

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

**VYUŽITÍ KOGENERACE V RODINNÝCH  
DOMECH**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE  
AUTHOR**

**RADEK PUSZTAI**

**BRNO 2010**

>>Vložit zadání práce<<

Bibliografická citace práce:

PUSZTAI, R. *Využití kogenerace v rodinných domech* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

.....



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**

**Ústav elektroenergetiky**



**Bakalářská práce**

# **Využití kogenerace v rodinných domech**

**Radek Pusztai**

**vedoucí: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.**

**Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2010**

**Brno**



**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Faculty of Electrical Engineering and Communication  
Department of Electrical Power Engineering**

**Bachelor's Thesis**

# **Use of cogeneration in family houses**

**by**

**Radek Pusztai**

**Supervisor: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.**

**Brno University of Technology, 2010**

**Brno**

## **ABSTRAKT**

V první části bakalářské práce je zpracován obecný pohled na problematiku kogenerace - společné výroby tepla a elektrické energie. Kromě technických a ekonomických aspektů jsou také zmíněny základní druhy provozu kogeneračních jednotek, dále pak podmínky instalace v rodinném domě a legislativní úkony spojené s provozem.

V další části jsou popsány technické parametry zvolené jednotky - TEDOM T7. Následně jsou v práci provedeny výpočty energetických potřeb rodinného domu.

Provedena je i ekonomická kalkulace objektu s porovnáním s jinými zdroji tepla.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** kogenerace; kogenerační jednotka; spalovací motor

## **ABSTRACT**

In the first part of the thesis is elaborated a general view on the issue of cogeneration - a joint production of heat and electricity. In addition to technical and economic aspects are also mentioned basic modes of operation of cogeneration units. Furthermore, installation conditions in the family house and legislative acts associated with the operation.

The next section describes the technical parameters of the unit - TEDOM T7. Subsequently, the work performed calculations of the energy needs of the family house.

In the next part there is an economic calculation of the object with reference to other sources of heat.

**KEY WORDS:** cogeneration, cogeneration unit, the internal combustion engine

## OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> -----	<b>10</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> -----	<b>11</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> -----	<b>12</b>
<b>1. ÚVOD</b> -----	<b>13</b>
<b>1.1 JAK PRACUJE KOGENERAČNÍ JEDNOTKA</b> -----	<b>14</b>
<b>1.2 VÝHODY KOGENERACE</b> -----	<b>14</b>
1.2.1 ÚSPORA PALIVA-----	14
1.2.2 ÚSPORA NÁKLADŮ NA NÁKUP ENERGIE-----	15
1.2.3 MINIMALIZACE NÁKLADŮ NA ROZVOD ENERGIE-----	15
1.2.4 EKOLOGICKÝ ZPŮSOB VÝROBY-----	15
1.2.5 ENERGIE PRO PŘÍPAD NOUZE-----	15
1.2.6 VÝROBA CHLADU-----	15
<b>1.3 PRINCIP A ZÁKLADNÍ TYPY SOUSTROJÍ MALÉHO VÝKONU POUŽITELNÉ PRO RD</b> -----	<b>16</b>
1.3.1 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA SE SPALOVACÍM MOTOREM-----	16
1.3.2 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA SE STIRLINGOVÝM MOTOREM-----	17
<b>1.4 PODMÍNKY INSTALACE A PROVOZU KJ V RODINNÉM DOMĚ</b> -----	<b>18</b>
<b>1.5 ZÁKLADNÍ DRUHY PROVOZU KJ:</b> -----	<b>20</b>
1.5.1 PARALELNÍ PROVOZ SE SÍTÍ (P)-----	20
1.5.2 OSTROVNÍ PROVOZ (I)-----	21
1.5.3 NOUZOVÝ PROVOZ (E)-----	22
1.5.4 KOMBINOVANÝ PROVOZ (P + I)-----	23
1.5.5 KOMBINOVANÝ PROVOZ (P + E)-----	24
<b>2 TECHNICKÉ PARAMETRY ZVOLENÉ KJ</b> -----	<b>25</b>
<b>2.1 MOTOR</b> -----	<b>27</b>
<b>2.2 GENERÁTOR</b> -----	<b>27</b>
<b>2.3 TEPELNÝ SYSTÉM</b> -----	<b>28</b>
<b>2.4 PALIVO, PŘÍVOD PLYNU</b> -----	<b>28</b>
<b>2.5 SPALOVACÍ VZDUCH A CHLAZENÍ</b> -----	<b>29</b>
<b>2.6 NÁPLNĚ</b> -----	<b>29</b>
<b>2.7 HLUKOVÉ PARAMETRY</b> -----	<b>29</b>
<b>2.8 ROZMĚRY A HMOTNOST JEDNOTKY</b> -----	<b>29</b>
<b>2.9 ŘÍDÍCÍ SYSTÉM</b> -----	<b>30</b>
<b>3 ENERGETICKÁ BILANCE A EKONOMICKÁ KALKULACE NÁVRATNOSTI INVESTICE</b> -----	<b>31</b>
<b>3.1 TEPELNÁ ČÁST</b> -----	<b>31</b>
3.1.1 CELKOVÁ ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ-----	31
3.1.2 CELKOVÁ ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE PRO OHŘEV TUV-----	32
3.1.3 VÝPOČET ZBYTKOVÉHO TEPLA-----	33
<b>3.2 EKONOMICKÁ KALKULACE OBJEKTU</b> -----	<b>34</b>
<b>3.3 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ S JINÝMI ZDROJI TEPLA</b> -----	<b>35</b>
<b>4 ZÁVĚR</b> -----	<b>37</b>
<b>LITERATURA</b> -----	<b>38</b>





---

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1 Blokové schéma KJ [15].....	13
Obr. 1-2 Vyobrazení úspory paliva formou výroby elektřiny [14] .....	14
Obr. 1-3 Náhled do KJ se spalovacím motorem [15].....	16
Obr. 1-4 Náhled do KJ se Stirlingovým motorem [16].....	17
Obr. 1-5 Paralelní provoz se sítí (P) [7] .....	20
Obr. 1-6 Ostrovní provoz (I) [7].....	21
Obr 1-7 Nouzový provoz (E) [7].....	22
Obr 1-8 Kombinovaný provoz (P+I) [7] .....	23
Obr 1-9 Kombinovaný provoz (P+E) [7] .....	24
Obr. 2-1 KJ Tedom T7 [8] .....	25
Obr 2-2 Kogenerační jednotka TEDOM T7 [12].....	26
Obr. 2-3 Motor KJ T7 [8].....	27
Obr. 2-4 Kompletní KJ T7 [8].....	30
Obr. 3-1 Náklady na vytápění [8].....	36

---

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1	Technické parametry KJ Micro T7 [7] .....	26
Tab. 2-2	Parametry motoru TGE DF 972 [7] .....	27
Tab. 2-3	Parametry generátoru AS 160 [7] .....	27
Tab. 2-4	Parametry hydraulického okruhu jednotky [7] .....	28
Tab. 2-5	Technické parametry zemního plynu [7] .....	28
Tab. 2-6	Parametry spalovacího vzduchu [7] .....	29
Tab. 2-8	Náplně motoru [7] .....	29
Tab. 2-9	Hlukové parametry [7] .....	29
Tab. 2-10	Rozměry KJ [7] .....	29
Tab. 3-1	Vstupní veličiny .....	34
Tab. 3-2	Provozní úspory při využití tepla .....	34
Tab. 3-3	Provozní úspory při využití tepla .....	35

---

## SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

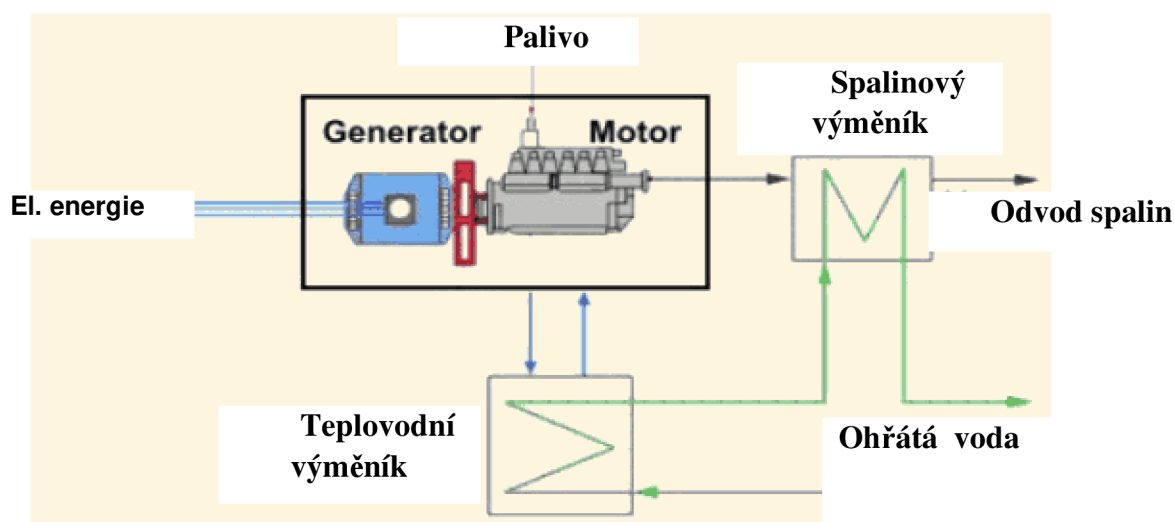
KJ.....	Kogenerační jednotka
KVET.....	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
RD.....	Rodinný dům
ZP.....	Zemní plyn
MPO.....	Ministerstvo průmyslu a obchodu
ERÚ.....	Energetický regulační úřad
ČSÚ.....	Český statistický úřad

# 1. ÚVOD

Kogenerace, neboli KVET, je pojem pro současnou výrobu elektrické a tepelné energie.

Umožňuje zvýšení účinnosti využití energie paliv. Oproti klasickým elektrárnám, ve kterých je teplo vzniklé při výrobě elektrické energie vypouštěno do okolí, využívá kogenerační jednotka teplo k vytápění a šetří tak palivo i finanční prostředky potřebné na jeho nákup.

Spalováním uhlovodíkových paliv nebo využíváním jiných primárních zdrojů tepla v energetice při použití v motoru či turbíně vzniká velké množství nízkopotenciálového tepla, které je u běžných motorů nutno odvádět chladicí soustavou. Toto teplo by představovalo tepelné ztráty procesu výroby energie. Vzhledem k fyzikálním omezením (Carnotův cyklus) toto teplo není možno použít k výrobě mechanické práce nebo elektřiny. Proto je výhodné je využít k ohřevu teplé vody, vytápění a podobným účelům. Tak je současně využita energie pro výrobu elektřiny a ztrátové teplo je k dispozici k dalšímu použití. Lze tak dosáhnout přibližně 80% tepelné účinnosti.



Obr. 1-1 Blokové schéma KJ [15]

## 1.1 Jak pracuje kogenerační jednotka

Elektrická energie vzniká ve všech elektrárnách roztočením elektrického generátoru pomocí turbíny. Teplo nutné k výrobě páry, která turbínu pohání, se většinou získává spalováním uhlí nebo štěpením jader uranu. Velká část tepla však není využita a je bez užitku vypouštěna do ovzduší. Účinnost výroby v tepelných elektrárnách se pohybuje kolem 30%, nejmodernější paroplynové elektrárny pak mají účinnost kolem 50%, ovšem k dalším ztrátám ve výši asi 11% dochází při transformaci a dálkovém přenosu elektrické energie.

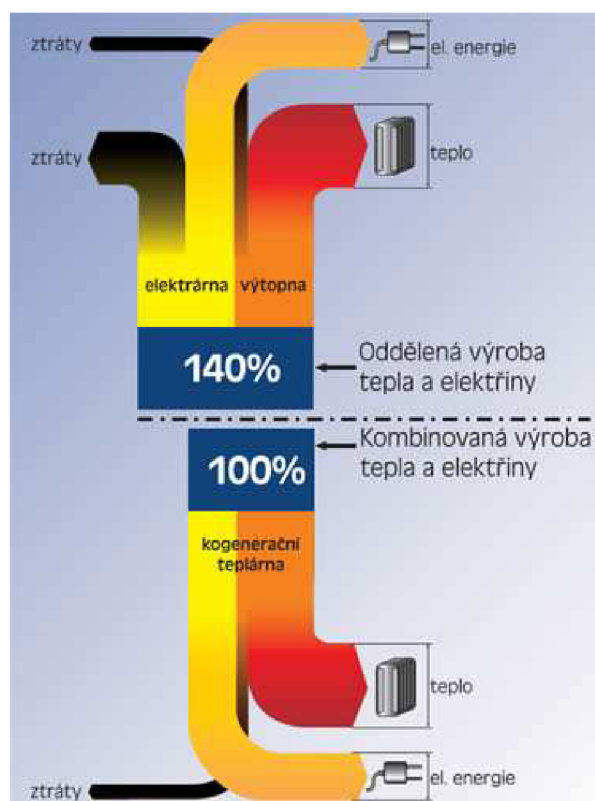
V kogenerační jednotce vzniká elektrická energie stejným způsobem jako v jiných elektrárnách - roztočením elektrického generátoru, a to pomocí pístového spalovacího motoru. Motory v kogeneračních jednotkách jsou standardně konstruovány na zemní plyn, mohou však spalovat i jiná kapalná či plynná paliva.

Teplo, které se ve spalovacím motoru uvolňuje, je prostřednictvím chlazení motoru, oleje a spalin efektivně využíváno a díky tomu se účinnost kogeneračních jednotek pohybuje v rozmezí 80-90%.

## 1.2 Výhody kogenerace

### 1.2.1 Úspora paliva

Použití kogeneračního způsobu výroby tepla a elektrické energie představuje zhruba 40% úsporu paliva. Převáděno na peníze to znamená, že za stejné množství energie zaplatí uživatel pouze 60% finančních prostředků.



Obr. 1-2 Vyobrazení úspory paliva formou výroby elektřiny [14]

---

## 1.2.2 Úspora nákladů na nákup energie

Ze stejného množství paliva získá uživatel přibližně dvojnásobné množství energie, z níž část může prodávat, a tím opět snižovat vlastní náklady.

## 1.2.3 Minimalizace nákladů na rozvod energie

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.

## 1.2.4 Ekologický způsob výroby

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.

## 1.2.5 Energie pro případ nouze

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

## 1.2.6 Výroba chladu

Pomocí absorpčního výměníku je vyrobené teplo možno 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.

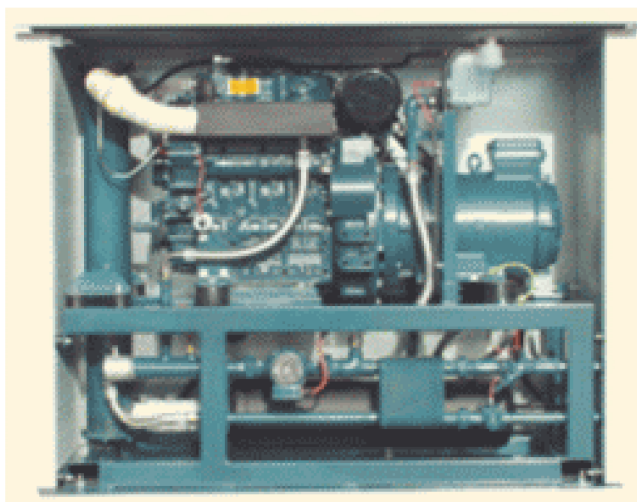
---

## 1.3 Princip a základní typy soustrojí malého výkonu použitelné pro RD

### 1.3.1 Kogenerační jednotka se spalovacím motorem

Kogenerační jednotka se skládá ze zážehového spalovacího motoru pohánějícího přímo alternátor vyrábějící elektrickou energii a výměníků pro využití odpadního tepla z motoru. Odpadní teplo je odváděno pomocí dvou výměníků na dvou teplotních úrovních. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a z oleje na úrovni cca 80 - 90 °C. Druhý výměník odvádí teplo z odcházejících výfukových spalin o teplotě cca 400 - 500 °C. Výměníky jsou z hlediska průtoku teplonosného média zapojeny do série. Obvykle jsou kogenerační jednotky koncipovány pro dodávku tepla do teplovodního systému 90/70 °C, méně již do systému 110/85 °C, resp. 130/90 °C.

Kogenerační jednotky se zážehovými spalovacími motory se dodávají o elektrických výkonech v rozsahu cca od 20 do 5000 kW. Tyto jednotky jsou tedy vhodné pro RD.



*Obr. 1-3 Náhled do KJ se spalovacím motorem [15]*



### 1.3.2 Kogenerační jednotka se Stirlingovým motorem

Stirlingův motor a jeho princip je znám již od roku 1816. V dnešní době je asi nejdále ve vývoji firma Viessmann. Mikrokogenerace Viessmann je kombinací Stirlingova motoru s volným pístem a vysoce efektivního plynového kondenzačního kotle. Stirling s volným pístem pracuje bez klikové hřídele v hermeticky uzavřeném systému, ve kterém se jako pracovní médium používá hélium. Pohyb pístu se v integrovaném lineárním generátoru přeměňuje na elektrickou energii, odpadní teplo motoru se využívá k vyhřívání obytné místnosti a ohřevu pitné vody. Přitom se dosahuje celkové účinnosti 97%. Základní tepelný výkon této vyvíjené jednotky je 6 kWt a elektrický výkon 1 kWe, přitom zcela odpovídá využití této jednotky v rodinných domech.



*Obr. 1-4 Náhled do KJ se Stirlingovým motorem [16]*

## 1.4 Podmínky instalace a provozu KJ v rodinném domě

Při zvažování pořízení KJ je nutné zvážit ekonomickou rentabilitu a technické podmínky instalace, toto většinou projednávají s provozovateli dodavatelé technologie.

KJ jednotka se může instalovat i na místo původního kotle na tuhá paliva, jen je nutné přivést přívod plynu

Instalace KJ s sebou přináší i množství administrativních kroků, které je nutné při instalaci a provozování provést.

**Připojení zdroje do sítě** - u příslušného distributora elektřiny (ČEZ, EON, atd.) je nutné zažádat o připojení zdroje k distribuční soustavě. Společně je nutné předložit projekt zapojení KJ.

Při kladném vyřízení je výsledkem smlouva o připojení k distribuční soustavě.

**Stavební povolení** - pro malé KJ, které jsou umístěny v původních kotelnách, kde se nemění topné médium a odvod spalín a nedělají se žádné stavební úpravy, není nutné vyřizovat stavební povolení a ani ohlášení stavby.

V opačném případě lze KJ instalovat až po vydání stavebního povolení příslušného stavebního úřadu. K žádosti je nutné doložit projekt pro instalaci KJ a projekt vyvedení el. výkonu (při dodávkách elektřiny do sítě). Dále jsou nutná i stanoviska hygieny, hasičů, životního prostředí a správců sítí - ČEZ nebo EON, vodárny, plynárny, O2.

**Zkušební provoz/kolaudace** - ke spuštění KJ potřebujeme povolení zkušebního provozu, současně je nutné zajistit revize plynového zařízení, elektroinstalace a ostatní doklady vyplývající ze stavebního povolení.

**Licence** - pro výrobu elektřiny je nutné mít licenci na výrobu elektřiny - vydává Energetický regulační úřad.

**Osvědčení o původu elektřiny a tepla** - toto osvědčení vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, prokazuje se jím distributorovi elektřiny kombinovaná výroba el. energie. Osvědčení je nutné pro vyplácení příspěvku na elektřinu vyrobenou v procesu kogenerace.

**Registrace u operátora trhu s elektřinou** - každý výrobce elektřiny musí být také zaregistrovaný u Operátora trhu s elektřinou, tímto krokem se výrobce stává registrovaným účastníkem trhu (RTÚ).

**Instalace elektroměru** - pro měření množství vyrobené elektřiny je nutné mít nainstalovaný elektroměr a to i v případě, že elektřina nebude dále distribuována.

**Smlouva na výkup silové elektřiny** - v případě prodeje přebytečné el. energie se uzavírá smlouva s obchodníkem s elektrickou energií (např. ČEZ, EON, atd.)

**Smlouva na úhradu příspěvku** - příspěvek, dle cenového rozhodnutí ERÚ, se vztahuje jak na elektřinu spotřebovanou výrobcem, tak i na elektřinu dodanou do sítě.

**Výkaznictví** - provozovatel KJ musí také vést měsíční, čtvrtletní a roční výkazy. Výkazy jsou potřebné pro MPO, ERÚ a ČSÚ.

**Kontrola** - platnou legislativu kontroluje Státní energetická inspekce.

## 1.5 Základní druhy provozu KJ:

- paralelní provoz se sítí (označován doplňkovým písmenem **P** - jen pro asynchronní generátory)
- ostrovní provoz (označován doplňkovým písmenem **I**)
- nouzový provoz (označován doplňkovým písmenem **E**)

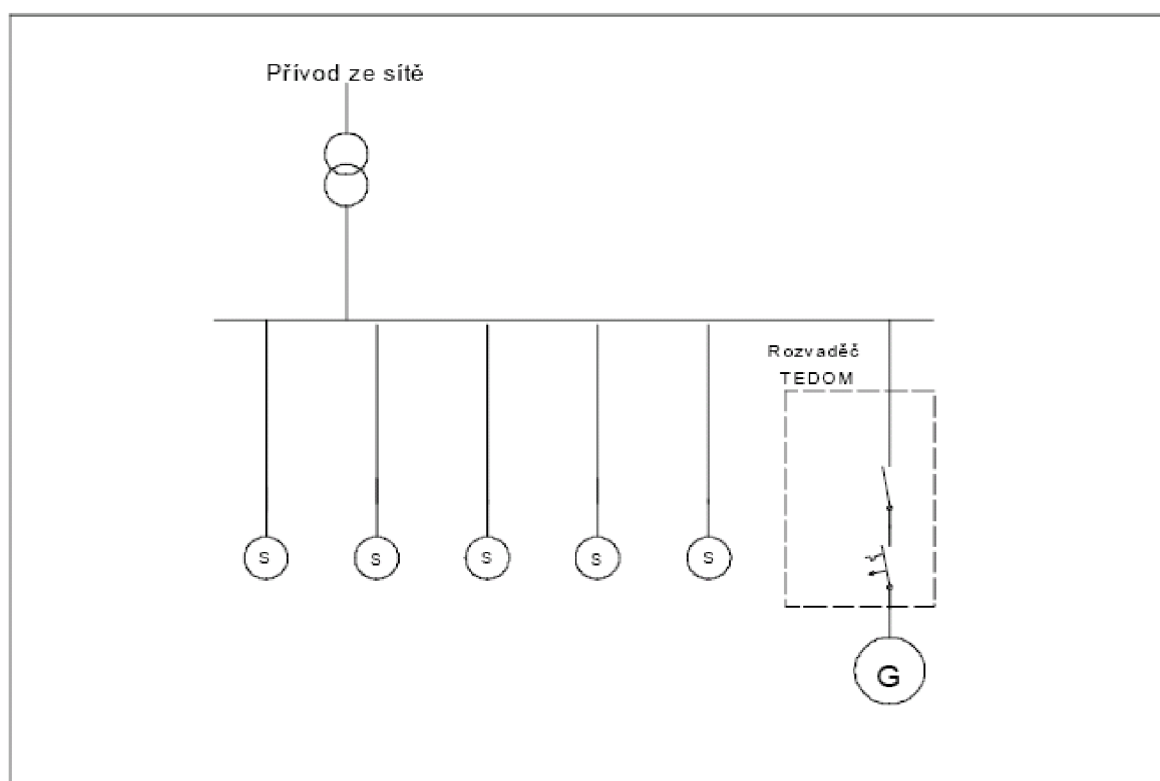
Možné kombinace jsou:

- **P + I**
- **P + E**

### 1.5.1 Paralelní provoz se sítí (P)

Při paralelním druhu provozu u synchronního generátoru probíhá po startu jednotky automatické fázování generátoru k síti. V okamžiku, kdy jsou podmínky pro přifázování splněny, připne stykač generátor k síti. Jednotka pak pracuje paralelně se sítí a dodává elektrický výkon do sítě.

U asynchronního provedení je generátor připojen k síti v okamžiku startu a plní funkci startéru. Do generátorového režimu přechází po překročení synchronních otáček. Po povelu STOP se nejprve odpojí generátor od sítě (odpadne stykač), potom jednotka projde ochlazovacím cyklem a vypne se motor. U asynchronního generátoru se stykač odpojuje současně se zastavením motoru. Jednotka pak prochází dochlazovacím cyklem a vypne se.

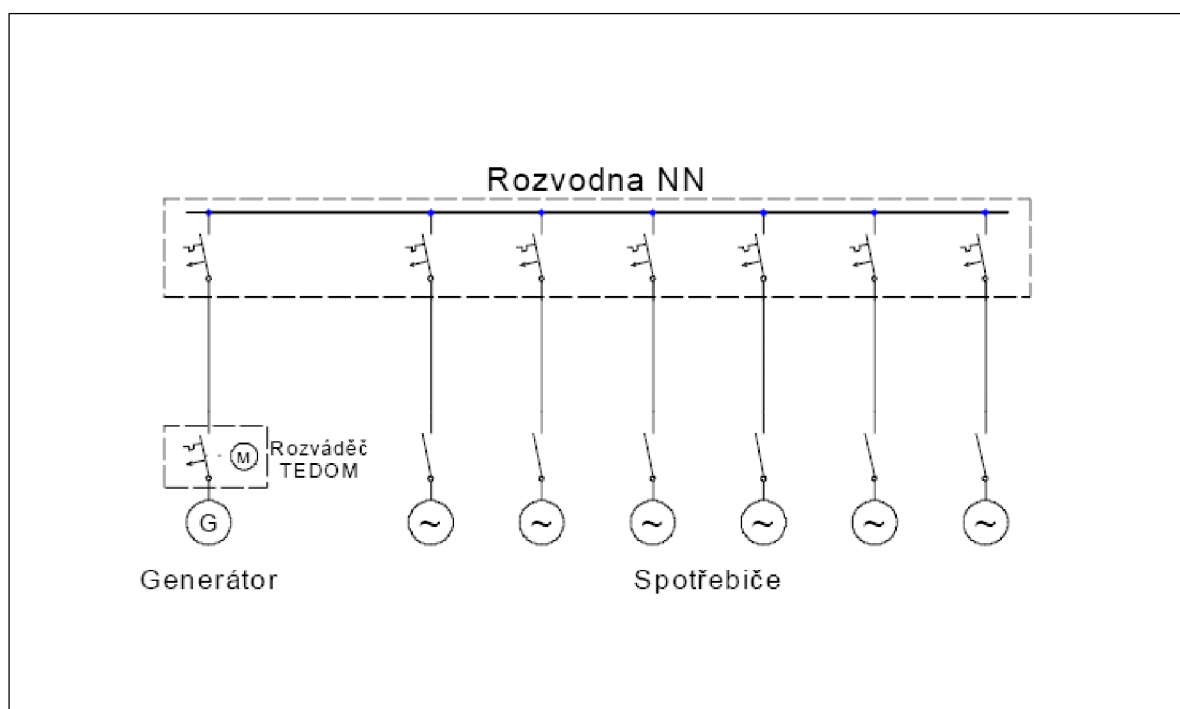


Obr. 1-5 Paralelní provoz se sítí (P) [7]

## 1.5.2 Ostrovní provoz (I)

V ostrovním provozu pracuje jednotka bez přítomnosti sítě. Po startu jednotky probíhá automatický proces připojování. V okamžiku, kdy jsou splněny podmínky pro připojení k zátěži, sepne stykač a zátěž se připojí ke generátoru. Generátor pak dodává do ostrovní zátěže výkon, jehož velikost je daná okamžitou velikostí zátěže. Při vypnutí se nejprve odpojí zátěž od generátoru a poté proběhne ochlazovací cyklus při nezatíženém chodu motoru. Při připojování zátěže musí být splněna podmínka jejího postupného připojování ve výkonových skocích max. 25% jmenovitého výkonu. Zároveň musí být znemožněno přetížení jednotky připojením nadměrné zátěže, což by znamenalo její odstavení.

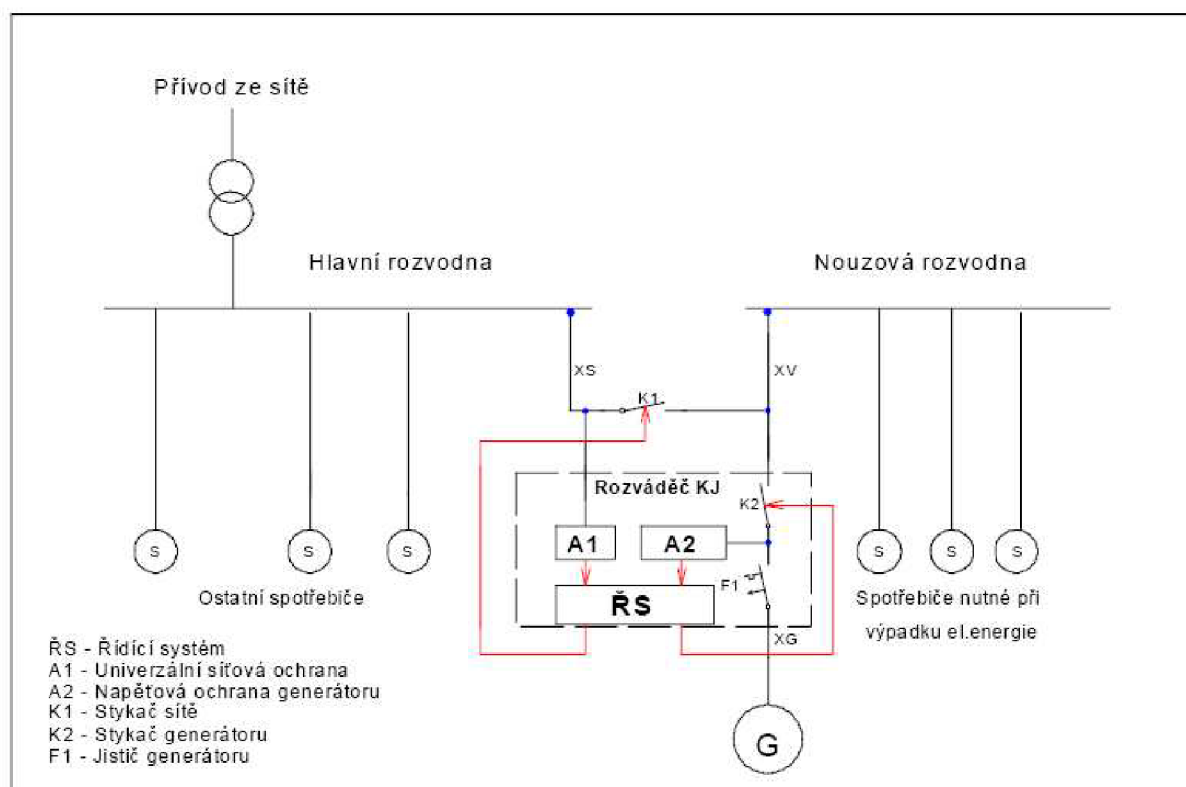
V tomto režimu mohou pracovat jen synchronní generátory.



Obr. 1-6 Ostrovní provoz (I) [7]

### 1.5.3 Nouzový provoz (E)

V nouzovém provozu plní jednotka funkci záložního zdroje. Je vybavena dvěma stykači. Jedním se připojuje generátor, druhým se připojuje síť. V nouzovém provozu je jednotka v pohotovostním stavu. Při výpadku sítě odpadne stykač sítě a začne probíhat automatický start jednotky s následným připojením generátoru k ostrovní zátěži (sepne stykač generátoru). Jednotka pak dodává elektrický výkon do ostrovní zátěže stejně jako v ostrovním provozu. Po obnovení sítě jednotka ještě asi 2 min. pracuje do ostrovní zátěže, přičemž kontroluje, zda nedojde k opětovnému výpadku sítě. Není-li tomu tak, začne proces zpětného fázování, při kterém se jednotka po splnění podmínek pro přifázování připojí i se zátěží k síti. Po přifázování dojde k odpojení generátoru od sítě a zátěž je pak napájena pouze ze sítě. Pro chod jednotky v ostrovní zátěži platí stejné podmínky jako pro ostrovní provoz.



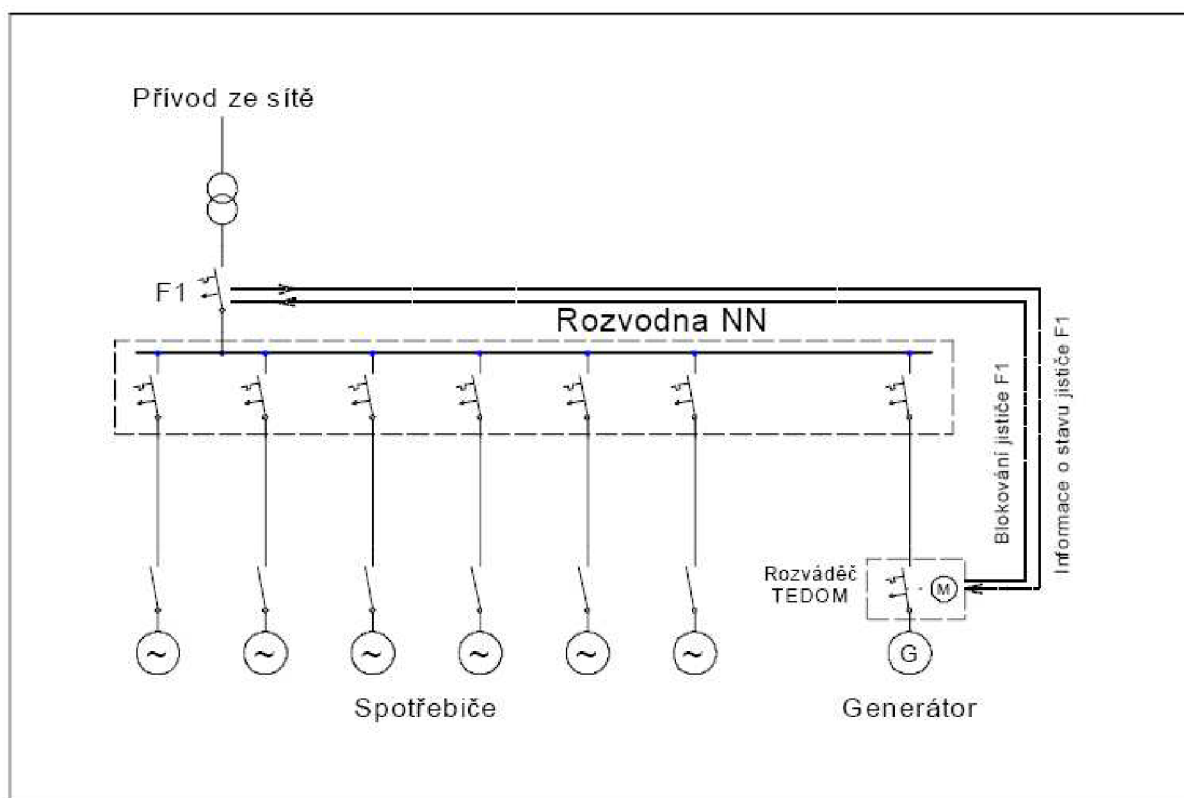
Obr 1-7 Nouzový provoz (E) [7]

### 1.5.4 Kombinovaný provoz (P + I)

Tento druh provozu se využívá tam, kde je kromě paralelního provozu požadováno i zálohování, ale není již nutné, aby převzetí zátěže po výpadku sítě proběhlo bezprostředně a automaticky. V tomto případě bývá hlavní rozvaděč, ze kterého je napájena zátěž vybaven stykačem, s jehož pomocí je možno při výpadku sítě síť odpojit ručně od zátěže. Pomocné kontakty tohoto stykače zabezpečují nemožnost připojení jednotky k ostrovní zátěži, je-li tento stykač sepnut. Stykač musí být zabezpečen tak, aby nemohlo dojít k jeho ovládní nepovolanou osobou.

Je-li jednotka v klidu a má-li dodávat výkon do ostrovní zátěže, je nutno nejprve ručně vypnout stykač v hlavním rozvaděči. Pak je možno jednotku nastartovat. Po startu probíhá automatické připojení generátoru jednotky k zátěži. Je-li pak požadován paralelní provoz se sítí, je nutno nejprve jednotku vypnout, poté ručně sepnout stykač v hlavním rozvaděči a je-li k dispozici síť, je možno jednotku spustit. Jednotka se po nastartování automaticky přifázuje k síti.

Pracuje-li jednotka paralelně se sítí a dojde-li k výpadku sítě, jednotka se okamžitě odpojí od zátěže a vypne se. Pro další provoz do ostrovní zátěže je nejprve nutno ručně vypnout stykač v hlavním rozvaděči, a pak je teprve možno jednotku spustit.



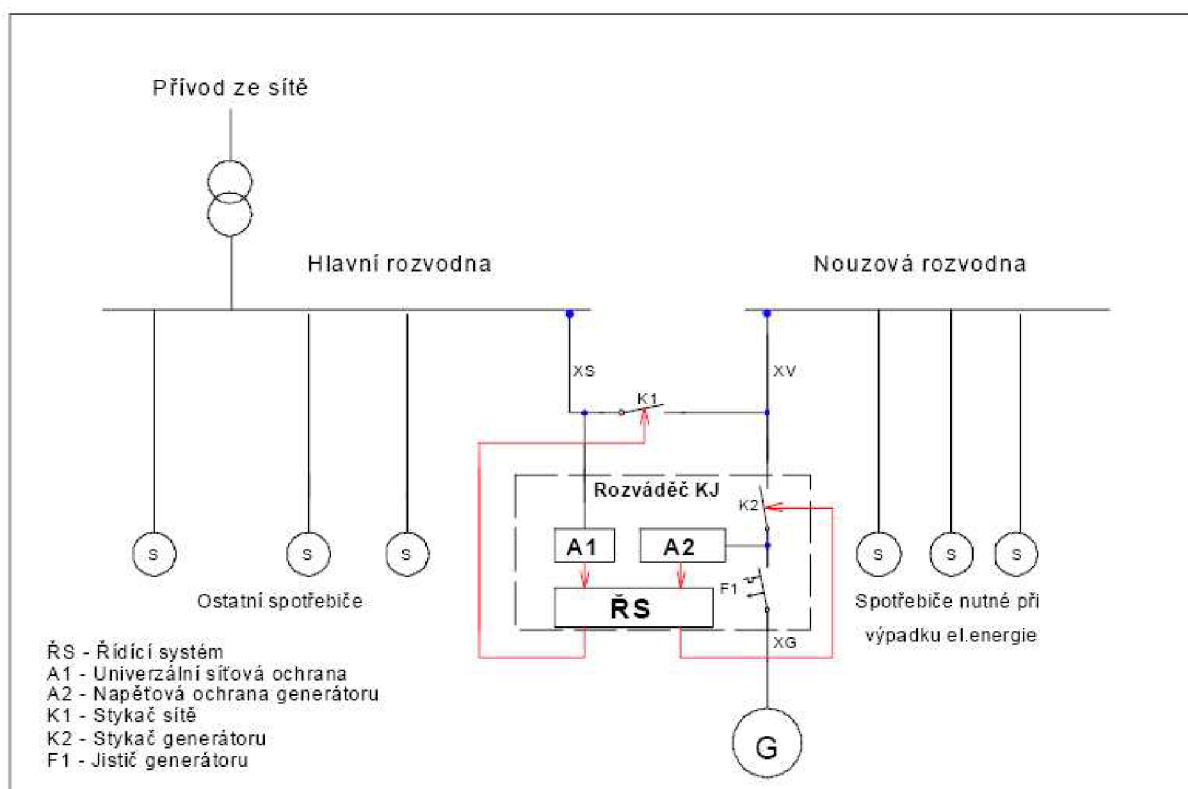
Obr 1-8 Kombinovaný provoz (P+I) [7]

### 1.5.5 Kombinovaný provoz (P + E)

Tento druh provozu se využívá tam, kde je kromě možnosti paralelního chodu požadováno zálohování zdroje elektrické energie s okamžitým automatickým najetím při výpadku sítě.

Je-li jednotka v klidu a dojde-li k výpadku sítě, probíhá proces totožný s nouzovým provozem. Po obnovení sítě proběhne proces zpětného fázování, po jehož ukončení se jednotka odpojí od sítě a vypne se.

Pracuje-li jednotka paralelně se sítí a dojde-li k výpadku sítě, odpadne automaticky stykač sítě a jednotka převezme bez přerušení dodávky elektrické energie ostrovní zátěž. Toto je možné pouze v tom případě, jestliže velikost zátěže není větší než výkon jednotky. Je-li zátěž vyšší než výkon jednotky, odpadne současně se stykačem sítě i stykač generátoru. Tento výpadek dodávky elektrické energie způsobí odpojení spotřebičů. Okamžitě po odpojení stykačů je zahájen proces připojování jednotky k ostrovní zátěži. Po připojení pak může dojít k postupnému připojování ostrovní zátěže. Po obnovení sítě proběhne proces zpětného fázování, po jehož ukončení zůstává jednotka připojena k síti v automatickém paralelním provozu.



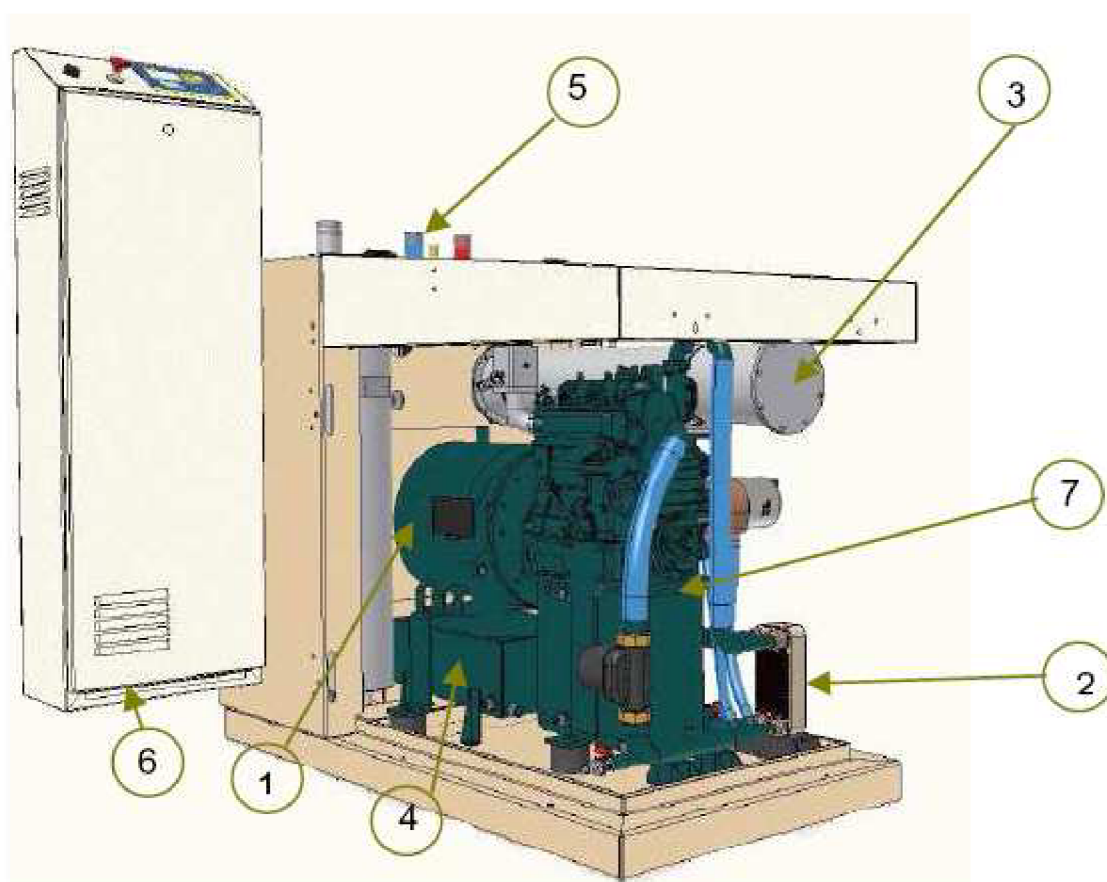
Obr 1-9 Kombinovaný provoz (P+E) [7]



## 2 TECHNICKÉ PARAMETRY ZVOLENÉ KJ

Pro vlastní návrh KJ, pro rodinný dům v ČR, použijeme novou KJ od fy. TEDOM s označením Micro T7, provoz AP. Jednotka je určena pro spalování zemního plynu. AP - osazena asynchronním generátorem pracující paralelně se sítí.

Jednotka je tvořena soustrojím motor -generátoru, kompletním tepelným zařízením, včetně elektrorozvaděče umožňující paralelní chod se sítí 400V/50Hz. Veškeré prvky jsou zastavěny pod protihlukovým krytem. Teplovodní okruhy jsou přizpůsobeny teplotnímu spádu 70/90°C.



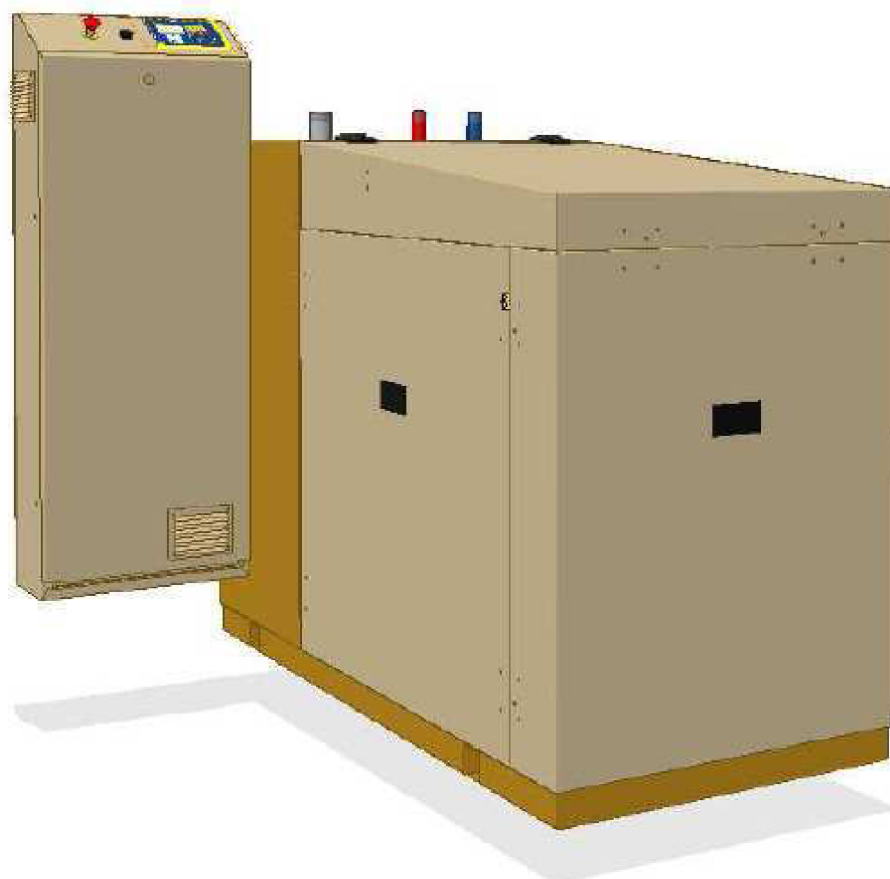
Obr. 2-1 KJ Tedom T7 [8]

### Popis KJ Tedom T7:

1. generátor
2. deskový výměník
3. spalínový výměník
4. olejová nádrž
5. přípojovací rozhraní
6. elektrický rozváděč
7. spalovací motor

Tab. 2-1 Technické parametry KJ Micro T7 [7]

jmenovitý elektrický výkon		7,0	kW
maximální tepelný výkon		18,0	kW
příkon v palivu		27	kW
účinnost elektrická		25,9	%
účinnost tepelná		66,7	%
účinnost celková (využití paliva)		92,6	%
spotřeba plynu při 100% výkonu		2,85	m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 75 % výkonu		2,30	m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 50 % výkonu		1,85	m <sup>3</sup> /h



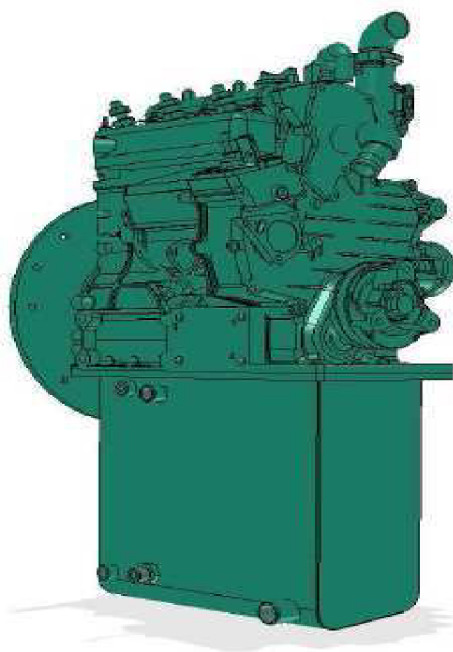
Obr 2-2 Kogenerační jednotka TEDOM T7 [12]

## 2.1 Motor

K pohonu jednotky je použit plynový spalovací motor TGE DF 972, výrobek společnosti TEDOM s.r.o. , se základními parametry dle uvedeného přehledu:

Tab. 2-2 Parametry motoru TGE DF 972 [7]

počet válců	3	kompresní poměr	9,2 : 1
uspořádání válců	v řadě	otáčky	1560 min-1
vrtání x zdvih	74,5 x 73,6 mm	spotřeba oleje normal/max	0,3/0,6 g/kWh
zdvihový objem	962 cm <sup>3</sup>	max. výkon motoru	9kW



Obr. 2-3 Motor KJ T7 [8]

## 2.2 Generátor

Zdrojem elektrické energie je asynchronní generátor typ AS 160, výrobek firmy Zanardi, Itálie, se základními parametry dle uvedeného přehledu:

Tab. 2-3 Parametry generátoru AS 160 [7]

jmenovitý výkon	8kW	napětí	400V
cos φ	0,78	frekvence	50Hz
účinnost v pracovním bodě	89,60%	otáčky	1560 min-1
zapojení statorového vinutí	přepínač Y/D	krytí	IP23

Asynchronní generátory mohou pracovat jen a pouze v paralelním provozu se sítí. V této jednotce je použit z ekonomických důvodů.

## 2.3 Tepelný systém

Tepelný systém KJ je z hlediska odběru tepelného výkonu tvořen hydraulickým okruhem, kterým je zajištěno vyvedení tepelného výkonu jednotky do topného systému uživatele. Jednotka umožňuje provoz v různých režimech. Tepelný systém jednotky není vybaven oběhovým čerpadlem. Není-li v okrajových provozních režimech možné odvést celý tepelný výkon okruhu, lze výkon nebo jeho část odvádět chladicí jednotkou pro nouzové chlazení, která není součástí KJ.

Tab. 2-4 Parametry hydraulického okruhu jednotky [7]

tepelný výkon okruhu	18,0	kW
jmenovitý teplotní režim	70/90	°C
jmenovitý průtok	0,25	kg/s
max. pracovní tlak	600	kPa
vodní objem okruhu v kogenerační jednotce	12,0	l
tlaková ztráta při jmenovitém průtoku	30	kPa
jmenovitý teplotní spád	20	K

## 2.4 Palivo, přívod plynu

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

Tab. 2-5 Technické parametry zemního plynu [7]

výhřevnost	34	MJ/m <sup>3</sup>
min. metanové číslo	80	-
tlak plynu	2 ÷ 6,5	kPa
max. změna tlaku plynu při změnách spotřeby	10	%
max. teplota	30	°C

Plynová trasa jednotky je sestavena v souladu s TPG G 811 01 a obsahuje čistič plynu, sruženou multifunkční plynovou armaturu, která plní funkce:

- zdvojeného rychlouzavíracího elektromagnetického ventilu pro uzavření přívodu plynu při vypnutí jednotky
- regulaci tlaku plynu vhodnou pro směšování
- pružné spojení kovovou hadicí se směšovačem spalovacího motoru

Pro správný provoz kogenerační 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. Plynová přípojka musí být zakončena ručním plynovým uzávěrem a opatřena tlakoměrem.

## 2.5 Spalovací vzduch a chlazení

Spalovací vzduch je nasáván z okolního prostředí přes studený prostor KJ. 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. Případně vzniklý kondenzát je při provozu jednotky odpařován a odchází společně se spalinami. 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.

Tab. 2-6 Parametry spalovacího vzduchu [7]

množství spalovacího vzduchu	29	Nm <sup>3</sup> /h
teplota nasávaného vzduchu min / max	10/35	°C
ztrátové teplo odvedené do okolního prostředí *	cca 0,75	kW

\* ztrátové teplo prostupující povrch protihlukového krytu při teplotě okolního prostředí 25°C

## 2.6 Náplně

Tab. 2-8 Náplně motoru [7]

množství mazacího oleje v motoru	10 l
objem rozšiřující olejové nádrže	12 l
množství chladicí kapaliny v primárním okruhu	7 l

Topná voda pro náplň hydraulického okruhu musí být upravená.

## 2.7 Hlukové parametry

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

Tab. 2-9 Hlukové parametry [7]

protihlukový kryt KJ v 1m	58 dB(A)
vývod spalin v 1m od příruby	80 db(A)

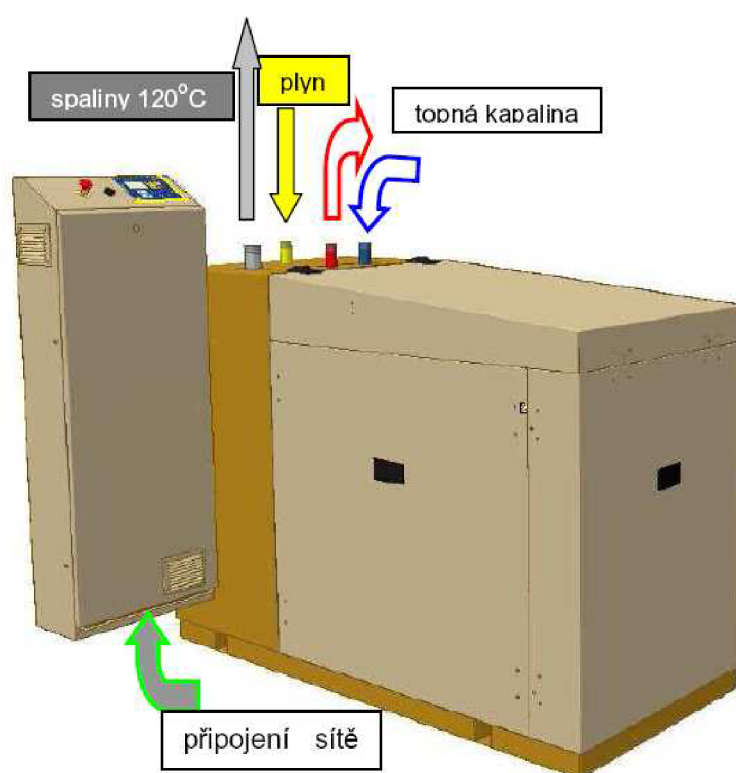
## 2.8 Rozměry a hmotnost jednotky

Tab. 2-10 Rozměry KJ [7]

délka (standardní provedení)	1250mm
šířka celková	760mm
výška	1350mm
přepravní hmotnost	645kg

## 2.9 Řídicí systém

U této řady KJ je se používá kontrolér.



Obr. 2-4 Kompletní KJ T7 [8]

### 3 ENERGETICKÁ BILANCE A EKONOMICKÁ KALKULACE NÁVRATNOSTI INVESTICE

Nejdříve je nutné zjistit energetickou náročnost budovy pro vytápění, ohřev TUV a také elektřiny.

#### 3.1 Tepelná část

##### 3.1.1 Celková roční potřeba energie pro vytápění

Účelem vytápění je udržovat stálou teplotu ve vytápěných prostorách nezávisle na změnách venkovní teploty. Teplo musí pokrývat tepelné ztráty objektu.

Tepelná ztráta rodinného domu v okrese Ústí nad Orlicí.....18kW - hodnota daná projektantem

Údaje volíme z tabulky A-1. (ČSN 38 3350, ČSN 06 0210)

$t_{em} = 13^{\circ}\text{C}$  - střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období

$t_e = -15^{\circ}\text{C}$  - venkovní výpočtová teplota

$d = 251$  dnů - délka topného období

$t_{es} = 3,6^{\circ}\text{C}$  - průměrná teplota během otopného období

$Q_c = 12,5\text{kW}$  - tepelná ztráta objektu daná projektantem

$t_{is} = 19,1^{\circ}\text{C}$  - průměrná vnitřní výpočtová teplota 18,2 - 19,1 $^{\circ}\text{C}$

Vytápěcí denostupně

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad (2.1)$$

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 251 \cdot (19,1 - 3,6) = 3891 \text{ denostupňů}$$

Denostupňová metoda je jedním z postupů, které slouží pro návrh, vyhodnocování a porovnávání zdrojů a spotřebičů tepla. Základem metody je znalost průběhů venkovních teplot z meteorologických dat.

Opravný součinitel

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad (2.2)$$

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765$$

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i$  - nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem (volíme 0,8 - 0,9)  $\rightarrow 0,85$

$e_t$  - snížení teploty v místnosti během dne, resp. noci (volíme 0,8 - 1)  $\rightarrow 0,9$

$e_d$  - zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu (volíme 0,8 - 1)  $\rightarrow 1,0$

$\eta_r$  - účinnost rozvodu vytápění (volíme 0,95 - 0,98)  $\rightarrow 0,95$

$\eta_o$  - účinnost možnosti regulace soustavy (volíme 0,9 - 1)  $\rightarrow 0,95$

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad (2.3)$$

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24h \cdot 18kWh \cdot 3891}{19,1^\circ C - (-15^\circ C)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = \underline{150,421GJ/rok} = \underline{41,78 MWh/rok} = \underline{0,599GJ/den}$$

### 3.1.2 Celková roční potřeba energie pro ohřev TUV

Potřeba tepla pro ohřev TUV je jen málo závislá na venkovní teplotě.

$t_1 = 10^\circ C$	teplota studené vody
$t_2 = 55^\circ C$	teplota teplé vody
$V_{2p} = 0,328 \text{ m}^3/\text{den}$	celková potřeba teplé vody za 1 den [ $\text{m}^3/\text{den}$ ] (u staveb pro bydlení uvažujeme $0,082 \text{ m}^3/\text{osobu den}$ , minimálně však $0,2 \text{ m}^3/\text{byt den}$ .)
$z = 0,5$	koeficient energetických ztrát systému
$t_{sv1} = 15^\circ C$	teplota studené vody v létě
$t_{sv2} = 5^\circ C$	teplota studené vody v zimě
$N = 365 \text{ dnů}$	počet pracovních dní soustavy v roce

$$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad (2.4)$$

$$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = (1+0,5) \cdot \frac{1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 4186 \text{ J} / \text{kgK} \cdot 0,328 \text{ m}^3 / \text{den} \cdot (55^\circ C - 10^\circ C)}{3600} = 25743,9 \text{ Wh} = 25,74 \text{ kWh}$$

$t_{sv1} = 15^\circ C$	teplota studené vody v létě
$t_{sv2} = 5^\circ C$	teplota studené vody v zimě
$N = 365 \text{ dní}$	počet pracovních dní soustavy v roce

$$Q_{TUV} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{sv1}}{t_2 - t_{sv2}} \cdot (N-d) \quad (2.5)$$

$$Q_{TUV} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{sv1}}{t_2 - t_{sv2}} \cdot (N-d) = 25,74 \text{ kWh} \cdot 251 + 0,8 \cdot 25,74 \text{ kWh} \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 251) = 8325,77 \text{ kJ} = 8325,77 \text{ kJ} = \underline{30 \text{ GJ/rok}} = \underline{8,325 \text{ MWh/rok}}$$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$$Q = Q_{VYT} + Q_{TUV} \quad (2.6)$$

$$Q = Q_{VYT} + Q_{TUV} = 150,421 \text{ GJ/rok} + 30 \text{ GJ/rok} = \underline{180,421 \text{ GJ/rok}} = \underline{50,121 \text{ MWh/rok}}$$



### 3.1.3 Výpočet zbytkového tepla

$Q_{KJz}$	přebytečné teplo v zimních měsících
$Q_{KJl}$	přebytečné teplo v letních měsících
$Q$	teplo vyrobené KJ
$Q_{TUV}$	teplo pro ohřev TUV
$Q_{VYT}$	teplo pro vytápění

#### Zimní měsíce:

$$Q_{KJz} = Q_{KJ} - Q_{TUV} - Q_{VYT} \quad (2.7)$$

$$Q_{KJz} = (0,0648 \text{GJ/h} \times 8\text{h}) - 0,0821 \text{GJ/den} - 0,599 \text{GJ/den} = -0,1627 \text{GJ/den} = \underline{-45,2 \text{kW}}$$

$$h = \frac{(0,0821 \text{GJ} + 0,599 \text{GJ})}{0,0648 \text{GJ}} = 10,51 \text{h}$$

V zimních měsících musí běžet KJ 10,5 hodiny.

#### Letní měsíce:

$$Q_{KJl} = Q_{KJ} - Q_{TUV} \quad (2.8)$$

$$Q_{KJl} = (0,0648 \text{GJ/h} \times 8\text{h}) - 0,0821 \text{GJ/den} = 0,4363 \text{GJ/den} = \underline{121,2 \text{kW/den}}$$

Přebytečné teplo můžeme buď mařit vzduchovým chladičem, nebo nechat jednotku pracovat méně hodin při stejném výkonu, a nebo může jednotka pracovat na snížený výkon.

Použit lze také akumulací nádrž:

$$V = \eta \cdot \frac{Q_d}{c \cdot \Delta v} \quad (2.9)$$

$V$  - velikost akumulací nádrže v  $\text{m}^3$

$\eta$  - 90% účinnost akumulace

$Q_d$  - spotřeba tepla v období 6:00 - 22:00 v kWh

$\Delta v$  - účinný teplotní spád, maximální teplota akumulací nádrže 105-110°C, min. 50-60°C

$c$  - měrné teplo vody 1,163 kWh.m<sup>-3</sup>.°C<sup>-1</sup>

$$V = 1,1 \cdot \frac{8\text{h} \cdot 15 \text{kW}}{1,163 \text{kWh.m}^{-3} \cdot \text{°C}^{-1} \cdot (90\text{°C} - 50\text{°C})} = \underline{2,57 \text{m}^3}$$

Firma Tedom s.r.o. nabízí také chladič na vyzáření přebytečného tepla.

Další variantou v letních měsících je ohřev bazénu.

## 3.2 Ekonomická kalkulace objektu

Tab. 3-1 Vstupní veličiny

Technicko - ekonomické údaje	Bez DPH	Jednotka
Cena zemního plynu	1,00	Kč/kWh
Cena zemního plynu	<b>10,50</b>	Kč/m <sup>3</sup>
Spotřeba zemního plynu	2,85	m <sup>3</sup> /h
Elektrický výkon	7	kW
Tepelný výkon	18	kW
Vyrobené teplo	0,0648	GJ/h
Cena servisu	0,40	Kč/kWhel.
Náklady na palivo za 1 hodinu	29,93	Kč/h
Náklady na servis za 1 hodinu	2,80	Kč/h
Celkové náklady na hod. provozu	32,73	Kč/h
Náklady na 1 kWel. bez využití tepla	<b>4,68</b>	Kč/kWh
Cena 1 GJ tepla z paliva ( $\epsilon = 90\%$ )	343,17	Kč/GJ
Cena vyrobeného tepla	22,24	Kč/h
Náklady na 1 kWel. s využitím tepla	<b>1,50</b>	Kč/kWh
Investice do KJ a příslušenství	400 000	Kč
Připojení (odhad 30% investice)	120 000	Kč

Náklady na 1 kWel. bez využití tepla:  $32,73 \text{ Kč/h} : 7\text{kW} = 4,68\text{Kč/kWh}$

Náklady na 1 kWel. s využitím tepla:  $(32,73 \text{ Kč/h} - 22,24 \text{ Kč}) : 7\text{kW} = 1,50\text{Kč/kWh}$

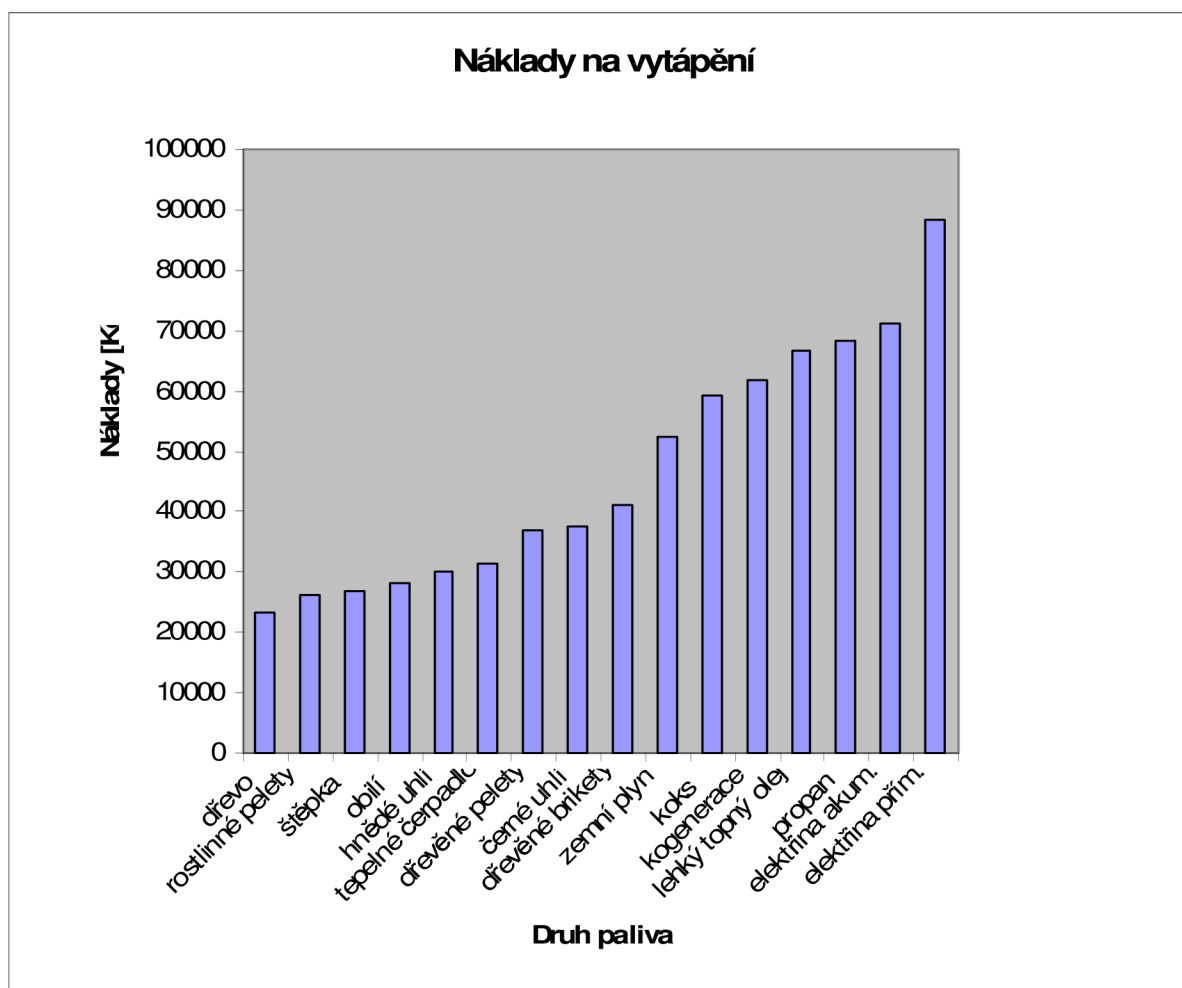
Tab. 3-2 Provozní úspory při využití tepla

Provozní úspory KJ při využití tepla		
Nákupní cena silové elektřiny	2,33	Kč/kWh
Výrobní cena elektřiny z KJ	1,50	Kč/kWh
Od provozovatele DS nebo PS (8/2008)	1,80	Kč/kWh
Od DS za decentralní výrobu (9/2008) NN	0,064	Kč/kWh
<b>Úspora za 1 kWh</b>	<b>2,70</b>	<b>Kč/kWh</b>
Denní provoz KJ	8	hodin
Roční provoz KJ	251	dnů
Počet provozních hodin za rok	2 008	
Životnost KJ	45 000	mth
Vyrobená elektřina z KJ	14 056	kWh
Spotřeba ZP	5 723	m <sup>3</sup>
Produkce tepla	130	GJ/rok
<b>Roční úspora</b>	<b>37 886</b>	<b>Kč</b>
Investice do KJ a příslušenství	400 000	Kč
Připojení (odhad 30% investice)	120 000	Kč
Investice a připojení	520 000	Kč
<b>Prostá návratnost</b>	<b>13,73</b>	<b>roky</b>

### 3.3 Porovnání nákladů s jinými zdroji tepla

Tab. 3-3 Provozní úspory při využití tepla

Druh paliva	Výhřevnost [MJ/kg]	Cena paliva [Kč/kg]	Účinnost [%]	Cena tepla [Kč/GJ]	Cena tepla [kWh]	Spotřeba paliva/rok [kg]	Náklady na vytápění [Kč]
dřevo	14,6	1,90	75	174	0,62	12279	23331
rostlinné pelety	16	2,80	90	194	0,7	9337	26145
štěpka	12,5	2,00	80	200	0,72	13446	26892
obilí	18	3,20	85	209	0,75	8788	28122
hnědé uhlí	18	2,50	62	224	0,91	12408	30121
tepelné čerpadlo		2,198		232	0,84	12450	31235
dřevěné pelety	18,5	4,30	85	273	0,98	8551	36768
černé uhlí	23,1	4,00	62	279	1,13	10583	37553
dřevěné brikety	17,5	4,00	75	305	1,1	10244	40978
zemní plyn	37,82MJ/m <sup>3</sup>	1,053/kWh	89	390	1,41	4437 m <sup>3</sup>	52436
koks	27,5	7,50	62	440	1,58	7886	59146
kogenerace			90	343,17			61915
lehký topný olej	42	18,50	89	495	1,78	3597	66546
propan	46,4	21,00	89	509	1,83	3256	68376
elektřina akum.		1,655/kWh	93	530	1,91	40161	71201
elektřina přím.		2,194	98	657	2,36	38112	88301



Obr. 3-1 Náklady na vytápění [8]

---

## 4 ZÁVĚR

Kogenerace je decentralizovaný zdroj výroby elektrické energie a tepla. Ve světě je tento jev poměrně známou záležitostí, v České republice se s ním setkáváme v rodinných domech pouze ojediněle, v úvahu přichází instalace kogeneračních jednotek větších výkonů v areálech, kde jsou větší spotřeby energií. ( veřejné bazény, bytové domy, atd.)

Tak, jak se v ČR stal fenoménem rozvoj fotovoltaických solárních panelů z důvodů zajímavých výkupních cen elektřiny, tak touto prací je zde nepřímo nabízena další možnost v rámci kogenerace.

V této bakalářské práci jsem se pokusil zanalyzovat využití kogenerační jednotky v rodinném domě, provedl energetickou bilanci a ekonomickou kalkulaci pro daný objekt, nabídl klady a zápory tohoto zařízení.

Pro práci jsem použil nový výrobek, kogenerační jednotku firmy Tedom, s.r.o., která je svým výkonem vhodná pro instalaci do větších rodinných domů. Porovnáním energetické náročnosti budovy, výpočty z tepelných ztrát a ohřevu TUV jsem zjistil tepelné rozdíly (přebytky) vhodné pro ekonomický provoz. Návrh investice jsem stanovil na základě porovnání ceny a životnosti soustavy.

Podle takto získaných dat jsem došel k závěru, že kogenerační jednotka je vhodná pro instalaci do větších rodinných domů, tzn. do domů s větší energetickou náročností. Ekonomická výnosnost vykazuje dobu min. 7 let.

Výkupní ceny elektrické energie z kogenerační jednotky nejsou také nyní pro uživatele až tak zajímavé. Při lepších výkupních cenách by se návratnost investice podstatně zkrátila.

Za závažný problém považuji otázku hluku. Hlukové parametry uvádějí hladinu 58dB (A), která je dle mého názoru pro umístění do rodinného domu nepřijatelná. Instalace mimo budovu může vyvolat vznik záporných externalit.

Nesmím opomenout ani ekonomickou náročnost daného zařízení, cena zavedení šplhá do statisícových položek.

Kogenerační jednotku Tedom T7 jsem záměrně zvolil z důvodu servisní dostupnosti v ČR.

Z výše uvedených zjištěných poznatků mohu konstatovat, že problém kogeneračních jednotek není dosud zcela jasnou záležitostí, jak po stránce technické, tak po stránce legislativní. Nový převrat by mohl zaznamenat Stirlingův motor, který je v současné době ve vývoji a přináší nové rozměry v oblasti hluku.

Věřím, že tato práce přinesla ucelený náhled na instalaci kogenerační jednotky v rodinném domě a že již v blízké budoucnosti budeme moci říci, zda kogenerační jednotku pro tyto účely využít nebo ne.

## LITERATURA

### Tištěný zdroj

- [1] DVORSKÝ, Emil ; HEJTMÁNKOVÁ, Pavla . *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1.vydání. Praha : BEN-technická literatura, 2005. 281 s. ISBN 80-7300-118-7.
- [2] KRBEK, Jaroslav; POLESNÝ, Bohumil. *Kogenerační jednotky : Zřízení a provoz*. 1.vydání. Praha : GAS s.r.o., 2007. 201 s. ISBN 978-80-7328- 151-9.
- [3] BAXANT, Petr. *Užití elektrické energie*. Brno : VUT Brno, 18.11.2003. 186 s. učební text pro vysoké školy.
- [4] KRBEK, Jaroslav; OCHRANA, Ladislav; POLESNÝ, Bohumil. *Zásobování teplem a kogenerace*. 1. vydání. Brno : PC-DIR Real, s.r.o., 1999. 143 s. ISBN 80-214-1347-6.
- [5] KRBEK, Jaroslav; POLESNÝ, Bohumil. *Kogenerační jednotky malého výkonu v komunálních a průmyslových tepelných zdrojích*. 1. vydání. Brno : PC-DIR, s.r.o., 1998. 97 s. učební text pro vysoké školy.
- [6] MÍFEK, Miroslav. *Využití kogenerace ve spojení s ČOV*. Brno, 2007. 77 s. Bakalářská práce. VUT Brno.
- [7] *Projekční podklady blokových kogeneračních jednotek TEDOM*. šesté, upravené vydání. Hořovice : [s.n.], 2008. 58 s.
- [8] *Mikrokogenerační jednotka Micro T7*. Hořovice : [s.n.], 2009. 3 s.

### Elektronický zdroj

- [9] *TZB-info* [online]. 2001, 2010 [cit. 2010-05-24]. TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov. Dostupné z WWW: <tzb-info.cz>. ISSN 1801-4399.
- [10] *RWE* [online]. 2009 [cit. 2010-05-24]. RWE. Dostupné z WWW: <www.rwe.cz>.
- [11] *ERU* [online]. 2001, 2010 [cit. 2010-05-24]. ERU. Dostupné z WWW: <www.eru.cz>.
- [12] *COGEN* [online]. 2001, 2010 [cit. 2010-05-24]. COGEN. Dostupné z WWW: <www.cogen.cz>.
- [13] *TEDOM* [online]. 2000, 2010 [cit. 2010-05-24]. TEDOM. Dostupné z WWW: <www.tedom.cz>.
- [14] *I-EKIS* [online]. 2001, 2009 [cit. 2010-05-25]. Internetové energetické konzultační a informační středisko. Dostupné z WWW: <www.i-ekis.cz>.
- [15] SOLINGEN, Johan. *Johan Solingen ÖkoTec* [online]. 1998, 2010 [cit. 2010-05-25]. ÖkoTec. Dostupné z WWW: <www.oekotec.at>.
- [16] *IKZ ENERGY* [online]. 1998, 2010 [cit. 2010-05-25]. IKZ ENERGY. Dostupné z WWW: <www.ikz-energy.de>.
- [17] *Sdružení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla Cogen Czech* [online]. 2008 [cit. 2010-05-30]. Cogen Czech. Dostupné z WWW: <www.cogen.cz>.

## PŘÍLOHA A- Tabulka venkovních výpočtových teplot

Tab. A-1 Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [9]

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^\circ$		$t_{em}=13^\circ$		$t_{em}=15^\circ$	
	h [m]	$t_e$ [°C]	$t_{es}$ [°C]	d [dny]	$t_{es}$ [°C]	d [dny]	$t_{es}$ [°C]	d [dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275
Brno	227	-12v	3,6	222	4	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279
Český Krumlov	489	-18v	3,1	243	3,5	254	4,6	288
Děčín (Březiny, Libverda)	141	-12	3,8	225	4,2	236	5,5	269
Domažlice	428	-15v	3,4	235	3,8	247	5,1	284
Frýdek-Místek	300	-15v	3,4	225	3,8	236	5,1	269
Havlíčkův Brod	422	-15v	2,8	239	3,3	253	4,9	294
Hodonín	162	-12	3,9	208	4,2	215	5,1	240
Hradec Králové	244	-12	3,4	229	3,9	242	5,2	279
Cheb	448	-15	3	246	3,6	262	5,2	306
Chomutov (Ervénice)	330	-12v	3,7	223	4,1	233	5,2	264
Chrudim	276	-12v	3,6	225	4,1	238	5,9	276
Jablonec nad Nisou (Liberec)	502	-18v	3,1	241	3,6	256	5,1	298
Jičín (Libáň)	278	-15	3,5	223	3,9	234	5,2	268
Jihlava	516	-15	3	243	3,5	257	4,8	296
Jindřichův Hradec	478	-15	3	242	3,5	256	5	296
Karlovy Vary	379	-15v	3,3	240	3,8	254	5,1	293
Karviná	230	-15	3,6	223	4	234	5,3	267
Kladno (Lány)	380	-15	4	243	4,5	258	5	300
Klatovy	409	-15v	3,4	235	3,9	248	5,2	286
Kolín	223	-12v	4	216	4,4	226	5,9	257
Kroměříž	207	-12	3,5	217	3,9	227	5,1	258
Kutná Hora (Kolín)	253	-12v	4	216	4,4	226	5,9	257
Liberec	357	-18	3,1	241	3,6	256	5,1	298
Litoměřice	171	-12v	3,7	222	4,1	232	5,2	263
Louny (Lenešice)	201	-12	3,7	219	4,1	229	5,2	260

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^{\circ}$		$t_{em}=13^{\circ}$		$t_{em}=15^{\circ}$	
			$t_{es}$	d	$t_{es}$	d	$t_{es}$	d
h	$t_e$	$t_{es}$	d	$t_{es}$	d	$t_{es}$	d	
[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	
Mělník	155	-12	3,7	219	4,1	229	5,3	261
Mladá Boleslav	230	-12	3,5	225	3,9	235	5,1	267
Most (Ervénice)	230	-12v	3,7	223	4,1	233	5,2	264
Opava	258	-15	3,5	228	3,9	2329	5,2	274
Ostrava	217	-15	3,6	219	4	229	5,2	260
Pardubice	223	-12v	3,7	224	4,1	234	5,2	265
Pelhřimov	499	-15v	3	241	3,6	257	5,1	300
Písek	348	-15	3,2	235	3,7	247	5	284
Plzeň	311	-12	3,3	233	3,6	242	4,8	272
Praha (Karlovy)	181	-12	4	216	4,3	225	5,1	254
Prachatice	574	-18v	3,3	253	3,8	267	5,1	307
Prostějov	226	-15	3,4	220	3,9	228	5	261
Přerov	212	-12	3,5	218	3,5	252	5,1	259
Příbram	502	-15	3	239	3,8	230	4,9	290
Rakovník	332	-15	3,4	232	4	250	5,7	297
Rokycany (Příbram)	363	-15	3	239	3,5	252	4,9	290
Rychnov n/Kněžnou (Slatina)	325	-15	3	241	3,5	254	4,8	291
Semily (Libštát)	334	-18v	2,8	243	3,4	259	4,7	303
Sokolov	405	-15v	3,4	239	3,9	254	5,4	297
Strakonice	392	-15	3,3	236	3,8	249	5,2	288
Svidník	220	-18v	2,7	224	3	237	4,3	269
Svitavy (Moravská Třebová)	447	-15	2,9	235	3,4	248	4,8	286
Šumperk	317	-15v	3	230	3,5	242	5,2	277
Tábor	480	-15	3	236	3,5	250	5	289
Tachov (Stříbro)	496	-15	3,1	237	3,6	250	5	289
Teplice	205	-12v	3,8	221	4,1	230	5,3	261
Trutnov	428	-18	2,8	242	3,3	257	5	298
Třebíč (Bítoványky)	406	-15	2,5	247	3,1	263	4,6	306
Uherské Hradiště (Buchlovice)	181	-12v	3,2	222	3,6	233	5	266
Ústí nad Labem	145	-12v	3,6	221	3,9	229	5	256
Ústí nad Orlicí	332	-15v	3,1	238	3,6	251	4,9	289
Vsetín	346	-15	3,2	225	3,6	236	4,9	270
Vyškov	245	-12	3,3	219	3,7	229	4,9	260
Zlín (Napajedla)	234	-12	3,6	216	4	226	5,1	257
Znojmo	289	-12	3,6	217	3,9	226	5,2	256
Žďár nad Sázavou	572	-15	2,4	252	3,1	270	4,7	318



Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku		
Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Snížená venkovní výpočtová teplota
	$t_e$ [°C]	
nad 400 m n.m.	-12	-15
nad 600 m n.m.	-15	-18
nad 800 m n.m.	-18	-21

**Poznámky:****Normy:**

ČSN 38 3350 Zásobování teplem, 6/1989

ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, 5/1994

**Použité značky:**

$t_{em}$  [°C] - střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období

$t_{es}$  [°C] - střední venkovní teplota za otopné období

$d$  [dny] - počet dnů otopného období

$v$  - značí větrnou oblast

**Venkovní výpočtová teplota** je udána bez přírážky na vnitřní stěny