

## 11. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla palivovými články – Blokovaná teplárna PC 25 s palivovými články (fy ONSI)

V roce 1993 byla uvedena do provozu blokovaná kogenerační jednotka na palivo zemní plyn nebo vodík (vodík je získáván konverzí ze zemního plynu), přičemž je provedeno odsíření. Jako elektrolyt je použita kyselina fosforová. Dosáhne se teploty 200 °C. Výkon činí 200 kW.

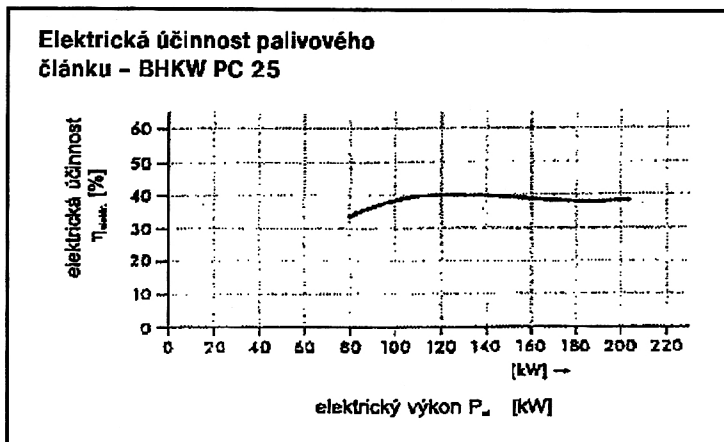
Blokovaná teplárna s palivovými články PC 25 je umístěna v kontejneru o rozměrech 7,5 m (délka), 3 m (šířka), 3,5 m (výška), v něm jsou umístěny všechny potřebné provozní a elektrotechnické komponenty. Celková hmotnost zařízení je 28 t.

Konvenčními provozními postupy (odsíření, reforming a konverze) se ze zemního plynu vytvoří vodíkem bohatý plyn pro pochod v palivovém článku. Výsledný plyn pro provoz palivového článku obsahuje – je-li jako vstup použit zemní plyn – cca 80 % objemového vodíku. Teplo vzniklé při elektrochemické výrobě proudu se vyvádí a přes výměník dává k dispozici odběrateli.

Blokované teplárny s palivovými články, které instalovaly Ruhrgas AG a Thyssengas GmbH, jsou v provozu téměř nepřetržitě od září, resp. října 1992. Vždy po 2 000 h byla provedena při provozu, tj. bez přerušení výroby proudu, předvídaná údržba.

### Elektrický výkon

Protože blokovaná elektrárna s palivovými články vykazuje zvlášť dobré vlastnosti při dílčím zatížení, zkoumají obě společnosti elektrickou účinnost, množství získatelného tepla a emise škodlivin v závislosti na elektrickém výkonu.



Obr. 1: Elektrická účinnost palivového článku v závislosti na elektrickém výkonu

Obr. 1 ukazuje dosažitelnou elektrickou účinnost při použití zemního plynu kvality L. Je zřejmé vidět, že elektrická účinnost zůstává ve velkém rozsahu výkonu mezi 100 a 200 kW téměř konstantní. Maximální elektrické účinnosti se dosahuje při 120 kW a obnáší cca 40 %.

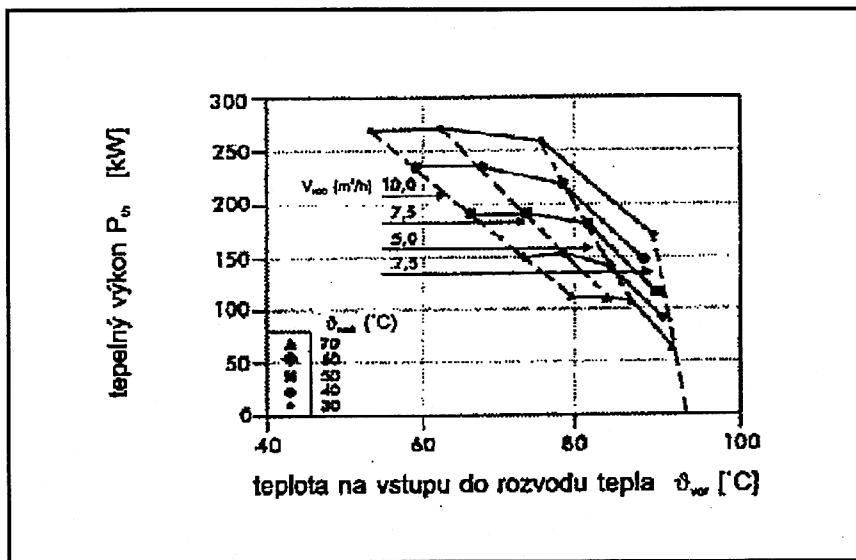
### Tepelný výkon

Tepelný výkon blokované teplárny jako funkce elektrického výkonu v případě vyvedení tepelného výkonu ze zařízení instalovaného u Thyssengas ukazuje obr. 2. Získatelný tepelný výkon roste kontinuálně s elektrickým výkonem od hodnoty cca 80 kW. Spotřebitel tepla na

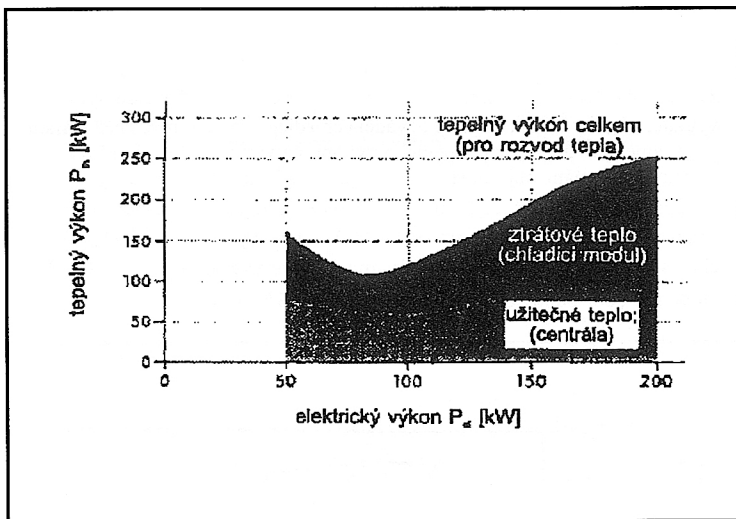
území závodu však potřebují maximálně cca 95 kW trvalého příkonu, takže je zapotřebí teplo přesahující jeho potřebu odvádět chlazením.

Obrázek ukazuje výsledky simulace různých spotřebitelů tepla provedené u Ruhrgas AG jako příklad pro dva elektrické výkony ( $P_{el} = 200$  kW, resp. 100 kW). Zde bylo podchyceno jen teplo využitě, nikoliv ta část, která se odváděla chladičem dodaným rovněž firmou ONSI.

Je bezprostředně patrná závislost tepelného výkonu na vratné teplotě a průtoku vody (jako teplotonosné látky). Srovnání objasňuje také vliv elektrického výkonu na využitelné (užité) teplo). Tak např. vyplývá z obr. 2, že při  $P_{el} = 200$  kW a teplotním poměru teploty vody na vstupu do rozvodu tepla ku teplotě vratné (60 °C) je tepelný výkon 235 kW, což odpovídá tepelné účinnosti cca 45 %. Při stejném teplotním poměru vychází při  $P_{el} = 100$  kW tepelný výkon  $P_{th} = 90$  kW, což odpovídá tepelné účinnosti asi 36 %.



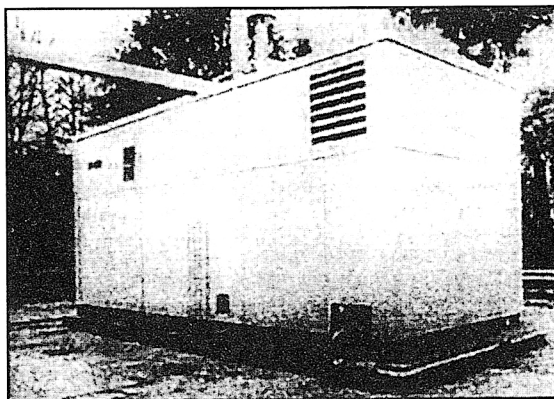
Obr. 2: Tepelný výkon jako funkce teploty na vstupu do rozvodu tepla při  $P_{el} = 200$  kW



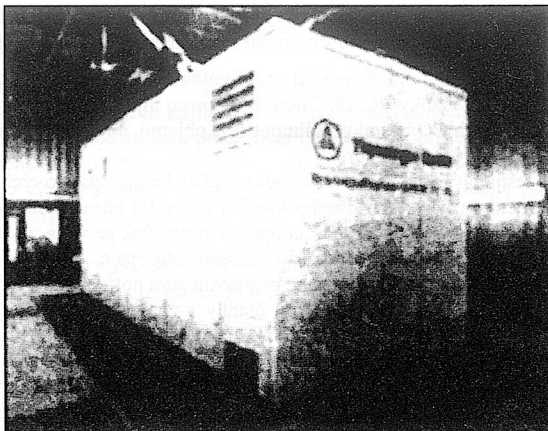
Obr. 3: Tepelný výkon blokové teplárny s palivovými články

#### Instalace a uvedení do provozu

Bloková teplárna s palivovými články typu PC 25 se hodí k umístění uvnitř i vně budov. Ruhrgas AG se rozhodla pro umístění vně, zatímco u Thyssengas GmbH byla umístěna ve zkušební hale. Obě instalace jsou zachyceny na obr. 4 (Ruhrgas AG) a obr. 5 (Thyssengas GmbH). Protože bylo zařízení PC 25 koncipováno podle amerických pravidel, bylo nutno k získání provozního povolení v rámci individuálního přejímání prvků zařízení žádat o jejich připuštění podle německého práva. K tomu cíli byl oběma podniky pověřen Rýnsko-vestfálský spolek technického dozoru (RWTÜW) porovnáním amerických a německých pravidel a prověřením kompatibility „Material Test Report“ (MTR) a „Manufacturers Data Report“ (MDR) s příslušnými německými ustanoveními.



Obr. 4: Blokovaná teplárna s palivovými články PC 25 Ruhrgas v Dorsten



Obr. 5: Bloková teplárna s palivovými články PC 25 Thyssengas v Duisburgu

Dále bylo nutno porovnat tlakový chladicí systém, který byl postaven podle pravidel publikovaných americkou společností strojních inženýrů (ASME) a slouží k odvádění reakčního tepla, s technickými pravidly pro parní kotle německého výboru pro parní kotle (DDA) a Spolků technického dozoru.

Srovnání vztahující se k použitým materiálům a výrobě ukázaly dalekosáhlou kompatibilitu s požadavky německých pravidel. Horkovodní atmosférický, zemním plynem topený ohřívač horké vody, který je k dispozici pro najíždění zařízení, byl zařazen ve smyslu nařízení pro parní kotle jako parní kotel. Povolení k provozu pokusného zařízení bylo uděleno podle předlohy pozitivního vyjádření dle § 10 nařízení o parních kotlech příslušných úřadů průmyslového dozoru při respektování některých speciálních podkladů.

Bezpečnostní zkoušky zařízení a celé centrály v Dorsten a Duisburgu i tlakové zkoušky pojišťovací ventilů provedené během instalace nedaly žádný důvod k námitkám, takže palivové články byly v září, resp. v říjnu 1992 dány úspěšně do provozu.

### Program a výsledky pokusů

V rámci oběma společnostmi předpokládaných zkoušek stojí v popředí použití zemního plynu různé jakosti, jak se v příslušných dodavatelských územích vyskytuje.

V rámci pokusů, při nichž se zkoumá chování palivových článků, se počítá s dále uvedenými jakostními znaky zemního plynu, jenž se značně liší ve složení a spalném teple.

Thyssengas GmbH:	L-plyn; $H_{o,n} - 10,3 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ ; neodorizovaný nebo odorizovaný THT (tetrahydrothiopenem); H-plyn; $H_{o,n} - 11,2 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ ; neodorizovaný nebo odorizovaný THT; H-plyn; $H_{o,n} - 12,1 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ ; neodorizovaný nebo odorizovaný THT.
Ruhrgas AG:	L-plyn; $H_{o,n} - 10,2 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ ; neodorizovaný; H-plyn; $- 12,1 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ ; neodorizovaný; směs zkapalněného plynu a vzduchu s různými poměry míchání.

Použitím organických látek s obsahem síry, které se přidávají z bezpečnostních důvodů k zemnímu plynu rozváděnému místní plynovou sítí, zanesou se do zemního plynu stopová množství síry (cca  $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), jež mají vliv na životnost odsiřovacího zařízení, vestavěného do systému s palivovými články PC 25. Cílem bylo proto mj. stanovit životnost interního odsiřovacího zařízení. Obsah CO nesmí přesáhnout 1 % objemu, aby se nepoškodil v palivových článcích použitý platinový katalyzátor.

Vyrobený procesní plyn se přivádí k anodové části kolony palivových článků a tam se elektrochemicky mění za účasti vzdušného kyslíku na vodní páru. Vzniklá vodní pára kondenzuje a je vedena do vnitřního zařízení na úpravu vody. Pak se voda zavádí do primárního chladicího okruhu a jako pára pak přivádí do procesu reformace. V normálním případě není nutné žádné dodatečné napájení vody, aby se připravila pára potřebná pro reforming.

Stejnoseměrný proud dodávaný palivovými články s napětím cca 200 V a o intenzitě cca 1 050 A je transformován na napětí 600 V a posléze změněn na střídavý (trojfázový střídavý). Jakost proudu se upravuje podle kvalitativních požadavků veřejné sítě a frekvence se automaticky synchronizuje s frekvencí sítě. Teplu vzniklé při elektrochemické výrobě proudu se vyvádí a přes výměník dává k dispozici odběrateli. Poněvadž reakční teplo centrály PC 25 je funkcí elektrického výkonu, je oběma provozovateli zkoumáno množství tepla, které je při různých stavech zatížení k dispozici odběrateli. Maximálně použitelná teplota v přívodní větvi je  $90^\circ\text{C}$ .

U Ruhrgas AG se vyvinuté reakční teplo zavádí zpět do chladiče, s nímž lze nastavit různé teploty v přívodu a vratné větvi, příp. různé průtoky. Toto uspořádání připouští simulaci různých uživatelů, aby pak bylo možno získat podklady o tepelných výkonech, dosažitelných při různých teplotních spádech a různých elektrických výkonech. Na základě toho se dají sestavit pole charakteristik, jež dovolují automatické přizpůsobení získávaného proudu k požadovanému tepelnému výkonu, takže se může uskutečňovat quasi potřebou tepla vedený provoz blokové teplárny s palivovými články.

U Thyssengas se teplo dodává místní tepelnou sítí do kanceláří, dílen a laboratorních budov na území závodu, kde slouží k vytápění a ohřevu teplé užitkové vody. Přitom se získaly u konkrétního objektu první praktické zkušenosti o vyvedení užitkového tepla. Dále lze vyvodit přímé porovnání s dosud pro výrobu tepla používanými atmosférickými plynovými kotle s celkovým tepelným výkonem 418 kW.

Obě společnosti vybavily svoje zkušební stanoviště pro trvání první jednorozhodné fáze pokusu rozsáhlou analytikou a sběrem měřených dat. Získaná analytická data jsou vždy dodatečně namátkově ověřována mokřými chemickými postupy nebo jinými srovnatelnými postupy z hlediska jejich přesnosti. Kalorimetrie použité u Thyssengas k určení kvality užitého zemního plynu podléhají cejchovní povinnosti a jsou každý týden kalibrovány přísežnými znalci. U Ruhrgas se uskutečňuje analýza plynu měsíčně centrální laboratoří. Meteorologická stanice slouží k automatickému podchycení podmínek okolního prostředí.

Jak Ruhrgas AG, tak i Thyssengas nasazují PC 25 výlučně v paralelním provozu se sítí. Zpravidla se vyrobená elektrina spotřebuje na příslušném území závodu. V období nízkého zatížení, kupříkladu na konci týdne, se přebytečný proud dodává do veřejné sítě VEW AG, případně Městských podniků v Duisburgu AG.

V rámci vědeckých zkoušek jsou u obou zařízení prováděny technicko-vědecké pokusy, na kterých budou pracovat kvalifikované výzkumné instituce. Mimoto byla dojednána spolupráce s N. V. Nederlandse Gasunie, Groningen. Po úspěšném zakončení tohoto programu je zařízení s palivovými články Thyssengas GmbH ve spolupráci s Městskými podniky Düren provozováno poloprovodně v podmínkách blízkých realitě po tři roky jako blokova teplárna, aby se prokázala výkonnost a poskytla data o své odolnosti a životnosti. Se stejným cílem je zařízení s palivovými články Ruhrgas AG po ukončení jednorozhodného pokusného provozu instalováno v Městském podniku v Bochumi a tam zkoušeno z hlediska praktické použitelnosti.