

6. rámcový program EU pro výzkum a technologický vývoj (2002 – 2006)

Rámcový program EU je hlavním nástrojem podporujícím vytvoření Evropského výzkumného prostoru, tzn. integrovaných výzkumných kapacit ve vybraných oblastech. Zejména se jedná o efektivní propojení evropských výzkumných pracovišť, zapojení národních výzkumů a důslednější zavádění výsledků výzkumu a vývoje do praxe.

V České republice najdete více informací o 6. rámcovém programu na <http://www.tc.cas.cz>.

Celkový rozpočet 6. rámcového programu včetně programu EURATOM (jaderný výzkum) dosáhne 17 500 mil. EUR.

Roztříštěnost výzkumných kapacit chce Evropská komise omezit i vhodně volenými nástroji, kterými jsou zejména:

- integrované projekty,
- sítě excelence,
- společná implementace národních programů výzkumu (týká se zatím jen členských států EU),
- projekty cílově orientovaného výzkumu,
- specifické podpůrné a koordinační akce,
- specifické výzkumné projekty pro malé a střední podniky (MSP) – projekty typu CRAFT.

Zaměření a integrace výzkumu	Rozpočet (mil. EUR)	
Tematické priority	1. Genomika a biotechnologie pro zdraví	2 200
	Pokročilá genomika a její využití pro zdraví	
	Boj proti hlavním chorobám	
	2. Technologie informační společnosti	3 600
	3. Nanotechnologie a nanověda, multifunkční materiály a nové výrobní procesy a nástroje	1 300
	4. Letectví a kosmický výzkum	1 075
	5. Kvalita a nezávadnost potravin	685
	6. Trvale udržitelný rozvoj, globální změny a ekosystémy	2 120
	Trvale udržitelné energetické systémy	
	Trvale udržitelná povrchová doprava	
	Globální změny a ekosystémy	
7. Občané a vládnutí ve znalostní společnosti	225	
Specifické aktivity	Podpora politik a předvídání vědeckých a technologických potřeb	570
	Horizontální výzkumné aktivity pro MSP	450
	Specifická opatření na podporu mezinárodní spolupráce	300
Nejaderné aktivity Společného výzkumného centra (JRC)	760	

Tematická priorita **Trvale udržitelné energetické systémy** je zaměřena na snižování emisí skleníkových plynů a ostatních znečišťujících látek, bezpečnost zásobování energií, zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie. Pozornost je rovněž z pohledu spotřebitelů věnována efektivnějšímu využívání energie a zapojování technologií obnovitelných zdrojů energie do energetických systémů.

Priorita zahrnuje rovněž aktivity orientované na vytváření legislativních nástrojů v oblasti energetiky vedoucích ke změně současného neudržitelného stavu, při kterém se zvyšuje závislost na dovozech fosilních paliv, dochází k přesycenosti dopravy a zvyšují se emise skleníkových plynů. Návrhy projektů by měly oslovit následující oblasti:

- I. čistá energie, konkrétně obnovitelné zdroje energie a jejich integrace do energetických systémů, včetně skladování energie, distribuce, použití
 - *Aktivita: vyšší cenová efektivnost, účinnost a spolehlivost nových a obnovitelných zdrojů energie, integrace OZE do decentralizovaných zdrojů zásobování a kombinace s klasickými palivy, technologie pro čistší velkokapacitní výrobu energie, nové koncepty pro skladování, distribuci a využití energie*
- II. technologie a opatření pro úspory energie a racionální užití energie včetně těch, které využívají OZE
 - *Aktivita: dosažení vyšších úspor energie zejména v budovách, optimalizace a posuzování nových technologií, včetně ko-generací, lokální výroba energie a použití OZE pro vyšší energetickou efektivitu v budovách*
- III. alternativní motorová paliva
 - *Aktivita: zavádění obnovitelných paliv do dopravních systémů, zejména v městské dopravě, cenově efektivní a bezpečná výroba, distribuce alternativních paliv, strategie a nástroje pro řízení transformačního trhu s obnovitelnými palivy*
- IV. palivové články
 - *Aktivita: snížení nákladů pro výrobu palivových článků a instalaci v budovách, dopravě a v decentralizovaných systémech zásobování energií, pokrokové materiály pro nízko i vysokoteplotní aplikace*
- V. nové technologie pro přenos, dopravu a skladování energie, konkrétně vodík
 - *Aktivita: výrobní řetězec článků pro fotovoltaiku a integrace do budov, velkokapacitní výroba elektřiny, řešení a optimalizace řetězců pro využití biomasy, technologie pěstování, spalování, zplyňování biomasy pro výrobu elektřiny, vodíku a biopaliv pro dopravu.*

CIRC - Czech Innovation Relay Centre – je členem sítě založené Evropskou komisí na podporu transferu inovativních technologií a mezinárodní spolupráce <http://www.circ.cz/>

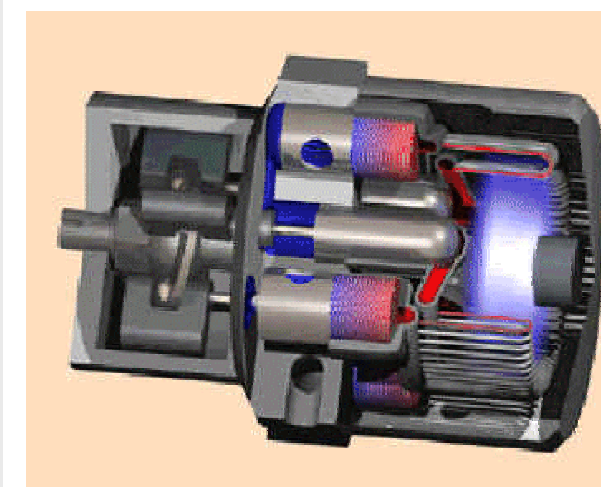
Koordinátor projektu
Technologické centrum AV ČR
 Rozvojová 135
 165 02 Praha 6
 tel. 220 390 712
 fax. 220 922 698
 e-mail panacek@tc.cas.cz - ENERGETIKA

Partner projektu
BIC Plzeň
 Riegrova 1
 301 16 Plzeň
 37 723 5379
 37 723 5320
bic@bic.cz

Partner projektu
BIC Brno s.r.o.
 Příkop 4
 602 00 Brno
 5 45 17 6130
 5 45 17 6120
bicbrno@bicbrno.cz

Stirlingův motor

konference Evropské fórum 2002, Osnabrück, Německo



Typ motoru type STM 4-120 (STM Power)

Ve dnech 18. a 19.9.2002 se konala v Osnabrücku konference Evropské fórum Stirling 2002 za účasti cca 70 lidí ze 16 zemí světa (ze světadílů nebyla zastoupena jen Austrálie). Na konferenci bylo předneseno 20 příspěvků a 3 posterové prezentace, z toho devět prezentovalo komerční nebo poloprovozní zařízení a jejich výsledky. V následujícím textu jsou uvedeny stručné výtahy nejzajímavějších přednášek.

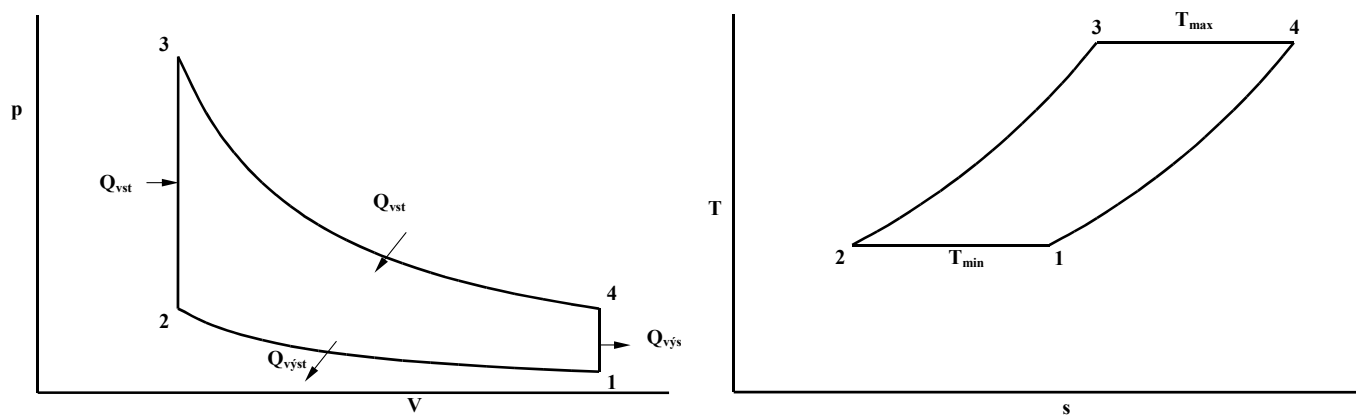
ENERGIE

Praha 2003

Technologie

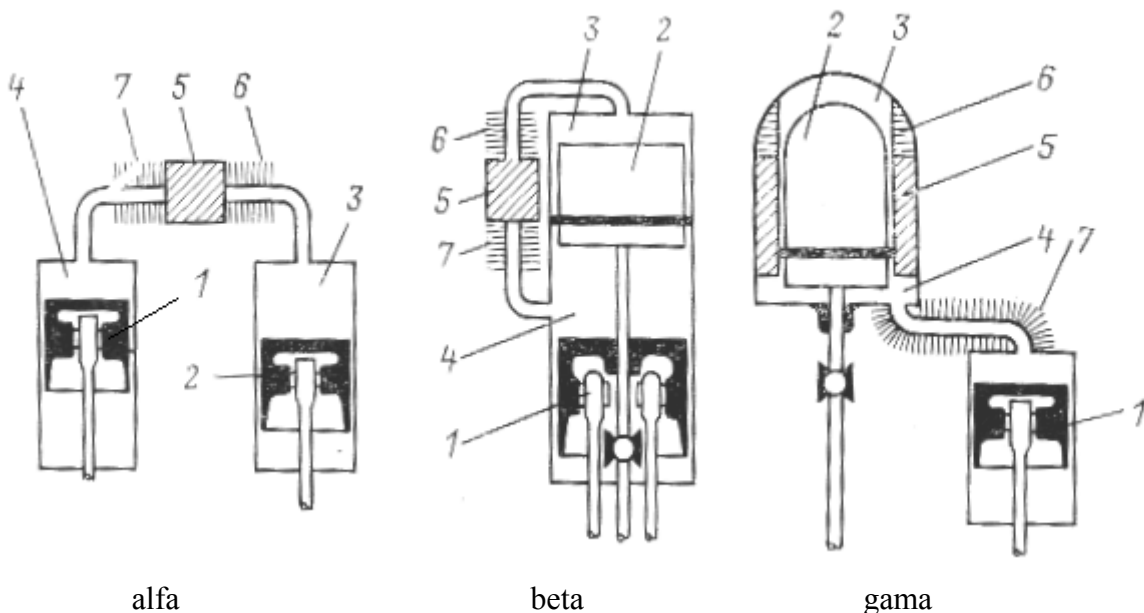
Stirlingův motor

Stirlingův motor je pístový spalovací motor s vnějším spalováním. Motor pracuje na principu Stirlingova oběhu, který je tvořen dvěma izotermami a dvěma izochorami. Ideální Stirlingův oběh v p-V a T-S diagramu je na obr. 1.



Obr. 1 Ideální Stirlingův oběh v p-V a T-S diagramu

Mezi body 1 a 2 dochází k izotermické kompresi (při T_{\min} – je nutný odvod tepla), tlak roste a objem se snižuje, mezi body 2 a 3 dochází k izochorické kompresi (za přívodu tepla), tlak a teplota roste (T_{\max}), objem je konstantní, 3 – 4 – izotermická expanze (přívod tepla), tlak klesá a objem roste, a konečně 4 – 1 izochorická expanze (odvod tepla), tlak klesá a teplota rovněž až na T_{\min} .



Obr. 2 Schéma tří typů provedení Stirlingova motoru

1-Pracovní (kompresní) píst, 2-přemístovací (expanzní) píst, 3-kompresní prostor, 4-expanzní prostor, 5- regenerátor, 6-ohříváč, 7- chladič

Typické pro jeho konstrukci jsou dva písty, uspořádané v jednom (typ beta), respektive ve dvou válcích (typ alfa a gama) viz Obr. 2. Ohříváč je zahříván zevně spalováním libovolného paliva (příp. využitím sluneční energie nebo jiného zdroje tepla). Přemístováním plynu uvnitř motoru, který je stabilně pod tlakem 4 - 8 MPa z expanzního do kompresního prostoru přes ohříváč, regenerátor a chladič se zvyšuje a snižuje tlak pracovního plynu. Pracovním plynem může být vzduch, ale používá se i helium, případně vodík. Motor pracuje při teplotách 400 - 500°C, odpadá zde explozivní spalování, není nutné zapalovací zařízení, ventilový rozvod ani další obvyklé příslušenství spalovacích motorů, motor pracuje s velmi nízkou hladinou hluku, spolehlivě s dlouhou životností a s příznivými emisními hodnotami. Technicky nejelegantnější je typ beta, ale jeho technická elegancie je za cenu vyřešení řízeného pohybu dvou pístů v jednom válci. Tento problém je nejčastěji řešen pomocí dvojitého klikového mechanismu, případně rombického mechanismu. U víceválcového provedení pak často konstruktéři sahají k sériovému uspořádání, kde v každém válci je jeden dvojčinný píst a kompresní prostor jednoho válce spolupracuje a expanzním prostorem druhého.

Konference Evropské forum Stirling 2002 Mezi komerčně nabízenými motory byly jednotky v rozmezí výkonů 25 až 9000 W, používající jako palivo kapalná a plynná paliva, biopaliva, případně sloužící v solárních technologiích. Dodávají se buďto jako generátory elektrické energie nebo jako součást kogeneračních jednotek, přičemž výkon tepelný bývá 4 až 5násobek elektrického. Účinnost výroby elektrické energie je udávána 22 – 40%, naměřené emisní hodnoty pod 10 ppm NOx a CO a hlučnost pod 50-53 dB ve vzdálenosti 1 m od stroje. Odhadovaná životnost těchto motorů se uvádí 30-35 let.

Na konferenci byly prezentovány výsledky výzkumných a konstrukčních pracovišť, kde je prováděn výzkum jednotlivých verzí a komponentů Stirlingova motoru na základě laboratorních a poloprovodních zkoušek a matematického modelování. Některé práce byly zaměřeny zejména na využití biopaliv s přímým spalováním (kombinace kotle na dřevní štěpku a Stirlingův motor - Univerzita Stuttgart) nebo se zplyňováním štěpky a spalováním dřevoplynu ve Stirlingově motoru, další na využití solární

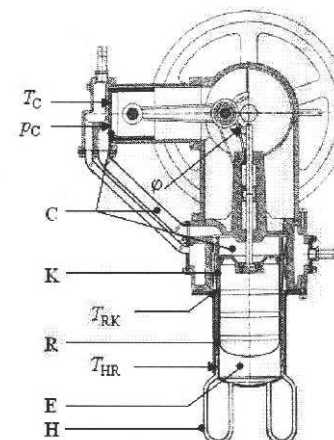
Na konferenci byly dále prezentovány:

I. PROSA – Program pro výpočet Stirlingova Motoru Verse 2.3 nabízející řadu výpočtových funkcí s grafickými výstupy pro volný píst i pro píst s převodovým mechanismem (patrně klikovým). Výstupní hodnoty zejména výkon hořáku, výkon na hřídeli, Systém-účinnost atd.

II. Návrh a zkoušky Stirlingova vzduchového motoru s vysokým kompresním poměrem a samočinným udržováním tlaku - návrh SM, konstruovaného pro Shell eco-maraton malých vozidel pro jednu osobu, kde současný rekord představuje 10000mil/galon paliva (palivo není blíže specifikováno). Autor řeší pohon SM typu beta (dva písty v jednom válci). Výkon motoru 33W, otáčky 900 za minutu. Hybridní Stirlingův motor s volným pístem a lineárním generátorem, některé úvahy o tomto pojetí Stirlingova motoru.

III. Experimentální výsledky změn teplot a tlaku na malém Stirlingově motoru Viebach ST05G, provedené **Laboratoire de**

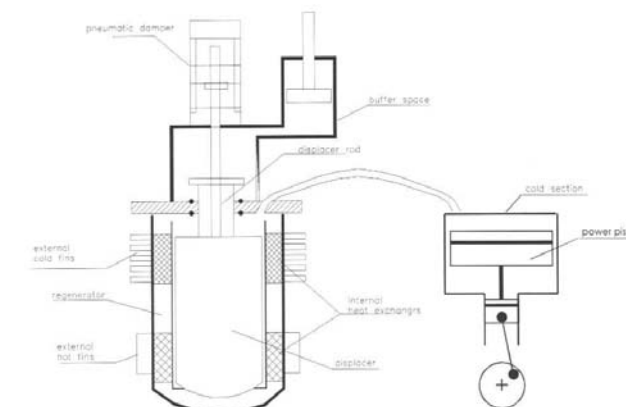
Thermique Francie. Jedná se o SM typu gama, uspořádaný do L. Maximální plnicí tlak 1MPa, jmenovité otáčky 600 min⁻¹, mechanický výkon 500 W, pracovní plyn vzduch, případně dusík, palivo-plyn. Stroj pracuje s teplotami 30-70°C v kompresním prostoru a 550-600°C v expanzním prostoru. Motor je uveden na Obr.10.



ST 05 G engine, with the five elementary working spaces, and transducers position.

Obr. 10 Stirlingův motor Viebach ST05G

ve výměníku 2382 W, lze dosáhnout až 3900 W, otáčky motoru 275 za minutu, pracovní tlak 0,15-0,25 MPa. Optimalizace se týkala zejména provedení výměníků. Motor je uveden na Obr. 11.

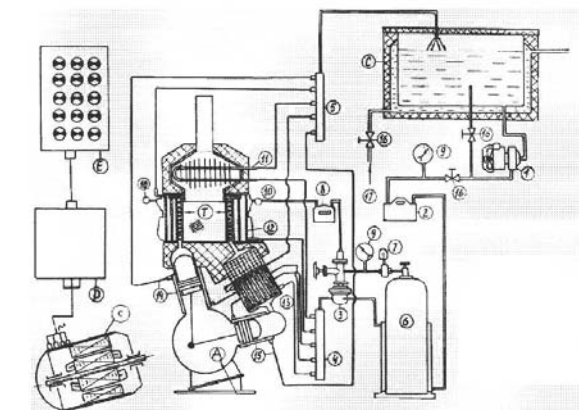


Obr. 11 – Stirlingův motor - Ringbom

IV. Inovační experimenty firmy **Sustainable Engine Systems Ltd** (SES) se Stirlingovým motorem RFK 1/10. Jedná se o typ gama, na kterém byla provedena řada experimentů a úprav s cílem vylepšit chod motoru. Úpravy se týkaly zejména mechanické části motoru, těsnění a výměníku. Motor má výkon 3,5 kW při 200 min⁻¹, plnicí tlak 085 MPa, v budoucnu se počítá s tlakem 2,5 MPa a otáčkami 500 – 1500 min⁻¹.

V. Experimentální optimalizace prototypového Ringbom-Stirlingova motoru ULS-RSE1 **University of Rome**, Referát představuje několik zkoušek provedených na prototypovém Stirlingově motoru systému Ringbom. Jedná se o provedení gama SM, pracovní látka je vzduch. Zkoušený motor může být provozován s jedním nebo dvěma hořáky (rovnoměrnejší rozdělení teplot u dvou hořáků) - teplota horkého prostoru 450-490°C, teplota studeného 90-95°C, palivo- plyn, předávané teplo

VI. Experimentální provedení 1-kW mikro KGJ, postavené na základě malého Stirlingova motoru - University of Durham a Physical-Technical Institute Tashkent, Uzbekistan. Článek prezentuje laboratorní provedení mikrokogenerační jednotky postavené na základě malého Stirlingova motoru. Jedná se o provedení alfa, uspořádané do V. Palivo – PB, plnicí tlak 2 – 3 MPa, El. účinnost do 10%, celková účinnost 50 – 70%, otáčky 1200 – 1400 min⁻¹, indikovaný výkon 1190, 1570 a 1694 W, el. výkon 1kW. Průměr válců 95mm, zdvih 33 mm, pracovní plyn helium. V práci jsou uvedeny naměřené pV diagramy. Schéma zařízení je uvedeno na Obr. 12.



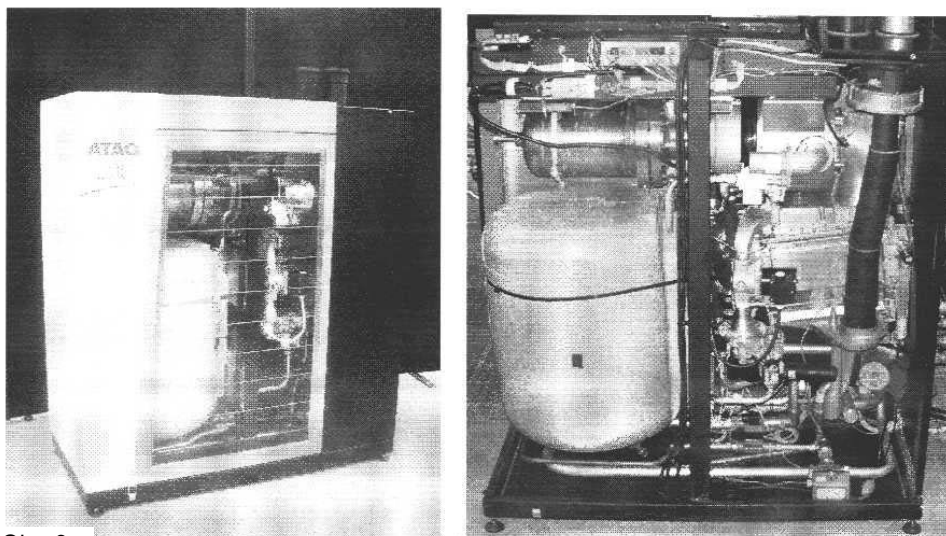
schematic diagram of the 1-kW CHP system.

Obr. 12 Schéma mikrokogenerační jednotky 1 kW

energie. Prezentována byla i různá konstrukční řešení a profesionální program pro výpočet jednotlivých variant Stirlingova motoru. Možnost použití biopaliva činí ze Stirlingova motoru vhodný zdroj energie pro menší firmy, které zpracovávají biomasu, zejména dřevo a mohly by využívat k výrobě energie vlastní odpad. Další varianta je v nasazení Stirlingova motoru pro zajištění energie pro rodinné domky, zejména v odlehlých lokalitách. V této oblasti vynikne zejména výhoda nízké hlučnosti a nízkých emisních hodnot a možnost stavby jednotek s poměrně malými výkony.

1. Firma **Stirling Technology Company Maurice** prezentovala jednotku, která je v provozu víc než 70 tisíc provozních hodin, a řadu jednotek nad 40 tisíc provozních hodin. Jejich motory byly vyvíjeny pro NASA a US Department of energy zejména pro

kosmický výzkum. Pro komerční nabídku mají připraveny motory s výkonem 55 W až 3kW. STC se orientuje na SM s lineárními generátory, známými jako RemoteGen. STC jako subdodavatel firmy Lockheed Martin vyvinul RG-55 s radioizotopy jako palivem pro kosmický výzkum. V současné době používá RG-350 a má ve světě 20 instalací. V současné době je v Evropě testován RG1000 (Obr. 3) jako součást mikro kogenerační jednotek na ZP a propanbutan, biomasu a solární energii v Národní laboratoři obnovitelných zdrojů energie v Golden, Colorado USA. Účinnost je uváděna 28-30% pro RG55, 28% pro RG350-1000 a 31% pro RG3000. Naměřené hodnoty emisí škodlivin pod 10 ppm NO_x a CO, hlučnost pod 53 dB ve vzdálenosti 1 m od stroje.



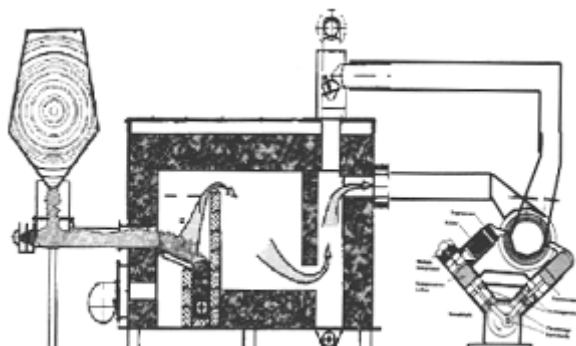
Obr. 3 The STC RG-1000 Engine Integrated with the ENATEC Residential Cogeneration System (photos courtesy of ENATEC)

2. Firma **STM Power Inc.**, Ann Arbor, USA představila SM s elektrickými výkony 25, 40, 80 a 160 kW (a výhledově 300 kW) pro různá paliva (kapalná, plynná, biomasa a solární aplikace). Pracovní plyn – vodík, pracovní tlak 12 – 15 MPa, teplota v ohřivači 800°C. Účinnost celkovou (pro kogeneraci) uvádí 70-80%. Účinnost výroby elektrické energie 30-40% v závislosti na výkonu jednotky. V dohledné době předpokládají zvýšení el. účinnosti na 35-47% a v budoucnu na 40-50%.

3. Společnost **KR Stirlingmotor München** informovala o instalaci zkušební kogenerační jednotky se Stirlingovým motorem fy WhisperGen Tec Company z Nového Zelandu Obr.4. Jedná se o jednotku se čtyřválcovým Stirlingovým motorem typu alfa řazeným v serii (kompresní prostor v jednom válci spolupracuje s expanzním prostorem v druhém válci. Jednotka je v kompaktním provedení (rozměry 450x500x650mm, hmotnost jednotky 90kg). Elektrický výkon 0,75 kW, tepelný 5 kW, palivo kapalné nebo plynné. Firma tyto jednotky dodává pro vytápění rodinných domků a zajištění spotřeby energie na námořních jachtách. V Evropě je v současné době v provozu cca 15 jednotek v různých státech. Cena jednotky je uváděna jako srovnatelná s dieselařegátem.

4. V posterovém vystoupení byl představen Stirlingův motor fy **SOLO KLEINMOTOREN GMBH**, Stirling 161 CPH-Module. Jedná se o Stirlingův motor typu alfa, uspořádaný do V. Pracovní plyn helium, maximální tlak 15 MPa. Elektrický výkon 2-9 kW, tepelný výkon 22-24 kW, elektrická účinnost 22-24%, celková účinnost vyšší než 90%. Jednotka je vybavena zásobní lahví helia s tlakem 22 MPa. Palivo – kapalný zemní plyn.

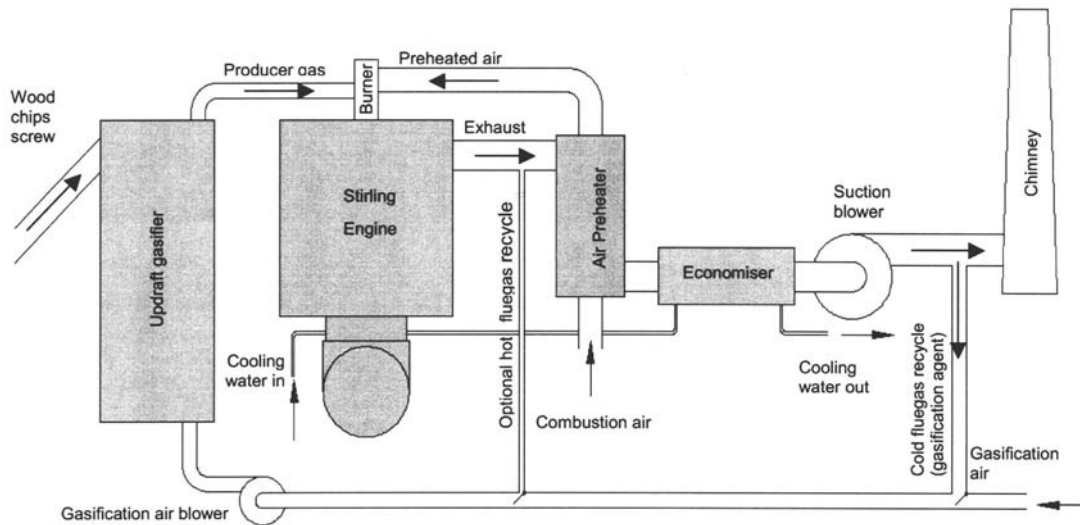
5. **Vysoká odborná škola Bingen** prezentovala výsledky zkoušky s kogenerační jednotkou se Stirlingovým motorem pro spalování dřeva. Jednotka využívá Stirling SOLO 161 s elektrickým výkonem 9kW, v příspěvku je uváděn výstupní výkon na spojce 10 kW. Uspořádání kogenerační jednotky a její funkční schéma je uvedeno na Obr. 5.



Obr. 5 Uspořádání kogenerační jednotky Fachhochschule Bingen

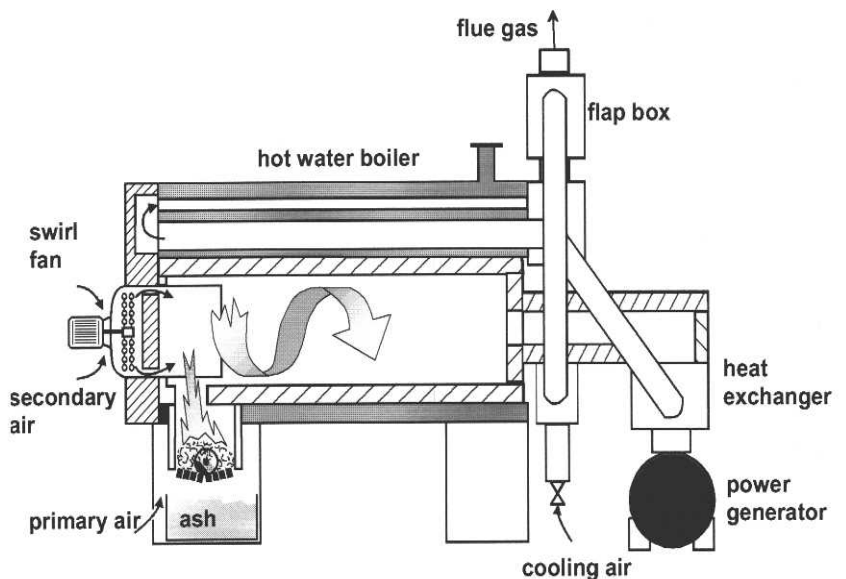
6. V příspěvku **Technical University of Denmark** byly prezentovány zkoušky použití Stirlingova motoru v kombinaci se zplyňovacím zařízením na dřevní štěpku. Použití SM pro zplyňovací zařízení odstraňuje nutnost čištění plynu, které je nutné pro motory s vnitřním spalováním. Jak je patrné z obr. 6, je zařízení složeno ze zplyňovacího generátoru, čtyřválcového Stirlingova motoru (SM) o výkonu 35kW_e a ohřivače vzduchu, ohřivače vody (ekonomizer). Plyn o výhřevnosti 4MJ/Nm³ je přiváděn do hořáku spalovací komory SM. Spaliny, vystupující z SM přehřívají spalovací vzduch pro hořák a ohřívají vodu, přehřátou v chladiči SM. Teplota spalin za ohřivačem vody dosahuje 150-180°C, 15% spalin je recirkulováno do

zplyňovacího generátoru. Výkon SM byl 34,7 kW (z toho spotřeby ventilátorů cca 2,2kW), účinnost výroby elektrické energie 15,3-16,7% (13,9-16,0 po odečtení spotřeby ventilátoru). Celkové využití tepla je uváděno 88%. Doba zkoušek cca 450 hodin. Složení plynu: metan 6,1%, oxid uhelnatý 24,2%, oxid uhlíčitý 11,6%, vodík 15,0%, dusík 43,1%. SM pracuje s heliem při středním tlaku 4,5 MPa. Motor je proveden jako hermeticky uzavřená jednotka s asynchronním šestipólovým generátorem, jmenovité otáčky 1000 za minutu. Schéma zařízení je uvedeno na Obr. 6.



Obr. 6 Schéma kogenerační jednotky Technical University of Denmark

7. V příspěvku **University of Stuttgart** byly prezentovány zkušenosti s kogenerační jednotkou, kde byl připojen SM fy Magnetmotor na výstup spalin z kombinovaného horkovodního kotle, spalujícího dřevní štěpku. Jednalo se o SM TEK 40 s výkonem 40kW. Teplota spalin za kotlem je cca 200°C. V ohřivači motoru docházelo k podkročení rosného bodu a zanášení teplosměnných ploch ohřivače částicemi popelovin, unášenými z roštu. Úprava byla provedena ve dvou etapách. V rámci první byly spaliny převedeny do ohřivače SM z výstupu bubny, tedy z oblasti vyšších teplot a z výstupu SM opět vráceny do žárotrubné části kotle. V druhé etapě byla provedena rekonstrukce roštu, která zajistila snížení úletu tuhých částic a snížila zanášení teplosměnných ploch. Zařízení pracovalo s lesními štěpkou s vysokým obsahem vlhkosti a s dřevními peletami. Jednotka představuje zařízení, vhodné zejména pro menší dřevozpracující firmy, které produkují dřevní odpad a mají relativně velkou spotřebu tepla. Nasazením této jednotky by získali i možnost produkovat vlastní elektrickou energii. Schéma jednotky je uvedeno na Obr. 7.



Obr. 7 Schéma kogenerační jednotky University of Stuttgart



Obr 8 Koncepční řešení ST5

Obr 9 Koncepční řešení ST6

8. Firma **Ingenieurgesellschaft r Fahrzeugtechnik** představila dva koncepční návrhy uspořádání víceválcového SM. Jedná se o řešení seriově řazených válců s dvojitým pístem, kde kompresní prostor jednoho válce spolupracuje s expanzním prostorem v druhém válci. U pětiválcového provedení (ST5) se jedná o jakousi kombinaci řadového uspořádání a uspořádání do V (viz Obr.8) Toto uspořádání usnadňuje konstrukci společné spalovací komory pro všechny válce. Výkon motoru je uváděn 75-90 kW, hmotnost 91 kg. Šestiválcové provedení (ST6) je uspořádáno do hvězdy se stejným principem řazení válců. Výkon je stejný, objem o 11% vyšší a hmotnost 75 kg(viz Obr.9).