

Zplyňování

Ing. Martin Lisý, PhD.

Energetický ústav

VUT v Brně

Fakulta strojního inženýrství



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR

Technologie zpracování biomasy

technologie	produkt	využití
termochemické přeměny – suché procesy		
spalování	teplo	vytápění, výroba el.en.
zplyňování	plyn	chemický prům., vytápění, výroba el.en.
rychlá pyrolýza	olej, dehet, plyn	vytápění, výroba el.en., pohon vozidel, chemický prům.
chemické přeměny v kapalném prostředí		
zkapalňování	olej	pohon vozidel
esterifikace	bionafta – MEŘO	pohon vozidel
biochemické procesy – mokré procesy		
anaerobní digesce	bioplyn	chemický prům., vytápění, výroba el.en., pohon vozidel
alkoholové kvašení	etanol, butanol	pohon vozidel
kompostování	hnojivo	hnojivo
mechanické přeměny		
lisování	olej	pohon vozidel
mechanická úprava	štěpka, pelety, drť..	vytápění...

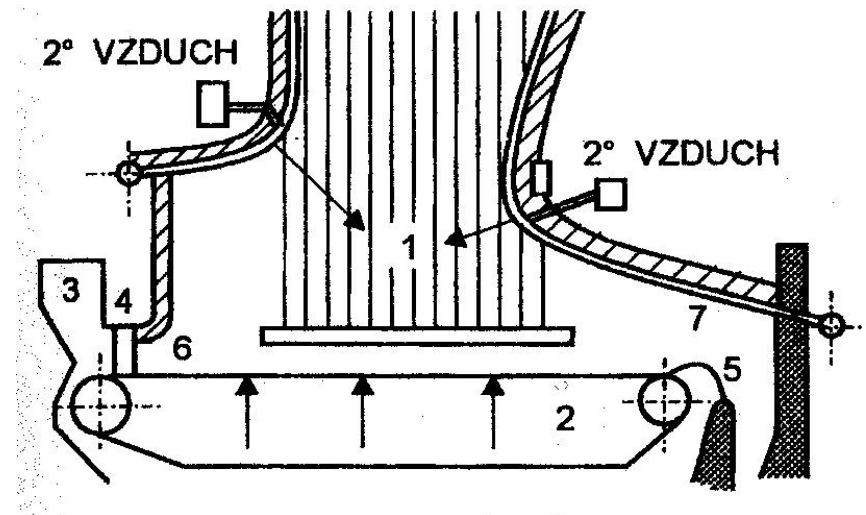
Spalování biomasy

- spalování je nejstarší a nejjednodušší metoda pro termickou přeměnu biomasy za **dostatečného přístupu kyslíku**
- produktem je tepelná energie, která se následně využije pro vytápění, technologické procesy, nebo výrobu elektrické energie
- spalování nevyžaduje náročnou předchozí úpravu biomasy (je přijatelná i vyšší vlhkost suroviny), ale účinnost spalovacího procesu je na kvalitě paliva závislá

Části roštového ohniště

Základní části :

- spalovací prostor vymezený stěnami
- rošt s palivovou násypkou, hradítkem, škvárovým jízdem a výsypkou
- zařízení pro přívod spalovacího vzduchu

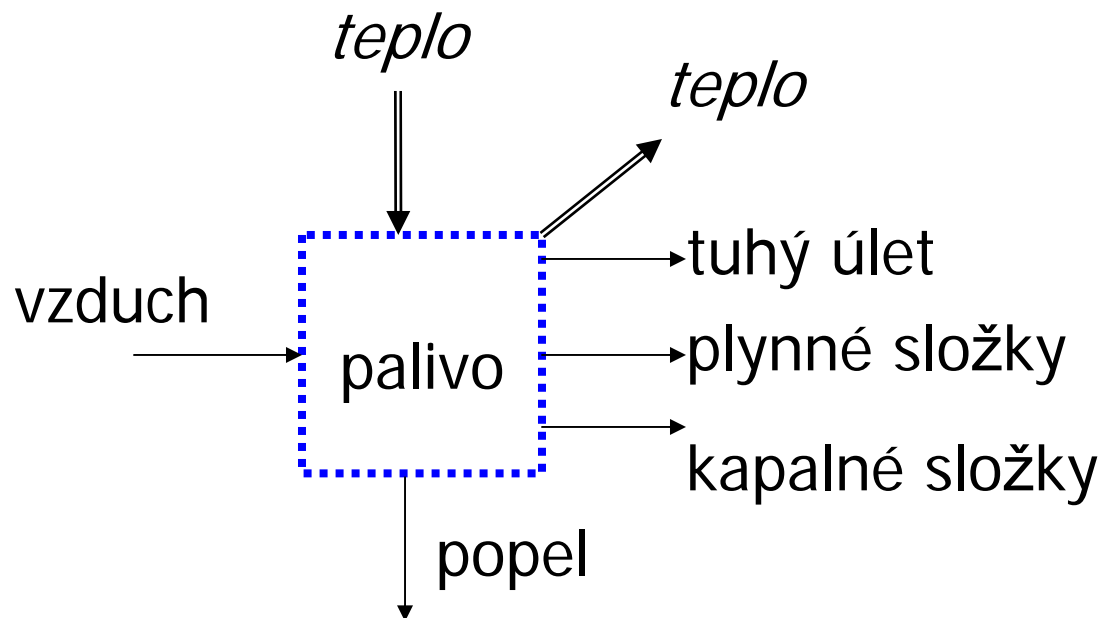


Základní části roštu :

- nosná konstrukce
- roštnice
- hnací ústrojí (u mechanických roštů)

Zplyňování

- termochemická přeměna pevného nebo kapalného paliva na plyn s podstechiometrickým množstvím přístupujícího kyslíku



Fáze při zplyňování

- fáze spalování
 - ohřev, odpaření vody, oxidace
 - produkty: plynné složky, popel
- fáze pyrolýzy
 - ohřev, odpaření vody, uvolňování plynných látek
 - produkty: plynné složky, polokoks
- fáze vytváření chemické rovnováhy
 - promíchání plynných produktů a jejich vzájemné reakce
 - získáme konečné složení plynu

Produkty zplyňování

- plyn, popel, pevný úlet, nečistoty, příměsi

- složení plynu

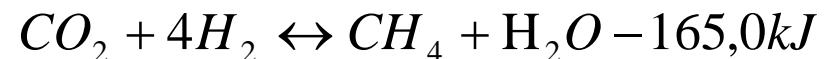
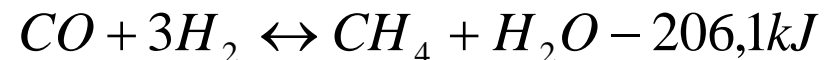
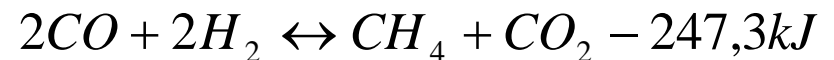
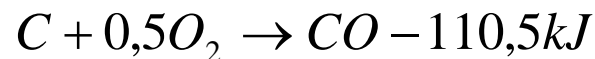
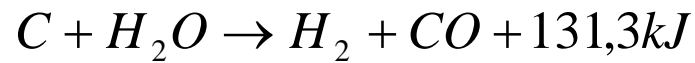
CH ₄	3÷5 %
H ₂	8÷12 %
CO	12÷18 %
CO ₂	15÷20 %
N ₂	48÷60 %
Q _i ^d	3,5÷5,5 MJ.m _n ⁻³
ρ	1,22 kg.m _n ⁻³

- nečistoty

- dehet (fenol a vyšší)
- pevné částice (popeloviny, nedopal)
- vyšší uhlovodíky (benzen, toluen, xylen)
- sloučeniny síry (H₂S, SO_x)
- sloučeniny dusíku (HCN, NH₃, NO_x)
- sloučeniny chloru
- sloučeniny alkalických kovů

Termodynamika zplyňování

- faktory ovlivňující chemické reakce
 - velikost palivových částic a rozsah rozměru
 - obsah vody v palivu
 - způsob kontaktu částice s plynem
 - míra ohřívání
 - teplotní profil generátoru
 - tlak v generátorů



Kriteria zplyňování

- **výhody zplyňování**
 - možnost kogenerace vedoucí k úspoře primárních energetických zdrojů
 - možnost smíšení s jinými palivy
 - teplota procesu není omezena nízkými teplotami měknutí popele
 - snadná kontrola spalovacího režimu
- **nevýhody zplyňování**
 - vznik složitých aromatických uhlovodíků – dehet
 - vysoké požadavky na kvalitu a čistotu plyn
 - složitější technologie
 - vyšší investiční náklady

Využití dřevoplynu

- chemický průmysl pro separaci metanu, vodíku, čpavku atp.
- spalování v kotli v parním RC
e=0,1-0,2
- spalování v tepelných motorech
e=0,5-0,6 pro spalovací motory,
e= 0,6-0,9 pro paroplynové cykly

Zařízení pro zplyňování

- pevné (sesuvné) lože
 - souproudé
 - protiproudé
 - s křížovým prouděním
- fluidní lože
 - se stacionární fluidní vrstvou
 - s cirkulující fluidní vrstvou
- podle provozního tlaku
 - atmosférické
 - tlakové

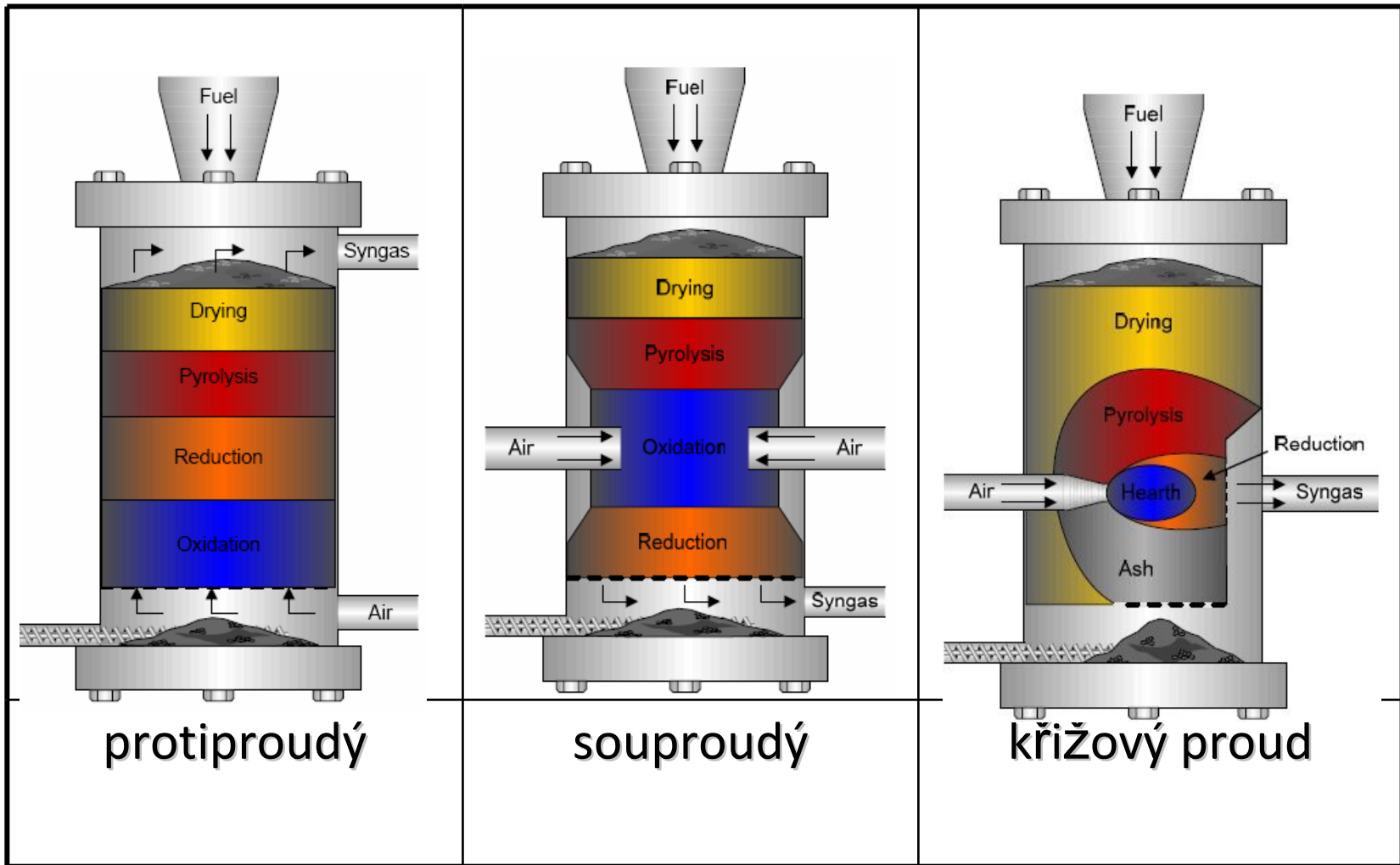
Troška historie



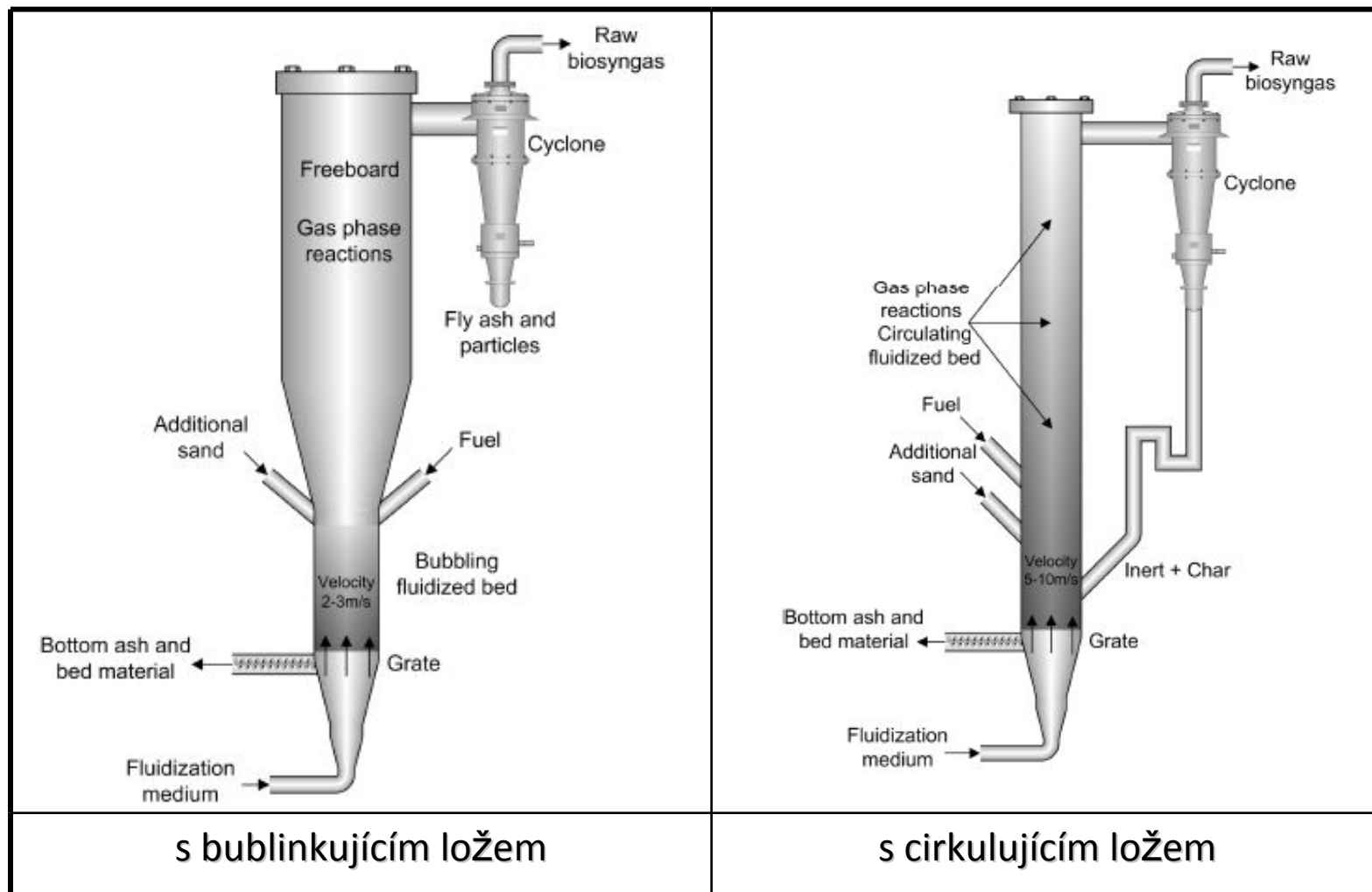
Škoda Superba r. 1942 model
s generátorem na dřevoplyn



Typy zplyňovacích zařízení – pevné lože



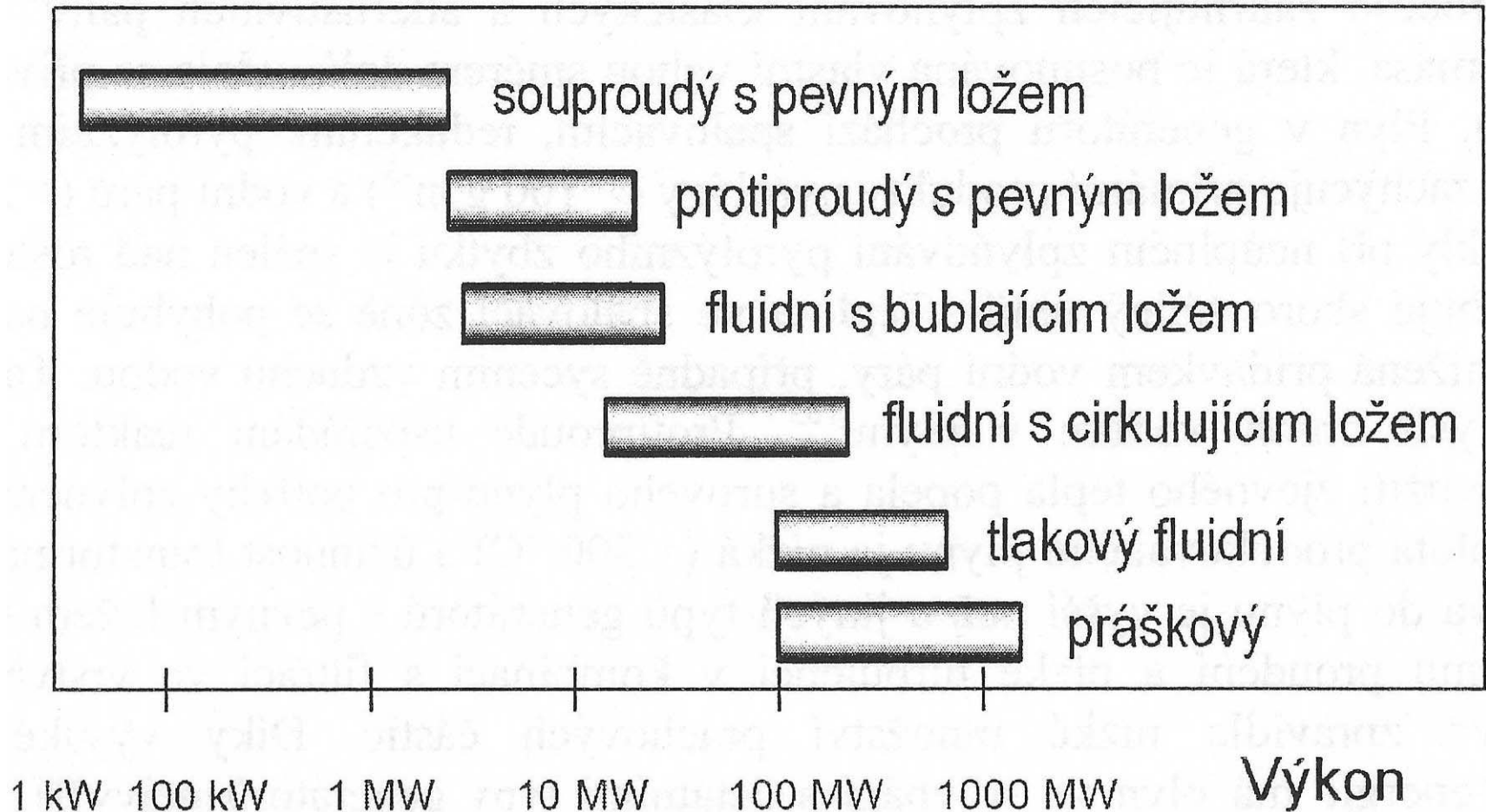
Typy zplyňovacích zařízení – fluidní lože



Porovnání typů zplyňovačů

skupina	pevná vrstva pohybující se dolů		fluidní vrstva		unášená vrstva
typ	souproudý	protiproudý	hustá	cirkulující	
t_{max} (°C)	700 – 1200	700 – 900	< 900	< 900	< 1500
$t_{p,out}$ (°C)	750 – 850	150 – 300	600 – 750	600 – 750	< 1500
řízení	jednoduché	velmi jednoduché	střední	střední	velmi komplexní
vlastnosti paliva	velmi rozhodující	rozhodující	méně rozhodující	méně rozhodující	velmi jemné částice
obsah dehtu	nizký	velmi vysoký	střední	střední	prakticky žádný

Porovnání typů zplyňovačů



Druhy zplyňovacích medií

- vzduch – levný, nízká výhřevnost plynu
- O_2 – vyšší výhřevnost
- vodní pára – zvyšování obsahu vodíku
- směs vzduchu (nebo O_2) a vodní páry
- CO_2 – zvyšování obsahu metanu
- H_2 – zvyšování obsahu vodíku

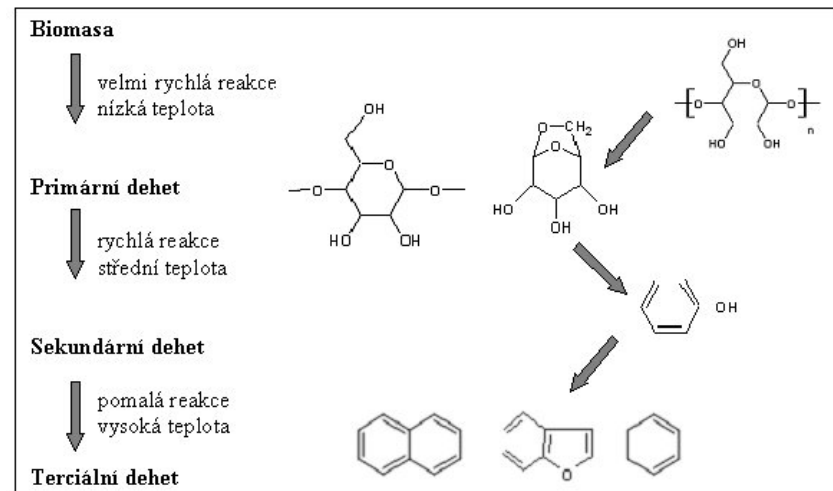
Dehet:

„Přítomnost dehtu je jedním z hlavních problémů při energetickém využívání energoplynu....“

Definice dehtu

➤ Tar Protocol.....“jedná se o veškeré organické látky s bodem varu vyšším než má benzen ($80,1^{\circ}\text{C}$)“

🇪🇺 Tvorba dehtu:



Rozdělení dehtu:

✚ Podle vzniku dehtu:

- primární dehet – bezprostřední produkty pyrolýzy, aldehydy, alkoholy, furany, apod.
- sekundární dehet – stabilnější fenoly a olefiny
- terciální dehet – stabilní látky: alkylaromáty(styren, xylen, toluen,...), PAHy (inden, naftalen, pyren, atd...)

✚ Klasifikace podle schopnosti kondenzace a rozpustnosti ve vodě:

1. nedetekovatelné pomocí plynové chromatografie
2. heterocyklické sloučeniny
3. aromatické uhlovodíky (jednokruhové)
4. lehké polyaromatické uhlovodíky (2-3 kruhové PAH)
5. těžké polyaromatické uhlovodíky (5-6 kruhové PAH)
6. neidentifikovatelné při plynové chromatografii

Primární metody eliminace dehtu:

- ✚ výhodou je jejich přímá aplikace v generátoru, není však možno dosáhnout úplného odstranění dehtů

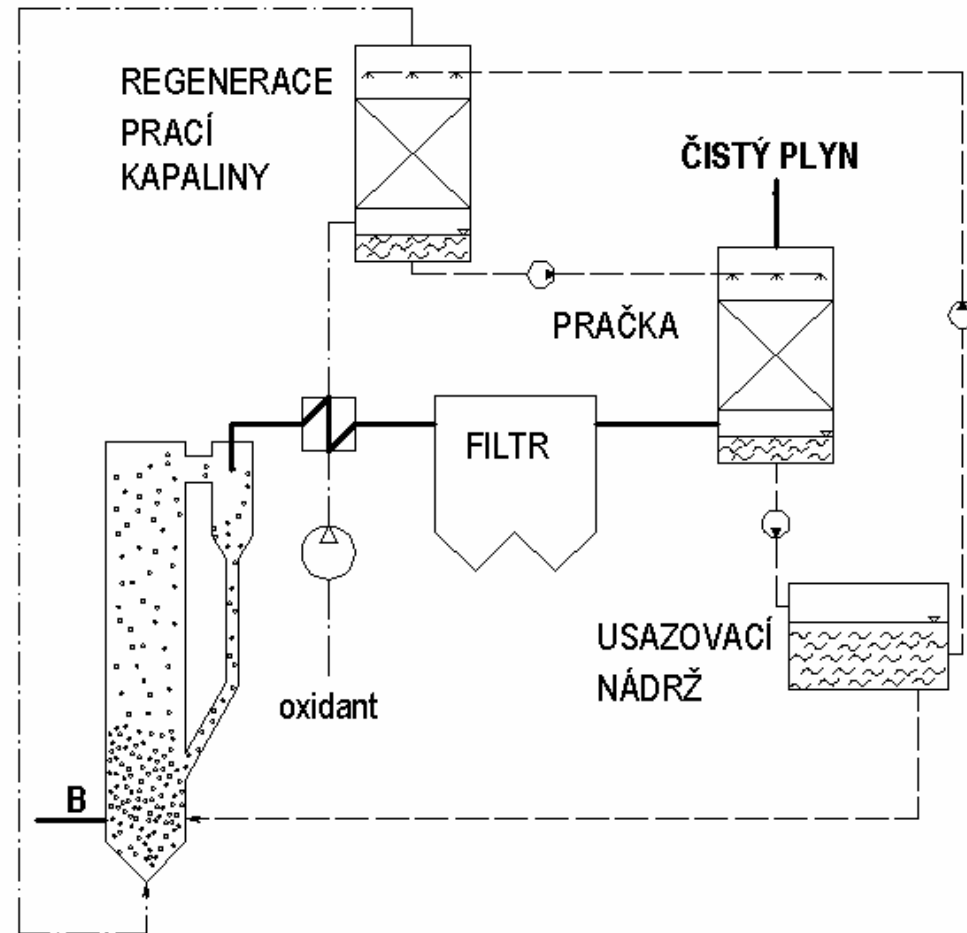
- Tepelné krakování
 - ❖ teploty 950 – 1200°C podle typu dehtu
 - ❖ dehty z biomasy jsou teplotně stabilnější
 - ❖ kontakt s otápeným povrchem
 - ❖ přívod vzduchu – ochlazení, ztráta výhřevnosti
- Parciální oxidace
- Katalytické krakování
 - ❖ dehet z biomasy obsahuje vysoce stabilní PAHy
 - ❖ pro jejich odstranění je nutná přítomnost katalyzátorů
 - ❖ vápenaté materiály, zejména olivín a dolomit
 - ❖ dosaženo až 20-ti násobné snížení dehtu
 - ❖ 0,5 – 2 g/Nm³

Sekundární způsoby odstraňování prachu a dehtu

- odstraňování prachu
 - horký cyklon
 - mokré elektrostatische odlučovače
 - bariérové filtry
 - mokré metody
- odstraňování dehtu
 - termický rozklad
 - mokré metody
 - použití aktivního uhlí
 - katalytické metody

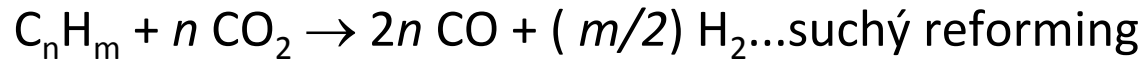
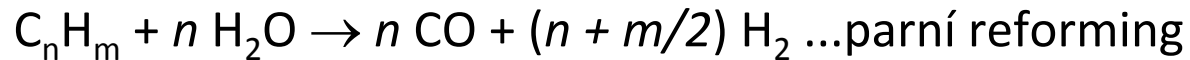
Mokrá vypírka

- nevýhody praček
 - maření tepla
 - spotřeba prací kapaliny
 - nízká účinnost vypírky
 - produkce znečištěné kapaliny



Sekundární metody eliminace dehtu:

- + výhoda: vysoký stupeň čistoty plynu
- + nevýhodou je nutnost instalace dalších zařízení
- Katalytické štěpení dehtů
 - vlastnosti katalyzátorů: levné, pevné, odolné proti otěru, odolné proti deaktivaci, spékání, regenerovatelné
 - redukce dehtu je podmíněna přítomností vodní páry nebo CO₂



Dále: hydrokrakování, hydrogenace, kat. pyrolýzy, polymerace

- ❖ Průmyslové katalyzátory (na bázi kovů, např. Ni)
- ❖ Přírodní katalyzátory (vápence)

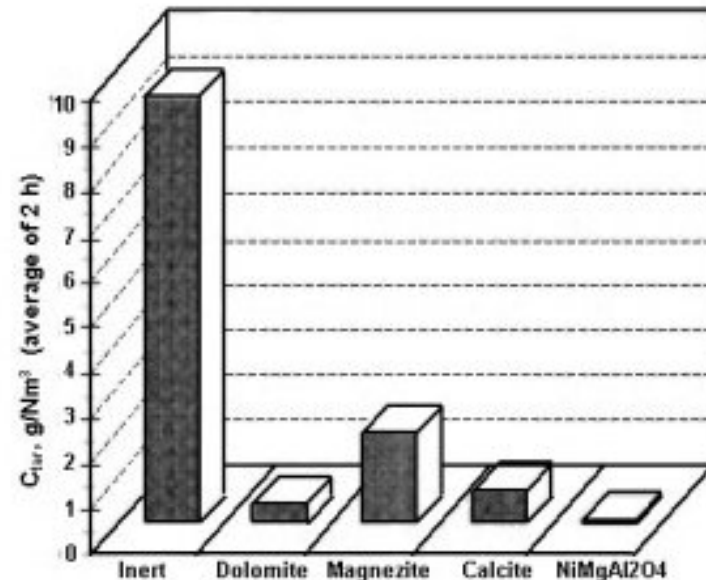
Katalyzátory na bázi kovů:

+ Výhody:

- jsou účinnější než přírodní katalyzátory
- pracují za nižších provozních teplot

+ Nevýhody:

- jsou náchylné k otravě sírou, popř. deaktivaci látkami, jež blokují jejich mikrostrukturu (alkálie, SiO_2)
- jsou podstatně dražší



Přírodní katalyzátory:

✚ Výhody:

- jsou dostupné a levné
- dosahují vysoké účinnosti štěpení dehtů
- nižší náchylnost k deaktivaci sírou při vysokých teplotách

✚ Nevýhody:

- vyšší provozní teploty
- náchylnost k tvorbě „zakoksování“

- suchý reforming →

„dehet“ - parní reforming → $\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{CH}_4 + \dots +$ „koks“

- termické štěpení →

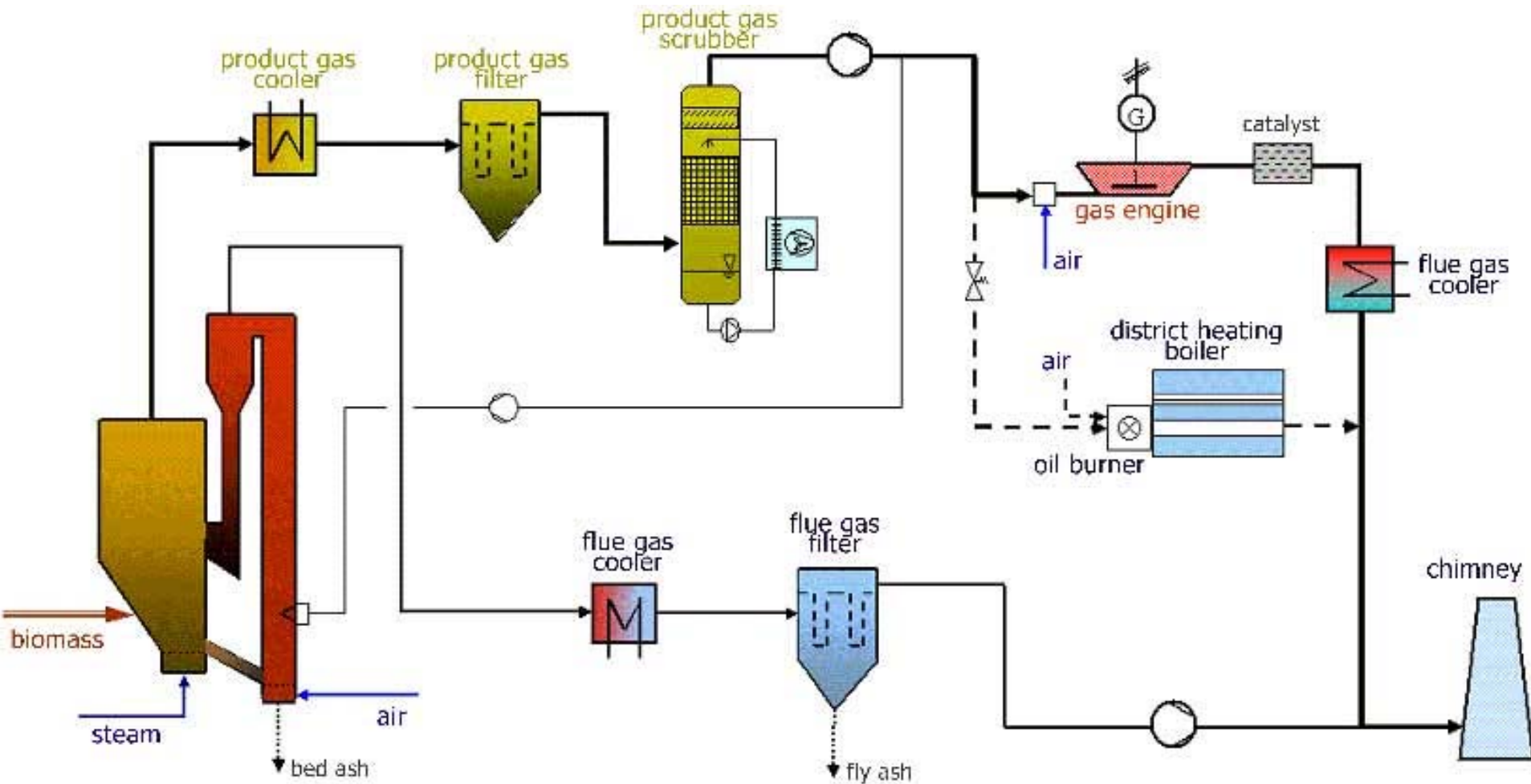
- ❖ nejedná se o nevratný proces
- ❖ $T > 840^\circ\text{C}$, $d < 1,9\text{mm}$, $m > 0,17\text{ kg}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$

✚ olivín, dolomit, zeolit, kalcit, vápenec

Güessing, Rakousko

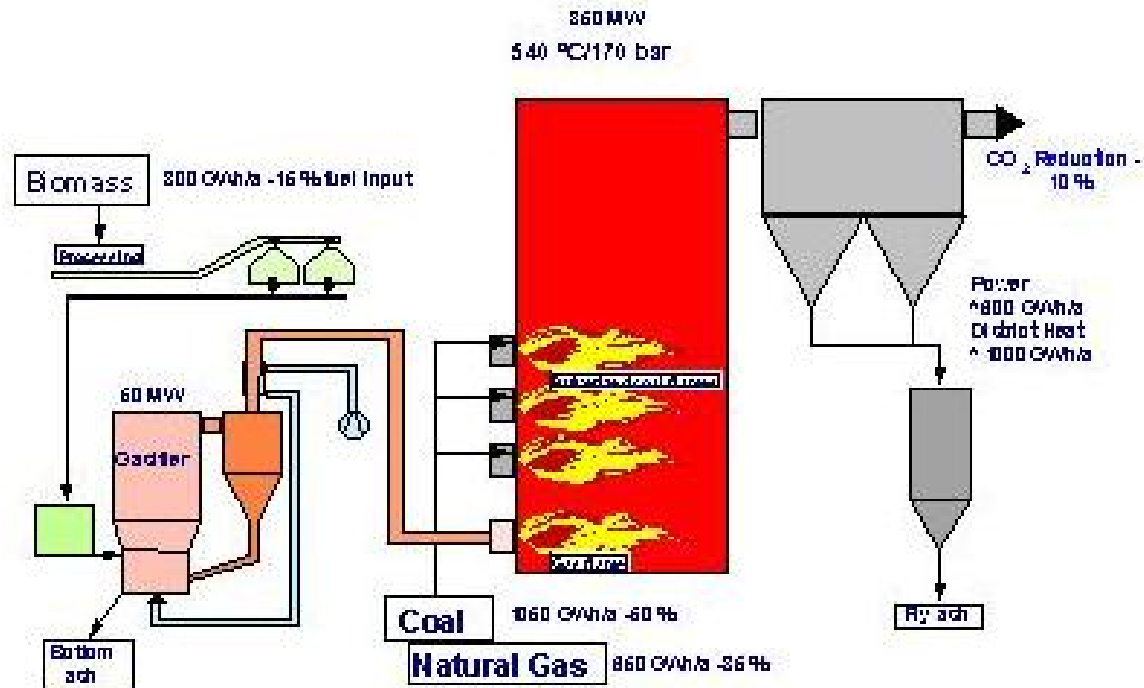


Güessing, Rakousko

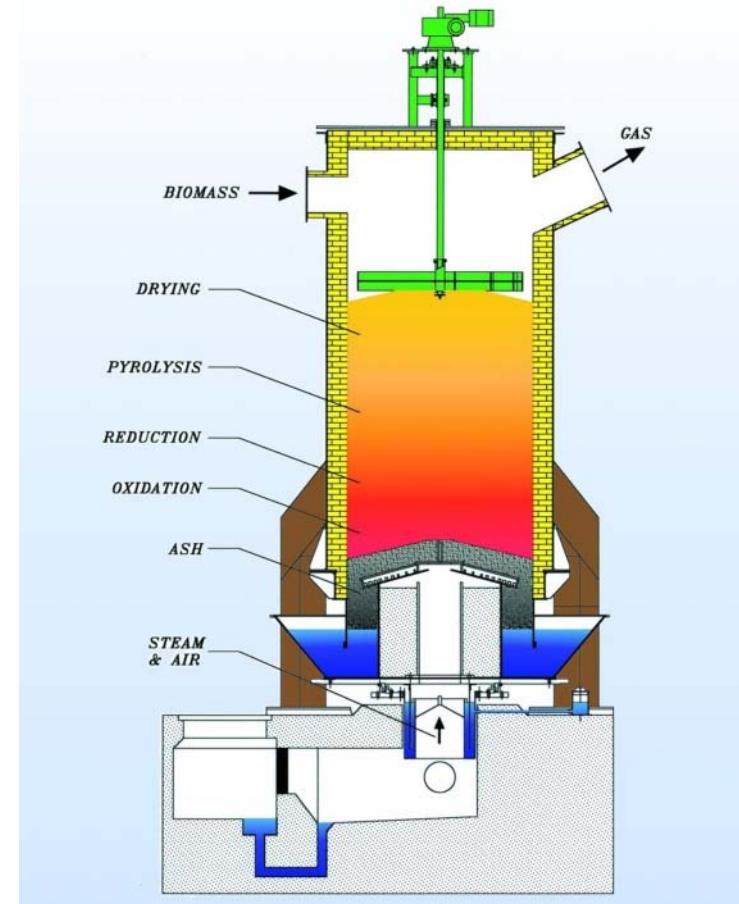
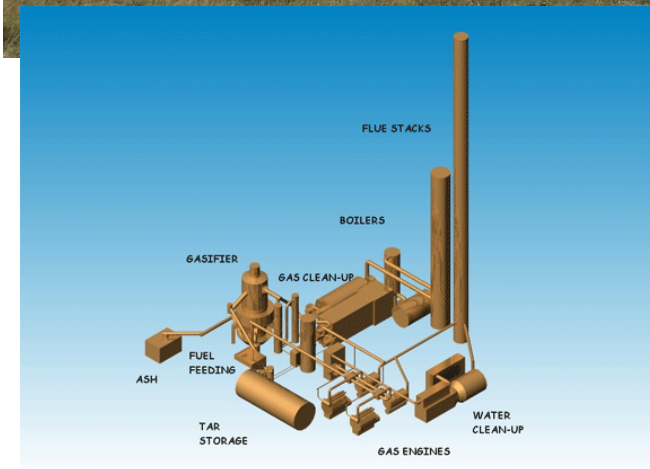


Lahti, Finsko

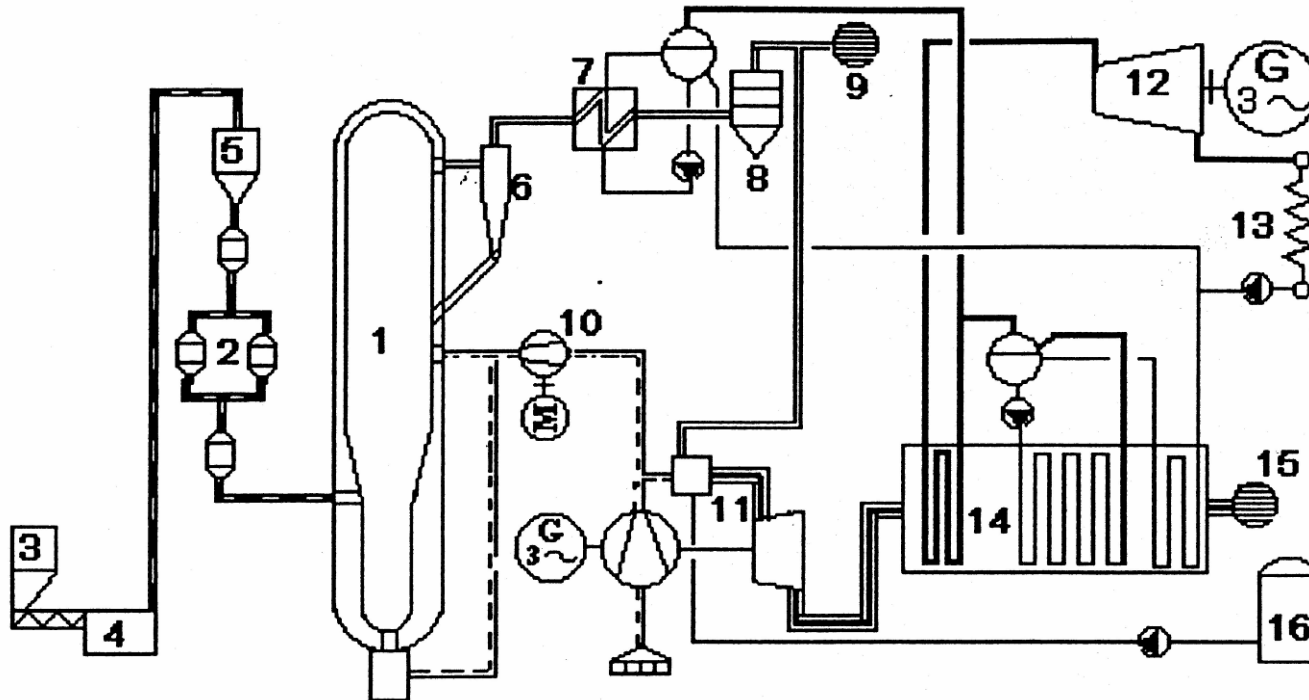
Fig. 2 Lahti Gasifier and PC Boiler Systems



Harboøre, Dánsko



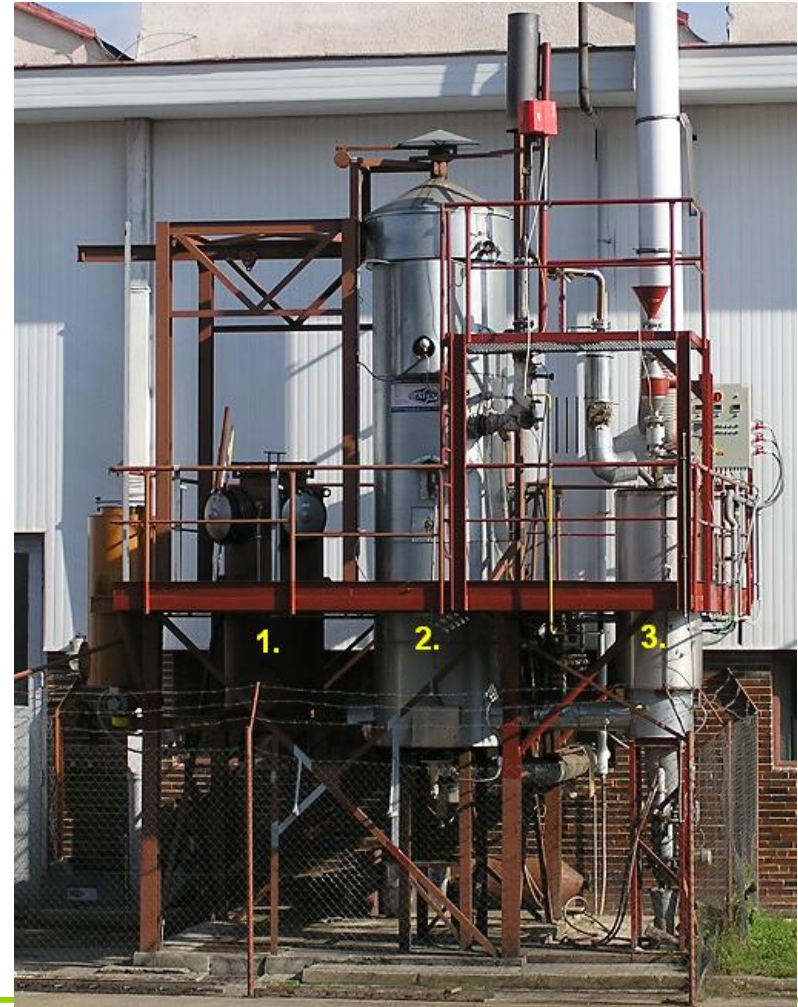
Paroplynová elektrárna na dřevní odpad Várnamo



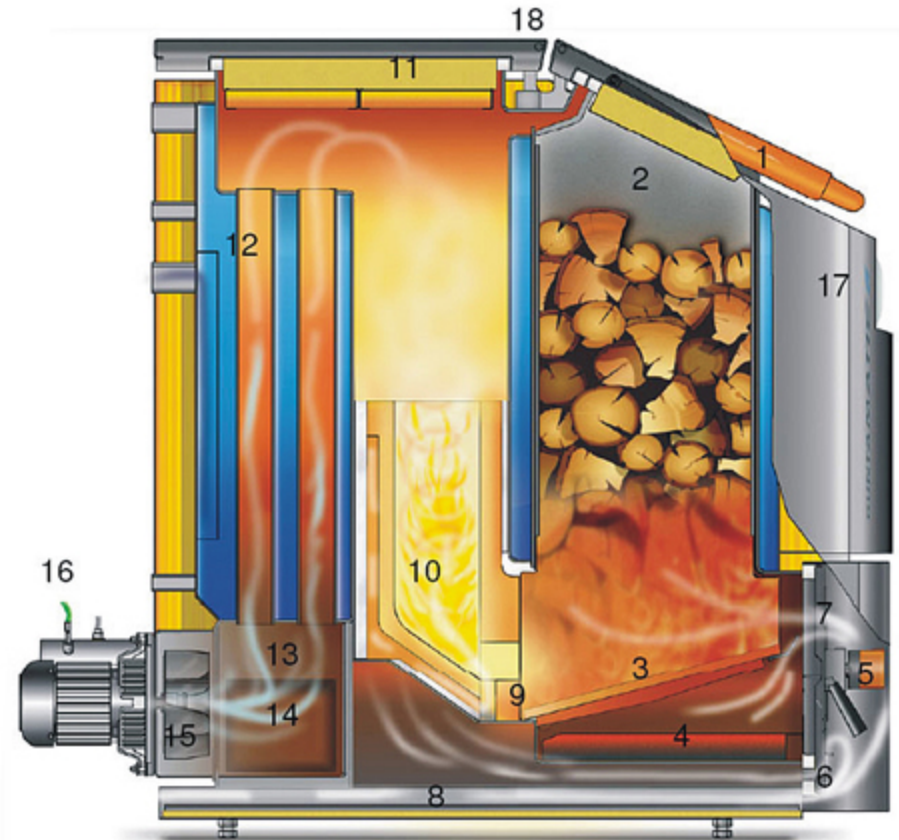
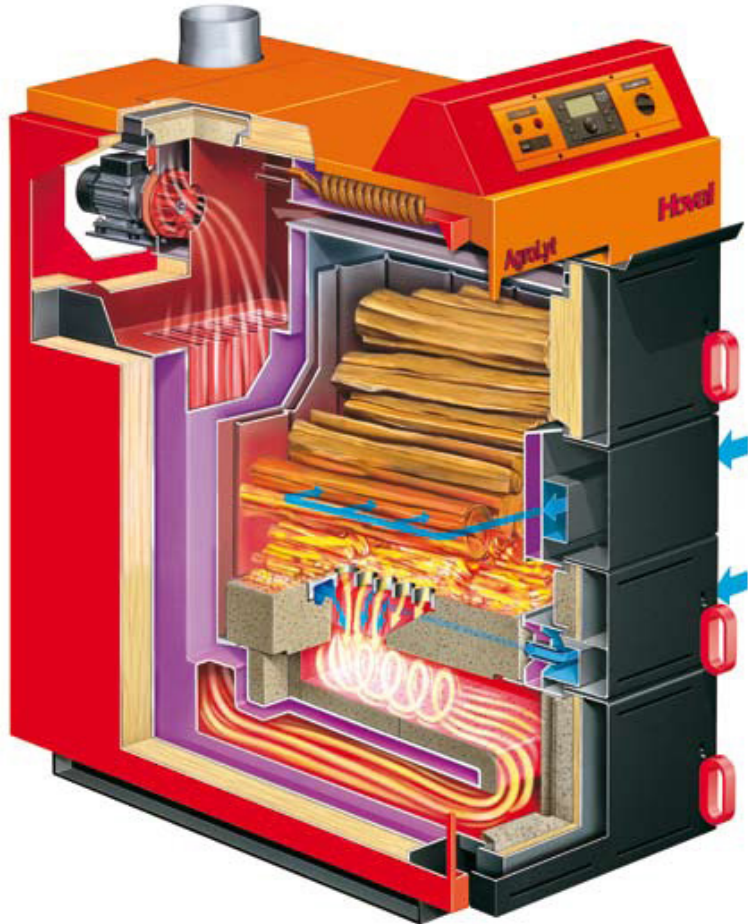
1 zplyňovací generátor, 2 zásobníky, 3 vstupní palivové silo, 4 sušička, 5 vstupní zásobník paliva, 6 cyklónový odlučovač, 7 chladič plynu/parní kotel na sytou páru, 8 vysokoteplotní filtry, 9 výstup na fléru, 10 dotlačovací kompresor, 11 spalovací turbína, 12 parní turbína, 13 kondenzátor/teplofikační výměník, 14 kotel na odpadní teplo, 15 komín, 16 zásobníky topného oleje, 17 odvod popele.

Biofluid 100

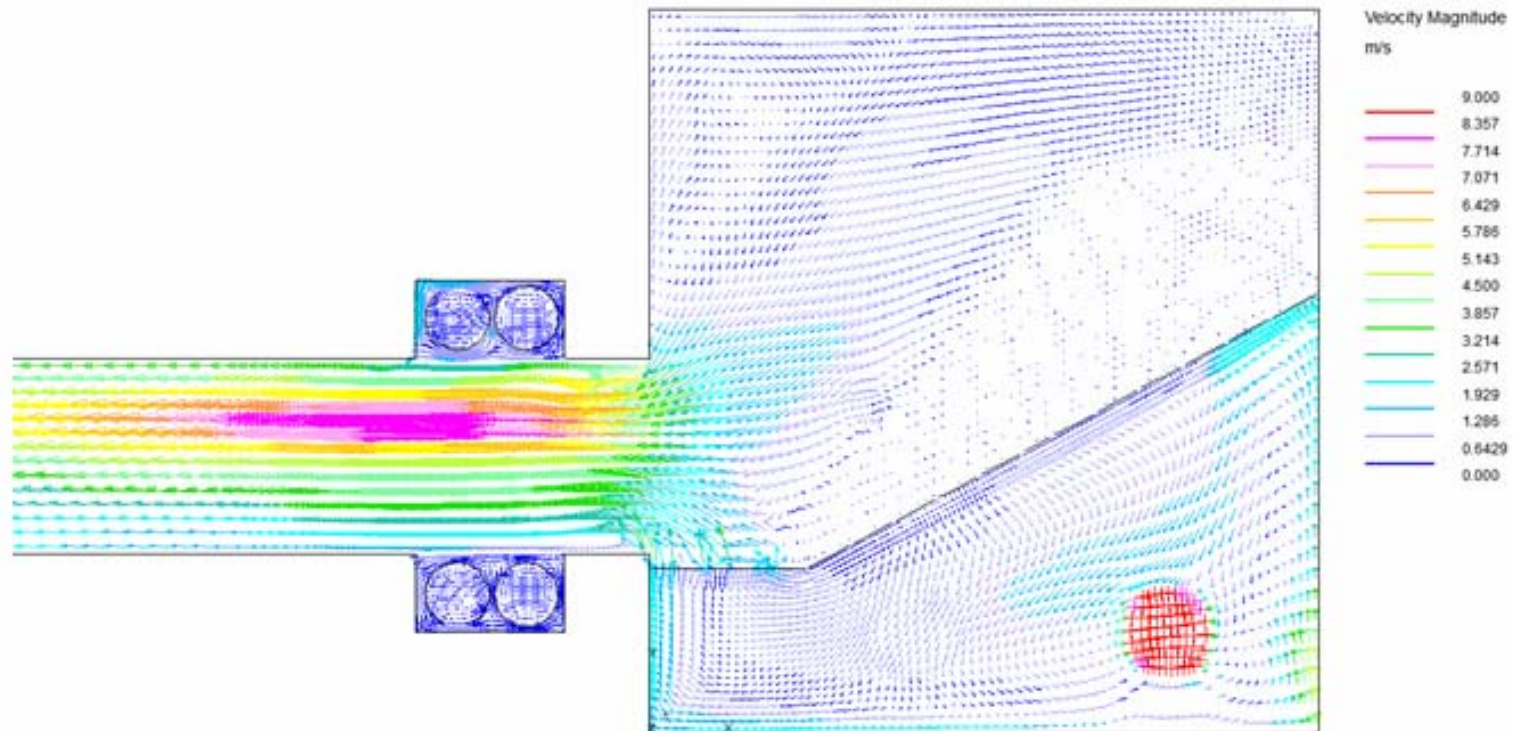
- atmosférický fluidní zplyňovač
- zplyňovací medium
 - vzduch
- palivo
 - dřevní štěpka
 - dřevní odpad
 - stébelniny
 - odpady
- čištění plynu
 - horký katalytický filtr



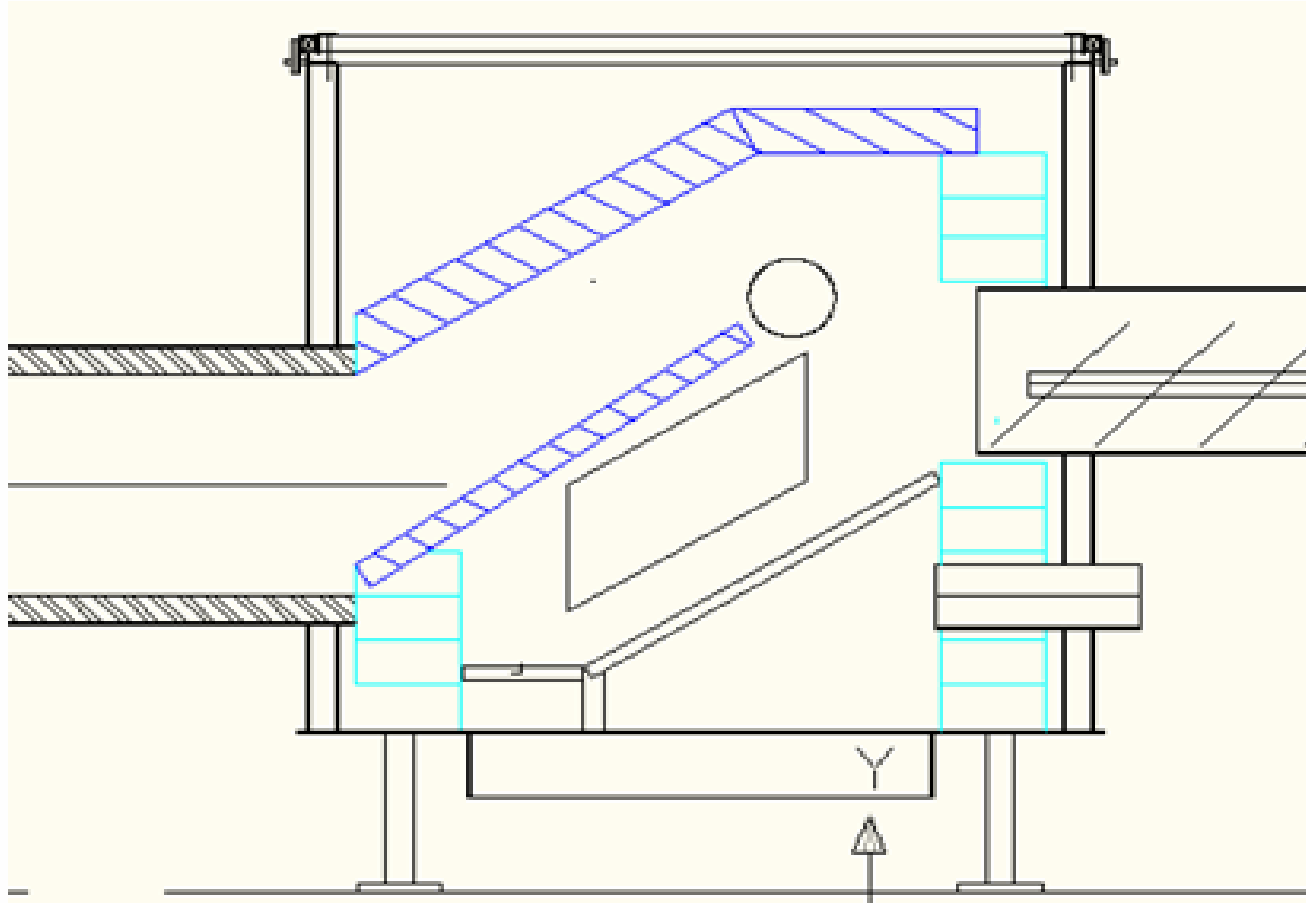
Zplyňovací kotle



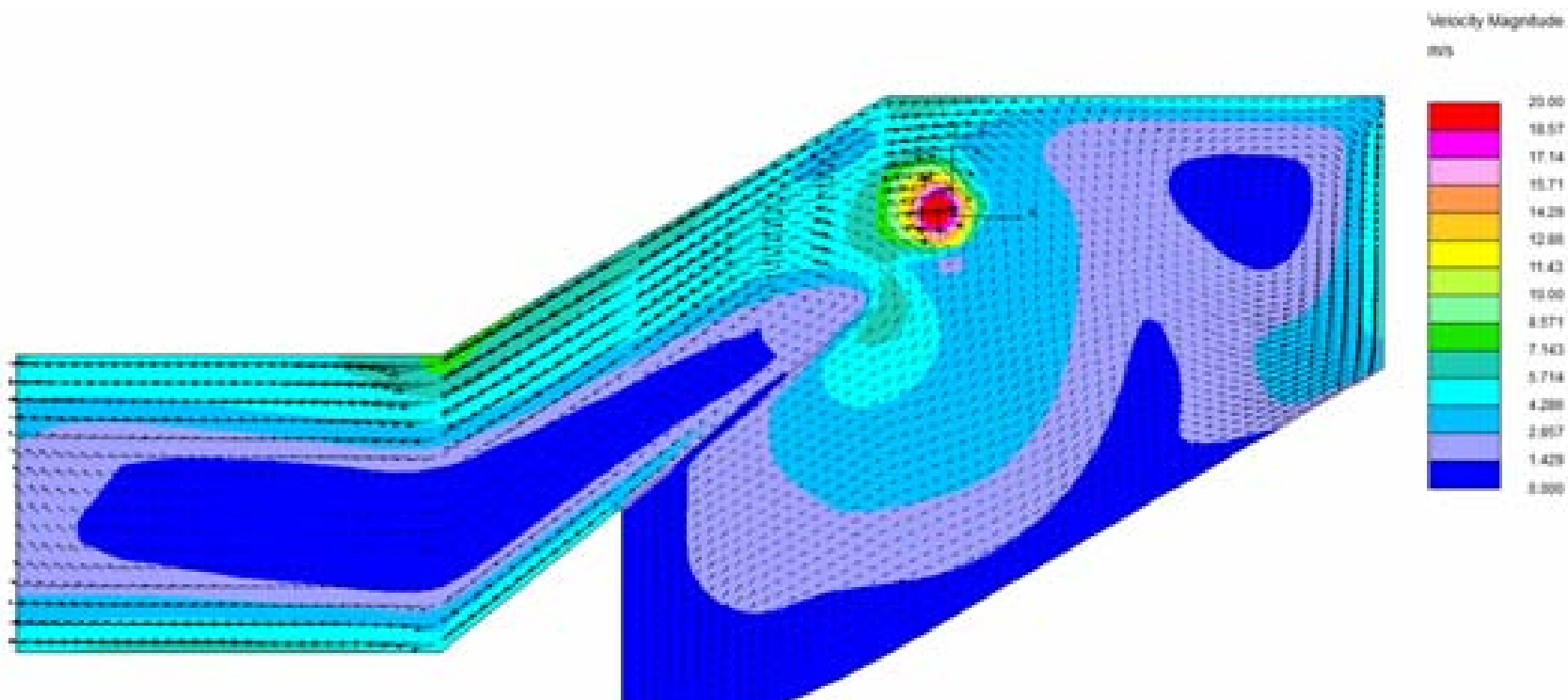
Proudění vzduchu kotlem



Změna konstrukce

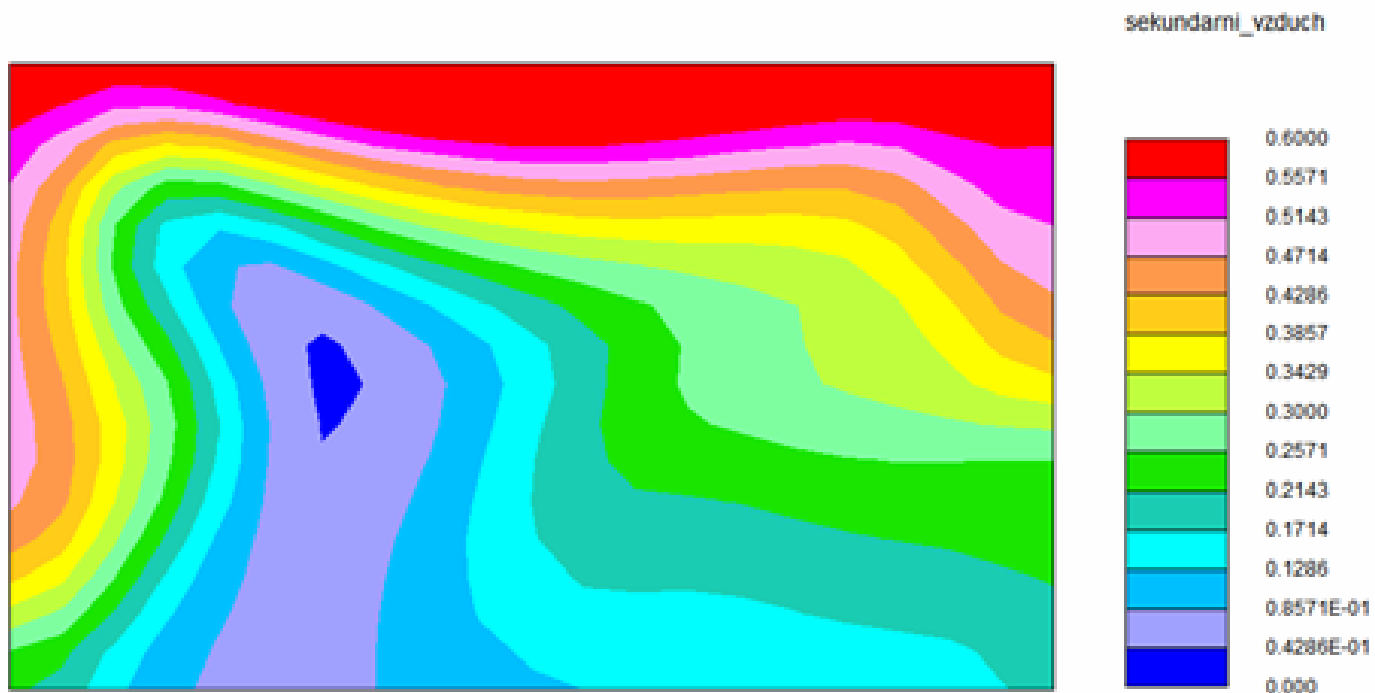


Rychlostní pole



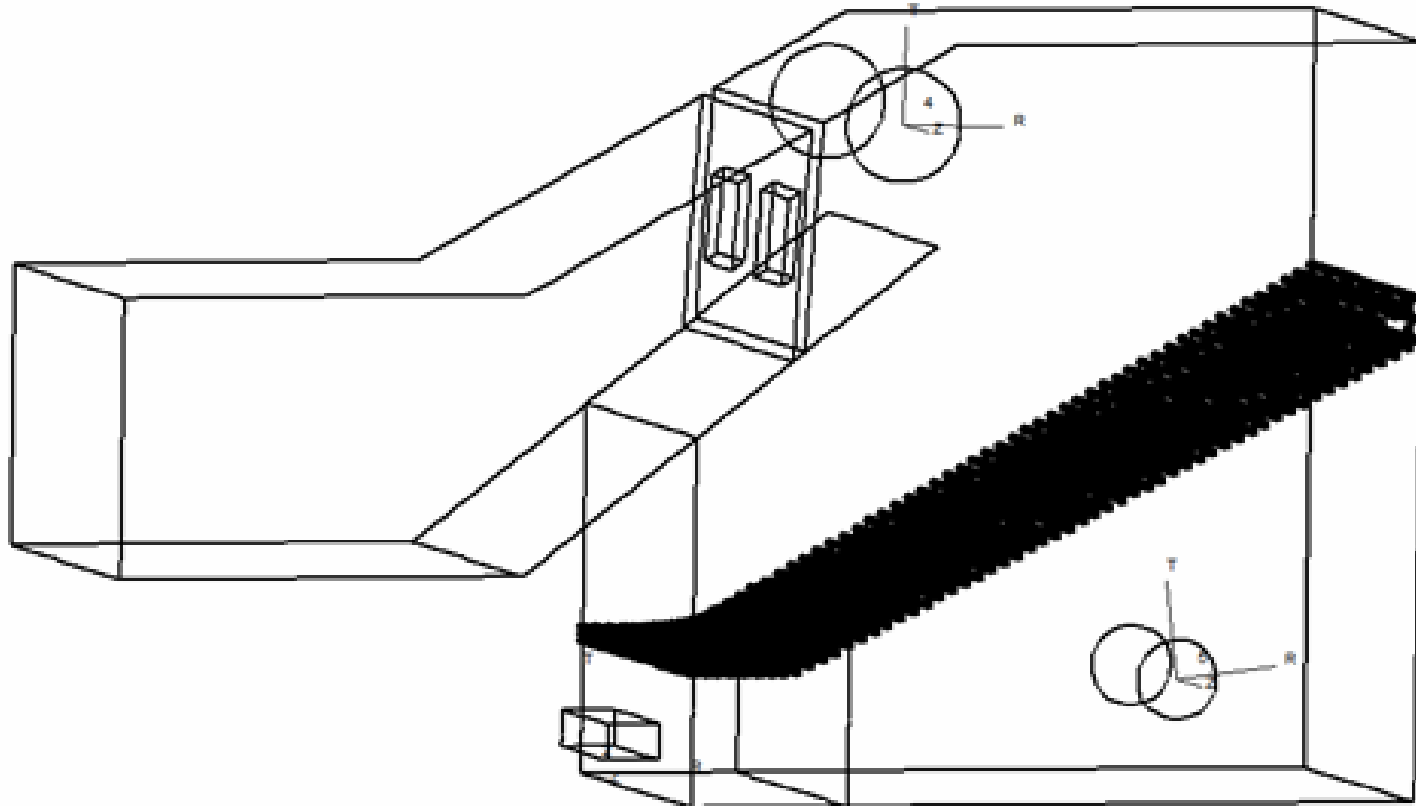
Obr. 7 Rychlostní pole ve středovém řezu kotle

Koncentrace vzduchu

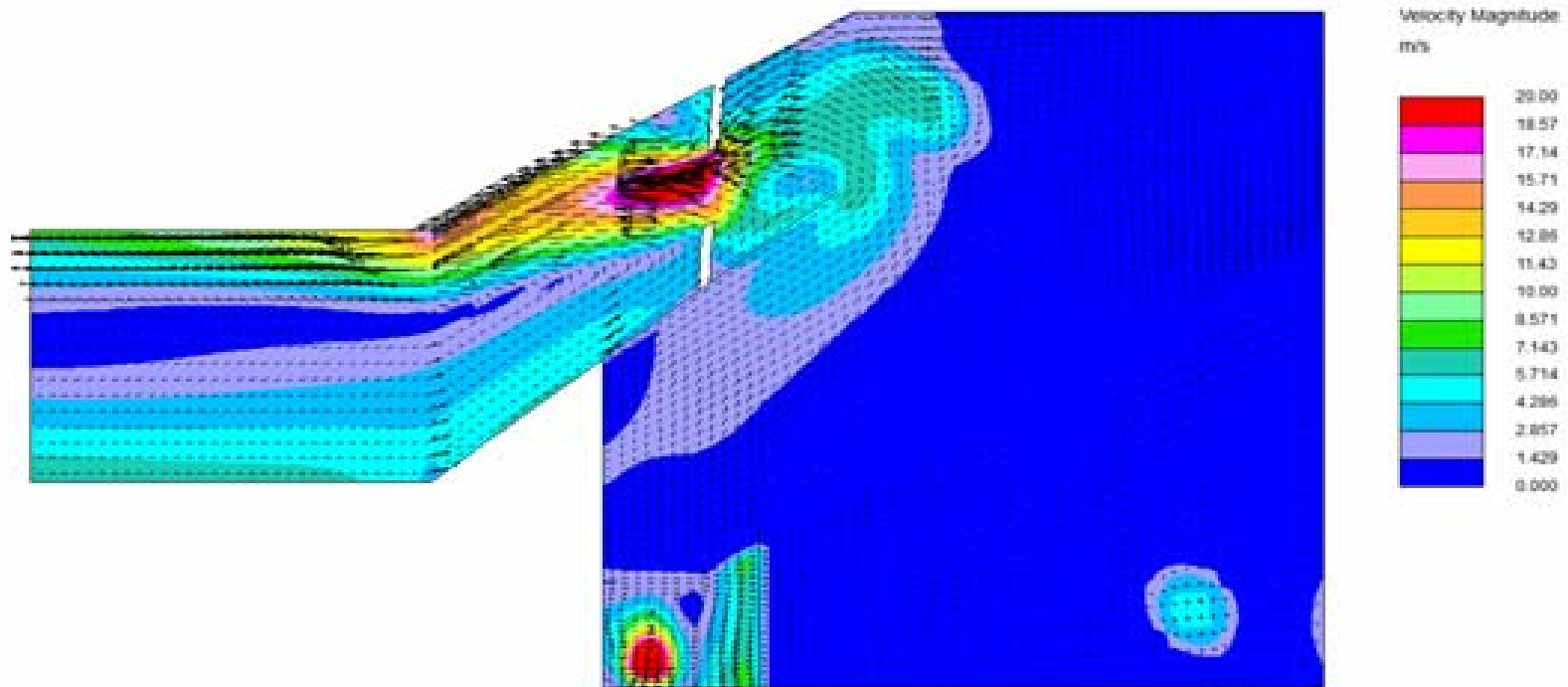


Obr. 17 Koncentrace 2^ovzduchu v řezu vedeném v poloze levé stěny kotle – pohled ve směru spalin

Přidány „BRÝLE“

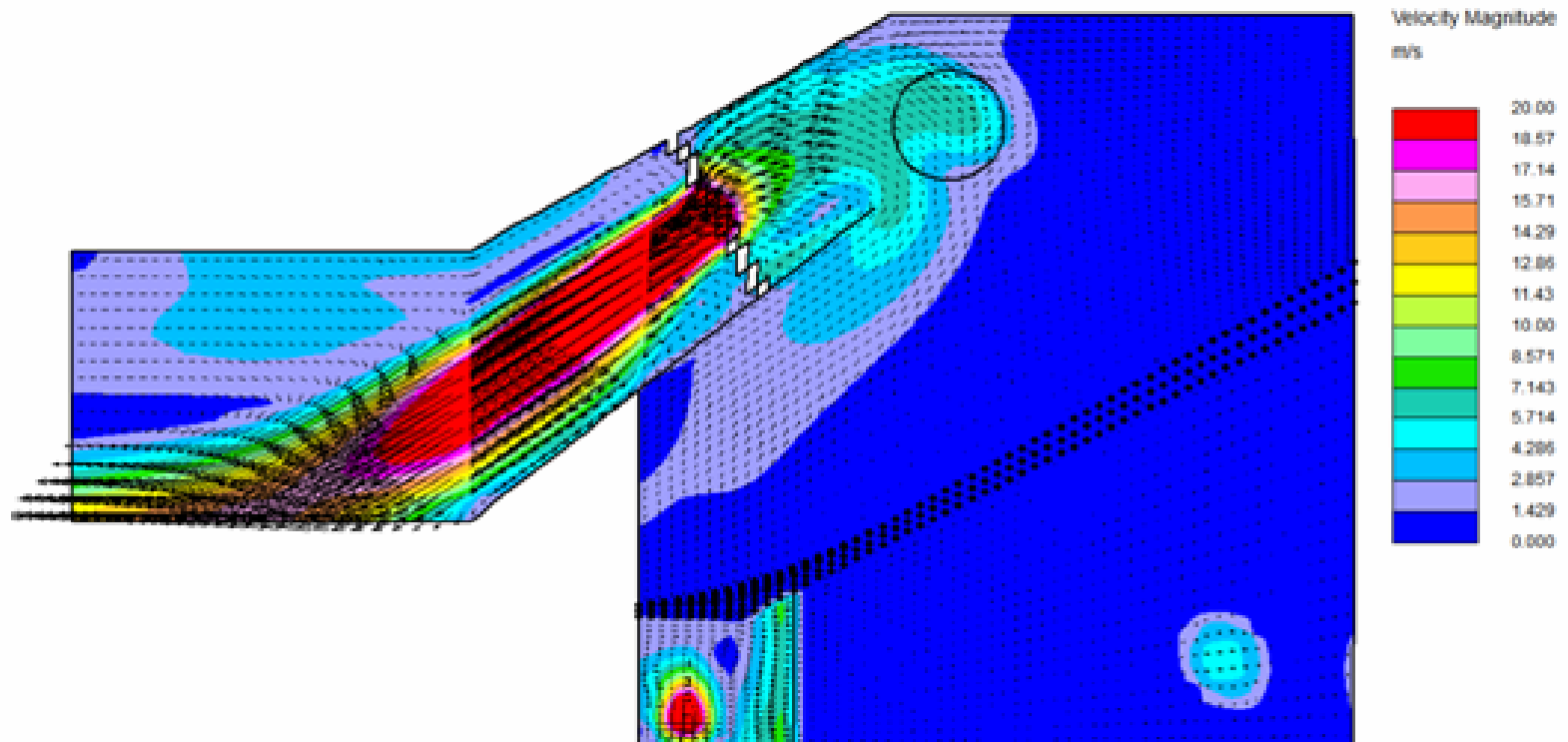


Změna rychlostního pole

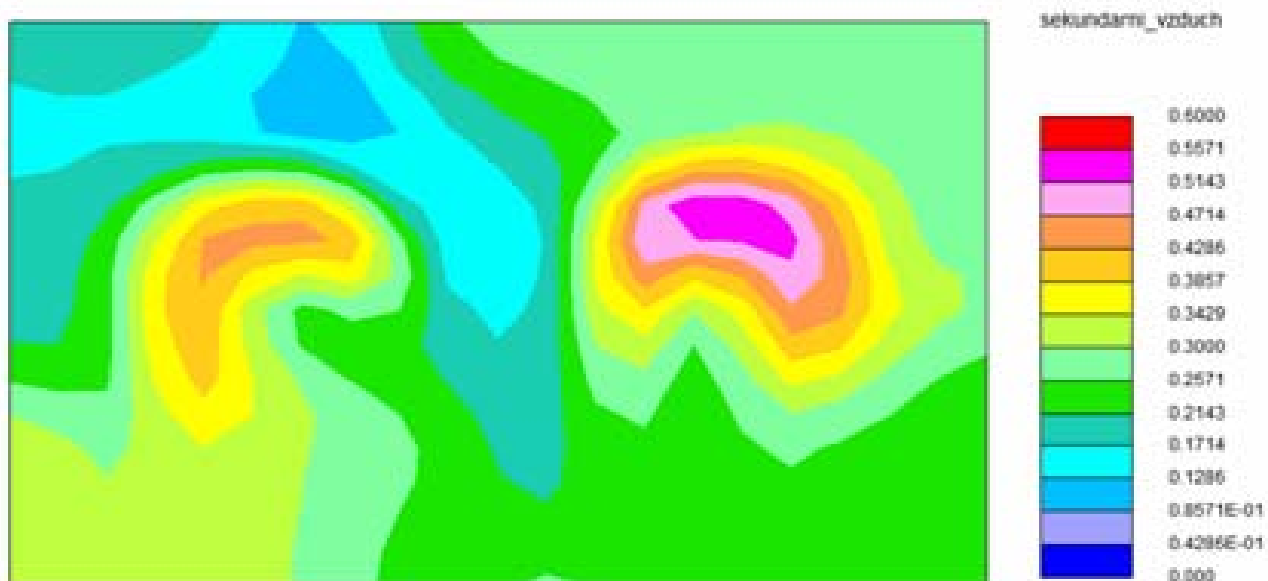


Obr. 22 Rychlostní pole v horizontálním řezu vedeném „okem“ brýlí u zadní stěny

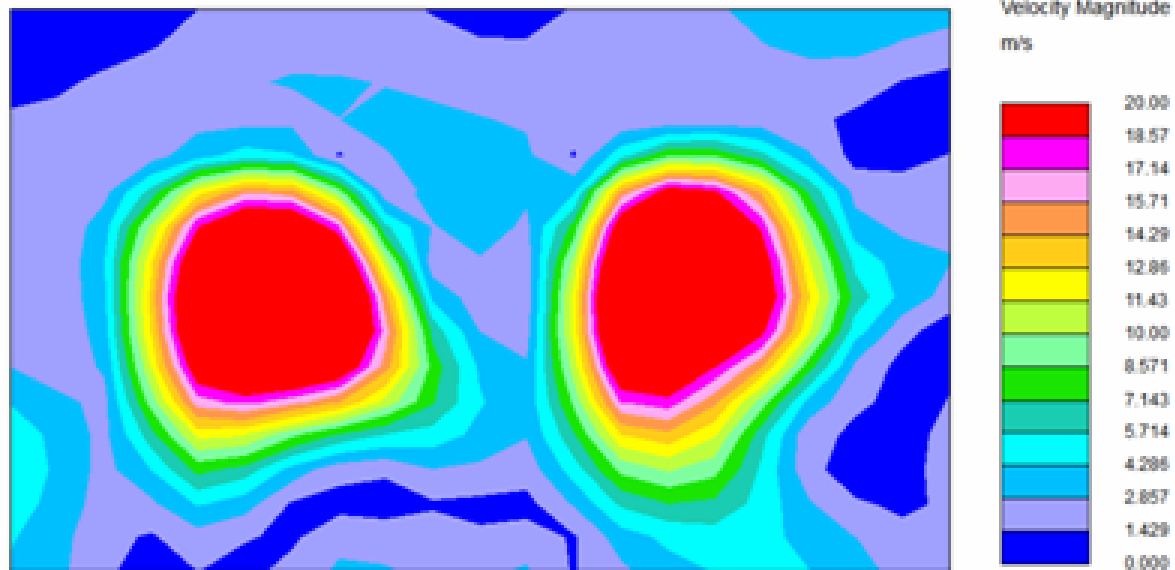
Zešikmení vestavby



Obr. 29 Rychlostní pole v horizontálním řezu vedeném „okem“ brýlí u zadní stěny



Obr. 31 Koncentrace 2^ovzduchu v řezu vedeném v poloze levé stěny kotle – pohled ve směru spalin



Obr. 30 Rychlostní pole v řezu vedeném v poloze levé stěny kotle – pohled ve směru spalin