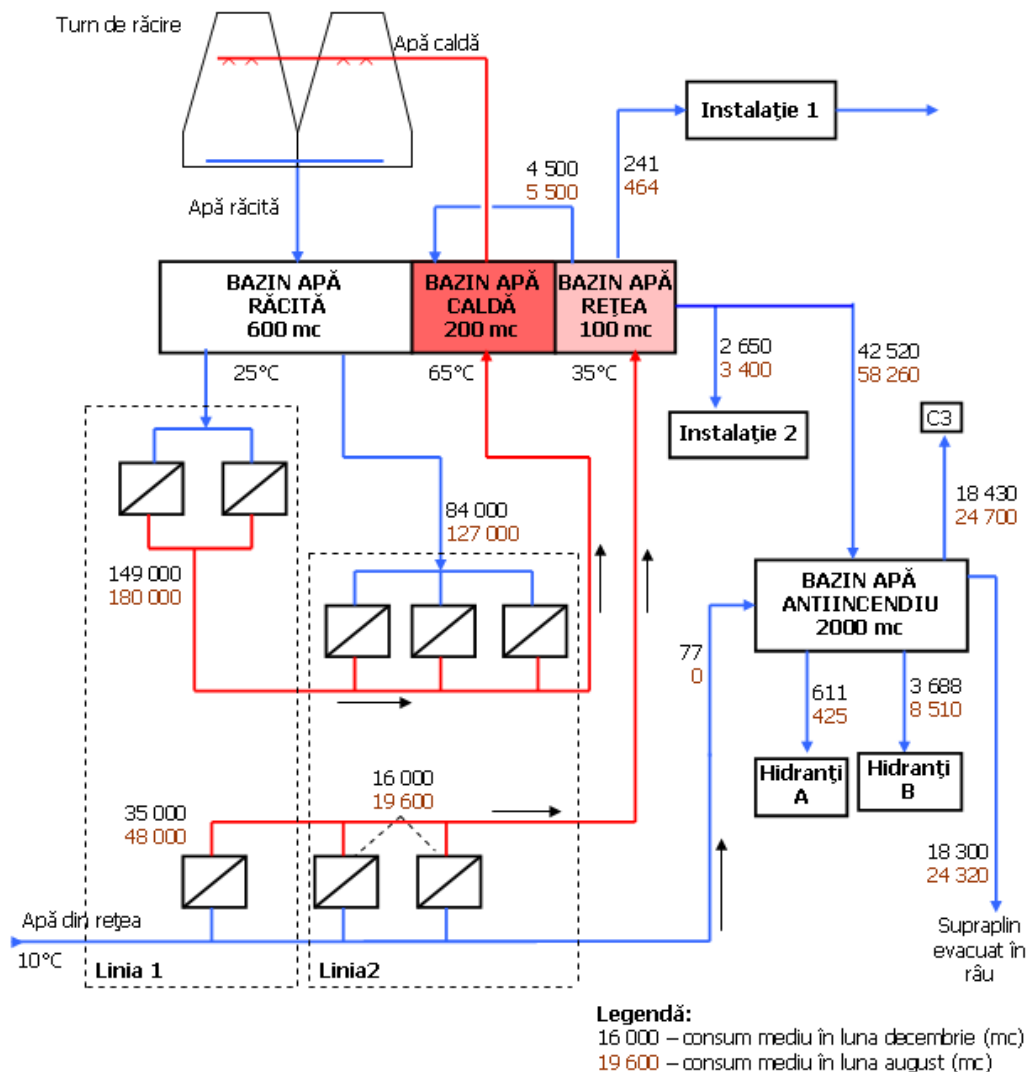


Studiu preliminar privind consumul de apă

Considerații generale

Scopul studiului preliminar este identificarea problemelor care determină consumuri ridicate de apă de rețea.

Schema instalației de apă, studiate, este prezentată în figura alăturată.



Schema instalației de apă

Instalația de apă a secției analizate are două roluri:

- Preluarea căldurii degajate de echipamente componente a două linii de producție
- Asigurarea alimentării cu apă a diversilor consumatori

Consumatorii de apă deserviți sunt:

- Bazin și instalații antiincendiu *cu evacuare preaplin în râul din vecinătate*
- Instalație 1
- Instalație 2
- Consumator C3

Liniile de producție în care apa asigură răcirea echipamentelor sunt:

- Linia 1
- Linia 2

Echipamentele liniilor de producție răcite cu apă prezintă două regimuri de răcire, specifice ambelor linii de producție.

Regimurile termice ale apei de răcire sunt:

- (10...35)°C pentru echipamentele reprezentate în zona inferioară a conturilor
- (25...65)°C pentru echipamentele reprezentate în zona superioară a conturilor

Sistemul de gestiune a apei, conține trei bazine de apă, după cum urmează:

- Bazin apă rețea (100 m³; 35°C)
- Bazin apă caldă (200 m³; 65°C)
- Bazin apă răcită (600 m³; 25°C)

Bazinul pentru apa de rețea alimentează:

- Instalație 1
- Instalație 2
- Bazin apă antiincendiu (2000 m³)

Analiza consumurilor de apă

Consumul de apă al consumatorilor

Căldura preluată de la echipamentele celor două linii de producție (1 și 2), este evacuată în atmosferă prin intermediul a 4 turnuri de răcire.

În tabelul alăturat sunt prezentate *consumurile lunare de apă ale consumatorilor* în regim de vară și iarnă (*considerând o funcționare continuă 24/7*).

Consumurile lunare de apă ale consumatorilor

Consumator	Instalație 1	Instalație 2	C3	Hidranți	Preaplin evacuat	Total
Consum vară [m ³ /lună]	241	2650	18430	4299	18300	43920
Consum iarnă [m ³ /lună]	264	3400	24700	8935	24320	61619
Consum mediu [m ³ /lună]	253	3025	21565	6617	21310	52770
Debit mediu [m ³ /h]	0.35	4.20	29.95	9.19	29.60	73.29
Debit mediu [m ³ /s]	9.74E-05	1.17E-03	8.32E-03	2.55E-03	8.22E-03	2.04E-02
Procent consum	0.5%	5.7%	40.9%	12.5%	40.4%	100.0%

Principalii consumatori de apă au fost evidențiați prin culori.

Consumul hidranților reprezintă cca. 12.5% din consumul total de apă al consumatorilor de apă.

Consumul de apă al liniilor de producție

În tabelul alăturat sunt prezentate *consumurile lunare de apă ale instalațiilor de răcire* (în regim de temperatură scăzută) ale celor două linii de producție (*considerând o funcționare continuă 24/7*).

Consumurile lunare de apă ale liniilor de producție

Consumator	Linia 1	Linia2	Total
Consum vară [m ³ /lună]	35000	16000	51000
Consum iarnă [m ³ /lună]	48000	19600	67600
Consum mediu [m ³ /lună]	41500	17800	59300
Debit mediu [m ³ /h]	57.64	24.72	82.36
Debit mediu [m ³ /s]	0.016	0.007	0.023
Procent consum	69.98%	30.02%	100.00%
Putere termică* [kW]	1673	718	2391

*Puterile termice sunt calculate corespunzător debitelor masice și variației cunoscute de temperatură

Se observă că din punct de vedere al consumurilor de apă, liniile de producție sunt comparabile cu restul consumatorilor de apă (59300 m³/lună față de 52770 m³/lună).

Bilanțul masic al consumului de apă

Conform informațiilor furnizate de beneficiar, aproape toată apa utilizată pentru răcirea în regim de temperatură scăzută, în cele două linii de producție (consum mediu lunar de 59300 m³/lună), este ulterior utilizată de consumatorii de apă (consum mediu lunar de 52770 m³/lună). Diferența dintre cele două consumuri este de 6530 m³/lună, reprezentând 11% din consumul de apă al liniilor de producție. Această observație reprezintă bilanțul masic al consumului de apă.

Această observație, care reprezintă sinteza bilanțului masic al consumului de apă, sugerează că diferența dintre cele două consumuri de apă (de cca. 11%), este consumată în turnurile de răcire. Valoarea acestui consum trebuie corelată cu consumul de apă al turnurilor de răcire.

În figura alăturată este prezentată diagrama Sankey a bilanțului masic al apei.

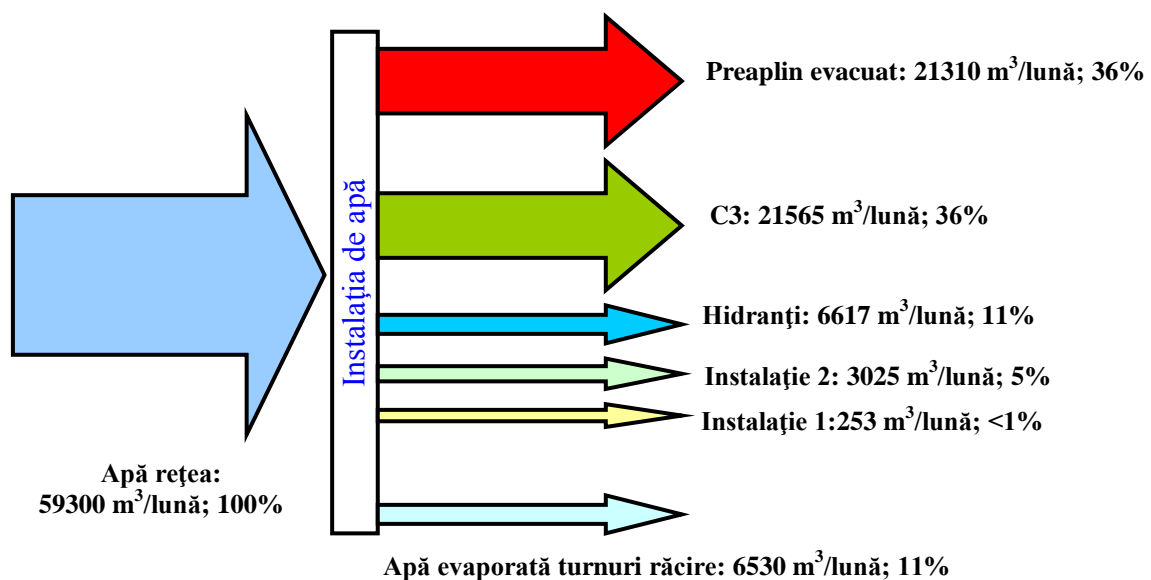


Diagrama Sankey a bilanțului masic al apei

Ponderile consumurilor de apă prezentate în diagrama bilanțului masic, au fost calculate, raportat la consumul mediu lunar de apă de rețea.

Circuitul de apă de răcire

În tabelul alăturat sunt prezentate debitele de apă de răcire, utilizate în circuit închis, pentru răcirea echipamentelor în regim de temperatură ridicată, ale celor două linii de producție (*considerând o funcționare continuă 24/7*).

Consumator	Linia 1	Linia 2	Total
Consum vară [m ³ /lună]	149000	84000	233000
Consum iarnă [m ³ /lună]	180000	127000	307000
Consum mediu [m ³ /lună]	164500	105500	270000
Debit mediu [m ³ /h]	228.47	146.53	375.00
Debit mediu [m ³ /s]	0.063	0.041	0.104
Procent consum	60.93%	39.07%	100.00%
Putere termică [kW]	10611	6805	17417

*Puterile termice sunt calculate corespunzător debitelor masice și variației cunoscute de temperatură

În tabelul alăturat sunt prezentate puterile termice preluate de apa de răcire.

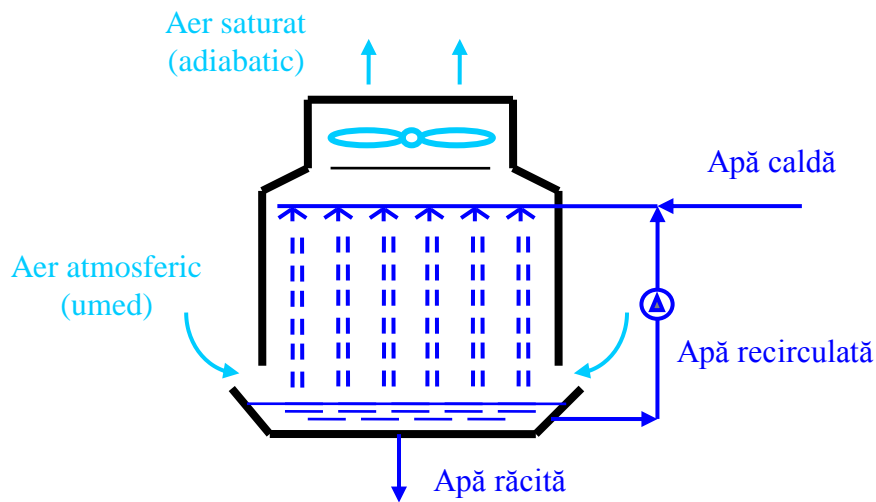
Regim termic	Linia 1	Linia 2	Total	Pondere
Putere termică preluată în regim de temperatură scăzută [kW]	1673	718	2391	12.1%
Putere termică preluată în regim de temperatură ridicată [kW]	10611	6805	17417	87.9%
Putere termică totală [kW]	12284	7523	19808	100%

*Puterile termice sunt calculate corespunzător debitelor masice și variației cunoscute de temperatură

Puterea termică preluată de apa de răcire din cele două linii de producție, este în principiu evacuată în turnurile de răcire.

Turnurile de răcire

Schema turnului de răcire cu circulație forțată a aerului, este prezentată în figura alăturată.



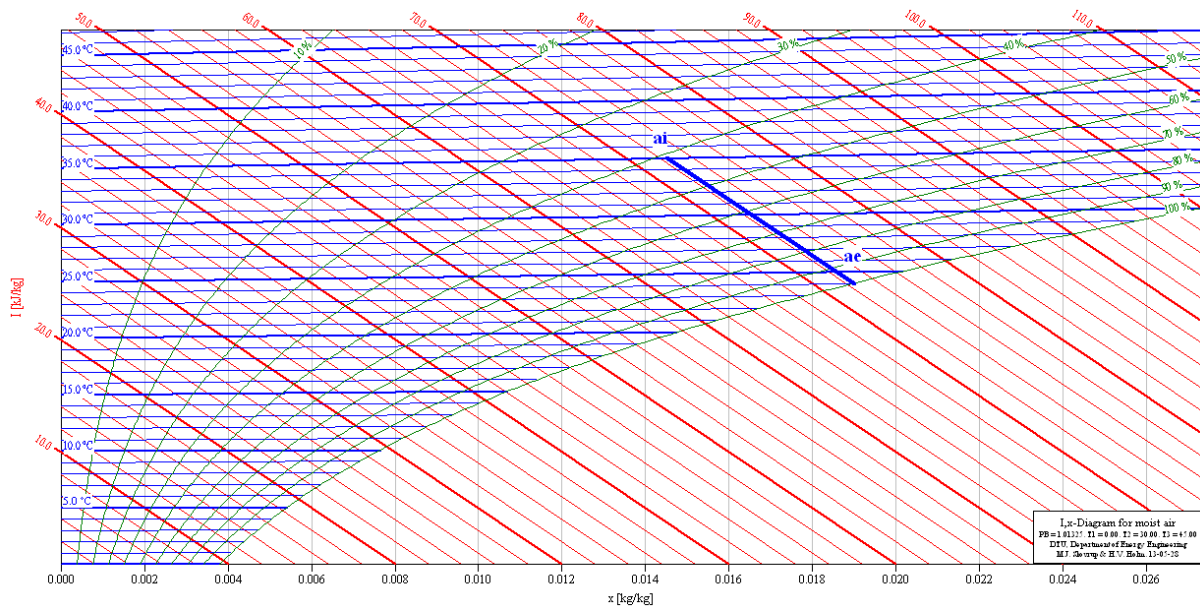
Schema turnului de răcire cu circulație forțată a aerului

Turnul de răcire realizează răcirea apei prin evaporarea parțială a acesteia (o parte din debitul de apă se evaporă și răcește restul debitului de la care preia căldura latentă de schimbare a stării de agregare).

Aerul preia umiditatea (vaporii de apă) rezultată prin evaporarea parțială a apei și ajunge la saturație adiabatică. Entalpia aerului rămâne constantă, deoarece pe de-o parte aerul se răcește în contact cu apa având o temperatură mai scăzută, iar pe de altă parte se umidifică, deci preia vaporii de apă, care au conținut energetic ridicat, deoarece înglobează căldura latentă de evaporare a apei. Acesta este un exemplu tipic de menținere a conținutului energetic al aerului (entalpiei), cu toate că temperatura acestuia scade.

Practic, atât apa, cât și aerul, la ieșirea din turnul de răcire, se găsesc la temperatura termometrului umed, sau temperatura de saturație adiabatică.

In figura alăturată este reprezentat procesul de umidificare adiabată a aerului, în turnul de răcire.



Reprezentarea procesului de umidificare adiabată a aerului, în turnul de răcire

În instalație, există 4 (patru) turnuri de răcire.

Caracteristici tehnice

Caracteristicile tehnice ale turnurilor de răcire, conform fișei tehnice puse la dispoziție de beneficiar, sunt prezentate în tabelul alăturat.

Parametru	Valoare	U.M.
Putere termică evacuată	3495	kW
Temperatura termometrului umed	24	°C
Temperatura apei la intrare	40	°C
Temperatura apei la ieșire	30	°C
Debitul de apă răcită	83.34	l/s
	0.083	m ³ /s
	300	m ³ /h
Presiunea necesară la intrarea apei	28	kPa
Consum de apă prin evaporare	1.4	l/s
	5040	l/h
	5.04	m ³ /h
	3628.8	m ³ /lună
Consum de apă prin stropire	0.09	l/s
	324	l/h
	0.32	m ³ /h
	216	m ³ /lună
Consum total apă	3844.8	m ³ /lună
Caracteristici electrice	380 - 3 - 50	V - ph - Hz
Număr de ventilatoare și motoare	2	-
Debitul total de aer	54.6	m ³ /s
	196560	m ³ /h
Putere electrică absorbită / instalată	13.3 x 2 / 15 x 2	kW
Greutate gol	4550	kg
Greutate în funcțiune	7200	kg
Lungime x lățime x înălțime	4664 x 3523 x 4470	mm

Conform informațiilor furnizate de beneficiar, instalația de apă este echipată cu 4 (patru) turnuri de răcire:

- Putere termică totală: $4 \times 3495 = 13980$ kW
- Consum total apă: $4 \times 3845 = 15380$ m³/lună

Comparația dintre consumul nominal de apă al turnurilor de răcire și consumul de apă rezultat din bilanțul masic, este prezentată în tabelul alăturat.

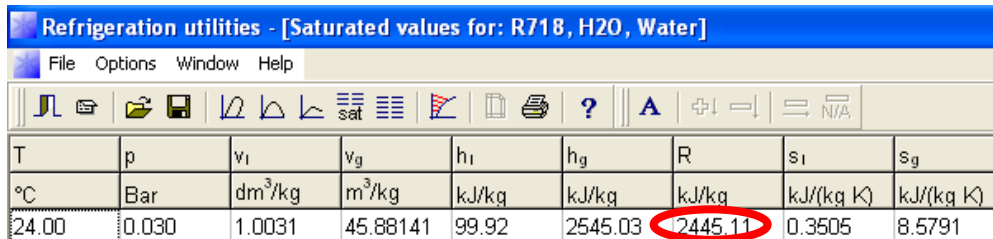
Consum	Valoare	U.M.	Pondere
Consum nominal (maxim) turnuri răcire	15380	m ³ /lună	100%
Consum rezultat din bilanțul masic	6530	m ³ /lună	42.5%

Consumul total de apă rezultat din bilanțul masic este de 6530 m³/lună și reprezintă cca. 42.5% din consumul nominal (maxim) de apă al turnurilor de răcire, ceea ce este rezonabil deoarece iarna consumul de apă de răcire este mult mai redus decât consumul nominal.

Verificarea caracteristicilor tehnice

Puterea termică preluată de apă prin evaporare

Căldura latentă de evaporare a apei la temperatura termometrului umed din fișa tehnică este:
 $r = 2445.11 \text{ kJ/kg}$.



T	p	v _l	v _g	h _l	h _g	R	s _l	s _g
°C	Bar	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
24.00	0.030	1.0031	45.88141	99.92	2545.03	2445.11	0.3505	8.5791

Consumul de apă prin evaporare (conform fișei tehnice) este: $\dot{m}_w = 1.4 \text{ kg/s}$

Puterea termică cedată de apă, prin evaporare:

$$\dot{Q} = \dot{m}_w \cdot r = 1.4 \cdot 2445.11 = 3423.15 \text{ kW} \approx 3495 \text{ kW} \checkmark$$

Puterea termică cedată de apa care se răcește

Debitul de apă răcită (conform fișei tehnice): $\dot{m}_{wr} = 83.34 \text{ kg/s}$

Temperatura apei la intrarea / ieșirea în / din turnul de răcire: $t_{wi} = 40^\circ\text{C}$; $t_{we} = 30^\circ\text{C}$

Căldura specifică a apei: $c = 4.18 \text{ kJ/kgK}$

Puterea termică cedată de apă:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{wr} \cdot c \cdot (t_{wi} - t_{we}) = 83.34 \cdot 4.18 \cdot (40 - 30) = 3450 \text{ kW} \approx 3495 \text{ kW} \checkmark$$

Debitul de umiditate preluată de aer

În turnul de răcire, aerul preia căldură (la entalpie constantă), prin umidificare adiabatică.

Parametrii termodinamici ai aerului umed, au fost determinați cu ajutorul programului CoolPack și sunt prezentați în tabelul alăturat:

Parametrii termodinamici ai aerului umed

Parametru	Notăție	Valoare	U.M.	Obs.
Temperatura aerului la intrare	t_{ai}	35	°C	Adoptat. Neprecizată în fișa tehnică
Temperatura aerului la ieșire	t_{ae}	24	°C	t_u (temperatura termometrului umed)
Umiditatea relativă a aerului la intrare	ϕ_i	40.3	%	
Umiditatea relativă a aerului la ieșire	ϕ_e	100	%	
Umiditatea absolută a aerului la intrare	x_i	0.014	kg/kg	
Umiditatea absolută a aerului la ieșire	x_e	0.019	kg/kg	
Entalpia	h	72.22	kJ/kg	
Densitatea aerului la intrare	ρ_i	1.12	kg/m ³	

Debitul volumic de aer (conform fișei tehnice): $\dot{V}_a = 54.6 \text{ m}^3/\text{s}$

Debitul masic de aer:

$$\dot{m}_a = \rho_i \cdot \dot{V}_a = 1.12 \cdot 54.6 = 61.15 \text{ kg/s}$$

Debitul de umiditate preluată de aer:

$$\dot{m}_{wa} = \dot{m}_a \cdot (x_e - x_i) = 61.15 \cdot (0.019 - 0.014) = 0.305 \text{ kg/s}$$

Debitul volumic de umiditate preluată de aer: $0.305 \text{ m}^3/\text{s} \neq 1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ **X**

Observație!

Debitul de aer asigurat de ventilatoare nu poate prelua umiditatea degajată prin evaporare, în urma răcirii apei, ceea ce duce la diminuarea capacității de răcire a turnului de răcire.

Debitul masic necesar de aer:

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_{wa}}{x_e - x_i} = \frac{1.4}{0.019 - 0.014} = 280 \text{ kg/s}$$

Debitul volumic necesar de aer de răcire;

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{m}_a}{\rho_i} = \frac{280}{1.12} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$$

Verificarea capacității de răcire a turnurilor de răcire

Puterea termică medie pe care o preia apa de răcire la joasă temperatură și la înaltă temperatură este:

$$\dot{Q} = 19808 \text{ kW}$$

Puterea termică pe care o pot asigura turnurile de răcire este:

$$\dot{Q}_{tr} = 4 \cdot 3495 = 13980 \text{ kW}$$

Observație!

Puterea termică a turnurilor de răcire este mai mică decât puterea termică medie care trebuie preluată de apa de răcire din cele două linii de producție.

Diferența reprezintă aproape 30% din puterea termică medie preluată de apa de răcire din cele două linii de producție.

Soluții de reducere a consumului de apă de răcire

Problema reducerii consumului de apă de răcire, este importantă deoarece această apă este preluată din rețea.

Se propune reducerea pierderii din preaplinul bazinului de apă antiincendiu, care este evacuată în râul din vecinătate și care reprezintă cca. 40% din consumul de apă. Reducerea pierderii se poate realiza prin mai multe soluții tehnice, care pot fi investigate în detaliu.

Se propune analiza posibilității de utilizare pentru răcire a apei din râu.

Se propune analiza posibilității de realizare a unui foraj pentru completarea apei de răcire.

Se propune analiza consumului de apă din sistemele de hidranți care reprezintă cca. 12% din consumul de apă.

Se propune analiza consumurilor de apă pe o perioadă mai lungă de timp.

Se propune analiza neconcordanțelor din fișa tehnică a turnurilor de răcire.

Se propune analiza neconcordanței dintre puterea termică evacuată de apa de răcire și puterea termică a turnurilor de răcire. Această diferență reprezintă cca. 30% din puterea termică evacuată de apa de răcire.