

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování**



**Projekt bioelektrárny rodinné farmy**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Veronika Saláková**

**Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.**

© 2018 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Veronika Saláková

Voda v krajině

Název práce

**Projekt bioelektrárny rodinné farmy**

Název anglicky

**Project of biopower station on the family farm**

---

### Cíle práce

- 1) Posudte možnosti různého využití energetických obnovitelných zdrojů.
- 2) Shromážděte podklady ke zpracování vlastního projektu.
- 3) Výběr vhodného území umístění stavby.
- 4) Zpracujte technické výpočty návrhu a analýzu návratnosti.

### Metodika

Zásady pro vypracování:

- 1) Úvod
- 2) Cíle práce
- 3) Rešerše literatury k dané problematice
- 4) Metodika
- 5) Návrh projektu, technické parametry a výpočty
- 6) Ekonomická analýza
- 7) Diskuze
- 8) Závěry
- 9) Použitá literatura
- 10) Přílohy

### **Doporučený rozsah práce**

60 stran textu a přílohy

### **Klíčová slova**

biomasa, dřevní štěpka, výroba energie, obnovitelné zdroje energie, energoblok

---

### **Doporučené zdroje informací**

Dufka, J. (2003): Vytápění netradičními zdroji tepla, Praha: BEN. ISBN: 80-7300079-2

Dvorský E., Hejtmánková P., (2005): Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha: BEN. ISBN: 80-7300-118-7.

Knápek J., Kajan M., Černý Z., (2011): Ekonomické aspekty využívání obnovitelných zdrojů energie v kraji Vysočina. VÚKOZ, v.v.i. Průhonice. ISBN:978-80-85116-82-3

Malaták, J., Vaculík, P.(2008): Biomasa pro výrobu energie, Praha: ČZU. ISBN: 978-80-213-1810-6

Murtinger K., Beranovský J., (2011): Energie z biomasy. Brno: Computer Press, Praha: EkoWATT. ISBN: 978-80-251-2916-6

Ochodek, T. (2007): Ekologické aspekty záměny fosilních paliv za biomasu, Ostrava: Vysoká škola báňská. ISBN: 978-80-248-1595-4

---

### **Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FŽP

### **Vedoucí práce**

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

### **Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

---

Elektronicky schváleno dne 27. 11. 2017

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2017

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2018

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Projekt bioelektrárny rodinné farmy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18.04.2018

Bc. Veronika Saláková

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za odborné vedení mé práce a čas, dále pak firmě TEDOM a.s. za poskytnuté podklady k projektu.

# Projekt bioelektrárny rodinné farmy

## Souhrn

Diplomová práce v úvodu pojednává o potenciálu energetické biomasy v oblasti bioenergetiky za účelem snížení uhlíkové stopy a jejím současném postavení v České republice i Evropě.

V teoretické části je uveden přehled využívaných paliv a možnosti využití biomasy jak energeticky, tak materiálově. Další části jsou věnovány podrobněji kogeneraci, druhům kogeneračního zařízení, způsobům energetické konverze, oblastem uplatnění a samozřejmě trigeneraci.

Návrh projektu začíná ve volbě zájmového území, popisu areálu a určení zdroje biomasy. Palivem je dřevní štěpka, pro kterou byla uvažována energetická transformace formou zplyňování, které je oproti přímému spalování účinnější, rychlejší a vytváří nižší emise. Výstupem je syntézní plyn převážně obsahující výhřevné složky CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Plyn je nadále schlazen, dočištěn a jestliže jeho teplota dosahuje běžných hodnot je veden na kogenerační jednotku. Součástí návrhu je pak vhodná volba absorpční chladící jednotky i výběr provozu sítě s ohledem na legislativní podmínky.

Dalším obsahem diplomové práce je ekonomické zhodnocení, kdy jsou prozkoumány vnitřní a vnější faktory činnosti podniku, nadále výpočty výroby energie s následným prodejem na trhu a související návratnost investice do podniku. Součástí práce je samostatná vazba příloh, kde je návrh možného dispozičního řešení.

**Klíčová slova:** biomasa, dřevní štěpka, výroba energie, obnovitelné zdroje energie, energoblok

# Project of biopower station on the family farm

## Abstract

The thesis deals with the potential of biomass energy in the field of bioenergetics in order to reduce the carbon footprint and its current position in the Czech Republic and Europe.

In the theoretical part an overview of the used fuels and possibilities of biomass utilization both energetically and materially is presented. Further parts are devoted to cogeneration, types of cogeneration units, energy conversion methods, application areas and trigeneration.

The design of the project is based on the choice of the area of interest, the site description and the determination of the biomass source. Fuel is a wood chips for which the energy transformation has been considered by gasification, which is more efficient, faster and produces lower emissions than direct combustion. The output is a synthesis gas predominantly containing the CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> heating elements. The gas continues to be cooled down, and if its temperature reaches normal values, it is led to a cogeneration unit. Part of the design is the appropriate choice of the absorption cooling unit and the choice of network operation with respect to the legislative conditions.

Another part of the diploma thesis is the economic evaluation, when the internal and external factors of the company's activities are examined, calculations of energy production with subsequent sale in the market and related return of the investment in the company. Part of thesis is a separate binding of attachments, where is a design of possible solutions.

**Keywords:** biomass, wood chips, energy production, renewable energy sources, energoblock

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce.....	4
3	Literární rešerše .....	5
3.1	Obnovitelné zdroje energie .....	5
3.2	Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie .....	6
3.2.1	Paliva pro KVET.....	7
3.2.2	Parametry paliv .....	9
3.2.3	Potřebné množství vzduchu na oxidaci paliva a množství vzniklých spalin.....	17
3.2.4	Palivo a tepelný oběh.....	19
3.3	Biomasa.....	20
3.3.1	Využití biomasy a význam .....	21
3.3.2	Vznik rostlinné biomasy.....	22
3.3.3	Skladba biomasy.....	23
3.3.4	Způsoby energetické konverze biomasy .....	27
3.3.5	Tvarovaná paliva.....	30
3.4	Kogenerační technologie.....	31
3.4.1	Zařízení pro úpravu primárního zdroje energie – paliva .....	32
3.4.2	Kogenerační jednotka .....	32
3.4.3	Biomasa a kogenerace .....	34
3.4.4	Oblasti uplatnění KJ .....	38
3.4.5	Trigenerace.....	41
4	Metodika.....	46
5	Návrh projektu, technické parametry a výpočty.....	47
5.1	Zájmové území .....	49
5.2	Zdroje biomasy .....	51
5.2.1	Výsadba topolu japonského .....	51
5.3	Návrh technologie, popis zařízení .....	53
5.4	Provoz sítě .....	60
6	Ekonomická analýza.....	63
6.1	SWOT analýza.....	64
6.2	Prodej vyrobené energie .....	65
6.3	Ekonomické zhodnocení .....	67
7	Diskuze .....	69
8	Závěry .....	70
9	Přehled literatury a ostatních zdrojů.....	71
10	Přílohy .....	77



## Seznam použitých zkratk a symbolů

BPEJ	Bonitovaná půdní ekologická jednotka
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
KJ	Kogenerační jednotka
KVET	Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie
MZe	Ministerstvo zemědělství
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PEZ	Primární energetické zdroje
PJ	Primární jednotka
POP	Perzistentní organické látky
RRD	Rychle rostoucí dřeviny
StM	Stirlingův motor
TTP	Trvalý travní porost
TUV	Teplá užitková voda
TZL	Tuhé znečišťující látky

CO	Oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
SO <sub>2</sub>	Oxid siřičitý
N	Dusík
H <sub>2</sub>	Vodík
H <sub>2</sub> O	Voda
CH <sub>3</sub> COOH	Kyselina octová
CH <sub>4</sub>	Metan
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Oxid fosforečný
K <sub>2</sub> O	Oxid draselný
VL	Veškeré látky
NL	Nerozpuštěné látky
HCN	Kyselina kyanovodíková
NH <sub>3</sub>	Amoniak
CS <sub>2</sub>	Sirouhlík
COS	Karbonylsulfid
H <sub>2</sub> S	Sulfan
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku

kWh	Kilowatthodina (10 <sup>3</sup> Wh)
MWh	Megawatthodina (10 <sup>6</sup> Wh)

# 1 Úvod

Zásadní a nepochybnou příčinou globálního oteplování, která sužuje Zemi, je zvýšení oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) v ovzduší. Nárůst CO<sub>2</sub> způsobila mimo jiné průmyslová činnost, to lze prokázat obsahem uhlíku v emisích CO<sub>2</sub> při spalování fosilních paliv, jelikož mají rozdílná izotopová složení nežli v přírodě (Biben, 2017).

V prosinci roku 2015 se konala v rámci Rámcové úmluvy OSN 21. Pařížská klimatická konference (COP 21), kde byla mezi smluvními stranami podepsána mezinárodní dohoda o změně klimatu. Hlavním cílem této dohody je udržet nárůst globální teploty pod 2°C, a co nejlíže 1,5 °C. V listopadu 2017 se konala opět již 23. konference (COP 23), která se zaměřuje na plnění strategie této Pařížské dohody (UNFCCC, ©2017).

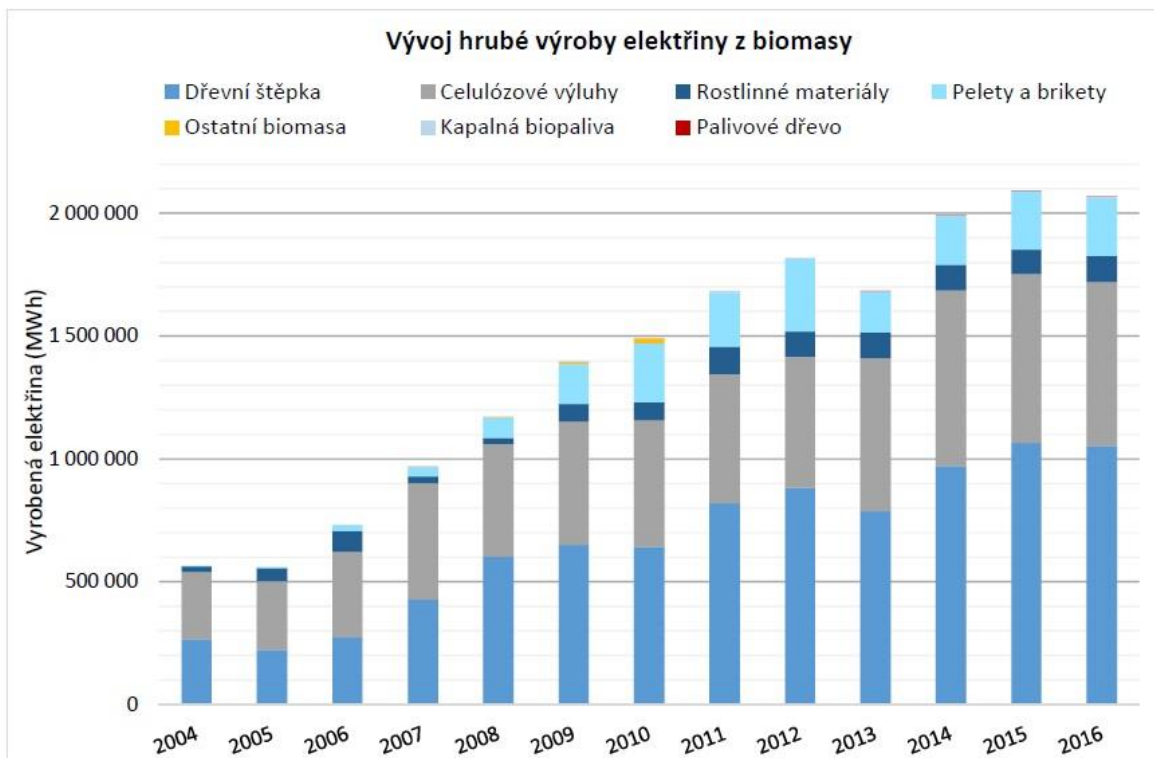
Byly zde představeny nové závazky, opatření za miliardy eur, plány na zastavení používání fosilních paliv a vyvíjení tlaku na firmy, aby jejich aktivity byly šetrnější k životnímu prostředí. Jde hlavně o ropné, ocelářské a plynárenské giganty či výrobce aut a letadel. Další ohlášenou iniciativou je například i snaha uspišit konec výroby aut se spalovacími motory (Fialová, 2017). Česká republika se po zdlouhavých debatách Poslanecké sněmovny stala 4.11.2017 plnoprávnou stranou Pařížské klimatické dohody. Byla tak jedinou z posledních několika států, která ke smlouvě přistoupila, ale neratifikovala ji. Globálně má nyní 169 účastníků (Vrbová, 2017).

Evropa se tak pomalu začíná ubírat k bezuhlíkové energetice a na významu získávají obnovitelné zdroje energie. Zásoby fosilních paliv jsou omezené a spotřeba je rychle vyčerpateľná, z toho vyplývá, že uhlíkový luxus si můžeme dovolit již pouze několik desetiletí (Moravec, 2017).

Podle mezinárodní metodiky výpočtu podíl obnovitelných energetických zdrojů na celkové spotřebě energie v EU v roce 2016 dosáhl 17%, což je oproti roku 2004 dvojnásobkem. Do roku 2020 je cílem EU získat 20% podílu obnovitelné energie na konečné spotřebě a 27% do roku 2030. Už 11 států dosáhlo svých cílů do roku 2020, dokonce i my jsme mezi nimi se svými 14,9 % rokem 2016, v roce 2004 ukazoval tento podíl 6,8 %. Nejvyšší podíl ze členských států vykazuje Švédsko (53,8%), Finsko (38,7%), Lotyšsko (37,2%), Rakousko (33,5%) a Dánsko (32,2%) (EUROSTAT, ©2018).

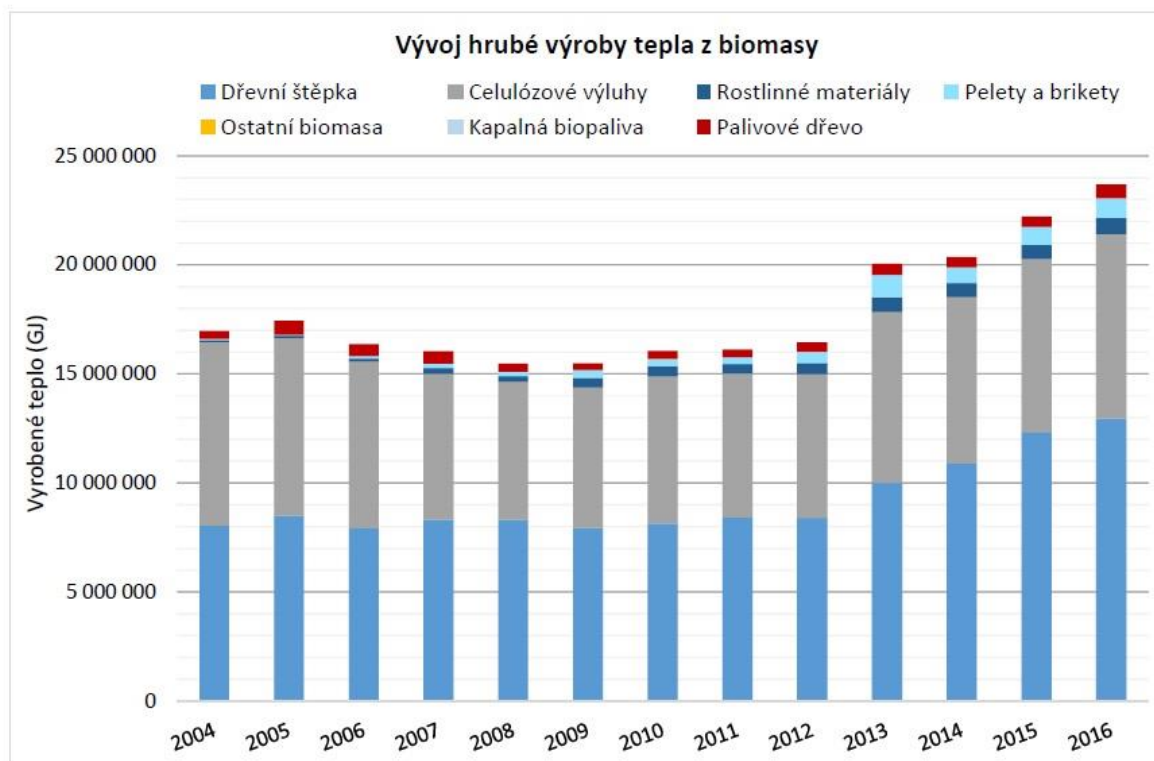
Pozici obnovitelných zdrojů energie pro rok 2016 v ČR zkoumalo Ministerstvo průmyslu a dopravy. Statistiky vychází z databází Energetického regulačního úřadu (ERÚ) a z dat šetření Českého statistického úřadu (ČSÚ), kde byl sledován roční výkaz o spotřebě paliv a energie. Na obrázcích 1.1 a 1.2 je vidět vývoj hrubé energie z biomasy mimo domácnosti jak tepla, tak i elektřiny. Odhad spotřeby biomasy v domácnosti je komplikovaný vzhledem k nedostupnosti dat. Ze statistiky plyne, že hrubá výroba elektřiny z OZE v roce 2016 na celkové tuzemské hrubé výrobě elektřiny, je 11,13%. Odhad podílu energie z OZE na primárních energetických zdrojích činil 10,6%, ale není zde zohledněná účinnost zařízení, pouze se vztahuje k energii obsažené v palivu (MPO, ©2017).

**Obr. 1.1:** Statistika vývoje hrubé výroby elektřiny z biomasy



Zdroj: (MPO, ©2017)

**Obr. 1.2:** Statistika vývoje hrubé výroby tepla z biomasy



Zdroj: (MPO, ©2017)

Biodiverzita v ČR je díky geografické poloze, topografické i geologické rozmanitosti vysoká, i když je v současnosti rychle se měnící. Vlivem klimatické změny přibývají nové druhy převážně z jihu, dále pak vlivem antropogenním či invazním. Řada druhů naopak ale i mizí, vymírá či odstupuje z hranic našeho území. Zemědělský a lesní půdní fond zabírá cca 85% výměry ČR (MZe, ©2016).

Plocha lesních pozemků mírně roste a zachovává tak trend předchozích let. Z údajů zprávy o stavu lesa ČR plyne, že v roce 2016 byl zaznamenán nárůst 1 458 ha na 2 669 850 ha. Těžba dřeva dosáhla objemu 17,61 mil. m<sup>3</sup> surového dříví a z toho 15,92 mil. m<sup>3</sup> připadalo na jehličnany. Jelikož celkový přírůstek činil 22 mil. m<sup>3</sup> dříví, tak těžbou bylo využito 80% celkového přírůstku. Z toho je patrné, že těžba dřeva je trvale udržitelná (MZe, ©2017). Pozitivním z oblastí využívání zdrojů z biomasy je růst zastoupení dodavatelů, ale také stabilní cena dřeva, tedy kusového paliva i dřevní štěpky (Václavek, 2017).

Cílem státu v oblasti lesního hospodářství je správa v rozsahu zachovávající jejich biodiverzitu, produkční schopnost, vitalitu a regenerační schopnost. Změna klimatu je příčinou zvýšení nároků na hospodaření v lesích ve střednědobém horizontu, jelikož bude docházet k výkyvům dostupných dřevních surovin, převážně jehličnatých stromů. Jejich nabídka tak bude klesat, a proto se zpracovatelský průmysl musí připravit na zvýšenou nabídku listnatého dříví jako je dub a buk (MZe, ©2016).

Lesy hrají důležitou roli i při určování koncentrace CO<sub>2</sub> v současné atmosféře. Důležitým procesem, který probíhá v půdách je takzvaná sekvestrace uhlíku. Půda má schopnost uložit v sobě až třikrát více uhlíku než atmosféra a nejlépe si vede především půda lesní, proto je nutné volit a navyšovat druhové zastoupení, aby se zvyšovala budoucí odolnost přírodních ekosystémů (McCormick a Willquist, 2015).

Zemědělství hraje také významnou roli v oblasti bioenergetiky a to s možnou produkcí až 75 % energetické biomasy. Potenciál v ČR biomasy ze zemědělství je tvořen převážně biomasou z orné půdy (40%), vedlejšími produkty (44%) a trvalým travnatým porostem (16%). Mezi energeticky využitelnou biomasou se řadí hlavně zbytková biomasa (sláma, výpalky, šroty apod.), cíleně pěstovaná biomasa, produkce z TTP, rychle rostoucí dřeviny a byliny. Častými odvětví využití jsou pro výrobu kapalných biopaliv, jako pevná biomasa a pro výrobu bioplynu (MZe, ©2013a).

Výhodou energetické biomasy je diverzifikace a změna palivového mixu české energetiky, která tak ovlivňuje pozitivně rozvoj lokální ekonomiky, zaměstnanost, environmentální hledisko a energetickou nezávislost (Trávníček a kol., 2015).

Hodnotou biomasy a související problematikou se zabývá Komoditní rada pro biomasu při Agrární komoře ČR. Cílem rady je například sběr podkladů a informace k financování pro výměnu zdroje tepla za účinné zdroje využívající biomasu, zvýšení účinnosti a snížení emisí. Mimo jiné se zaměřuje v tomto ohledu na vysoké ceny energií, které ovlivňují konečnou cenu produktů, konkurenceschopnost v rámci evropského trhu a zatěžují tak ekonomiku podniků. Snížit náklady lze náhradou drahého energetického vstupu či volba takzvaného energetického mixu. Velká část firem ze dřevozpracujícího průmyslu,

lesnictví či zemědělství by mohla využitím zbytků ze zpracování a výroby snížit své náklady na energie o více než dvě třetiny ve srovnání s ostatními zdroji (Václavek, 2017).

Dle výzkumů bylo prokázáno, že budovy produkují kolem 13 % veškerých emisí CO<sub>2</sub> v EU. V Bruselu v červenci 2016 bylo schváleno Evropským parlamentem Usnesení o strategii EU pro vytápění a chlazení, které reaguje s ohledem na již zmíněnou Pařížskou dohodu (COP 21). Vytápění a chlazení spotřebovávají polovinu energie EU a hodně z ní je plýtváno. Vytápění, chlazení a elektrické systémy se mohou navzájem podporovat ve snaze dekarbonizace, a tak je nezbytné uznat pozitivních vazeb mezi nimi. Tato strategie má přispět ke snížení dovozu, nákladů, emisí skleníkových plynů a závislosti na energiích (European Commission, ©2016).

## 2 Cíle práce

Záměrem je zpracování projektu rodinné farmy, která si díky obnovitelným zdrojům dokáže zajistit energetickou soběstačnost, zvýšit výtěžnost a maximální využití farmy. Obnovitelným zdrojem je v tomto případě tuhá biomasa v podobě dřevní štěpky. Projekt je zaměřen především na její zpracování v areálu farmy a její následné zplyňování, které bude palivem pro trigenerační jednotku. Tento spalovací motor je schopen vyprodukovat tepelnou energii, elektrickou energii a chladiivo. Dalším výstupem z generátoru je dřevní popel s malým množstvím mechanického nedopalu, který se dále prodává zájemcům jako kvalitní hnojivo. Cílem práce bude následné maximální využití energií a určení rentabilnosti, jak ve směru ekonomickém, tak i vzhledem k životnímu prostředí.

### 3 Literární rešerše

Využití energetické biomasy navazuje na tradiční využití části zemědělské a lesnické produkce k vytápění a zároveň zahrnuje inovativní technologie pro výrobu paliv, elektrické a tepelné energie. Ministerstvo zemědělství podporuje způsoby produkce energie i pěstování biomasy, která nemá negativní dopady k životnímu prostředí a půdu a zároveň tak podporuje zaměstnanost v kraji, energetickou soběstačnost regionů a obcí, rozvoj ekonomiky a plnění mezinárodních závazků České republiky v ochraně klimatu. Podíl energie na hrubé domácí spotřebě by měl v roce 2020 dosáhnout 13,5 % a podíl obnovitelné energie v dopravě 10 %. Nástrojem Ministerstva zemědělství je Program rozvoje venkova na období 2014-2020, standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu v rámci kontroly podmíněnosti a Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020 (MZe, ©2013b).

#### 3.1 Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie lze rozdělit dle Knápka a kol. (2011) do tří kategorií podle původu, a to:

- energii Slunce – to je energie, která je odvozená od energie slunečního záření. Do této skupiny se řadí energie větrná, vodní, energie vln, biomasa atd.,
- energie přílivu – energie, která je transformovaná soustavou Země-Měsíc,
- geotermální energie – jedná se o energii nitra Země, kdy teplo vzniká rozpadem radioaktivních prvků a zbytkové teplo z období, kdy vznikla Země.

Země dostává od Slunce množství energie, které je dáno Sluneční konstantou a činí  $1370 \text{ W/m}^2$ . K povrchu Země se dostane jen část (42%) slunečního záření, jelikož je odraženo do okolí mraky a nečistotami v atmosféře. Deset procent záření se přímo absorbuje do zemské atmosféry a zbylých 48 % záření dosahuje zemského povrchu. Část tohoto záření (14%) je odraženo zpět do okolního prostředí např. povrchem ledovců. Zemský povrch tedy nakonec absorbuje zhruba 34 % slunečního záření, které je pak schopné využít k odpařování vody a transformaci na energii větru, teplo a oceánské proudy. Však méně jak 1 % ze slunečního záření využívá vlastní biosféra, která obrací chemicky vázanou sluneční energii a tím i na energii biomasy. Celková bilance je ovlivňována změnami v zemském povrchu a složením zemské atmosféry, kterou ovlivňuje kupříkladu koncentrace prachových částic vlivem průmyslového znečištění. Změny v zemském povrchu mohou být dány táním ledovců, kdy dochází k zmenšování jejich plochy a vyšší absorpci slunečního záření zemským povrchem (Knápek a kol., 2011).

## 3.2 Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie

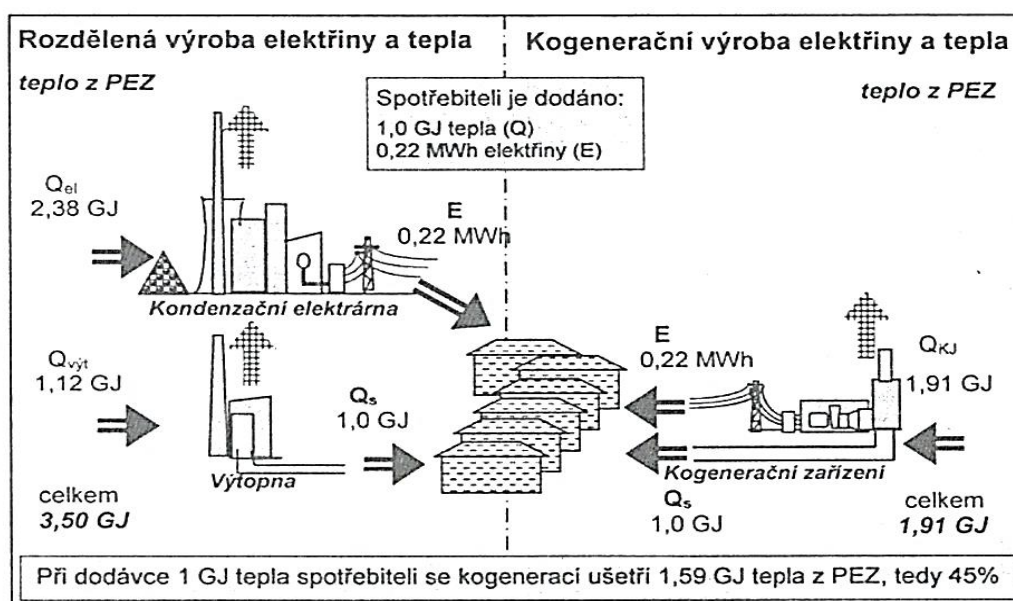
K zachování existence a k technickému rozvoji lidstva je zapotřebí využívat různé formy energetického zdroje. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie je uznávaná metoda, která vyniká ekologickou šetrností k životnímu prostředí a snižováním zátěže energetické náročnosti hospodářství. KVET je postupná nebo současná produkce přeměněných energií z primární formy v transformačních krocích ke spotřebiteli, který využívá konečné, užité energetické zdroje i paliva (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

Na obrázku 3.1 je vidět porovnání odděleného způsobu výroby elektřiny a tepla z primárních energetických zdrojů a kogeneračního způsobu výroby totožné energie. Oba způsoby jsou o stejné účinnosti výtopny 90 % a výroby energie 33 %, včetně ztrát při rozvodu k místům spotřebitele.

Odděleným způsobem může představovat kondenzační elektrárna, která spaluje hnědé uhlí a teplo v plynové výtopně. V ilustraci je započtena dodávka 1 GJ tepla spotřebiteli a také 0,22 MWh elektrické energie. Při výrobě této elektrické energie kondenzační elektrárna spotřebuje 2,38 GJ z paliva, z čehož 1,58 GJ odvádí do okolí, hovoří se tedy o ztrátách, které způsobí např. chladicí věže. Při výrobě tepla 1 GJ spotřebuje v palivu 1,12 GJ a ztráty v okolí jsou 0,12 GJ způsobené většinou odvodem komína. Celková spotřeba tepla z PEZ je tedy 3,5 GJ.

Oproti tomu kogenerační zařízení představuje v tomto případě spalovací turbínu s kotlem na odpadní teplo, z kterého je schopno vyrobit tuto dodávku v jediném zařízení. U kogenerační výroby z PEZ se spotřebuje 1,91 GJ tepla a ztráty jsou 0,19 GJ převážně výfukovými spalinami. Úspora představuje 1,59 GJ, což je 45 % celkové spotřeby při odděleném způsobu výroby (Krbek a Polesný, 2007).

**Obr. 3.1:** Ilustrační příklad rozdílu oddělené a kogenerační výroby energie



Zdroj: (Krbek a Polesný, 2007)

### 3.2.1 Paliva pro KVET

Paliva pro účely výroby energie mohou být produkována z primárních zdrojů či mohou vznikat využitím odpadních surovin jiných odpadních řetězců jako druhotné zdroje. V obou případech mohou suroviny procházet zušlechťovacími procesy, které mohou změnit jejich energetický potenciál. Může se jednat o úpravu vlastností chemického složení, zvýšení energetického obsahu, dopravní schopnosti. Tyto procesy vyhodnocuje tzv. parametr jakostního ukazatele paliva.

Členění paliv se provádí na základě fyzikálních vlastností, vlivu na životní prostředí, energetického obsahu, původu vzniku apod. S ohledem na využití pro kogenerační jednotku se rozděluje dle:

#### A) Typu paliva – Typ paliva respektuje původ, dělí se na paliva:

- Fosilní (FOP) - Jedná se o nerostné suroviny s organickým původem, které mají vysoký obsah uhlí, ropy či zemního plynu. Tyto prvky sahají svým vznikem až do období prvohor a druhohor přeměnou odumřelých organismů za anaerobních podmínek.
- Biopaliva (BIP)- Paliva získaná z rostlinné či živočišné biomasy. Původ může mít také využitím druhotných zdrojů vznikajících například ve výrobním řetězci zaměřeném na potraviny. Jedná se i třeba o kejdu skotu při chovu zvířat. Rostlinná biomasa, jinak zvaná jako fyto-palivo, vzniká fotosyntézou a má energetický obsah zhruba totožný jako paliva fosilního charakteru, ale výrazně se liší v objemové jednotce, která je u fyto-paliv nižší, neboť obsahuje velké množství vody. Výhřevnost je tedy značně proměnlivá.
- Alternativní paliva (ALP) – Např. vodík, jaderné palivo (syntéza lehkých jader) z důvodu vysokých nákladů na výrobu zatím nepatří ke komerčně běžně používaným palivům (Dvorský, Hejtmánková, 2005).

#### B) Druhu paliva

➤ **Pevná paliva – tuhá (TUP)** – mají nízký energetický obsah, tudíž je zapotřebí velký objem paliva, abychom získali požadované množství energie. Obsahují vysoký podíl neoxidačních látek a příměsí, které znečišťují životní prostředí, a tak je nutné vyřešit odvod těchto zbytků ze spalovacího prostoru či ukládání, dále také nutné vyřešit další využití, které zvyšuje náklady na provoz KJ. Produkce povrchové těžby probíhá na velkých plochách a náklady jsou relativně nízké. Náklady narůstají se vzdáleností vzhledem k manipulaci a dopravě.

##### • Příklady pevných paliv:

- černé uhlí a paliva z něj vyráběná – koks, brikety a další produkty,
- hnědé uhlí a paliva z něj vyráběná – polokoks, brikety a další produkty,
- rašelinové brikety nebo palivová rašelina,
- přírodní kusové dříví a zbytkové produkty při těžbě,
- přírodní nekusové dřevo i ve formě briket, štěpky, pilin nebo dalších produktů,
- biomasa.



➤ **Kapalná paliva (KAP)** – vynikají vysokým energetickým obsahem. Při optimálním spalování vzniká podstatně méně emisí, než při spalování TUP. Cena fosilních KAP v ČR je přibližně stejná jako ve světě. Mají vysoké užitné vlastnosti a k dokonalému spálení potřebují minimální přebytek vzduchu. Nároky na manipulaci a bezpečnost při skladování jsou přísnější, zejména jde-li o nebezpečné hořlaviny, které mají nízkou teplotu vznícení.

• **Příklady kapalných paliv:**

- plynový olej,
- střední olej,
- kapalné produkty zpracování zemního plynu,
- těžký topný olej,
- methanol či ethanol a jiné čisté kapalné uhlovodíky,
- kapalné produkty zpracování ropy, uhlí a oleje – v tomto případě se jedná o syntetické a dehtové oleje.

Tyto základní druhy se nadále mohou upravovat například mísením a mají své obchodní názvy: benziny, nafta, bionafta – MĚŘO (metylester kyselin řepkového oleje), topné oleje – TTO, ELTO, LTO, zkapalněný zemní plyn LNG (liquefied natural gas), zkapalněný propan-butan - LPG (liquefied petroleum gas).

➤ **Plynná paliva (PLP)** – poskytuje dokonalé mísení plynu a vzduchu před spalováním a zároveň snadnou regulaci, která zabraňuje vzniku emisí pevných nespálených částic, které jsou známé ve formě sazí. Parametry těchto paliv jsou závislé na stavových podmínkách, tyto jmenovité hodnoty jsou udávány jako  $p_n=1,01325 \cdot 10^5$  Pa, při teplotě  $T_n= 273,15$  K (0°C). Fosilní plynná paliva – zemní plyn – neobsahuje žádné sloučeniny dusíku a prakticky ani sloučeniny síry. Plynná fyto-paliva se před spálením upravují, aby neobsahovala nepřijatelná množství emisních prvků. Složení palivových hořlavín ve formě uhlovodíků je nejvýhodnější.

• **Příklady plynných paliv:**

- plynné produkty zpracováním zemního plynu, ropy, uhlí a oleje,
- zemní plyn, propan nebo butan či jejich směs, jiné čisté plynné uhlovodíky,
- vysokopecní plyn, bioplyn, plyn z rafinérií, koksárenský plyn, syntézní plyn s obsahem síry do 0,1 % h.j. a jiné průmyslové plyny s obsahem síry do 0,1 % h.j., degazační plyn (vzniká uvolněním při těžbě černého uhlí).

**C) Dostupnost** – ta je ovlivněná možností pořízení na trhu, a proto je dělená na nekomerční a komerční. Je-li poptávka, vzniká nabídka a některá paliva, která lze získat z druhotných zdrojů jsou využívána provozovatelem spíše pro vlastní potřeby energetické potřeby (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

### 3.2.2 Parametry paliv

Jedná se o jakostní hodnoty, které popisují charakter paliva a zohledňují skutečnosti důležité pro hodnocení jejich využití. Dělí se na:

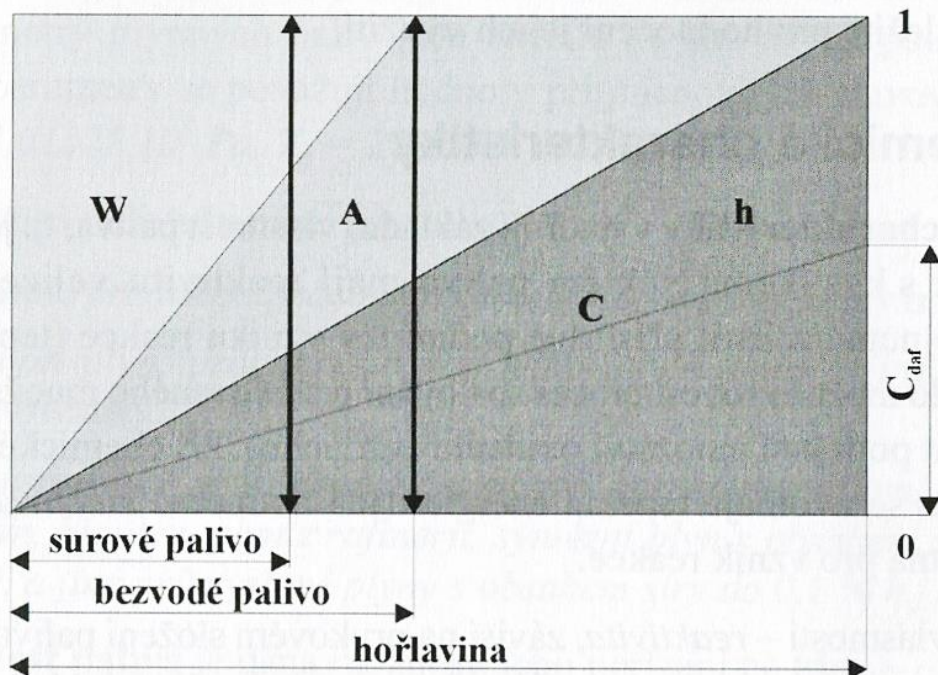
#### A) Chemické parametry

Popisují základní vlastnosti paliva, která ukazuje schopnost reakce s kyslíkem. Při zajištění potřebného množství oxidantu je pak možné zahájit proces spalování požadovaného množství paliva. Při reakci paliva s kyslíkem je uvolňována tepelná energie. Ta je nezbytná pro vznik celé reakce a je daná hodnotou slučovacího tepla. Reaktivita je u každého paliva jiná vzhledem k podmínkám vzniku reakce, která je závislá na teplotě, rozemletí či prvkovém složení paliva. Toto složení představuje poměr zastoupení jednotlivých složek v měrné jednotce [m.j.] a je udáváno v procentech. U kapalných, ale i tuhých paliv je měrnou jednotkou hmotnostní jednotka [h.j.] či jednotka objemová [o.j.].

**Surové palivo**, tedy palivo neupravené (raw-„r“) je směsice tří složek:

- **Hořlaviny h** („daf“) – Jsou tvořeny pěti prvky, které vytváří reakci s kyslíkem. A to uhlíkem (C), sírou (S), vodíkem (H), dusíkem (N) a palivovým kyslíkem (O). Na obrázku 3.2 jsou vidět tyto obsahy v palivu, je patrné, že množství hořlaviny se pohybuje v rozmezí 0-1.

Obr. 3.2: Složení paliva



Zdroj: (Dvorský a Hejtmánek, 2005)

- **Nespalitelných prvků (A)** – Ty netvoří žádné reakce s kyslíkem a jsou pouze ohřívány. U tuhých paliv jsou nespalitelným prvkem označovány popeloviny. Plynná paliva někdy obsahují nehořlavé látky, tím je například oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). Ideálním případem by bylo samozřejmě použití paliva, které tyto prvky neobsahuje, ale každé palivo určitou část obsahuje a nejvíce zřejmé je to u paliv tuhých (Dvorský a Hejtmánek, 2005).

Tuhá paliva jsou totiž z pohledu obsahu popelovin v sušině příznivá. U kvalitních dřevin nebývá obsah větší jak 1 %, u bylin dosahuje 4 %. Naproti tomu v hnědém uhlí se pohybuje obsah popelovin od 10-40 % a v černém je obsah 6,5-8 % (Ochodek a kol., 2007).

**Tab. 3.1:** Vybrané druhy biomasy a jejich obsah popelovin v sušině

Typ biomasy	Obsah popela v sušině [%]
Jedle (s kůrou)	0,6
Buk (s kůrou)	0,5
Topol	1,8
Vrba	2,0
Kůra jehličnatá	3,8
Žitná sláma	4,8
Pšeničná sláma	5,7
Triticale (pšenice + žito)	5,9
Ječná sláma	4,8
Řepková sláma	6,2
Kukuřičná sláma	6,7
Slunečnice	12,2
Konopná sláma	4,8
Žito zrno	2,0
Pšenice-zrno	2,7
Řepka – zrno	4,6
Cukrová třtina	4,0

Zdroj: (Ochodek a kol., 2006)

- **Vody (W)** - ta je v palivu vzhledem k vysoké tepelné kapacitě nežádoucí. Čím vyšší je obsah vody, tím výhřevnost rapidně klesá. Při spalování kapalných a tuhých paliv se odpařuje. U plyných jsou vodní páry již obsahem paliva, jejich tepelnou energii ve spalinách lze regenerovat. U menších tepelných zdrojů se musí tudíž použít speciální nízkoteplotní kondenzační výměníky a spaliny musí dosáhnout teploty rosného bodu. V případě větších energetických zařízení tuto kondenzaci využít nejde, palivo by se muselo před spálením vysoušet na bezvodé.

**Tab. 3.2:** Výhřevnost dřeva v závislosti na obsahu vody

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]	Objemová hmotnost (volně ložená) [kg/m <sup>3</sup> ]
Polena - měkké dřevo	0	18,56	355
	10	16,4	375
	20	14,28	400
	30	12,18	425
	40	10,1	450
	50	8,1	530
Dřevní štěpka	10	16,4	170
	20	14,28	190
	30	12,18	210
	40	10,23	225

Zdroj: (Weger a Havlíčková, 2003)

### B) Fyzikální parametry

Tyto vlastnosti jsou závislé na typu paliva a některé informace jde naměřit u všech paliv. Jsou to např. měrné hmotnosti, teploty vzplanutí, tepelné vodivosti. Některé informace jde naměřit jen u určitého druhu. U kapalných paliv je to např. teplota tuhnutí, Wobbeho číslo, meze výbušnosti, viskozita a oktanové číslo. U paliv plyných jde změřit viskozita, teplota zkapalnění a kompresibilita. U tuhých paliv se sledují údaje jako je zrnitost, sklon k tvoření klenby, otěruvzdornost a teplota tavení tuhých zbytků.

Základní **hodnotící údaje** z hlediska použití pro KJ:

- **Měrná hmotnost - hustota  $\rho$**

Je hmotnost jednotky objemu příslušné látky a je důležitá při zjišťování nároků na skladovací prostory pro paliva, která nemají nepřetržitou dodávku. Velikost skladovacího prostoru je tedy důležité zajistit v závislosti na době zásobovacích etap, ale i na množství energie vyrobené v KJ.

**Tab. 3.3:** Potřebný skladovací prostor pro výrobu 1 MWh

Palivo	Měrná hmotnost	Skladovací prostor
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$V_{\text{pal,MWh}}$ [m <sup>3</sup> /MWh]
Palivové dřevo-polena	320-450	0,6-0,8
Palivové dřevo-odřezky	210-300	0,9-1,2
Štěpka	270-380	1,3
Rašelina	350-400	0,8
Sláma	80-100	3,0
Dřevěné brikety	800-1100	0,25-0,3
Hnědé uhlí	650-780	0,41
Černé uhlí	770-880	0,17

Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

- **Viskozita**

Viskozita kapalných látek se srovnává dle hodnoty absolutní a kinematické. Viskozita je závislá na teplotě, a proto je významným faktorem při dopravě kapalných paliv. Velkých hodnot dosahuje v blízkosti bodu tuhnutí, a tak je energetická náročnost vysoká. Z toho důvodu se některá paliva ohřívají nebo se do nich přidávají zředující látky.

- **Absolutní – dynamická viskozita  $\eta$**

Vykazuje odpor látky proti tečení. Jinak řečeno, jde o sílu potřebnou k posunu jednotkových ploch tekoucího paliva mezi sebou. Viskozita laminárně tekoucího média, v němž při gradientu rychlosti 1/s přes proud vzniká tečné napětí 1 Pa. Jednotkou je tedy [Pa × s].

- **Kinematická viskozita  $\nu$**

Je absolutní viskozita  $\eta$  [Pa × s] vztažená na hustotu. Je to míra odporu média ke gravitačnímu toku.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [\text{m}^2/\text{s}]$$

- **Zápalná teplota  $t_{\text{zap}}$**

Tvoří základní podmínku spalování, jelikož směs oxidantů a paliva musí být zahřátá na určitou teplotu, při které probíhá děj spalování bez přívodu tepla z venku. V podstatě jde o teplotu minimální, při které probíhá reakce. Hodnota aktivací energie a zápalná teplota klesá, čím více se zvětšuje plocha styku mezi oxidantem a palivem. U TUP se pohybuje mezi 220-600 °C, u kapalných 210-600 °C a u plyných 450-700 °C (viz tab. 3.5).

- **Teplota vzplanutí  $t_{vzp}$**

Bývá uváděna u kapalných paliv. Jedná se o nejnižší teplotu zahřáté látky, kdy dochází k tvorbě páry o hodnotě tlaku, která vyprovokuje zápalnou a výbušnou směs. Tato teplota je nižší než zápalná, u topných olejů se pohybuje mezi 120-170°C a vztahuje se na normální atmosférický tlak ( $p_n = 101,325 \text{ kPa}$ ). Tento parametr se používá pro zařazení paliva do třídy hořlavosti a je významnou požárně-bezpečnostní charakteristikou.

**Tab. 3.4:** Bezpečnostní hodnocení vzplanutí kapalných paliv

Teplota vzplanutí	Třída hořlavosti
$t_{vzp} [^{\circ}\text{C}]$	[-]
< 21	I
22-55	II
56-100	III
> 100	IV

Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

- **Meze vznětlivosti**

Určuje mez koncentrace hořlaviny ve směsi spalovacího vzduchu a paliva při hoření. Pro plynná paliva se označuje jako mez výbušnosti. Stanovuje horní a dolní možnou mez podílu paliva v objemových procentech směsi, aby bylo spalování dostačující. Mimo tyto meze dochází k buď spalování nepřijatelnému, nebo vůbec žádnému.

**Tab. 3.5:** Zápalné teploty a meze vznětlivosti plynných paliv

Palivo	Zápalná teplota	Meze vznětlivosti [objemová % plynu ve směsi]	
	$t_{zap} [^{\circ}\text{C}]$	dolní	horní
Vodík	530	4,0	74,2
Oxid uhelnatý	610	12,5	74,2
Metan	645	5,0	15,0
Vysokopeční plyn	670	35-40	65-75
Generátorový plyn	700	25,0	75,0
Koksárenský plyn	560	5,0	30,0
Svítiplyn	560	6,0	35,0
Zemní plyn	645	4,0	17,0
Propan-butan	580	1,5	9,0

Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

- **Spalná teplota  $t_s$**

Jde o úměrnou teplotu prvkového složení a způsobu spalování, které lze dosáhnout při spalování určitého paliva. Čím vyšší je, tím je větší účinnost a kvalita kogenerační jednotky. Stanovuje se tepelnou bilancí, která vykazuje příjem a výdej tepla při spalování. Její stanovení je obtížné.

- **Teplota tuhnutí  $t_{tuh}$**

Při dosažení této teploty přestává volně téct kapalná látka. Určuje tedy schopnost toku paliva při nízkých teplotách.

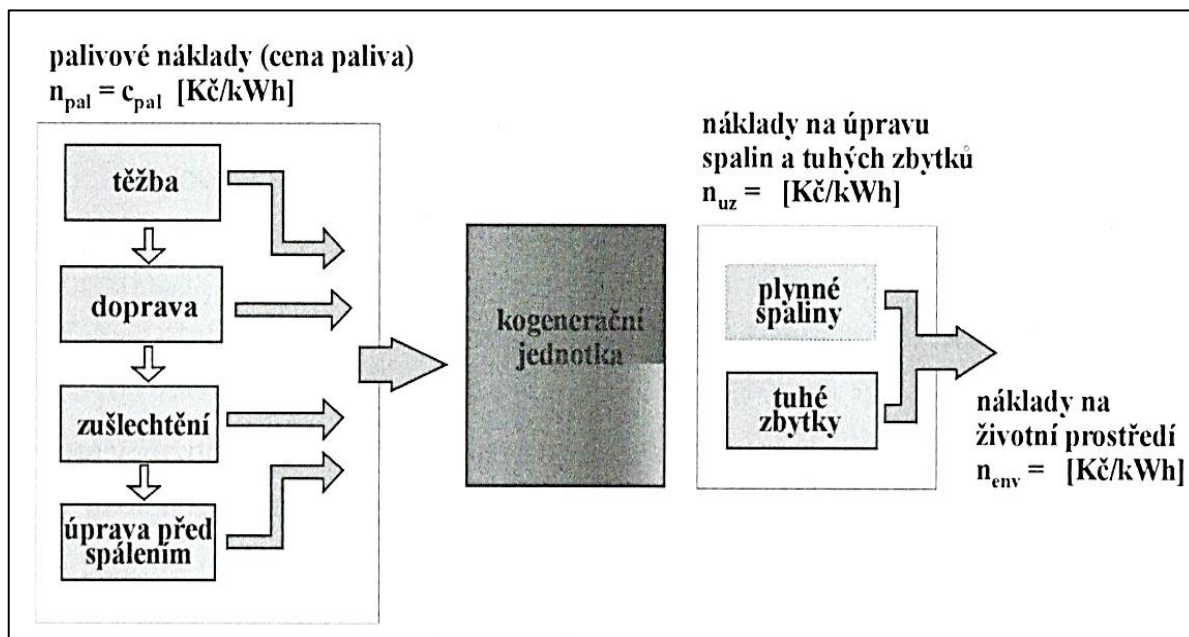
- **Teplota zkapalnění  $t_{zkap}$**

Je důležitým parametrem u plyných paliv pro zkapalňování. Při stlačení plyny zkapalňují a je pak možné je v zásobnících přepravovat a skladovat. Příkladem je propan, který zkapalňuje v atmosférickém tlaku při teplotě  $-42^{\circ}\text{C}$  a butan už při teplotě  $-4^{\circ}\text{C}$ . Proto je nutné měnit vzájemný poměr těchto dvou látek v závislosti na zimním a letním období, jelikož v zimě může způsobit problémy s odpařováním.

### C) Ekonomické parametry

Představují náklady, které souvisí s dopravou, skladováním, manipulací, pořízením a úpravou paliva před oxidací. Na obrázku 3.3 je vidět, že čím více je zušlechťovacích cyklů, tím větší jsou palivové náklady.

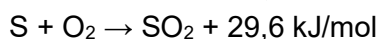
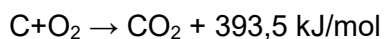
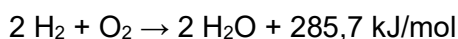
**Obr. 3.3:** Vyjádření palivových nákladů



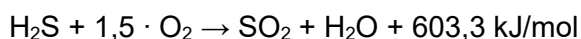
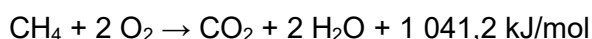
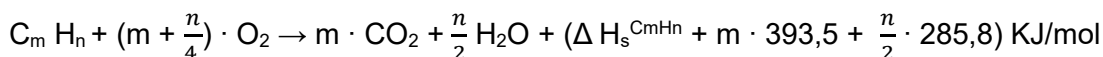
Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

## D) Energetické parametry

Díky těmto charakteristikám určíme energetickou bilanci zdrojů a energetické porovnání paliv. Základní parametr transformovaných paliv je dán množstvím vyrobené energie. Hodnoty tepelné energie, která se uvolňuje při spalování se určuje pomocí oxidačních rovnic jednotlivých hořlavých prvků. Hodnoty lze určit z rovnic termochemické oxidace jednotlivých prvků paliva:



Oxidace hořlaviny u plyných paliv se zapisuje z předešlé rovnice reakcí vodíku a jiných základních sloučenin, jakými mohou být například metan, sirovodík, oxid uhelnatý či uhlovodíky, které jsou obsahem paliv:



kde:  $\Delta H_s^{\text{C}_m\text{H}_n}$  – slučovací teplo (entalpie) uhlovodíku  $\text{C}_m\text{H}_n$  [kJ/mol]

Celková suma získané energie z paliva je výsledkem změny entalpie, popřípadě změnou vnitřní energie při tvorbě sloučenin z hořlaviny, viz předešlé dvě rovnice a je nazýváno slučovacím teplem (Dvorský a Hejtmánková, 2005). Pomocí Hessova zákona, který říká, že reakční teplo u reakce za stálého tlaku je rovno změně entalpie a u reakce za stálého objemu je rovno změně energie vnitřní, lze spočítat teplo jakékoliv reakce v případě, že známe hodnoty slučovacích tepel jednotlivých sloučenin (VŠCHT, n.d.).

Jelikož ne vždy lze toto teplo naměřit, tak se používají dobře měřitelné a počitatelné parametry pro energetické vyhodnocení:

**A) Spalné teplo  $Q_s$**  - Tato veličina je naměřená hodnotou slučovacího tepla, které je získané dokonalým spálením m. j. paliva, kdy jsou spaliny ochlazené na teplotu na začátku a voda ze spalin je zkondenzovaná a absorbovala do sebe různé látky, takže je v kapalném stavu se směsí kyselin a ostatních látek v závislosti na palivu. Skupenské teplo vypařování vody a kondenzační teplo vody v palivu je opětovně použito k ohřevu vody z výchozí teploty na 100 °C, označované bodem varu při atmosférickém spalování a z vody se tak stává pára. Množství celkového tepla odpovídá 2500 kJ na 1 kg vlhkosti a lze naměřit kalorimetry.

**B) Výhřevnost  $Q_i$**  – to je hodnota tepla, které je získané dokonalým spálením měrné jednotky paliva. Voda obsažená v palivu odchází odpařováním ve formě vodní páry. Proto je nižší než spalné teplo o množství tepla potřebného k tomuto odpaření a ohřátí vody v palivu.



Tato vzájemná závislost výhřevnosti a spalného tepla je patrná na následujícím vztahu:

$$Q_i = Q_s - 2,453 \cdot (W + 8,94 \cdot H) \text{ [MJ/kg]}$$

$$Q_i = Q_s - 500 \cdot m_{H_2O} \text{ [kJ/kg; kJ/M}^3\text{N]}$$

kde:  $m_{H_2O}$  - množství vodní páry v palivu [kg/kg].

Výhřevnost lze stejně jako spalné teplo určit výpočtem. Svazová rovnice nám určuje výhřevnost **tuhých paliv**. Pro výpočet rovnice je nutné znát prvky obsažené v palivu:

$$Q_s^{TUP} = 339 \cdot C + 1440 \cdot (H - O/8) + 105 \cdot S \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_i^{TUP} = 339 \cdot C + 1214 \cdot (H - O/8) + 105 \cdot S - 25 \cdot W \text{ [kJ/kg]}.$$

Pro **kapalná paliva** se používá Mendělejevova rovnice:

$$Q_s^{KAP} = 339 \cdot C + 1256 \cdot H + 109 (O - S) \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_i^{KAP} = 339 \cdot C + 1039 \cdot H + (O - S) - 25 \cdot W \text{ [kJ/kg]}.$$

Spalné teplo a výhřevnost u **plynných paliv** je součtem spalných tepel a výhřevností jednotlivých plynů, které jsou obsahem paliva:

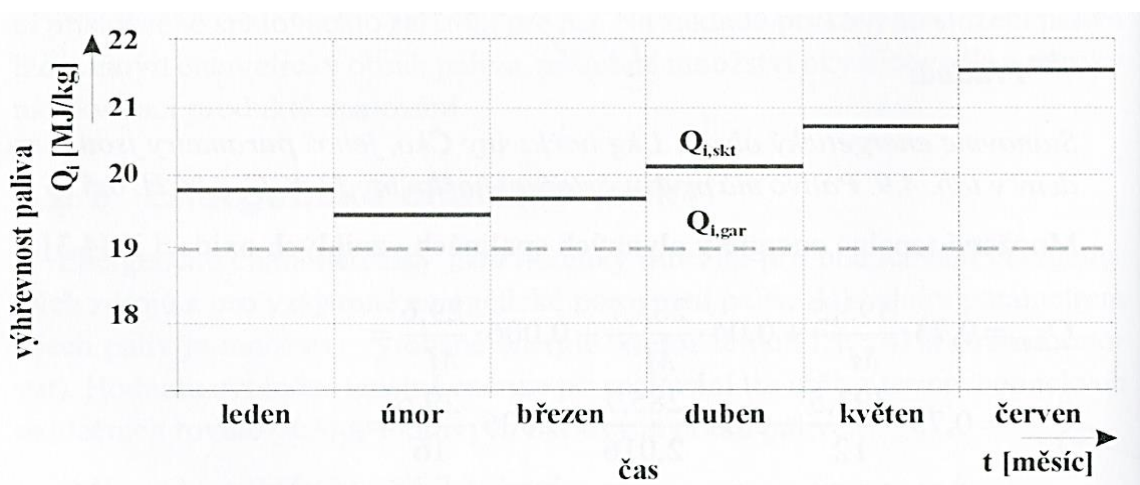
$$Q_s^{PLP} = V_1 \cdot Q_{s,1}^{PLP} + V_2 \cdot Q_{s,2}^{PLP} + V_3 \cdot Q_{s,3}^{PLP} + \dots + V_n \cdot Q_{s,n}^{PLP} \text{ [kJ/m}^3\text{N]}$$

$$Q_i^{PLP} = V_1 \cdot Q_{i,1}^{PLP} + V_2 \cdot Q_{i,2}^{PLP} + V_3 \cdot Q_{i,3}^{PLP} + \dots + V_n \cdot Q_{i,n}^{PLP} \text{ [kJ/m}^3\text{N]}$$

kde:  $V_1 - V_n$  – Objem jednotlivých plynných složek v 1  $m^3_N$  paliva [ $m^3_N / m^3_N$ ].

Pro stanovení energetická bilance, tedy účinnosti zařízení, je nutné znát spalné teplo a výhřevnost. Prodej je pak vztažen buď na hmotnostní či objemové jednotky s garantovanou výhřevností od výrobce ( $Q_{i,gar}$ ), v podstatě záleží na hodnotiteli. Samotné bilancování kogenerační jednotky se stanovuje na základě výhřevnosti (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

**Obr. 3.4:** Porovnání garantované  $Q_{i,gar}$  a skutečné  $Q_{i,skt}$  hodnoty výhřevnosti paliva



Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

**C) Energetická hustota e** – je energie obsažená v měrné jednotce paliva. Jednotkou je [kWh / (o.j.; h.j.)]. Hustota ovlivňuje výsledný projekt, velikost skladovacích prostor, dopravu a skladování. Logicky nejlepším palivem je takové, které má největší energetický obsah. (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

### E) Enviromentální parametry

Vykazují obsah škodlivých látek, které vznikají v určitém palivu při spalování. Po oxidaci se uvolňují kouřové plyny, jinak řečeno spaliny, které jsou směsí zbytku kyslíku, vzdušného dusíku, vodních par, produktů spalování hořlaviny a dalších složek. Při nedokonalém spalování obsahují zbytky nespáleného paliva. V případě, že je obsažena síra, tak je přítomný zpravidla i oxid siřičitý SO<sub>2</sub>.

Protože mezi hlavní prvky patří uhlík a vodík, nevyhneme se při spalování fosilních paliv i fyto-paliv vzniku CO<sub>2</sub>, který zvyšuje globální oteplování. Nejlepším řešením je používat paliva taková, která mají co nejnižší obsah uhlíku a jiných znečišťujících látek. Následující tabulka 3.6 ukazuje přibližný poměr zastoupení vodíku a uhlíku dle paliv. Je patrné, že nejprůzračnější hodnoty vzhledem k vznikajícím emisím mají plynná paliva, a proto je lze považovat za paliva téměř čistá. Slibným plynným palivem je pak zemní plyn, který dosahuje poměru 4:1.

**Tab. 3.6:** Poměr vodíku a uhlíku u paliv

Palivo-druh	Poměr H / C
	[-]
Pevná paliva	(0,1-0,5) / 1
Kapalná paliva	(1,0-2) / 1
Plynná paliva	(1,0-4,0) / 1

Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

Nejlepší vizí je používat alternativní paliva, u kterých je enviromentální bilance vyrovnaná. Jde o využití biopaliv, která sice spalováním vylučují CO<sub>2</sub>, ale zároveň ho při svém vzniku spotřebovávají z atmosféry. Při výběru KJ je hlavním sledovaným prvkem síra, musí mít ukazatele v příslušných mezích dle vyhlášky.

### 3.2.3 Potřebné množství vzduchu na oxidaci paliva a množství vzniklých spalin

Zajištěním přívodu a odvodu spalin po vyhoření potřebného množství oxidantu (vzduchu) splníme podmínky oxidace hořlaviny paliva. Hmotnostní a objemové poměry se stanovují výpočty spalovacích procesů, ve kterých se sloučeniny a prvky slučují. Díky nim je znatelný průběh chemické reakce a energetické nároky na dopravu vzduchu do spalovací komory a odvod spalin.

**Spalovací proces** je dle podmínek dělen na:

**a) Dokonalý**

Je takový, při kterém nezbydou v palivu žádné hořlavé složky. Dosáhnout dokonalého spalování lze při dokonalém promísení paliva se vzduchem za ideálních spalovacích podmínek, závisí na druhu spalovacího procesu, druhu paliva a na spalovacím zařízení. V praxi je spotřeba vzduchu vyšší než teoretická, proto se uvažuje přebytek spalovacího vzduchu, u kterého je pravidlem, že čím je nižší, tím lépe se mísí palivo se vzduchem. Vyjadřuje se součinitelem přebytkového vzduchu  $\alpha$ , dle vzorce je viditelné, že je to poměr skutečné ku teoretické spotřebě vzduchu.

$$\alpha = \frac{V_{vz,skt}}{V_{vz,min}}$$

Také platí, že čím je vyšší přebytek vzduchu, tím více tepla je unášené ve spalinách, klesá spalná teplota i součinitel využití paliva. Je proto třeba zajistit, aby byl tento součinitel optimální.

**b) Nedokonalý**

Při tomto spalování zůstává určité množství hořlavin stále ve spalinách. Příkladem je nedokonalé spalování uhlíku, které je vidět na následující rovnici. K tomuto způsobu dochází, je-li součinitel přebytku vzduchu  $\alpha < 1$ . Není to ale pravidlem, jelikož může nastat i v případě, pokud dojde k nedokonalému smísení paliva s oxidačním činidlem a pak se může i  $\alpha = 1$ , ba i dokonce  $\alpha > 1$ .



**c) Smíšené spalování**

V tomto případě obsahují spaliny jak  $CO_2$ , tak i oxid uhelnatý  $CO$ .

Spalovací vzduch ve spalovacích zařízeních je zdrojem kyslíku, jedná se v podstatě o neupravený atmosférický vlhký vzduch zahřátý na určitou teplotu. Vlhký vzduch je směsí suchého vzduchu a vodní páry, obsahuje prachové částičky v nepatrném množství i ostatní nečistoty. Suchý vzduch je směsí plynů, v nichž dominuje dusík  $N_2$  s obsahem cca 78 % a kyslík  $O_2$  o obsahu cca 21 %. Vodní pára je ve vzduchu většinou v přehřátém stavu a její teplota nemůže být nižší než teplota meze sytosti, jelikož by došlo ke kondenzaci. Stav vlhkosti vzduchu popisuje relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$ , která je podílem skutečné absolutní vlhkosti vzduchu a maximální možné absolutní vlhkosti.

Pro výpočet potřebného množství vzduchu se používá buď stechiometrická rovnice, nebo se provádí za pomoci výhřevnosti paliva. Ve výpočtech pomocí stechiometrické rovnice není nutno počítat objem vlhkého vzduchu  $V_{vz,v}$ . Do výpočtu množství spalovacího vzduchu se uvažuje spalování za přítomnosti jen suchého vzduchu  $V_{vz,s}$  s hlavními složkami vzduchu, které jsou uvedené v tabulce 3.7.

Výpočet pomocí výhřevnosti paliva se používá v případech, kdy neznáme dokonale složení paliva, pro které se určuje spotřeba spalovacího vzduchu a množství spalin vzniklých při spalování.

**Tab. 3.7:** Složení vzduchu

Plynná složka	Chemická značka	Obsah složky dle	
		objemu	Hmotnosti
		[%]	[%]
Kyslík	O <sub>2</sub>	21	23
Dusík	N <sub>2</sub>	79	77
Poměr N <sub>2</sub> : O <sub>2</sub>		3,76	3,33
Poměr vzduch : O <sub>2</sub>		4,76	4,33

Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

Minimální potřeba kyslíku pro dokonalé spalování se provádí pomocí oxidačních rovnic pro molová množství. Ty lze rozdělit na hmotnostní a objemové. Oba výpočty vycházejí z molekulového objemu nebo hmotnosti jednotlivých prvků sloučenin a hořavin pro 1 mol. Vychází z Avogadrova zákona, který říká, že 1 kmol jakékoliv plynné látky zaujímá objem 22,4 m<sup>3</sup> za normálních podmínek (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

### 3.2.4 Palivo a tepelný oběh

Při tlaku blízcím se atmosférickému či vyšším probíhá spalovací proces. K uvolňování tepelné energie, která je chemicky vázaná v palivu, dochází přímo v kogenerační jednotce či v samotném tepelném zdroji. Atmosférické spalování jde použít pro KJ, které mají vnější spalování a používají tepelný výměník pro předávku tepla do KJ.

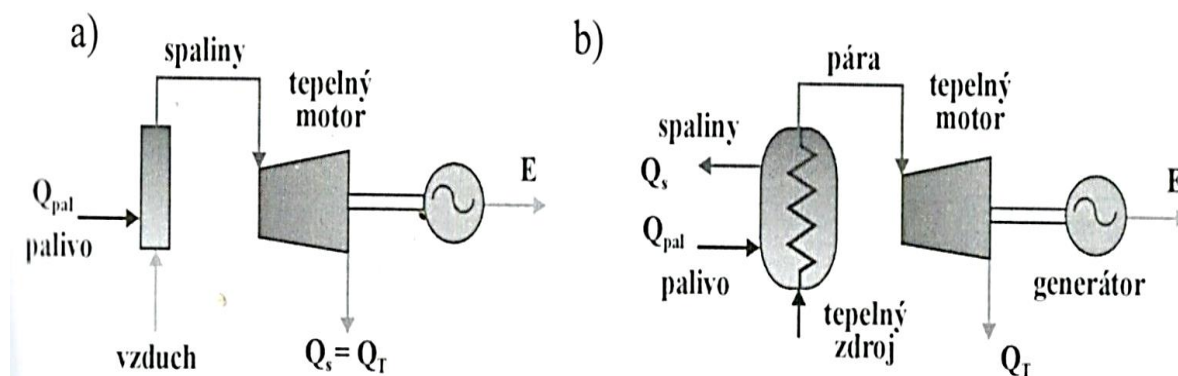
Pracovní látka, která prochází kogenerační jednotkou musí plnit určitá kritéria, pať. technického charakteru, ty souvisí s údržbou a jednoduchým provozem či ekonomická kritéria v podobě malých nároků na úpravu a velké akumulární schopnosti.

Vysoké jakostní ukazatele musí být v případě, když je pracovní látkou spalina, která vznikla oxidací paliva (viz obrázek 3.5a)). Nesmí obsahovat velké množství znečišťujících látek vzhledem k životnosti a snížení spolehlivosti kogenerační jednotky, proto je nutné dodržovat enviromentální požadavky a emisní limity úpravou spalin či předúpravou paliva.

Je-li teplo dodávané pomocí výměníku a pracovní látka tepelného oběhu prochází kogenerační jednotkou ve formě par, a tak k uvolnění tepla dochází v samostatné spalovací komoře a požadavky na kvalitu paliva jsou nižší (viz obrázek 3.5b)). To sebou nese výhodu spalování tuhých paliv. Enviromentální požadavky ale vyžadují úpravu spalin před odvodem do atmosféry.

Z toho plyne, že výběr primární pohonné jednotky má veliký vliv na možnosti použití paliva a úpravu, protože například při přímé oxidaci nelze u pevných paliv používat jako pracovní látku tepelného oběhu totožnou oxidační látku (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

**Obr. 3.5:** Přívod paliva do tepelného oběhu



Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

### 3.3 Biomasa

Nejobecnější definicí biomasy je, že biomasa je substance biologického původu, vypovídá o tom, že je původu jak rostlinného, ale i živočišného včetně akvakultur. Norma společnosti ASAE (USA) redukuje terminologii na biomasu vzniklou účinkem fotosyntézy – tedy fytomasy (Pastorek a kol., 2004).

Biomasa je specifickou kategorií OZE, jelikož může být primárně získávaná z polí a lesů, ale zahrnuje i řadu odpadů. Dobrým příkladem je publikace výzkumu Knápka a kolektivu (2001), kde je tvrzeno, že v roce 2010 se celulósová výluhy, což je odpad z výroby papíru, podílely zhruba na 1/3 na celkové spotřebě biomasy, kterou použily průmyslové a energetické podniky pro produkci tepelné a elektrické energie. Přesně jde o 1,1 mil. tun biomasy v celulósových výluzích z 3,2 mil. tun celkové spotřeby těmito podniky. Pro totožný rok byla pro energetické úmysly celková spotřeba biomasy 7,5 mil. tun, kde se na významné roli podílely domácnosti se spotřebou 3,7 mil. tun a 0,5 mil. tun biomasy vhodné pro energetické užití bylo vyvezeno.

V současné době je biomasa nejčastěji energeticky využívána prostřednictvím přímého spalování, výrobě kapalných paliv (bio-ethanol, estery mastných kyselin) k výrobě bioplynu anaerobní fermentací a výrobě tvarovaných paliv, kterými jsou brikety a pelety (MZe, ©2013b).

Jakým způsobem a kdy budeme biomasu prakticky využívat závisí na mnoha okolnostech:

- Druh a forma biomasy, kdy je kusové dřevo ideální pro topení v kotli, ale pro pohon automobilu nikoli.
- Lokální dostupnost biomasy – zemní plyn či ropa se dopravují přes polovinu zeměkoule. Biomasa je k nalezení v našich podmínkách a s tím souvisí její náklady

na dopravu, která tvoří podstatnou část ceny. To s sebou nese výhodu decentralizace a v regionu vznikají nová pracovní místa.

- Dalším faktorem jsou náklady, které souvisí s pořízením a pozice umístění na trhu, jelikož biomasa a fosilní paliva soutěží o stejný trh.
- A nakonec vliv na životní prostředí, to že biomasa je obnovitelná a přírodní neznámá, že při výrobě energie nemůže dojít k nežádoucím a negativním vlivům. Příkladem mohou být stará kachlová kamna či krby, kdy bývají v kouři obsaženy škodlivé látky, jelikož nevyužívají pyrolytického spalování (Murtinger a Beranovský, 2011).

### 3.3.1 Využití biomasy a význam

- Potrava

Využití biomasy pro výrobu potravin a energetické účely si navzájem konkurují. Čím více roste životní úroveň například v rozvojových zemích, zvyšuje se i spotřeba masa. To má za následek zvýšený požadavek na množství pěstovaných obilnin. Průměrná produkce 1 kg masa je odhadována na spotřebu 8 kg obilí. Proto je pravděpodobnost pěstování energetické biomasy na orné půdě dlouhodobě neudržitelná.

- Zdroj tepla pro vytápění, ohřev vody, vaření

Jde o globálně dlouhou a nejvýznamnější tradici, kdy v zásadě není třeba nijak složitých a drahých technologií. Biomasa má výhodu v tom, že neobsahuje majoritní podíl síry, tedy i oxidu siřičitého ve spalinách, ba pouhý zlomek v porovnání s hnědým uhlím a množství těžkých kovů je též zanedbatelné. Některé rostliny mají schopnost vázat na sebe těžké kovy, a proto jsou i využívány k odstranění těchto látek z kontaminovaných půd. Jde například o skládky a důlní výsyvky, kdy nakonec těžké kovy po spalování zůstávají v popelu. Tyto popely se nevyužívají k hnojení, ale ukládají se na skládky.

Dusíkový obsah je též nízký, nejvíce ho vzniká až při samotném spalování a množství závisí na teplotě. Čím vyšší je teplota spalování, tím více vzniká oxidů dusíku.

- Zdroj energie pro dopravní prostředky

Jedná se o poměrně nové téma nabývající na globálním významu, nepočítáme-li auta na dřevoplyn, která byla používána za války. Náhrada dovážené ropy je významné nejen z ekologického a energetického pohledu, ale i politického vlivem snižování závislosti na producentech ropy.

- Zdroj energie pro výrobu elektřiny

V současné době se elektrická energie vyrábí především z fosilních paliv jako je ropa, plyn nebo uhlí. Náhrada biomasou namísto uhlí je z hlediska pro naši civilizaci žádoucí.

- Surovina pro průmysl

Zde je myšlena biomasa jako náhražka v průmyslové výrobě nebo stavebnictví a tím snížení již zabudované energie. Příkladem je třeba využití rostlinných vláken jako tepelných izolací nebo papíru namísto polyetyleny pro obaly apod. (Murtinger a Beranovský, 2011).

### 3.3.2 Vznik rostlinné biomasy

Jak už je známo rostliny odebírají z atmosféry  $\text{CO}_2$  a v procesu fotosyntézy tento oxid díky barvivo chlorofylu a energii slunečního záření redukují a vytvářejí z něj glukózu a postupně další organické sloučeniny, které potřebují ke svému životu a odpadním produktem je kyslík. Tento kyslík nepochází z oxidu uhličitého, ale z vody, která je v rostlině vždy přítomna jako ve všech reakcích v živých organismech. Biomasu si lze představit jako takzvanou energetickou konzervu, která má v sobě zachycené sluneční energie a my tuto energii můžeme uvolnit a využít k našim potřebám.

Potenciálem biomasy je tedy účinnost zachycení, přeměny a uchovávání sluneční energie ve formě biomasy. Teoretické množství energie, které je potřeba na přeměnu 44 g, tedy 23 litrů  $\text{CO}_2$  na 30 g glukózy (nebo škrobu či celulózy), je 0,13 kWh. Toto množství energie dopadne na plochu 1 m<sup>2</sup> za slunečního dne zhruba za 8 minut. Reálně rostlina nevyrobí z 0,13 kWh 30 g glukózy, jelikož nedokáže využít veškeré sluneční záření, které dopadá. Fotosyntetická aktivita je jen v místech záření 400-700 nm. Např. infračervené záření rostliny nevyužívají, ale velmi dobře ho odrážejí, to vede k nižšímu přehřívání a odparu vody. Absorbované fotosyntetické aktivní záření je pohlcené zelenými částmi rostlin a vede tedy k fotosyntéze a tvorbě biomasy. V ideálních podmínkách při monochromatickém světle je účinnost fotosyntézy přes 30 %, při normálním slunečním světle se pohybuje maximálně 13 %.

Ovšem kromě světla a  $\text{CO}_2$  rostliny potřebují minerální látky (hnojení), dostatek vody a přiměřenou teplotu. Pro posouzení vhodnosti výnosu biomasy je údaj čisté primární produkce, jelikož říká, kolik uhlíku C z atmosférického oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$  je přeměněno rostlinou na biomasu. Je udáváno, že u většiny rostlin bývá jen několik procent. Nejlepší je cukrová třtina, která má účinnost 8 %. Z hlediska pohledu na rostlinná společenství je nejvýkonnější tropický deštný prales, který má účinnost 2,2 kg na 1 m<sup>2</sup>, což představuje jen 11 kWh, ale v oblasti rovníku je mnohonásobně vyšší. V následující tabulce 3.8 je vidět, že rostliny nejsou nijak skvělým zařízením pro využití solární energie. Pokud jde o energetickou účinnost jsou lepší naše kolektory na ohřev vody či fotovoltaické články (Murtinger a Beranovský, 2011).

**Tab. 3.8:** Produkce biomasy

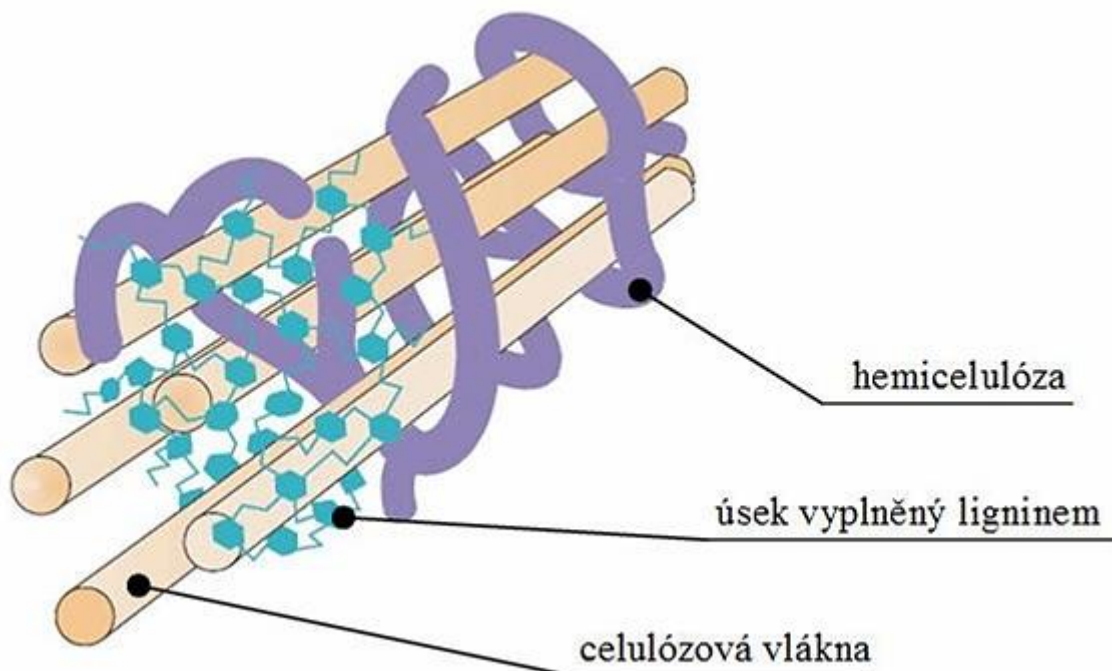
Druh porostu	Produkce [kg/m <sup>2</sup> ]
Deštný prales	2,2
Tropický prales	1,6
Středoevropský les	1,2
Savana	0,9
Zemědělská půda	0,7

Zdroj: (Murtinger a Beranovský, 2011)

### 3.3.3 Skladba biomasy

Největší energetický význam z chemického hlediska má celulóza, škrob, lignin, oleje a pryskyřice. Při procesu spalování jsou pak důležité nespalitelné anorganické látky tvořící popel a obsah vody.

**Obr. 3.6:** Schematické znázornění struktury rostlinné buněčné stěny



Zdroj: (Straka a kol., 2010)

- **Celulóza**

Jedná se o nejvýznamnější složku biomasy, která je zároveň přítomna ve všech druzích, jelikož je to základní stavební materiál rostlinné buňky. Jde o polysacharid, který je složen z většího počtu molekul glukózy, které jsou navzájem spojené.

Její vlastnost hygroskopičnost pojednává o tom, že snadno přijímá vodu a vlhne, v suchém stavu je stálá. Existuje řada mikroorganismů, které jsou schopny celulózu rozložit na jednoduché cukry a ty energeticky využít. Určití živočichové dokáží tyto mikroorganismy využít jako potravu, to se týká například skotu nebo termitů. Jeden atom uhlíku v suché celulóze připadá na jeden atom kyslíku, a proto je výhřevnost jen asi 18 MJ/kg.

- **Hemicelulózy**

Skládá se z různých polysacharidů, které navzájem s celulózou vytvářejí buněčné stěny, a tak rostlinám pomáhají mechanicky vytvářet pevné struktury.

Molekulová váha je menší, než bývá u celulózy a zpravidla proto jsou snadněji rozkládány na monosacharidy, z kterých se pak za pomoci kvašení získává etanol. K hydrolýze dojde také i za použití některých enzymů či zředěných kyselin.



- Lignin

Lignin je významnou částí dřeva stromů, tvoří zhruba třetinu hmotnosti dřeva. Funkcí ligninu je mechanické zpevnění stěn buněk a tvorba kapilár, které vedou v rostlině vodu a živiny. Chemicky je lignin tvořen komplikovanou směsí polymerů a převážnou částí aromatických alkoholů, není tak tvořen ze sacharidů, jak tomu je u celulózy. Díky přítomnosti těchto alkoholů není tak hydrofilní, z toho důvodu má větší výhřevnost.

Z dřeva při pyrolýze, jinak řečeno při nedokonalé spalování, se uvolňují aromatické sloučeniny metoxyfenoly. Mezi známé metoxyfenoly patří guajakol, který přispívá k typické chuti dřeva nebo syringol, ten bývá charakteristický vůní uzeného masa.

**Tab. 3.9:** Obvyklý obsah rostlinných látek

	Celulóza	Hemicelulóza	Lignin
Měkké dřevo	45	25	30
Tvrdé dřevo	42	38	20
Stébla slámy	40	45	15

Zdroj: (EUBIA, ©2007)

- Oleje

Sloučeniny olejů jsou příznačné funkcí energetického akumulátoru. Představují zdroj pro počáteční klíčení rostliny a bývá často v semenech. Z chemického hlediska se jedná o sloučeniny mastných kyselin v obvyklém zastoupení kyseliny palmitové, olejové a trojsytného alkoholu glycerinu. Oleje mají vysokou výhřevnost, je udáváno 37 MJ/kg. To odpovídá 90 % výhřevnosti motorové nafty. Jelikož jsou kapalné, je zde možnost využití jako paliva pro automobily.

- Pryskyřice

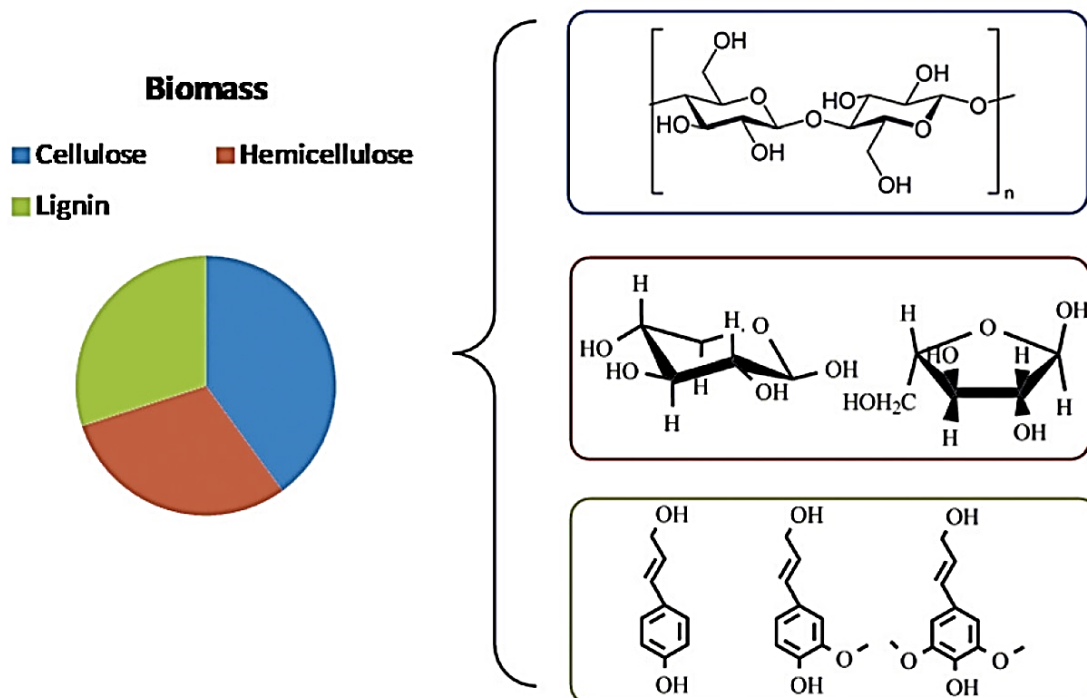
Je obsahem dřeva jehličnatých stromů, které jsou tvořeny směsí uhlovodíků, jinak zvaných terpenů. Uhlovodíky mají výrazně větší výhřevnost na rozdíl od celulózy a ligninu, proto mají jehličnany oproti listnatým stromům větší výhřevnost.

- Škrob

Tato zásobní látka bývá obsažena především v semenech a hlízách rostlin. Jde o polysacharid, který je tvořen ze stejných základních prvků jako celulóza jen s rozdílem enzymatického štěpení jednoduchých cukrů, které se snadno pak přeměňují na etanol například kvašením (Murtinger a Beranovský, 2011).

Na obrázku 3.7 jsou vyobrazeny hlavní fragmenty nacházejících se v biomase a jejich základní chemická struktura. Obsah se liší, jak již bylo zmíněno, v závislosti na rostlinném druhu. Jak zmiňuje Wuang a kol. (2014) u sušených tvrdých dřevin odpovídá obsah celulózy 40-45 %, hemicelulóza 24-40 % a lignin 18-25 %. Kukuřice obsahuje tyto složky ve stejném pořadí v zastoupení kolem 27-48 %, 13-17 % a 14-31 %. Naproti tomu EUBIA (©2007) uveřejnila zastoupení těchto složek pro stébla slámy, tvrdé a měkké dřevo, který je viditelný v tabulce 3.9.

Obr. 3.7: Zastoupení a základní chemická struktura celulózy, hemicelulózy a ligninu



Zdroj: (Wuang a kol., 2014)

### ➤ Energetické plodiny

Zahrnují biomasu cíleně pěstovanou pro energetické využití, nikoli pro technické použití či produkci potravin. Teoreticky lze v zásadě použít každou plodinu k energetickým účelům, ale prakticky je výhodné volit jen takové, co mají určité vlastnosti. Dle Murtingera a Beranovského (2011) jde především o vlastnosti:

- dobrá účinnost přeměny oxidu uhličitého na biomasu pomocí slunečního záření,
- velký obsah sušiny v době sklizně a nízký obsah vody,
- vysoká výhřevnost a nízký obsah popela,
- odolnost proti chorobám a škůdcům,
- nenáročnost na vodu a živiny.

Záměrně pěstovanou energetickou biomasou jsou:

#### a) Energetické plodiny lignocelulóзовé

- energetické dřeviny: vrby, topoly, olše, akáty, další keřové dřeviny i celé rostliny obilovin,
- travní porosty: chrastice (*Phalaris*), TTP, sloní tráva (*Miscanthus*) aj.,
- ostatní rostliny: konopí seté (*cannabis sativa*), křídlatka (*Reynoutria japonica*, *Polygonum cuspidatum*), čirok (*Sorghum bicolor*, *Sorghum sudanense*), šťovík krmný (*Rumex OK 2 „UTEUŠA“*), sléz topolovka (*Alcea rosea*). (Uš'ak, 2006)

**b) Energetické plodiny olejnaté:** slunečnice, řepka olejná, dýně na semeno, len.

**c) Energetické plodiny škrobnato-cukernaté:** brambory, obilí, topinambur (*Helianthus tuberosus*), cukrová řepa, cukrová třtina, kukuřice (Žákovec, 2012).

Rostliny, které mají jednoletý pěstební cyklus, nesou výhody rychlé produkce, jelikož jejich sklizeň i setí se uskutečňuje za pomoci běžné zemědělské techniky. U vytrvalých energetických plodin se musí vynaložit vyšší náklady v prvním roce při zakládání porostu a sklizeň připadá v úvahu až druhým či třetím rokem. Po vynaložení prostředků i úsilí vykazují pak ale vyrovnanější výnosy a vyšší energetickou efektivitu než rostliny s jednoletým pěstebním cyklem. Celková energetická efektivita je tedy poměr energie vložené a získané. U jednoletých se efektivita uvádí v poměru 1:5-15 a u vytrvalých se odvíjí v závislosti na výnosech a intenzitě pěstování v poměru 1:75-125.

Typickým příkladem vytrvalých rostlin jsou rychle rostoucí dřeviny (RRD). Životnost plantáže je až 25 let a sklizeň se děje dle způsobu využití v 3 - 5letých cyklech. Dalšími výhodami, které vytrvalé rostliny mají, jsou mimoprodukční funkce např. přispívání k ochraně půd proti erozi, zvyšování biodiverzity krajiny nahrazením monokultur na orné půdě, zvyšování retenční kapacity půd či ochlazování krajiny.

Po celém světě je vytipováno kolem jednoho sta energetických rostlinných druhů. Speciální energetické rostliny rozšiřují obzory rostlinné produkce a doplňují sortiment rostlin, jaké jsou u nás využívány v zemědělství (MZe, ©2013a). Na pěstování vybraných energetických rostlin lze získat dotace od MZe. Rostliny, které se u nás doposud nepěstovaly se musí nechat nejprve schválit (Murtinger a Beranovský, 2011).

### ➤ **Odpadní biomasa**

Takto je nazýván druh biomasy, který nebyl primárně určen pro výrobu energie. Jde o odpady biologicky rozložitelné, veterinární konfiskáty, zbytky potravin i další druhy biomasy, u kterých je přípustné energetické zpracování českou i evropskou legislativou v oblasti odpadového hospodářství, hygienické a veterinární péče (MZe, ©2013b).

Převážně se jedná o **odpady z odvětví**, která se zabývá zpracováním a využitím biomasy např.:

- a) rostlinné odpady ze zemědělské výroby jako je seno, kukuřičná, řepková či obilná sláma;
- b) odpady z údržby krajiny, sadů a travnatých ploch. Jde o prořezy, klest, křoviny či různé náletové dřeviny;
- c) odpady z různých provozů, kde zpracovávají dřevo, odpady ve formě odřezků, hoblin, pilin;
- d) odpady po těžbě dříví, kdy se jedná nejvíce o kůru, vršky stromů, větve, šišky, kořeny a pařezy;
- e) odpady ze živočišné výroby a z přidružených zpracovatelských kapacit – zbytky krmiv, hnůj a kejda;

- f) odpady z potravinářských výrob. Například cukrovary, mlékárny, lihovary a jatka. (Murtinger a Beranovský, 2011);
- g) biologicky rozložitelné komunální odpady – organický podíl tuhých komunálních odpadů (Žákovec, 2012).

Nejnebezpečnější je skupina odpadů ze stravovacích zařízení a jatek, jelikož bývá zdrojem chorob a infekčních nákaz (Ochodek a kol., 2007). Nezavadnou ovšem nemusí být ani nezpracovaná biomasa jako je kůra, zbytky slámy nebo dřeva, protože obsahem můžou být široká spektra patogenů nebo semen plevelů. I samotná přeprava může nést následek šíření chorob, plevelů i škůdců. Je proto nutná jak zevrubná kontrola materiálu, ale dále pak i zpracování biomasy tepelnými procesy do jiné podoby, které snižují kontaminační rizika. Podobami je myšleno zpracování na kapalná paliva, pelety nebo bioolej a de facto paliva, která jsou určena k vývozu (Koloničný a kol., 2009).

**Tab. 3.10:** Vybraná biopaliva

STÉBELNINY	Odpadní biomasa	Jednoletá	Obilnina	Sláma	Pšenice
			Olejnina	Sláma	Řepka olejná
			Přadná rostlina	Odpady ze zpracování	Len setý
			Obilnina		Kukuřice
			Olejnina	Celé rostliny	Saflor
			Pseudoobilnina	Celé rostliny	Amarant
			Pícnina	Celé rostliny	Sléz krmný
Víceletá	Pícnina (původně)	Celé rostliny	Šťovík krmný		
DŘEVINY	Odpadní biomasa	Víceletá	Listnaté		Buk
					Bříza
					Akát
	Jehličnaté		Borovice		
			Smrk		
	Záměrně pěstovaná biomasa		Listnaté		Topol
Vrba					

Zdroj: (Skála a Ochodek, 2007)

### 3.3.4 Způsoby energetické konverze biomasy

Pro energetické účely je biomasa k dispozici v různých formách. Všechny formy můžou být spalovány, tím se získává tepelná energie nebo produkuje elektrická energie. Díky kogeneračním zařízením je možné získat současně energii elektrickou i tepelnou. Další možností úpravy biomasy je zplyňování nebo pyrolýza. Těmito úpravami jde získat plynná

paliva i spalitelné kapaliny. Pro termochemickou konverzi není vhodná vlhká biomasa, ta se využívá v biologických fermentačních procesech pro produkci alkoholů, plynů i dalších specifických chemikálií (Skála a Ochodek, 2007).

## 1) Spalování

Jeden z nejčastějších způsobů přeměny biomasy, celosvětově je získávána energie z 90% právě tímto způsobem, kvůli komerční dostupnosti, jednoduchosti a znalosti technologie. Energetické centrály modernějšího charakteru jsou vybavené řídicími systémy pro automatický provoz s co nejméně potřebnou manuální obsluhou, která zaručuje ustálený provoz i nízké emise (Skála a Ochodek, 2007). Publikace výzkumu Ochodka a kolektivu (2007) prokazuje, že při spalování biomasy je dosaženo nižších emisních faktorů oxidu uhelnatého než při spalování fosilních paliv.

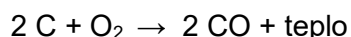
Rozdělení spalování v kotlích (Skála a Ochodek, 2007):

- na pevném loži - roštové ohniště
- ve fluidním loži – fluidní ohniště
- prachu – prášková ohniště

Spalovat lze jakoukoli formu biomasy vzhledem k velikosti, míře vlhkosti a formě spalování. Nutný je ale ohled na ekonomickou a ekologickou výhodnost. V současné době je výhodné spalování obilí v kotlích, tento trend je dán zemědělskou politikou, kdy vznikají zemědělské přebytky, subvence a dotace pak ovlivňují výslednou cenu obilí. Existují plodiny, které mají vyšší energetický zisk z jednoho hektaru půdy, menším vkladem hnojiv, práce a nafty (Murtinger a Beranovský, 2011).

## 2) Zplyňování

Na rozdíl od spalování zplyňování probíhá za podstechiometrického množství kyslíku z důvodu, aby oxidační reakce uhlíku byla pouze na oxid uhelnatý (CO) dle následující rovnice:



a reakce:  $2 \text{ H}_2\text{O} + \text{ O}_2$  musí být téměř potlačena. V malém množství dochází v praxi ovšem i k reakcím, kdy vzniká i oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a voda. Při zplyňování se teplota pohybuje kolem 1000 - 1500°C a k oxidaci je použit kyslík či vzduch, který obsahuje 90% a více kyslíku.

Výsledným produktem, který je nadále možné využít materiálově či k výrobě energie, je syntézní plyn. Je převážnou směsí CO + H<sub>2</sub> a vyskytuje se i metan (CH<sub>4</sub>). Nežádoucími složkami, které jsou přítomny je N<sub>2</sub> a již zmíněné složky CO<sub>2</sub> a vodní pára. Jelikož dusík snižuje energetický potenciál a materiálové využití, je nutné syntézní plyn podrobit před vlastním využitím přečištění, může se objevovat i ve sloučeninách ve formě kyanovodíku (HCN) a amoniaku (NH<sub>3</sub>). Mezi další nežádoucí prvky, které je nutné odstranit, patří alkálie, dehet, pevné částice, halogeny, sloučeniny síry (H<sub>2</sub>S, COS, CS<sub>2</sub> a organické sloučeniny) i jiné.

Celkový proces zplyňování zahrnuje několik základních postupů: sušení, odplynění prchavých podílů hořlaviny, redukce a oxidace. Teplo pro endotermické (endotermní) reakce se do procesu dodává přímo, anebo nepřímo. Dodávce přímo se jinak říká autotermní zplyňování a probíhá částečným spalováním biomasy v reaktoru - tedy neúplnou oxidací zplyňovaného materiálu (zplyňování vzduchem nebo kyslíkem), nepřímému přísunu tepla z vnějších zdrojů se říká alotermní zplyňování (Trávníček a kol., 2015).

Nejčastější technologií bývá zplyňování za pomoci vzduchu z důvodů nižších nákladů na reaktory. Vyrobený plyn je vhodným palivem pro provoz kotlů, turbín a motorů. Vzhledem k nízké energetické hustotě (4-7 MJ/m<sup>3</sup><sub>n</sub>), kdy se jedná o nízko-energetický plyn, se nevyužívá pro přenos plynovody. Bývá využito například pro průmyslový otop nebo je spoluspalován za účelem kombinované výroby tepla a elektrické energie. Pro náročnější aplikace je tedy jeho využitelnost omezená. Výhřevnost při zplyňování směsi vzduchu s kyslíkem (popř. při využití vodní páry jako zplyňovacího media) je udávána 10-15 MJ m<sup>3</sup><sub>n</sub>, jedná se již o středně-energetické plyny.

Zplyňovací systémy se tedy dělí dle konstrukce zplyňovačů na:

- souproudé zplyňovače,
- protiproudé zplyňovače,
- zplyňovače s fluidním ložem .

Procesy tedy mohou probíhat postupně v sesuvných generátorech nebo souběžně v hořákových a fluidních generátorech.

Investiční náklady pro procesy zplyňování jsou vyšší než u spalování, jelikož je technologie složitější. Výhodou je ale vysoká účinnost, jelikož u zplyňovacích systémů je až 35 %, oproti klasickým spalovacím zařízením s parní turbínou, které mají účinnost při malých až středních výkonech 15-20%. Navíc lze nahradit zemní plyn v jiných technologických procesech, dokonce i specifická paliva, která vylučují škodlivé emise nebo tvoří úsady a podobně (Skála a Ochodek, 2007).

Nyní je poměrně novou technologií plazmové zplyňování, její principiální využití se našlo pro zpracování městského komunálního odpadu, ale i odpadu jako je sklo, papír, kovy, textil, guma, dřevo apod. Plynem je v tomto případě obecně plazma, obsahující část atomů či molekul, které jsou částečně ionizovány elektrickým výbojem uvnitř plynu. Transformace plazmy na syntézní plyn dosahuje teplot v rozmezí 2000 až 30000 °C (Trávníček a kol., 2015).

### **3) Pyrolýza**

Termické rozložení paliva dějící se v anaerobních podmínkách. Pyrolýza je v podstatě prvním krokem v procesech spalování i zplyňování, kdy je primární produkt úplně či částečně oxidován. Cílem pyrolýzy je získání kapalných paliv a pyrolýzních olejů, které se pak použijí jako paliva. Výsledný olej je směs uhlovodíků, které jsou okysličené.

Výhodou pyrolýzy je dobrý přesun kapalného paliva, a tak není třeba zřizovat pyrolýzní stanice poblíž koncovým odběratelům. Vzhledem k těmto skutečnostem může být sta-

nice situována blíže ke zdrojům biomasy a tím ušetří na nákladech na její přesun.

Nevýhodou jsou vysoké investiční náklady a komplikovanější pyrolyzní reakce, které mnohdy vyústí v nepředurčitelné produkty vzhledem k vlastnostem. Závisí tak na okolních podmínkách, pět původu biomasy, teplotě procesu, délce ohřevu a přítomnosti kyslíku, vzduchu i ostatních plynů.

Vysoká teplota procesu a delší doba zdržení zvyšuje přeměnu biomasy na plyn, oproti tomu nízká teplota a dlouhá doba ohřevu je příčinou vzniku dřevěného uhlí a krátká doba zdržení s teplotou střední má za následek optimální tvorbu kapalin.

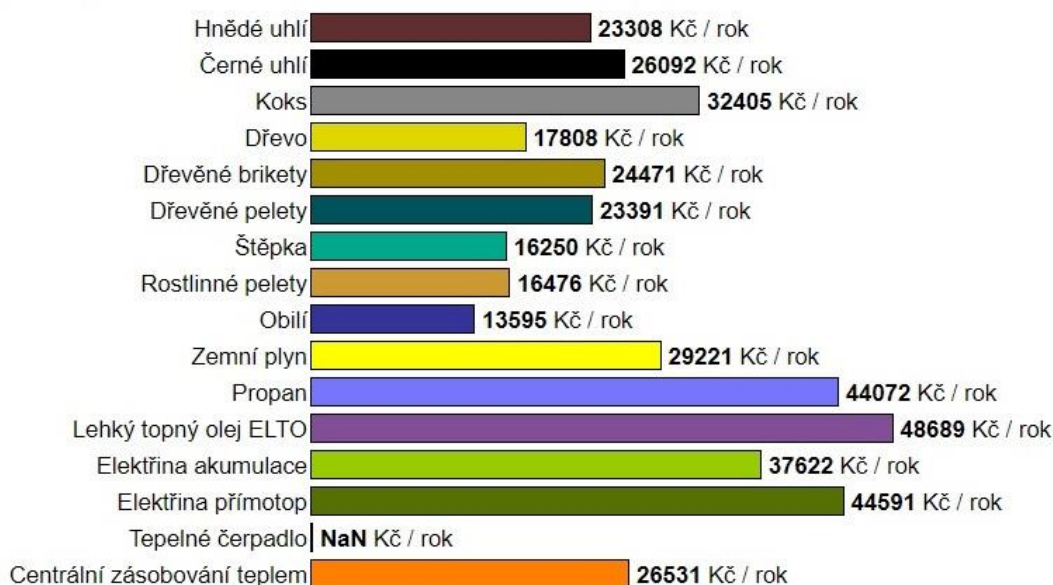
#### 4) Biochemická konverze

Nese využití pro biomasy s vysokým obsahem vlhkosti v palivu. Nejznámější biochemický proces je anaerobní digesce, jinak zvaná anaerobní fermentace, je totiž používán v bioplynových stanicích. Výstupním produktem je bioplyn a digestát, což je organický zbytek, který může být nadále využíván jako hnojivo, k rekultivaci či jiným účelům. Dalším výrobkem biochemické přeměny mohou být kapalná biopaliva např. bio-ethanol, metylester řepkového oleje (bio-diesel), bio-methanol i jiné (Skála a Ochodek, 2007).

### 3.3.5 Tvarovaná paliva

Nejperspektivnější formou pro užití biomasy v domácnostech je palivové dříví, pelety a brikety. Jsou totiž levnější verzí pro vytápění než ostatní druhy paliva (fosilní nebo elektrická energie). Na obrázku 3.8 je vidět porovnání nákladů podle druhu paliva a průměrné platnosti cen plynu a elektřiny k 1.11.2017. Náklady jsou uvažované za vytápění pro rodinný dům, který má roční spotřebu tepla 65 GJ.

**Obr 3.8:** Přehled nákladů na vytápění v domácnostech pro rok 2017



Zdroj: (TZB, 2017)

**Výroba tvarovaných paliv** se děje prostřednictvím speciálních zařízení na lisování briket nebo pelet. Představuje způsob transformace cíleně pěstované biomasy či odpadových materiálů na palivo s vysokým energetickým potenciálem.

Technické řešení dodávek paliva, surovin, skladování paliva i odpadů a samotného zdroje je studií projektové dokumentace, kde jsou uvedeny i propočty.

Výroba v menších výkonech je náročnější vzhledem k neautomatizovanému výrobnímu procesu, který vyžaduje přítomnou obsluhu. Větší výrobní linky dovolují vyrobit velké množství paliva a provoz je automatizovaný, je zde nutný dozor jen jedné osoby (MZe, ©2013a).

Popeloviny tvarovaných paliv jsou hojně využívány jako zahradní hnojiva, jelikož obsahují alkalické kovy, které jsou součástí minerálních hnojiv, což je např. sodík (Na), vápník (Ca), hořčík (Mg), draslík (K) a Fosfor (P) (Ochodek a kol., 2007).

- **Brikety**

Nahrazují uhlí a jsou tak ekologickou alternativou pro obce, které se potýkají s kouřem ze spalování tuhých fosilních paliv v domácnostech. Jsou vyráběny ze zemědělských nebo dřevních zbytků silným stlačením do tvaru válečků nebo hranolů, mající průměr od 40-100 mm o délce do 300 mm. Disponují objemovou hmotností okolo 1000 – 1200 kg/m<sup>3</sup>, o obvyklé stabilní vlhkosti kolem 8% a nízkém obsahu popele do 3 %. Využití nachází pro spalování v kotlích na dřevo, tedy i v krbech, kotlích pro ústřední vytápění a kachlových kamnech. Největší účinnost je ovšem v kotlích na dřevoplyn.

Jdou též vyrobit z energetických plodin, slámy, dřeva, kůry, slámy i směsí těchto materiálů. Výhřevnost briket se pohybuje v rozmezích 12 až 19 GJ/t (MZe, ©2013a).

- **Pelety**

Jsou rovněž vytvořeny lisováním stejných materiálů jako brikety, tedy zbytkové biomasy. I pelety ze stébelnin dosahují vysoké energetické hustoty a tepelné výhřevnosti, je udáváno od 16 po 18 GJ/t. Stabilní vlhkost je rovněž nízká jako u briket, obsah vody nepřevyšuje 8 % a obsah popele je jen kolem 1%. Použití je možné v široké škále kotlů i kamen v RD i větších budovách.

Peletování má výhodu z hlediska přívodu paliva k topeništi, manipulaci, skladování, předzásobení, dopravě, ale i pro nevytváření kouře a pro nízký obsah popele, který odpovídá přibližně 0,5 % spáleného dřeva. Tato hodnota odpovídá 5 kg popele na 1 tunu pelet. Vyrábí se i směsné pelety, které mohou být směsí rostlin, kůry, rašelin a jiných směsí (MZe, ©2013a).

### 3.4 Kogenerační technologie

Kogenerační technologie zahrnují mnoho způsobů, jak se dá přeměňovat energii v palivu na elektrickou a tepelnou energii. Z fyzikálního hlediska se člení dle počtu těchto transformací na:

- **S nepřímým způsobem přeměny energie**

Přeměna se provádí prostřednictvím více transformací na energii, aktuálně nejvíce využívané přeměny jsou tři, kdy je nejprve uvolňována tepelná energie v palivu nebo regenerace tepelné energie z primárních energetických zdrojů. Poté se získá technická práce pro



spotřebiče mechanickým pohonem, který se následně přemění na elektrickou energii, u které se pak mohou upravit její parametry např. proud nebo napětí.

- **S přímým způsobem přeměny energie**

Palivo se převádí přímo na elektrickou energii, u které se pak také mohou upravit parametry.

Oběma způsoby se vyrábí elektrická energie za pomoci primární jednotky, což je v podstatě primární motor. Získaná tepelná energie, kterou PJ produkují je dle účelu upravena na určité tlaky a teploty, technologie toho dosáhnou za pomoci tepelných výměníků nebo přítomných pracovních látek v procesech transformace. Tyto parametry jsou rovněž ovlivněny předúpravou vstupního paliva (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

### **3.4.1 Zařízení pro úpravu primárního zdroje energie – paliva**

**Úprava** před tím než energie vstupuje do PJ, může být založena na potřebě:

- **Zušlechtění paliva**

Bývá většinou nutná, protože palivo by vůbec nemuselo být možné použít pro KJ. Účelem může být homogenizace paliva nebo zvýšení energie v obj. j. či hm. j. paliva. To se docílí tak, že se změní skupenství paliva (pevné na kapalné a plynné i naopak), což představuje další s tím spojené náklady, anebo se změna ani konat nemusí, jelikož už bývají prováděny dodavateli paliva a pro provozovatele jsou dostupné na trhu.

- **Úpravy prvkového složení paliva**

Mění se hodnoty obsahu složek paliva jako je např. odstranění nežádoucích příměsí jako vody, CO<sub>2</sub>, síry pevných částic nebo se zvyšují koncentrace reagujících prvků.

- **Úpravy podmínek pro použití**

Jedná se o úpravy podmínek souvisejících s dopravou do KJ nebo uvolnění energie v palivu apod.

### **3.4.2 Kogenerační jednotka**

V současné době je na trhu široká škála kogeneračních jednotek, které je možno nainstalovat přesně dle požadavků odběratelů energie. Investice je možná, jak do kogenerační výroby, tak i do jejího provozu. Existují zařízení, která připravují obnovitelná paliva pro kogenerační pohony, jedná se o zplyňovací zařízení, aparáty pro rychlou pyrolýzu, či ta, která vyrábějí bioplyn (Krbek a Polesný, 2007). Některé kogenerační technologie jsou využívány poměrně dlouhou dobu a některé jsou v počátcích rozvoje. Pro kombinovanou výrobu tepelné a elektrické energie z transformačního řetězce vyplývá, že kogenerační jednotky jsou složeny z různých zařízení pro zpracování energie. Kogenerační jednotka, která pracuje s obnovitelnými i neobnovitelnými zdroji se nazývá hybridní. Duální KJ je ta, která zase pracuje se dvěma druhy paliv s rozdílným skupenství (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

## Druhy kogeneračních zařízení

Výběr kogeneračního zařízení se odvíjí hlavně dle způsobu, jakým se získává energie pro pohon el. generátoru, proto se rozlišuje na kogeneraci:

- s parní turbínou (protitlaké a kondenzační turbíny),
- s parním motorem (strojem),
- se spalovacími turbínami (možné i mikroturbíny),
- se spalovacími motory (vznětové a zážehové motory),
- s paroplynovým zařízením (se spalovací turbínou, či pístovým motorem).

Se **speciálním** kogeneračním zařízením, využívajícím:

- palivové články (galvanické články vyrábějící elektrickou energii elektrochemickým způsobem),
- tlakové energie zemního plynu (za pomoci expanzních plynových turbín pro snížení tlaku),
- Stirlingův motor,
- ORC - Organický Rankinův-Clausiusův cyklus (představa „parní elektrárny“, která využívá parní turbínu s generátorem),
- systém Talbott (vzduchová turbína s kompresorem a s kotlem).

Každá kogenerační jednotka dle Krbka a Polesného (2007), vlastní tyto **čtyři části**:

- 1) motor - čili pohonná (primární) jednotka (může být i turbína),
- 2) elektrický alternátor - včetně zařízení pro připojení na spotřebitelskou či veřejnou síť,
- 3) kotel nebo výměník tepla – opět včetně připojení na tepelné rozvodné sítě,
- 4) kontrolní a řídicí systém.

Primární jednotka je jedna z nejdůležitějších součástí KJ, jelikož v ní dochází k přeměně primární energie přes KJ na elektrickou energii. Její výběr se odvíjí od celé kogenerační technologie (Dvorský a Hejtmánková, 2005). V současné době se jako pohonné jednotky v KJ nejčastěji používají parní nebo spalovací turbíny, spalovací motory, paroplynová (kombinovaná) zařízení. Na trhu se objevují nové druhy pohonných jednotek. Nejznámější jsou Stirlingovy motory, mikroturbíny, parní motory, systém Talbott nebo zařízení, která využívají organický cyklus (ORC) či palivové články, které řadíme mezi novější principy kogeneračních zařízení. Tato zařízení jsou podrobněji popsány v následující kapitole (3.4.3).

Podle Dvorského a Hejtmánkové (2005) se KJ dle maximálního dosažitelného výkonu v rozmezí 1 kW<sub>e</sub> - 500 MW<sub>e</sub> takto:

- mikro-kogenerace – do výkonu 50 kW<sub>e</sub>,
- mini-kogenerace – do výkonu 500 kW<sub>e</sub>,
- kogenerace malého výkonu – do 1 MW<sub>e</sub>,
- kogenerace středního výkonu – do 50 MW<sub>e</sub>,
- kogenerace velkého výkonu – nad 50 MW<sub>e</sub>.

Hodnota tohoto výkonu bývá využívána z důvodu, zda se jedná o centralizované - dálkové systémy (CS-KVET) nebo decentralizované - lokální systémy (DS-KVET) KVET. Z názvů je patrné, že výhodou CS- KVET je jak velkokapacitní výroba energie, tak výskyt primárního zdroje v blízkosti výroby i spotřebiště. Tyto velké energetické výroby patří do centrálních energetických zdrojů.

Naproti tomu DS-KVET jsou blíže ke spotřebišti v menším měřítku, ale bývají provozovány energetickými výrobci, dodavateli nebo samotnými spotřebiteli. Tito výrobci spadají do decentralizovaných (distribuovaných) energetických zdrojů (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

Některé nové technologie rozšiřují funkce KJ o tepelná čerpadla nebo chladicí zařízení. Tepelná čerpadla převádí tepelnou energii o nižší teplotě na vyšší, čímž zvyšuje následný efekt při zařazení do otopného systému (Krbek a Polesný, 2007).

### 3.4.3 Biomasa a kogenerace

- **Teplárny na biomasu**

Způsob přeměny biomasy spalováním využívají teplárny za pomoci parních turbín či parních motorů. Fluidní technologie má více výhod a neustále se vyvíjí, prozatím je ale spalování na roštu rozšířenější. Nejjednodušším řešením jsou výtopny s kotli, které jsou teplovodní nebo horkovodní. Při použití parní turbíny musí kotle dosahovat tlaku páry alespoň 1,6 MPa a pára musí být přehřátá. Mimo parního motoru či parní turbíny musí být nainstalována chladicí a obtoková redukční stanice páry, odplyňovač v tepelné úpravně vody, napájecí nádrž, výměňková stanice pro transport tepla do spotřebitelské sítě, chemická úpravna vody a systém odvodnění. Investiční náklady jsou náročné jak na obestavěný prostor, tak u zařízení (Krbek a Polesný, 2007).

- **Kombinované zařízení s olejovým kotlem a organickou pracovní látkou ORC**

Je-li palivem malých tepelných zdrojů zemní plyn, tak není problém vyhledat technologii, která bude paralelně s výrobou tepla vyrábět také elektřinu. Pro tento účel jsou vhodné mikroturbíny či spalovací motory. Tuto technologii nelze použít, je-li palivem biomasa, protože by turbína měla velmi malý výkon, účinnost výroby elektřiny a potýkala by se s nevhodnými vlastnostmi vody a vodní páry. Se zvyšováním tlaku se rychlým tempem zmenšuje měrný objem páry, a tak není možné instalovat pracující turbínu s tak malým průtočným objemem páry. Proto se využívá pracovního cyklu s organickou látkou, kdy byla voda nahrazena speciálním silikonovým olejem tzv. termo-olejem, který má mnohem lepší termodynamické vlastnosti. Vysoké teplotě varu je zcela rovný nízký tlak vodních par, které mají dostatek velkého měrného objemu, který účinně pohání turbínu (Krbek a Polesný, 2007).

Výběrem této pracovní látky se zabírá mnoho studií, při výměru jsou zohledňována kritéria, jako je vyšší hustota výparů, výkon, nízká viskozita, bezpečnost, vysoká vodivost, šetrnost k ŽP, dostupnost, cena apod. Mezi nejčastější komerčně používané organické látky pro ORC patří n-pentan, HFC-134a, HFC-245fa, OMTS, solkatherm či toluen (Quoilin a kol., 2013).

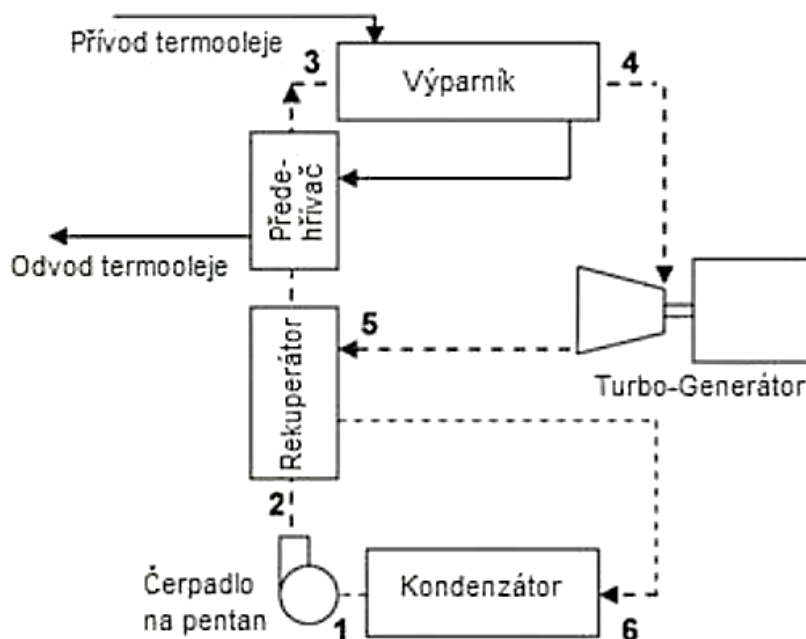
Princip je označován zkratkou ORC cyklus (Organic Rankin Clausius) a je založen na Rankin Clausiusovo oběhu, který je podobný klasickým parním oběhům s vodní parou, ale používá jinou pracovní látku (Krbek a Polesný, 2007).

### ∴ Princip

Pracovní látka se odpaří ve výparníku a jako sytá pára vstupuje do turbíny, kde vzniká expanze na nižší tlak a teplotu. Díky termodynamickým vlastnostem pracovní látky probíhá expanze do oblasti přehřáté páry a mohla by pak jít rovnou po výstupu z turbíny do kondenzátoru, ale v tomto případě by muselo dojít k značnému odvodu tepla, aby se ochladila pára na kondenzační teplotu a na druhé straně by se muselo dodat opět velké množství tepla k tomu, aby se kondenzát ohřál na teplotu varu. Proto je tento systém vyřešen přidáním regeneračního výměníku, který je umístěn hned za výstupem u turbíny.

Po výstupu z turbíny tedy přehřátá pára předá část tepla na přehřátí kondenzátu a pak vstupuje do kondenzátoru o mnohem nižší teplotě, kde odevzdá zbytek tepla přehřátí a z kondenzuje. Organická pracovní látka v podobě kapaliny se čerpá přes výměník, kde se přehřeje a pak se ve výparníku z vnějšku přivedeným teplem dohřeje na teplotu varu, odpaří se a tím se uzavře koloběh (Krbek a Polesný, 2007).

**Obr. 3.9:** Schéma ORC oběhu



Zdroj: (Stehlík a kol., 1991)

Výhodou je vysoká termodynamická účinnost turbíny (až 85 %) a vysoká elektrická účinnost v kogeneračním provedení (zhruba 18 %). Další předností jsou i možnosti přímého pohonu klasického generátoru, jelikož má malé otáčky turbíny, v turbíně nedochází ke kondenzaci par, tudíž nedochází k erozi průtočné části turbíny, s tím souvisí dlouhá životnost zařízení a nízké nároky na údržbu. ORC cyklus vyniká dobrými parametry při zatížení a jed-

noduchosti startu i odstávky. Navíc je toto zařízení schopno pracovat s palivem jakým jsou odpadní plyny. Je nutný jen nahradit kotel výměníkem na biopaliva (Krbek a Polesný, 2007).

Jako zápory jsou uváděny investice do zařízení, hořlavost, bezpečnost a toxicita pracovních látek. Využití jen pro výrobu elektrické energie se nedoporučuje vzhledem k nižší účinnosti (Quoilin a kol., 2013).

- **Stirlingův motor v kogeneraci**

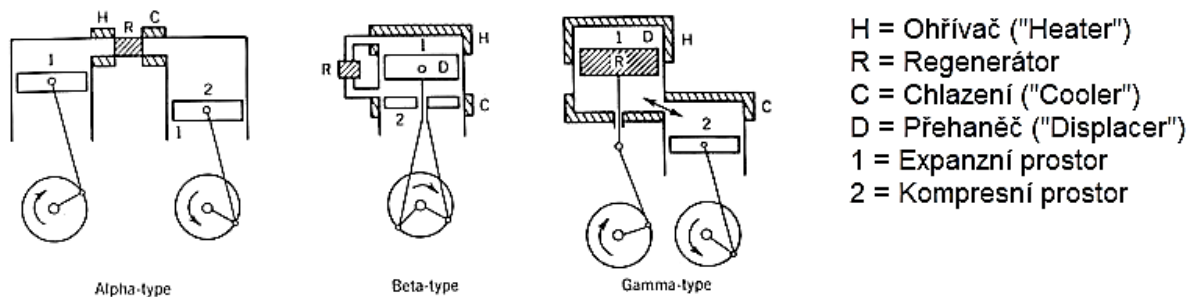
Historie Stirlingova motoru sahá až do roku 1816, kdy si ho nechal patentovat Skot Robert Stirling. V 19. století byl uplatňován v řadě odvětví, až opět v posledních 30ti letech došlo ke znovuobjevení a ve stejném provedení je používán při kogenerační výrobě (Krbek a Polesný, 2007).

∴ **Princip**

StM je v podstatě pístový motor s vnějším spalováním, kde se uvolněná tepelná energie předává pracovní látce tepelného oběhu, tím bývá většinou helium, vzduch, CO<sub>2</sub> či dusík. Plyn je vhodný zvolit s nejlepšími vlastnosti pro daný účel. Stirlingův motor má teplou a studenou komoru, tvořené pracovními prostory levého a pravého válce. Principiálně je látka stlačována střídavě při nízké teplotě ve studené komoře válce (kompresní prostor) a dále expanduje při vysoké teplotě v horké komoře válce (expanzní prostor). Teplo pak vstupuje z vnějšího zdroje přes tepelný výměník (ohřívák) do okruhu.

Nepřeměněné teplo na technickou práci hřídle se odvádí chladící vodou ve studeném tepelném výměníku (chladiči) a plyn je přenášen díky regenerátoru z horkého prostoru do chladiče a zpět.

**Obr. 3.10:** Schéma práce a typů Stirlingova motoru



Zdroj: (Martini, 1983)

Oproti spalovacím motorům, nemá StM explozivní spalování, proto nemusí mít zapalovací zařízení či ventilový rozvod. Jsou tři typy, které se vyrábějí vzhledem k uspořádání pístů, je to alfa, beta či gama typ. U alfa typu StM (viz obr. 3.10) jsou dva válce osově souměrné, u beta typu jsou dva písty v jednom válci a u gama typu jsou dva válce osově nesouměrné (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

Největší výhodou StM je, že je schopen fungovat s různými zdroji tepla od sluneční energie a fosilní paliva po odpadní tepla, která vznikly při technologických procesech. Je totiž možné získávat tepelnou energii stávajícími zařízeními, kupříkladu jsou to pece, zařízení

spalující odpady i jiné primární jednotky (palivové články, turbíny, pístové motory) (Dvorský a Hejtmánková, 2005).

I v oblasti využití biomasy, která nemusí být kvalitní, mají rovněž StM velké možnosti a výhody. Spaliny nepřicházejí do kontaktu s pohyblivými částmi motoru, a tak při použití nedochází k riziku zadehtování při použití plynu získávaného zplyněním biopaliv v generátoru s pevným ložem. Další výhodou je dobrá účinnost, tichý chod, nízké emise škodlivých látek z plynů a spolehlivost. Také nižší servisní náklady vzhledem k dlouhým intervalům údržby, minimální spotřebě oleje a dlouhé životnosti.

Záporné stránky StM jsou spojené se složitostí zařízení, vyšší měrnou hmotností na jednotku výkonu a technické náročnosti těsnění tlakového prostoru válců. Mimo to je nutno použít speciálních materiálů a technologických postupů (Krbek a Polesný, 2007).

- **Systém Talbott**

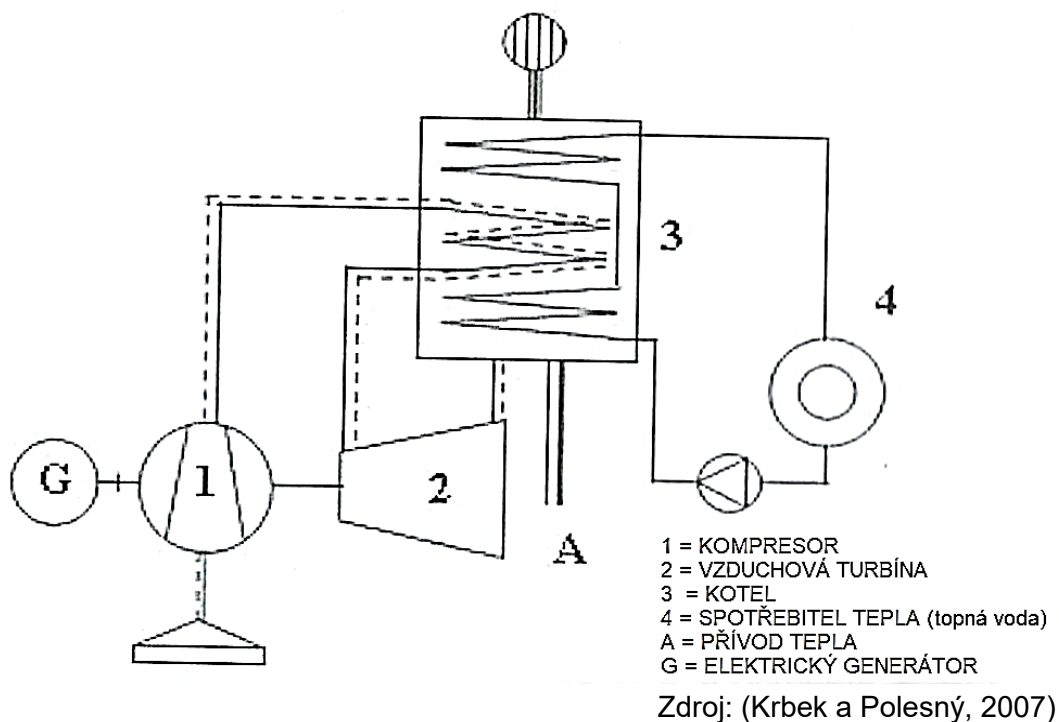
Tento systém bývá navrhnout v lesním hospodářství, zemědělských areálech, v hotelech, na pilách a tam, kde je k dispozici vhodná biomasa. Tou může být lesní odpad, dřevní štěpka, pelety či zemědělské odpady, které mají optimální vlhkost nejlépe do 40 %. Výhodou systému Talbott jsou malé rozměry a kompaktnost zařízení, plně automatický provoz, možnost činnosti v ostrovním provozu či umístění v nedaleké blízkosti zdroje paliva.

Jedná se o vzduchovou turbínu, která je de facto modifikací typického oběhu spalovací turbíny. Systém se dělí do dvou základních částí, přičemž první je kotel, který má teplosměnné plochy a slouží jak pro ohřev topné vody, tak i k ohřevu stlačeného vzduchu. Druhou částí je vzduchová turbína vybavená kompresorem.

∴ **Princip**

Systém funguje tak, že nasávaný vzduch je stlačován v kompresoru a vede do kotle, kde je ohříván na teplotu 800°C. Dochází k expanzi vzduchu ve vzduchové turbíně, která pohání kromě kompresoru i elektrický generátor. Vzduch, který vychází z této turbíny je pro kotel spalovacím médiem a je navržený zároveň pro spalování biomasy (Krbek a Polesný, 2007).

Obr. 3.11: Schéma systému Talbott



#### 3.4.4 Oblasti uplatnění KJ

Kogenerační systémy lze uplatnit v mnoha odvětvích, můžeme je rozšířit do několika základních skupin:

- Malá kogenerační zařízení - ta jsou navržena pro účely vytápění menších skupin budov nebo budov jednotlivých. Nejčastěji se používají spalovací motory, mikroturbíny, palivové články a Stirlingovy motory.
- Kogenerační zařízení menších průmyslových podniků - zde se využívají především spalovací motory a palivové články.
- Velká kogenerační zařízení, která bývají spojená s výrobou vodní páry o vyšších parametrech. Ta jsou pak využívána v průmyslových aplikacích nebo ve velkých komplexech budov, protože používají parní turbíny, spalovací turbíny nebo spalovací motory velkých výkonů.
- Velká kogenerační zařízení spojená se spalovnami nebo tepelnými centrály (tepelnými). Pro zajištění dodávky tepelné energie do soustav centralizovaného zásobování teplem využívají parní turbíny o středním i velkém výkonu nebo spalovací turbíny např. v paroplynovém zapojení.
- Kogenerační zařízení, která využívají paliva z obnovitelných zdrojů o různém výkonu. Využívají se v hojné míře spalovací motory, méně pak spalovací a parní turbíny (Krbek a Polesný, 2007).

## ➤ **Podrobné příklady použití kogenerace v určitých oblastech**

### • **Tepelné zdroje centralizovaného zásobování teplem**

Tyto tepelné zdroje pro obyvatelstvo jsou určeny k dodávce tepelné energie pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Mají široký tepelný rozsah, a to od několika MW pro menší sídliště až desítek MW pro velká města, kde vytápění trvá celou dobu topné sezóny, která činí od 220 do 250 dnů v roce a tepelný výkon má špičkový charakter kolem 2000 hodin.

Kogenerační zařízení musí být navrženo pro pokrytí jen části takové potřeby, optimální výkon by měl být kolem 30 - 40 % maxima, tj. teplotní součinitel 0,3-0,4, kdy je roční doba využití instalovaného výkonu kogeneračního systému 3500 - 4000 hodin. Pro ohřev TUV je optimální tepelný výkon 15-30 % maximální potřeby o velké roční době využití, což bývá 4000-6000 hodin i více. Za tímto účelem dodávky tepla je nutné kogeneračního zařízení o dostatečném tepelném výkonu a vhodné palivové základny zdroje, např. zemní plyn.

Aktuálně se tepelné zdroje tohoto účelu nebudují vzhledem k decentralizaci při zásobování teplem a také k budování nových velkých sídlišť. V ČR je velké množství těchto tepelných zdrojů jak v teplotě provedení, tak ve výtopenském a většina z nich má jako palivovou základnu hnědé, černé, energetické uhlí a menší část zemní plyn. V teplotě provedení bývá kogeneračním zařízením parní turbína, která je protitlaková nebo odběrová kondenzační. Ve výtopenských zdrojích je potenciál pro uplatnění kogeneračního zařízení jen v případě, že je palivem je zemní plyn biomasa nebo budou-li pro tato paliva upraveny.

U spotřebitelského parního systému, co je nežádoucí a používaný v historii, který spaluje uhlí a nebude plynofikovaný, lze použít parní turbínu protitlakovou i pro menší roční využití. Investice nejsou tak nákladné. U plynofikovaných tepelných zdrojů centralizovaného zásobování teplem jsou použitelné spalovací turbíny nebo motory, paroplynová zřízení nebo nové technologie.

Pro využití pružnosti turbín v provozu je dobré zřídit i akumulátory tepla vzhledem k tomu, že dovolují nezávislý provoz turbín v oblasti špičkového zařízení elektrizační soustavy. Nízké ukazatele modulu teplotě výroby elektrické energie prokazují, že je vhodné nahradit či doplnit parní systémy kogeneračními jednotkami o lepších termodynamických vlastnostech (Krbek a Polesný, 2007).

### • **Kondenzační elektrárny s možností dodávky tepla**

Do současné doby byla většina kondenzačních elektráren již upravena na kogenerační princip. Úpravy některých starších elektráren na teplotě výrobu proběhly výměnou kondenzačních turbín za kogenerační protitlakové a odběrové parní turbíny. Některé rekonstrukce elektráren proběhly instalací výměňkových stanic, které jsou vytápěné parou z kondenzačních turbín.

Tyto kogenerace vynikají poměrně vysokým teplotě výroby elektrické energie, které dosahují díky vysokým parametrům páry a termodynamickému oběhu, který zahrnuje přehřívání a regeneraci tepla.



Při tomto kogeneračním způsobu je celkový kogenerační výkon udáván přes 3000 MW. Je nutno podotknout, že vzhledem k tomuto výkonu nejsou investice do rekonstrukce tak velké, ale bohužel největší finančně náročnou položkou jsou horkovody, které jsou redukujícím faktorem pro tento způsob kogenerační technologie (Krbek a Polesný, 2007).

- **Budovy a objekty občanské vybavenosti**

- **Rodinné domy a malé komplexy obytných budov**

Roční potřeba tepla bývá poměrně malá, vytápění je využíváno hlavně pro přípravu a ohřev TUV. Vůči potřebě tepla je elektřina též malá. Pokud by se nedala energie pořídit za příznivou cenu, našlo by zde uplatnění kogeneračních zařízení ve formě malých spalovacích motorů a v budoucnosti i Stirlingovy motory, palivové články a mikroturbíny. U těchto spotřebitelů je prozatím aplikace kogeneračních systémů malá

- **Nemocnice**

V nemocnicích je potřeba energií vysoká a rovnoměrná v celém roce, i když o víkendech a svátcích mírně klesá. Volí se jednotky se spalovacími motory, které mohou mít synchronní generátory, které slouží jako záložní nouzové zdroje. Velké uplatnění zde najdou také třígenerační technologie.

- **Penziony a hotely**

Pro průměrnou roční potřebu hotelu, který disponuje alespoň 50 lůžky, je nutné zajistit dostatečnou tepelnou energii k vytápění, ohřevu TUV a ke klimatizaci. Většinou zde bývá i velká spotřeba elektrické energie s ohledem na služby, jaké penziony nabízí, může se jednat o saunové prostory, prádelnu, bazén, žehlírnu a podobně. Využití zde najdou menší kogenerační zařízení např. KJ se spalovacím motorem a s elektrickým výkonem 15 kW-100 kW.

- **Koleje a internáty pro studenty**

Potřeba energií je ve školním roce vysoká, proto je vhodná instalace KJ se spalovacími motory, i když je pro ně nevýhodou zastavený provoz v období prázdnin.

- **Obchodní domy**

Charakteristickou potřebou je hlavně vysoká potřeba elektrické energie pro osvětlení (10-12 h/denně) a tepelné energie pro vytápění a klimatizaci.

- **Školy a administrativní budovy**

U těchto budov je dominantní spotřeba elektrické energie. Oproti tomu tepelná energie je velká jen v době otopné sezóny, celoročně trvá pouze potřeba tepla pro ohřev TUV, která je minimální. Jelikož většina administrativních budov není v provozu během svátků, víkendů a školních prázdnin dochází k nevyužití KJ. Je proto nutná ekonomická analýza. Předpoklady pro uplatnění mají spalovací motory ve spojení s absorpčním chlazením.

- **Plovárny, sportovní nebo rekreační střediska**

- **Průmyslové podniky**

V tomto odvětví je instalace KJ různorodá, jelikož byly v minulosti zdrojem tepla v průmyslových podnicích výtopny a teplárny na uhlí. V ČR u závodních tepláren došlo k postupnému zvětšování podílu zemního plynu. Závodní teplárny jsou často vybaveny protitlakovými a kondenzačními turbínami s regulovatelnými odběry páry.

Roste tak počet tepláren se spalovacími turbínami a motory v paroplynovém zapojení. Výhodné pro kogenerační zařízení je, má-li podnik vícesměnný provoz a větší potřebu tepelné energie pro technologii. Výkon KJ se navrhuje takový, aby co největší množství elektrické energie bylo spotřebováno v závodu, a přitom i využitý jejich tepelný výkon.

Větší průmyslové kotelny s teplovodními systémy jde doplnit spalovacími motory souběžně k plynovým kotlům či sériově pro ohřev otopné vody. Většinou se volí větší jednotkový výkon vzhledem k tomu, že v otopné sezóně je provoz nepřetržitý.

V kotelnách s parním systémem tepelné dodávky by se dalo uplatnit KJ pro výrobu páry či předehřívání vody, která napájí parní kotle.

- **Čistírny odpadních vod**

Oblast, která má s využitím KJ dlouhodobé a bohaté zkušenosti, a to jak se spalovacími turbínami, tak i se spalovacími motory, kterým se v současné době dává přednost. Spaluje se zde kalový plyn, který je získán při čištění odpadních vod. Teplo z motorů je spotřebováno k vyhřívání při čistících procesech i úpravě kalů. Elektřina zajišťuje plynulý chod a tím může dosáhnout čistírna energetické soběstačnosti.

- **Spalovny komunálního odpadu**

Spalovny pro druhotné zdroje jsou vybaveny parními kotli. V minulosti byly dimenzovány s nízkým tlakem páry a teplo bylo přímo dodávané do tepelných sítí. Při uplatnění protitlakových či odběrových parních turbín se v kotli zvýší tlak páry na cca 4 MPa a teplota do 400°C, což je pak efektivní pro výrobu elektrické energie.

- **Lesnické a zemědělské provozny**

Zde je většinou nutné zajistit vytápění objektů, k sušení a ohřevu užitkové vody. Uplatnění nachází v těchto provozech jak turbíny o malém výkonu, tak i parní a spalovací motory (Krbek a Polesný, 2007).

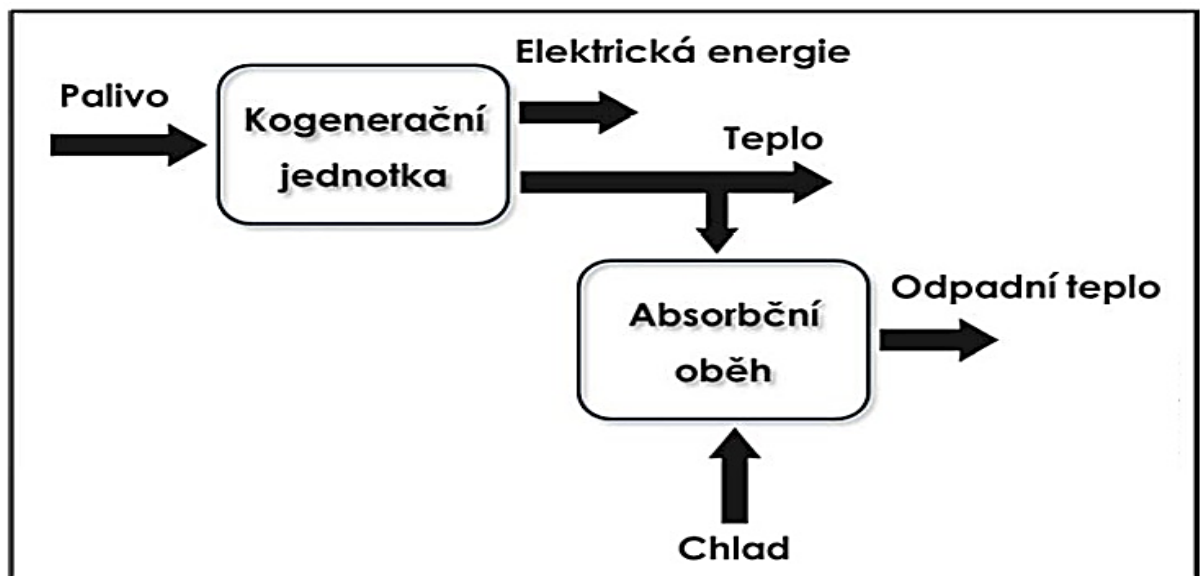
### 3.4.5 Trigenerace

Jedná se o kombinovanou výrobu jak energie tepelné a elektrické, tak i navíc třetího produktu a tím je chlad. Při maximálním využití energie při přeměně paliva o minimálních ztrátách může trigenerace dosáhnout až celkové účinnosti přes 70 % (Huang a kol., 2013). Tento systém spojuje KJ a jednotku chladicí absorpčního typu a tím umožňuje používat tepelnou energii KJ i v období léta, kdy není teplo tolik potřebné. Neopominutelnou výhodou je, že se tím prodlužuje doba životnosti KJ a ekonomické ukazatele se zlepšují.

Výroba chladu spočívá ve výrobě chladné vody a ta může být použita všude, kde je zapotřebí klimatizovat prostředí. Může se jednat o administrativní budovy, obchodní centra,

sportovní haly, nemocnice a jiné budovy s různým zaměřením. Chlazení se provádí prozatím dvěma způsoby, a to kompresorovým nebo absorpčním chlazením. Rozdílem je, že absorpční chlazení nepotřebuje tak kvalitní tepelnou energii, je tišší a spolehlivější. Kompresorové chlazení mívá zase menší rozměry, tím i hmotnost a jde o levnější investici (Krbek a Polesný, 2007).

**Obr. 3.12:** Energetické toky v trigenerační jednotce



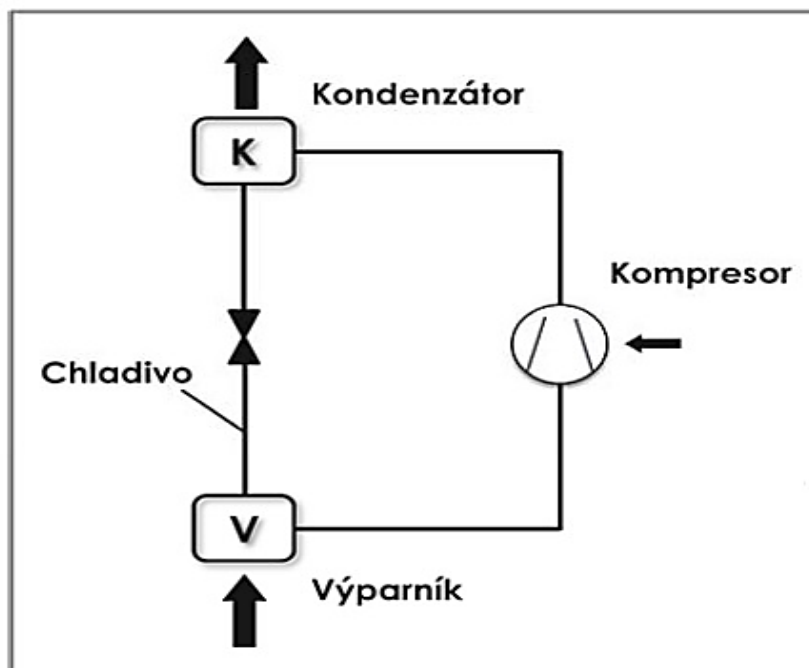
Zdroj: (Kracík a kol., 2011)

- **Kompresorové chladicí zařízení**

Pohonnou jednotkou je spalovací motor či elektromotor a princip je podobný jako u tepelných čerpadel (Krbek a Polesný, 2007).

V kompresorovém chladicím zařízení obíhá v uzavřeném cyklu chladivo, které je zároveň teplonosnou látkou. Chladivo vystupující z kondenzátoru expanduje ve výparníku, kde je expanzní ventil a teplo, které je potřebné pro vypařování je dáno ochlazené látce. Vzniká parní směs, která je pak v kompresoru stlačována je dodávána formou energie do oběhu. Vlivem ochlazení při vyšším tlaku tato parní směs kondenzuje a opět se vrací do expanzního ventilu a tím se cyklus uzavírá (Kracík a kol., 2011).

**Obr. 3.13:** Schéma kompresorového chladicího zařízení



Zdroj: (Kracík a kol., 2011))

V současné době se jedná o nejvíce používané chlazení. Nevýhodou je ale velká spotřeba elektřiny a hlučnost zařízení (Dvorský a Hejtmánková, 2005). Největší zápor je ovšem v riziku ohrožení životního prostředí kvůli úniku některých chladiv a může vést i k přetížení elektrických sítí v horké letní dny (Mendrygal a kol., 2013).

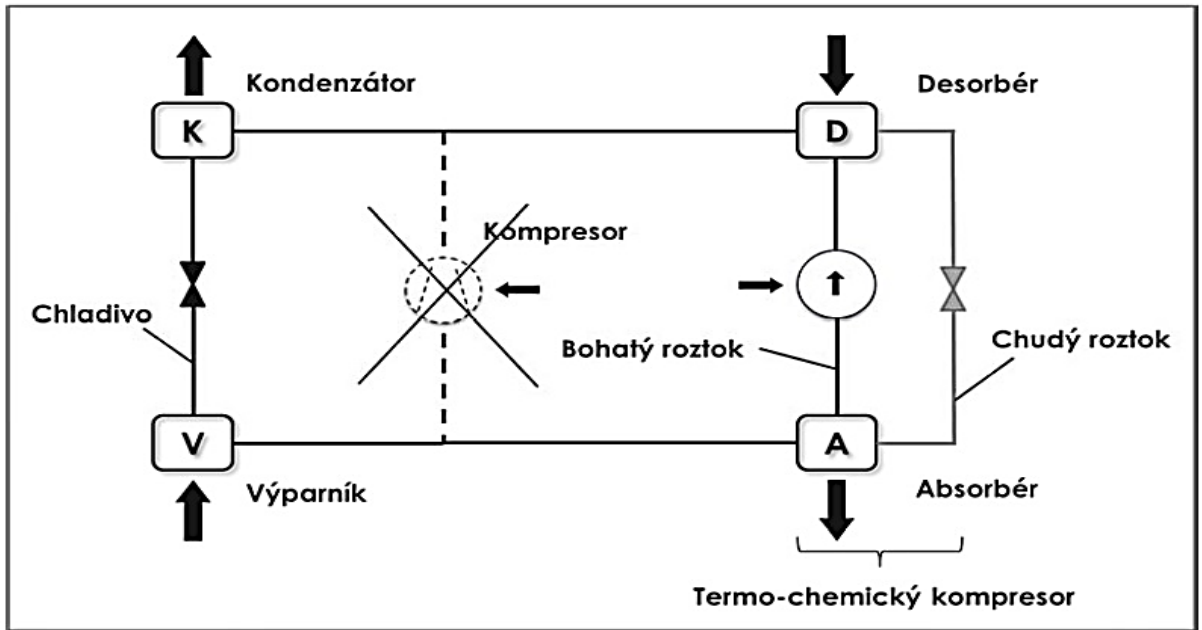
- **Absorpční chladicí zařízení**

U absorpčního chlazení je spotřeba elektrické energie nízká, jelikož zde není rotační kompresor. Jakýkoliv tepelný zdroj může být vstupním, a přesto se řadí ke spolehlivým a čistým procesům, které splňují podmínky bezpečnosti i ochrany životního prostředí (Dvorský a Hejtmánková, 2005). Je vhodné jej zapojit do třígeneračních jednotek i z důvodu maximalizace ročního využití kogeneračních zdrojů energie (Mendrygal a kol., 2013)

Principem je náhrada absorpčních oběhů tepelným pochodem, kdy je chladivo pohlcováno vhodnou látkou za nízkého tlaku. Tyto látky se nazývají absorbenty a používají se v různých kombinacích a za nízkého tlaku. Je to například voda-lithium bromid nebo čpavek a voda.

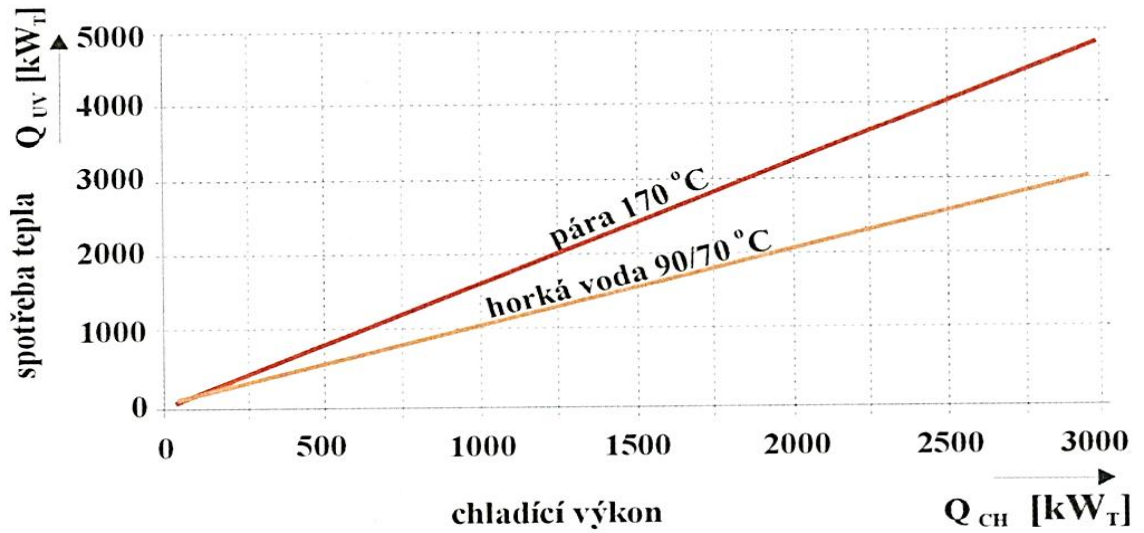
Chladivo je dále dopravováno do následujícího výměníku, který je nastaven na tlak vyšší. Díky přívodu tepla v roztoku se chladivo opět uvolňuje varem. Výstupem je chladivo o vyšším tlaku, které odpovídá podmínkám pro kondenzaci. Děj ve výparníku je zhruba stejný jako při parním oběhu. (Krbek a Polesný, 2007).

Obr. 3.14: Schéma absorpčního cyklu



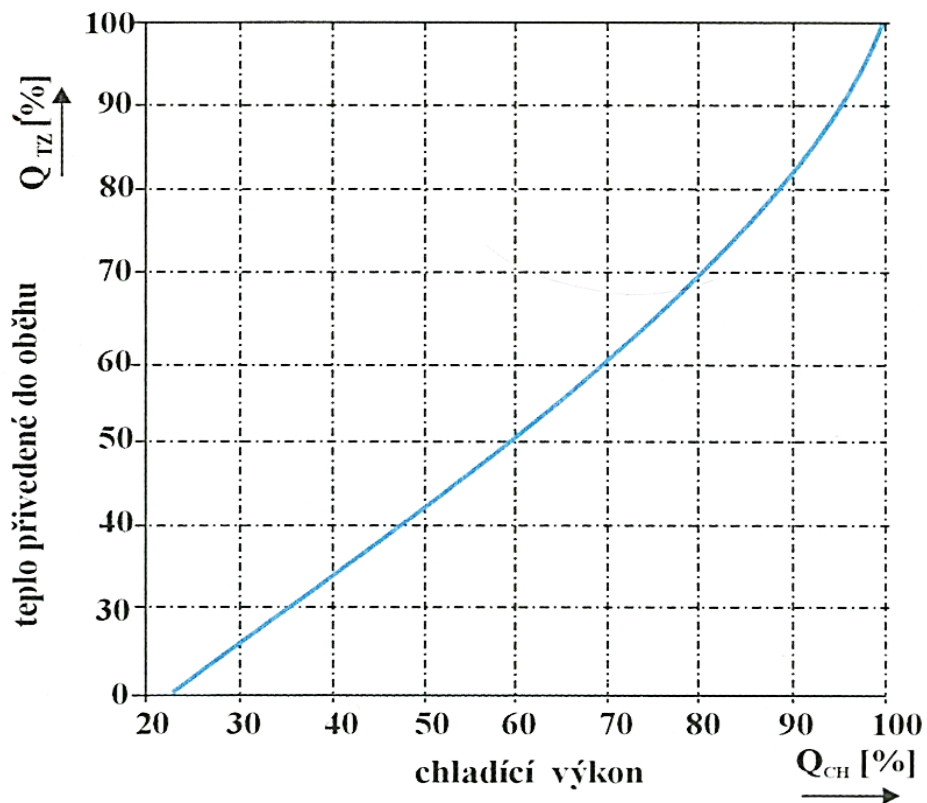
Zdroj: (Kracík a kol., 2011)

Obr. 3.15: Účinnost absorpčního chlazení



Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

Obr. 3.16: Výkonová charakteristika absorpčního chlazení



Zdroj: (Dvorský a Hejtmánková, 2005)

V současné době už existují kromě absorpčního a kompresorového chlazení i jiné způsoby založené na dalších fyzikálních jevech, jedná se například o chlazení magnetokalorické, termoakustické, termoelektrické, adsorpční, desikační nebo chlazení ejektorem. Tyto způsoby jsou prozatím v experimentální a teoretické oblasti (Jani a kol., 2016).

## 4 Metodika

V první řadě byl zpracován úvod, kde je zhodnocení problematiky emisí v současné době a přiblížení využití OZE v České republice i Evropě.

Dále byla zpracována rešerše, která slouží pro obecný přehled a ujasnění v oblasti kombinované výroby elektrické a tepelné energie. Jsou zde rozepsány možná paliva, jejich parametry, která určují zároveň jejich charakter a ovlivňují tak spalovací procesy.

Následující kapitola rešerše se zabývá významem biomasy, vznikem, popisem skladby, která je odrazovou pro energetické plodiny. Obsahem této kapitoly jsou také způsoby energetické přeměny biomasy a popis perspektivních výrobků z ní.

Další kapitola rešerše zabíhá do kogenerační technologií, zařízení pro úpravu, tedy kogenerační jednotka a jejím možnostmi zpracování biomasy. Rešerše je zakončena popisem procesu trigenerace, kdy už se nejedná jen o výrobu tepelné a elektrické energie, ale i chlazení.

Pro tvorbu projektu bylo nejprve nutné vybrat vhodné území pro případnou realizaci budovy. Pozemek byl vybrán strategicky v těsné blízkosti zemědělského a průmyslového areálu za účelem nižších investic do technické infrastruktury, dopravy a nákladů souvisejících s budoucím provozem. Nespornou výhodou výběru území je odlehlost od intravilánu obce, vlastnictví pozemku investora a začlenění stávajících budov investora. Dále bylo popsáno, jaké podniky se v zóně areálu nachází, kdo je vhodným adeptem pro odběr vyrobené energie a od koho bude zajištěn odběr dřevozpracujících zbytků ke zpracování v navržené provozně.

Důležitým faktem před samotným návrhem strojovny pro výrobu KVET je především zhodnotit, jaké množství biomasy je provozovatel schopen zajistit, aby byla výroba energie rentabilní a udržitelná. Byla zde použita ukázka plantáže, která je v současné chvíli určená k pozorování, zda se bude v budoucnu rozšiřovat s ohledem na vybranou rychle rostoucí dřevinu.

Prvním bodem samotného návrhu technologie strojovny byl zplyňovací reaktor, kdy na základě technických parametrů byla zjištěna spotřeba paliva, tedy štěrky za hodinu. Při celoročním chodu bylo zjištěno, kolik paliva je nutné, aby provozovatel zajistil pro procesy zplyňování, a které je pak pohonem pro kogenerační jednotku.

Dále pak byla na základě prospektů firem vybrána vhodná kogenerační jednotka. Byla zde rozhodující spotřeba vyrobeného plynu v m<sup>3</sup>/h při 100% výkonu, bral se zde v potaz příkon v palivu a následně elektrické a tepelné výkony jednotky.

Poslední část trigenerační technologie je vhodný výběr absorpční chladicí jednotky, která je s kogenerační jednotkou spojena, zde byl sledován parametr tepelného a chladicího výkonu.

Do pokračující části návrhu bylo cíleno do projektu zařadit již fungující zařízení a stroje ve firmě, které budou odebírat vyrobené energie a tím splňovat hlavní myšlenku energetické soběstačnosti projektu. Závěr návrhu byl vypsán postup k získání oprávnění k samotnému provozu související s legislativou.

Dalším cílem bylo zpracovat ekonomický rozbor, kde je nejprve vypracována SWOT analýza pro objektivní pohled na vnitřní a vnější faktory podniku. Následně byly vypočítány spotřeby a zisky z prodeje vyrobené energie a také byla vypracována analýza návratnosti

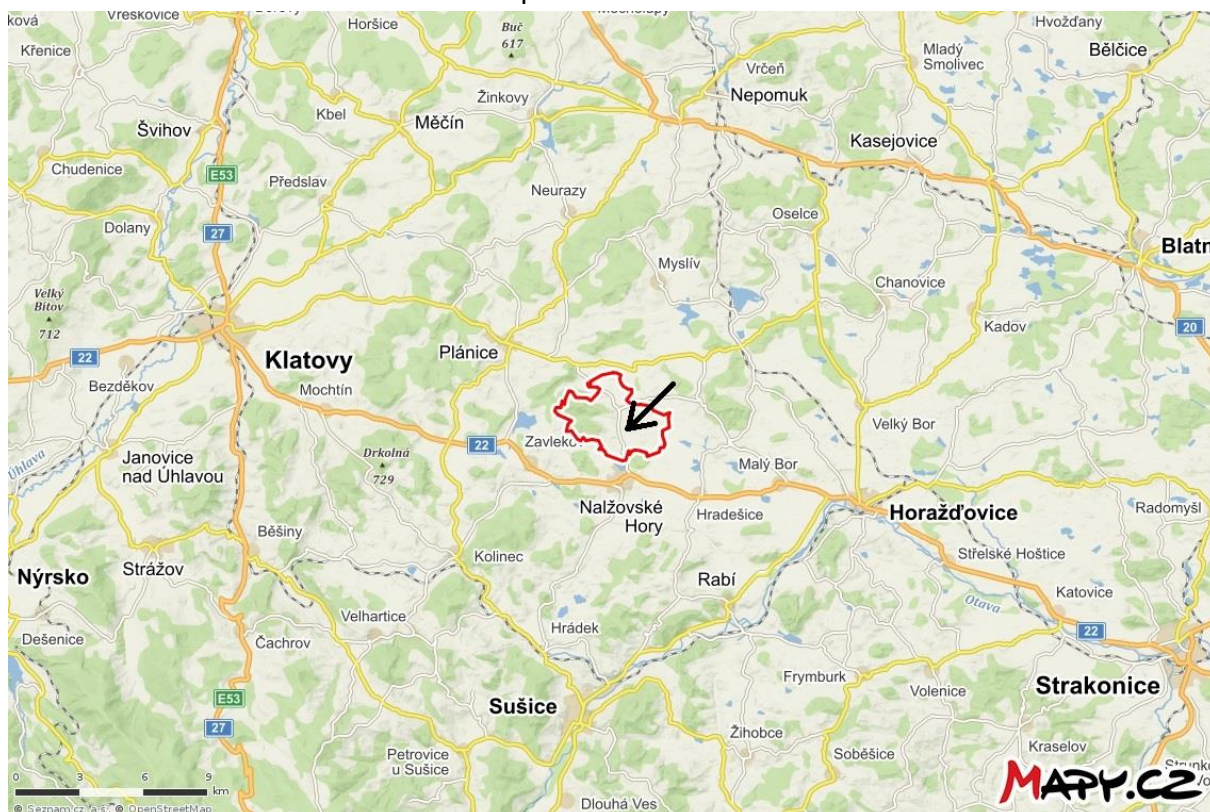
pro určení, zda-li je projekt pro firmu perspektivní.

Po ekonomickém zohlednění bylo v programu AutoCAD zpracováno technologické schéma a situace projektu v mapě ČÚZK, které jsou součástí a obsahem příloh, stejně tak jako fotografie, schéma zařízení apod.

## 5 Návrh projektu, technické parametry a výpočty

Zájmové území, kde je navržen projekt se nachází v katastrálním území Velenovy, které je součástí města Nalžovské Hory v okrese Klatovy v Plzeňském kraji. Přesnější poloha je 2,5 km severně od Nalžovských Hor v průměrné nadmořské výšce 498,06 m n. m. První písemná zmínka o vesnici pochází už z 13. století z roku 1227. Počet obyvatel v roce 2011 ukazuje 223 s počtem 131 domů ve vesnici (ČSÚ, ©2018). Celková rozloha katastrálního území Velenovy činí 1197,32 ha (UIR, ©2018). V projektu je navržena nová budova v zemědělském areálu. Tento areál se nachází mimo intravilán obce. Je obklopen zemědělskými pozemky, pastvinami a lesy.

Obr. 5.1: Zobrazení území v mapě



Zdroj: (Mapy, 2018)

Investorem je rodinná farma, která má dlouholetou tradici. Již v minulosti se zabývala chovem dobytka a lesní produkcí. Zakladatel firmy nabyl po roce 1989 zpět restitučními ornou



půdu, pastviny, pole, dobytek, lesy a starý kravín, který do té doby vlastnilo družstvo JZD.

V současné chvíli se areál firmy rozrostl o další dva kravíny, halu a vícefunkční provozní budovu. Z původní činnosti z důvodu nerentability, která spočívala hlavně v produkci mléka, přešla firma primárně na chov masného skotu, ovcí a přidruženou výrobu lesní štěpky i těžbu dřeva. Farma chová mimo skot nárazově vepře, daňky, kozy, křepelky a jinou drůbež. Mimo to se věnuje pěstování rostlinných a zemědělských plodin a obhospodařuje tak 240 ha.

Místo pro projekt bylo vybráno strategicky v areálu farmy v blízkosti provozních budov a haly kvůli kratší vzdálenosti a nižším investičním nákladům na celkový provoz, technickou infrastrukturu, dopravu a obsluhu.

Z důvodu rentability bude do projektu uvažováno s využitím stávajících objektů. Náklady na rekonstrukce stávajících objektů budou souviset se zateplením místností, aby byly sníženy tepelné ztráty.

Teplo bude využito pro ohřev vody hlavně v zimním období i bude použito k vytopě kravína, výrobních hal, jak za účelem vysoušení štěpky, palivového dříví, tak opracovaného dřeva z místní pily určeného ke stavebním účelům. Vyrobená elektrická energie bude využívána ve velké míře výrobní linkou na brikety, štípačkou, ale i zařízením na rozhrnování štěpky v sušárně, aby nedocházelo ke snížení kvality štěpky vlivem plísní a jinými bakteriemi. Větší přebytek elektrické energie je předpokládán hlavně v letním období díky menšímu využití sušárny a elektrická energie bude prostřednictvím vlastní trafostanice dodávána do elektrické sítě. Třetí produkt chlad bude využit v budově za účelem jatečné výroby, uskladnění a zpracování masa. Také ale i ke klimatizaci v letním období okolních budov a chlazení kogenerační jednotky, aby nedošlo ke zkratu.

K areálu vede komunikace III. třídy směrem z Nalžovských Hor a následně je odbočka na šterkovou místní komunikaci. Tento provoz a případná realizace projektu tedy nezatěžuje svou činností místní obyvatele, jelikož se lze vyhnout této zástavbě. Díky tomu lze i obejít případné nastávající administrativní činnosti, jelikož u kogeneračních jednotek, které jsou umístěny v zástavbě je nutné vypracování hlukové studie a měření hluku (COGEN Czech, ©2013).

V obci se nachází poměrně rozrůstající se firma, zabývající se výrobou řeziva, převážně sbíjených vazníků a požezem dřeva na kultu. Dále strojírna a firma, zabývající se nabídkou truhlářských prací i nábytku, dále pak pokrývačská firma a autoopravna. S těmito firmami se do budoucna počítá s odběrem tepla, elektřiny i chladu a naopak se spoluprací ohledně odběru dřevěných zbytků např. pilin z těchto výroben pro výrobu briket či pelet. Podniky i s přehledem činností nacházející se poblíž zemědělského areálu jsou rozepsány dále a jsou vyznačeny ve výkresové dokumentaci.

## 5.1 Zájmové území

Z čísla bonitované půdní ekologické jednotky (BPEJ 7.32.14) plyne, že zájmové území se nachází v mírně teplém a vlhkém klimatickém regionu, pro který je charakteristická průměrná roční teplota 6-7°C a průměrný úhrn srážek 650-750 mm. Půda je hluboká až středně hluboká a středně skeletovitá. Z hlediska geologie se v území nachází drobnozrnný svojslídny až biotický granit (ČGS, ©2018) a skupinou půdních typů jsou kambizemě litické, modální i rankerové. Je zde mírná sklonitost (3-7°) a z hlediska orientace ke světovým stranám se jedná o rovinu se všesměrnou expozicí. Z hlediska bodové významnosti se jedná o pozemek produkčně málo významné půdy (VÚMOP, 2018).

Přesná lokalizace zájmového území je vyjádřena souřadnicemi příslušného souřadnicového systému:

WGS-84: 49°21'12.86"N, 13°33'05.51"E

S-JTSK Y: 816480.17

X: 1114894.49

Parcelní číslo, kde je plánován projekt bioelektrárny, je dle ČÚZK 2324/30. Pozemek má výměru 8817 m<sup>2</sup>. Dle LPIS (2018) je pozemek vzdálený od vody 14,85 m. Stávající kulturou je trvalý travnatý porost. V současné chvíli je půdní blok číslo 6501/62 v režimu konvenčního hospodaření firmou AD Salák s.r.o. Způsob využití je jako manipulační plocha.

**Obr. 5.2:** Zobrazení zájmového území v měřítku 1:1 000



1:1000, Zdroje dat: Digitální ortofotomapa © Český úřad zeměměřický a katastrální, Data půdních bloků a dílů © Ministerstvo zemědělství ČR

Zdroj: (LPIS, 2018)

Na tomto pozemku bude stát nová budova o celkové ploše 563.18 m<sup>2</sup>, jejíž součástí bude skladovací prostor spolu se sušárnou na štěpku, kotelna a strojovna, kde bude umístěna KJ včetně absorpční chladicí jednotky. Další částí budovy budou výrobní prostory, kde bude umístěná briketovací linka a štípací automat na dřevo. Nezbytnou součástí pro využití chlazení je oddělený prostor pracovní místnosti, kde se maso z chovu porcuje a zpracovává a zvláště také chladicí prostor pro umístění masa, kde je nutné udržet teplotu -18°C až -21°C. Jsou zde ještě chladicí boxy, které se udržují při teplotách 0,67°C. Pracovní prostory dřevozpracujícího průmyslu a řeznictvím propojuje sociální zařízení, které zde nesmí chybět včetně umývárny.

- **Funkce dosavadních budov v areálu**

*Budovy ve vlastnictví provozovatele farmy:*

- ∴ A1: Hala, v které se v současné době skladují balíky senáže, krmiva a stavební materiály, v budoucnu bude v tomto prostoru převážně skladováno dřevo a vyrobené brikety.
- ∴ A2: Jedná se o vícefunkční provozní halu, nachází se zde kancelářský prostor, sociální zařízení, jídelna s kuchyňským koutem a ubytovna pro pracovníky, jelikož například v období telení je nutné dodržovat celodenní provoz. Plemena, jejímž chovem se zde primárně zabývají, jsou natolik vyšlechtěná a nejsou povětšinou samy schopny porodu kvůli velikosti telete. V další kryté části tohoto prostoru se nachází dílna i sklad. Objekt má mimoto nekrytou část, kde jsou zaparkovány zemědělské a jiné stroje, sloužící k běžným činnostem farmy.
- ∴ A3: Modernější kravín, který byl zkolaudován v roce 2015.
- ∴ A4, A5: Kravíny odkoupené od bývalého družstva JZD, zde jsou umístěny proměnlivě ve výkrmu prasata, křepelky, jalovice a telata, která jsou ve výkrmu u napájecího automatu.

*Budovy okolních firem:*

- ∴ B1: Zde sídlí firma zabývající se svářecstvím a opracováváním dřevěného nábytku, převážně zahradního.
- ∴ B2: Tuto halu vlastní firma, která se zabývá pokrývačskými i klempířskými pracemi, rekonstrukcemi, hydroizolacemi a izolacemi střech. Probíhá zde příprava a obrušování dřeva pro krovy, to znamená výrobu vaznic, trámů, pozednic, opracovávání latí a podobně.
- ∴ B3: V této budově funguje firma, která opravuje zemědělské stroje, automobily a jiná zařízení.
- ∴ B4, B5: Jedná se o bývalé kanceláře, které v současné době vlastní město Nalžovské Hory. V budoucnu je uvažováno odkoupení této budovy včetně pozemku a menší plechové haly, která se též na pozemku 2324/40 nachází.
- ∴ B6: Váha na skot využívaná v minulém režimu.

*Využitelné prostory v areálu:*

- ∴ C1: Tento prostor je vyhrazen pro veřejnost i pro provozovatele k uskladnění větví a dřevěných zbytků, které se posléze nadrtí na štěpku.
- ∴ C2, C3: Na tyto stanoviště lze prozatím skladovat stavební materiály, parkovat stroje a automobily zaměstnanců.

## 5.2 Zdroje biomasy

Pro zajištění dodávek biomasy bude uzavřen smluvní vztah se státním podnikem Lesy České republiky a pro případy nutnosti doplnění paliva bude sepsána s dalšími dodavateli z okolí krátkodobá smlouva.

Hlavní zdroje biomasy jsou z údržby prostor kolem místních i účelových komunikací, ostatních prostor, úklidu lesa po těžbě, od smluvních dodavatelů biomasy a z vlastních zdrojů. Pro další energetické zpracování byla zhruba 5 km od obce Velenovy, na pozemku s dostatkem vláhy, námi vytvořená plantáž s hybridy topolu, přesněji topolu japonského. Vedle projektované budovy je prostor, kam může navíc veřejnost svážet zbytky z prořezů stromů, větve a jiný odpad z údržby stromů. Díky tomu se občané vyhnou pálení dřevěných zbytků na vlastních pozemcích.

### 5.2.1 Výsadba topolu japonského

Na půdním bloku číslo 7211-0, který se nachází u Mlýnského potoka a je silně podmaččen, byl v roce 2016 vysazen energetický topol japonský (*Populus nigra x maximowiczii*), který je křížencem u nás zdomácnělého topolu černého (*Populus nigra*) a topolu maximowicova (*Populus maximowiczii*), který má své přirozené stanoviště v Koreji. Topol japonský je charakteristický rychlým růstem, vysokým potenciálem odolnosti vůči chladným i kyselým půdním podmínkám, je odolný i vůči škůdcům a netrpí chorobami (Park a Son, 2010). Topol je rod rostlin z čeledi vrbovitéch (*Salicaceae*) a patří k nejrychleji rostoucím dřevinám v České republice. Dle Malaťáka a kol. (2008) se topol opylovává větrem, i se jím šíří a klíčivost semen nebývá dlouhá. Dle Parka a Sona (2010) je prý riziko šíření japonských semen do volné přírody minimální, protože rostliny dosahují dospělosti mezi 8 až 10 rokem růstu.

Topoly potřebují vlhký holý substrát, například bahnitý náplav řeky. Proto je tento pozemek ideálním pro tuto výsadbu a také protože se jedná o světelné stanoviště. V ČR se RRD vysazují až do nadmořské výšky 600 m n. m. Sledovaný půdní blok se nachází v průměrné nadmořské výšce 508 m n. m., plocha odpovídá 0,63 ha, číslo bonitované půdní jednotky je 7.67.01 a obvod pozemku je něco kolem 348 m (LPIS, 2018). Obvyklá životnost plantáže pro RRD je 24 let. Z plantáže se tedy dá sklídit buď palivové dřevo, nebo pro účely výroby štěpky 4-5 krát při této životnosti.

Obvykle se sází prýty nebo řízky dlouhé 20 cm. Na plochu jednoho hektaru odpovídá zhruba 5000 - 8000 řízků, které se před výsadbou ponoří na 24-48 hodin do vody. Zvoleny byly prýty dlouhé 1 m a v průběhu let se stále odpleveluje a doplňují řádky sazenicemi. Po výsadbě bylo nutné odplevelování a mulčování bez použití chemických přípravků, jelikož mladé rostlinky bývají citlivé na herbicidy. V současné chvíli dosahují topoly 2,5 m. O vykácení se prozatím uvažuje rokem 2021 v zimním období, kdy je zpevněný terén pro mechanizaci a kdy by už měl topol dosahovat 8 m.

Pro výměru pozemku o 6300 m<sup>2</sup> byl zvolen spon výsadby o vzdálenosti topolů od sebe 0,7 m a vzdálenosti 2,5 m řádků od sebe. Z jedné sklizně při počtu topolů 3600 by měl být výnos z jedné sklizně 184 m<sup>3</sup> dřeva v cyklu 5-6 let, případně 20 t štěpky v 3-4 letém cyklu (Černíček, 2014).

**Tab. 5.1:** Odhadovaný zisk z RRD

Průměrná cena prýtu [Kč/ks]	9
Počet vysazených prýtů celkem	3600
Celkové náklady na prýty [Kč]	32400
Výnos dřeva [m <sup>3</sup> ]	184
Průměrná cena za dřevo [Kč/m <sup>3</sup> ]	800
Hrubý zisk	147200
Ostatní náklady	18000
<b>Odhadovaný čistý zisk [Kč]</b>	<b>129200</b>

Zdroje: (Vlastní zdroje, 2018)

Ostatní náklady jsou spojené s mzdami, průměrná hodinová mzda zde činí 130 Kč/hod, je zde započítáno sázení a vyžínání kolem topolů, náklady na odvoz, palivo do motorové pily a vyvážec.

**Obr. 5.3:** Půdní blok určený pro plantáž v měřítku 1:700



1:700, Zdroje dat: Digitální ortofotomapa © Český úřad zeměměřický a katastrální, Data půdních bloků a dílů © Ministerstvo zemědělství ČR

Zdroj: (LPIS, 2018)

### 5.3 Návrh technologie, popis zařízení

Návrh je situován tak, aby pro komplex strojně-technologického zařízení byla minimalizována činnost obsluhy, náklady na výstavbu, energetická náročnost a požadavky na prostor.

Při objemových bilančních a projekčních výpočtech spotřeby paliva se u dřevozpracujícího průmyslu využívá těchto objemových jednotek:

- **plm** - plometr ( $m^3$ ) je krychle o hraně 1 metru. Tato krychle je vyplněná dřevem bez mezer, je to tedy  $1 m^3$  skutečné dřevní hmoty.
- **prm** - prostorový metr, jedná se opět o krychli o hraně 1 m, která je ale jen částečně vyplněná dřevem. Je to tedy  $1 m^3$  prostorového objemu, který je vyplněn složeným štípaným nebo neštípaným dřevem s mezerami. Pro představu to může být dřevo v lese složené „do metrů“
- **prms** - prostorový metr sypaný, už z názvu je patrné, že se jedná o  $1 m^3$  volně loženého sypaného (nezhutňovaného) drceného či drobného dřeva.

Pro lepší přehlednost je vytvořena tabulka 5.2, kde jsou vzájemné orientační přepočty objemových termínů dřevní hmoty (Ochodek a kol., 2006).

**Tab. 5.2:** Vzájemné přepočty mezi jednotkami objemu dřevní hmoty

Jednotky	plm ( $m^3$ )	prm	prms
plm ( $m^3$ )	1	1,43-1,54	2,43-2,86
prm	0,65-0,7	1	1,61-1,86
prms	0,35-0,41	0,54-0,62	1

Zdroj: (Ochodek a kol., 2006)

Pro naše účely byl vybrán proces zplyňování, což je termochemická konverze uhlíkatého materiálu, který může být v pevném či kapalném skupenství. Výhřevný energetický plyn je produktem vysoké teploty a zplyňovacích médií, což bývá volný nebo vázaný kyslík. Zároveň se snižuje produkce  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ , CO, TZL, POP na jednotku el. výkonu, a tak nevznikají tuhé emise.

Základním technologickým postupem je:

- příprava, kdy dochází k sušení, dávkování a drcení dřevní hmoty,
  - zplyňování,
  - chlazení a čištění plynu, kdy se zbavuje nežádoucích látek a zbytků pevných částic,
  - spalování plynu v kogenerační jednotce k výrobě elektřiny, tepla a chladu.
- **Návrh kotelny – zplyňovacího kotle**

Štěpka je nejlevnějším palivem pro kotelny, které mají automatický přísun paliva. Řízení a chod kotelen u vyspělých technologií je údajně srovnatelně jednoduchý jako u plynu či

elektřiny (Václavek, 2017).

Automatické přikládání bývá většinou řešeno pomocí šnekových dopravníků. Ke spalování je nutno zajistit správné množství vzduchu a dostatečně vysoká teplota. Ze dřeva se uvolňuje plyn, který dále vedeme na spalovací motor. Vedlejším produktem je popel, který je z popelníku kotle veden do kontejneru.

V ČR se vyrábí kotle na štěpku od 50 kW, tento výkon už není například vhodný pro rodinný domek kvůli vysokému výkonu, v zahraničí se dá sehnat i s nižším výkonem od 8-25 kW, ten se dá užít i pro nezateplené domy (Srdečný, 2007).

Kotle nad 100 kW se používají často u průmyslových aplikací nebo při centrálním systémem zásobování teplem. Spalují většinou balíky slámy či dřevěné štěpky, ale jsou schopny spalovat i méně kvalitní a vlhčí biomasu (Beranovský a kol., 2004).

Při výběru kotle se ohlížíme na výkon kotle, ohřívá-li navíc vodu, jeho výkon se zvyšuje. Je dobré vybírat kotel, u kterého lze výkon dobře regulovat, jelikož pro kotle jak na tuhá paliva, tak i pro kogenerační jednotky platí, že při provozu na nižší výkon se snižuje účinnost u spalovacích zařízení a s tím se zhoršují i emise. Dochází i ke ztrátám v rozvodech, obvykle je uváděno, že to je 3-5% z celkové potřeby tepla na vytápění (Srdečný, 2007).

Pro projekt byl navržen zplyňovací generátor CW700-200 od rakouské společnosti SynCraft. Tento reaktor pracuje v režimu s pevným ložem v souproudečném toku. Pevný materiál je veden spolu s plyny do druhého reaktoru, kde je pevná matrice uvedená do vznášejícího lože. Plynné produkty prochází přes filtr a chladicí systém, poté je vyčištěný syntézní plyn veden na kogenerační jednotku.

Technologie reaktoru zpracovává různou odpadní dřevní biomasu o vlhkosti 10-15%, jako jsou odřezky, lesní zbytky, štěpky, vedlejší produkty z pily, hobliny, kůry a podobně. Velikost vstupního materiálu by měla být v rozmezí 3-5 mm a surovina by měla obsahovat maximálně 10% jemné frakce. Toto zařízení je navíc tolerantní vůči výskytu kamínků a jiných nečistot, ale k zajištění optimálního provozu by vstupní materiál měl obsahovat co nejméně nečistot (SynCraft, 2018).

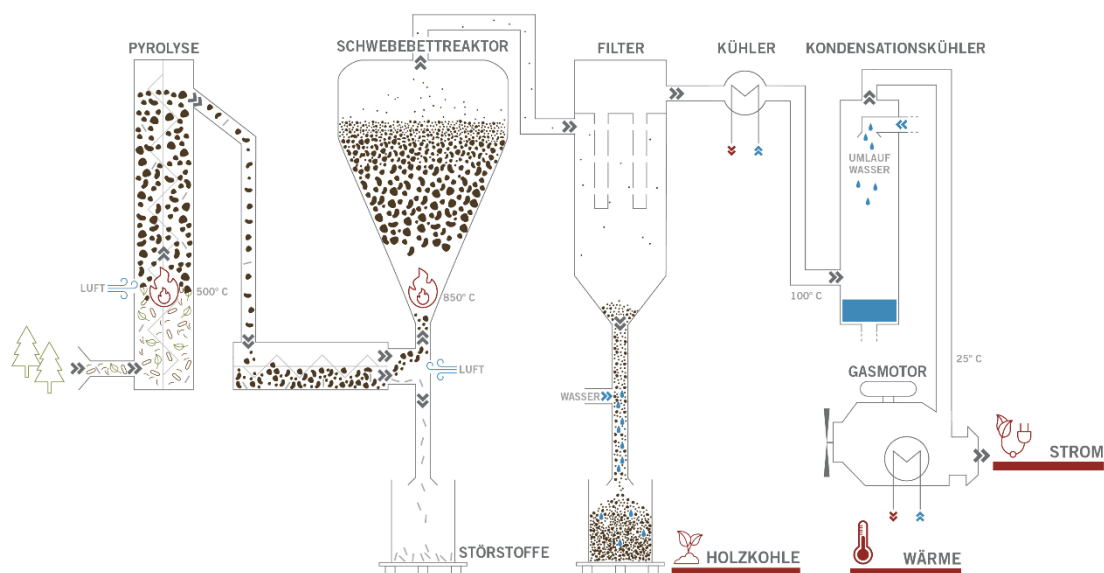
**Tab. 5.3:** Parametry zplyňovacího kotle

Spotřeba paliva [kg/h]	140
Specifický požadavek na palivo [kg/kWh <sub>el</sub> ]	0.70
Týdenní zásobník prostoru [m <sup>3</sup> ]	155
Kvalita pohonných hmot	G30 - G50, optimální <W10, pokuty a kůra

Zdroj: (SynCraft, 2018)

Doprava paliva ze zásobníku je vyřešena pomocí šnekového dopravníku o průměru 150 mm. Zásobník paliva by měl odpovídat 155 m<sup>3</sup> na týden. Vrchní část je opatřena otvorem na doplňování paliva. Pro případ zahoření paliva je zde doplňovací šnekový dopravník, který je vybaven hasícím zařízením v podobě termostatického vodního ventilu s přiloženým čidlem, napojeným na vodní zdroj. Kotel je určen pro průmyslové objekty, obecní vytápění, hotely, provozovny, zemědělské objekty a podobně. Pro snížení obsahu vody v nadrcené lesní štěpce pro zvýšení její výhřevnosti je pro sušící procesy dodané odpadní teplo ze spalovacího reaktoru.

**Obr. 5.4:** Schéma technologie SynCraft



Zdroj: (SynCraft, 2018)

Proces zplyňování probíhá dle schématu (viz obrázek 5.4) v těchto zónách při různých teplotách. Při sušícím procesu o teplotě 150°C se odpařuje voda a ohřívá palivo. Počátek přeměny paliva v pyrolýzní zóně už je bez přístupu vzduchu při 500°C. Další zóny jsou redukční a oxidační, zde jsou teploty vyšší jak 850°C a dochází k úplnému zplyňování biomasy na hořlavý plyn (Dufka, 2003). Vedlejším produktem této technologie je tkzv. biokoks, který lze použít ke grilování (Jílková a Gál, 2018).

Dle technických parametrů výrobce reaktoru je potřeba na výrobu 200 kW<sub>el</sub> 0,7 kg štěpky. Ze spotřeby paliva, který je udáván pro dřevní štěpku o vlhkosti 10-15% plyne, že je zapotřebí 140 kg/hod. Při 24 hodinovém provozu je třeba 3360 kg/den štěpky.

**Tab. 5.4:** Spotřeba paliva

Hodinová spotřeba paliva [kg/h]	140
Denní spotřeba paliva [kg/den <sub>24h</sub> ]	3360
Roční spotřeba paliva [kg/rok <sub>8400h</sub> ]	1176000

Zdroj: (Vlastní zdroj, 2018)

K provozu je nutno při ročním chodu o 8400 hodinách zajistit **1 176 t** štěpky.



- **Trigenerační jednotka**

Trigenerační jednotka je kogenerační jednotka spojená s absorpční chladicí jednotkou, která umožňuje přeměnit teplo z kogenerace na chlad. Kogenerační zařízení je zvoleno od firmy Tedom a.s. Chladicí zařízení je zvoleno od jiných dodavatelů technologií, v tomto případě byl zvolen model dvoustupňové spalínové absorpční chladicí jednotky od firmy SOKRA s.r.o.

**Tab. 5.5:** Parametry trigenerační jednotky

Typ kogenerační jednotky	Typ trigenerace	Model absorpční jednotky	Elektrický výkon [kW]	Tepelný výkon [kW]	Chladicí výkon [kW]
Cento T200	B	BE 20	200	153	233

Chlazená voda (7/14°C)		Chladicí voda (37/30°C)		Topná voda (65/55°C)		Spotřeba spalin		Příkon [kW]
Průtok [m3/h]	Tepelná ztráta [kPa]	Průtok [m3/h]	Tepelná ztráta [kPa]	Průtok [m3/h]	Tepelná ztráta [kPa]	Chlazení	Topení	
28,6	30	48,8	50	13,1	20	1527	1527	1,7

Zdroj: (SOKRA, 2018)

Uspořádání trigenerační jednotky je typu B, jelikož se tento typ na rozdíl od typu A liší umístěním spalínového výměníku, a tak je teplota spalin vyšší a chlazení má větší účinnost (viz obrázek 5.5).

**Obr. 5.5:** Schéma produkce



Zdroj:(TEDOM, 2017)

- **Základní technické údaje o kogenerační jednotce**

Pro projekt je tedy navržena kogenerační jednotka Cento T200 od firmy Tedom a.s. Výběr jednotky je s protihlukovým krytem, toto kapotované provedení je určeno především k instalaci do budov. Jedná se o nejčastěji používanou variantu, jelikož má výhodu jak nízké hlučnosti, tak i rychlé instalace. Technický výkres zařízení KJ je obsahem samostatné dokumentace (viz příloha II.).

Blokové uspořádání obsahuje motor-generátor, tepelné zařízení, tlumič výfuku a řídicí systém, který zabezpečuje veškeré provozní a bezpečnostní funkce.

K pohonu jednotky je použit plynový spalovací motor typu TG 210 G5V TW 86 opět od firmy Tedom a.s.

**Tab. 5.6:** Parametry motoru

Počet válců	6
Uspořádání válců	v řadě
Vrtání × zdvih [mm]	130/150
Zdvihový objem [cm <sup>3</sup> ]	11946
Otáčky [min <sup>-1</sup> ]	1500
Max. výkon motoru [kW]	212,7

Zdroj:(TEDOM, 2018)

Tepelný systém je z hlediska odběru tepelného výkonu tvořen sekundárním a technologickým okruhem a maximální tepelný výkon jednotky se rovná součtu tepelných výkonů obou okruhů při plném využití. Sekundární okruh odebírá tepelný výkon z primárního okruhu, kdy je nutné dodržet maximální dovolené teploty vratné vody a není zde oběhové čerpadlo. Technologický okruh představuje okruh chlazení plnicí směsí, a ovlivňuje tak dosažení základních technických údajů. Tento tepelný výkon se využívá v nízkoteplotních okruzích pro chladič jednotku a na rozdíl od sekundárního okruhu je osazen oběhovým čerpadlem.

Plynová trasa obsahuje dva nezávislé rychlouzavírací elektromagnetické ventily pro uzavření přívodu plynu při vypnutí jednotky, nulový regulátor tlaku plynu a kovovou hadici pro připojení ke směšovači. Pro správný provoz je požadována plynová přípojka o patřičné dimenzi s akumulacním objemem, aby nedošlo k poklesu tlaku plynu v rozvodu v době skokového odběru plynu, přípojka je zakončená ručním plynovým uzávěrem a opatřená tlakoměrem.

Nevyužitelné teplo, které je vysálané z horkých částí, je odváděno z KJ nucenou ventilací. Ventilací vzduch vstupuje do KJ otvory v rámu a vystupuje v čele protihlukového krytu vzduchotěsným kolenem. Na výstupní přírubu ventilačního vzduchu je možné napojit vzduchotechnický tlumič.

Spaliny jsou vyvedeny z jednotky na výstupní přírubu, která je umístěna na střeše protihlukového krytu. Ve výstupním spalinovodu, který je od příruby KJ po sopouch těsný, je tlumič výfuku a spádování musí být směrem od jednotky. Při startu jednotky či při nízké teplotě vstupní vody do KJ vzniká ve spalinovodu kondenzát, který se dostává pryč přes odvod kondenzátu. Materiál spalinovodu a tepelná izolace spalinovodu ve strojovně musí být odolná teplotám odpovídající teplotě spalin v příslušných spalinovodech. Množství spalin by mělo odpovídat 890 Nm<sup>3</sup>/h o teplotě maximálně 120/150°C.

Elektrický rozváděč je součástí kapoty, silová i ovládací část jsou umístěny v samostatných a oddělených prostorech.

**Tab. 5.7:** Parametry KJ

Zatížení kogenerační jednotky	50 %	75 %	100 %
Maximální tepelný výkon [kW]	151	205	253
Příkon v palivu [kW]	282	400	510
Účinnost elektrická [%]	35,3	37,5	39,2
Účinnost tepelná [%]	53,5	51,2	49,5
Účinnost celková (využití paliva) [%]	88,8	88,7	88,7
Spotřeba plynu [m <sup>3</sup> /h]	29,9	42,4	54

Zdroj: (TEDOM, 2018)

- **Zařízení na drcení**

V současné chvíli má firma k dispozici vlastní štěpkovač Biber 70 ZK Eschlböck s hydraulickou rukou, který má udávaný výkon průměrně 50-70 m<sup>3</sup>/h. Tento výkon opět záleží na velikosti štěpky, připravenosti materiálu, použití stroje s ohledem na terén, pevný podklad, výkon traktoru a druhu zpracovaného materiálu.

**Obr. 5.6:** Štěpkovač Biber 70 ZK Eschlböck



Zdroj: (Vlastní zdroj, 2017)

**Tab. 5.8:** Parametry KJ

Systém sekání	Bubnová sekačka
Sekací nože	12
Vstupní otvor	40×84 cm
max. průměr vkládaného materiálu	40 cm
Délka štěpky	2,3,4 cm
Příkon	75 kW
Otáčky hřídele	1000 U/min
Provozní tlak	160 bar
Dieselový motor	od 170 kW
Hmotnost	10 400 kg
Max. výkon pohonu	150 kW

Zdroj: (Biber, 2017)

- **Výroba tvarovaných paliv - briketovací linka**

Nyní je k dispozici briketovací lis BrikStar 200 od firmy BRIKLIS, spol. sr.o., materiál pro lisování by měl odpovídat vlhkosti 8-15%, rozměr by měl být menší než 15 mm a sypká hmotnost 70 kg/m<sup>3</sup>. Briketovací linka je schopná zpracovat piliny, hobliny a prach z většiny druhů dřeva i některých tropických dřevin, drcené energetické rostliny, řepkovou či obilnou slámu, odpad z čistíček osiv, makovinu, drcený papír, krátká vlákna, papírový i textilní prach, prachové průmyslové odpady z odsávání, polyuretan aj..

Vyrobené brikety mají tvar válce o průměru 55 mm a délku 50-70 mm. Udávaná výhřevnost je 15-18 MJ/kg. Tyto brikety mohou být využívány ve všech typech kamen, kotlů a spalovnách pro tuhá paliva. Jejich výhřevnost se nejlépe využije ve zplyňovacích kotlích. Zbriketováním odpadu se sníží jeho objem až 8krát a odpad se tak levněji dopravuje či skladuje. Další výhodou je zhodnocení odpadu a snížení prašnosti v provozovně (Briklis, 2017).

### Výpočet pro výrobu briket

Výkon této briketovací linky je 180-220 kg/h o instalovaném příkonu 16 kW. V tomto případě není známá hmotnost materiálu pro briketování, jelikož může kolísat od 70 kg/m<sup>3</sup> do 200 kg/m<sup>3</sup>, proto je následující výpočet jen přibližným odhadem.

Pokud se uvažuje, že měrná hmotnost odpadu je 100 kg/m<sup>3</sup>, zpracuje linka při výkonu 200 kg/h 200 kg odpadu, to odpovídá 2 m<sup>3</sup>.

Dle průměrných cen pro rok 2018 je aktuální prodej dřevěné brikety, o průměrné výhřevnosti 17 MJ/kg, udávaná cena 4,80 Kč/kg (TZB, 2018). Budeme-li uvažovat náklady na výrobu 700 Kč na tunu odpadu, je odhadovaný zisk z prodeje briket při jednosměnném provozu a při 250 pracovních dnech 1 640 000 Kč. U této linky není třeba nepřetržitě obsluhy, je jen nutný občasný dohled zaměstnanců ve výrobě.

**Tab. 5.9:** Výroba briket

Provoz	množství zpracovaného odpadu [m <sup>3</sup> ]	Výroba briket [kg]	Prodej briket při ceně 4,80 [Kč/kg]	Odhadovaný zisk z prodeje [Kč]
1 hodina	2	200	960	820
8 hodin	16	1600	7680	6560
250 pracovních dnů	4000	400000	1920000	<b>1640000</b>

Zdroj: (Vlastní zdroj, 2017)

- **Štípací a řezací automat**

Další zařízení, který je v provozu využívaným a vlastní ho firma, je řezací a štípací automat BGU KSA 380 E, ten je určený pro výrobce palivového dřeva. Výhodou stroje je možnost ovládání centrální pákou, která zajistí posun kulatiny do řezu, samotné řezání a štípací proces. Ke kompletní obsluze stroje tak postačí pouze 1 osoba. Je zde možnost nastavit si délku řezaných kusů od 200 do 520 mm a výkon stroje je udáván 4-6 prm/h. Pro okamžitou výrobu palivového dřeva se pouze zapojí ke zdroji energie, a tak bude stroj odebírat vyrobenou elektrickou energii (Šimek, 2017).

## 5.4 Provoz sítě

Samotný provoz souvisí s legislativními požadavky a každý zdroj elektřiny lze provozovat dvěma odlišnými způsoby - dodávka do veřejné sítě či ostrovní provoz.

- **Dodávka do veřejné sítě**

Zdroj musí splňovat technické předpisy, které jsou dané provozovatelem sítě (např. ČEZ, PRE, E.ON). Generátory musí být schopny vyrobit elektřinu o předepsaných parametrech a dodržet je bývá u svépomocných systémů obtížné na rozdíl od komerčně dodávaných zařízení.

Aby bylo možné dodávat elektrickou energii do sítě, musí se získat licence pro podnikání v energetice. Tuto licenci vydává ERÚ a výhodou je jak příjem, tak představa sítě jako nekonečného velkého akumulátoru na elektřinu, která je schopna pojmout přebytky a naopak je-li v objektu potřeba elektřiny, než je okamžitý výkon zdroje, lze ze sítě energie odebrat. Zdroj připojený k síti je investičně levnější než zdroj, který je provozován v tzv. ostrovním provozu, ale administrativně náročnější.

Vyrábí-li objekt energii z obnovitelného zdroje nebo z KVET, lze prodat do sítě za regulovanou výkupní cenu, kterou stanovuje Energetický regulační úřad pro každý rok.

- **Ostrovní provoz**

Ostrovní provoz se většinou buduje na místech, kde jsou náklady na vybudování a připojení vyšší než náklady na zdroj. Bývají často doplněny bateriemi akumulátorů. Provozovatel musí opět získat licenci od ERÚ.

V případě, že se energie z části použije pro vlastní potřebu objektu nebo se prodají třetí

osobě za ceny běžné na trhu, uplatňují se tzv. zelené bonusy na veškerou produkovanou elektřinu, která je vyrobená z OZE. Bonusy musí splňovat též určité parametry a jsou vyplaceny, jak za elektřinu prodanou i tu, která se spotřebovala v objektu.

Pro účely navrhovaného projektu je vhodné zvolit provoz s připojením do sítě, jelikož ostrovní provoz by mohl být problematictější při použití kogenerační jednotky. Náhlou zátěž i odlehčení motor špatně zpracovává (Srdečný, 2007).

- **Postup**

Rozhodneme-li se tedy pro připojení výroby k distribuční soustavě, budeme postupovat v následujících krocích:

- U územně příslušného distributora elektřiny je třeba zažádat o připojení zdroje k distribuční soustavě a společně je třeba předložit situační plánec umístění, jednopólové schéma připojení, výpis z obchodního rejstříku a další. Souhlas vlastníka nemovitosti s umístěním výroby a dále požadované dokumenty související s územní plánovací dokumentací, harmonogramem výstavby a jiné. Tato kritéria jsou rozdělena podle instalovaného výkonu výroby energie.
- Distributor posoudí žádost a v případě vyhovění je vyhotovena smlouva k připojení k distribuční soustavě, která je definována zákonem č. 131/2015 Sb. a vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 82/2011 Sb.
- Dále je nutná autorizace k výstavbě výroby elektřiny, o které rozhoduje Ministerstvo průmyslu a obchodu.
- V případě, že dojde k vyhovění je nutné získat stavební povolení. Instalace KJ vyžaduje obvykle stavební a územní řízení či souhlas opět na základě instalovaného výkonu. Souhlas je pro malé kogenerační jednotky, kde není nutno zřizovat plynovou přípojku a nedělají se žádné stavební úpravy. K žádosti o stavební povolení, které plyne ze stavebního zákona č. 225/2017 Sb. je třeba projekt na instalaci KJ a na základě projektu se získají vyjádření orgánů státní správy (hygiena, hasiči, ŽP, včetně správců sítí).
- Na základě stavebního povolení lze nainstalovat KJ, je ale nutné získat povolení od stavebního odboru o zkušebním provozu či kolaudaci. K tomu je nutné zajistit doklady o revizi elektroinstalací i plynového zařízení.
- Pro výrobu KVET, jak už bylo řečeno, je třeba mít vyřízenou licenci od ERÚ. Právnícká nebo fyzická osoba, která o ni žádá, musí splňovat technické i finanční předpoklady.
- Nutné je ještě osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET, kterým se prokazuje původ vyráběné elektřiny. Osvědčení vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR a je to hlavní podklad pro vyplácení příspěvků.
- Dále je nutné se zaregistrovat u operátora trhu s elektřinou, tím se provozovatel stane registrovaným účastníkem trhu (RÚT). Smlouva o dodávce přebytečné elektrické energie se uzavře s licencovaným obchodníkem. Pro získání podpory a pro účely výkaznictví je nutné zaznamenávat ověřeným měřidlem množství vyrobené elektřiny, tepla a spotřebu paliva. Tímto měřením se prokazuje i celková účinnost KJ a úspora primární energie. Podpora probíhá dle zákona č. 131/2015 Sb. formou tzv.

ročního zeleného bonusu. Výkaznictvím je provozovatel KJ povinen, dle velikosti výroby, vést tedy výkaz o výrobě elektřiny pro Energetický regulační úřad (ERÚ), výkaz o spotřebě a výrobě energie pro Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO), dále emise znečišťujících látek do ovzduší a výkaz pro Český statistický úřad (ČSÚ). V případě nedodržení legislativy hrozí provozovateli pokuta. Kontrolu dodržování provádí Státní energetická inspekce (COGEN Czech, 2013).

Z cenového rozhodnutí ERÚ podporované energie ze dne 20. prosince 2017 plyne, že základní sazba ročního zeleného bonusu s datem uvedení výroby elektřiny do provozu 31. 12. 2018, jsou následující:

**Tab. 5.10:** Základní sazba ročního zeleného bonusu

Podporovaný druh energie	Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
	od	do (včetně)		
Elektřina z KVET	0	200	3000	1283
	0	200	4400	864
	200	1000	3000	915
	200	1000	4400	549
	1000	5000	3000	626
	1000	5000	4400	318

Zdroj: (ERÚ, ©2017a)

Informativní výkupní ceny z cenového rozhodnutí ERÚ, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie ze dne 26. září 2017 jsou viditelné v následující tabulce 5.11, tyto ceny jsou pouze informativní a není možné je nárokovat. Zařazení jednotlivých druhů biomasy do příslušných kategorií stanovuje Vyhláška č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů.

**Tab. 5.11:** Zařazení biomasy do kategorie

<b>Kategorie 2</b>	<b>Podpora elektřiny</b>	<b>Podpora tepla</b>
<b>Popis druh biomasy</b>	<b>Proces</b>	<b>Proces</b>
o) zbytková hmota z těžby dřeva, tzv. nehroubí, tj. dřevo do průměru 7 cm a zbytkové produkty z jejího zpracování včetně kořenů (pařezů), biomasa vzniklá v lese z probírek a prořezávek, dřevní hmota z údržby veřejné a soukromé zeleně včetně tratí, vodotečí, rozvodů elektřiny apod. a zbytkové produkty jejího zpracování, včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy	O, P, S, DS, DP	O
r) ušlechtilá paliva vyrobená z biomasy kategorie 1 uvedené pod písmeny c), nesplňující podmínky § 7 odst. 2 písm. b)	O, S, P, DS, DP	O, DS, DP
<b>Kategorie 3</b>		
g) zbytková dřevní hmota vznikající při výrobě celulózy včetně kůry, včetně vedlejších produktů z jejího zpracování a včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy,	O, S, P, B, DS,DP	O, DS, DP, B
h) odřezky ze dřeva určené pro materiálové využití, včetně vedlejších a zbytkových produktů jejich zpracování a včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy,	O, S, P, DS, DP	O, DS, DP, B

Zdroj: (Vyhláška č. 477/2012 Sb., 2018)

Z tabulky je patrné, že naše výroba spadá do kategorie O2, což je kategorie pro procesy spalování nebo zplyňování čisté biomasy. Ušlechtilým palivem se rozumí zbytkové biomasy ze zemědělské a lesní produkce, zbytkové biomasy ze zpracovatelského průmyslu a pelety či brikety z cíleně pěstované biomasy. V jednotarifním pásmu je tedy informativní výkupní cena elektřiny 2 251 Kč/MWh.

**Tab. 5.12:** Výkupní ceny elektřiny pro výrobu elektřiny z biomasy

Podporovaný druh energie	Datum uvedení do provozu		Kategorie biomasy a proces využití	Jednotarifní pásmo
	od (včetně)	do (včetně)		Výkupní ceny [Kč/MWh]
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích	01. 01. 2015	31. 12. 2018	O1	3 263
	01. 01. 2015	31. 12. 2018	<b>O2</b>	<b>2 251</b>
	01. 01. 2015	31. 12. 2018	O3	1 245

Zdroj: (ERÚ, ©2017b)

## 6 Ekonomická analýza

Úkolem této kapitoly je základní souhrn ekonomických aspektů projektu. Celkový pohled na ekonomický dopad, obchodní produkci, osobní příjmy, mzdy, pracovní místa, ceny vstupů, konkurenceschopnost a celkově realizovatelnost projektu.



Tvorbou modelové situace můžeme analyzovat a vytvářet prognózu osobních příjmů a obchodních nákladů. Tomuto modelu se lze pak nadále přizpůsobit (Weisbrod, 1997).

## 6.1 SWOT analýza

Pomocí této metody je možné identifikovat slabé i silné stránky a zároveň hrozby a příležitosti, které jsou spojené s podnikatelským záměrem, tudíž i projektem. SWOT analýza se využívá především v marketingu, kdy se komplexně vyhodnocuje fungování firmy. Je užitečnou pomůckou pro formulaci strategie, zvážení aspektů a organizaci myšlenek projektu (Wang K., 2007).

Tab. 6.1: SWOT analýza

Vnitřní faktory	Vnější faktory
<b><u>Silné stránky</u></b>	<b><u>Příležitosti</u></b>
vlastní stroje (např. traktory, štěpkovač, briketovací linka apod.)	likvidace odpadů (parky, veřejná zeleň, parky)
vlastnictví nemovitostí a technického zázemí	tvorba pracovních příležitostí
<i>financování z ostatních služeb firmy</i>	možnost výtopy a poskytování elektrické energie vlastním budovám, včetně třetích osob
- poskytování služeb v oblasti lesnictví i zemědělství	Prodej elektrické energie
- služby v dopravě (AD Salák s.r.o.)	větší využití produkovaného tepla a chladu
vlastní výsadba RRD	využití dotační politiky
dopravní dostupnost	využití energetických plodin, OZE
hnojení popelem vlastních zem. pozemků	poptávka po výrobcích, podpora vývoje
využití vlastních odpadů	kladný přístup k ochraně ŽP
možnost získání biomasy z okolí i z okolních dřevozpracujících podniků	zvýšení podílu na domácím trhu
<b><u>Slabé stránky</u></b>	<b><u>Hrozby</u></b>
vysoké investiční náklady	nedostatečná atraktivita pro kvalifikované lidi
životnost některých dosavadních strojů	poruchy strojů a drahé opravy
nestálý počet zaměstnanců	složitější administrativa a legislativa
	hrozba snížení výkupní ceny energie, zvýšení cen vstupů, cenově náročná výroba
	konkurenceschopnost a zajištění kvalitních odběratelů

Zdroj: (Vlastní zdroj, 2018)

Z celkové SWOT analýzy plyne, že převažují pozitiva, a to příležitosti a silné stránky pro podnikání v tomto směru.

## 6.2 Prodej vyrobené energie

Vzhledem k životnosti KJ a ekonomické návratnosti je důležité, aby KJ byla v provozu co nejvíce využívána. Při výpočtech bude odhadnuto využití KJ na 8400 motohodin v roce. Následující výpočty výroby energie jsou dle vzorců ČEA (1999):

- **Výroba elektrické energie**

$$E_{el} = P_i \times h = 200 \times 8400 = 1\,680\,000 \text{ kWh/rok} = 1\,680 \text{ MWh/rok} = 6048 \text{ GJ/rok}$$

Uvažovaná cena el. energie (ERÚ, ©2017b) = 2,251 Kč/kWh

$$\text{Cena celkem} = 1\,680\,000 \times 2,251 = 3\,781\,680 \text{ Kč/rok}$$

Náš přibližný odběr bude cca 250 000 kWh/rok. Největší spotřebu elektřiny v provozu má KJ a zplyňovací generátor, jde hlavně o dmychadla pro zplyňování vzduchu, vzduchové kompresory a čerpadla chladicí vody plynového motoru.

Doposud se v zemědělském areálu odebírala elektrická energie ve vysokém tarifu za 3,15 Kč/kWh od společnosti ČEZ, úspora při této taxaci činí 787 500 Kč/rok.

**Prodej zbylé elektrické energie = 1430000 × 2,251 = 3 218 930 Kč/rok**

Pro KJ, která má provozní hodiny větší jak 4400 h/rok a instalovaný výkon do 200 kW je roční sazba zeleného bonusu 864 Kč/MWh (ERÚ, ©2017a).

To znamená, že zelený bonus je v tomto případě **1 451 520 Kč**.

- **Výroba tepelné energie**

$$E_{tep} = P_t \times h = 152 \times 8400 = 1\,276\,800 \text{ kWh/rok} = 1\,276,8 \text{ MWh/rok} = 4\,596,48 \text{ GJ/rok}$$

$$\text{Cena celkem} = 1\,276\,800 \times 1,15 \text{ Kč/kWh} = 1\,468\,320 \text{ Kč/rok}$$

### **Teplo potřebné k ohřevu TUV**

Spotřeba tepla na ohřátí 1 litru vody je v následujících výpočtech uvažováno 0,055 kWh<sub>tep</sub>, jelikož dle Dufka (2017) pro ohřátí 40 l vody je spotřebováno 2,2 kWh<sub>tep</sub>.

V následující tabulce č. 6.2 je vidět spotřeba tepelné energie v zimních měsících, a to od prosince do března, kdy je nutné vodu v napáječkách přehřívát, aby nedošlo k zámrazu potrubí.

Dle Vyhlášky č. 428/2001 Sb. byla zjištěna specifická potřeba vody na kus hospodářského zvířete. Každým rokem se stádo skotu rozšiřuje o 10 %, tudíž by měla být spotřeba tepla každým rokem vyšší.

**Tab. 6.2:** Kalkulace ohřevu teplé vody pro hospodářská zvířata

Hospodářská zvířata	[ks]	$q_{sp}$ [m <sup>3</sup> /rok/ks]	$q_{sp}$ [m <sup>3</sup> /4mě síce/ks]	Celkem TUV [m <sup>3</sup> /rok]	Převod [l/rok]	Spotřeba [kWh/l]	Převod [GJ]	Cena za TUV 300 Kč/GJ
telata	100	6	2	200	200000	11000	39,6	11880
dojnice	200	36	12	2400	2400000	132000	475,2	142560
býk	100	18	6	600	600000	33000	118,8	35640
prasata	40	8	2,67	106,6	106666,6	5866,6	21,1	6336
kůň	4	14	4,67	18,6	18666,6	1026,6	3,6	1108,8
ovce a kozy	150	6	2	300	300000	16500	59,4	17820
drůběž	200	11	3,67	733,3	733333,3	40333,3	145,2	43560
<b>Celkem</b>						<b>239726,6</b>	<b>863,02</b>	<b>258904,8</b>

Zdroj: (Vlastní zdroj, 2018)

V tabulce č. 6.3 je vidět spotřeba tepelné energie na ohřev TUV v provozovnách provozovatele a okolních firmách. Specifická potřeba vody je uvedena na jednoho pracovníka v metrech kubických v jednosměnném provozu za rok a specifická potřeba na ubytovně je uvedena opět v metrech kubických na lůžko za rok.

**Tab. 6.3:** Kalkulace ohřevu teplé vody pro provozovny

Provozovny	počet pracovníků	$q_{sp}$ [m <sup>3</sup> /pracovník/rok]	počet směn	Celkem TUV [m <sup>3</sup> /rok]	Převod [l/rok]	Spotřeba [kWh/l]	Převod [GJ]	Cena za TUV 300 Kč/GJ
Farma - provozovatel	10	30	2	600	600000	33000	118,8	35640
Okolní firmy	35	30	1	1050	1050000	<b>57750</b>	<b>207,9</b>	<b>62370</b>
Potravinářská výrobna	1	26	1	26	26000	1430	5,148	1544,4
Provozovna a počet ubytovaných		$q_{sp}$ [m <sup>3</sup> /lůžko/rok]		Celkem TUV [m <sup>3</sup> /rok]	Převod [l/rok]	Spotřeba [kWh/l]	Převod [GJ]	Cena za TUV 300 Kč/GJ
Ubytovna	4	15		60	60000	3300	11,88	3564
<b>Celkem</b>						<b>95480</b>	<b>343,7</b>	<b>103118,4</b>

Zdroj: (Vlastní zdroj, 2018)

Úspora provozovatele z ohřevu TUV = 277 456,67 kWh/l = 998,84 GJ × 300 Kč/GJ =  
299 653,2 Kč/rok

Zisk za prodej ohřáté TUV = 57 750 kWh/l = 207,9 GJ × 300 Kč/GJ = **62 370 Kč/rok**

**Zbytek tepelné energie** = 1 276 800 - 335 206,67 = 941 593,33 kWh/rok = 3389,736 GJ/rok  
Uvažovaná cena tep. energie (Wiesner a Poul, 2016) = 1,15 Kč/kWh

Odběr provozovny bude zhruba 400 000 kWh/ročně.  
Úspora provozovatele = 460 000 Kč/rok

Zisk z prodeje tepla = 541 593,33 kWh/rok × 1,15 Kč/kWh = **622 832,33 Kč/rok**

**Celkový zisk** z prodeje tep. energie + ohřevu TUV = **685 202,33 Kč/rok**

- **Výroba chladu**

$E_{\text{chlad}} = P_{\text{ch}} \times h = 193 \times 8400 = 1\,621\,200 \text{ kWh/rok} = 1\,621,2 \text{ MWh/rok} = 5\,836,32 \text{ GJ/rok}$   
Uvažovaná cena chlazení (Wiesner a Poul, 2016) = 3,78 Kč/kWh  
Cena celkem =  $1\,621\,200 \times 3,78 = 6\,128\,136 \text{ Kč/rok}$

Při spotřebě 1 000 MWh/rok je úspora provozovatele 3 780 000 Kč/rok, zbytek se prodá ke klimatizaci a jiným potřebám okolním firmám.

**Zisk** z prodeje chladu =  $621\,200 \text{ kWh/rok} \times 3,78 \text{ Kč/kWh} = \mathbf{2\,348\,136 \text{ Kč/rok}}$

### 6.3 Ekonomické zhodnocení

Podkladem pro stanovení cen byly cenové nabídky výrobců zařízení a ukazatele z jiných realizovaných staveb (Červeňák, 2012). Ekonomické zhodnocení je pouze odhadem, jaká návratnost by mohla být ve skutečnosti při navrhovaném provozu, výrobě, cenách a prodeji.

- **Provozní náklady**

Proměnné náklady

Palivo - biomasa.....	823 200 Kč/rok
<i>(Spotřeba 1 176 t/rok....výroba 700 Kč/t)</i>	
<i>+ koupě klestu (přibližná cena 1 prm = 120 Kč)</i>	
<i>cca ½ = 600 t × 2,75 = 1650 prm.....</i>	<i>198 000 Kč/rok</i>
Vodné, stočné.....	20 580 Kč/rok
Emise ( <i>určí se z měření emisí</i> ) .....	5 000 Kč/rok

---

*Proměnné náklady celkem.....* 1 046 780 Kč/rok

### Stálé náklady

Mzdy, pojištění .....1 045 200 Kč/rok  
(předpoklad mzdy 3 zaměstanců ve strojovně, dřevozpracujícím průmyslu)

Opravy štěpkovače a strojů .....350 000 Kč/rok

Servis energobloku .....45 000 Kč/rok

Pojištění .....12 000 Kč/rok

Revize, služby .....18 000 Kč/rok

Režie .....25 000 Kč/rok

---

**Stálé náklady celkem**.....1 495 200 Kč/rok

**Provozní náklady celkem**.....**2 541 980 Kč/rok**

- **Investiční náklady**

Technologie.....21 500 000 Kč

Stavba.....6 500 000 Kč

Elektroinstalace.....1 750 000 Kč

Projektová dokumentace.....1 000 000 Kč

Vedlejší inženýrské činnosti a rozpočtové náklady.....3 000 000 Kč

---

**Investiční náklady celkem (s DPH)**.....**33 750 000 Kč**

- **Výnosy**

*Předpokládané zisky z prodeje:*

Tepla.....685 202 Kč/rok

Elektřiny.....3 218 930 Kč/rok

Chladu.....2 348 136 Kč/rok

Prodej briket.....1 640 000 Kč/rok

Zelený bonus.....1 451 520 Kč/rok

---

**Celkem výnosy**.....**9 343 788 Kč/rok**

## • **Návratnost investice**

Při výpočtu návratnosti je předpokladem, že investor zaplatí 100 % investic ze svých prostředků.

Celkové provozní náklady ročně.....2 541 980 Kč/rok

Výnosy.....9 343 788 Kč/rok

---

*Čistý roční zisk*.....11 885 768 Kč/rok

---

*Investice*.....33 750 000 Kč

**Návratnost**.....**2,8 let**

Za předpokladu výroby vypočítané energie, následně prodeje a dotace v podobě zelených bonusů v použitých cenách, je doba návratnosti odhadována 2,8 let. Viditelnou nevýhodou je hlavně pořizovací cena, a tak aby byla návratnost co nejkratší, musí se kogenerační jednotka používat co nejvíce.

Reálná návratnost by měla být nižší vzhledem k vedlejším činnostem podniku jako je prodej masa, výnos z prodeje dřeva, pěstování plodin, z dotací a podobně. Projekt je tedy za těchto podmínek proveditelný, avšak počáteční investice do projektu by byla zřejmě nutná financovat hypotékou.

## **7 Diskuze**

V rámci projektu by do budoucna bylo dobré do budovy přikoupit i peletovací linku. Peletovací lisy pro provozovatele v menším měřítku, které využívají například obilní plevy, se náklady na realizaci pohybují v řádech statisíců. Modernější a větší peletovací linky mají ceny mnohonásobně vyšší (do desítek milionů).

Vzhledem k ekonomické návratnosti je nutné vzít v potaz vzdálenost zdroje vstupní suroviny a zajištění případného odbytu. Obecně je platné, že čím je doprava náročnější, tím jsou vyšší náklady na výslednou výrobu pelet (MZe, ©2013a).

Dobré pro ještě větší odběr chladu a zároveň využití dosavadních kravínů je v plánu mlékárenský provoz. Tato činnost závisí na odběru mléka na trhu v ČR. V současné době není prodej mléka lukrativním podnikáním.

Je nutné shrnout obecné klady a zápory využití biomasy s ohledem na provoz. Nesporné výhody využití biomasy jsou tedy v obnovitelnosti tohoto druhu energie, ekologičnosti, při zpracování vzniká malé množství popela, které se následně využívá jako hnojivo, jako místní zdroj paliva se snižují náklady za dopravu a zdroje nejsou lokálně vymezeny. Navíc se může pěstovat na půdě nehodící se k potravinářské výrobě.

Naproti tomu stojí nevýhody, které omezují její využívání. Patří sem nižší výhřevnost oproti jiným palivům, nutnost při větším objemu použití velkoplošných skladů a nutnost sušení pro zvýšení výhřevnosti a snížení vlhkosti, rozšiřování produkčních ploch při cíleném pěstování, konkurence jiných využití biomasy v oblasti průmyslu, potravinářství apod., ale i manipulace s palivem ve srovnání s plynem nebo elektřinou (Dufka, 2003).

Důležitá je existence blízkého potencionálního odběratele vyprodukované biomasy, jelikož cena biomasy je přímo úměrná přepravní vzdálenosti.

Samotná kogenerace šetří palivo, emise a tím omezuje skleníkové plyny. V ČR je potenciál pro výstavbu malé KJ zejména na zemní plyn zhruba do výkonu 500 MW. Do výkonu 1000 MW by musel být předpoklad využití celého potenciálu, proto se v současnosti od velkých výkonů opouští a aplikuje mikrokogenerace do domácností (výkon do 50kW), kde by se zamezilo výskytu častých emisí z domácností, jakými jsou nebezpečné prašné částice přes (PM 2-5) 50 % a silně karcinogenní benzo(α)pyren přes 80% (Jeleček, 2017).

Kogenerační jednotky jsou velmi flexibilním zdrojem, který může doplnit obnovitelné zdroje energie, lze tedy očekávat vznik větších průmyslových projektů KVET na odpady nebo jiná paliva. Kogenerace lze dobře využít i kombinace různých zdrojů elektřiny a spolu s akumulací tepla, elektřiny a elektrickou mobilitou můžou tyto systémy fungovat jako ekonomický celek i bez podpory.

V současné době se cena elektřiny zvyšuje. Většina klíčových dodavatelů tak reagovala na základě vysokých nákupních cen. Došlo k tomu tak, že Energetický regulační úřad v listopadu 2017 oznámil zdražení neregulované složky ceny. Jedná se o tu část, na kterou nemají vliv dodavatelé, protože ji určuje stát. Konkrétně jde o cenu za příspěvek na obnovitelné zdroje, cenu za přenos a distribuci energií. Například společnost ČEZ zvyšuje ceny od 1. června 2018 v průměru o 4% (Pavec, 2018).

## 8 Závěry

K nejlevnějším způsobům získávání tepelné energie patří využívání energetické biomasy, respektive spalování dřevního paliva. Jiné metody získávání energie konverzí biomasy nejsou v našich podmínkách rozšířené, i když je výhodnost nesporná. Mají totiž vyšší nároky na technologii a investice. V České republice ještě zplyňování biomasy není standardem jako tomu je v okolních zemích, kde jich lze napočítat desítky až stovky, avšak u nás doposud žádná malá jednotka na zplyňování biomasy nestojí (Jílková a Gál, 2018).

Příznivé energetické využití biomasy je z hlediska snižování emisí SO<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> i jiných škodlivých látek do ovzduší. Navíc vývoj těchto technologií zahrnuje nové pracovní příležitosti, účast na tvorbě krajiny a zahlazování negativních důsledků průmyslové a těžební činnosti (ČEZ, 2011).

Je nutno nedopustit zneužití alternativních neobnovitelných zdrojů jako tomu bylo například se solární energií, podpořit solární panely na střechy domů, lokálně podpořit pěstování energetických dřevin a bylin v blízkosti spaloven.

Rozsah využívání biomasy v ČR pro získání elektrické energie pomalu roste. Bohužel nejčastější způsob je spoluspalování s uhlím, to nepředstavuje nejsprávnější způsob energetického využití biomasy. Účinnost při spoluspalování s uhlím v klasické elektrárně dosahuje úrovně 30%, proti tomu biomasa čistě pro vytápění až 90% (Koloničný a Hase, 2009).

Česká republika má zastaralá teplárenská zařízení a měla by být modernizována. Rakousko a jiné západoevropské země jsou chápány jako vzor pro příležitost regionálně dodávat a zpracovávat biomasu. Je nutné nepřenechávat místo ostatním energetickým lobby, proto je rozhodující lokální politika a rozhodující řešení pro obor dřevařství, lesnictví a zemědělství (Václavek, 2017).

## 9 Přehled literatury a ostatních zdrojů

### Literatura

Biben M., 2017: Vědci proti suchu. Hospodářské noviny 2017/123: 12-13.

Beranovský J., Truxa J., 2004: Alternativní energie pro váš dům. Edice 21. století, Brno: EkoWATT, 2. aktualizované vydání, 125 s, ISBN: 80-86517-89-6.

ČEZ, 2011: Energie z obnovitelných zdrojů. Praha, 71 s.

Dufka J., 2003: Vytápění netradičními zdroji tepla. Praha: BEN. 110 s., ISBN: 80-7300079-2.

Dvorský E., Hejtmánková P., 2005: Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. BEN - technická literatura, Praha, 1. vydání, 287 s, ISBN: 80-7300-118-7.

Fialová Z., 2017: Další projekty pro boj proti oteplování. Časopis Zemědělec 2017/51: 8.

Jani D., Mishra M., Sahoo P., 2016: Solid desiccant air conditioning - A state of the art review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ISSN: 1364-0321.

Jílková L., Gál L., 2018: Přehled zplyňovacích technologií použitelných v regionálním měřítku. Časopis Paliva 2018/10: 1-16.

Koloničný J., Hase V., 2010: Příklady realizace spalování biomasy. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 32 s, ISBN: 978-80-248-2374-4.

Koloničný J., Ochodek T., Bogoczová V., 2009: Příklady správné praxe při vytápění biomasou. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 1. vydání, 102 s, ISBN: 978-80-248-2072-9.

Knápek J., Kajan M., Černý Z., 2011: Ekonomické aspekty využívání obnovitelných zdrojů energie v kraji Vysočina. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., Průhonice, 70 s, ISBN: 978-80-85116-82-3.

Kracík P., Pospíšil J., Šnájdárek L., 2011: Absorpční cykly. Energie z biomasy XII – Sborník příspěvků ze semináře, ČVUT Brno, 1. vydání, 69-75 s ze 105 s, ISBN: 978-80-214-4403-4.

Krbek J., Polesný B., 2007: Kogenerační jednotky zřizování a provoz. 1. vydání, GAS s.r.o., Praha, 201 s, ISBN: 978-80-7328-151-9.

Huang Y., Wang Y. D., Rezvani S., McIlveen-Wright D.R., Anderson M, Mondol J., Zacharopoulos A., Hewitt N.J.: 2013: A techno-economic assessment of biomass fuelled trigeneration system integrated with organic Rankine cycle. Applied Thermal Engineering, ISSN: 1359-4311.

Malaták J., Vaculík P., 2008: Biomasa pro výrobu energie. Praha, ČZU, 206 s, ISBN: 978-80-213-1810-6.

McCormick K., Willquist K., 2015: The Bioeconomy: An Introduction to the World of Bioenergy. Lund University, Lund, 66 s, ISBN: 978-91-8735717-6.



Medrygal R., Hegar R., Čížek V., 2013: Ekologická výroba tepla a elektrické energie. Moravskoslezský energetický klastr, Projekt partnerství v oblasti energetiky, Ostrava, 51 s, ISBN: 978-80-9053-92-8-0.

Moravec A., 2017: Teplu z biomasy pomůže lepší podpora. Časopis Zemědělec 2017/41: 39.

Murtinger K., Beranovský J., 2010: Energie z biomasy. Computer Press, EkoWATT, Brno, 106 s, ISBN: 978-80-251-2916-6.

MPO, ©2017: Ministerstvo průmyslu a obchodu - Obnovitelné zdroje energie v roce 2016. Výsledky statistického zjišťování - Oddělení analýz a datové podpory.

MZe, ©2017: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 128 s, ISBN: 978-80-7434-389-6.

MZe, ©2016: Koncepce výzkumu, vývoje a inovací Ministerstva zemědělství na léta 2016-2022. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 55 s.

MZe, ©2013a: Možnosti energetického využití biomasy. Ukázka praktických opatření z Akčního plánu pro biomasu v ČR na období 2012-2020, Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 66 s, ISBN:978-80-7434-122-9.

MZe, ©2013b: Energetické využití biomasy. Informační brožura Ministerstva zemědělství - Odd. environmentálních strategií a obnovitelných zdrojů energie, MZe, Praha.

Ochodek T., Koloničný J., Janásek P., 2006: Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 185 s, ISBN: 80-248-1207-6.

Ochodek T., Koloničný J., Branc M., 2007: Ekologické aspekty záměny fosilních paliv za biomasu. Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1. vydání, 145 s, ISBN: 978-80-248-1595-4.

Park Y. G., Son S.H., 2010: Somatic Embryogenesis and Synthetic Seed. Gardners Books, ISBN: 978-3-642-08183-5.

Pastorek Z., Kára J., Jevič P., 2004: Biomasa – obnovitelný zdroj energie. FCC Public s.r.o., Praha: 191 s, ISBN:80-86167-21-6.

Pavec M., 2018: Proud zdraží i ČEZ. O stovky. Lidové noviny 2018/XXXI/81: 9.

Quoilin S., Broek M., Declaye S., Dewallef P, Le-Mort V., 2013: Techno-economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ISSN: 1364-0321.

Skála Z., Ochodek T., 2007: Energetické parametry biomasy. Brno, 91 s, ISBN: 978-80-214-3493-6.

Srdečný K., 2007: Energeticky soběstačný dům – realita či fikce?. Edice 21. století, Brno: EkoWATT, 2. aktualizované vydání, 100 s, ISBN: 978-80-7366-103-8.

Stehlík P., Kohoutek J., Němčanský J., 1991: Tepelné pochody. Výpočet výměníku tepla. VUT Brno, Brno: 129 s, ISBN: 80-214-0363-2.

Straka F., Ciahotný K., Dohányos M., Jeníček P., Kajan M., Lacek P., Zábranská J., 2010: Bioplyn. Příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. GAS s.r.o., Praha 10: 305 s. ISBN: 978-80-7328-235-6.

Trávníček P., Vitázek I., Vítěz T., Kotek L., Junga P., 2015: Technologie zpracování biomasy za účelem energetického využití. Mendelova univerzita v Brně, Brno: 210 s, ISBN: 978-80-7509-206-9.

Václavěk O., 2017: Biomasa má hodnotu. Časopis Zemědělec 2017/26: 13.

Wang K., 2007: A Process View of SWOT Analysis – Systems Applications in Business and Industry. Journals Integrated Systems Sciences, Tokyo, ISSN: 1999-6918.

Wang T., Nolte M., Shanks B., 2014: Catalytic dehydration of C<sub>6</sub> carbohydrates for the production of hydroxymethylfurfural (HMF) as a versatile platform chemical. Green Chemistry – The Royal Society of Chemistry 2014: 548-572.

Weger J., Havlíčková K., 2003: Biomasa: obnovitelný zdroj energie v krajině. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, 51 s, ISBN: 80-85116-32-4.

Žákovec J., 2012: Biometan: hospodárné užití obnovitelných zdrojů energie. GAS s.r.o., Praha, 100 s, ISBN: 978-80-7328-276-9.

## **Zákony:**

Vyhláška č. 477/2012 Sb. Vyhláška o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů

Vyhláška č. 82/2011 Sb. Vyhláška o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny

Vyhláška č. 428/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon č. 225/2017 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony

Zákon č. 131/2015 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony

## Ostatní zdroje:

Biber, 2017: Technické podklady ke štěpkovači Biber 70 ZK Eschlböck od firmy Biber s.r.o.

Brikliš, 2017: Technické podklady k briketovací lince BrikStar 200 výrobce BRIKLIS, spol. s r.o.

SOKRA, 2018: Technická data absorpční chladicí jednotky Broad Air Conditioning.

SynCraft, 2018: Technická data ke zplyňovacímu reaktoru CW700-200.

Šimek, 2017: Výrobní podklady pro řezací a štípací automat KSA 380 E od firmy ŠIMEK proficentrum s.r.o.

TEDOM, 2018: Projekční podklady firmy TEDOM a.s. ke kogenerační jednotce Cento T200.

## Internetové zdroje:

COGEN Czech, ©2013: Rukověť zájemce o kogenerační jednotku. Sdružení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (online) [cit. 2018.03.13], dostupné z <http://cogen.cz/data/download/356.pdf>

ČEA, 1999: Příručka pro regionální využití kogeneračních zdrojů. Česká energetická agentura, Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie pro rok 2016 – Program Efekt (online) [cit. 2018.04.07], dostupné z [https://www.mpo-efekt.cz/dokument/99\\_8070.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8070.pdf).

Černíček T., 2014: Kalkulačka pro výpočet výnosu z topolu japonského (online) [cit. 2018.04.04], dostupné z <http://www.japonskytopol-prodej.cz/japonsky-topol-a-vynos-z-pestovani/>.

Červeňák D., 2012: Návrh kotle na dřevní štěpku zapojeného v plynové kotelně. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, Brno, 71 s. (diplomová práce) (online) [cit. 2018.04.08], dostupné z <http://hdl.handle.net/11012/4546>.

ČGS, ©2018: Česká geologická služba ČR - Mapová aplikace (online) [cit. 2018.03.21], dostupné z [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=816800&x=1114400&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=816800&x=1114400&s=1)

ČSÚ, ©2018: Český statistický úřad. Sčítání lidu, domů a bytů 2011 (online) [cit. 2018.03.21], dostupné z <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=velenov&bkvt=dmVsZW5vdk.&katalog=all&pvo=SCHIST07obyv&pvoch=3203&pvoc=65>.

Dufka J., 2017: Ohřev teplé vody: Velikost a výkon ohřivačů a zásobníků na ohřev teplé vody pásma (online) [cit. 2018.04.06], dostupné z <https://www.estav.cz/cz/5822.ohrev-teple-vody-velikost-zasobniku-na-ohrev-teple-vody>.

ERÚ, ©2017a: Energetický regulační věštník - cenové rozhodnutí Energetického regulačního

úřadu č. 9/2017 ze dne 20. prosince 2017, kterým se mění cenové rozhodnutí ERÚ č. 3/2017, kterým se stanovuje podpora pro podporované energie (online) [cit. 2018.02.11], dostupné z [http://www.eru.cz/documents/10540/3844460/ERV10\\_2017.pdf/07802d75-6dff-4b03-9642-790277c025c5](http://www.eru.cz/documents/10540/3844460/ERV10_2017.pdf/07802d75-6dff-4b03-9642-790277c025c5).

ERÚ, ©2017b: Energetický regulační věštník - cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 3/2017, ze dne 26. září 2017, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie (online) [cit. 2018.04.05], dostupné z <https://www.tzb-info.cz/docu/predpisy/download/CR3-2017.pdf>.

EUBIA, ©2007: European Biomass Industry Association: Biomass characteristics (online) [cit. 2017.11.11], dostupné z <http://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biomass-characteristics/> .

EUROSTAT, ©2018: Statistical office of the European Union in Luxembourg - Renewable energy in the EU - Eurostat - shares (online) [cit. 2018.02.23], dostupné z <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>.

European Commission, ©2016: Communication from the commission to the European parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. An EU Strategy on Heating and Cooling. Brussels, 16.2.2016, (online) [cit. 2018.02.27], dostupné z <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-51-EN-F1-1.PDF>.

Jeleček J., 2017: Potenciál a význam plynové kogenerace a mikrokogenerace – Dny kogenerace 2017 – výroční konference COGEN Czech (online) [cit. 2018.04.06], dostupné z [www.cogen.cz/download/522.pdf](http://www.cogen.cz/download/522.pdf).

LPIS, 2018: Veřejný registr půdy – LPIS, portál farmáře (online) [cit. 2018.03.29], dostupné z <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>.

TEDOM, 2017: Dostupné prospekty k zařízení firmy TEDOM a.s. (online) [cit. 2017.12.03], dostupné z <https://www.tedom.com/cs/>.

TZB, 2017: Technické zařízení budov – Tabulky a výpočty - porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva (online) [cit. 2018.02.27], dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>.

TZB, 2018: Technické zařízení budov – Tabulky a výpočty - porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva (online) [cit. 2018.04.04], dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>.

UIR, ©2018: Územně identifikační registr ČR (online) [cit. 2018.03.21], dostupné z <http://www.uir.cz/katastralni-uzemi/777803>.

UNFCCC, ©2017: United Nations Framework Convention on Climate Change. Conference of the Parties Twenty-third session (COP 23), FCCC/CP/2017/L.13 (online) [cit. 2018.02.24], dostupné z <http://unfccc.int/resource/docs/2017/cop23/eng/l13.pdf>.

Uš'ak S., 2006: Netradiční energetické rostliny perspektivní pro pěstování v podmínkách mírného klimatického pásma (online) [cit. 2017.11.22], dostupné z <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-energeticke-rostliny-perspektivni-pro-pestovani-v-podminkach-mirneho-klimatickeho-pasma> ISSN: 1801-2655.

Vrbová Z., 2017: Ratifikace Pařížské dohody a klimatická konference COP 23 (online) [cit. 2018.02.22], dostupné z <http://oenergetice.cz/zivotni-prostredi/ratifikace-parizske-dohody-klimaticka-konference-cop-23/>.

VŠCHT, n.d.: Hessův zákon. (online) [cit. 2017.10.28.], dostupné z <https://old.vscht.cz/fch/prikladnik/prikladnik/p.3.4.html>

VÚMOP, 2018: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Geoportál SOWAC-GIS (online) [cit. 2018.03.29], dostupné z <http://geoportal.vumop.cz/>.

Weisbrod G., Weisbrod B.: 1997: Measuring economic Impacts of Projects and Programs. Economic Development Research Group (online) [cit. 2018.03.21], dostupné z <http://www.edrgroup.com/pdf/econ-impact-primer.pdf>.

Wiesner J., Poul R., 2016: Energetická náročnost gastroprovozů a možnosti úspor. Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie pro rok 2016 – Program Efekt, EkoWATT (online) [cit. 2018.04.06], dostupné z [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/energeticka-narocnost-gastroprovozu-a-moznosti-uspor\\_final.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/energeticka-narocnost-gastroprovozu-a-moznosti-uspor_final.pdf).

### **Zdroje obrázků:**

Mapy, 2018: Mapový portál ČR i Evropy (online) [cit. 2018.02.27], dostupné z <https://mapy.cz/zakladni?x=13.5417210&y=49.3593078&z=13&source=ward&id=11957&q=velenovy>.

Martini W., 1983: Stirling Engine Design Manual, NASA CR-168088 (online) [cit. 2017.11.03], dostupné z <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19830022057.pdf>.

SynCraft, 2018: Technologie CraftWERK (online) [cit. 2018.04.07], dostupné z <http://www.syncraft.at/index.php/de/menu-products/menu-holzgaskraftwerk>.

## 10 Přílohy

### Seznam použitých obrázků:

- Obr. 1.1:** Statistika vývoje hrubé výroby elektřiny z biomasy
- Obr. 1.2:** Statistika vývoje hrubé výroby tepla z biomasy
- Obr. 3.1:** Ilustrační příklad rozdílu oddělené a kogenerační výroby energie
- Obr. 3.2:** Složení paliva
- Obr. 3.3:** Vyjádření palivových nákladů
- Obr. 3.4:** Porovnání garantované  $Q_{i,gar}$  a skutečné  $Q_{i,skt}$  hodnoty výhřevnosti paliva
- Obr. 3.5:** Přívod paliva do tepelného oběhu
- Obr. 3.6:** Schematické znázornění struktury rostlinné buněčné stěny
- Obr. 3.7:** Zastoupení a základní chemická struktura celulózy, hemicelulózy a ligninu
- Obr. 3.8:** Přehled nákladů na vytápění v domácnostech pro rok 2017
- Obr. 3.9:** Schéma ORC oběhu
- Obr. 3.10:** Schéma práce a typů Stirlingova motoru
- Obr. 3.11:** Schéma systému Talbott
- Obr. 3.12:** Energetické toky v trigenerační jednotce
- Obr. 3.13:** Schéma kompresorového chladicího zařízení
- Obr. 3.14:** Schéma absorpčního cyklu
- Obr. 3.15:** Účinnost absorpčního chlazení
- Obr. 3.16:** Výkonová charakteristika absorpčního chlazení
- Obr. 5.1:** Zobrazení území v mapě
- Obr. 5.2:** Zobrazení zájmového území v měřítku 1:1 000
- Obr. 5.3:** Půdní blok určený pro plantáž v měřítku 1:700
- Obr. 5.4:** Schéma technologie SynCraft
- Obr. 5.5:** Schéma produkce
- Obr. 5.6:** Štěpkovač Biber 70 ZK Eschlböck

## **Seznam použitých tabulek:**

**Tab. 3.1:** Vybrané druhy biomasy a jejich obsah popelovin v sušině

**Tab. 3.2:** Výhřevnost dřeva v závislosti na obsahu vody

**Tab. 3.3:** Potřebný skladovací prostor pro výrobu 1 MWh

**Tab. 3.4:** Bezpečnostní hodnocení vzplanutí kapalných paliv

**Tab. 3.5:** Zápalné teploty a meze vznětlivosti plyných paliv

**Tab. 3.6:** Poměr vodíku a uhlíku u paliv

**Tab. 3.7:** Složení vzduchu

**Tab. 3.8:** Produkce biomasy

**Tab. 3.9:** Obvyklý obsah rostlinných látek

**Tab. 3.10:** Vybraná biopaliva

**Tab. 5.1:** Odhadovaný zisk z RRD

**Tab. 5.2:** Vzájemné přepočty mezi jednotkami objemu dřevní hmoty

**Tab. 5.3:** Parametry zplyňovacího kotle

**Tab. 5.4:** Spotřeba paliva

**Tab. 5.5:** Parametry trigenerační jednotky

**Tab. 5.6:** Parametry motoru

**Tab. 5.7:** Parametry KJ

**Tab. 5.8:** Parametry KJ

**Tab. 5.9:** Výroba briket

**Tab. 5.10:** Základní sazba ročního zeleného bonusu

**Tab. 5.11:** Zařazení biomasy do kategorie

**Tab. 5.12:** Výkupní ceny elektřiny pro výrobu elektřiny z biomasy

**Tab. 6.1:** SWOT analýza

**Tab. 6.2:** Kalkulace ohřevu teplé vody pro hospodářská zvířata

**Tab. 6.3:** Kalkulace ohřevu teplé vody pro provozovny