

ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ  
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY  
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICCE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

# Spalování paliv – Ostatní spalovací zdroje

## Ing. Jan Andreovský Ph.D.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Ostatní spalovací zdroje – Výběr zdrojů

## • Vybrané druhy ostatních spalovacích zdrojů

- **Stacionární spalovací motory v systému kogenerace** – v podstatě má být zařazeno v sekci pístových spalovacích motorů. Do vybraných spalovacích zdrojů zařazeno z důvodů vysokého potenciálu daného tématu.
- Stacionární pístové spalovací motory mohou sloužit obdobně jako spalovací turbíny pouze pro výrobu elektrické energie, nebo mohou být zařazeny do obdobného paroplynového cyklu. Známé jsou i řešení pro poskytování podpurných služeb v oblasti energetiky pístovými spalovacími motory nebo řešení pro zálohovatelnost stability elektrické sítě (pro tzv. rozjezdy ze tmy).
- Největší potenciál z hlediska energetiky je ale možné zaznamenat v kogenerační výrobě tepla a elektřiny a to především v pozicích zdrojů do  $2\text{MW}_e$  (případně  $10\text{MW}_e$ , známy jsou i řešení cca  $50\text{MW}_e$ ). Značně efektivní mohou být náhrady lokálních výtopny, kotelny atd. s využitím pístových spalovacích motorů.
- Obvykle používané palivo je zejména zemní plyn, lehký topný olej, bioplyn. Známy jsou instalace na důlních plynech, LPG a těžkých ropných frakcích. S výhodou se využívá dvou paliv např. ropa a plyn. Motory jsou využívány i např. na ropných plošinách.
- Výhoda spalovacích motorů v kogeneraci spočívá především ve využití tepla odchozích spalin, tepla z chlazení agregátu a současné poměrně účinné výrobě elektrické energie. V podstatě je využito cca nad 80% vstupní energie. Pozn. obdobně koncipované nové systémy se spalovací turbínou mají účinnosti výrobního cyklu vyšší.

Motor	Zážehový	Vznětový
Účinnost výroby elektřiny	30 až 37%	35 až 45%
Účinnost výroby tepla	45 až 55%	40 až 45%
Celková účinnost	80 až 87%	80 až 87%



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Ostatní spalovací zdroje – Výběr zdrojů

## • Vybrané druhy ostatních spalovacích zdrojů

### • Stacionární spalovací motory v systému kogenerace

- Výhoda spalovacích motorů v kogeneraci je i relativně nízký přebytek spalovacího vzduchu (nižší komínová ztráta oproti spalovací turbíně) a tím potlačený vznik NO<sub>x</sub>. Vyšší tvorba CO se redukuje následně.
- Při kogeneraci je řešení odvislé od výroby tepla, které je v průběhu roku proměnlivé. Z důvodů vysokého dlouhodobého optimálního využití (pracovní oblast v horní hranici zatížení) je většinou nutné ke kogeneračnímu zdroji pořizovat špičkový zdroj nebo další záložní soustrojí.
- Postupy pro snížení emisí jsou stejné jako v případě kapitoly spalovacích motorů.
  - Tuhé částice odprášením – filtrace, elektrostaticky
  - SO<sub>2</sub> – především primárně v palivu, případně dodatečně sekundární metodou (NaOH).
  - NO<sub>x</sub> – pro snížení se využívá
    - opožděný nástřik, injektáž vody, nástřik vody do paliva, nástřik vlhké emulze do vzduchu. (emise CO mohou vzrůst i klesat)
    - Recirkulace spalin ( v některých případech 10% až 50% pokles)
    - Otáčky motoru – vyšší NO<sub>x</sub> vývoj u pomaluběžných (vyšší teploty hoření)
    - Dvoupalivový systém – technika chudého plynu.
    - SCR (většinou odstraňuje i CO)

Emise stávající a budoucí pro spalovací motory

		NO <sub>x</sub>	CO
		mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
Spalovací motory	stávající	500 - 4000	650
Spalovací motory	stávající s tech. snížen	20 - 100	30 - 100
Spalovací motory	nové	20 - 75	30 - 100



PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Ostatní spalovací zdroje – Výběr zdrojů

- Vybrané druhy ostatních spalovacích zdrojů
  - Stacionární spalovací motory v systému kogenerace
  - Výběrový přehled spalovacích motorů a jejich emisní zátěže dle [12] aktuálně provozované

(motory s oxidačním katalyzátorem)

Typ motoru	P <sub>celk</sub> (kW)	O <sub>2</sub> (%)	CO (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	NO <sub>x</sub> (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	NMHC (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	Provoz (h)
J616 GS-CO2 v.č.261685 3	5430	11,8	254	285	71	20410
J616 GS-CO2 v.č.261685 1	5140	11,6	229	360	85	18802
J616 GS-CO2 v.č.261685 1	5140	11,8	259	251	85	18883

(motory bez oxidačního katalyzátoru)

Typ motoru	P <sub>celk</sub> (kW)	O <sub>2</sub> (%)	CO (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	NO <sub>x</sub> (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	NMHC (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	Provoz (h)
J620 GS-CO2 v.č.330069992	6611	11,6	391	402	75	990
J620 GS-CO2 v.č.330069991	6746	11,5	469	367	76	800
CAT 3616-BLW	9521	11,8	283	238	44	10620
CAT 3516-ECO 1458	3120	9,2	348	469	40	17211

# Ostatní spalovací zdroje – Výběr zdrojů

- **Vybrané druhy ostatních spalovacích zdrojů**

- **Další vývojové směry v oblasti spalovacích oblastí zplyňování (uhlí) – IGCCP**

- Způsoby získávání plynu

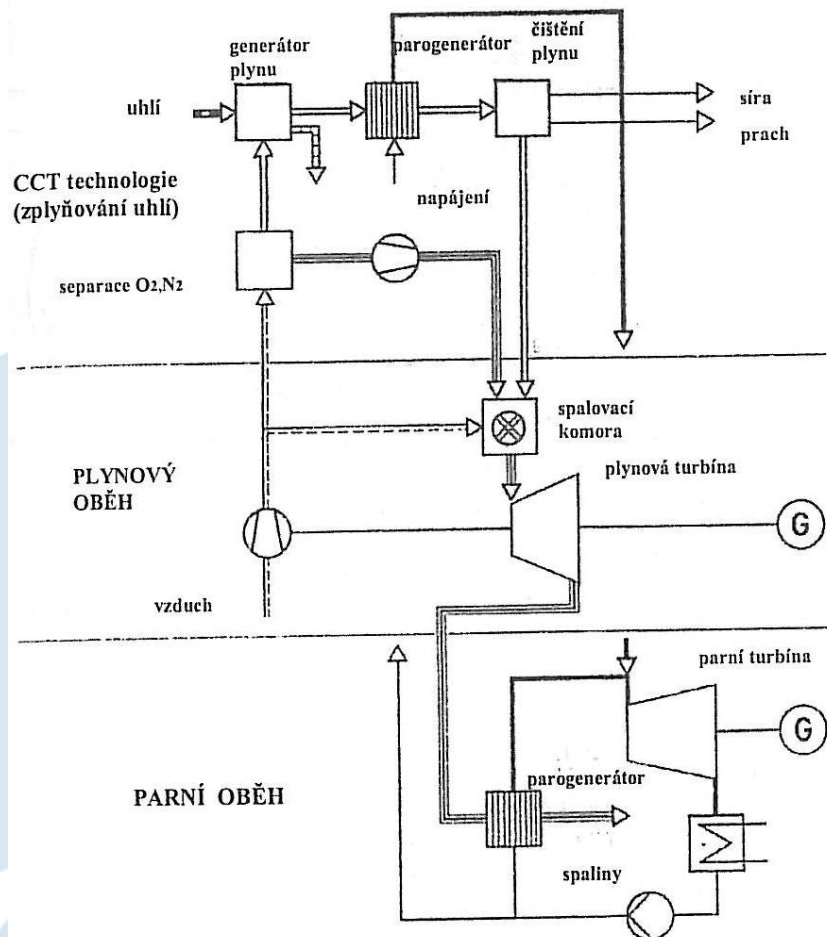
- Zplyňování s pevným ložem – využívá se tříděné uhlí, zplyňovací médium je nejčastěji kyslík a vodní pára. Protiproudým tokem se nejdříve suší palivo, následuje pyrolýza a v poslední fázi zplyňování při cca 800 až 1000°C. Dehty a oleje jsou unášeny surovým plynem a při ochlazení na uhlí zkondenzují. Dosahuje se nejvyšší výhřevnosti při nejnižším O<sub>2</sub>, ale nevyužívá citelné teplo plynu (plyn je na výstupu chlazen vodou)
- Zplyňování ve fluidním loži – využívá palivo cca 1 – 5mm. Zplyňovací médium je kyslík nebo vodní pára. Zplyňovací teploty cca 800 až 1750°C dle popelovin. Nízké teploty způsobují nízké procento konverze uhlíku a popeloviny se obvykle využívají dále ve fluidním kotli.
- Unášivé lože – V reaktoru se zplyňuje palivo namleté jako pro práškové kotle. Zplyňovací médium je kyslík nebo vodní pára, provozuje se na vysokých teplotách 1550 – 1750°C při vysoké konverzi uhlíku (skoro 100%). Popeloviny jsou odváděny v tekutém stavu, zároveň dochází k vysoké ztrátě tepla popelovinami.

- **Další vývojové směry v oblasti spalovacích oblastí zplyňování (uhlí) – PFBCPP –** prozatím malé pilotní projekty.

- **Metoda zplyňování** uvolňuje teplo ve dvou krocích, při zplynění a při spálení plynu. Velká energetická zařízení využívají zplynění za tlaku, malé jednotky za atmosférického tlaku. Při zplyňování dochází k výrobě vedlejších produktů, které je možné dále zužitkovat. U zplyňovacího cyklu je v podstatě možné využít jakoukoliv vsázku (palivo) na bázi uhlíku tzn. např. odpady.

# Ostatní spalovací zdroje – Výběr zdrojů

- Vybrané druhy ostatních spalovacích zdrojů
  - Další vývojové směry v oblasti spalovacích oblastí zplyňování (uhlí) – schéma zdroje se zplyňováním uhlí



Zplyňováním jsou v závězce přeměněny uhlovodíky přeměněny na plynné složky pomocí tepla pod tlakem a za přítomnosti páry. Přidání kyslíku do procesu zajišťuje teplo pro zplyňovací zařízení. Teplo a tlak zajistí rozrušení pevných vazeb vsázky a produkuje syntetický plyn. Popeloviny se oddělují na dně zplyňovacího zařízení jako sklovitá struska. Vlivem redukční atmosféry procesu je tvorba  $\text{NO}_x$  minimální. Oddělují se vedlejší produkty, čpavek, síra, kyselina sírová atd.

# Ostatní spalovací zdroje – Výběr zdrojů

- **Vybrané druhy ostatních spalovacích zdrojů**

- Světelné plynové zářiče

- Keramický nosič pro katalické spalování plynovzdušné směsi. Keramická deska je vyrobena z pórovitého žáruvzdorného keramického materiálu a spalování probíhá přímo na jejím povrchu. Její prodyšnost postačuje ke spolehlivému - pronikání plynovzdušné směsi k povrchu desky, kde dochází ke katalickému spalování, během vytápění je teplota desky v rozmezí 800 - 1200 °C, oheň je vidět - od toho název světly infrazářič, nutno zajistit dostatečnou výměnu vzduchu pro spalování.
- Předmísením paliva se spalovacím vzduchem probíhá v injektoru – plyn si přisává potřebné množství vzduchu bez použití nuceného přívodu vzduchu. Dokonalé promísení paliva se vzduchem probíhá ve směšovací komoře, která zároveň rozvádí hořlavou směs ke keramickým deskám. V deskách jsou vylisovány válcové otvory, kterými prochází plynová směs na vnější povrch desky, na němž probíhá spalování.
- Katalytické spalování zajišťuje velmi nízké úrovně NO<sub>x</sub>, cca 10 až 40 mg/Nm<sup>3</sup>.
- Reflektor Speciálně tvarovaná odrazová plocha z leštěného hliníku nebo antikor. Reflektor odráží složky tepelného záření do prostoru pod světly plynovým zářičem.
- Sálavý keramický hořák Pro uvedení světelného infrazářiče do provozu se používá automatická jednotka s vestavěným injektorem a zapalovací elektrodou.
- Nutné dodržovat instalační pokyny – vzdálenosti, výměna vzduchu, hluk, postup zkoušení, apod. Platná je i požadavek emisí dle ČSN 061950
- Použití – haly, průmysl, technologické procesy.



# Použité literární zdroje celé sekce

- [1] Černý V., Janeba B., Teyssler L.: Parní kotle, SNTL, Praha, 1983.
- [2] Vilimec L.: Stavba kotlů I druhé přepracované a doplněné vydání, Skripta VŠB – Technická Univerzita Ostrava, Ostrava, 2006
- [3] Ševelova K., Stárek K., Berka I., Herosch J., Salvat P.: Parní kotle (návod do cvičení), VŠB – Technická Univerzita Ostrava, Ostrava, 2007
- [4] Nožička J.: Základy termomechaniky, ČVUT v Praze, Praha, 2004
- [5] Adamovský R., Neuberger P.: Termodynamika I – Termodynamika plynů, oběhy v plynech, Technická fakulta České zemědělské univerzity v Praze, Praha, 2000
- [6] Kadlec Z.: Termomechanika, návody do cvičení, VŠB – Technická Univerzita Ostrava, Ostrava, 2001
- [7] Janeba B., Karták J.: Tepelné výpočty kotlů a parních generátorů, ČVUT, Praha, 1982
- [8] Ibler Z. a kol.: Technický průvodce Energetika, BEN, Praha, 2002
- [9] Kadmožka J., Ochrana L.: Teplárenství, Akademické nakladatelství CERM s.r.o., Brno, 2001
- [10] Rauscher J.: Spalovací motory (studijní opory), VUT, Brno, 2005.
- [11] Čumpelík J.: Praktická dílna, Spalovací motory I, Auto Expert, 2005.
- [12] Moc L.: Limity škodlivých složek emisí pro stacionární pístové spalovací motory a možnost jejich plnění, příspěvek XXXIV. mezinárodní konference kateder a pracovišť spalovacích motorů českých a slovenských vysokých škol, 2003.
- [13] Institute for perspective technological studies: Integrovaná prevence a omezování znečištění IPPC, Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro velká spalovací zařízení, vydáno k datu 31.3.2010 (český překlad).
- [14] Pransperger J.: Paroplynový cyklus z hlediska termodynamiky, Brno, 2010.
- [15] Tomšů O.: Biomasa v systémech zásobování teplem měst a obcí, Brno, 2008.
- [16] Šaroun J.: Výroba elektrické energie v kogeneračních jednotkách, Brno, 2010.
- [17] Malík S.: Náhradné palivá v parných kotloch, SNTL, 1989.
- [18] Prezentace Siemens: A new dimension of coal incineration, Praha, 2012.
- [19] Nguyen H., Morrison A.L., Nelson P.F.: Analysis of Pollution Control Costs in Colas based Electricity Generation, Report 68, 2008
- [20] [www.ue.cz](http://www.ue.cz)
- [21] [www.ptas.cz](http://www.ptas.cz)
- [22] [www.kombinovana-vyroba.cz](http://www.kombinovana-vyroba.cz)
- [23] [www.tedom.cz](http://www.tedom.cz)
- [24] [www.cez.cz](http://www.cez.cz)
- [25] [www.tot.cz](http://www.tot.cz)
- [26] [www.eop.cz](http://www.eop.cz)
- [27] [www.vec.vsb.cz](http://www.vec.vsb.cz) – studijní materiály
- [28] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- [29] [www.allforpower.cz](http://www.allforpower.cz)
- [30] [www.sestmace.cz](http://www.sestmace.cz)
- [31] [www.bsr.de](http://www.bsr.de)
- [32] [www.fs.cvut.cz](http://www.fs.cvut.cz)
- [33] [www.aubema.de](http://www.aubema.de)
- [34] [www.mosasolution.com](http://www.mosasolution.com)
- [35] Vyhláška 205/2009
- [36] Zákon 86/2002 se všemi platnými změnami
- [37] [www.solarturbines.com](http://www.solarturbines.com)



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)