

Capitolul 9

Optimizarea Sistemului de Abur – Recuperarea Condensatului

Tipurile de Separatoare de Condensat din Abur

Programul de Gestionare a Separatoarelor de Condensat din Abur

Evaluările SSAT & Impactul Economic

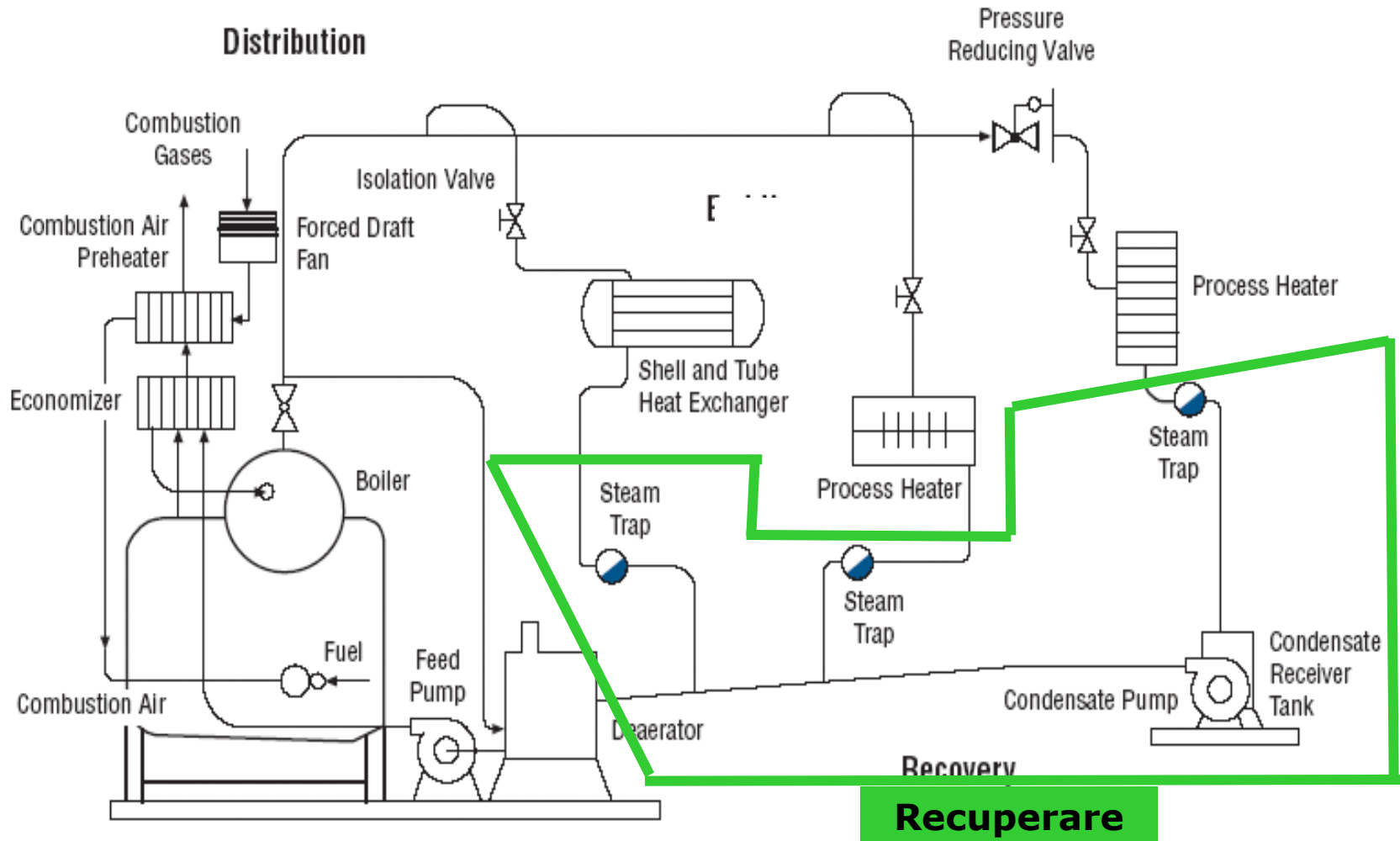
Evaluarea Sistemului de Recuperare a Condensatului

Rezervoare de condensat **Flash**

Recipient de Condens cu **Ventilare**

Evaluările SSAT & Impactul Economic

Sistemul General de Abur



Separatoare de Condensat din Abur

- Separatoarele servesc pentru diverse funcții operaționale a unui sistem de abur:
 - În timpul pornirii, ele permit cantităților de aer și de condens să scape
 - Pe parcursul funcționării normale, ele permit trecerea condensatului colectat în sistemul de returnare a condensatului, de asemenea minimizând pierderile de abur (au eliminarea acestora)
- Există diferite tipuri de separatoare de condensat din abur și deci, funcționalitatea și principiile de funcționare trebuie să fie înțelese
- Toate centralele trebuie să aibă un program de management efectiv al separatoarelor de condensat din abur
- Eșecurile acestor separatoare nu pot duce la pierderea de energie în sine, dar ele vor duce cu siguranță la probleme de funcționare a sistemului și la fiabilitatea acestuia

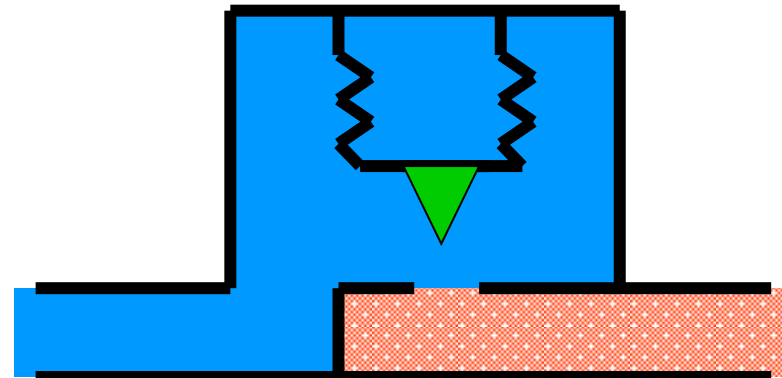
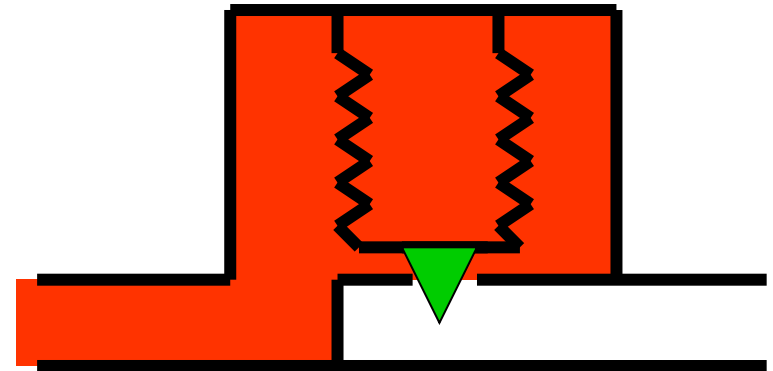
Tipurile de Separatoare de Condensat din Abur

- Separatoare termostactice
 - Burdof/Membrană*
 - Bimetalice*
- Separatoare termodinamice
 - Disc*
 - Piston
 - Pîrghie
- Separatoare mecanice
 - Flotor sferic
 - Flotor și Pîrghie
 - Cupă inversată*
 - Cupă deschisă
 - Flotor și termostatic*
- Separatoare orificiu
 - Orificii placă
 - Tub Venturi

* Cele mai des utilizate

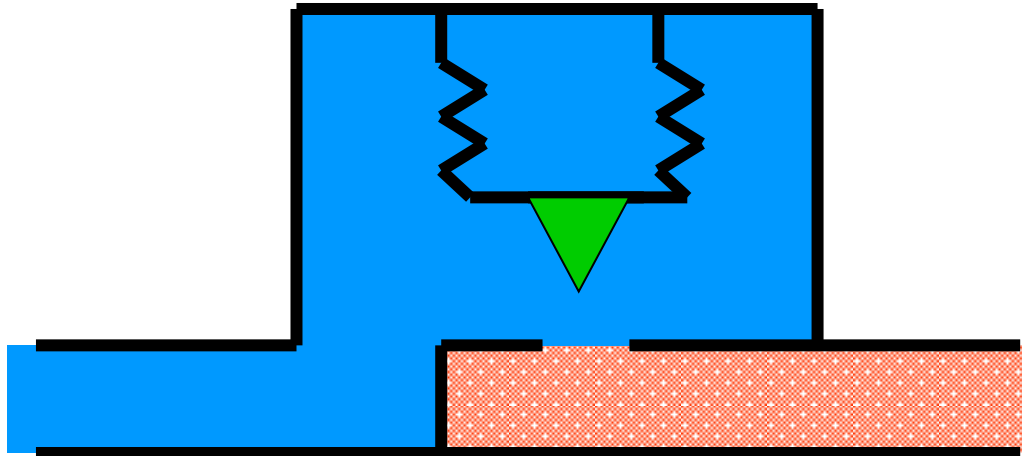
Separator Termostatic

- Reacționează la schimbările de temperatură
- Un burduf (cu un fluid volatil) sau un stabilizator bimetalic, închide supapa cu abur la temperaturi ridicate
- Când condensatul (tipic, subrăcit) se colectează – burduful se contractă și se deschide supapa pentru a lăsa să treacă condensatul spre ieșire



Oală de Condensare Termostatică

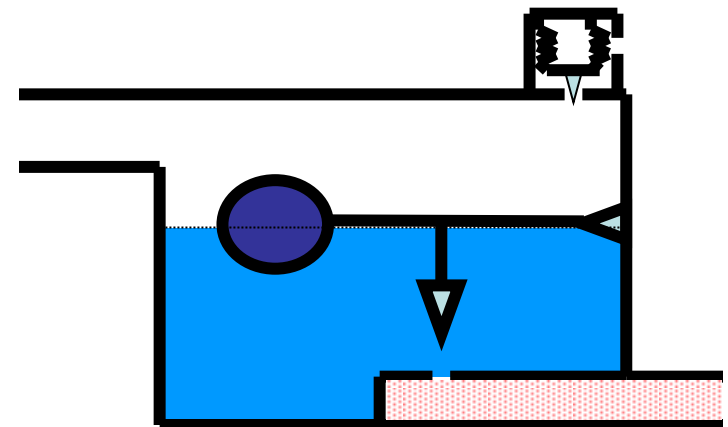
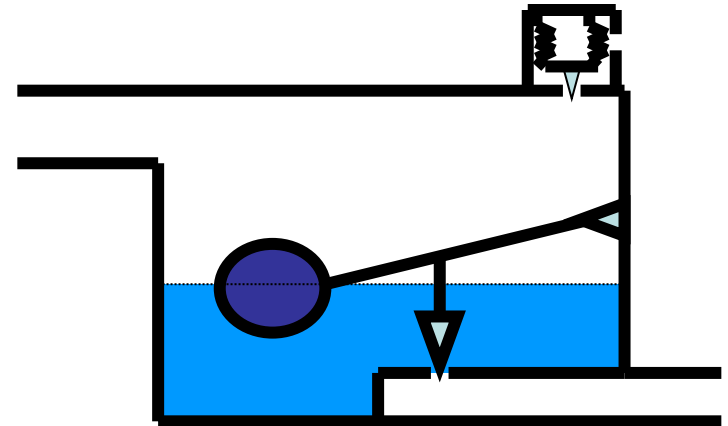
- Se deschid la condensatul subrăcit
- În funcție de subrăcire poate obține la ieșire condensat sau condensat și abur
- Permite recuperarea energiei din condens
- Capabilitatea semnificativă de îndepărtare a aerului



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Oală de Condensare Mecanică

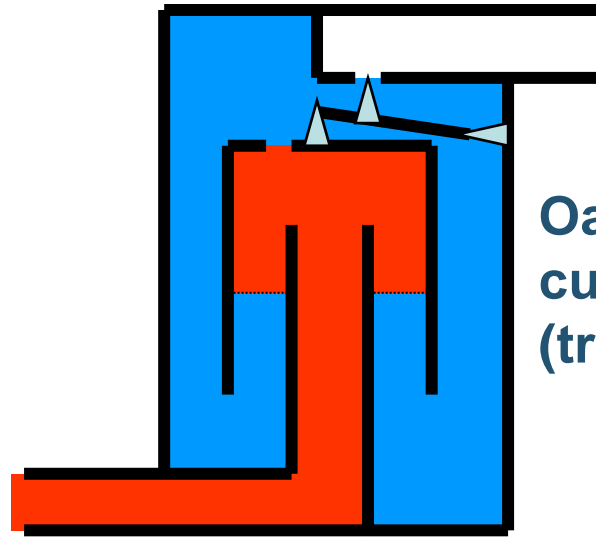
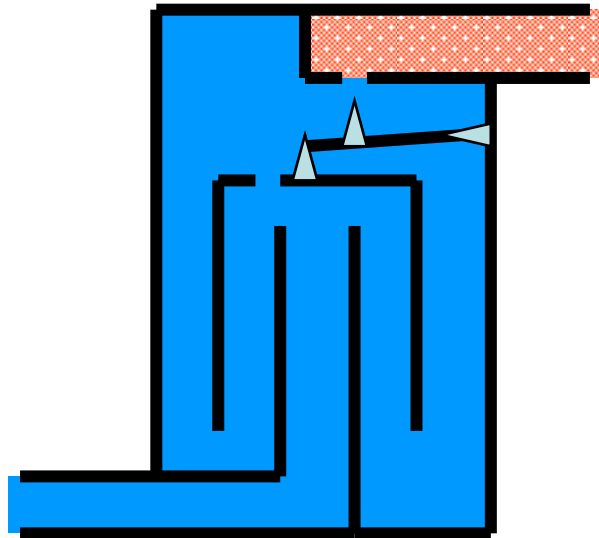
- Se deschid la condensatul subrăcit și/sau saturat
- Va rezulta condensat și abur
- Îndepărtarea semnificativă a aburului și capabilitate eficientă de pornire
- Tipul de operațiune este ajustabil



Oală de plutire & Termostatică (F&T)

Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Oală de Condensare Mecanică



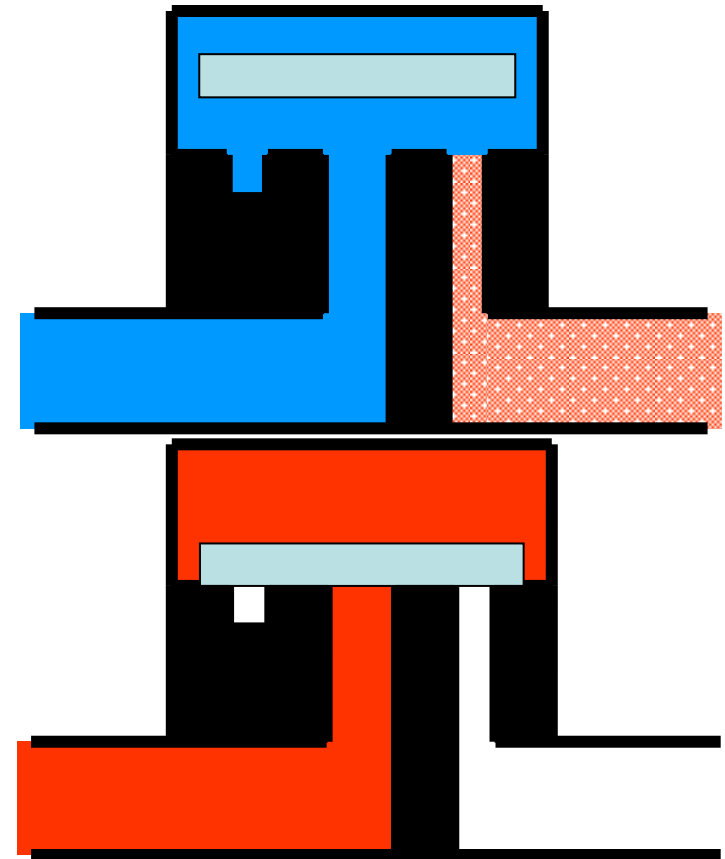
Oală de tip
cupă inversată
(trecere permisă)

- Se deschid la condensatul subrăcit și/sau saturat
- Va elibera condensat și abur
- Îndepărtarea limitată a aerului și capacități de pornire
- Aplicarea în sistemele de abur supraîncălzit trebuie verificată
- Operațiuni intermitente

Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Oală de Condensare Termodinamică

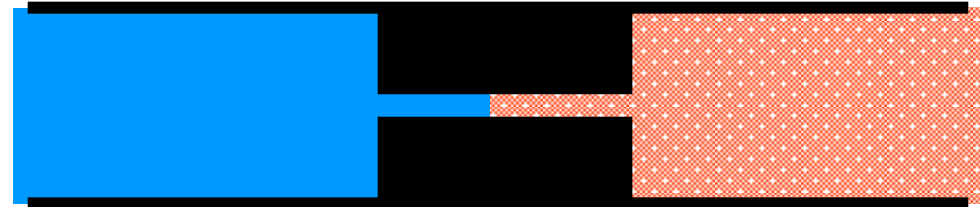
- Lucrează pe diferența dintre energie (viteza) cinetică între condensat și abur pentru a opera o supapă
- Se deschide la condensatul saturat
- Va elibera condensat și abur
- Operațiuni Intermitente
- Poate fi echipată cu un element termostatic pentru îmbunătățirea eliminării aerului



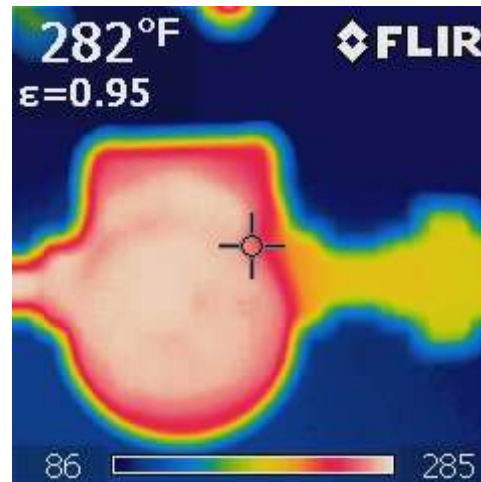
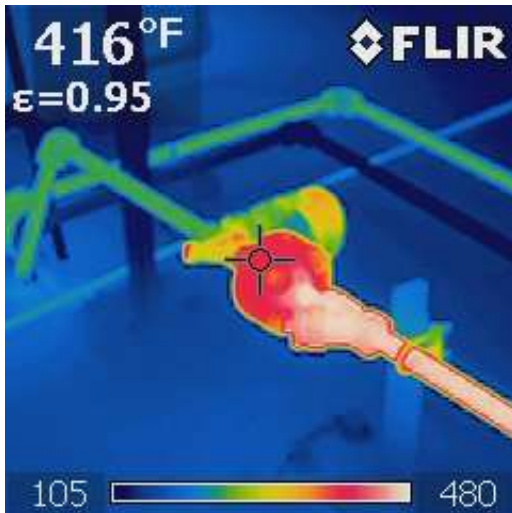
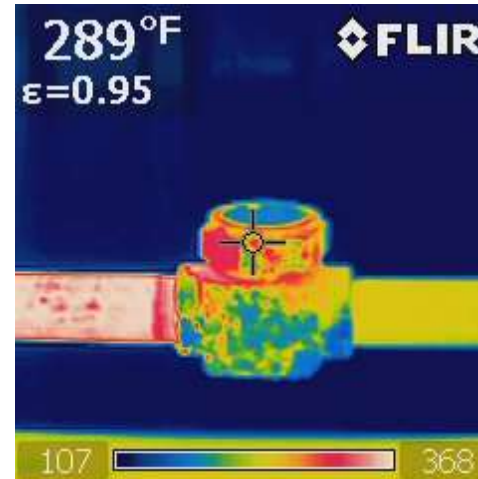
Oală de condensat de tip Disc

Oala de Condensare Orificiu

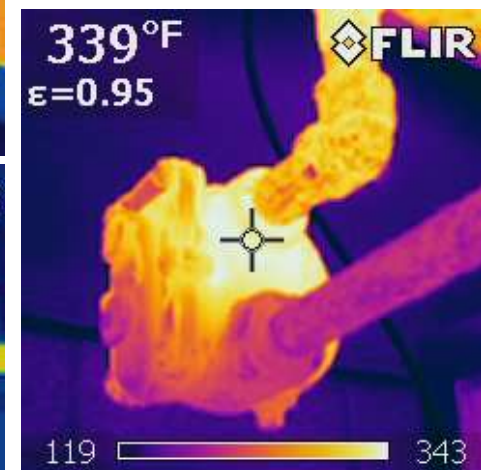
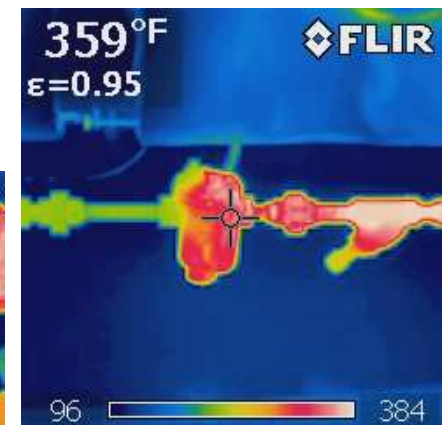
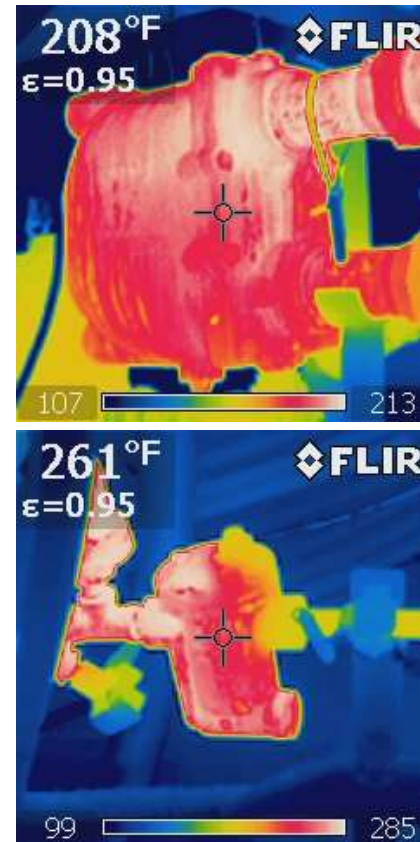
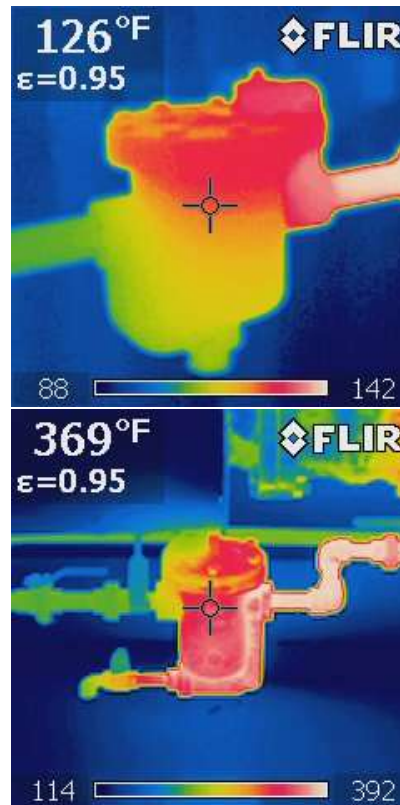
- Fără părți de mișcare
- Operațiuni continue
- Aplicațiile comune sunt sarcini constante
- Capabilitate limitată de îndepărtare a aerului prin orificii
- Este construită pentru o cantitate specifică de îndepărtare a condensatului
- Dacă nu există condensat, atunci o cantitate nesemnificativă de scurgeri de abur



Separatoare de Condensat din Abur în Aplicație



Separatoare de Condensat din Abur în Aplicație



Eșecurile Separatoarelor de Condensat din Abur

- Au existat numeroase studii în industrie și una dintre cele mai acceptate statistic "regula degetul mare" este că 10% din separatoarele, dau eșec în fiecare an
- Acest lucru depinde de mai mulți factori și poate fi foarte specific, de asemenea, și în industrie
- Cele mai des întâlnite eșecuri sunt:
 - Închidere eșuată
 - Deschidere eșuată
 - Scurgere parțial eșuată sau parțial închis
- Eroare de deschidere sau de închidere rezultă în rezultatul impactului asupra sistemului
 - Aceste moduri de defectare sunt cele mai ușor de recunoscut
 - Aceste erori ar trebui să fie o primă prioritate

Investigarea pentru Performanță a Separatoarelor

- Există diverse metode de a investiga performanțele unui separator de condensare din abur:
 - Vizual
 - Acustic
 - Termal
- În majoritatea cazurilor, utilizarea unei metode poate fi neobiectivă, de aceea sunt recomandate următoarele
 - Combinația metodelor
 - Sunt necesare informații suplimentare despre sistem sau despre procese
- Noi metode de monitorizare (timp real) sunt disponibile pentru separatoarele de condensat

Investigarea Vizuală

- Limitată în aplicare
 - Majoritatea sistemelor de condensat sunt închise
 - În mod sigur și practic este necesar limitarea acestei metode
- Funcționarea separatorului și aplicarea acestuia trebuie să fie înțeleasă
 - Intermitent
 - Continuu
- Majoritatea separatoarelor pot returna condensatul printr-un sistem de returnare a condensatului cascăd - Several traps can return condensate via a cascaded condensate return system – rezervorul cu ventilație a condensatului devine punctul inspecției vizuale

Investigarea Acustică

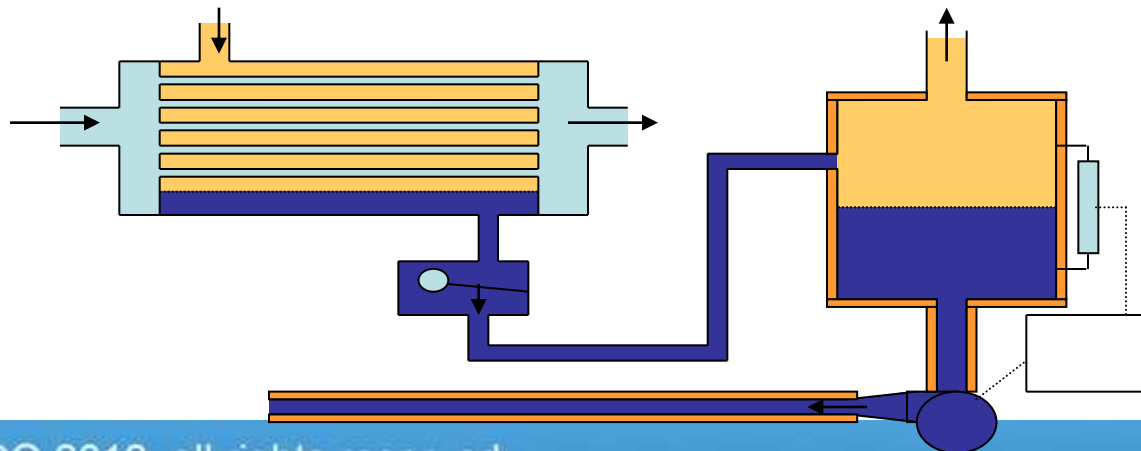
- Sunt disponibile o diversitate de instrumente
 - Șurubeliniță
 - Stetoscop
 - Dispozitive cu ultrasunete
- Aplicarea și Operarea separatoarelor de condensat din abur individuale, trebuie să fie înțelese
- Detectarea cu ultrasunete este de obicei cea mai practică
- Unii producători au instrumente specializate care pot detecta amprenta acustică a fluxului de abur ce trece prin oala de condensare și de a utiliza informațiile respective pentru a detecta eșecurile procesului

Investigarea Termică

- Sunt disponibile o diversitate de instrumente
 - Detector de temperatură
 - Aparat de temperatură cu infra -roșu
 - Aparat termografic infra - roșu
- Aplicarea și Operarea separatoarelor de condensat din abur individuale, trebuie să fie înțelese
- Datele pot fi neconcludente
 - Condensatul și aburul vor avea o temperatură scăzută la ieșire din orificiu - prin urmare, este dificil de afirmat dacă aceasta reprezintă o eroare de deschidere!

Studierea Separatoarelor de Condensat din Abur– Investigarea Recuperării Condensatului

- Este condensatul oare recuperat?
- Este condensatul recuperat de către cazan, cu energia termică maximă?
- Are sistemul de recuperare a condensatului instalate contrapresiuni pe separatoarele de condensat din abur?
- Este oare aburul recuperat aplicabil?
- Realizarea sistemelor de recuperare a condensatului pentru eficiențe maxime



Sursa: US DOE ITP Steam BestPractices Program

Instalarea Separatoarelor de Condensat

- Fiecare separator trebuie să fie instalat în mod corespunzător
- Gazele necondensabile și condițiile de pornire trebuie luate în considerație
- Sistemul de colectare a condensatului trebuie să ia în considerație:
 - Considerații de contrapresiune
 - Considerații de ridicare
 - Considerațiile de flux în două faze

Program Efectiv de Management a Separatoarelor

- Menținerea unei baze de date a separatoarelor
 - Tipul de separator, numărul modelului, mărimea, etc
 - Aplicația
 - Pierderile de energie la eșuarea de deschidere
 - Probleme la eșuarea de închidere
 - When was the last recorded failure, repair
- Prioritize repairs based on loss estimates and criticality of steam system and production operations
- Monitorizarea zilnică a receptoarelor orificiilor de ventilație
- Inspectarea separatoarelor cel puțin o dată pe an
- Instruire în domeniul întreținerii separatorului este esențială

Analiza Economiei Separatoarelor de Condensat

- Prima metodă
 - Utilizarea sistemului SSAT pentru a prezice economiile – Estimări preliminare
 - Numărul de separatoare & menținerea ultimei operațiuni
- A II-a metodă
 - Utilizarea sistemului SSAT pentru prezicerea economiilor
 - Numărul separatoarelor eșuate
- A III-a metodă
 - Utilizarea mărimii orificiului și determinarea scurgerilor fluxului de abur
 - Utilizarea sistemului SSAT – Proiect 1 ca cerere de economii
 - Cea mai exactă metodă – în special pentru sisteme de congenerare

Proiect 16 SSAT – Analiza de Economii

➤ Prima metodă (Opțiunea 1)

- Utilizați sistemul SSAT pentru a prezice economiile – estimare preliminară
- Numărul de Separatoare & ultima întreținere efectuată
- Estimări foarte brute

Project 16 - Steam Trap Losses

Losses calculated from user-defined data

Do you wish to model the impact of a maintenance program?

Option 1 - Yes, model to estimate new loss values

Note: For Option 1, the model estimates a new trap failure rate. The rate reported is for 6 months after the maintenance program is carried out

Option 2 - Trap failures on HP header

5

Failures > Current - Model will use 0

Option 2 - Trap failures on MP header

5

Failures > Current - Model will use 0

Option 2 - Trap failures on LP header

5

Failures > Current - Model will use 0

Note: Calculated values based on current user inputs are:-

HP header - Trap failures: 0, Loss per trap 0.034 t/h - Total trap loss = 0.00 t/h.

MP header - Trap failures: 0, Loss per trap 0.014 t/h - Total trap loss = 0.00 t/h.

LP header - Trap failures: 0, Loss per trap 0.003 t/h - Total trap loss = 0.00 t/h.

Proiect 16 SSAT – Analiza de Economii

- A doua metodă (Opțiunea 2)
 - Utilizați sistemul SSAT pentru a prevede economiile
 - Numărul de separatoare defectate
 - O estimare Brută

Project 16 - Steam Trap Losses

Losses estimated automatically by model - Last maintenance program 3-5 years ago

Do you wish to model the impact of a maintenance program?

Option 2 - Yes, enter new number of failed traps

Note: For Option 1, the model estimates a new trap failure rate. The rate reported is for 6 months after the maintenance program is carried out

➔ **Option 2** - Trap failures on HP header

5

➔ **Option 2** - Trap failures on MP header

5

➔ **Option 2** - Trap failures on LP header

5

Note: Calculated values based on current user inputs are:-

HP header - Trap failures: 5, Loss per trap 0.034 t/h - Total trap loss = 0.17 t/h.

MP header - Trap failures: 5, Loss per trap 0.014 t/h - Total trap loss = 0.07 t/h.

LP header - Trap failures: 5, Loss per trap 0.003 t/h - Total trap loss = 0.02 t/h.

Proiect 1 SSAT – Analiza Economiei Separatoarelor

- A treia metodă – cea mai exactă
- Funcționând cu separatoare de condensat cu deschidere eșuată și pregătind o listă pentru fiecare eșec pentru fiecare nivel de presiune

$$m_{steam} = 0.695 \times A_{orifice} \times P_{steam}$$

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

Current use - HP: 25 t/h (12946 kW) MP: 50 t/h (27751 kW) LP: 100 t/h (57560 kW)

Do you wish to specify steam demand savings?

Yes



→ If yes, enter HP steam saving	0 t/h	←
→ If yes, enter MP steam saving	0 t/h	←
→ If yes, enter LP steam saving	0 t/h	←

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

Note: The savings have been converted to heat duties of 0 kW (HP), 0 kW (MP) and 0 kW (LP) based on current header enthalpies

Note: These heat duties are then used to determine the actual flow change in the Projects Model based on the calculated header enthalpies

Puncte cheie / Itemi de acțiune

1. *Există diferite tipuri de separatoare de condensat din abur, prin urmare, este necesar cunoașterea principiilor de operare și funcționalitatea acestora*
2. *Pentru majoritatea separatoarelor, există 2 moduri de declanșare (eroare) - deschisă / închisă*
3. *Este necesară implementarea unui program eficient de gestionare a separatoarelor de condensat din abur*
4. *Există o serie de instrumente disponibile comerciale de investigare a separatoarelor de condensat din abur*
5. *Efectuarea unui audit a separatoarelor o dată pe an și repararea/reamplasarea separatoarelor defecte*
6. *Producătorii de separatoare de condensat din abur sunt resurse valoroase*



Recuperarea Condensatului

- Condensatul se produce după ce aburul își transferă toată energia sa termică și se transformă în apă
- Cu toate acestea, există cantități semnificative de energie termică în condensat
- Fiecare unitate de condensat returnat implică cu o unitate mai puțin de necesar de apă de adaos
- Condensatul returnat
 - Reduce energia (necesarul de abur) în degazor
 - Reduce apa de adaos
 - Reduce substanțele chimice pentru tratarea apei
 - Reduce apa de stingere
 - Poate reduce purjarea

Recuperarea Condensatului

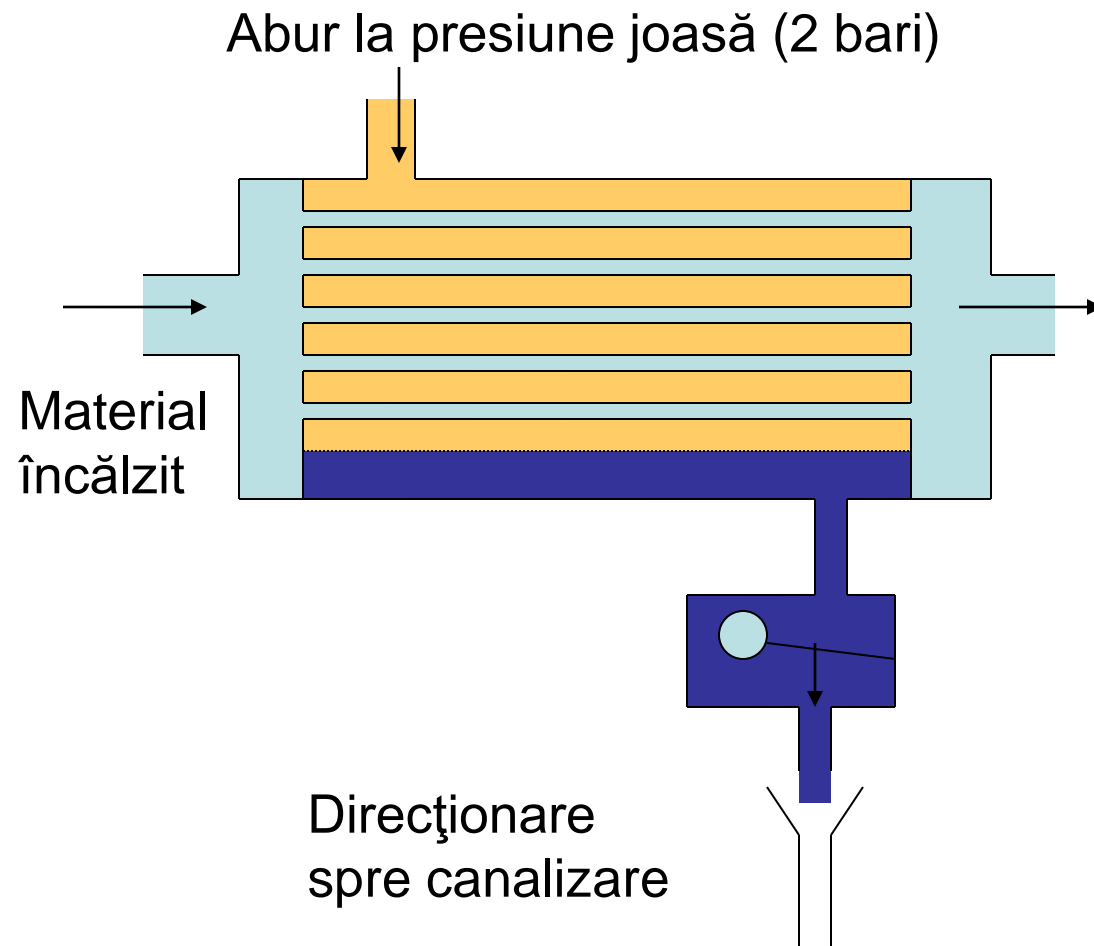
- În general, condensatul reprezintă:
 - Energie
 - Reducerea apei de alimentare
 - Aceasta de obicei implică calitatea apei de alimentare
 - Conduce la o reducere a purjării în cazan
 - Chimică
- Costurile de recuperare a condensatului în general se bazează pe recuperarea în sistemul de conducte
 - Echipament de recuperare
 - Conducte de retur

Recuperarea Condensatului

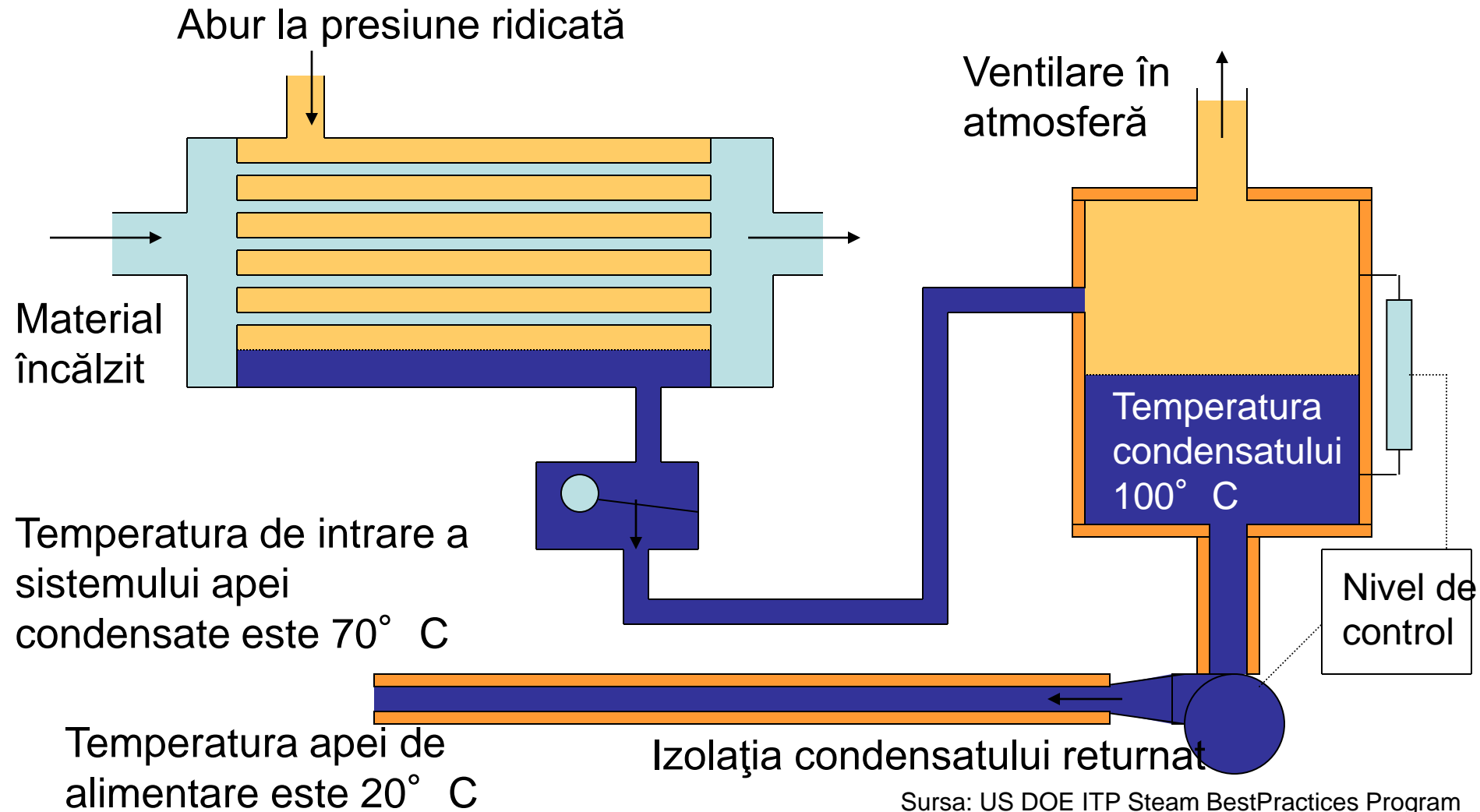
- Receptoarele de condensat care deservesc “suprafețele” pot reduce costurile de proiectare
- Receptoarele și rezervoarele de condensat, servesc pentru a reduce cantitatea de abur de intrare în conductele de retur, pentru reducerea problemelor de restricționare a curgerii
- Contaminarea condensatului este o problemă critică
- Orificiile receptive sunt indicative pentru erorile separatoarelor
- Este necesară investigarea pompelor de tip NPSH

Exemplu de Condensat Returnat

- Temperatura măsurată a condensatului 100°C .
- Debitul de condensat măsurat cu ajutorul unui cronometru (echilibru de masă și energie de asemenea este o metodă comună) trebuie să fie 50 litri/minut



Exemplu de Condensat Returnat



Condensate Return Example

- Entalpia condensatului: 293.1 kJ/kg
 - Entalpia apei de adaos: 83.9 kJ/kg
 - Rata de curgere a condensatului: 50 litri/min
- } Din tabele pentru Abur

$$m_{\text{condensate}} = 50 \times 977.8 \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{60} = 0.81 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{condensate}} = m_{\text{condensate}} \times (h_{\text{condensate}} - h_{\text{makeup}})$$

$$Q_{\text{condensate}} = 0.81 \times (293.1 - 83.9) = 169.5 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{system}} = Q_{\text{condensate}} \times \frac{1}{\eta_{\text{boiler}}} = 169.5 \times \frac{1}{0.80} = 212 \text{ kW}$$

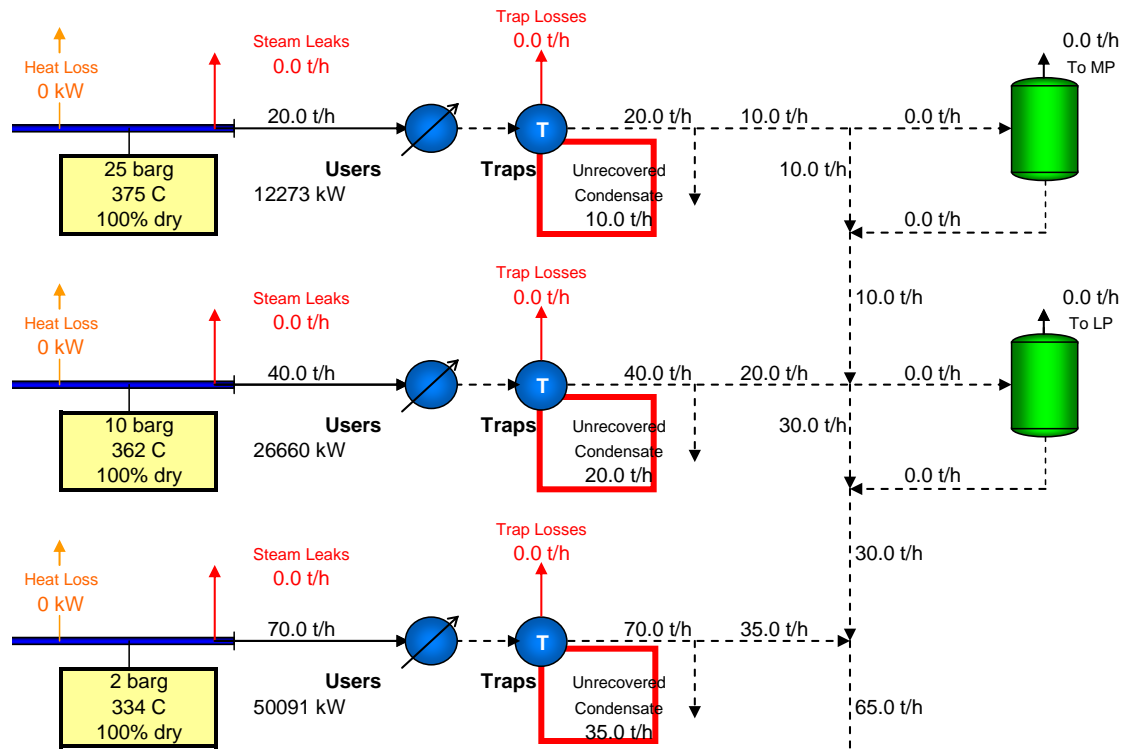
$$\text{Energy Savings} = 212 \times 3,600 \times \frac{1}{40,144} \times 1.0 \times 8,760 \approx \$166,500$$

**Economiile
obținute din
recuperarea
condensatului**

Proiect 13 SSAT– Economiiile Condensatului Returnat

Process Condensate	Input Data	Warnings
Condensate return temperature to tank	70 °C	
HP condensate recovery	50 %	
MP condensate recovery	50 %	
LP condensate recovery	50 %	

Note: Condensate recovery specified as the percentage of steam supplied to the processes at each level



Proiect 13 SSAT– Economiiile Condensatului Returnat

- Rețineți că SSAT necesită intrare de condensat returnat ca un procent de abur furnizat în procesul de la fiecare nivel de colector
 - Calcule manuale vor fi necesare pentru a ajunge la o nouă valoare de condensat returnat
 - Cererea de abur la PJ = 70 Tph
 - Actualul condensat returnat = 50%
 - Actualul condensat returnat = 35 Tph
 - Condensatul adițional = $0.81 \text{ kg/s} = 2.92 \text{ Tph}$
 - Noul condensat returnat = $35 + 2.92 = 37.92 \text{ Tph}$
 - Noul condensat returnat = $37.92 / 70 = 54.17\%$

Proiect 13 SSAT– Economiiile Condensatului Returnat

Project 13 - Condensate Recovery

Currently recover 50% of HP, 50% of MP and 50% of LP at 70°C

Do you wish to specify new condensate recovery rates?

Yes



→ If yes, enter new HP condensate recovery

50 %

→ If yes, enter new MP condensate recovery

50 %

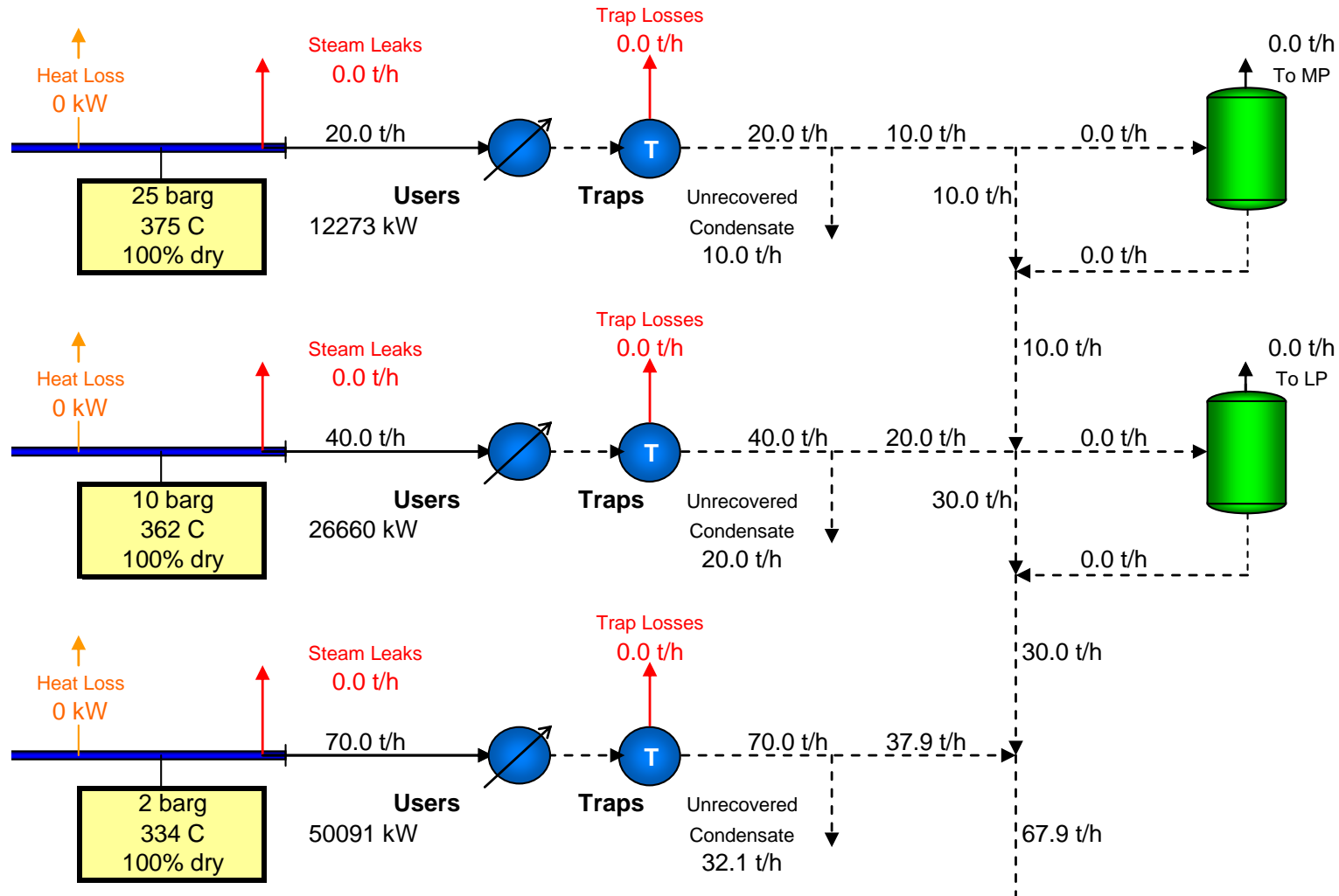
→ If yes, enter new LP condensate recovery

54.17 %

Note: Condensate return temperature will be assumed to be 70°C as for the current operation

- De menționat că sistemele SSAT necesită informații cu privire la recuperarea condensatului de pe toate colectoarele, chiar dacă proiectul este modelat doar pentru unul din colectoare
 - Celelalte colectoare trebuie să aibă aceleași numere ca pagina “Input”- de intrare

Proiect 13 SSAT– Economile Condensatului Returnat



Proiect 13 SSAT– Economiiile Condensatului Returnat

Results Summary

SSAT 3 Header Experts Training Example

Model Status : OK

Cost Summary (\$ '000s/yr)	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Cost	4,380	4,380	0	0.0%
Fuel Cost	110,572	110,406	165	0.1%
Make-Up Water Cost	421	405	17	4.0%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	115,373	115,191	182	0.2%

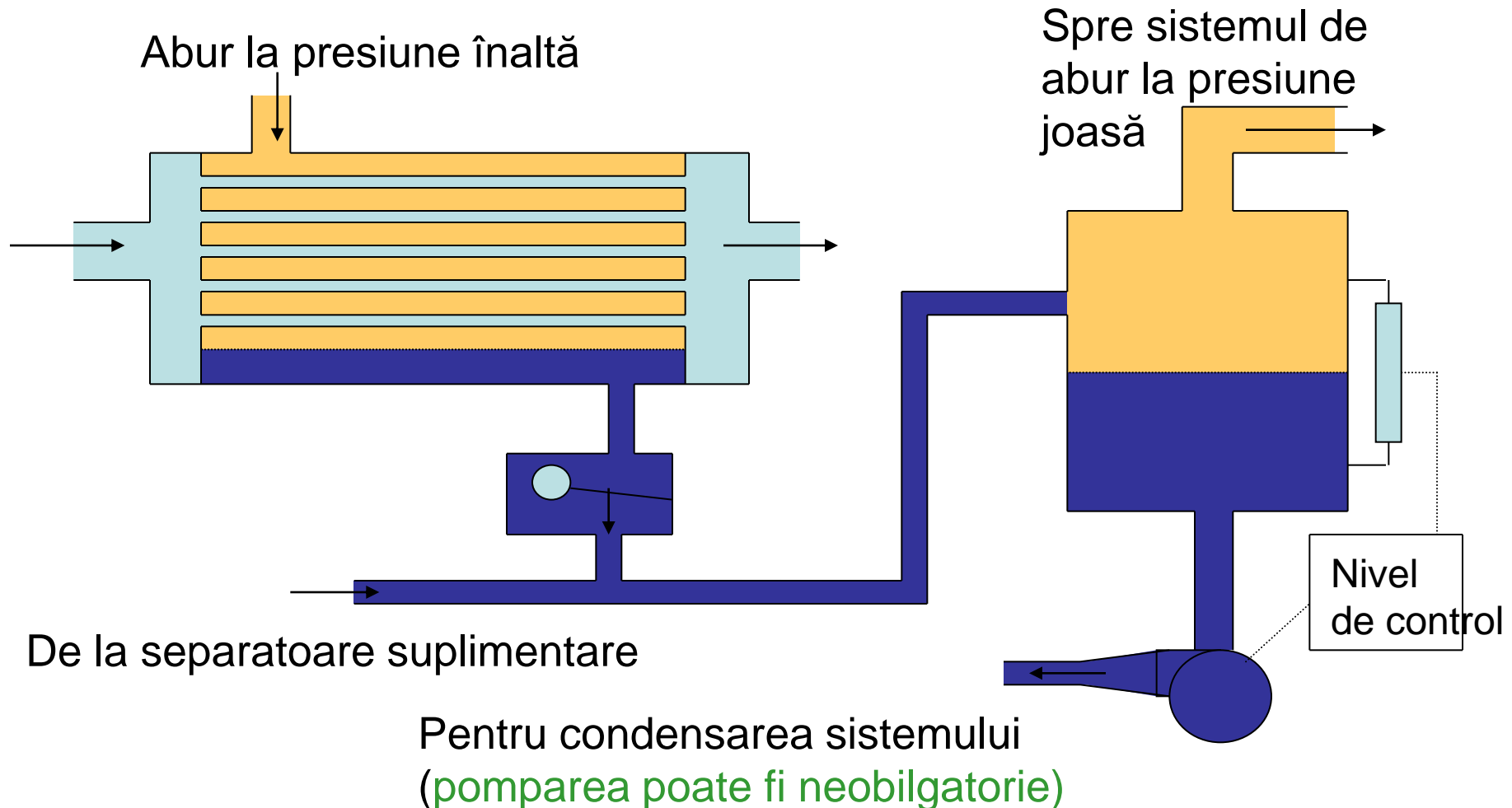
On-Site Emissions	Current Operation	After Projects	Reduction	
CO2 Emissions	221726 t/yr	221394 t/yr	332 t/yr	0.1%
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	0 t/yr	N/A
NOx Emissions	439 t/yr	438 t/yr	1 t/yr	0.1%

Power Station Emissions	Reduction After Projects	Total Reduction	
CO2 Emissions	0 t/yr	332 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	1998 kW	1998 kW	-	-
Power Import	5000 kW	5000 kW	0 kW	0.0%
Total Site Electrical Demand	6998 kW	6998 kW	-	-
Boiler Duty	140754 kW	140544 kW	211 kW	0.1%
Fuel Type	Natural Gas	Natural Gas	-	-
Fuel Consumption	12622.3 Nm3/h	12603.4 Nm3/h	18.9 Nm3/h	0.1%
Boiler Steam Flow	150.1 t/h	149.9 t/h	0.2 t/h	0.1%
Fuel Cost (in \$/MWh)	89.68	89.68	-	-
Power Cost (as \$/MWh)	100.00	100.00	-	-
Make-Up Water Flow	73 m3/h	70 m3/h	3 m3/h	4.0%

Sisteme de Condensare Cascad



Projects 14 & 15 SSAT– Rezervoare de Condensat

Flash

Project 14 - Condensate Flash to MP

Not currently installed

Do you wish to modify the MP condensate flash system?

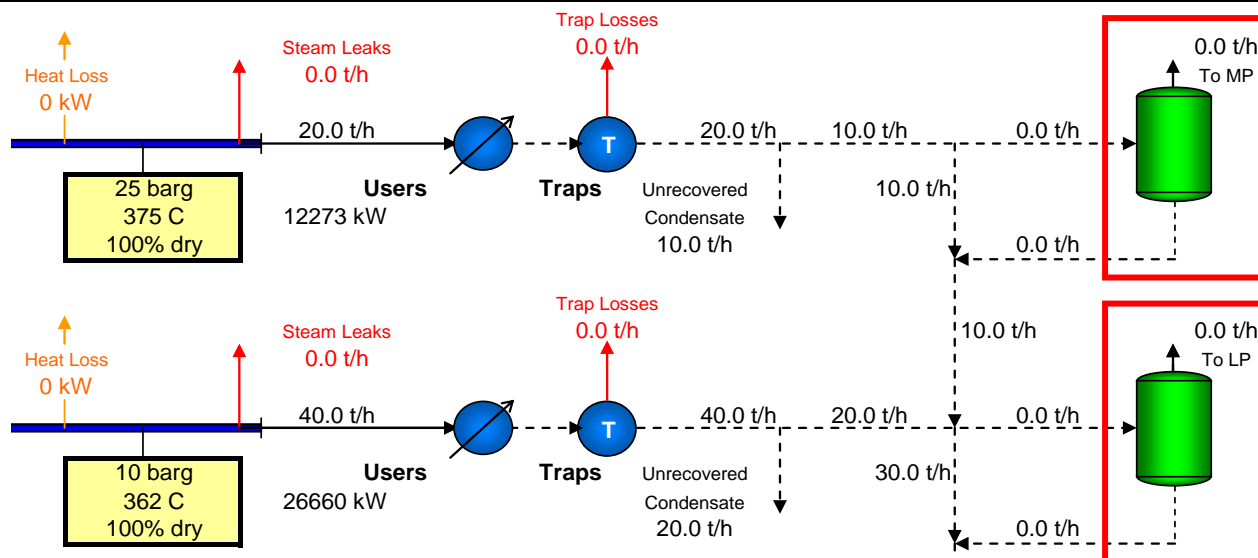
Yes, install condensate flash to MP

Project 15 - Condensate Flash to LP

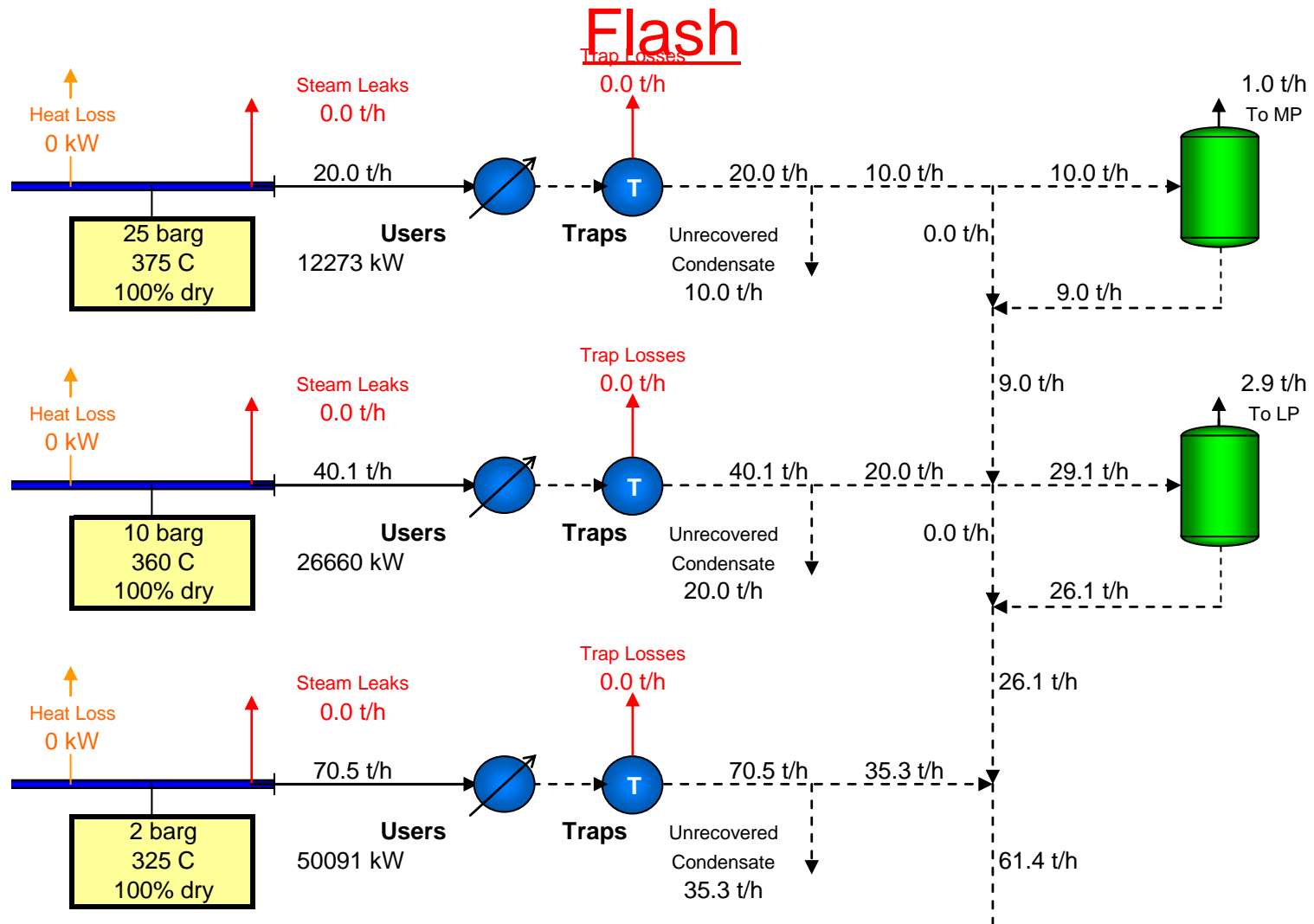
Not currently installed

Do you wish to modify the LP condensate flash system?

Yes, install condensate flash to LP



Projects 14 & 15 SSAT– Rezervoare de Condensat



Project 14 & 15 SSAT– Rezervoare de Condensat

Results Summary

SSAT 3 Header Experts Training Example

Model Status : OK

Cost Summary (\$ '000s/yr)	Current Operation	After Projects	Reduction	
Power Cost	4,380	4,380	0	0.0%
Fuel Cost	110,572	108,041	2,530	2.3%
Make-Up Water Cost	421	422	-1	-0.1%
Total Cost (in \$ '000s/yr)	115,373	112,843	2,530	2.2%

On-Site Emissions	Current Operation	After Projects	Reduction	
CO2 Emissions	221726 t/yr	216651 t/yr	5074 t/yr	2.3%
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	0 t/yr	N/A
NOx Emissions	439 t/yr	429 t/yr	10 t/yr	2.3%

Power Station Emissions	Reduction After Projects	Total Reduction	
CO2 Emissions	0 t/yr	5074 t/yr	-
SOx Emissions	0 t/yr	0 t/yr	-
NOx Emissions	0 t/yr	10 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	1998 kW	1998 kW	-	-
Power Import	5000 kW	5000 kW	0 kW	0.0%
Total Site Electrical Demand	6998 kW	6998 kW	-	-
Boiler Duty	140754 kW	137533 kW	3221 kW	2.3%
Fuel Type	Natural Gas	Natural Gas	-	-
Fuel Consumption	12622.3 Nm3/h	12333.5 Nm3/h	288.8 Nm3/h	2.3%
Boiler Steam Flow	150.1 t/h	146.7 t/h	3.4 t/h	2.3%
Fuel Cost (in \$/MWh)	89.68	89.68	-	-
Power Cost (as \$/MWh)	100.00	100.00	-	-
Make-Up Water Flow	73 m3/h	73 m3/h	0 m3/h	-0.1%

Proiect 11 SSAT– Rezervor de Condensat

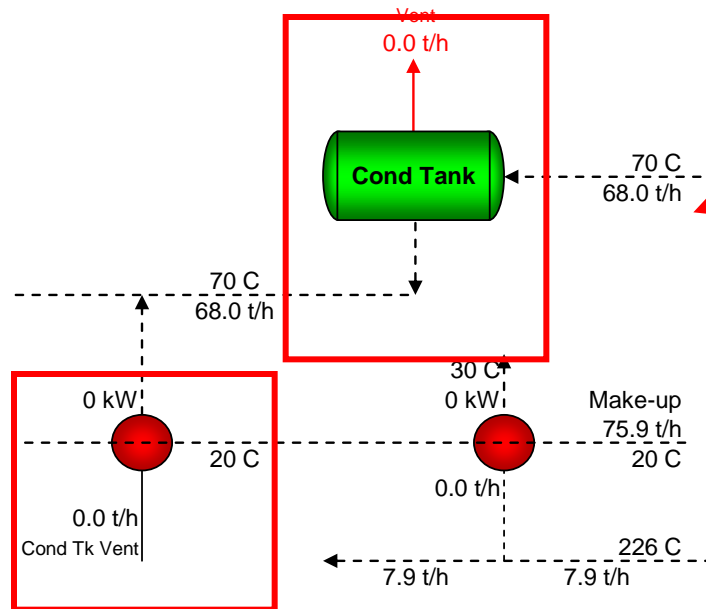
Project 11 - Feedwater Heat Recovery Exchanger using Condensate Tank Vent

Not currently installed

Modify the condensate tank vent heat recovery system?

No

Note: An approach temperature of 10°C will be assumed for a new exchanger



Temperatura condensatului returnat poate fi $> 100^{\circ}\text{C}$

- De menționat că acest Proiect este posibil, doar cu utilizarea condensatului returnat la temperaturi $> 100^{\circ}\text{C}$

Puncte cheie / Itemi de acționare

1. *Recuperarea condensatului*

- *Reducerea energiei*
- *Reducerea apei de adaos*
- *Reducerea substanțelor chimice pentru tratarea apei*
- *Reducerea apei de stingere*
- *Posibilitatea de reducere a purjării*

2. *Procesul de recuperare a condensatului, deseori este neglijat, însă acesta prevede economii semnificative de energie*

3. *Cuantificați cantitatea de condensat recuperată într-o centrală cu utilizarea unei balanțe de echilibru pentru tot sistemul de abur*

4. *Dentificarea zonelor potențiale de recuperare a energiei*



Exemple Practice - Recuperare

- Implementarea unui program de management și menținere a separatoarelor de condensat din abur efective
- Recuperarea cât mai mult posibil din condensabilul disponibil
- Recuperarea condensatului cu o energie termică maxim posibilă
- Trecerea de la condensat cu presiune ridicată la abur cu presiune joasă