

# **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**

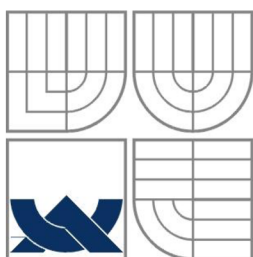
BRNO 2011

>>Vložit zadání práce<<

Bibliografická citace práce:

PUSZTAI, R. *Využití kogenerace v rodinných domech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 58 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**

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**

USE OF COGENERATION IN FAMILY HOUSES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**RADEK PUSZTAI**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. PETR BAXANT, Ph.D.**

BRNO 2011



## **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>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> -----	<b>10</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> -----	<b>11</b>
<b>1. ÚVOD</b> -----	<b>12</b>
<b>1.1 KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ A TEPELNÉ ENERGIE</b> -----	<b>13</b>
<b>1.2 TYPY KOGENERACE</b> -----	<b>13</b>
1.2.1 PARNÍ KOGENERACE-----	13
1.2.2 PLYNOVÁ KOGENERACE-----	13
1.2.3 PAROPLYNOVÁ KOGENERACE-----	15
<b>1.3 PALIVA PRO KJ</b> -----	<b>17</b>
1.3.1 ROZDĚLENÍ PALIV-----	17
1.3.2 TYP PALIVA-----	17
1.3.3 DRUH PALIVA-----	18
1.3.4 DOSTUPNOST PALIVA-----	19
<b>1.4 VÝHODY KOGENERACE</b> -----	<b>19</b>
1.4.1 ÚSPORA PALIVA-----	19
1.4.2 ÚSPORA NÁKLADŮ NA NÁKUP ENERGIE-----	21
1.4.3 MINIMALIZACE NÁKLADŮ NA ROZVOD ENERGIE-----	21
1.4.4 EKOLOGICKÝ ZPŮSOB VÝROBY-----	21
1.4.5 ENERGIE PRO PŘÍPAD NOUZE-----	21
1.4.6 VÝROBA CHLADU-----	21
<b>1.5 ZÁSADY PRO DIMENZOVÁNÍ A POTENCIÁLNÍ UŽIVATELE ZAŘÍZENÍ PRO KOMBINOVANOU VÝROBU</b> -----	<b>21</b>
<b>1.6 MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ KJ</b> -----	<b>22</b>
<b>1.7 LEGISLATIVNÍ PODPORA KOGENERACE</b> -----	<b>23</b>
1.7.1 LEGISLATIVA EU, SMĚRNICE 2004/8/EC-----	24
1.7.2 LEGISLATIVA ČR, PODPORA VÝSTAVBY KJ-----	25
<b>1.8 PODMÍNKY INSTALACE A PROVOZU KJ V RODINNÉM DOMĚ</b> -----	<b>25</b>
<b>1.9 ZÁKLADNÍ DRUHY PROVOZU KJ:</b> -----	<b>26</b>
1.9.1 PARALELNÍ PROVOZ SE SÍTÍ (P)-----	26
1.9.2 OSTROVNÍ PROVOZ (I)-----	27
1.9.3 NOUZOVÝ PROVOZ (E)-----	28
1.9.4 KOMBINOVANÝ PROVOZ (P + I)-----	29
1.9.5 KOMBINOVANÝ PROVOZ (P + E)-----	30
<b>2. ENERGETICKÁ BILANCE A EKONOMICKÁ KALKULACE</b> -----	<b>32</b>
<b>INVESTICE</b> -----	<b>32</b>
<b>2.1 TEPELNÁ ČÁST</b> -----	<b>32</b>
2.1.1 TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU-----	32
2.1.2 CELKOVÁ ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ-----	33
2.1.3 CELKOVÁ ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE PRO OHŘEV TUV-----	34
2.1.4 VÝPOČET ZBYTKOVÉHO TEPLA-----	35
<b>3. TECHNICKÉ PARAMETRY ZVOLENÉ KJ</b> -----	<b>37</b>
<b>3.1 MOTOR</b> -----	<b>38</b>
<b>3.2 GENERÁTOR</b> -----	<b>39</b>

---

<b>3.3 TEPELNÝ SYSTÉM</b>	<b>39</b>
<b>3.4 PALIVO, PŘÍVOD PLYNU</b>	<b>40</b>
<b>3.5 SPALOVACÍ VZDUCH A CHLAZENÍ</b>	<b>40</b>
<b>3.6 NÁPLNĚ</b>	<b>41</b>
<b>3.7 HLUKOVÉ PARAMETRY</b>	<b>41</b>
<b>3.8 ROZMĚRY A HMOTNOST JEDNOTKY</b>	<b>41</b>
<b>3.9 ŘÍDÍCÍ SYSTÉM</b>	<b>41</b>
<b>3.10 OCHRANY POUŽITÉ V ROZVADĚČI KJ</b>	<b>43</b>
<b>4. EKONOMICKÁ KALKULACE OBJEKTU</b>	<b>45</b>
<b>4.1 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ S JINÝMI ZDROJI TEPLA</b>	<b>49</b>
<b>5. ZÁVĚR</b>	<b>51</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>52</b>
<b>PŘÍLOHA A</b>	<b>53</b>

---

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-6 Vyobrazení úspory paliva formou výroby elektřiny [15] -----	20
Obr. 1-9 Ostrovní provoz (I) [7] -----	28
Obr 1-10 Nouzový provoz (E) [7] -----	29
Obr 1-11 Kombinovaný provoz (P+I) [7] -----	30
Obr 1-12 Kombinovaný provoz (P+E) [7] -----	31
Obr. 3-1 KJ Tedom T7 [8] -----	37
Obr. 3-3 Motor KJ T7 [8] -----	39
Obr. 3-5 Ukázka displeje minikontroléru MicroCS [22] -----	42
Obr. 3-6 Kompletní KJ T7 [8] -----	43
Obr. 4-1 Náklady na vytápění [10] -----	50

---

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 2-1	Technické parametry KJ Micro T7 [7] .....	37
Tab. 2-2	Parametry motoru TGE DF 972 [7] .....	38
Tab. 2-3	Parametry generátoru AS 160 [7] .....	39
Tab. 2-4	Parametry hydraulického okruhu jednotky [7] .....	40
Tab. 2-5	Technické parametry zemního plynu [7] .....	40
Tab. 2-6	Parametry spalovacího vzduchu [7] .....	41
Tab. 2-8	Náplně motoru [7] .....	41
Tab. 2-9	Hlukové parametry [7] .....	41
Tab. 2-10	Rozměry KJ [7] .....	41
Tab. 3-1	Vstupní veličiny .....	45
Tab. 3-2	Provozní úspory při využití tepla .....	45
Tab. 3-3	Provozní úspory při využití tepla .....	49

---

## 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

Výroba elektrické energie se v ČR uskutečňuje velkými uhelnými, popřípadě jadernými elektrárnami. Teplárny byly stavěny v místech velkých spotřeb. Rozvojem dálkových plynovodů vyvstaly nové možnosti v napájení elektráren, i vytváření decentralizovaných energetických zdrojů jako je např. kogenerační jednotka.

Tento název pojmenovává společnou výrobu elektrické a tepelné energie. Výrobu elektrické energie zajišťuje alternátor a tepelná energie je získávána chlazením pohonné jednotky, která tento alternátor pohání. Tyto jednotky mohou být tedy umístěny přímo v objektu, který chceme vytápět nebo v jeho blízkosti. Tím tedy zvyšujeme účinnost využití energie paliv a zároveň snižujeme přenosové ztráty, které jsou značné při přenosu elektrické energie z elektráren.

Již dlouhou dobu se KJ velkých výkonů úspěšně využívají v teplárnách, v objektech s větší spotřebou energií jako jsou např. veřejné bazény, bytové domy, nemocnice atd. Až v posledních letech se ale začínají, i přes značné počáteční finanční náklady, také objevovat KJ malých výkonů v rodinných domech. Je to dáno také rychlým rozvojem plynofikace v ČR a tím i možností použití těchto decentralizovaných centrál, které mohou být stavěny přímo v objektech.

V České republice je výroba KJ zastoupena např. firmou Tedom. Tato firma se především zabývá většími KJ, v roce 2010 ale uvedla na trh jednotku se spalovacím motorem označenou T7 -  $P_{el} = 7\text{kW}$ ,  $P_{term} = 18\text{kW}$ , která je již vhodná např. pro větší rodinný dům s bazénem.

V Německu je výroba malých KJ již dlouhá léta zastoupena např. firmami SenerTec, Ecopower, atd. První zmíněná má ve svém sortimentu například jednotku G5.0 s  $P_{el} = 5\text{kW}$ ,  $P_{term} = 14,6\text{kW}$  spalující zemní plyn. Je ale možné objednat i jednotku upravenou pro zkapalněný plyn, topný olej, bionaftu nebo řepkový olej. Firma Ecopower nabízí např. jednotku e3.0, která má  $P_{el} = 3\text{kW}$ ,  $P_{term} = 8\text{kW}$ .



## 1.1 Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie

Ve všech elektrárnách vzniká elektrická energie roztáčením turbíny s elektrickým generátorem. Turbína je roztáčena například párou, která se získává spalováním uhlí nebo štěpením jader uranu.

Při této výrobě el. energie se uvolňuje velké množství tepelné energie, která se maří chladícími věžemi. Účinnost výroby elektrické energie v tepelných elektrárnách je cca 30%, moderní paroplynové elektrárny mají účinnost asi 50%, další ztráty kolem 11%, vznikají transformací a dálkovým přenosem elektrické energie.

Tak jako v jiných elektrárnách, tak i v kogenerační jednotce vzniká elektrická energie roztočením elektrického generátoru. Pro pohon generátoru se používá např. spalovací motor.

Palivem mu může být jak zemní plyn, tak např. i řepkový olej atp.

Teplo, uvolňující se ve spalovacím motoru, je efektivně využíváno prostřednictvím chlazení motoru, oleje a spalin. Účinnost kogeneračních jednotek se pohybuje kolem 80-90%. Zajímavostí u KJ jsou asynchronní generátory, které jsou stejně jako spalovací motory chlazeny vodou.

## 1.2 TYPY KOGENERACE

### 1.2.1 PARNÍ KOGENERACE

Účinnost výroby elektrické energie je v rozmezí 8 – 15%, převažující se stává účinnost výroby tepla (je zde brána v úvahu závislost tlaku před a za turbínou) cca 62 – 76%, přičemž celková účinnost využití energie, která je obsažena v primárním palivu, činí zhruba 77 – 87 %. Výhodou je oproti plynové kogeneraci možnost spalování levného nebo obnovitelného paliva (uhlí či biomasy), stupeň zhodnocení primárního paliva na elektrickou energii je nízký.

#### Popis zařízení:

K zajištění nižších elektrických výkonů (zhruba 50 až 15 tis.KW) se dodávají sestavy s protitlakovými turbínami, které jsou buď axiální, nebo radiální (pro vyšší výkon pouze axiální turbíny), které pohánějí alternátor přes převodovku. Za výhodné z hlediska dosahované termodynamické účinnosti jsou sledovány moderní rychloběžné radiální turbíny, které jsou jednostupňové nebo dvoustupňové, s krátkou dobou najíždění a malou měrnou hmotností. Axiální a radiální turbíny jsou v uvedeném výkonovém rozsahu sestaveny pro vstupní/výstupní tlak páry 0,9 - 6,5 / 0,1 - 0,7 MPa a teplotu páry 200 – 450,00 °C. Regulační ventil na přívod páry do turbíny zajišťuje regulaci elektrického výkonu soustrojí. (je možno i natáčivými statorovými lopatkami)

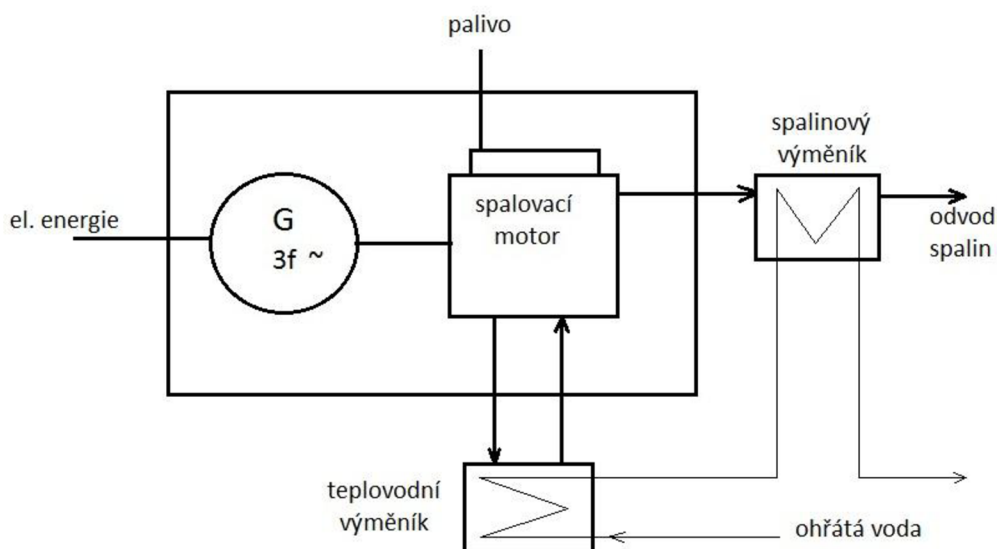
### 1.2.2 PLYNOVÁ KOGENERACE

Stupeň konverze energie, která je obsažena v primárním palivu, na elektrickou energii, je oproti parní kogeneraci podstatně vyšší, asi 23 - 41 %, účinnost výroby tepla činí 35 - 57 %, celková účinnost využití energie v palivu se pohybuje kolem 68 - 90 %. Nutnost spalovat plyné palivo je však cena za vyšší podíl vyráběné elektřiny (drahý zemní plyn). Alternativou je možnost použití bioplynu nebo jiného odpadního plynu, které však mají nižší výhřevnost, tzn., že vyžadují nutně konstrukční úpravy motoru či turbíny. Mimoto se projevují i v nižší elektrické účinnosti.

### Popis zařízení:

Kogenerační jednotka se spalovacím motorem se skládá ze zážehového spalovacího motoru, který pohání přímo alternátor, jenž vyrábí elektrickou energii a výměníků, které využívají odpadní teplo z motoru. Odpadní teplo je odváděno prostřednictvím dvou výměníků na dvou teplotních úrovních. Teplo z bloku motoru a z oleje na úrovni 80 - 90 °C je odváděno prvním výměníkem. Druhý výměník odstraňuje teplo z odcházejících výfukových spalin o teplotě cca 400 - 500°C. Výměníky jsou zapojeny do série z hlediska průtoku teplotního média. Kogenerační jednotky jsou obvykle koncipovány pro dodávku tepla do teplovodního systému 90/70 °C, méně již do systému 110/85 °C, resp. 130/90 °C.

Tyto jednotky se dodávají o elektrických výkonech v rozmezí cca od 3 do 5000 kW, tzn., že mohou být užity i pro rodinné domy.



Obr. 1-1 Blokové schéma KJ



Obr. 1-2 Náhled do KJ se spalovacím motorem [20]



*Obr. 1-3 Asynchronní generátor s vodním chlazením [20]*

Kogenerační jednotka se spalovací turbínou se sestává ze soustrojí spalovací turbíny - alternátor, vyrábějícího elektrickou energii, a ze spalínového kotle, z něhož je dodáváno využitelné teplo ve formě teplé či horké vody nebo páry. Zemní plyn pro pohon turbíny je nutno přivádět pod tlakem cca 1,5 -2,5 MPa dle kompresního poměru turbíny.

Spaliny z turbíny jsou přiváděny do spalínového kotle k výrobě tepla ve formě páry nebo horké resp. teplé vody. Při požadavku na zvýšení tepelného výkonu spalínového kotle je instalován tzv. přehřívací hořák spalující zemní plyn, jenž je vřazen do spalín proudících z turbíny do kotle a zvyšuje teplotu spalín přicházejících z turbíny (cca 450 – 600,00 °C) přibližně na maximální teplotu 900,00 °C. Možnost volby média, na kterém je odváděno teplo ze spalínového kotle je z hlediska jeho využitelnosti dle požadavků spotřeby hlavní výhodou kogeneračních jednotek se spalovacími turbínami proti kogeneračním jednotkám se spalovacími motory.

Kogenerační jednotky se spalovacími turbínami se dodávají o elektrických výkonech v rozsahu cca od 1 do 200 MW.

### 1.2.3 PAROPLYNOVÁ KOGENERACE

Základním rysem tohoto typu kombinované výroby tepla a elektrické energie je dosahnout maximálního podílu výroby elektrické energie přesahující až 44 % z přivedeného tepla v palivu. O paroplynovém cyklu platí stejné možnosti a omezení jako u cyklu plynového. V tab. 1 je uveden přehled základních parametrů jednotlivých typů kombinované výroby tepla a elektřiny.

#### **Popis zařízení:**

Pára, která je vyrobena v kotli využitím tepla spalín ze spalovací turbíny, pohání ještě parní turbínu. Poměrem dodávky paliva do spalovací komory turbíny a spalínového kotle je následně udáván poměr výkonu spalovací a parní turbíny. U větších instalací se často užívá dvoutlakového spalínového kotle a tomu příslušné dvoutlakové parní turbíny. Poměr výkonů parní a spalovací turbíny je u většiny případů asi 3:1 až 4:1.

### 1.2.4 SPECIÁLNÍ KOGENERACE

K této skupině se řadí např. **KJ se spalovacími články**. Jedná se o galvanické články, které přeměňují energii paliva na elektrickou energii. Jako zdroj energie se často využívá vodík, který s kyslíkem exotermním procesem vyrábí elektrickou energii za pomoci elektrolytu za vzniku

vody nebo vodní páry. Tyto jednotky mají oproti KJ se spalovacím motorem vyšší účinnost a podstatně příznivějšími emisní parametry.

Do této kategorie je možné zařadit i KJ se **Stirlingovým motorem**.

Počátky Stirlingova motoru a jeho principu se datují k roku 1816. V dnešní době je ve vývoji nejdále firma Viessmann. Mikrokogeneraci Viessmann je možné charakterizovat jako kombinaci Stirlingova motoru s volným pístem a vysoce efektivního plynového kondenzačního kotle. Stirling s volným pístem pracuje v hermeticky uzavřeném systému, ve kterém se jako pracovní médium používá hélium, bez klikové hřídele. Pohyb pístu je v integrovaném lineárním generátoru přeměňován na elektrickou energii, odpadní teplo motoru je využíváno k vyhřívání obytné místnosti a ohřevu pitné vody. Je dosahováno 97% celkové účinnosti, 6 kWt základního tepelného výkonu a 1 kWe elektrického výkonu. Zcela odpovídá využití této jednotky v rodinných domech.



Obr. 1-5 Náhled do KJ se Stirlingovým motorem [17]

Tab. 1-1 Účinnosti tepláren KJ [15]

Typ elektrárny	El. energie/užit. [---]	Účinnost elektrická [%]	Účinnost tepelná [%]	Účinnost celková [%]	El. výkon [MW]
S parním strojem	0,16 - 0,25	8-12	60 - 67	68 - 87	0,1 - 2,0
S parními turbínami	0,24 - 0,34	12-15	6 - 8	72 - 80	0,15 - 100
Se spal. motory	0,7 - 1,0	32 - 41	44 - 53	82 - 90	0,1 - 10
Se spal. turbínami	0,5 - 0,8	23 - 38	36 - 50	68 - 85	2 - 100
Paroplynové	0,5 - 1,5	35 - 44	32 - 50	78 - 87	5 - 200 a více

---

## 1.3 Paliva pro KJ

Při návrhu KJ je nutné také řešit, jaký druh paliva se použije, jeho dostupnost, podmínky oxidace, cenu, náklady spojené s dopravou a skladováním, likvidaci nespalitelných složek atd. Dostupnost paliva je také důležitá při rozhodování, kterou KJ v daném místě použijeme.

### 1.3.1 Rozdělení paliv

Z primárních zdrojů jsou produkována paliva pro účely jejich energetické spotřeby buď přímo, nebo pomocí energetických výroben. Mohou být produkovány také využitím odpadních surovin z různých výrobních řetězců – druhotné zdroje.

Jejich energetický obsah, dopravní schopnosti, chemické složení atd. lze v obou případech zlepšovat zušlechťovacími procesy, tzn. měnit jejich parametry, jakostní ukazatele paliva.

Dělení paliv je prováděno mnoha způsoby, např. dle fyzikálních vlastností, původu vzniku, energetického obsahu, vlivu na životní prostředí apod. S přihlédnutím na využití paliva pro kogenerační jednotky, je důležité dělení podle:

- typu paliva
- druhu paliva
- dostupnosti paliva

### 1.3.2 Typ paliva

dělíme dle původu vzniku a dále dělíme na:

- fosilní paliva
- biopaliva
- alternativní paliva

*Fosilními palivy* nazýváme nerostné suroviny organického původu, které mají vysoký energetický obsah - uhlí, ropa, zemní plyn, které vznikaly v období prvohor a druhohor přeměnou odumřelých organismů za nepřístupu vzduchu.

*Biopaliva* získáváme z organických hmot rostlinného a živočišného původu - biomasy. Vznikají také využitím druhotných zdrojů, např. kejda při chovu zvířat.

Fyto-paliva označujeme paliva rostlinného původu, která vznikla fotosyntézou, tyto paliva mají energetický obsah v hmotnostní jednotce podobný jako fosilní paliva, ale v objemové jednotce jsou podstatně nižší. Protože také obsahují velké množství vody, je jejich výhřevnost značně proměnlivá.

*Alternativní paliva* – mezi tyto paliva se řadí např. vodík nebo jaderné palivo (syntéza lehkých jader) atd. Tyto paliva se stále ještě ověřují pro možnosti jejich využití. Snaha je neovlivňovat získáváním dostatečného množství paliva životní prostředí. U výroby těchto paliv je zapotřebí velké dodávky energie, která může být větší než energetický zisk z paliva. Tento druh paliva není komerčně využíván z důvodu vysokých výrobních nákladů.

### 1.3.3 Druh paliva

dle druhu skupenství dělíme paliva na:

- tuhá - pevná
- kapalná
- plynná

*Pevná paliva* – z důvodu malého energetického obsahu je zapotřebí pro získání požadovaného množství energie velkého objemu paliva. Náklady na provoz KJ se také zvyšují ukládáním odpadů, případně jeho zpracováním. Také je důležité čištěním spalin znečišťují životní prostředí. Při povrchové těžbě, která probíhá na velkých plochách, jsou náklady poměrně nízké. Zvyšují se vzdáleností těžby a spotřeby.

Příklady pevných paliv:

- přírodní kusové dřevo a jeho zbytkové produkty při těžení
- přírodní nekusové dřevo i ve formě briket, štěpky, pilin nebo dalších produktů
- černé uhlí a jeho prach - brikety, koks a další produkty
- hnědé uhlí a jeho prach - brikety, polokoks a další produkty
- rašelinové brikety nebo palivová rašelina
- biomasa

Protože KJ využívají vnitřní spalování, nelze pro ně použít pevná paliva.

*Kapalná paliva* – jejich energetický obsah je vysoký. Na rozdíl od spalování pevných paliv, mají kapalná paliva podstatně méně emisí. Také vysoké užitné vlastnosti a potřeba k dokonalému spálení minimálního přebytku vzduchu je výhodou. Tyto paliva jsou klasifikovány jako nebezpečné hořlaviny, mají nízkou teplotu vznícení, a proto tedy jsou kladeny vysoké bezpečnostní nároky na bezpečnost a manipulaci s těmito látkami.

Příklady kapalných paliv:

- kapalně produkty vznikající zpracováním zemního plynu
- plynový olej
- střední olej
- těžký topný olej
- metanol, ethanol a jiné čisté kapalné uhlovodíky
- kapalně produkty zpracování uhlí, ropy a oleje - syntetické oleje a dehtové oleje

---

Tyto základní druhy kapalných paliv se dají ještě různě upravovat nebo mísit. Označují se: benzin, nafta, bionafta, topné oleje (LTO), zkapalněný zemní plyn (LNG), zkapalněný propan – butan (LPG).

*Plynná paliva* se před spalováním mohou dokonale mísit se vzduchem. Jejich jednoduchá regulace zabraňuje tvorbě sazí. Fosilní plynná paliva jako např. zemní plyn skoro neobsahují sloučeniny síry a dusíku. Plynná fyto – paliva se musí před spálením upravit z důvodu velkého množství emisních prvků.

Příklady plynných paliv:

- zemní plyn, propan či butan nebo jejich směs a jiné čisté plynné uhlovodíky
- plynné produkty, které vznikají zpracováním zemního plynu, uhlí, ropy nebo oleje
- koksárenský plyn, degazační plyn (plyn uvolněný při těžbě černého uhlí), vysokopecní plyn, konvertorový plyn, bioplyn, plyn z rafinerií, syntézní a jiné průmyslové plyny

### 1.3.4 Dostupnost paliva

Dostupnost paliva je dána možností jeho pořízení na trhu. Při pořizování KJ se přihlíží na to, které palivo je v místě dostupné.

Členění dle dostupnosti paliv:

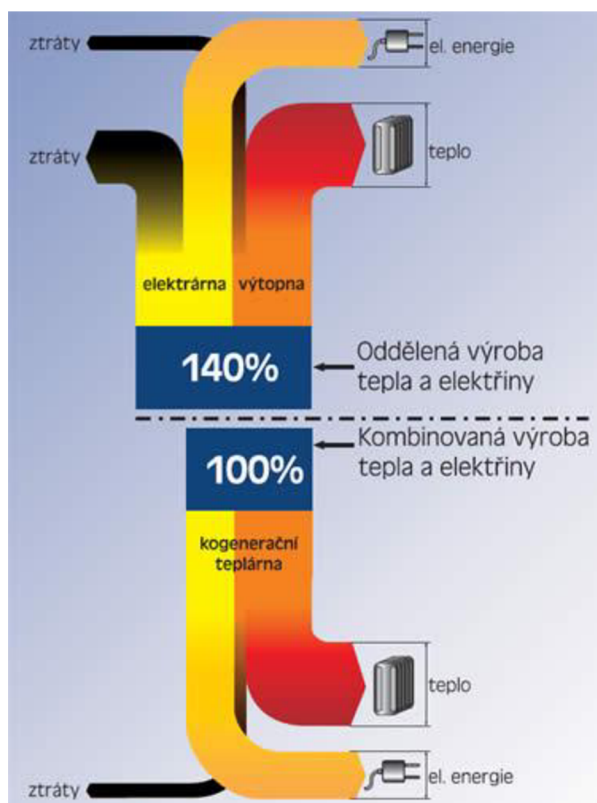
- komerční
- nekomerční

Komerční dostupnost souvisí s využívaným množstvím paliva. Při poptávce vzniká i nabídka. Některá paliva se na trhu neobchodují, získávají se například z druhotných zdrojů a provozovatelé, které je vyrábí, je také využívají pro své energetické potřeby.

## 1.4 Výhody kogenerace

### 1.4.1 Úspora paliva

Využití kogeneračního způsobu výroby tepla a elektrické energie vykazuje zhruba 40% úsporu paliva, tzn., že za stejné množství energie uhradí uživatel pouze 60% finančních prostředků.



Obr. 1-6 Vyobrazení úspory paliva formou výroby elektřiny [15]



## 1.4.2 Úspora nákladů na nákup energie

Uživatel získá přibližně dvojnásobné množství energie ze stejného množství paliva, z níž část může být prodáno, a tím opět dojde ke snižování vlastních nákladů.

## 1.4.3 Minimalizace nákladů na rozvod energie

Teplo i elektrická energie navíc vznikají v místě své spotřeby, proto odpadají náklady na rozvod energie i ztráty, které jsou způsobené tímto dálkovým rozvodem. Teplo, které vzniká v kogenerační jednotce, je využito k vytápění budov, přípravě teplé užitkové vody nebo také k přípravě technologického tepla.

## 1.4.4 Ekologický způsob výroby

Při použití kogeneračního způsobu výroby elektřiny a tepla se ušetří cca 40% paliva. Z ekologického hlediska zatěžuje kogenerace o totéž procento méně životní prostředí.

## 1.4.5 Energie pro případ nouze

Kogenerační jednotky se synchronním generátorem se používají často také jako nouzové zdroje elektrické energie v místech její nepřetržité potřeby.

## 1.4.6 Výroba chladu

Pomocí absorpčního výměníku lze vyrobené teplo využít i k výrobě chladu pro technologické účely nebo klimatizaci. Poté můžeme hovořit o tzv. trigeneraci, tzn. kombinované výrobě elektrické energie, tepla a chladu. Tímto způsobem lze využívat KJ v letních měsících ke klimatizování budov a to buď absorpčním nebo kompresorovým způsobem.

# 1.5 ZÁSADY PRO DIMENZOVÁNÍ A POTENCIÁLNÍ UŽIVATELÉ ZAŘÍZENÍ PRO KOMBINOVANOU VÝROBU

Pokud se rozhodujeme o typu a instalovaném výkonu kogenerační jednotky, musíme brát v úvahu všechna uvedená kritéria s přihlédnutím k podmínkám subjektu, do něhož má být instalována:

- denní a roční harmonogram spotřeby tepla a elektrické energie (u komunálních zdrojů jen tepla, elektrické energie bude dodávána do sítě)
- druh požadovaného teplonosného media
- dostupnost jednotlivých paliv
- stávající instalovaný výkon kotlů a jejich teplotní a tlakové parametry

V případě, že do daného subjektu je teplo dodáváno z parních kotlů o vyšším tlaku a teplotě spalujících levné palivo (uhlí, těžký topný olej) přes redukční stanici je při instalaci parní kogenerace (paralelně k redukční stanici) zajištěna relativně dobrá návratnost investičních prostředků.

Naopak kogenerační jednotky se spalovacími motory s podstatně vyšší výrobou el. energie vůči teplu je možno instalovat jen v těch případech kdy je možno využít vyrobené teplo ve formě teplé (90/70 °C) nebo horké vody (110/85 °C) a daný subjekt je plynofikován s dostatečnou kapacitou dodávky plynu. V průmyslových závodech kde je odběr tepla vázán na dodávku páry je možno

instalovat pouze kog. jednotku se spalovací turbínou nebo jednotku paroplynovou a jen s vysokými instalovanými výkony (řádově desítky MW).

Vhodným **ukazatelem investiční náročnosti** kombinované výroby tepla a el. energie je měrná investiční náročnost instalovaného elektrického výkonu (**Kč/kWe**). Tato hodnota se pohybuje v rozmezí cca 10 - 40 000 Kč/kWe a obecně klesá s rostoucím instalovaným výkonem (bez stavebních nákladů a nákladů na vyvedení elektrického a tepelného výkonu jednotky). Nejnížší investiční náročnost je u parních kogenerací a nejvyšší u paroplynových jednotek.

Druhým ukazatelem je **provozní náročnost** jednotky vztažená sumárně na 1 kWh vyrobené elektrické energie (**Kč/kWh**). Např. pro prvních 40 až 55 tisíc hodin provozu kogenerační jednotky s plynovým motorem se tato položka pohybuje dle jejího výrobce v rozsahu 0,16 až 0,23 Kč/kWh.

Rozhodnutí o instalaci kogenerační jednotky musí předcházet pečlivý ekonomický rozbor jejího provozu - jednotku je třeba provozovat tak, aby kromě vyrobené elektřiny bylo maximálně využito i vyrobené teplo. Pro splnění uvedených podmínek je tedy nutno výkon kogenerační jednotky vhodně dimenzovat ve vztahu k průběhu denního i ročního diagramu odběru elektřiny a tepla a k ceně, za kterou lze vyrobenou elektřinu a teplo zhodnotit.

## 1.6 Možnosti uplatnění KJ

Z technického hlediska je možné kogenerační jednotku uplatnit v jakékoli výrobně elektrické energie či tepla. Z praktické a zejména ekonomické stránky však uplatnění kogeneračních jednotek závisí především na odbytu jednotlivých produktů výroby, tzn. na uplatnění elektřiny a vyrobeného tepla.

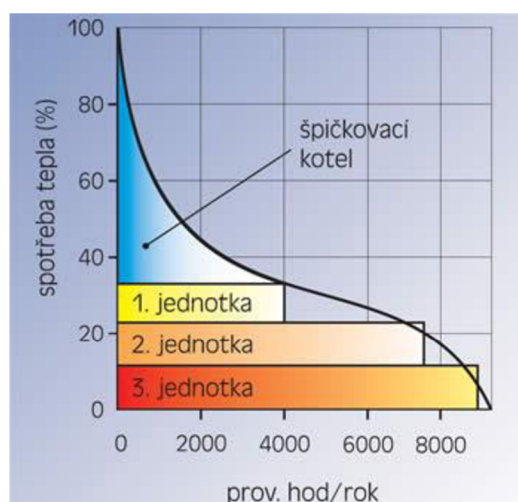
Problémem obvykle nebývá uplatnění elektrické energie. Ta se spotřebovává buď přímo v místě výroby (např. ve výrobě v podniku, který vlastní svou podnikovou kogenerační jednotku), nebo v rámci soustavy distribuční či přenosové. Povinnost provozovatelů těchto soustav vykupovat elektřinu z kogeneračních zdrojů je dána legislativou, proto případné problémy při uplatňování elektrické energie mohou být způsobeny pouze technickými problémy, především vzdáleností výroby od nejbližšího vedení s dostatečnou přenosovou kapacitou.

Poněkud komplikovanější je situace u využití tepla z KVET. Teplo se na rozdíl od elektrické energie hůře přepravuje na velké vzdálenosti a velmi nákladná je i případná výstavba dálkových teplovodů. Toto je hlavní omezení využití kogeneračních zdrojů na lokality, které mají dostatečný potenciál pro využití tepla z produkce jednotky. Tento faktor se obvykle stává limitujícím pro velikost instalovaného zdroje. Kogenerační jednotky nacházejí uplatnění zejména v:

- podnicích, které mají velkou spotřebou technologického tepla (ať už v páře nebo v teplé vodě)
- větších objektech s výraznou celoroční spotřebou tepla (např. hotely, nemocnice, bazény atd.)
- hustě obydlených oblastech, kde je využíván systém centrálního zásobování tepla (SCZT)

Někdy je také nutné s výstavbou kogeneračního zdroje vybudovat příslušnou technologii, budovu nebo systém centrálního zásobování teplem, který vyrobené teplo využije.

Jedním z dalších problémů s uplatněním tepla z KVET je jeho sezónní potřeba v případě jeho využití pro vytápění objektů. Topné systémy v objektech a rozvody v CZT systémech jsou dimenzovány na tzv. výpočtovou teplotu, která se dle oblastí pohybuje v rozpětí  $-12^{\circ}\text{C}$  až  $-20^{\circ}\text{C}$ . Tyto teploty jsou však aktuální pouze „pár“ dní v roce a ostatní dobu topné sezóny a samozřejmě mimo ni jsou potřeby tepla výrazně nižší. Konstantní je tedy více méně pouze potřeba tepla na přípravu teplé užitkové vody, která však tvoří pouze 20-30% celoroční spotřeby tepla v objektech, které jsou určeny k bydlení. S ohledem k investiční náročnosti kogeneračních zdrojů jsou navrhovány tak, aby byly v provozu co největší část roku, ideálně po celý rok. Proto jsou v odvětví teplárenství navrhovány zdroje KVET takovým způsobem, aby pokryly základní potřeby tepla. Pro špičkové výkony, které jsou potřeba několik dní v roce, se budují tzv. špičkové kotle, které pracují v prostém topném režimu. Je možné i budovat více kogeneračních jednotek zapojených paralelně a spínaných dle potřeby. Využití akumulace tepla do zásobníku s provozem jednotky v době nejvýhodnějších tarifů výkupu vyrobené elektrické energie je další alternativou.



Obr. 1-7 Rozložení výkonu KJ [15]

Vhodnou variantou, která využívá produkce tepla z KVET, je jeho spotřeba v letních měsících ke chlazení objektu. Tento režim nazýváme trigenerací (= kogenerační jednotka vedle výroby elektrické energie a dodávky tepla k vytápění objektu slouží i k výrobě tepla pro chlazení objektu). Jeho uplatnění najdeme především v administrativním, ubytovacích, nemocničních a sociálních objektech. Investičně je však výrazně náročnější v porovnání s klasickým kompresorovým chlazením (klimatizací).

## 1.7 Legislativní podpora kogenerace

Výše uvedené výhody použití kogenerace, především vyšší využití primárních zdrojů a s tím spojené snížení emisí škodlivin, vedly k zavedení legislativních opatření, která mají podporovat výstavbu nových zdrojů a využívání KVET v maximálně možném celoevropském měřítku.

### 1.7.1 Legislativa EU, směrnice 2004/8/EC

Koncept kombinované výroby tepla a elektrické energie je podporován Společenstvím od roku 1974. Doporučením Rady 88/611/EEC z listopadu 1988 byly zavedeny následující zásady této politiky:

- povinnost veřejných energetických podniků vykupovat elektřinu od samovýrobců
- spravedlivé schvalovací postupy pro elektrárny v soukromém vlastnictví
- ekonomická podpora veřejných energetických podniků, které omezují vznik dalších nákladů, ať už jde o palivo či provozní náklady
- nediskriminační jednání pokud jde o dodávky elektřiny do veřejných sítí

Členským státům je nabízena možnost dát přednost kogeneračním zařízením prostřednictvím směrnice o liberalizaci energetického trhu, v případě že energetický podnik (operátor trhu) rozhoduje o zřízení výrobních zařízení.

Návrh Směrnice Rady „Restrukturalizace rámce Společenství pro danění energetických výrobků – Restructuring the Community framework for the taxation of energy products“, který byl přijat Komisí v roce 1997, nabízí možnosti poskytnutí finančních výhod kogenerační výrobě členskými státy.

V roce 2004 byla akceptována Směrnice 2004/8/EC Evropského parlamentu a Rady o podpoře kogenerace, která je založena na efektivní poptávce po teple na vnitřním energetickém trhu. Hlavním účelem Směrnice je stanovení jednotných hledisek, která jsou platná pro všechny země EU, za pomoci kterých mohou jednotlivé státy podpořit kogenerace tepla a elektřiny.

V rámci Evropské unie je obecně zakázána selektivní veřejná podpora firmám a technologiím podle pravidel Jednotného vnitřního trhu. V případě, že vznikne potřeba podpořit určité technologie, které není možno prosadit klasickou hospodářskou soutěží mezi subjekty, musí tak být učiněno na základě jednotných a transparentních pravidel, která jsou platná pro všechny subjekty EU a se stejnými, harmonizovanými nástroji. Podpora může být přiznána podle Směrnice v souladu s tímto principem pouze technologiím, které splňují podmínky vysoce účinné kogenerace:

- Kogenerační technologie musí zajistit alespoň 10-ti procentní úsporu primárních zdrojů energie v porovnání s referenčními hodnotami spotřeby primárních zdrojů při oddělené výrobě tepla a elektřiny. Referenční hodnoty spotřeby primárních zdrojů při oddělené výrobě byly stanoveny komisí 21. února 2006, a to s přihlédnutím ke všem specifikům výroby a použitých technologií v rámci EU. Do doby než komise stanoví výše uvedené referenční hodnoty, mohou členské státy použít hodnoty vlastní, pokud tyto budou stanoveny stejnou metodou, která platí pro Komisi, jak je popsáno v příloze Směrnice
- Vysoce účinnou kogenerací se rovněž rozumí technologie kogenerace malého rozsahu (1 MW) nebo tzv. mikrokogenerace (do 50 kW). Tímto je zohledněn cíl zajistit větší bezpečnost dodávky energie díky použití většího počtu menších zdrojů energie, pokud jsou tyto efektivní.

## 1.7.2 Legislativa ČR, podpora výstavby KJ

Ustanovení Směrnice se postupně promítly do naší legislativy. Energetický zákon 406/2000 Sb. stanovuje podmínky kombinované výroby tepla a elektřiny, připojení, přístupu do sítí, prodeje a osvědčení o původu elektřiny. Zákon o obnovitelných zdrojích energie 180/2005 Sb. upravuje podporu státu pro výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie. Mezi ně patří též použití kogeneračních technologií na bázi biomasy, bioplynu, skládkových plynů, dřevoplynu a dalších.

Stát podporuje výstavbu kogeneračních jednotek jednak stanovením minimálních výkupních cen elektrické energie vyrobené v kogeneračních jednotkách ať už s využitím obnovitelných zdrojů nebo bez nich. Tyto výkupní ceny stanovuje Energetický regulační úřad (ERÚ). Provozovatel distribuční soustavy je povinen elektřinu za tyto ceny od výrobce vykupovat za dodržení příslušných technických podmínek. Pro potencionální investory jsou takto stanovené ceny a jejich časová garance na dobu 15 (Zákon 180/2005 Sb. §6) let jistotou návratnosti investice a jejího přiměřeného zhodnocení.

Stát dále podporuje výstavbu nových zdrojů KVET, byť většina podpory se soustřeďuje na zdroje využívající jako palivo obnovitelné zdroje energie. Nejznámější jsou dotační tituly poskytované Státním fondem životního prostředí (SFŽP), Českou energetickou agenturou (ČEA) a z fondů EU (infrastruktura, životní prostředí). V programech podporovaných těmito státními organizacemi je možno nalézt nejenom dotace na výstavbu samotných kogeneračních zdrojů, ale i souvisejících soustav CZT, zařízení na přípravu paliva atd. Dotace z těchto programů mohou získat, jak podnikatelské subjekty (podpora je omezenější), tak zejména veřejné subjekty (města, obce).

## 1.8 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 provozovatelem dodavatelem 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 spalin 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.

## 1.9 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**)

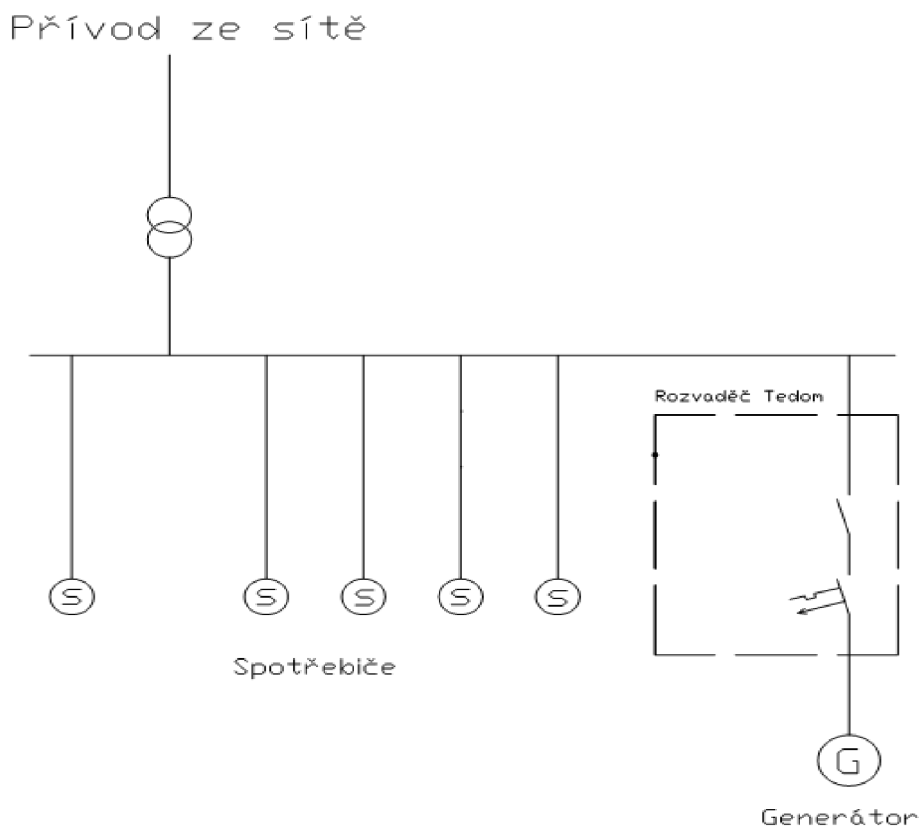
Možné kombinace jsou:

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

### 1.9.1 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, připe stýkač 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 prochlazovacím cyklem a vypne se motor. U asynchronního generátoru se stykač odpojuje současně se zastavením motoru. Jednotka pak prochází dochlazovacím cyklem a vypne se.

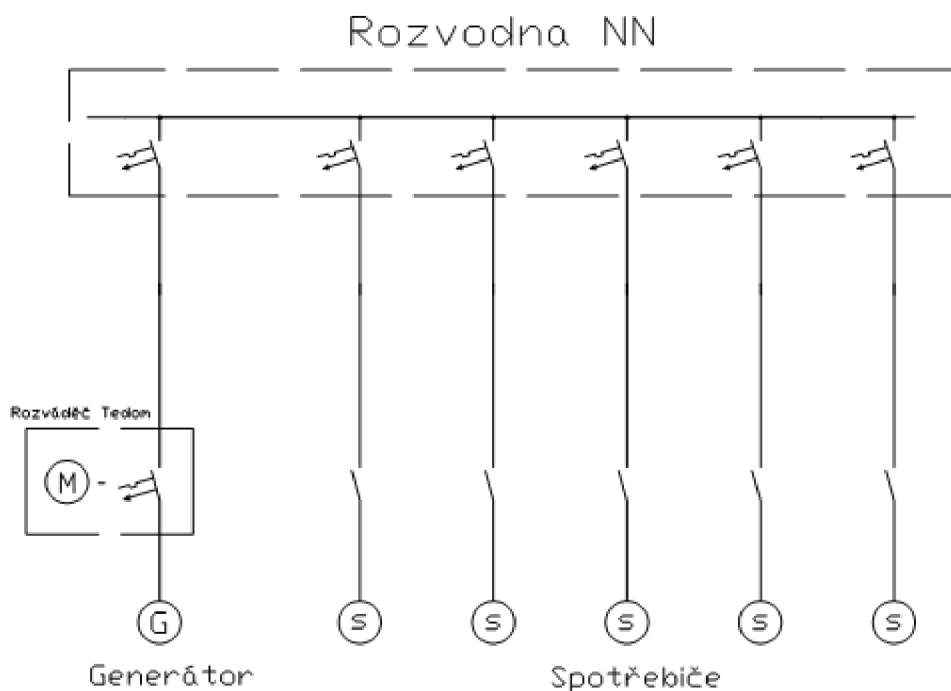


Obr. 1-8 Paralelní provoz se sítí (P) [7]

### 1.9.2 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.

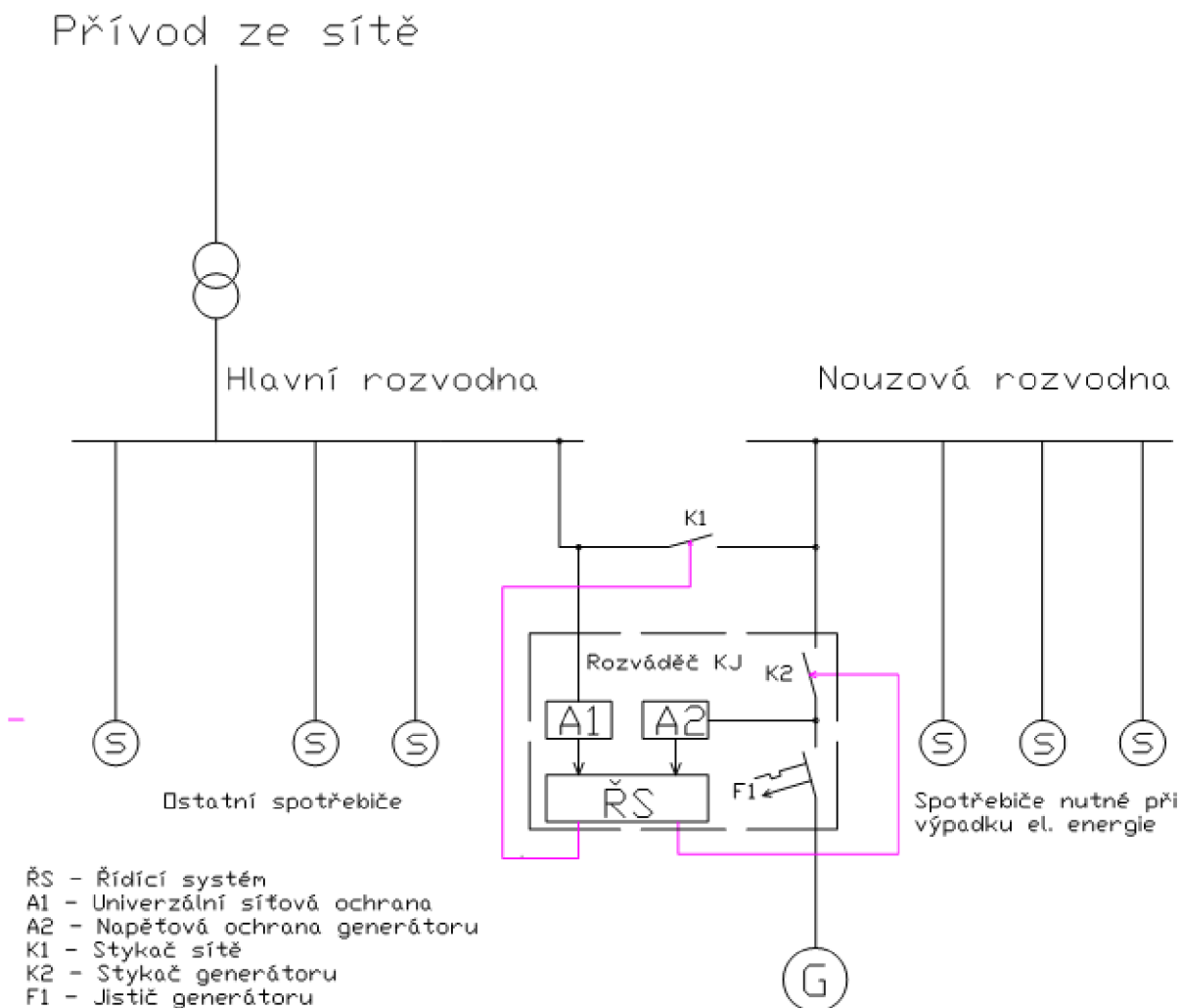


Obr. 1-9 Ostrovní provoz (I) [7]

### 1.9.3 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.





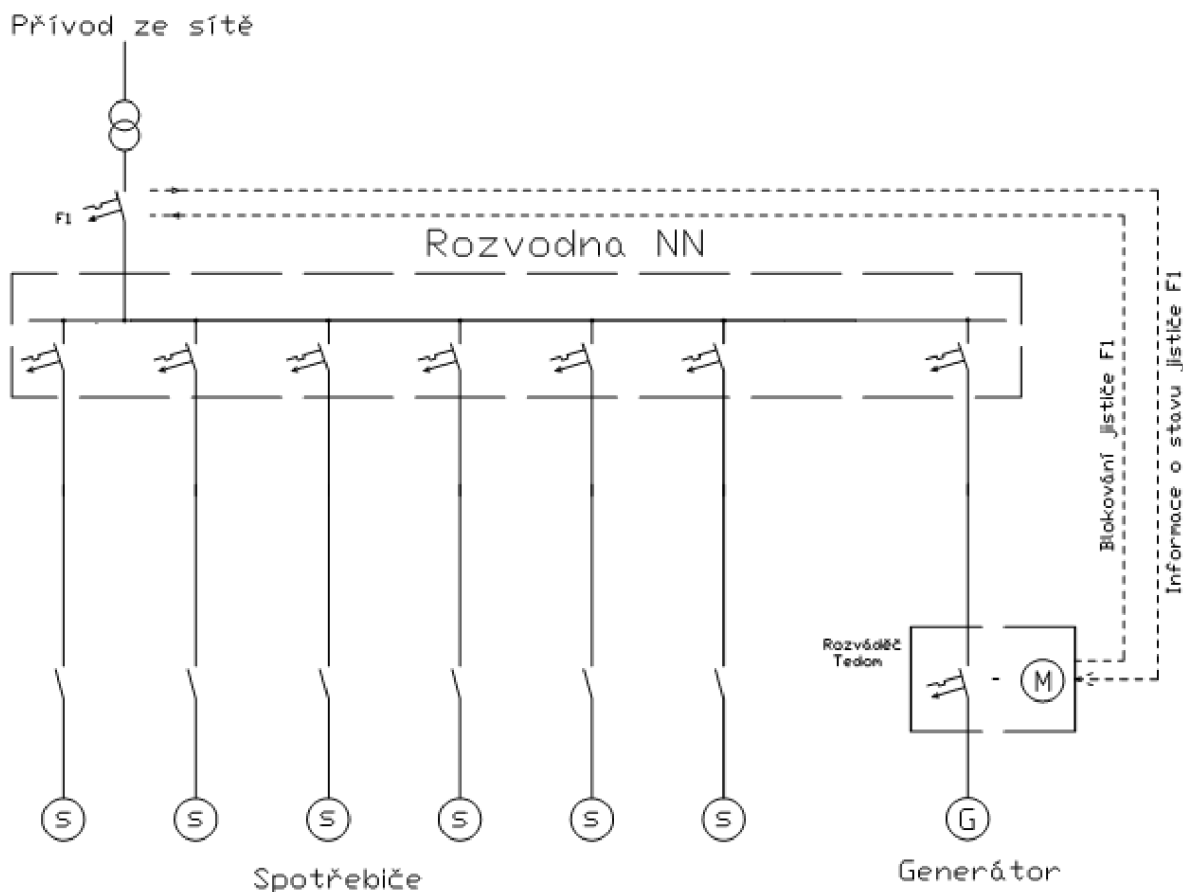
Obr 1-10 Nouzový provoz (E) [7]

### 1.9.4 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 ovládnutí 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.



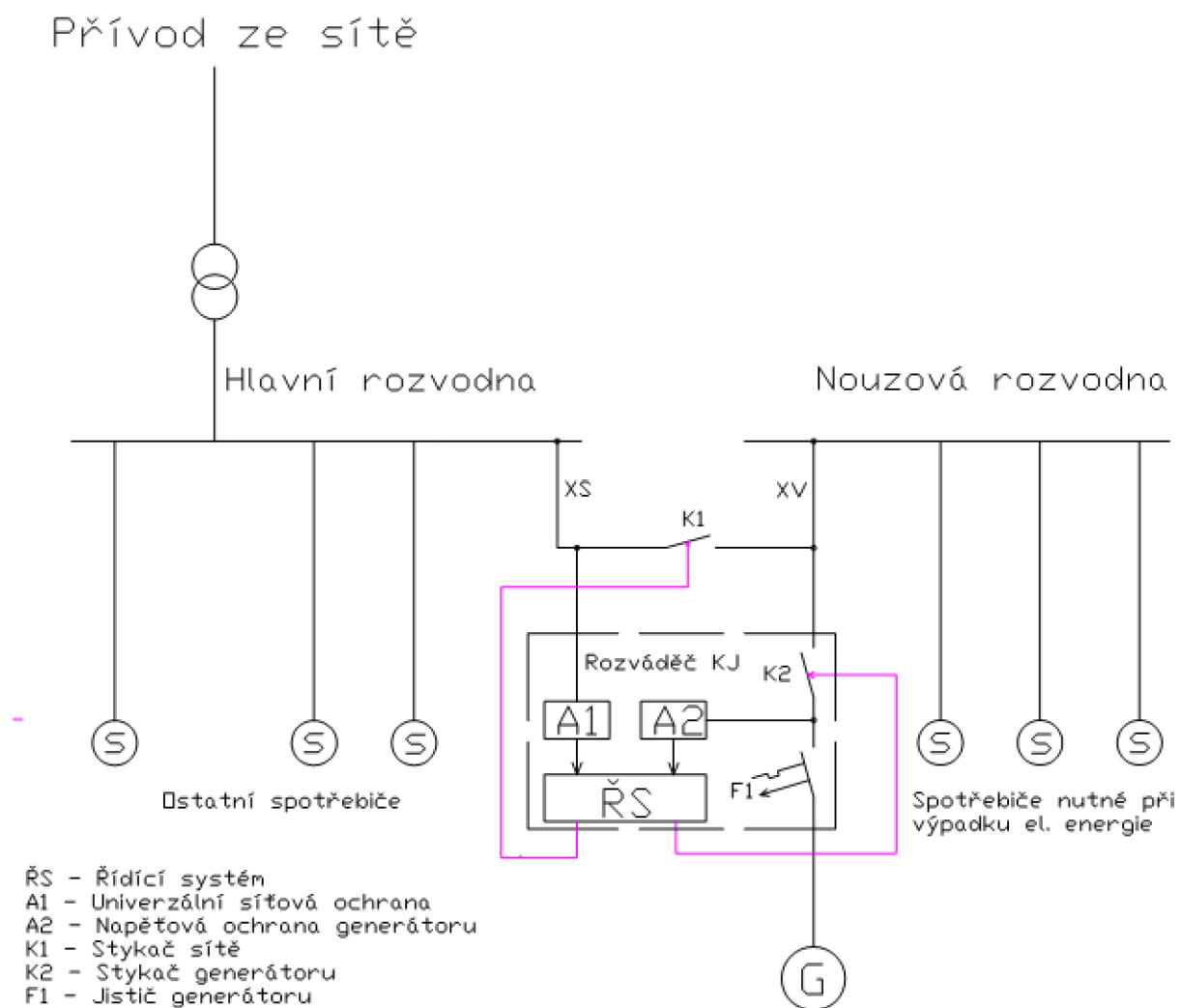
Obr 1-11 Kombinovaný provoz (P+I) [7]

### 1.9.5 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 1-12 Kombinovaný provoz (P+E) [7]

## 2. ENERGETICKÁ BILANCE A EKONOMICKÁ KALKULACE NÁVRATNOSTI INVESTICE

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

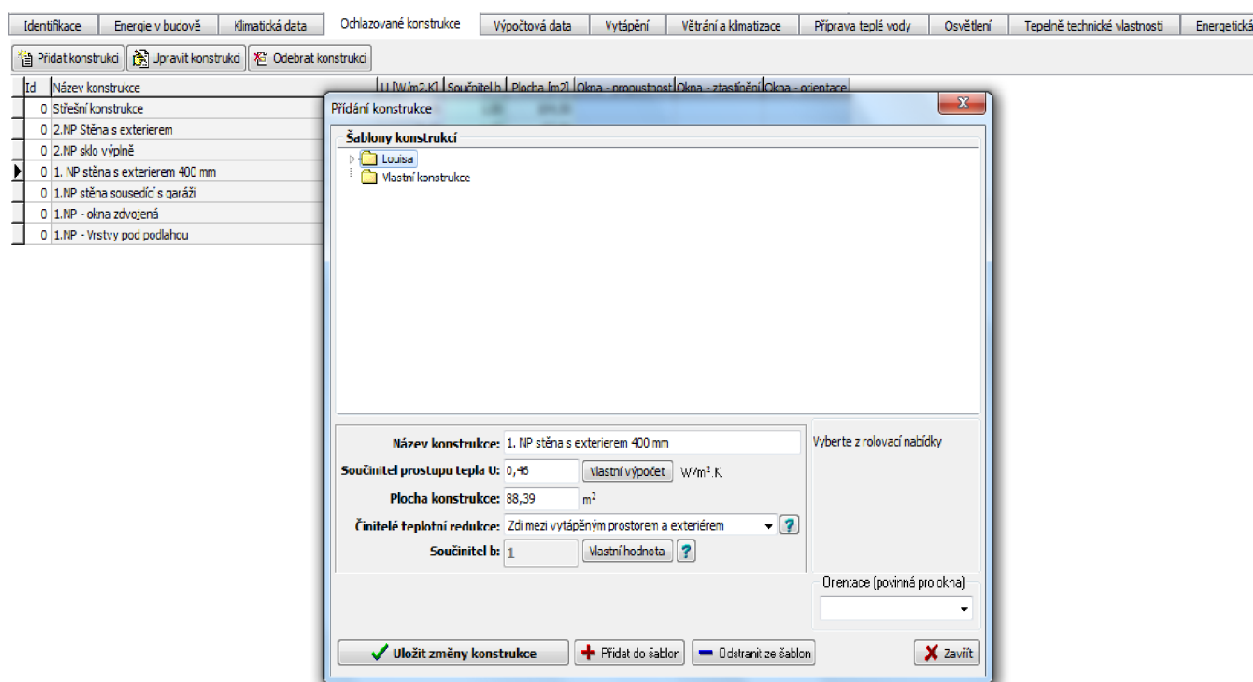
### 2.1 Tepelná část

#### 2.1.1 Tepelná ztráta objektu

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

Pro výpočet tepelných ztrát můžeme použít program Louisa [20]. Tento program byl vyvinut již v roce 2005 jako orientační pomůcka pro vytvoření Energetického štítku a Průkazu energetické náročnosti budov. Poslední verze byla vydána v roce 2009, stále se, díky své jednoduchosti, ale hojně využívá. Výstupní hodnoty jsou pro návrh KJ dostatečné.

Postupný výpočet se provádí tzv. obálkovou metodou, následně se každá stěna místnosti zadává zvlášť. Taktéž okna, podlaha a stěny.



Obr 2-1 Náhled na program Louisa [20]

Nejdříve se zadávají Energie v budově – tj. způsob vytápění, dále klimatické údaje dle města. Složitější záložka je ochlazované konstrukce. Právě zde se zadávají a přidávají konstrukce budovy pomocí projektové dokumentace RD. Přidává se každá stěna sousedící s ochlazovanou místností nebo s exteriérem. Typ oken, složení podlahy a stropu. Na obrázku je výřez programu. Přidanou konstrukcí je stěna v 1. Nadzemním podlaží sousedící s exteriérem, síla stěny je 400mm, plocha se vypočítá z projektu. Zadává se celková hodnota všech těchto stěn.

Tímto způsobem se zadají okna, podlaha i strop. Dále způsob vytápění a data k přípravě TUV.

Stavba uváděného RD byla započata v roce 1984. Tento dům není podsklepen, přízemí i první

nadzemní podlaží je stavěno z plynosilikátů s šíří obvodových stěn 40cm. Celkové rozměry domu jsou cca 10 x 10 metrů, přízemí + 1. nadzemní podlaží. Okna jsou dřevěná, výklopná se dvěma skly. Venkovní dveře nezateplené, dubové. Střecha je sedlová, sbíjené vazníky, z části zateplená. Strop prvního nadzemního podlaží nezateplen. Půdorysy pater jsou v příloze.

Tepelná ztráta rodinného domu v okrese Ústí nad Orlicí - 18kW – výstupní hodnota programu Louisa4.

## 2.1.2 Celková roční potřeba energie pro vytápění

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

$Q_c = 18\text{kW}$  - tepelná ztráta objektu

$t_{is} = 19,1^{\circ}\text{C}$  - 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)  $\rightarrow 0,95$

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

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

### 2.1.3 Celková roční potřeba energie pro ohřev TUV

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

$t_1 = 10^\circ\text{C}$	teplota studené vody
$t_2 = 55^\circ\text{C}$	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
$t_{svl} = 15^\circ\text{C}$	teplota studené vody v létě
$t_{svz} = 5^\circ\text{C}$	teplota studené vody v zimě
$N = 365 \text{ dnů}$	počet pracovních dní soustavy v roce

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

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

$$= 25743,9 \text{ Wh} = 25,74 \text{ kWh}$$

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

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

$$Q_{\text{TUV}} = Q_{\text{TUV,d}} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{\text{TUV,d}} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N-d) = 25,74 \text{ kWh} \cdot 251 + 0,8 \cdot 25,74 \text{ kWh} \cdot$$

$$\frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 251) = 8325,77 \text{ kJ} = 8325,77 \text{ kJ} = \underline{30 \text{ GJ/rok}} = \underline{8,325 \text{ MWh/rok}}$$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

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

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

## 2.1.4 Výpočet zbytkového tepla

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

### Zimní měsíce:

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

$$\mathbf{KJ T7:} \quad Q_{KJz} = (0,0648 \text{ GJ/h} \times 8 \text{ h}) - 0,0821 \text{ GJ/den} - 0,599 \text{ GJ/den} = - 0,1627 \text{ GJ/den} = \underline{- 45,2 \text{ kW}}$$

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

V zimních měsících musí běžet KJ T7 min. 10,5 hodiny denně. V případě nedostatku tepla pro vytápění, je nutné mít v rezervě ještě jiný zdroj tepla – např. plynový kotel.

$$\mathbf{KJ T30:} \quad Q_{KJz} = (0,2232 \text{ GJ/h} \times 3 \text{ h}) - 0,0821 \text{ GJ/den} - 0,599 \text{ GJ/den} = - 0,0115 \text{ GJ/den} = \underline{- 3,19 \text{ kW}}$$

$$h = \frac{(0,0821 \text{ GJ} + 0,599 \text{ GJ})}{0,2232 \text{ GJ}} = 3,05 \text{ h}$$

V zimních měsících musí běžet KJ T30 3 hodiny denně.

### Letní měsíce:

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

$$\mathbf{KJ T7:} \quad Q_{KJl} = (0,0648 \text{ GJ/h} \times 8 \text{ h}) - 0,0821 \text{ GJ/den} = 0,4363 \text{ GJ/den} = \underline{121,2 \text{ kW/den}}$$

$$\mathbf{KJ T30:} \quad Q_{KJl} = (0,2232 \text{ GJ/h} \times 3 \text{ h}) - 0,0821 \text{ GJ/den} = 0,5875 \text{ GJ/den} = \underline{163,2 \text{ kW/den}}$$

Přebytečné teplo můžeme buď mařit vzduchovým chladičem, nebo nechat jednotku pracovat méně hodin při stejném výkonu, anebo 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>

---

$$V = 1,1 \cdot \frac{8h.18kW}{1,163kWh.m^{-3} \cdot ^\circ C^{-1} \cdot (90^\circ C - 50^\circ C)} = \underline{3,09m^3}$$

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

Další variantou v letních měsících je ohřev bazénu. Bazén u uvažovaného RD je o průměru 7,5m, hloubka 1,4m:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v = \frac{\pi \cdot (7,5m)^2}{4} \cdot 1,4m = \underline{61,8m^3} \quad (2.10)$$

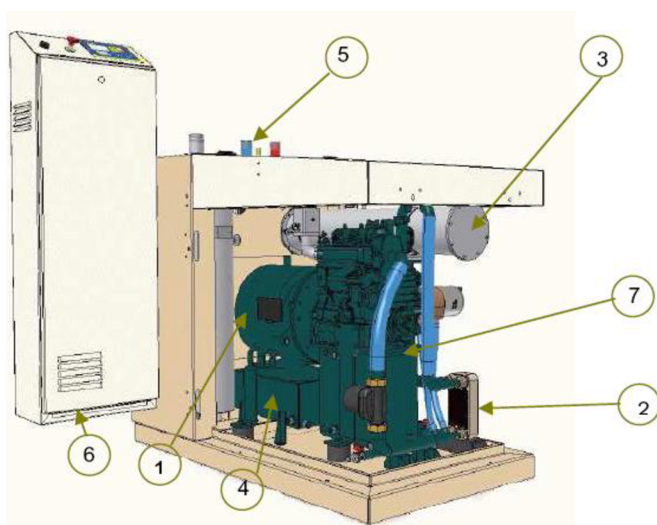


### 3. TECHNICKÉ PARAMETRY ZVOLENÉ KJ

Pro vlastní návrh KJ, pro rodinný dům v ČR, použijeme novou KJ od fy. TEDOM s označením Micro T7, provoz AP. Tato jednotka je vybrána především z důvodu rychlého servisního zásahu v případě problému, protože výrobní firma sídlí v Třebíči.

Jednotka je určena pro spalování zemního plynu. AP - osazena asynchronním generátorem pracující paralelně se sítí. Je to nyní nejmenší stroj vyráběný touto firmou.

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.



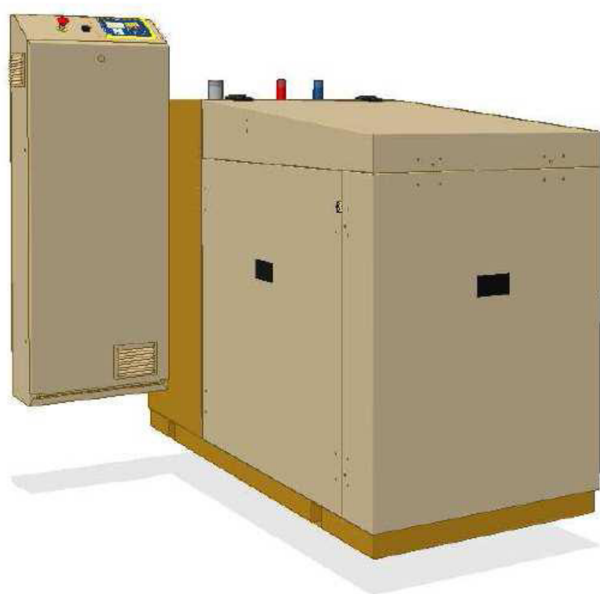
#### Popis KJ Tedom T7:

1. generátor
2. deskový výměník
3. spalinový výměník
4. olejová nádrž
5. připojovací rozhraní
6. elektrický rozvaděč
7. spalovací motor

Obr. 3-1 KJ Tedom T7 [8]

Tab. 3-1 Technické parametry KJ Micro T7 [8]

jmenovitý elektrický výkon	7	kW
maximální tepelný výkon	18	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	2,3	m <sup>3</sup> /h
spotřeba plynu při 50 % výkonu	1,85	m <sup>3</sup> /h



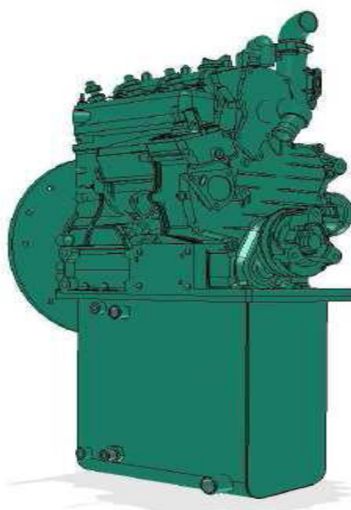
Obr 3-2 Kogenerační jednotka TEDOM T7 [8]

### 3.1 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. 3-2 Parametry motoru TGE DF 972 [8]

počet válců	3	kompresní poměr	9,2 : 1
uspořádání válců	v řadě	otáčky	1560 min <sup>-1</sup>
vtřání 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. 3-3 Motor KJ T7 [8]

## 3.2 Generátor

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

Tab. 3-3 Parametry generátoru AS 160 [8]

jmenovitý výkon	7kW	napětí	400V
cos φ	0,78	frekvence	50Hz
účinnost v pracovním bodě	89,60%	otáčky	1560 min <sup>-1</sup>
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.

## 3.3 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. 3-4 Parametry hydraulického okruhu jednotky [8]

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

### 3.4 Palivo, přívod plynu

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

Tab. 3-5 Technické parametry zemního plynu [8]

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

Lze samozřejmě použít i jiné plyny (např. propan, bioplyn, skládkový plyn), pak se ale musí změnit i nastavení pro řádné a bezproblémové spalování. Při instalaci v rodinném domě je ale jistě nejdostupnější zemní plyn.

Plynová trasa jednotky je sestavena v souladu s normou TPG G 811 01 a obsahuje čistič plynu, sdruženou 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.

### 3.5 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 spaliny. 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. 3-6 Parametry spalovacího vzduchu [8]

množství spalovacího vzduchu	26,5	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

### 3.6 Náplně

Tab. 3-7 Náplně motoru [8]

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 z důvodu předcházení poruch vlivem zanášení např. výměníků atd. V případě zamrznutí topné soustavy můžeme použít i nemrznoucí směs.

### 3.7 Hlukové parametry

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

Tab. 3-8 Hlukové parametry [8]

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

### 3.8 Rozměry a hmotnost jednotky

Tab. 3-9 Rozměry KJ [8]

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

### 3.9 Řídící systém

U této řady KJ je se používá mikrokontrolér MiniCon vyrobený firmou UNIMA-KS. Je to kompaktní řídicí systém určený pro úplné ovládání, monitorování stavu a ochrany KJ.



Obr. 3-4 Minikontrolér MicroCS od firmy Unima-KS [22]

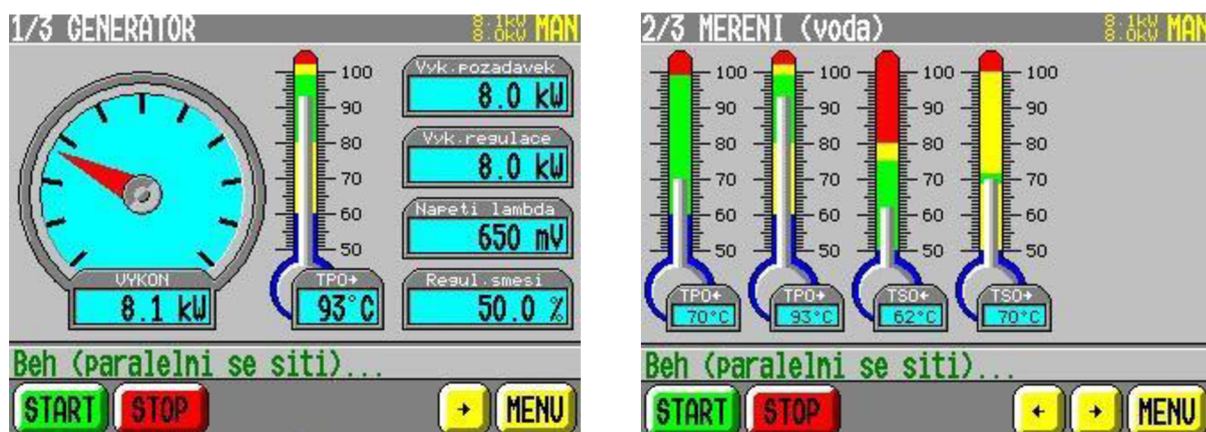
Pro lepší uživatelské ovládání je systém vybaven grafickým displejem se zobrazením symbolů a sloupcových grafů. Automaticky startuje soustrojí, při splnění všech podmínek spíná jistič generátoru a zastavuje soustrojí na základě vnějšího signálu nebo vypnutím obsluhou.

Pro vzdálené monitorování jednotky obsahuje terminál také internet-bridge. Komunikace se základní deskou se uskutečňuje pomocí rozhraní RS-485.

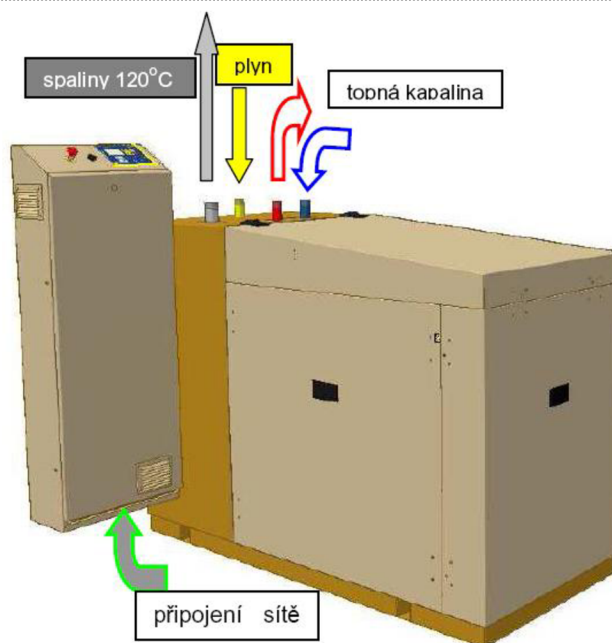
Kromě řídicích a ochranných algoritmů jsou na základní desce integrovány i pokročilé diagnostické funkce, díky kterým dokáže obsluha předcházet poruchám nebo je lépe specifikovat. Řídicí jednotkou je také možné např. otestovat funkci zapalování, funkci plynových ventilů, výkonové klapky, stav chladicího okruhu nebo krokový motor pro regulaci bohatosti směsi.

Základní deska obsahuje 28 analogových vstupů, binární vstupy a výstupy, 23 výkonových spínacích prvků, měření napětí sítě i generátoru, měření proudu a výkonů, výstupy pro řízení krokového motoru, několik komunikačních rozhraní a mnoho dalších vstupů a výstupů (např. pro zapalování). Lze také vytvářet i vlastní doplňkové algoritmy.

Z jednotky lze díky velké paměťové kapacitě zpětně vyčíst průběhy všech měřených veličin zpětně několik dní či desetihodinové průměry za několik let.



Obr. 3-5 Ukázka displeje minikontroléru MicroCS [22]



Obr. 3-6 Kompletní KJ T7 [8]

### 3.10 Ochrany použité v rozvaděči KJ

Pro dodržení parametrů dodávané energie a zajištění odstavení soustrojí v případě výpadku veřejné sítě je KJ vybavena příslušnými ochranami.

Tyto ochrany mají zabránit průniku napětí do rozvodné sítě v případě, že by tato síť byla odpojena od napětí.

Tab. 3.10 Ochrany KJ [9]

Popis	Typ	Výrobce	Nastavení
Nadproudová-tepelná	EP1R32355	EP Písek	Jmenovitý proud soustrojí
Zkratová-magnetická	Jistič LSN D 50/3	OEZ Letohrad	Časově nezpožděná
Přepět'ová-elektronická	PW 400V 04X	TELE Rakousko	110%, tj. 253V, 0,5-1sec
Podpět'ová-elektronická	PW 400V 04X	TELE Rakousko	110%, tj. 253V, 0,5-1sec
Nesymetrie napětí	PW 400V 04X	TELE Rakousko	110%, tj. 253V, 0,5-1sec
Frekvenční-digitální	EFA C 230	Electromatic	-2/+2%, tj. 49-51Hz, 0,1 sec
Zpětná wattová-elektronická	Řídicí systém 8051	TEDOM	-5% Pnom, 5 sec
Otáčková ochrana-digitální	Řídicí systém 8051	TEDOM	110% n nom

---

Nadproudová a zkratová ochrana chrání rozvaděč, soustrojí a částečně přívodní vedení před proudovým přetížením klasickým způsobem.

Otáčková ochrana stopuje soustrojí a odpíná jej od veřejné sítě v případě tzv. přeběhu otáček. Chrání tak soustrojí před poškozením a zdvojuje nadfrekvenční ochranu. Otáčky se měří pomocí indukčního snímače zubové frekvence a výstupní signál je vyhodnocován kontrolérem.

Zpětná wattová ochrana chrání soustrojí před poškozením v případě ztráty výkonu (např. při ztrátě paliva). Mohlo by dojít k tomu, že by generátor přešel do motorického chodu, který ho může poškodit. Vyhodnocování zpětného výkonu se děje porovnáním nastavené meze se skutečným činným výkonem.

Napěťové a frekvenční ochrany mají kromě signálu do kontroléru i přímou vazbu na spínací prvek tak, že při chybě napětí nebo frekvence se soustrojí odpíná od sítě s časovým zpožděním na ochranách.



## 4. EKONOMICKÁ KALKULACE OBJEKTU

V ekonomické kalkulaci porovnáme jednotky z výrobního programu pro rok 2011 firmy Tedom, a to T7 a k ní nejbližší T30.

Tab. 4-1 Vstupní veličiny [8], [9]

Výrobní ceny energií při ceně ZP		Kč/MWh		971,50
		T7	T30	
Technicko - ekonomické údaje		bez DPH	bez DPH	jednotka
1	Cena ZP	0,9715	0,9715	Kč/kWh
2	Cena ZP	<b>10,25</b>	<b>10,25</b>	Kč/m <sup>3</sup>
3	Spotřeba ZP	2,85	10,2	m <sup>3</sup> /h
4	Elektrický výkon	7	30	kW
5	Tepelný výkon	18	62	kW
6	Vyrobené teplo	0,0648	0,2232	GJ/h
7	Cena servisu	0,40	0,50	Kč/kWhel.
8	Náklady na palivo za 1 hodinu	29,21	104,54	Kč/h
9	Náklady na servis za 1 hodinu	2,80	15,00	Kč/h
10	Celkové náklady na hod. provozu	32,01	119,54	Kč/h
11	Náklady na 1 kWel. bez využití tepla	4,57	3,98	Kč/kWh
12	Cena 1 GJ tepla z paliva (ε = 90%)	334,95	334,95	Kč/GJ
13	Cena vyrobeného tepla	21,70	74,76	Kč/h
14	Náklady na 1 kWel. s využitím tepla	1,47	1,49	Kč/kWh
15	Investice do KJ a příslušenství	400 000	690 000	Kč
16	Připojení (odhad 30% investice)	120 000	207 000	Kč

1) Cena zemního plynu (RWE): 971,5Kč/MWh, tzn. 0,9715Kč/kWh

2) Cena zemního plynu (RWE): 971,5Kč/MWh, tzn. 0,9715Kč/kWh = 10,25Kč/ m<sup>3</sup>

Cenu zemního plynu stanovuje RWE čtvrtletně. Pro období od 1.4.2011 – 30.6.2011 pro KJ T7 ji stanovíme takto (viz. Přehled cen zemního plynu pro kategorii domácnost a maloodběratel - na příloženém CD):

Roční spotřeba KJ T7 je 5723m<sup>3</sup> x 10,55 (převod) = 60373,65kWh, tzn. 0,971Kč bez DPH/kWh + měsíční paušál 408,61Kč bez DPH. (v propočtu měsíční paušál neuvažují)

3) Spotřeba zemního plynu KJ T7: 2,85m<sup>3</sup>/h [8]

Spotřeba zemního plynu KJ T30: 10,2m<sup>3</sup>/h [9]

4) Elektrický výkon KJ T7:  $W_e = 7\text{kW}$  [8]

Elektrický výkon KJ T30:  $W_e = 30\text{kW}$  [9]

5) Tepelný výkon KJ T7:  $W_t = 18\text{kW}$  [8]

Tepelný výkon KJ T30:  $W_t = 62\text{kW}$  [9]

6) Vyrobené teplo KJ T7:  $Q = W_t \times 0,0036 = 18\text{kW} \times 0,0036 = 0,0648 \text{ GJ/h}$

Vyrobené teplo KJ T30:  $Q = W_t \times 0,0036 = 62\text{kW} \times 0,0036 = 0,2232 \text{ GJ/h}$

7) Cena servisu KJ T7: 0,40 Kč/kWh<sub>el</sub> [8]

Cena servisu KJ T30: 0,50 Kč/kWh<sub>el</sub> [9]

- 8) Náklady na palivo za 1 hodinu KJ T7:  $\text{cena ZP} \times \text{spotřeba/h} = 10,25\text{Kč/m}^3 \times 2,85\text{m}^3/\text{h} = 29,21\text{Kč/h}$   
 Náklady na palivo za 1 hodinu KJ T30:  $\text{cena ZP} \times \text{spotřeba/h} = 10,25\text{Kč/m}^3 \times 10,2\text{m}^3/\text{h} = 104,55\text{Kč/h}$
- 9) Náklady na servis za 1 hodinu KJ T7:  $W_e \times \text{cena servisu/kWh}_{el} = 7\text{kW} \times 0,40\text{Kč/kWh}_{el} = 2,80\text{Kč/h}$   
 Náklady na servis za 1 hodinu KJ T30:  $W_e \times \text{cena servisu/kWh}_{el} = 30\text{kW} \times 0,50\text{Kč/kWh}_{el} = 15\text{Kč/h}$
- 10) Celkové náklady na 1 hodinu provozu KJ T7: náklady na palivo+servis za 1h =  $29,21\text{Kč/h} + 2,80\text{Kč/h} = 32,01\text{Kč/h}$   
 Celkové náklady na 1 hodinu provozu KJ T30: náklady na palivo+servis za 1h =  $104,54\text{Kč/h} + 15\text{Kč/h} = 119,54\text{Kč/h}$
- 11) Náklady na 1kW<sub>el</sub> bez využití tepla u KJ T7: celkové náklady na 1h provozu/el. výkon KJ =  $32,01\text{Kč/h} / 7\text{kW} = 4,57\text{Kč/kWh}$   
 Náklady na 1kW<sub>el</sub> bez využití tepla u KJ T30: celkové náklady na 1h provozu/el. výkon KJ =  $119,54\text{Kč/h} / 30\text{kW} = 3,98\text{Kč/kWh}$
- 12) Cena 1GJ tepla z paliva ( $\eta=90\%$ ):  $1000/34 \times 10,25\text{Kč/m}^3 / 0,9$
- 13) Cena vyrobeného tepla u KJ T7:  $\text{cena 1GJ tepla z paliva} \times \text{vyrobené teplo/h} = 334,95\text{Kč/GJ} \times 0,0648\text{GJ/h} = 21,7\text{Kč/h}$   
 Cena vyrobeného tepla u KJ T30:  $\text{cena 1GJ tepla z paliva} \times \text{vyrobené teplo/h} = 334,95\text{Kč/GJ} \times 0,2232\text{GJ/h} = 74,76\text{Kč/h}$
- 14) Náklady na 1kW<sub>el</sub> s využitím tepla u KJ T7: (celkové náklady na 1h provozu – cena vyrobeného tepla) / elektrický výkon KJ =  $1,47\text{Kč/kWh}$   
 Náklady na 1kW<sub>el</sub> s využitím tepla u KJ T30: (celkové náklady na 1h provozu – cena vyrobeného tepla)/elektrický výkon KJ =  $1,49\text{Kč/kWh}$
- 15) Investice do KJ T7 a příslušenství: 400.000,- Kč [8]  
 Investice do KJ T30 a příslušenství: 690.000,- Kč [9]
- 16) Náklady na připojení KJ T7 (odhad 30% investice):  $400.000\text{Kč} \times 0,3 = 120.000,-\text{Kč}$   
 Náklady na připojení KJ T30 (odhad 30% investice):  $690.000\text{Kč} \times 0,3 = 207.000,-\text{Kč}$
- (pomůcka: 1kWh=3,6MJ, 1GJ = 277,8kWh)

Cenový propočet na dodávku, montáž a napojení na stávající sítě v RD – kogenerační jednotky Micro T 7:

**Projektová dokumentace:**

Zařízení plynová	10.000,- Kč
Zařízení elektro	10.000,- Kč
Vytápění	10.000,- Kč
Spalinová cesta	3.000,- Kč
Vzduchotechnika	6.000,- Kč
Přjednání dokumentace s orgány státní správy	2.000,- Kč

**Topný systém:**

Dopravné	10.000,- Kč
Čerpadlo Grundfos UPS 25-80	7.650,- Kč
Trojcestný směšovací ventil ESBE DN 25	1.850,- Kč

Servopohon ESBE ARA 651 230 V		2.080,- Kč
Kulový kohout DN 25 2ks		680,- Kč
Trubka černá bezešvá DN 25	14m	2.800,- Kč
Izolace potrubí 32/20	14m	504,- Kč
Vypuštění a napuštění stávajícího systému + montážní práce topenářské	32 x 250,-	8.000,- Kč
Trubka černá bezešvá plyn DN 20	12m	1.980,- Kč
Kulový kohout plyn DN 20		248,- Kč
Montážní práce plynu	8 x 260,-	2.080,- Kč
Zkouška těsnosti plynu+revize		2.500,- Kč
Odvod spalin do stáv. komín tělesa		5.000,- Kč
Přesun hmot		4.500,- Kč

**Elektro:**

Rozváděč – fy.Hofman Jablonné n/O.		12.000,- Kč
Jistič OEZ LPN 25B/3		392,- Kč
Jistič OEZ LPN 16B/3	2ks x 325	650,- Kč
Řadová svorkovnice	(7 x 28,- + 2 x 65,-)	257,- Kč
Hlavní vypínač S25JPU		464,- Kč
Kabel CYKY 4Bx10	1m x 76,-	76,- Kč
Kabel CYKY 5Bx10	10m x 87,-	870,- Kč
Podružný materiál		3.419,- Kč
Montážní práce	32 x 250,-	8.000,- Kč
Revize		3.000,- Kč

**Celkem cena bez DPH****120.000,- Kč**

Tab. 4-2 Provozní úspory při využití tepla [8], [9]

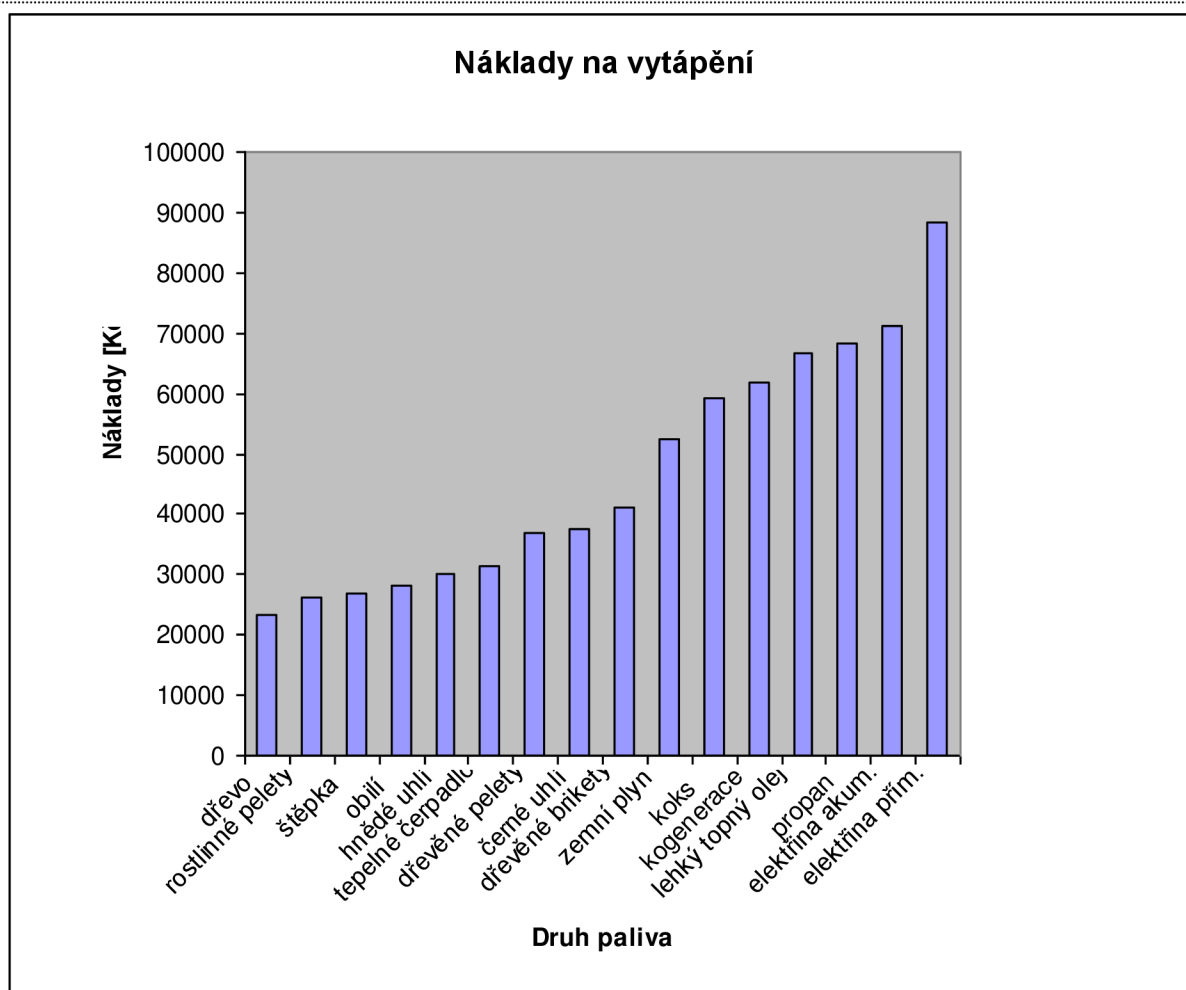
	T7	T30	
	bez DPH	bez DPH	jednotka
<b>Provozní úspory KJ při využití tepla</b>			
1 <b>Nákupní cena silové elektřiny</b>	<b>2,33</b>	<b>2,33</b>	<b>Kč/kWh</b>
2 Výrobní cena elektřiny z KJ	1,47	1,49	Kč/kWh
3 <b>Od provozovatele DS nebo PS (8/2008)</b>	<b>1,80</b>	<b>1,80</b>	<b>Kč/kWh</b>
4 Od DS za decentralizovanou výrobu (9/2008) NN	0,064	0,064	Kč/kWh
5 <b>Úspora za 1 kWh</b>	<b>2,72</b>	<b>2,70</b>	<b>Kč/kWh</b>
6 <b>Denní provoz KJ</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>hodin</b>
7 <b>Roční provoz KJ</b>	<b>251</b>	<b>251</b>	<b>dnů</b>
8 Počet provozních hodin za rok	2 008	753	
9 Životnost KJ do generální opravy	45 000	45 000	mth
10 Vyrobená elektřina z KJ	14 056	22 590	kWh
11 Spotřeba ZP	5 723	7 681	m <sup>3</sup>
12 Produkce tepla	130	168	GJ/rok
13 <b>Roční úspora</b>	<b>38 256</b>	<b>61 021</b>	<b>Kč</b>
14 <b>Investice do KJ a příslušenství</b>	<b>400 000</b>	<b>690 000</b>	<b>Kč</b>
15 <b>Připojení (odhad 30% investice)</b>	<b>120 000</b>	<b>207 000</b>	<b>Kč</b>
16 <b>Investice a připojení</b>	<b>520 000</b>	<b>897 000</b>	<b>Kč</b>
17 <b>Prostá návratnost</b>	<b>13,59</b>	<b>14,70</b>	<b>roky</b>

- 1) Nákupní cena silové elektřiny: údaj od ČEZ pro rok 2011 = 2,33Kč/kWh
- 2) Výrobní cena elektřiny z KJ T7: náklady na  $1kW_{el}$  s využitím tepla = 1,68Kč/kWh  
Výrobní cena elektřiny z KJ T30: náklady na  $1kW_{el}$  s využitím tepla = 1,69Kč/kWh
- 3) Příspěvek od provozovatele distr. soustavy: 1,80Kč/kWh
- 4) Příspěvek od provozovatele distr. soustavy za decentralizovanou výrobu NN: 0,064Kč/kWh
- 5) Úspora za 1kWh u KJ T7: nákupní cena el. z KJ – výrobní cena el. z KJ + příspěvek od provozovatele DS + příspěvek od provozovatele DS za decentralizovanou výrobu NN =  
 $2,33Kč/kWh - 1,47Kč/kWh + 1,80Kč/kWh + 0,064Kč/kWh$   
Úspora za 1kWh u KJ T30: nákupní cena el. z KJ – výrobní cena el. z KJ + příspěvek od provozovatele DS + příspěvek od provozovatele DS za decentralizovanou výrobu NN =  
 $2,33Kč/kWh - 1,49Kč/kWh + 1,80Kč/kWh + 0,064Kč/kWh$
- 6) Denní provoz KJ T7: 8 hodin  
Denní provoz KJ T7: 3 hodiny
- 7) Roční provoz: 251 dnů
- 8) Počet provozních hodin za rok u KJ T7: denní provoz KJ x roční provoz KJ = 2008 hodin  
Počet provozních hodin za rok u KJ T30: denní provoz KJ x roční provoz KJ = 753 hodin
- 9) Životnost KJ: 45000mth [8], [9]
- 10) Vyrobena elektřina z KJ T7: elektrický výkon KJ x počet provozních hodin za rok =  $7kW \times 2008h = 14056kWh$   
Vyrobena elektřina z KJ T30: elektrický výkon KJ x počet provozních hodin za rok =  $30kW \times 753h = 22590kWh$
- 11) Spotřeba zemního plynu u KJ T7: spotřeba ZP/h x počet provozních hodin =  $2,85m^3/h \times 2008h = 5723m^3$   
Spotřeba zemního plynu u KJ T30: spotřeba ZP/h x počet provozních hodin =  $10,2 m^3/h \times 753h = 7680,6m^3$
- 12) Produkce tepla u KJ T7: vyrobené teplo KJ/h x počet provozních hodin/rok =  $0,0648GJ/h \times 2008h = 130GJ/rok$   
Produkce tepla u KJ T30: vyrobené teplo KJ/h x počet provozních hodin/rok =  $0,2232GJ/h \times 753h = 168GJ/rok$
- 13) Roční úspora u KJ T7: vyrobená el. energie z KJ x úspora za 1kWh =  $14056kWh \times 2,72Kč/kWh = 38256Kč/rok$   
Roční úspora u KJ T30: vyrobená el. energie z KJ x úspora za 1kWh =  $22590kWh \times 2,70Kč/kWh = 61021Kč/rok$
- 14) Investice do KJ a příslušenství pro T7 : 400000,-Kč [8]  
Investice do KJ a příslušenství pro T30: 690000,-Kč [9]
- 15) Připojení (odhad 30% investice) pro T7:  $400.000Kč \times 0,3 = 120.000,-Kč$   
Připojení (odhad 30% investice) pro T30:  $690.000Kč \times 0,3 = 207.000,-Kč$
- 16) Investice a připojení T7, T30: součet nákladů na samotnou jednotku a nákladů na její zapojení
- 17) Prostá návratnost pro T7: investice a připojení / roční úspora =  $520000,-Kč / 38256Kč/rok = 13,59$  let  
Prostá návratnost pro T30: investice a připojení / roční úspora =  $897000,-Kč / 61021Kč/rok = 14,7$  let

## 4.1 Porovnání nákladů s jinými zdroji tepla

Tab. 4-3 Provozní úspory při využití tepla [10]

Druh paliva	Výhřevnost [MJ/kg]	Cena paliva [Kč/kg]	Účinnost [%]	Cena tepla [Kč/GJ]	Cena tepla [Kč/kW]	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. 4-1 Náklady na vytápění [10]

---

## 5. 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 14-ti let do generální opravy jednotky. Investice do této techniky může přinést finanční prospěch a nebo třeba vytouženou nezávislost na dodavateli elektřiny.

Současně jsem provedl srovnání s KJ T30, jedná se nyní o nejbližší jednotku v řadě Micro. Tato jednotka by mohla být v provozu jen 3 hodiny denně, finanční návratnost je 15 let, počáteční investice je ale příliš vysoká.

Výkupní ceny elektrické energie z kogenerační jednotky nejsou také nyní pro uživatele až tak zajímavé. Při lepších výkupních cenách, nebo využitím tepla při delším provozu KJ, by se návratnost investice podstatně zkrátila.

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 se budeme s těmito jednotkami setkávat běžně.

## 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.
- [9] *Mikrokogenerační jednotka Micro T30*. Hořovice : [s.n.], 2010. 3 s.

### Elektronický zdroj

- [10] *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.
- [11] *RWE* [online]. 2009 [cit. 2010-05-24]. RWE. Dostupné z WWW: <www.rwe.cz>.
- [12] *ERU* [online]. 2001, 2010 [cit. 2010-05-24]. ERU. Dostupné z WWW: <www.eru.cz>.
- [13] *COGEN* [online]. 2001, 2010 [cit. 2010-05-24]. COGEN. Dostupné z WWW: <www.cogen.cz>.
- [14] *TEDOM* [online]. 2000, 2010 [cit. 2010-05-24]. TEDOM. Dostupné z WWW: <www.tedom.cz>.
- [15] *I-EKIS* [online]. 2001, 2009 [cit. 2010-05-25]. Internetové energetické konzultační a informační středisko. Dostupné z WWW: <www.i-ekis.cz>.
- [16] SOLINGEN, Johan. *Johan Solingen ÖkoTec* [online]. 1998, 2010 [cit. 2010-05-25]. ÖkoTec. Dostupné z WWW: <www.oekotec.at>.
- [17] *IKZ ENERGY* [online]. 1998, 2010 [cit. 2010-05-25]. IKZ ENERGY. Dostupné z WWW: <www.ikz-energy.de>.
- [18] *Sdružení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla Cogen Czech* [online]. 2008 [cit. 2010-05-30]. Cogen Czech. Dostupné z WWW: <www.cogen.cz>.
- [19] *EKOWATT* [online]. 2008, 2011 [cit. 2011-01-24]. EKOWATT. Dostupné z WWW: <www.ekowatt.cz>.
- [20] ING. ŠUBRT, Roman; ČEPELÁK, Jan; MIKEŠ, Tomáš. *Louisa4* [online]. 10.12.2008. 2008 [cit. 2011-04-28]. Www.louisa4.cz. Dostupné z WWW: <www.louisa4.cz>.
- [21] *SenerTec* [online]. 1998. Schweinfurt : 2009 [cit. 2011-05-05]. Http://www.senertec.de/. Dostupné z WWW: <www.senertec.de>.
- [22] *Www.unima-ks.cz* [online].2007 [cit. 2011-05-05]. Unima-KS. Dostupné z WWW: <www.unima-ks.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 (Karlov)	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 (Bítovánky)	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

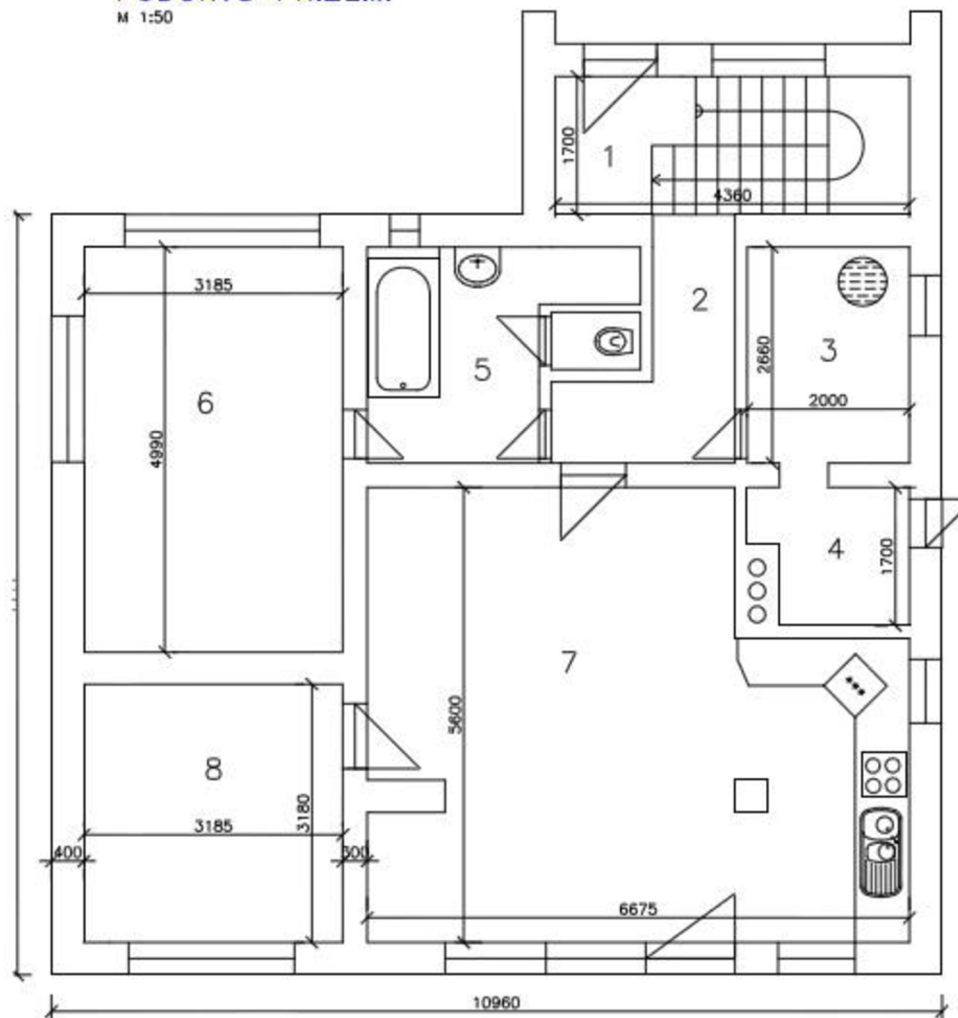
d [dny] - počet dnů otopného období

v - značí větrnou oblast

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

## PŮDORYS PŘÍZEMÍ

M 1:50



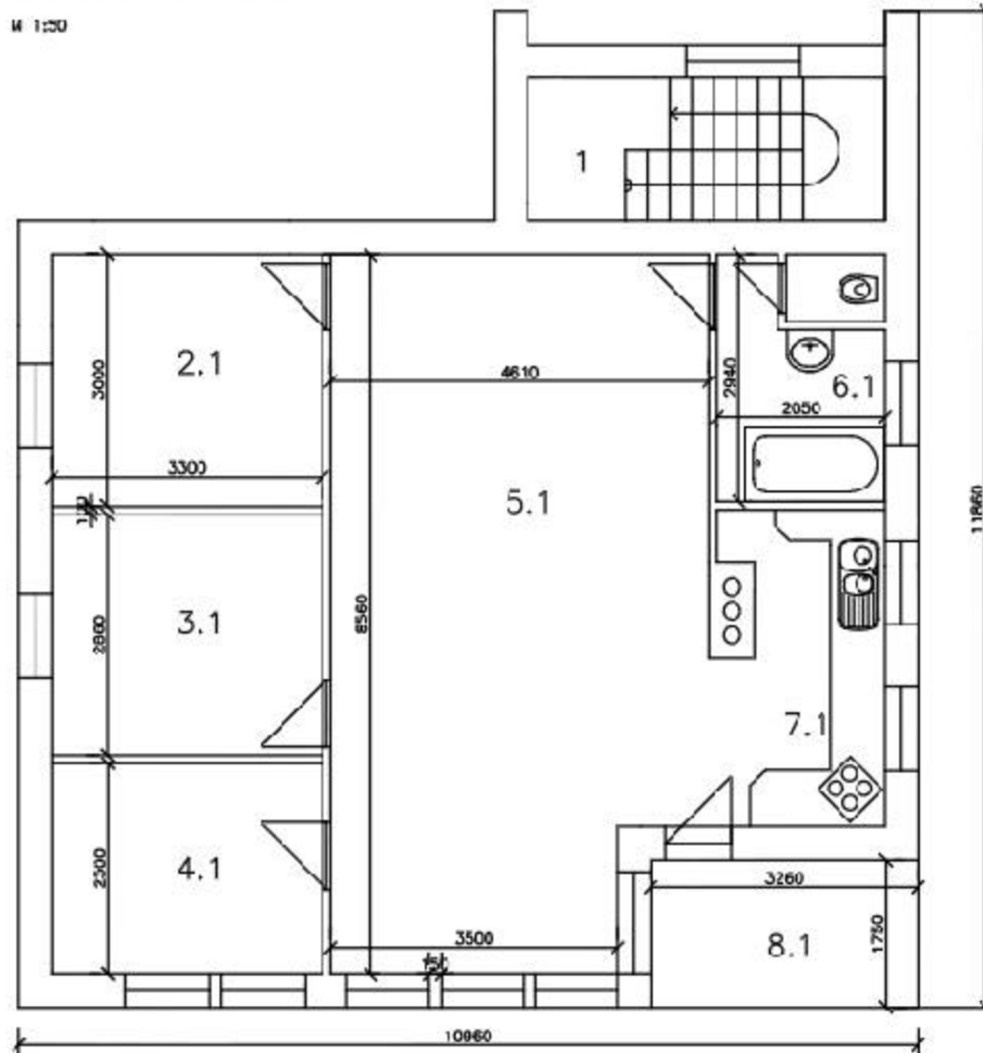
## LEGENDA MÍSTNOSTÍ

ODKAZ	ŮČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA M <sup>2</sup>	OBJEM M <sup>3</sup>			
1	VSTUPNÍ HALA	7,41	44			
2	CHODBA	4,31	10,55			
3	TECH. MÍSTNOST	5,32	13			
4	KOTELNA	2,72	6,6			
5	KOUPELNA	6,49	15,9			
6	GARÁŽ	15,9	38,9			
7	OBÝVACÍ POKOJ	33,37	81,75			
8	LOŽNICE	10,12	24,8			

PROJEKTOVAL:	KREJLIL:	ODP.PROJEKTOVATEL:		
	PUSZTAI R.			
OÚ: HORNÍ ČERMNÁ				
INVESTOR: RADEK PUSZTAI, HORNÍ ČERMNÁ 322, 561 56			DATA:	27.3.2011
NÁZEV :			FORMAT:	A4
PŮDORYS RD			ŮČEL:	
			MĚŘITVO:	1:50
			ZAK. ČÍSLO:	
KOPIE	OBSAH:	PAPÍR ČÍSLO:	ČÍSLO KRESBY:	
	PŮDORYS PŘÍZEMÍ		S1/2	

# PŮDORYS PRÍZEMÍ

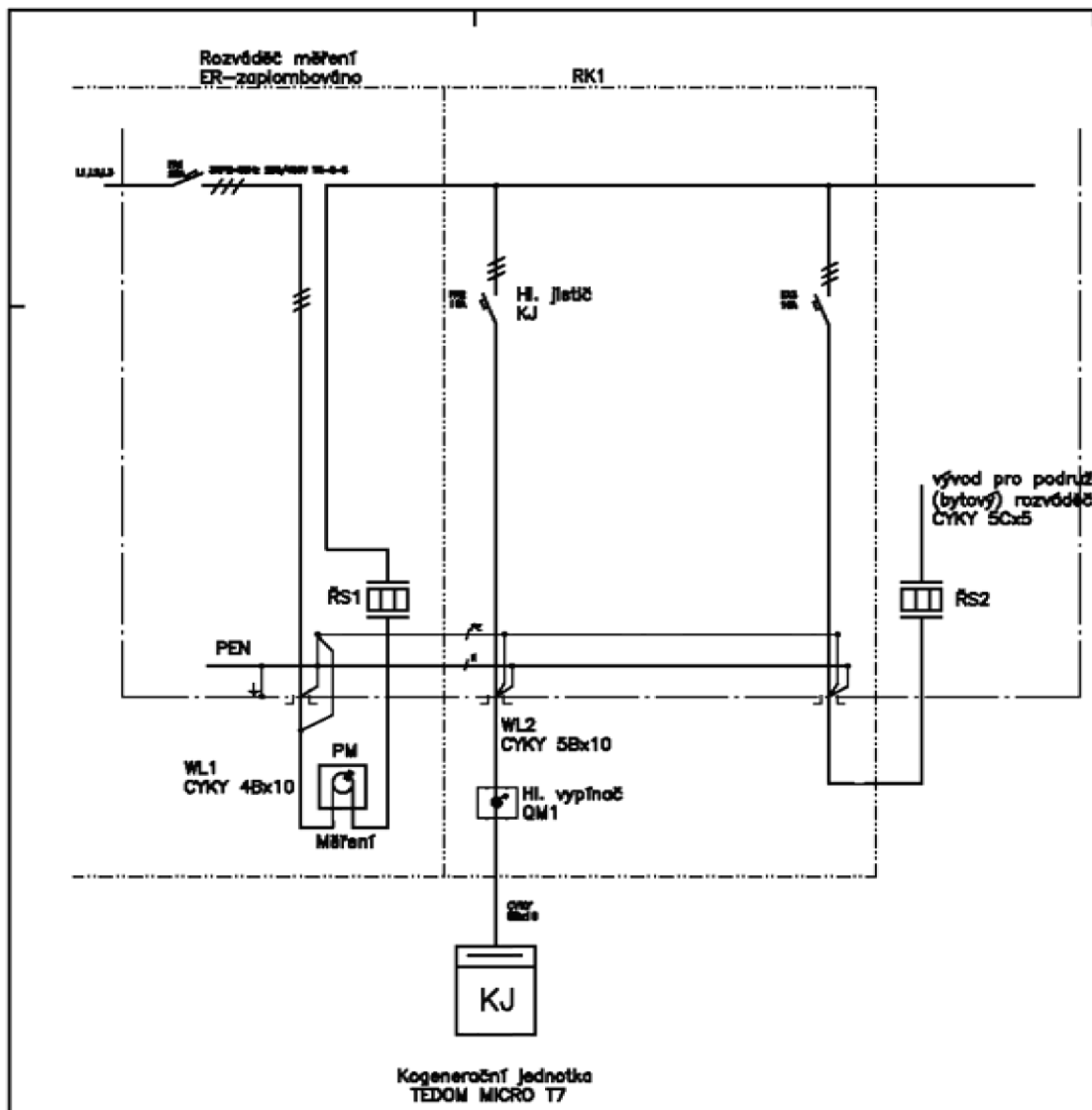
M 1:50



## LEGENDA MÍSTNOSTÍ

UKAZ	OCEL MÍSTNOSTI	PLOCHA M <sup>2</sup>	OBJEM M <sup>3</sup>			
1	VSTUPNÍ HALA	7,41	44			
2.1	LOŽNICE	9,9	26,4			
3.1	DĚTSKÝ POKOJ	9,45	24,2			
4.1	DĚTSKÝ POKOJ	8,25	21,2			
5.1	OBÝVACÍ POKOJ	37,34	95,5			
6.1	KOUPELNA	15,9	40,8			
7.1	KUCHYŇ	7	18			
8.1	BALKON	5,7	14			

PROJEKTOVAL	KRESLIL	ODP.PROJEKTANT		
	PUSZTAI R.			
CÚ: HORNÍ ČERMANÁ				
INVESTOR: RADEX PUSZTAI, HORNÍ ČERMANÁ 322. 561 55			DATUM	27.3.2011
NÁZEV : PŮDORYS RD			FORMÁT	A4
			ŠKALA	1:50
			ZN. ČÍSLO	
KOPČ:	OBŠTĚ: <b>PŮDORYS 1.NDZ PODLAŽÍ</b>	PRŮM. ČÍSLO	ČÍSLO ČAR	<b>S2/2</b>



**SEZNAM MATERIÁLU**

SYMBOLOVÝ	POPIS	POČET	POZN.
ER/RK1	el. rozváděč-fy. Hofman	1	
FA01	jištic OEZ LPN 200/3	1	
FA02,03	jištic OEZ LPN 100/3	2	
RS1,2	řadová svorkovnice	1	
PM	elektronický 4Q elektroměr	1	
QM1	Hl. vypínač KJ: S20JPU	1	
WL1	kabel CYKY 4Bx10	1m	
WL2	kabel CYKY 5Bx10	1m	

vývod pro podružný  
(bytový) rozváděč  
CYKY 5Cx5

PROJEKTOVÁTEL	OBJEDVATEL	ODPovědnost
	FUNKČNÍ RL	
číslo kresby: název stavby: instalace kogenerační jednotky		
datum:	10.5.2011	
autor:	AM	
revizor:		
schválil:	1.50	
projektant:		
kontrola:		
<b>SCHEMA ROZVÁDEČE RK1</b>		