

Capitolul 3

Instrument de Evaluare a Sistemului de Abur(SSAT) – P1

Informație Generală despre Centrală

Prezentară Generală a SSAT

Baze de Intrare, Modelul Colectorului– 1, 2,3

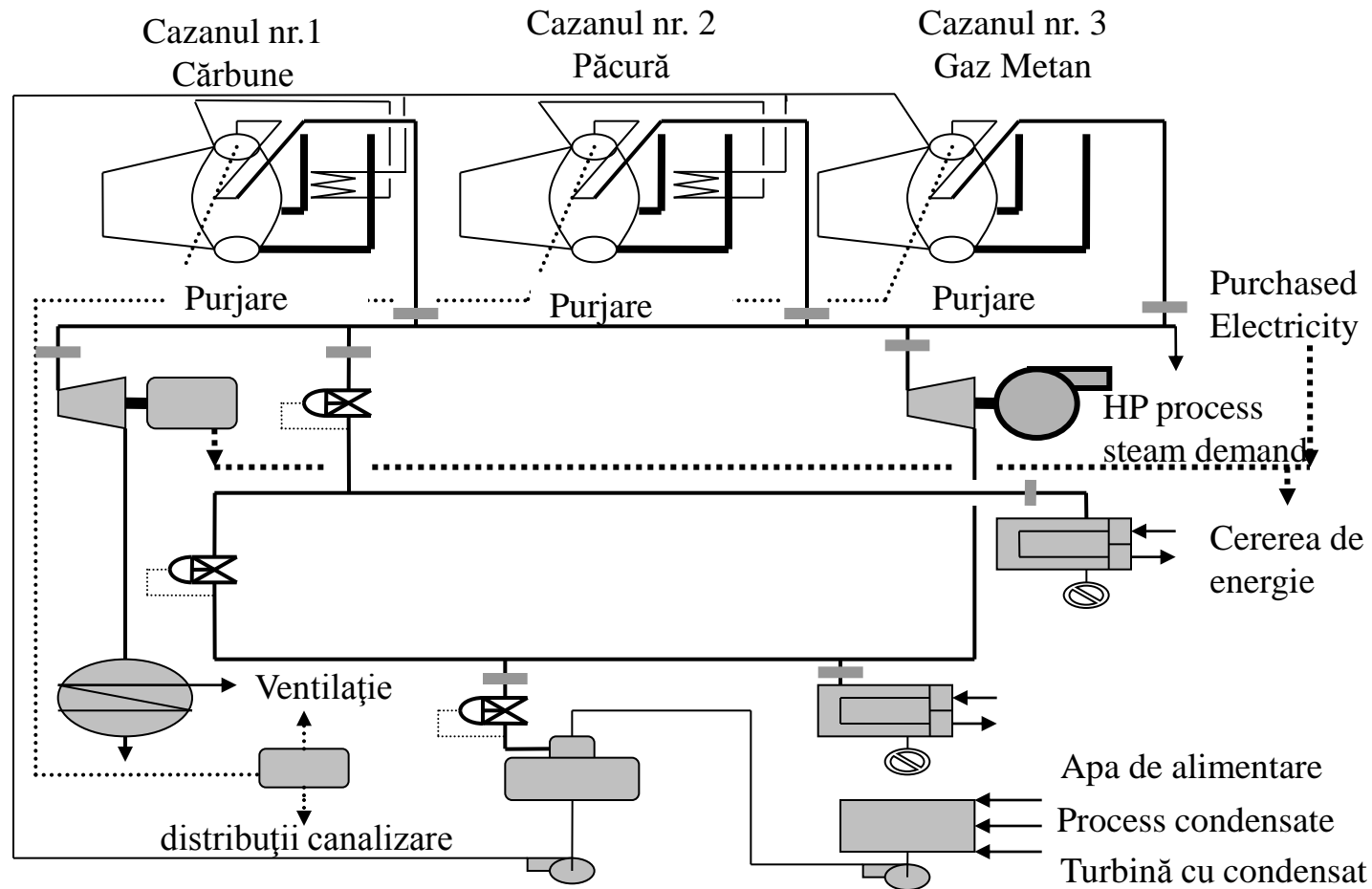
Secțiunea “Quick Start- Începere rapidă”

Impactul Costurilor Utilităților

Randamentul Cazanului

Exerciții manuale pentru studenți, Colecorul-1

Exemplu de Sistem SSST



✚ Instalație de măsurare a debitului

Instrument de Evaluare a Sistemului de Abur (SSAT)

- Model dezvoltat pentru U.S.DOE cu un contract alături de Laboratorul Național Oak Ridge:

- KBC Linnhoff March
- Spirax Sarco Inc.
- Greg Harrell, Ph.D., P.E.



- Instrumentul de Evaluare a Sistemului de Abur Tool (SSAT)

- Software-ul de modelare a sistemului de abur
- Proiecte comune de recuperare a energiei, elaborate în modelul dat
- Permite evaluarea ce “dacă” ?

Steam System Assessment Tool (SSAT)

- Un Instrument de Evaluare a Oportunităților Sistemului de Abur
- Elaborarea balanței de masă, energie și economice pentru sistemul de abur
- Completarea evaluării energiei prin utilizarea proiectelor de îmbunătățire
- Version 3.0.0 disponibilă momentan
 - Capacitatea Metrică (Unitățile SI)
- Descărcarea de pe site-ul US DOE ITP
 - <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/software.html>

Caracteristicile cheie ale SSAT

- Alegerea modelului de presiune a 1, 2, sau al 3-a colector
- Scheme model ale sistemului de abur
- Estimările emisiilor globale de mediu & estimările site-ul
- Simularea echipamentelor prioritare:
 - Cazan(e)
 - Utilizatorii finali
 - Turbine cu contrapresiune
 - Turbine cu condensatie
 - Degazorul
 - Captarea aburului, scurgeri de abur, pierderile prin izolații
 - Dispozitive de coborîre
 - Recipiente
 - Schimbarea prîncălzitoarelor apei de alimentare
 - Schimbătoare de căldură de recuperare a căldurii

Sistemul SSAT poate Evalua Proiectele Cheie de Îmbunătățire a Aburului

- Modificarea cererii de abur
- Randamentul cazanului
- Combustibilii alternativi
Fuels
- Turbinele de abur vs PRV
- Recuperarea energiei din purjare
- Recuperarea condensatului
- Recuperarea căldurii
- Recuperarea aburului

Foile de lucru în sistemul SSAT

- Intrare
 - Elaborarea modelului
- Modelul
 - Reprezentarea grafică a sistemului
 - Cazuri de bază
- Proiecte de intrare
 - Permite activarea proiectelor
 - Permite funcționarea proiectului personalizat
- Proiectele Model
 - Reprezentarea grafică a sistemului
 - Sistemul modificat
- Rezultatele
 - Compararea factorilor esențiali de operare a sistemului
- Determinarea pierderilor prin coșul de fum
 - Determinarea pierderilor prin coșul de fum a combustibililor din SSAT
- Calculele utilizatorilor
 - Deschideți foaia de lucru pentru a permite calculele individuale

A banner for the Industrial Technologies Program Tools Suite Steam System Assessment Tool (SSAT) v. 3.0. The banner features a background image of an industrial facility with two tall smokestacks and a large building, situated on a grassy hill under a blue sky with clouds. The text is overlaid on the image in a semi-transparent box.

 U.S. Department of Energy
Energy Efficiency and Renewable Energy
Bringing you a prosperous future where energy is clean, abundant, reliable, and affordable

Industrial Technologies Program Tools Suite
Steam System Assessment Tool **SSAT** v. 3.0

Contact the EERE Information Center 1-877-EERE-INF (877-337-3463) eereic@ee.doe.gov

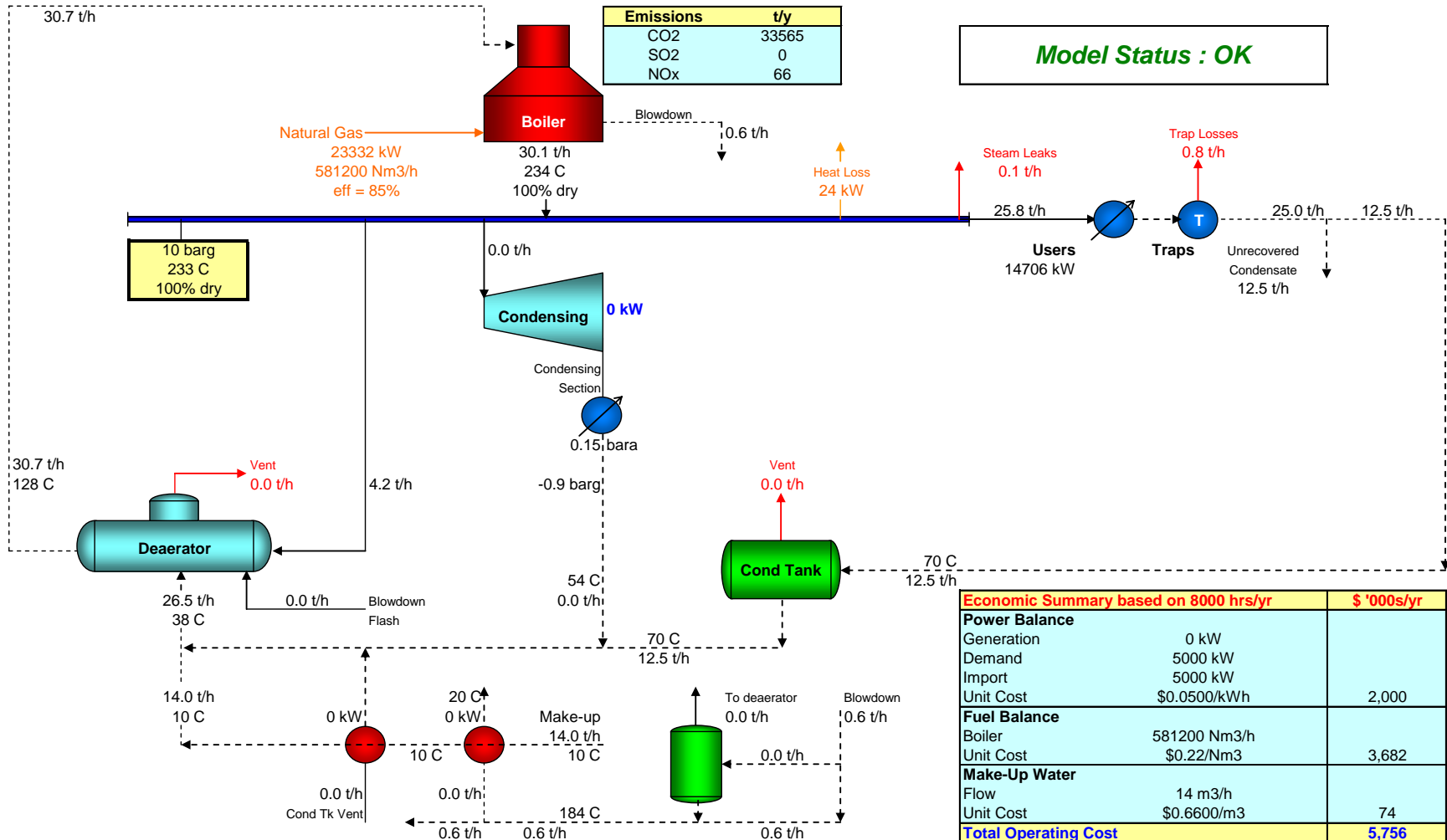
Revederea modelelor 1-colector, 2-colector și 3-colector

Steam System Assessment Tool Current Operation

SSAT Default 1 Header Metric Model

Emissions	t/y
CO2	33565
SO2	0
NOx	66

Model Status : OK

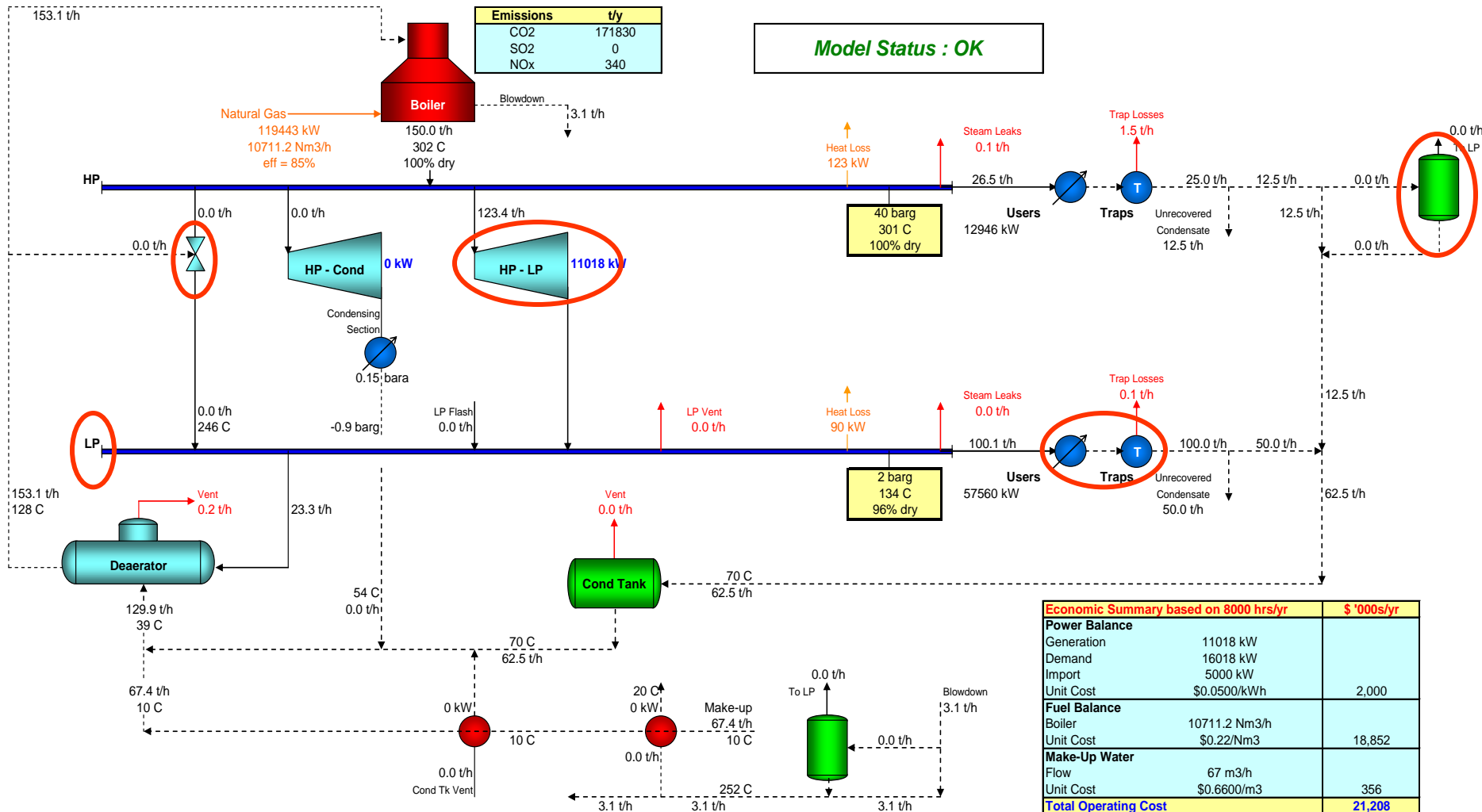


Economic Summary based on 8000 hrs/yr		\$ '000s/yr
Power Balance		
Generation	0 kW	
Demand	5000 kW	
Import	5000 kW	
Unit Cost	\$0.0500/kWh	2,000
Fuel Balance		
Boiler	581200 Nm3/h	
Unit Cost	\$0.22/Nm3	3,682
Make-Up Water		
Flow	14 m3/h	
Unit Cost	\$0.6600/m3	74
Total Operating Cost		5,756

Steam System Assessment Tool

SSAT Default 2 Header Metric Model

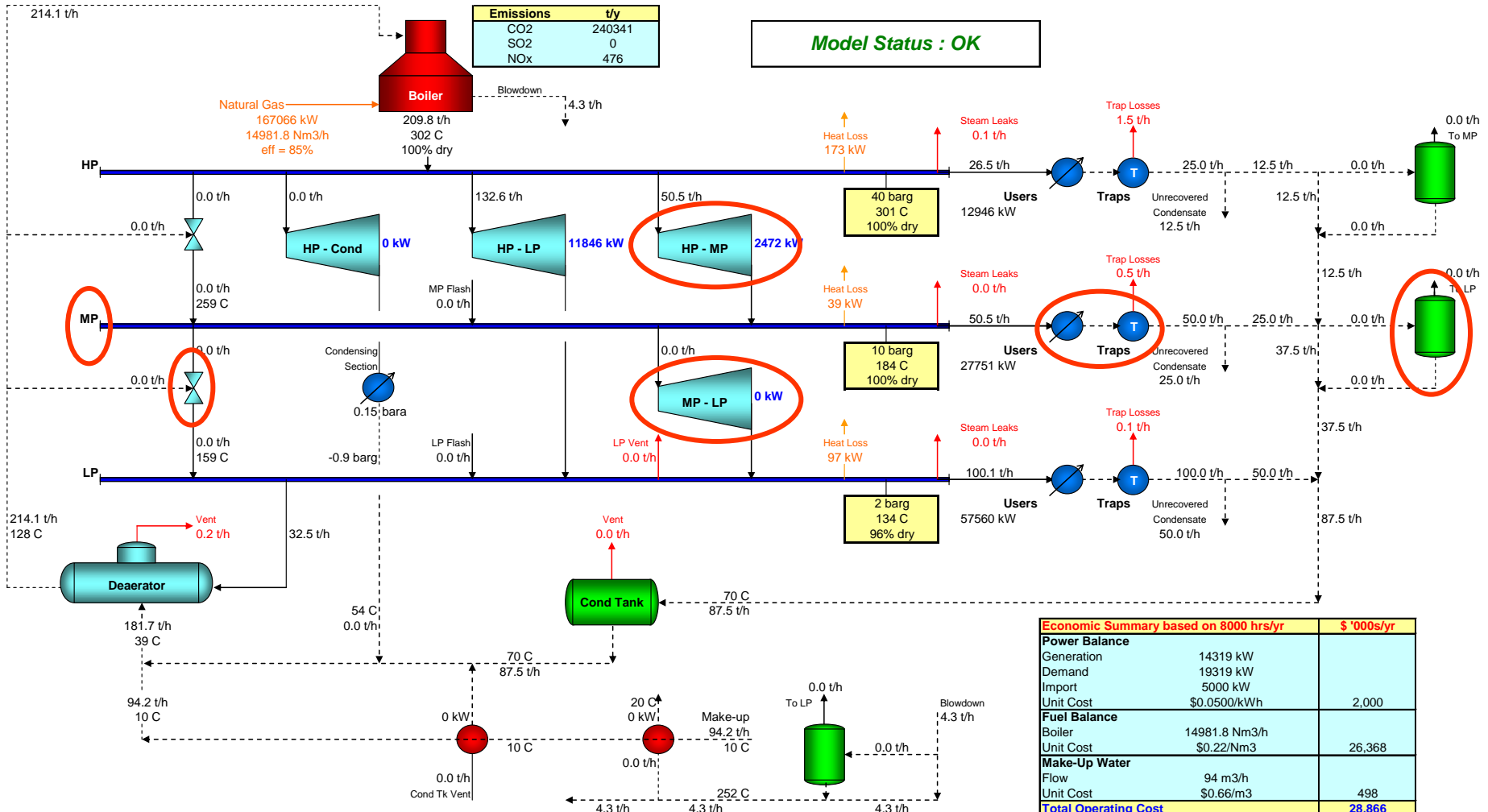
Current Operation



Steam System Assessment Tool

SSAT Default 3 Header Metric Model

Current Operation



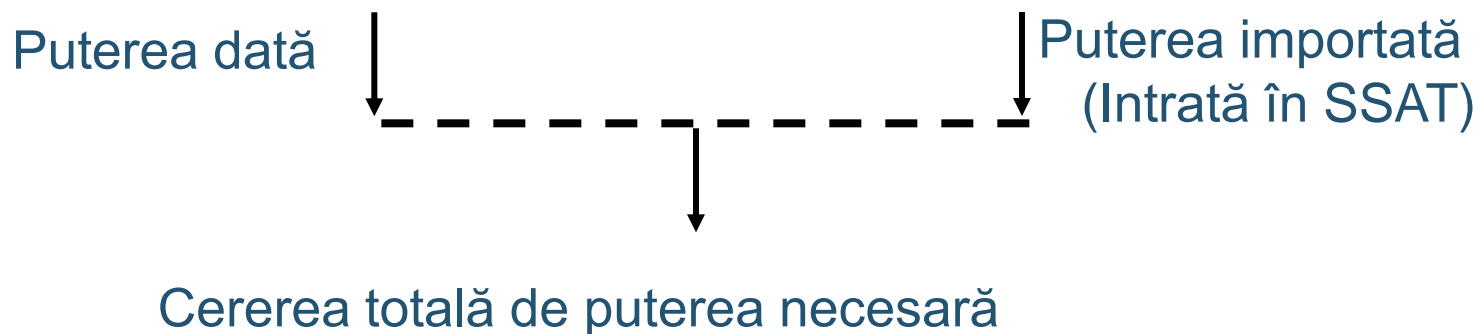
Secția “Quick Start”- începere rapidă

Datele generale	Input Data	Note / Preocupări
Importul de Putere (+import, - export)	5000 kW	Import de putere + generarea proprie
Costul Puterii date	0.1000 \$kWh	Valoarea tipică 2003 : \$0.05kWh
Operarea sistemului ore pe an	8,760 h	
Costul apei de adaos	0.6600 \$/m3	Valoarea tipică 2003 : \$0.66/m3
Combustibilul cazanului		Gaz Natural
Costul dat de combustibil	1\$ / Nm3	Valoarea tipică 2003 : \$0.22/Nm3

- Unitățile economice utilizate de sistemul SSAT sunt fixate în “US \$”
- Există 2 oportunități:
 - Unităție de măsură reprezintă doar o plasare de text, deci nu contează ce unități sunt utilizate
 - Transformarea costurilor în “US \$” și dup care transformarea în valuta curentă

Importul de Putere (sau exportul)

- SSAT necesită o cantitate esențială de putere importată de intrare în sistem
- Combinarea puterii importate cu puterea proprie produsă reprezintă totalul de putere necesar sarcinii spre furnizare
- Dacă producătorul este un exportator net de energie negativă, aceasta trebuie să fie prevăzută pentru export



Structura Ratei Electrice

- O înțelegere aprofundată a structurii ratei electrice este esențială în evaluarea impactului de modificare a procesului
- Costul mediu al energiei nu este un cost unitar, care să depindă de creșterea sau micșorarea consumului de energie
- Costurile fixe nu ar trebui să fie incluse în analizele de tip influență, în sistemele SSAT

Costul energiei utile

- Primul nivel de informație:
 - Cheltuieli anuale planificate : \$4,860,000
 - Consumul anual de energie electrică: 43,800 MWh
- Costul utilizat al energie poate fi calculat dup cum urmează

$$\text{Electric Cost} = \frac{4,860,000}{43,800,000} = 0.111 \frac{\$}{kWh}$$

- Însă acest cost poate fi INCORECT pentru a fi utilizat în analizele SSAT

Costul energiei utile

- Al doilea nivel de informație
 - Cheltuieli anuale planificate: \$4,860,000
 - Consumul anual de energie electrică: 43,800 MWh
 - Taxe anuale fixe: \$480,000
- Reducerea consumului de energie Nu va modifica taxele fixe, prin urmare ele nu vor fi incluse în sistemul SSAT
- Costul energie poate fi calculat după cum urmează

$$ElectricCost = \frac{(4,860,000 - 480,000)}{43,800,000} = 0.10 \frac{\$}{kWh}$$

- Acest cost poate fi CORECT pentru a fi utilizat în analizele SSAT , dacă cererea de energie va fi afectată

Costul energiei utile

- Al treilea nivel de informație
 - Cheltuielile anuale planificate pentru energie: \$4,860,000
 - Consumul anual de energie electrică: 43,800 MWh
 - Taxe anuale fixe: \$480,000
 - Taxe anuale programate: \$876,000
 - Taxe anuale ale energiei: \$3,504,000
- Dacă cererea de energie NU este influențată de taxele programate, atunci acestea nu sunt incluse în sistemul SSAT
- Costul energiei poate fi calculat după cum urmează

$$ElectricCost = \frac{(4,860,000 - 480,000 - 876,000)}{43,800,000} = 0.08 \frac{\$}{kWh}$$

Costul energiei utile

- Diverse configurații
 - Taxe programate: \$14.60 pe kW lunar
 - Taxe de energie: \$0.08 pe kWh
- În sistemul SSAT este necesar a fi inclusă, doar o componentă (\$/kWh)

$$K_{energy} = 0.080 \frac{\$}{kWh}$$

$$K_{demand} = 14.6 \frac{\$}{kW \text{ month}} \left(\frac{1 \text{ month}}{730 \text{ hrs}} \right) = 0.020 \frac{\$}{kWh}$$

$$ElectricCo st = K_{energy} + K_{demand} = 0.10 \frac{\$}{kWh}$$

Costurile Apei de Adaos

- Prețul de procurare
- Costurile de pompare
- Costurile de tratare
- Costurile apei reziduale ???
- Temperatura reprezintă o variabilă importantă a apei de adaos
- Costul tipic este \$0.66/m³

Alegerea Combustibilului pentru SSAT

➤ Gazos

- Gaz natural

➤ Lichid

- Combustibil lichid nr. 2
- Combustibil lichid nr. 6
 - Nivel scăzut de sulf
 - Nivel ridicat de sulf

➤ Solid

- Cărbune

- Cărbune estic
- Cărbune vestic

- lemne

➤ Combustibil definit de utilizator

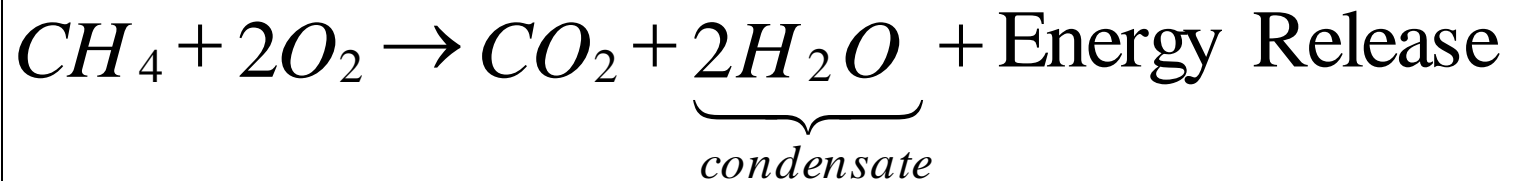
Căldura de Ardere a Combustibilului

- Conținutul de energie al unui combustibil este determinat prin procesul de ardere
 - Procesul de ardere (începe - finisează) are loc la temperatura ambiantală
 - Analiza la o presiune constantă prevede o valoare de încălzire
 - Energia eliberată în procesul de ardere este măsurată
 - Energia eliberată este *Căldura de Ardere* a combustibilului
 - Aceasta este *valoarea calorică* value și reprezintă valoarea de ardere
- Combustibilul ce conține hidrogen, în urma procesul de ardere va forma apă



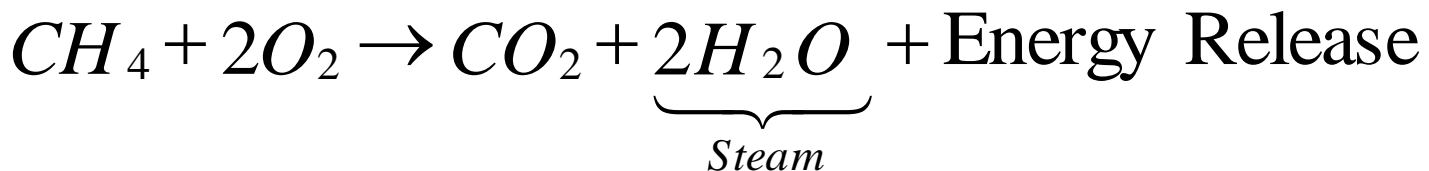
Căldura Superioară de Ardere (HHV)

- Apa (H_2O) formată în timpul procesului de ardere este aburul inițial, care se formează pe parcursul testului de obținere a valorii de ardere
 - Fiecare kg de apă eliberează ~2,325 kJ de energie prin condensare
 - Această energie este măsurată în dependență de Căldura Superioară de Ardere
- În SUA *HHV* este cea mai utilizată convenție:
 - Prima excepție este suprafața de ardere a turbinei



Căldura Inferioară de Ardere(LHV)

- Valoarea căldurii inferioare de ardere este energia eliberată în urma procesului de ardere fără energie latentă formată prin condensare
- Valoarea inferioară de ardere în general este determinată prin calcularea valorii superioare de ardere și a compoziției combustibilului
- În majoritatea operațiunilor cazanului, gazele de ardere sunt evacuate fără condensare
- Căldura inferioară de ardere este cea mai utilizată convenție din lume



Valoarea Superioară și Inferioară de Ardere

- Valoarea numerică între căldura superioară și cea inferioară de ardere depinde de valoarea hidrogenului din combustibil
 - Diferența de gaz natural(gaz metan) este 10%
 - Diferența de combustibil lichid este 6%
 - Diferența de cărbune este ~4%
 - Diferența valorii lemnelor poate fi mai mult de este 20%
- În SUA majoritatea combustibililor sunt comercializați conform valorii căldurii superioare de ardere
- Principalul punct de pornire este coerența

Combustibilii frecvent utilizați în SSAT

Combustibilul	Sales Unit	Cost (\$/unitate)	HHV (kJ/kg)	Cost unitar (\$/GJ)
Gaz natural	Nm3	1.00	54,220	26.35
Combustibil lichid nr.2	Tonă	1,500	45,125	33.24
Combustibil lichid nr.6(LS)	Tonă	785	43,595	18.01
Combustibil lichid nr.6(HS)	Tonă	797	43,764	18.21
Cărbune bituminos	Tonă	171	31,890	5.36
Cărbune sub bituminos	Tonă	129	23,465	5.50
Lemne	Tonă	22	12,215	1.80

Valorile din sistemul SSAT este bazat pe unități SUA , din 2003 și nu ar trebui să fie utilizate pentru stabilirea prețului la combustibil
Rata de schimb: 1 SUA \$ = 7 ZAR

Compoziția Combustibilului în SSAT

Reference Fuel Composition (in lbm _i / lbm _{fuel})							
Componentele	Gaz Natural	Nr. 2	Nr.r 6 LS	Nr. 6 HS	Cărbune estic	Cărbune vestic	Lemn umed
C	0.000	0.856	0.873	0.847	0.750	0.524	0.180
H2	0.000	0.120	0.105	0.110	0.050	0.041	0.035
CH4	0.905	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	0.018	0.005	0.007	0.002	0.015	0.038	0.001
CO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C2H4 (etilenă)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C2H6 (Etan)	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C3H8 (Propan)	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
O2	0.000	0.006	0.006	0.004	0.067	0.109	0.222
S	0.000	0.004	0.008	0.037	0.010	0.006	0.000
H2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.145	0.537
CO2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cenușă	0.000	0.010	0.000	0.000	0.070	0.137	0.025

Combustibilii Frecvenți Utilizați (în sudul Africii)

Combustibil	Unitatea de măsură	(R / unitate)	(kJ / unitate)	(R / GJ)
Gaz Metan	Nm3	7.0	40,144	174.4
Petrol	Litru	10.0	35,218	283.9
Diesel (Lichid Nr. 2)	Litru	9.2	39,539	232.7
Păcură (lichid nr 4 -5)	Tonă	5,500.0	43,675,000	125.9
Cărbune-superior	Tonă	1,200.0	31,890,000	37.6
Cărbune-inferior	Tonă	900.0	23,465,000	38.4
LPG	Tonă	7,455.0	46,100,000	161.7
Paraffin	Litru	7.0	36,800	190.2

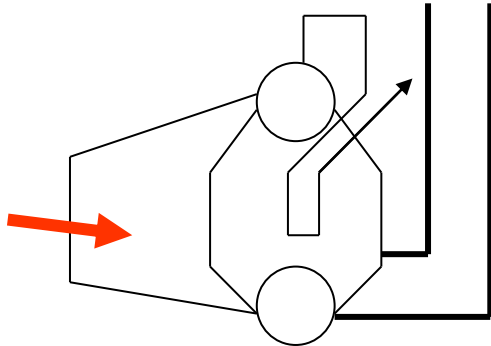
Impactul Combustibilului – Structura de Cost

- Analizele ar trebui sa fie finalizate utilizînd *impactul costurilor*
- Indicațiile brute a oportunităților de economisire pot fi atinse utilizînd valorile medii de impact sau costurile proiectate
- Multiple modele necesită a fi dezvoltate pentru a reflecta diferite condiții de variație a prețurilor
 - Tarifele combustibilului variază în dependență de sezon
- Cînd combustibilul curent nu este din sistemul SSAT, atunci un combustibil similar ar trebui utilizat din SSAT
 - Costul combustibilului din SSAT trebuie să fie egal cu costul combustibilului ce furnizează energie

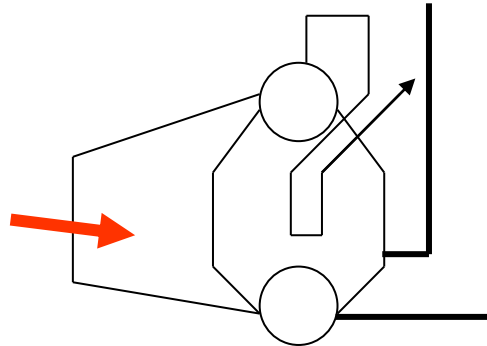
Alegerea Combustibilului

- Cum ar putea fi modelate mai multe tipuri de combustibil?
 - Poate fi utilizat impactul costului de combustibil
 - Combustibilul care va modifica consumul, dacă va fi modifică cererea
 - În general, costul ridicat al combustibilului este utilizat, însă NU întotdeauna
 - “Costurile mixte” în general nu reflectă schimbările sistemului actual
 - Costurile mixte prezintă un nivel confidențial în rezultatele modelului

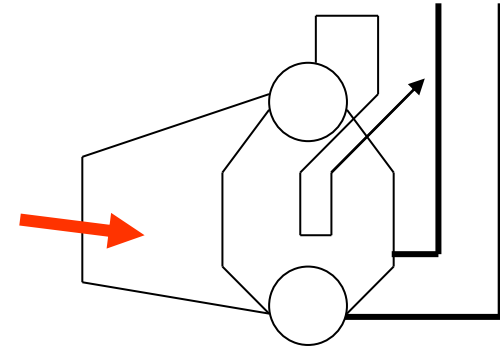
Alegerea Combustibilului



Combustibil: Cărbune
 Cost comb: \$170/tonă
 Capacitate cazan: 90 Tph
 Abur produs: **65 Tph**
 Eficiență cazan: 85%



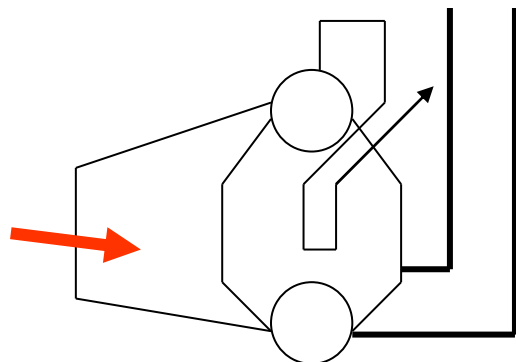
Combustibil: Păcură
 Cost comb: \$785/tonă
 Capacitate cazan: 90 Tph
 Abur produs: **65 Tph**
 Eficiență cazan: 84%



Combustibil: Gaz Metan
 Cost comb: \$1.0/Nm³
 Capacitate cazan: 30 Tph
 Abur produs: **20 Tph**
 Eficiență cazan: 80%

- Problemele minime de ardere limitează operațiunile
- Problemele maxime de ardere limitează producția continuă
- **Care este impactul combustibilului în acest proces?**

Alegerea combustibilului



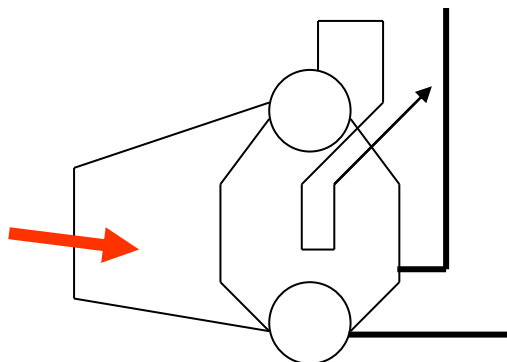
Combustibil: Cărbune

Cost comb: \$5.4/GJ

Capacitate cazan: 90 Tph

Abur produs: **65 Tph**

Eficiență cazan: 85%



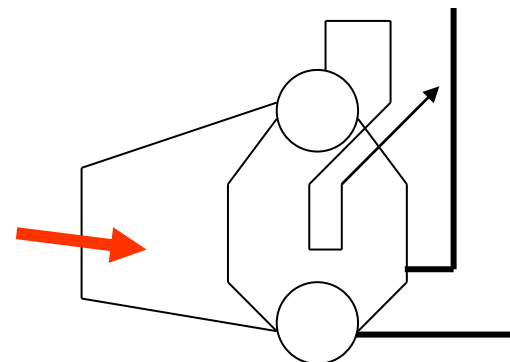
Combustibil: Păcură

Cost comb: \$18/GJ

Capacitate cazan: 90 Tph

Abur produs: **65 Tph**

Eficiență cazan: 84%



Combustibil: Gaz metan

Cost comb: \$25/GJ

Capacitate cazan: 30 Tph

Abur produs: **20 Tph**

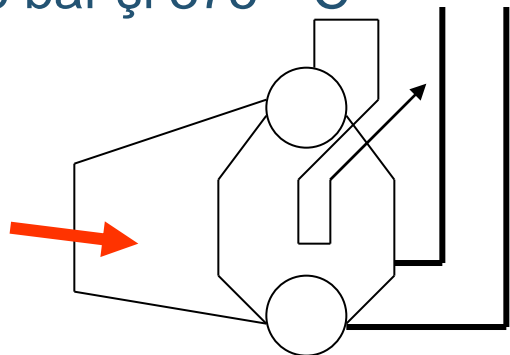
Eficiență cazan: 80%

➤ Dintr-o perspectivă a costului real – gazul metan ars în cazan depinde de impactul acestuia

➤ Are cel mai mare cost de producerea a aburului!

Condițiile aburului:
25 bar și 375° C

Costul mediu al Combustibilului



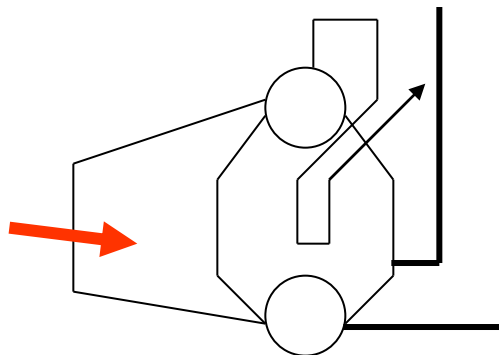
Combustibil: Cărbune

Cost comb: \$5.4/GJ

Capacitate cazan : 90 Tph

Abur produs: 65 Tph

Eficiență cazan: 85%



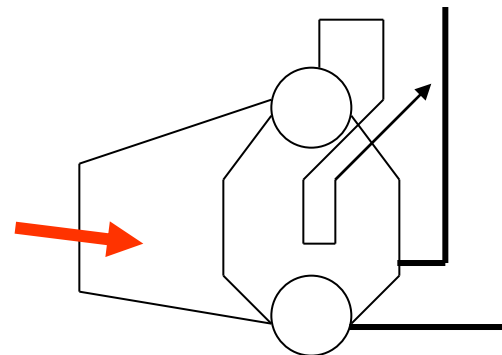
Combustibil: Păcură

Cost comb: \$18/GJ

Capacitate cazan: 90 Tph

Abur produs: 65 Tph

Eficiență cazan: 84%



Combustibil: Gaz metan

Cost comb: \$25/GJ

Capacitate cazan: 30 Tph

Abur produs: 20 Tph

Eficiență cazan: 80%

- Pentru aceste date de operare “costul mediu al combustibilului” este de ~\$13.6/GJ
- Eficiența cazanului combinat este de 83.9%
- Aceasta este bine de utilizat și verificat acordurile globale utile

Costul de Producere a Aburului pentru un Cazan pe Gaz Natural

- Gazul metan ars în cazanul centralei are o căldură superioară de ardere de 54,220 kJ/kg
 - HHV(căldura superioară de ardere) este 40,144 kJ/Nm³
 -
- Producerea de abur: 20 Tph (constanta pe tot parcursul anului)
- Aprovizionarea cu combustibil: 1,693 Nm³/h (28 Nm³/min)
- Costul combustibilului: \$1.0/Nm³
- **Determinarea costului de operare?**

$$K_{boiler} = m_{fuel} \times k_{fuel} = 1,693 \times 1.0 = \$1,693 / hr$$

$$K_{boiler} = \$1,693 / hr \times 8,760 \approx \$14,800,000 / yr$$

Costul de Producere a Aburului pentru un Cazan pe Gaz Natural

$$K_{boiler} = m_{fuel} \times k_{fuel} = 1,693 \times 1.0 = \$1,693 / hr$$

$$K_{boiler} = \$1,693 / hr \times 8,760 \approx \$14,800,000 / yr$$

- Aburul produs: 20 Tph (constant pentru tot parcursul anului)
- **Determinarea costului pentru abur?**

$$K_{steam} = \frac{\text{Boiler Operating Cost}}{\text{Steam Generation}}$$

$$K_{steam} = \frac{1,693}{20} = 84.6 \frac{\$}{tonne}$$

Secția “Quick Start” - Începere Rapidă

Steam Distribution	Date de intrare	Preocupări
Presiune Înaltă (ÎP)	25 bari	
Presiune Medie (MP)	10 bari	
Presiune Joasă (J P)	2 bari	
PÎ Abur utilizat de proces	20 t/h	
PM Abur utilizat de proces	40 t/h	
PJ Abur utilizat de proces	76 t/h	

Turbine cu Abur	
Aveți dvs o turbină cu abur instalată între ÎP și JP?	Nu
Aveți dvs o turbină cu abur instalată între ÎP și MP?	Nu
Aveți dvs o turbină cu abur instalată între MPși JP	Nu
La turbina cu condensatie instalată există ÎP?	Nu

Evaluarea Procesului de Cerere a Aburului

- Sistemul SSAT este un model “atrăgător”
 - Procesul de curgere a aburului “pull” are loc prin cazan
 - De obicei activitățile de modelare încercăm să le potrivim conform sarcinii generale a cazanului

- Fluxurile de abur din procese de obicei sunt stabilite de:
 - Măsurarea directă a fluxului continuu
 - Măsurarea continuă a fluxului intermitent
 - Echilibru de masă
 - Echilibru energetic
 - Informația despre construcția procesului sau sistemului
 - Date sau standarde empirice

Măsurarea Debitului

- Măsuarea debitului de abur este tipic completată de către unitatea convențională a debitului - metru
 - Plăci cu orificii

- Măsurarea debitului de condensat este deseori completată de observații intermitente complete
 - Măsurarea volumului captat
 - Rezervorul de condensat se încarcă și se descarcă
 - Cunoașterea volumului de umplere

Balanța de Energie & Masă

- Conservation of mass principle can often be applied very effectively

$$\Sigma \dot{m}_i = \Sigma \dot{m}_e$$

- Prima lege a termodinamicii pentru schimbul de căldură este aplicată tipic la:

- Doar aburul
- Doar materialul încălzit

$$\dot{Q}_x = \dot{m}_x (C_p)_x (T_e - T_i)_x \left. \vphantom{\dot{Q}_x} \right\} \text{Pentru căldurile specifice constante și cînd entalpia depinde doar de temperatură}$$

$$\dot{Q}_x = \dot{m}_x (h_e - h_i)_x \left. \vphantom{\dot{Q}_x} \right\} \text{Cînd se cunosc entalpiile}$$

$$\dot{Q}_{steam} = -\dot{Q}_x \left. \vphantom{\dot{Q}_{steam}} \right\} \text{Aplicații tipice ale schimbătorului de căldură}$$

Exemplu de Sistem de Abur

- Nivelele de presiune pentru distribuția aburului (uz final)
 - Presiune înaltă – 25 bari (g)
 - Presiune medie – 10 bari (g)
 - Presiune joasă – 2 bari (g)

- Datele necesare procesului:
 - Presiune înaltă – 20 Tph
 - Presiune medie – 40 Tph
 - Presiune joasă – 76 Tph

- Presupunem că “NU” există turbine în sistemul de abur

Secția “Quick Start”- Începere Rapidă

Steam Traps	Input Data	Warnings
<i>Number of traps at each pressure level</i>		
Traps on HP header	250 traps	
Traps on MP header	300 traps	
Traps on LP header	500 traps	

Select the approximate timing of your last trap testing and maintenance program	3-5 years ago ▼
---	-----------------

The information you have entered above will allow you to start using the model. A closer match to your actual site operation can be obtained using the **"Site Detail"** options below.

- Oferă informații despre pierderile de distribuții (cu excepția izolației)
- Utilizând “numărul de captatoare” și “programul de menținere final” ca substituții pentru determinarea pierderilor de abur

Captatoare de abur

- Datele de intrare a captatoarelor active instalate în fiecare sub sistem de presiune
- Să furnizeze o caracterizare a intensității de menținere a captatorului de abur
- Estimarea eșecurilor de captare este bazată pe frecvența programului de menținere a captatorului de abur
- **Eșecurile de captare eliberează aburul în atmosferă**
 - Sistemele închise de recuperare a condensatului cu recuperare de abur trebuie să fie analizate minuțios
 - Pierderile eșuate prin captator sunt incluse în procesul de cerere a aburului

Estimarea Pierderilor de Abur Captat

- Pierderile de abur prin captare reprezintă pierderi considerabile din totalul pierderilor posibile
 - Bazate pe experiența tipică ce reflectă efortul de întreținere
 - Numărul de eșecuri de captare reprezintă o valoare estimată
 - Sistemul de presiune, presiunea sistemului de condens asumată, și diametrul orificiului de captare sunt utilizate pentru a determina rata debitul teoretic în analiza compresibilă de curgere
 - Mărimea pierderilor este bazată pe factorul de blocaj
 - Factorul de blocaj rezultă într-un debit real de $\frac{1}{2}$ din debitul teoretic
 - Secțiunea “Site Detail” permite modificarea acestor estimări

Modelul de Bază a Scurgerilor de Abur & a Aburului Captat

Modelul de bază a scurgerilor de abur și a captării aburului				
Sincronizare	Captare eșuată (% de capt. de abur)	Diametrul orificiului (mm)	Scurgeri de abur (% de capt. de abur)	Diametrul orificiului (mm)
< ca 1 an	3	3.18	1	1.59
1 – 2 ani în urmă	5	3.18	2	1.59
3 – 5 ani în urmă	10	3.18	4	1.59
6 – 8 ani în urmă	15	3.18	6	1.59
9 – 10 ani în urmă	30	3.18	8	1.59

Numărul de captatoare de abur este deseori un indiciu indicativ pentru gradul sistemului de abur

Estimarea Scurgerilor de Abur

- Estimarea scurgerilor de abur este de asemenea este o valoare considerabilă estimată de pierderile posibile
 - Bazată pe experiența tipică ce reflectă efortul de întreținere
 - Numărul de captatoare într-un sistem este de obicei un indiciu ce reflectă gradul de sistem
 - Sistemul de presiune, presiunea sistemului de condens asumată, și diametrul orificiului de captare sunt utilizate pentru a determina rata debitul teoretic în analiza compresibilă de curgere
 - Mărimea pierderilor este bazată pe factorul de blocaj
 - Factorul de blocaj rezultă într-un debit real de $\frac{1}{2}$ din debitul teoretic
 - Aceasta este de asemenea o valoare reprezentativă a coeficientului de descărcare
 - Secțiunea “Site Detail” permite modificarea acestor estimări

Exemplu de Sistem de Abur

- Numărul de captatoare de abur
 - Presiune înaltă – 250
 - Presiune medie – 300
 - Joasă presiune – 500

- Nu există NICI un program efectiv de captare a aburului la centrală
 - Aceasta a fost 3-5 ani în urmă când a fost efectuat un sondaj, iar captatoarele au fost reparate pe baza rezultatelor studiului

Site Detail – Eficiența Cazanului

Site Detail

Boiler		
Method for specifying boiler efficiency	Option 2 - Enter user-defined value ▼	
Note: Model default efficiencies represent Best Practice values assuming good operation and the installation of an economizer		
→ Option 2 - Enter efficiency (%)	81.7 %	←
Note: Boiler efficiency is defined as 100% - Stack Loss (%) - Shell Loss (%). The "Stack Loss" sheet gives more information on heat losses		
Note: Efficiency is based on Higher Heating Value. Economizers are included in the boiler efficiency. Boiler blowdown losses are excluded		
Blowdown Rate (% of feedwater flow)	5 %	
Do you have blowdown flash steam recovery to the LP system?	No ▼	

➤ Utilizarea informațiilor generale sau specifice:

- Eficiența Cazanului Clasic
- Eficiența Cazanului din SSAT

Eficiența Cazanului ASME

- American Society of Mechanical Engineers (ASME) - Societatea Americană a Inginerilor Mecanici a stabilit un standard de testare cuprinzător pentru cazanele de ardere
 - ASME Power Test Code 4 (ASME PTC-4) - Codul Testului de Putere 4
 - Eficiența combustibilului (aceiași ca și-n ecuația clasică)
 - Eficiența brută (include intrări de abur suplimentar)
 - ASME PTC – 4 descrie 2 metode de investigare
 - Intrare/Ieșire (metoda directă)
 - Balanța de energie (metoda indirectă)

ASME – PTC 4 Determinarea Eficienței Cazanului

- Două metode generale acceptate
 - Metoda de Intrare-Ieșire

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100$$

- Metoda Balanței de Energie

$$\text{Efficiency} = \left[\frac{\text{Input} + \text{Credits} - \text{Losses}}{\text{Input}} \right] \times 100$$

$$\text{Efficiency} = \left[1 - \frac{(\text{Losses} - \text{Credits})}{\text{Input}} \right] \times 100$$

- Principala diferență între metode constă în precizia de măsurare și de identificare a pierderilor

Eficiența Cazanului Clasic

- Eficiența de generare a aburului este definită ca căldura absorbită de abur raportată la cantitatea de energie din combustibil

$$\eta_{boiler} = \frac{\text{Energy absorbed by steam}}{\text{Fuel input energy}} \times 100$$

$$\eta_{boiler} = \frac{m_{steam} (h_{steam} - h_{feedwater})}{m_{fuel} HHV_{fuel}} \times 100$$

- Această ecuație poate fi utilizată pentru un cazan sau pentru o instalație de cazane
- Această ecuație poate fi utilizată pentru un proces instantaneu sau pentru orice perioadă de timp definită (zilnic, lunar, anual, etc.)

Eficiența Tipică a Cazanului

- Un cazan tipic poate avea eficiența de ----?

75%	to 82%	to 87%
LEMNE	GAZ METAN	PĂCURĂ ȘI CĂRBUNE

- Eficiența depinde de mai mulți factori:
 - Tipul combustibilului
 - Echipamentul instalat și controlul
 - Sarcina cazanului, etc.

Steam Generation Efficiency

- Gazul metan ars în cazanul de ardere are o valoare a căldurii superioare de ardere de 54,220 kJ/kg
 - HHV este 40,144 kJ/m³
- Abur generat: 20 Tph (constant tot timpul anului)
- Condițiile aburului: 25 bari, 375°C
- Apa de alimentare a cazanului: 30 bari, 110°C
- Aprovizionarea cu combustibil: 1,693 Nm³/h (28 Nm³/min)
- Costul combustibilului: \$1.0/Nm³
- **Determinarea eficienței de operare a cazanului?**

Eficiența de Generare a Aburului

$$\eta_{boiler} = \frac{m_{steam} (h_{steam} - h_{feedwater})}{m_{fuel} HHV_{fuel}} \times 100$$

➤ $m_{steam} = 20,000 \text{ kg/h}$

➤ $M_{fuel} = 1,693 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ $h_{steam} = 3,181 \text{ kJ/kg}$

➤ $HHV_{fuel} = 40,144 \text{ kJ/m}^3$

- 25 bari, 375°C - supraîncălzit

➤ $h_{feedwater} = 463.5 \text{ kJ/kg}$

- 30 bari, 110°C

*Tabelele prezintă informație termodinamică pentru apa de alimentare și abur

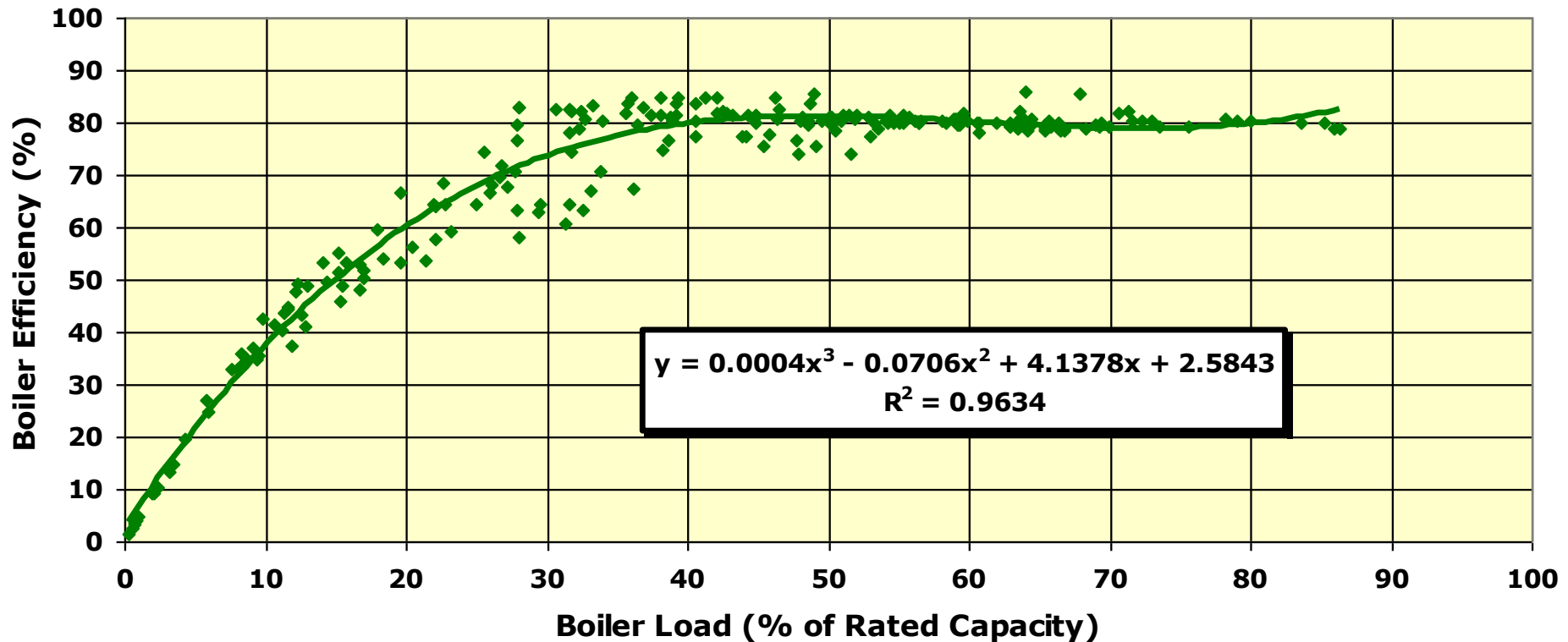
Eficiența de Generare a Aburului

$$\eta_{boiler} = \frac{m_{steam} (h_{steam} - h_{feedwater})}{m_{fuel} HHV_{fuel}} \times 100$$

$$\eta_{boiler} = \frac{20,000 (3,181 - 463.5)}{1,693 \times 40,144} \times 100$$

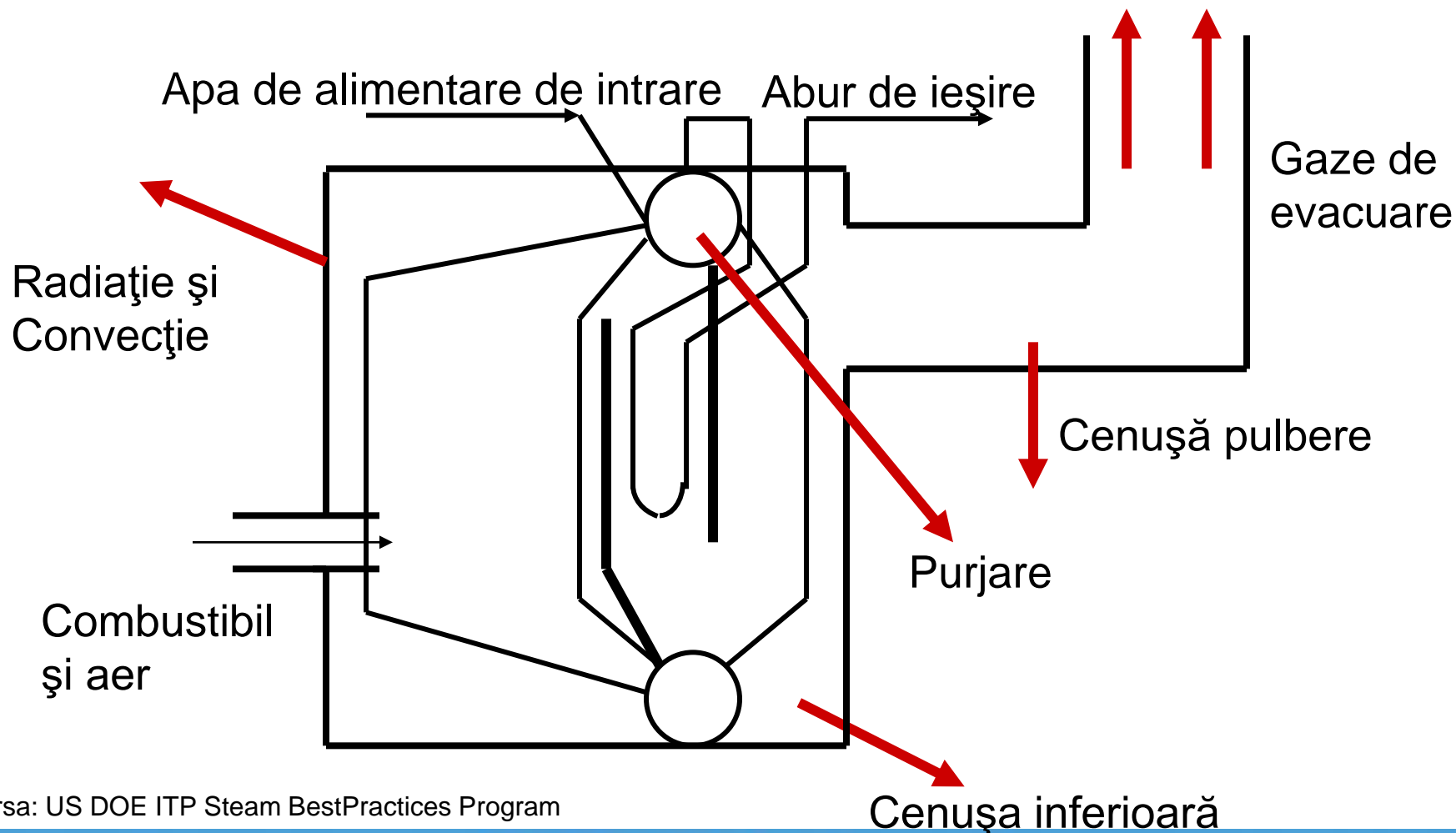
$$\eta_{boiler} = 80.0\%$$

Curba Tipică a Eficienței Cazanului



➤ De ce eficiența nu este de 100%?

Pierderile Cazanului Ardere și Temperatură



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Pierderile în Cazan

- Eficiența cazanului poate de asemenea fi determinată printr-o metodă indirectă de calcul, prin determinarea pierderilor totale
 - Pierderile de bază, sunt:
 - Pierderile prin suprafața cazanului
 - Pierderi pin purjare
 - Pierderile prin coșul de fum

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

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

0



Puncte cheie / Itemi de Acțiune

1. *Determinarea costurilor operative a instalațiilor de cazane*
2. *Determinarea costului unitar a aburului generat*
3. *Determinarea eficienței cazanului*

$$\eta_{boiler} = \frac{m_{steam} (h_{steam} - h_{feedwater})}{m_{fuel} HHV_{fuel}} \times 100$$

4. *Există 3 pierderi majore la producerea aburului pierderi prin suprafața cazanului, de purjare și prin coșul de fum*

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



Mărimea Pierderilor prin Suprafața Cazanului

- Este foarte dificil de a aprecia o valoare exactă a pierderilor date
- Este necesar de a efectua măsurări extinse și de a efectua calculele de transfer de căldură
- Societatea Americană a Inginerilor Mecanici(ASME)- Testul de Putere Code (PTC-4) identifică o procedură de estimare a pierderilor prin suprafața cazanului.
 - ASME PTC-4-2008, Section 5.14.9, pages 91-92.
- În general, acestea NU sunt pierderi semnificative în comparație cu alte pierderi
- Acestea pot fi estimate pe baza utilizării celor mai bune practice
- Cu toate acestea, poate fi o oportunitate potențială de îmbunătățire

Ghidul Pierderilor Prin Suprafața Cazanului

Evaluarea estimată a valorii brute a pierderilor prin suprafața cazanului				
Tipul Cazanului	Rata de producere a aburului		Estimarea pierderilor prin toată suprafața cazanului	
	Minim (Tph)	Maxim (Tph)	Maxim (% energia combustibilului)	Minim(% energia combustibilului)
Tub-apa	5	50	2.0	0.3
Tub-apa	50	500	0.6	0.1
Tub-apa	500	5,000	0.2	0.1
Tub-ardere	0.5	20	1.0	0.1

Exemple de Pierderi prin Suprafața Cazanului

- From an ASME type investigation the radiation and convection loss of the boilers is ~0.5% of the total fuel energy input to the boilers
- Costul total al energiei combustibilului ~\$14,800,000 pe an
- Aceasta reprezintă o valoare a pierderilor prin suprafața cazanului de ~\$74,000/an pentru un cazan pe gaz metan
- Notă: Prejudiciul efectiv monetar pentru fiecare cazan va fi diferit ca urmare a prețurilor de combustibil și dimensiunile diferite ale cazanelor

Pierderile prin Suprafața Cazanului

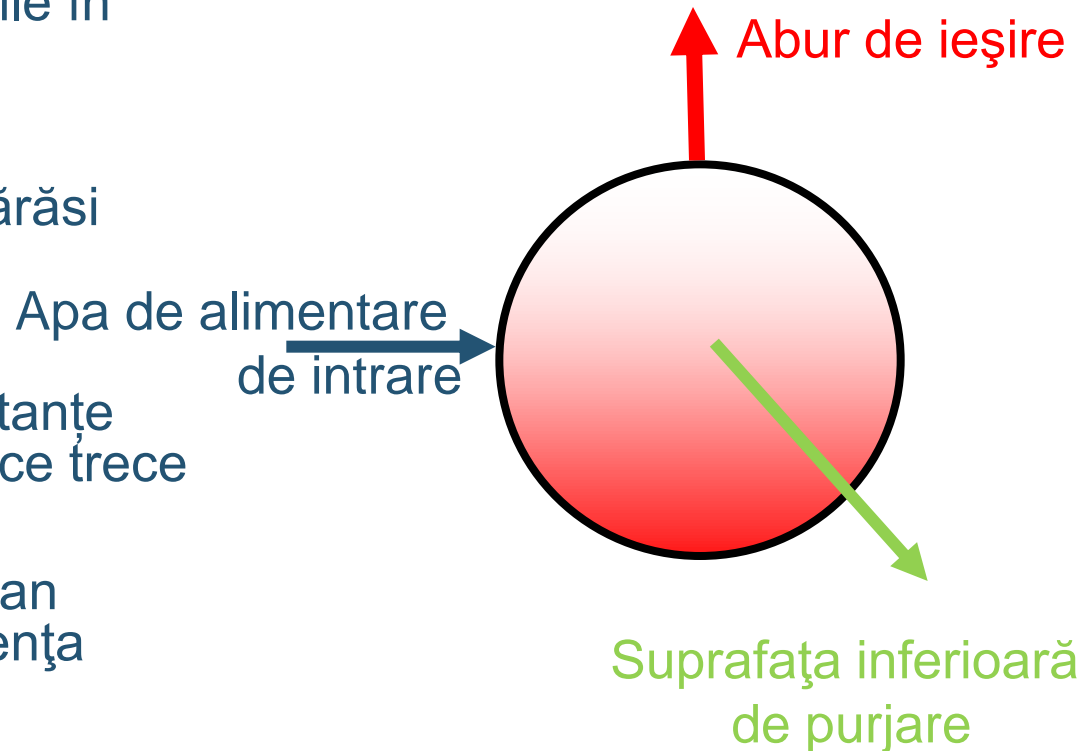
- Pentru sarcina totală de radiație și convecție pierderile tipice, sunt:
 - Mai puțin de 1.0% pentru cazane de tip tub-apă
 - Mai puțin de 0.5% pentru cazane de tip tub-ardere

- Procentajul pierderilor prin suprafața cazanului crește o dată cu creșterea sarcinii cazanului, deoarece mărimea pierderilor prin suprafața cazanului reprezintă o valoare constantă
 - Pierderile prin suprafața cazanului de ~0.5% pentru o sarcină totală și ~2.0% pentru un sfert de sarcină
 - Principala oportunitate în acest domeniu este reducerea numărului de cazane operative, pentru a reduce aceste pierderi
 - Impactul pierderilor prin coșul de fum trebuie să fie luate în considerație

- Reducerea necesarului de abur NU va rezulta o reducere a pierderilor.....
Excepția cazului în care un cazan este oprit!

Pierderile prin Purjare

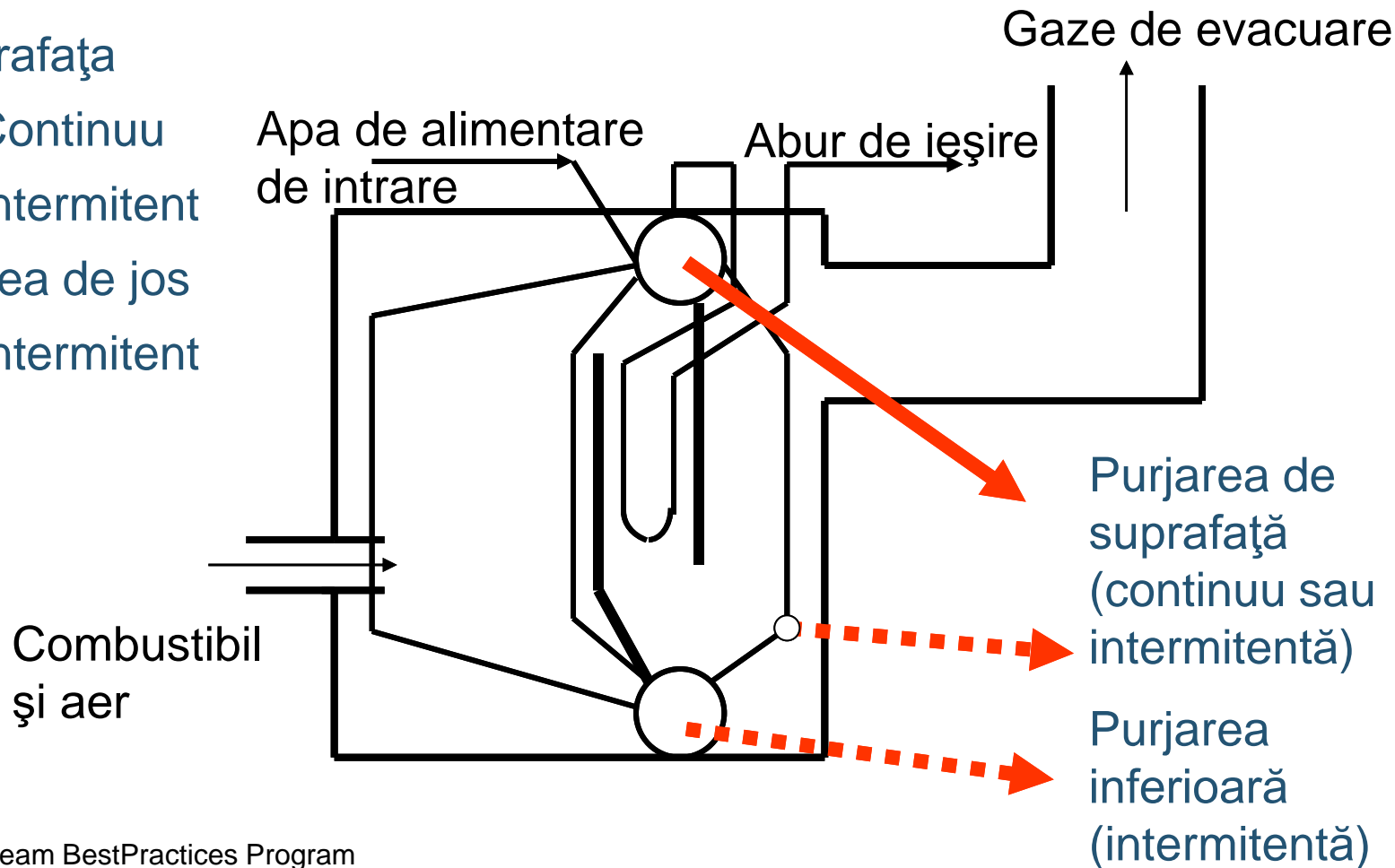
- Apa din cazan conține substanțe minerale care sunt insolubile în abur
- Aceste minerale NU vor părăsi aburul
- Concentrația acestor substanțe chimice crește pe măsură ce trece timpul
- Apa este eliminată din cazan pentru a menține componența chimică a apei



Verificarea Procesului de Purjare

➤ Purjarea în cazan ia mai multe forme:

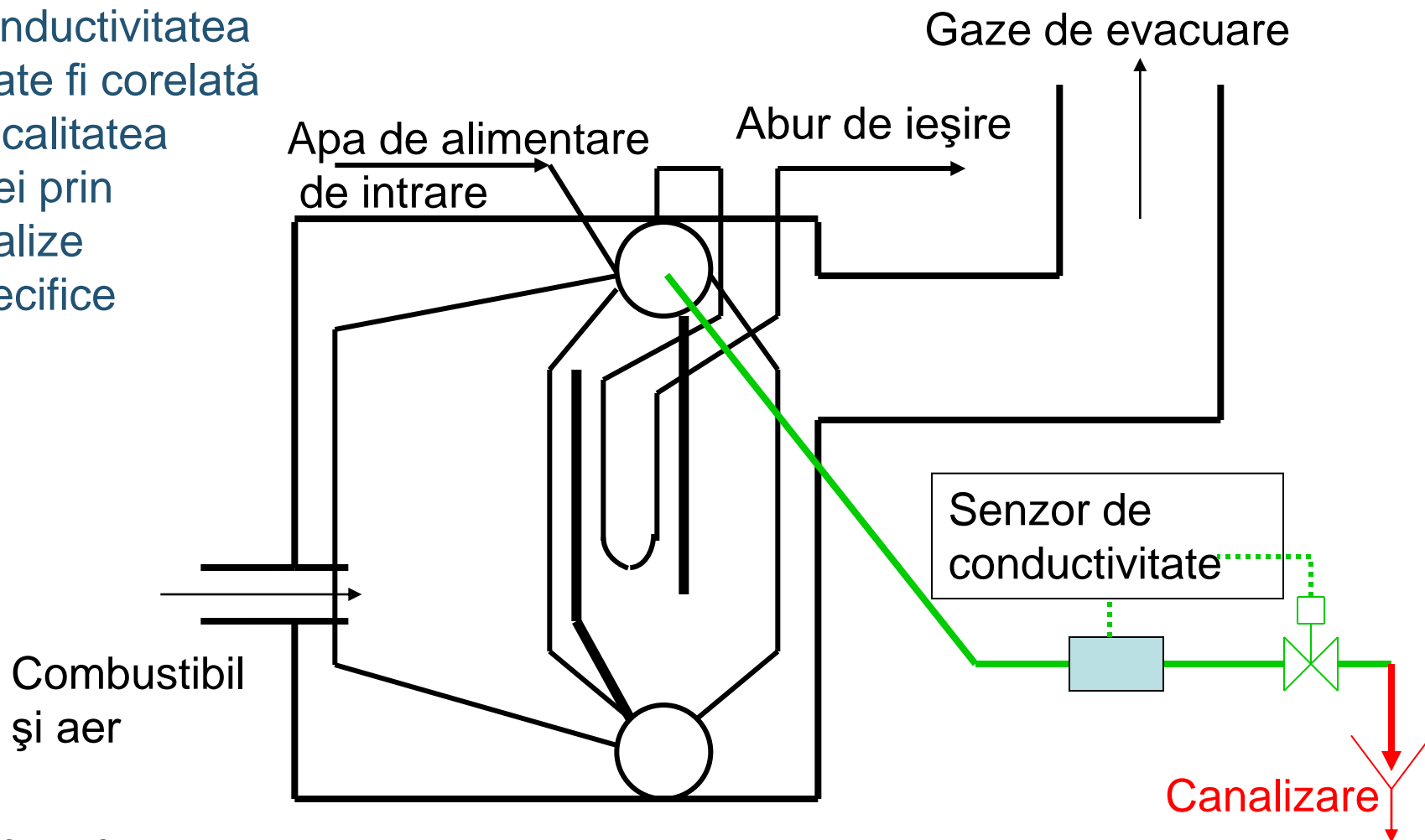
- Suprafața
 - Continuu
 - Intermitent
- Partea de jos
 - Intermitent



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Verificarea Procesului de Purjare

- Conductivitatea poate fi corelată cu calitatea apei prin analize specifice



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

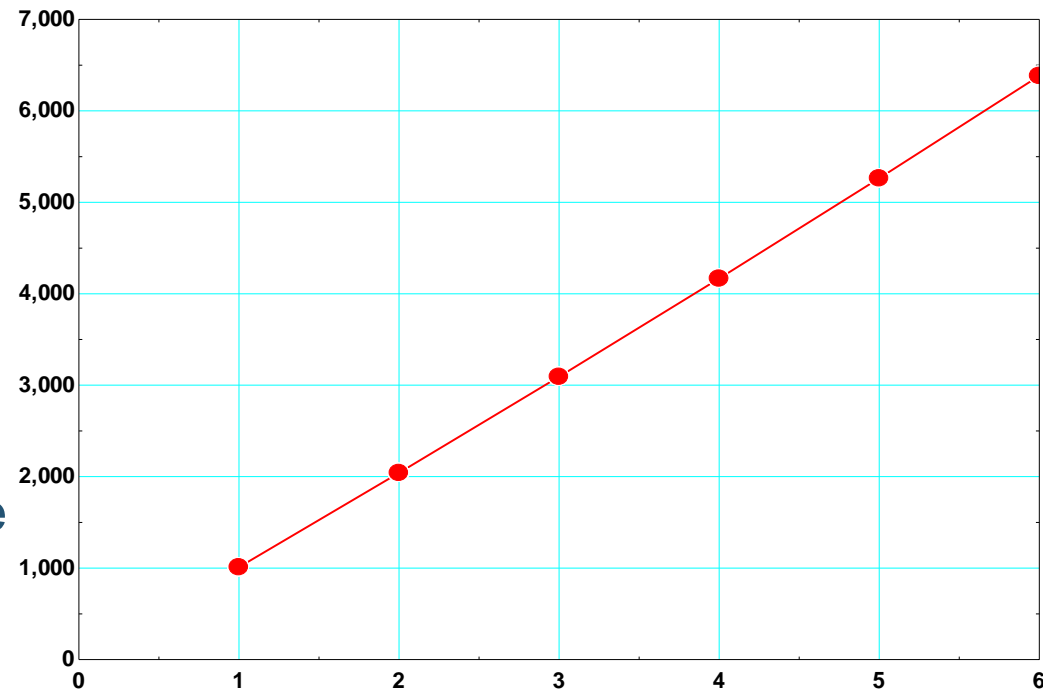
Procesul de Purjare din Cazan

- Pierderile de energie termică rezultate din purjare de obicei sunt concentrate pe suprafețele continue de purjare
- Fluxul de purjare este reprezentat ca % din debitul apei de alimentare

$$\beta = \frac{\text{Blowdown Flow}}{\text{Feedwater Flow}} \times 100$$

- Bilanțul material al fluxului de purjare prevăzut

$$m_{\text{blowdown}} = \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) m_{\text{steam}}$$



Graph for boiler operating at 100 Tph steam flow rate

Estimarea Purjării

- Este foarte rar întâlnit un debitmetru de măsurare a purjării
 - Debitul de purjare - saturat
 - Două faze sunt dificile a fi măsurate
 - Debitmetrele sunt supuse unui grad înalt de ancrasare și a două faze de condiții

- Concentrațiile chimice (cum ar fi cloruri și alte substanțe chimice) pot fi măsurate pentru a determina rata de purjare

- Aceste concentrații pot fi corelate cu conductivitatea

- Raportul dintre conductivitatea apei de alimentare și conductivitatea purjării oferă o estimare foarte bună a purjării cazanului

Exemplu de Cazan pe Gaz Metan/ Sistem de Abur

- Gazul natural ars în cazan, are o valoare a căldurii superioare de ardere de 54,220 kJ/kg, sau
 - HHV is 40,144 kJ/m³
- Abur produs: 20 Tph (constant tot timpul anului)
- Condițiile aburului: 25 bari; 375°C
- Apa de alimentare din cazan: 30 bari, 110°C
- Necesarul de combustibil: 1,693 Nm³/h (28 Nm³/min)
- Costul de combustibil: \$1.0/Nm³
- Conductivitatea purjării = 2,000 μmhos/cm
- Conductivitatea apei de alimentare = 100 μmhos/cm
- Temperatura apei de adaos: 20°C
- **Determinarea cantității de purjare și pierderile de energie posibile?**

Pierderile de Energie prin Purjare

$$\beta \approx \frac{\text{Feedwater Conductivity}}{\text{Blowdown Conductivity}} \times 100$$

$$\beta \approx \frac{100}{2,000} \times 100 = 5.0\%$$

$$m_{\text{blowdown}} = \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) m_{\text{steam}} = \left(\frac{0.05}{1 - 0.05} \right) 20,000 = 1,052 \text{ kg/hr} = 0.29 \text{ kg/s}$$

$$Q_{\text{blowdown}} = m_{\text{blowdown}} (h_{\text{blowdown}} - h_{\text{feedwater}}) = 0.29 (971.8 - 463.5) = 148 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{blowdown}} = m_{\text{blowdown}} (h_{\text{blowdown}} - h_{\text{makeup}}) = 0.29 (971.8 - 83.9) = 259 \text{ kW}$$

Evaluarea
cazanului

Evaluarea
sistemului

Pierderile de Energie prin Purjare

➤ Evaluarea Eficienței Cazanului

$$\lambda_{\text{blowdown}} = \frac{m_{\text{blowdown}}(h_{\text{blowdown}} - h_{\text{feedwater}})}{m_{\text{fuel}} HHV_{\text{fuel}}} \times 100 = \frac{0.29(971.8 - 463.5)}{1,693(40,144)} \times 3,600 \times 100 = 0.79\%$$

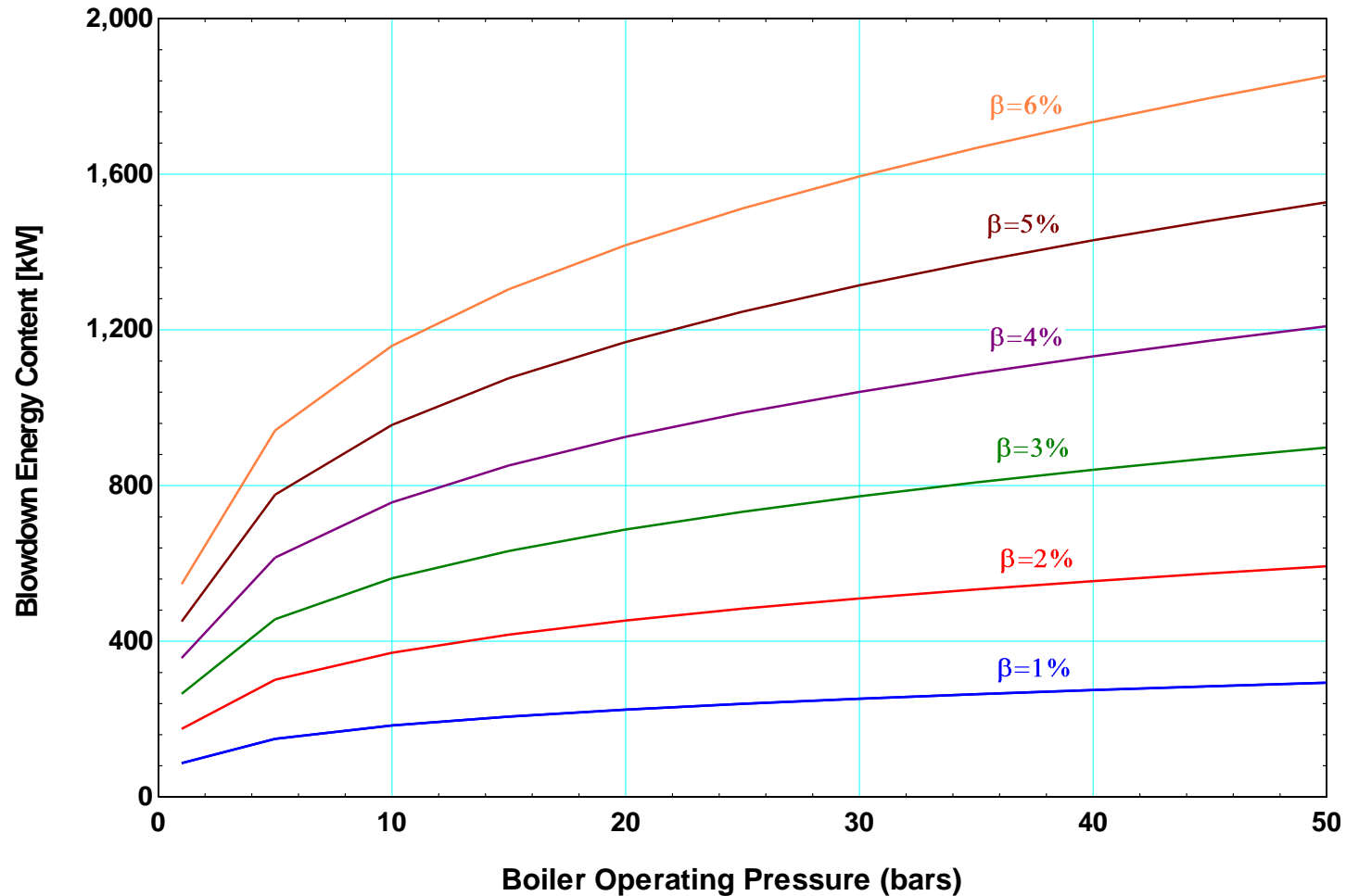
$$\text{Energy Cost}_{\text{blowdown}} = \lambda_{\text{blowdown}} \times \text{Operating Cost} = \frac{0.79}{100} \times 14,800,000 \approx \$116,500$$

➤ Evaluarea Eficienței Sistemului

$$\lambda_{\text{blowdown}} = \frac{m_{\text{blowdown}}(h_{\text{blowdown}} - h_{\text{makeup}})}{m_{\text{fuel}} HHV_{\text{fuel}}} \times 100 = \frac{0.29(971.8 - 83.9)}{1,693(40,144)} \times 3,600 \times 100 = 1.38\%$$

$$\text{Energy Cost}_{\text{blowdown}} = \lambda_{\text{blowdown}} \times \text{Operating Cost} = \frac{1.38}{100} \times 14,800,000 \approx \$204,000$$

Pierderile de Energie prin Purjarea în Cazan



Graph for boiler operating at 100 Tph steam flow rate; Make-up Water at 20° C

Pierderile Totale de Energie prin Purjare a Sistemului de Abur

$$m_{blowdown} = \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right) m_{steam} = \left(\frac{0.05}{1 - 0.05} \right) 150,000 = 7,895 \text{ kg/hr} = 2.19 \text{ kg/s}$$

- Va fi necesar furnizarea energiei combustibilului către toate cazanele
 - Poate fi calculată prin analize efectuate pentru fiecare cazan sau utilizarea eficienței medii a cazanului
 - Exemplu de sistem - 486.0 GJ/hr
- Va fi necesar furnizarea costului total de combustibil către toate cazanele
 - Can be calculated by doing analysis on each boiler or using average fuel cost
 - Example system - 6,605 \$/hr

Pierderile Totale de Energie prin Purjare a Sistemului de Abur

➤ Evaluarea Eficienței Cazanului

$$\lambda_{\text{blowdown}} = \frac{m_{\text{blowdown}}(h_{\text{blowdown}} - h_{\text{feedwater}})}{m_{\text{fuel}} HHV_{\text{fuel}}} \times 100 = \frac{2.19(971.8 - 463.5)}{486 \times 1000 \times 1000} \times 3,600 \times 100 = 0.80\%$$

$$\text{Energy Cost}_{\text{blowdown}} = \lambda_{\text{blowdown}} \times \text{Operating Cost} = \frac{0.80}{100} \times 6,605 \times 8,760 \approx \$463,000$$

➤ Evaluarea Eficienței Sistemului System

$$\lambda_{\text{blowdown}} = \frac{m_{\text{blowdown}}(h_{\text{blowdown}} - h_{\text{makeup}})}{m_{\text{fuel}} HHV_{\text{fuel}}} \times 100 = \frac{2.19(971.8 - 83.9)}{486 \times 1,000 \times 1,000} \times 3,600 \times 100 = 1.40\%$$

$$\text{Energy Cost}_{\text{blowdown}} = \lambda_{\text{blowdown}} \times \text{Operating Cost} = \frac{1.40}{100} \times 6,605 \times 8,760 \approx \$833,000$$

Pierderile prin Coșul de Fum

- *Pierderile prin coșul de fum* sunt cele mai mari pierderi ale cazanului
- *Pierderile prin coșul de fum* sunt compuse din 2 componente și pot fi definite, ca:
 - Pierderi de temperatură
 - Pierderile prin Ardere
- *Analiza de ardere* este cea mai generală metodă de determinare a pierderilor prin coșul de fum



Evaluarea Pierderilor prin Coșul de Fum & Oportunități

- Necesarul de măsurări minime
- Poate fi obținut prin intermediul instrumentelor portabile
- Aceste măsurări, includ:
 - Temperatura de evacuare a gazelor
 - Conținutul de oxigen în gazul de ardere
 - Ambient temperature
 - Compoziția combustibilului
 - Concentrația combustibilă a gazului de ardere
- Tabelele pierderilor prin coșul de fum
- Modele de ardere (software)





STEAM

Tabela pierderilor este prezentată pentru combustibilii neglijabili și fără condens

[illegible]

Instrumentul de Evaluare a Sistemului de Abur (SSAT)

Stack Loss Calculator

Based on user inputs of Stack Temperature, Ambient Temperature and Stack Oxygen Content, an estimate will be provided of the heat loss from the boiler stack. Losses are expressed as a percentage of the heat fired.

Stack losses are related to SSAT Boiler Efficiency as follows:

$$\text{SSAT Boiler Efficiency} = 100\% - \text{Stack Loss (\%)} - \text{Shell Loss (\%)}$$

Shell Loss refers to the radiant heat loss from the boiler. Typically <1% at full load, 1-2% at reduced load.

Input Data

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

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

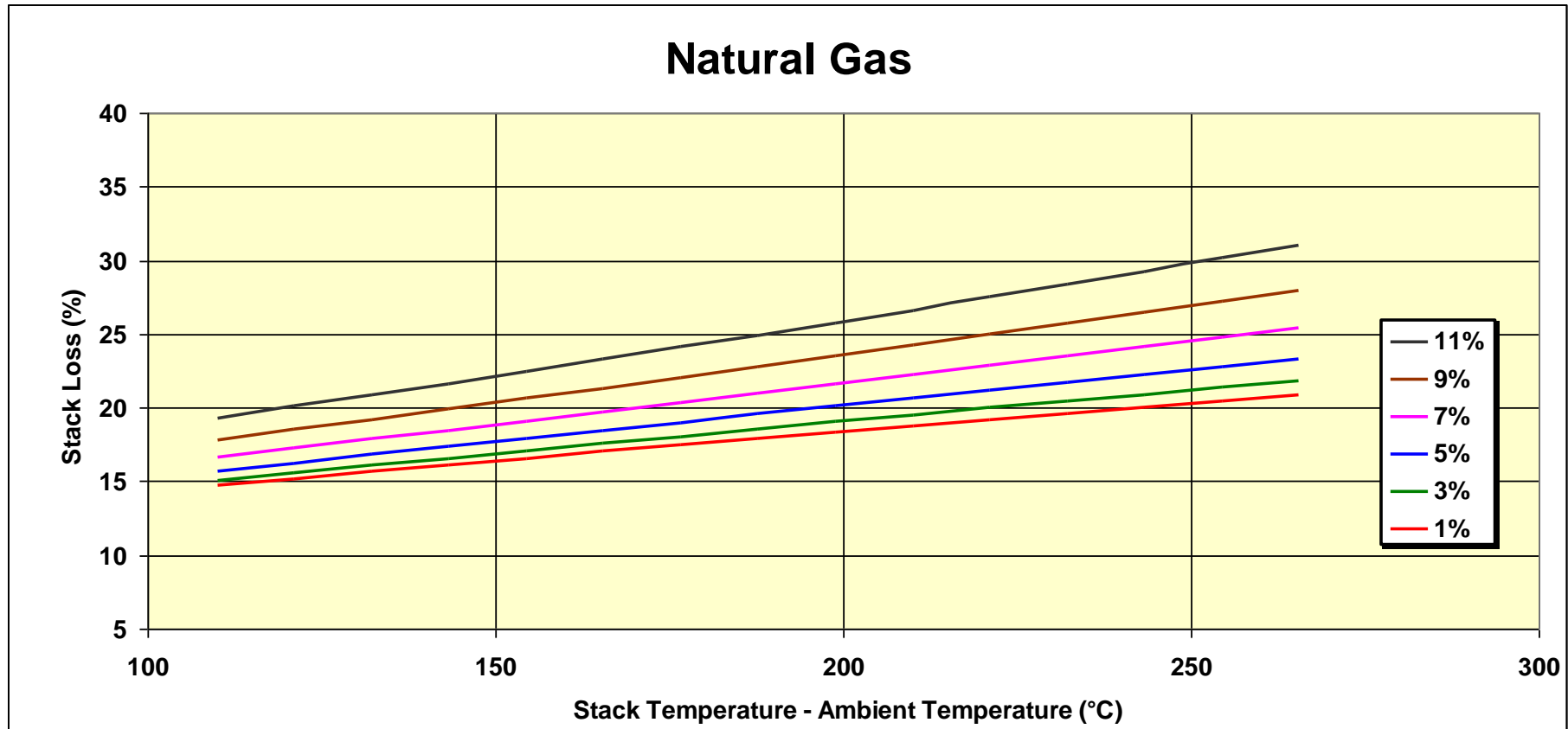
Note: Stack gas oxygen content is expressed on a molar or volumetric basis

Results

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

Natural Gas	18.3 %
Number 2 Fuel Oil	14.0 %
Number 6 Fuel Oil (Low Sulfur)	13.5 %
Number 6 Fuel Oil (High Sulfur)	13.7 %
Typical Eastern Coal (Bituminous)	12.0 %
Typical Western Coal (Subbituminous)	13.6 %
Typical Green Wood	24.7 %

Prezentarea Grafică a Pierderilor prin Coșul de Fum



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

Exemplu de Cazan pe Gaz Natural

- Căldura superioară de ardere a gazului natural ars în cazan este de 54,220 kJ/kg sau
 - HHV este 40,144 kJ/m³
- Abur produs: 20 Tph (const)
- Presiunea aburului: 25 bari; 375°C
- Apa de alimentare din cazan: 30 bars, 110°C
- Necesarul de combustibil: 1,693 Nm³/h (28 Nm³/min)
- Costul de combustibil: \$1.0/Nm³
- Temperatura coșului: 200°C
- Oxigenul din gazul de ardere: 5%
- Combustibili neglijabili depistați în analizele gazului din coș
- Temperatura mediului: 20°C
- **Determinarea pierderilor prin coșul de fum și identificarea oportunităților posibile de economisire a energiei?**

Instrumentul de Evaluare a Sistemului de Abur (SSAT)

Stack Loss Calculator

Based on user inputs of Stack Temperature, Ambient Temperature and Stack Oxygen Content, an estimate will be provided of the heat loss from the boiler stack. Losses are expressed as a percentage of the heat fired.

Stack losses are related to SSAT Boiler Efficiency as follows:

$$\text{SSAT Boiler Efficiency} = 100\% - \text{Stack Loss (\%)} - \text{Shell Loss (\%)}$$

Shell Loss refers to the radiant heat loss from the boiler. Typically <1% at full load, 1-2% at reduced load.

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 %
Number 2 Fuel Oil	14.0 %
Number 6 Fuel Oil (Low Sulfur)	13.5 %
Number 6 Fuel Oil (High Sulfur)	13.7 %
Typical Eastern Coal (Bituminous)	12.0 %
Typical Western Coal (Subbituminous)	13.6 %
Typical Green Wood	24.7 %

λ_{stack}

Exemplu de Eficiență a Cazanului pe Gaz Natural

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

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

$$\eta_{boiler} = 100 - 0.5 - 0.79 - 18.3 - 0$$

$$\eta_{boiler} = 80.4\%$$

Exemplu de Eficiență a Cazanului din SSAT

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

FIXĂ (Valoare)

NU se modifică în analizele de influență

SSAT calcularea internă

$$\eta_{SSAT_boiler} = 100 - \lambda_{stack} - \lambda_{other}$$

$$\eta_{SSAT_boiler} = 100 - 18.3 - 0$$

$$\eta_{SSAT_boiler} = 81.7\%$$

Exemplu eşantion a sistemului pe cărbune

Component	Mole Fraction [kmoli/kmolfuel]	Mass Fraction [kgmi/kgmfuel]	Molecular Weight [kgm/kmol]
C	0.4942	0.4400	12.000
H ₂	0.3677	0.0550	2.016
CH ₄	0.0000	0.0000	16.043
N ₂	0.0144	0.0300	28.013
CO	0.0000	0.0000	28.011
C ₂ H ₄ (Ethylene)	0.0000	0.0000	28.054
C ₂ H ₆ (Ethane)	0.0000	0.0000	30.020
C ₃ H ₈ (Propane)	0.0000	0.0000	44.097
O ₂	0.0295	0.0700	31.999
S	0.0021	0.0050	32.060
H ₂ O (intrinsic)	0.0374	0.0500	18.015
H ₂ O (extrinsic)	0.0000	0.0000	18.015
CO ₂	0.0000	0.0000	44.010
C ₆ H ₁₀ O ₅ (Cellulose)	0.0000	0.0000	162.140
Ash (Total)	0.0546	0.3500	
Ash Components			
Al ₂ O ₃	0.0097	0.0735	101.961
SiO ₂	0.0345	0.1540	60.085
Fe ₂ O ₃	0.0103	0.1225	159.692
Total	1.0000	1.0000	
Fuel Molecular Weight	13.4790	kgfuel/kmolfuel	
HHV	9,582 Btu/lbm	22.28 MJ/kg	5,322 kcal/kg
LHV	9,013 Btu/lbm	20.96 MJ/kg	5,006 kcal/kg

Stack Loss – Example System Coal

Stack loss table is developed for negligible combustibles and no condensation

[illegible]

Pierderile Combustibilului ne ars

- Combustibilii ce conțin cenușă, de obicei vor prezenta o pierdere de energie sub formă de combustibil ne ars sub formă de cenușă
- Componenta ne arsă a combustibilului este de obicei - carbonul
 - Celelalte componente sunt de obicei mai reactive ca carbonul
 - La fel carbonul este o componentă dominantă în componența combustibilului

Analiza Pierderilor la Ardere(LOI)

1. Măsurați materia primă colectată (cenușă și carbon)
2. Expunți probele colectate la o sursă de ardere pentru o perioadă mai lungă de timp pentru a se asigura că toate materialele combustibile au reacționat
3. Măsurați masa probei rămase, care este doar cenușă.

$$LOI = \frac{m_{Carbon}}{m_{Carbon} + m_{Ash alone}} = \frac{m_C}{m_C + m_A} = \frac{m_C}{m_{Full Sample}}$$

$$m_C = \frac{LOI (m_A)}{(1 - LOI)}$$

Analiza Pierderilor la Ardere(LOI)

$$m_C = \frac{LOI(m_A)}{(1 - LOI)}$$

$$\frac{m_C}{m_{Fuel}} = \phi_{uf} = \frac{LOI \left(\frac{m_A}{m_{Fuel}} \right)}{(1 - LOI)}$$

$$\lambda_{uf} = \phi_{uf} \frac{HHV_c}{HHV_{fuel}}$$

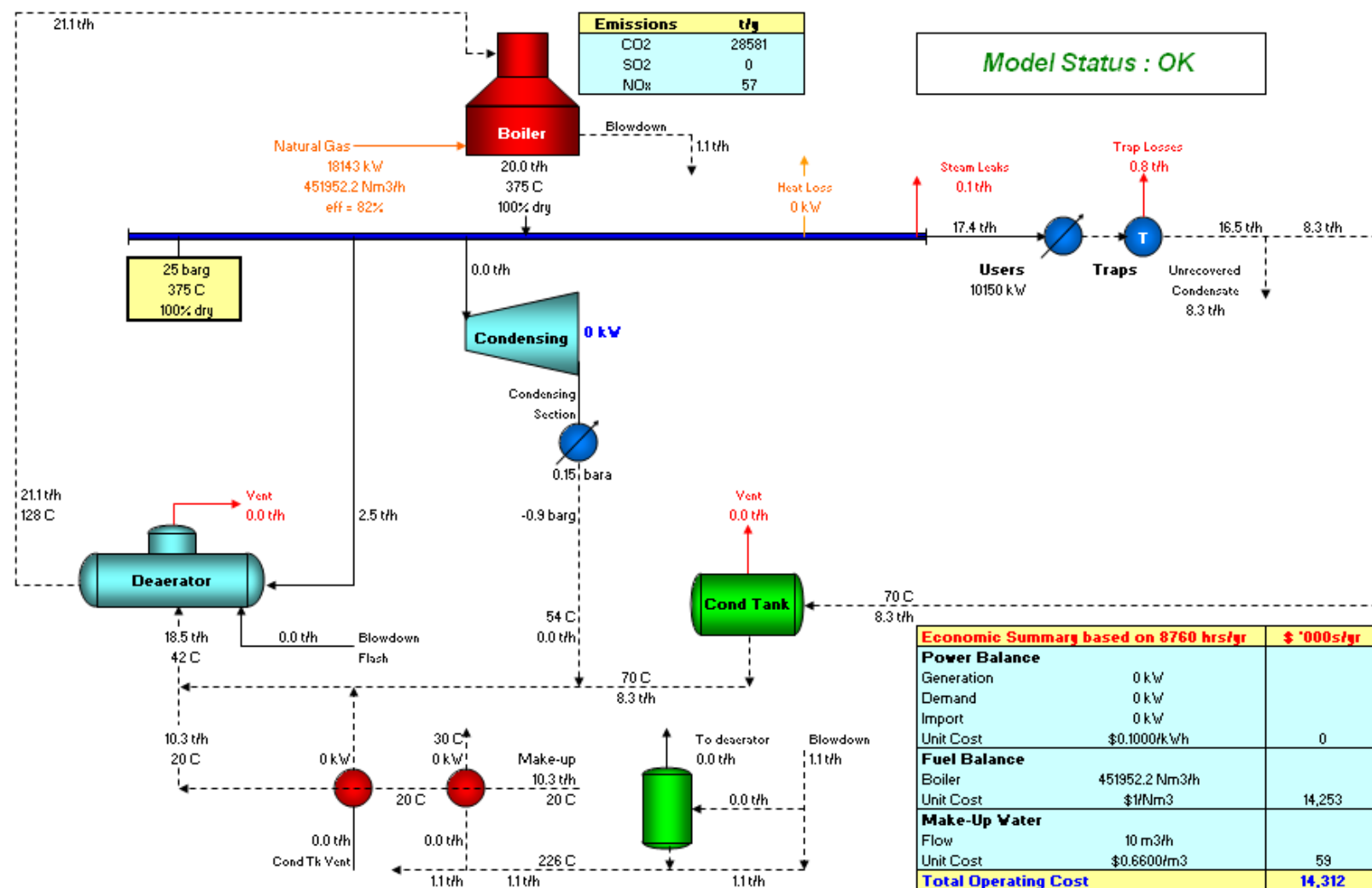
$$\lambda_{uf} = \phi_{uf} \frac{32,806 \frac{kJ}{kg}}{HHV_{fuel}}$$

Exerciții pentru studenți Colector – 1 a SSAT

- Deschideți șablonul “SSAT 1-Header v3 Metric”
- Utilizînd exemplu de sistem, drept cazan pe gaz metan ca exemplu de bază, construiți un model care va reflecta impactul costului (marginal) aburului și economiile de 1 Tph abur drept beneficii
- Abur generat ~20 Tph de la cazanul pe gaz metan
- Condițiile aburului: 25 bari, 375°C
- Apa de adaos: 20°C

Steam System Assessment Tool Current Operation

SSAT 1 Header Metric Model for Methane Gas Boiler



Rezultate Rezumative

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	14,253	0	0.0%
Make-Up Water Cost	59	59	0	0.0%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	14,312	14,312	0	0.0%

On-Site Emissions	Current Operation	After Projects	Reduction	
CO2 Emissions	28581 t/yr	28581 t/yr	0 t/yr	0.0%
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	0 t/yr	N/A
NOx Emissions	57 t/yr	57 t/yr	0 t/yr	0.0%

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	18143 kW	0 kW	0.0%
Fuel Type	Natural Gas	Natural Gas	-	-
Fuel Consumption	451952.2 Nm3/h	451952.2 Nm3/h	0 Nm3/h	0.0%
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%

Turbine Performance	Current Operation	After Projects	Marginal Steam Cost	
HP to Condensing steam rate	Not in use	Not in use	(based on current operation)	
			\$/t	----->

Costul Marginal al Aburului

- Acesta este impactul costului(economiei) de producere (reducere) a 1 Tph de abur suplimentar

Costul marginal al aburului	
(bazat pe operațiunile curente)	
\$ / t	93.33

- Comparînd acesta cu indicatorul de cost al aburului

$$K_{steam} = \frac{\text{Boiler Operating Cost}}{\text{Steam Generation}}$$

$$K_{steam} = \frac{1,693}{20} = 84.6 \frac{\$}{\text{tonne}}$$

Exerciții ale Proiectului 1 din SSAT

Project 1 - Steam Demand Savings (Changing the process steam requirements)

Current steam use : 16.5 t/h Calculated heat duty : 10150 kW

Do you wish to specify a steam demand saving?

Yes

If yes, enter steam saving

1 t/h

Note: A negative saving can be entered to model an increase in steam demand

Note: This specified steam saving has been converted to a heat duty of 614 kW based on header enthalpy for current operation

Note: This heat duty is then used to determine the actual flow change in the Projects Model based on the calculated header enthalpy

Results Summary

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	13,438	814	5.7%
Make-Up Water Cost	59	56	3	5.5%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	14,312	13,495	818	5.7%

On-Site Emissions	Current Operation	After Projects	Reduction	
CO2 Emissions	28581 t/yr	26948 t/yr	1633 t/yr	5.7%
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	0 t/yr	N/A
NOx Emissions	57 t/yr	53 t/yr	3 t/yr	5.7%

Exerciții ale Proiectului 1 din SSAT

Results Summary

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	13,438	814	5.7%
Make-Up Water Cost	59	56	3	5.5%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	14,312	13,495	818	5.7%

On-Site Emissions	Current Operation	After Projects	Reduction	
CO2 Emissions	28581 t/yr	26948 t/yr	1633 t/yr	5.7%
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	0 t/yr	N/A
NOx Emissions	57 t/yr	53 t/yr	3 t/yr	5.7%

$$K_{steam} = \frac{\text{Boiler Operating Cost Savings}}{\text{Steam Savings}}$$

$$K_{steam} = \frac{818,000}{1.0 \times 8,760} = 93.3 \frac{\$}{\text{tonne}}$$