodu OD067 na DN 200. v délce 490 m: 4,9 mil. Kč.
- Nový řídicí systém kotelny a MaR: 2,7 mil. Kč
- Regulace vybraných 22 stanic: 1,4 mil. Kč
- MaR kotelny na ELTO s propojením na centrální výtopnu: 0,7 mil. Kč.

Investiční náklady celkem: 19,1 mil. Kč

Provozní náklady:

- Mzdové náklady na obsluhu: 0 mil. Kč (bez navýšení)

- Servis technologie: 0,2 mil. Kč
- Ostatní provozní náklady: 0,3 mil. Kč
- Nákup paliva: 1,8 mil. Kč

Roční provozní náklady celkem: 2,3 mil. Kč

Roční výnosy z prodeje tepla:

Produkce z topné sezóny není počítána z navýšení výkonu, ale z předpokládaného navýšení spotřeby o plánovaných 0,7 MW napojením nových odběrných míst.

$700 \text{ kW} = \text{cca } 2,52 \text{ GJ/h} \times 4 \text{ 800 h (200 dní)} = 12 \text{ 096 GJ/rok (resp. topnou sezónu)}$

Výnosy z prodeje tepla můžeme uvažovat:

- 1) Při současné ceně tepelné energie 388,- Kč/GJ bez DPH lze předpokládat roční výnosy ve výši 4 693 248,- Kč bez DPH.
- 2) Provozní podporu tepla z OZE budeme uvažovat dle stávajícího nastavení od ERÚ 55,- Kč za GJ. Tj. $12 \text{ 096 GJ} \times 55 \text{ Kč} = 665 \text{ 280,- Kč}$.

Roční výnosy celkem: 5 358 528,- Kč

Varianta 2:

Investiční náklady:

- Projektová příprava 0,5 mil. Kč
- Technologická linka pro termické využití biomasy a kalů vč. ORC technologie: 39,7 mil. Kč
- Stavební práce související s technologií kotelny: 1,9 mil. Kč
- Výměna části páteřního teplovodu za větší dimenzi DN100 v délce 380 m: 3,8 mil. Kč
- Propojení stávající teplovodní sítě s novou kotelnou v délce cca 170 m: 1,8 mil. Kč

- MaR nové kotelny a kotelny na ELTO vč. regulace 20 největších odběrů (OPS): 4,5 mil. Kč

Investice celkem: 52,2 mil. Kč

Pozn. Jedná se o předpokládané náklady, pro jejich specifikaci je nezbytné zpracování projektové dokumentace s podrobným položkovým rozpočtem – výkaz, výměr.

Provozní náklady:

- Mzdové náklady na obsluhu: 0,6 mil. Kč
- Servis technologie: 0,19 mil. Kč
- Ostatní provozní náklady: 0,3 mil. Kč
- Nákup paliva: 2 mil. Kč
- Nákup stabilizačního paliva (ELTO): 0,4 mil. Kč

Roční provozní náklady celkem: 3,49 mil. Kč

Roční výnosy z prodeje tepla:

Produkce z topné sezóny je počítána z předpokládaného navýšení spotřeby o plánovaných 0,7 MW napojením nových odběrných míst.

$700 \text{ kW} = 2,52 \text{ GJ/h} \times 4\,800 \text{ h (200 dní)} = 12\,096 \text{ GJ/rok (resp. topnou sezónu)}$

Výnosy z prodeje tepla můžeme uvažovat ve stejné výši jako u předchozí varianty:

- 1) Při současné ceně tepelné energie 388,- Kč/GJ bez DPH lze předpokládat roční výnosy ve výši 4 693 248,- Kč bez DPH.
- 2) Provozní podporu tepla z OZE budeme uvažovat dle stávajícího nastavení od ERÚ 55,- Kč za GJ. Tj. $12\,096 \text{ GJ} \times 55 \text{ Kč} = 665\,280,- \text{ Kč}$.

Výnosy celkem: 5 358 528,- Kč

Ekonomické vyhodnocení jednotlivých navržených variant je vedle enviromentálního hlediska jedním ze základních předpokladů při rozhodování investora.

Provedená ekonomická analýza byla provedena dle základních kritérií.

- Čistá současná hodnota – NPV
- Vnitřní výnosové procento – IRR
- Prostá doba návratnosti investice – DN

Doplňující vstupní údaje:

- Diskontní míra – vyjadřující minimální požadovaný výnos z investice byla zvolena s ohledem na výši úrokových sazeb a relativně nízkému riziku ve výši 4 %.
- Financování – s ohledem na reálnou šanci čerpání dotací na uvedené projekty lze pracovat s variantou vlastního financování i s variantou příjmu dotace ve výši 50 % z uznatelných nákladů.
 - Uznatelné náklady – byly vypočítány jako 50% podíl z předpokládaných uznatelných nákladů.
 - Předpokládaný uznatelný náklad – náklad odpovídající podmínkám dotačního titulu na navýšení jmenovitého výkonu soustavy CZT oproti současnému stavu.
- Cenový vývoj – s ohledem na nejasný vývoj inflace nebylo počítáno s cenovým růstem.
- Doba hodnocení – na základě životnosti byla stanovena na 20 let.

Čistá současná hodnota – NPV

NPV je založena na porovnání výdajů a příjmů generovaných projektem za dobu životnosti. Pokud hlavním kritériem realizace není enviromentální nebo jiné hledisko, je pro investora přijatelný projekt, když NPV je vyšší než nula. Tabulka v příloze č. 7 znázorňuje

kumulovaný tok hotovosti (CF – cash flow) po dobu životnosti projektu.

Vnitřní výnosové procento – IRR

IRR je procento vyjadřující průměrný výnos z investice za celou dobu životnosti projektu.

Pro investora je zásadní, aby výnosové procento bylo vyšší než jím stanovená minimální hodnota výnosu v procentech. Investici lze považovat za smysluplnou, pokud je výsledné IRR vyšší, než je stanovená minimální hodnota výnosu.

Prostá doba návratnosti investice – DN

Vyjadřuje dobu návratnosti investičních nákladů z očekávaných příjmů v letech. Rozhodující pro investora je kratší doba návratnosti, než je doba životnosti investice.

Z ekonomického vyhodnocení obou variant projektů byly vypočítány ekonomické ukazatele, které doporučí variantu k možné realizaci.

Ekonomické vyhodnocení obou variant při financování z vlastních prostředků:

Ekonomické vyhodnocení navržených variant (100% vlastní finanční prostředky)			
	jednotka	Varianta 1	Varianta 2
Investiční náklady celkem	Kč	19 100 000	52 700 000
Projektová příprava	Kč	400 000	500 000
Technologie a stavby	Kč	18 700 000	52 200 000
Provozní náklady celkem	Kč/rok	2 300 000	3 490 000
mzdové náklady	Kč/rok	0	600 000
servis technologie	Kč/rok	200 000	190 000
ostatní provozní náklady	Kč/rok	300 000	300 000
palivo	Kč/rok	1 800 000	2 400 000
Roční výnosy	Kč/rok	5 358 528	5 358 528
výnosy z prodeje tepelné energie	Kč/rok	4 693 248	4 693 248
Provozní podpora tepla z OZE	Kč/rok	665 280	665 280
Doba hodnocení	rok	20	20
Diskontní sazba	%	4	4
NPV - čistá současná hodnota	Kč	22 766 394	-27 306 095
TSD - reálná doba návratnosti	rok	7,33	delší než 20 let
IRR - vnitřní výnosové procento	%	15	-3,07

Tab. 15: Ekonomické vyhodnocení Varianty 1 i Varianty 2 při financování z vlastních prostředků (autor, 2020)

Ekonomické vyhodnocení obou variant při financování s využitím investiční dotace:

Ekonomické vyhodnocení navržených variant (s 50% dotací na uznatelné náklady)			
	jednotka	Varianta 1	Varianta 2
Investiční náklady celkem	Kč	12 733 000	26 350 000
Projektová příprava	Kč	400 000	500 000
Technologie a stavby	Kč	18 700 000	52 200 000
Investiční dotace	Kč	-6 367 000	-26 350 000
Provozní náklady celkem	Kč/rok	2 300 000	3 490 000
mzdové náklady	Kč/rok	0	600 000
servis technologie	Kč/rok	200 000	190 000
ostatní provozní náklady	Kč/rok	300 000	300 000
palivo	Kč/rok	1 800 000	2 400 000
Roční výnosy	Kč/rok	5 358 528	5 358 528
výnosy z prodeje tepelné energie	Kč/rok	4 693 248	4 693 248
Provozní podpora tepla z OZE	Kč/rok	665 280	665 280
Doba hodnocení	rok	20	20
Diskontní sazba	%	4	4
NPV - čistá současná hodnota	Kč	28 833 394	-956 095
TSD - reálná doba návratnosti	rok	5	delší než 20 let
IRR - vnitřní výnosové procento	%	23,70	3,60

Tab. 16: Ekonomické vyhodnocení Varianty 1 i Varianty 2 při financování s využitím dotace (autor, 2020)

Podle ekonomických ukazatelů lze jednoznačně doporučit variantu 1, kde i bez využití dotace je vnitřní výnosové procento ve výši 15 % a splňuje požadavek minimálního výnosu určeného investorem ve výši 4 %. Zároveň projekt vykazuje solidní návratnost 7,33 let a čistou současnou hodnotu ve výši 28 833 394,- Kč za celou dobu životnosti projektu.

V případě využití dotace na variantu 1 jsou ukazatele o poznání lepší a investorovi lze ji i přes některá úskalí s vyřizováním a udržitelností projektů spolufinancovaných z dotací jedinečně doporučit.

Z výsledků ekonomické analýzy je možno také konstatovat, že návratnost u varianty 2 s dotací, mírně nad hranicí životnosti 20 let, lze akceptovat. A to u projektů, kdy ekonomickou návratnost převáží environmentální hledisko a svojí realizací bude projekt celkově přínosem, např. ve zlepšení kvality ovzduší v dané lokalitě.

13. Diskuse

Cesta k dosažení energetické nezávislosti, byť v menší obci, je cestou zdlouhavou. Podmínky pro realizaci menších či větších projektů v této oblasti se liší v závislosti na ekonomickém a rozvojovém potenciálu dané lokality, ale jedno pro úspěšné dokončení mají společné. Je to odhodlání a shodné rozhodnutí zástupců obce realizovat opatření, která povedou ku prospěchu nejenom místní komunity. Mezi tato opatření patří bezesporu dosažení částečné nebo úplné nezávislosti obce na dovážených energiích. Především u tepelné a elektrické energie lze dosáhnout vysokého stupně soběstačnosti, která zajistí jednak znatelně lepší kvalitu ovzduší a současně zabrání odlivu financí za energie z dotčené lokality.

Tato práce se snaží nalézt a navrhnout vhodné varianty rozvoje energetického hospodářství v obci Kašperské Hory tak, aby zároveň odstranila stávající problémy v systému centrálního zásobování teplem a zároveň aby navrhla reálný rozvoj s důrazem na oblast tepelného hospodářství s cílem vést postupně až k energetické nezávislosti města.

V Kašperských Horách byly prvotní kroky realizovány výstavbou centrálního zásobování tepla. Na systém CZT lze navázat a vhodně jej rozvíjet. Otázkou, kterou jsem si kladl, byla, zda je biomasa nejvhodnější zdroj, který bude tvořit základní pilíř energetiky vedoucí k budoucí energetické soběstačnosti Kašperských Hor. V průběhu analýzy jednotlivých ukazatelů, porovnávání variant a seznámení se s jinými, méně či více úspěšnými projekty z jiných obcí v České republice i ze zahraničí a jejich vzájemným porovnáním, bylo postupně zřejmé, že pro tuto lokalitu je to optimální cesta. Využívat biomasu jako základní zdroj OZE pro město Kašperské Hory s maximálním využitím pro výrobu většiny potřebného tepla a do budoucna také elektrické energie pro zajištění energetického zásobování většiny objektů v obci.

Pro srovnání lze použít zajímavý projekt částečné energetické soběstačnosti ve Slovinském Vransku, obci s podobnou strukturou

osídlení. Město s 2,5 tisíci obyvatel pokrývá spotřebu tepelné energie u cca 60 % svých obyvatel. Výrobu tepelné energie přitom zajišťují pouze dva kotle na biomasu s celkovým jmenovitým výkonem 3,2 MW.

Biomasa pochází z rozsáhlých okolních lesních pozemků a od místních zemědělců. Potřeba tepla je doplňována výrobou v kotli na LTO s výkonem 1,5 MW. Pro zajištění dostatečného množství tepelné energie ve Vransku dostačují kotle o nižším jmenovitém výkonu než pro cca polovinu obyvatel v Kašperských Horách, kde je zásobována necelá polovina objektů ve městě. Tento stav souvisí na jedné straně s geografickou polohou Vranska (nížina) a reálně sníženou potřebou dodávek tepla, nicméně vypovídá také o vyšší energetické účinnosti a lepším vyvážení soustavy CZT.

Ve Slovinském Vransku tvoří hlavní energetický zdroj biomasa doplněná navíc o solární kolektory, které dodají až 370 kWt. V kombinaci s využitím akumulace tepelné energie v zásobnících lze tak pozitivně ovlivnit chod celého systému zásobování teplem. Vzhledem k pomalé reakční době kotlů na potřebu, příp. nadbytek tepla v rozvodné síti jsou akumulace pro vyvážení soustavy v době špiček velmi užitečné.

Velmi inspirativní je i skutečnost, že od roku 2006 musí všechny nově vznikající objekty ve Vransku být nízkoenergetické a napojené na dálkové CZT. To je postup, který se v Kašperských Horách nedaří realizovat, navíc v současnosti vznikající výstavba je z části velmi chaotická a nenavazuje ani na inženýrské sítě. Stávající absence územního plánu a chybějící regulace ze strany města dovoluje vznik neřízené zástavby s problematickou směsí dlouhých přípojek na vodu, kanalizací a CZT, mnohde i bez možnosti na jejich napojení. Jsem přesvědčen, že ke zlepšení situace by mohl výrazně přispět právě vznikající návrh nového územního plánu obce.

Další, neméně inspirativní je pro Kašperské Hory bezesporu český projekt energeticky soběstačné obce v Kněžicích. K dosažení energetických cílů zde vedle spalování biomasy využili pro KVET

mokrou fermentaci v bioplynové stanici. Kněžice sice mají méně obyvatel než Kašperské Hory, ale připojení 90 % objektů na CZT je číslo, které bych uvítal i ve statistice obce Kašperské Hory.

Základem energetiky v Kněžicích je BPS s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla a dva kotle 800 a 400 kW na biomasu. Zařazení BPS do obecní energetiky je podmíněno několika faktory. Domnívám se, že výstavba BPS, tedy alespoň zemědělské BPS, by měla být navázána nejen na dostatek vstupních surovin, ale měla by chytrě doplňovat rostlinnou a živočišnou výrobu. Úvaha o bioplynové stanici nekoresponduje příliš s charakterem zemědělské výroby v okolí Kašperských Hor, kde je sice významně zastoupena živočišná výroba, ale skot se většinu roku pase na pastvinách. Vstupní surovina pro BPS v podobě slamnatého hnoje je tudíž k dispozici pouze omezenou část roku. Rostlinná výroba v nadmořské výšce, ve které leží obec Kašperské Hory, je velmi omezená a dovoz vstupních surovin, např. kukuřice z níže položených míst již postrádá zmíněný základní (mj. i ekonomický) smysl zemědělské BPS. Mohu tedy konstatovat, že BPS je bezesporu přínosem pro zemědělství a ve finále i pro energetiku, ale nejedná se o vhodnou technologii v lokalitě Kašperských Hor.

Investiční náklady v Kněžicích uváděné ve výši 138 mil, z nichž obec hradila 43,2 mil. s návratností 15 let je ale počín hodný ocenění a ve vhodných podmínkách také inspirací k následování. Takto vysoké náklady pro tak malou obec by při zmařené investici mohly být velkým finančním problémem do budoucna. Bez spolupráce vedení obce s místními podnikateli a občany by nemohl být tento ani jemu podobný projekt úspěšný. Jsem přesvědčen, že také Kašperské Hory půjdou cestou vedoucí k dosažení co největší energetické soběstačnosti obce.

14. Závěr: Vyhodnocení řešení vedoucí k energetické nezávislosti města

Tepelná a elektrická energie je vedle fungující infrastruktury pilířem pro fungování státu. Centrální energetika České republiky je v současnosti závislá na využívání uhlí, plynu a jádra. Obnovitelné zdroje jsou z celkového objemu výroby energií zastoupeny minoritně a fungují spíše jako regionální doplnění energetiky. Větší vzestup energií z OZE lze předpokládat hlavně u decentralizované regionální energetiky, která kromě zásadního zlepšení životního prostředí může zajistit také menší či větší energetickou soběstačnost obcí.

Svou diplomovou práci jsem zaměřil na konkrétní lokalitu – obec Kašperské Hory a její možnosti dosáhnout v budoucnu energetické soběstačnosti.

Při hodnocení stávajících zdrojů energie zejména pro vytápění obce Kašperské Hory jsem porovnával jejich dostupnost, cenu, výhřevnost, otázku skladování, resp. bezpečnost dodávek a vhodnost s ohledem na geografickou polohu, klimatické podmínky a osídlení obce. Jako nejdražší z dostupných zdrojů vytápění v obci definuje tato práce elektřinu a LTO. U elektřiny je kromě ceny nevýhodou navíc také odliv finančních prostředků, které při využití toho zdroje nezůstanou v samotné obci.

Obec Kašperské Hory není plynofikována. Zcela ojediněle je k vytápění v obci využíván propan. Jeho jednoznačnou nevýhodou je cena a nutnost vybudovat tlakovou uskladňovací nádrž. Z fosilních paliv je tak nejčastěji v obci využíváno hnědé a černé uhlí. Pokud jde o OZE, nemají Kašperské Hory ideální podmínky pro masivní využití vody, větru ani slunečního záření. Práce konstatuje, že i v místních podmínkách nicméně mohou být částečně využitelné zdroje vody a slunečního záření a velmi dobře tak v této lokalitě posloužit jako doplňkové zdroje. Vzhledem k lesním plochám, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti obce Kašperské Hory a jsou také v jejím

vlastnictví, je nejdostupnější hodnocenou energetickou surovinou dřevo.

Využívaná fosilní paliva v obci Kašperské Hory, jak bylo řečeno, jsou hnědé a černé uhlí, méně pak koks. Jejich cena i výhřevnost je v práci klasifikována jako srovnatelná s cenou dřeva a ekonomicky nejdostupnější. Výhodou je také jejich nenáročnost na skladování, nicméně DP hodnotí jejich využití s ohledem na environmentální dopady při spalování pro obec jako nevhodnou. S ohledem na další zlepšení kvality ovzduší, jejího udržení a tím i zvýšení kvality života a atraktivity lokality Kašperské hory, je cílem nevyužívat v budoucnosti v obci fosilní paliva vůbec.

Kusové dříví v porovnání s ostatními v současnosti v obci používanými zdroji hodnotí DP jako nejlevnější variantu vytápění, nicméně velmi náročnou na pracnost při zpracování a vhodné skladovací prostory. Tyto nevýhody, zvláště v době nadbytku dříví z kůrovcových kalamit, vyváží částečně cena paliva. Pelety jsou palivem využívaným v dotčené lokalitě pouze zřídka. Většímu rozšíření brání hlavně jejich cena.

Jako nejvhodnější, jak z hlediska ekologického, tak i z hlediska dostupnosti, maximálního využití lokálních zdrojů, zajištění a udržení finančních toků v obci Kašperské Hory hodnotí DP využití tradiční biomasy, a to v podobě štěpek či kusového palivového dříví.

Kašperské Hory navíc mohou jít podobně jako u centrální energetiky cestou energetického mixu, ale v jiném složení. Regionální energetika je postavena na menších projektech a může více „experimentovat“. Každá obec má možnost si najít vhodný energetický mix a tím zvýšit svoji energetickou soběstačnost.

S ohledem na lokální přírodní podmínky Kašperských Hor hodnotí diplomová práce jako nejvhodnější, nejdostupnější a nejzásadnější pro budoucí energetickou samostatnost obce zdroj ve

formě dřevní biomasy využívané v obecní výtopně v centrálním zásobování teplem.

Energetický zdroj ve formě dřevní biomasy a jeho transformace na využitelnou energii je plně v souladu s udržitelným rozvojem. DP se věnuje také otázce nejvhodnější dostupné technologie minimalizující dopady na životní prostředí, což ve využívání biomasy splňuje právě centrální zdroj vytápění v Kašperských Horách – centrální výtopna. Na rozdíl od lokálních zdrojů může pracovat s nákladnou, nicméně velmi účinnou technologií čištění spalin multicyklony a hlavně mokrou vypírkou spalin. Využití centrálního zdroje výroby tepelné energie oproti lokální významně zlepšuje kvalitu ovzduší v obci.

Diplomová práce navrhuje reálné varianty rozšíření CZT pro blízkou budoucnost na maximální možnou kapacitu s ohledem na stávající stav. Cílem je postupné navýšení výroby a spotřeby z centrálního zdroje a napojení všech stávajících i nově vznikajících objektů ve městě. Jako ekonomicky přijatelnější hodnotí práce variantu 1, navýšení výkonu na centrálním zdroji přímo ve výtopně na biomasu realizovaný výměnou kotle, úpravou napojení spalínových výměníků, hydraulickým vyvážením soustavy a úpravou a začleněním záložní kotelny na ELTO do provozu CZT jako špičkového zdroje. Jde o variantu realizovatelnou za určitých podmínek vycházejících z výpočtů přenosu tepelné energie v relativně krátké době a současně ekonomicky nejschůdnější. Rozšiřuje jmenovitý výkon výměnou dnes již provozně opotřebovaného kotle. Jedná se o variantu výměny zdroje na tradiční biomasu s minimálním nárůstem provozních nákladů oproti stávajícímu stavu současně s nutností úpravy části páteřního teplovodu vedoucího od centrální výtopny a výměny hlavních oběhových čerpadel.

Zajímavá z dlouhodobého výhledu potenciálu na připojení většího počtu odběratelů navýšením celkového výkonu soustavy je varianta č. 2, která počítá v rámci technologie se spalovacím zařízením, schopným předsoušet a následně spoluspalovat také čistírenské kaly.

Tato varianta má nicméně v současnosti i s 50 % dotací návratnost delší než 20 let a lze ji tak doporučit pouze v případě zajištění vyšší investiční dotace.

DP ve variantě 1 navrhuje nejschůdnější řešení umožňující dosáhnout nezávislosti v energetice, které zároveň omezí odliv finančních prostředků z oblasti a současně povede ke zlepšení, resp. zajištění kvalitního a zdravého životního prostředí za přijatelných výdajů pro místní obyvatele i město Kašperské Hory a k energetické soběstačnosti obce.

15. Seznam odkazů:

1. Zákony 2020: zákony VI. část B úplné znění zákonů z oblasti odpadů, obalů a hospodaření energií k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. S. 267-371. ISSN 1802-8314.
2. Zákony 2020: zákony VI. část B úplné znění zákonů z oblasti odpadů, obalů a hospodaření energií k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. S. 222-245. ISSN 1802-8314.
3. Zákony 2020: zákony VI. část B úplné znění zákonů z oblasti odpadů, obalů a hospodaření energií k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. S. 246-266. ISSN 1802-8314.
4. Sbírka zákonů ČR, Ročník 2015: Částka 109 ze dne 16.října 2015. S. 3322-3330.
5. Zákony 2020: zákony VI. část A úplné znění zákonů z oblasti ochrany životního prostředí, prevence a kontroly znečištění k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. S.134-195. ISSN 1802-8314.
6. Zákony 2020: zákony VI. část A úplné znění zákonů z oblasti ochrany životního prostředí, prevence a kontroly znečištění k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. S. 233-334. ISSN 1802-8314.
7. Energetický regulační úřad, 2020: Energetický regulační věstník, ročník 20, částka 5/2020. ERÚ, Praha. S 48.
8. Zákony 2020: zákony VI. část B úplné znění zákonů z oblasti odpadů, obalů a hospodaření energií k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. S. 272. ISSN 1802-8314.
9. Horpeniak, V. et Řezníčková, Z., 2001.: Vlastivědný sborník Muzea Šumavy VI. Architektura – umění, muzejnictví. Muzeum Šumavy Sušice – Kašperské Hory, Sušice, S.3.
10. Ruda, P., 1980: Geografická poloha a demografický vývoj Kašperských Hor. In Sborník vlastivědných prací o Šumavě. MěstNV a Muzeum Šumavy, Kašperské Hory. S. 127-148.

11. Urban, J., 1960: Příspěvek k historii starého zlatonosného revíru Kašperské Hory. In *Minulostí Plzně a Plzeňska III. Krajské nakladatelství v Plzni*. S. 93-103.
12. Kilián, J., 2014: *Kašperské Hory za třicetileté války*. viaCentrum, Plzeň, 210 s., ISBN 978-80-87646069
13. Brožová, J., 1980: Sklářství na Šumavě v 19.století. In *Sborník vlastivědných prací o Šumavě*. MěstNV a Muzeum Šumavy, Kašperské Hory. S. 151-164.
14. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, ©2014: *Města a městečka Plzeňského kraje – N (online)* [cit.2020.01.21], dostupné z https://www.czso.cz/csu/czso/13-3231-06-za_rok_2005-kasperske_hory.
15. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, ©2020: *Veřejná databáze – Počet a věkové složení obyvatel k 31.12. podle obcí (online)* [cit.2020.01.21], dostupné z <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=Ka%C5%A1persk%C3%A9+Hory&bkvt=S2HFoXBlnNrw6kgSG9yeQ..&katalog=all&pvo=DEM03a&pvoch=3214&pvokc=65#w=>.
16. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, ©2020: *Veřejná databáze – Hosté a přenocování v hromadných ubytovacích zařízeních (online)* [cit.2020.01.21], dostupné z https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=Ka%C5%A1persk%C3%A9+Hory&bkvt=S2HFoXBlnNrw6kgSG9yeQ..&katalog=all&skupId=1330&pvo=CRU03a&str=v300&u=v300_VUZEMI_43_556432.
17. Šumava.eu, ©2020: *Šumavské noviny – Rok 2018 a průměrné teploty (online)* [cit.2020.01.21], dostupné z <http://obec.sumava.eu/index.php/sumava/129-/15097-rok-2018-a-prumerne-teploty>.

18. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, ©2020: OPRL 1LO13-Šumava. S. 25 (online) [cit.2020.01.21], dostupné z <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/385-oblastni-plany-rozvoje-lesu/textove-casti/997-platne-dokumeny-oprl>.
19. Ibler, Z. et al., 2009: Technický průvodce energetika. BEN – technická literatura, Praha, 616 s., ISBN 80-7300-026-1.
20. KAŠPERSKOHORSKÉ MĚSTSKÉ LESY, ©2020: Lesní vegetační stupně, Dřevinná skladba (online) [cit.2020.01.21], dostupné z <https://lesy.kasphory.cz/historie>.
21. Nesňal, Z., 2014: Ekonomika provozu obecní výtopy na biomasu. Biom.cz (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-provozu-obecni-vytopny-na-biomasu>.
22. EVK Kašperské Hory, 2020: Provozní záznamy. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
23. Kára, J., 2006: Kotelny na biomasu pro obce a města. Biom.cz (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotelny-na-biomasu-pro-obce-a-mesta>.
24. Křížová, E., 2018: Čistírna odpadních vod Kašperské Hory, PROVOZNÍ ŘÁD ČOV pro zkušební provoz. VHZ-DIS, Brno; 2018, 119 s.
25. Schmid AG, 2005: Provozní předpis PS 01 Technologie kotelny, 340 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
26. Farták, J., 2017: Energetická koncepce města Kašperské Hory. EGF Energy Sušice, 133 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
27. Moersch O., Splietho H., Hein K., 2000: Tar quantification with a new online analyzing method, Biomass and Bioenergy, Vol. 18, s. 79 (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953499000689>.

28. Pohořely, M., Jeremiáš, P., Kameníková, P., Skoblia, S., Svoboda, K., Punčochář, M., 2012: Zplyňování biomasy. Chem. Listy 106, S.264-274.
29. ČSN EN ISO 17225-4: Tuhá paliva – Specifikace a třídy paliv – Část 4: Tříděná dřevní štěpka. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2015. 13 s.
30. Kotecký, V., 2019: Smysluplné využití nadbytku kůrovcového dříví v bioenergetice. (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z <https://drive.google.com/file/d/1rNnGkGu8kIH9Pr8chsrkHALzLpm15aRC/view>.
31. Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer et al., 2014: Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. S 1267-1326. ISBN 978-1-107-68386-0.
32. Schwarzenberg – Czerny, U., 2018: Miasta samowystarczalne. Polityka 49. Ludzie i style. S. 66
33. Stowaryzszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités” (PNEC), ©2004: Energia geotermalna – Uniejów (woj. łódzkie) (online) [cit.2020.11.10], dostupné z <http://www.pnec.org.pl/smart/pdf/uniejow.pdf>.
34. Docplayer.net, ©2020: Possibilities for biomass heating system for a building of a primary school in municipality of Berevo, Macedonia (online) [cit.2020.11.10], dostupné z <https://docplayer.net/27384309-Possibilities-for-biomass-heating-system-for-a-building-of-a-primary-school-in-municipality-of-berovo-macedonia.html>.
35. State of green: Connect. Inspire. Share. Think Denmark, ©2020: Green energy in Aarhus – The biomass Fired CHP Plant (online), dostupné z [cit.2020.11.10], <https://stateofgreen.com/en/partners/city-of-aarhus-focuses-on->

- [green-growth/solutions/green-energy-in-aarhus-the-biomass-fired-chp-plant/](#).
36. State of green: Connect. Inspire. Share. Think Denmark, ©2020: Danish city is creating one of the world's largest sustainable energy reserves (online) [cit.2020.11.10], dostupné z <https://stateofgreen.com/en/partners/state-of-green/news/danish-city-is-creating-one-of-the-worlds-largest-sustainable-energy-reserves/>.
37. 100 % RES COMMUNITIES, ©2013: Energy Self-sufficient village Kněžice (online) [cit.2020.11.10], dostupné z http://www.100-res-communities.eu/czech_bul/best-practices/energy-self-sufficient-village-knezice.
38. Votruba, V., 2019: Fenomén: soběstačná obec Kněžice. Hospodářské noviny (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <https://archiv.ihned.cz/c1-66688250-fenomen-sobestacna-obec-knezice>.
39. Obec Kněžice, ©2020: Energeticky soběstačná obec (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <http://www.obec-knezice.cz/index.asp?nav=texty&m1=1&m2=26&m3=0&m4=0&id=0>.
40. BIOEAST, ©2016: District heating system on wood chips in municipality of Maribor -methodology for estimation of biomass potentials and investment tool (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <https://bioeast.eu/bioeconomy-list/district-heating-system-on-wood-chips-in-municipality-of-maribor-methodology-for-estimation-of-biomass-potentials-and-investment-tool/>.
41. InDeal Project, ©2016: Real Case Study: Vransko municipality district heating system (Slovenia) (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <http://www.indeal-project.eu/real-case-study-a-vransko-municipality-district-heating-system-slovenia/>.
42. Henja-Modj, K., 2014: Samowystarczalna energetycznie wieś. To się opłaca! tvn24 (online) [cit.2020.11.13], dostupné z

- <https://tvn24.pl/biznes/ze-swiata/feldheim-samowystarczalna-energetycznie-wies-to-sie-oplaca-ra501481-4452116>.
43. Neue Energien Forum Feldheim, ©2020: The energy self-sufficient village (online) [cit.2020.11.13], dostępne z <https://nef-feldheim.info/the-energy-self-sufficient-village/?lang=en>.
44. Gramwzielone, © 2015: Zobacz jak działa pierwsza w Polsce gmina samowystarczalna energetycznie, dostępne z <https://www.gramwzielone.pl/bioenergia/104187/nfosigw-przyznal-dotacje-na-energie-z-biomasy>.
45. Beverley, M., 2014: This Polish Town is 100 % Powered by Renewable Energy! Inhabitat (online) [cit.2020.11.13], dostępne z <https://inhabitat.com/this-polish-town-is-100-powered-by-renewable-energy/kisielice-poland-2/>.
46. Klimaaktiv, © 2020: Efficient Biomass district heating. Brochure „Efficient biomass district heating“. Best practise examples for Austrian biomass heating plants (online) [cit.2020.11.13], dostępne z https://www.klimaaktiv.at/english/renewable_energy/district_heating.html.
47. Dey, A., 2014: Visiting a District Heating Plant in Austria. (online) [cit.2020.11.13], dostępne z <https://www.greenbuildingadvisor.com/article/visiting-a-district-heating-plant-in-austria>.
48. Europäisches Zentrum für erneuerbare Energie Güssing GmbH, © 2020: FERNWÄRME GÜSSING (online) [cit.2020.11.14], dostępne z <http://eee-info.net/index.php/de/energieerzeugungsanlagen/75-fernwaerme-guessing>.
49. Jensen, L.L., Hofmeister, M. (eds.), 2016: Best Practise Examples of Renewable District Heating and cooling. Austria. Heating with woodchips in Güssing (online) [cit.2020.11.15], dostępne z

- https://www.coolheating.eu/images/downloads/D2.1_Best_Practice.pdf.
50. Stephan, S., 2014, Heizwerk mit Fernwärmenetz in Grassau (online) [cit.2020.11.15], dostupné z <https://www.energieatlas.bayern.de/kommunen/praxisbeispiele/details.605.html>.
51. Biomassehof Achental GmbH & Co., © 2020: Biomassenhof Achental (online) [cit.2020.11.15], dostupné z <https://www.biomassehof-achental.de/>.
52. Bioenergie-Region Achental, © 2020: Bioenergie im Achental – eine Erfolgsgeschichte (online) [cit.2020.11.15], dostupné z <http://www.bioenergie-region-achental.de/bioenergie-im-achental/>.
53. Jensen, L.L., Hofmeister, M. (eds.), 2016: Best Practise Examples of Renewable District Heating and cooling. Slovenia. Kuzma small Biomass District Heating (online) [cit.2020.11.15], dostupné z https://www.coolheating.eu/images/downloads/D2.1_Best_Practice.pdf.
54. WIP – Renewable Energies, © 2016: Biomass Heating – Eko – Toplane, Gračanica (online) [cit.2020.11.15], dostupné z <https://www.coolheating.eu/sl/bosna-in-hercegovina.html>.
55. Ibler, Z. et al., 2003: Energetika v příkladech. BEN – technická literatura, Praha, 384 s.; ISBN 80-7300-097-0.
56. OPPIK, © 2020: Dotační programy (online) [cit. 2020-11-13], dostupné z <https://www.oppik.cz/dotacni-programy>.
57. Úspory energie v SZT – Výzva IV, 2019 (online) [cit. 2020-11-13], dostupné z <https://www.agentura-api.org/cs/programy-podpory/uspory-energie-v-szt/uspory-energie-v-szt-vyzva-iv/>
58. EVČ, 2016: Dokumentace pro provedení stavby – Souhrnná technická zpráva, 15 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.

59. Dvorský, E. et Hejtmánková, P, 2005: Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. BEN – technická literatura, Praha. 287 s. ISBN 80-730-0118-7.
60. ENESA, 2020: Technická zpráva – Řešení přepočtu a vyvážení teplovodní sítě a dálkové ovládání hlavních odběratelů, 17 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
61. Danuser, M., VII.2019: SHMID – Nabídka 69125445. In: EVK (online) [cit. 2020-06-07]. Osobní komunikace.

16. Přehled literatury a použitých zdrojů:

I. Odborné publikace:

1. Brožová, J., 1980: Sklářství na Šumavě v 19.století. In Sborník vlastivědných prací o Šumavě. MěstNV a Muzeum Šumavy, Kašperské Hory. S. 151-164.
2. Dvorský, E. et Hejtmánková, P., 2005: Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. BEN - technická literatura, Praha. 287 s. ISBN 80-730-0118-7.
3. Energetický regulační úřad, 2020: Energetický regulační věstník, ročník 20, částka 5/2020. ERÚ, Praha. S 48.
4. Horpeniak, V. et Řezníčková, Z., 2001.: Vlastivědný sborník Muzea Šumavy VI. Architektura – umění, muzejnictví. Muzeum Šumavy Sušice – Kašperské Hory, Sušice, S.3.
5. Ibler, Z. et al., 2003: Energetika v příkladech. BEN – technická literatura, Praha, 384 s., ISBN 80-7300-097-0.
6. Ibler, Z. et al., 2009: Technický průvodce energetika. BEN – technická literatura, Praha, 616 s., ISBN 80-7300-026-1.
7. Kára, J., 2006: Kotelny na biomasu pro obce a města. Biom.cz (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotelny-na-biomasu-pro-obce-a-mesta>.
8. Kilián, J., 2014: Kašperské Hory za třicetileté války. viaCentrum, Plzeň, 210 s., ISBN 978-80-87646069.
9. Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer et al., 2014: Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. S 1267-1326. ISBN 978-1-107-68386-0.
10. Moersch O., Splietho H., Hein K., 2000: Tar quantification with a new online analyzing method, Biomass and Bioenergy, Vol. 18, s. 79 (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953499000689>.

11. Nesňal, Z., 2014: Ekonomika provozu obecní vytopny na biomasu. Biom.cz (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-provozu-obecni-vytopny-na-biomasu>.
12. Pohořely, M., Jeremiáš, P., Kameníková, P., Skoblia, S., Svoboda, K., Punčochář, M., 2012: Zplyňování biomasy. Chem. Listy 106, S.264-274.
13. Ruda, P., 1980: Geografická poloha a demografický vývoj Kašperských Hor. In Sborník vlastivědných prací o Šumavě. MěstNV a Muzeum Šumavy, Kašperské Hory. S. 127-148.
14. Schwarzenberg – Czerny, U., 2018: Miasta samowystarczalne. Polityka 49. Ludzie i style. S. 66.
15. Urban, J., 1960: Příspěvek k historii starého zlatonosného revíru Kašperské Hory. In Minulostí Plzně a Plzeňska III. Krajské nakladatelství v Plzni. S. 93-103.

II. Legislativní zdroje:

1. ČSN EN ISO 17225-4: Tuhá paliva – Specifikace a třídy paliv – Část 4: Tříděná dřevní štěpka. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2015. 13 s.
2. OPPIK, © 2020: Dotační programy (online) [cit. 2020-11-13], dostupné z <https://www.oppik.cz/dotacni-programy>.
3. Sběrka zákonů ČR, Ročník 2015: Částka 109 ze dne 16.října 2015. S. 3322-3330.
4. Úspory energie v SZT- Výzva IV, 2019 (online) [cit. 2020-11-13], dostupné z <https://www.agentura-api.org/cs/programy-podpory/uspory-energie-v-szt/uspory-energie-v-szt-vyzva-iv/>.
5. Zákony 2020: zákony VI. část A úplné znění zákonů z oblasti ochrany životního prostředí, prevence a kontroly znečištění k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. 608 s. ISSN 1802-8314.

6. Zákony 2020: zákony VI. část B úplné znění zákonů z oblasti odpadů, obalů a hospodaření energií k 1.1.2020. Poradce, Český Těšín. 432 s. ISSN 1802-8314.

III. Jiné internetové zdroje:

1. Beverley, M., 2014: This Polish Town is 100 % Powered by Renewable Energy! Inhabitat (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <https://inhabitat.com/this-polish-town-is-100-powered-by-renewable-energy/kisielice-poland-2/>.
2. Bioenergie-Region Achantal, © 2020: Bioenergie im Achantal – eine Erfolgsgeschichte (online) [cit.2020.11.15], dostupné z <http://www.bioenergie-region-achental.de/bioenergie-im-achental/>.
3. BIOEAST, ©2016: District heating system on wood chips in municipality of Maribor -methodology for estimation of biomass potentials and investment tool (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <https://bioeast.eu/bioeconomy-list/district-heating-system-on-wood-chips-in-municipality-of-maribor-methodology-for-estimation-of-biomass-potentials-and-investment-tool/>.
4. Biomassehof Achantal GmbH & Co., © 2020: Biomassenhof Achantal (online) [cit.2020.11.15], dostupné z <https://www.biomassehof-achental.de/>.
5. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, ©2014: Města a městečka Plzeňského kraje – N (online) [cit.2020.01.21], dostupné z https://www.czso.cz/csu/czso/13-3231-06-za_rok_2005-kasperske_hory.
6. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, ©2020: Veřejná databáze – Počet a věkové složení obyvatel k 31.12. podle obcí (online) [cit.2020.01.21], dostupné z <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=Ka%C5%A1persk%C3%A9+Hory&bkv=S2HFoXBlnNrw6kgSG9yeQ..&katalog=all&pvo=DEM03a&pvoch=3214&pvokc=65#w=>.

7. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, ©2020: Veřejná databáze – Hosté a přenocování v hromadných ubytovacích zařízeních (online) [cit.2020.01.21], dostupné z https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=Ka%C5%A1persk%C3%A9+Hory&bkvt=S2HFoXBlnNrW6kgSG9yeQ..&katalog=all&skupId=1330&pvo=CRU03a&str=v300&u=v300_VUZEMI_43_556432.
8. Dey, A., 2014: Visiting a District Heating Plant in Austria. (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <https://www.greenbuildingadvisor.com/article/visiting-a-district-heating-plant-in-austria>.
9. Docplayer.net, ©2020: Possibilities for biomass heating system for a building of a primary school in municipality of Berevo, Macedonia (online) [cit.2020.11.10], dostupné z <https://docplayer.net/27384309-Possibilities-for-biomass-heating-system-for-a-building-of-a-primary-school-in-municipality-of-berovo-macedonia.html>.
10. Europäisches Zentrum für erneuerbare Energie Güssing GmbH, © 2020: FERNWÄRME GÜSSING (online) [cit.2020.11.14], dostupné z <http://eee-info.net/index.php/de/energieerzeugungsanlagen/75-fernwaerme-guessing>.
11. Gramwielone, © 2015: Zobacz jak działa pierwsza w Polsce gmina samowystarczalna energetycznie, dostupné z <https://www.gramwielone.pl/bioenergia/104187/nfosigw-przyznal-dotacje-na-energie-z-biomasy>.
12. Henja-Modj, K., 2014: Samowystarczalna energetycznie wieś. To się opłaca! tvn24 (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <https://tvn24.pl/biznes/ze-swiata/feldheim-samowystarczalna-energetycznie-wies-to-sie-oplaca-ra501481-4452116>.
13. InDeal Project, ©2016: Real Case Study: Vranksko municipality district heating system (Slovenia) (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <http://www.indeal-project.eu/real-case-study-a-vransko-municipality-district-heating-system-slovenia/>.

14. Jensen, L.L., Hofmeister, M. (eds.), 2016: Best Practise Examples of Renewable District Heating and cooling. Austria. Heating with woodchips in Güssing (online) [cit.2020.11.15], dostupné z https://www.coolheating.eu/images/downloads/D2.1_Best_Practice.pdf.
15. Jensen, L.L., Hofmeister, M. (eds.), 2016: Best Practise Examples of Renewable District Heating and cooling. Slovenia. Kuzma small Biomass District Heating (online) [cit.2020.11.15], dostupné z https://www.coolheating.eu/images/downloads/D2.1_Best_Practice.pdf.
16. KAŠPERSKOHORSKÉ MĚSTSKÉ LESY, ©2020: Lesní vegetační stupně, Dřevinná skladba (online) [cit.2020.01.21], dostupné z <https://lesy.kasphory.cz/historie>.
17. Klimaaktiv, © 2020: Efficient Biomass district heating. Brochure „Efficient biomass district heating“. Best practise examples for Austrian biomass heating plants (online) [cit.2020.11.13], dostupné z https://www.klimaaktiv.at/english/renewable_energy/district_heating.html.
18. Kotecký, V., 2019: Smysluplné využití nadbytku kůrovcového dříví v bioenergetice. (online) [cit. 2019-06-07], dostupné z <https://drive.google.com/file/d/1rNnGkGu8kIH9Pr8chsrkHA1zLpm15aRC/view>.
19. Neue Energien Forum Feldheim, ©2020: The energy self-sufficient village (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <https://neufeldheim.info/the-energy-self-sufficient-village/?lang=en>.
20. Obec Kněžice, ©2020: Energeticky soběstačná obec (online) [cit.2020.11.13], dostupné z <http://www.obec-knezice.cz/index.asp?nav=texty&m1=1&m2=26&m3=0&m4=0&id=0>.
21. State of green: Connect. Inspire. Share. Think Denmark, ©2020: Danish city is creating one of the world's largest sustainable energy reserves (online) [cit.2020.11.10], dostupné z

- <https://stateofgreen.com/en/partners/state-of-green/news/danish-city-is-creating-one-of-the-worlds-largest-sustainable-energy-reserves/>.
22. State of green: Connect. Inspire. Share. Think Denmark, ©2020: Green energy in Aarhus – The biomass Fired CHP Plant (online), dostupné z [cit.2020.11.10],
<https://stateofgreen.com/en/partners/city-of-aarhus-focuses-on-green-growth/solutions/green-energy-in-aarhus-the-biomass-fired-chp-plant/>.
23. Stephan, S., 2014, Heizwerk mit Fernwärmenetz in Grassau (online) [cit.2020.11.15], dostupné z
<https://www.energieatlas.bayern.de/kommunen/praxisbeispiele/details,605.html>.
24. 100 % RES COMMUNITIES, ©2013: Energy Self-sufficient village Kněžice (online) [cit.2020.11.10], dostupné z
http://www.100-res-communities.eu/czech_bul/best-practices/energy-self-sufficient-village-knezice.
25. Stowaryzowanie Gmin Polska Sieć „Energie Cités” (PNEC), ©2004: Energia geotermalna – Uniejów (woj. łódzkie) (online) [cit.2020.11.10], dostupné z
<http://www.pnec.org.pl/smart/pdf/uniejow.pdf>.
26. Šumava.eu, ©2020: Šumavské noviny – Rok 2018 a průměrné teploty (online) [cit.2020.01.21], dostupné z
<http://obec.sumava.eu/index.php/sumava/129-/15097-rok-2018-a-prumerne-teploty>
27. Votruba, V., 2019: Fenomén: soběstačná obec Kněžice. Hospodářské noviny (online) [cit.2020.11.13], dostupné z
<https://archiv.ihned.cz/c1-66688250-fenomen-sobestacna-obec-knezice>.
28. WIP – Renewable Energies, © 2016: Biomass Heating – Eko-Toplane, Gračanica (online) [cit.2020.11.15], dostupné z
<https://www.coolheating.eu/sl/bosna-in-hercegovina.html>.

IV. Ostatní zdroje:

1. Danuser, M., VII.2019: SHMID - Nabídka 69125445. In: EVK (online) [cit. 2020-06-07]. Osobní komunikace.
2. ENESA, 2020: Technická zpráva – Řešení přepočtu a vyvážení teplovodní sítě a dálkové ovládání hlavních odběratelů, 17 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
3. EVČ, 2016: Dokumentace pro provedení stavby - Souhrnná technická zpráva, 15 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
4. EVK Kašperské Hory, 2020: Provozní záznamy. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
5. Farták, J., 2017: Energetická koncepce města Kašperské Hory. EGF Energy Sušice, 133 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
6. Křížová, E., 2018: Čistírna odpadních vod Kašperské Hory, PROVOZNÍ ŘÁD ČOV pro zkušební provoz. VHZ-DIS, Brno; 2018, 119 s.
7. Schmid AG, 2005: Provozní předpis PS 01 Technologie kotelny, 340 s. „nepublikováno“. Dep.: EVK Kašperské Hory.
8. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, ©2020: OPRL 1-LO13-Šumava. S. 25 (online) [cit.2020.01.21], dostupné z <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/385-oblastni-plany-rozvoje-lesu/textove-casti/997-platne-dokumeny-oprl>.

17. Seznam obrázků, tabulek a příloh:

Seznam obrázků:

Obr. 1: Štola po těžbě zlata, Amálino údolí (Foto autor, 2019).

Obr. 2: Výtopna na biomasu v Kašperských Horách (Foto autor, 2019).

Obr. 3: Sklad paliva pro centrální výtopnu na biomasu, dřevní štěpka (Foto autor, 2019).

Obr. 4: Vývoj ceny paliva pro CZT v Kašperských Horách vč. nákladů na dopravu a štěpkování (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020).

Obr. 5: Vzorky dřevní štěpky určené k sušení (Foto autor, 2019).

Obr. 6: Sušení vzorků dřevní štěpky (Foto autor, 2019).

Obr. 7: Odvodněné kaly z ČOV v Kašperských Horách (Foto autor, 2020).

Obr.8: Štěpkování kulatiny s hnilobou přímo na odvozním místě v lese (Foto autor, 2019).

Obr.9: Grafické znázornění spotřeby tepelné energie dle typu odběratele v roce 2019 z CZT (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020).

Obr. 10: Palivo pro výtopnu – odřezky z pily a z manipulace (Foto autor, 2019).

Obr. 11: Zásoba dříví připravená pro průběžné štěpkování – sortiment vláknina a palivo (Foto autor, 2020).

Obr. 12: Venkovní jednotka mokré vypírky spalin (Foto autor, 2020).

Obr. 13: Vnitřní filtrační jednotka mokré vypírky spalin (Foto autor, 2020).

Obr. 14: Kotel K1 UTSR 1600.32 vlevo, ve variantě 1 určený k výměně (Foto autor, 2019).

Obr. 15: Oběhová čerpadla v centrální výtopně (Foto autor, 2019).

Obr. 16: Viechtach, DEU: Technologie na spoluspalování biomasy a kalů (Foto autor, 2015)

Seznam tabulek:

Tab. 1: Úhrn srážek v lokalitě Kašperské Hory v letech 2006 až 2019 vč. grafického znázornění (Mäntl, M. [cit. 2020.09.02., in litt.]).

Tab. 2: Porovnání palivových zdrojů pro výrobu tepla v lokalitě Kašperské Hory (EVK Kašperské Hory, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

Tab. 3: Spotřeba paliva a celkové náklady za palivo v letech 2014–2019 v centrální výtopně na biomasu v Kašperských Horách (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020).

Tab. 4: Přehled paliv a jejich cen u lokálních dodavatelů (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020).

Tab. 5: Příklady dobré praxe energetické soběstačnosti z Evropy (autor, 2020).

Tab. 6: Spotřeba tepelné energie dle typu odběratele v roce 2019 z CZT (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020).

Tab. 7: Nákup paliva a jeho spotřeba ve výtopně na biomasu v roce 2017 (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2019).

Tab. 8: Nákup paliva a jeho spotřeba ve výtopně na biomasu v roce 2018 (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2019).

Tab. 9: Nákup paliva a jeho spotřeba ve výtopně na biomasu v roce 2019 (EVK Kašperské Hory, 2019).

Tab. 10: Způsob vytápění bytového fondu (Farták, J., 2017: Energetická koncepce města Kašperské Hory. Dep.: EVK Kašperské Hory).

Tab. 11: Měření emisí v letech 2016–2019 (Protokol o autorizovaném měření emisí 2016,2017,2018 a 2019 EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020).

Tab. 12: Plánované rozšíření CZT o odběrná místa (ENESA upravil autor, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

Tab. 13: Přehled instalovaných výkonů dle referenčního roku 2019 (EVK Kašperské Hory upravil autor, 2020).

Tab. 14: Výkon spalinových výměníků po realizaci opatření (EVK Kašperské Hory, 2020).

Tab. 15: Ekonomické vyhodnocení Varianty 1 i Varianty 2 při financování z vlastních prostředků (autor, 2020).

Tab. 16: Ekonomické vyhodnocení Varianty 1 i Varianty 2 při financování s využitím dotace (autor, 2020).

Seznam příloh:

Příloha 1: Tlakový diagram stávající stav (ENESA, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

Příloha 2: Grafické schéma střední rychlosti při stávajícím stavu (ENESA, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

Příloha 3: Tlakový diagram po zavedení opatření z Varianty 1 (ENESA, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

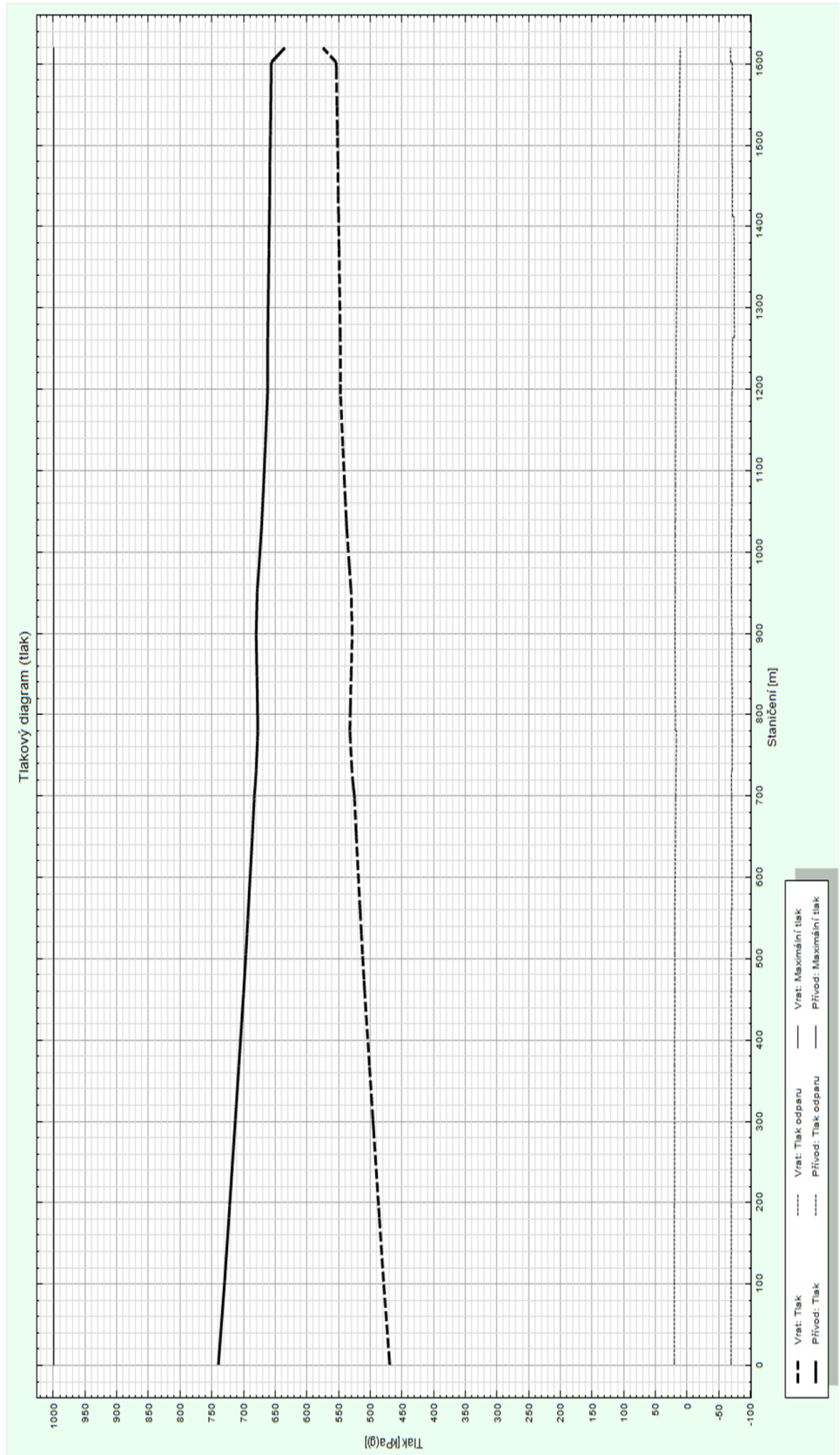
Příloha 4: Grafické schéma střední rychlosti po zavedení opatření z Varianty 1 (ENESA, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

Příloha 5: Tlakový diagram pro realizaci varianty 2 (ENESA, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

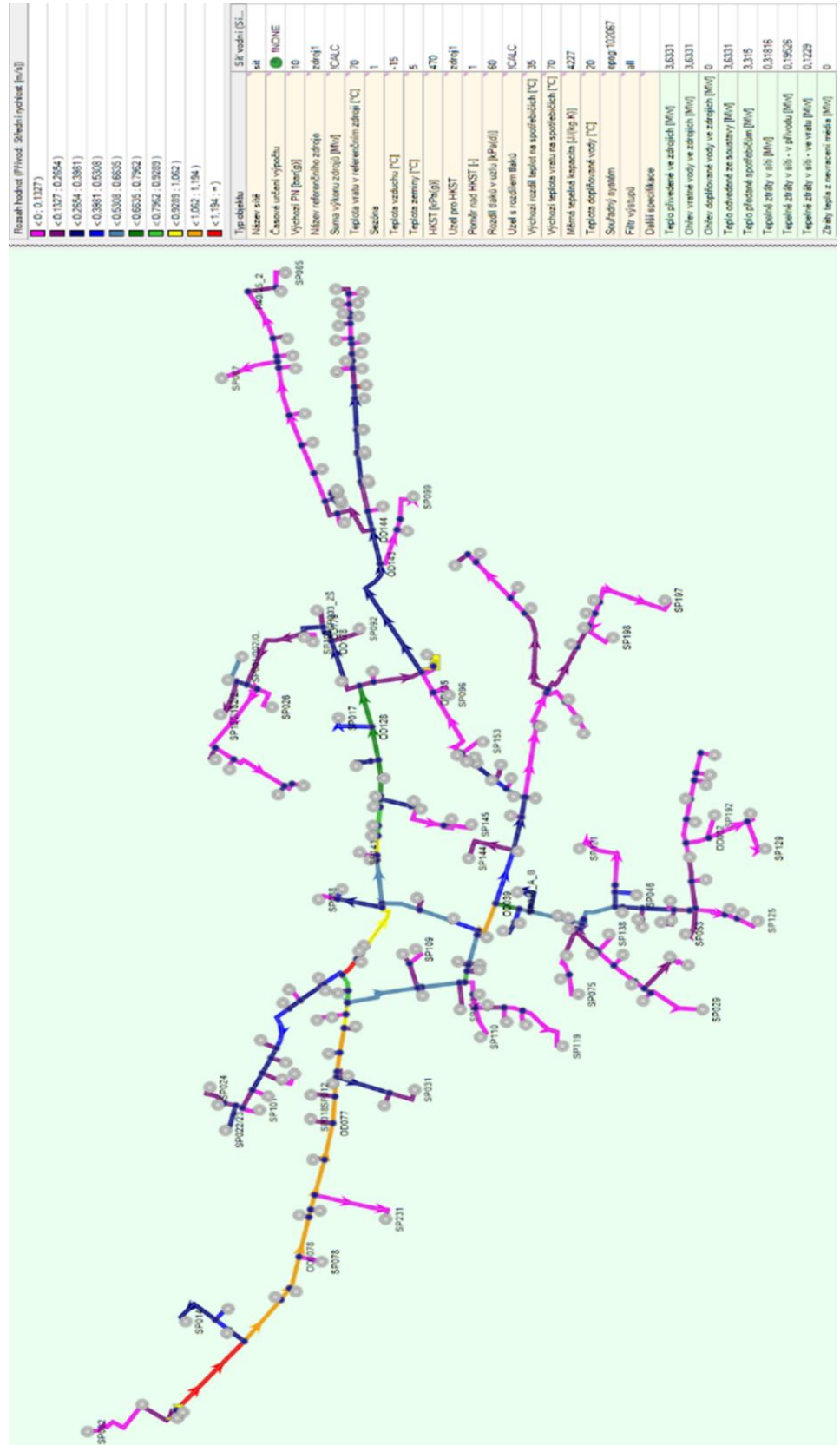
Příloha 6: Grafické schéma střední rychlosti při realizaci varianty 2 (ENESA, 2020. Dep.: EVK Kašperské Hory).

Příloha 7: Kumulovaný tok hotovosti (CF – cash flow) po dobu životnosti (autor, 2020).

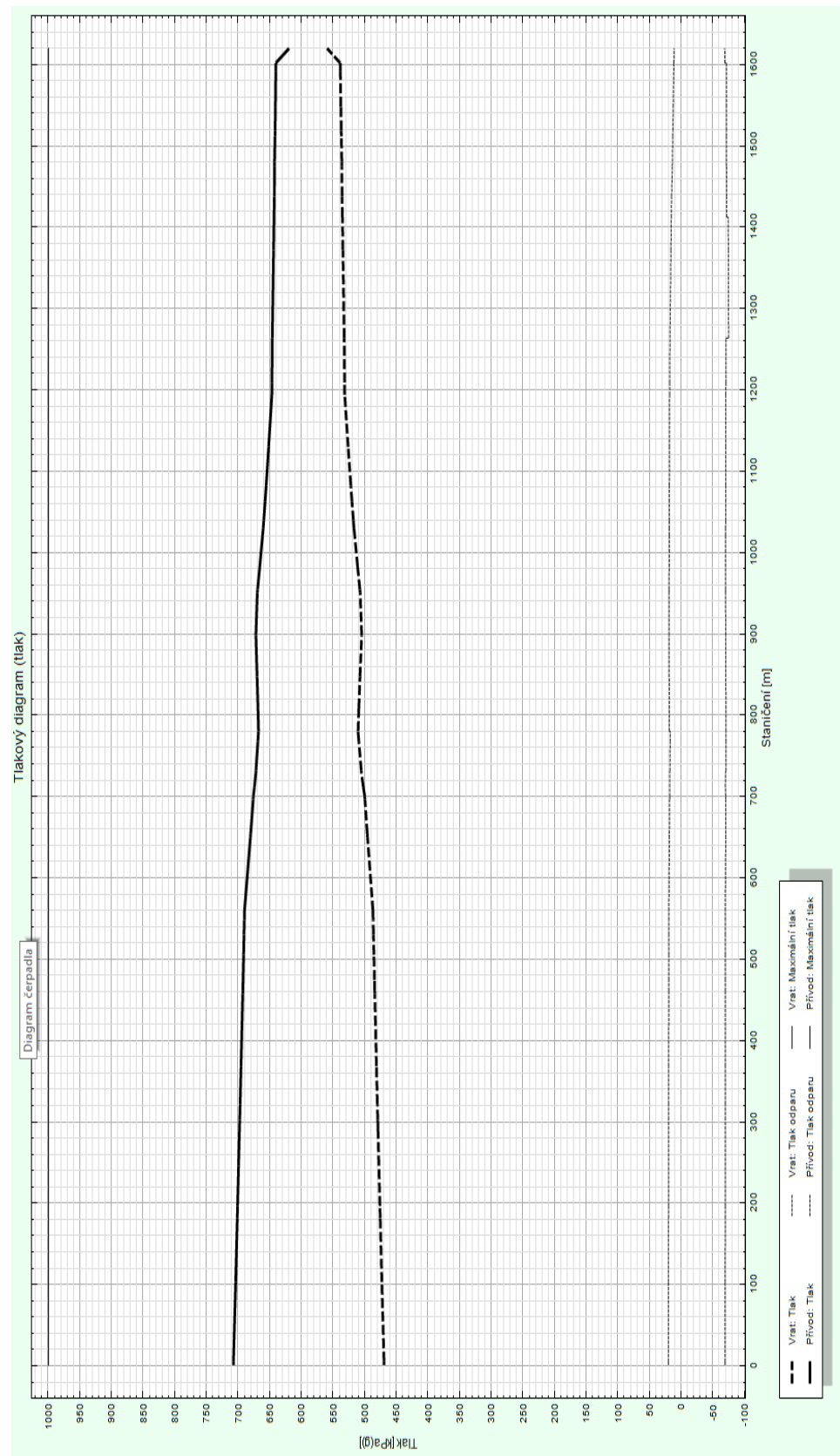
Příloha 1: Tlakový diagram stávající stav (ENESA, 2020)



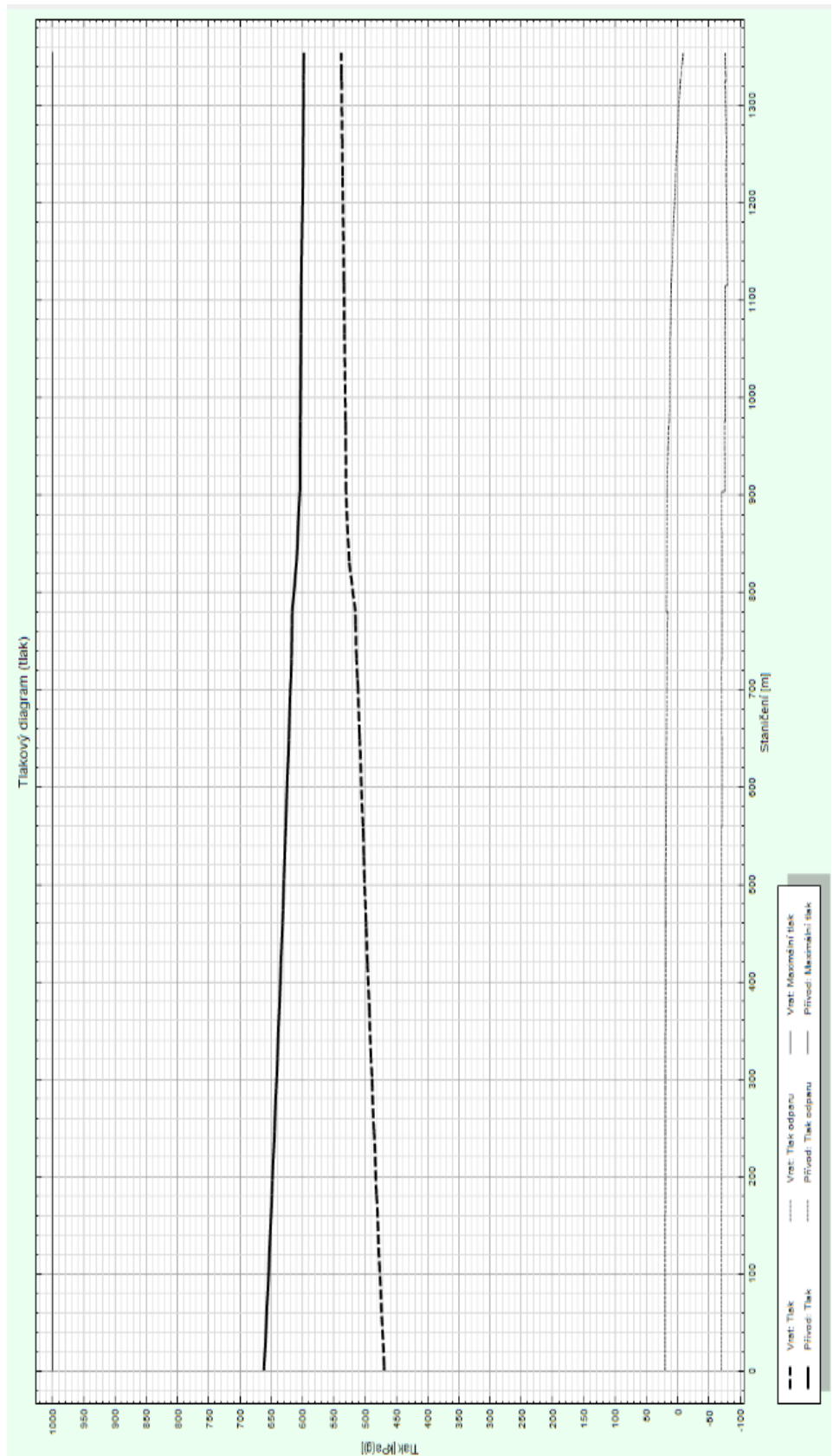
Příloha 2: Grafické schéma střední rychlosti při stávajícím stavu (ENESA, 2020)



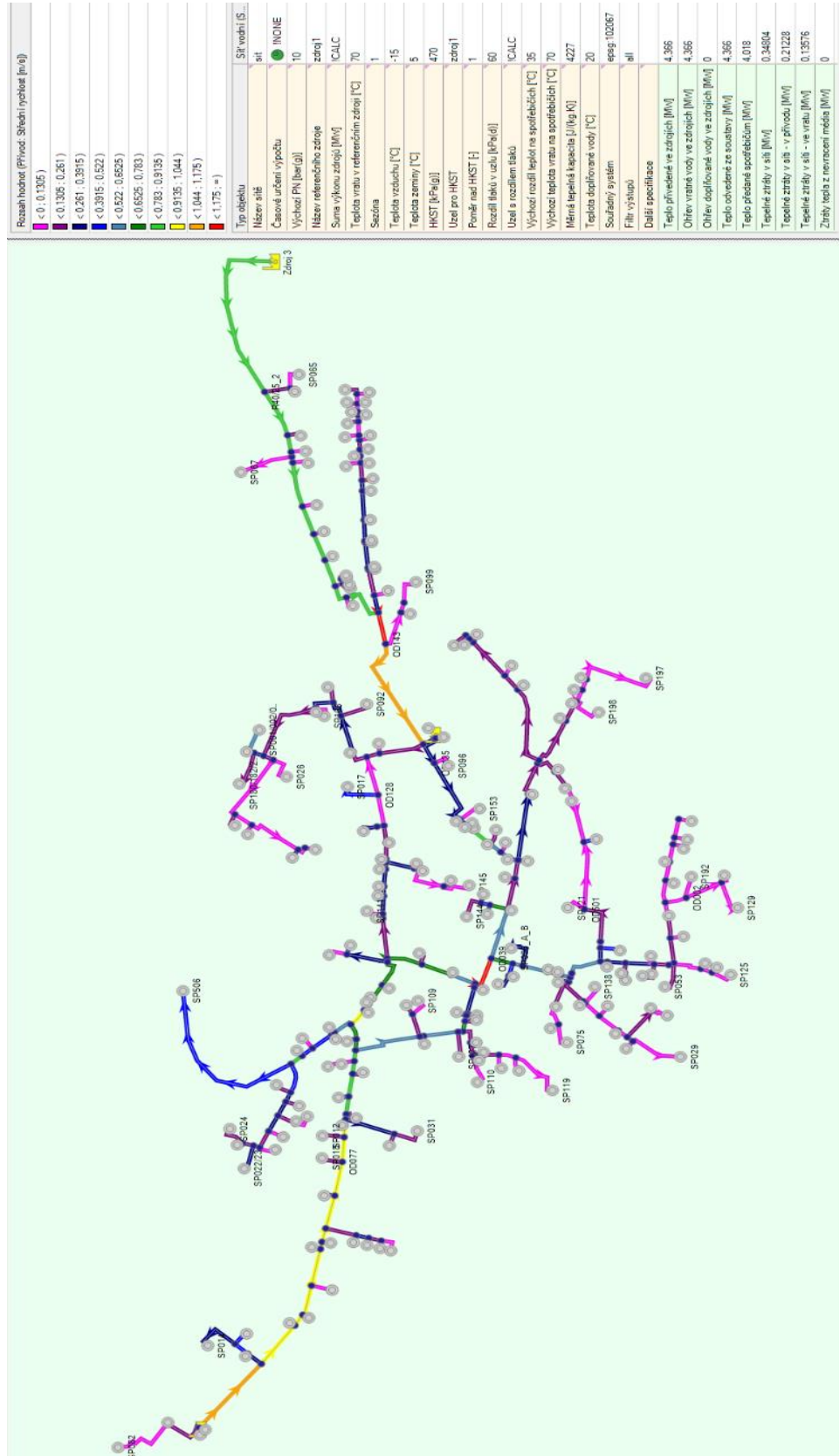
Příloha 3: Tlakový diagram po zavedení opatření z Varianty 1 (ENESA, 2020)



Příloha 5: Tlakový diagram pro realizaci varianty 2 (ENESA, 2020)



Příloha 6: Grafické schéma střední rychlosti při realizaci varianty 2 (ENESA, 2020)



Příloha 7: Kumulovaný tok hotovosti (CF – cash flow) po dobu životnosti (autor, 2020)

rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CF1+	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528
CF1-	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000	2 300 000
CF1	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528	3 058 528
NPV1	2 940 892	2 827 781	2 719 020	2 614 443	2 513 887	2 417 199	2 324 230	2 234 836	2 148 881	2 066 232	1 986 761	1 910 348	1 836 873	1 766 224	1 698 292	1 632 973	1 570 166	1 509 775	1 451 707	1 395 872
CF2+	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528	5 358 528
CF2-	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000	3 490 000
CF2	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528	1 868 528
NPV2	1 796 662	1 727 559	1 661 115	1 597 226	1 535 794	1 476 725	1 419 928	1 365 315	1 312 803	1 262 311	1 213 760	1 167 077	1 122 189	1 079 028	1 037 527	997 622	959 252	922 338	886 883	852 772
CF1+	reálný výnos																			
CF1-	provozní náklady																			
CF1	rozdíl																			
NPV1	číslo současně hodnotě projektu _varianta 1																			
NPV2	číslo současně hodnotě projektu _varianta 2																			