

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**V BRNĚ 2015**

**Bc. MARTIN DIVIŠ**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agromická fakulta**  
**Ústav techniky a automobilové dopravy**

---



Agromická  
fakulta

Mendelova  
univerzita  
v Brně



**Analýza využití tepla z provozu  
bioplynové stanice**  
Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

doc. Ing. Martin Fajman, Ph.D.

*Vypracoval:*

Bc. Martin Diviš

Brno 2015

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem práci na téma Analýza využití tepla z provozu bioplynové stanice vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne .....

Podpis.....

**PODĚKOVÁNÍ:**

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Martinu Fajmanovi, Ph.D. za ochotu, odborné vedení a cenné připomínky během zpracování diplomové práce.

## **SOUHRN**

Diplomová práce se zaměřuje na kvantifikování maximálního možného množství využitelné tepelné energie z BPS u dvou různých typů odběratelů a popisem rizik a limitujících faktorů při dodávce tepelné energie do rozvodné sítě. Diplomová práce se zabývá materiálními a především energetickými toky v zemědělské bioplynové stanici v Hrotovicích se zaměřením na dodávku tepla do objektů typu základní školy, hotelu, administrativních budov a dalších komerčních provozoven. Práce se konkrétně zabývá měřením a vyhodnocením množství vyrobeného, požadovaného, přebytečného, nebo chybějícího tepla, v závislosti na chování dvou různých typů odběratelů. Zaměřuje se na určení nejzajímavějšího odběratele z pohledu výrobce tepelné energie a kvantifikování rozdílu mezi pozorovanými odběrateli.

Klíčová slova: bioplyn, bioplynová stanice, tepelná energie, management rozvodné sítě

## **ABSTRACT**

Diploma thesis is focused on quantifying the maximum possible amount of usable heat energy from BGP and describing risks limiting the supply of heat energy that can be used for supplies to a heat distribution grid. This thesis deals with the material and energy flows mainly on agricultural biogas plant in Hrotovice focusing on heat supply to the elementary school buildings, hotels, office buildings and other commercial facilities. The text is mainly concerned with the measurement and evaluation of the heat amount being produced, demanded, as well as, excessive heat or its lack in response to demand of two specific customer types. It focuses on identifying the most interesting customer from the producer's point of view and quantifying differences between two main end-customers of thermal energy.

Key words: biogas, biogas plant, heat energy, grid management.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	8
2	CÍL PRÁCE .....	9
3	SOUČASNÝ PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	10
3.2	Princip výroby bioplynu anaerobní fermentací .....	11
3.2.1	Proces anaerobní fermentace organických materiálů .....	12
3.3	Biomasa pro energetické účely .....	14
3.3.1	Způsoby využití biomasy k energetickým účelům .....	15
3.4	Schematický pohyb materiálu a energií v BPS .....	16
3.4.1	Toky materiálu v BPS .....	16
3.4.2	Toky energií v BPS .....	17
3.5	Legislativní podpora OZE .....	18
3.6	Podpora tepla z obnovitelných zdrojů .....	20
3.6.1	Provozní podpora tepla - zelený bonus na teplo .....	21
3.6.2	Investiční podpora tepla – podpora ze státních nebo evropských prostředků nebo z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů .....	22
3.7	Způsoby využití tepla z BPS .....	23
3.7.1	Přípustné způsoby uplatnění užitečného tepla .....	23
4	MATERIÁLY A METODY .....	25
4.2	ZD HROTOVICE .....	25
4.3	BPS Hrotovice .....	27
4.4	Struktura odběratelů .....	29
4.4.1	Typ odběratele škola .....	30
4.4.2	Typ odběratele hotel .....	30
4.4.3	Typ odběratele letní odběr (sušárna píce) .....	31
4.5	Topologie systému .....	31
4.5.1	Popis rozvodné sítě .....	31
4.5.2	Mapa umístění BPS a rozvodné sítě .....	33
4.6	Výroba tepla .....	34
4.6.1	Popis měřicího zařízení a způsob odečtu .....	34
4.6.2	Zjišťování informací o počasí .....	35
4.6.3	Metodika zpracování dat pomocí výpočtu násobku průměrného odběru .....	36

5	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	38
5.1	Celková spotřeba tepla .....	38
5.2	Vliv počasí na chování odběratelů v průběhu roku .....	38
5.3	Celková spotřeba tepla podle odběratelů.....	41
5.4	Popis skutečného stavu obou pozorovaných odběratelů .....	43
5.4.1	Spotřeba odběratele škola (ZŠ Hrotovice) .....	43
5.4.2	Spotřeba odběratele hotel (Sport V hotel Hrotovice) .....	45
5.4.3	Srovnání dvou typů odběratelů na základě zjištěných hodnot .....	46
5.5	Modelové případy s jediným typem odběratele .....	47
5.5.1	Modelový případ - odběratel pouze typu škola .....	48
5.5.2	Modelový případ – odběratel pouze typu hotel .....	49
5.6	Modelové případy s doplněným odběratelem v letním období.....	50
5.6.1	Odběratel typu letní odběr (sušárna pícnin) + skutečnost BPS Hrotovice 2014.....	50
5.6.2	Odběratel typu letní odběr (sušárna pícnin) + odběratel typu škola..	51
5.6.3	Odběratel typu letní odběr (sušárna pícnin) + odběratel typu hotel ..	52
6	ZÁVĚR .....	54
7	ZDROJE.....	56
8	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	60
9	SEZNAM TABULEK .....	62
10	SEZNAM ZKRATEK .....	63

# 1 ÚVOD

Využití odpadního tepla, nebo tepla jako vedlejšího produktu z technologií různých výrobních procesů, je téma, které se dostává do popředí zájmu nejen provozovatelů těchto technologií, ale i tvůrců legislativního rámce z řad státních a evropských politických struktur.

Po skončení vlny investic do výstavby bioplynových stanic (BPS) a značném omezení jejich podpor, začíná být využívání odpadního tepla z provozu kogeneračních jednotek důležitou součástí tržeb pro provozovatele těchto obnovitelných zdrojů.

Využití odpadní tepelné energie z BPS má nicméně svá omezení:

- požadavky na dodávky tepla během roku značně kolísají,
- výroba tepla je prakticky neměnná a nelze ji navýšit ani snížit,
- teplo není možné dopravovat na velké vzdálenosti bez značných energetických ztrát,
- bioplynové stanice jsou situovány většinou na okraji vesnic nebo menších měst, kde se často nenabízí průmyslové využití tepelné energie po celý rok,

Pro velkou část BPS v ČR je proto možné využití odpadní tepelné energie pouze sezonní a to zejména pro zimní otop (Mužík a Kára, 2009).



## 2 CÍL PRÁCE

Diplomová práce si klade za cíl popsat využívání tepla z provozu bioplynové stanice v Hrotovicích na Třebíčsku a kvantifikovat rozdíl v chování dvou hlavních odběratelů tepelné energie.

První část práce popisuje obecné materiálové a energetické toky v bioplynových stanicích, stejně jako možné způsoby využití produkované tepelné energie. Popis je vypracován na základě studia dostupných literárních zdrojů. Zpracované informace jsou diskutovány v širších souvislostech využití OZE a aktuální legislativní podpory využití tepla z BPS.

Praktická část je cílena na popis konkrétní bioplynové stanice v zemědělském družstvu Hrotovice na Třebíčsku, na popsání systému rozvodu tepla, strukturu odběratelů a popis a kvantifikování rozdílného chování spotřebitelů tepelné energie a schopnosti BPS tyto potřeby pokrýt. To vše na základě dlouhodobého sledování provozu BPS především ve vztahu k dodávkám tepelné energie.

### 3 SOUČASNÝ PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Bioplynové stanice jsou plně integrovány do systému výroby elektrické energie v České republice, kde hrají klíčovou roli ve výrobě energie z OZE.

V současné době je v České republice v provozu více než 500 bioplynových stanic s celkovým instalovaným elektrickým výkonem 392 MW (CZBA, 2015). Elektrickou energii z těchto provozů je poměrně snadné distribuovat, spotřebovávat a využívat, stala se součástí energetického systému a je distribuována po celé České republice i Evropě.

Provozně a technologicky je mnohem obtížnější využití tepelné energie, která vzniká jako vedlejší produkt procesu výroby elektřiny v BPS. Cenová náročnost výstavby dálkových teplovodních sítí a relativně velké ztráty při transportu tepla nepodněcovaly investory k jejich realizaci. Maření přebytečného, dnes často v podstatě odpadního, tepla je řešeno osazením kogeneračního systému výkonnými výměníky (voda – vzduch) a vyrobené teplo se tak emituje do ovzduší.

Využití odpadního tepla z BPS se dostává do popředí zájmu nejen vzhledem k novému směru dotačních podpor, zaměřených na kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla (KVET), ale i zájmem provozovatelů BPS hledat nové ekonomické příležitosti ve vlastních provozech.

I přes zlepšující se trend zaostává Česká republika za nejvyspělejšími státy EU jak ve využívání odpadní biomasy, jako suroviny pro anaerobní fermentaci, tak ve využití obnovitelných zdrojů pro výrobu tepla. Dobrým příkladem pro ČR jsou zejména SRN, Rakousko či Dánsko, kterým se podařilo vhodnými opatřeními a osvětou přispět k rozvoji bioplynových technologií a obecně k podpoře využití biomasy k energetickým účelům. Příklad kombinace různých obnovitelných zdrojů energie ve venkovském prostoru Německa je uveden na obr. 1. Švédsko využívá biomasu na výrobu tepla až z 27 % celkového množství vyrobeného tepla, Dánsko je na pomyslném druhém místě, energii biomasy využívá na 23 % veškerého vyrobeného tepla a Rakousko na úrovni 19 % (Beniak et al., 2013).

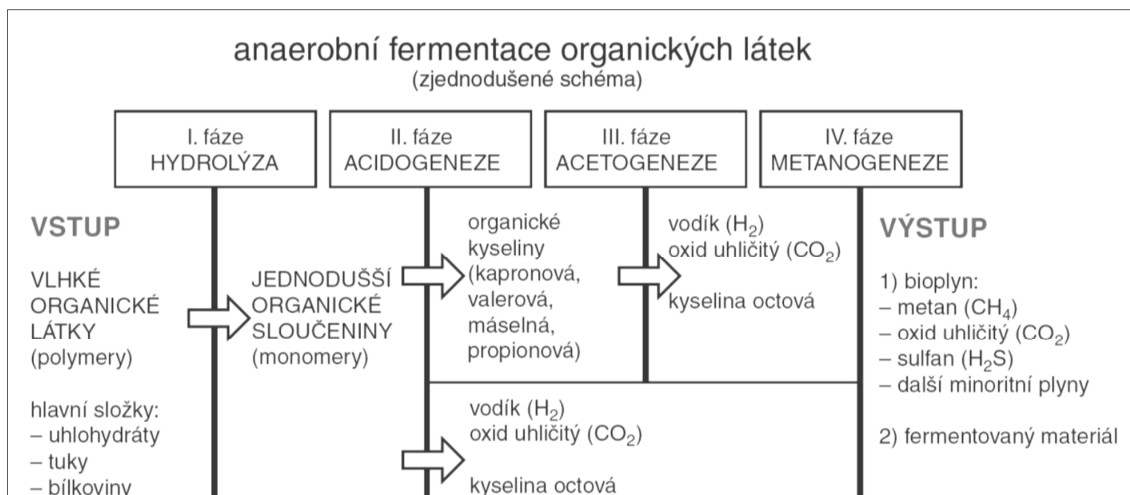


**Obr. 1: Výroba energie z obnovitelných zdrojů na území Německa (Pullen, 2015)**

### **3.2 Princip výroby bioplynu anaerobní fermentací**

Anaerobní fermentace je poměrně složitý biochemický proces, který se skládá z několika dílčích na sebe navazujících procesů. Dochází při nich k rozkladu organických látek na jednodušší sloučeniny za vzniku bioplynu s obsahem 50 - 70 % metanu a biologicky stabilizovaný substrát využitelný ve formě minerálního hnojiva (Oyewole, 2010).

Jednotlivé fáze tohoto procesu jsou schematicky popsány na obr. č. 2, který popisuje fermentaci vlhkých organických materiálů (Mužík a Kára, 2009).



**Obr. 2: Zjednodušené schéma anaerobní fermentace (Kára a Pastorek, 2010)**

### 3.2.1 Proces anaerobní fermentace organických materiálů

Proces anaerobní fermentace je ovlivněn celou řadou fyzikálních podmínek, jako je např. pH, teplota, obsah kyslíku a vlhkosti.

#### Hydrolýza:

Předpokladem pro nastartování procesu hydrolytického rozkladu, kdy hydrolytické mikroorganismy svým působením enzymaticky mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy) na jednodušší organické látky rozpustné ve vodě, je zejména dostatečný obsah vlhkosti, tj. nad 50 % hmotnostního podílu. V této fázi procesu obsahuje prostředí vzdušný kyslík, hydrolytické mikroorganismy nevyžadují striktně anaerobní prostředí. Produkty této fáze jsou především aminokyseliny, monosacharidy, mastné kyseliny a voda (Karafiát, 2012).

#### Acidogeneze

V této fázi dochází k definitivnímu vytvoření anaerobního prostředí. Na začátku acidogeneze může zpracováváný materiál obsahovat menší množství vzdušného kyslíku, nicméně v průběhu této fáze je beze zbytku spotřebován četnými kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů. Skladba substrátu a prostředí ovlivňuje obsah produktů acidogeneze. Při nízkém parciálním tlaku vodíku vzniká zejména

kyselina octová, H<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> a při vyšším tlaku vyšší organické sloučeniny, kyselina mléčná a další.

### Acetogeneze

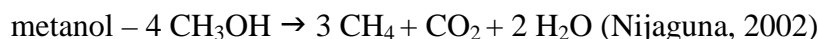
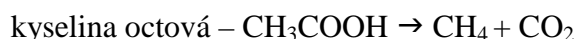
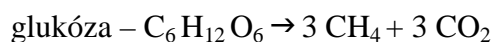
Předposlední fáze procesu bývá někdy označovaná jako mezifáze. Majoritním produktem oxidace vyšších organických kyselin, vzniklých v předchozích fázích, je kyselina octová, dále vzniká CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>. Kyselina octová je také produktem acetogenní respirace homoacetogenních mikroorganismů. Činností těchto bakterií je rozklad i dalších přítomných sloučenin, v některých případech jsou nesnadno degradovatelné (např. kyselina propionová, organické kyseliny vyšší než octová, alkoholy, aromatické sloučeniny). V této fázi mj. vzniká činností minoritních skupin mikroorganismů plynný sulfan a dusík (Žídek, 2004).

### Metanogeneze

Poslední fáze fermentace probíhá za účasti metanogenních bakterií. Metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají hlavně kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý. Dalším typem mikroorganismů, které se účastní této fáze, jsou hydrogenotrofní bakterie, které tvoří metan z vodíku a oxidu uhličitého (Kára a Pastorek, 2010).

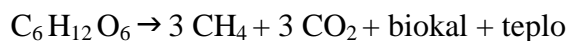
Každá fáze má jinou kinetickou rychlost, limitující fází je metanogeneze, která probíhá přibližně 5x pomaleji, než předchozí 3 fáze. Tuto skutečnost je třeba zohlednit už při konstrukci BPS a při modelování dávkování surového materiálu, jinak hrozí přetížení fermentoru (Cenek, 2001).

Zjednodušený popis metanové fermentace:



V anaerobním procesu metanového kvašení se odbourává velký podíl organické sušiny, samotný materiál se zahřívá velmi málo, zajímavým doplňkovým zdrojem

energie je však bioplyn, který je možné spalovat za vzniku tepelné, nebo elektrické energie.



1 kg  $\rightarrow$  0,25 kg + 0,69 kg + 0,06 kg + 0,38 kJ (Kára a Pastorek, 2010)

### 3.3 Biomasa pro energetické účely

Biomasa, tedy substance biologického původu, může být pro energetické účely buď pěstována záměrně (kukuřice, cukrová řepa, olejnin, energetické dřeviny apod.) nebo může být využito biomasy odpadní (rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny, odpady ze sadů, vinic nebo komunální organické odpady, kejda, hnůj apod.) (Rabah et al., 2010).

Teoretické propočty odborníků z oblasti bioenergetiky uvádějí roční celosvětovou výrobu biomasy cca 100 miliard t s energetickým potenciálem 1 400 EJ, což je téměř 5-krát více, než celková roční světová spotřeba fosilních paliv (300 EJ) (Pastorek et al., 2004).

Omezením pro větší využívání biomasy pro energetické účely jsou následující skutečnosti:

- Využití části biomasy pro potravinářské a krmivářské účely.
- Nutnost investovat do intenzifikace výroby biomasy z důvodu aktuální ekonomické nerentability v porovnání s využitím klasických energetických zdrojů.
- Malý tlak ekologické legislativy na náhradu klasických energetických zdrojů biomasou.
- Využití zdrojů biomasy z celosvětového hlediska je problematické vzhledem k rozmístění zdrojů biomasy a odběratelů energie, a tedy k obtížím s akumulací, transportem a distribucí získané energie.

Pokud nebudeme uvažovat předchozí problémy při využívání biomasy jako zdroje energie, jedná se o zdroj velmi výhodný, zejména z následujících důvodů:

- Menší dopady na životní prostředí.
- Jedná se o obnovitelný zdroj energie (OZE).
- Jedná se o místní zdroj energie, snižuje se potřeba dovozu energetických zdrojů.
- Zdroj biomasy není omezen na určitou lokalitu.
- Lze využít účelným způsobem spalitelné, mnohdy i toxické odpady.

Zemědělství a venkovská sídla si historicky, až do padesátých let dvacátého století, zajišťovaly z větší části své energetické potřeby využitím biomasy z vlastních zdrojů, pro tyto účely bylo určeno odhadem až 40 % zemědělské půdy (Pravda, 2004).

Technický rozvoj umožnil zlepšit využití produkčního potenciálu nových druhů rostlin a živočichů a plně využít zemědělskou půdu pro produkci potravin. Současná nadprodukce potravin vyvolává možnost vrátit část zemědělské půdy původnímu účelu, tj. krytí části energetických potřeb zemědělství a venkova. Ekologie a bioenergetika se stávají středem pozornosti podnikatelských subjektů na venkově (Celjak, 2008).

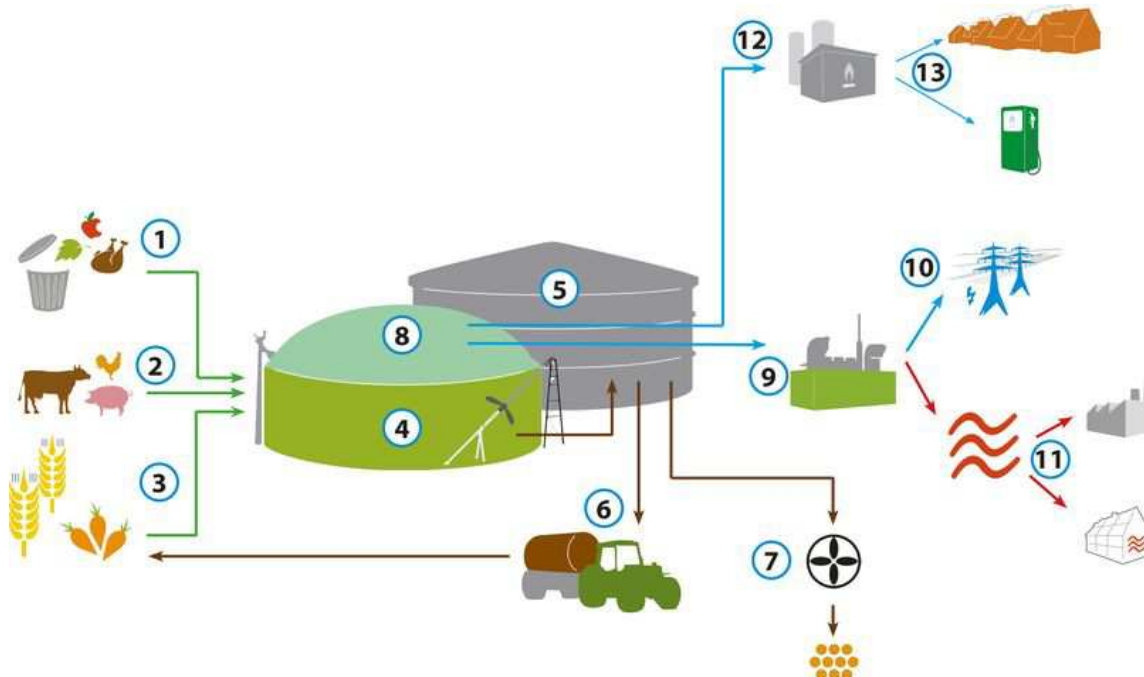
### 3.3.1 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

Využití biomasy k energetickým účelům určují především fyzikální a chemické vlastnosti materiálu, jedním z nejdůležitějších parametrů je vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase. Určující hranicí je obsah sušiny 50 %, pokud je vlhkost vyšší, je výhodnější biomasu zpracovat tzv. mokřými procesy, pokud je vlhkost nižší než 50 %, je biomasa zpracována suchými procesy. Způsoby využití můžeme rozdělit do několika možností:

- Termochemická přeměna biomasy (suché procesy, jako jsou spalování, zplyňování, pyrolýza).
- Biochemická přeměna biomasy (mokré procesy, jako jsou alkoholové kvašení, metanové kvašení).
- Fyzikální a chemická přeměna biomasy (např. peletování, mletí).
- Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (kompostování, aerobní čištění odpadních vod) (Pastorek et al., 2004).

Přestože existuje řada způsobů zpracování biomasy k energetickým účelům, v praxi je ze suchých procesů nejvyužívanější spalování biomasy, z mokřých pak dominuje výroba bioplynu anaerobní fermentací (Pravda, 2004).

### 3.4 Schematický pohyb materiálu a energií v BPS



Obr. 3: Zjednodušené schéma toků materiálu a energií v BPS (WELTEC Biopower, 2015)

Na výše uvedeném schématu (obr. č. 3) obecné bioplynové stanice jsou vyznačeny možnosti toků materiálu a energií do zařízení. Jednotlivá čísla označují důležité vstupní materiály, technologické části klíčové pro provoz BPS a možné výstupy z technologie výroby bioplynu, ať už jde o materiál nebo energii.

#### 3.4.1 Toky materiálu v BPS

Pozice 1, 2 a 3 v obr. č. 3. označují možné vstupní suroviny do zařízení. Substrátem pro výrobu bioplynu mohou být různé organické vstupní materiály, jako jsou nespotřebované potraviny, zbytky tuků nebo kalů jak je uvedeno pod číslem 1. Číslo 2 schematicky uvádí možnost použít jako vstupní surovinu odpady z živočišné výroby, např. kejdu nebo chlévskou mrvu. Třetí možností jak je uvedeno na schématu je cíleně pěstovaná biomasa, případně její vedlejší produkty, nebo využití ploch TTP, které nejsou jiným způsobem využívány – kukuřice, GPS, řepa, traviny aj.

V první fázi technologického procesu materiál vstupuje do fermentoru (bod 4 schématu). Zde je zahříván na teplotu cca 38 – 44°C (při mezofilní fermentaci), a pak,



za nepřístupu vzduchu a světla, se činností mikroorganismů rozkládá v procesu anaerobní fermentace (Aring, 2002).

Cílovým produktem tohoto procesu je bioplyn, jehož hlavní složkou je metan. Fermentační nádrže jsou většinou dvoustupňové, složené z tzv. fermentoru a dofermentoru, což jsou zpravidla betonové monolity (Straka et al., 2006).

Materiál je v další fázi procesu transportován do části, která je označena ve schématu číslem 5, jedná se o koncový sklad fermentačních zbytků. Fermentační zbytek může být využit jako vysoce kvalitní statkové hnojivo, které však má povahu hnojiva minerálního (naznačeno na obrázku č. 3 bodem 6). Jak ukazuje číslo 7 na obr. č. 3, je možné tekutý fermentační zbytek separovat a vytvářet tak pevné hnojivo, které je vhodné pro lepší skladovatelnost a manipulovatelnost sušit zbytkovým teplem z kogenerační jednotky BPS, a tím vytvářet velice hodnotné hnojivo.

Aby bylo možné fermentační zbytek využít jako hnojivo, je nutné, aby tento materiál splňoval určité podmínky. V rámci EU jsou nastavena jasná pravidla, která popisují chemické složení, fyzikální a biologické vlastnosti, ale i stupeň zápachu nebo obsah dusíku či draslíku (Pullen, 2015).

### 3.4.2 Toky energií v BPS

Ve schématu v obrázku č. 3 jsou dále uvedeny toky energií. Číslo 8 označuje bioplyn generovaný procesem anaerobního rozkladu, který je uložen v plynojemech. Je spalován v kogenerační jednotce k výrobě elektřiny a tepla, jak označuje schéma číslem 9 (WELTEC Biopower, 2015).

Kogenerace je společný proces výroby elektrické energie a ohřev teplosměnného média. Tato metoda využití bioplynu má vysokou účinnost konverze energie z bioplynu na elektrickou a tepelnou energii (až 90 %). Pro hrubou orientaci je možné počítat, že asi 30 % energie bioplynu se přemění na elektrickou energii, 60 % na tepelnou energii a zbytek jsou tepelné ztráty. Na výrobu 1 kWh elektrické energie musíme přivést do kogenerační jednotky 0,4–0,7 Nm<sup>3</sup> bioplynu s průměrným obsahem metanu 50 až 65 % (pokud počítáme průměrnou účinnost přeměny na elektrickou energii u kogeneračních jednotek na úrovni 32 až 41 %). V praktickém provozu je možno použít velmi hrubý odhad a kalkulovat na výrobu 1 kWh<sub>e</sub> a 1,27 kWh<sub>t</sub> potřebu vstupů dle jednotlivých kategorií: 5 – 7 kg odpadní biomasy, 5 – 15 kg komunálních odpadů,

2 - 8 kg chlévské mrvy nebo 4 – 7 m<sup>3</sup> tekutých komunálních odpadů (Kára a Pastorek, 2010).

Elektrická energie se přivádí přímo do sítě (viz pozice 10 v obr. č. 3). Generované teplo může být využité k vytápění budov nebo na jiné průmyslové využití, např. sušení dřeva, zrnin atd. (pozice 11). Úprava bioplynu pro použití v rozvodné síti a následné využití podobně jako zemního plynu nebo jako palivo do motorových vozidel (viz pozice 12,13) (WELTEC Biopower, 2015).

### **3.5 Legislativní podpora OZE**

V České republice je biomasa nejčastějším zdrojem pro výrobu energie z OZE. Je zdrojem pro výrobu až 80 % veškeré energie z OZE. Tato energie je dodávána ke spotřebitelům v několika formách – většinou se jedná o elektrickou energii, teplo a v neposlední řadě o pohonné hmoty. Poněkud jiný přístup, i když se také jedná o výrobu energie z OZE, je uplatňován pro zpracování bio odpadů, které jsou využívány pro výrobu energií nebo hnojiv (TZB-info, 2015).

Jedním z nejdůležitějších právních předpisů pro oblast obnovitelných zdrojů energie v ČR tvoří zákon č. 165/2012 Sb. O podporovaných zdrojích energie (Zákon 165/2012 Sb.). Tento předpis odstraňuje nedostatky předchozí legislativy (Zákon 180/2005 Sb.). Zejména vznik nepovolených odchylek u licencovaných subjektů, které přispívají do distribuční soustavy a celkovou nestabilitu rozvodné sítě ČR způsobenou rychlou výstavbou nestabilních zdrojů elektřiny z OZE, zejména fotovoltaických elektráren (Stupavský, 2012).

Dalším důležitým legislativním opatřením je Národní akční plán pro energie z obnovitelných zdrojů a Akční plán pro biomasu, které jsou stanovené do roku 2020. Česká republika se jejich sestavením a schválením zavazuje ke splnění cíle daného EU, tj. navýšení využití OZE pro výrobu elektřiny, tepla a biopaliv v dopravě na úroveň 13,5 % hrubé konečné spotřeby energie z OZE. V praxi to znamená, že do roku 2020 by se měl zdvojnásobit objem energie z OZE na cca 50 TWh, resp. více než 180 PJ za rok. Konkrétní hodnoty navýšení, které předpokládá Národní akční plán, jsou uvedeny v tabulce I (MPO, 2012).

**TAB. I: Současný stav (2010) a modelové cílové hodnoty rozvoje obnovitelných energií podle Národního akčního plánu (vlastní zpracování na základě Stupavský, 2012)**

	Rok 2010 (TWh)	Rok 2020 (TWh)	Nárůst (TWh)	Nárůst (%)
Výroba elektřiny z biomasy a bioplynu celkem	1,9	6,2	4,2	221%
Pevná biomasa	1,3	3,3	2	154%
Bioplyn	0,6	2,9	2,3	383%
Výroba tepla z biomasy a bioplynu celkem	20,5	29,3	8,8	43%
Pevná biomasa	19,8	27,3	7,5	38%
Bioplyn	0,6	1,9	1,3	217%
Elektřina a teplo z biomasy a bioplynu celkem	22,4	35,4	13,1	58%

Pro splnění plánu je nutné zapojení i doposud nevyužitých zdrojů pro výrobu biomasy, zejména zemědělské půdy a druhotně lesní půdy, resp. dendromasy. Předpokladem je navýšení využití zemědělské půdy do energetické produkce s cílem využití až 1 mil. ha zemědělské půdy pro výrobu energetické biomasy. Z celkové výměry zemědělské půdy na území ČR, která činí cca 4,25 mil ha, se jedná o poměrně velkou část, proto je otázkou, kde je možné tyto rezervy najít.

Jedná se zejména o zemědělskou půdu, která je rezervována na trvalé travní porosty (TTP) bez fakticky využitelné produkce biomasy (sena). Zde je možné zvýšit produkci a využít ji, např. pro výrobu bioplynu.

I za předpokladu navýšení výměry zemědělské půdy na produkci biomasy využitelné pro energetické účely, nemusí být cíl daný Národním akčním plánem splněn. Energie vyráběná z OZE není za současné situace a za předpokladu dodržování Národního akčního plánu konkurenceschopná. Množství biomasy je navíc omezené regionálně a je třeba ji využívat s co největší efektivitou. Proto na přijetí Národního akčního plánu reagovala legislativa úpravou, která zlepšuje podmínky pro provozní podporu výroby tepla z biomasy a umožňuje tak výrobcům energie z OZE využít další podpory pro zefektivnění a stabilizace jejich provozů při využití odpadního tepla z BPS.

V tabulce II jsou popsány modelové situace využití části prostředků určených na výrobu elektřiny na podporu výroby tepla (Stupavský, 2012).

**TAB. II: Scénáře dosažení cílů OZE v oblasti využití biomasy a bioplynu pro výrobu elektřiny a tepla v rámci Národního akčního plánu k roku 2020 (vlastní zpracování na základě Stupavský, 2012)**

Varianty snížení výroby elektřiny z biomasy a bioplynu ve prospěch tepla	Jednotky	o 0 %	o 10 %	o 20 %	o 30 %	o 40 %	o 50 %
Elektřina a teplo z biomasy a bioplynu celkem	TWh	13,05	13,05	13,05	13,05	13,05	13,05
Elektřina na základě cílů NAP	TWh	4,24	3,81	3,39	2,96	2,54	2,12
Teplo na základě cílů NAP	TWh	8,82	9,24	9,66	10,09	10,51	10,93
Teplo získané nad rámec NAP	TWh	0	0,42	0,85	1,27	1,69	2,12
Celková podpora pro výrobu energie z OZE pro dosažení cíle NAP 2020	mld. Kč/rok	10,9	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5
Uspora nákladů oproti NAP bez podpory tepla	mld. Kč/rok	0	0,4	1,5	2,5	3,5	4,5

### 3.6 Podpora tepla z obnovitelných zdrojů

Pravidla pro čerpání podpory pro výrobu obnovitelné energie v ČR upravuje Zákon č. 165/2012 Sb. O podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, který zároveň zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, zejména Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES (ve znění zákona č. 310/2013 Sb.). Tato směrnice definuje nové povinnosti pro členské státy EU s cílem pomoci ke splnění cíle – dosáhnout 20 % podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie v rámci celé EU (Stupavský, 2012).

Opatření definuje základní pojmy v oblasti bioenergetiky v právním prostředí legislativy ČR, obsah a tvorbu Národního akčního plánu pro energii z OZE, definuje podmínky pro vydávání záruk o původu energie z OZE a původu elektřiny vyrobené z kombinované výroby elektřiny a tepla nebo druhotných zdrojů (KVET).

Pro účely tohoto předpisu se teplo z obnovitelných zdrojů definuje jako teplo, které bylo vyrobeno využitím obnovitelných zdrojů. Podpora má fakticky dvě formy, které je možné v rámci jedné výroby tepla kombinovat:

- provozní podpora tepla,
- investiční podpora tepla.

Pojem kombinovaná výroba tepla a elektřiny je pro čerpání podpory definována jako přeměna primární energie na energii elektrickou a užitečné teplo ve společném současně probíhajícím procesu v jednom výrobním zařízení (KVET) (Voříšek a Málek, 2013).

### **3.6.1 Provozní podpora tepla - zelený bonus na teplo**

Tento typ podpory je určen pouze pro výrobce tepla na území ČR, kteří splňují požadavky výše uvedeného legislativního předpisu. Konkrétní podmínky pro čerpání podpory jsou uvedeny v následujícím přehledu:

- Výrobce tepla musí být registrován do systému operátora trhu.
- Podpora se vztahuje pouze na teplo dodané do rozvodného systému zásobování tepelnou energií.
- Nárok na podporu má výrobce tepla z podporované biomasy (výše podpory je stanovena odlišně podle parametrů konkrétního OZE a způsobu jeho využití pro výrobu tepla).
- Nárok může uplatnit i výrobce tepla z biokapalin, která splňují kritéria udržitelnosti.
- Jmenovitý výkon zařízení vyrábějící teplo musí být vyšší než 200 kW<sub>t</sub>.

Provozní podporu tepla není možné čerpat v následujících případech:

- Teplo vyrobené v KVET v zařízení, které má vyšší instalovaný výkon, než je 7,5 MWe.
- Teplo vyrobené společným spalováním OZE s neobnovitelným zdrojem energie (výjimkou je spalování společně s druhotným zdrojem).
- Při neoprávněné dodávce tepla do tepelné soustavy.
- V případě, že výrobce má formu akciové společnosti a nemá vydány výlučně zaknihované akcie nebo pokud se jedná o zahraniční společnost, která nedoloží čestné prohlášení o majiteli akcií, jejichž souhrnná jmenovitá hodnota přesahuje 10 % celkového kapitálu firmy; tento bod neplatí v případě, že majitelem výrobce je díky 100 % vlastnictví akcií obec.

Zelený bonus na teplo je částka, která je vyplacena na základě dodaného množství tepelné energie do rozvodného systému (zpravidla evidované v GJ). Zúčtování probíhá v ročním režimu, zúčtovací období je 1 měsíc nebo jeho celé násobky. Nárok na tuto podporu v daném roce nevznikne v případě, že Energetický regulační úřad (ERÚ) nestanoví její výši z důvodu překonání hodnot stanovených Národním akčním plánem skutečnými hodnotami výroby tepla z OZE. Hodnoty dosažené v předchozím roce zveřejňuje ERÚ vždy 30. května daného roku (v Energetickém regulačním věstníku). Zároveň musí stanovit i výši zeleného bonusu na následující kalendářní rok, přičemž cena je alespoň na úrovni 50 Kč.GJ<sup>-1</sup>. Cenu za vyrobené teplo z OZE hradí výrobci operátor trhu na základě vyúčtování, které je mu povinen výrobce předložit. Vyúčtování zahrnuje hodnotu tepla dodaného do rozvodné soustavy a za jeho odevzdání operátorovi trhu zodpovídá výrobce tepla z OZE. Pokud dané vyúčtování nepředloží, nemá nárok na výplatu zeleného bonusu na teplo.

Výkup tepla vyrobeného z OZE je podpořeno faktem, že majitelé rozvodných sítí pro distribuci tepla mají povinnost toto teplo vykoupit. Povinnost nevzniká pouze v případě, že výrobce nemá platnou licenci pro produkci tepla, v případě, že je trh nasycen a teplo do rozvodné soustavy není třeba dodávat, pokud by se musela navýšit cena za teplo pro koncové odběratele nebo není technicky možné teplo odebírat z důvodu odlišných parametrů teplotonosné látky v rozvodném systému v místě připojení.

### **3.6.2 Investiční podpora tepla – podpora ze státních nebo evropských prostředků nebo z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů**

Investiční podpora tepla je jednorázový příspěvek určený pro podporu výstavby výroby tepla z OZE na území ČR a na rozvodné tepelné zařízení.

Pokud státní orgán vyhláší dotační titul ze státních nebo evropských finančních prostředků pocházejících z povolenek na emise skleníkových plynů, týkající se zcela nebo zčásti OZE, ukládá mu zákon č. 165/2012 o podporovaných zdrojích energie povinnost vypsát i investiční podporu tepla, tj. podporu pro výstavbu výroby tepla nebo rozvodných systémů z těchto vyroben tepla (Zákon 165/2012 Sb.).

### **3.7 Způsoby využití tepla z BPS**

Veškeré typy podpor uvedené výše je možné uplatnit pouze na určité typy provozů. Každý žadatel musí splňovat specifické podmínky, neméně důležitý je i způsob, jakým odpadní teplo využívá. Ze sumy tepla, kterou daný provoz generuje, je nutné nejdříve odečíst celkovou technologickou (vlastní) spotřebu pro provoz BPS. Ta zahrnuje ohřev substrátu i veškeré další teplo spojené s provozem BPS (Šafařík, 2012).

Zbývající část produkce tepla, tedy objem vygenerované produkce po odečtení vlastní technologické spotřeby, se nazývá užitečné teplo. Je to teplo, které je popsáno ve vyhlášce č. 347/2012 Sb. jako užitečné teplo z OZE vyrobené z procesu kombinované výroby elektřiny a tepla, které slouží pro dodávky do zásobovací soustavy tepelnou energií nebo k jinému dalšímu využití pro technologické účely mimo vlastní technologickou spotřebu – a to jak vlastní spotřebu tepla, tak i využití k další přeměně na elektrickou nebo mechanickou energii (Energetický regulační úřad, 2012).

I přes specifikaci pojmu užitečné teplo ve výše uvedené vyhlášce zaznamenal ERÚ v následujících měsících po jejím vydání případy nejasné interpretace tohoto termínu. V několika případech zaznamenal ERÚ pochybení ze strany výrobců a jejich snahu čerpat podporu i na provozy, které neměly ekonomicky odůvodnitelnou poptávku. Proto bylo sestaveno jasné doporučení pro výrobce tepla, které stanovuje přípustné způsoby využívání tepla z KVET, které je považováno za užitečné teplo. Jedná se o Výkladové stanovisko Energetického regulačního úřadu vydané za účelem upřesnění definice užitečného tepla z obnovitelných zdrojů a vymezení přípustných způsobů uplatnění užitečného tepla z obnovitelných zdrojů energie vydané dne 23. 12. 2013.

#### **3.7.1 Přípustné způsoby uplatnění užitečného tepla**

Možnosti, jak využít užitečné teplo, jsou následující:

- vytápění budov a příprava teplé vody,
- dodávka tepla do soustavy zásobování tepelnou energií,
- vytápění objektů pro chov hospodářských zvířat,

- dodávka tepla pro akvakultury,
- pěstování rostlin ve sklenících,
- hygienizace/pasterizace složek substrátu vstupujících do fermentoru,
- chlazení,
- sušení (např. viz obr. č. 4).

V procesu sušení dochází ke snížení obsahu vody vstupních materiálů či produktů a jeho účelem je zvýšení ekonomického zhodnocení těchto komodit. Zajímavé je sušení komodit, jako je dřevo, agrární komodity aj. (Energetický regulační úřad, 2013).



**Obr. 4: Pohled do vnitřku haly pro sušení balíků (Šafařík, 2012)**

Za užitečné teplo ERÚ nepovažuje např. dodávku tepla na ohřev substrátu vstupujícího do BPS, na sušení fermentačního zbytku či výroby jiných organických hnojiv, sušení fermentačních zbytků za účelem výroby paliv, pro hygienizaci nebo pasterizaci složek substrátu a pro doplňkovou výrobu elektrické energie, např. využití ORC jednotky nebo tepelně hladinového generátoru (Voříšek, 2014).



## 4 MATERIÁLY A METODY

### 4.2 ZD HROTOVICE

Zemědělské družstvo Hrotovice hospodaří v jihovýchodní části okresu Třebíč v kraji Vysočina. Zemědělský podnik sídlí ve městě Hrotovice 30 km jihovýchodně od Třebíče. Podnik hospodaří na 2 434,25 ha zemědělské půdy v průměrné nadmořské výšce 412 m. Svou činnost provozuje jednak na půdě vlastní, tak na půdě pronajaté na základě uzavřených nájemních smluv.

Rostlinná výroba je zaměřena na velkovýrobní, intenzivní pěstování plodin s důrazem na úsporu půdní vláhy, která je v dané oblasti limitní. Společnost se specializuje na pěstování ozimého ječmene a ozimé pšenice, hrachu, řepky, vojtěšky, travin na semeno, kmínu a kukuřice jak na zrno, tak na silážování. Další oblastí je výroba osiv.

Společnost provozuje živočišnou výrobu s dominancí výroby mléka, v současné době chová 300 ks dojnic (pohled do jedné ze stájí je uveden na obr. č. 5), zastoupena je i výroba vepřového a hovězího masa.



Obr. 5: Velkokapacitní kravín (ZD Hrotovice, 2015)

Zemědělské družstvo vlastní dostatek skladovacích prostor (viz obr. č. 6) na zrniny z vlastní výroby a zabývá se i obchodem se zemědělskými komoditami, především pšenicí, řepkou, kukuřicí a ječmenem.



**Obr. 6: Skladovací kapacity (ZD Hrotovice, 2015)**

Samostatnou činností, kterou společnost zajišťuje, jsou služby v zemědělství. Jedná se o následující typy prací: ošetřování ploch postřikovačem HARDI ALPHA, sklizeň plodin mlátičkou CLAAS MEGA, LEXION, moření osiv, práce autojeřábem AD-20, nákladní autodoprava LIAZ, TATRA, MAN, Iveco, těžká mechanizace (manipulátory Manitou, Bobcat).

Nejmladším, zato nejprogresivnějším odvětvím, je výroba a prodej elektrické a tepelné energie (ZD Hrotovice, 2015). Celkový pohled na areál ZD je uveden na obr. č. 7.



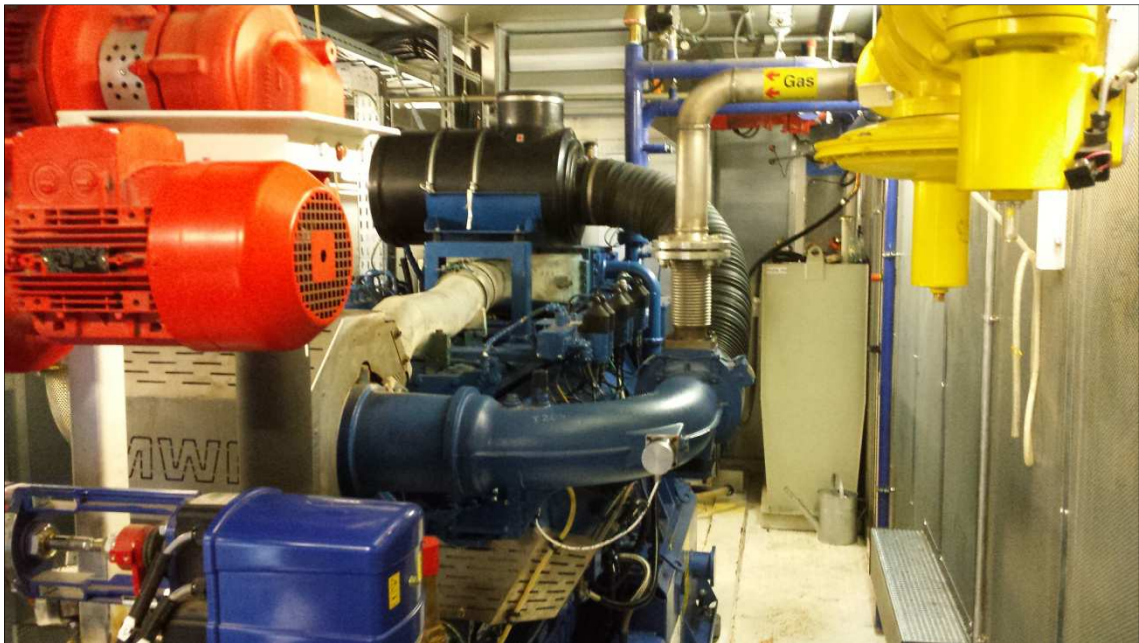
**Obr. 7:** Celkový pohled na uspořádání provozu ZD Hrotovice (Mapy, 2015)

### **4.3 BPS Hrotovice**

Bioplynová stanice ZD Hrotovice byla uvedena do provozu v prosinci 2011. Jedná se o technologii společnosti Farmtec o celkovém elektrickém výkonu 760 kW.

Provoz BPS respektuje moderní vizualizační prvky – např. barevné odlišení rozvodných sítí, jak ukazuje obr. č. 8. V celém provozu jsou přísně dodržována bezpečnostní opatření tak, aby byla zajištěna požární bezpečnost systému. Pravidla pro zajištění požární bezpečnosti se v zásadě neliší od obecného popisu tak, jak jej uvádějí ve své práci Junga et al. (2013).





**Obr. 8: Fotografie generátoru s bezpečnostním barevným rozlišením částí technologie (fotografie autora)**

Stavební část se skládá z pěti základních staveb. První částí je vstupní jímka a příjmové místo (viz obr. č. 9), fermentor a dofermentor, který je koncipován jako jedna stavba systémem kruh v kruhu s pevným stropem. Další částí je sklad bioplynu, strojovna a koncový sklad na fermentační zbytek (Farmtec, 2015).



**Obr. 9: Příjmový box BPS ZD Hrotovice (fotografie autora)**

Hlavními vstupními surovinami do BPS jsou kukuřičná siláž, kejda skotu a prasat a chlévská mrva. Veškerá siláž je uskladněna ve stejném areálu, jako je bioplynová stanice, i mrva spotřebovávaná v BPS vzniká ve stejném středisku. Pouze kejda prasat musí být dovážena z vedlejší obce Udeřice vzdálené od BPS 3 km. Díky tomu má společnosti minimální náklady na dopravu vstupních surovin.

Průměrné denní spotřeby substrátu:

- chlévská mrva skotu	10 t
- kukuřičná siláž	22 t
- kejda	25 m <sup>3</sup> .

Již při výstavbě BPS společnost plánovala využití tepelné energie z BPS pro vlastní spotřebu v zemědělském podniku, zejména na vytápění kanceláří podniku, dílen a sociálních zařízení. Plánované bylo i využití užitečného tepla na přehřev nasávaného vzduchu na sušárnu píce, která je součástí posklizňové linky vzdálené jen několik desítek metrů od BPS.

Součástí původních plánů byla i realizace výstavby teplovodu do města Hrotovice, na jehož severozápadním konci je tento zemědělský podnik lokalizován. Výstavba teplovodu byla dokončena necelé dva roky po zprovoznění BPS v roce 2013 a první dodávka tepelné energie byla teplovodem do obce realizována v měsíci září 2013.

#### **4.4 Struktura odběratelů**

Hlavní odběratelé připojení na rozvodnou síť jsou dva - základní škola Hrotovice a Sport V Hotel Hrotovice. Na teplovod jsou dále napojení další minoritní odběratelé – vývažovna a kanceláře ZD Hrotovice a dílny společnosti V-Stav, rodinný dům a provoz výroby krmných směsí Kooperace Hrotovice a.s. U společnosti Kooperace Hrotovice a.s., je plánován velký nárůst spotřeby tepelné energie v letních měsících na provoz pásové sušárny, která bude využita k sušení píce pro výrobu úsušků (Kooperace Hrotovice, 2015).

Práce se zaměřuje na dva hlavní odběratele, kterými jsou hotelový komplex a škola. Pro účely této práce je vhodné zobecnit tyto pojmy a oba subjekty chápat spíše jako zástupce určitého typu odběratele.

#### **4.4.1 Typ odběratele škola**

Na obrázku č. 10 je fotografie budov ZŠ Hrotovice, zástupce odběratele typu škola. Mezi zástupce tohoto typu odběratelů můžeme řadit jakýkoliv typ úřadů, kanceláří, škol, firem s jednosměnným denním provozem a jiných zařízení, které požadují otop na komfortní teplotu pouze v pracovních dnech a to v časech dopoledních a odpoledních.



**Obr. 10: Fotografie budov ZŠ Hrotovice (vlastní fotografie autora)**

#### **4.4.2 Typ odběratele hotel**

Druhým hlavním odběratelem je hotelový komplex (Sport V Hotel Hrotovice, viz fotografie na obr. č. 11), zastupující odběratele typu hotel. Do tohoto typu zařízení může patřit jakékoliv sociální zařízení, jako je domov důchodců, nemocnice, restaurace, hotel a jiná zařízení, požadující komfortní teplotu po celý týden a prakticky po celou délku dne.



Obr. 11: Pohled na hotelový komplex Sport V hotelu Hrotovice (vlastní fotografie autora)

#### 4.4.3 Typ odběratele letní odběr (sušárna píce)

Dalším velice zajímavým odběratelem může být jakýkoliv typ odběratele pouze pro sezonní letní činnost. Pro účely této práce je zástupce tohoto typu odběratele sušárna píce (Kooperace Hrotovice, a.s.). Do tohoto typu zařízení lze zařadit i sušárny produktů rostlinné výroby, např. sušárny sena, zrnin aj.

### 4.5 Topologie systému

Bioplynová stanice je umístěna uprostřed areálu zemědělského družstva, který je lokalizován na severozápadním okraji města Hrotovice. Celý areál je vzdálen od středu města vzdušnou čarou 850 m, první obytné domy jsou vzdáleny 500 m.

#### 4.5.1 Popis rozvodné sítě

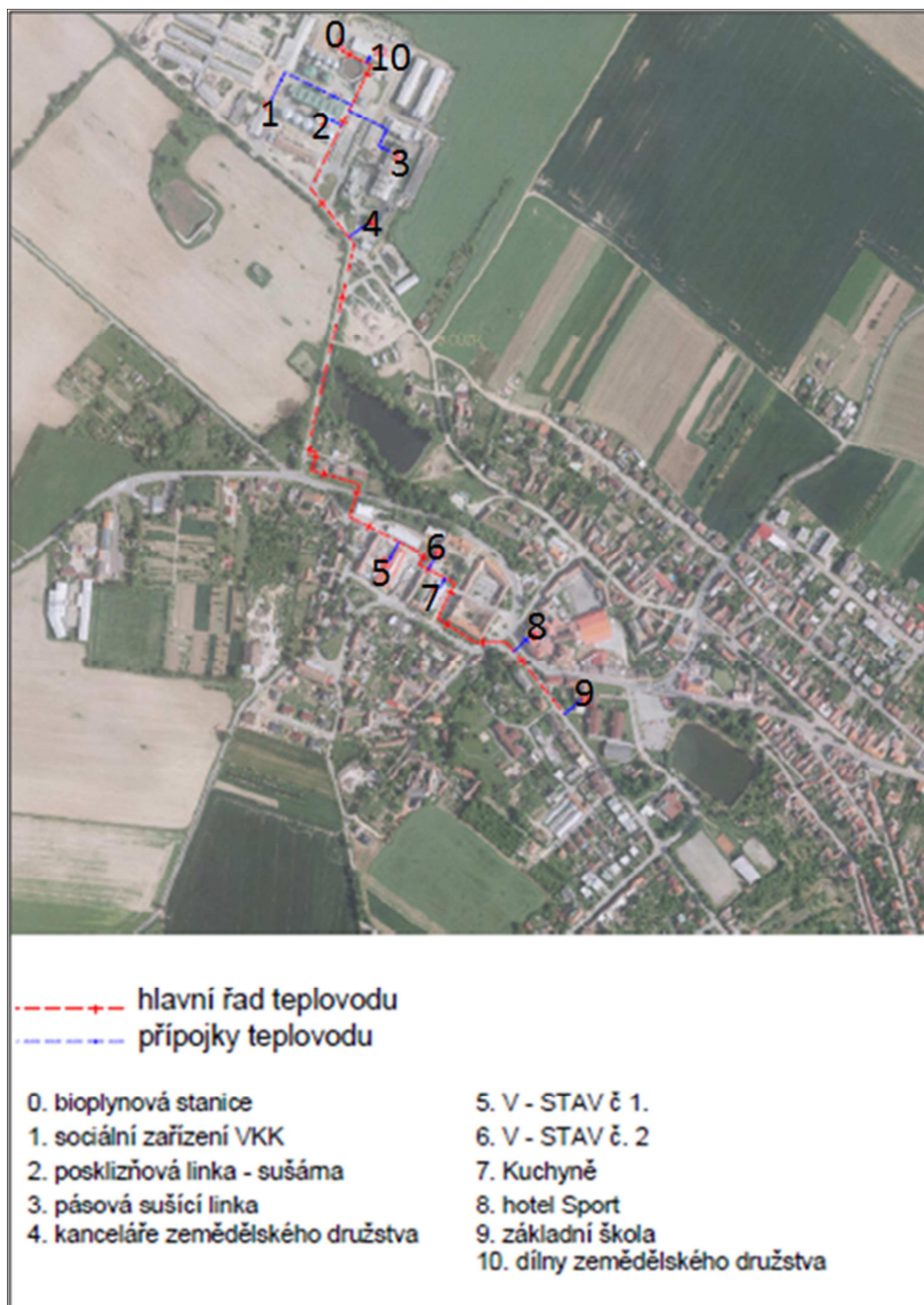
Rozvodná síť, vedená v předizolovaném potrubí DN 100/200 PI, vede 300 m areálem zemědělského družstva (součástí je i BPS) k ulici Milačka a touto ulicí dalších 305 m k ulici Jihlavská. Zde se lomí a vede před bytovými domy v délce 120 m, v křižovatce se opět lomí a po 50 m vede do vjezdu areálu firmy V-Stav. V tomto areálu

vede hlavní cestou a zde jsou připojeny po 100 m kanceláře, dílny a administrativní budova, a po dalších 60 m je připojena vývažovna ZD Hrotovice. Rozvodná síť po dalších 30 m uhýbá vpravo a po 50 m pokračuje vlevo směrem k ulici Znojemská, přechází k ulici Zákostelní a vede v chodníku ulicí Prvního Máje, kde po 100 m je odbočkou přes hlavní silnici připojen Sport V hotel Hrotovice. Trasa pokračuje dále po ulici Prvního Máje, kde je po 100 m napojen rodinný dům. Po dalších cca 50 m vedení končí u kotelny ZŠ Hrotovice. Celková délka rozvodné sítě činí 1460 m.



#### 4.5.2 Mapa umístění BPS a rozvodné sítě

Obr. č. 12 ukazuje schematické rozložení odběratelů tepelné energie, zdroje a rozvodné sítě.



Obr. 12: Schematické rozložení odběratelů tepelné energie, zdroje a rozvodné sítě (vlastní zpracování)

## 4.6 Výroba tepla

Spotřeba tepla byla sledována již od počátku roku 2013, avšak k výstavbě teplovodu do obce došlo až v průběhu tohoto roku. Díky tomu je možné pozorovat zásadní nárůst spotřeby až v měsíci říjnu 2013, kdy nově připojení spotřebitelé zahájili topnou sezonu. Zdrojem energie jsou dvě kogenerační jednotky, jejichž celkový tepelný výkon je 824 kW, jedna od společnosti MWM (typ gasmotor TCG 2016 V12C o výkonu 600 kW a tepelném výkonu 608 kW) a druhá od společnosti Tedom (typ CENTO T 160 SP BIO o výkonu 160 kW a tepelném výkonu 216 kW. Fotografie jedné z kogeneračních jednotek je uvedena na obr. č. 13.



**Obr. 13: Kogenerační jednotka MWM, typ gasmotor TCG 2016 V12C o výkonu 600 kW (MWM, 2015)**

### 4.6.1 Popis měřicího zařízení a způsob odečtu

Pro měření vyrobené a spotřebované tepelné energie jsou použity měřiče tepla Pollustat E 25, Pollustat E 40 a Pullustat E 50, které uvádějí obrázky č. 14 a č. 15.

Spotřebované teplo je měřené v GJ kumulativně a data od jednotlivých odběratelů jsou automaticky, jedenkrát denně odesílána a shromažďována do centrálního dispečerského vizualizačního systému LooDet, který upravila společnost TTS energo s.r.o. přímo pro potřeby ZD Hrotovice (ZD Hrotovice, 2015). Denní

spotřeba pro potřeby této práce, byla vypočtena jako rozdíl hodnot dvou po sobě následujících dnů.

V rámci pokusu byla využita data ze systému LooDet za období od 1. 1. 2014 do 1. 1. 2015.



**Obr. 14: Měřič tepla Pollustat E Qn 3,5 DN 25 (1") L=260mm PN 16) (Vodoměry Praha, 2015)**



**Obr. 15: Měřič tepla Pollustat E Qn 15 DN 50 L=270mm PN 25 a měřič tepla Pollustat E Qn 10 DN 40 (6/4") L=300mm PN 25 (Vodoměry Praha, 2015)**

#### **4.6.2 Zjišťování informací o počasí**

Data o počasí ve sledovaném období byla získána z oficiálního měření Českého hydrometeorologického ústavu. Konkrétní meteorologická stanice se nachází u Jaderné elektrárny Dukovany, což je 8 km vzdušnou čarou od obce Hrotovice, kde jsou všichni

odběratelé situování (ČHMÚ, 2015). Byly použity zejména údaje a teplotě vzduchu v dané lokalitě na úrovni průměrných denních teplot.

#### 4.6.3 Metodika zpracování dat pomocí výpočtu násobku průměrného odběru

Primárním účelem provozování BPS je výroba elektrické energie a maximalizace její výroby, tepelná energie je pouze vedlejším produktem. To znamená, že BPS dodává stále množství tepelné energie, prakticky bez možnosti toto množství měnit bez ohledu na poptávku trhu.

Práce se snaží najít nejvhodnějšího odběratele, respektive porovnat různé typy odběratelů mezi sebou a kvantifikovat rozdíl mezi nimi.

Aby bylo možné mezi sebou porovnávat jednotlivé odběratele, není možné srovnat jen jejich celkovou roční spotřebu. Pro zpracování dat je nutné použít parametr, díky kterému bude možné srovnávat chování jednotlivých spotřebitelů mezi sebou, bez ohledu na jejich velikost. Tímto parametrem v této práci je **Násobek průměrné spotřeby**, což je nejvyšší denní odebrané množství tepla daného odběratele v roce, děleno jeho průměrnou denní spotřebou v roce.

Pro stanovení násobku průměrného odběru je nutné mít k dispozici následující data:

$Q$  celková spotřeba odběratele za sledované období (365 dní) [GJ]

$Q_d$  průměrná denní spotřeba odběratele [GJ]

$Q_{dmax}$  nejvyšší denní spotřeba odběratele ve sledovaném období [GJ]

$MQ_d$  násobek průměrného odběru

Výpočet je následující:

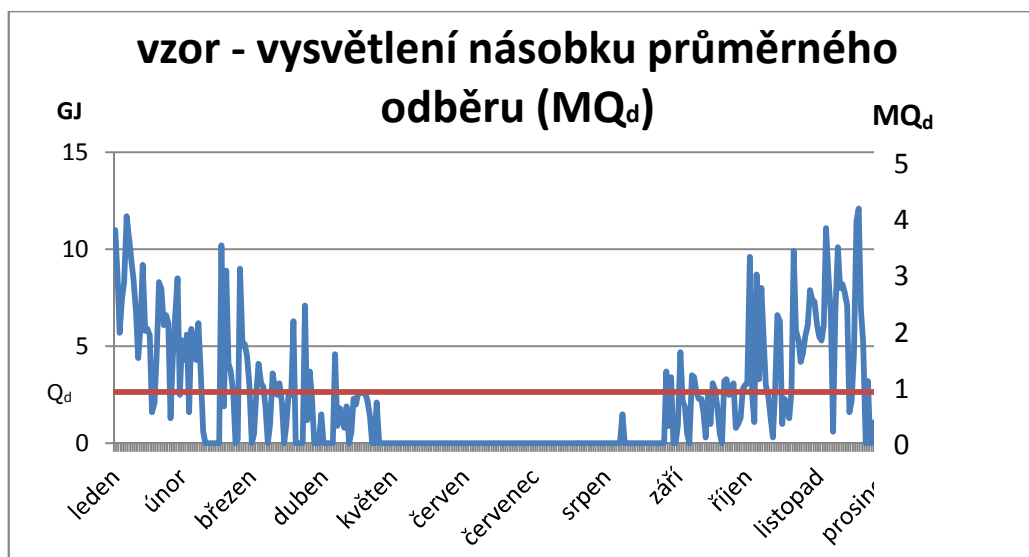
$$Q_d = \frac{Q}{365} \text{ [GJ]} \quad (1)$$

$$MQ_d = \frac{Q_{dmax}}{Q_d} \text{ [-]} \quad (2)$$

Násobek průměrného odběru ( $MQ_d$ ) určuje, kolikrát více své průměrné spotřeby tepelné energie odebere zákazník v den jeho největšího odběru. Grafické znázornění tohoto parametru znázorňuje obrázek č. 16.

Pokud by nejvyšší denní spotřeba ( $Q_{dmax}$ ) byla rovna průměrné denní spotřebě ( $Q_d$ ), byl by násobek průměrného odběru roven 1, jednalo by se o absolutně kontinuální odběr během celého roku – tj. každý den odebrané stejné množství tepelné energie.

Pokud by nejvyšší denní spotřeba ( $Q_{dmax}$ ) byla 5-krát vyšší než průměrná denní spotřeba ( $Q_d$ ), byl by násobek průměrného odběru ( $MQ_d$ ) roven 5. Znamenalo by to, že pokud by provozovatel BPS dodával pouze tomuto typu odběratelů, byl by schopen realizovat (prodat) pouze  $\frac{1}{5}$ , tedy 20 %, své roční vyrobené energie ( $Q$ ) za předpokladu, že je smluvně vázán pokrýt právě tyto odběrové špičky. Lze očekávat, že většina odběratelů tepelné energie bude takové záruky od poskytovatele tepla vyžadovat, neboť jinak by museli odběratelé dodatečně budovat akumulaci tepla na své straně, přičemž investiční náročnost by byla přímo úměrná jak celkovému průměrně odebíranému teplu  $Q_d$ , tak právě  $MQ_d$ . Další možností odběratele, by bylo zajištění náhradního zdroje tepelné energie, což by opět znamenalo další investiční a provozní náklady.

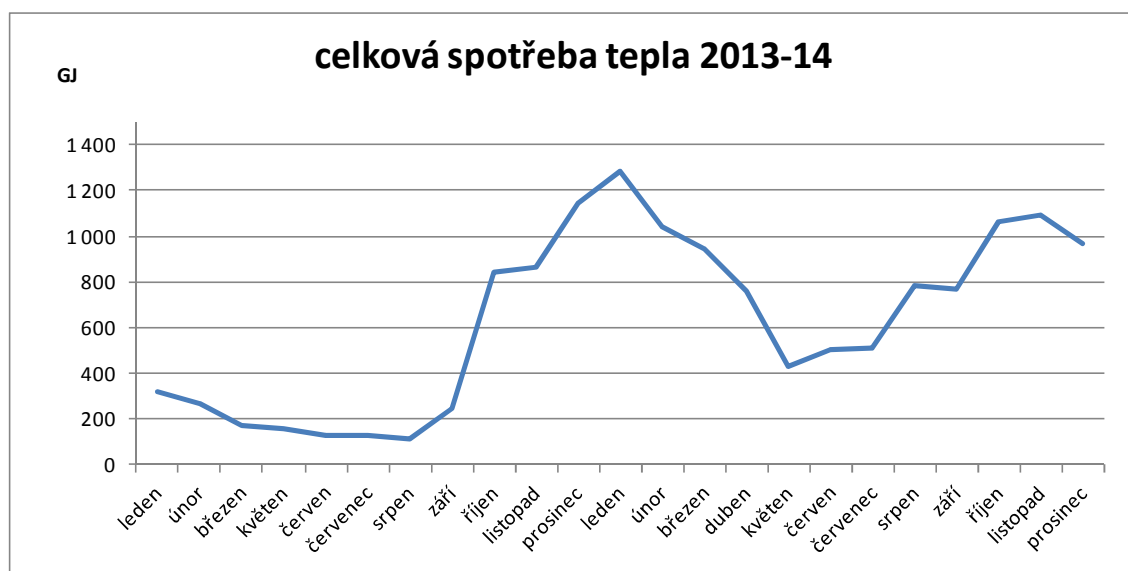


Obr. 16: Vzor dat pro vysvětlení násobku průměrného odběru (vlastní zpracování)

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Celková spotřeba tepla

Na obrázku č. 17 je vizualizovaná struktura odběratelů a jejich podíl na celkové spotřebě v čase za rok 2014. Tento graf ukazuje celkovou spotřebu všech odběratelů za celé sledované období (tj. období, kdy byly hodnoty spotřebovaného tepla zaznamenávány).



Obr. 17: Celková spotřeba tepla z provozu BPS Hrotovice (ZD Hrotovice, 2015)

### 5.2 Vliv počasí na chování odběratelů v průběhu roku

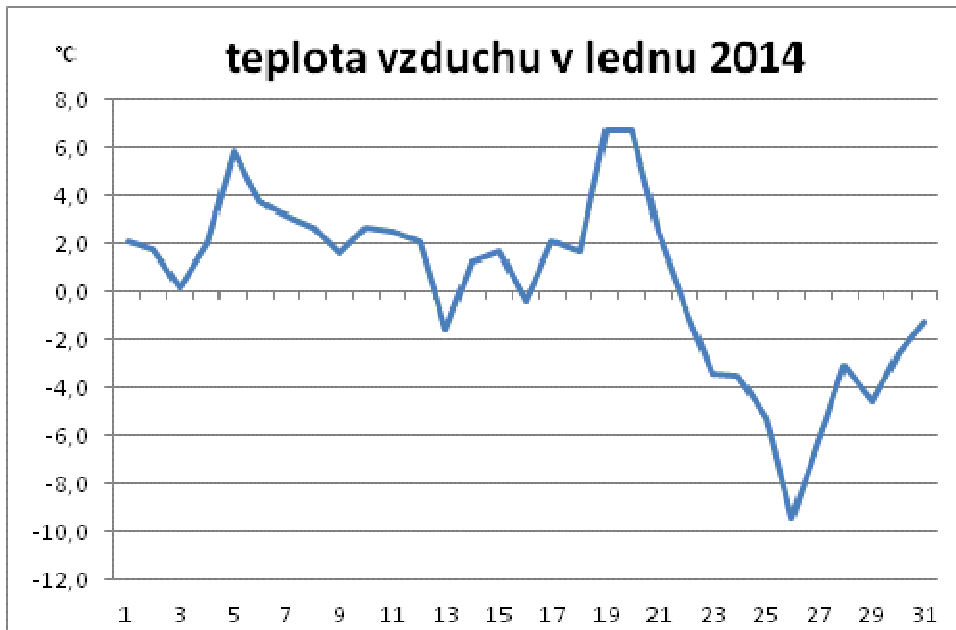
Klimatická data byla sledována v období prosinec 2013 – prosinec 2014. Cílem bylo potvrdit počáteční úvahu, že oba klíčoví odběratelé (typ hotel a typ škola) budou mít své největší denní spotřeby přímo závislé na teplotě prostředí a že jejich limitní spotřeby budou spadat do stejného časového úseku.

Limitní teplota (limitní období) byla určena na základě sledovaných údajů o počasí, jak ukazuje tabulka III. Tímto limitním obdobím byl v roce 2014 měsíc leden, kdy průměrná teplota v měsíci dosáhla hodnoty 0,4 °C.

**TAB. III: Přehled naměřených reálných a vypočítaných průměrných teplot za sledované období v meteorologické stanici v Jaderné elektrárně Dukovany (ČHMÚ, 2015)**

Teplota vzduchu na hydrometeorologické stanici Dukovany													
Den v měsíci	2013		2014										
	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
1	1,9	2,1	-3,0	5,5	10,3	14,4	14,4	15,6	19,0	13,1	14,7	9,2	-1,0
2	1,9	1,8	-1,9	6,4	10,9	14,0	13,6	15,7	22,7	12,9	14,2	5,8	-1,1
3	-1,2	0,2	-1,5	4,0	12,6	7,1	13,5	18,9	21,0	15,3	13,2	6,3	0,7
4	-2,2	2,0	-2,1	4,8	12,7	7,3	14,4	20,2	18,6	18,6	10,6	10,0	3,8
5	1,7	5,9	-1,4	5,8	11,6	7,4	14,3	19,1	19,3	19,0	11,6	12,8	4,4
6	1,3	3,8	-0,4	5,1	10,5	12,1	17,0	22,3	19,2	18,0	11,6	10,9	4,4
7	0,2	3,2	0,4	3,4	13,2	12,4	19,6	24,5	20,3	17,7	11,3	9,1	4,2
8	2,7	2,7	2,2	4,9	13,0	12,7	22,3	23,6	22,2	18,4	12,4	8,3	2,1
9	5,0	1,6	1,9	6,1	7,2	14,1	23,9	15,8	20,4	18,2	13,9	9,3	-0,3
10	4,3	2,7	2,1	6,0	5,5	14,1	24,9	14,7	22,0	15,6	13,5	10,3	-1,9
11	1,5	2,5	4,2	7,5	5,8	10,4	23,9	16,8	19,9	12,7	13,8	11,3	2,0
12	-0,3	2,1	1,9	7,6	8,7	9,3	21,0	17,4	16,2	13,9	15,2	10,2	3,1
13	-1,5	-1,6	0,8	7,6	8,8	8,6	17,9	17,9	15,5	14,7	14,5	9,2	2,4
14	-1,0	1,3	3,2	9,6	6,5	8,9	14,7	19,2	15,7	15,4	14,1	8,3	1,2
15	2,6	1,7	2,9	6,2	3,7	8,9	14,3	21,3	16,0	15,6	11,4	9,6	2,6
16	0,3	-0,4	3,3	8,5	5,3	8,9	14,7	21,8	13,8	16,4	13,1	7,7	3,1
17	-2,8	2,1	4,1	10,2	6,4	9,0	16,9	21,8	14,4	15,7	12,2	6,9	2,8
18	-3,2	1,7	2,0	10,5	7,6	10,2	18,0	22,7	17,1	15,5	13,0	6,7	5,9
19	-3,8	6,8	4,2	9,4	11,2	13,7	17,3	24,3	13,8	15,0	9,6	5,2	9,6
20	-2,1	6,8	4,9	11,0	11,0	16,7	13,4	25,6	13,8	16,6	12,7	4,7	4,6
21	-1,5	2,5	4,9	11,2	10,9	18,1	13,1	23,0	14,8	17,0	12,5	4,3	3,5
22	-0,2	-0,7	4,7	11,5	11,9	20,3	16,1	19,7	13,9	11,7	7,3	3,6	5,6
23	0,0	-3,4	4,1	6,5	13,1	20,3	17,9	20,8	14,8	9,0	7,5	4,2	8,3
24	3,2	-3,5	3,7	3,3	14,6	18,5	17,0	18,6	13,1	9,0	7,1	2,6	4,3
25	5,6	-5,2	4,5	3,9	13,3	18,4	13,7	19,7	12,9	11,1	4,6	2,6	4,2
26	7,5	-9,4	3,6	5,1	13,4	17,4	14,5	21,3	13,5	12,3	5,8	1,3	-0,4
27	4,8	-6,2	4,1	8,0	15,0	15,9	17,3	23,0	13,4	13,9	4,1	0,4	-4,1
28	5,0	-3,1	4,1	9,1	12,4	14,4	20,8	20,8	14,5	12,7	3,6	-0,5	-5,4
29	4,2	-4,6		10,3	13,5	10,9	19,3	19,9	15,8	10,3	3,0	-0,1	-6,3
30	0,9	-2,6		11,3	14,4	9,4	14,8	21,5	16,8	11,9	5,8	-1,0	-6,5
31	1,0	-1,2		10,3		12,7		18,9	15,2		6,6		-6,7
<b>Měsíční průměr</b>	<b>1,2</b>	<b>0,4</b>	<b>2,2</b>	<b>7,4</b>	<b>10,5</b>	<b>12,8</b>	<b>17,2</b>	<b>20,2</b>	<b>16,8</b>	<b>14,6</b>	<b>10,5</b>	<b>6,3</b>	<b>1,6</b>

Na základě detailních údajů z ČHMÚ bylo možné určit i limitní den pro toto období. Jak ukazuje graf na obr. č. 18, nejnižší teploty za sledované období byly naměřeny 26. ledna a období od 23. 1. 2014 do 29. 1. 2014 bylo nejchladnějším v roce.



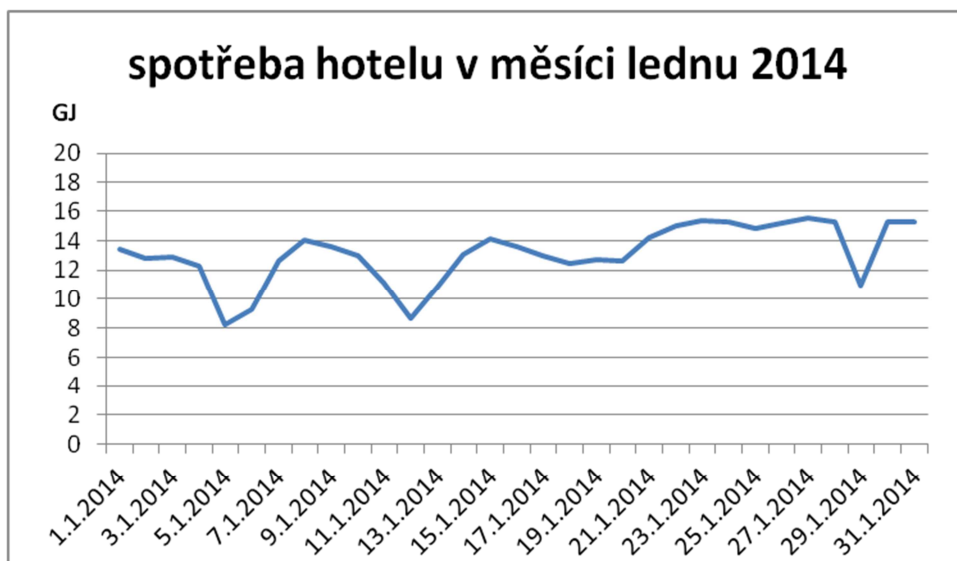
Obr. 18: Detailní přehled naměřených teplot v limitním období (ČHMÚ, 2015)

Dva hlavní odběratelé měli v limitním období stejný trend v odběru tepla. Jak ukazují následující obrázky č. 19 a 20, u obou hlavních odběratelů vedl pokles teploty ke zvýšení poptávky po dodávce tepelné energie. Je tedy možné konstatovat, že dva klíčoví odběratelé vykazují v limitním období podobné chování.



Obr. 19: Graf detailní spotřeby odběratele ZŠ Hrotovice v měsíci lednu (dle ZD Hrotovice, 2015)



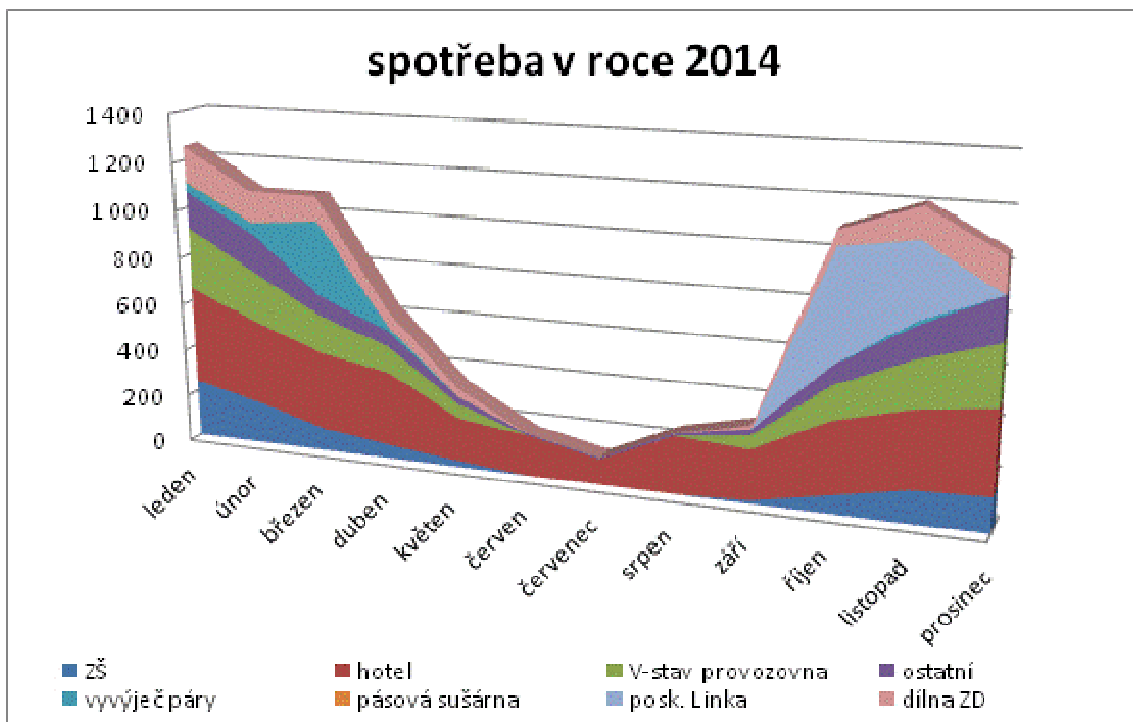


**Obr. 20:** Graf detailní spotřeby odběratele Sport V Hotel Hrotovice v měsíci lednu (dle ZD Hrotovice, 2015)

### 5.3 Celková spotřeba tepla podle odběratelů

Ve sledovaném období, tedy od 1. 1. 2014 do 1. 1. 2015, bylo v BPS Hrotovice vyrobeno 23 169 GJ tepelné energie. Z tohoto množství se podařilo cíleně využít 8 655 GJ, což odpovídá 37,4 %. Zbylých 62,6 % vyrobené tepelné energie nebylo využito.

Následující graf na obrázku č. 21 uvádí všechna odběrná místa s ročním odběrem větším než 119 GJ, tedy odběratele se spotřebou nad 1% výroby ve sledovaném roce.



**Obr. 21: Celková spotřeba tepla z provozu BPS Hrotovice podle odběratelů (dle ZD Hrotovice, 2015)**

Na celkové spotřebě tepelné energie se jednotliví spotřebitelé podíleli různou měrou. Největším odběratelem je Sport V hotel Hrotovice, který se spotřebou 3 307 GJ, podílel na celkové spotřebě z 38,2 %. Z veškeré vyrobené tepelné energie tento odběratel odebral 14,3 %. Druhým největším odběratelem je základní škola s odebranými 963 GJ, která se podílela na spotřebě 11,1 % a na odběru z celkové výroby se podílela ze 4,2 %.

V následující tabulce IV je uveden přehled spotřeb a procentuálního zastoupení jednotlivých odběratelů. Z tabulky vyplývá, že nejvyšší procento vyrobeného tepla odeberou ZŠ Hrotovice, Hotel (Sport V hotel Hrotovice) a V-stav výroba. Posledně jmenovaný odběratel ale není v rámci této práce sledován ani diskutován a to zejména z toho důvodu, že se nejedná o jednoho odběratele, ale o typově odlišné provozy, které jsou sledované v rámci jednoho odběrného místa.

**TAB. IV: Spotřeba a procentuální zastoupení jednotlivých odběratelů (dle ZD Hrotovice, 2015)**

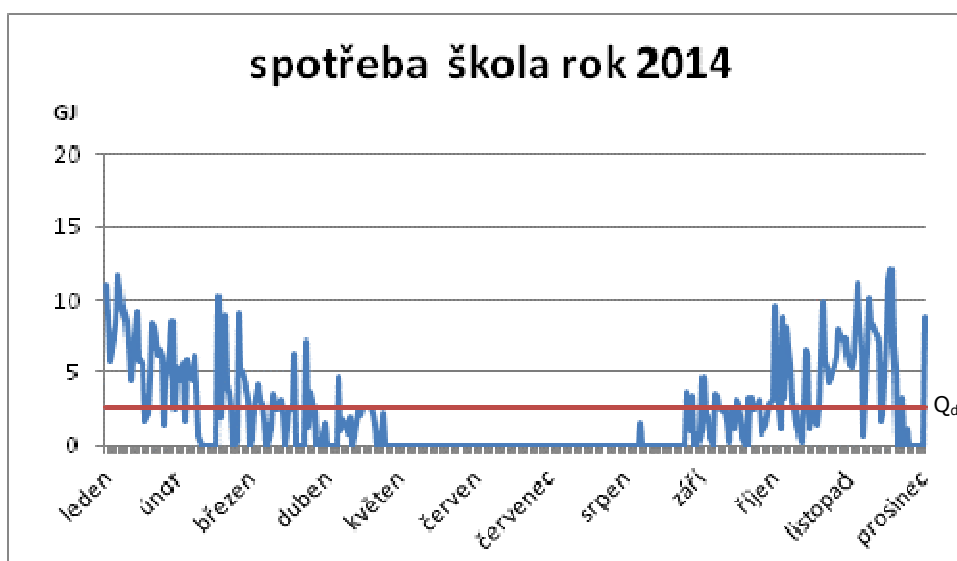
	ZŠ	Hotel	V-stav výroba	Ostatní	Vyvíječ páry	Pásová sušárna	Posk. linka	Dílna ZD	Celkem
Spotřeba v GJ	963	3 307	1 435	926	437	4	748	834	8 655
% z celkové spotřeby	11,1	38,2	16,6	10,7	5,0	0,0	8,6	9,6	100,0
% z celkové výroby	4,2	14,3	6,2	4,0	1,9	0,0	3,2	3,6	37,4
Celková výroba BPS v GJ									23 169

## 5.4 Popis skutečného stavu obou pozorovaných odběratelů

Cílem bylo u obou sledovaných subjektů zjistit násobek průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ) a na základě tohoto parametru posoudit oba typy odběratelů mezi sebou (čím více se bude  $MQ_d$  blížit jedné, tím vyrovnanější bude odběr tepelné energie). Způsob výpočtu je uveden v části metody a měření.

### 5.4.1 Spotřeba odběratele škola (ZŠ Hrotovice)

Chování odběratele škola ve sledovaném období vysvětluje následující graf a tabulka. Ukazují denní spotřebu tepla ve sledovaném období, její průměrnou hodnotu ( $Q_d$ ) 2,6 GJ, minimální 0 GJ a maximální denní odběr ( $Q_{dmax}$ ) 12,1 GJ.

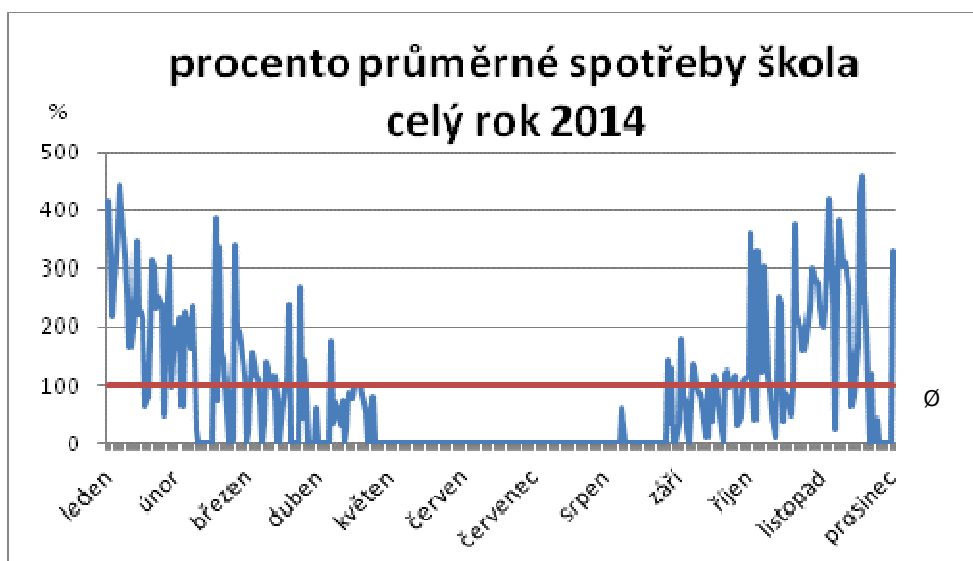


**Obr. 22: Skutečná spotřeba školy ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou (dle ZD Hrotovice, 2015)**

TAB. V: Popis odchylky od průměrného odběru školy ( $Q_d$ ) ve sledovaném období (dle ZD Hrotovice, 2015)

Škola rok 2014				
	Denní spotřeba v GJ	Odchylka od průměrné spotřeby v GJ	Násobek průměrné spotřeby	Procento průměrné spotřeby v %
Průměrné celoroční hodnoty	2,6	0,0	1,0	100,0
Nejvyšší denní hodnoty	12,1	9,5	4,6	457,9

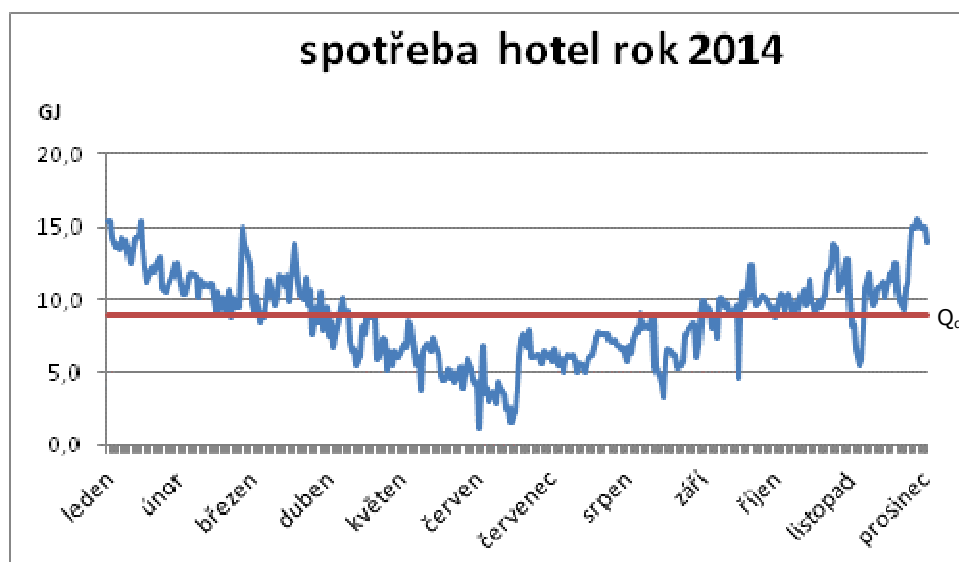
Při rozboru naměřených dat školy bylo zjištěno, že nejvyšší denní spotřeba ( $Q_{dmax}$ ) tohoto odběratele dosáhla výše **458 %** jeho průměrné spotřeby ( $Q_d$ ), jak uvádí následující graf. Tuto hodnotu je možné interpretovat tak, že provozovatel BPS musí pro pokrytí potřeb tohoto zákazníka rezervovat **4,58** násobek jeho průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ).



Obr. 23: Skutečná spotřeba školy ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou ( $Q_d$ ) vyjádřená v násobku průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ) (dle ZD Hrotovice, 2015)

#### 5.4.2 Spotřeba odběratele hotel (Sport V hotel Hrotovice)

Chování odběratele hotel ve sledovaném období vysvětluje následující graf a tabulka. Ukazují denní spotřebu tepla ve sledovaném období, její průměrnou hodnotu ( $Q_d$ ) 8,9 GJ, minimální 1,2 GJ a maximální denní odběr ( $Q_{dmax}$ ) 15,5 GJ.

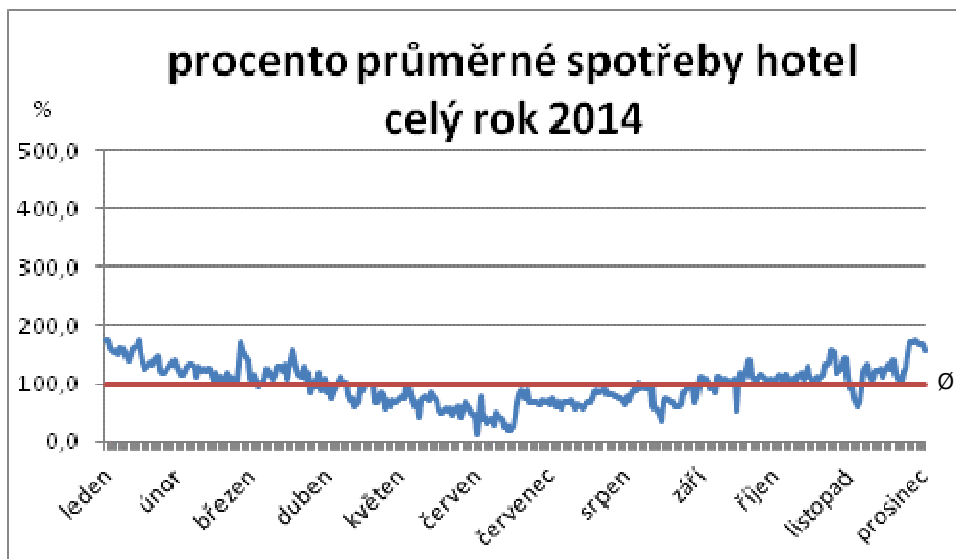


Obr. 24: Skutečná spotřeba hotelu ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou ( $Q_d$ ) (dle ZD Hrotovice, 2015)

TAB. VI: Popis odchylky od průměrného odběru hotelu ve sledovaném období (dle ZD Hrotovice, 2015)

Hotel rok 2014				
	Denní spotřeba v GJ	Odchylka od průměrné spotřeby v GJ	Násobek průměrné spotřeby	Procento průměrné spotřeby v %
Průměrné celoroční hodnoty	8,9	0,0	1,0	100,0
Nejvyšší denní hodnoty	15,5	9,5	1,8	175,0

Při vyjádření naměřených hodnot odběru hotelu v procentech je nejvyšší denní spotřeba tohoto odběratele ve výši **175 %** jeho průměrné spotřeby ( $Q_d$ ), jak uvádí následující graf. Tuto hodnotu je možné interpretovat tak, že provozovatel BPS musí pro pokrytí potřeb tohoto zákazníka rezervovat **1,75** násobek jeho průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ).



**Obr. 25: Skutečná spotřeba hotelu ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou ( $Q_d$ ) vyjádřená v násobku průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ) (ZD Hrotovice, 2015)**

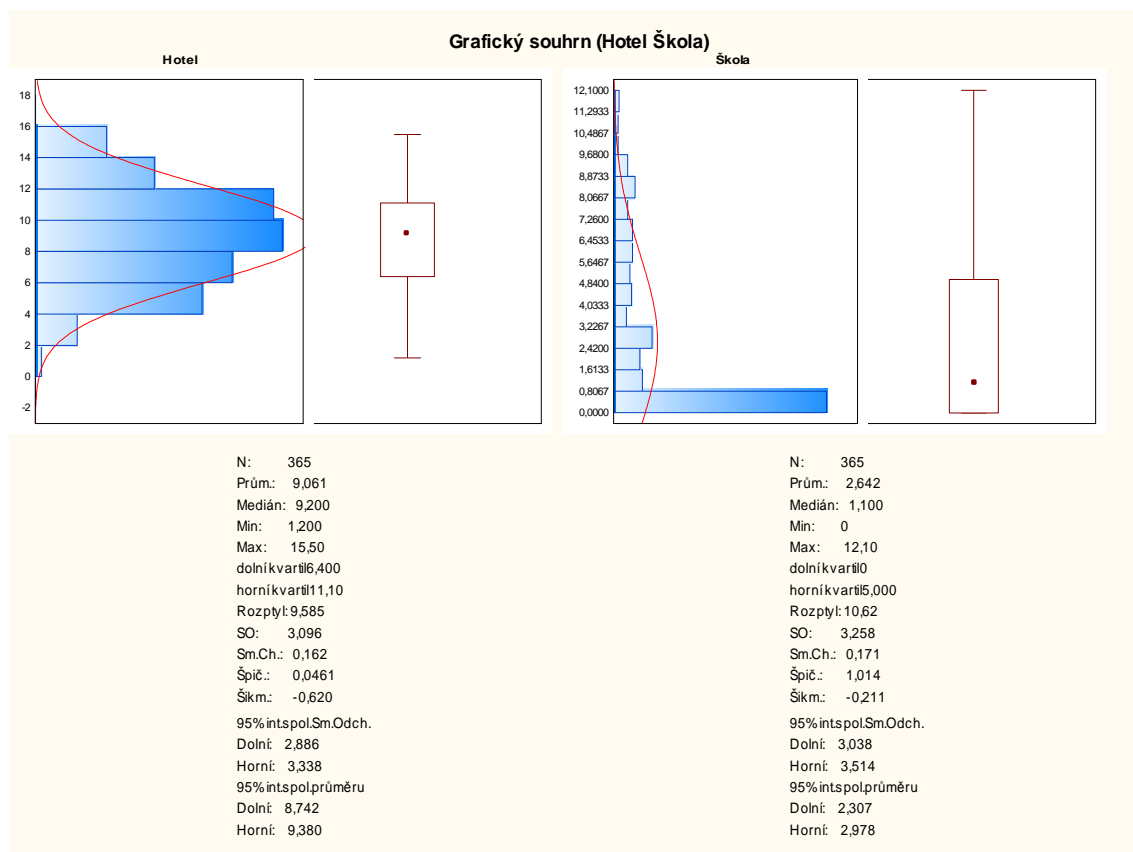
### 5.4.3 Srovnání dvou typů odběratelů na základě zjištěných hodnot

Díky vyjádření násobků průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ) u jednotlivých odběratelů je možné oba odběratele porovnat a určit, který z nich je zajímavější pro provozovatele BPS. Provozovatel BPS musí rezervovat množství energie, které odpovídá max. možné denní poptávce ( $Q_{dmax}$ ) daného odběratele.

U odběratele typu škola byl zjištěn 4,58 násobek jeho průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ), což je možné vyjádřit také tak, že jeho průměrná spotřeba ( $Q_d$ ) je na úrovni 21,8 % z jeho max. odběru ( $MQ_d$ ) ( $1 / 4,58 * 100$ ). V takovém případě, pokud by dodavatel dodával pouze odběratelům typu škola, byl by schopen ze své celkové výkonové kapacity nabídnout odběratelům maximálně **21,8 %** instalovaného výkonu, aby mohl garantovat zajištění dodávek v limitních obdobích.

U odběratele typu hotel byl zjištěn 1,75 násobek jeho průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ), což se je možné vyjádřit také opačně, že jeho průměrná spotřeba ( $Q_d$ ) je na úrovni 57,1 % z jeho max. odběru ( $Q_{dmax}$ ) ( $1 / 1,75 * 100$ ). V takovém případě, pokud by dodavatel dodával pouze odběratelům typu škola, byl by schopen ze své celkové výkonové kapacity nabídnout odběratelům maximálně **57,1 %** instalovaného výkonu, aby mohl garantovat zajištění dodávek v limitních obdobích.

Ze statistického vyhodnocení reálných naměřených dat provedených softwarem Statistica verze 12 (výrobce StatSoft) je možné vyčíst základní informace o rozložení odběrů obou základních typů odběratelů. Je patrné, že odběratel škola má značně vychýlené hodnoty od středních hodnot. Ze vzájemné polohy aritmetického průměru, mediánu a modu je možno poměrně dobře posoudit, do jaké kategorie odběratelů spadá dané rozložení četností denních odběrů tepla.



**Obr. 26: Statistické vyhodnocení dat (vlastní zpracování autora, Statistica verze 12)**

## 5.5 Modelové případy s jediným typem odběratele

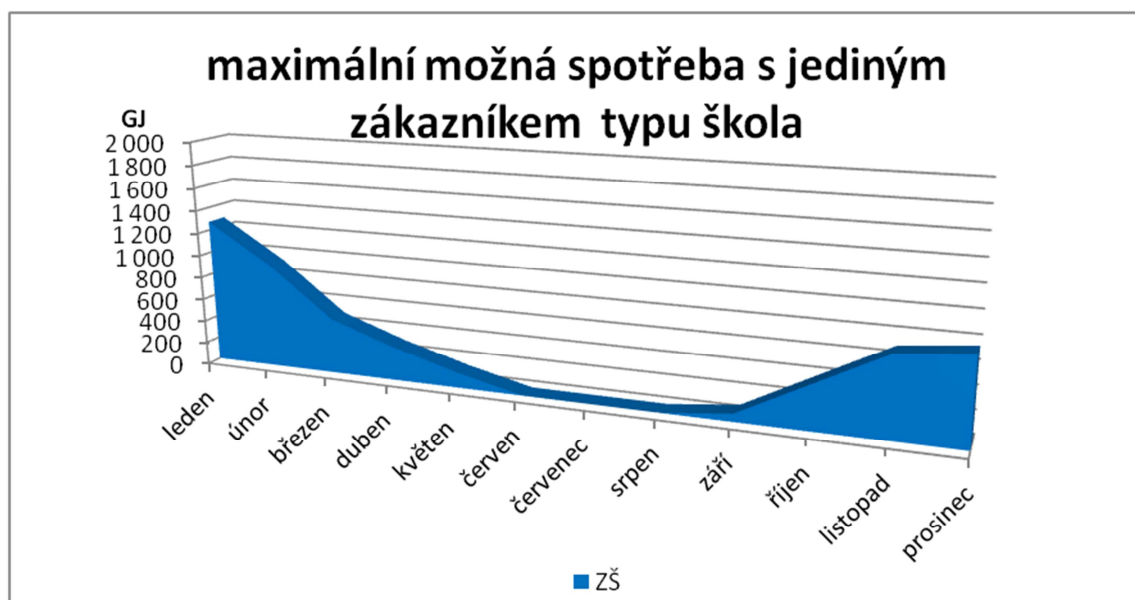
Dále se práce zabývá předpokladem, že jediným typem odběratele tepelné energie z provozu BPS je pouze jeden ze dvou sledovaných odběratelů. Tedy odběratel typu škola anebo odběratel typu hotel. Každý z nich je v den své největší spotřeby

( $Q_{dmax}$ ) schopen odebrat právě takové množství tepla, které BPS denně vyrábí. V tento den by žádná tepelná energie nepřebývala, ani by jí nebyl nedostatek.

### 5.5.1 Modelový případ - odběratel pouze typu škola

Následující výpočet bude počítat pouze s možností realizace tepla pro zimní otop odběratele typu škola. Jak bylo zjištěno v části č. 5.4.1, tomuto odběrateli musí provozovatel BPS rezervovat pro případ jeho nejvyšší špičkové (nárazové) spotřeby 4,58 násobek jeho průměrného odběru ( $MQ_d$ ).

Grafické vyjádření této spotřeby, která je zakomponována do skutečného chování pozorovaného spotřebitele škola, ukazuje následující obrázek č. 27.



**Obr. 27: Popis modelového případu – maximální odběr v případě jediného typu odběratele (typ škola)**

Celková maximální možná roční spotřeba tepla odběratelem tohoto typu je 5 059 GJ z 23 169 GJ celkem vyrobených, což je **21,8 %** z celkové produkce BPS. Pokud bychom uvažovali stávající ceny 250 Kč za GJ tepla, je možné konstatovat, že provozovatel BPS Hrotovice by v popsaném modelovém případě ročně utržil z prodeje tepelné energie **1 264 750 Kč**.



### 5.5.2 Modelový případ – odběratel pouze typu hotel

Následující model bude počítat pouze s možností realizace tepla pro zimní otop odběratele typu hotel. Jak bylo zjištěno v části č. 5.4.2, musí tomuto typu odběratele provozovatel BPS rezervovat, pro případ jeho nejvyšší špičkové (nárazové) spotřeby, 1,75 násobek jeho průměrného odběru. ( $MQ_d$ ).

Grafické vyjádření této spotřeby, která je zakomponována do skutečného chování pozorovaného spotřebitele škola, ukazuje následující obrázek č. 28.



Obr. 28: Popis modelového případu – maximální odběr v případě jediného typu odběratele (typ hotel)

Celková maximální možná roční spotřeba tepla odběratelem tohoto typu je 13 239 GJ z 23 169 GJ celkem vyrobených, což je **57,1 %** z celkové produkce BPS. Pokud bychom uvažovali stávající ceny 250 Kč za GJ tepla, je možné konstatovat, že provozovatel BPS Hrotovice by v popsaném modelovém případě ročně utržil z prodeje tepelné energie **3 309 750 Kč**.

## 5.6 Modelové případy s doplněným odběratelem v letním období

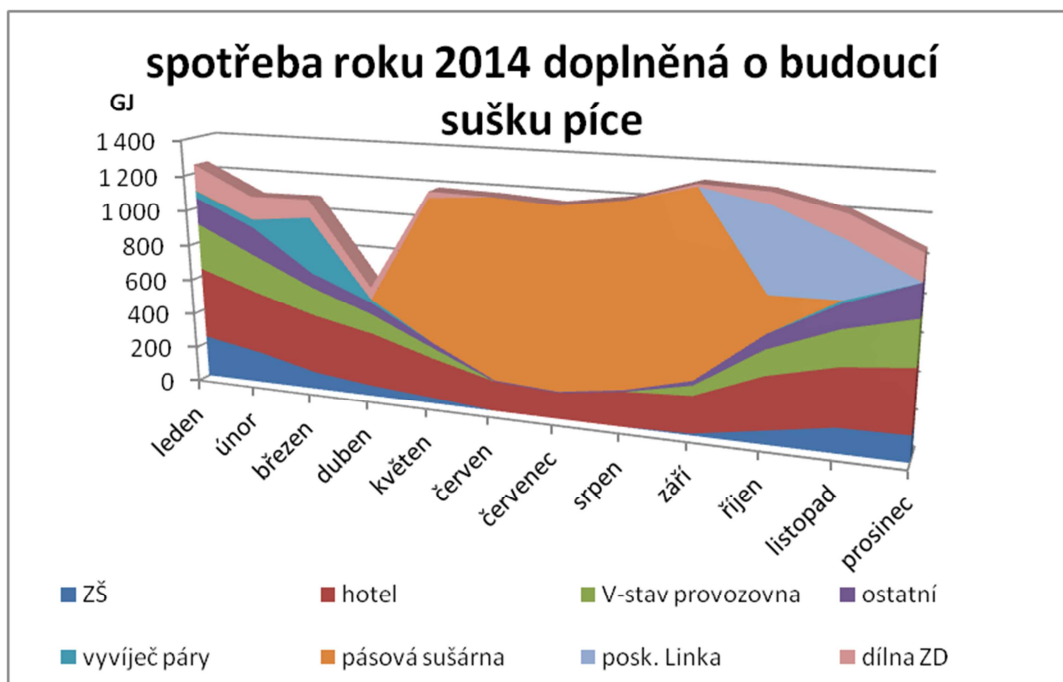
### 5.6.1 Odběratel typu letní odběr (sušárna pícnin) + skutečnost BPS Hrotovice 2014

Tato práce se mj. zabývá problematikou vyhodnocení odběratelů tepla z BPS během období topné sezony. Vzhledem k tomu, že ve sledovaném provozu je plánováno využití letního přebytku tepla z BPS zprovozněním pásové sušárny pícnin, která bude v provozu od měsíce května až do září, využije práce tohoto modelového případu k úvaze o využití tepelné energie z BPS i mimo topnou sezonu.

Na zařízení je instalován výměník o jmenovitém výkonu 600 kW. Z technologických důvodů (přípojné armatury, čerpadla, výkon ventilátoru na výměníku apod.) je plánován reálný odběr výkonu z BPS na úrovni 400 kW, což odpovídá odběru tepla 1,44 GJ za hodinu. Teplo bude využito na přehřev vzduchu nasávaného do spalovacího prostoru plynového hořáku. Plánovaná měsíční spotřeba energie je v tomto zařízení cca 1 000 GJ, což zahrnuje technologické ztráty a přibližně odpovídá průměrnému odebíranému výkonu na úrovni 2/3 instalovaného výkonu výměníku. Provoz při sušení pícnin bude probíhat nepřetržitě, tedy po celých 24 hodin denně, 7 dní v týdnu.

Velkou výhodou dodávek tepla pouze na přehřev teplého vzduchu do pásové sušárny, je to, že vzduch je pouze přehříván na cca 55°C, a na požadovanou sušící teplotu je dohříván spalováním zemního plynu. Díky tomu je spotřeba tepelné energie limitována pouze výkonem výměníku, a proto jsou dodávky tepla do sušárny pícnin vyrovnané a nedochází k žádným denním ani hodinovým výkyvům při odběru tepla.

Jak by modelový příklad vypadal za předpokladu, že se teoretická plánovaná spotřeba sušárny zakomponuje do skutečnosti sledovaného období, ukazuje následující graf na obrázku č. 29.



**Obr. 29: Skutečná spotřeba roku 2014, doplněná o spotřebu budoucí pásové sušárny pícnin (dle ZD Hrotovice, 2015)**

Tento modelový příklad ukazuje na obrovský potenciál využití tepelné energie z BPS v zemědělství. Celková sezónní plánovaná spotřeba pásové sušárny je 5 004 GJ, což tvoří 21,6 % celkové roční výroby BPS. Základní výhodou však je, že tato spotřeba je plánována mimo období pro zimní otop, resp. s jeho malým překryvem.

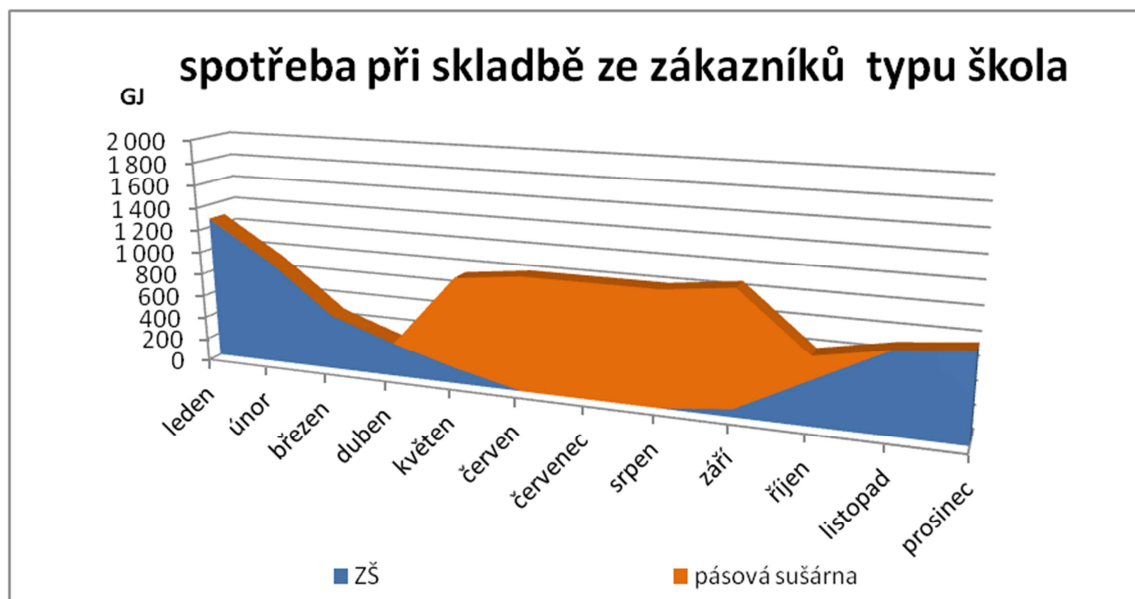
Tento modelový případ (vytvořený spojením skutečných spotřeb v roce 2014 a plánovaných spotřeb pásové sušárny pícnin na rok 2015) by zajistil celkové využití tepelné energie na úrovni 13 659 GJ, což je 59 % celkové roční výroby BPS. Při ceně 250 Kč za GJ by celkové tržby vzrostly na 3 414 750 Kč.

### 5.6.2 Odběratel typu letní odběr (sušárna pícnin) + odběratel typu škola

Tento model počítá s možností realizace tepla pro zimní otop jedinému odběrateli typu škola, doplněný o odběratele typu letní provoz – sušárnu pícnin. Jak bylo zjištěno v části 5.5.1, byl by tento typ odběratele schopen odebrat maximálně 5 059 GJ za rok. Ve spojení s odběratelem typu letní provoz (sušárna pícnin) bude spotřeba v letním období 5 004 GJ (jak je uvedeno v části č. 5.6.1).

Celková teoretická roční spotřeba je pak 10 063 GJ, což činí **43,4 %** z celkové roční produkce. Za předpokladu stávajících cen 250 Kč za GJ, by provozovatel BPS Hrotovice v modelovém případě ročně tržil z prodeje tepelné energie 2 515 750 Kč.

Následující obrázek č. 30 ukazuje grafické vyjádření teoretické spotřeby letního odběratele typu sušárna píce, která je zakomponována do chování pozorovaného spotřebitele typu škola jako jediného odběratele.



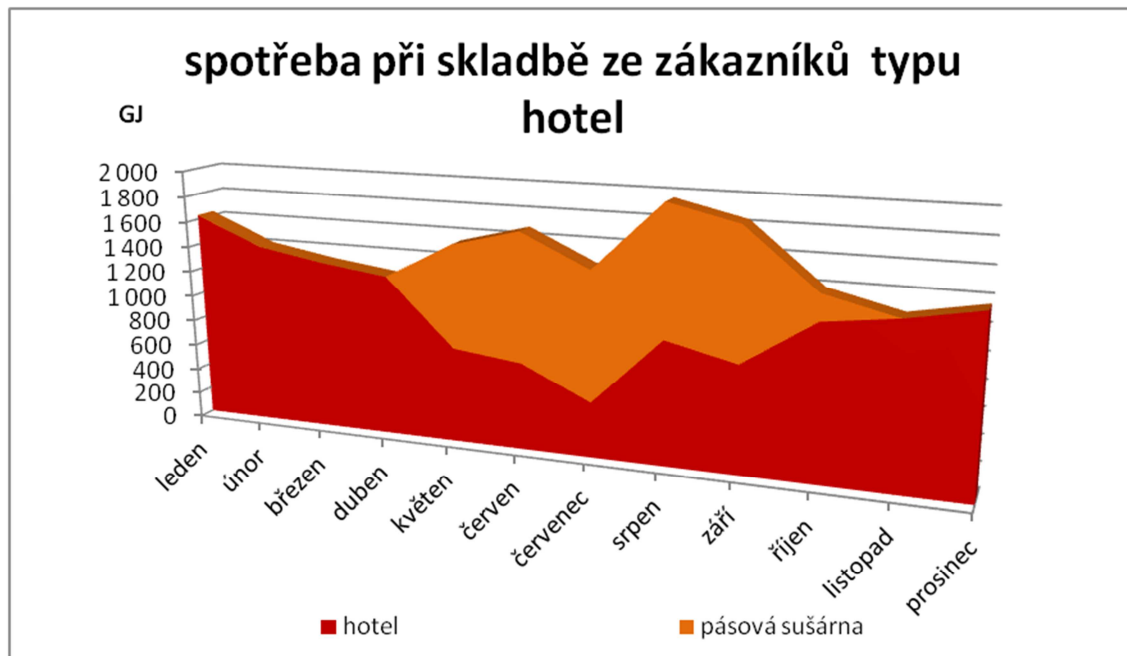
**Obr. 30: Modelová skladba se 100 % zákazníků typu škola, doplněná o spotřebu budoucí pásové sušárny píce (vlastní zpracování autora)**

### 5.6.3 Odběratel typu letní odběr (sušárna píce) + odběratel typu hotel

Tento model počítá s možností realizace tepla pro zimní otop jedinému odběrateli typu hotel, doplněný o odběratele typu letní provoz – sušárnu píce. Jak bylo zjištěno v části č. 5.5.2, je tento odběratel schopen odebrat maximálně 13 239 GJ za rok. Ve spojení s odběratelem typu letní provoz – sušárna píce, bude spotřeba v letním období 5 004 GJ (jak je uvedeno v části č. 5.5.1).

Celková teoretická roční spotřeba je 18 243 GJ, což činí **78,7 %** z celkové roční produkce. Za předpokladu stávajících cen 250 Kč za GJ by provozovatel BPS Hrotovice v modelovém případě ročně tržil z prodeje tepelné energie 4 560 750 Kč.

Následující obrázek č. 31 ukazuje grafické vyjádření teoretické spotřeby letního odběratele typu – sušárna píce, která je zakomponována do chování pozorovaného spotřebitele typu hotel jako jediného odběratele.



**Obr. 31: Modelová skladba s maximálním možným využitím dodávek tepla zákazníků typu hotel, doplněná o spotřebu budoucí pásové sušárny píce (vlastní zpracování autora)**

Jak je vidět na obrázku č. 31, kde je zkombinován modelový případ nejlepšího zimního odběratele s doplněním o letního odběratele, dojde k velice zajímavému využití celkové výrobní kapacity BPS 78,7 %. Stejně jako v předchozích případech platí podmínka, že všechny dny v roce by provozovatel BPS byl schopen vykrýt poptávku po tepelné energii, aniž by omezil komfort odběratelů.

## 6 ZÁVĚR

Analýzou údajů získaných při sledování provozu bioplynové stanice v zemědělském družstvu Hrotovice a pozorováním chování různých odběratelů tepelné energie z tohoto provozu bylo zjištěno, že typově odlišní odběratelé mají zásadně rozdílné chování. Pozorované byly dva hlavní typy odběratelů – odběratel typu škola, (zástupce ZŠ Hrotovice), kam lze řadit i úřady, kanceláře, školy, firmy s jednosměnným denním provozem a odběratel typu hotel (zástupce Sport V hotel Hrotovice), do této skupiny lze řadit i domovy důchodců, nemocnice, restaurace, a jiná zařízení.

Odběratel škola měl spotřebu tepelné energie velice nevyrovnanou a v nejchladnějších dnech roku odebíral **4,58** násobek své průměrné denní spotřeby.

Odběratel hotel měl mnohem vyrovnanější spotřebu tepelné energie, což se projevovalo v nejchladnějších dnech v roce tak, že odebíral pouze **1,75** násobek své průměrné denní spotřeby.

Na základě porovnání obou odběratelů mezi sebou a za použití předpokladu, že všichni odběratelé jsou pouze jednoho typu (tedy všichni odběratelé jsou typu škola nebo všichni odběratelé jsou typu hotel), bylo zjištěno, že rozdíl v dodaném množství tepla za rok by byl **2,62** násobný ve prospěch odběratele typu hotel. U námi sledovaného konkrétního provozovatele BPS (ZD Hrotovice) by tento rozdíl činil **2 045 000 Kč** v tržbách za dodané teplo ročně.

Tento 2,6 násobný rozdíl ve spotřebě tepelné energie a potažmo v tržbách za dodanou energii je nutno zohlednit již v době plánování výstavby teplovodu a vyhledávání potenciálních odběratelů tepelné energie. Je velice důležité provést podrobný ekonomický rozbor s důrazem na počáteční náklady na realizaci rozvodné teplovodní sítě a případné zvýšené pořizovací náklady s ohledem na strukturu potenciálních zákazníků a tento rozdíl do výpočtu návratnosti zahrnout.

Dalším hlediskem, kterým se práce zabývala, je využití potenciálních odběratelů mimo hlavní topnou sezonu, které může být velmi ekonomicky rentabilní. Ve sledovaném podniku je takovým typickým odběratelem pro letní odběr pásová sušárna pícnin, kterou se během sledovaného období z technických důvodů nepodařilo zprovoznit, a do výpočtu byly zahrnuty pouze plánované teoretické odběry.

Z modelových výpočtů vyplývá, že zprovozněním zařízení bude provozovatel BPS schopen využít tepelnou energii k sušení píce v letních měsících a tím spotřebu ze své celkové roční produkce zvýšit o 21,6 %, což v tržbách znamená o 1 251 000 Kč více.

Řízení motivace odběrných míst s cílem vyrovnat odběr tepelné energie je v námi sledovaném případě velmi náročné. Vzhledem k rozdílným požadavkům na odběr tepelné energie:

- v průběhu dne (např. subjekty typu škola požadují pouze dopolední dodávky tepla),
- v průběhu týdne (minimální víkendový odběr),
- v průběhu roku (dřívější konec topné sezony u zákazníka typu škola),
- rozdíly mezi požadovanou komfortní teplotou (zákazník typu škola požaduje nižší komfortní teplotu, než zákazník typu hotel).

Není tedy možné zákazníka účelně motivovat pro změnu jeho požadavku, protože větší množství odebraného tepla by účelně nevyužil. Přesto je vhodné věnovat pozornost sjednávání maximálních denních, hodinových i čtvrt hodinových maximálních odběrů tak, aby bylo případné špičkové překročení výrobní kapacity zálohováno akumulací na straně odběratele, nebo aby za případné krátkodobé kapacitní výpadky nehrozila provozovateli BPS vysoká sankce a mohl tedy optimalizovat celkové celoroční dodávky a maximalizovat tržby.

## 7 ZDROJE

1. Aring B. K., 2002: Perspectives for Anaerobic Digestion. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, Vol. 81., dostupné na: [http://scholar.google.cz/scholar\\_url?url=http://www.researchgate.net/profile/Birgitte\\_Ahring2/publication/10758599\\_Perspectives\\_for\\_anaerobic\\_digestion/links/0046352a8fed64f54c000000.pdf](http://scholar.google.cz/scholar_url?url=http://www.researchgate.net/profile/Birgitte_Ahring2/publication/10758599_Perspectives_for_anaerobic_digestion/links/0046352a8fed64f54c000000.pdf), cit. 11.2.2015.
2. Beniak J., Križan P., Matúš M., 2013: *Energetická bilancia obnovitelných zdrojov energie*. Energie z biomasy XIV – Lednice, dostupné na: <http://www.eu.fme.vutbr.cz/odbor-energetickeho-inzenyrstvi/energie-z-biomasy-xiv-rocnik-2013>, cit. 1.2.2015, ISBN 978-80-214-4775-2.
3. Celjak I., 2008: *Biomasa je nezbytná součást lidského života*. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>, cit. 31.1.2015, ISSN: 1801-2655.
4. Cenek M., 2001: *Obnovitelné zdroje energie*. FCC PUBLIC s.r.o., Praha, 208 s, ISBN 80-901985-8-9.
5. CZBA, 2015: dostupné na: <http://www.czba.cz/>, cit. 31.1.2015.
6. ČHMÚ, 2015: *Historická data za sledované období, hodinové odečty teplot ve stanici Jaderná elektrárna Dukovany*.
7. Energetický regulační úřad, 2012: *Vyhláška 347/2012 Sb. kterou se stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a tepla a doba životnosti výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů*. Dostupné na: <http://www.eru.cz/documents/10540/463078/vyhl+technicko+ekonomick%C3%A9%20parametry+zn%C4%9Bn%C3%AD%20zm%C4%9Bna+2013/ca98996b-cd3d-4d06-b5d8-f3e8205e7356>, cit. 14.2.2015.
8. Energetický regulační úřad, 2013: *Výkladové stanovisko Energetického regulačního úřadu vydané za účelem upřesnění definice užitečného tepla z obnovitelných zdrojů a vymezení přípustných způsobů uplatnění užitečného tepla z obnovitelných zdrojů energie*. Dostupné na: [http://www.eru.cz/documents/10540/466930/131220\\_VKS\\_TEPLO\\_web+final.pdf/a54ff0cc-ae2a-4807-8063-2b2ae94a46ca](http://www.eru.cz/documents/10540/466930/131220_VKS_TEPLO_web+final.pdf/a54ff0cc-ae2a-4807-8063-2b2ae94a46ca), cit. 14.2.2015.



9. Farmtec, 2015: *www stránky společnosti*. Dostupné na: <http://www.farmtec.cz/reference-bioplynove-stance-172/bps-hrotovice-600-kw-mwm-i65.html>, cit. 11.2.2015.
10. Junga P., Trávníček P., Mareček J., 2013: *Požární bezpečnost kogeneračních jednotek bioplynových stanic, Technika a technologie v biosystémech, 1. vydání*. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra, 38 s, ISBN 978-80-552-1022-3.
11. Kára J., Pastorek J., 2010: *Technologie zemědělských bioplynových stanic*. Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství zemědělské bioplynové stanice – odborný seminář, Chrudim, dostupné na: [http://eagri.cz/public/web/file/59655/Sbornik\\_prispevku.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/59655/Sbornik_prispevku.pdf), cit. 31.1.2015, ISBN 978-80-86832-49-4.
12. Karafiát Z., 2012: *Analýza bioplynových transformací odpadů, jejich kvantitativní a kvalitativní analýza*. Disertační práce, Mendelu Brno, 127 s.
13. Kooperace Hrotovice, 2015: *www stránky společnosti*. Dostupné na: <http://www.krmivakooperace.cz/>, cit. 14.3.2015.
14. Mapy, 2015: *www stránky mapy.cz*. Dostupné na: <http://www.mapy.cz/letecka?x=16.0521075&y=49.1149112&z=15&l=0&source=muni&id=5369>, cit. 15.2.2015.
15. MPO, 2012: *Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů*. Dostupné na: <http://www.mpo.cz/dokument120572.html>, cit. 31.1.2015.
16. Mužík O., Kára J., 2009: *Rozvoj bioplynových technologií v podmínkách ČR*. Dostupné na: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2009/132.PDF>, cit. 31.1.2015
17. Mužík O., Kára J., 2009: *Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR*. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>, cit. 11.1.2015, ISSN 1801-2655.
18. MWM, 2015: *www stránky společnosti*. Dostupné na: <http://www.mwm.net>, cit. 14.3.2015.
19. Nijaguna B. T., 2002: *Biogas technology*. New age international publishers, New Delphi, 285 s. ISBN 81-224-1380-3.
20. Oyewole O. A., 2010: Biogas production from chicken droppings. *Science World Journal*, Vol 5 (No 4), ISSN 1597-6343.

21. Pastorek Z., Kára J., Jevič P., 2004: *Biomasa, obnovitelný zdroj energie*. FCC PUBLIC s.r.o., Praha, 286 s, ISBN 80-86534-06-5.
22. Pravda L., 2004: *Biomasa jako obnovitelný zdroj energie*. Energie z biomasy III – seminář, Brno, dostupné na: <http://www.eu.fme.vutbr.cz/odbor-energetickeho-inzenyrstvi/energie-z-biomasy-iii-rok-2004>, cit. 31.1.2015, ISBN 80-214-2805-8.
23. Pullen T., 2015: *Anaerobic digestion – making biogas – making energy*, Routledge, Oxon, UK, ISBN 978-0-415-71348-1.
24. Rabah A. B., Baki A. S., Hassan L., Musa M. & Ibrahim A. D., 2010: Production of biogas using abattoir waste. *Science World Journal*, Vol 5, No 4, ISSN 1597- 6343.
25. Sensus, 2015: *Ultrazvukový měřič tepla Pollustat – charakteristika*. Dostupné na: [http://sensus.com/documents/10157/4062703/lh\\_4110\\_cz\\_pollustat\\_e\\_010](http://sensus.com/documents/10157/4062703/lh_4110_cz_pollustat_e_010), cit. 11.2.2015.
26. Straka F., et al., 2006: *Bioplyn: Příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic, 2. vydání*. GAS, Praha, 706 s., ISBN 80-7328-090-6.
27. Stupavský V., 2012: *Zelená podpora tepla pro zdroje na biomasu a bioplyn zajistí nižší náklady spotřebitelů*. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zelena-podpore-tepla-pro-zdroje-na-biomasu-a-bioplyn-zajisti-nizsi-naklady-spotrebitelu>, cit. 31.1.2015, ISSN: 1801-2655.
28. Šafařík M., 2012: *Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla*. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>, cit. 14.2.2015, ISSN: 1801-2655.
29. TZB-info, 2015: *Obnovitelná energie a úspory energie*. Dostupné na: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa>, cit. 11.2.2015, ISSN 1801-4399.
30. Vodoměry Praha, 2015: *www stránky společnosti*. Dostupné na: <http://eshop.vodomerypraha.cz/>, cit. 11.2.2015.
31. Voříšek T., 2014: *Provozní a investiční formy podpory využití tepla z bioplynových stanic*. Dostupné na: [http://www.svn.cz/assets/files/seminare\\_a\\_konference/2014/prezentace-tvorisek-seven-bednar-1-2014-aktual.pdf](http://www.svn.cz/assets/files/seminare_a_konference/2014/prezentace-tvorisek-seven-bednar-1-2014-aktual.pdf), cit. 14.2.2015.

32. Voříšek T., Málek B.: 2013: *Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic – Předběžná studie proveditelnosti využití tepla u bioplynové stanice AVENA Knapovec*. Dostupné na: [http://www.biogasheat.org/wp-content/uploads/2014/02/D3.5a\\_SEVEn\\_CZ.pdf](http://www.biogasheat.org/wp-content/uploads/2014/02/D3.5a_SEVEn_CZ.pdf), cit. 11.2.2015.
33. WELTEC Biopower, 2015: *www stránky společnosti*. Dostupné na: <http://www.weltec-biopower.com/How-does-a-biogas-plant-work.1080.0.html>, cit. 31.1.2015.
34. Zákon 165/2012 Sb., 2012: *Zákon ze dne 31. ledna 2012 o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů*. Praha, dostupné na: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-165-2012-sb-o-podporovanych-zdrojich-energie-a-o-zmene-nekterych-zakonu>, cit. 14.3.2015.
35. Zákon 180/2005 Sb., 2005: *Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie*. Praha, dostupné na: <http://www.mpo.cz/dokument6697.html>, cit. 14.3.2015.
36. ZD Hrotovice, 2015: *www stránky společnosti*. Dostupné na: <http://www.zdhrotovice.cz/>, cit. 14.2.2015.
37. Žídek M., 2004: *Anaerobní digesce zvolených substrátů na laboratorním fermentoru*. Energie z biomasy III – seminář, Brno, dostupné na: <http://www.eu.fme.vutbr.cz/odbor-energetickeho-inzenyrstvi/energie-z-biomasy-iii-rok-2004>, cit. 31.1.2015, ISBN 80-214-2805-8.

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Výroba energie z obnovitelných zdrojů na území Německa (Pullen, 2015) _____	11
Obr. 2: Zjednodušené schéma anaerobní fermentace (Kára a Pastorek, 2010) _____	12
Obr. 3: Zjednodušené schéma toků materiálu a energií v BPS (WELTEC Biopower, 2015) _____	16
Obr. 4: Pohled do vnitřku haly pro sušení balíků (Šafařík, 2012) _____	24
Obr. 5: Velkokapacitní kravín (ZD Hrotovice, 2015) _____	25
Obr. 6: Skladovací kapacity (ZD Hrotovice, 2015) _____	26
Obr. 7: Celkový pohled na uspořádání provozu ZD Hrotovice (Mapy, 2015) _____	27
Obr. 8: Fotografie generátoru s bezpečnostním barevným rozlišením částí technologie (fotografie autora) _____	28
Obr. 9: Příjmový box BPS ZD Hrotovice (fotografie autora) _____	28
Obr. 10: Fotografie budov ZŠ Hrotovice (vlastní fotografie autora) _____	30
Obr. 11: Pohled na hotelový komplex Sport V hotelu Hrotovice (vlastní fotografie autora) _____	31
Obr. 12: Schematické rozložení odběratelů tepelné energie, zdroje a rozvodné sítě (vlastní zpracování) _____	33
Obr. 13: Kogenerační jednotka MWM, typ gasmotor TCG 2016 V12C o výkonu 600 kW (MWM, 2015) _____	34
Obr. 14: Měřič tepla Pollustat E Qn 3,5 DN 25 (1") L=260mm PN 16) (Vodoměry Praha, 2015) _____	35
Obr. 15: Měřič tepla Pollustat E Qn 15 DN 50 L=270mm PN 25 a měřič tepla Pollustat E Qn 10 DN 40 (6/4") L=300mm PN 25 (Vodoměry Praha, 2015) _____	35
Obr. 16: Vzor dat pro vysvětlení násobku průměrného odběru (vlastní zpracování) _____	37
Obr. 17: Celková spotřeba tepla z provozu BPS Hrotovice (ZD Hrotovice, 2015) _____	38
Obr. 18: Detailní přehled naměřených teplot v limitním období (ČHMÚ, 2015) _____	40

Obr. 19: Graf detailní spotřeby odběratele ZŠ Hrotovice v měsíci lednu (dle ZD Hrotovice, 2015)	40
Obr. 20: Graf detailní spotřeby odběratele Sport V Hotel Hrotovice v měsíci lednu (dle ZD Hrotovice, 2015)	41
Obr. 21: Celková spotřeba tepla z provozu BPS Hrotovice podle odběratelů (dle ZD Hrotovice, 2015)	42
Obr. 22: Skutečná spotřeba školy ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou (dle ZD Hrotovice, 2015)	43
Obr. 23: Skutečná spotřeba školy ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou ( $Q_d$ ) vyjádřená v násobku průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ) (dle ZD Hrotovice, 2015)	44
Obr. 24: Skutečná spotřeba hotelu ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou ( $Q_d$ ) (dle ZD Hrotovice, 2015)	45
Obr. 25: Skutečná spotřeba hotelu ve sledovaném období s vyznačenou průměrnou spotřebou ( $Q_d$ ) vyjádřená v násobku průměrné spotřeby ( $MQ_d$ ) (ZD Hrotovice, 2015)	46
Obr. 26: Statistické vyhodnocení dat (vlastní zpracování autora, Statistica verze 12)	47
Obr. 27: Popis modelového případu – maximální odběr v případě jediného typu odběratele (typ škola)	48
Obr. 28: Popis modelového případu – maximální odběr v případě jediného typu odběratele (typ hotel)	49
Obr. 29: Skutečná spotřeba roku 2014, doplněná o spotřebu budoucí pásové sušárny pícnin (dle ZD Hrotovice, 2015)	51
Obr. 30: Modelová skladba se 100 % zákazníků typu škola, doplněná o spotřebu budoucí pásové sušárny pícnin (vlastní zpracování autora)	52
Obr. 31: Modelová skladba s maximálním možným využitím dodávek tepla zákazníků typu hotel, doplněná o spotřebu budoucí pásové sušárny pícnin (vlastní zpracování autora)	53

## 9 SEZNAM TABULEK

TAB. I: Současný stav (2010) a modelové cílové hodnoty rozvoje obnovitelných energií podle Národního akčního plánu (vlastní zpracování na základě Stupavský, 2012) ____	19
TAB. II: Scénáře dosažení cílů OZE v oblasti využití biomasy a bioplynu pro výrobu elektřiny a tepla v rámci Národního akčního plánu k roku 2020 (vlastní zpracování na základě Stupavský, 2012) _____	20
TAB. III: Přehled naměřených reálných a vypočítaných průměrných teplot za sledované období v meteorologické stanici v Jaderné elektrárně Dukovany (ČHMÚ, 2015) ____	39
TAB. IV: Spotřeba a procentuální zastoupení jednotlivých odběratelů (dle ZD Hrotovice, 2015) _____	43
TAB. V: Popis odchylky od průměrného odběru školy ( $Q_d$ ) ve sledovaném období (dle ZD Hrotovice, 2015) _____	44
TAB. VI: Popis odchylky od průměrného odběru hotelu ve sledovaném období (dle ZD Hrotovice, 2015) _____	45

## 10 SEZNAM ZKRATEK

BPS	Bioplynová stanice
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla nebo druhotných zdrojů
ORC	Organický Rankinův cyklus
OZE	Obnovitelné zdroje energie
TTP	Trvalé travní porosty
ZD	Zemědělské družstvo