

# OZE

## Biomasa

1

## Zplyňování biomasy

Zplyňování = termochemická přeměna uhlíkatého materiálu v pevném či kapalném skupenství na výhřevný energetický plyn pomocí zplyňovacích médií a tepla.

$$\text{H}_2 + \text{CO} + \text{C}_x\text{H}_y + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + (\text{N}_2)$$

+ nečistoty (dehet, prach, sloučeniny síry, chloru, apod.)

2

## Zplyňování biomasy

Produktem je plyn obsahující

- výhřevné složky ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  a další minoritní sloučeniny),
- doprovodné složky ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ )
- znečišťující složky (dehet, prach, sloučeniny síry, chlór, alkálie a další)

3

## Zplyňování biomasy

- Zplyňování je komplexní proces, kterého se účastní celá řada reakcí.
- V obecném pohledu se jedná o čtyři základní pochody:
  - sušení,
  - pyrolýzu
  - redukci
  - oxidaci

} endotermní reakce

} exotermní reakce

- Tyto procesy mohou probíhat
  - postupně, např. v případě sesuvných generátorů
  - souběžně v případě fluidních generátorů

4

## Sesuvný generátor

$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$

$\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$   
 $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$   
 $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$

$\text{C} + 1/2 \text{O}_2 = \text{CO}$   
 $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$

5

## Autotermní a alotermní zplyňování

autotermní zplyňování

alotermní zplyňování

6

## Autotermní zplyňování

- do reaktoru přiváděn musí být kyslík, aby docházelo k potřebným spalovacím exotermním reakcím
- nejčastěji je používán vzdušný kyslík
  - naředění produkovaného plynu dusíkem
  - snížení obsahu výhřevných složek.
- výhřevnost plynu se při zplyňování vzduchem pohybuje v rozmezí 2,5–8,0 MJ/m<sup>3</sup>.
- výhřevnost lze zvýšit použitím čistého kyslíku.
- pro pokrytí tepelných nároků bývá v reaktoru spáleno přibližně 20–25 hm. % paliva.

7

## Alotermní zplyňování

- přísun tepla bývá zajištěn
  - předehřevem zplyňovacího média a paliva,
  - otopem stěn reaktoru
  - přenosem tepla inertním materiálem (např. pískem) přímo do reaktoru
- zplyňovacím médiem bývá vodní pára
- je produkován plyn o vyšší výhřevnosti (až 14 MJ/m<sup>3</sup>)
- nevýhodou je nutnost zajistit přísun tepla => složitější zařízení s vyššími investičními náklady

8

## Složení plynu

	Zplyňování vzduchem (autotermní)	Zplyňování parokyslíkovou směsí (autotermní)	Zplyňování párou (alotermní)
Výhřevnost [MJ/m <sup>3</sup> ]	4–6	12–15	12–14
H <sub>2</sub> [%]	11–16	25–30	35–40
CO [%]	13–18	30–35	25–30
CO <sub>2</sub> [%]	12–16	23–28	20–25
CH <sub>4</sub> [%]	3–6	8–10	9–11
N <sub>2</sub> [%]	45–60	< 1	< 1

9

## Možnosti čištění plynu

- vyráběný generátorový plyn je vždy doprovázen znečišťujícími látkami, jedná se o
  - pevné částice,
  - dehet,
  - sloučeniny dusíku (NH<sub>3</sub>, HCN),
  - sloučeniny síry (H<sub>2</sub>S, COS, CS<sub>2</sub>) a jiné.
- zastoupení nečistot v plynu je závislé
  - na technologii zplyňování (viz dále)
  - na složení biomasy

10

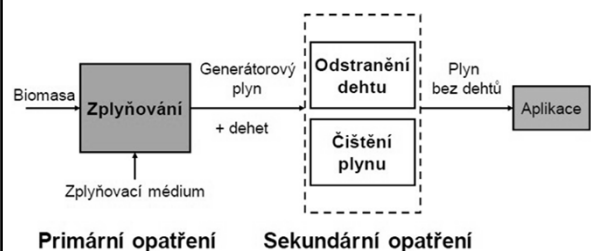
## Možnosti čištění plynu

Obecně existují dva základní přístupy k čištění plynu, které se vzájemně doplňují

- primární opatření - týkají se samotného procesu zplyňování a uplatňují se přímo v generátoru
  - volba vhodného zplyňovacího média
  - volba vhodné teploty a tlaku zplyňování
  - použitím katalyzátorů – pouze u fluidních generátorů
- sekundární opatření = použití návazných technologií čištění
  - cyklóny, filtry,
  - mokrý vypírky (skrubry),
  - katalytické reaktory a jiné

11

## Primární a sekundární opatření



12

## Sekundární čištění plynu

### Dva základní přístupy

- nízkoteplotní
  - praní plynu čistícími roztoky
  - vyžaduje ochlazení plynu pod teplotu varu těchto látek
  - spojeno s energetikou ztrátou
- vysokoteplotní
  - nečistoty odstraňovány pomocí sorpčních a katalytických metod za vyšších teplot
  - vývoj není zcela dokončen

13

## Možnosti využití plynu

- přímé spalování – plyn není třeba čistit
- pro výrobu elektřiny v pracovních strojích
  - spalovací motor – velmi vysoké požadavky na čistotu plynu
  - plynová turbína – nutná komprese plynu
  - palivové články

14

## Výhody zplyňování

- Možnost dosažení větší konverze paliva na elektrickou energii
  - úspora primárních paliv na jednotku výkonu
  - nižší měrné provozní náklady na jednotku výkonu
  - zmenšení technologického zařízení na jednotku výkonu
- Převedení tuhého paliva s velkým měrným objemem na plynné palivo.
- Snadnější odstraňování hlavních škodlivin v plynné fázi.
- Při spalování nevznikají tuhé emise.
- Možnost dosažení vyšších teplot spalováním plynných paliv.
- Lepší regulace při spalování plynných paliv.
- Plynná paliva se dají přímo spalovat v tepelných strojích.
- Možnost využít různá alternativní paliva (TAP, BRKO apod.).
- Snížení produkce CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a POP apod. na jednotku výkonu.

15

## Nevýhody zplyňování

- Nutnost čištění generátorového plynu.
- Vyšší investiční náklady.
- Potřeba kvalitní biomasy s obsahem vody do 20 %.
- Riziko spečení vrstvy paliva.
- Technická nezrállost zařízení.

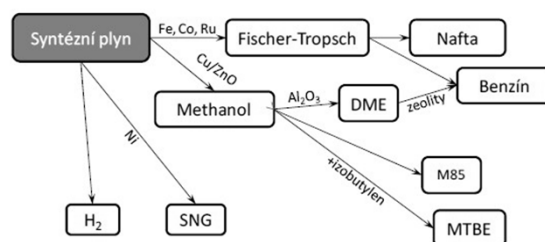
16

## Produkce plynných a kapalných paliv ze syntézního plynu

- syntézní plyn s upraveným poměrem H<sub>2</sub>/CO může být přeměněn na palivo
  - přímo Fischer-Tropschovou syntézou a methanizací,
  - nebo nepřímo, tj. nejdříve syntézou metanolu a následnou přeměnou na uhlovodíky nebo dimethylether (DME).
- plyn by měl
  - obsahovat co nejméně nežádoucích složek, které by mohly způsobovat deaktivaci katalyzátorů v technologickém procesu.
  - mít ideální vzájemný poměr jednotlivých složek plynu (CO + H<sub>2</sub>) a tlak vhodný pro danou technologii.
- Kromě alternativních paliv mohou být ze syntézního plynu získány i různé další chemikálie.

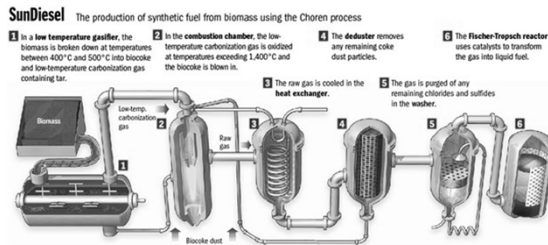
17

## Produkce plynných a kapalných paliv ze syntézního plynu



18

## Fischer-Tropschovou syntéza na kobaltovém katalyzátoru



19

## Typy zplyňovacích generátorů

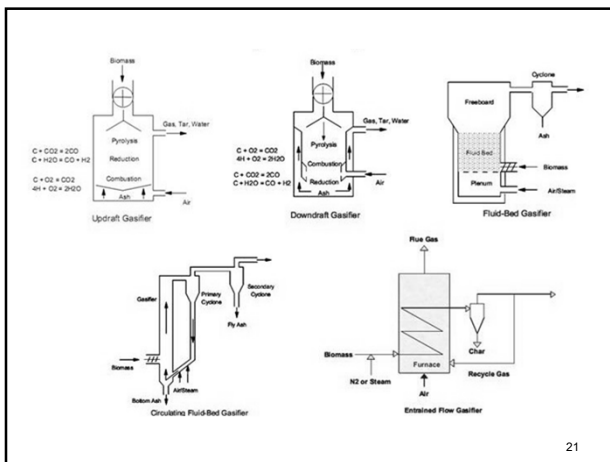
Dělení podle technologického principu

- generátory se sesuvným ložem (fixed bed)
- generátory s fluidním ložem (fluidized bed)
- hořákové generátory (entrained flow)
- rozdíl je
  - ve složení plynu, obsahu znečišťujících látek a teplotě
  - výkonovém měřítku

Dělení podle pracovního tlaku

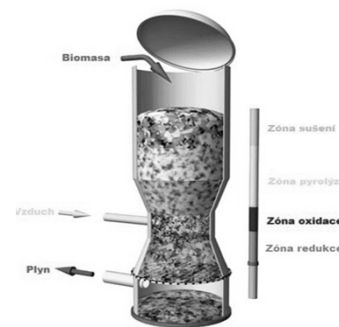
- atmosférické
- tlakové provedení
- Dělení podle směru proudění materiálových proudů
  - souproudé
  - protiproudé

20



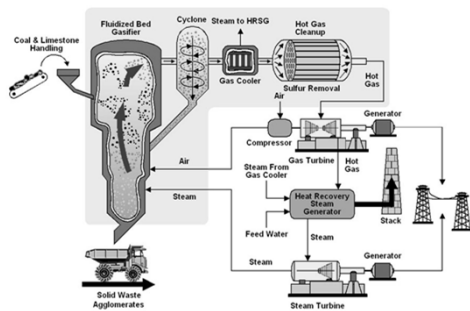
21

## Zplyňovací generátor se sesuvným ložem



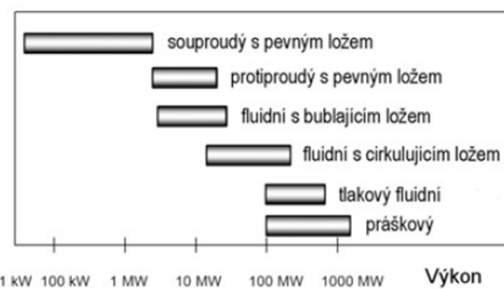
22

## Zplyňovací generátor s fluidním ložem



23

## Výkon zplyňovacích generátorů podle typu



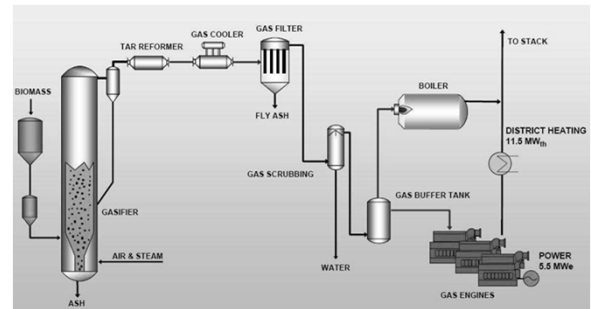
24

## Požadavky na parametry paliva

Typ generátoru	Sesuvný protiproudý	Sesuvný souproudý	Fluidní	Hořákový
Velikost částic (mm)	5–100	20–100	10–100	< 0,1
Vlhkost (hm. %)	< 50	15–20	< 40	< 15
Popel (hm. %)	< 15	< 5	< 20	< 20
Sypná hmotnost (kg m <sup>-3</sup> )	> 400	> 500	> 100	> 400
Teplota tavitelnosti popela (°C)	> 1000	> 1250	> 1000	< 1250

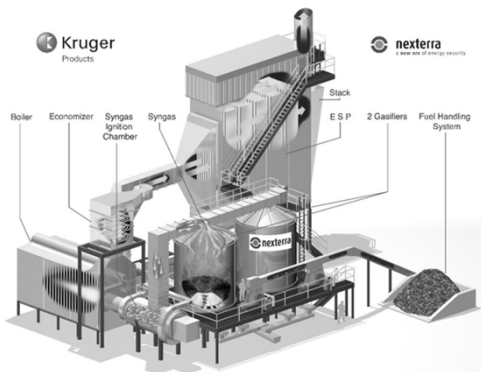
25

## Zplyňování biomasy



26

## Zplyňování biomasy



27

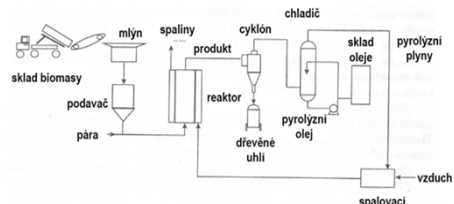
## Rychlá pyrolýza

- rychlý proces rozkladu při i zvýšených teplotách (500 ±800°C) bez přítomnosti kyslíku
- primárním energetickým produktem je kapalina - bioolej = tmavě hnědá kapalina s hustotou asi 1,2 kg/dm<sup>3</sup>, výhřevnost 16-19 kJ/kg
- nezbytné předsoušení pro omezení obsahu vody v bio-oleji na vlhkost nižší než 10% (výjimečně až 15%)
- optimální průběh pyrolyzního procesu je dán
  - extrémně rychlým přívodem tepla do suroviny
  - udržováním potřebné teploty
  - krátkou dobou pobytu par v reakční zóně
  - co nejrychlejším ochlazením vzniklého produktu
- výhodou je získání kvalitního, snadno skladovatelného a přepravitelného paliva

28

## Rychlá pyrolýza

- biomasa je nutno před vstupem do reaktorů rozdrtit na požadovanou velikost
- topení může být provedeno např.
  - externím otopem reaktoru
  - přídavným spalováním
  - recirkulováním horkých plynů nebo písku u fluidních reaktorů



29