

## OZE

### Biomasa

## ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY

Co je to biomasa?

- **Biomasa** je souhrn látek tvořících těla všech organismů, jak rostlin, bakterií, sinic a hub, tak i živočichů.
- Tímto pojmem často označujeme rostlinnou biomasu využitelnou pro energetické účely.
- Energie biomasy má svůj prapůvod ve slunečním záření a fotosyntéze.

## ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY

Skupina	Technologie	Produkty	Výstupy
	Spalování		Teplo, elektřina
Chemické přeměny termické	Zplyňování Rychlá pyrolýza	Olej, plyn, dehet, metan, čpavek, metanol	Elektřina, teplo, pohon vozidel
	Zkapalňování	Olej	
Chemické přeměny ve tekutém prostředí	Esterifikace	Metylester řepkového oleje (MEŘO)-bionafta	Pohon vozidel
	Anaerobní digesce	Bioplyn, metan	Elektřina, teplo, pohon vozidel
Biologické procesy	Alkoholové kvašení	Etanol	Pohon vozidel
	Kompostování		Teplo (z chlazení kompostu)

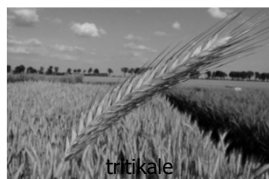
## ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY

Rozeznáváme především

- zbytkovou (odpadní) biomasu
  - dřevní odpady z lesního hospodářství
  - odpady z celulózo-papírenského, dřevařského a nábytkářského průmyslu
  - rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny
  - komunální bioodpad
  - odpady z potravinářského průmyslu
- cíleně pěstovanou biomasu
  - energetické byliny
  - rychlerostoucí dřeviny

## Energetické byliny

Druh rostlin	Termín setí	Termín sklizně	Výnos suché hmoty v t/ha
Tritikale	25. 9. – 10. 10.	VII, VIII	10–12
Komonice bílá	IV–V	(VIII), IX	12–15
Slunečnice topinambur	V	IX (X, XI)	8–10
Šťovík krmný	V–VII	VII, (VIII)	15–25
Chrastice–lesknice rákosovitá	podzím (brzy z jara)	VI, VII	9–10 (15)
Kostřava rákosovitá	III, IV	VII	8–14



tritikale



chrastice

## Rychlerostoucí dřeviny

Vrby a topoly

- vysoká produkce dřeva v první dekádě růstu
- 10 t(suš.)/ha/rok = 180 GJ/ha/rok
- rychlý výškový růst (1 - 3 m/rok)
- snadné a levné rozmnožování
- pařezová výmladnost



## ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY

V podmínkách České republiky představují biomasu zejména:

- dřevní odpady – štěpky, piliny, hobliny, kůra, větve a pařezy,
- nedřevní fytohmota – zelená biomasa, obilná a řepková sláma, energetické plodiny (tzv. nová biomasa),
- průmyslové a komunální odpady rostlinného původu – např. papírenské odpady,
- produkty živočišné výroby – kejda, chlévká mrva

## Energetické využití biomasy jejím spalováním

- pro výrobu tepla
  - výtopny na biomasu – převážně teplovodní
- pro výrobu elektřiny
  - parní elektrárny na biomasu
  - teplárny na biomasu
    - parní
    - ORC
    - Stirlingův motor

Biomasu lze v těchto zdrojích

- spalovat samostatně
- spoluspalovat s jiným palivem – převážně s uhlím

8

## Biomasa jako palivo

je charakterizována

- výhřevností
- obsahem vody
- obsahem popela
- složením hořlaviny
- podílem prchavé hořlaviny
- složením popelovin – Cl, těžké kovy,
- teplotou měknutí, tavení a tečení popelovin

9

## Složení biomasy

- složení hořlaviny biomasy se podle druhu liší jen málo

Chemické složení		Dřevní štěpka		Sláma		Traviny	
Parametr	Jednotka	Průměr	Rozsah	Průměr	Rozsah	Průměr	Rozsah
Uhlík C	% hm. suš	50	49-52	47,5	45,6-48	48,1	47-49
Vodík H	% hm. suš	5,8	5,2-6,1	5,9	5,3-6,4	6,5	5,5-6,8
Dusík N	% hm. suš	0,3	0,1-0,7	0,7	0,3-1,5	1,1	0,7-3,1
Síra S	% hm. suš	0,05	<0,1	0,1	0,05-0,3	0,12	0,05-0,3
Kyslík O	% hm. suš	41,4	39-43	41,8	40,4-42,3	38,8	36-41
Prchavá hořlavina	% hm. suš	81	70-85	78	75-81	76	74-82

- spalné teplo hořlaviny proto je od 17,5 do 21 MJ/kg
- obsah popela je malý – od 1 do 7 %

10

## Obsah vody v biomase

- je značně proměnný – od 10 do 80 %
- obsah vody v biomase ovlivňuje
  - výhřevnost
  - teplotu spalování
  - objem vzniklých spalin
  - teplotu rosného bodu spalin
  - dosažitelnou účinnost kotle

11

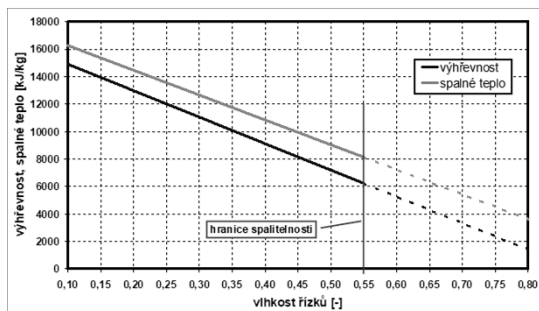
## Vliv obsahu vody na výhřevnost

$$Q_i = Q_s - 2453 \cdot (W' + 9 \cdot H') \quad (\text{kJ} / \text{kg})$$

Chemické složení		Dřevní štěpka		Sláma		Traviny		
Parametr	Jednotka	Průměr	Rozsah	Průměr	Rozsah	Průměr	Rozsah	
Obsah vody	$W'$	% dm	45,0	20-60	14,0	7,7-23	14,5	10,5-21
Popel	$A_d$	% hm.suš	1,1	0,3-6	4,5	2-7	5,3	3,8-8
Prchavá hořlavina	$H'$	% dm.suš	81,0	70-85	78,0	75-81	76,0	74-82
Výhřevnost		MJ.kg <sup>-1</sup>	9,5	15,1-5,9	14,9	16,1-11,8	14,7	15,25-11,1

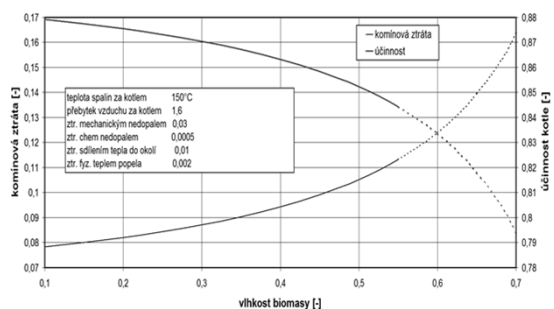
12

## Závislost výhřevnosti biomasy na obsahu vody



13

## Závislost účinnosti kotle na vlhkosti biomasy



14

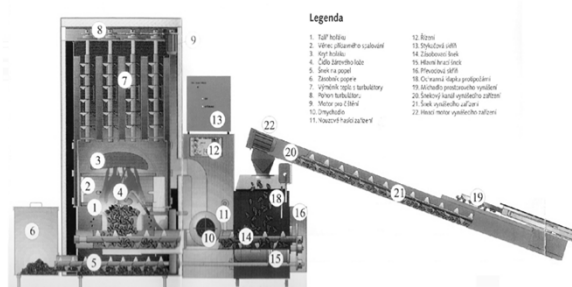
## Teplota měknutí a tání popela biomasy

Palivo	Teplota měknutí (°C)	Teplota tání (°C)
dřevo	1150	1170
šťovík	1255	1280
šťovík + chrastice 1:1	860	905
šťovík + piliny 1:1	875	920
obilní zbytky	980	1035
řepková sláma + uhlí 9:1	1255	1315
seno	1080	1170

## Spalovací technologie vhodné pro energetické využití biomasy

- spalovací technologie
  - ve vrstvě na roštu
  - fluidní
- samostatné spalování v původním stavu  
možné do  $W \sim 50$  (55) %
- spoluspalování biomasy s uhlím
  - ve fluidních kotlích
  - v práškových kotlích

16

Malé zdroje  
RUČNÍ PŘÍKLÁDÁNÍMalé zdroje  
SAMOČINNÉ PŘÍKLÁDÁNÍ

Návrh kotlů na spalování biomasy

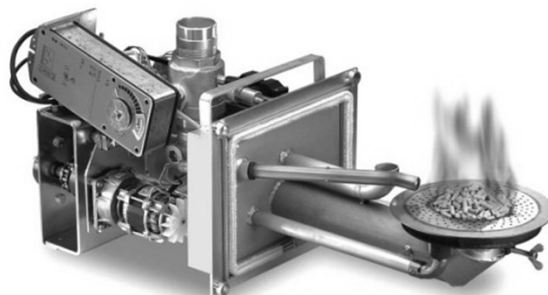
## Kotle na pelety 15 až 100 kW

automatizované přikládání i provoz



1. ovládací a indikační jednotka s displejem
2. mikroprocesor řízeného spalovacího automatu
3. spalovací komora z vysoce legované oceli
4. dvířka spalovacího prostoru
5. popelník
6. volitelná technologie pro stlačování popela
7. spalování se spodním přívodem s retortou z nerezové oceli
8. opláštění kotle
9. odhlučňený zásobník se sací turbínou
10. tepelná izolace kotle
11. čističí mechanizace
12. opláštění kotle

## Retortový hořák na pelety



## Kotle na pelety 15 až 100 kW

### Výhody

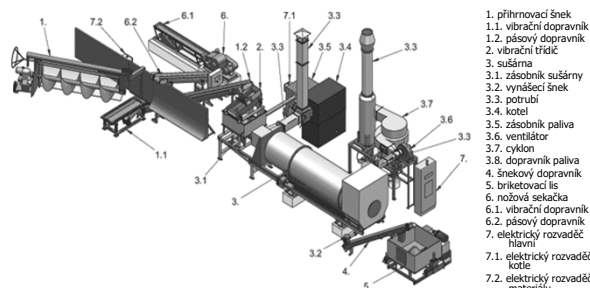
- velmi vysoká účinnost 85 až 92 %
- automatizovaný bezobslužný provoz
- přikládání s periodou několika desítek hodin
- možnost napojení kotle na pokojový termostat
- kvalitní spalování s dobrou regulací výkonu

### Nevýhody

- drahé palivo

21

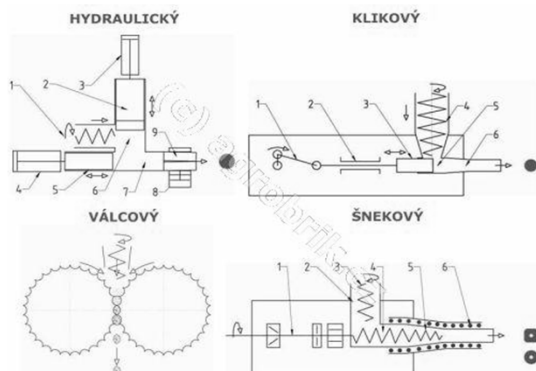
## Briketovací linka



1. příhmovací šnek
- 1.1. vibrační dopravník
- 1.2. pásový dopravník
2. vibrační třídič
3. sušárna
- 3.1. zásobník sušárny
- 3.2. vlnáčeč šnek
- 3.3. potrubí
- 3.4. kotel
- 3.5. zásobník paliva
- 3.6. ventilátor
- 3.7. cyklon
- 3.8. dopravník paliva
4. šnekový dopravník
5. briketovací lis
6. nožová sekačka
- 6.1. vibrační dopravník
- 6.2. pásový dopravník
7. elektrický rozvaděč hlavní
- 7.1. elektrický rozvaděč kotle
- 7.2. elektrický rozvaděč materiálu

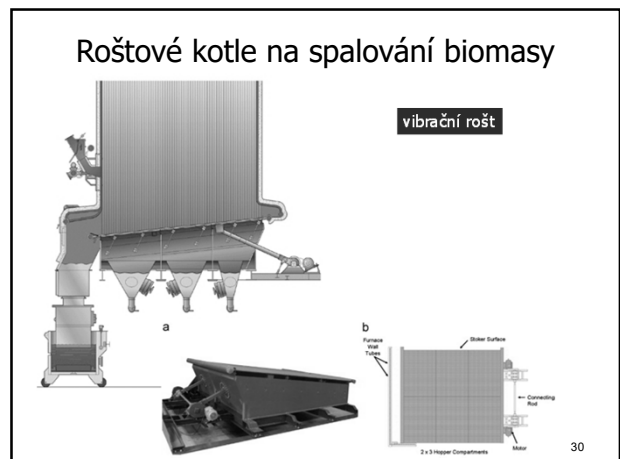
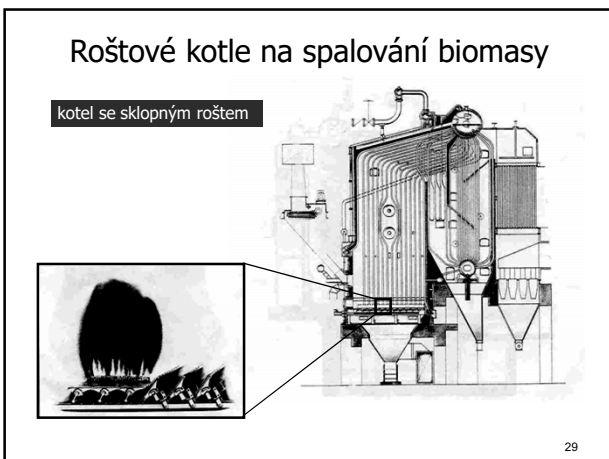
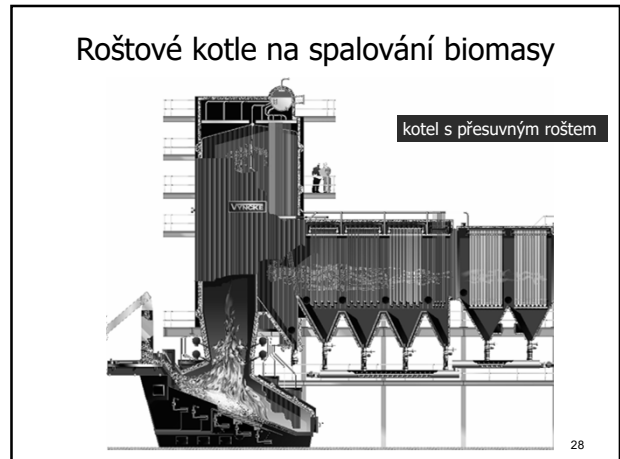
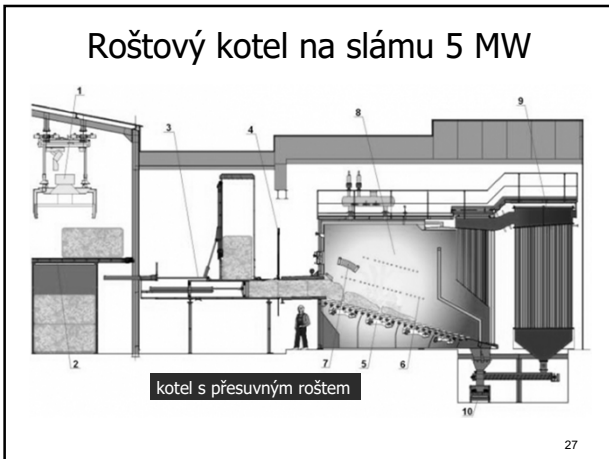
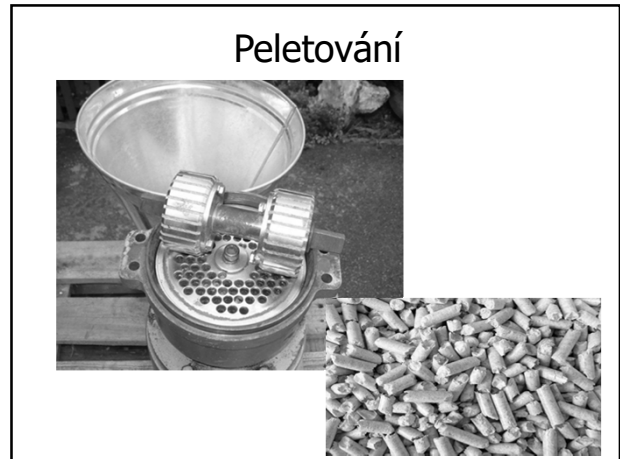
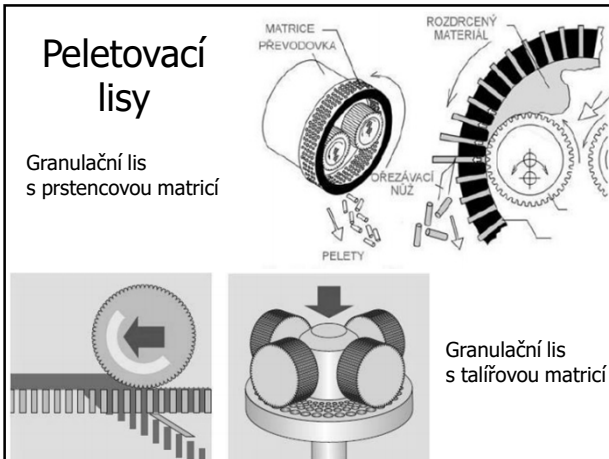
22

## Briketovací lisy

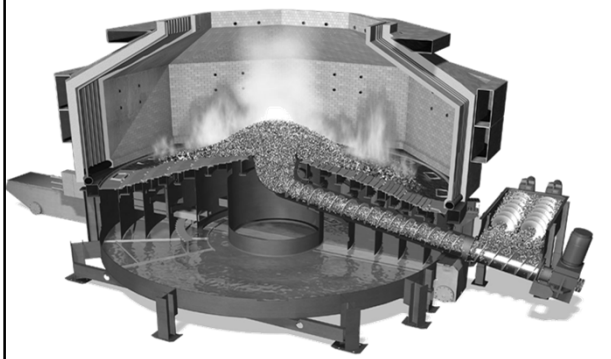


## Brikety

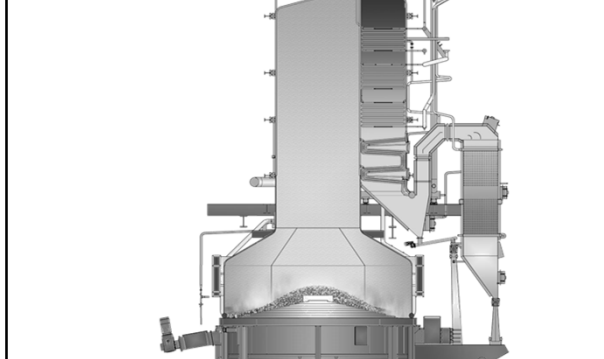




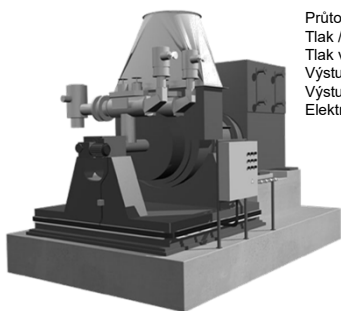
Spalovací zařízení Biopower s podsvuným roštem



Boční řez kotlem



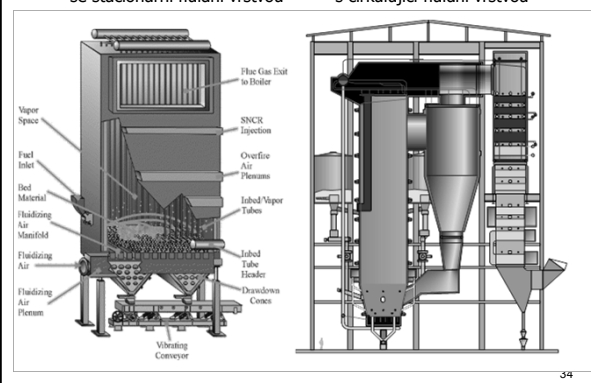
Parní turbína Siemens pro blok Biopower



Průtok páry	21.7 t/h
Tlak / teplota páry	62 bar / 480 °C
Tlak v odběru	1.3 bar
Výstupní tlak	0.11 bar
Výstupní teplota	47 °C
Elektrický výkon	max 5500 kW

Fluidní kotle

se stacionární fluidní vrstvou      s cirkulující fluidní vrstvou



## Spoluspalování biomasy s uhlím

### Motivace

- Ekologická
  - snížení dopadů těžby uhlí a produkce emisí z jeho spalování
- Ekonomická
  - úspora emisních povolenek CO<sub>2</sub>
  - výroba dotované elektřiny
- Existenční
  - omezení rizika plynoucího z možného nedostatku uhlí na trhu v důsledku omezování těžby

35

## Možnosti spoluspalování biomasy

- Rošťová ohniště
  - umožňují spoluspalování biomasy s uhlím až do cca 30% tepelného příkonu kotle bez větších úprav
  - spoluspalování je již realizováno na mnoha jednotkách přimícháváním do stávajících dopravních tras nebo instalací separátních dopravních tras
  - většinou byla nutná realizace úpravy vstupu paliva na rošt kotle
- Prášková ohniště
  - použitelná pro spoluspalování biomasy
  - jsou nutné poměrně rozsáhlé úpravy palivových tras a spalovacího zařízení
  - realizovatelné úpravy pro spalování až 20% tepelného příkonu kotle v biomase.
- Fluidní ohniště
  - vhodná pro spoluspalování biomasy do 30 % tepelného příkonu
  - nezbytné úpravy se týkají palivového hospodářství
  - úprava spalovacího zařízení kotle obvykle není nutná

36

### Popis doporučených úprav stávajících zařízení pro spoluspalování biomasy – palivové hospodářství

Palivové hospodářství je vhodné **oddělit** od stávajícího

Je třeba řešit následující technologické procesy:

- Příjem paliva do areálu zdroje
  - Kontrola kvality (odběr vzorků, měření vlhkosti)
  - Registrace množství (vážení)
- Vykládka
- Skladování
- Homogenizace
- Zakládání do vnějších palivových cest
- Transport po vnějších dopravních cestách
- Transport vnitřními dopravními cestami v kotelně zdroje
- Transport do spalovacího zařízení kotle



37

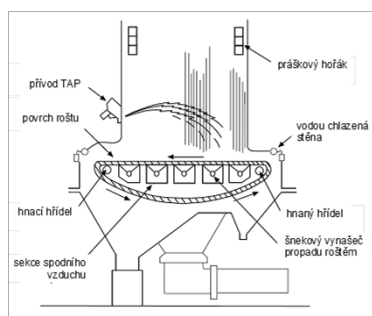
### Možnosti spoluspalování biomasy v práškových ohništích

- spalováním na roštu, který by byl dodatečně instalován do výsypky ohniště práškového kotle
- samostatnými hořáky, které by byly zaústěny pod úroveň hlavních práškových hořáků
- spalováním/zplynování v samostatné komoře, z níž by byly spaliny/plyn zavedeny do ohniště práškového kotle

38

### Popis úprav stávajících práškových ohnišť pro spoluspalování biomasy

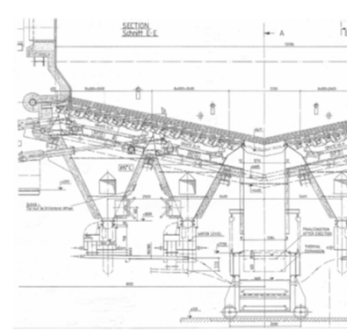
- výsypka kotle nahrazena roštem
- bio a TAP přiváděno pod práškové hořáky
- k jejich hoření dochází převážně na roštu
- příklad realizace: Teplárna Zvolen (SR) spoluspaluje dřevní štěpku do 30% příkonu kotle.



39

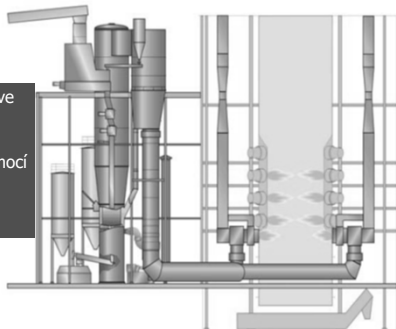
### Popis úprav stávajících práškových ohnišť pro spoluspalování biomasy (2)

- bio přiváděno práškovými hořáky
- k jejich hoření dochází převážně v prostoru
- do výsypky kotle umístěn dohořivací rošt



### Popis úprav stávajících práškových ohnišť pro spoluspalování biomasy a TAP (3)

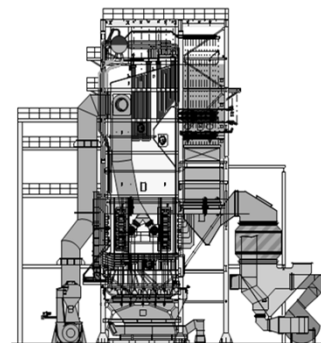
- zplynování bio/TAP ve fluidním generátoru
- spalování plynu v práškovém kotli pomocí dodatečně instalovaných plynových hořáků



41

### Příklad realizace Teplárna Zvolen

- původně práškový kotel na hnědé uhlí 13,5 MJ/kg
- doplněn pásový rošt pro spoluspalování štěpky
- výkon 108 MW / 160 t/h
- pára 540 °C / 13,5 MPa
- poměr uhlí : štěpka
  - min. 85 : 15 %
  - max. 70 : 30 %



### Příklad realizace Teplárna Zvolen

- provozní výsledky r. 2008

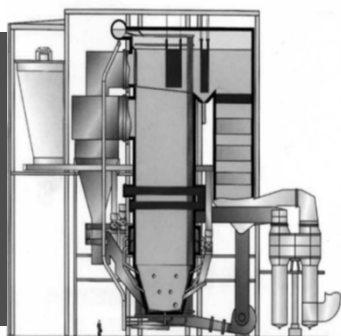
Bilanční hodnoty	M.j.	Rok 2006	Žiadosť	Rok 2008
Spotřeba uhlia	t/rok	171 826	126 000	106 919
Spotřeba dřevnej štípkoy	t/rok	0	18 000	51 092
Spotřeba ZPN	tis.m <sup>3</sup> /rok	1 425	650	1 288
Produkcia popola	t/rok	34 365	18 900	16 038
Teplu v palive	GJ/rok	2 207 836	1 881 022	2 058 803
Výroba tepla	GJ/rok	1 749 850	1 636 489	1 741 469
Účinnosť kotolne	%	79.3	87.0	84.6
Výroba elektriny	MWh/rok	92 634	88 000	89 775
Výroba elektriny z OZE	MWh/rok	0	8 421	22 279
Podiel výroby z OZE	%	0,0	9,6	24,8

### Příklad realizace Teplárna Zvolen



### Příklad realizace MONDI Štětí

- původně práškový kotel na hnědé uhlí
- přestavěn na fluidní kotel na spoluspalování kůry
- výkon 220 t/h
- pára 535 °C / 9,15 MPa
- poměr uhlí : kůra
  - min. 100 : 0 %
  - max. 30 : 70 % (100 % kůry na nižší výkon)



### Popis úprav stávajících fluidních kotlů pro spoluspalování biomasy

- Požadavky na úpravy pro spoluspalování biomasy jsou u většiny uhelných fluidních kotlů minimální.
- Biomasa není vhodné dopravovat společnými dopravními cestami se základním palivem – je nutné budovat separátní dopravní trasy.
- Biomasa musí být zavedeny do spodních partií fluidního lože, při zavedení na hladinu by mohlo docházet k úletu z vrstvy a k nedopalu.
- Provozní zkoušky na kotli elektrárny Tisová naznačily možnost spoluspalování biomasy na úrovni 35% jmenovitého příkonu kotle.
- Je nutné realizovat další spalovací zkoušky dlouhodobějšího charakteru.

46

### Vliv úprav a změny paliva na provoz kotlů

Provozní změny vyplývají

- z odlišných vlastností uhlí a biomasy
  - jiná výhřevnost
    - biomasa dle obsahu vody 8 až 12 MJ/kg
  - výrazně vyšší podíl prchavé hořlaviny
- z provedených úprav spalovacího zařízení
  - velmi individuální
  - obvykle dojde ke změně rozložení teplot v ohništi a v celém kotli



možný dopad na účinnost, výkon kotle  
a parametry páry

47

### Energetické využití mokré biomasy

- zdrojů kvalitní, snadno dostupné biomasy začíná být nedostatek
- k dispozici jsou méně kvalitní formy biomasy mající vysokou vlhkost
- před spalováním je třeba obsah vody v mokré biomase snížit

48



## Způsoby snížení obsahu vody v biomase

Snížení obsahu vody před přívodem do kotle lze dosáhnout

- mechanickým odvodněním,
- sušením,
- případně kombinací obou způsobů.

Mechanické odvodnění biomasy lze provádět

- lisováním
  - odstřediváním
  - je možné docílit hraničního obsahu vody kolem 65%.
- sušení jeví jako jediná schůdná alternativa

49

## Současné řešení sušek

sušky mohou být řešeny jako:

- kontaktní (sušená hmota a sušící médium jsou odděleny výhřevnou plochou)
- konvektivní (sušená hmota je obtékána sušícím médiem) v provedení
  - bubnovém
  - proudovém
  - fluidním

Zdrojem tepla pro sušení může být

- odpadní teplo z technologie, které by bylo převedeno do vzduchu
- spaliny získané spalováním ušlechtilého paliva jen pro účely sušení
- spaliny odvedené z kotle spalujícího řízky.

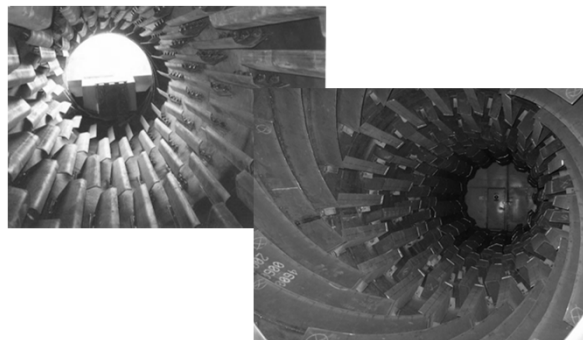
50

## Bubnová sušárna



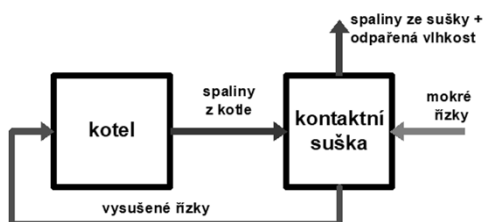
51

## Bubnová sušárna



52

## Otevřená spalinová konvektivní suška



53

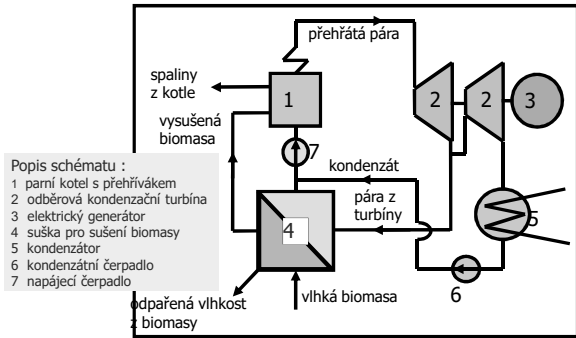
## Otevřená spalinová konvektivní suška

Platí :

- Teplo využitě v kotli při spalování biomasy bez ohledu na stupeň jejich vysušení bude přibližně konstantní a bude záviset pouze na teplotě spalin za suškou a přebytku vzduchu ve spalinách
  - Teplota spalin za suškou bude ve všech případech stejná, neboť spaliny za suškou budou mít vždy vlhkost určenou vlhkostí použité biomasy
  - Lepší stupeň vysušení přispěje ke zvýšení teploty v ohništi, což
    - zvýší teplotní potenciál tepla uvolněného v kotli
    - zlepší podmínky pro vznícování a spalování biomasy.
  - Vyšší stupeň vysušení bude vyžadovat větší množství tepla na sušení, tedy i vyšší teplotu spalin odebíraných z kotle do sušky
- => sušení vlastními spalinami usnadňuje spalování biomasy, avšak nepřispívá k energetické úspoře

54

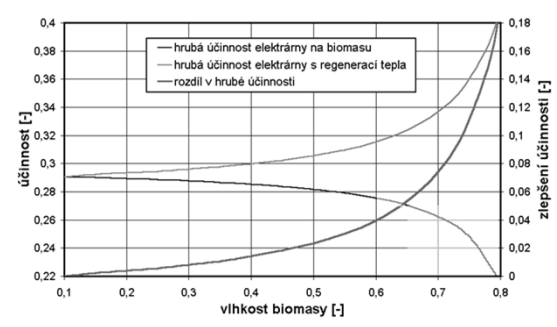
### Oběh s regenerací tepla v palivu



- Popis schématu :
- 1 parní kotel s přehřívákem
  - 2 odběrová kondenzační turbína
  - 3 elektrický generátor
  - 4 suška pro sušení biomasy
  - 5 kondenzátor
  - 6 kondenzátní čerpadlo
  - 7 napájecí čerpadlo

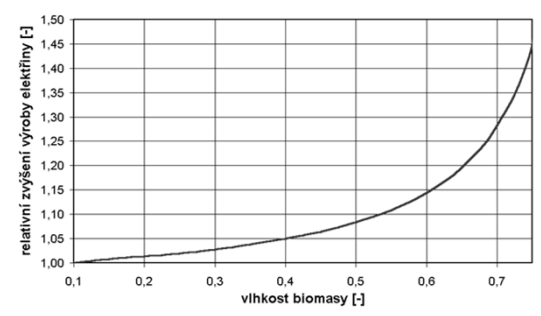
55

### Potenciální zlepšení účinnosti



56

### Relativní zvýšení výroby elektřiny



57

### Parní suška na biomase - prototyp

