

Perspektivní metody sušení pevných paliv

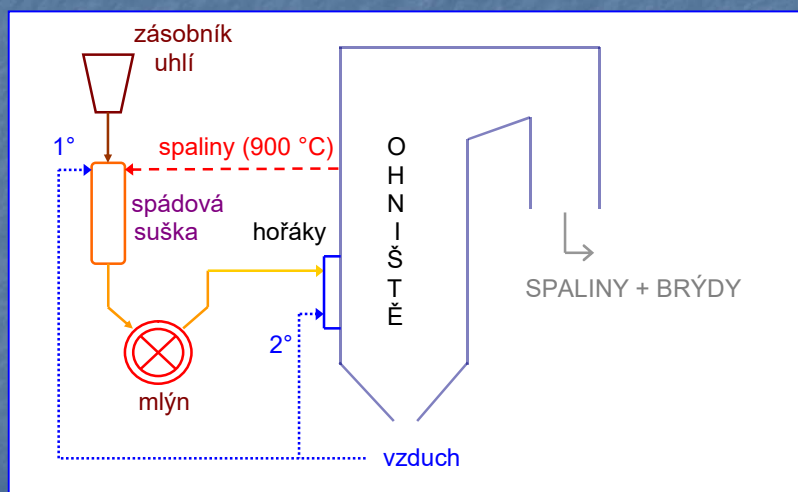
PROČ sušení pevných paliv ?

- zvýšení výhřevnosti
- snazší vzněcování
- spalování při vyšší teplotě
- menší objem spalin
- menší kotel, EOP a ventilátor
- nižší vlastní spotřeba

1

1

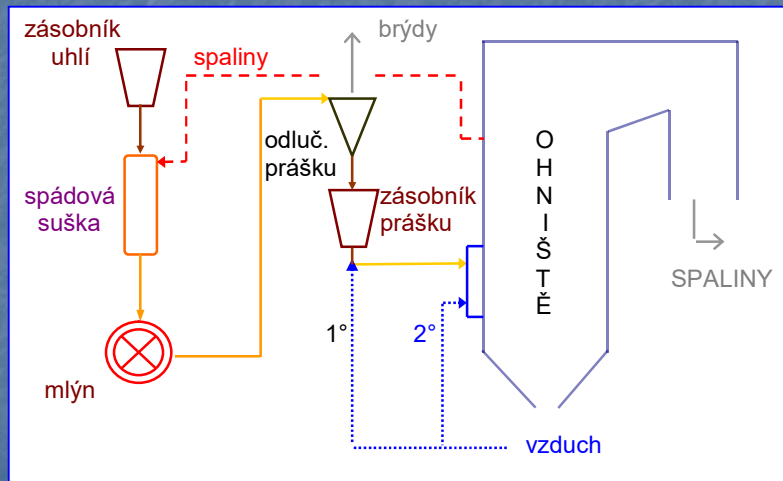
Klasická metoda sušení horkými spalinami Uzavřený mlecí okruh



2

2

Klasická metoda sušení horkými spaliny Otevřený mlecí okruh



3

Energetická náročnost sušení
je značná

Většina dodané energie se ztrácí

Příklad

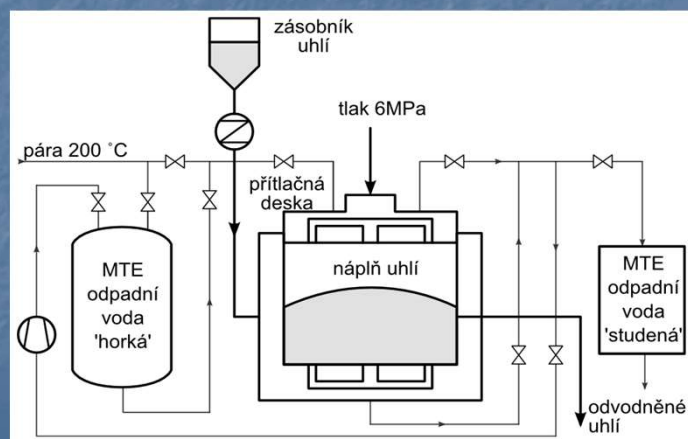
při obsahu vlhkosti v uhlí $W^r = 0,3$
ztráta činí přibližně 6 ÷ 8 % tepla v palivu

4

4

Mechanicko tepelné odvodňování (MTE)

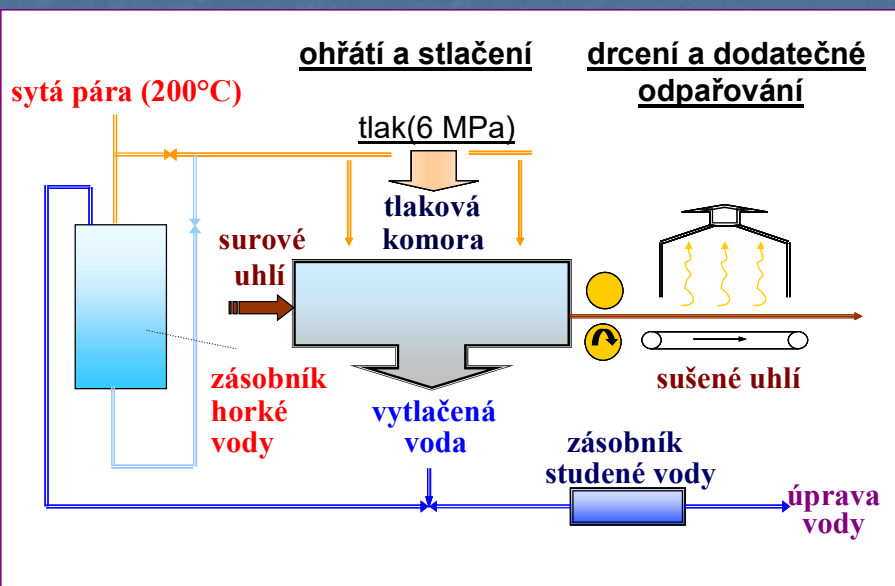
- lisování za zvýšené teploty
- vyšší teplota snižuje energetickou náročnost lisování
- dosažitelný konečný obsah vody 22 až 25 %



5

5

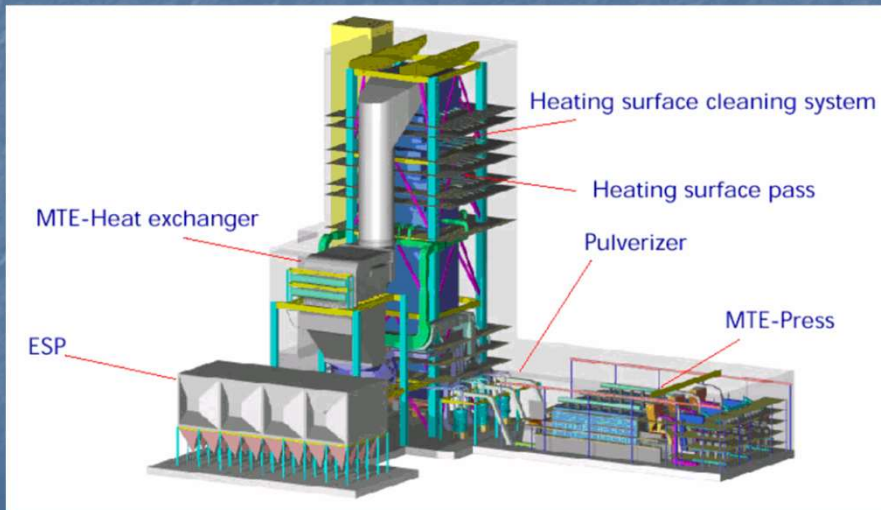
Mechanicko tepelné odvodňování (MTE)



6

Mechanicko tepelné odvodňování (MTE)

- výhledová realizace projektu v Austrálii kolem r. 2030

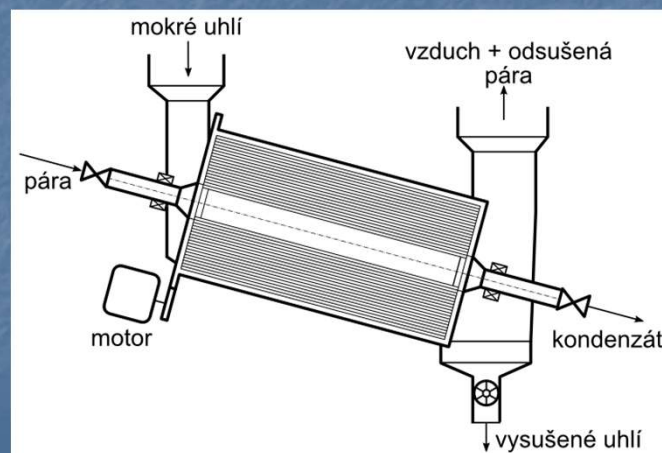


7

7

Otevřená parní bubnová suška

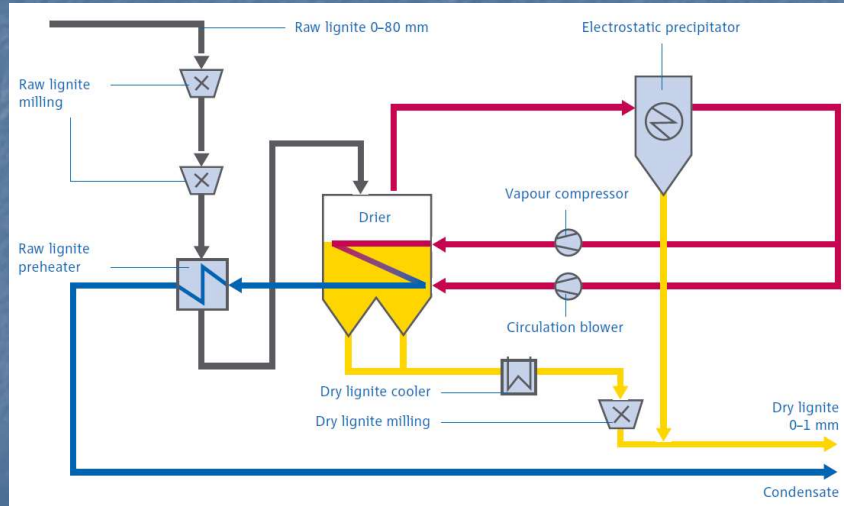
- klasické řešení pro briketárny – palivový kombinát Vřesová
- uhlí se přivádí do trubek shora a posouvá se rotací bubny
- sytá pára kondenzuje v mezitrubkovém prostoru



8

8

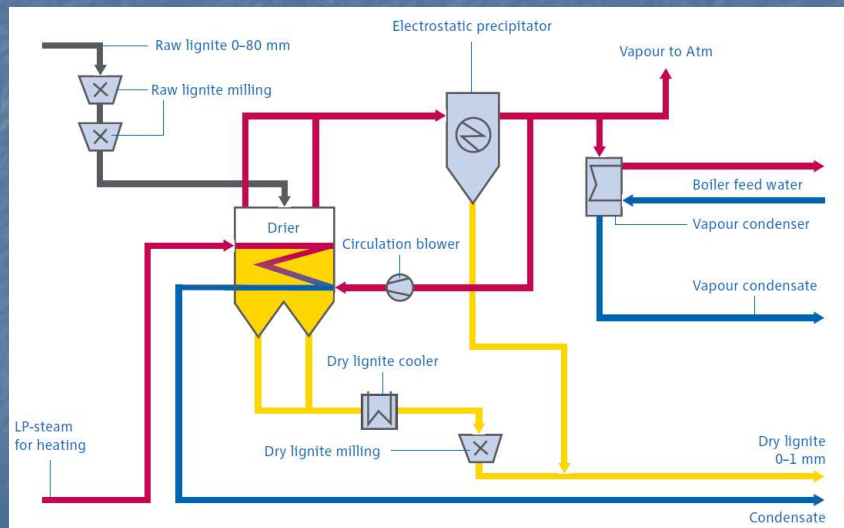
Fluidní sušení odpadním teplem (WTA) s kompresí páry



9

9

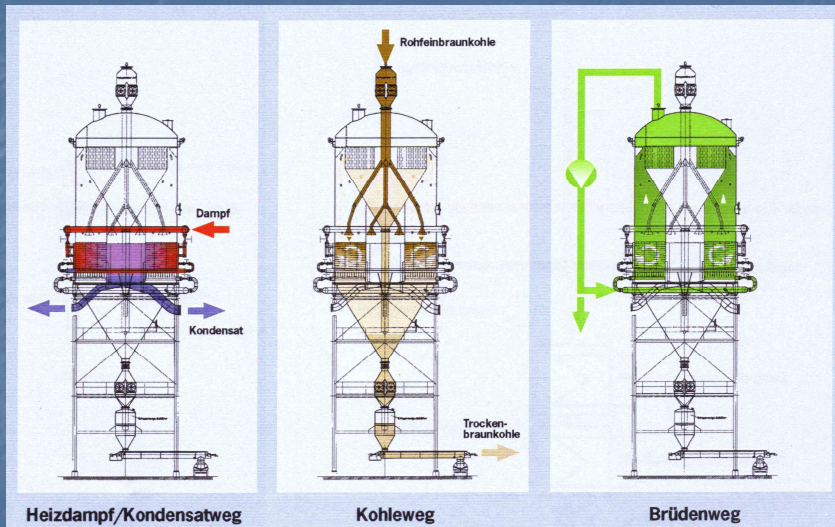
Fluidní sušení odpadním teplem (WTA) s kondenzací páry



10

10

Parní fluidní suška na hnědé uhlí

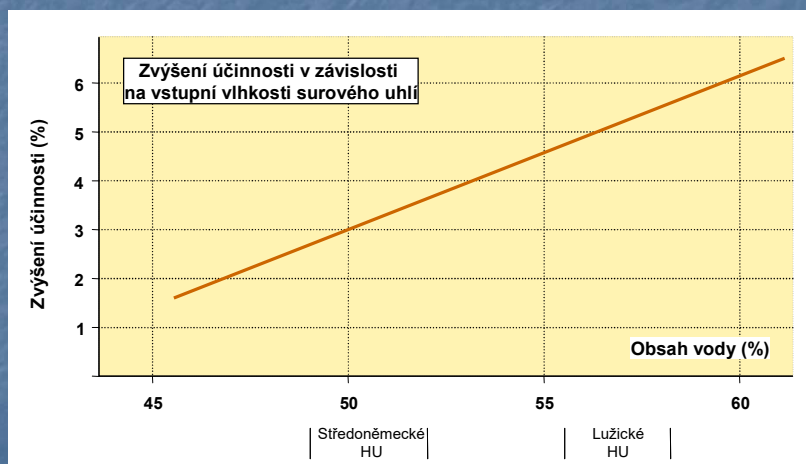


11

11

Parní fluidní suška na hnědé uhlí

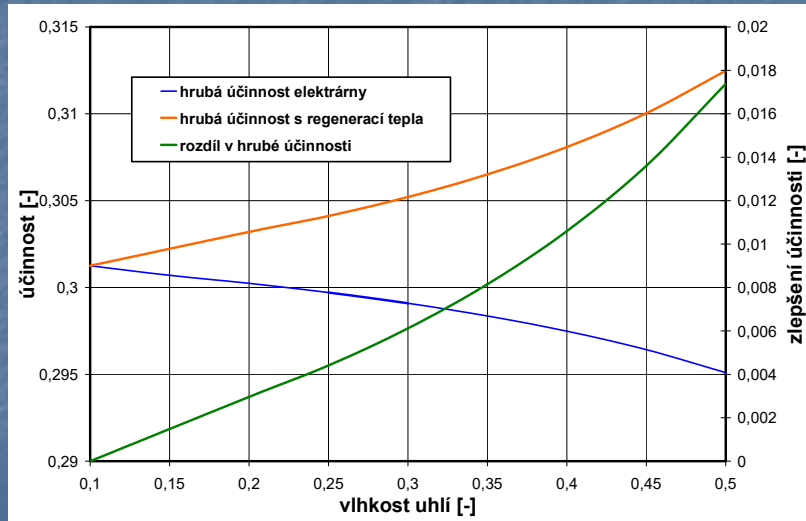
zvýšení účinnosti dle RWE



12

12

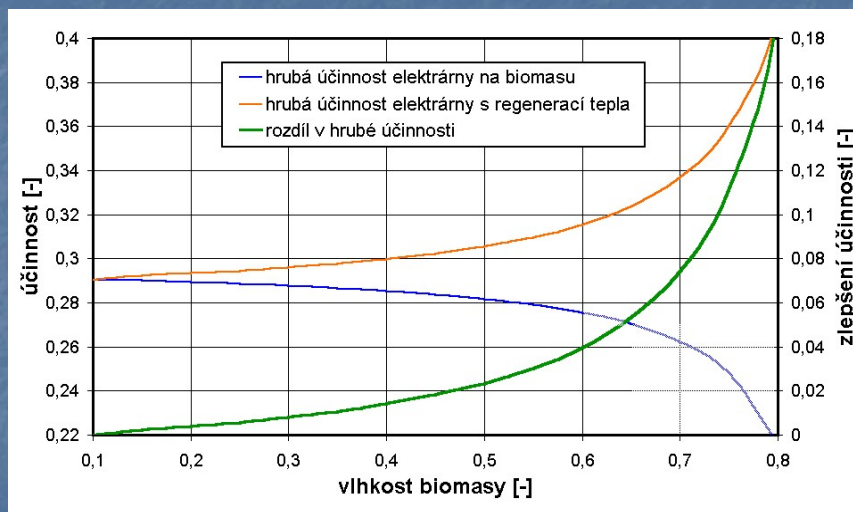
Potenciální zlepšení účinnosti bez využití tepla brýdové páry



13

13

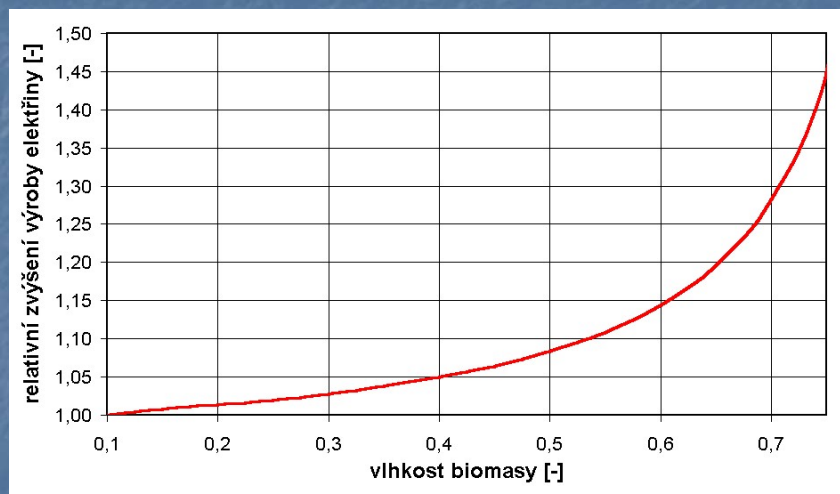
Potenciální zlepšení účinnosti



14

14

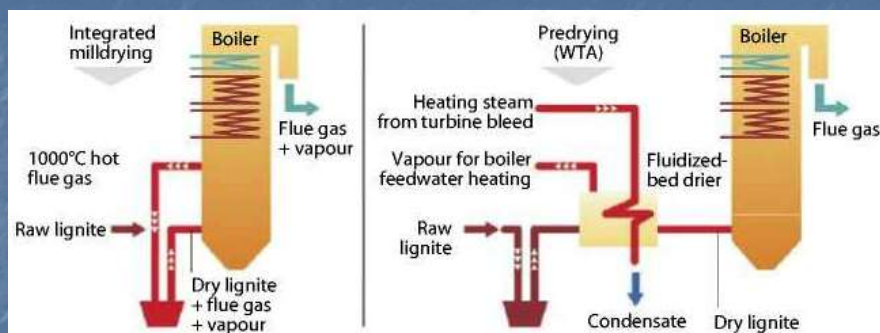
Relativní zvýšení výroby elektřiny z biomasy



15

15

Porovnání klasického sušení s WTA



- **sušení horkými spalinami**
 - vede k velké exergetické ztrátě => zhoršení účinnosti
 - pára se dostává do kotle => zvětšuje objem spalin
- **sušení parou WTA**
 - využívá se nízkopotenciální teplo
 - pára jde mimo kotle k energetickému využití => menší kotle

16

16

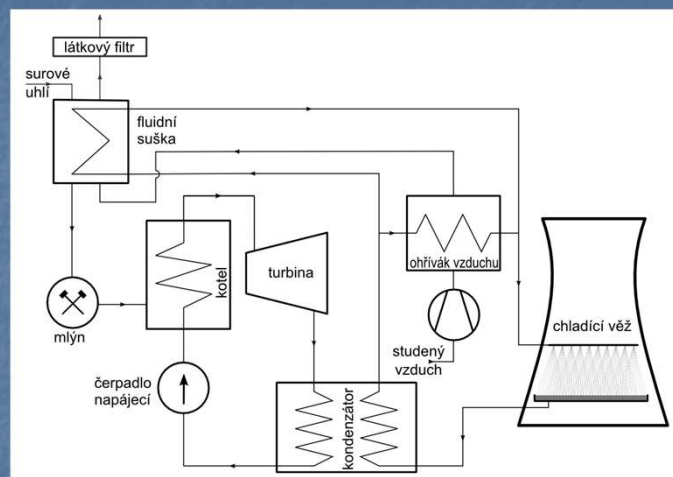
Výhody principu WTA

- menší a levnější kotel
- vyšší účinnost kotle
- zvýšení účinnosti výroby elektřiny
- jednodušší parní turbína – menší NT díl
- významné snížení spotřeby chladicí vody
- ekologický přínos

17

17

Fluidní suška Coal Creek



- sušení ohřátým vzduchem
- teplo se získává z chladicí vody za kondensátorem

18

18

Fluidní suška Coal Creek



prototyp o výkonu 112,5 t/h suší uhlí z $W = 38 \%$ na $W = 29,5 \%$

19

19

Fluidní suška Coal Creek

Zvýšení účinnosti kotle cca o 2,6 %

Provozní přínosy

- snížení nákladů na palivo
- snížení nákladů na ukládání TZ
- snížení poplatků za emise
- snížení vlastní spotřeby (ventilátory, mlýny)
- úspora chladicí vody
- snížení nákladů na opravy mlýnů
- zvýšení disponibility mlýnů

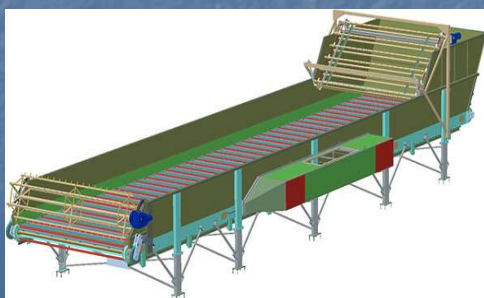
Vlastní spotřeba sušky **může převýšit úspory** ve vlastní spotřebě elektrárny

20

20

Sušení dřevní štěpky

- sušení biomasy v Plzeňské teplárenské
- kapacita 14 t mokré štěpky za hodinu.
- délka 20,0 m
- šířka 4,0 m
- výška 2,5 m
- výška vrstvy sušeného paliva 1,5 m
- doba zdržení štěpky 8 hodin
- snížení obsahu vody z 50 na 20 %



21

CCS-U

carbon capture and storage - utilization

zachycování a ukládání - využití CO₂ ze spalovacích procesů

Základní metody

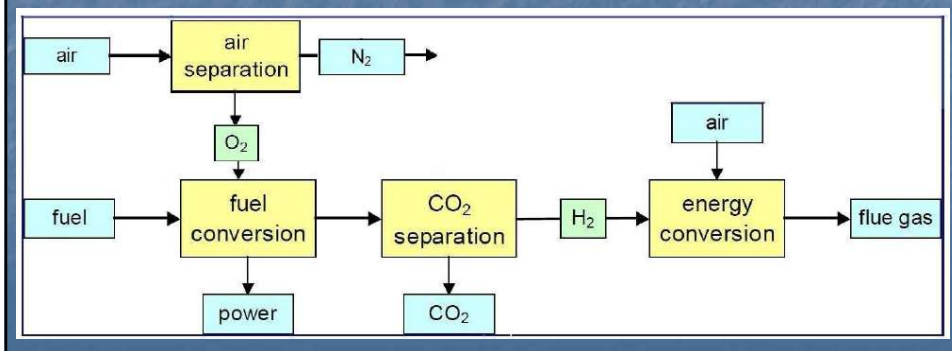
- **pre-combustion** – odstranění C (CO₂) před spalováním => vodíkové technologie
- **post-combustion** - odstranění CO₂ ze spalin
- **oxyfuel** – spalování s kyslíkem

22

22

Pre-combustion

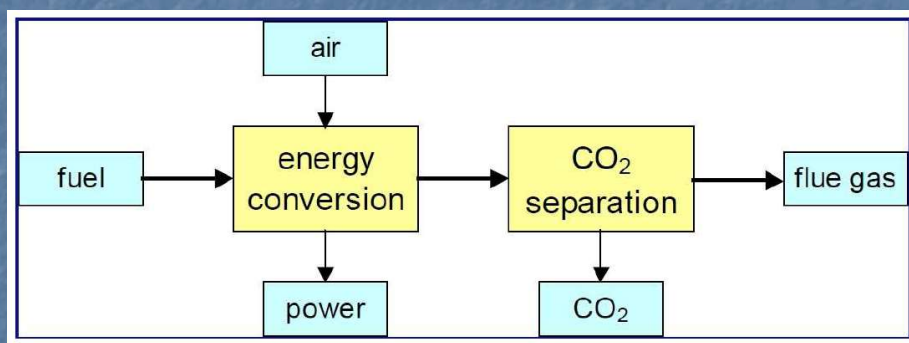
- Zachycení uhlíku ve formě CO_2 před spalovacím procesem (IGCC – integrovaná paroplynová zařízení).
 - zplyňování uhlí,
 - konverze CO na CO_2 reformingem vodní parou,
 - čištění plynu
 - separace CO_2
 - „zbylý“ plyn obsahující převážně H_2 je spalován



23

Post-combustion

- zachycování CO_2 ze spalin po spalování paliva vzduchem ve spalovacích zařízeních

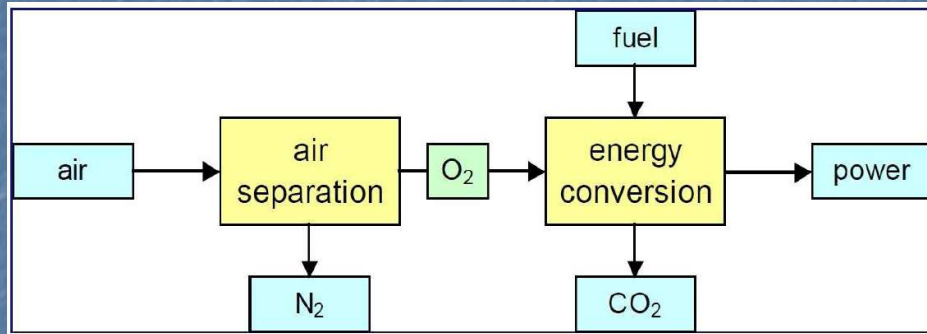


24

24

Oxyfuel

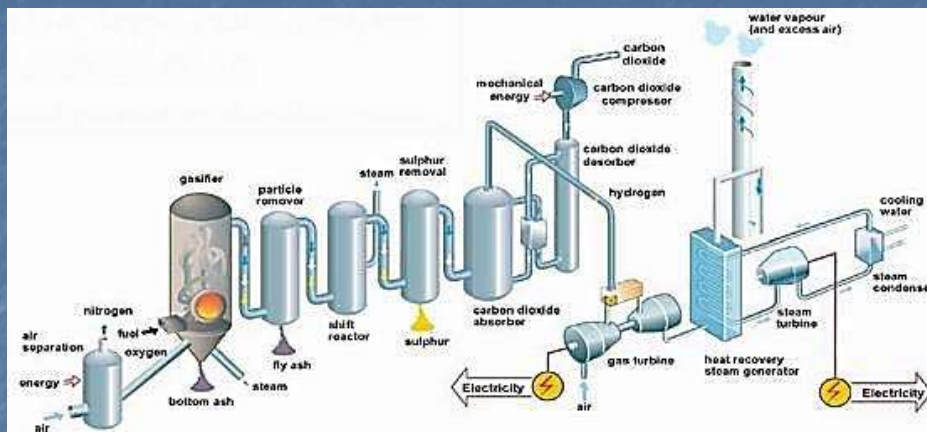
- spalování s kyslíkem



25

25

Metoda pre-combustion



- zatím ve vývoji – řešené problémy
 - vysokoteplotní čištění plynu
 - separace CO₂ z plynu
 - využití syngasu

26

26

Metody post-combustion

- Absorbční procesy = vypíráním kapalným absorbentem
 - fyzikální a chemické (rozpuštědlo nebo chemický reagent)
- Adsorpční procesy = adsorpce na povrchu tuhé látky
 - fyzikální a chemické
 - fyzikální sorbent – aktivní uhlí, molekulová síta atd.
 - chemická vazba – CaO, NaOH a další
- Fyzikální separace, např.:
 - membránová separace,
 - kryogenní separace
- Biologický záchyt – fotosyntéza
 - klasická = řasy (obrovská plocha)
 - nově zakotvené enzymy, nanočástice
- Nově vyvíjené metody
 - nová činidla (ab- a ad-sorbenty)
 - elektrochemické metody
 - Ca looping

27

27

Metody post-combustion

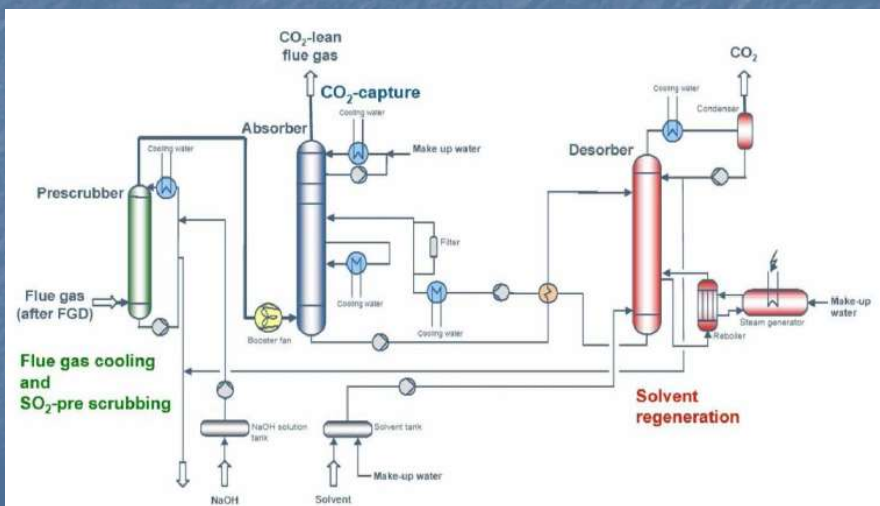
- Nejčtenější nové postupy využívají jako absorpční činidlo různé AMINY – hlavní problémy
 - degradace kyslíkem
 - degradace SO₂
 - degradace NOx
 - korozivnost, toxicita
 - drahé
- Variantu představuje použití AMONIAKu – hlavní problémy
 - korozivnost
 - toxicita
 - těkavost

28

28

Příklad aminové metody

- Pilotní zařízení RWE



29

29

Příklad aminové metody

Společnost AkerSolution - aminová vypírka s reagentem S26

- 6 pilotních jednotek s více jak 50 000 hodin provozu
- Čistota CO₂ až 99 %.
- Společnost vyvíjí novou modulární jednotku o kapacitě od 10 000 až 100 000 t CO₂ za rok.



Společnost Compact Carbon Capture AS - aminová vypírka

- Pilotní jednotka k dispozici
- Společnost plánuje postavení jednotky o kapacitě až 100 000 tun CO₂ za rok.

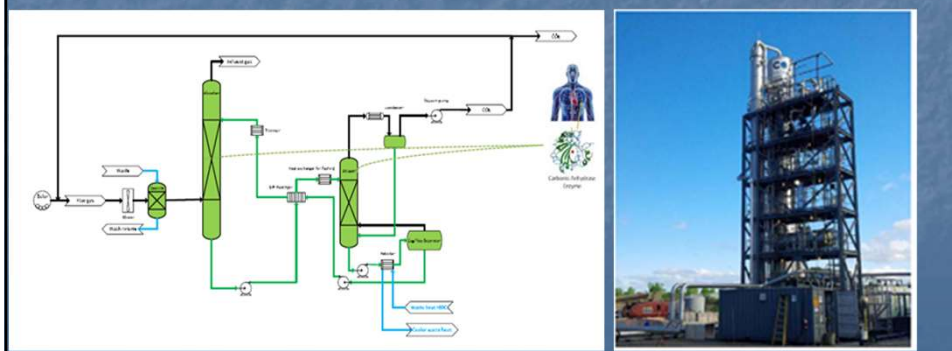


30

Příklad aminové metody

Společnost CO₂ Solutions lmt. - absorpční metoda na bázi enzymů (carbonic anhydrase)

- Solvent netoxický, nekorozivní a s nízkou degradací na znečišťující látky
- Desorpce při 80°C (u aminů 140°C a adsorpční metody až 180°C)
- Čistota CO₂ až 99,5 %
- Komerční jednotka až 30 t CO₂ denně.



31

Příklad adsorpční metody - pevné sorbenty

Společnost Inventys

- Pevná vrstva tvořena aktivním uhlím
- Technologie pod názvem VeloxoTherm™
- Rychlost cyklu až 60 s
- Čistota CO₂ až 95 %

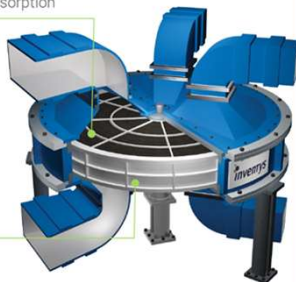
VeloxoTherm™ CO₂ Capture Process
Rapid Cycle Thermal Swing Adsorption

Structured Adsorbent

Solid sorbents = Low regeneration energy
Structured Adsorbents = Intensification (small equipment)

Rotary Embodiment

Continuous process created by rotating beds
Based on existing rotary air preheaters used in power plants

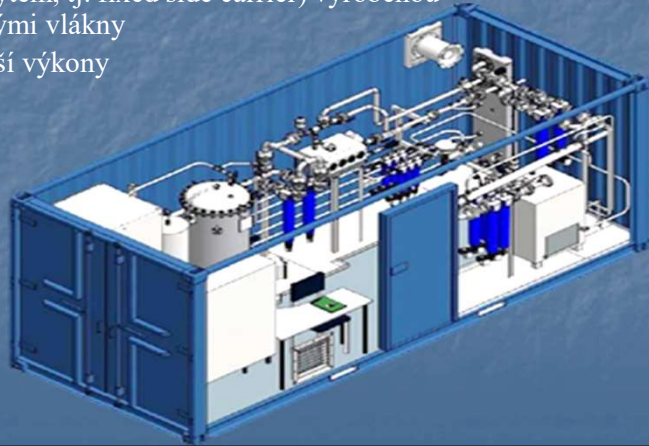


32

Příklad membránové technologie

Společnost Air Products - spolupráce s NTNU Trondheim

- Čistota CO₂ větší jak 90%
- Jedná o dvoustupňovou membránovou separaci pomocí PVAm (polyvinylamid membrány) s FSB (pevným nosičem/elektrolytem, tj. fixed side carrier) vyrobenou v modulu s pevnými vlákny
- Vhodná pro menší výkony
- Zatím ve vývoji



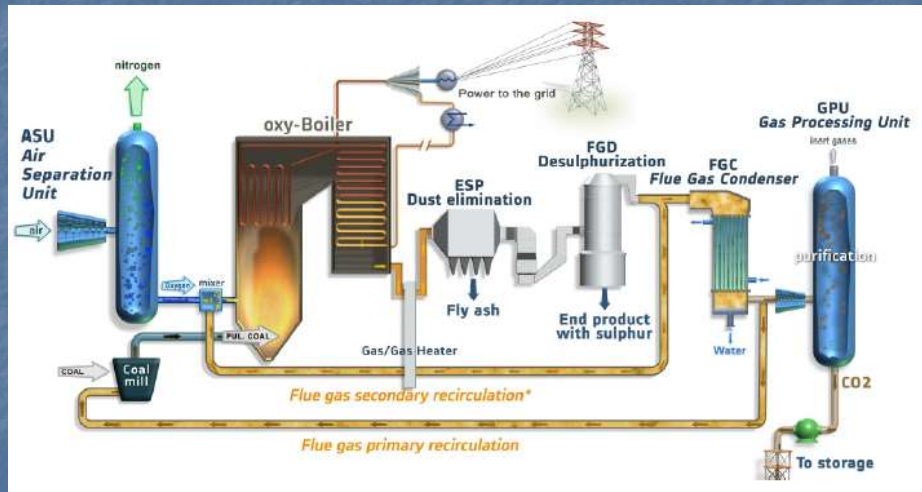
33

Přehled dostupných technologií post-combustion

Hodnotící parametr/Společnost	Aker	C-Capture	CO ₂ Solutions	Inventys	Air Products
TRL	9	7-8	9	7-8	7
Země licencování	EU/Norsko	EU/Norsko	Kanada/USA	Kanada/USA	USA/EU/Norsko
Spotřeba ex. tepla	ANO (~130 °C)	ANO (~130 °C)	ANO (~80 °C)	ANO (~180 °C)	NE
Spotřeba el.	ANO (nízká)	ANO (nízká)	ANO (nízká)	ANO (nízká)	ANO (střední)
Variabilita výstupního produktu	ANO (střední)	ANO (střední)	ANO (střední)	ANO (nízká)	ANO (vysoká)
Provozní zkušenosti	ANO*	NE	ANO	ANO	ANO
Modulární uspořádání	ANO	ANO	NE	NE	ANO
Provozní náklady (spotřeby médií)	střední	střední	nízké	nízké	velmi nízké
Kapacita modulů	25 až 273 tCO ₂ /d	až 273 tCO ₂ /d	1 až 30 tCO ₂ /d	30 až 3000 tCO ₂ /d	1 až 5 tCO ₂ /d (návrhy i pro 2000 tCO ₂ /d)

34

Oxyfuel



35

35

Metoda oxyfuel

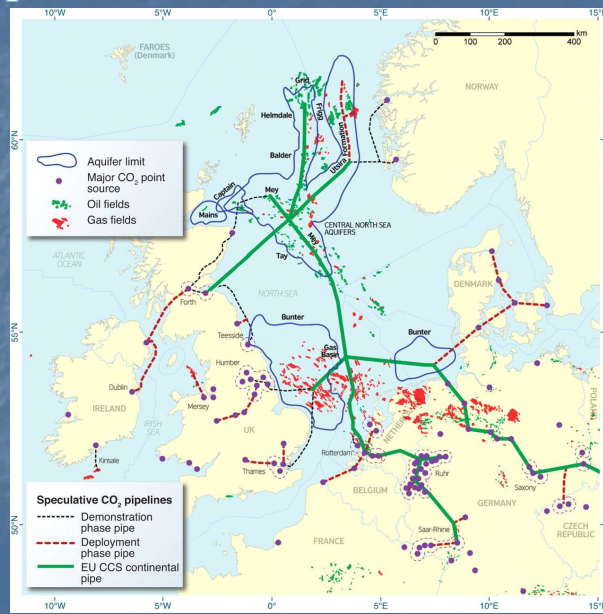
- výhody
 - vysoká koncentrace CO₂ ve spalinách zjednodušuje jeho separaci a zvyšuje její účinnost
- komplikace
 - výroba kyslíku
 - příliš vysoké teploty při spalování a malý průtok spalin – řeší se značnou recirkulací spalin
 - materiálové problémy a tvorba úsad u kotle

36

36

Doprava k uložišti

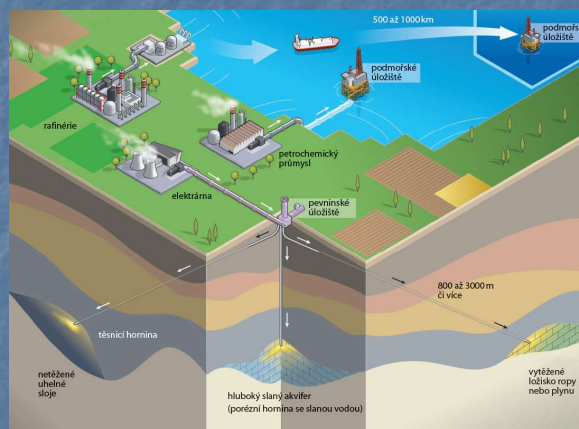
- možnosti
 - komprese do nadkritického stavu a doprava potrubím
 - zkapalnění a doprava v cisternách
- centrálně plánováno ale zatím nedořešeno



37

Ukládání – využití CO₂

- ukládání pod zem
 - vytěžená ložiska ropy a plynu
 - porézní geologické struktury - akvifery
- využití
 - jako průmyslový technický plyn
 - ve sklenících
 - materiálové problémy a tvorba úsad u kotle



38

38

Průmyslově využitý CO₂ - dnes

- EOR a další procesy v rámci zpracování ropy a zemního plynu – (30 – 300 Mtpa)
- Výroba amoniaku/močoviny (5-30 Mtpa)
- Potravinářský průmysl (výroba vína, zpracování, uchování a skladování jídla, výroba bezkofeinové kávy, výroba perlivých vod atd.) (1-9 Mtpa)
- Ostatní využití (< 1 Mtpa) – Farmaceutický průmysl, úprava vody, skleníky, výroba železa a oceli, svařování, solvent či chladicí plyn, výroba pneumatik, elektronických součástek atp.

Potenciální využití CO₂ – v blízké budoucnosti /TRL5-6

- ECBM – Enhanced coal bed methane recovery (30 – 300 Mtpa)
- Kultivace řas pro další využití (farmaceutický průmysl, potravinářský, biopalivo) – (> 300 Mtpa)
- Teplonosné médium v EGS – Enhanced geothermal systems (5-30 Mtpa)
- Výroba polymerů (5-30 Mtpa)
- Mineralizace (Stavební, potravinářský, chemický průmysl) – výroba CaCO₃, MgCO₃ (>300 Mtpa), výroba jedlé sody (< 1 Mtpa), vytvrzování betonu (30 – 300 Mtpa),
- Výroba plyných/kapalých paliv/látek (přímá metanolová syntéza, tzv. obnovitelný metan/metanol >300 Mtpa, výroba kyseliny mravečnické (> 300 Mtpa), růst mikroorganismů produkující látky na bázi paliv (> 300 Mtpa) atp.

39

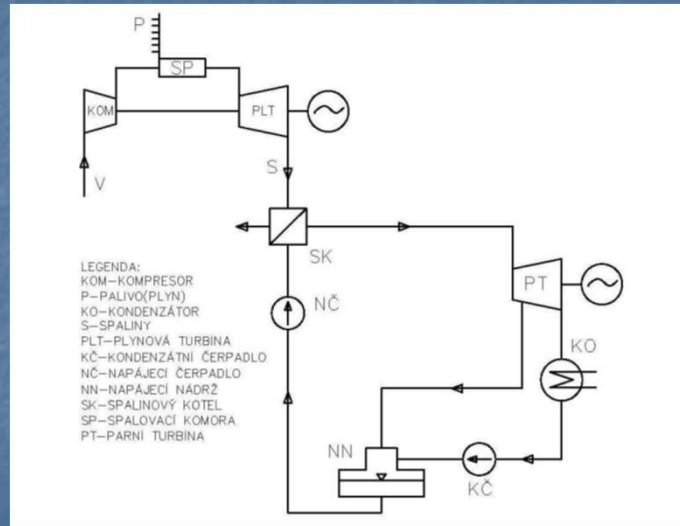
Repowering

- jde o modernizaci provozovaných uhelných elektrárenských zařízení předřazením spalovacích turbín před existující dominantní parní oběh
- principiálně by bylo možné repowering řešit několika způsoby a to jako
 - **site repowering** – z původního zdroje je zachován pouze chladič okruh, zbytek nahrazen paroplynovým zařízením
 - **combined cycle repowering** – stávající kotel nahrazen kotlem na odpadní teplo, který produkuje páru pro původní parní turbínu
 - **hot windbox repowering** – výstup horkých spalin z plynové turbíny je zaveden do stávajícího uhelného kotle
 - **feed water repowering** – využití odpadního tepla pro ohřev napájecí vody
 - **parallel repowering** – využití odpadního tepla pro výrobu páry, která se zavede do stávající turbíny

40

40

Site repowering



41

41

Site repowering

Výhody

- snížení investičních nákladů na stavbu paroplynového cyklu díky zachování systému chlazení (chladicí věže, kondenzátory),
- vyšší tepelná účinnost paroplynového cyklu než původního parního cyklu,
- rychlé najetí bloku na plný výkon – použití jako špičkový zdroj

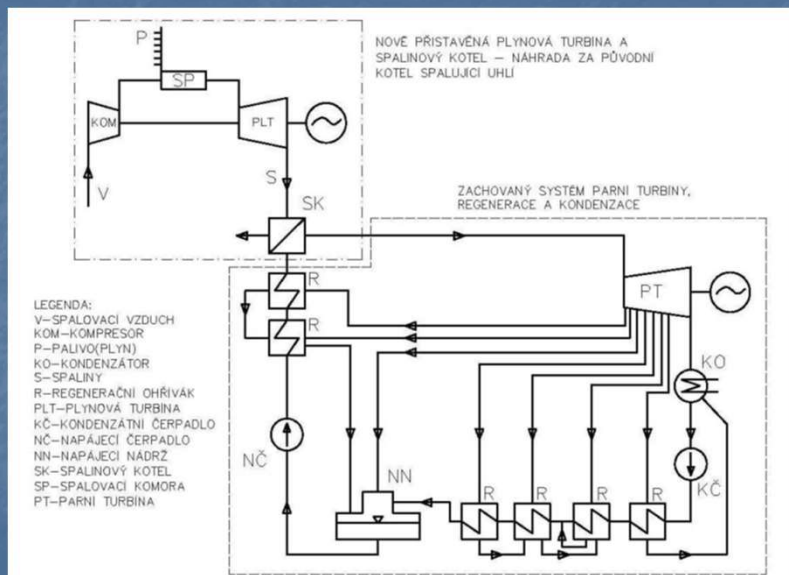
Nevýhody

- pokud již nebyla přivedena plynová přípojka nutnost jejího vybudování,
- zvýšení výrobní ceny 1kWh elektrické energie z důvodu nahrazení uhlí zemním plynem

42

42

Combined cycle repowering



43

43

Combined cycle repowering

- Opatření zvýší instalovaný výkon bloku o 150÷200%.
- Vhodné pro starší energobloky s elektrickým výkonem do 250 MW a tlaku páry do 12,4 MPa

Výhody

- velké navýšení instalovaného výkonu

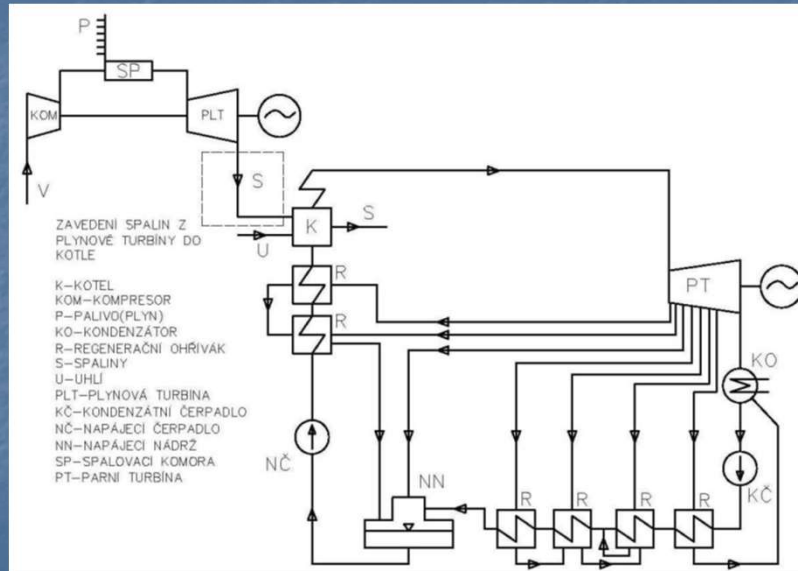
Nevýhody

- zvýšení výrobní ceny 1 kWh elektrické energie z důvodu nahrazení uhlí zemním plynem
- vysoká cena instalovaného výkonu

44

44

Hot windbox repowering



45

45

Hot windbox repowering

- navýšení instalovaného výkonu může dosáhnout hodnoty 25%
- varianta je vhodná pro bloky s vyšší tepelnou účinností v původním stavu
- tepelná účinnost oběhu se zvýší o 4-6% vůči

Výhody

- zvýšení tepelné účinnosti – úspora uhlí
- snížení měrných emisí škodlivin
- zlepšení regulační schopnosti bloku

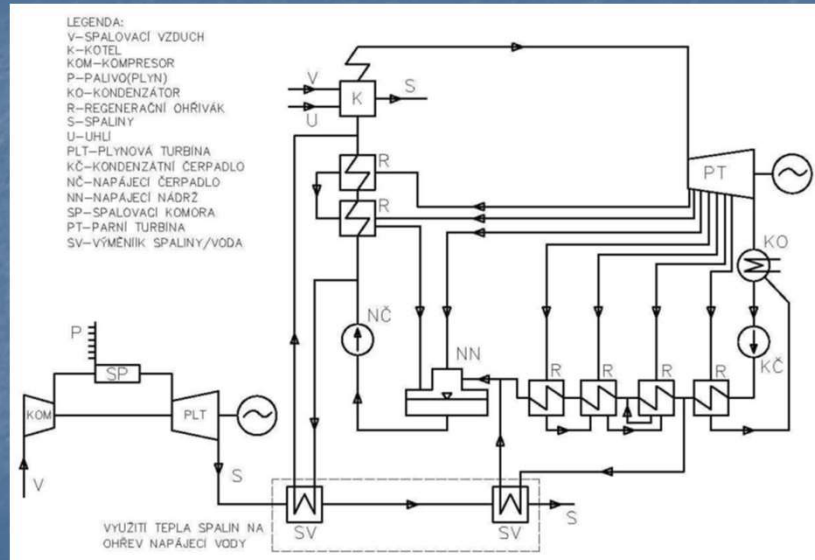
Nevýhody

- technicky velmi komplikované řešení

46

46

Feed water repowering



47

47

Feed water repowering

- řešení je vhodné při požadavku na dodatečnou regulační kapacitu
 - základním zatížením využíváme původní parní cyklus
 - při odběrových špičkách se připojí spalovací turbína a ta pokryje potřebné navýšení výkonu
- navýšení instalovaného výkonu je na úrovni 15%
- zlepšení tepelné účinnosti parního oběhu při provozu spalovací turbíny je na úrovni 6%.

Výhody

- technicky jednoduché řešení navýšení výkonu
- investičně nenáročné
- zvýšení tepelné účinnosti

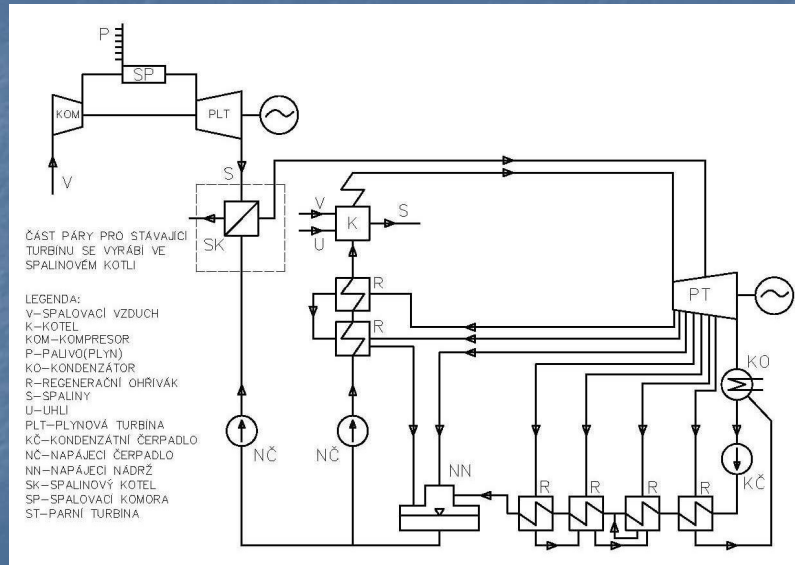
Nevýhody

- nutnost instalace výměníků spaliny – voda

48

48

Paralel repowering



49

49

Paralel repowering

- výkon paroplynové části je limitován maximálním průtokem páry stávající parní turbínou

Výhody

- navýšení instalovaného elektrického výkonu
- snížení spotřeby uhlí

Nevýhody

- omezené množství přídavné páry, které můžeme přivést do parní turbíny

50

50

Porovnání jednotlivých variant repowering

metoda	nárůst účinnosti	cena inst. výkonu	nárůst výkonu
	[%]	[USD/kW]	[%]
SR	-	-	-
CCR	12	450 - 750	150 - 200
HWR	4 - 6	150 - 250	25
FHR	6	75 - 110	15
PR	-	-	-

51

51