

Capitolul 6

Optimizarea Sistemului de Producere a Aburului

Îmbunătățirea randamentului cazanului

Managementul purjării

Recuperarea Energiei din purjare

Economizoare cu apă de alimentare

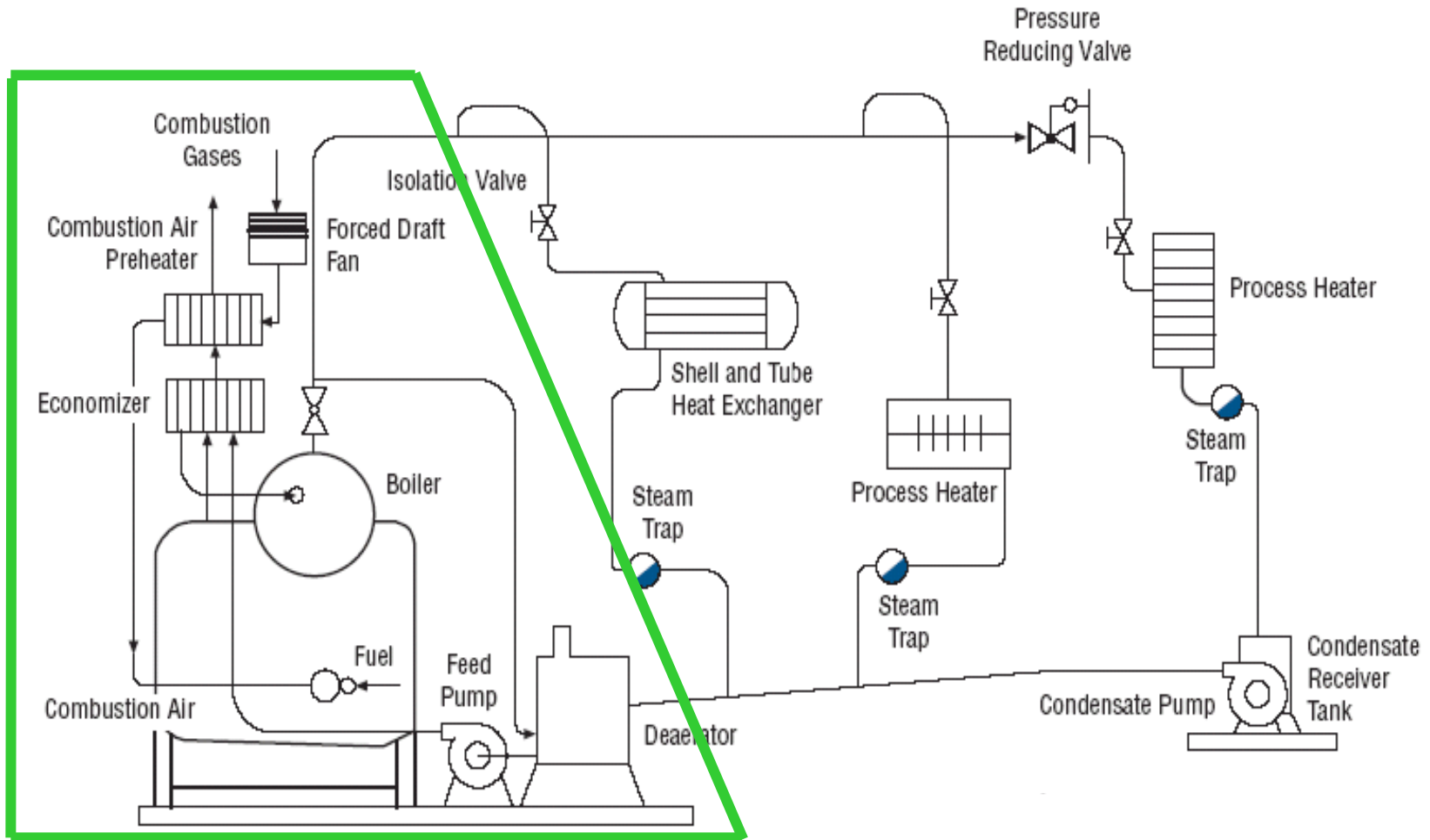
Încălzitoare de aer de combustie

Verificarea excesului de aer

Înlocuirea combustibilului

Exerciții manuale pentru studenți

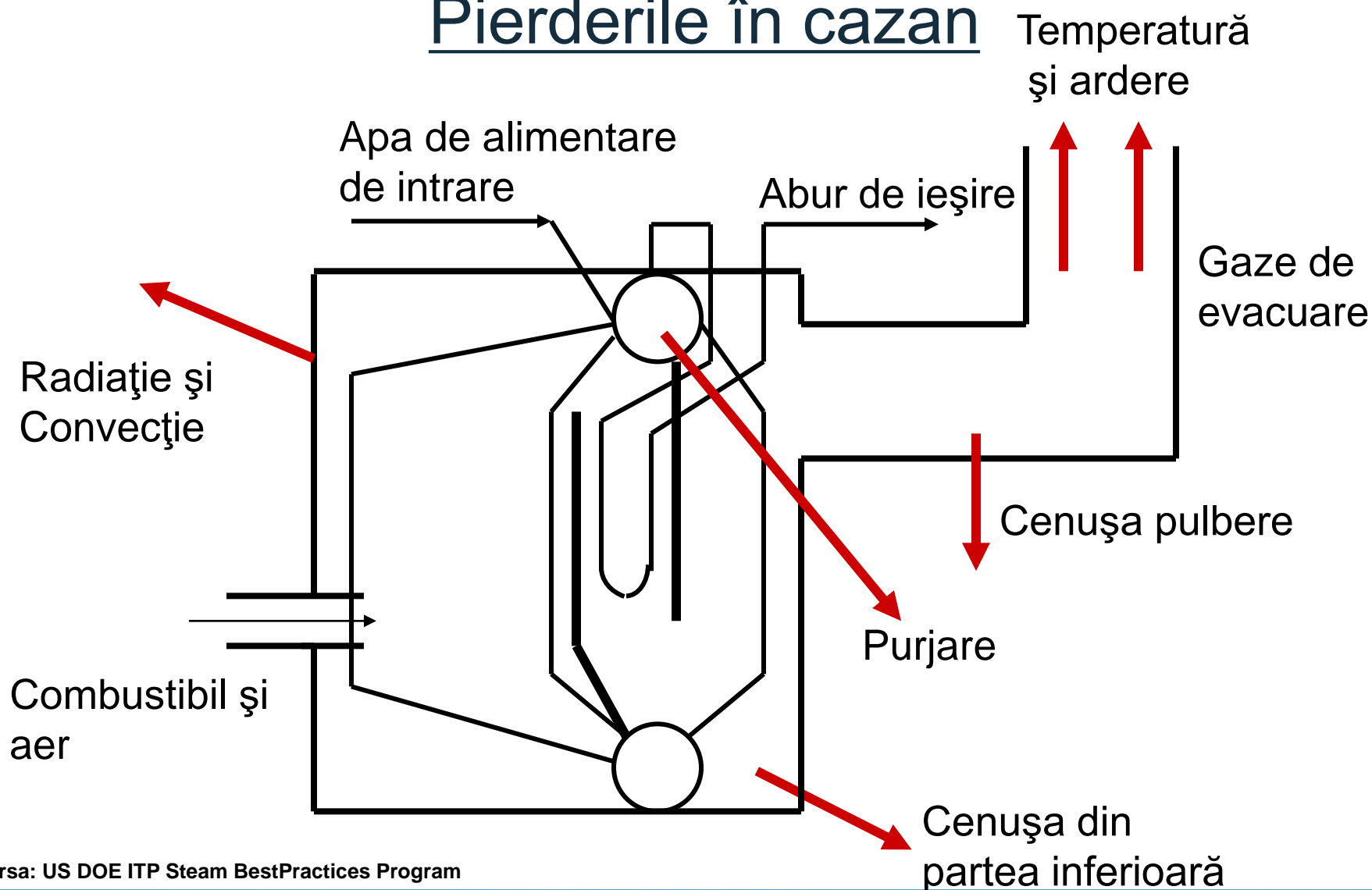
Optimizarea Sistemului de Producere a aburului



Generarea

Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Pierderile în cazan



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Randamentul cazanului

- Randamentul cazanului poate fi de asemenea determinat printr-o metodă indirectă, prin determinarea pierderilor totale existente
 - Pierderile tipice existente:
 - Pierderi prin suprafața cazanului
 - Pierderi de purjare
 - Pierderi prin coșul de fum

$$\eta_{boiler} = 100 - Losses$$

$$\eta_{boiler} = 100 - \lambda_{shell} - \lambda_{blowdown} - \lambda_{stack} - \lambda_{other}$$

Pierderi de suprafață

- Pierderile prin radiație și convecție de obicei sunt:
 - Mai mici de 1.0% pentru cazane cu conducte de apă
 - Mai mici de 0.5% pentru cazane cu conducte de combustie
- Procentajul pierderilor prin suprafață crește o dată cu scăderea sarcinii cazanului, deoarece valoarea pierderilor prin suprafață reprezintă o valoare constantă
 - Pierderile prin suprafață sunt de ~0.5% pentru o sarcină întreagă și de ~2.0% pentru un sfert de sarcină
 - Oportunitatea primară pentru aceste suprafețe este reducerea numărului de cazane funcționabile prin urmare a reduce pierderile totale de prin suprafață
 - Luarea în considerație a pierderilor prin suprafața cazanului
- Reducerea cererii de abur nu va diminua pierderile prin suprafață.... Excepție este cazul în care cazanul este oprit!



Puncte cheie / Itemi de acțiune

1. *Căutarea “Punctelor forte”*
2. *Măsurarea temperaturilor suprafețelor cazanului*
 - *Termografoa infraroșu*
 - *Temperatura tipică a suprafeței trebuie sa fie între 55°C și 70°C*

3. *Repararea refracției refractory*
4. *Monitorizarea integrității suprafețelor*
5. *Reducerea sarcinii cazanului poate servi drept oportunitate*
 - *Minimizarea numărului de cazane operative*



Gestionarea Purjării

- Calitatea apei se va îmbunătăți o dată cu creșterea presiunii aburului
- Facilitatea cea mai evidentă este dedurizarea apei de adaos
- Sistemele de presiune înaltă pot necesita dealcalizare, demineralizare, sau invers tratarea cu osmoză a apei de adaos
- Sistemele cu o calitate înaltă a apei pot avea purjare mai puțin de 1% blowdown
 - Sistemele cu o calitate joasă a apei pot avea purjare mai mult de 10%
- Recuperarea adițională a condensatului va permite reducerea purjării

Gestionarea Procesului de Purjare

- Cantitatea de purjare depinde în primul rînd de:
 - Calitatea apei
 - Presiunea de funcționare a cazanului
- Gestionarea procesului de purjare de obicei poate lua următoarele forme
 - Îmbunătățirea calității apei de adaos
 - Îmbunătățirea controlului procesului de purjare
 - Recuperarea căldurii
 - Creșterea condensatului recuperat
- Gestionarea purjării începe cu măsurători:
 - Cantitatea de purjare este estimată conform analizei chimice a apei din cazan

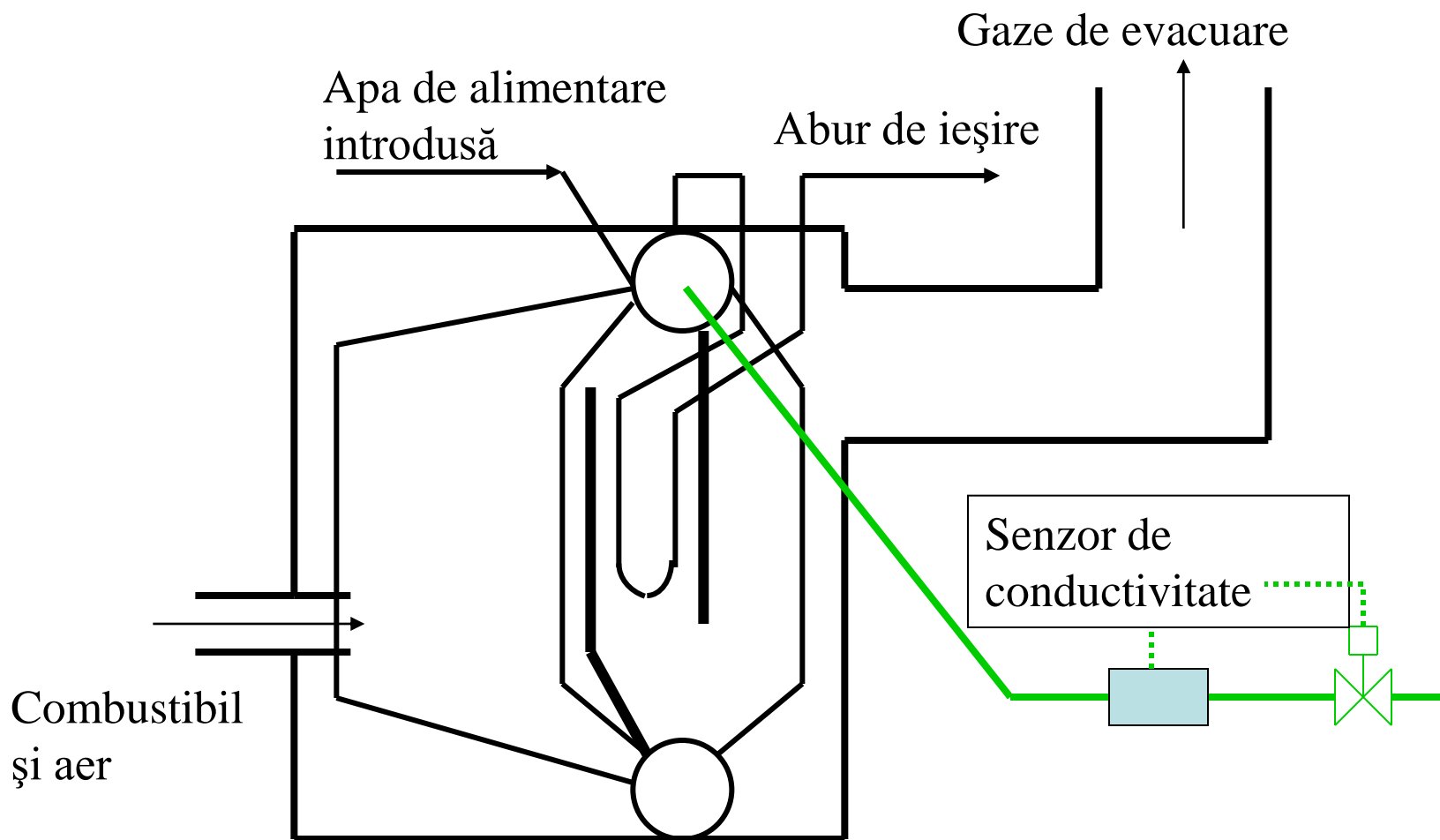
Opțiuni pentru economisirea energiei din purjare

- Reducerea purjării în vazan
 - Aceasta va reduce consumul de energie proporțional cu cursul de purjare
 - Dar calitatea apei va necesita o îmbunătățire considerabilă
 - Considerente economice
 - Considerații de infrastructură
- Implementarea echipamentului de recuperare a energiei
 - Captarea energie totale din purjare
 - Nici un impact de tratare a apei nu va fi de folos
 - Efectele sunt necesare a fi luate în considerație mai ales într-un sistem de cogenerare la o centrală
- O combinație a acestor două opțiuni

Verificarea procesului de purjare

- Controlul primar continuu al purjării este bazat pe conductivitatea apei din cazan
- Conductivitatea trebuie să fie corelată cu calitatea actuală a apei prin analize specifice

Verificarea procesului de purjare

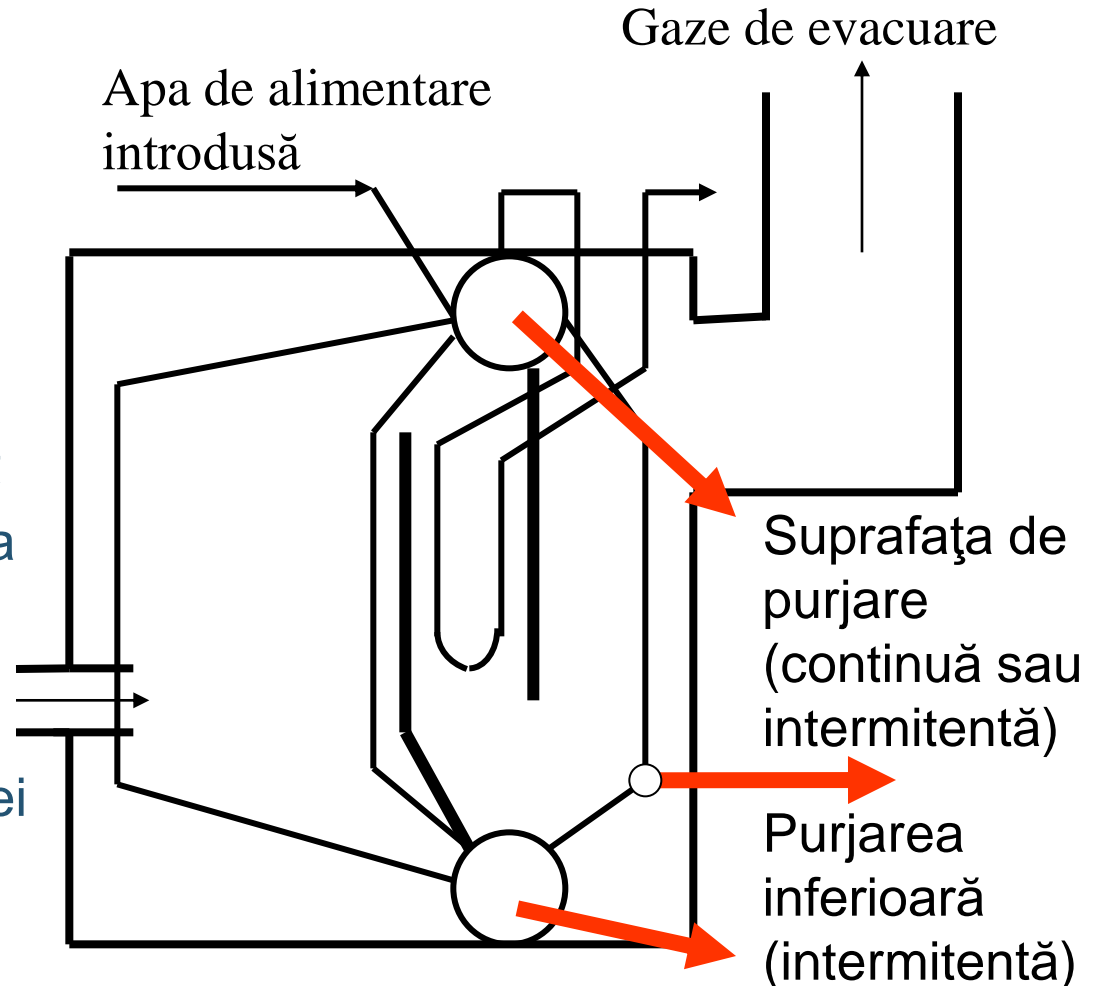


Pierderi de purjare

- O modificare a cantității de purjare din cazan, va reduce impactul consumului de combustibil
- Analiza economică va necesita mai multe modele pentru diversificarea combustibililor
 - Costul amestecului de combustibil poate conduce către o estimare mai sigură
- Creșterea condensatului returnat va permite reducerea ratei de purjare

Reducerea Purjării în Proiectul 4 a sistemului SSAT

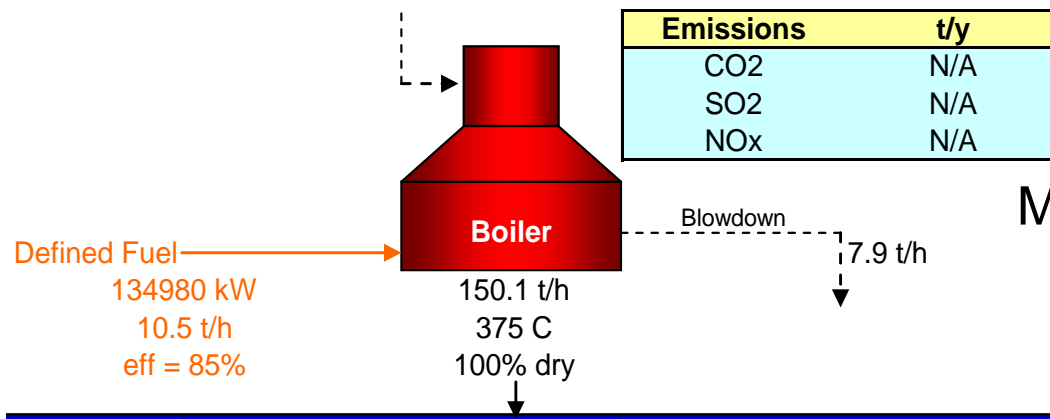
- Purjarea este bazată pe calitatea apei ?
- Ce ar permite o reducere a purjării?
 - Curățirea apei de alimentare
 - Creșterea condensatului returnat
 - Condiții suplimentare a apei de adaos
 - Ameliorarea condensatului
 - Modificarea tratării apei
 - Purjarea continuă versus purjarea intermitentă



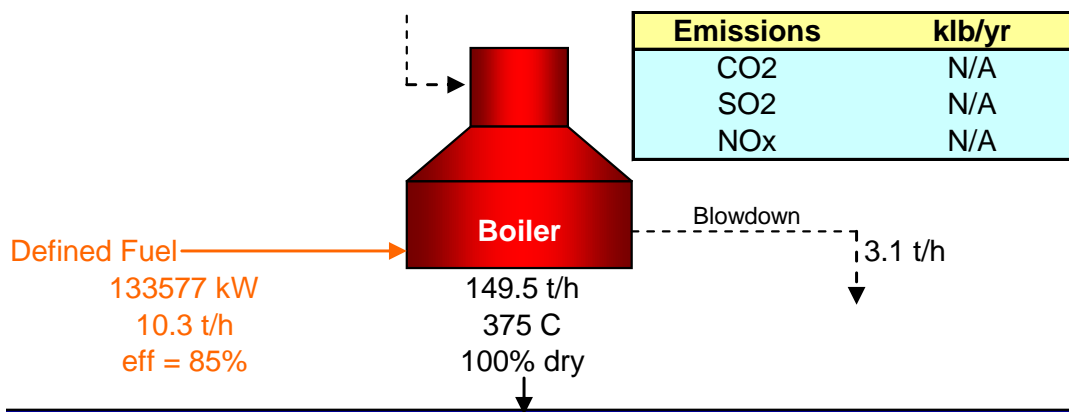
Reducerea purjării în cazan

- Utilizarea a 3 colectoare în exemplul modelului sistemului SSAT și cuantificarea impactului economic de reducere a purjării de la 5% la 2%.
- Reducerea purjării este posibilă doar la îmbunătățirea sistemului de tratare a apei.

Reducerea purjării



Modelul de bază



Modelul Proiectat

Reducerea purjării

Results Summary

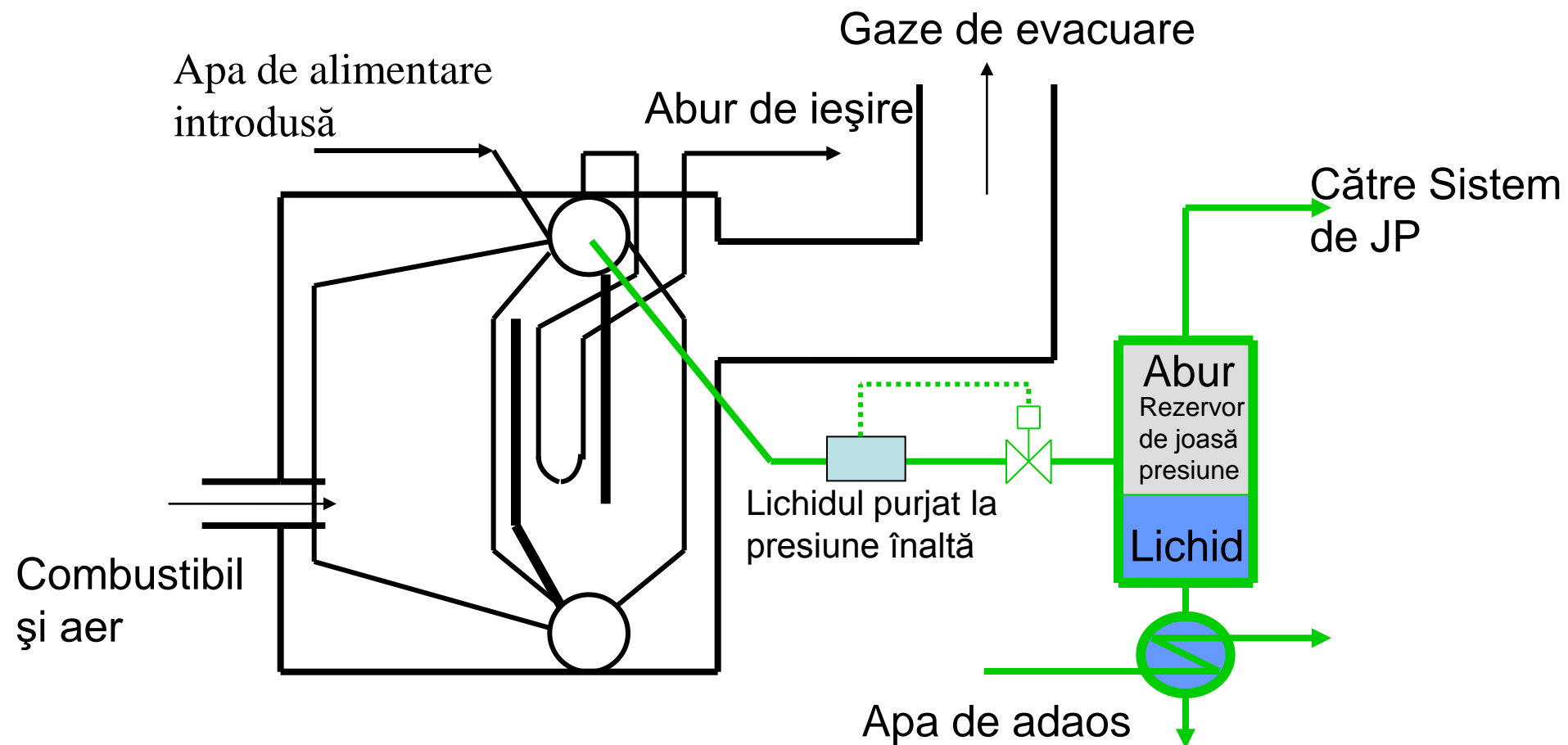
SSAT Default 3 Header Metric Model Moldova Ex 4

Model Status : OK

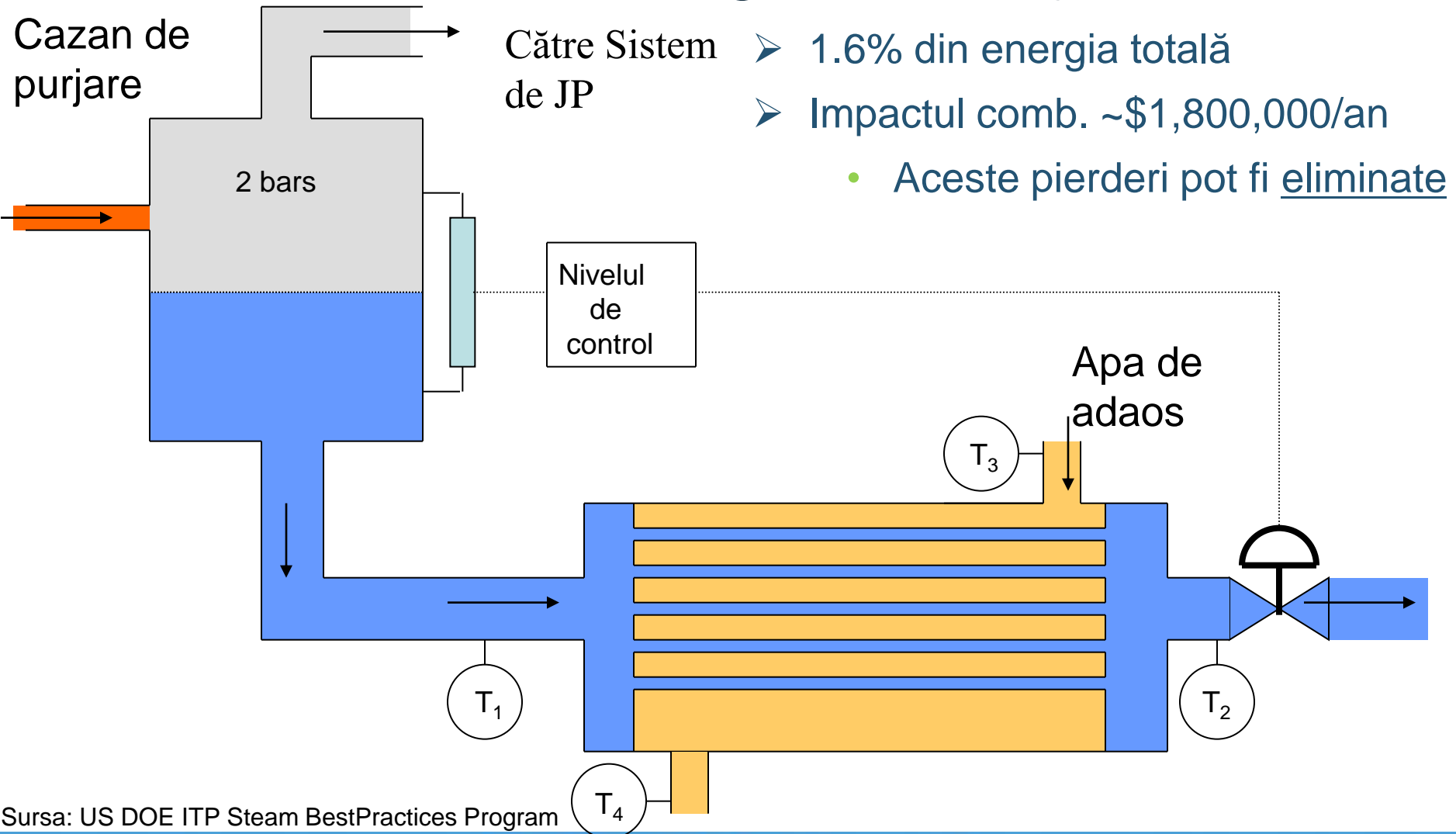
Cost Summary (\$ '000s/yr)	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Cost	6,132	6,132	0	0.0%
Fuel Cost	55,285	54,710	575	1.0%
Make-Up Water Cost	1,130	1,058	72	6.4%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	62,547	61,900	647	1.0%

Utility Balance	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Generation	0 kW	0 kW	-	-
Power Import	5000 kW	5000 kW	0 kW	0.0%
Total Site Electrical Demand	5000 kW	5000 kW	-	-
Boiler Duty	140753 kW	139289 kW	1464 kW	1.0%
Fuel Type	Natural Gas	Natural Gas	-	-
Fuel Consumption	12622.2 Nm3/h	12490.9 Nm3/h	131.3 Nm3/h	1.0%
Boiler Steam Flow	150.1 t/h	149.5 t/h	0.7 t/h	0.4%
Fuel Cost (in \$/MWh)	44.84	44.84	-	-
Power Cost (as \$/MWh)	140.00	140.00	-	-
Make-Up Water Flow	76 m3/h	71 m3/h	5 m3/h	6.4%

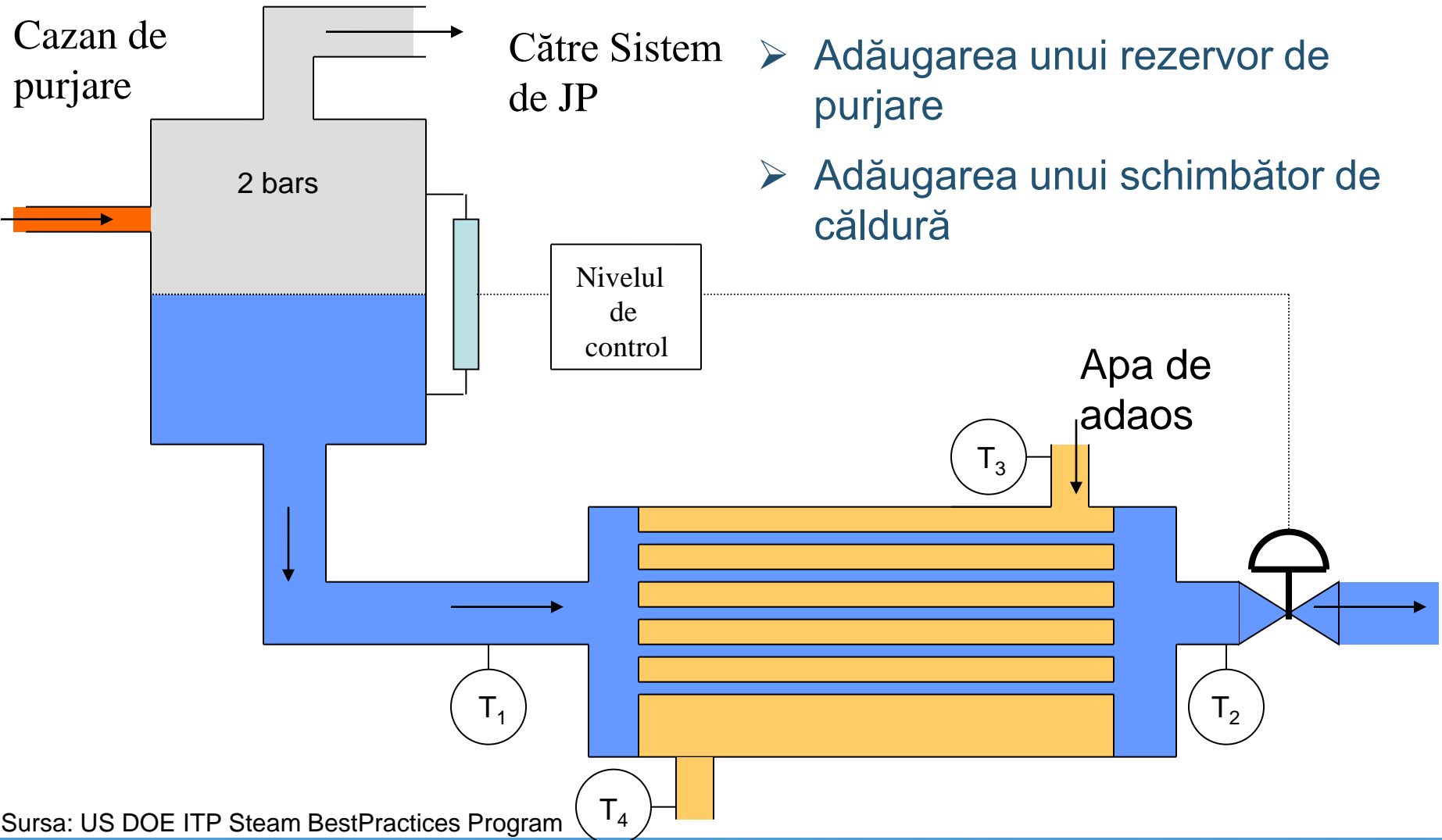
Recuperarea Energiei din Purjare



Recuperarea Energiei din Purjare

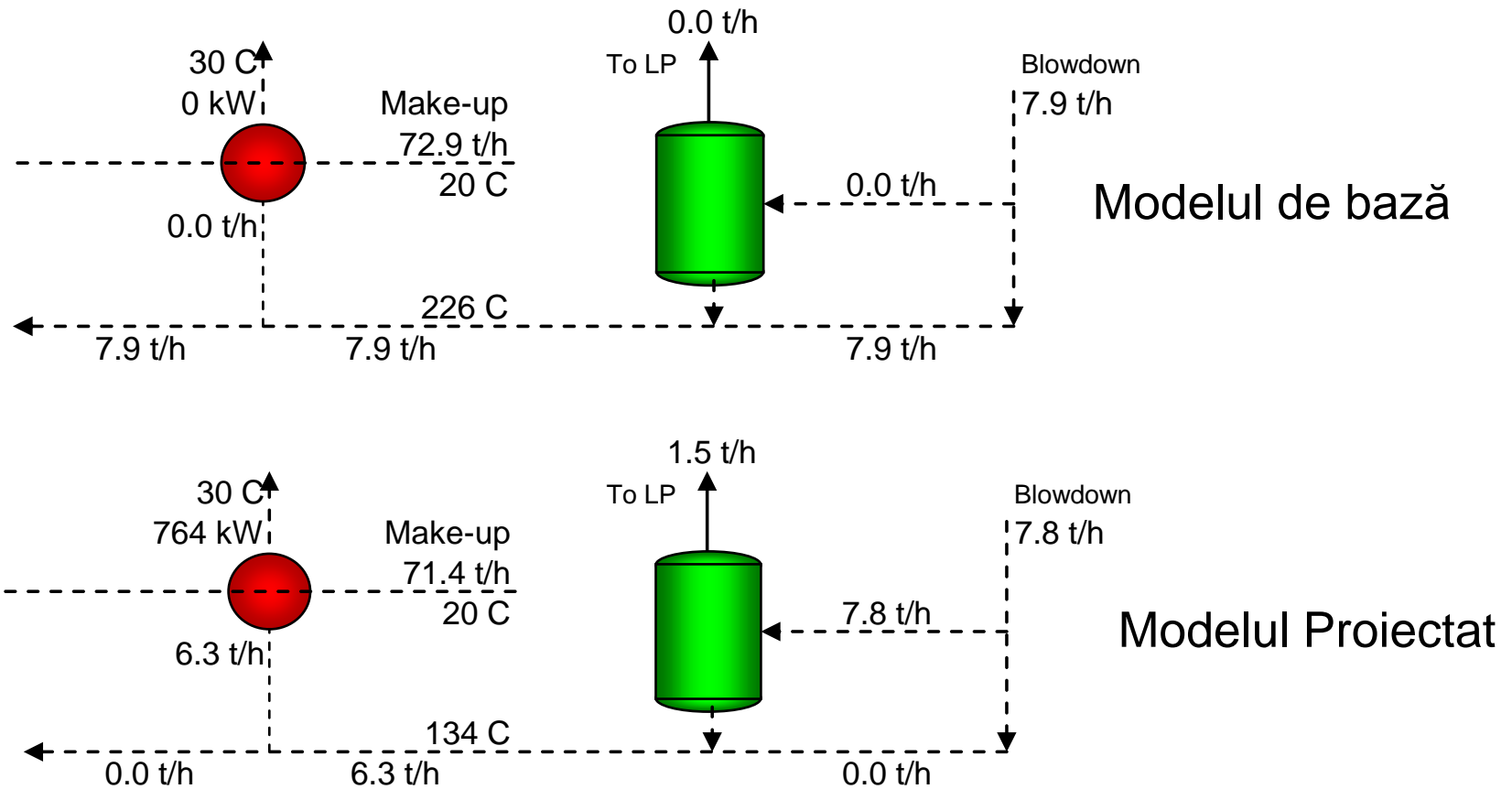


Proiectul 5 și 12 a sistemului SSAT



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Proiectul 5 și 12 – Recuperarea energiei din Purjare



Recuperarea Energiei din purjare



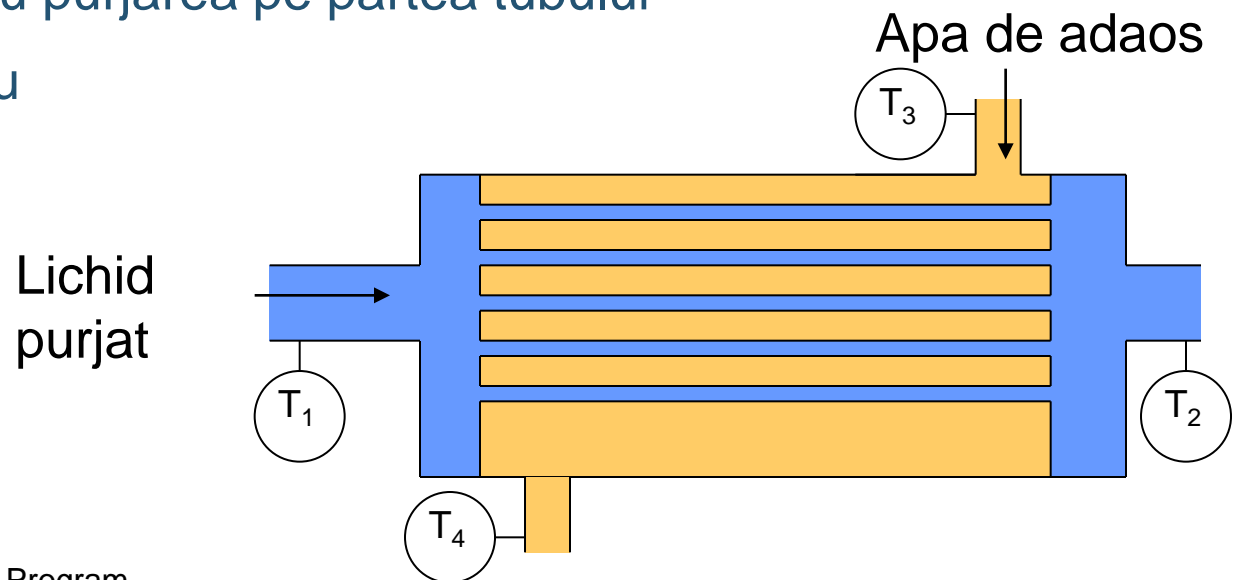
Purjare / Schimbătorul apei de adaos



Recipient de purjare

Precauțiile Schimbătorului de Căldură

- Aburul purjat reprezintă un potențial semnificativ (chiar și într-un mediu de răcire)
- Schimbul de căldură a co-curentului poate fi de asemenea o opțiune
- Capabilitatea de curățare a suprafețelor de transfer de căldură a schimbătoarelor de căldură de purjare
 - Un tub drept cu purjarea pe partea tubului
 - Panou și cadru



Înlocuirea purjării cu recuperarea de căldură

- Impactul de reducere a purjării este minimizat atunci când echipamentul de recuperare a căldurii este bine stabilizat
- Rata de de purjare poate fi mărită pentru a proteja cazanul , iar costurile de energie nu vor avea nici un impact semnificativ



Puncte cheie / Itemi de acțiune

1. *Estimarea cantității de purjare utilizată și conductivitatea apei de alimentare*
2. *Cuantificarea cazanului și a nivelului de pierderi de energie cauzate de purjare*
3. *Evaluarea unei instalații automatizate de verificare a purjării*
4. *Evaluarea și instalarea echipamentului de recuperare a căldurii și aburului*
5. *Lucrul îndeaproape cu chimiștii centralelor ce mențin și gestionează procesul de purjare detaliat*



Pierderile prin Coșul de Fum

- *Pierderile prin Coșul de fum* sunt cele mai mari pierderi la o centrală
- *Pierderile prin Coșul de fum* sunt formate din două componente și definite ca:
 - Pierderile de temperatură
 - Pierderile de ardere
- *Analiza de ardere* este cea mai generală metodă de determinare a pierderilor prin coșul de fum



Proiecte de Îmbunătățire a Randamentului Cazanului

- Eficiența cazanului într-un sistem SSAT este dictată în primul rând de pierderile prin coșul de fum:
 - Randamentul real mondial al cazanului este dictat de pierderile prin coșul de fum:
 - Factorii primari ai pierderilor prin coșul de fum
 - Temperatura de evacuare
 - Excesul de aer

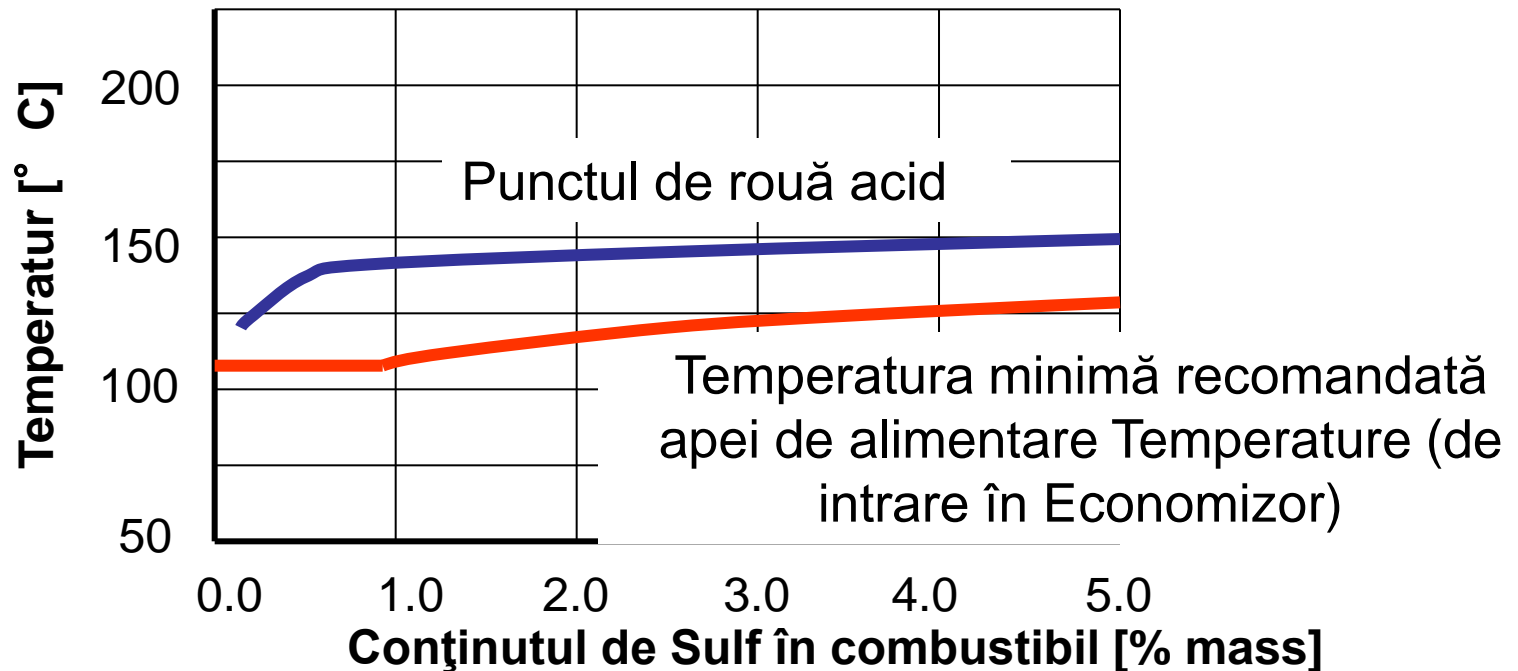
Pierderile de temperatură a Gazului de Ardere

- O cantitate de energie semnificativă o au gazele de ardere
 - Temperatura gazului de ardere indică conținutul de energie
- Factorii comuni de influență asupra temperaturii gazelor de ardere, sunt:
 - Configurația cazanului
 - Combustibil
 - Disponibilitatea echipamentului de recuperare a căldurii
 - Economizoare cu apă de alimentare
 - Încălzitoare de aer de combustie
 - Deflectorul – componentă eșuată a gazelor de ardere
 - Camera de ardere sau camera de tratare cu apă
 - Sarcina cazanului

Componentele de Recuperare a Energiei

- Un economizor al apei de alimentare recuperează energia din gazele de ardere printr-un schimbător de căldură
- Un preîncălzitor de aer de ardere recuperează energia din evacuarea gazelor de ardere
 - Cazanele de combustibil solid au în componența sa componente de preuscare a combustibilului pentru ardere

Limita Temperaturilor Gazelor de Ardere



➤ Temperatura gazului de ardere este menținut peste punctul de rouă acid

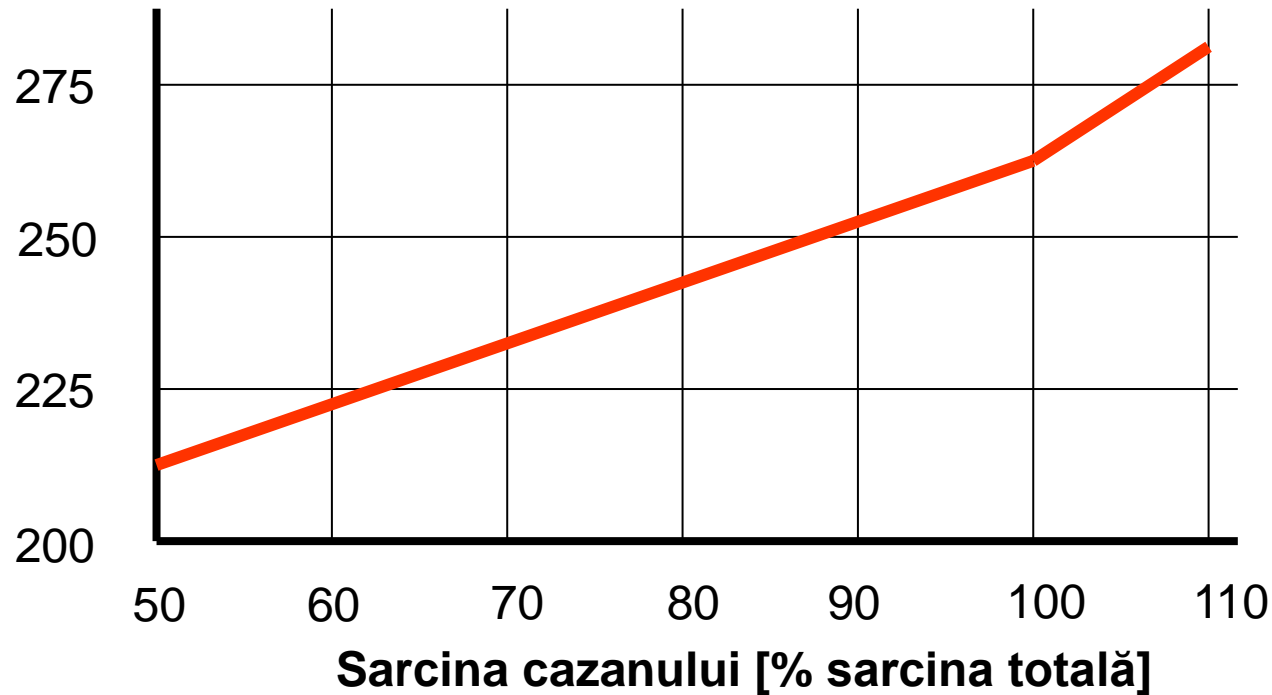
- Combustibilii cu conținut de sulf, ce produc acid sulfuric
- Hidrocarburile combustibile pot produce acid carbonic

Economizoare cu condensat

- Economizoarele de condensat pot îmbunătăți randamentul cazanului cu mai mult de 10% în comparație cu cazanele convenționale
 - Temperatura finală a gazului de ardere poate ajunge la 25°C
 - Unitățile indirecte pot încălzi aburul pînă la 90°C
 - Unitățile directe pot încălzi aburul pînă la 70°C
 - O cantitate semnificativă de energie este recuperată datorită temperaturii joase
 - Echipamentul este limitat la combustibili curați
 - Gaz metan
 - Căldura combustibilului lichid

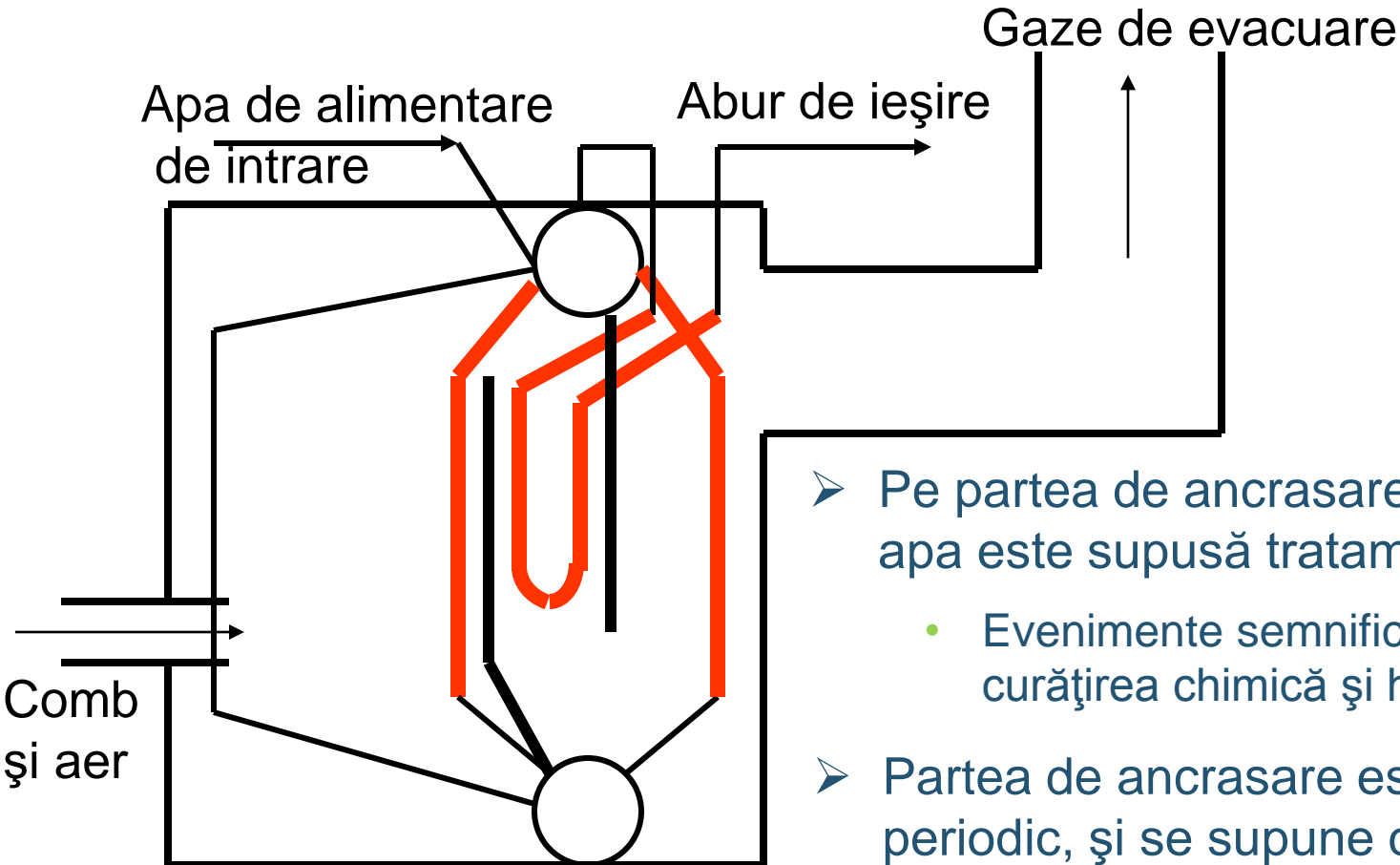
Temp de ieșire a gazului de ardere [°C]

Sarcina Cazanului



- Temperatura de ieșire a gazului de ardere crește dacă crește producerea de abur

Subiecte nerezolvate



- Pe partea de ancrasare (scara) de obicei apa este supusă tratamentului
 - Evenimente semnificative sunt corelate cu curățirea chimică și hidro-sablare
- Partea de ancrasare este gestionată periodic, și se supune curățirii
 - Funiginea este o problemă critică pentru arderea combustibilului solid și lichid greu

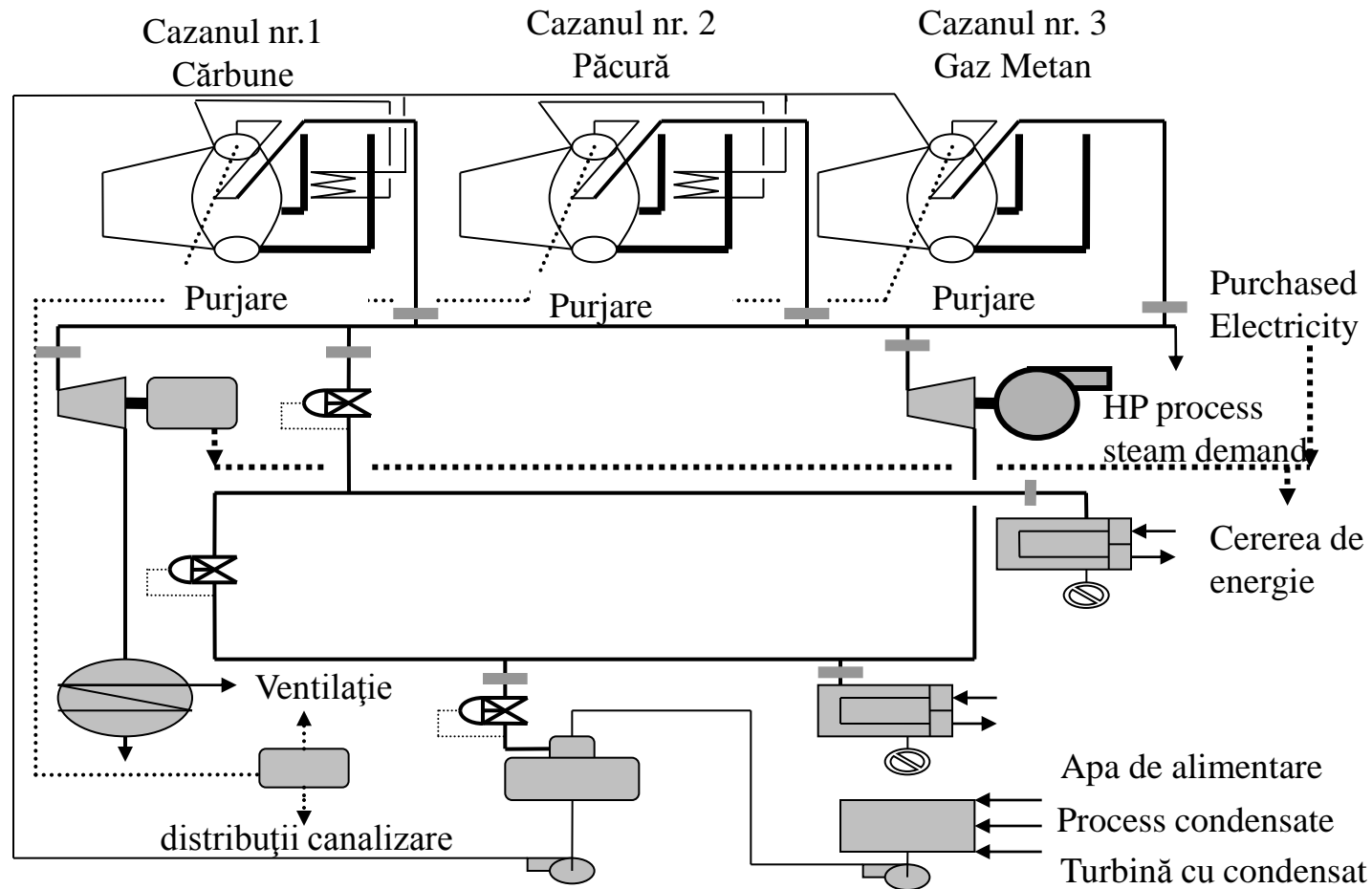
Oportunități de Reducere a Pierderilor prin coșul de Fum

- Îndepărtarea părții de ancrasare prin ardere
 - Depunerea de funigine
 - Fără curățire

- Eliminarea depunerilor în partea de ancrasare a apei
 - Prevenirea
 - Jet de spălare la presiune înaltă
 - Curățirea chimică

- Repararea componentelor interne eșuate
- Instalarea echipamentului de recuperare a căldurii

Exemplu de Sistem SSST



✚ Instalație de măsurare a debitului

Exemplu de Reducere a Pierderilor prin Coșul de Fum

Combustibil: Gaz metan

Cost: \$7,680,000/an

Capacitatea cazanului

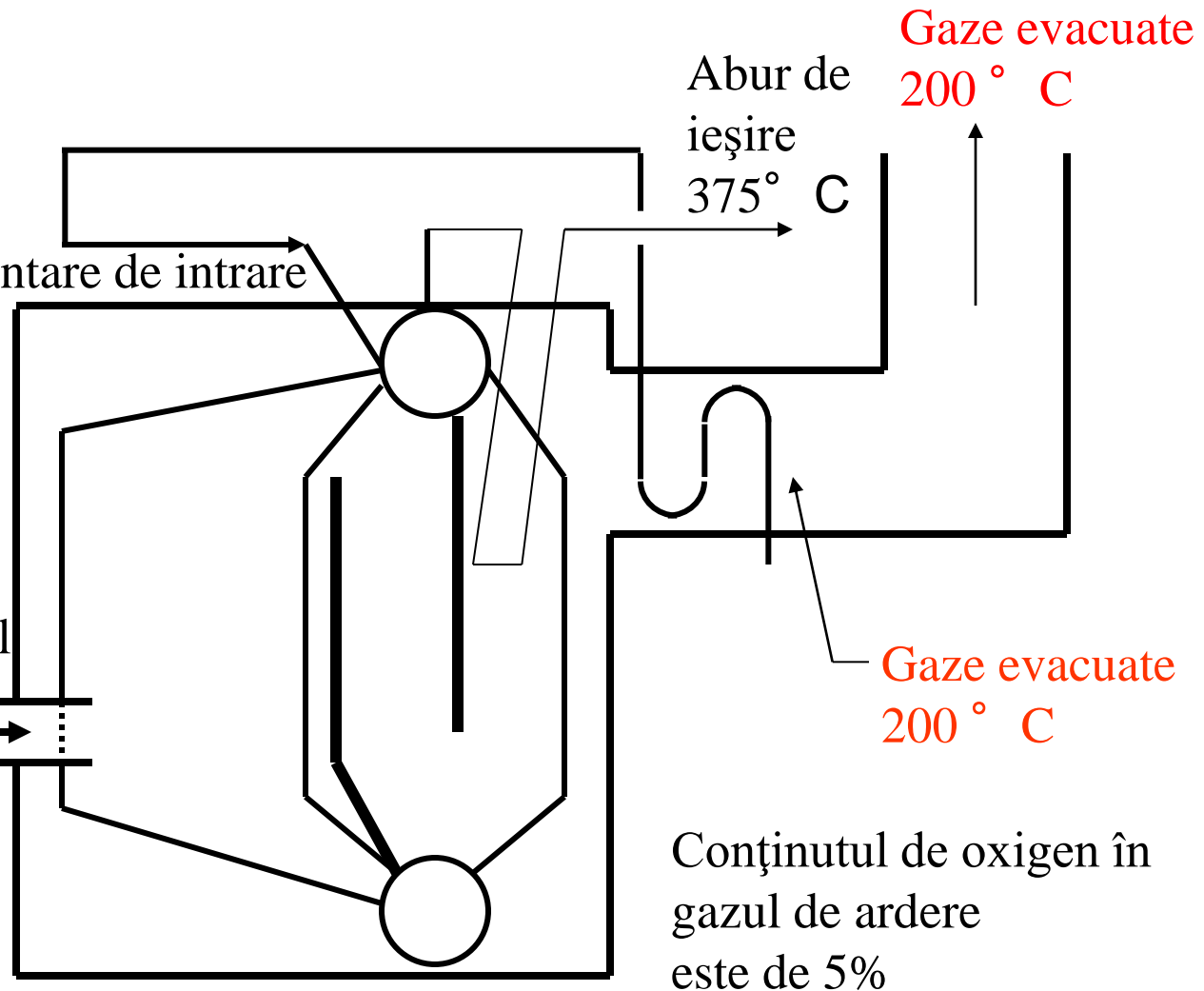
30 Tph

Apa de alimentare de intrare

Sarcina curentă de

operare este de 20 Tph

Combustibil
Aer



Exemplu de Reducere a Pierderilor prin Coșul de Fum

Combustibil: Gaz Metan

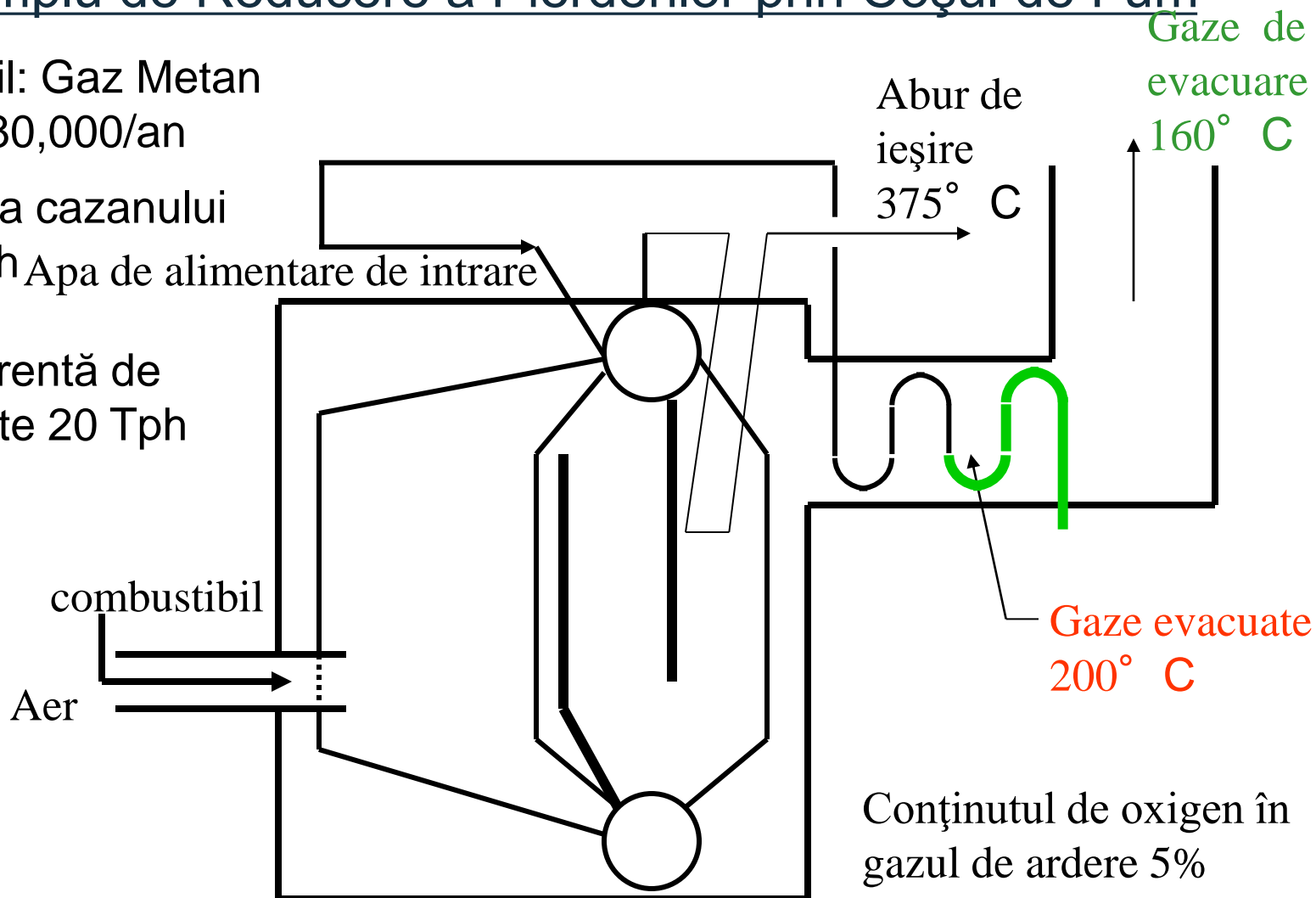
Cost: \$7,680,000/an

Capacitatea cazanului

este 30 Tph Apa de alimentare de intrare

Sarcina curentă de

operare este 20 Tph



Conținutul de oxigen în gazul de ardere 5%

Analiza Economiei

$$\sigma_{savings} = \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) \dot{E}_{steam} = \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) [\dot{m}_{steam} (h_s - h_{fw})]$$

unde

η_1 și η_2 reprezintă randamentul actual și nou format al cazanului

\dot{E}_{steam} reprezintă energia transferată în cazan pentru a obține abur

Analiza Economiiilor

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \dot{E}_{fuel1}$$

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \dot{K}_{fuel1}$$

unde

$E_{fuel\ 1}$ reprezintă energia combustibilului de intrare în cazan

$K_{fuel\ 1}$ reprezintă costul energie combustibilului de intrare în cazan

Pierderile prin Coș – Gaz Metan (Gaz natural în SSAT)

- Tabela pierderilor prin coșul de fum este prezentată pentru combustibilii neglijabili și cei fără condensare

Input Data

Stack Gas Temperature (°F)	200 °C	Stack Temperature - Ambient Temperature = 180°C
Ambient Temperature (°F)	20 °C	

Stack Gas Oxygen Content (%)	5 %	
------------------------------	-----	--

Note: Stack gas oxygen content is expressed on a molar or volumetric basis

Results

Estimated Stack Losses for each of the default fuels are as follows:

Natural Gas	18.3 %
--------------------	---------------

- Eficiența Modelului de bază = $100 - 18.3 = 81.7\%$

Referințe: Combustion model developed by Greg Harrell, Ph.D., P.E.

Pierderile prin Coș – Gaz Metan (Gaz natural în SSAT)

- Tabela pierderilor prin coșul de fum este prezentată pentru combustibilii neglijabili și cei fără condensare

Input Data

Stack Gas Temperature (°F)	160 °C	Stack Temperature - Ambient Temperature = 140°C
Ambient Temperature (°F)	20 °C	

Stack Gas Oxygen Content (%)	5 %
------------------------------	-----

Note: Stack gas oxygen content is expressed on a molar or volumetric basis

Results

Estimated Stack Losses for each of the default fuels are as follows:

Natural Gas	16.3 %
--------------------	---------------

- Eficiența Modelului de bază = $100 - 16.3 = 83.7\%$

Referințe: Combustion model developed by Greg Harrell, Ph.D., P.E.

Analiza Economiiilor

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_{existing}}{\eta_{adjusted}} \right) \dot{K}_{boiler}$$

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{81.7\%}{83.7\%} \right) 7,680,000 \frac{\$}{yr} \approx 184,000 \frac{\$}{yr}$$

- Analiza sistemului SSAT indică aceleași oportunități de economisire
- Sarcina cazanului și coroziunea ar trebui luate în considerație
- Bazată pe analiza instalării unui economizor de apă de alimentare, recuperarea investițiilor va fi realizată în mai puțin de 1 an

Proiectul 3 de Îmbunătățire a Randamentului Cazanului a SSAT

Project 3 - Change Boiler Efficiency

Existing Efficiency : 81.7%

Do you wish to specify a new boiler efficiency?

Yes



Note: An example use of this project option is to model the effect of installing an economizer by increasing the efficiency

→ If yes, enter new boiler efficiency (%)

83.68487 %



Note: Typical Best Practice boiler efficiency for Natural Gas is 85%

Proiectul 3 de Îmbunătățire a Randamentului Cazanului a SSAT

SSAT 1 Header Metric Model for Methane Gas Boiler

Model Status : OK

Cost Summary (\$ '000s/yr)	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Cost	0	0	0	N/A
Fuel Cost	14,253	13,915	338	2.4%
Make-Up Water Cost	59	59	0	0.0%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	14,312	13,974	338	2.4%

On-Site Emissions	Current Operation	After Projects	Reduction	
CO2 Emissions	28581 t/yr	27903 t/yr	678 t/yr	2.4%
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	0 t/yr	N/A
NOx Emissions	57 t/yr	55 t/yr	1 t/yr	2.4%

Power Station Emissions	Reduction After Projects	Total Reduction	
CO2 Emissions	0 t/yr	678 t/yr	-
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	-
NOx Emissions	0 t/yr	1 t/yr	-

Note - Calculates the impact of the change in site power import on emissions from an external power station. Total reduction values are for site + power station

Utility Balance	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Generation	0 kW	0 kW	-	-
Power Import	0 kW	0 kW	0 kW	N/A
Total Site Electrical Demand	0 kW	0 kW	-	-
Boiler Duty	18143 kW	17713 kW	430 kW	2.4%
Fuel Type	Natural Gas	Natural Gas	-	-
Fuel Consumption	451952.2 Nm3/h	441232.6 Nm3/h	10719.6 Nm3/h	2.4%
Boiler Steam Flow	20.0 t/h	20.0 t/h	0.0 t/h	0.0%
Fuel Cost (in \$/MWh)	89.68	89.68	-	-
Power Cost (as \$/MWh)	100.00	100.00	-	-
Make-Up Water Flow	10 m3/h	10 m3/h	0 m3/h	0.0%

Proiecte Selectate și de Avertizare

- Verificarea permanentă a stării modelului
 - Prezentarea stării în Excel, în partea de jos e ecranului
 - Pagina Model
 - Pagina Modelului de Proiect
 - Pagina de rezultate
- Verificați permanent avertizările prezentate pe pagina de rezultate
- Verificați permanent Lista Proiectelor Selectate
- Verificați permanent orificiile de ventilație de joasă presiune



Puncte Forte / Itemi de Acțiune

1. *Monitorizarea și înregistrarea temperaturii gazului de ardere, respectând:*
 - *Sarcina cazanului*
 - *Temperatura mediului*
 - *Conținutul de oxigen în gazul de ardere*
2. *Compararea temperaturii gazului de ardere cu valorile precedente respectând aceleași condiții de operare*
3. *Menținerea părții adecvate de ardere în curățenie*
4. *Menținerea apei chimice adecvate*
5. *Evaluarea potențialului economisit din recuperarea de căldură*

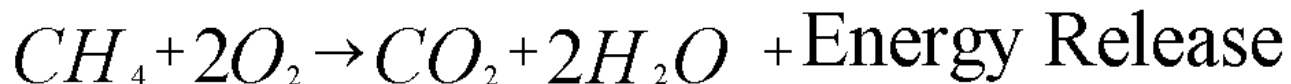


Oportunitățile controlului de ardere

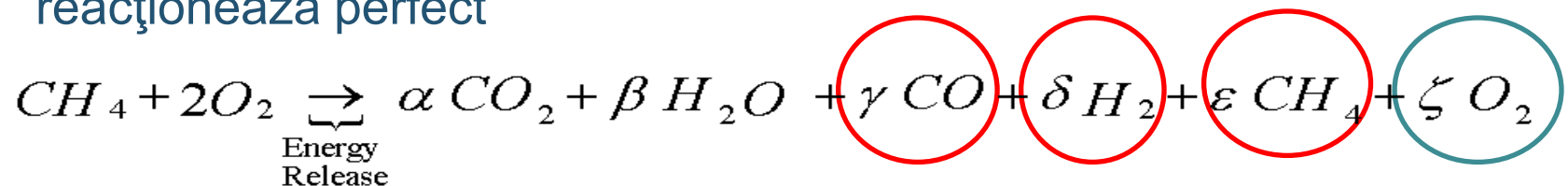
- Îmbunătățirea controlului de ardere deseori prezintă o oportunitate de gestionare a energiei
- Verificarea excesului de aer (oxigenul gazului de ardere) pentru optimizarea creșterii nivelului eficienței cazanului
- Este necesar de a lua în considerație pentru optimizarea excesului de aer, mai mulți factori, dar cei mai importanți sunt:
 - Combustibil
 - Mecanism de control
 - Reglementarea emisiilor

Analiza de ardere

- In a perfect world air and fuel would mix thoroughly and complete combustion would occur
 - Fiecare moleculă a combustibilului găsește cantitatea necesară de oxigen pentru reacția de ardere pentru a fi completă



- În procesul actual de ardere a combustibilului, oxigenul nu reacționează perfect

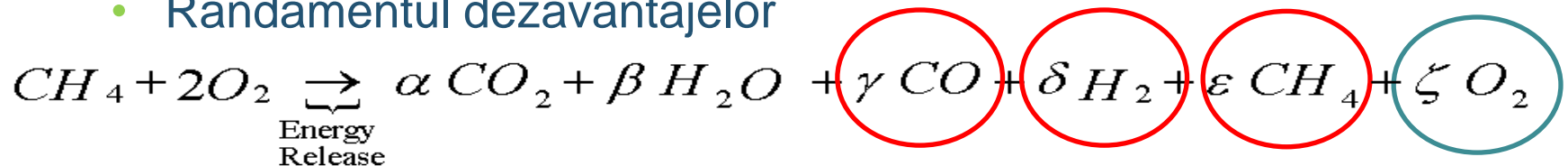


- Gazele CH_4 , CO și H_2 sunt rezultate în urma arderii incomplete a combustibilului

Principiul 1 – Gestionarea Arderii

- Componentele ne-reacționate complet CH_4 , CO și H_2 ce afectează operațiunile de ardere:

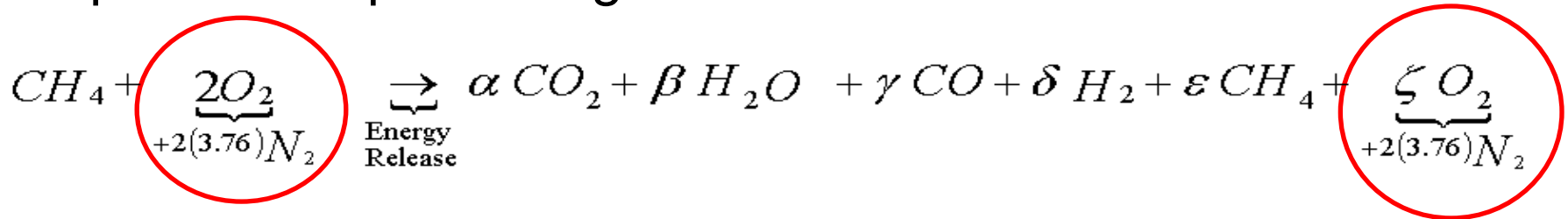
- Probleme de securitate
- Probleme de sănătate
- Randamentul dezavantajelor



- În gestionarea arderii se tinde să se elimine componentele ne reactive ale combustibilului, înlocuindu-le cu exces de oxigen introdus în zona respectivă
 - Excesul de O_2 este esențial pentru zona de eliminare a substanțelor nereactive ale combustibilului

Principiul 2 – Gestionarea Arderii

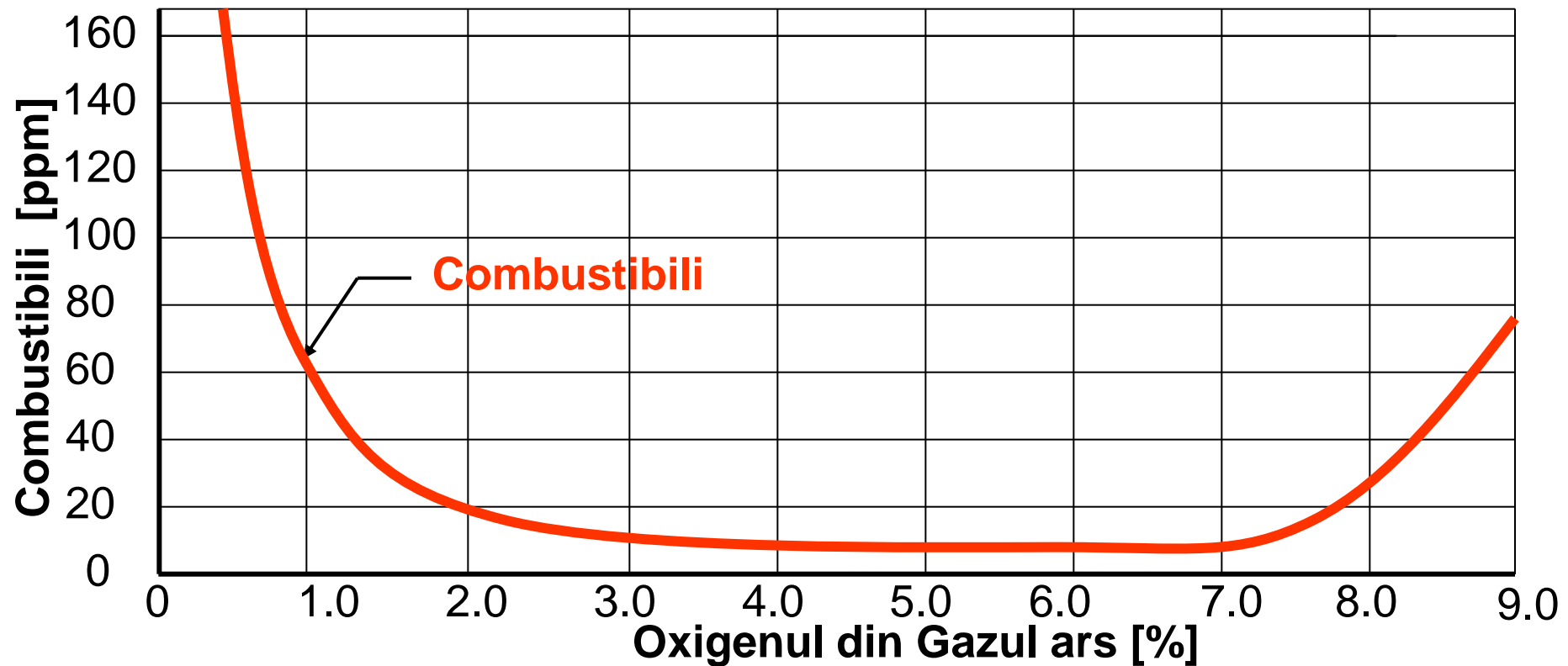
- Conținutul suplimentar de oxigen introdus pentru asigurarea unei reacții complete de ardere și respectiv este încălzit pînă la temperatura gazelor evacuate din combustibil



- Pentru majoritatea proceselor de ardere aerul este utilizat ca sursă de oxigen
 - O cantitate semnificativă de O_2 este încălzită de temperatura mediului la temperatura gazelor evacuate din combustibil

Evaluarea Valorii Minime de Oxigen

- Valoarea minimă a oxigenului este determinată de combustibili măsurați



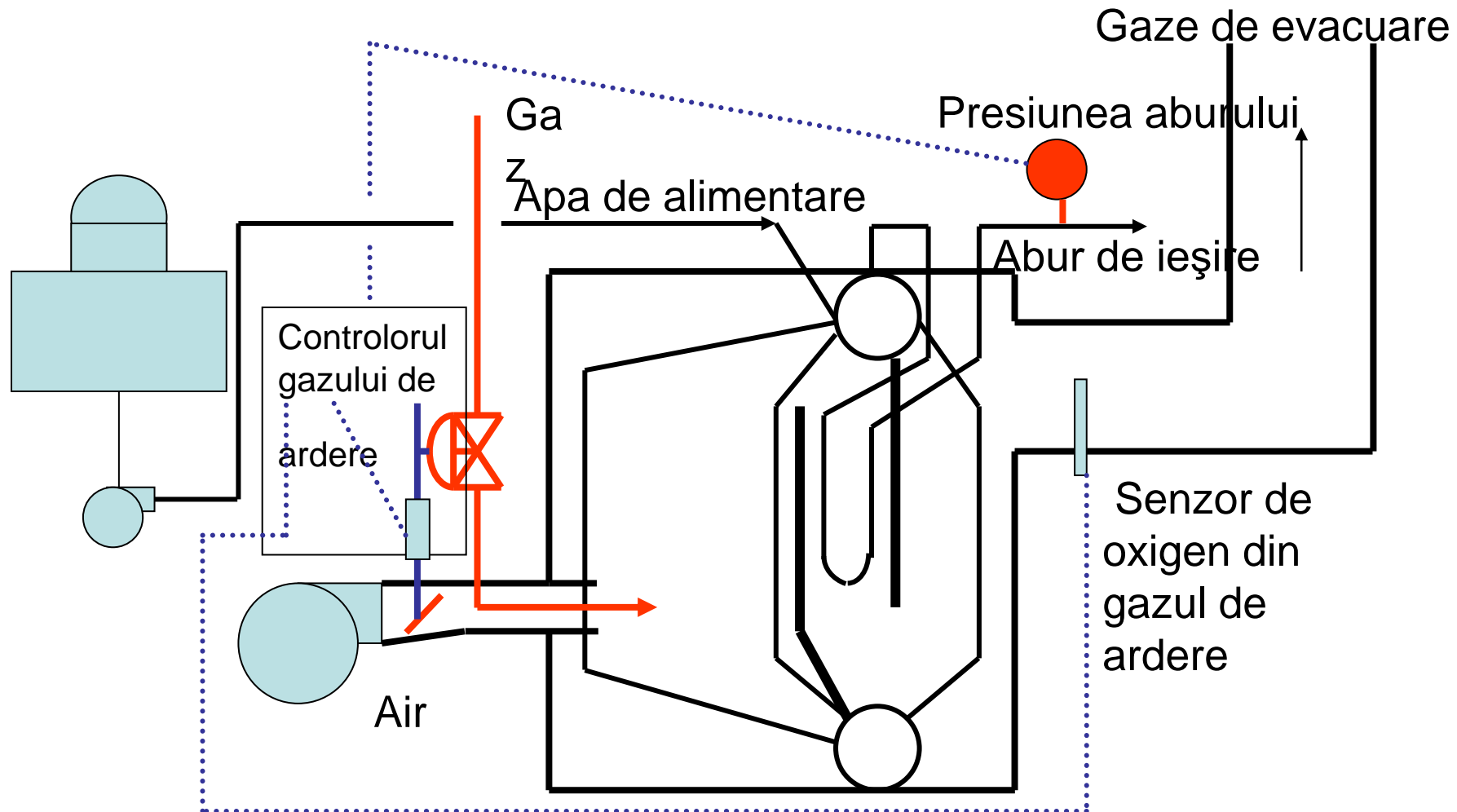
Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Strategia de Gestionare a Procesului de Ardere

- Este clar că excesul de aer(cantitate de oxigen) necesar arderii trebuie să fie verificat
- Există două strategii de bază:
 - Controlul pozițional
 - Verificarea automatizată
- Verificarea aerului necesar arderii este efectuată de:
 - Amortizoare
 - Unități Variabile de Frecvență
- Excesul de aer de asemenea este o funcție a sarcinii cazanului
- Presiunea zonei de ardere(camera de ardere)de asemenea necesită a fi verificată



Controlul Automatizat al O₂



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Conținutul Tipic de Oxigen în Gazul de Ardere

Parametri de Control

Conținutul Tipic de Oxigen în Gazl de Ardere , Parametrii de Control

Combustibil	Controlul automat Conținutul de O2 în Gazul de Ardere		Controlul Poziționării Conținutul de O2 în Gazul de Ardere		Controlul automat Exces de Aer		Controlul Poziționării Exces de Aer	
	Min (%)	Max (%)	Min (%)	Max (%)	Min (%)	Max (%)	Min (%)	Max (%)
Gaz Natural	1.5	3.0	3.0	7.0	9	18	18	55
Combustibil lichid Nr. 2	2.0	3.0	3.0	7.0	11	18	18	55
Combustibil lichid Nr. 6	2.5	3.5	3.5	8.0	14	21	21	65
Cărbune Pulverizat	2.5	4.0	4.0	7.0	14	25	25	50
Cărbune în focar	3.5	5.0	5.0	8.0	20	32	32	65

Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Exemple de Reducere a Pierderilor prin Coș (Reducător de Poziționare)

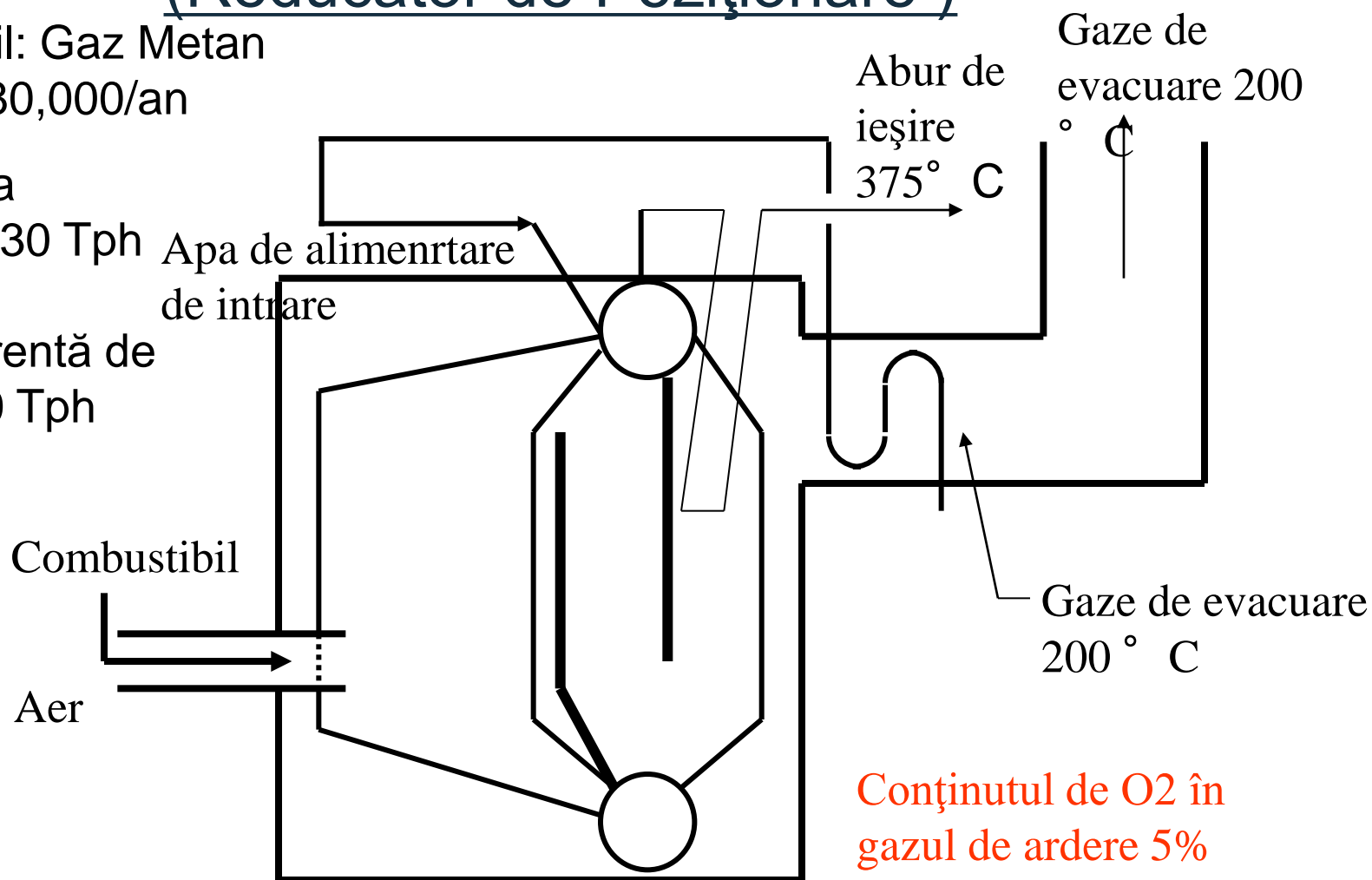
Combustibil: Gaz Metan

Cost: \$7,680,000/an

Capacitatea

Cazanului: 30 Tph

Sarcina curentă de
operare: 20 Tph



Pierderile prin Coș – Gaz Metan (Gaz Natural în SSAT)

- Tabela Pierderilor prin coșul de fum prezentată pentru valorile combustibililor neglijabili și fără condensare

Input Data

Stack Gas Temperature (°F)	200 °C	Stack Temperature - Ambient Temperature = 180°C
Ambient Temperature (°F)	20 °C	

Stack Gas Oxygen Content (%)	5 %
------------------------------	-----

Note: Stack gas oxygen content is expressed on a molar or volumetric basis

Results

Estimated Stack Losses for each of the default fuels are as follows:

Natural Gas	18.3 %
--------------------	---------------

- Eficiența de ardere a modelului de bază = $100 - 18.3 = 81.7\%$

Referințe: Combustion model developed by Greg Harrell, Ph.D., P.E.

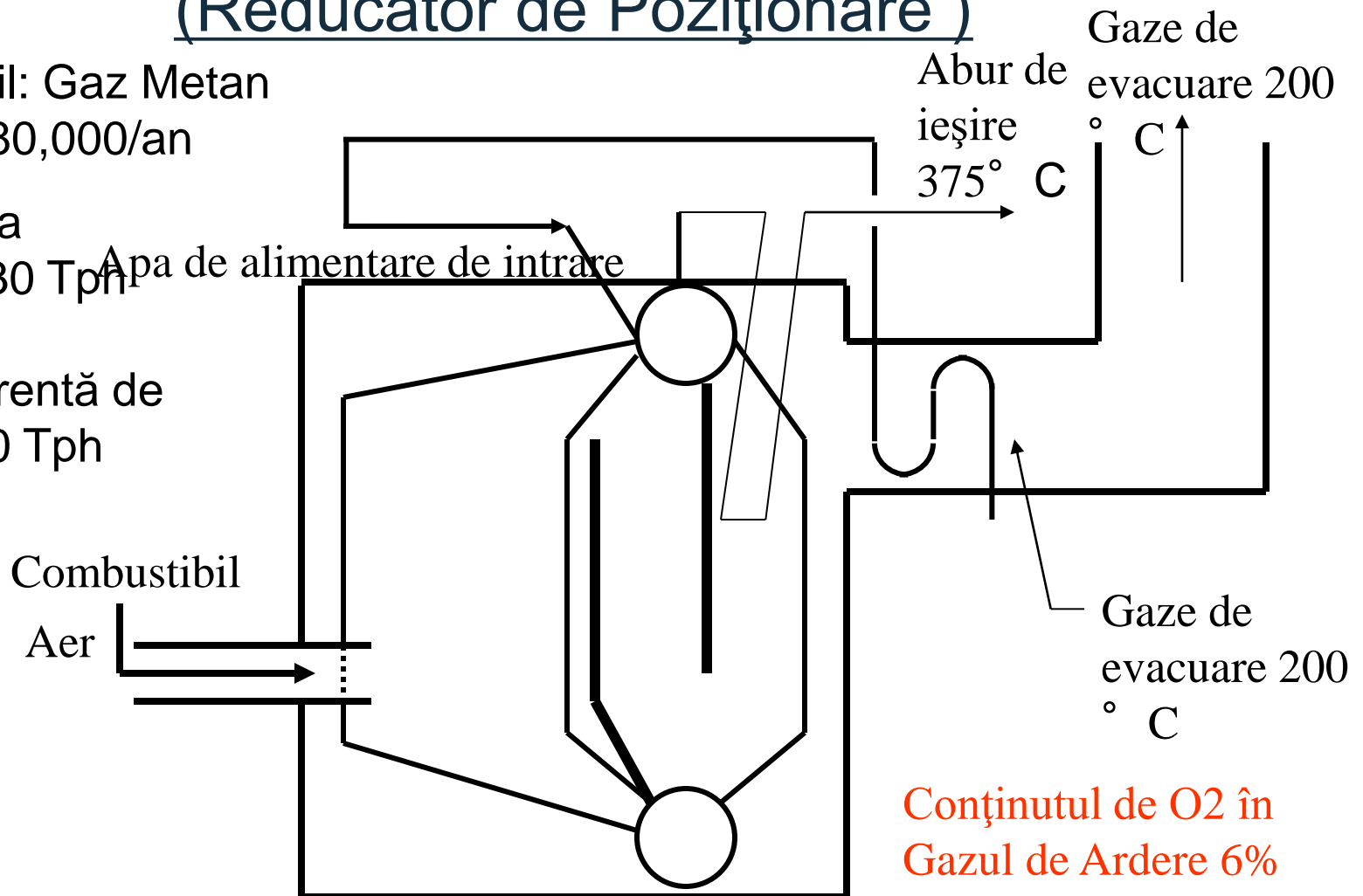
Exemple de Reducere a Pierderilor prin Coș (Reducător de Poziționare)

Combustibil: Gaz Metan

Cost: \$7,680,000/an

Capacitatea
cazanului 30 Tph

Sarcina curentă de
operare: 20 Tph



Pierderile prin Coș – Gaz Metan (Gaz Natural în SSAT)

- Tabela Pierderilor prin coșul de fum prezentată pentru valorile combustibililor neglijabili și fără condensare

Input Data

Stack Gas Temperature (°F)	200 °C	Stack Temperature - Ambient Temperature = 180°C
Ambient Temperature (°F)	20 °C	

Stack Gas Oxygen Content (%)	6 %
------------------------------	-----

Note: Stack gas oxygen content is expressed on a molar or volumetric basis

Results

Estimated Stack Losses for each of the default fuels are as follows:

Natural Gas	18.9 %
--------------------	---------------

- Eficiența de ardere a modelului proiectat= $100 - 18.9 = 81.1\%$

Rererințe: Combustion model developed by Greg Harrell, Ph.D., P.E.

Analiza Economiei

$$\sigma_{savings} = \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) \dot{E}_{steam} = \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) [\dot{m}_{steam} (h_s - h_{fw})]$$

unde

η_1 și η_2 reprezintă randamentul curent și randamentul nou format

E_{steam} reprezintă energia transformată în abur

Analiza Economiiilor

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \dot{E}_{fuel1}$$

$$\sigma_{savings} = \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \dot{K}_{fuel1}$$

unde

\dot{E}_{fuel1} reprezintă energia de intrare a combustibilului în cazan

\dot{K}_{fuel1} reprezintă costul curent al combustibilului de intrare în cazan

Controlor de Poziționare, de Reglare

Economiile de cost a energiei = Costul de Operare de bază – Costul nou de operare

$$Savings = \left(1 - \frac{\eta_{base}}{\eta_{new}} \right) \times K_{boiler}$$

$$Savings = \left(1 - \frac{81.7}{81.1} \right) \times 14,800,000$$

$$Savings \approx -\$109,500 / yr$$

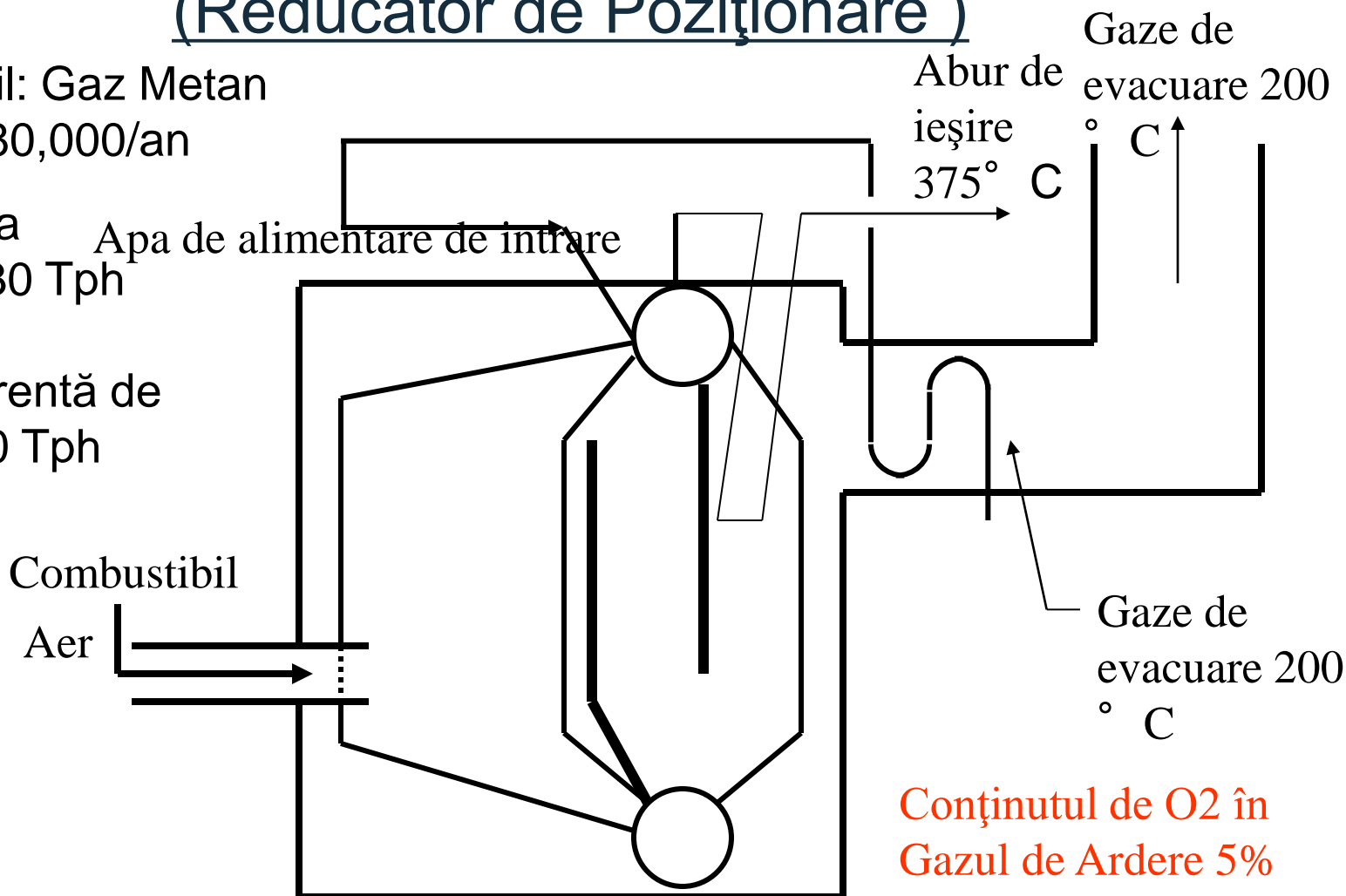
Exemple de Reducere a Pierderilor prin Coș (Reducător de Poziționare)

Combustibil: Gaz Metan

Cost: \$7,680,000/an

Capacitatea
cazanului 30 Tph

Sarcina curentă de
operare: 20 Tph



Conținutul de O₂ în
Gazul de Ardere 5%

Stack Loss – Methane gas (Natural gas in SSAT)

- Tabela Pierderilor prin coșul de fum prezentată pentru valorile combustibililor neglijabili și fără condensare

Input Data

Stack Gas Temperature (°F)	200 °C	Stack Temperature - Ambient Temperature = 180°C
Ambient Temperature (°F)	20 °C	

Stack Gas Oxygen Content (%)	5 %	
------------------------------	-----	--

Note: Stack gas oxygen content is expressed on a molar or volumetric basis

Results

Estimated Stack Losses for each of the default fuels are as follows:

Natural Gas	18.3 %
--------------------	---------------

- Eficiența de ardere a Modelului de Bază = $100 - 18.3 = 81.7\%$

Referințe: Combustion model developed by Greg Harrell, Ph.D., P.E.

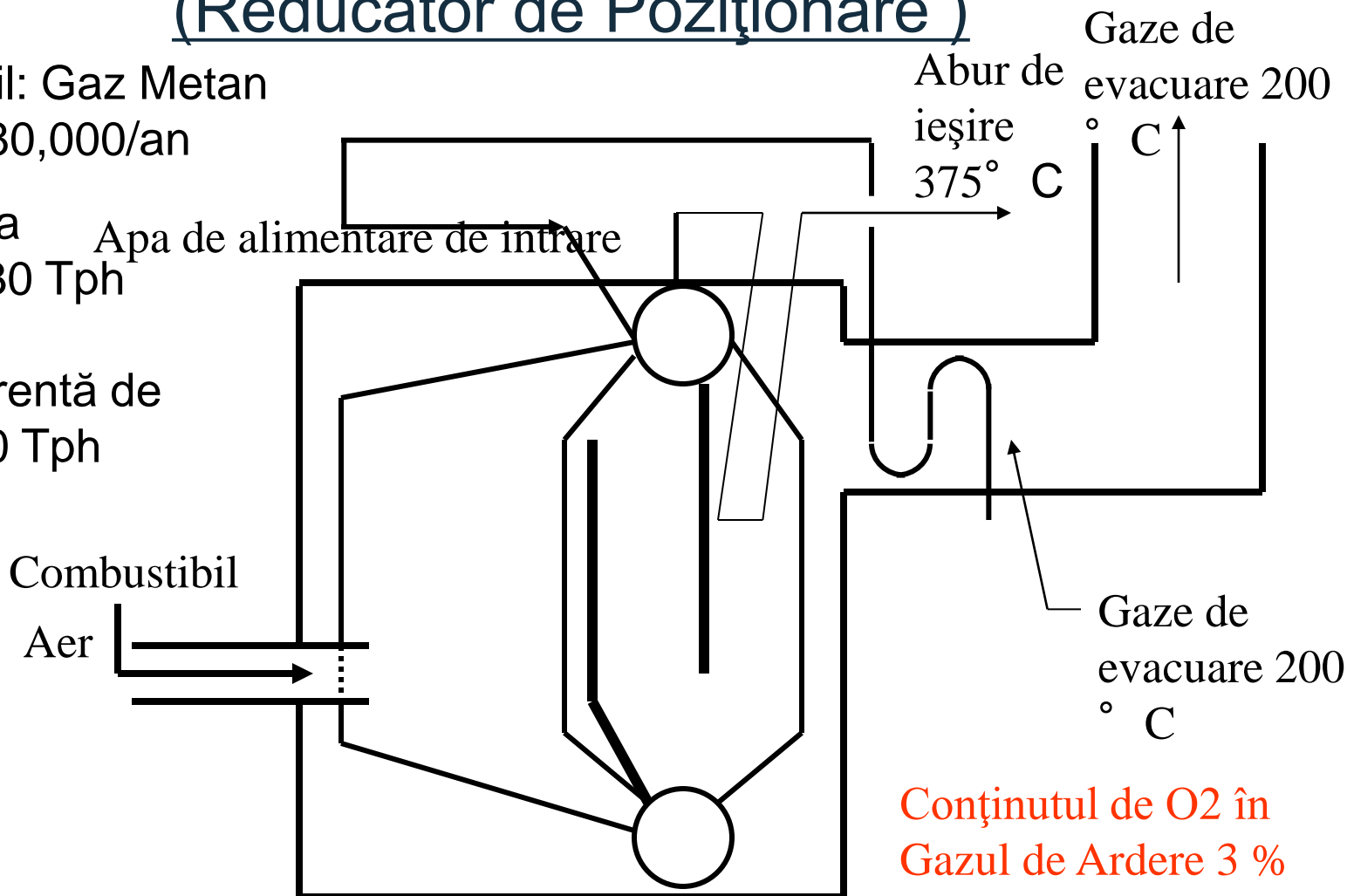
Exemple de Reducere a Pierderilor prin Coș (Reducător de Poziționare)

Combustibil: Gaz Metan

Cost: \$7,680,000/an

Capacitatea
cazanului 30 Tph

Sarcina curentă de
operare: 20 Tph



Conținutul de O_2 în
Gazul de Ardere 3 %

Stack Loss – Methane gas (Natural gas in SSAT)

- Tabela Pierderilor prin coșul de fum prezentată pentru valorile combustibililor neglijabili și fără condensare

Input Data

Stack Gas Temperature (°F)	200 °C	Stack Temperature - Ambient Temperature = 180°C
Ambient Temperature (°F)	20 °C	

Stack Gas Oxygen Content (%)	3 %
------------------------------	-----

Note: Stack gas oxygen content is expressed on a molar or volumetric basis

Results

Estimated Stack Losses for each of the default fuels are as follows:

Natural Gas	17.4 %
-------------	--------

- Eficiența de ardere a Modelului Proiectat = $100 - 17.4 = 82.6\%$

Referințe: Combustion model developed by Greg Harrell, Ph.D., P.E.

Instalarea unui Reducător Automat de Oxigen

Economiile de cost a energiei = Costul de Operare de bază – Costul nou de operare

$$Savings = \left(1 - \frac{\eta_{base}}{\eta_{new}} \right) \times K_{boiler}$$

$$Savings = \left(1 - \frac{81.7}{82.6} \right) \times 7,680,000$$

$$Savings \approx \$84,000 / yr$$

Proiect de Îmbunătățire a Randamentului Cazanului - Proiect 3 SSAT

- Completarea modelului “Proiect 3” “Instalarea unui reducător automat de oxigen” utilizând sistemul SSAT

Proiectul de Îmbunătățire a Randamentului Cazanului – Proiect 3 SSAT

Results Summary

SSAT Default 1 Header Metric Model Moldova Ex 1

Model Status : OK

Cost Summary (\$ '000s/yr)	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Cost	6,132	6,132	0	0.0%
Fuel Cost	7,937	7,850	86	1.1%
Make-Up Water Cost	142	142	0	0.0%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	14,211	14,125	86	0.6%

On-Site Emissions	Current Operation	After Projects	Reduction	
CO2 Emissions	30606 t/yr	30272 t/yr	333 t/yr	1.1%
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	0 t/yr	N/A
NOx Emissions	61 t/yr	60 t/yr	1 t/yr	1.1%



Puncte cheie / Itemi de acțiune

1. Principiile managementului de ardere:

- *Suplimentarea suficientă cu oxigen pentru a arderea totală a combustibilului*
- *Minimizarea cantității suplimentare de aer*
- *Monitorizarea combustibililor pentru identificarea problemelor*

2. Măsurarea conținutului de oxigen din gazele de evacuare

3. Conținutul de O₂ în interval de minim și maxim

- *Controlul automat și continuu al O₂*
- *Control de poziționare*

4. Verificarea intervalului provocat

- *Verificarea majorării*
- *Reglarea arderii*





Optimizarea Funcționării Cazanului & Modificarea Combustibilului

Modificarea Combustibilului

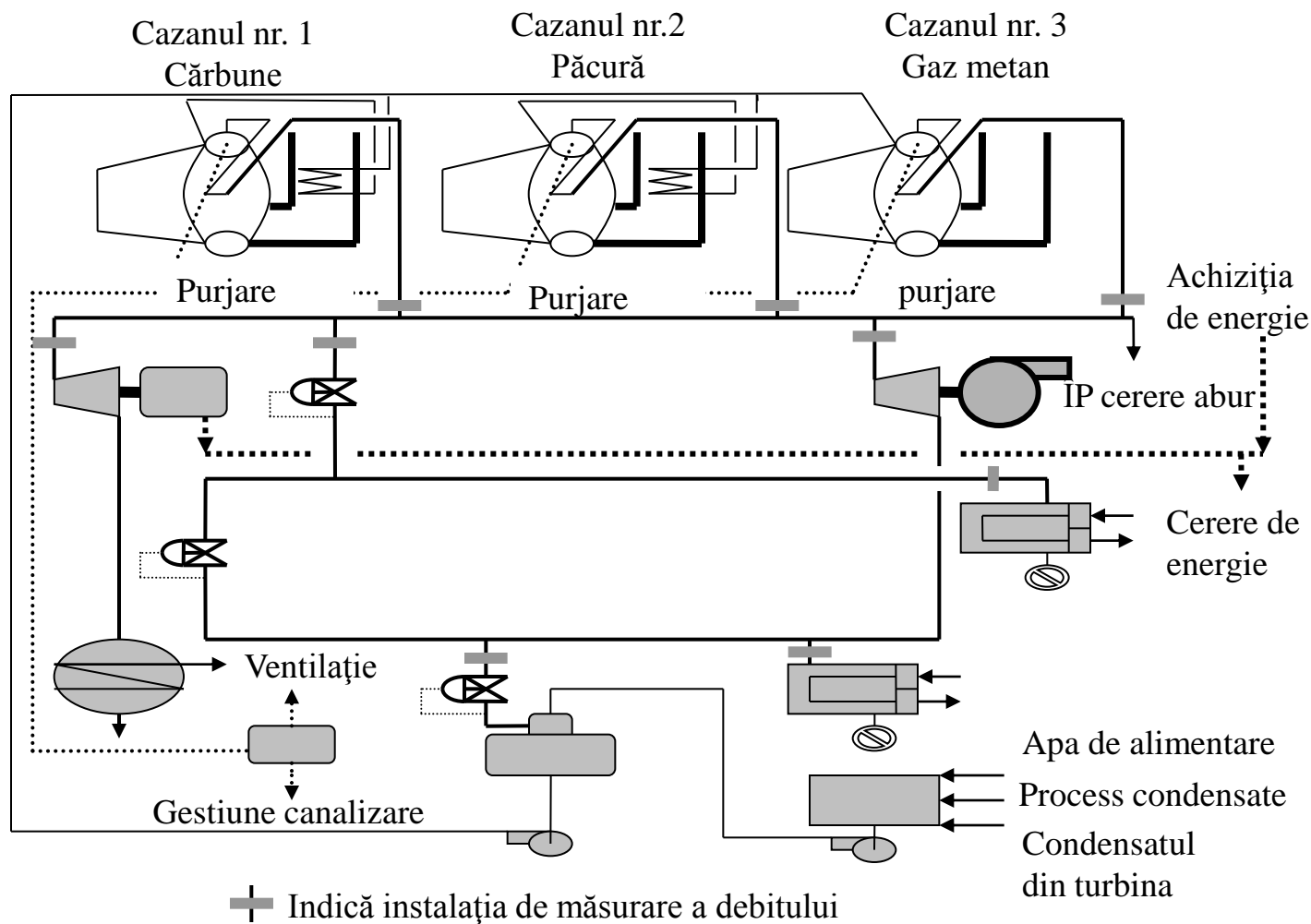
- Selecția de combustibil poate oferi reduceri semnificative de costuri de exploatare din cauza diferențelor de cost de energie și de eficiență a cazanelor
 - Uneori costurile de energie și cheltuielile de întreținere se compensează
 - Problemele de mediu sunt o preocupare semnificativă asociate cu selecția de combustibil
 - Randamentul combustibilului în general poate servi ca factor de influență la schimbarea de combustibil

- Fiecare cerere va necesita o evaluare independentă – nu există reguli stricte!

Optimizarea funcționării Cazanului

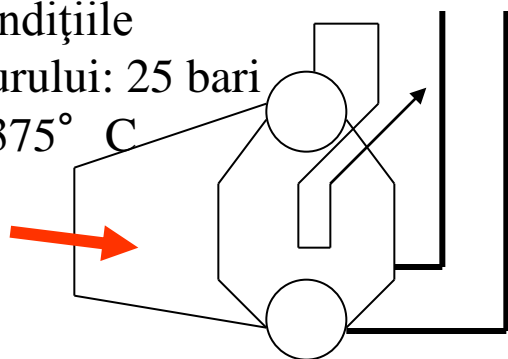
- De obicei, este un scenariu frecvent utilizat în mai multe configurații de cazane din industrie
- Optimizarea funcționării cazanului poate lua mai multe forme
 - Deconectarea unui cazan
 - Reducerea operațiunilor la cazanele scumpe ce pot fi înlocuite cu alte cazane mai ieftine cu aceeași sarcină
 - Pot fi luate în considerație arderea unui combustibil dublu și necesarul de acoperire cu combustibil
 - Poate fi luată în considerație și fiabilitatea sistemului
 - Trebuie să fie evaluate atât starea de echilibru a procesului, cât și starea dinamică
- Fiecare cerere va necesita o evaluare independentă – nu există reguli stricte!

Sistemul de Abur



Optimizarea producerii de Abur&Schimbul de Combustibil

Condițiile
aburului: 25 bari
și 375° C



Combustibil: Cărbune

Cost combustibil: \$7.8/GJ

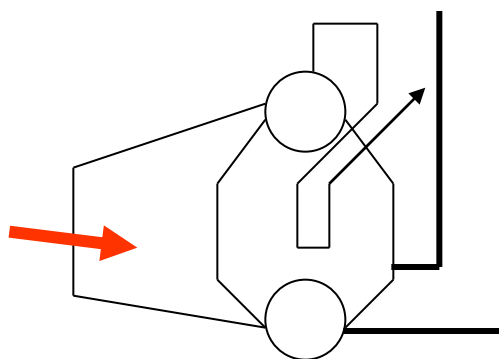
Sarcina cazanului: 90 Tph

Producere de abur: 65 Tph

Randament cazan: 85%

➤ Cuantificați beneficiul economic al creșterii producerii de abur cu 1 Tph în cazanele de păcură

➤ Cuantificați beneficiul economic al creșterii producerii de abur cu 1 Tph în cazanele de cărbune



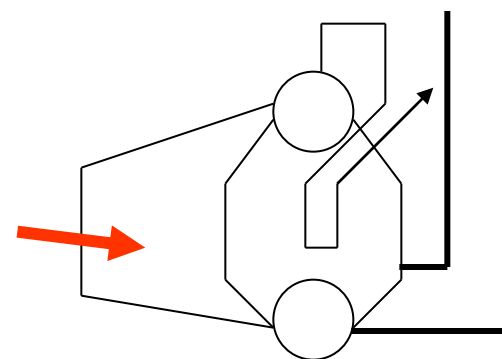
Combustibil:păcură

Cost combustibil \$22.9/GJ

Sarcina cazanului: 90 Tph

Producere de abur: 65 Tph

Randament cazan: 84%



Combustibil: Gaz Metan

Cost combustibil: \$12.8/GJ

Sarcina cazanului: 30 Tph

Producere de abur: 20 Tph

Randament cazan: 80%

Calularea Schimbului de Combustibil (1 Tph cu cazan pe păcură)

Savings from fuel switching = σ = Initial operating cost – Final operating cost

$$\sigma = (\dot{K}_1 - \dot{K}_2)\tau = \left(\frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} K_{fuel1} - \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_2} K_{fuel2} \right) \tau = \dot{E}_{steam} \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = \dot{m}_{steam} (h_{steam} - h_{fw}) \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = 1,000 \frac{kg}{hr} \left(3,181 \frac{kJ}{kg} - 463.5 \frac{kJ}{kg} \right) \left(\frac{12.8 \frac{\$}{GJ}}{0.80} - \frac{22.9 \frac{\$}{GJ}}{0.84} \right) 8,760 \frac{hrs}{yr}$$

$$\sigma = -268,000 \frac{\$}{yr}$$

Calularea Schimbului de Combustibil (1 Tph cu cazan pe cărbune)

Savings from fuel switching = σ = Initial operating cost – Final operating cost

$$\sigma = (\dot{K}_1 - \dot{K}_2)\tau = \left(\frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} K_{fuel1} - \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_2} K_{fuel2} \right) \tau = \dot{E}_{steam} \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = \dot{m}_{steam} (h_{steam} - h_{fw}) \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = 1,000 \frac{kg}{hr} \left(3,181 \frac{kJ}{kg} - 463.5 \frac{kJ}{kg} \right) \left(\frac{12.8 \frac{\$}{GJ}}{0.80} - \frac{7.8 \frac{\$}{GJ}}{0.85} \right) 8,760 \frac{hrs}{yr}$$

$$\sigma = 162,000 \frac{\$}{yr}$$

Calularea Schimbului de Combustibil (1 Tph cu cazan pe cărbune)

Savings from fuel switching = σ = Initial operating cost – Final operating cost

$$\sigma = (\dot{K}_1 - \dot{K}_2)\tau = \left(\frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_1} K_{fuel1} - \frac{\dot{E}_{steam}}{\eta_2} K_{fuel2} \right) \tau = \dot{E}_{steam} \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = \dot{m}_{steam} (h_{steam} - h_{fw}) \left(\frac{K_{fuel1}}{\eta_1} - \frac{K_{fuel2}}{\eta_2} \right) \tau$$

$$\sigma = 1,000 \frac{kg}{hr} \left(3,181 \frac{kJ}{kg} - 463.5 \frac{kJ}{kg} \right) \left(\frac{12.8 \frac{\$}{GJ}}{0.80} - \frac{7.8 \frac{\$}{GJ}}{0.85} \right) 8,760 \frac{hrs}{yr}$$

$$\sigma = 162,000 \frac{\$}{yr}$$

NOTĂ: Analiza utilizează metoda directă de calcul a randamentului

(sau metoda indirectă de calcul)

Combustibil alternativ - Proiect 2 din SSAT

- Schimbul de combustibil este o activitate de gestionare utilizată frecvent
- Proiectul 2 din sistemul SSAT permite:
 - Alegerea de către utilizator un combustibil alternativ din cele existente în standardul de combustibili
 - Introducerea unui cost unitar al combustibilului
- In general boiler efficiency will change as the fuel is changed
 - Caracteristicile combustibilului pot influența impactul pierderilor prin coșul de fum
 - Caracteristicile cazanului pot fi modificate
 - Temperatura gazelor de ardere poate crește din cauza depunerilor
 - Conținutul oxigenului în gazului de ardere poate fi modificat datorită caracteristicilor de ardere
 - Utilizarea Proiectului 3 din sistemul SSAT

Schimb de Combustibil – în sistemul SSAT

- Impactul economic poate fi calculat:
 - Prin calcule manuale termodinamice
 - Utilizînd modelul SSAT și luarea în considerație a proiectelor 2 și 3 cu generare de abur ca parametru de influență

Project 2 - Use an Alternative Fuel

Existing Boiler Fuel : Natural Gas Fuel Cost : \$1/Nm3

Do you wish to specify an alternative fuel?

Yes

If yes, choose a new fuel from this drop-down list

User Defined Fuel

Site Fuel Cost

5.40 \$/GJ

Typical 2003 values: \$1-7/GJ

Note: Example HHV values - Nat Gas 54,220 kJ/kg, No. 2 FO 45,125 kJ/kg, Typical Eastern Coal 31,890 kJ/kg, Green Wood 12,215 kJ/kg

Project 3 - Change Boiler Efficiency

Existing Efficiency : 81.7%

Do you wish to specify a new boiler efficiency?

Yes

Note: An example use of this project option is to model the effect of installing an economizer by increasing the efficiency

If yes, enter new boiler efficiency (%)

86.7 %

Schimb de Combustibil – în sistemul SSAT

- Impactul economic de trecere a 20 tph de abur de la cazan pe gaz metan la cazan pe cărbune

SSAT Default 1 Header Metric Model Moldova Ex 1

Model Status : OK

Cost Summary (\$ '000s/yr)	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Cost	6,132	6,132	0	0.0%
Fuel Cost	7,937	4,526	3,410	43.0%
Make-Up Water Cost	142	142	0	0.0%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	14,211	10,801	3,410	24.0%

- Impactul economic de trecere a 1 tph de abur de la cazan pe gaz metan la cazan pe cărbune

$$\sigma = \frac{3,410,000}{20} \frac{\$}{yr}$$

$$\sigma = 170,000 \frac{\$}{yr}$$

Schimb de Combustibil – în sistemul SSAT

- Impactul economic de trecere a 20 tph de abur de la cazan pe gaz metan la cazan pe păcură

SSAT Default 1 Header Metric Model Moldova Ex 1

Model Status : OK

Cost Summary (\$ '000s/yr)	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Cost	6,132	6,132	0	0.0%
Fuel Cost	7,937	13,399	-5,462	-68.8%
Make-Up Water Cost	142	142	0	0.0%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	14,211	19,673	-5,462	-38.4%

- Impactul economic de trecere a 1 tph de abur de la cazan pe gaz metan la cazan pe păcură

$$\sigma = -\frac{5,462,000}{20} \frac{\$}{yr}$$

$$\sigma = -273,000 \frac{\$}{yr}$$

Factorii ce Limitează Schimbul de Combustibil

- Reglementările de mediu
- Depozitarea și manevrarea combustibilului
- Capacitățile cazanului



Puncte cheie / Itemi de acțiune

1. *Utilizarea unui model al sistemului de abur bazat pe legile termodinamicii pentru a cuantifica energia și oportunitățile de economii de cost*
2. *Schimbul de combustibil și funcționarea cazanului sunt domenii excelente de optimizare a sistemului de abur – o economie de cost considerabilă poate fi obținută dacă sunt aplicate strategii optime de operare*
3. *Fiecare evaluare necesită o evaluare independentă– nu există reguli stricte!*



Producere – Exemple eficiente

- Minimizarea excesului de aer
- Instalarea echipamentului de recuperare a căldurii
- Curățarea suprafețelor de transfer de căldură a cazanului
- Imbunătățirea tratării apei pentru a reduce purjarea
- Recuperarea energiei din purjare
- Suplimentarea/restaurarea refracției cazanului
- Minimizarea numărului de cazane operative
- Investigarea schimbului de combustibil
- Optimizarea ratei de ventilație a degazorului