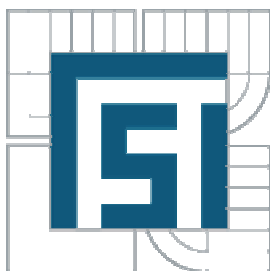




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

**VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE  
V KOGENERAČNÍCH JEDNOTKÁCH**  
POWER PRODUCTION IN COGENERATION UNITS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**JOSEF ŠAROUN**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. TOMÁŠ CAHA**

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2009/10

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Šaroun Josef

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Energetika, procesy a ekologie (3904R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Výroba elektrické energie v kogeneračních jednotkách**

v anglickém jazyce:

#### **Power production in cogeneration units**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náplní práce je ekonomické srovnání různých režimů provozu malých kogenečních jednotek v prostředí aktuální nabídky výkupních cen, bonusů a příspěvků.

Cíle bakalářské práce:

1. Stručně uveďte pojem kogenerace a dostupné kogenerační technologie pro výkony do 500 kWe. 2. Popište kogenerační jednotky na bázi spalovacího motoru. 3. Provedte ekonomické srovnání různých režimů provozu malých kogenečních jednotek v prostředí aktuální nabídky výkupních cen, bonusů a příspěvků.

Seznam odborné literatury:

Emil Dvorský: Kombinovaná výroba energií, BEN, Praha 2005

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Caha

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 30.10.2009

L.S.



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je technicko-ekonomické zhodnocení předností kombinované výroby elektrické a tepelné energie v závislosti na aktuální nabídce výkupních cen, bonusů a příspěvků. Jsou zde popsány kogenerační technologie vhodné pro nízké výkony do 500 kWe. Podrobněji jsou rozebrány kogenerační jednotky na bázi pístových spalovacích motorů. V práci je provedeno zhodnocení různých provozních režimů kogenerační jednotky. V závislosti na výsledcích je vybrán nejvhodnější styl provozu. Byla vypočtena denní výnosnost v relaci s výkupními cenami jednotlivých komodit a ceny servisu. Uvažovány byly příspěvky za KVET a decentralizovanou výrobu elektřiny. Provozně a ekonomicky byl pro kogenerační jednotku stanoven jako nejvýhodnější dvanáctihodinový režim provozu. Bylo provedeno ekonomické zhodnocení investice do kogenerační jednotky a zjištěna návratnost vložených financí. Pokud by byla jednotka provozována podle navrhovaných předpokladů, návratnost vložené investice je cca 2 roky a při správném provozování by za dobu své životnosti mohla vygenerovat tržby ve výši cca 21,8 mil. Kč.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Kogenerace, spalovací motory, výroba elektrické energie, zdroj tepla, ekonomické srovnání.

## ABSTRACT

The aim of this thesis is the technical-economic evaluation of the advantages of combined production of electrical and thermal energy, depending on the current offer price of feed, bonuses and allowances.. There are described co-generational technologies and used for units with performance up to 500 kWe. There are discussed in detail cogeneration units based on reciprocating internal combustion engines. The thesis contents evaluation of various modes of operation of co-generation unit, depending on the results is chosen the most suitable mode. Daily yield was calculated in relation with prices paid for commodities and service. Co-generational contribution were considered as well as contribution for decentralized production of electricity. From the operational and economical point of view the most effective mode of running the co-generation unit is 12 hours mode. The economical evaluation of input was made. If the operational mode of the unit would follow the suggested mode, the financial return of input would be in two years. With the correct operation the co-generation unit would generate the income about 21,8 mil. CZK.

## KEY WORDS

Co-generation, combustion engines, production of electricity, heat source, economical evaluation.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠAROUN, J. Výroba elektrické energie v kogeneračních jednotkách. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 33 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Caha

Já, Josef Šaroun, prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne: 28.5.2010

.....

**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Tomáši Cahovi, za podnětné odborné rady a za projevenou vstřícnost. Dále pak své rodině a přítelkyni za morální podporu.





**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>1. VYMEZENÍ POJMU KOGENERACE</b> .....	<b>3</b>
1.1. Transformace energetických zdrojů.....	3
1.2. Definice kogenerace.....	4
1.3. Výhody kogenerace .....	5
<b>2. DOSTUPNÉ KOGENERAČNÍ TECHNOLOGIE PRO VÝKONY DO 500 kWe</b> .....	<b>6</b>
2.1. Druhy kogeneračních technologií .....	6
2.2. Primární jednotky kogeneračních soustrojí .....	7
2.3. Primární jednotky s přímou přeměnou energie.....	7
2.3.1. Palivové články .....	7
2.4. Primární jednotky s nepřímou přeměnou energie .....	8
2.4.1. Mikroturbíny .....	8
2.4.2. Organický Rankinův cyklus.....	10
2.4.3. Stirlingův motor .....	12
<b>3. SPALOVACÍ MOTORY</b> .....	<b>14</b>
3.1. Výkony a účinnosti spalovacích motorů.....	16
3.2. Parametry spalovacích motorů.....	19
<b>4. ROZBOR ZADÁNÍ EKONOMICKÉHO SROVNÁNÍ PROVOZŮ KJ</b> .....	<b>20</b>
<b>5. VÝBĚR KOGENERAČNÍ JEDNOTKY</b> .....	<b>21</b>
5.1. Vyhodnocení výběru .....	22
<b>6. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b> .....	<b>23</b>
6.1. Provozní režimy .....	23
6.2. Energetická bilance .....	24
6.3. Ceny energií .....	24
6.4. Příspěvky KVET.....	25
6.5. Denní provozní zatížení .....	25
6.6. Vyhodnocení denního provozu KJ.....	26
<b>7. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ INVESTICE</b> .....	<b>29</b>
7.1. Investiční náklady .....	30
7.2. Vstupní parametry pro sestavení ekonomického modelu .....	30
<b>8. ZÁVĚR</b> .....	<b>33</b>
<b>ZDROJE INFORMACÍ</b> .....	<b>34</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</b> .....	<b>36</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>37</b>

## ÚVOD

V současnosti rozvíjející se energetika řeší dva hlavní problémy celosvětového rázu. Jako hlavní problém se označuje neustále narůstající energetická náročnost spotřebitelů. Svůj podíl na tomto faktu má stále přelidňování planety, dále nové a levnější, ovšem energeticky náročnější technologie, stále komfortnější životní styl lidí, zvláště ve vyspělých zemích světa. Zde však vzniká druhý problém, kterým je dopad na životní prostředí při získávání stále dalších energetických zdrojů.

Nyní už víme, že fosilních paliv rychle ubývá. Ovšem ani stále se rozvíjející technologie obnovitelných zdrojů se neukazují jako ekonomicky perspektivní, hlavně kvůli stále častěji se objevujícím problémům v přenosových soustavách. Česká republika je závislá na fosilních palivech, jako je uhlí a zemní plyn. S těmito zdroji ovšem musíme šetřit. Jako řešení se nabízí kombinovaná výroba energií: „Kogenerace“.

Kogenerace je všeobecně uznávaná jako ekologicky šetrná výroba elektrické energie, která snižuje zátěž životnímu prostředí i ekonomice. Proto je kombinovaná výroba energií stále častějším tématem. Ale vzhledem k tomu, že základní jednotkou české energetiky je stále Koruna, kogenerace se může prosadit jenom efektivním dodáváním konečných forem energií spotřebitelům tam, kde to potřebují.

V této práci se zaměřuji na malé kogenerační jednotky a na ekonomická hlediska jejich provozu u nás.

## 1. VYMEZENÍ POJMU KOGENERACE

Z prvního zákona termodynamiky víme, že energie nevzniká ani nezániká, pouze se transformuje do jiné formy. Na zemi se vyskytuje energie v různých počátečních formách např. ve formě mechanické (která může být kinetická a potenciální), v elektrické formě (elektrostatická, elektrodynamická apod.), v chemické podobě atd. Kogenerací označujeme kombinovanou výrobu elektrické a tepelné energie, zkráceně KVET. Hlavní myšlenkou kogenerace je zvýšení účinnosti při výrobě elektrické energie využitím odpadního tepla pro další účely. Velké výrobní elektrárny i tepla jsou teplárny. Menším kombinovaným výrobním elektrické a tepelné energie se říká kogenerační jednotky. V první řadě si vymežíme některé základní pojmy.

### Teplárenský modul

Teplárenský modul je poměr mezi vyrobenou elektrickou energií a užitečným tepelným výkonem. Obecně se snažíme o co nejvyšší hodnotu teplárenského modulu. To ze dvou důvodů. Proto, že elektrická energie je snadno transformovatelná na jiný druh energie s vysokou účinností. A také proto, že elektřinu jsme schopni dopravit i na velké vzdálenosti s jen nízkými ztrátami. Vyrobené teplo se využívá rovnou u výroby nebo v blízkém okolí.

$$e = \frac{E}{Q_d} [-] \quad \text{Rce. 1 – Teplárenský modul [2]}$$

### Teplárenská účinnost

Teplárenská účinnost je účinnost, kterou vyhodnocujeme u tepláren a kogeneračních jednotek. Jedná se o poměr vyrobené elektrické a tepelné energie ku velikosti energie dodané v palivu.

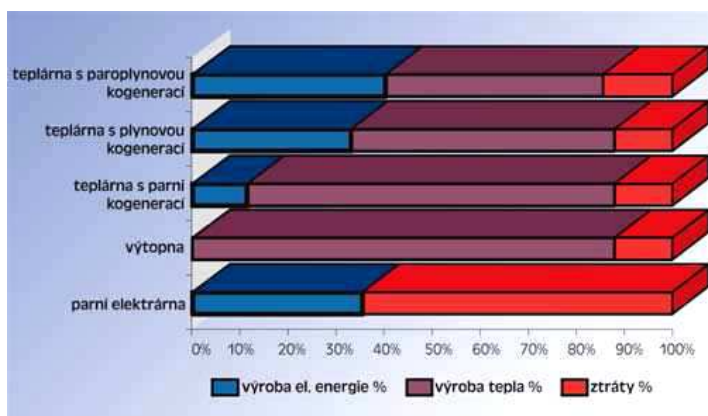
$$\eta_{tep} = \frac{E + Q_d}{Q_{pal}} [-] \quad \text{Rce. 2 – Teplárenská účinnost [2]}$$

E [W] -elektrická energie  
 Q<sub>d</sub> [W] -využitý tepelná energie  
 Q<sub>pal</sub> [W] -energie přivedená v palivu

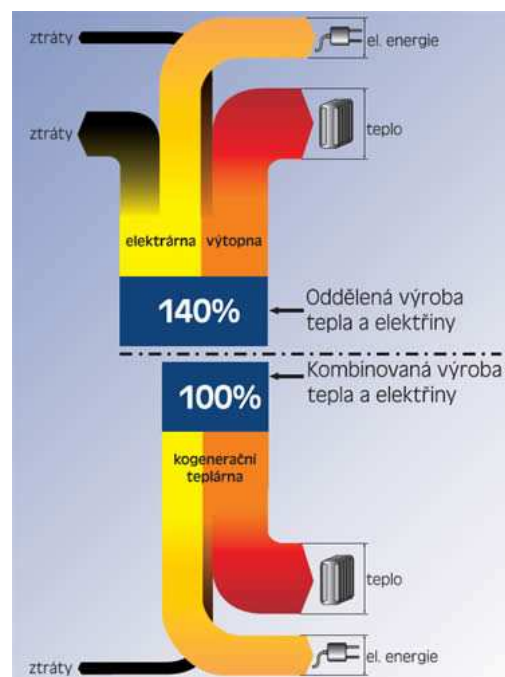
### 1.1. Transformace energetických zdrojů

Konečné formy energie, které potřebují koneční odběratelé (domácnosti, průmyslová sféra apod.), jsou především elektrická energie a teplo. Z obr.1 je patrné, že elektřinu v tepelných elektrárnách vyrábíme s účinností asi 30-45% podle použitých technologií. Vedle toho ovšem výtopny ze stejného paliva získávají teplo s účinností okolo 80-90 %. Musíme také myslet na ztráty při dopravě energie k odběrateli.

Vyrobíme-li elektřinu v kogenerační jednotce, dosáhneme elektrické účinnosti zase jen okolo 40 %, ovšem odpadní teplo, které získáme, ještě efektivně využijeme k vytápění apod. s účinností 50 % z přivedeného paliva. Zapojením zařízení v kogeneračním provozu tedy dosáhneme úspory paliva, protože získáme ušlechtilou elektrickou energii a potřebnou tepelnou energii a palivo se využije na 90 %, jak můžeme vidět na obr. 2. Při použití vhodně navržené kogenerační jednotky s dobře pokrytým odběrem, můžeme ušetřit až třetinu paliva na výrobu stejného množství elektrické energie a tepla, vyráběné v elektrárně a výtopně.



Obr. 1 – Rozdělení energie přivedené v palivu[8]



Obr. 2 – Porovnání množství spotřebované energie u oddělené a kombinované výroby tepla a elektřiny[8]

## 1.2. Definice kogenerace

Kogenerace neboli KVET (kombinovaná výroba tepla a elektřiny), je současná výroba elektřiny a tepla za použití jednoho paliva. Teplo vzniklé při výrobě elektrické energie (např. z výfukových systémů plynovou turbínou) je zachyceno a dále využíváno třeba k výrobě vysokopotencionální a nízkopotencionální páry. Pára může být použita jako zdroj tepla pro průmyslové i domácí účely nebo může být použita jako médium v parní turbíně k další výrobě elektřiny, takovéto zapojení označujeme jako kombinovaný cyklus.

Známe mnoho metod jak transformovat energii z paliva na elektrickou energii za doprovodu využívání odpadního tepla. Tyto metody označujeme jako **kogenerační technologie**. Kogenerační technologie můžeme majoritně rozdělit podle počtu transformací z fyzikálního hlediska na:

- Nepřímá kogenerace
- Přímá kogenerace

U *nepřímého způsobu* se energie z paliva transformuje několikrát. Nejčastěji používaný způsob zahrnuje tři přeměny. Z paliva uvolníme tepelnou energii. Teplo použijeme na získání technické práce, kterou přeměníme na mechanickou. Z mechanické práce pomocí zařízení, pomocí generátoru vzniká elektrická energie. Tento způsob je zatím nejrozšířenější a nejvíce využívaný i přesto, že při každé transformaci energie dochází ke ztrátám.

Oproti tomu *přímý způsob* vyrábí elektřinu přímo z paliva za současného uvolňování tepla. Kogenerační technologie založené na principu přímé přeměny paliva na elektrickou energii

jsou v současnosti v intenzivním vývoji. Klasickým příkladem této technologie jsou dnes často zmiňované palivové články.

Množině, zahrnující kogenerační jednotku včetně dopravy a spotřeby energií, se říká **kogenerační systém**. Podle typu odběru energií z kogeneračních jednotek se kogenerační systémy dělí na:

- Centralizované systémy
- Decentralizované systémy

*Centralizované systémy* jsou takové systémy, které vyrobenou energii dopravují na poměrně vzdálená odběrová místa. Takovéto systémy musí mít rozsáhlou energetickou soustavu, která zvláště u teplofikační soustavy vyžaduje rozsáhlou síť teplovodů k odběratelům výrazně navyšující náklady.

Naopak *Decentralizované systémy* jsou většinou systémy menších kogeneračních jednotek, které jsou však umístěny přímo v místě spotřeby. Mohou být provozovány energetickými výrobci nebo samotnými odběrateli.

### 1.3. Výhody kogenerace

- Úspora paliva

Použití kombinované výroby tepla a elektrické energie představuje zhruba 40% úsporu paliva. V praxi to znamená, že za stejné množství energie zaplatí výrobce pouze 60 % finančních prostředků.

- Minimalizace nákladů na rozvod energie

U decentralizovaných systému teplo i elektrická energie navíc vznikají v místě své spotřeby, čímž odpadají náklady na rozvod energie i ztráty tímto dálkovým rozvodem způsobené. Teplo vznikající v kogenerační jednotce je využito k vytápění budov, přípravě teplé užitkové vody nebo k přípravě technologického tepla.

Protože se při použití kogeneračního způsobu výroby elektřiny a tepla ušetří asi 40 % paliva, zatěžuje kogenerace z ekologického hlediska přibližně o totéž procento méně životní prostředí.

- Energie pro případ nouze

Kogenerační jednotky slouží často též jako nouzové zdroje elektrické energie v místech její nepřetržité potřeby.

- Výroba chladu

Pomocí absorpčního výměníku je možno vyrobené teplo využít i k výrobě chladu pro technologické účely nebo klimatizaci. V takovém případě se hovoří o tzv. trigeneraci (kombinované výrobě elektrické energie, tepla a chladu).

## 2. DOSTUPNÉ KOGENERAČNÍ TECHNOLOGIE PRO VÝKONY DO 500 kWe

V současné době na trhu existuje několik druhů technologií, které nabízí řešení pro zákazníka, zájmem je se o kogenerační jednotku s elektrickým výkonem do 500 kW. Takové jednotky se umísťují v místě spotřeby tepelné energie. Jde tedy o decentralizovaný systém. Nejčastěji se výkon a režim provozu kogenerační jednotky navrhuje podle potřeby tepla. Kogenerační jednotky s nižším výkonem se uplatní především jako zdroj tepla pro vytápění jednotlivých budov, vytápění komplexu menších budov nebo v menších průmyslových podnicích.

### 2.1. Druhy kogeneračních technologií

Každý kogenerační zdroj se skládá z těchto čtyř základních částí:

- Primární jednotka (pohonný agregát)
- Elektrického generátor vč. zařízení pro připojení na spotřebitelskou a veřejnou síť
- Výměníků tepla vč. propojení na tepelné rozvodné sítě
- Kontrolního a řídicího systému

V současné době se jako pohon v kogeneračních jednotkách malých výkonů nejčastěji používají:

- Spalovací pístové motory

S intenzivním vývojem přicházejí na trh nové druhy pohonných jednotek:

- Stirlingovy motory
- Mikroturbíny
- Zařízení využívající organický cyklus (ORC)
- Parní motory

a také zcela nové principy kogeneračních zařízení:

- Palivové články

Objevují se zařízení umožňující přípravu nových paliv (obnovitelných) pro kogenerační pohony:

- Zplyňovací zařízení
- Zařízení pro rychlou pyrolýzu
- Zařízení vyrábějící bioplyn

Některé nové technologie rozšiřují možnosti použití kogeneračních jednotek:

- Tepelná čerpadla
- Absorpční chladicí zařízení

## 2.2. Primární jednotky kogeneračních soustrojí

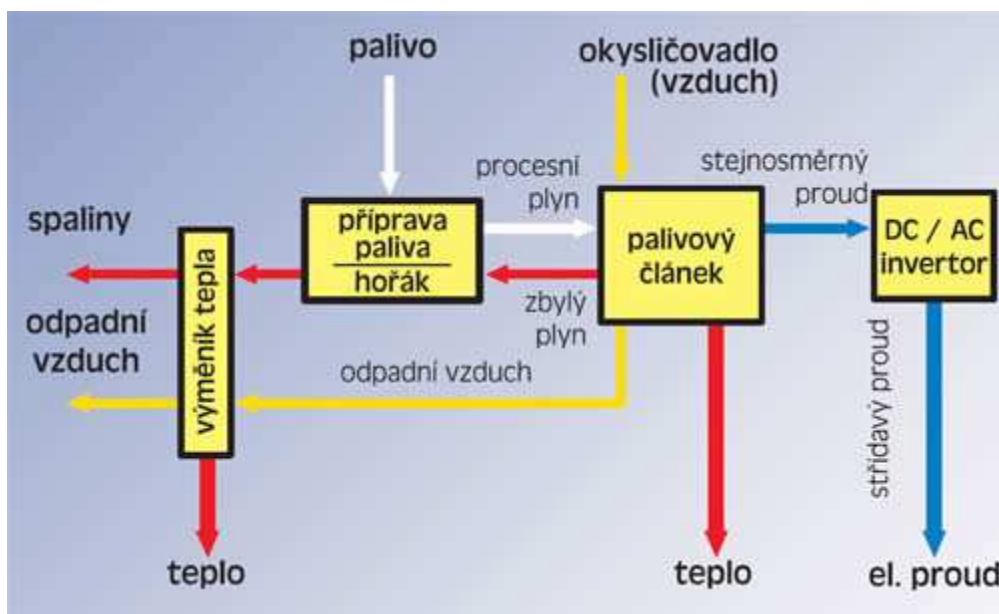
Primární jednotky tvoří hlavní část kogeneračního systému, ke kterému se dle možností využití osazují různé podsystémy, například rekuperační systémy a podobně, podle druhu kogenerační technologií. Druh primární jednotky určuje hodnoty parametrů kogeneračních jednotek. V zásadě můžeme rozdělit primární jednotky na jednotky s přímou a nepřímou přeměnou energie jak je popsáno výše.

## 2.3. Primární jednotky s přímou přeměnou energie

Přímá přeměna je u kogeneračních jednotek podmíněna tak, že palivo jdoucí do jednotky je přímo převáděno do elektrické energie za doprovodného vzniku tepla. Tepla je odváděno teplotnosným médiem ke spotřebiteli. Jedinou technologií, která se dokázala prosadit mezi jednotkami s nepřímou transformací, jsou palivové články.

### 2.3.1. Palivové články

„Kombinovaná výroba elektřiny a tepla palivovými články je založena na principu chemické reakce plynu s okysličovadlem v tzv. palivovém článku tvořeném vhodnými elektrodami a elektrolytem. Palivo a okysličovadlo se na katalytickém povrchu elektrod ionizují, ionty jsou vedeny elektrolytem k druhé elektrodě a uvolněné elektrony vytvářejí elektrický proud. Tato přímá přeměna energie chemicky vázané v palivu na energii elektrickou není limitována stejnými termodynamickými principy jako ve spalovacích motorech (Carnotův cyklus) a umožňuje tak dosažení vyšší účinnosti. Dalšími výhodami jsou téměř bezhlučný provoz a minimální či nulové emise škodlivin.“ [1]



Obr. 3 – Schéma zapojení palivového článku[8]

Palivové články fungují na vodík, který je ovšem špatně skladovatelný a navíc je jeho výroba dosti drahá. V současnosti se stále vyvíjejí, stejně jako vodíkové hospodářství. Do budoucna by palivovým článkům mohl pomoci i fakt, že s vodíkem se počítá jako s palivem

budoucnosti. Jeho využití se nabízí v mnoha odvětvích, hlavně v energetice a dopravě. Auta na vodík už nejsou tak vzdálenou budoucností jako bývala. Dokonce už i u nás byla počátkem roku 2010 postavena čerpací stanice na vodík. Zatím ale vodíkové hospodářství nemůže ekonomicky konkurovat fosilním palivům. A tak se využívá paliv bohatých na vodík, jako jsou zemní plyn, LPG, etanol, bioplyn.

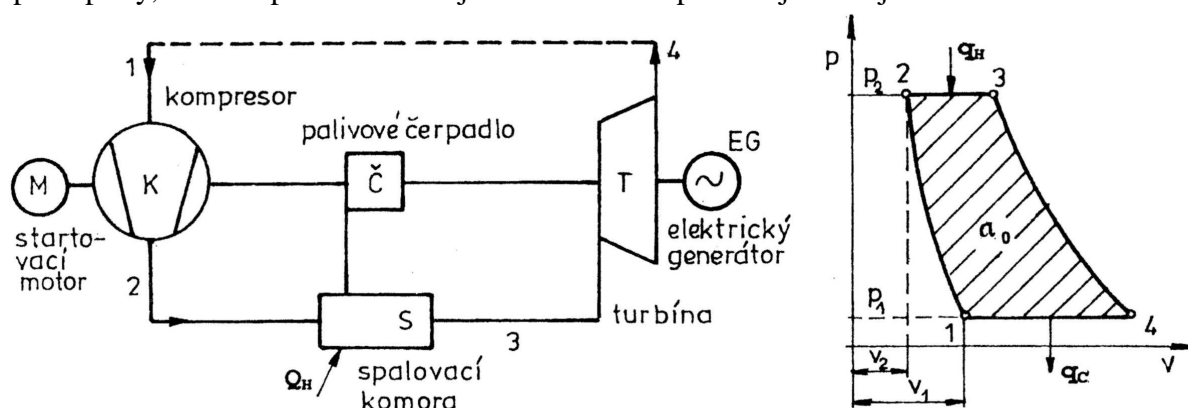
## 2.4. Primární jednotky s nepřímou přeměnou energie

Jednotky s nepřímou přeměnou jsou známy již dlouho. Využívá se technologií tepelných strojů, které pracují v tepelných cyklech. Kogenerace se dnes používá téměř u všech technologií, které vyrábí elektrický proud, avšak výkony vhodné pro malou a střední kogenerační výrobu, tedy do 0,5 MWe, mají kogenerační jednotky s těmito primárními jednotkami:

- Mikroturbíny
- Organický Rankinův cyklus
- Stirlingův motor
- Spalovací pístové motory

### 2.4.1. Mikroturbíny

Mikroturbíny jsou stále se rozšiřující novinkou na českém a zahraničním trhu. Jsou to vlastně plynové turbíny o malém výkonu 30-350 kW. Stejně jako plynové turbíny pracují mikroturbíny s Braytonovým oběhem. Tlakový poměr je ale u mikroturbín větší, stejně jako vstupní teploty, avšak teplota vzduchu jdoucího do kompresoru je co nejnižší.



Obr. 4 – Idealizovaný Braytonův cyklus[4]

Mikroturbíny jsou stejně jako plynové turbíny vysoce spolehlivé už z toho důvodu, že mají jen jednu rotující část. Vše je umístěno na jednom hřídeli. Mikroturbíny rotují otáčkami okolo 100 000 ot/min. Proto se využívá vysokofrekvenčních generátorů s následnou úpravou parametrů elektřiny. Na hřídel je možno umístit olejová nebo vzduchová ložiska, v takovém případě odpadá olejové hospodářství. Je možné taky využít dvouhřídelové uspořádání, na jedné hřídeli je vysokorychlostní kompresor, na druhé turbína s generátorem. Zde odpadá úprava parametrů elektrické energie, ale je zde více rotujících částí.



Proudění pracovní látky se řeší, na rozdíl od plynových turbín, které používají axiální kompresor a proudění pracovního média, radiálním prouděním pracovní látky. Tímto uspořádáním se u nízkých výkonů zvyšuje účinnost, snižují ztráty sáláním a dosahuje vyšší kompaktnosti. U mikroturbín používáme často spalínový výměník, který má za úkol předehtovat spalovací vzduch, tím výrazně zvyšuje účinnost, zároveň však snižuje teplotu dodávaného tepla.

### Parametry mikroturbín

Vzhledem k poměrně nízkým výkonům se kogenerační jednotky s mikroturbínami umísťují blízko odběratelům tepelné energie, jako jsou sídliště, nemocnice, hotely, školy atd. Díky svým vlastnostem jsou vhodné jako mobilní kogenerační jednotky. Teplárenský modul je nižší než u plynových turbín, a sice 0,5-0,7 [1].

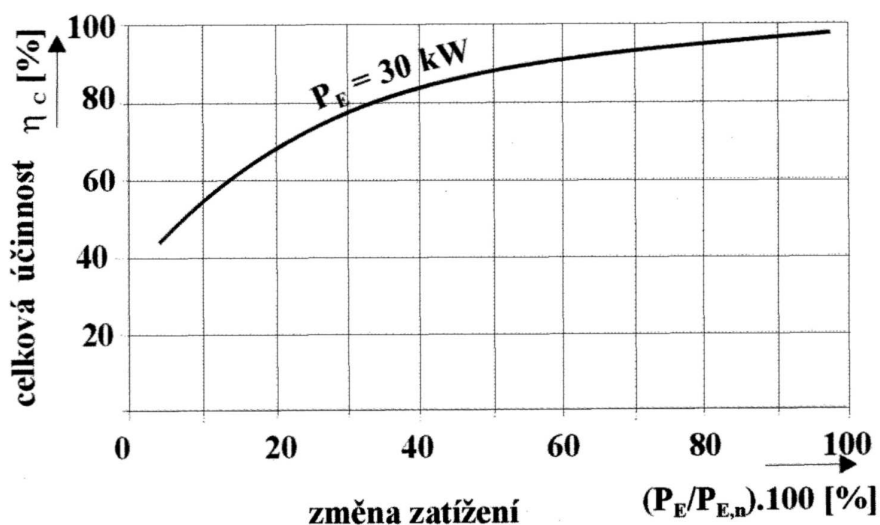
Tepelná energie má podobně jako u plynových turbín vysokou kvalitu. Teploty dodávané mikroturbínami se pohybují okolo 220-320°C[1]. Tyto teploty lze v opodstatněných případech zvýšit odstraněním spalínového výměníku. Toto ale sníží elektrickou účinnost, a to až o 10-15 %. Teplota výstupních spalínů může být použito například pro:

- Ohřev užitkové vody
- Ohřev topné vody
- Absorpční chlazení
- Úpravu vzduchu
- Tepelné potřeby technologických procesů

Stejně jako u plynových turbín velkých výkonů, využitím vysokých teplot vstupního pracovního média a vysokých tlakových poměrů, dosahujeme vysokých účinností. Protože mikroturbíny mají nižší jmenovité výkony, jejich elektrická účinnost se pohybuje mezi 20-30 % [1], celková pak mezi 65-80 % [1].

Mikroturbíny stejně jako plynové turbíny využívají plynných i kapalných paliv. Hlavní produkty spalování mikroturbín jsou oxidy  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , popřípadě nespálené uhlovodíky. Provoz je oproti velkým plynovým turbínám o dost tišší, což je dáno otáčkami a kratším vedením. Využití v komerční sféře zatím neprobíhá dostatečně dlouho na to, abychom byly schopni přesně určit poruchovost a problémy spojené s provozem mikroturbín. Životnost by se ale měla pohybovat v rozmezí 40-80 tis. hodin [1].

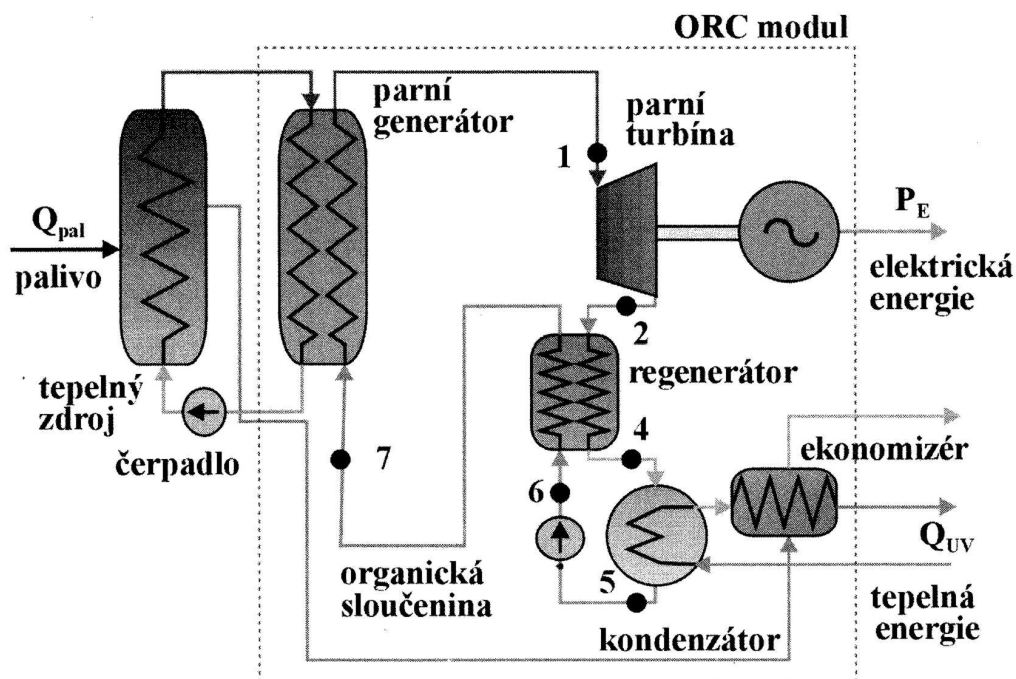
Parametry mikroturbín nabízí širokou paletu použití v praxi. Turbíny lze také provozovat na částečný výkon. Změna výkonu se provádí kombinací změny otáček kompresoru (průtočného množství pracovní látky) a změny teploty spalínů při vstupu do mikroturbíny. Turbíny jsou schopny z nulového výkonu zvýšit na stoprocentní asi za 15 s. Při nižších výkonech dochází však k rapidnímu poklesu celkové účinnosti, jak je vidět z grafu 1. Proto je vhodné provozovat mikroturbíny vždy s výkony nad 50% jmenovitého výkonu.



Graf. 1 – Vliv změny zatížení na elektrickou účinnost mikroturbín[1]

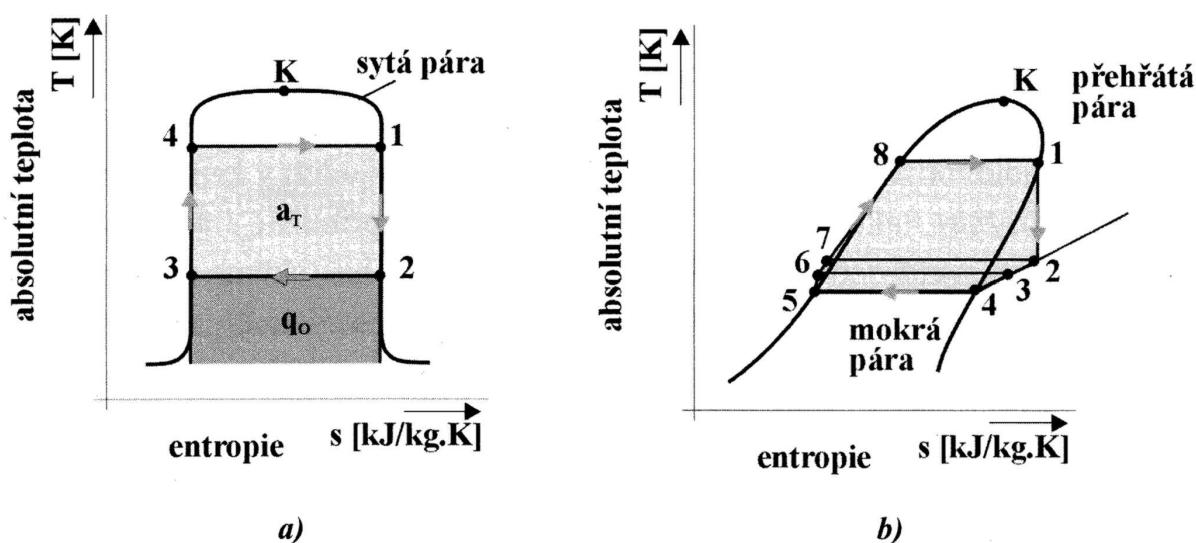
#### 2.4.2. Organický Rankinův cyklus

Organický Rankinův cyklus (ORC) je parní cyklus, podobně jako u parní turbíny, ve kterém se ale jako pracovní látka využívají organické sloučeniny. Důvodem využívání organických látek je to, že mají vyšší molekulovou hmotnost než voda a vydrží v kapalně podobě i při nižších teplotách a tlacích. ORC cyklus využívá dvě látky, termo-olej a organickou pracovní sloučeninu. Hlavní výhodou ORC oproti klasickým parním turbínám je účinnost, kterou má ORC stejně vysokou i při nízkých výkonech.



Obr. 5 – Schéma kogenerační jednotky pracující s ORC [1]

Nejprve je teplo z tepelného zdroje (ze spalování biomasy, geotermální energie, odpadního tepla) předáno termo-oleji, který se ohřeje a přes výparník předává teplo hlavní pracovní látce (organické sloučenině). Vzniklá sytá pára je vedena do parní turbíny, kde jí předá část své energie a expanduje do oblastí přehřáté páry. Vzniklá přehřátá pára v kondenzátoru mění své skupenství na kapalné a dopravuje se zpátky přes rekuperátor do výparníku. Vzniklé teplo při kondenzaci se využívá při vytápění, ohřevu užitkové vody atd. Spaliny z kotle se využívají k předehřevu pracovní látky a ke zvýšení parametrů vody. Schéma kogenerační jednotky pracující v ORC cyklu vidíme na obr. 5.



Obr. 6 – Tepelný oběh [1]

- a) s ideální pracovní látkou  
b) s organickou pracovní látkou

Kogenerační jednotky s ORC se dodávají v modulárním provedení s výkony 200-1500 kWe. Vzhledem k nízkým hodnotám tepla, které ORC využívá, můžeme přímo využívat pouze nízkopotencionální teplo k vytápění, pro technologické účely, které nevyžadují vysoké teploty, jako sušení apod.

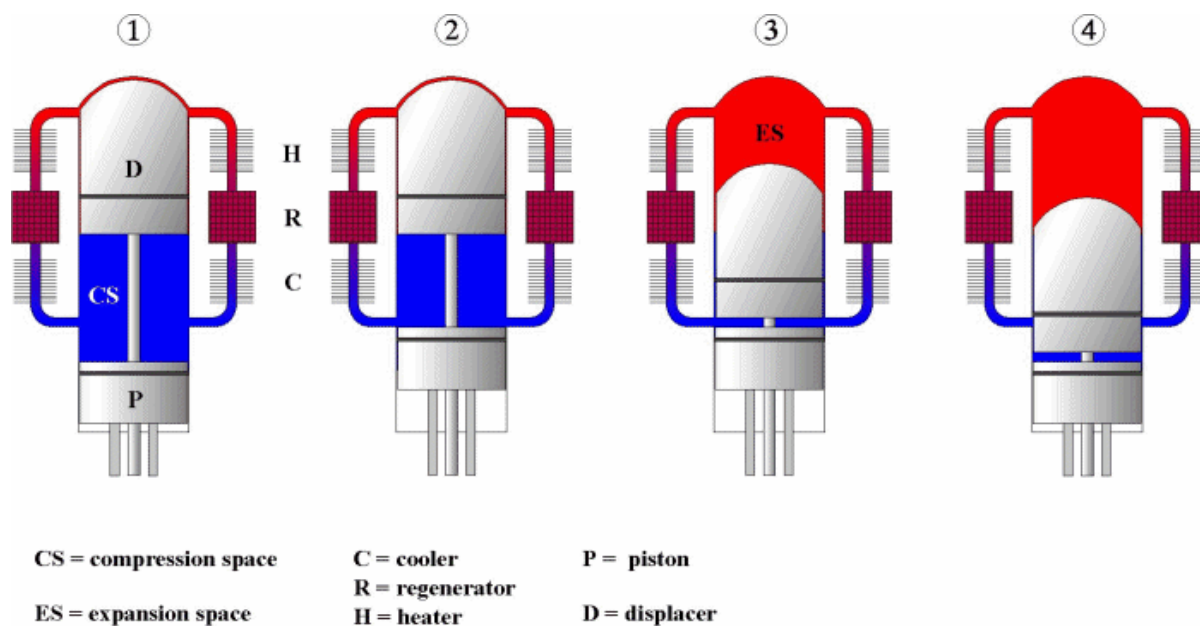
Principiálně může být u ORC využito jakékoliv palivo, vzhledem k nízkým pracovním teplotám se však využívají paliva s nízkou výhřevností. Používá se:

- Spalování biomasy
- Geotermální energie
- Solární energie
- Odpadního tepla

V našich podmínkách se využívá hlavně spalování biomasy, protože to je jeden z efektivních způsobů, jak tento obnovitelný zdroj využít. Nevýhodou kogeneračních jednotek s ORC je zatím jejich poměrně vysoká pořizovací cena.

### 2.4.3. Stirlingův motor

Stirlingův motor je druh tepelného motoru s vnějším spalováním. Jedná se o pístový teplovzdušný motor. Uvolněné teplo se předává přes teplosměnou plochu pracovní látce Stirlingova motoru, která pak pracuje v cyklu podobném Carnotovu oběhu. Pracovní látkou bývá nejčastěji helium, vzduch nebo jiný plyn. Základem jsou dva písty v umístěné po jednom ve studeném a v horkém válci. Pracovní látka expanduje v horkém válci a ve studeném je stlačována.



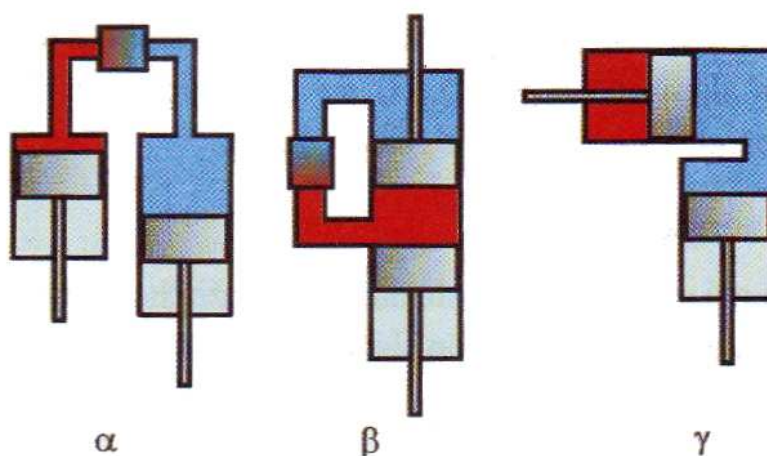
Obr. 7 – Princip Stirlingova motoru[9]

„Z hlediska konstrukčního provedení se vyrábějí následující typy Stirlingova motoru:

alfa – dva válce osově souměrné,

beta – dva písty v jednom válci,

gamma – dva válce osově nesouměrné.“ [1]



Obr. 8 – Typy Stirlingova motoru[1]

Největší výhodou Stirlingových motorů je čerpání tepla z vnějšího zdroje, kterým může být téměř cokoliv. Ekonomicky jsou ale nejvýhodnější málo kvalitní paliva, například biomasa. Při výběru druhu paliva je rozhodující účel, ke kterému je Stirlingův motor využíván. Platí, že čím je palivo kvalitnější, tím rychlejší je start studené jednotky na plný výkon. Tyto jednotky obecně nabíhají na plný výkon dost pomalu, proto se ani s použitím kvalitních paliv nedoporučuje využívat je jako záložní zdroje elektřiny.

Další možností jak pohánět Stirlingův motor je využití jiných tepelných zdrojů. Jedná se o zbytkové teplo z různých procesů, ale i obnovitelné zdroje, jako jsou geotermální energie nebo sluneční záření.

Malé Stirlingovy motory mají jmenovité hodnoty elektrického výkonu 10-600 kWe. Jejich životnost se odhaduje až na 20 let.

Zásadní nevýhodou je zde stále poměrně vysoká cena podle výkonu až 700 Euro/We[1]. S masovější výrobou se dá očekávat snížení pořizovací ceny.

Elektrická účinnost Stirlingova motoru se dnes pohybuje okolo 30 %, což mu společně s vysokou cenou zatím umožňuje využití jen tam, kde se nedá použít jejich hlavní konkurent-spalovací pístový motor.

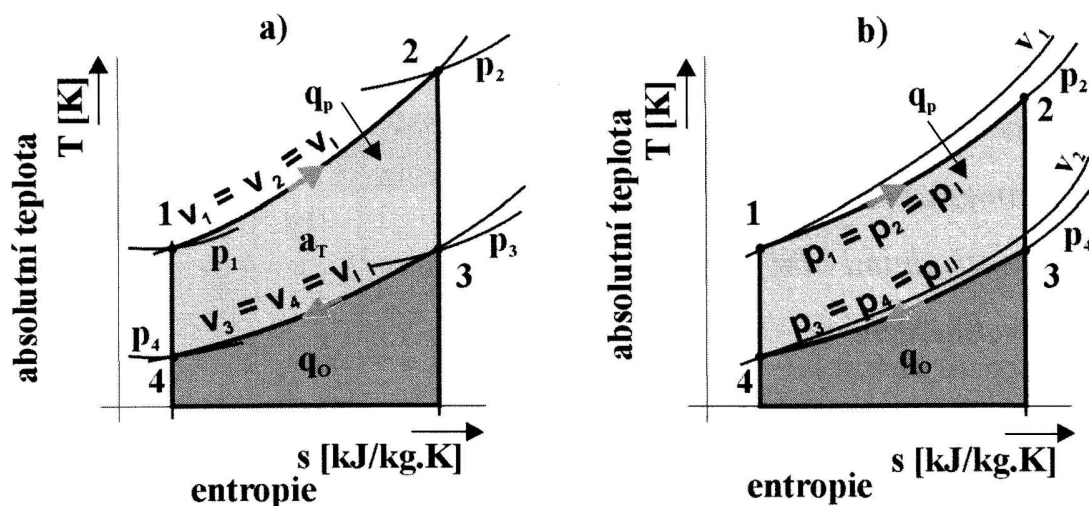
### 3. SPALOVACÍ MOTORY

Spalovací motory v kogeneračních jednotkách vycházejí z klasických pístových motorů používaných k dopravě (vozidla, lokomotivy, lodě). Vzhledem k tomu, že v dopravě jsou to nejčastěji používané motory, v jejich konstrukci došlo k velkému pokroku a tak mají tyto motory dostatečné ekologické a hlavně ekonomické parametry. Jejich sériová výroba maximálně snížila jejich náklady na výrobu a tedy i tržní cenu. Za posledních deset let se zvýšily environmentální nároky na čistotu zplodin a trh s pístovými spalovacími motory se jim musel přizpůsobit. Použitím výpočetní techniky se podařilo sledovat, navrhovat a zefektivnit jejich provoz. Z toho vychází i využití spalovacích motorů v energetice. Spalovací motory dělíme podle:

- Způsobu zapalování paliva
- Typy použitého paliva
- Počtu rovnoměrných pohybů použitých pro tepelný oběh
- Počtu a způsobu řazení válců
- Způsobu úpravy spalovacího vzduchu
- Rychlosti otáčení hřídele

Rozhodující dělení je podle způsobu zapálení palivové směsi ve válci. Dělí se do dvou skupin:

- Zážehové motory
- Vznětové motory



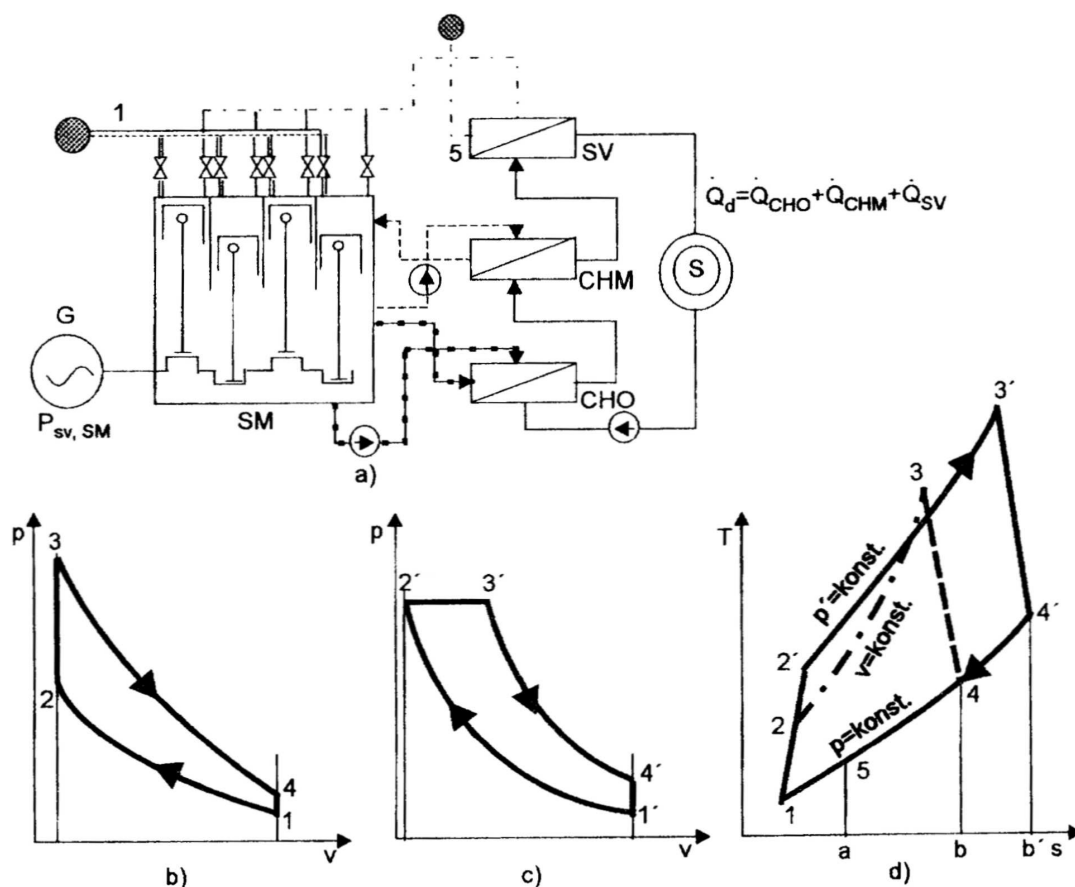
Obr. 9 – Tepelný oběh se spalovacími motory[1]

- Ottův cyklus
- Dieselův cyklus

*Zážehové motory* zapalují směs paliva a vzduchu elektrickou jiskrou. Pracují na principu Ottova cyklu, kdy teoreticky dochází k přívodu tepla za konstantního objemu. Zapálení směsi může probíhat:

- V otevřené spalovací komoře – zapálení probíhá přímo ve spalovací komoře. Tento typ zažehnutí je vhodný pro motory, které pracují se stechiometrickým poměrem vzduchu ku palivu. Tzn., že ve spalinách není žádné nevyužité palivo ani vzduch.
- S předzápalnou komorou – k zapálení dojde v malé komoře v hlavě válce, kde se vznítí bohatá spalovací směs (v komoře je přebytek paliva). Tím vznikne dostatečná energie k zapálení chudé směsi (v komoře je přebytek vzduchu) v hlavní spalovací komoře.

*U vznětových motorů* (někdy označovaných jako naftové motory), dochází k zapálení vstříkovaného paliva do stlačeného horkého vzduchu samovolně při dosažení zápalných hodnot. Tento tepelný oběh se nazývá Dieselův (k přívodu tepla dochází při konstantním tlaku). Moderní vznětové motory jsou také už šetrnější k životnímu prostředí, protože snižují emise oxidů dusíku využíváním pozdějšího zapalování a hoření.



Obr. 10 – Kogenerace se spalovacím motorem [2]

- Schéma spalovacího motoru (SM) a odvádění tepla z chlazení oleje ve výměníku (CHO), odvádění tepla z chlazení motoru ve výměníku (CHM), a odvádění tepla ve spalinovém výměníku (SV), (SM-spalovací motor, G-elektrický generátor, S-spotřebič tepla)
- Oběh SM s přiváděním tepla při konstantním objemu  $v=\text{konst}$  v diagramu  $p-v$  (zážehový motor)
- Oběh SM s přiváděním tepla při konstantním tlaku  $p=\text{konst}$  v diagramu  $p-v$  (vznětový motor)
- oběh SM v  $T-s$  diagramu s přiváděním tepla při  $v=\text{konst}$  a  $p=\text{konst}$

**Palivo**

Spalovací motory využívají kapalných nebo plyných paliv. Existují i motory, které využívají kombinaci obou druhů paliv, tzv. duální spalovací motory. Tyto motory pracují s plynem jako hlavním palivem, kapalně palivo používají ke vznícení směsi. Tepelný oběh je pak kombinace Dieselova a Ottova cyklu, přičemž se blíží spíše oběhu Dieselovu. Většina motorů může také pracovat pouze s tímto cyklem.

Jestliže ale chceme využívat motory pro kogeneraci, je nezbytné je předělat na spalování zemního plynu. Tuto rekonstrukci lze běžně provést u obou typů spalovacích motorů. Dále musíme myslet na to, že při provozu spalovacích motorů vznikají nevyvážené síly, tudíž vibrace, potažmo hluk. Motory je tedy potřeba vybavit dostatečnými absorbatory vibrací a odhlučňovací izolací.

**Počet pohybů**

Dále lze dělit spalovací motory podle počtu posuvů pístu za jeden cyklus tepelného oběhu na:

- Dvoutaktní
- Čtyřtaktní

Pro konstrukci kogeneračních jednotek se využívá čtyřtaktních motorů, protože mají lepší spalování a nevzniká tolik emisí jako u dvoutaktních.

Více válců v motoru a jejich uspořádání zajišťuje rovnoměrnější průběh krouticího momentu na hřídeli.

Podle rychlosti otáčení hřídele za minutu se spalovací motory rozdělují [1]:

- Pomaloběžné (55-275 [ot/min])
- Se střídavými otáčkami (276-1000 [ot/min])
- Rychloběžné (1001-3600 [ot/min])

Úpravou spalovacího vzduchu (stavových hodnot vzduchu) můžeme dosáhnout lepších účinností. Úprava znamená stlačení vzduchu před vstupem do spalovacího prostoru. S větší hustotou vzduchu lze dosáhnout vyšší hustoty energie ve spalovacím prostoru pístu.

### 3.1. Výkony a účinnosti spalovacích motorů

**Elektrický a tepelný výkon**

Kogenerační jednotky se spalovacími motory mají výkony od 7 kW – 5 MW. Existují i KJ s většími výkony, ale současný trend směřuje k mikrokogeneraci a k domácí decentralizované výrobě energií. Teplárenský modul se s rostoucím výkonem blíží k 1.

**Kvalita tepelné energie**

Teplu u kogeneračních jednotek se spalovacími motory můžeme principiálně odebírat ze čtyř míst:

- Výfukových spalin
- Chladicí vody motoru
- Mazacího oleje
- Chlazení kompresoru spalovacího vzduchu

Teploty spalin na výstupu z motoru se pohybují v rozmezí 450-650°C. Teploty chladicí vody závisí na konkrétním typu motoru, obecně však platí, že polovina tepelného výkonu pochází z chlazení motoru. Z celkového množství odpadního tepla umíme využít 70-80 %.



Teplo se předává vodě od nejnižších teplot po ty nejvyšší, z důvodů dosažení maximální efektivity.

### Účinnost

Jak bylo uvedeno výše, spalovací motory pracují na principu Ottova a Dieselova cyklu. Tepelnou účinnost těchto cyklů můžeme spočítat dosažením do základního vztahu pro účinnost tepelných motorů. Pro Ottův cyklus platí:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\chi-1}} [-] \quad \text{Rce. 3 - [1]}$$

„Účinnost je závislá na kompresním poměru  $\varepsilon$  a je zvláště u motorů malých výkonů menší než u Dieselových motorů, které pracují s větším kompresním poměrem. Elektrická účinnost spalovacích motorů se v závislosti na výkonu pohybuje v rozmezí 28 - 42 %. Podle rovnice 4 roste účinnost s rostoucí Poissonovou konstantou  $\chi$ , tj. s klesajícím počtem atomů v molekule pracovní látky tepelného oběhu.“[1]

Pro vznětové motory platí že:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\chi-1}} \frac{\varphi^{\chi-1}}{\chi(\varphi-1)} [-],$$

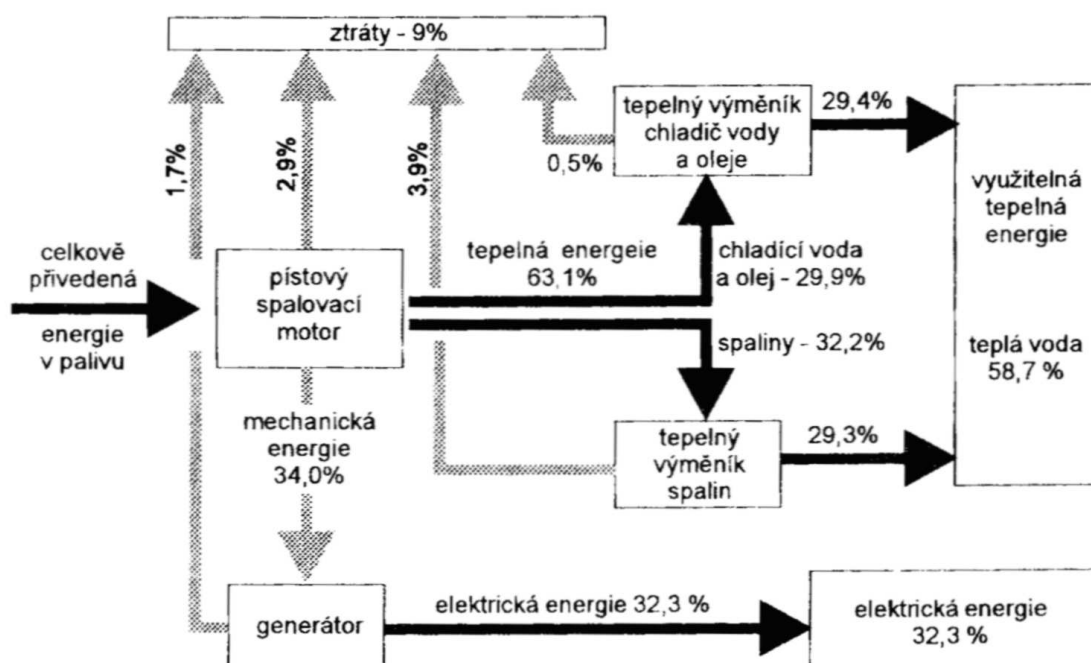
Rce. 4 - [1]

kde:

$$\varphi = v_2 / v_1 = T_2 / T_1$$

-plnění motoru

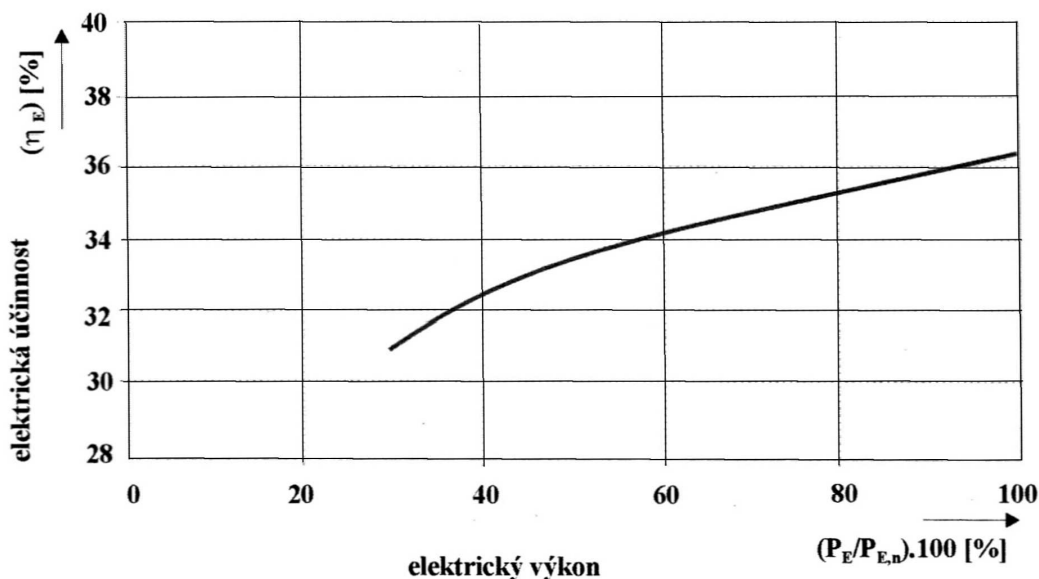
Celková účinnost závisí na schopnosti provozovatele využít i teplo s nižšími teplotami.



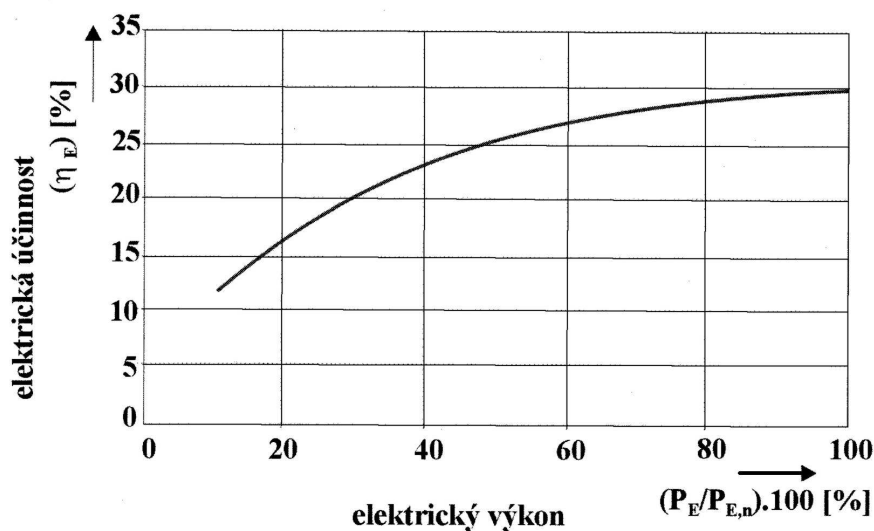
Obr. 11 – Schéma a energetická bilance menší KJ se spalovacím motorem [2]

### Provozní charakteristiky spalovacích motorů

Regulace spalovacích motorů se provádí změnou množství přiváděného paliva, tedy snížením spalovací teploty. Při částečném zatížení klesá i elektrická účinnost. Pokles účinnosti zážehových motorů při polovičním výkonu je asi 8-10 %. U vznětových, jak můžeme vidět v následujících diagramech (obr.12,13), je to ještě méně.



Obr. 12 – Vliv změny zatížení na elektrickou účinnost vznětového motoru [1]



Obr. 13 – Vliv změny zatížení na elektrickou účinnost zážehového motoru [1]

### 3.2. Parametry spalovacích motorů

#### Použitá paliva

Spalovací motory pracují s palivy plynými, kapalnými, nebo s jejich kombinací. Kogenerační jednotky se zážehovými motory pracují s plynem. Většinou se zemním plynem, ale mohou být přizpůsobeny na spalování bioplynu, propan-butanu, skládkových plynů atd. Jednotky se vznětovým motorem pracují s kapalnými palivy jako nafta a těžké oleje nebo jsou duální a používají jako hlavní palivo plyn.

#### Environmentální parametry

Kogenerační jednotky se spalovacími motory produkují emise oxidů  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  a prchavé organické látky. Výskyt ostatních emisních produktů jako  $\text{SO}_x$  nebo tuhé částice je závislý na typu použitého paliva. Kapalná paliva produkují obecně více znečišťujících látek. Pro orientaci může sloužit tabulka hodnot emisních parametrů platných u nás dle Nařízení vlády č. 146/2007 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší a v Německu dle Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Tab.1). Kogenerační jednotky jsou konstruovány tak, aby tyto limity splňovaly vždy pro svou normu. Například kogenerační jednotky, vyrobené firmou Tedom, musí být doplněny o účinnější oxidační katalyzátor, jestliže budou používány v Německu apod.

emise (při 5% $\text{O}_2$ ve spalinách)	CO	$\text{NO}_x$
Česká Republika: NV ČR č 146 z roku 2007	650mg/ $\text{Nm}^3$	500mg/ $\text{Nm}^3$
Německo: TA-Luft 2002*	300mg/ $\text{Nm}^3$	500mg/ $\text{Nm}^3$

\* pro splnění emisí nutno doplnit KJ oxidačním katalyzátorem

Tab. 1 – Emisní parametry KJ se spalovacími motory [5]

Spalovací motory kvůli vratnému pohybu pístů produkují vysokou hladinu hluku. Proto se využívá protihlukových krytů. Hlukové parametry stejné kogenerační jednotky od Tedomu jsou v Tab. 2.

Protihlukový kryt KJ v 1 m	75 dB(A)
Vývod spalin v 1m od příruby	80 dB(A)

Tab. 2 – Hlukové parametry KJ se spalovacími motory [5]

#### Nároky na údržbu

Kogenerační jednotky se spalovacími motory potřebují, stejně jako ostatní druhy jednotek pravidelnou kontrolu a údržbu. Nejkontrolovanějším parametrem bývá stav a množství oleje v jednotce. Většina kogeneračních jednotek je však vybavena kvalitními řídicími a snímacími systémy, které zobrazují a hlídají všechny potřebné procesy. S použitím výpočetní techniky tak lze celkem snadno a efektivně jednotku ovládat a kontrolovat. Například jednotky Tedomu umožňují i dálkové ovládání z počítače přes internet nebo z mobilu.

K výměnám oleje, filtrů a chladící kapaliny dochází po 500 – 2000 hod. provozu [1]. Střední opravy, jako jsou například výměny hlav válců, turbokompresorů apod. se provádí po 8000 – 30 000 hodinách. Při generální opravě, která se provádí po 30 000 – 70 000 hod. se provádí výměny pístů. Náklady na údržbu se pohybují okolo 0,01-0,02 Euro/kWh.[1]

## **4. ROZBOR ZADÁNÍ EKONOMICKÉHO SROVNÁNÍ PROVOZŮ KJ**

Třetím bodem zadání této práce je provést ekonomické srovnání různých režimů provozu malých kogeneračních jednotek v prostředí aktuální nabídky výkupních cen, bonusů a příspěvků. Srovnání uvedu na reálném příkladu. Demonstračním objektem, jehož energetickou spotřebu budeme uvažovat, se stala budova areálu A1 ve FSI, VUT. Na podobné téma byla již zpracována závěrečná práce Ing. Kučery [3], ze které vychází vstupní údaje této práce.

V diplomové práci Optimalizace energetického zásobování FSI – areál Technická 2[3], byl zhodnocen současný stav stávající kogenerační jednotky. Byly stanoveny zátěžové profily energetických zdrojů pro FSI a navržena optimalizace v podobě nové kogenerační jednotky o výkonu do 200 kWe[3]. Tato práce využívá aktuálních údajů energetické spotřeby fakulty, které ovšem jsou dosti podobné jako data v diplomové práci Ing. Kučery[3]. Proto je možné brát některé údaje jako dostatečně aktuální.

### **Postup**

Nejprve bude vybrána kogenerační jednotka, jejíž provoz budeme navrhovat tak, aby pracovala s co nejekonomičtějším provozem. Poté navrhne zátěžový diagram kogenerační jednotky podle aktuální energetické bilance FSI. Ze získaných dat pak stanovíme možné příklady provozu a vybereme z nich ten nejekonomičtější. Nakonec zhodnotíme investici do kogenerační jednotky jakou takovou a zjistíme návratnost vložených financí.

## 5. VÝBĚR KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

V této práci se budeme dále zabývat tím, jak nejlépe zhodnotit pořízenou kogenerační jednotku. Byla vybrána kogenerační jednotka se spalovacím pístovým motorem. Uvažovaný jmenovitý výkon jednotky by měl být dle [3] do 200kWe. Jako palivo pro nás bude nejdostupnější zemní plyn. Takže všechny navrhované jednotky musí zemní plyn umět spalovat.

Hlavním českým výrobcem je společnost Tedom. Skupina firem Tedom vznikla v roce 1990 a do dnešního dne vyrobila více než 2000 kogeneračních jednotek. Tedom se soustředí na přeměnu energií co nejeftivnějším způsobem. Poslední představenou novinkou byl prototyp Stirlingova motoru, který se společnost již brzy začne prodávat. Z katalogu Tedomu jsem vybral Kogenerační jednotku Cento T180 v kapotované verzi.

Na našem trhu je několik zahraničních dodavatelů těchto kogeneračních jednotek a to převážně z Německa. Pro srovnání jsem oslovil několik z nich a vybral nejvhodnější kogenerační jednotky od firem Motorgas a GE Jenbacher. Ke všem jednotkám jsem si vyžádal technickou specifikaci potřebnou pro další ekonomické zhodnocení. Technická specifikace je umístěna jako příloha této práce.

	Tedom Cento T180	Motorgas STRATOS TBG 180	GE Jenbacher JMS208 GS-N.L
jmenovitý elektrický výkon	175 kW	180 kW	299 kW
maximální tepelný výkon	223 kW	255 kW	400 kW
příkon v palivu	462 kW	507 kW	781 kW
účinnost elektrická	37,90%	35,50%	37,61%
účinnost tepelná	48,20%	50,00%	51,28%
účinnost celková (využití paliva)	86,10%	85,50%	88,89%
spotřeba plynu při 100% výkonu	48,9 m <sup>3</sup> /h	53,7 m <sup>3</sup> /h	82,6 m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 75% výkonu	39,3 m <sup>3</sup> /h	42,4 m <sup>3</sup> /h	-
spotřeba plynu při 50% výkonu	29,4 m <sup>3</sup> /h	31,2 m <sup>3</sup> /h	-

Tab. 3 – Srovnání parametrů KJ

Pro srovnání jsem vybral kogenerační jednotky od tří firem, které nejvíce splňovaly předpoklady zadání. První jednotka je Tedom Cento T180. Z nabízených jednotek má nejvyšší elektrickou účinnost. Všechny parametry odpovídají předběžnému zadání. Navíc Tedom zajišťuje k prodaným jednotkám zapojení na místě používání, má velice kvalitní dlouhodobý servis a FSI s ním má zkušenosti.

Jednotka od firmy Motorgas má označení STRATOS TBG 180. Jmenovitý elektrický výkon je rovných 180 kWe, do kterých ovšem není započtena vlastní elektrická spotřeba jednotky, která je asi 10 kW. Generátor roztáčí pístový spalovací motor MAN E 2876 LE302. Jednotka má o něco vyšší poměrnou spotřebu paliva na jednotku výkonu než jednotka od Tedomu. Motorgas je oficiálním distributorem amerického výrobce WAUKESHA DRESSER pro Česko a Slovensko.

Poslední z oslovených dodavatelů byl Německý GE Jenbacher. Tato firma má však ve své nabídce kogeneračních jednotek s pístovými spalovacími motory pouze stroje s vyšším výkonem. Do porovnání byla proto vybrána kogenerační jednotka JMS208 GS-N.L hlavně pro srovnání účinností a dalších parametrů s výkonnější jednotkou. Je to jednotka o nejnižším výkonu, kterou GE Jenbacher vyrábí, tedy 299 kWe a 400 kW tepelných.

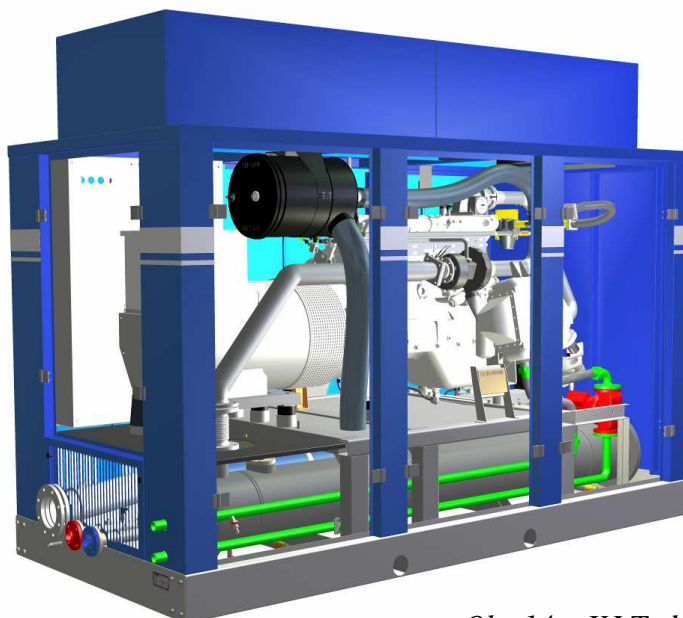
## 5.1. Vyhodnocení výběru

Rozhodujícím ekonomickým parametrem pro nákup kogenerační jednotky je cena. Proto jsem poptal vybrané kogenerační jednotky. Zjištěné ceny jsou napsány v tab. 4. Zástupce GE Jenbacher mi cenu své jednotky nesdělil.

Ceny kogeneračních jednotek		
Firma	Typ	Cena* [Kč]
Tedom	Cento T180	2 700 000
Motorgas	STRATOS TBG 180	2 980 000
GE Jenbacher	JMS208 GS-N.L	-

\* ceny jsou přepočteny s kurzem 1EURO =25,47Kč a zaokrouhleny

Tab. 4 – Ceny KJ



Obr.14 – KJ Tedom (model) [5]

Jako nejlepší variantu jsem vybral Tedom s jednotkou Cento T180 a to z několika důvodů. Hlavním důvodem je samozřejmě cena. Ta je z vybraných jednotek nejpříznivější. Dalším důvodem jsou předchozí dobré zkušenosti s dodavatelem. Tedom zajišťuje po celou dobu životnosti odborný servis za relativně nízkou cenu a odborně pomáhá s instalací jednotky do provozu. Oproti americké jednotce dodávané Motorgasem má nižší spotřebu a vyšší účinnost. V neposlední řadě jsem zvolil Tedom proto, že je to český výrobce. Zvláště v dnešní době, kdy ekonomická krize působí i na náš stát, tím škola přeneseně podpoří i své vlastní finanční zdroje od státu.

## 6. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### 6.1. Provozní režimy

Provozní režimy jsou závislé volby přizpůsobení kogenerační jednotky požadovanému elektrickému, nebo tepelnému výkonu. Taková hlediska můžeme rozdělit takto:

- Sledování tepelného výkonu
- Sledování elektrického výkonu
- Kombinovaný provoz
- Ostrovní provoz

Při provozování kogenerační jednotky v režimu *sledování tepelného výkonu* přizpůsobujeme chod jednotky tak, aby její tepelný výkon kopíroval aktuální spotřebu tepla. Potřeba tepla nesmí přesahovat možnosti kogenerační jednotky. Jestliže při tomto provozu elektrický výkon přesáhne spotřebu provozovatele, prodává se přebytek do elektrické sítě.

Podobně je to i při režimu *sledování elektrické energie*, kde je vyráběna elektřina tak, aby pokryla aktuální spotřebu. Ani zde potřeba nesmí přesahovat možnosti kogenerační jednotky. Jestliže potřeba tepelné energie je vyšší než teplo vyráběné kogenerační jednotkou, musí být nainstalován další zdroj tepla. Není-li možné teplo vyrobené jednotkou využít, musí být bez užitku odvedeno.

Při *provozu kombinovaném* pracuje jednotka tak, že střídavě sleduje elektrickou nebo tepelnou potřebu. Rozhodující podmínkou může být cena elektrické energie nebo paliva, velikost zatížené apod.

Při *ostrovním provozu* jsou kryty energetické potřeby spotřebitele bez spolupráce s energetickou sítí. Při takovém režimu je nutné mít náhradní zdroje pro výrobu elektřiny i tepla, které pokryjí bezezbytku energetické požadavky provozu, z důvodu nutných odstávek kogenerační jednotky. Tento provoz bývá ekonomicky nejnáročnější.

Náš případ je však odlišný. Kogenerační jednotka by zde měla snížit náklady za cenu energií, místo stávajících energetických zdrojů, s využitím dotací státu pro KVET. Proto musíme navrhnout optimální řešení pro provoz tak, aby s aktuálními příspěvky pro KVET cenami elektřiny, tepla a plynu byl co nejvýnosnější.

## 6.2. Energetická bilance

V první řadě si sestavíme energetickou bilanci FSI, abychom věděli, kdy a jak dlouho může jednotka pracovat, aby měla stálý odběr tepla a elektřiny. Ke konkrétním výpočtům budeme uvažovat údaje z FSI za rok 2009 [4]. V následující tabulce (tab.5) můžeme vidět, že spotřeba elektrické energie fakulty neklesá pod 200 kW<sub>e</sub>, to ani v noci, a o víkendech nebo prázdninách, kdy jsou odběry nejnižší. Z toho plyne, že kogenerační jednotka bude mít stoprocentní elektrický odběr kdykoliv během dne. Směrodatná pro nás bude spotřeba tepla.

Typické odběry elektrické energie FSI v daném období		
Pracovní den (v zimním období)	6:00 – 8:00 hod.	500 – 700 kW
	8:00 – 17:00 hod.	700 – 1000 kW
	17:00 – 19:00 hod.	500 – 700 kW
	19:00 – 6:00 hod.	250 – 300 kW
Pracovní den (v letním období)	6:00 – 18:00 hod.	200 – 400 kW
	18:00 – 6:00 hod.	200 – 250 kW
Nepracovní dny (soboty, neděle, státní svátky, atd.)	200 – 400 kW (v závislosti na ročním období)	

Tab.5 – Typické odběry elektrické energie FSI v daném období [3]

Denní tepelná bilance se provádí dost obtížně a tak bohužel není k dispozici. Pro výpočet postačí měsíční tepelná spotřeba FSI, která je pečlivě vedena. Předpokládejme tedy, že vytápění a spotřeba teplé vody je závislá hlavně na pracovní době školy. Nejvíce tepla budeme potřebovat dvanáct hodin, ve kterých probíhá výuka. V této době budeme uvažovat stoprocentní odběr tepla z kogenerační jednotky. Pro orientační spotřebu energií do dalších let poslouží data z roku 2009[4]. Do budoucna se také dá předpokládat nárůst spotřeby fakulty v souvislosti s rozšiřováním fakulty a výstavbou NETME Centra.

## 6.3. Ceny energií

Rozhodujícím parametrem pro výdělečnost kogenerační jednotky jsou aktuální ceny energií. Aktuální ceny lze zjistit z ceníků dodavatelů.

### Plyn

Ceny plynu lze vyčíst z ceníku JMP. Stávající spotřeba plynu ovšem řadí FSI do kategorie maloodběratelů. V případě, že by kogenerační jednotka byla zavedena do provozu, zvýšil by se odběr až na 2 GWh. To by znamenalo přerazení do kategorie středních odběratelů. V této kategorii již nelze spočítat aktuální cenu plynu bez toho, aniž bychom vyjednali s dodavatelem konkrétní podmínky dodávky. Poptal jsem tedy cenu plynu



při předpokládaném odběru u JMP. Výpočet ceny plynu je v příloze 2. Tato cena obsahuje již poplatek za distribuci, přepravu, rezervovanou denní kapacitu i daň z plynu.

Cena plynu je tedy **711 Kč/MWh**. Pro výpočet ceny  $\text{m}^3$  zemního plynu použijeme přepočtový vztah  $1 \text{ m}^3 = 10,55 \text{ kWh}$ . Získáme tedy cenu **7,50 Kč/ $\text{m}^3$** .

### **Elektřina**

Cena elektřiny závisí na dodavateli. Pro silovou elektřinu platí dva tarify. Nízký (noční) tarif a vysoký (denní) tarif. Celková cena je tedy závislá na tom, kdy elektrickou energii odebíráme. V prostředí školy je samozřejmě mnohem větší odběr ve dne, když probíhá výuka. Pro orientaci poslouží předešlá tab.5. Kogenerační jednotku však budeme provozovat hlavně přes den. Tím ubereme elektrickou zátěž ve vysokém tarifu. Předpokládaná cena, kterou ušetříme, je tedy stanovena z loňských odběrů na cenu **2,8 Kč/kWh**.

### **Teplo**

Cena tepla zase záleží na dodavateli. Předpokladem je, že veškeré vyrobené teplo spotřebujeme. Nejvhodnější způsob zjištění ceny tepla je vzít cenu z loňského roku [4]. Počítat tedy budeme s cenou **475,86 Kč/GJ**.

## **6.4. Příspěvky KVET**

Podle cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2009 ze dne 3. listopadu 2009, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů [Příloha 5], se stanovují příspěvky k ceně elektřiny při použití KVET. Pro naši jednotku platí bod 2. Z toho plyne, že každý, kdo vyrábí elektrickou energii z kombinované výroby elektřiny a tepla má nárok na příspěvek za každou MWh. Výše příspěvku je rozdělena do tří provozních skupin podle denní délky dodávání elektřiny do sítě na:

- Bez omezení            470 Kč/MWh
- V délce 12 hod.        1320 Kč/MWh
- V délce 8 hod.         1800 Kč/MWh

Délku platnosti a dobu vysokého tarifu podle bodu (2.3.) nebo (2.4.) lze změnit vždy pouze k prvnímu dni kalendářního měsíce. To znamená, že musíme dopředu vědět, jak budeme jednotku provozovat.

Dle Cenového rozhodnutí ERÚ č. 14/2005 ze dne 30. listopadu 2005, (bod 1) (Příloha 6), kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb má nárok naše KJ, při jakémkoliv provozu, za decentrální výrobu elektřiny na **64,00 Kč/MWh** (dle bodu 1.3) .

## **6.5. Denní provozní zatížení**

Vzhledem k příspěvkům ke KVET od státu můžeme uvažovat tři druhy zatížení. U všech typů budeme předpokládat provoz na stoprocentním jmenovitém výkonu. První by znamenal provozovat kogenerační jednotku více jak dvanáct hodin denně podle aktuálního odběru areálu. Za tento typ provozu ovšem budeme mít nárok na nejnižší příspěvek ke KVET. Výhodným se může jevit hlavně v zimních měsících, kdy je vysoká spotřeba tepla a pro

jednotky s vyšším výkonem. Takto provozovaná jednotka se však může přehřívat vlivem nedokonalého odvodu tepla do otopné soustavy, jak tomu bylo u stávající jednotky FSI [3]. Navíc vzroste počet pracovních hodin za rok a její doba životnosti se tak o několik let zkrátí.

Další možností, jak jednotku provozovat, je pouštět ji jen dvanáct hodin za den. Vzroste tak nárok na vyšší příspěvek, který je podmíněn tím, že elektřinu budeme vyrábět ve špičce. Období špičky si ovšem výrobce elektřiny určuje sám v případě, že veškerou elektřinu sám spotřebuje, což je náš případ.

Posledním uvažovaným zatížením je provoz, při kterém jednotka pracuje do osmi hodin za den. Příspěvky jsou v takovém případě nejvyšší, avšak množství vyrobené energie nemusí být dostačující. Životnost jednotky se zde zvýší vzhledem k nižšímu počtu provozních hodin jednotky za rok.

## 6.6. Vyhodnocení denního provozu KJ

Už tedy známe obecné údaje potřebné ke srovnání provozních režimů. V následujících tabulce (tab.6) jsou uvedeny vstupní hodnoty pro výpočty. Technické údaje jsou převzaty z materiálu od výrobce[5]. Jmenovitý elektrický výkon byl vynásoben účinností generátoru, tím jsme získali reálný elektrický výkon. Cena servisu se pohybuje v rozmezí 0,3-0,5 Kč/kWh. Záměrně volím vyšší hranici, díky které by měla kogenerační jednotka pracovat přesně tak, jak má bez neplánovaných odstávek.

<b>Parametry a ceny provozovatele KJ</b>		
Jmenovitý el.výkon	0,1750	MW
Reálný el. Výkon	0,1675	MW
Tep. Výkon	0,2230	MW
Cena jednotky	2 700 000	Kč
Spotřeba plynu	48,9	m <sup>3</sup> /h
Cena plynu	7,5	Kč/m <sup>3</sup>
Cena elektřiny	2800	Kč/MWh
Cena tepla	475,87	Kč/GJ
Cena servisu	0,5	Kč/kWh
Účinnost generátoru	95,7	%

Tab.6 – Parametry a ceny provozovatele KJ

V další tabulce (tab.7) můžeme vidět denní zisk naší kogenerační jednotky při různých režimech provozu. Výše popsané režimy jsou rozděleny podle příspěvkových kategorií pro KVET. Maximální doba provozu byla zvolena na 18 h/den z několika důvodů. Při delším provozu by se mohla kogenerační jednotka začít přehřívat. Dalším důvodem je fakt, že by jednotka v tomto režimu vyráběla levnější elektrickou energii v nízkém režimu, takže by výpočet byl nepřesný. Ostatní režimy jsou rozděleny podle příspěvku na dvanáct a osm hodin za den.

Celkový zisk za den jsme se spočítali tak, že jsme vždy sečetli ceny vyrobených energií a příspěvků v daném režimu. A odečetli od nich náklady na provoz. V našem případě cenu plynu a servisu. Dostaneme ukazatel, který říká, kolik daná kogenerační jednotka vydělá za den, pracuje-li v daném režimu.

<b>Spotřeby a výnosy energií za den</b>				
	<b>Bez omezení</b>	<b>8 hodin</b>	<b>12 hodin</b>	
Provozováno	17	8	12	[h/den]
Vyrobena El.Energie	2,8	1,3	2,0	[MWh]
Vyrobena Tep. Energie	3,8	1,8	2,7	[MWh]
Vyrobena Tep. Energie	13,6	6,4	9,6	GJ
Spotřeba plynu	831,3	391,2	586,8	m3
Příspěvek za KVET	470	1800	1320	[Kč/MWh]
Příspěvek za DC výrobu	64	64	64	[Kč/MWh]
<b>Výnosy</b>				
Příspěvky za El. za den	1520,34	2497,39	2781,42	Kč
El.Energie	7971,81	3751,44	5627,16	Kč
Cena tepla	6494,5	3056,2	4584,3	Kč
<b>Náklady</b>				
Cena servisu	1423,5375	669,9	1004,85	Kč/kWh el.
Spotřeba plynu	6234,75	2934	4401	Kč
<b>Zisk za den</b>	<b>8798,3</b>	<b>7501,2</b>	<b>8907,1</b>	<b>Kč</b>

Tab.7 – Spotřeby a výnosy energií za den

Pro naši kogenerační jednotku je nejvýhodnější dvanáctihodinový provozní režim. U kogeneračních jednotek s nízkými výkony se jeví jako nejvýhodnější režim osmihodinový. Může za to vysoký příspěvek za KVET. S rostoucím výkonem se však výhodnějším režimem může stát režim vícehodinový. Zde je ale důležité zvážit aspekty jako rychlejší opotřebení, odběr veškerého vyrobeného tepla apod.

## Výroba elektrické energie v kogeneračních jednotkách

<b>Energetická bilance FSI s KJ</b>									
	Potřeba		Kogenerační jednotka					Nákup	
Měsíc	Elektrická energie (MWh)	Teplo (GJ)	Provoz KJ (hod./den)	Provoz KJ (dny/měs.)	Provoz KJ (h/měs.)	Elektrická energie z KJ(MWh)	Teplo z KJ(GJ)	Nákup teplo (GJ)	Nákup Elektrické energie (MWh)
Leden	364	5 574	12	30	360	60,29	289,01	5284,99	303,71
Únor	357	3 985	12	27	324	54,26	260,11	3724,89	302,74
Březen	390	2 980	12	30	360	60,29	289,01	2690,99	329,71
Duben	321	393	12	29	348	58,28	279,37	113,63	262,72
Květen	303	183	7	30	210	35,17	168,59	14,41	267,83
Červen	311	193	8	29	232	38,85	186,25	6,75	272,15
Červenec	265	170	6	15	90	15,07	72,25	97,75	249,93
Srpen	265	153	6	30	180	30,15	144,50	8,50	234,85
Září	299	180	7	29	203	34,00	162,97	17,03	265,00
Říjen	395	1 644	12	30	360	60,29	289,01	1354,99	334,71
Listopad	401	2 484	12	29	348	58,28	279,37	2204,63	342,72
Prosinec	365	4 025	12	30	360	60,29	289,01	3735,99	304,71
<b>Celkem</b>	<b>4036</b>	<b>21964</b>		<b>338</b>	<b>3375</b>	<b>565,23</b>	<b>2709,45</b>	<b>19254,55</b>	<b>3470,77</b>

Tab.8 – Energetická bilance FSI s KJ

V tabulce 8. vidíme předpokládanou roční energetickou bilanci FSI. Jako typická data jsme použili spotřeby energií v roce 2009 [6]. V levém sloupci je měsíční energetická potřeba fakulty. Uprostřed množství energie, kterou vyrobí kogenerační jednotka při předpokládaném provozu. Vpravo pak množství energií, které musíme dodat z jiných, tedy stávajících zdrojů.

Odběr tepla je přes zimu mnohem větší než kogenerační jednotka stačí pokrýt. Je potřeba mít v záloze další zdroje, které spotřebu fakulty pokryjí i pro případ náhlého výpadku jednotky. Naopak v létě je spotřeba tepla minimální. Pro dvanáctihodinový režim by na FSI nebyl odběr. Proto stačí, aby kogenerační jednotka pracovala v osmihodinovém režimu podle toho, kolik tepla je potřeba. Navržené počty hodin vidíte v tabulce 8. Na červenec byla naplánovaná čtrnáctidenní pravidelná odstavka. Změny tarifu je nutné nahlásit vždy k prvnímu dni kalendářního měsíce.

## 7. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ INVESTICE

Celkové ekonomické zhodnocení investice do kogenerační jednotky spočítáme v programu EFEKT 3.0, který do svých výpočtu zahrnuje velké množství ovlivňujících parametrů, jako inflaci, daňovou sazbu nebo hodnotu investovaných peněz v čase. Nejprve si určíme investiční náklady. Do programu vepíšeme vstupní parametry, vyrobené množství a ceny energií a příspěvků. Pro lepší vysvětlení ekonomického výpočtu si definujeme několik pojmů.

### Časová hodnota peněz

V rovnici 5 označujeme míru výnosu kapitálu jako  $i$  [%]. Odpovídá procentuální velikosti výnosu z investované částky. Investujeme-li částku  $P$  a za rok vybereme všechny prostředky, tedy investovanou částku i výnos. Obdržíme částku  $S_1$ . Částka  $S_1$  je o  $i$  procent větší než  $P$ .

$$\text{Platí že: } S_1 = P + i \cdot P = P \cdot (1 + i) \quad \text{Rce. 5 – [7]}$$

Pokud vložené prostředky znovu investujeme, tak za  $n$  let opakovaného investování dosáhneme hodnoty  $S_n$ .

$$S_n = P \cdot (1 + i)^n \quad \text{Rce. 6 – [7]}$$

Rovnice 7 ukazuje vztah mezi současnou hodnotou  $P$  a budoucí hodnotou  $S_n$ , kterou bude mít  $P$  za  $n$  let.

$$P = S_n \cdot \frac{1}{(1 + i)^n} \quad \text{Rce. 7 – [7]}$$

### Diskontní sazba

Zlomek  $1/(1+i)^n$  z rce. 7 se nazývá diskontní faktor. Převádíme jím hotovost v budoucím  $n$ -tém roce na současnou hodnotu s pomocí investiční součinitele  $i$ , kterému říkáme diskontní sazba. Diskontní sazba je rovna výnosnosti jiného investičního nástroje se kterým naši investici srovnáváme. Může to být například termínovaný vklad u banky nebo jiná činnost, do které investor mohl investovat svoje finance. „V České republice byla průměrná čistá výnosnost vlastního kapitálu v průmyslu 6,01 %.“ [7] V ekonomického modelu budeme počítat s touto diskontní sazbou.

### Doba návratnosti

Jedním z nejčastěji používaných kritérií ziskovosti je doba návratnosti. „Je to doba potřebná k redukci původní investice na nulu. Jinak řečeno je to doba od začátku projektu do okamžiku, kdy se kumulativní příjmy rovnají kumulativním výdajům.“ [7] Nevýhodou tohoto kritéria je, že nezohledňuje časovou hodnotu peněz.

## 7.1. Investiční náklady

Celkové investiční náklady jsou součtem pořizovací ceny kogenerační jednotky a peněz potřebných k její instalaci do provozu. Náklady na instalaci odhadujeme na 30 % pořizovací ceny kogenerační jednotky. Investiční náklady jsou rozepsány v následující tabulce (tab.9) podle odpisových skupin. Kogenerační jednotka se spalovacím motorem je 3.odpisová skupina dle Zákona č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů. Odepisuje se 10 let. První rok se odepisuje 5,5 % a každý další 10,5 % z celkové ceny.

Skupina	Předmět odpisu	Částka v tis. Kč	Doba daňového odpisu	Doba obnovy
1.	Projekty, bankovní garance	200	3	5
2.	Čerpadla, armatury	460	5	10
3.	Kogenerační jednotka	2700	10	15
4.	-	-	20	30
5.	Stavební úpravy	150	30	40

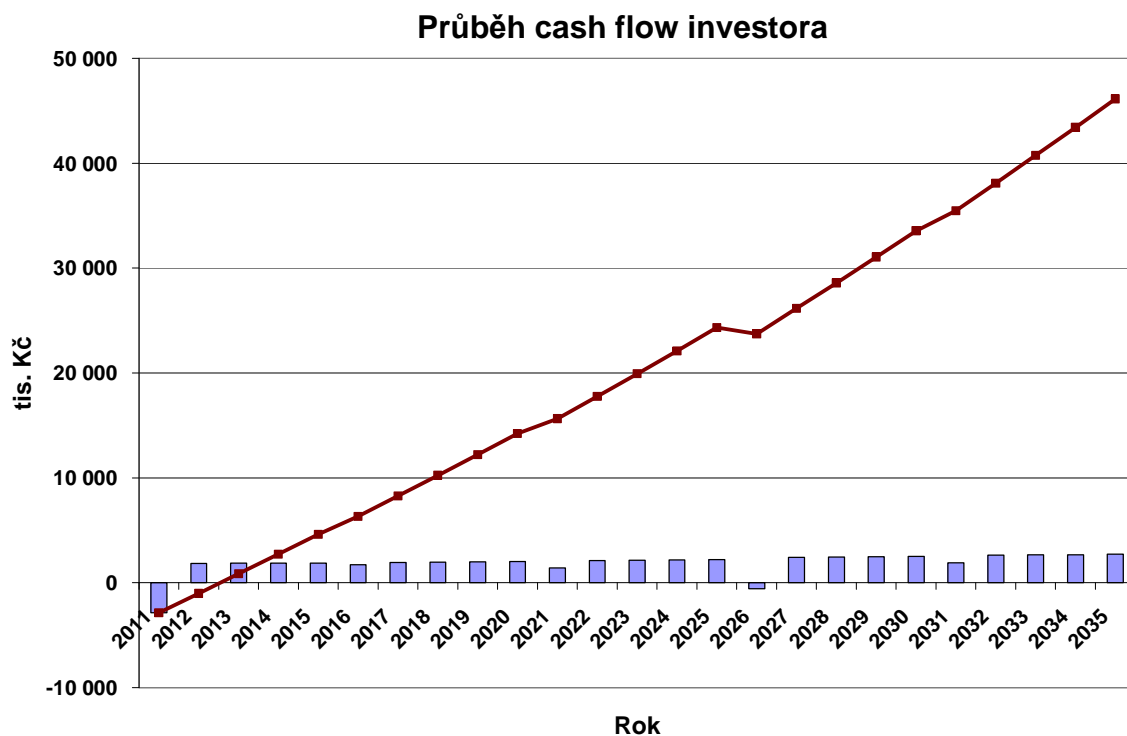
Tab. 9 – Investiční náklady

## 7.2. Vstupní parametry pro sestavení ekonomického modelu

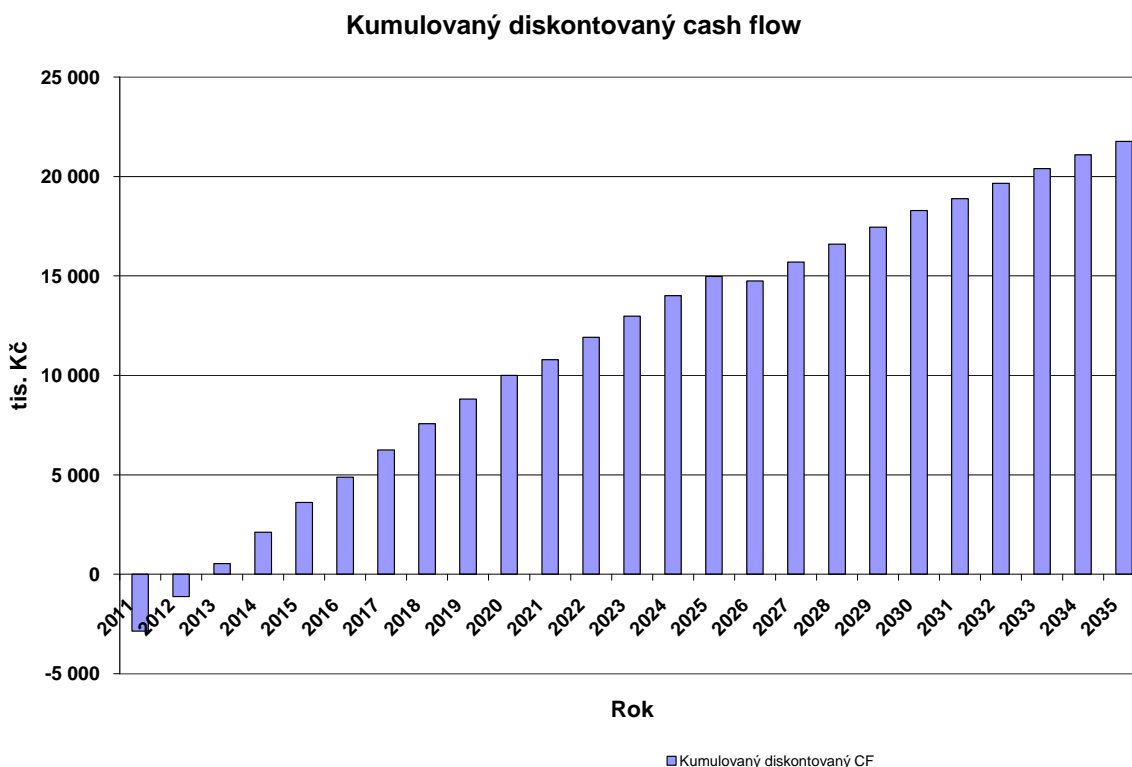
Investiční náklady	3510 tis. Kč
Provozní náklady (cena servisu)	282,61 tis. Kč/rok
Cena plynu	711 Kč/MWh
Spotřeba paliva	1741 MWh/rok
Množství vyrobeného tepla	2709 GJ
Výkupní cena vyrobeného tepla	475 Kč/GJ
Množství vyrobené el. energie	2709 GJ
Výkupní cena el. energie	2,8 Kč/kWh
Hodnota příspěvků ke KVET	855,83 tis. Kč/rok
Nominální diskont	6 %
Daň	20 %
Inflace	2 %
Doba hodnocení investice (životnost)	25 let

Předpokládáme, že s výstavbou se začne v lednu 2011 a kogenerační jednotka bude uvedena do provozu v září 2011. Do ekonomického modelu nebyla zahrnuta žádná dotace, kterou by zřejmě bylo možno čerpat buď od ministerstva životního prostředí nebo z fondů Evropské unie. Životnost jednotky předpokládáme 50 000 h provozu, což odpovídá 25 roků při předpokládaném zatížení.

V následujících grafech můžeme vidět průběh zhodnocení investice v čase. Z průběhu kumulovaného cash flow můžeme zjistit čistou dobu návratnosti investice. KJ je splacena ve chvíli kdy průběh cash flow nabude nulové hodnoty, tj. asi po dvou letech.



Graf. 2 – Průběh cash flow investora ■ Hotovostní tok běžného roku (CF) —■— Kumulovaný CF



Graf. 3 – Kumulovaný diskontovaný cash flow investora

Z výsledků ekonomické analýzy zjistíme, že kogenerační jednotka je při podmínkách, jaké jsme si nastavili vysoce výnosnou investicí. Hodnotící kritéria jsou popsána v následující tabulce.

<b>Hodnotící kritéria</b>		
Čistá současná hodnota	21 760	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento	64,98	%
Doba splacení (prostá)	2	let
Doba splacení (diskontovaná)	2	let
Doba životnosti (hodnocení)	25	let

*Tab. 10 – Hodnotící kritéria investice*

Vypočítané údaje jsou však velice závislé na cenách energií, jak plynu, tak elektřiny a tepla. Doba návratnosti je však velice malá, takže se nemusíme obávat dramatických zvrátů. Hlavními aktuálními faktory změn cen elektrické energie je kurz eura k české koruně, protože se u nás s elektřinou obchoduje v eurech. Jinak se cena elektřiny jeví jako stabilní, podléhající pouze inflaci. Ceny plynu se ovšem mírně zvedají a jejich průběh v příštích letech je nejistý. Cena tepelné energie u nás poslední roky jen mírně stoupá zároveň s inflací. I přes mírné změny cen bude KJ více, nebo méně výnosná.



## 8. ZÁVĚR

Cílem práce bylo představit princip a přednosti kombinované výroby elektrické a tepelné energie v závislosti na aktuálním dění v této části energetické sféry a na platné legislativě. V první části byl vymezen pojem kogenerace jako takový a základní teplárenské pojmy teplárenský modul a teplárenská účinnost. Bylo poukázáno na princip transformace energií a možné výhody kogenerace.

Dále jsme se zabývali dostupnými kogeneračními technologiemi o malých výkonech do 500 kWe. Kogenerační technologie dělíme podle počtu transformací energie na přímé a nepřímé. Jedinými zástupci přímé transformace energie jsou palivové články, které dokáží transformovat vodík na elektrickou energii za vzniku tepla. Rozšířenější jsou však technologie nepřímé přeměny energie. Jejimi zástupci jsou spalovací pístové motory, plynové mikroturbíny, Stirlingův motor a Organický Rankinův cyklus. Poslední tři jsou stále vyvíjeny a do praxe se zatím dostávají jen pozvolna, zvláště kvůli jejich vyšší pořizovací ceně. Všechny tyto technologie se zaměřují na decentralizovanou výrobu energií a na mikrokogeneraci, tím směřují i do klasických domácností. Stále jsou ale dost drahé, a tak by se investice zatím nemusela vyplatit. Postupem času, s příchodem sériové výroby, můžeme očekávat snížení cen za tyto technologie.

Nejrozšířenějším druhem kogeneračních jednotek o nižších výkonech jsou zatím jednotky se spalovacími pístovými motory. V této práci bylo pojednáno o jejich přednostech, výkonech a o ekonomických i technických parametrech.

Hlavním cílem práce bylo ekonomické srovnání různých režimů provozu malých kogeneračních jednotek v prostředí aktuální nabídky výkupních cen, bonusů a příspěvků. Nejprve byla vybrána kogenerační jednotka, jejíž provoz byl navrhnout na potřeby FSI VUT tak, aby pracovala s co největším ziskem. Hlavní důraz byl kladen na současné příspěvky k vyrobené elektrické energii z kombinované výroby elektřiny a tepla. Byly popsány tři kogenerační jednotky a proveden rozbor základních ekonomickotechnických údajů. Vybrána jako nejvhodnější byla jednotka českého výrobce Tedom Cento T180.

K parametrům vybrané jednotky byly sestaveny tři provozní režimy. Byla spočítána denní výnosnost s ohledem na ceny plynu, tepla, elektrické energie i cenu servisu. Uvažovány byly příspěvky za KVET a decentralizovanou výrobu elektřiny. Jako ekonomicky nejlepší režim byl pro vybranou jednotku stanoven dvanáctihodinový denní režim. Pro jednotky s menším výkonem však může být výhodnější režim osmihodinový díky vysokým příspěvkům. Stejně tak pro jednotky s vyšším výkonem režim, při kterém je jednotka provozována více než dvanáct hodin denně.

Pro investiční zhodnocení byl použit program EFEKT 3.0, který vytvořil ekonomický model pro hodnocenou jednotku. Jestliže by tato jednotka byla provozována podle navrhovaných předpokladů, investice by se vrátila již po 2 letech a za dobu své životnosti by dokázala vydělat až 21,8 milionů korun při investičních nákladech 3,5 milionu korun.

Je tedy jednoznačně vidět, že investice do kogenerační jednotky se vyplatí. Podmínkou jsou však přiměřené ceny plynu a příspěvky za KVET. Dále pak splnění předpokladů, jako stoprocentní odběr tepla v navrhovaném režimu apod. Kogenerační jednotky malých výkonů mohou být velkým přínosem, musí se ale optimálně navrhnout výkonnost a pečlivě dodržovat provozní režim.

## ZDROJE INFORMACÍ

- [1] DVORSKÝ, Emil; HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. 1.vydání. Praha : BEN-tech. literatura, 2005. 288 s. ISBN 80-7300-118-7.
- [2] KADRNOŽKA, J., OCHRANA, L. Teplárenství, CERM Brno, prosinec 2001, ISBN 80-7204-222-X
- [3] KUČERA, J. Název: Optimalizace energetického zásobování FSI – areál Technická 2. Brno:Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
- [4] PAVELEK, M., Termomechanika, CERM Brno, prosinec 2003, ISBN 80-214-2409-5
- [5] Základní charakteristika kogenerační jednotky Tedom Cento T180 (příloha 3)
- [6] Spotřeba energií FSI v letech 2006 – 2009 (příloha 1)
- [7] ROUŠAR, I., Projektové řízení technologických staveb, Grada Publishing, Praha 2008, ISBN 978-80-247-2602-1

## Webové zdroje obrázků

- [8] <http://www.i-ekis.cz/?page=kogenerace>
- [9] <http://www.personal.psu.edu/wtb5004/edg100/LibrarySearch.html>

**Přehled obrázků**

- Obr. 1 – Rozdělení energie přivedené v palivu[8]*  
*Obr. 2 – Porovnání množství spotřebované energie u oddělené a kombinované výroby tepla a elektřiny[8]*  
*Obr. 3 – Schéma zapojení palivového článku[8]*  
*Obr. 4 – Idealizovaný Braytonův cyklus[4]*  
*Obr. 5 – Schéma kogenerační jednotky pracující s ORC [1]*  
*Obr. 6 – Tepelný oběh [1]*  
    a) s ideální pracovní látkou  
    b) s organickou pracovní látkou  
*Obr. 7 – Princip Stirlingova motoru [9]*  
*Obr. 8 – Typy Stirlingova motoru [1]*  
*Obr. 9 – Tepelný oběh se spalovacími motory[1]*  
    a) Ottův cyklus  
    b) Dieselův cyklus  
*Obr. 10 – Kogenerace se spalovacím motorem [2]*  
*Obr. 11 – Schéma a energetická bilance menší KJ se spalovacím motorem [2]*  
*Obr. 12 – Vliv změny zatížení na elektrickou účinnost vznětového motoru [1]*  
*Obr. 13 – Vliv změny zatížení na elektrickou účinnost zážehového motoru [1]*  
*Obr. 14 – KJ Tedom (model) [5]*

**Přehled grafů**

- Graf. 1 – Vliv změny zatížení na elektrickou účinnost mikroturbín [1]*  
*Graf. 2 – Průběh cash flow investora*  
*Graf. 3 – Kumulovaný diskontovaný cash flow investora*

**Přehled tabulek**

- Tab. 1 – Emisní parametry KJ se spalovacími motory [5]*  
*Tab. 2 – Hlukové parametry KJ se spalovacími motory [5]*  
*Tab. 3 – Srovnání parametrů KJ*  
*Tab. 4 – Ceny KJ*  
*Tab. 5 – Typické odběry elektrické energie FSI v daném období [3]*  
*Tab. 6 – Parametry a Ceny provozovatele KJ*  
*Tab. 7 – Spotřeby a výnosy energií za den*  
*Tab. 8 – Energetická bilance FSI s KJ*  
*Tab. 9 – Investiční náklady*  
*Tab. 10 – Hodnotící kritéria investice*

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

<b>Zkratka/Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
E	[W]	Elektrická energie
e	[ - ]	Teplárenský modul
FSI		Fakulta strojního inženýrství
hod.		Hodin
CHM		Chlazení motoru
CHO		Chlazení oleje
JMP		Jihomoravská plynárenská
KVET		Kombinovanou výrobu elektrické a tepelné energie
ORC		Organický Rankinův cyklus
Qd	[W]	Využitý tepelná energie
Qpal	[W]	Energie přivedená v palivu
SM		Spalovací motor
$\eta_{tep}$	[ - ]	Teplárenská účinnost
$\eta_t$	[ - ]	Účinnost tepelného stroje

**SEZNAM PŘÍLOH**

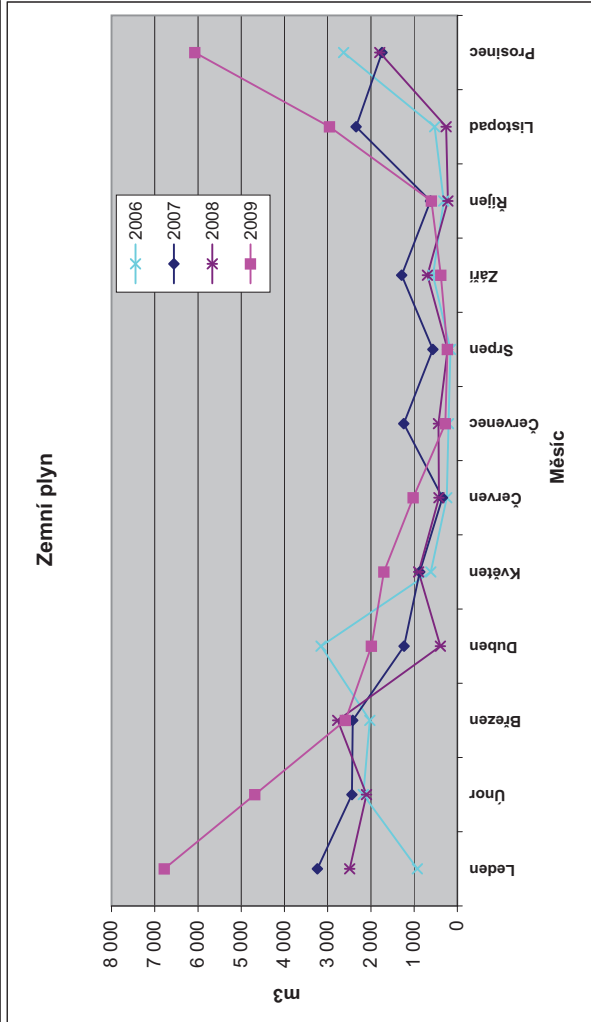
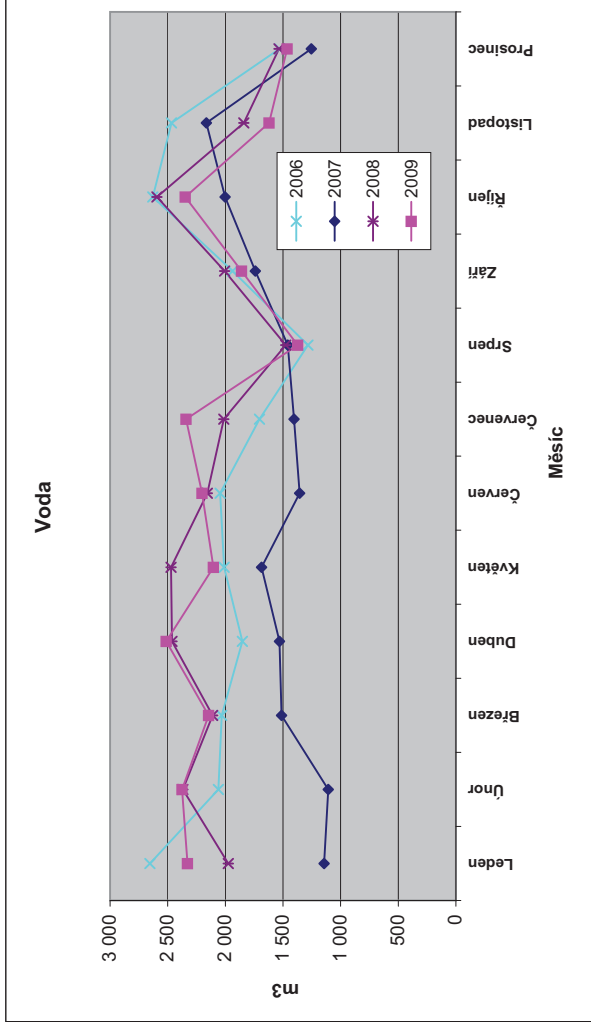
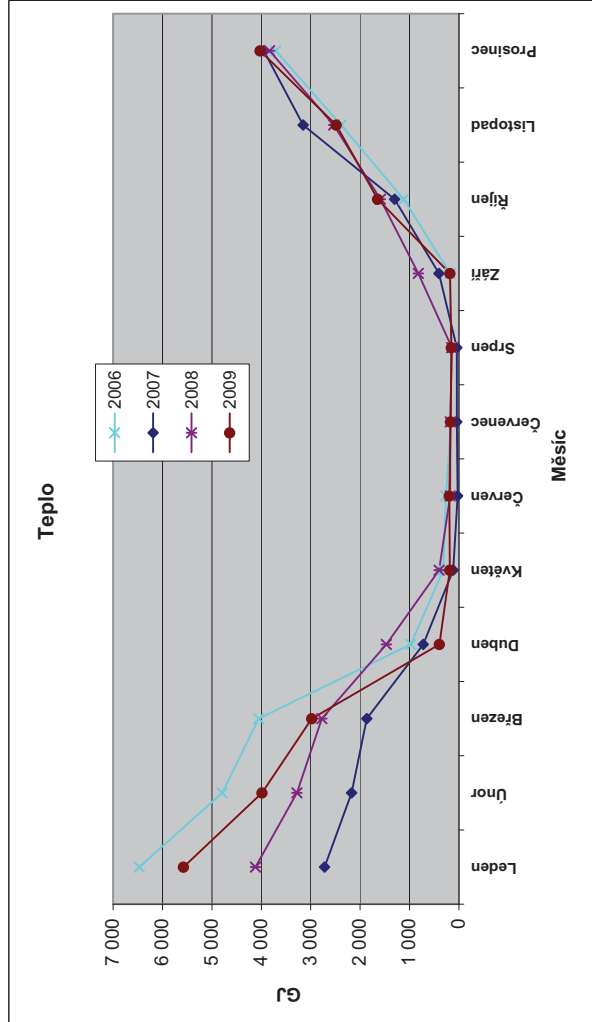
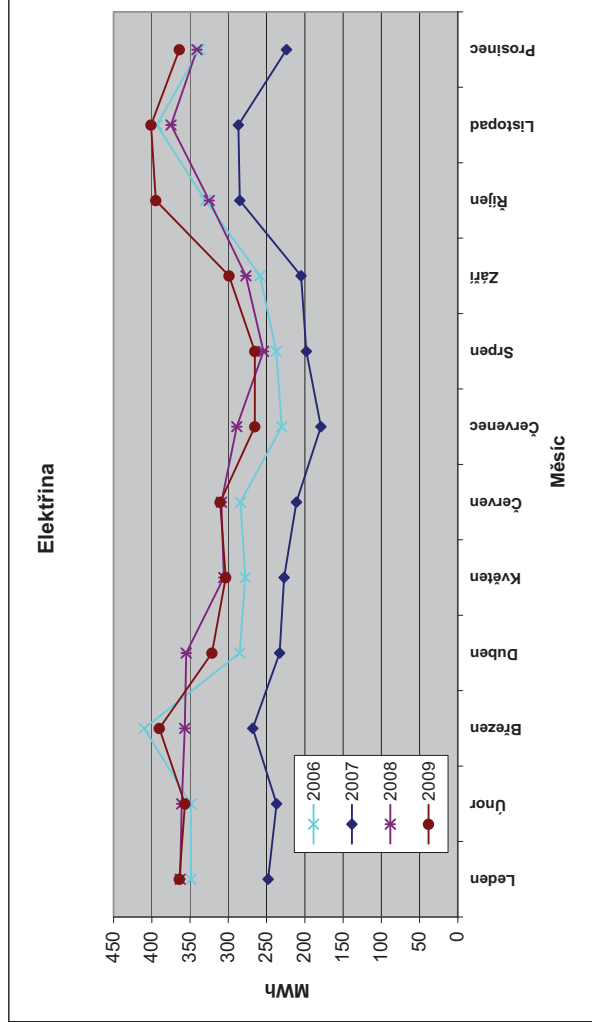
- Příloha 1 - Spotřeba energií FSI v letech 2006 – 2009
- Příloha 2 - Cena plynu
- Příloha 3 - Technická specifikace KJ Tedom Cento T180
- Příloha 4 - Technická specifikace KJ Motorgas STRATOS TBG 180
- Příloha 5 - Cenové rozhodnutí ERU č. 4/2009 pro podporu kombinované výroby elektřiny a tepla (bod 2)
- Příloha 6 - Cenové rozhodnutí ERU č. 14/2005 kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb (bod 1)

**Příloha 1**  
**Spotřeba energií FSI v letech 2006 – 2009**

## Spotřeba elektriny, tepla, vody a zemního plynu v letech 2006 - 2009

Měsíc	2006				2007				2008				2009			
	Elektrina MWh	Teplo GJ	Voda m <sup>3</sup>	Plyn m <sup>3</sup>	Elektrina MWh	Teplo GJ	Voda m <sup>3</sup>	Plyn m <sup>3</sup>	Elektrina MWh	Teplo GJ	Voda m <sup>3</sup>	Plyn m <sup>3</sup>	Elektrina MWh	Teplo GJ	Voda m <sup>3</sup>	Plyn m <sup>3</sup>
Leden	349	6 468	2 655	924	248	2 720	1 144	3 238	363	4 118	1 975	2 490	364	5 574	2 329	6 778
Únor	349	4 791	2 060	2 176	237	2 173	1 108	2 437	361	3 281	2 369	2 100	357	3 985	2 375	4 683
Březen	410	4 052	2 032	2 025	268	1 865	1 512	2 420	357	2 775	2 111	2 768	390	2 980	2 145	2 590
Duben	285	975	1 853	3 152	233	721	1 531	1 234	355	1 469	2 463	393	321	393	2 513	1 988
Květen	278	316	2 011	615	227	115	1 686	868	306	401	2 471	895	303	183	2 103	1 699
Červen	284	261	2 045	244	211	27	1 356	345	309	178	2 156	427	311	193	2 202	1 023
Červenec	230	163	1 704	205	179	43	1 404	1 240	289	175	2 013	438	265	170	2 341	279
Srpen	237	160	1 284	158	198	42	1 459	565	254	144	1 477	227	265	153	1 373	229
Září	259	179	1 937	564	205	405	1 740	1 287	277	823	2 007	692	299	180	1 859	381
Ríjen	330	1 116	2 629	313	285	1 300	2 003	622	325	1 591	2 593	218	395	1 644	2 348	600
Listopad	393	2 387	2 467	527	287	3 152	2 164	2 341	375	2 534	1 840	260	401	2 484	1 621	2 957
Prosinec	338	3 707	1 531	2 630	224	3 949	1 254	1 743	341	3 835	1 535	1 793	364	4 025	1 464	6 073
Celkem	3 743	24 575	24 208	13 533	2 802	16 512	18 361	18 340	3 912	21 324	25 010	12 701	4 036	21 964	24 673	29 280
tis. Kč	5 923	9 536	947	234	7 302	7 446	1 011	339	9 907	9 453	1 238	309	11 423	10 452	1 283	293

**Grafické znázornění spotřeby energií v letech 2006 - 2009**





**Příloha 2**  
**Cena zemního plynu 2010**

<b>platba za kapacitu</b>	<b>820 m<sup>3</sup></b>
distribuce	141 707,89 Kč /rok
strukturování	53 782,95 Kč /rok
přeprava	8 453,13 Kč /rok
<b>celkem</b>	<b>203 943,97 Kč /rok</b>

<b>platba za odebraný ZP v množství</b>	<b>2060 MWh</b>
cena za komoditu	52,97 Kč /MWh
	650,00 Kč /MWh
daň ze ZP	0,00 Kč
<b>celkem za 2060 MWh</b>	<b>1 448 118,20 Kč</b>

fakturace	1 448 118,20 Kč komoditní složka ceny
	16 995,33 Kč kapacitní složka ceny
<b>celkem</b>	<b>1 465 113,53 Kč</b>

11 808,99 Kč /měsíc
4 481,91 Kč /měsíc
704,43 Kč /měsíc
<b>16 995,33 Kč /měsíc</b>

za distribuci přepravu a strukturování  
jednotková cena ZP

**Příloha 3**  
**Technická specifikace KJ Tedom Cento T180**

## Základní charakteristika

Kogenerační jednotky (dále KJ) TEDOM řady Cento se řadí mezi stroje středních výkonů, na bázi plynových motorů, které vycházejí z vozidlových motorů. Tvoří řadu výkonů v rozsahu od 40 do 300kW. Blokované uspořádání těchto jednotek obsahuje soustrojí motor-generátor, kompletní tepelné zařízení jednotky včetně tlumiče výfuku a protihlukového krytu, do kterého je vestavěn řídicí a silový elektrický rozváděč. KJ Cento T180 je v provedení SP se synchronním generátorem určená pro paralelní provoz se sítí: 400V/50 Hz. Teplovodní okruh je přizpůsoben teplotnímu spádu 90/70°C. KJ tvoří zcela autonomní energetický blok.

### Přednosti KJ TEDOM

- automatická regulace bohatosti směsi – cesta ke snížení emisí patří ke standardní výbavě KJ
- KJ tvoří lehce připojitelný kompaktní celek
- použitím protihlukového krytu vykazuje KJ nízkou hlučnost
- možnost přizpůsobení k různým tepelným spádům otopných soustav
- díky modulárnímu uspořádání řídicímu systému je možno snadno rozšířit množství binárních a analogových vstupů pro monitorování a řízení následných zřízení
- na zákaznickou svorkovnici je možno připojit základní signály pro ovládání KJ (externí nouzové zastavení, externí spouštění)
- jednotka je funkčně odzkoušena ve výrobním závodě
- KJ TEDOM jsou na základě poznatků z již realizovaných zakázek neustále inovovány, což může mít vliv na tento dokument

Z rozhodnutí notifikované osoby 1015\* byl vydán certifikát „E-30-00564-06“ potvrzující shodu výrobků řady Cento s požadavky směrnice 90/396/EHS (nařízení vlády č. 22/2003 Sb.). Společnost TEDOM je také držitelem certifikátů řízení jakosti QMS a EMS. Na základě zkoušek provedených na řídicím rozváděči udělil Elektrotechnický zkušební ústav, certifikační orgán č. 3018 akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. podle ČSN EN 45011, certifikát č. 1081012. Výrobek je mimo jiné certifikován pro Rusko, Ukrajinu a Bělorusko.

\* Strojírenský zkušební ústav s.p., Brno



Ilustrační obrázek

provedení	protihlukový kryt
provoz	SP – synchronní, paralelně se sítí
palivo	zemní plyn

**Základní technické údaje**

jmenovitý elektrický výkon	175kW
maximální tepelný výkon	223kW
příkon v palivu	462kW
účinnost elektrická	37,9%
účinnost tepelná	48,2%
účinnost celková (využití paliva)	86,1%
spotřeba plynu při 100% výkonu	48,9 m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 75% výkonu	39,3 m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 50% výkonu	29,4 m <sup>3</sup> /h

Základní technické údaje jsou platné pro standardní podmínky podle dokumentu „Platnost technických údajů“  
Požadovaný min. trvalý elektrický výkon je 50% jmenovitého výkonu  
Spotřeba plynu je uvedena při fakturačních podmínkách (15°C, 101,325kPa)

**Plnění emisních limitů**

emise (při 5%O <sub>2</sub> ve spalínách)	CO	NO <sub>x</sub>
Česká Republika: NV ČR č 146 z roku 2007	650mg/Nm <sup>3</sup>	500mg/Nm <sup>3</sup>
zahraničí: TA-Luft 2002*	300mg/Nm <sup>3</sup>	500mg/Nm <sup>3</sup>

\* pro splnění emisí nutno doplnit KJ oxidačním katalyzátorem

**Generátor**

Zdrojem elektrické energie je synchronní generátor ECO 38-1LN/4, výrobek firmy Mecc alte spa, Itálie, se základními parametry dle uvedeného přehledu.

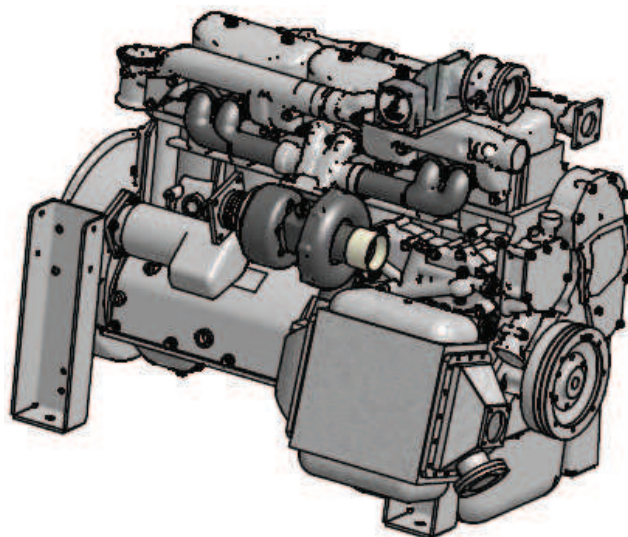
výkon generátoru	250/200 kVA / kW
cos φ	0,8 / 1,0
účinnost v pracovním bodě	95,7 %
max. pracovní teplota	40 °C
napětí	400 V
frekvence	50 Hz
otáčky	1500 min <sup>-1</sup>
krytí	IP 21

**Motor**

K pohonu jednotky je použit plynový spalovací motor TG 185 GV TW 86, výrobek firmy TEDOM s.r.o.

počet válců	6
uspořádání válců	v řadě
vtání × zdvih	130 x 150 mm
zdvihový objem	11940 cm <sup>3</sup>
kompresní poměr	11 : 1
otáčky	1500 min <sup>-1</sup>
spotřeba oleje normál / max.	0,3/0,5 g/kWh
max. výkon motoru	185,2 kW

TG 185 GV TW 86 revize C z 2.6.2008



Ilustrační obrázek

## Tepelný systém

Tepelný systém KJ je z hlediska odběru tepelného výkonu tvořen dvěma nezávislými okruhy, sekundárním a technologickým. Maximální tepelný výkon jednotky je součtem tepelných výkonů obou okruhů při jejich plném využití.

### sekundární okruh

- představuje okruh, kterým je zajištěno vyvedení hlavního tepelného výkonu jednotky (získaného chlazením spalovacího motoru a spalin) do topného systému. Standardně okruh pracuje s teplotami vratné vody od 50 do 70°C. Dodržení nejvyšší teploty 70°C je bezpodmínečně nutné pro bezporuchový chod jednotky. Okruh není vybaven oběhovým čerpadlem.

### Parametry sekundárního okruhu:

tepelný výkon okruhu	201 kW
jmenovitá teplota vody vstup / výstup	70/90 °C
teplota vratné vody min / max	50/70 °C
jmenovitý průtok	2,5 kg/s
max. pracovní tlak	600 kPa
vodní objem okruhu v KJ	96 dm <sup>3</sup>
tlaková ztráta při jmenovitém průtoku	40 kPa
jmenovitý teplotní spád	20 K

Pro využití tepelného výkonu spalin k jiným účelům, jsou uvedeny parametry spalin:

tepelný výkon spalin (vychlazení na 120°C)	118 kW
teplota spalin	520 °C

Není-li v okrajových provozních režimech možné odvést tepelný výkon okruhu, lze tento výkon, nebo jeho část odvádět chladicí jednotkou pro nouzové chlazení, kterou lze samostatně dodat.

### technologický okruh

- představuje okruh chlazení plnicí směsí. Úroveň využití tepelného výkonu z tohoto okruhu a jeho vychlazení bezprostředně ovlivňuje dosažení základních technických údajů. Okruh pracuje s teplotami vratné vody od 35 do 55°C, přičemž nejnižší teplotě odpovídá jmenovitý elektrický výkon. S nárůstem teploty pak výkon klesá. Různým teplotám vratné vody odpovídá i velikost tepelného výkonu tohoto okruhu a pokud je tento výkon využíván, mění se i celkový tepelný výkon jednotky. Tyto závislosti a základní parametry okruhu jsou uvedeny v následujících tabulkách. Okruh obsahuje oběhové čerpadlo (viz tabulka).

*teplota vratné vody okruhu	35	45	55	°C
teplota plnicí směsi	45	55	65	°C
elektrický výkon	175	161	147	kW

\*teplota vratné vody okruhu je informativní údaj

tepelný výkon okruhu	22 kW
jmenovitá teplota vody vstup / výstup	35/55 °C
jmenovitý průtok	1,5 kg/s
minimální / maximální průtok	1,2/1,8 kg/s
*tlaková rezerva při jmenovitém průtoku	65 kPa
*tlaková rezerva při min / max průtoku	80/35 kPa
max. pracovní tlak	300 kPa
vodní objem okruhu v KJ	20 dm <sup>3</sup>

\*tlaková rezerva vnitřního čerpadla jednotky

Tepelný výkon technologického okruhu lze využít v nízkoteplotních okruzích (přehřev TUV, ohřev vody v bazénech či jiných technologiích). Není-li možné toto teplo při požadavku na dosažení trvalého jmenovitého elektrického výkonu využít, je nutné jej mařit ve vnější chladicí jednotce (výměník voda-vzduch). Tuto chladicí jednotku je možné samostatně dodat.

## Palivo, přívod plynu

Technické parametry uvedené v této specifikaci jsou platné pro zemní plyn o dále uvedených vlastnostech.

výhřevnost	34 MJ/m <sup>3</sup>
min. metanové číslo	80
tlak plynu	2 ÷ 10 kPa
max. změna tlaku při změnách spotřeby	10 %
max. teplota*	30 °C

Kromě zemního plynu lze použít i jiné plyny (např. propan, bioplyn, skládkový plyn). V případě této potřeby kontaktujte výrobce. Plynová trasa jednotky je sestavena v souladu s TPG G 811 01 a obsahuje čistič plynu, sestavu dvou nezávislých rychlouzavíracích elektromagnetických ventilů pro uzavření přívodu plynu při vypnutí jednotky, nulový regulátor tlaku plynu a kovovou hadici pro připojení ke směšovači. Pro správný provoz jednotky je požadována plynová přípojka o patřičné dimenzi s přiměřeným akumulacním objemem, aby nedošlo k poklesu tlaku plynu v rozvodu v době skokového odběru plynu, zakončená ručním plynovým uzávěrem a opatřená tlakoměrem.

## Spalovací a ventilační vzduch

Nevyužitelné teplo (vysálané z horkých částí) je z jednotky odváděno ventilačním vzduchem, který do jednotky vstupuje příslušnými otvory ve dveřích protihlukového krytu a vystupuje přírubou akustické šachty na stropě protihlukového krytu. Na přírubu je možno napojit vzduchotechnické potrubí. Proudění ventilačního vzduchu zajišťuje ventilátor uvnitř protihlukového krytu.

nevyužitelné teplo odvedené ventilačním vzduchem	40 kW
množství spalovacího vzduchu	715 Nm <sup>3</sup> /h
min. množství ventilačního vzduchu	7700 Nm <sup>3</sup> /h
teplota nasávaného vzduchu min / max	10/35 °C
max. teplota vzduchu na výstupní přírubě	50 °C
max. protitlak na přírubě odvodu ventilačního vzduchu	80 Pa

## Odvod spalin a kondenzátu

Spaliny jsou z jednotky odváděny potrubím (spalinovodem) napojeným na přírubu jednotky. Spalinovod od příruby KJ po sopouch musí být těsný. Spádování spalinovodu musí být směrem od jednotky. Při startu jednotky, nebo při nízké teplotě vstupní vody do KJ vzniká ve spalinovodech kondenzát. Ten je z jednotky odváděn trubkou G1/2". Kondenzát je vhodné odvádět přes odváděč kondenzátu o výšce min. 20 cm do kanálu. Materiál spalinovodu a tepelná izolace spalinovodu ve strojovně musí být odolná teplotám do 200°C. Maximální tlaková ztráta celého spalinovodu od příruby jednotky nesmí být větší než 10 mbar.

množství spalin	761 Nm <sup>3</sup> /h
teplota spalin jmen / max	120/150 °C
max. protitlak spalin za přírubou	10 mbar

## Náplně

množství mazacího oleje v motoru	55 dm <sup>3</sup>
objem olejové nádrže pro doplňování	42 dm <sup>3</sup>
množství chladicí kapaliny v primárním okruhu	50 dm <sup>3</sup>

Topná voda pro náplň hydraulického okruhu musí být upravená, její složení musí odpovídat dokumentu „Technická instrukce – vodní okruhy“.

## Hlukové parametry

Hlukové parametry udávají úroveň akustického tlaku, měřenou ve volném zvukovém poli. Stanovení měřících míst a způsob vyhodnocení odpovídá ČSN 09 0862.

protihlukový kryt KJ v 1 m	75 dB(A)
vývod spalin v 1m od příruby	80 dB(A)

## Elektrické parametry

jmenovité napětí	230/400 V
jmenovitý kmitočet	50 Hz
účinnost	0,8L+0,8C
jmenovitý proud při cos φ=0,8	316 A
jistič generátoru	NR400F 3P
zkratová odolnost rozváděče	25 kA
příspěvek vlastního zdroje ke zkratovému proudu	< 3 kA
krytí silové části rozváděče zavřeno/otevřeno	IP 32/00
krytí ovládací části rozváděče zavřeno/otevřeno	IP 32/20
doporučené nadřazené jističení	400 A
doporučený připojovací kabel ** (l< 50m, při t<35°C)	CYKY 3×185+95

\* Výkon KJ je na svorkách generátoru

\*\* Uvedené kabely jsou informativní. Nutno provést kontrolní výpočet na oteplení a úbytek napětí dle skutečné délky, uložení a typu kabelu (maximální povolený úbytek napětí je 10 V)

## Provedení rozváděče

Rozváděč je součástí kapoty, silová a ovládací část jsou umístěny v samostatných, oddělených prostorech, každý z těchto prostorů má svoje vlastní dveře.

**Silová část rozváděče obsahuje:**

- jistič generátoru, který jednak chrání generátor a část přívodního vedení proti nadproudu a zkratu a jednak slouží jako spínací prvek při fázování generátoru k síti. Standardně je použita kombinace jističe se stykačem
- svorkovnici XS určenou pro připojení kabelu pro vyvedení výkonu
- svorkovnici XG určenou pro připojení generátoru
- měřicí transformátory proudu

**Ovládací část rozváděče obsahuje:**

- centrální část řídicího systému a případně jeho rozšiřující moduly
- jisticí a spínací prvky
- ovládací prvky určené pro servisní účely
- napájecí zdroj pro spotřebiče 24VDC
- svorkovnice pro připojení analogových snímačů, binárních spínačů, ovládaných spotřebičů, dálkové komunikace apod.
- zákaznickou svorkovnici

Rozměry rozváděče jsou uvedeny v následující tabulce:

	Výška [mm]	Šířka [mm]	Hloubka [mm]
R	1387	799	260

Pozn. Rozměry jsou uvedeny pro společný rozváděč obsahující silovou a ovládací část

## Řídicí systém

Pro ovládání KJ je použit řídicí systém ProCon Sight, který zajišťuje plně automatický chod soustrojí. Jedná se o víceprocesorový modulární systém, sestávající z centrální části, zobrazovací jednotky a rozšiřujících modulů analogových a binárních vstupů a výstupů.

## Zobrazovací jednotka

Díky barevnému displeji s velkým rozlišením a kontextovým a navigačním tlačítkům poskytuje zobrazovací jednotka snadnou dostupnost všech údajů o soustrojí, sledovaných hodnot a časových průběhů veličin. Zobrazovací jednotka řídicího systému ProCon Sight komunikuje až v sedmi různých jazycích, z nichž jeden může být grafický (čínština, korejština).



### Základní vlastnosti zobrazovací jednotky:

- velký 8" barevný TFT displej s rozlišením 800 × 600 bodů
- jednodušší a rychlejší ovládání použitím kontextových tlačítek
- trvale zobrazený stavový řádek
- zobrazení časových průběhů vybraných veličin – grafy
- přehlednější zobrazení historie
- operační systém Windows CE

## Měření veličiny

Řídicí systém měří a vyhodnocuje následující veličiny.

### Elektrické hodnoty:

- 3×napětí generátoru
- 3×proud generátoru
- 3×napětí sítě
- 1×proud sítě

Uvedené elektrické veličiny slouží pro:

- vyhodnocení parametrů sítě
- automatické fázování generátoru k síti,
- výpočty a vyhodnocování potřebných elektrických veličin

### Technologické hodnoty:

KJ je vybavena sadou binárních a analogových snímačů monitorující veškeré potřebné procesy s cílem jejich optimalizace, která probíhá prostřednictvím příslušných výstupů vlastních spotřeb.

## Způsoby ovládání

### Místní:

- pomocí tlačítek na řídicím systému nebo na zobrazovací jednotce

### Dálkové (na přání):

- bez-napěťovým kontaktem (časové hodiny, přijímač hromadného dálkového ovládání, apod.)
- podle úrovně požadovaného výkonu či úrovně spotřeby objektu
- z místního či vzdáleného PC
- pomocí SMS zpráv

### Regulace dle spotřeby objektu (na přání):

- informaci o spotřebě objektu řídicí systém získává z převodníku, který měří směr a velikost odběru/dodávky ze/do sítě

### Regulace na požadovaný výkon (na přání):

- analogovým signálem – např. signálem 0/4÷20mA
- datovou cestou – např. prostřednictvím protokolu MODBUS-RTU

## Monitorování chodu soustrojí

### Z místního PC – možnosti připojení:

- RS232
- RS485
- USB

### Ze vzdáleného PC – možnosti připojení:

- analogový modem
- GSM modem
- internet

### Prostřednictvím SMS

## Barevné provedení

motor, generátor, vnitřní části jednotky	RAL 7035 (šedá)
základový rám	RAL 7035 (šedá)
protihlukový kryt	RAL 5012 (modrá)

## Rozměry a hmotnosti jednotky

délka	3950 mm
šířka	1685 mm
výška celková / transportní	2650 / 2650 (2200*) mm
přepravní hmotnost	4870 kg
provozní hmotnost celé KJ	5100 kg

\*Transportní rozměry uvedené v závorce jsou dosažitelné po nenáročném demontáži některých dalších dílů.

## Navazující podklady

- rozměrový náčrt: Kog. jednotka Cento T180, č.v. R0457B
- schéma: KJ Cento T180, č.v. P39047
- obecně závazné podklady dle dokumentu „Přehled platných technických specifikací“

## Rozsah dodávky

### Standardní:

- úplný modul KJ

### Mimo standardní rozsah:

- chladicí jednotka pro chlazení technologického okruhu
- chladicí jednotka pro nouzové chlazení sek. okruhu
- oxidační katalyzátor
- přídavný tlumič výfuku
- odváděč kondenzátu
- úprava KJ na transportní rozměry
- dovybavení elektro dle požadavků zákazníka viz kapitola způsoby ovládání



**Příloha 4**  
**Technická specifikace KJ Motorgas STRATOS TBG 180**

# STRATOS TBG 180

## ZEMNÍ PLYN

TYPOVÝ LIST KOGENERAČNÍ JEDNOTKY



## KOGENERACE

### PLYNOVÉ MOTORY

**motorgas**

technické parametry  
palivo » kogenerační jednotka » motor » bilance » generátor » chlazení  
funkční schéma » rozměrové náčrty » požadavky na stavební řešení

## Specifikace dodávky

### Základní položky

<b>plynový motor</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- vzduchový filtr</li><li>- směšovač plyn - vzduch</li><li>- škrťící klapka</li><li>- elektronické bezdotykové zapalování</li></ul>
<b>synchronní generátor</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- automatická regulace <math>\cos\varphi</math></li><li>- automatická regulace napětí</li></ul>
<b>zařízení pro výrobu tepla</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- hlavní výměník voda/voda</li><li>- výměník spaliny/voda</li><li>- oběhové čerpadlo motorové vody</li><li>- oběhové čerpadlo topného okruhu oběhové</li><li>- třicestný ventil se servopohonem – regulace teploty topné vody</li><li>- pojistný ventil – topný okruh</li><li>- pojistný ventil – okruh motorové vody</li><li>- expanzomat – okruh motorové vody</li></ul>
<b>plynová trať</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- plynový filtr</li><li>- elektrický uzavírací ventil</li><li>- nulový regulátor tlaku</li><li>- manostaty – signalizace vysokého/nízkého tlaku plynu</li></ul>
<b>Výfukový systém</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- tlumič hluku výfuku</li><li>- vlnovcové kompenzátory</li></ul>
<b>Rozváděč</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- řídicí i silová část (řídicí systém, jistící, spínací a měřicí prvky)</li><li>- řídicí systém</li><li>- silová část – spínací a pojistné prvky</li><li>- startovací akumulátory s elektronickým dobíjením</li></ul>

### Volitelné položky

<b>systém nouzového chlazení</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- radiátorový chladič – nouzové chlazení</li><li>- třicestný ventil se servopohonem – regulace teploty motorové vody</li></ul>
<b>olejové hospodářství</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- centrální olejová nádrž</li><li>- regulátor hladiny oleje</li></ul>
<b>protihluková kapota</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- protihluková kapota s vlastním ventilátorem vzduchu (volitelně s elektronickou regulací otáček)</li></ul>
<b>motor</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- předeřev motoru</li></ul>

## Technické parametry

### Kogenerační jednotka

typ kogenerační jednotky	STRATOS TBG 180
jmenovitý elektrický výkon	180 kW
jmenovitý tepelný výkon	255 kW
jmenovité napětí	400/230 V
frekvence	50 Hz
jmenovitý účinník	1,0
provozní účinník	0,8 – 1,0
provozní tlak plynu na vstupu do kogenerační jedn.	2-5 kPa
tepelný spád topného systému	90/70°C
celkový průtok vody v topném okruhu	3,05 l/s
hmotnost kogenerační jednotky bez protihlukové kapoty	2900 kg
hmotnost kogenerační jednotky s protihlukovou kapotou	3900 kg
rozměry (délka x šířka x výška)	
přepravní	3676 x 1500 x 2300 mm
provozní s protihlukovou	3676 x 1500 x 2800 mm
teplota výfukových plynů za spalinovým výměníkem	125-185 °C
velikost zásobní olejové nádrže (volitelná položka)	250 l
plnění emisních limitů podle Nařiz. č. 352/2002 Sb., Vyhl.117/97 Sb. a podle TA Luft 86	
průměrná hlučnost stroje ve vzdál.1 m (bez protihlukové kapoty)	97 +- 3 dB/A/
průměrná hlučnost stroje ve vzdál.1 m (s protihlukovou kapotou)	75 +- 3 dB/A/
hlučnost výfuku ve vzdálenosti 5 m	73 +- 3 dB/A/
celková doporučená výměna vzduchu	11200 m <sup>3</sup> /h
vlastní spotřeba el. energie:	
instalovaný výkon	6,9 kW
průměrný provozní spotřebovaný výkon (bez nouz. chlazení)	3,4 kW

## Motor

typ motoru	MAN E 2876 LE302
jmenovité otáčky	1500 min <sup>-1</sup>
počet válců	6
vrtání	128 mm
zdvih	166 mm
zdvihový objem motoru	12,82 dm <sup>3</sup> (l)
přebytek vzduchu/způsob hoření	1,6/chudá směs
doporučený typ oleje (zemní plyn)	Mobil Pegasus 705
doporučený typ oleje (bioplyn)	Mobil Pegasus 610
kapacita olejové náplně	min. 30 l, max. 41 l
max. spotřeba oleje	0,06 kg/h
kompresní poměr	11:1
předstih	12 °
hmotnost motoru (suchá)	990 kg

## Bilance

% zatížení	100,0%	75,0%	50,0%
Příkon v palivu [kW]	507	400	295
Mechanický výkon motoru [kW]	189	142	95
Měrná spotřeba paliva(MJ/kWh)	9,6	10,2	11,2
Spotřeba ZP [m3/h]	53,7	42,4	31,2
Účinnost alternátoru (%)	95,15%	95,2%	95,2%
Elektrický výkon [kW]	180	135	90
Tepelný výkon [kW]	253	199	148
Tepelný výkon z chlazení motoru [kW]	111	96	84
Tepelný výkon z mezichladiče [kW]	23	16	8
Tepelný výkon spalin [kW] <sup>1</sup>	119	86	56
Elektrická účinnost	35,5%	33,7%	30,5%
Tepelná účinnost	50,0%	49,7%	50,1%
Celková účinnost	85,5%	83,4%	80,6%
Množství vzduchu pro spalování [kg/h]	995	738	485
Teplota spalin[°C]	530	520	510
Množství spalin [kg/h]	1032	767	506
Tepelné ztráty[kW]	35	28	21

<sup>1</sup>dochlazení spalin na 130 °C  
výhřevnost paliva 34 [MJ/m3]  
všechny výkonové parametry jsou stanoveny podle  
ISO 3046/1 (+5%)  
pro jmenovité atmosférické podmínky tj.  
tlak 100 kPa, teplota 25°C a relativní vlhkost vzduchu 30%.  
tolerance pro tepelný výkon +-8%

## Generátor

synchronní generátor	STAMFORD HCI 444 C1
jmenovitý zdánlivý výkon	250 kVA
jmenovitý činný výkon	200 kW
jmenovité napětí	400/231 VAC, 50 Hz
harmonické zkreslení (bez zátěže/ vyvážená lineární)	<1,5% / < 5%
podélná přechodová reaktance ( $X'd$ )	20 %
podélná rázová reaktance ( $X''d$ )	14 %
příčná rázová reaktance ( $X''q$ )	36 %
přechodová časová konstanta ( $T'd$ )	80 ms
rázová časová konstanta ( $T''d$ )	19 ms
hmotnost generátoru	860 kg
počet ložisek	1

## Řídicí systém

### Charakteristika

Modulární koncepce řídicího systému zajišťuje optimální konfiguraci pro každou jednotku. Řídicí systém je tvořen výkonnou centrální procesorovou jednotkou s programovým vybavením, moduly binárních vstupů a výstupů, moduly analogových vstupů a výstupů a samostatnou jednotkou síťových ochran. Zobrazení stavů soustrojí je pomocí grafického LCD, ovládání pomocí membránové klávesnice a přepínačů na čelním panelu rozvaděčové skříně. Systém zajišťuje plně automatizovaný provoz jednotky a je umístěn společně se silovou částí (jistice, pojistkové odpínače, stykače, relé) v jednom rozvaděči. Rozvaděč je integrován na rámu KJ.

### Zobrazované údaje

Jsou přehledně členěny do následujících skupin

- aktuální hodnoty
- limitní hodnoty
- regulační hodnoty
- stavová hlášení
- poruchová hlášení a kódy
- seznam poruch

### Standardní funkce

- automatický start / stop jednotky
- regulace otáček / výkonu
- automatické nafázování generátoru na rozvodnou síť při paralelním provozu
- vyhodnocení poruchy sítě (napětí, frekvence, vektorový skok)
- zpětná wattová ochrana
- měření teplot a tlaků provozních médií (plyn, voda, olej)
- automatické vyhodnocení poruchy měřicích snímačů
- detekce úniku plynu
- (5xDO, 2xDI, 1xAI, 1xAO) signály pro vnější komunikaci
- varování obsluhy před dosažením limitních hodnot
- automatické odstavení soustrojí při překročení nastavených limitních hodnot

### Volitelná rozšíření

- systém TELECONTROL umožňuje připojení jednotky na servisní dispečink pomocí Internetu (využití tel. linky nebo GSM sítě)
- funkce ostrovního provozu KJ - dodávka el. energie při výpadku rozvodné sítě
- sériová komunikace s řídicím systémem uživatele (Modbus, Profibus)

## Nouzové chlazení

Chladič	GFH 052A/3-N(D)-F6/2P
---------	-----------------------

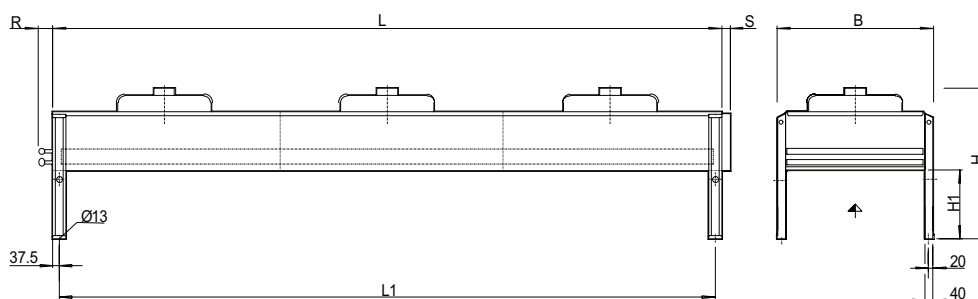
Výkon:	255.0 kW	Medium:	ethylene glycol 34 % <sup>(1)</sup>
Průtok vzduchu	21700 m <sup>3</sup> /h	Tlaková ztráta:	0.15 bar
		Průtok:	24.48 m <sup>3</sup> /h

Ventilátor:	3 Kusy 3~400V 50Hz	Hladina hluku:	59 dB(A) <sup>(2)</sup>
Parametry motoru:		ve vzdálenosti:	5.0 m
Otáčky:	1340 min-1		
Výkon:	0.78 kW		
Proud:	1.35 A		

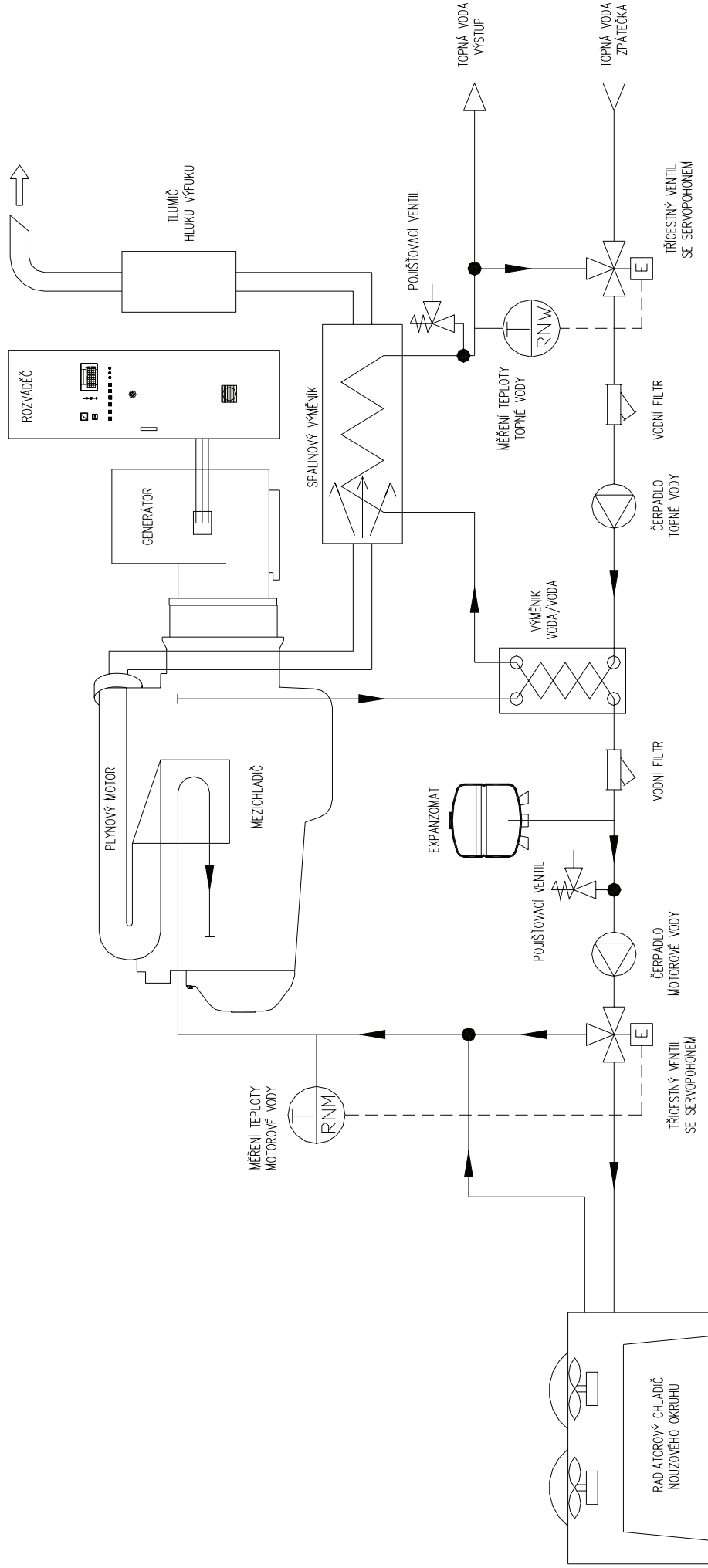
Objem trubek:	35 l	Připojení:	
Váha (suchá):	250 kg	Vstup:	76.1 * 2.00 mm
		Výstup:	76.1 * 2.00 mm

### Rozměry:

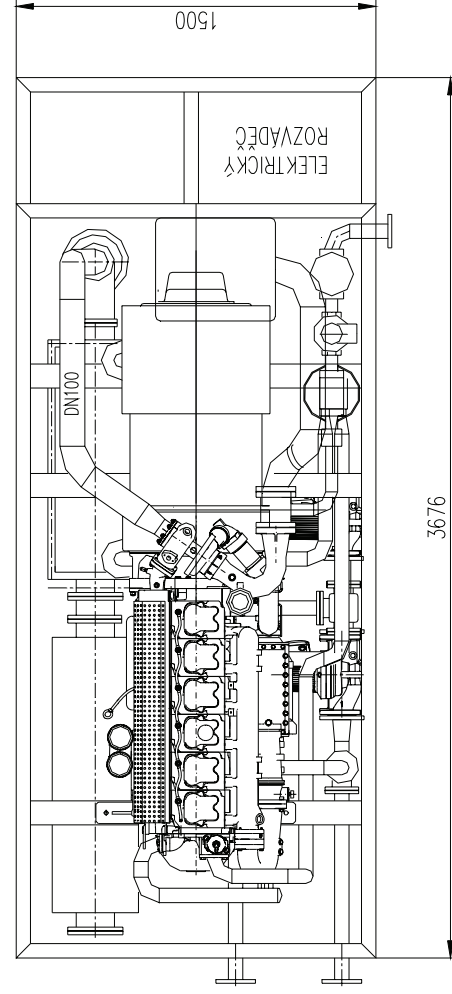
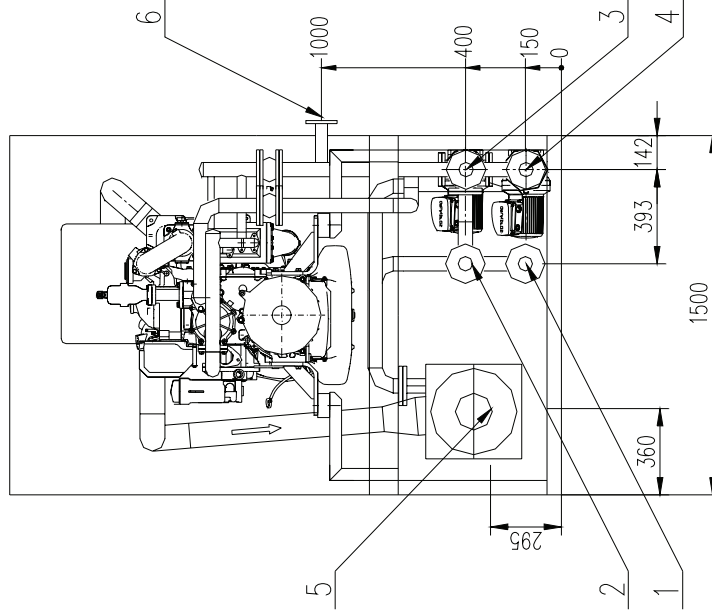
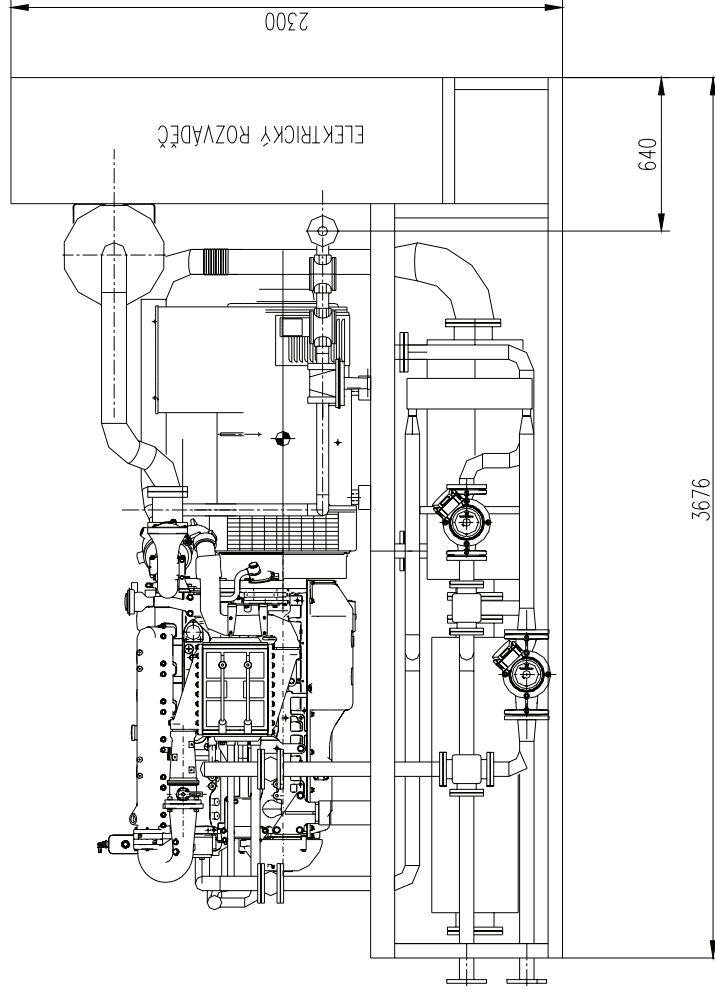
L =	2775 mm
B =	895 mm
H =	950 mm
R =	100 mm
L1 =	2700 mm
H1 =	400 mm
S =	50 mm



**Funkční schéma kogenerační jednotky  
STRATOS TBG 180**



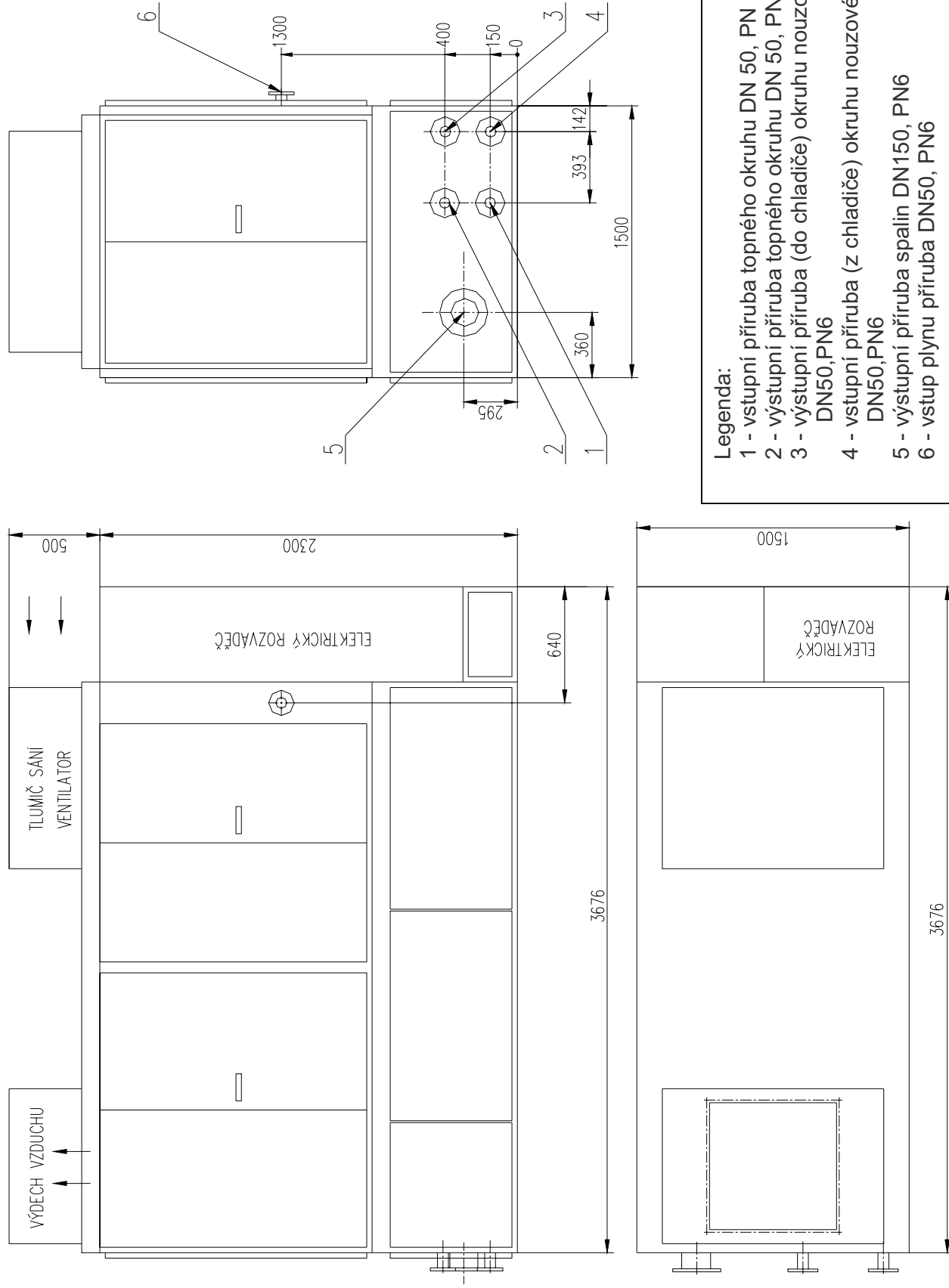


**Legenda:**

- 1 - vstupní příruba topného okruhu DN 50, PN 6 (zpátečka)
- 2 - výstupní příruba topného okruhu DN 50, PN 6
- 3 - výstupní příruba (do chladiče) okruhu nouzového chlazení DN50,PN6
- 4 - vstupní příruba (z chladiče) okruhu nouzového chlazení DN50,PN6
- 5 - výstupní příruba spalin DN150, PN6
- 6 - vstup plynu příruba DN50, PN6

**Kogenerační jednotka STRATOS TBG 180**

Provedení s kapotou



# Požadavky na stavební řešení strojoven kogeneračních jednotek

## Umístění KJ

- boční odstup z po obou stranách jednotky 1200 mm od rámu jednotky
- prostor před rozvaděčem 1200 mm
- odstup od stěny vyvedení potrubí 1000 mm

Rozměry vstupního otvoru pro nastěhování: šířka 1900 mm a výška 2400 mm.

Motor s generátorem jsou na rámu uloženy pružně na silentblocích. Přenos vibrací do podlahy je minimální. Není nutné stavebně připravovat antivibrační betonové bloky, apod.

Postačí dostatečně únosná betonová podlaha.

Půdorysný rozměr pro přenos zatížení do podlahy je 3676 x 1500 mm.

Nároky na podlahu: bezprašný beton nebo dlažba

## Větrání strojovny

Strojovna se větrá přirozeným nebo nuceným přetlakovým větráním. Dimenzuje se tak, aby byla zajištěna doporučená výměna vzduchu viz tab. Technické údaje – kogenerační jednotka. Musí být zaručena minimálně 3-násobná výměna vzduchu v prostoru strojovny za hodinu za všech provozních režimů, kromě odstávky, kdy je uzavřen přívod plynu k soustrojí.

Ve strojovnách, jejichž celkový jmenovitý mechanický výkon je 0,5 MW a vyšší a jsou-li tyto strojovny umístěny v objektu pod shromažďovacím prostorem, instaluje se havarijní větrání (viz.čl.6 ČSN 07 0703). Větrání zaručí 6-násobnou výměnu vzduchu v prostoru soustrojí za hodinu.

V zimním období musí být zajištěno temperování strojovny, aby teplota ani při odstavení kogenerační jednotky neklesla pod 5°C.

## Olejové hospodářství

Olejová nádrž je volitelná položka. Umístěna je na rámu soustrojí v prostoru vedle elektrického rozvaděče.

## Umístění rozvaděče

na rámu KJ

## Umístění chladiče nouzového chlazení

ve venkovním prostoru

- a) na základ (zpevněný povrch)
- b) na konzoli na fasádu objektu

## Odvzdušnění (odplynění)

Pro odvzdušnění (odplynění) přívodu plynu platí ČSN 38 6420 a ČSN 38 6405. Přednostně se volí vyústění odvzdušňovacího potrubí nad střechu objektu a s minimální vzdáleností 3 m od možného zdroje iniciace.

## Výfukové potrubí

- a) vedeno samostatným výfukovým potrubím DN150 nad střechu objektu  
materiál potrubí 17 240 (DIN 1.4301)
- b) zaústěno do komínového tělesa – přetlakový systém

## **Topný uživatelský systém (sekundární okruh)**

Kogenerační jednotka je vybavena:

vlastním čerpadlem zajišťující krytí tlakové ztráty KJ

trojcestným regulačním ventilem – regulace teploty topné vody

pojistné ventily na primárním i topném okruhu

**Z důvodu zabránění poškození spalínového výměníku kogenerační jednotky musí být za provozu i v režimu nouzového chlazení umožněn trvalý plný průtok vody v topném uživatelském okruhu.**

## **Elektrická výstroj a napájení**

K jednotce přivést uzemňovací soustavu objektu pro uzemnění uzlu generátoru dle ČSN 33 2000-4-41 čl. 413.1.3.

Instalovat zásuvku 3f+N+PE/16A v blízkosti jednotky.

## **Ostatní zařízení a prostorové nároky**

V ose kogeneračních jednotek umístit profil I pro pojezd kočky o nosnosti 1,6 t.

Zajistit odvodnění strojovny - kanalizační výpusť.

Zajistit přívod pitné vody s umyvadlem ve strojovně KJ.

**Cenové rozhodnutí ERU č. 4/2009 pro podporu kombinované výroby  
elektřiny a tepla (bod 2)**

(1.10.) Novou lokalitou se rozumí lokalita, kde nebyla v období od 1. ledna 1995 připojena výrobní elektřiny k přenosové nebo distribuční soustavě.

(1.11.) Je-li v rámci výrobní elektřiny uveden do provozu další zdroj nebo více dalších zdrojů, nebo splňuje-li jeden či více zdrojů v rámci jedné výrobní elektřiny podmínky pro uplatnění odlišných podpor, může výrobce uplatňovat odlišnou podporu pro takové jednotlivé zdroje za předpokladu, že zajistí samostatné měření výroby elektřiny v souladu se zvláštním právním předpisem<sup>6)</sup> na jednotlivých vývodech ze zdrojů. V případě neosazení samostatného měření může výrobce elektřiny uplatňovat za celou výrobní elektřiny pouze nejnižší podporu při výběru z více možných podpor.

(1.12.) V případě uplatnění podpory formou povinného výkupu se elektřina měřená fakturačním měřením rozdělí při fakturaci v poměru samostatně naměřených hodnot výroby elektřiny na jednotlivých zdrojích. V případě uplatnění podpory formou zelených bonusů se zelené bonusy uplatňují samostatně na každý zdroj podle naměřených hodnot.

(1.13.) Podmínkou uplatnění výkupní ceny je předání údajů o předpokládaném množství elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů v jednotlivých výrobních elektřinách s instalovaným výkonem nad 1 MW<sub>e</sub> výrobcem příslušnému provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy, a to následujícím postupem:

- a) upřesněné měsíční množství elektřiny je předáno výrobcem příslušnému provozovateli soustavy do patnáctého dne kalendářního měsíce předcházejícího kalendářnímu měsíci, ve kterém se má dodávka uskutečnit,
- b) upřesněné týdenní množství elektřiny je předáno výrobcem příslušnému provozovateli soustavy ve formě hodinových diagramů pro jednotlivé dny kalendářního týdne do 10.00 hodin prvního pracovního dne kalendářního týdne před kalendářním týdnem, ve kterém se má dodávka uskutečnit, a
- c) upravený denní diagram dodávek je předáván výrobcem provozovateli příslušné soustavy do 8.00 hodin kalendářního dne, který předchází kalendářnímu dni, ve kterém se má dodávka uskutečnit.

Tento postup se nevztahuje na větrné elektrárny a výrobní elektřiny využívající sluneční záření.

(1.14.) Pro výrobní elektřiny s instalovaným výkonem nad 1 MW<sub>e</sub> s výjimkou malých vodních elektráren, větrných elektráren a výroben elektřiny využívajících sluneční záření se výkupní cena elektřiny stanovená podle tohoto cenového rozhodnutí snižuje za vykázané množství elektřiny o 20 %

- a) pro každý den kalendářního měsíce, kdy bylo skutečně vykoupené množství elektřiny větší než součet množství uvedený v příslušném denním diagramu podle odstavce (1.13.) písm. c) o více než 10 %, nebo
- b) pro každý den kalendářního měsíce, kdy bylo skutečně vykoupené množství elektřiny menší než součet množství uvedený v příslušném denním diagramu podle odstavce (1.13.) písm. c) o více než 15 %.

## **(2) Pro elektřinu vyrobenou z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem výrobní elektřiny do 1 MW<sub>e</sub> včetně, s výjimkou výrobní**

---

<sup>6)</sup> Vyhláška č. 218/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti měření elektřiny a předávání technických údajů, ve znění pozdějších předpisů.

**využívající obnovitelné zdroje energie nebo spalující degazační plyn, platí tyto ceny a určené podmínky:**

(2.1.) Příspěvky k ceně elektřiny jsou stanoveny jako pevné ceny podle zvláštního právního předpisu<sup>2)</sup>.

(2.2.) Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem za jednotlivé výrobní do 1 MW<sub>e</sub> včetně účtuje územně příslušnému provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy, pokud je k přenosové soustavě připojen, příspěvek k ceně elektřiny **470 Kč/MWh** za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny podle zvláštního právního předpisu<sup>7)</sup>.

(2.3.) Je-li elektřina dodávána výrobcem elektřiny obchodníkovi s elektřinou, zákazníkovi nebo je-li spotřebována přímo výrobcem elektřiny v době platnosti vysokého tarifu, a to v celkové délce 8 hodin denně, účtuje výrobce elektřiny příslušnému provozovateli soustavy za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny v době platnosti vysokého tarifu příspěvek k ceně elektřiny **1800 Kč/MWh** podle zvláštního právního předpisu<sup>7)</sup>. Pásmo vysokého tarifu stanoví tento obchodník s elektřinou, zákazník nebo přímo výrobce elektřiny. Výrobce elektřiny stanoví pásmo vysokého tarifu pouze v případě, pokud veškerou vyrobenou elektřinu sám také spotřebovává. V případě uplatnění příspěvku v pásmu vysokého tarifu nevzniká nárok na příspěvek podle bodu (2.2.) a (2.4.).

(2.4.) Je-li elektřina dodávána výrobcem elektřiny obchodníkovi s elektřinou, zákazníkovi nebo je-li spotřebována přímo výrobcem elektřiny v době platnosti vysokého tarifu, a to v celkové délce 12 hodin denně, účtuje výrobce elektřiny příslušnému provozovateli soustavy za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny v době platnosti vysokého tarifu příspěvek k ceně elektřiny **1320 Kč/MWh** podle zvláštního právního předpisu<sup>7)</sup>. Pásmo vysokého tarifu stanoví tento obchodník s elektřinou, zákazník nebo přímo výrobce elektřiny. Výrobce elektřiny stanoví pásmo vysokého tarifu pouze v případě, pokud veškerou vyrobenou elektřinu sám také spotřebovává. V případě uplatnění příspěvku v pásmu vysokého tarifu nevzniká nárok na příspěvek podle bodu (2.2.) a (2.3.).

(2.5.) Délku platnosti a dobu vysokého tarifu podle bodu (2.3.) nebo (2.4.) lze změnit vždy pouze k prvnímu dni kalendářního měsíce.

**(3) Pro elektřinu vyrobenou z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem výrobní od 1 MW<sub>e</sub> do 5 MW<sub>e</sub> včetně, s výjimkou výrobní využívající obnovitelné zdroje energie nebo spalující degazační plyn, platí tyto ceny a určené podmínky:**

(3.1.) Příspěvky k ceně elektřiny jsou stanoveny jako pevné ceny podle zvláštního právního předpisu<sup>2)</sup>.

(3.2.) Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem za jednotlivé výrobní od 1 MW<sub>e</sub> do 5 MW<sub>e</sub> včetně účtuje územně příslušnému provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy, pokud je k přenosové soustavě připojen, příspěvek k ceně elektřiny **390 Kč/MWh** za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny podle zvláštního právního předpisu<sup>7)</sup>.

(3.3.) Je-li elektřina dodávána výrobcem elektřiny obchodníkovi s elektřinou, zákazníkovi nebo je-li spotřebována přímo výrobcem elektřiny v době platnosti vysokého tarifu, a to

---

<sup>7)</sup> Vyhláška č. 439/2005 Sb., kterou se stanoví podrobnosti způsobu určení množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a určení množství elektřiny z druhotných energetických zdrojů, ve znění pozdějších předpisů

v celkové délce 8 hodin denně, účtuje výrobce elektřiny příslušnému provozovateli soustavy za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny v době platnosti vysokého tarifu příspěvek k ceně elektřiny **1320 Kč/MWh** podle zvláštního právního předpisu<sup>7)</sup>). Pásmo vysokého tarifu stanoví tento obchodník s elektřinou, zákazník nebo přímo výrobce elektřiny. Výrobce elektřiny stanoví pásmo vysokého tarifu pouze v případě, pokud veškerou vyrobenou elektřinu sám také spotřebovává. V případě uplatnění příspěvku v pásmu vysokého tarifu nevzniká nárok na příspěvek podle bodu (3.2.) a (3.4.).

(3.4.) Je-li elektřina dodávána výrobcem elektřiny obchodníkovi s elektřinou, zákazníkovi nebo je-li spotřebována přímo výrobcem elektřiny v době platnosti vysokého tarifu, a to v celkové délce 12 hodin denně, účtuje výrobce elektřiny příslušnému provozovateli soustavy za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny v době platnosti vysokého tarifu příspěvek k ceně elektřiny **1010 Kč/MWh** podle zvláštního právního předpisu<sup>7)</sup>). Pásmo vysokého tarifu stanoví tento obchodník s elektřinou, zákazník nebo přímo výrobce elektřiny. Výrobce elektřiny stanoví pásmo vysokého tarifu pouze v případě, pokud veškerou vyrobenou elektřinu sám také spotřebovává. V případě uplatnění příspěvku v pásmu vysokého tarifu nevzniká nárok na příspěvek podle bodu (3.2.) a (3.3.).

(3.5.) Délku platnosti a dobu vysokého tarifu podle bodu (3.3.) nebo (3.4.) lze změnit vždy pouze k prvnímu dni kalendářního měsíce.

**(4) Pro elektřinu vyrobenou z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem výroby elektřiny nad 5 MW<sub>e</sub>, s výjimkou výroby využívající obnovitelné zdroje energie nebo spalující degazační plyn, platí tato cena a určené podmínky:**

(4.1) Příspěvky k ceně elektřiny jsou stanoveny jako pevné ceny podle zvláštního právního předpisu<sup>2)</sup>).

(4.2.) Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla s celkovým instalovaným výkonem nad 5 MW<sub>e</sub> účtuje územně příslušnému provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy, pokud je k přenosové soustavě připojen, příspěvek k ceně elektřiny **45 Kč/MWh** za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny podle zvláštního právního předpisu<sup>7)</sup>).

**(5) Pro elektřinu vyrobenou z kombinované výroby elektřiny a tepla využíváním obnovitelných zdrojů energie nebo spalováním degazačního plynu platí tato cena a určené podmínky:**

(5.1.) Příspěvek k ceně elektřiny je stanoven jako pevná cena podle zvláštního právního předpisu<sup>2)</sup>).

(5.2.) Výrobce elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla bez rozlišení instalovaného výkonu výroby účtuje územně příslušnému provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy, pokud je k přenosové soustavě připojen, příspěvek k ceně elektřiny **45 Kč/MWh** za každou vykázanou MWh vyrobené elektřiny při využívání obnovitelných zdrojů energie nebo spalování degazačního plynu, na které se vztahuje podpora podle zvláštního právního předpisu<sup>7,8,9)</sup>). V tomto případě se nevztahuje na výrobce podpora podle bodů (2) až (4).

---

<sup>8)</sup> 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.



**Cenové rozhodnutí ERU č. 14/2005 kterým se stanovují ceny  
elektriny a souvisejících služeb (bod 1)**

**Cenové rozhodnutí ERÚ č. 14/2005**  
**ze dne 30. listopadu 2005,**  
**kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb**

Energetický regulační úřad podle § 2c zákona č. 265/1991 Sb., o působnosti orgánů České republiky v oblasti cen, ve znění pozdějších předpisů, § 17 odst. 6 písm. e) a § 21 odst. 1 zákona 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, vydává cenové rozhodnutí o cenách elektřiny a souvisejících služeb:

**Všeobecná ustanovení:**

Ceny uvedené v bodech (1) až (11) neobsahují daň z přidané hodnoty. K uvedeným cenám je připočítávána daň z přidané hodnoty podle zvláštního právního předpisu<sup>1)</sup>.

**(1) Pevná cena pro decentralní výrobu a určené podmínky:**

(1.1.) Výrobce, jehož zařízení je připojeno do napěťové hladiny VVN distribuční soustavy, účtuje na základě smlouvy územně příslušnému provozovateli distribuční soustavy cenu **20,00 Kč/MWh** za každou MWh skutečně dodané elektřiny naměřené v předávacím místě výrobce.

(1.2.) Výrobce, jehož zařízení je připojeno do napěťové hladiny VN distribuční soustavy, účtuje na základě smlouvy územně příslušnému provozovateli distribuční soustavy cenu **27,00 Kč/MWh** za každou MWh skutečně dodané elektřiny naměřené v předávacím místě výrobce.

(1.3.) Výrobce, jehož zařízení je připojeno do napěťové hladiny NN distribuční soustavy, účtuje na základě smlouvy územně příslušnému provozovateli distribuční soustavy cenu **64,00 Kč/MWh** za každou MWh skutečně dodané elektřiny naměřené v předávacím místě výrobce.

(1.4.) V případě přetoku elektřiny z lokální distribuční soustavy do regionální distribuční soustavy účtuje na základě smlouvy provozovatel lokální distribuční soustavy provozovateli regionální distribuční soustavy za tento přetok na příslušné napěťové hladině cenu za decentralní výrobu podle bodu (1.1.) nebo (1.2.) nebo (1.3.).

**(2) Pro poskytování systémových služeb provozovatelem přenosové soustavy (ČEPS, a. s.) platí tyto pevné ceny a určené podmínky:**

(2.1.) Pevná cena za systémové služby poskytované provozovatelem přenosové soustavy účastníkům trhu s elektřinou, jejichž zařízení je připojeno k elektrizační soustavě České republiky:

- a) za systémové služby ke každé 1 MWh celkového množství elektřiny v MWh podle zvláštního právního předpisu<sup>2)</sup> dopravené provozovatelem distribuční soustavy všem konečným zákazníkům, jejichž zařízení je připojeno k jeho distribuční soustavě, a pro ostatní spotřebu provozovatele distribuční soustavy podle zvláštního právního předpisu<sup>3)</sup>, s výjimkou elektřiny nakoupené mimo elektrizační soustavu České republiky

---

<sup>1)</sup> Zákon č. 235/2004 Sb., o dani z přidané hodnoty

<sup>2)</sup> Vyhláška č. 373/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro organizování trhu s elektřinou a zásady tvorby cen za činnosti operátora trhu, ve znění pozdějších předpisů

<sup>3)</sup> Vyhláška č. 404/2005 Sb., o náležitostech a členění regulačních výkazů včetně jejich vzorů a pravidlech pro sestavování regulačních výkazů