



Úskalí a možnosti zvyšování účinnosti u energetického využívání odpadů

Jaroslav Hyžík

Seminář STEO

ODPADY 2012 A JAK DÁL

aneb

Hříšný tanec kolem spaloven

Brno 24.04.12

Technická univerzita v Liberci

Studentská 2, 461 17 Liberec

EIC AG - Ecological and Industrial Consulting

Mellingerstrasse 6, CH-5400 Baden,

EIC spol. s r.o. - Ecological and Industrial Consulting

Modřínová 10, 182 00 Praha

hyzik@eiconsult.eu

www.eiconsult.eu

OBSAH

VÝCHOZÍ SITUACE

SPALOVACÍ PROCES

MOŽNOSTI ZVYŠOVÁNÍ ÚČINNOSTI TECHNOLOGICKÉHO ŘETĚZCE

- **PARAMETRY PŘEHŘÁTÉ PÁRY**
- **KONSTANTNÍ TEPLOTA SPALIN NA VÝSTUPU Z KOTLE**
- **SNIŽOVÁNÍ MNOŽSTVÍ SPALIN**
- **PŘIHŘÍVÁNÍ PÁRY**
- **DALŠÍ MOŽNOSTI ZVYŠOVÁNÍ ÚČINNOSTI**

ZDROJE

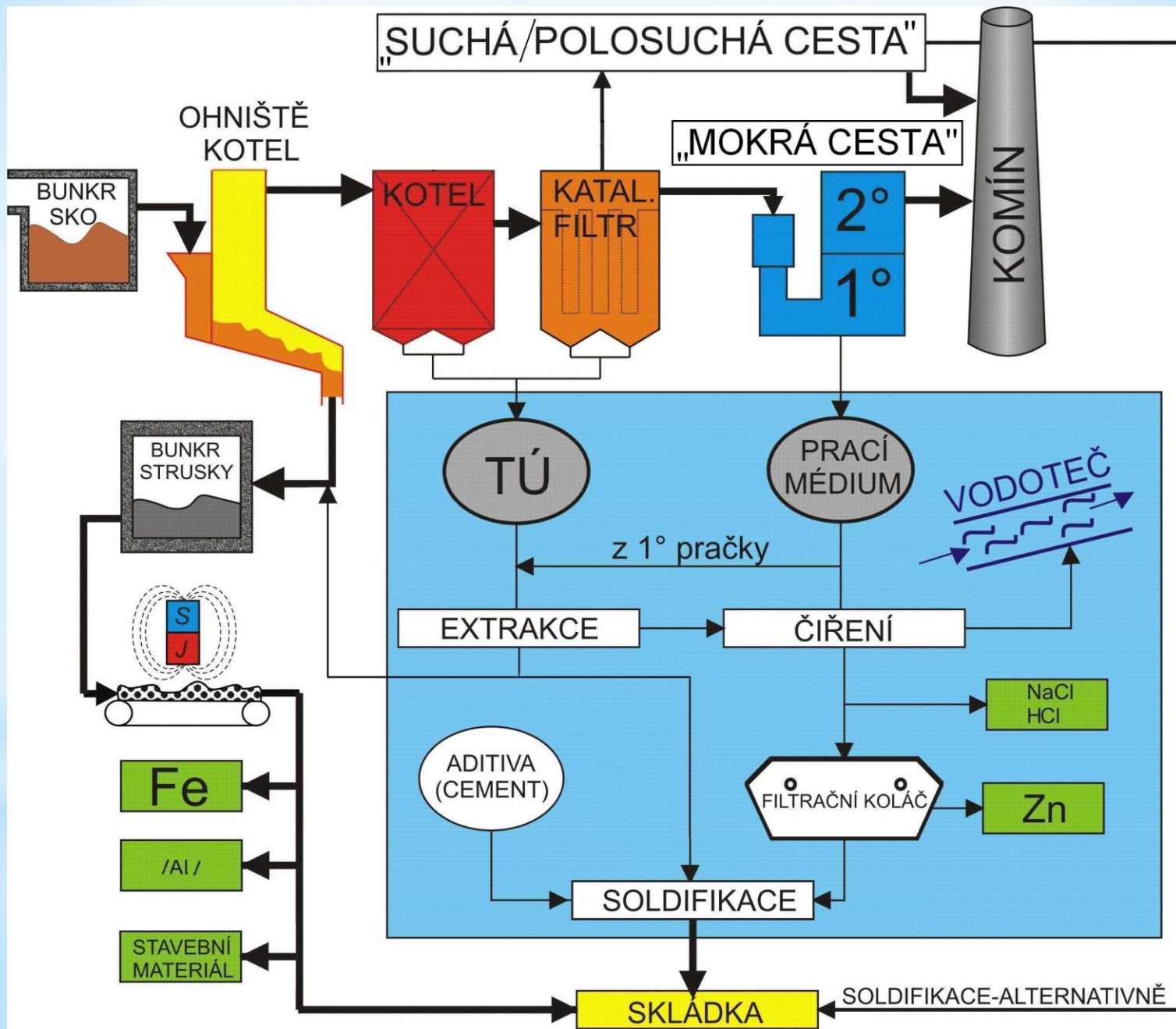
Proces spalování odpadu v technických zařízeních má zhruba 150 letou tradici.

Vyspělé technologie (vlastního spalování, využití energie, čištění spalin a zpracování zbytkových látek).

Až do poměrně nedávné doby byla jedním z hlavních kritérií spolehlivost technologického řetězce.

V poslední době - efektivita přeměny chemické energie paliva a její další využití, tedy zvyšování energetické účinnosti či tzv. energetické efektivity.

Hodnota musí dosáhnout určité úrovně, má-li být zařízení EVO posuzováno jako zařízení využívající energii.



Švýcarsko - větší a větší důraz na udržitelné hospodaření se zdroji a z tohoto důvodu také na využívání zbytkových látek z procesu energetického využívání odpadů.

SRN - větší důraz na energetickou účinnost. Výsledkem jsou pak zařízení s jednoduchým čištěním spalin generující nezpracovatelné zbytkové látky.

Zvyšování účinnosti - třeba sledovat kompletní technologický řetězec, kde jsou různé možnosti - od optimalizace vlastního spalovacího procesu a optimalizace výroby páry po využívání „zbytkového“ tepla a snižování vlastní spotřeby energie

Příspěvek - hlavně spalovací proces (tedy ohniště) a výroba páry (tedy parním spalovenský kotel).

Spalovací proces

Bez optimálně fungujícího řízení spalovacího procesu je snaha o zvyšování účinnosti v podstatě zbytečná.

Odpad - velmi komplikované palivo s neustále se měnícími vlastnostmi - vykazuje nerovnoměrné hodnoty výhřevností.

Při vysokých a vyšších výhřevnostech hoří odpad v přední části roštu, zatímco u nízkých výhřevností přesídí hlavní spalovací zóna do zadní části ohniště, což má za následek nepravidelný teplotní profil i nepravidelný parní výkon.

Proces spalování musí být přesto řízen tak, aby mohla být vyrobená energie dodávána do rozvodných soustav pravidelně.

System řízení výkonu spalovacího procesu musí umožnit produkci páry tak, že přes 90% všech měřených hodnot parního výkonu bude v intervalu $\pm 5\%$.

Řízení výkonu ohniště - různé (někdy i krkolonné) systémy.

Nicméně základem účinného řízení je splnění jednoduché základní podmínky:

Součet množství primárního a sekundárního vzduchu musí být pro daný parní výkon konstantní.

Výkon nepřímo úměrný obsahu O₂ za kotlem.

Pozor: obsluha jeřábu!

T v ohništi . Infračervené kamery.

PŘÍKLAD AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ SPALOVACÍHO PROCESU

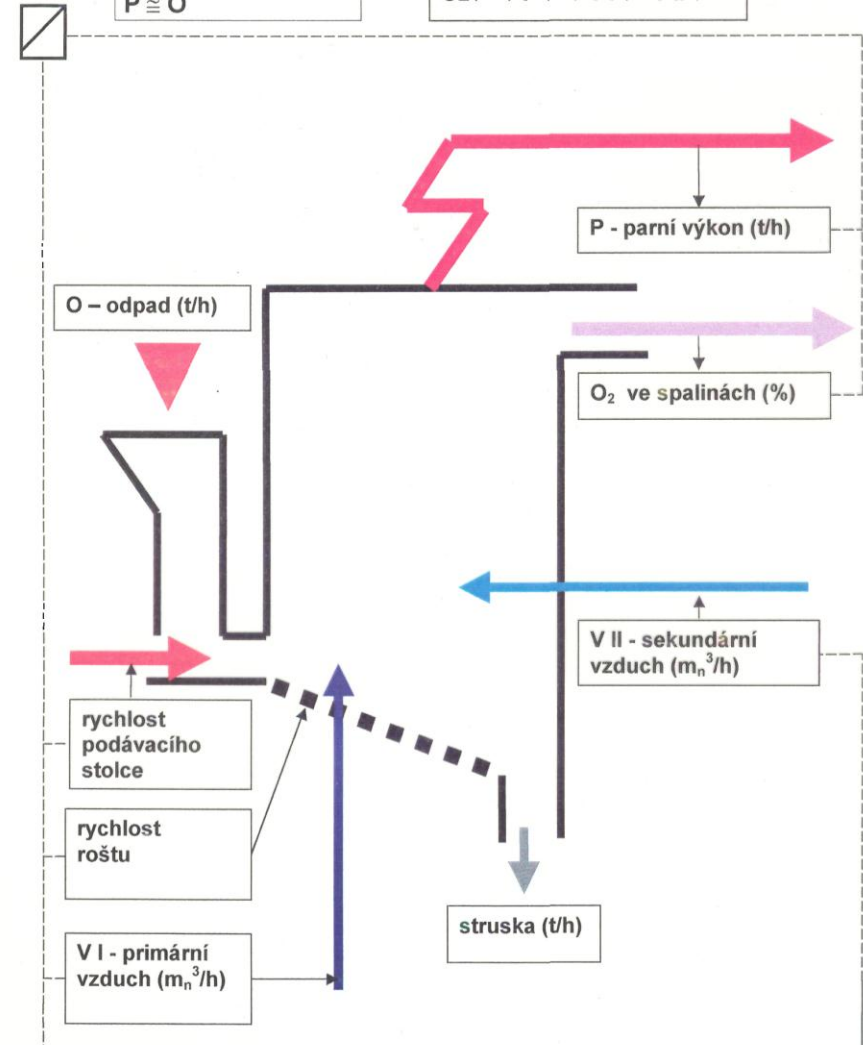
$$P = P(O_2^{-1})$$

$$V I + V II = \text{konst.}$$

$$P \approx O$$

$$O_2 \uparrow \Rightarrow P \downarrow \Rightarrow V I \uparrow + V II \downarrow$$

$$O_2 \downarrow \Rightarrow P \uparrow \Rightarrow V I \downarrow + V II \uparrow$$



1 Napájecí voda

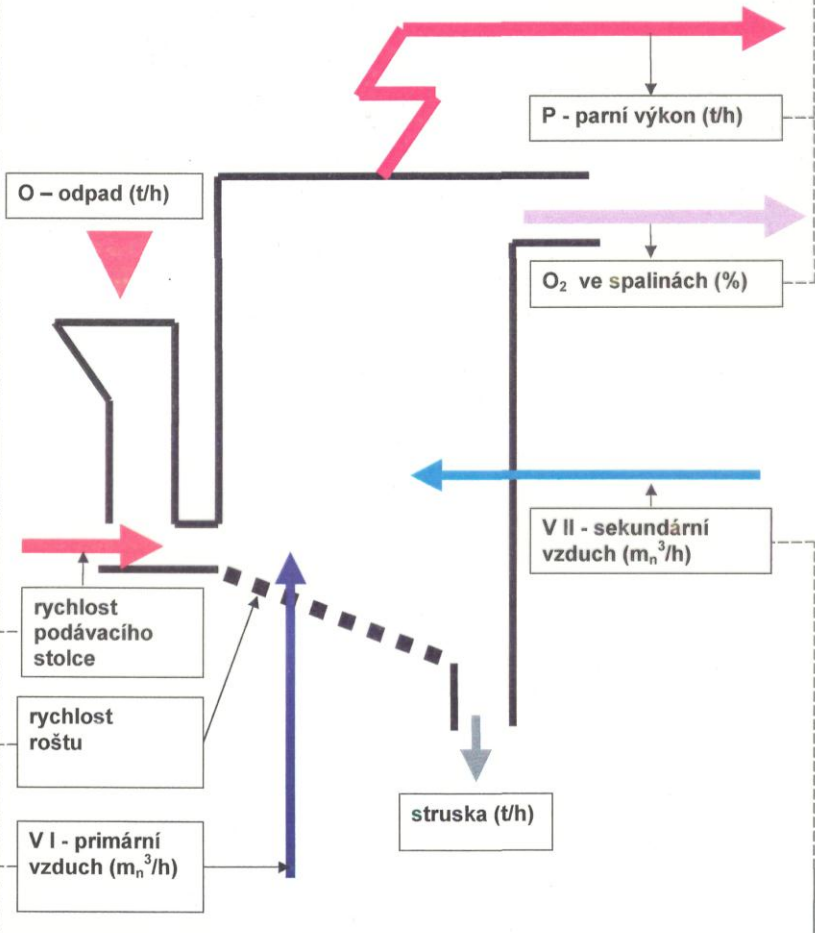
2 T páry

3 Podtlak v ohništi

4 Tlak páry

5 Vzduch

Zjednodušené schéma regulace kotle

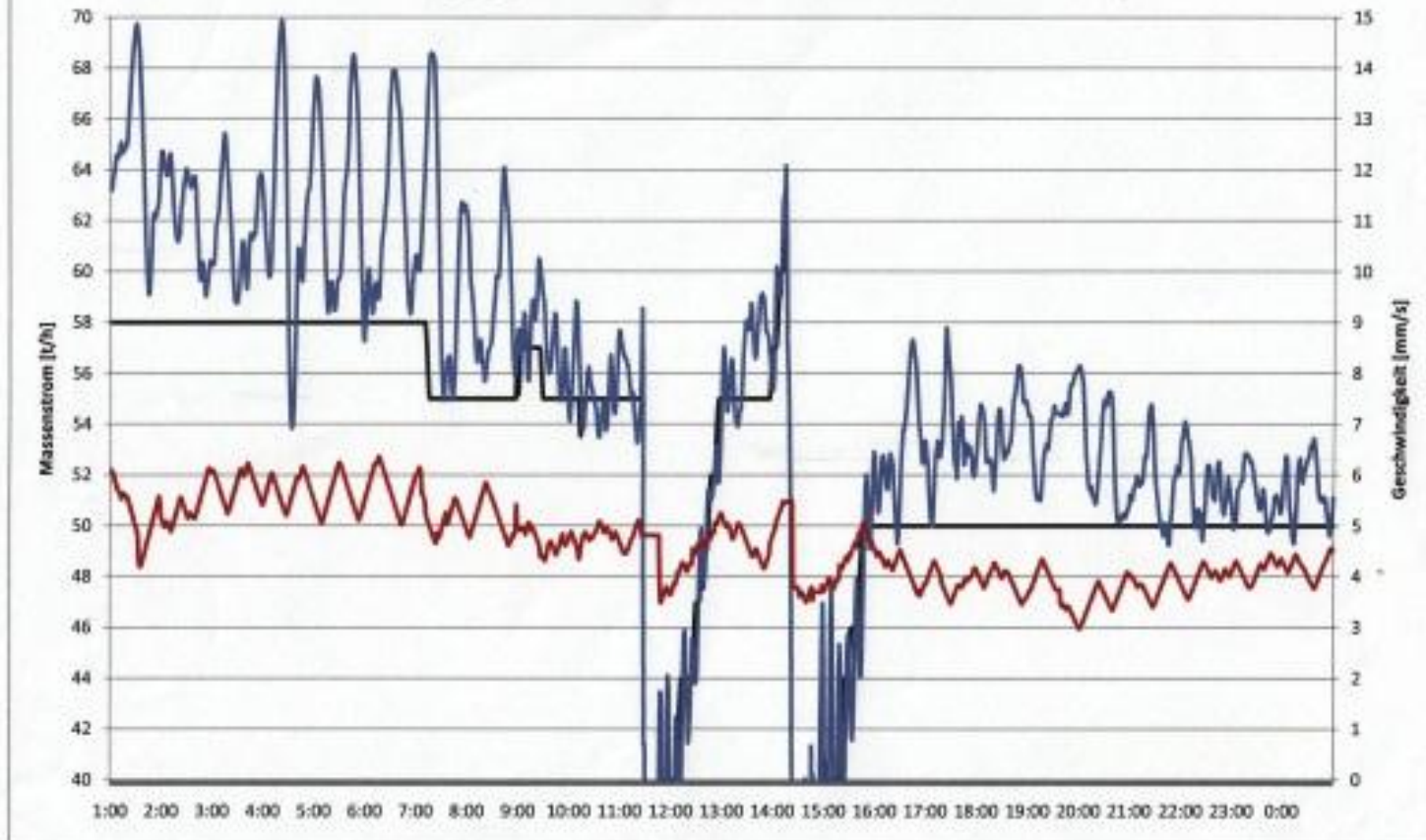


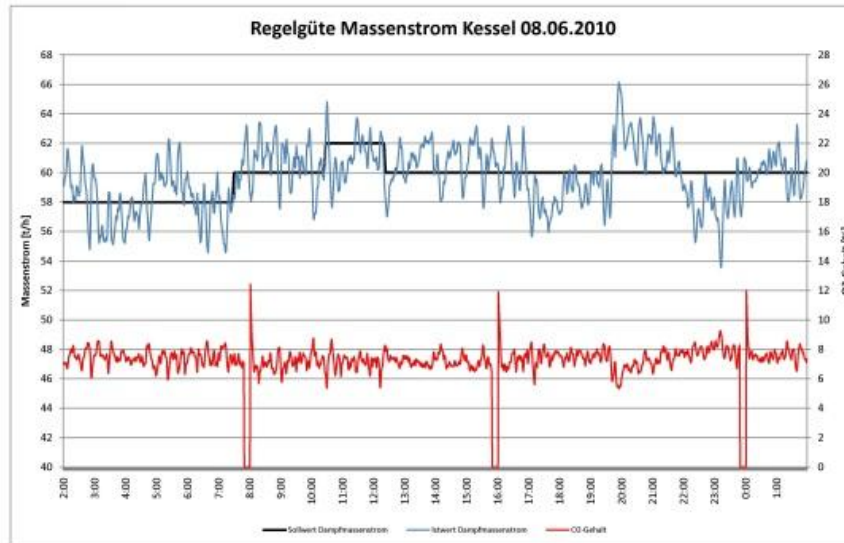
Poměrně často je při navrhování zařízení podceněno dimenzování sekundárního ventilátoru, který má pro řízení parního výkonu svoji nezastupitelnou funkci, zvláště při vyšší výhřevnosti odpadu s vysokým podílem těkavé hořlaviny.

Poznámka:

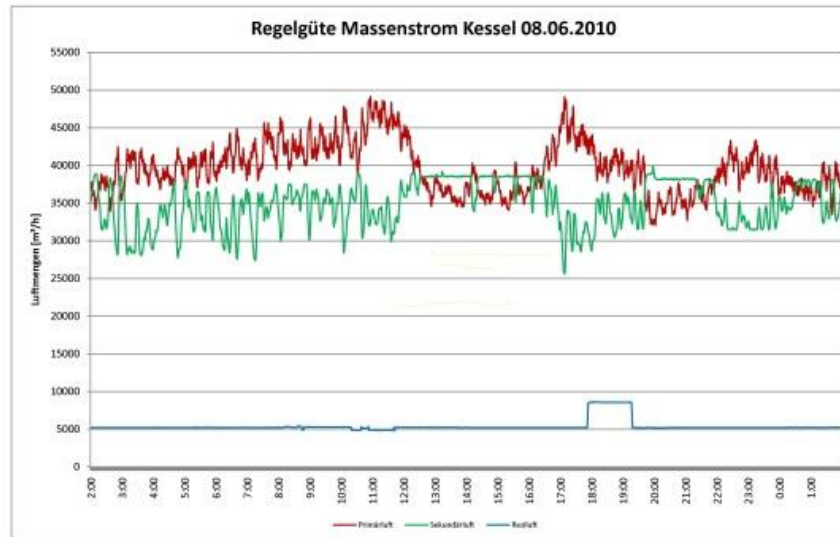
Je známé, že některá paliva mají malý podíl těkavé hořlaviny a není tak třeba pro jejich spalování používat sekundární vzduch.

Regelgüte Massenstrom Kessel 26.11.2009





2010-06-08_RegelgüteAuswertung.xls

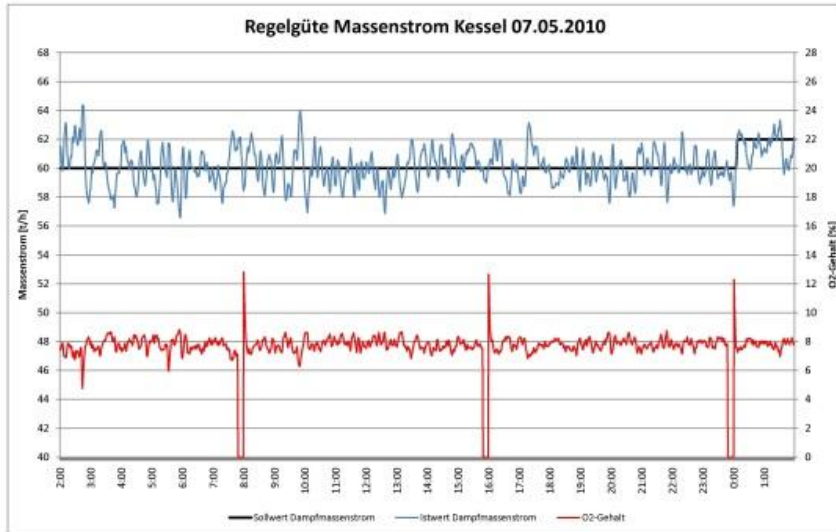


2010-06-08_RegelgüteAuswertung.xls

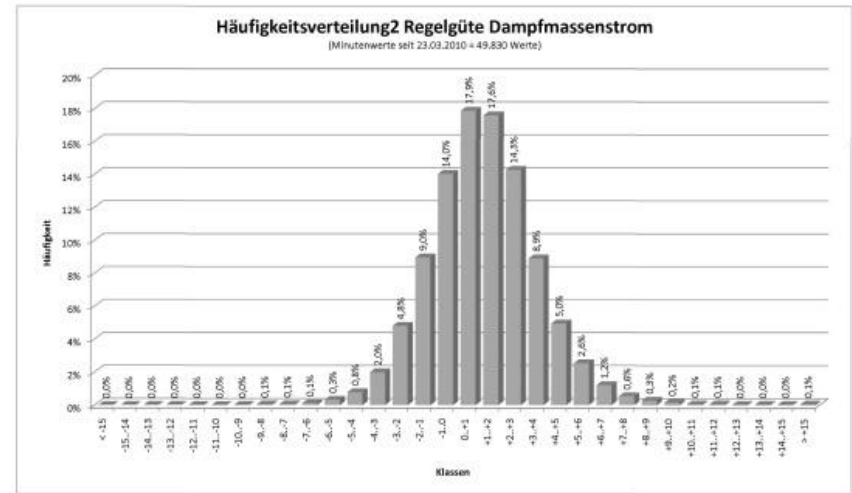
Vlastní konstrukce roštu (na trhu se nachází několik systémů), spolu s korektním rozdělením primárního vzduchu pod jednotlivé zóny roštu má přímý vliv na kvalitu spalování, resp. na chemický nedopal ve škváře.

Optimalizovaný spalovací proces vykazuje zejména:

- Nedopal <1%.
- Rovnoměrný parní výkon - přes 90% všech měřených hodnot parního výkonu je v intervalu $\pm 5\%$
- Koncentrace O_2 ve spalinách 6-7 % (v závislosti na podmínkách - u starších konstrukcí 10%) - ověření síťovým měřením.
- Koncentrace CO hluboko pod 50 mg/Nm^3 - ověření síťovým měřením.



2010-05-07_RegelgüteAuswertung.xls



31.05.2010

Rovnoměrný parní výkon:

94,3% všech měřených hodnot parního výkonu je v intervalu $\pm 5\%$

Možnosti zvyšování účinnosti technologického řetězce

Parametry přehřáté páry

S „legitimizací“ EVO v ČR - diskuse ohledně parametrů páry.

Jak to tedy je?

Parní spalovenské kotle se navrhují zpravidla na parametry páry těsně kolem 400°C, 4,0 MPa.

V praxi je trvale a mnohonásobně prokázáno, že lze takto navržený parní spalovenský kotel spolehlivě provozovat.

Velmi opatrně lze uvažovat o určitém zvýšení parametrů vyráběné páry.

Rizika havárie tlakové části.

Parametry páry nad 400°C 4,0 MPa mohou přispět určitým způsobem k větší výrobě elektrické energie.

Určitý pozitivní vliv při kondenzačním provozu tedy zvýšení účinnosti technologického řetězce.

Na účinnost vlastního parního kotle nemají žádný vliv.

Náklady spojené se zvýšením parametrů páry u zařízení na energetické využívání odpadu nejsou adekvátní k výnosům a provozním rizikům.

Z hlediska výroby tepelné energie je vliv zvýšených parametrů páry nulový.

Velká většina zařízení EVO je konfigurována jako teplárna - zvyšování parametrů páry je bez většího vlivu na celkovou účinnost.

Zvláště u spaloven průmyslových (nebezpečných) odpadů je nutné věnovat kotli náležitou pozornost.

V těchto zařízeních jsou zpracovávány pevné, pastovité a tekuté průmyslové odpady proměnlivého složení, obsahující množství nejrozličnějších látek.

Úletový popílek vykazuje vlivem obsahu alkálií (sodík, draslík) relativně nízký bod měknutí.

K překročení bodu měknutí úletového popílku dochází při teplotách přes 700°C. Kolem 900°C má těstovitý charakter a při teplotách přes 1100°C přechází do tekutého stavu.

Eroze teplosměnných ploch

Tvorba usazenin či nápeků (nálepů).

Tento úkaz významně zhoršuje přestup tepla ze strany spalin a zkracuje provozní dobu kotle.

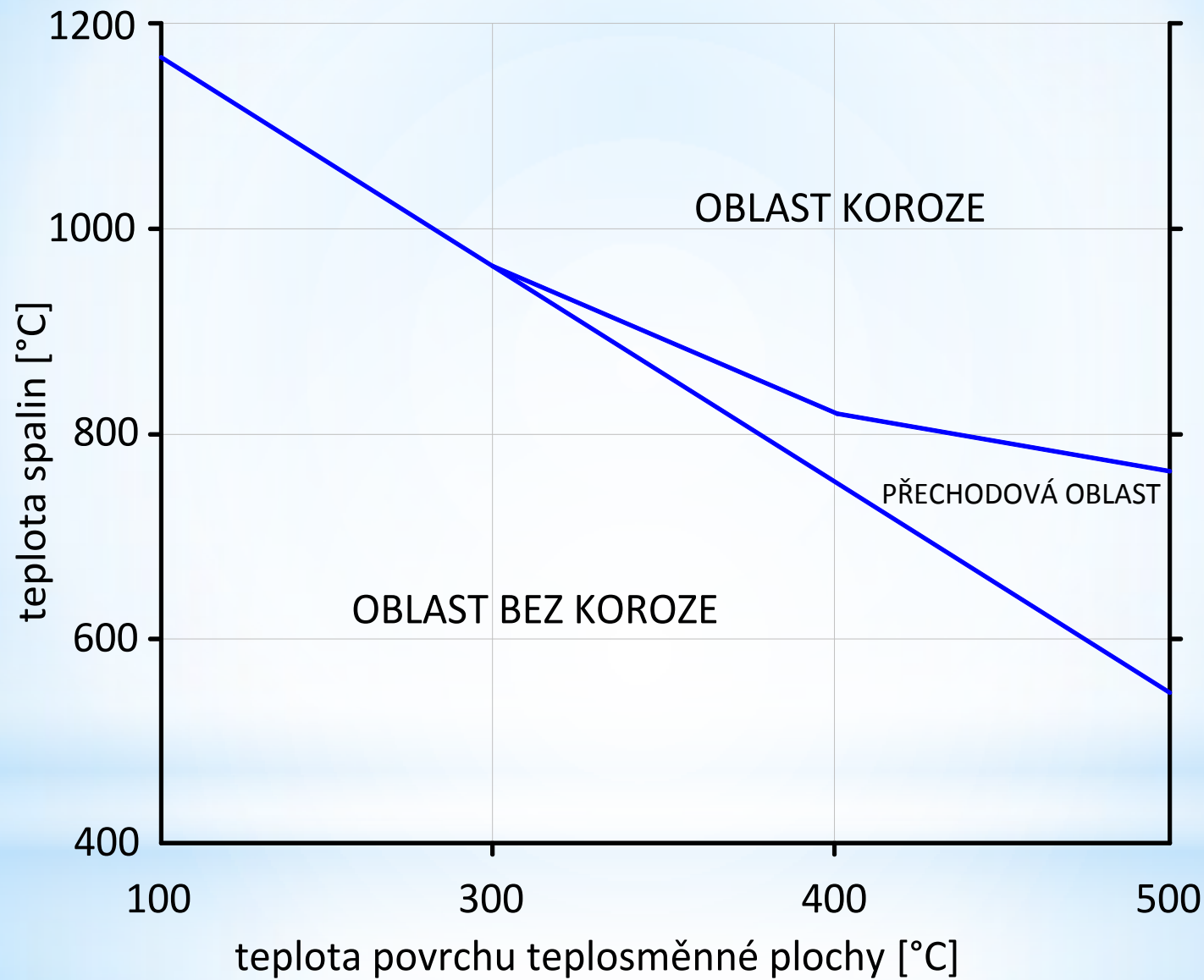
Problematické úletové popílký obsahující sloučeniny alkálií a korozivní složky spalin s obsahem síry a chloru jsou nejčastějšími příčinami havárií teplosměnných ploch kotlů pro energetické využívání odpadu.

Body měknutí některých látek a látkových směsí:

samotná látka	bod měknutí (°C)	směsi látek (údaje v %)	bod měknutí (°C)
NaCl	801	25 NaCl - 75 FeCl ₃	156
KCl	772	55ZnCl ₂ -45KCl	230
MgCl ₂	714	60 KCl - 40 FeCl ₂	355
CaCl ₂	772	58 NaCl - 42 FeCl ₂	370
FeCl ₂	676	90PbCl ₂ -10MgCl ₂	460
FeCl ₃	303	49 NaCl-51 CaCl ₂	500

Orientační složení spalin z energetického využívání komunálních a průmyslových odpadů po výstupu z ohniště.

		komunální	průmyslové
		odpady	odpady
teplota spalin po výstupu z ohniště	°C	900°C	1200°C
vlhkost spalin (H ₂ O)	obj. %	15	20
CO ₂	%	5	5
O ₂	obj.%	6 - 10	6 - 12
úletový popílek	g/Nm ³	5	10
HCl	mg/Nm ³	1 000	20 000
HF	mg/Nm ³	10	50
SO ₂	mg/Nm ³	500	5 000
NO _x	mg/Nm ³	400	600
CO	mg/Nm ³	50	50
Pb	mg/Nm ³	10	50
Zn	mg/Nm ³	30	50
Cd	mg/Nm ³	1	5
Hg	mg/Nm ³	0.4	3
PCDD/F	ngTE/Nm ³	2	5





Umístění ochranného výparníku

Požadavek teploty spalin 650°C před přehřívákem i na konci provozní periody!

Tedy na počátku provozní periody cca přes 550°C - limitující podmínka pro teplotu přehřáté páry.

Spalovenské kotle s parametry páry kolem 350 °C, 3,0 MPa jsou bez havárií výhřevných ploch desítky let v provozu.

Školní příklad bernského zařízení EVO, kde byl instalován kotel s parametry páry 475 °C, 6,2 MPa.

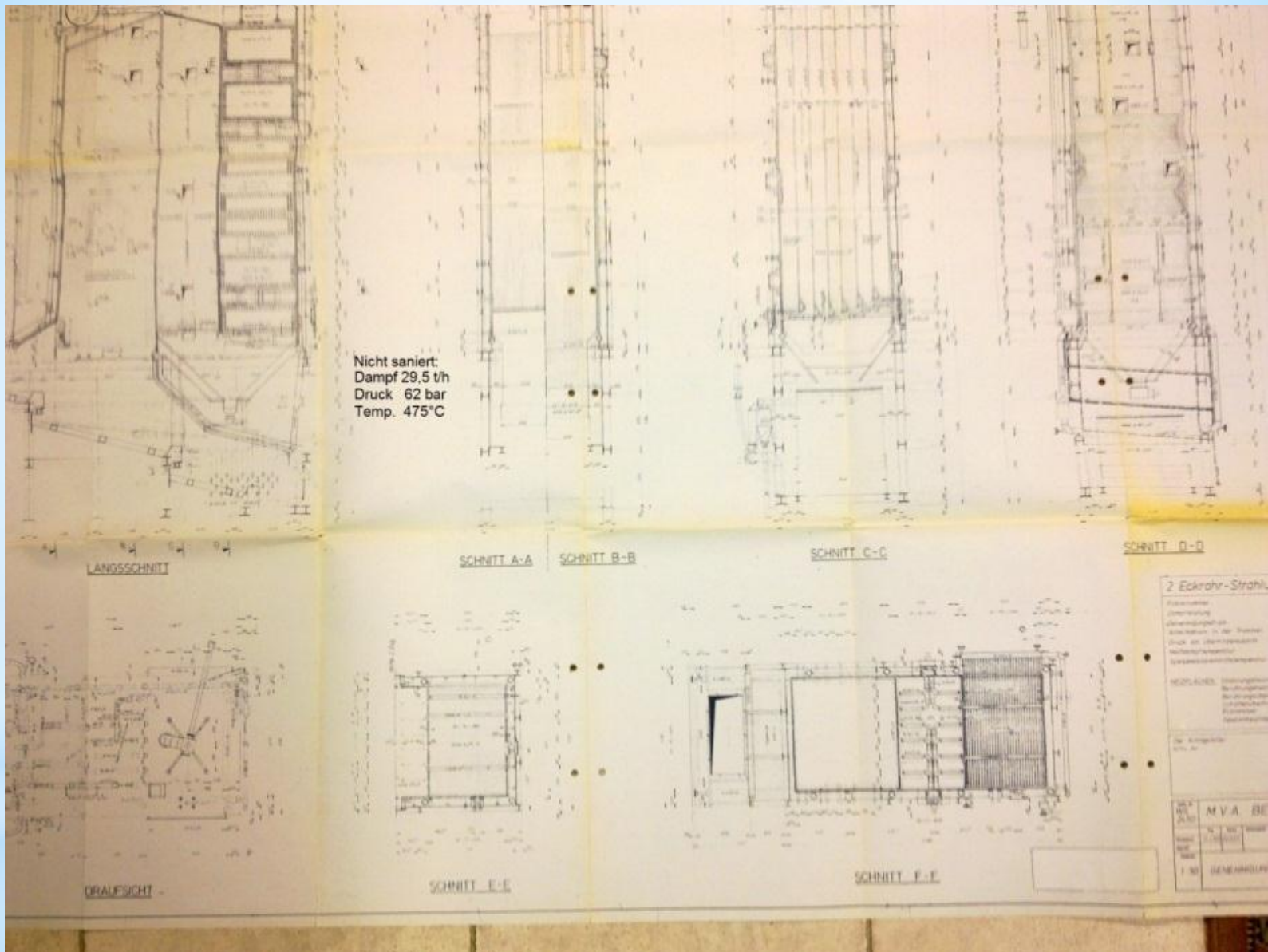
Vertikálním uspořádání tahů, poslední přehřívák byl na vstupu do 3. tahu kotle.

Havárie přehříváku na sebe nenechala dlouho čekat a z důvodů opakovaných přerušení provozu musely být oba kotle asanovány.

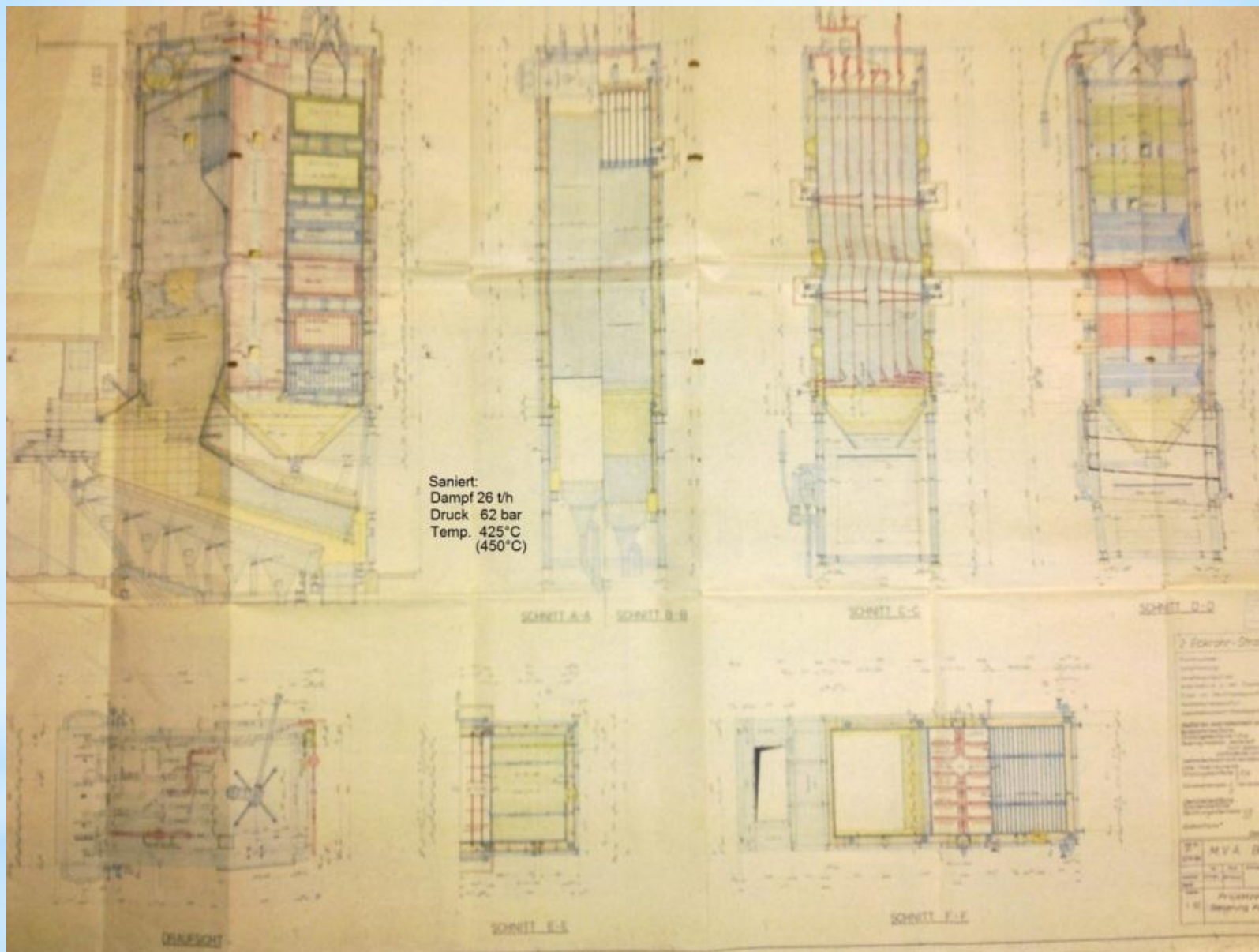
Hlavní asanační opatření:

- Instalace nového přesuvného roštu.
- Instalace stranových desek - terciární vzduch.
- Optimalizování výdusky stěn ohniště.
- Instalace „mříže“ výparníku mezi 1. a 2. tahem kotle.
- Zlepšení profilu spalin na vstupu do 3. tahu kotle.
- Instalace ochranného výparníku před poslední přehřívák.

V provozu od 1985 dosud - nové zařízení EVO 2013



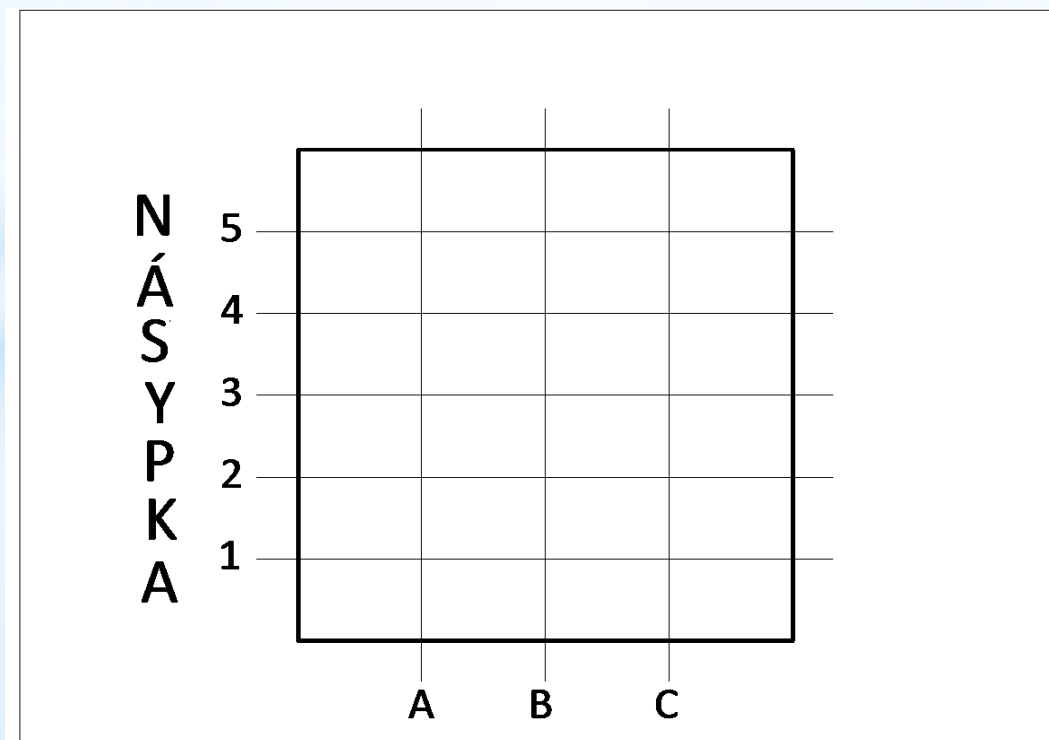
Kotel KVA Bern - před asanací

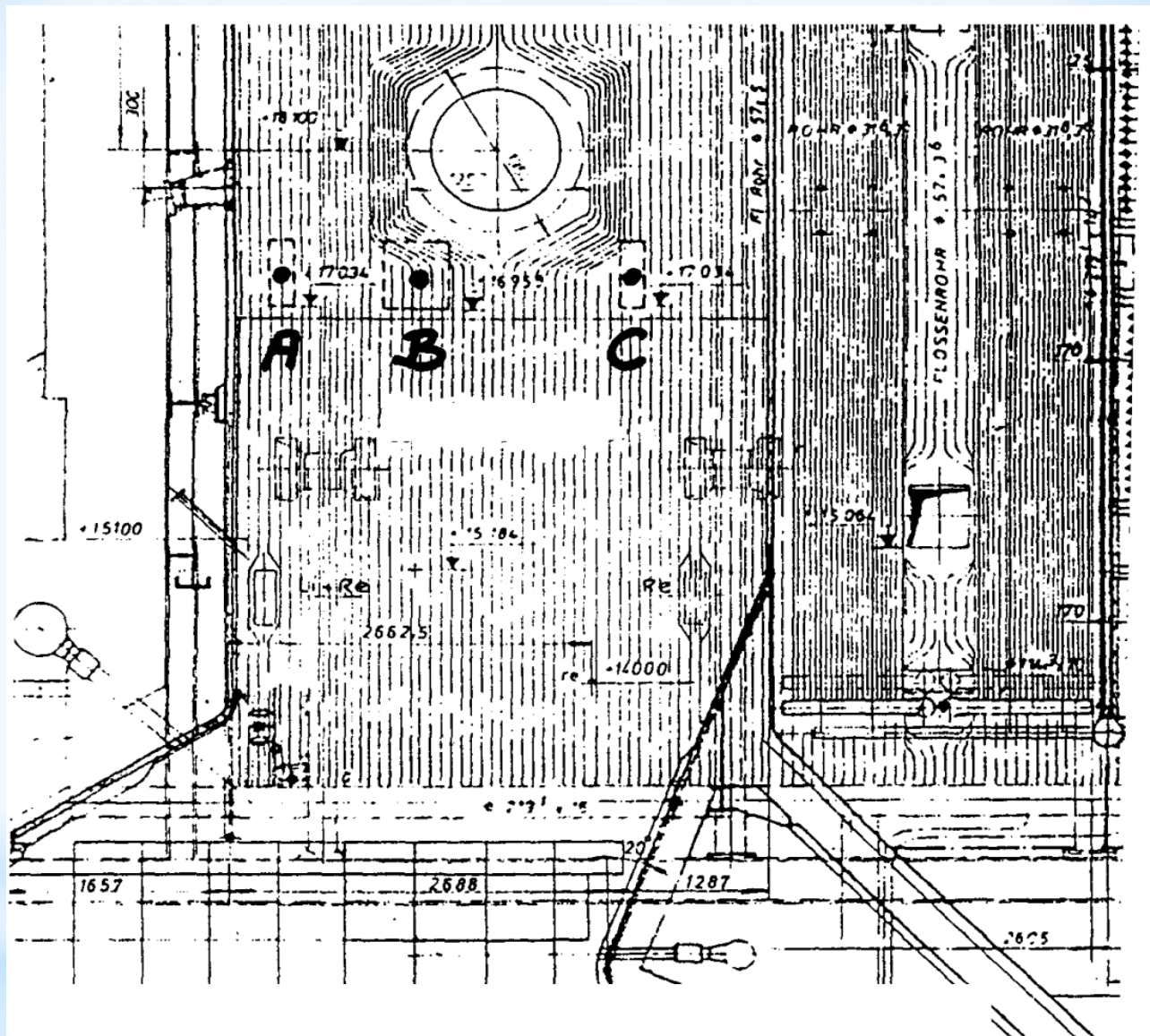


Kotel KVA Bern - po asanaci

Účinek asanačních opatření:

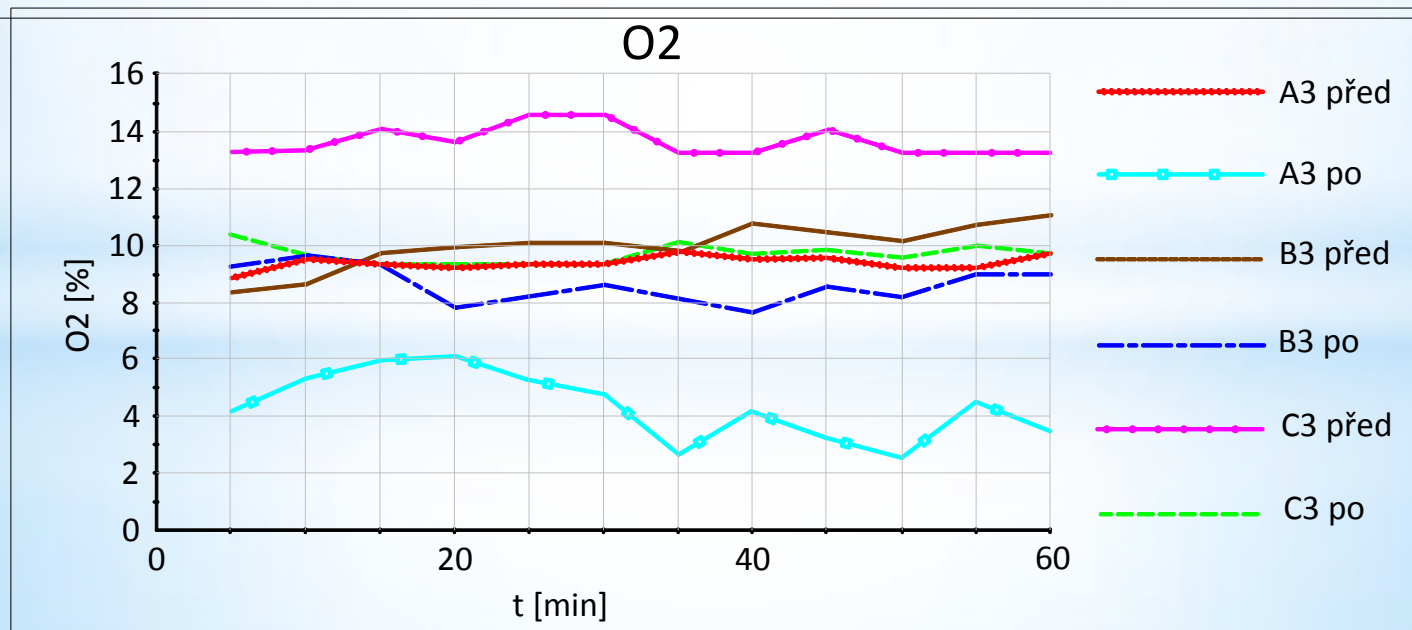
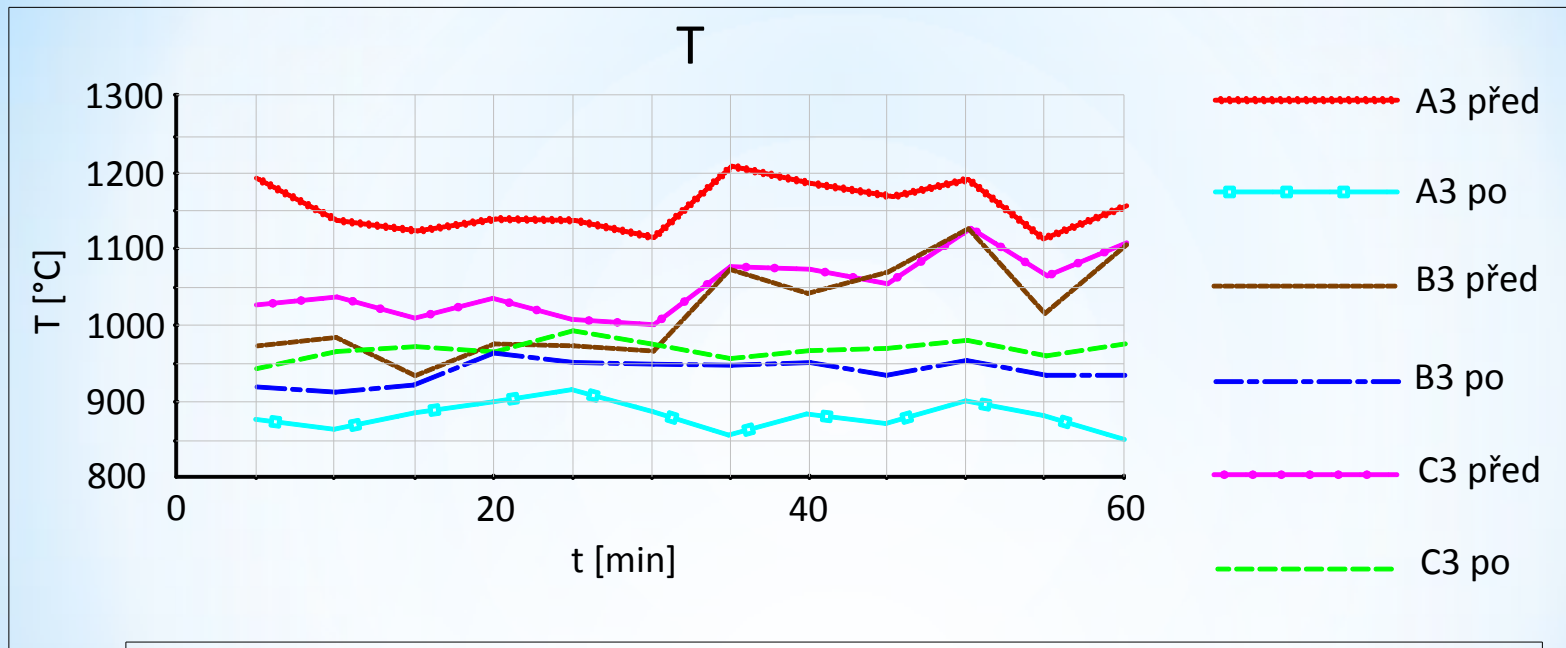
- T v prvním tahu kotle pod 1000C
- O₂ pravidelně 8-10%
- CO cca 0,001%

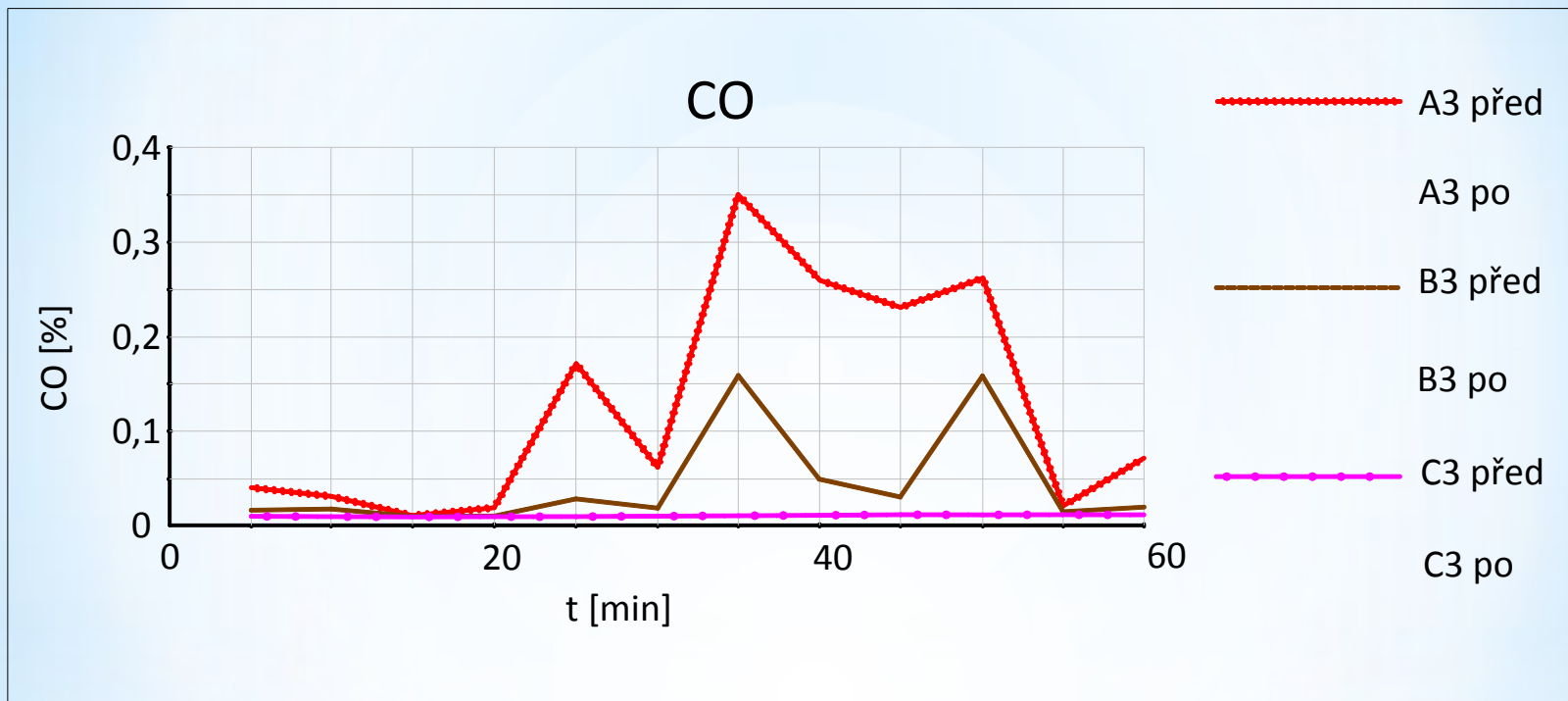




Sít'ová měření - na úrovni cca 4 m nad posledním přívodem vzduchu.

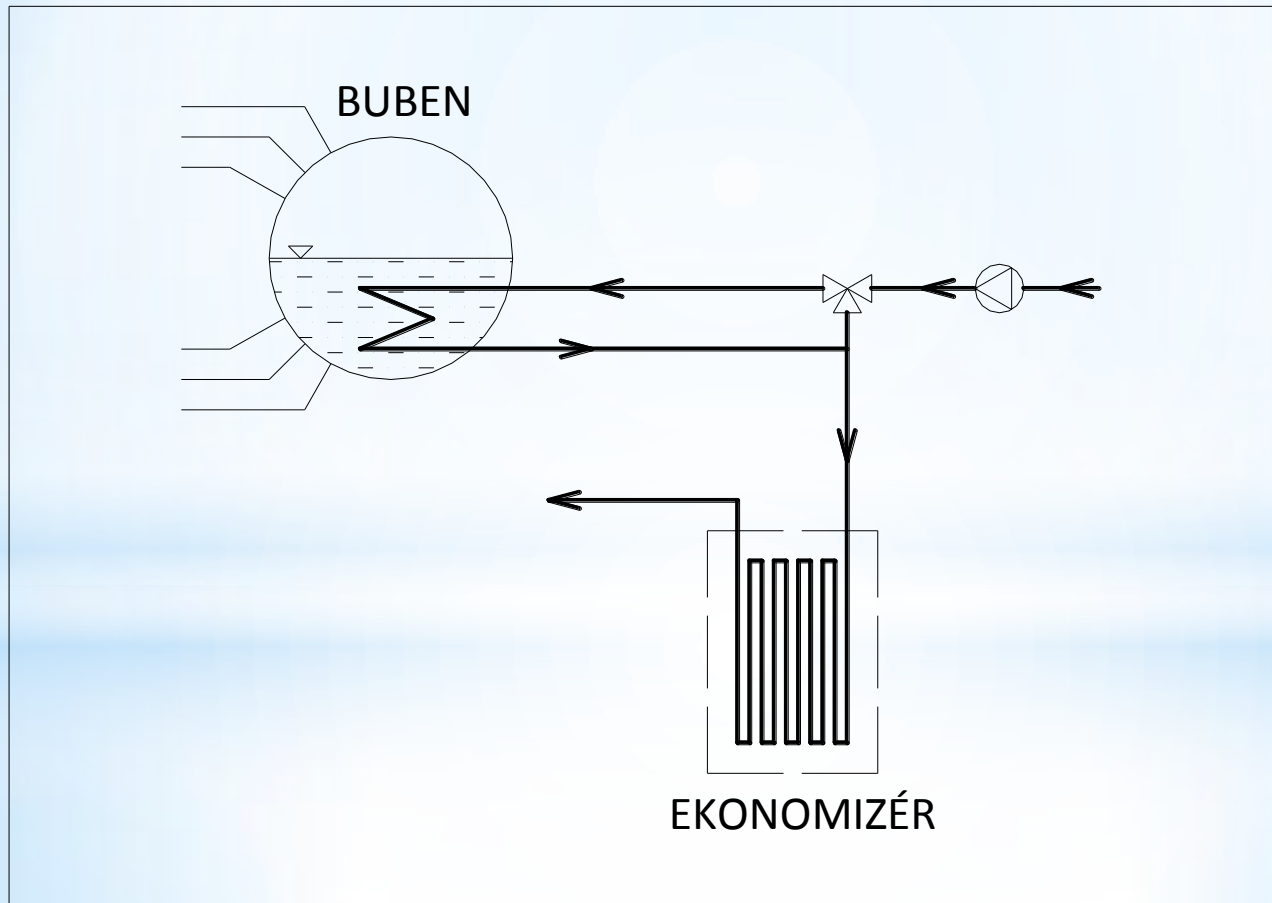
Výsledky síťových měření (T, O₂, CO) v ose 3





(0,1% obj. CO = 1250mg/Nm³)

Konstantní teplota spalin na výstupu z kotle



V okamžiku, kdy není možné teplotu vystupujících spalin na určité úrovni udržet, musí být kotel odstaven a vyčištěn

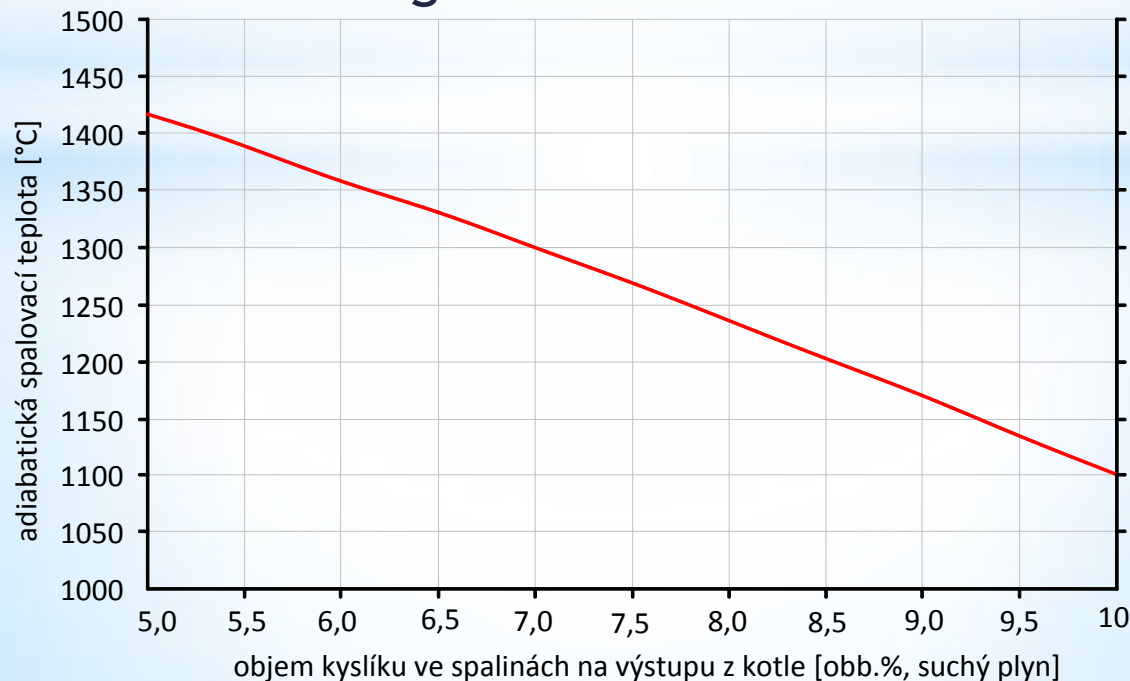
Snižování množství spalin.

Lze v podstatě jen dvěma způsoby:

- Snížením obsahu kyslíku ve spalinách
- Omezení či eliminování netěsností (vyloučení tzv. falešného vzduchu).

Obsah O₂ ve spalinách není možné libovolně snižovat - vysoká adiabatická teploty spalin.

Z druhé strany je užitečné eliminovat či omezit vstupy vzduchu do technologického řetězce.

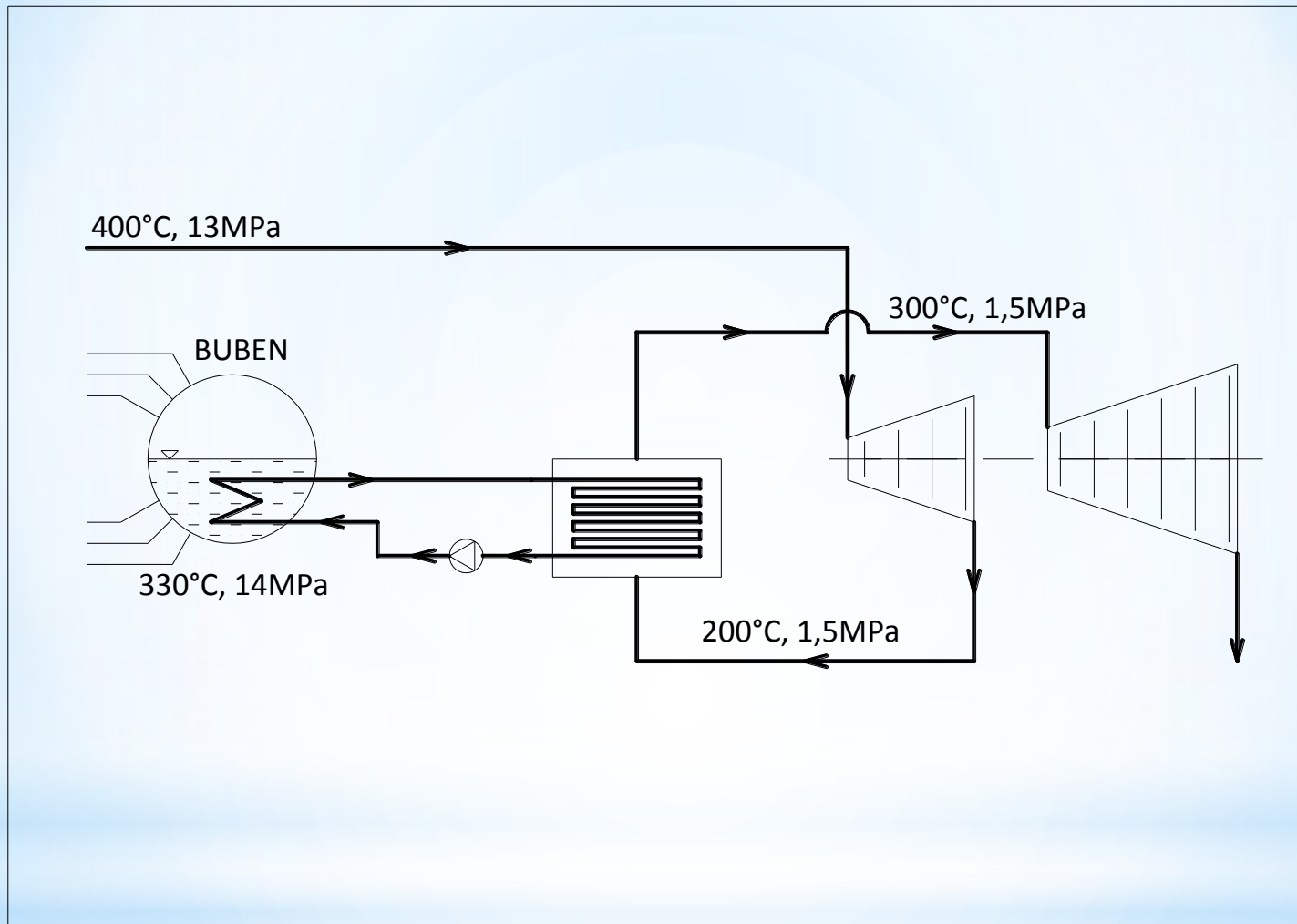


Přihřívání páry

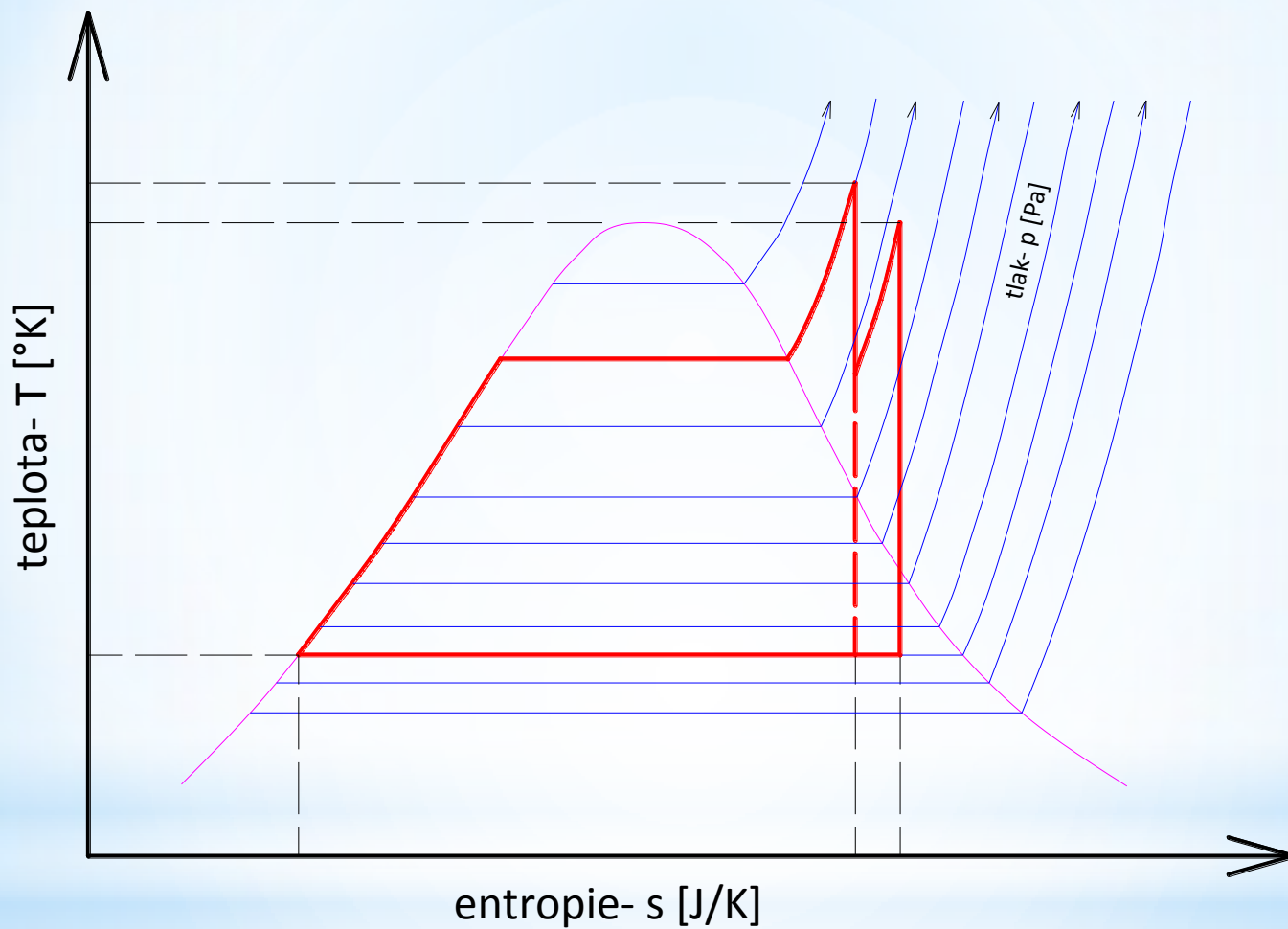
V klasické energetice běžně používání přihřívání páry pomocí spalínových mezipřehříváků naráží u spalovenských kotlů na limity v souvislosti se zmíněnou problematikou korozivních úkazů.

U EVO lze umístit mezipřehřívák mimo kotel a páru z vysokotlakého stupně lze přihřívát ve spojení s bubnem kotle. V takovém případě je třeba volit řádově vyšší tlak páry se všemi důsledky (konstrukce, výkon napájecího čerpadla).

Přihřátím páry lze očekávat zlepšení účinnosti cca 2-4%.



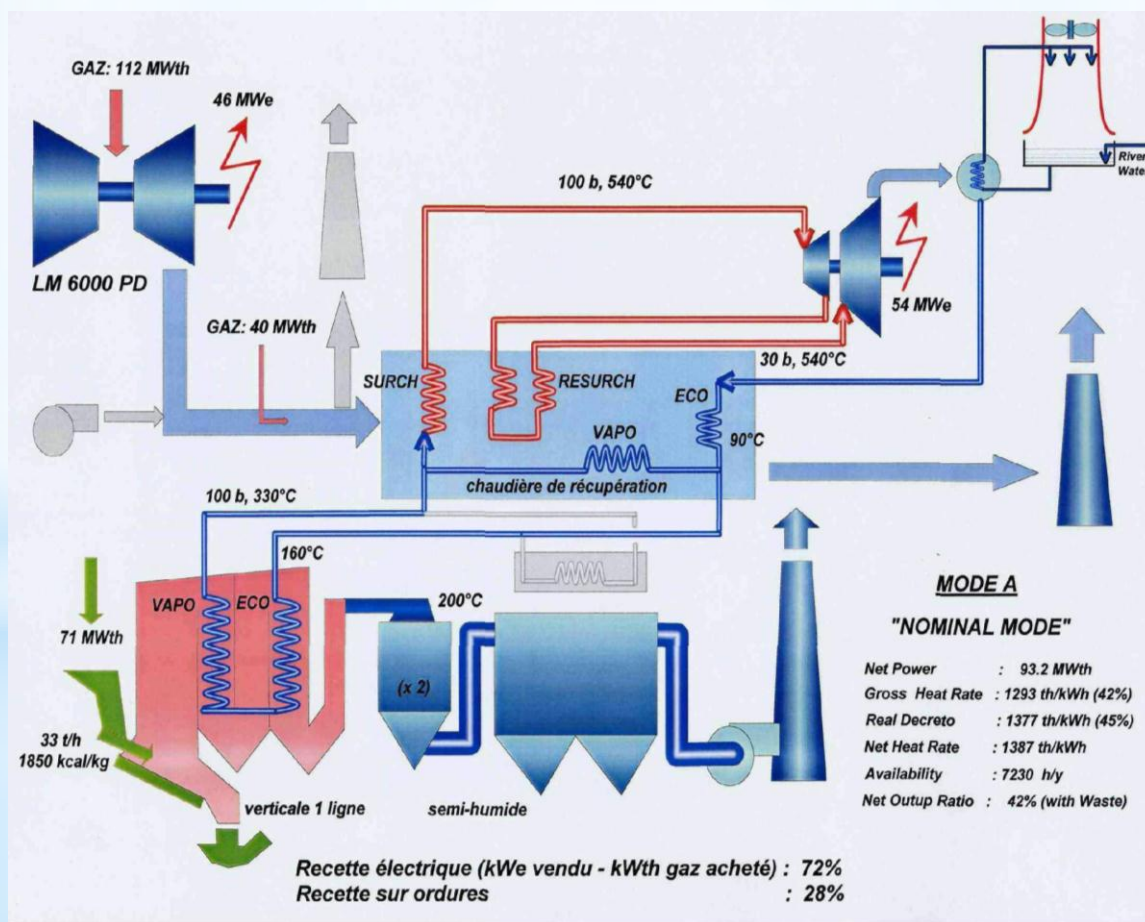
Princip řazení vnějšího mezipřehříváku



Přihřívání páry v T-s diagramu

Poznámka:

Spalinový mezipřehřívák byl v souvislosti s energetickým využíváním odpadu instalován v zařízení ve španělském Bilbau, ale byl instalován do kotle paroplynového cyklu.



Další možnosti zvyšování účinnosti

Obecně platí, že existuje řada dalších možností zvyšování účinnosti zařízení:

- Vlastní spotřeba energie
- Nedopal (škvára, popílek)
- Radiační ztráty
- Teplota spalovacího vzduchu (primární, sekundární)
- Odluh
- Čištění spalin
- Údržba

Významně, v řádu procent, lze zvýšit účinnost zařízení prodloužením fondu provozní doby, tzv. disponibility zařízení.

Zdroje

- Alessio, Muck: Möglichkeiten und Grenzen der Effizienzsteigerung in Abfallverbrennungsanlagen, 10 Münsteraner Abfallwirtschaftstage
- Hyžík J.: Projektování zařízení na energetické využívání odpadu z hlediska energetické účinnosti, Kotle a energetická zařízení, Asociace výzkumných organizací, ISSN 1801-1306, Brno, 2009
- Hyžík J.: Kotle pro energetické využívání odpadu seminář, Kotle a energetická zařízení, Asociace výzkumných organizací, ISSN 1801-306, Brno, 2005
- Provozní údaje zařízení na energetické využívání odpadu.
- Firemní podklady (EWB, E.I.C. spol. s. r. o. a EIC AG)

**Děkuji za trpělivost, prosím
o případné dotazy**