

Progresivní možnosti zvyšování účinnosti mikroturbín jako kogeneračních jednotek pro bioplynové stanice



MŽP VaV SPII2f1/27/07



„Minimalizace emisní zátěže kogenerační jednotky výzkumem nových technologických postupů pro využití v komunální sféře“

*Doc. Ing. Zuzana **Klečková**, CSc. – FMMI – Katedra tepelné techniky*
*Doc. Ing. Adéla **Macháčková**, Ph.D. – FMMI – Katedra tepelné techniky*
*Doc. Ing. Radim **Kocich**, Ph.D. – FMMI – Katedra tváření materiálu*
*Ing. Milan **Mihola** – FS – Katedra robototechniky*
*Ing. Mario **Machů** – FMMI – Katedra tepelné techniky*

Obsah

- Prezentace a technické parametry MT C30
- Srovnání spalovacího motoru a MT
- Odezva potenciálních zájemců o využití MT
- Návratnost investičních prostředků
- Možnosti zvyšování účinnosti MT

Prezentace a technické parametry MT C30

Technické parametry:

Výrobce: G.A.S. Capstone

Výkon ISO ele.: 30 kW_e

Výkon ISO tep.: 60 kW_t

Počet hřídelí: 1

Ložiska: vzduchová

Max. otáčky: 96000 ot·min⁻¹

Start: 90/100 s



Prezentace a technické parametry MT C30

Technické parametry:

Účinnost elektrická:	32 %
Účinnost celková:	70 - 80 %
Teplota - výstup z turbíny:	580 °C
- předpokládaná z rekuperátoru:	300 °C
- předpokládaná topná/vratná:	80/60 °C
Typ paliva:	zemní plyn bioplyn
Spotřeba paliva (ZP):	12,3 m ³ ·hod ⁻¹
Množství spalin (ZP):	0,31 kg·s ⁻¹
Hlučnost:	65 dB/10m
Rozměry (d × š × v (mm)):	1550 × 760 × 1790
Hmotnost:	350 kg

Srovnání spalovacího motoru a MT

Výhody plynových motorů:

- Stoletý nepřetržitý provoz
- Rozsáhlé zkušenosti s výrobou a provozem
- Rozsáhlá znalost provozu a údržby mezi lidmi
- Návyk projektantů a distributorů na tuto techniku

Srovnání spalovacího motoru a MT

Výhody mikroturbín:

- Iniciace hoření paliva pouze při startu (spalování stabilní, dobře regulovatelné)
- Pravidelný rotační pohyb (vratný pohyb u motorů)
- Minimální počet pohyblivých dílů ($MT = 1$, $M \approx 150$)
- Minimum náhradních dílů
- Minimální provozní a údržbová péče
- Menší hlučnost
- Bez vnějšího tepelného příslušenství (kapalinové chlazení)

Srovnání spalovacího motoru a MT

Výhody mikroturbín:

- Bez výměny a likvidace provozních tekutin (mazací olej, nemrznoucí směs – MT Capstone)
- S výrazně nižším vývinem emisí (NO_x , CO_2)
- Volitelnost výkonu (30kW_e , $60 - 200\text{kW}_e$)
- Nízké náklady na instalaci
- Dálkové řízení a dálková kontrola
- Životnost 80 000 hodin (servis cca 15 000 hodin – běžné prostředí)

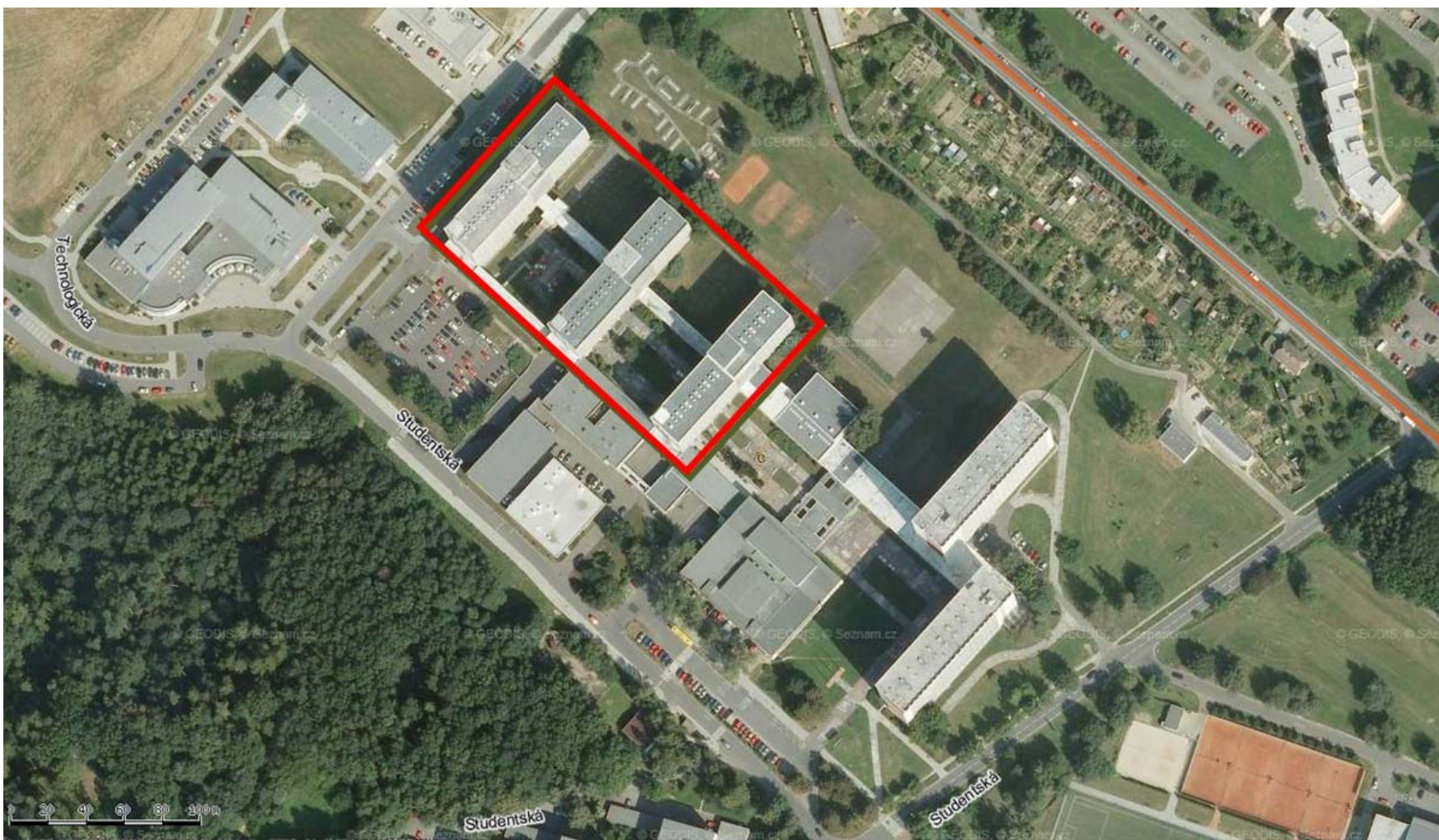
Odezva potenciálních zájemců o využití MT

**1. Návratnost investičních
prostředků**

**2. Elektrická účinnost
mikroturbíny**

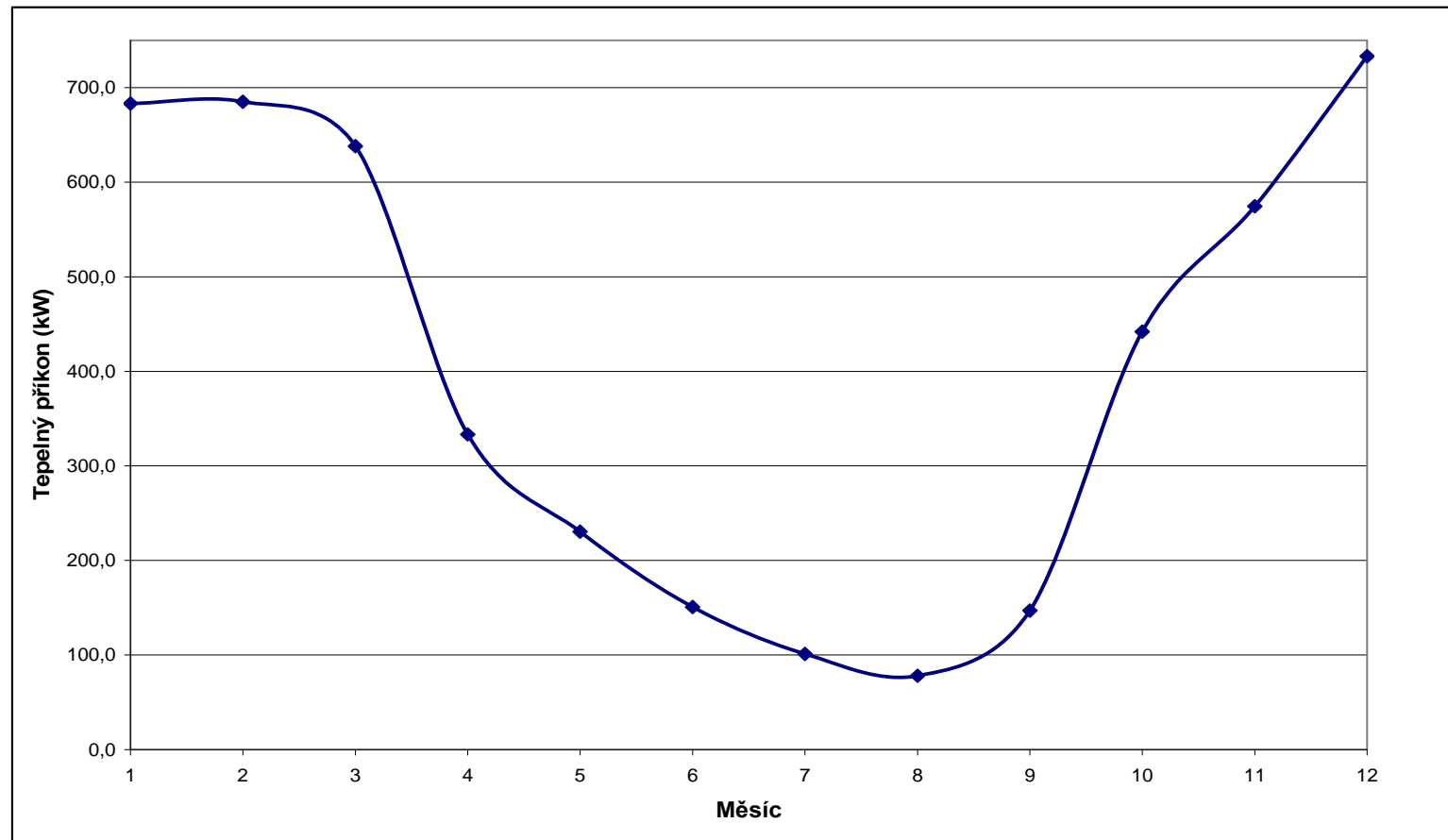
1. Návratnost investičních prostředků

Aplikace MT v prostředí ubytovacího komplexu (kapacita cca 1700 lůžek):



1. Návratnost investičních prostředků

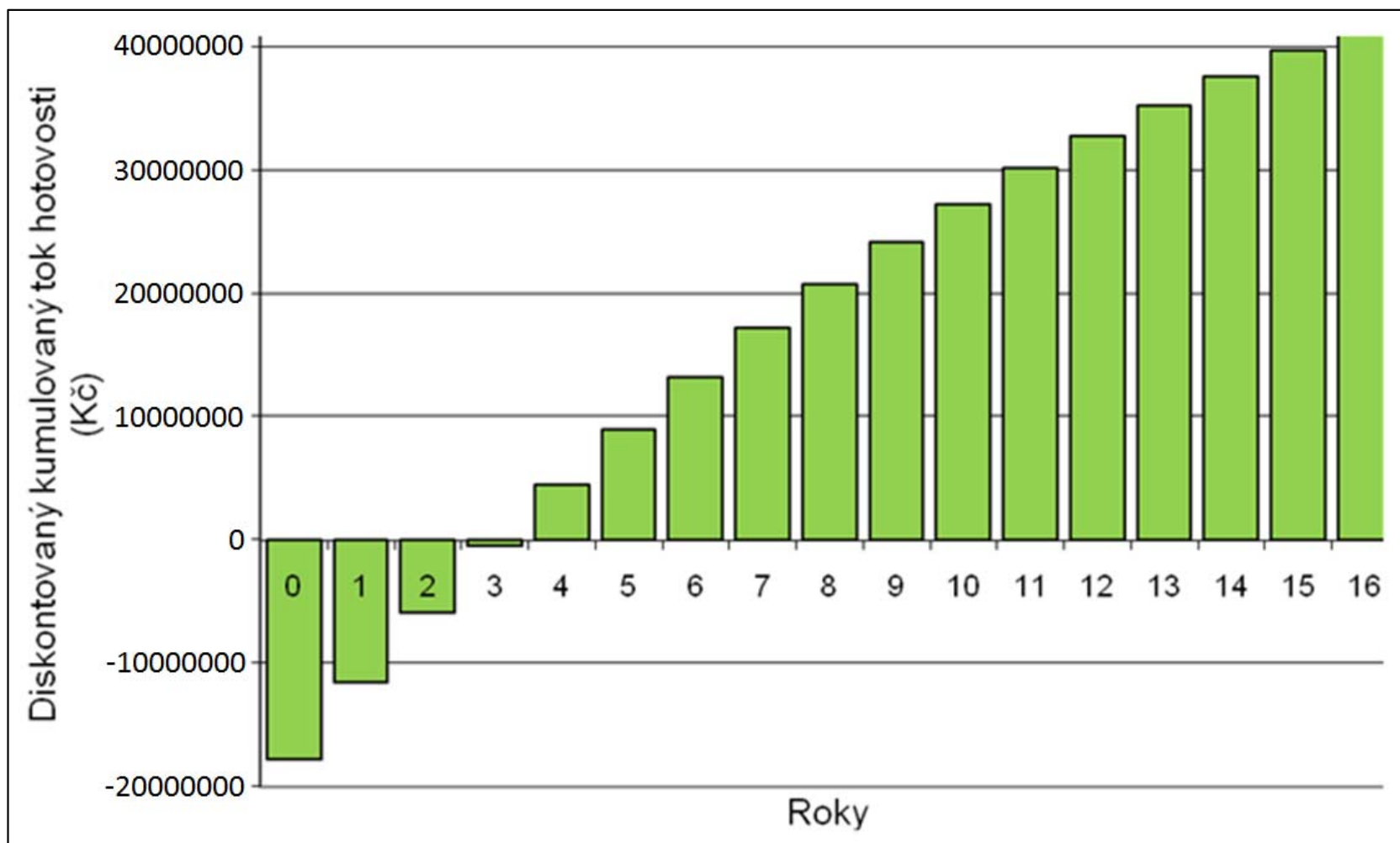
Aplikace MT v prostředí ubytovacího komplexu (kapacita cca 1700 lůžek):



Roční diagram zatížení

1. Návratnost investičních prostředků

**Diskontovaný kumulovaný tok hotovosti
během doby životnosti zařízení:**



2. Elektrická účinnost mikroturbíny

Elektrická účinnost MT

Capstone C 30

32 %

**Elektrická účinnost
spalovacího motoru**

35 – 40 %

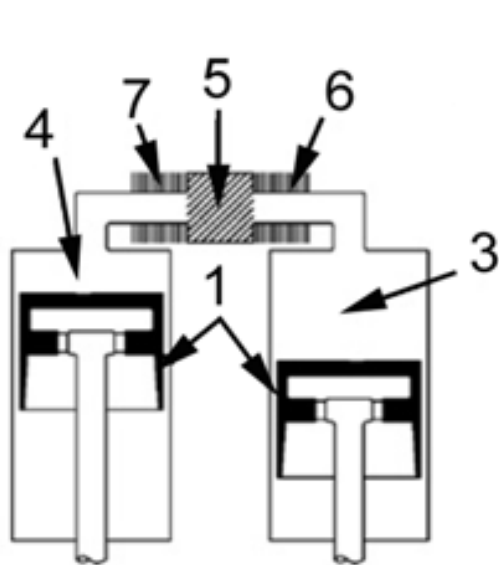
2. Elektrická účinnost mikroturbíny

**Mikroturbíny Capstone produkují přibližně
2-násobné množství tepelné energie ve
srovnání s energií elektrickou**

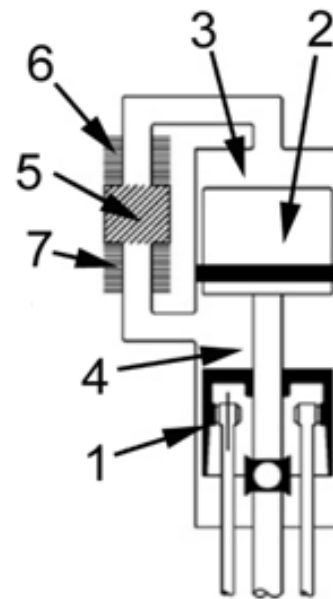
**Transformace tepelné energie uložené ve
spalinách na energii elektrickou za pomoci
nizkoteplotního Stirlingova motoru**

2. Elektrická účinnost mikroturbíny

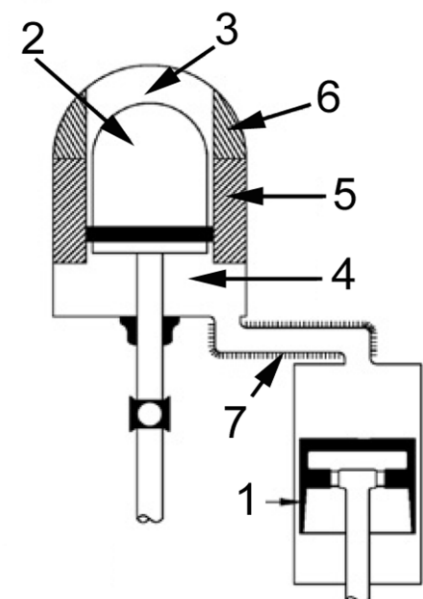
Nejčastější typy Stirlingova motoru:



Typ α



Typ β



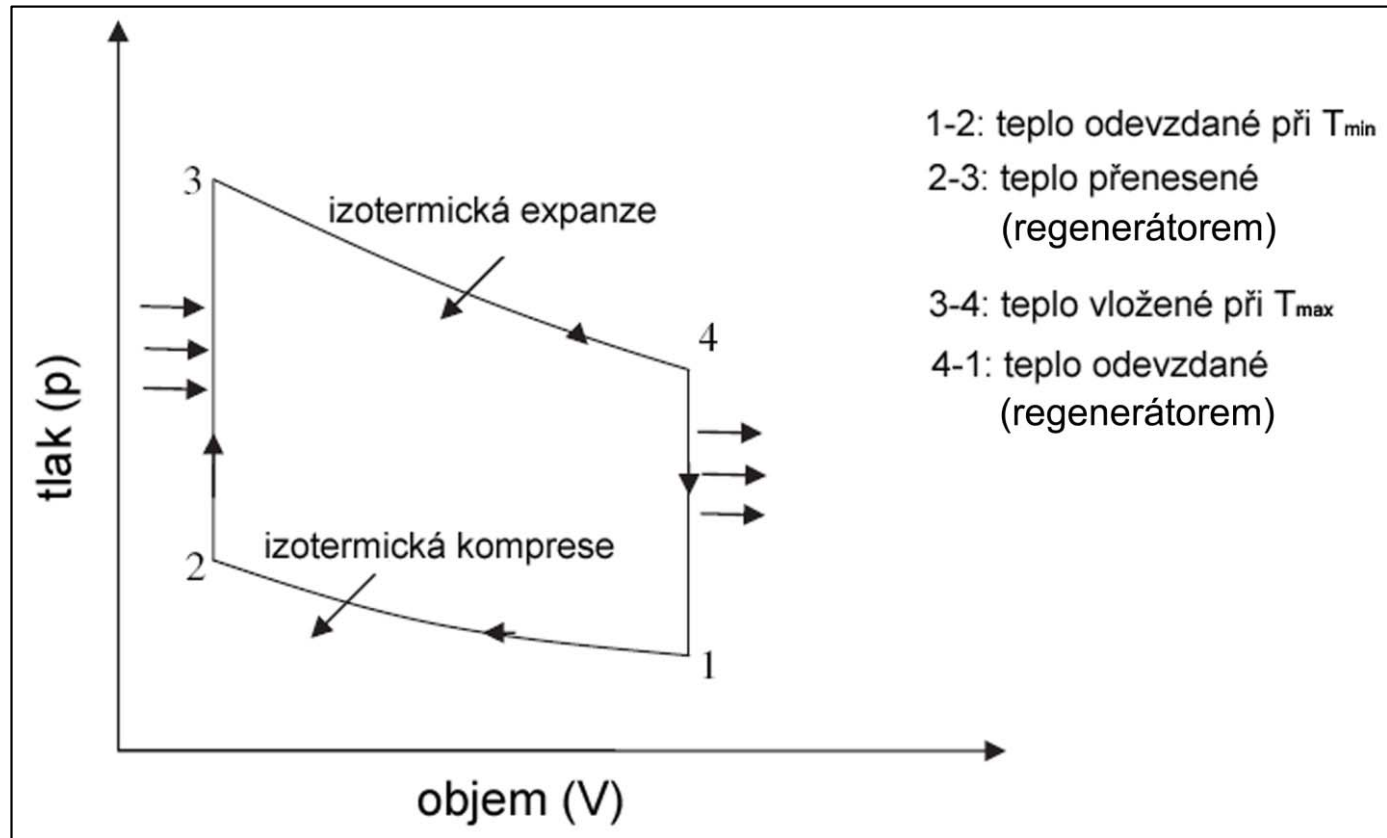
Typ γ

- 1- píst
- 2- přesuvník
- 3- expanzní prostor
- 4- kompresní prostor

- 5- regenerátor
- 6- teplá strana výměníku tepla
- 7- studená strana výměníku tepla

2. Elektrická účinnost mikroturbíny

Ideální Stirlingův cyklus s kompletní regenerací:



V ideálním případě se Stirlingův cyklus blíží tepelnou účinností Carnotovu cyklu.

2. Elektrická účinnost mikroturbíny

Účinnost Stirlingova motoru lze určit na základě vztahu:

$$\eta_{STM} = K_S \cdot (1 - T_{min} / T_{max})$$

kde K_S je Stirlingův koeficient (0,55 až 0,88) a vystihuje indikovaný poměr tepelné účinnosti k účinnosti Carnotova cyklu.

Na základě výsledků z experimentálních měření je možné učinit závěr, že Stirlingovy motory jsou při různých teplotách efektivnější než motory Rankinovy nebo Braytonovy.

2. Elektrická účinnost mikroturbíny

Provoz nízkoteplotního Stirlingova motoru:

- Zdroj tepla s teplotou nižší než $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Maximální možná termální účinnost při teplotě média $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rozdílu teplot $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ je $17,42\%$
- Testované zařízení:
 - Stirlingův motor typu gama (γ)
 - Umístění Stirlingova motoru do výměníku tepla
 - Výkon mikroturbíny 25kW_e , resp. 50kW_t
 - Teplotní rozdíl cca $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ (nucené kapalinové chlazení)

2. Elektrická účinnost mikroturbíny

Provoz nízkoteplotního Stirlingova motoru:

- **Maximální dosažené výstupní otáčky 470 ot·min⁻¹.**
- **Nejvyšší dosažený výkon 47 W (při 380 ot·min⁻¹).**
- **Malý pokles teploty spalin za Stirlingovým motorem umožňuje umístění více jednotek za sebou.**
- **Při použití 10 jednotek je maximální výkon cca 470 W (2 % relativní nárůst vyrobené elektrické energie).**

- **Při použití vhodnějšího typu Stirlingova motoru a jeho umístění před rekuperátor MT je možné za daných podmínek dosáhnout teoreticky výkonu 420 W. Což při použití 10 jednotek znamená zvýšení vyráběného množství elektrické energie u MT C 30 o 14 %.**

2. Elektrická účinnost mikroturbíny

Provoz nízkoteplotního Stirlingova motoru:

Při volbě Stirlingova motoru jsou důležitá 3 kritéria:

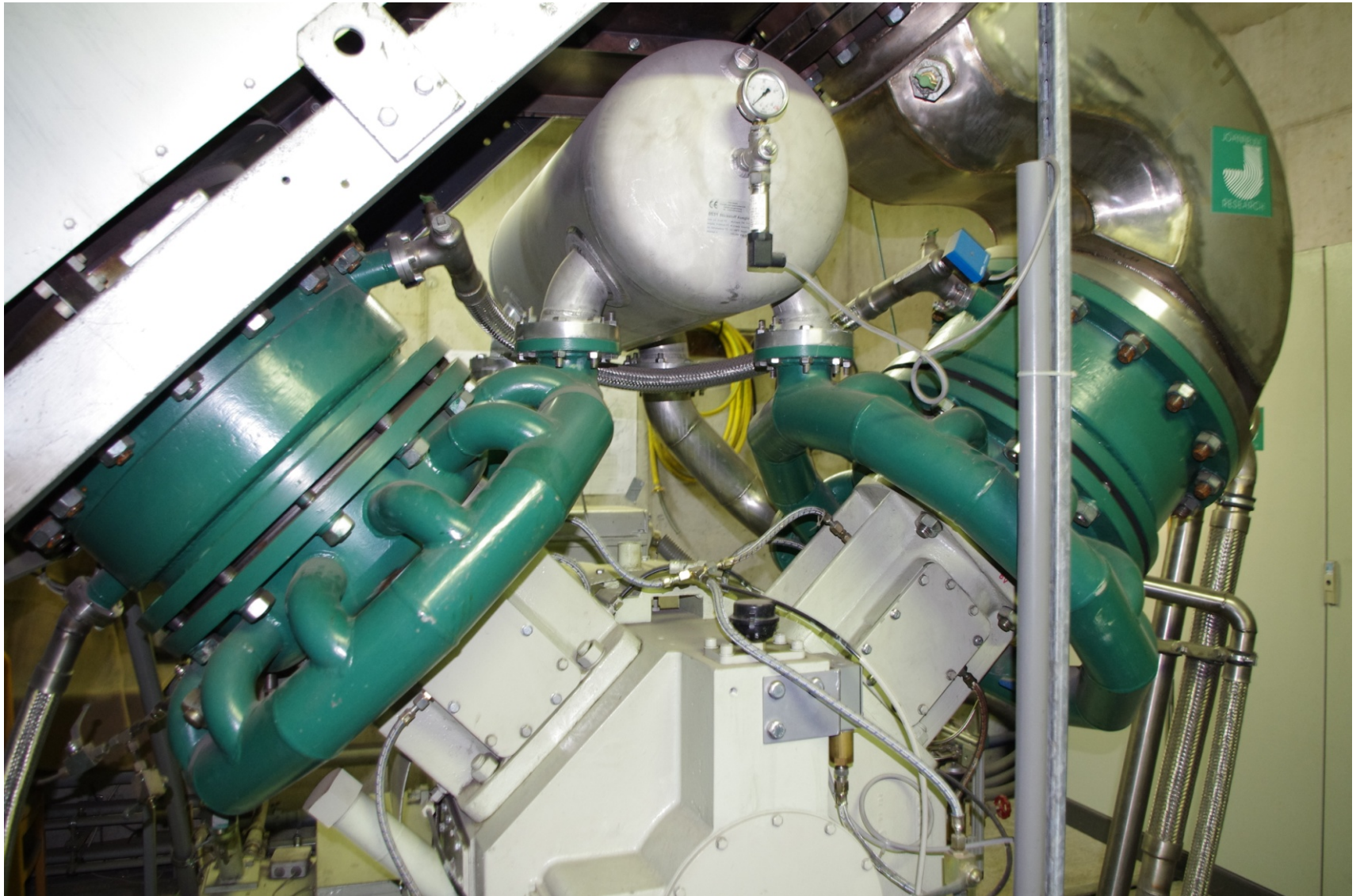
a) Volba typu motoru

b) Mechanická účinnost (ztráty vlivem tření)

c) Výsledná cena, konstrukční provedení, spolehlivost a nároky na prostor

2. Elektrická účinnost mikroturbíny

Stirlingův motor o výkonu 30 kW





Děkuji za pozornost.