



DEPOLUAREA EFLUENTILOR DIN INDUSTRIA ALIMENTARA SI BIOTEHNOLOGII

Prof.dr.ing. Lucian Gavrilă
2010 - 2011



APA IN INDUSTRIE

- caracteristicile apei,
- surse și resurse de apă,
- obținerea apei potabile și industriale,
- cerințe pentru apa utilizată în industrie



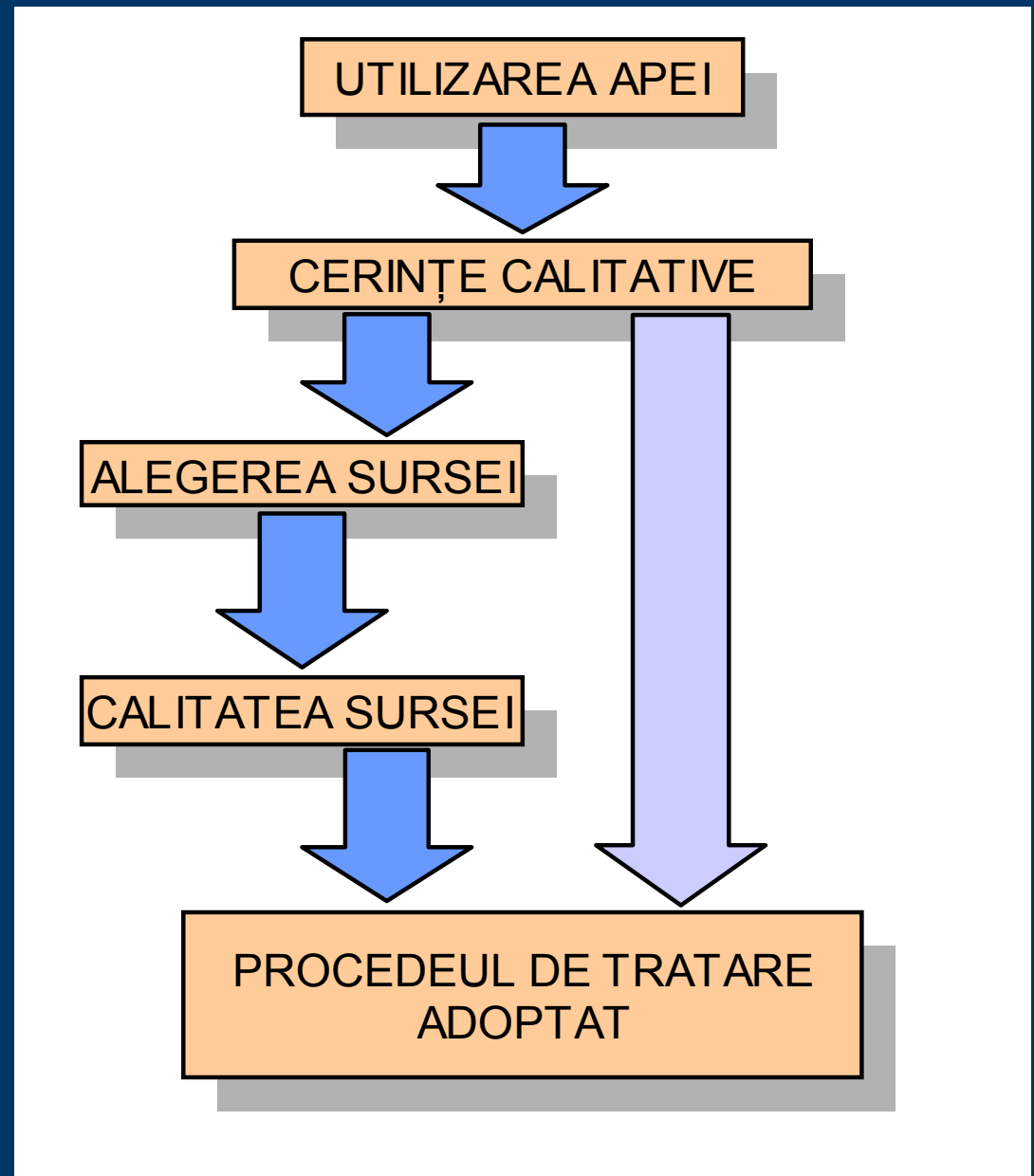
CALITATEA APEI PENTRU CONSUM

CALITATEA APEI PENTRU CONSUM

- o În puține cazuri, apa disponibilă din surse naturale poate fi utilizată ca atare, fără nici un fel de tratare prealabilă.
- o De cele mai multe ori este necesară **tratarea apei** pentru ca aceasta să îndeplinească cerințele calitative cerute de către utilizatori.

CALITATEA APEI PENTRU CONSUM

- o Diverse tipuri de utilizatori (casnici, municipali, industriali, agricoli) necesită ape cu diverse caracteristici calitative.
- o Calitatea apei necesară fiecărui tip de utilizator reprezintă factorul decisiv în realizarea alimentărilor cu apă.



CALITATEA APEI PENTRU CONSUM

- o În funcție de domeniul de utilizare, apa de consum poate fi inclusă în una din următoarele categorii calitative:
 - apă destinată consumului uman (apă potabilă);
 - apă pentru piscine și bazine de înot;
 - apă industrială de diverse categorii;
 - apă pentru amenajări piscicole;
 - apă pentru irigații;
 - apă pentru complexe zootehnice.

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o Toată apa distribuită consumatorilor municipali printr-un sistem de distribuție **trebuie să fie tratată și să corespundă caracteristicilor de potabilitate**, chiar dacă numai o mică parte din aceasta este consumată direct (băut, prepararea hranei) de către oameni.
- o Furnizarea apei prin 2 sisteme paralele:
 - pentru distribuția apei pentru consum direct,
 - pentru distribuția apei destinată altor utilizări.ar fi riscantă pentru sănătatea publică și prohibitivă din punct de vedere economic.

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o **Apa potabilă** nu trebuie să conțină substanțe sau organisme care să aducă prejudicii sănătății.
- o În plus, aceasta trebuie să fie atractivă pentru consum, adică:
 - să aibă o temperatură scăzută,
 - să fie limpede și incoloră,
 - să nu aibă un gust sau miros neplăcut.

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o Reglementări privind calitatea apei potabile
- o Prima legiferare - SUA (1914)
- o OMS (WHO) - set de norme orientative privind calitatea apei potabile (1986)
- o Uniunea Europeană - Directiva 80/779/EEC: calitatea apei destinată consumului uman
- o România - primul standard privind potabilitatea apei: 1952

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o Directiva UE stabilește 62 de indicatori grupați în cinci categorii:
 - indicatori organoleptici,
 - indicatori fizico-chimici,
 - indicatori privind substanțele indezirabile,
 - indicatori privind substanțele toxice,
 - indicatori microbiologici.
- o Directiva definește pentru fiecare indicator:
 - concentrația admisibilă (CA)
 - concentrația maximum admisibilă (CMA) - pentru unii indicatori

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o Directiva UE mai stabilește:
 - metodele de analiză utilizate,
 - frecvența și natura analizelor care trebuie efectuate, funcție de numărul de locuitori deserviți de sistemul de distribuție.

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o La ora actuala in Romania: **STAS 1342-91**
- „**Apă potabilă. Condiții tehnice de calitate**”.
- o STAS 1342-91 reglementează peste 70 de indicatori, grupați în șase categorii:
 - indicatori organoleptici,
 - indicatori fizici,
 - indicatori chimici (generalii și toxici),
 - indicatori radioactivi,
 - indicatori bacteriologici,
 - indicatori biologici.

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o Standardul mai reglementează:
 - valoarea concentrației admise (CA)
 - valoarea concentrației admise excepțional (CAE)
 - metoda de analiză folosită.

Cerințe calitative pentru apa potabilă



- o Normele care reglementează calitatea apei potabile cunosc o evoluție permanentă datorată mai multor factori:
 - creșterea gradului de dotare tehnică a instalațiilor de tratare a apei;
 - evoluția cunoștințelor privind toxicitatea, mutagenicitatea sau efectul cancerigen al unor compuși chimici;
 - creșterea gradului de informare al consumatorilor;
 - influența societății civile asupra organismelor legislative.

Indicatori organoleptici



Tabelul 16. Aprecierea mirosului și a gustului apei

Mirosul sau gustul	Caracterizarea	Grade
Inexistent	inodor și insipid	1
Perceptibil de un degustător experimentat	foarte slab	2
Perceptibil de consumatorul prevenit	slab	3
Ușor perceptibil și putând provoca păreri defavorabile asupra apei	perceptibil	4
Puternic, atrăgând atenția și făcând să se renunțe la băutul apei	pronunțat	5
Foarte puternic, făcând apa improprie pentru băut	foarte pronunțat	6

Indicatori organoleptici



o Mirosul apei

- substanțe organice în descompunere,
- microorganisme vii (alge, protozoare, etc.),
- substanțe chimice (fenoli, crezoli, etc.).

o Gustul apei = substanțele minerale dizolvate:

- NaCl și Na_2SO_4 = gust sărat,
- MgCl_2 și MgSO_4 = gust amărui,
- CaSO_4 = gust dulceag,
- FeCl_2 sau $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ = gust acru,
- CO_2 = gust acidulat etc.
- Anumite alge = gust amărui sau dulceag.

Indicatori fizici



Tabelul 18. Caracteristici fizice ale apei potabile

Indicatorul, UM	STAS 1342/91		Directiva UE		Rec. OMS
	CA	CAE	CA	CMA	
Conc. H^+ , unități pH	6,5-7,4	8,5	6,5-8,5	-	6,5-8,5
Conductivitate, $\mu S.cm^{-1}$	1000	3000	400	-	-
Culoare, $mg.L^{-1}$ Pt-Co, max.	15	30	1	20	15
Turbiditate, $mg.L^{-1}$ SiO_2	5	10	1	10	2
Temperatură, $^{\circ}C$	22	*	12	25	-

* - Temperatura naturală a sursei

Indicatori chimici



- o Indicatorii chimici ai apei pot fi grupați:
 - în două categorii (STAS 1342-91):
 - indicatori generali,
 - indicatori toxici.
 - în trei categorii (directiva UE):
 - indicatori chimici generali,
 - indicatori indezirabili,
 - indicatori toxici.

Indicatori chimici



- o **Indicatorii chimici generali** (tab. 19) sunt în strânsă corelație cu compoziția naturală a apei.
- o Limitele largi de concentrație acceptate pentru unii dintre ei = gradul lor de periculozitate pentru sănătatea consumatorilor este scăzut.
- o Totuși, pe termen lung, anumite carențe sau excese ale substanțelor minerale din apă pot constitui un risc pentru consumator.

Tabelul 19. Caracteristici chimice generale ale apei potabile

Indicatorul, UM	STAS 1342/91		Directiva UE		Rec. OMS
	CA	CAE	CA	CMA	
Cloruri, mg.L ⁻¹ Cl	250	400	25	-	250
Sulfati, mg.L ⁻¹ SO ₄	200	400	25	250	400
Calciu, mg.L ⁻¹ Ca	100	180	100	-	-
Magneziu, mg.L ⁻¹ Mg	50	80	30	50	-
Sodiu, mg.L ⁻¹ Na	-	-	20	150	200
Potasiu, mg.L ⁻¹ K	-	-	10	12	-
Aluminiu, mg.L ⁻¹ Al	0,05	0,2	0,0 5	0,2	0,2
Duritate totală, °D	20	30	-	8,4	-
Reziduu fix la 180°C, mg.L ⁻¹	100-800	30-1200	-	1500	-
Oxygen dizolvat, mg.L ⁻¹	6	6	la saturație		-
Dioxid de carbon, mg.L ⁻¹	apa nu trebuie să fie agresivă				-
Clor rezidual liber, mg.L ⁻¹	0,1-0,25	-	-	-	-

Indicatori chimici



- o **Indicatorii chimici indezirabili** (tab. 20) = substanțele a căror prezență în apă indică o poluare cu caracter periculos pentru sănătatea consumatorilor (substanțe organice, azotiți, azotați, unele metale) precum și unele elemente de origine naturală (Fe, Mn) a căror prezență în cantități mari poate produce inconveniente consumatorilor.
- o Prezența unuia sau a altuia din acești indicatori în apa potabilă implică un **risc pe termen mediu**.

Tabelul 20. Componenti indezirabili în apa potabilă



Indicatorul, UM	STAS 1342/91		Directiva UE		Rec. OMS
	CA	CAE	CA	CMA	
Amine aromatice, mg.L ⁻¹	0	0			
Amoniac, mg.L ⁻¹ NH ₄ ⁺	0	0,5	0,05	0,5	-
Argint, mg.L ⁻¹ Ag	-	-	-	0,01	-
Azotați, mg.L ⁻¹ NO ₃	45	45	25	50	44
Azotiți, mg.L ⁻¹ NO ₂	0	0,3	-	0,1	-
Bariu, mg.L ⁻¹ Ba	-	-	0,1	-	-
Bor, mg.L ⁻¹ B	-	-	1	-	-
Cupru, mg.L ⁻¹ Cu	0,05	0,1	0,1	-	1
Detergenți anionici, mg.L ⁻¹	0,2	0,5	0,2	-	-
Fenoli distilabili, mg.L ⁻¹	0,001	0,002	-	0,0005	-
Fier tot. (Fe ²⁺ + Fe ³⁺), mg.L ⁻¹	0,1	0,3	0,05	0,05	0,1
Fluor, mg.L ⁻¹ F	1,2	1,2	1,5	-	-

Tabelul 20. Componenti indezirabili în apa potabilă



Indicatorul, UM	STAS 1342/91		Directiva UE		Rec. OMS
	CA	CAE	CA	CMA	
Fluor, mg.L ⁻¹ F	1,2	1,2	1,5	-	-
Fosfați (PO ₄ ³⁻), mg.L ⁻¹ P	0,1	0,5	0,17	-	-
H ₂ S și sulfuri, mg.L ⁻¹ H ₂ S	0	0,1	nedectabil organoleptic		
Hidrocarburi, mg.L ⁻¹	-	-	0,01	-	-
Mangan, mg.L ⁻¹ Mn	0,05	0,3	0,02	-	1
Subst. organice oxidabile:	10	12	-	-	
- mg.L ⁻¹ KMnO ₄	2,5	3	2	5	
- CCO-Mn mg.L ⁻¹ O ₂	3	5	-	-	-
- CCO-Cr mg.L ⁻¹ O ₂					
Trihalometani, mg.L ⁻¹	0,1	0,1	1	limitar	
- din care CHCl ₃ , mg.L ⁻¹	0,03	0,03	-	e la max.	-
Zinc, mg.L ⁻¹ Zn	5	7	0,1	-	5

Indicatori chimici



- o **Indicatorii chimici toxici** (tab. 21) includ acei compuși care prezintă un risc imediat pentru consumatori, cu consecințe deosebit de grave.
- o Efectul acestor compuși se manifestă la concentrații foarte reduse.
- o Detectarea lor necesită o aparatură de laborator și o tehnică foarte bine puse la punct.

Tabelul 21. Componenti toxici în apa potabilă



Indicatorul, UM	STAS 1342/91		Directiva UE		Rec. OMS
	CA	CAE	CA	CMA	
Arsen, $\mu\text{g.L}^{-1}$ As	-	50	-	50	50
Cadmiu, $\mu\text{g.L}^{-1}$ Cd	-	5	-	5	5
Cianuri libere, $\mu\text{g.L}^{-1}$ CN	-	10	-	50	100
Crom total, $\mu\text{g.L}^{-1}$ Cr	-	50	-	50	50
Mercur, $\mu\text{g.L}^{-1}$ Hg	-	1	-	1	1
Nichel, $\mu\text{g.L}^{-1}$ Ni	-	100	-	50	50
Plumb, $\mu\text{g.L}^{-1}$ Pb	-	50	-	50	50
Seleniu, $\mu\text{g.L}^{-1}$ Se	-	10	-	10	10
Stibiu, $\mu\text{g.L}^{-1}$ Sb	-	-	-	10	-
Uraniu natural, $\mu\text{g.L}^{-1}$ U	-	21	-	-	-
Pesticide:	-	0,1	-	0,1	-
- fiecare componentă, mg.L^{-1}	-	0,5	-	0,5	-
- total componente, mg.L^{-1}	-	-	-	-	0,03
- aldrin și dieldrin, mg.L^{-1}	-	-	-	-	-
Policlorobifenoli, $\mu\text{g.L}^{-1}$	-	-	-	0,5	-
Hidrocarburi aromatice policiclice, $\mu\text{g.L}^{-1}$	-	0,01	-	0,2	0,1

Tabelul 22. Recomandări OMS privind concentrația unor compuși organici în apa potabilă

Compusul	CMA [μg.L ⁻¹]	Compusul	CMA [μg.L ⁻¹]
Benzen	10	Heptaclor, heptacloroepoxi	0,1
Tetraclorură de carbon	3	Hexaclorobenzen	0,01
Clordan	0,3	γ - HCH (lindan)	3
Clorobenzen	0,1 - 3	Metoxiclor	30
Cloroform	30	Pentaclorofenol	10
2,4 - diclorețan	100	Tetracloroetenă	10
DDT	1	Tricloroetenă	30
1,2 - dicloroetan	10	2,4,6 - triclorofenol	10
1,1 - dicloroetan	0,3		

Indicatori radioactivi



- o Caracterizarea apelor se face din punct de vedere al:
 - radioactivității globale,
 - conținutului de radionuclizi.
- o Valorile maxime admise pentru indicatorii radioactivi corespund unui aport al apei potabile la doza pentru populație de 0,05 mSv/an.
- o Activitatea globală, α și β , se stabilește în funcție de aportul însumat maxim al radionuclizilor ^{226}Ra și ^{90}Sr . Nu include activitatea Rn și T.

Tabelul 23. Caracteristici radioactive ale apei potabile

Activitatea globală	CA [Bq.L ⁻¹]	CAE [Bq.L ⁻¹]	Metoda de analiză
α	0,1	2,3	STAS 10447/1-83
β	1	50	STAS 10447/2-83

În cazul în care concentrațiile admise sunt depășite, este necesară determinarea activității specifice a radionuclizilor prevăzuți în tab. 24.

Tabelul 24. Concentrații admisibile de radionuclizi în apa potabilă

Radionuclidul natural	CA [Bq.L ⁻¹]	CAE [Bq.L ⁻¹]	Radionuclidul artificial ⁴	CA [Bq.L ⁻¹]	CAE [Bq.L ⁻¹]
Hidrogen 3	4000	-	Cobalt 58	60	-
Potasiu 40 ¹	13,42	-	Cobalt 60	10	-
Radon 222	300	-	Stronțiu 89	30	-
Radiu 226	0,088	0,5	Stronțiu 90	0,55	53
Radiu 228	0,1	-	Iod 129	0,6	-
Plumb 210	0,136	-	Iod 131	5	530
Poloniu 210	0,136	-	Cesiu 134	4	-
Uraniu natural ²	0,59	1	Cesiu 137	5	600
Toriu natural ³	0,04	0,1	Americiu 241	0,1	-
			Plutoniu 239	0,024	2,3

Indicatori radioactivi



- o 1 - 1 mg ^{40}K are activitatea de 0,31 Bq
- o 2 - 1 mg uraniu natural (conține toți izotopii săi naturali) are activitatea de 25,35 Bq
- o 3 - 1 mg toriu natural (conține toți izotopii săi naturali) are activitatea de 0,041 Bq
- o 4 - Prezență radionuclizilor artificiali nu este permisă în sursele subterane de apă potabilă



Indicatori radioactivi

- o Dacă în apă se găsesc mai mulți radionuclizi, chiar dacă fiecare în parte respectă conținutul maxim admisibil, trebuie îndeplinită condiția:

$$\frac{A_1}{A_{a1}} + \frac{A_2}{A_{a2}} + \dots + \frac{A_i}{A_{ai}} \leq 1 \quad (8)$$

- o $A_1, A_2, \dots, A_i$ = act. spec. a radionuclidului 1,2,...,i [Bq/L],
- o $A_{a1}, A_{a2}, \dots, A_{ai}$ = act. specifică admisă pt. radionuclizii 1, 2, ..., i în apa potabilă [Bq/L].

Indicatori bacteriologici



- o Indicatorii bacteriologici (microbiologici) cuprind elemente cu risc imediat, efectul lor putând căpăta un caracter de masă, dat fiind rapida lor dezvoltare și contaminare.

Tabelul 25. Caracteristici microbiologice ale apei potabile

Indicator	Apă furnizată de instalații centrale urbane și rurale cu apă:				Apă furnizată din surse locale (fântâni, izvoare, etc.)
	dezinfectată		nedezinfectată		
	intrare rețea	punct din rețea	intrare rețea	punct din rețea	
Nr total de bacterii care se dezvoltă la 37 °C [UFC ⁽¹⁾ .cm ⁻³]	sub 20	sub 20	sub 100	sub 100	sub 300
Nr probabil de bacterii coliforme (coliformi totali) la 100 cm ³	0	0 ⁽²⁾	sub 3	sub 3 ⁽³⁾	sub 10
Nr probabil de bacterii coliforme termotolerante (coliformi fecali) la 100 cm ³	0	0	0	0	sub 2
Nr probabil de streptococi fecali la 100 cm ³	0	0	0	0	sub 2

Indicatori bacteriologici



- o (1) - UFC = unități formatoare de colonii
- o (2) - în 95% din analizele în cursul anului, în cazul debitelor mari și a unui număr suficient de recoltări. Fără a depăși 5% din analize, se admite max. $3/100 \text{ cm}^3$
- o (3) - în 95% din probele analizate în cursul anului, în cazul debitelor mari și a unui număr suficient de recoltări. Ocazional, fără a depăși 5% din probele analizate, se admite sub $10/100 \text{ cm}^3$

Indicatori bacteriologici



- o Normele OMS recomandă max. 0,01 coliformi totali la 100 cm³ neadmițând coliformi fecali și streptococi fecali,
- o Normele UE nu admit deloc coliformi totali și fecali sau streptococi fecali.

Indicatori biologici



- o Prevederi cu caracter general:
 - apa potabilă nu trebuie să conțină:
 - organisme animale, vegetale și particule abiotice vizibile cu ochiul liber
 - organisme dăunătoare sănătății (ouă sau larve de paraziți, alte organisme biologice indicatoare de impurificare),
- o Condițiile de limitare cantitativă (tab. 26).

Tabelul 26. Caracteristici biologice ale apei potabile

Indicatorul	Concentrația admisă
Volumul sestonului obținut prin filtrare prin fileu planctonic cm^3/m^3 , max:	
- în instalații centrale	1
- în instalații locale	10
Organisme animale, vegetale și particule vizibile cu ochiul liber	lipsă
Organisme animale microscopice, număr/ dm^3 , max.	20
Organisme care prin înmulțire în masă modifica proprietățile organoleptice sau fizice ale apei în 100 dm^3 , max.	lipsă*
Organisme indicatoare de poluare	lipsă
Organisme dăunătoare sănătății: ouă de geohelminți, chisturi de giardia, protozoare intestinale patogene	lipsă

* - se admit exemplare izolate funcție de specie, stabilite de către Ministerul Sănătății

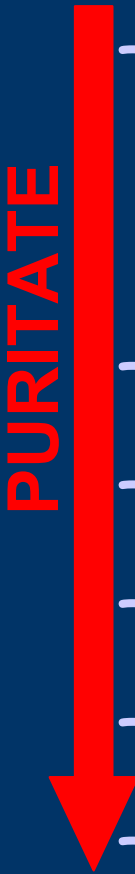


Cerințe calitative pentru apa industrială

Calitatea apelor industriale



o Calitatea apei necesare în industrie este extrem de variată:

- 
- apa naturală, utilizată pentru transportul hidraulic al materialelor în industria extractivă,
 - apa decantată și/sau filtrată pentru răcire;
 - apa deionizată pentru alimentarea boilerelor;
 - apa potabilă pentru procesarea alimentelor;
 - apa pură pentru industria farmaceutică;
 - apa ultrapură din industria semiconductoarelor.

Calitatea apelor industriale

- o Pt. întreprinderile mici și mijlocii (IMM), cu consumuri reduse de apă, necesarul poate fi asigurat:
 - din rețeaua de apă potabilă
 - din puțuri alimentate din pânza de apă freatică,
- o In cazul întreprinderilor mari este necesara orientarea spre surse mai ieftine de apă (ex: apa de mare)

Principalele utilizări ale apei în industrie



- o În puține industrii (chimică, alimentară, cosmetică, farmaceutică, etc.) apa intra și în componența produsului fabricat.
- o În marea majoritate a cazurilor și a întreprinderilor industriale, apa este utilizată mai ales în scopuri auxiliare



Clasificări ale apei industriale

După criteriul destinației apei:

- o Categ 1: apă pentru răcirea agregatelor,
- o Categ 2: apă pentru producerea aburului,
- o Categ 3: apă pentru transportul materiei prime,
- o Categ 4: apă pentru curățirea și/sau rafinarea produselor,
- o Categ 5: apă care intră în componența produselor consumabile de către om și/sau animale,
- o Categ 6: apă pentru diluarea și transportul deșeurilor industriale.

Clasificări ale apei industriale

În funcție de rolul îndeplinit de către apă în industrie:

- o **I** - apă pentru răcirea utilajelor, instalațiilor sau produselor, în schimbătoare de căldură cu contact indirect - **apa suferă doar o modificare a proprietăților termice, fără a se altera compoziția;**
- o **II** - apă pentru preluarea sau transportul impurităților, fără a avea loc și o încălzire a acesteia - **apa suferă modificări de compoziție dar își menține temperatura constantă;**
- o **III** - apă pentru preluarea impurităților și pentru răcire sau încălzire - **apa suferă atât modificări de compoziție, cât și de temperatură;**
- o **IV** - apă pentru dizolvarea reactivilor.

Tabelul 27. Principalele funcții ale apei industriale



Funcția îndeplinită	Aplicații principale
Generare de abur	Cazane de abur, umidificatoare de aer
Transfer de căldură	Condensarea aburului, răcirea fluidelor și solidelor, încălzire, fluide de răcire pentru prelucrări prin așchiere
Purificarea gazelor	Metalurgie, incinerarea deșeurilor menajere, desulfurarea gazelor
Spălarea solidelor	Cărbuni, minereuri, produse agricole
Transportul solidelor	Cărbuni, minereuri, produse agroalimentare, pastă de lemn, pastă celulozică

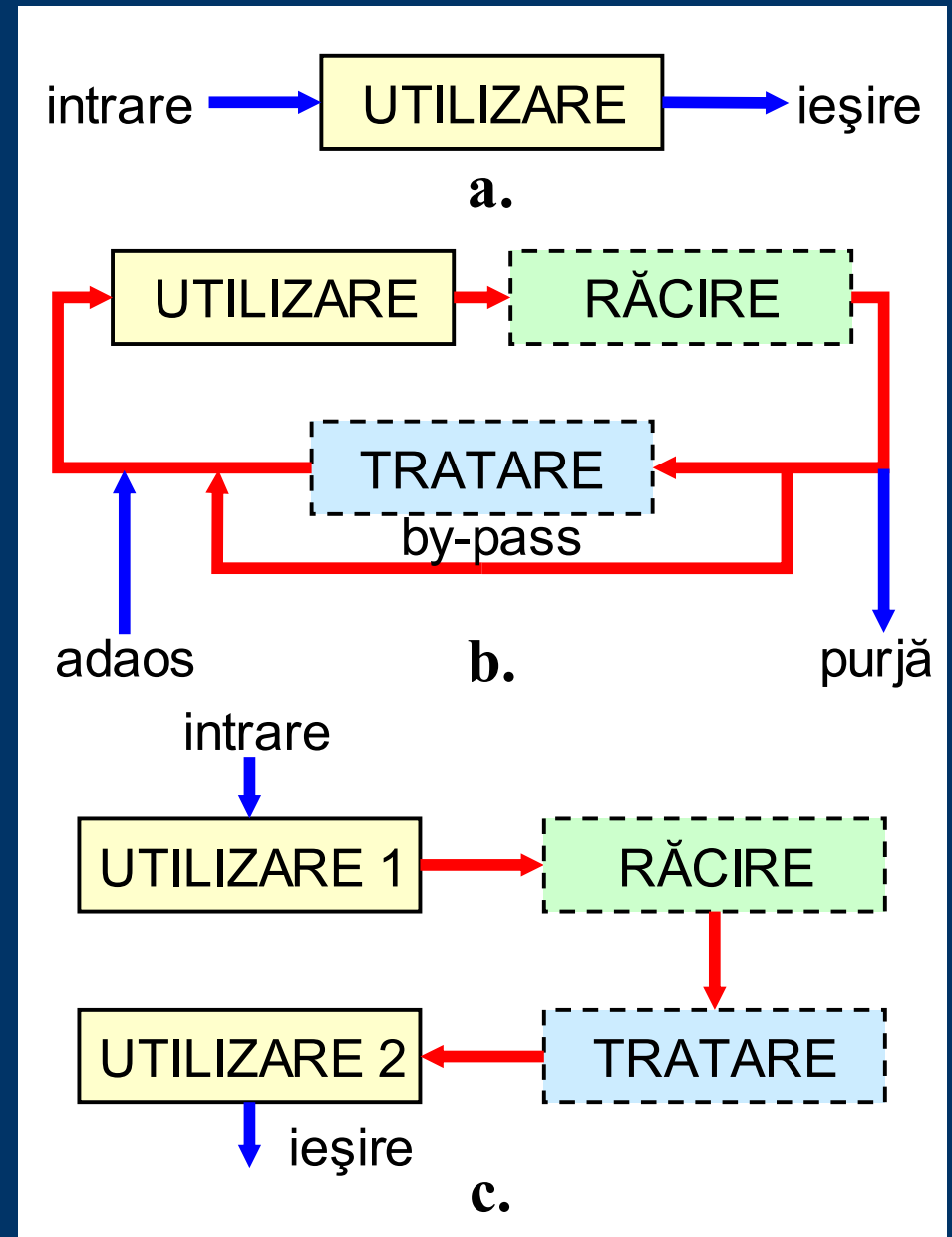
Tabelul 27. Principalele funcții ale apei industriale



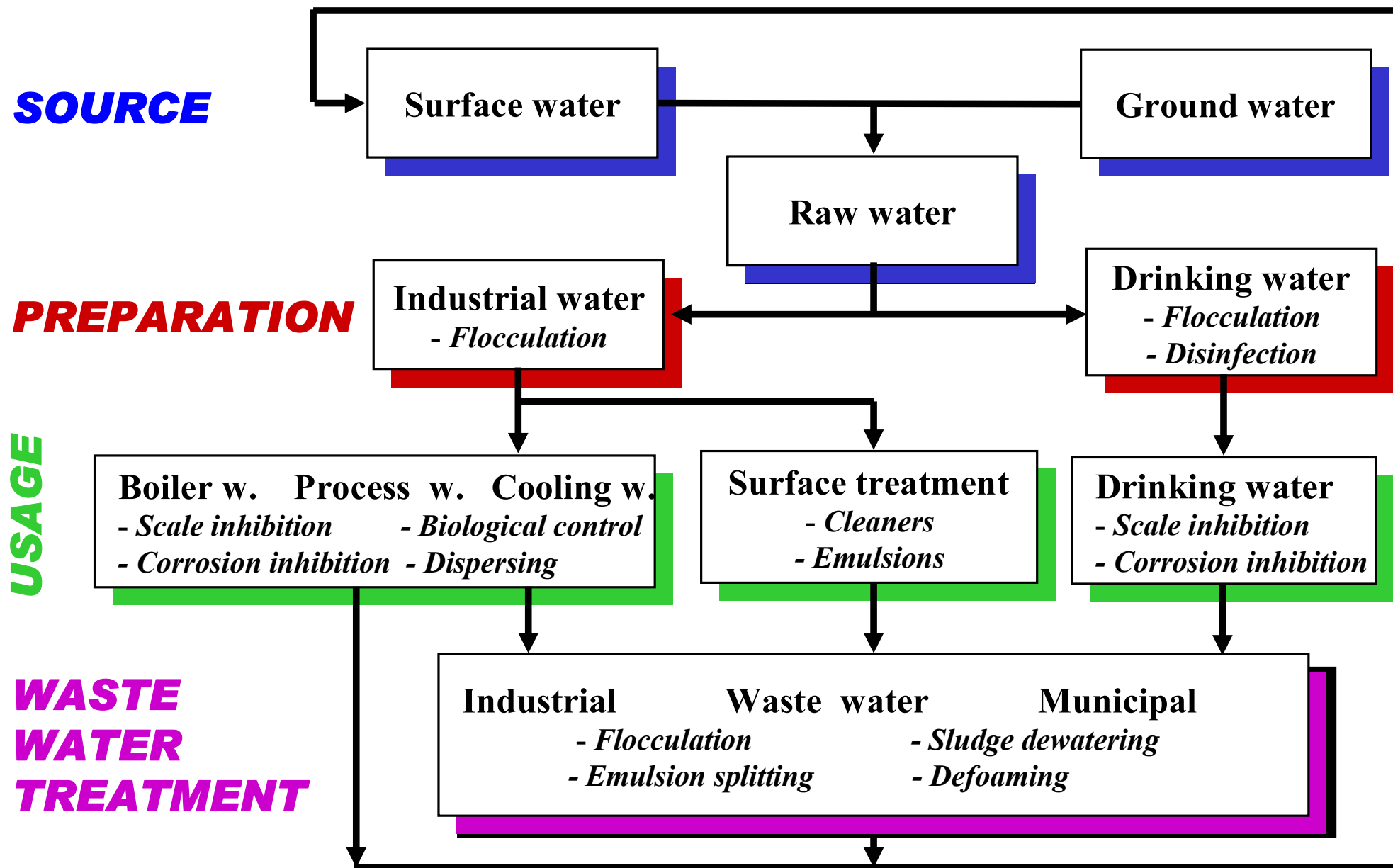
Funcția îndeplinită	Aplicații principale
Spălarea suprafețelor	Tratamente de suprafață, semiconductori, produse agroalimentare, vopsitorii, microelectronică
Transportul ionilor	Băi galvanice, electroforeză
Stingere umedă	Cocs, zgură, fontă
Mentținerea presiunii	Recuperarea secundară a țițeiului
Energie cinetică	Decaparea oțelului, granulara zgurii
Înglobare în produse	Bere, băuturi răcoritoare

Modalități de utilizare a apei

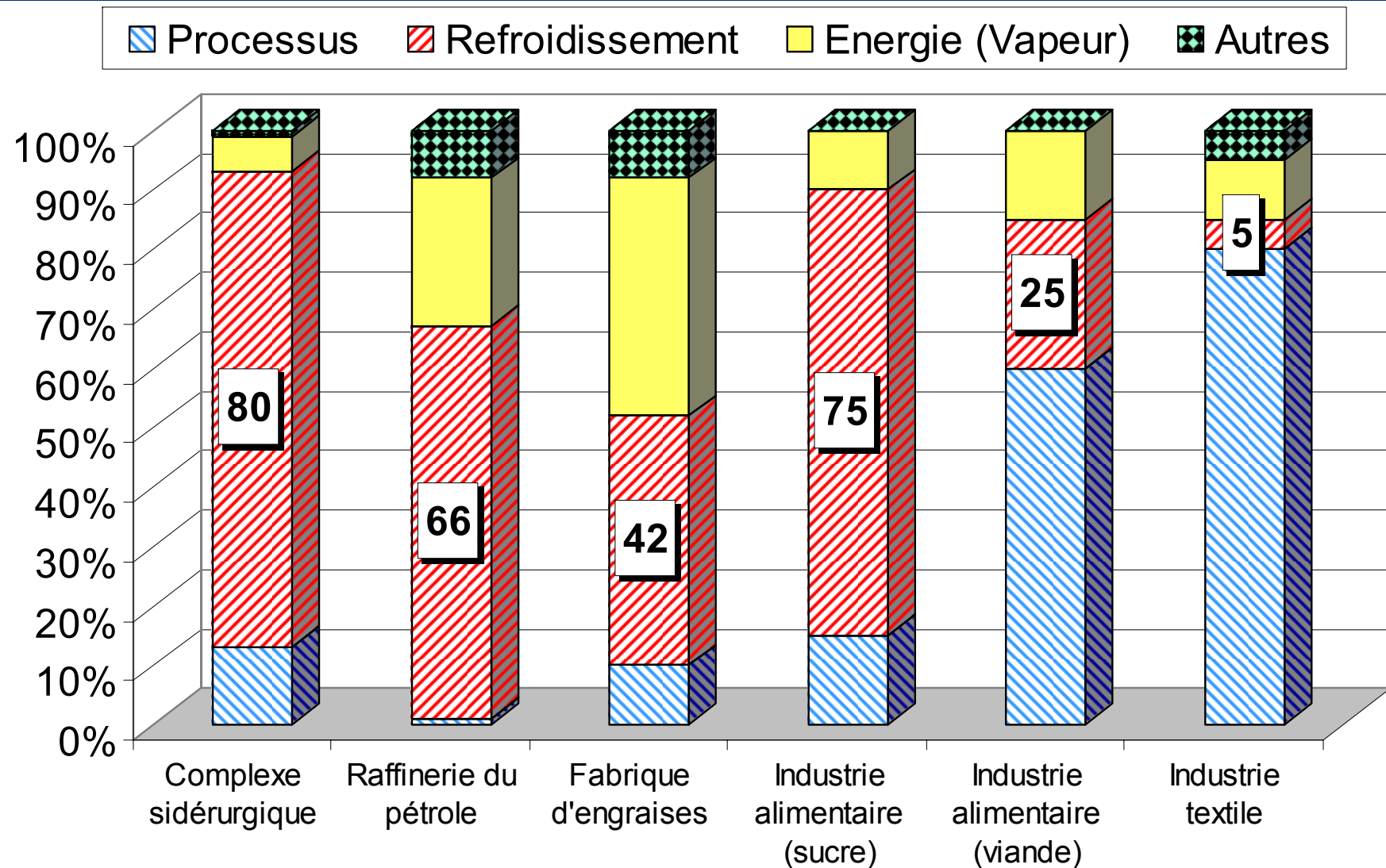
- o Apa utilizată:
 - pentru un singur scop
 - a. în sistem deschis
 - b. în sistem cu recirculare
 - c. pentru scopuri multiple succesive



CICLUL UTILIZARII APEI



Water Usage In Several Industries



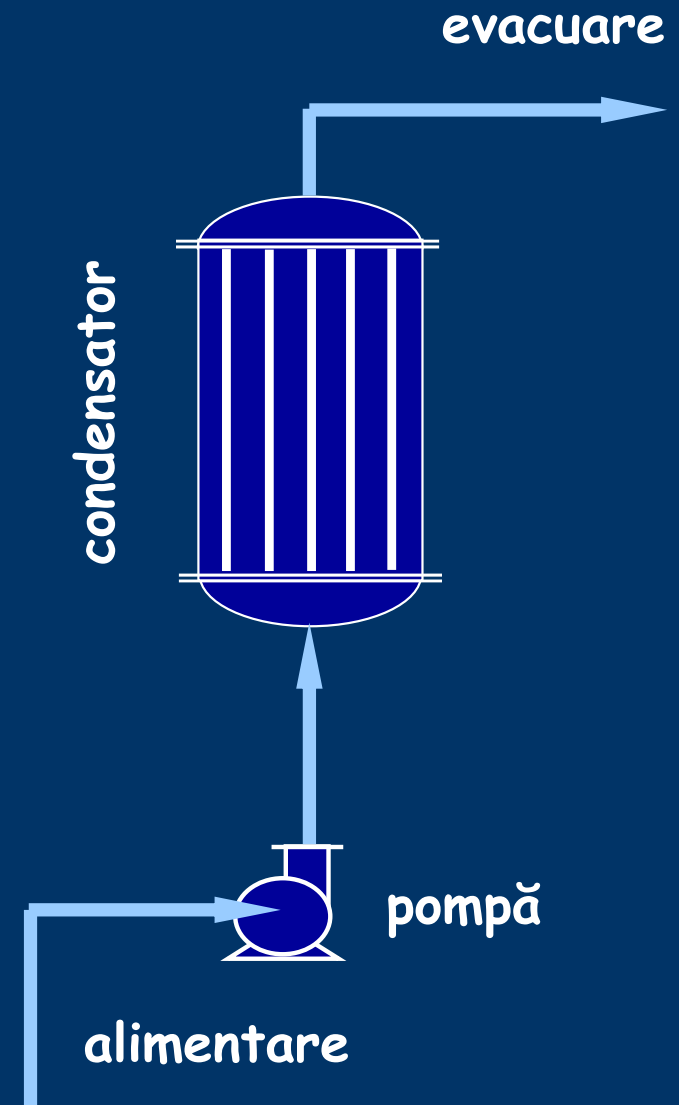
Modalități de utilizare a apei

- o Utilizarea apei în **sistem deschis**
- o maniera cea mai puțin economică de utilizare a apei
- o se utilizează când:
 - debitul necesar << debitul emisarului,
 - apa nu necesită tratamente speciale înainte/după utilizare.

Modalități de utilizare a apei

o Cazul tipic al răcirii cu apă de mare, râuri sau fluvii cu debite mari, în:

- CTE,
- CNE,
- instalații chimice,
- petrochimice,
- rafinării, etc.



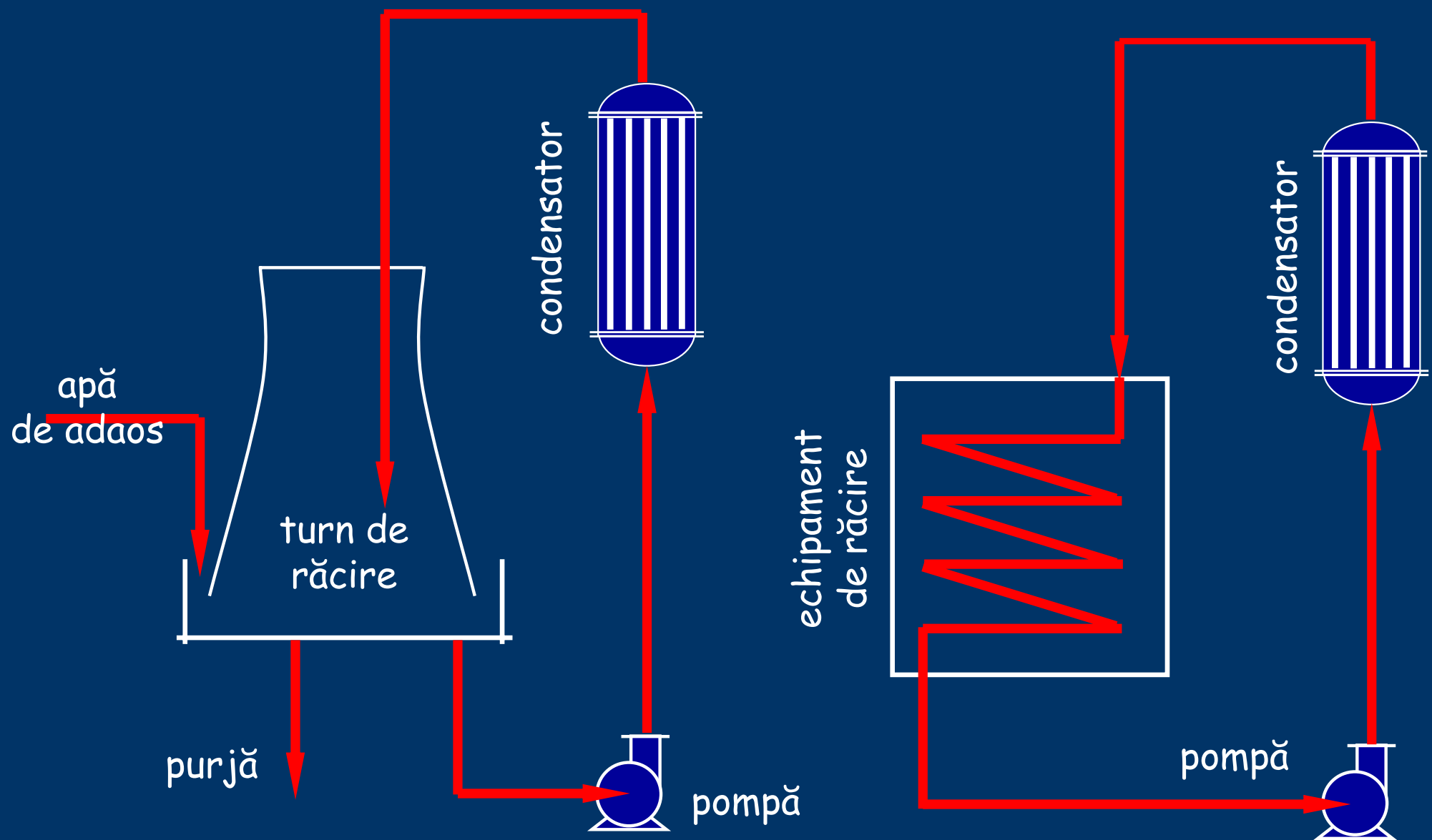
Modalități de utilizare a apei

- o În **sistemele cu recirculare**, apa este reutilizată un timp nedefinit pentru același scop.
 - **Recircularea nealterantă**: apa este recirculată fără a fi impurificată, respectiv fără o modificare semnificativă a compoziției și/sau proprietăților acesteia;
 - **Recircularea alterantă**: apa este recirculată într-un proces poluant, în care este impurificată cu diverși compuși, modificându-și în mod semnificativ compoziția și/sau proprietățile.

Modalități de utilizare a apei

- o În **recircularea nealteranta**, în apă nu apar decât accidental impurificatori.
- o Poate apărea în schimb un efect de concentrare a sărurilor inițial existente în apă, datorită fenomenului de evaporare.
- o Exemple tipice:
 - instalațiile de răcire cu apă în:
 - sistem deschis cu recirculare (fig. 3.3 b)
 - în sistem închis (fig. 3.3 c),
 - utilizarea apei în sisteme de generare a aburului, cu returnarea condensatului, în CTE sau CNE.

Modalități de utilizare a apei



Modalități de utilizare a apei

- o **Apa de adaos** (de completare) înlocuiește pierderea de apă din circuit (prin neetanșeități, antrenare de picături, evaporare, etc.).
- o **Purja** = apa îndepărtată voluntar din sistem, pentru a menține concentrația anumitor componente din apă la un nivel prestabilit.

Modalități de utilizare a apei

- o Q_{AA} = debitul de apă de adaos
- o Q_E = debitul de apă evaporată
- o Q_{PJ} = debitul de apă purjată controlat
- o Q_V = apă antrenată prin picături
- o Q_N = apă pierdută prin neetanșeități
- o Q_P = purja totală a sistemului

$$Q_{AA} = Q_P + Q_E \quad (9)$$

$$Q_P = Q_{PJ} + Q_V + Q_N \quad (10)$$

Modalități de utilizare a apei

- o Deoarece în apa recirculată concentrația sărurilor dizolvate trebuie să rămână constantă, se poate scrie bilanțul sărurilor în sistem (apa evaporată nu conține săruri):

$$Q_{AA} \cdot C_{AA} = Q_P \cdot C_P \quad (11)$$

- o C_{AA} = conc. sărurilor dizolvate în apa de adaos [g/L],
- o C_P = conc. sărurilor dizolvate în apa purjată [g/L].

Modalități de utilizare a apei

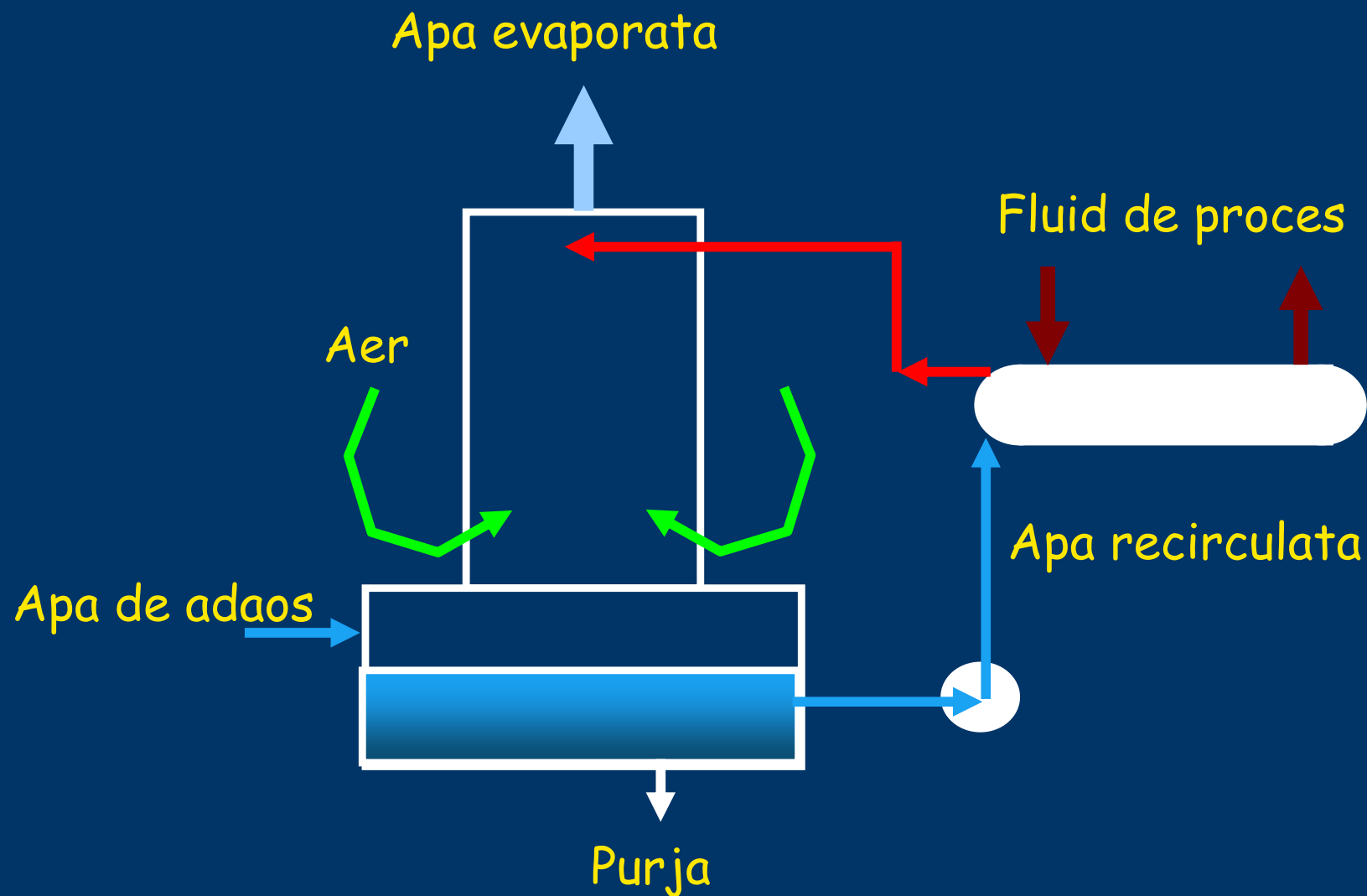
- o Pt. un regim de funcționare continuu și staționar, conc. sărurilor din apa purjată (C_P) este egală cu conc. sărurilor din apa recirculată (C_R):

$$C_P = C_R \quad (12)$$

- o Factor de concentrare (N_C)

$$N_C = \frac{Q_{AA}}{Q_P} = \frac{C_P}{C_{AA}} = \frac{Q_P + Q_E}{Q_P} = 1 + \frac{Q_E}{Q_P} \quad (13)$$

BILANTUL APEI



$$\text{Apa de adaos} = \text{Apa evaporata} + \text{Purja}$$

BILANTUL APEI



Apa de adaos = Apa evaporata + Purja

Pentru a mentine constanta concentratia sarurilor in sistem:

$$Q_{AA} \cdot C_{SAA} = Q_{PJ} \cdot C_{SPJ} \quad \{1\}$$

Unde: Q_{AA} - debitul apei de adaos [mc/sec]
 Q_{PJ} - debitul apei purjate [mc/sec]
 Q_{AR} - debitul apei recirculate [mc/s]
 C_{SAA} - concentratia sarurilor in apa de adaos [mg/L]
 C_{SPJ} - concentratia sarurilor in apa de purja [mg/L]
 C_{SAR} - concentratia sarurilor din apa recirculata [mg/L]

In regim de functionare continuu si stationar:

$$C_{SPJ} = C_{SAR} \quad \{2\}$$

BILANTUL APEI



o Factorul de concentrare (N_c):

$$N_c = \frac{Q_{AA}}{Q_{PJ}} = \frac{C_{SPJ}}{C_{SAA}} = \frac{Q_{PJ} + Q_{EV}}{Q_{PJ}} = 1 + \frac{Q_{EV}}{Q_{PJ}}$$

o Cunoscand N_c si debitul de apa evaporata (Q_{EV}), se poate calcula purja sistemului:

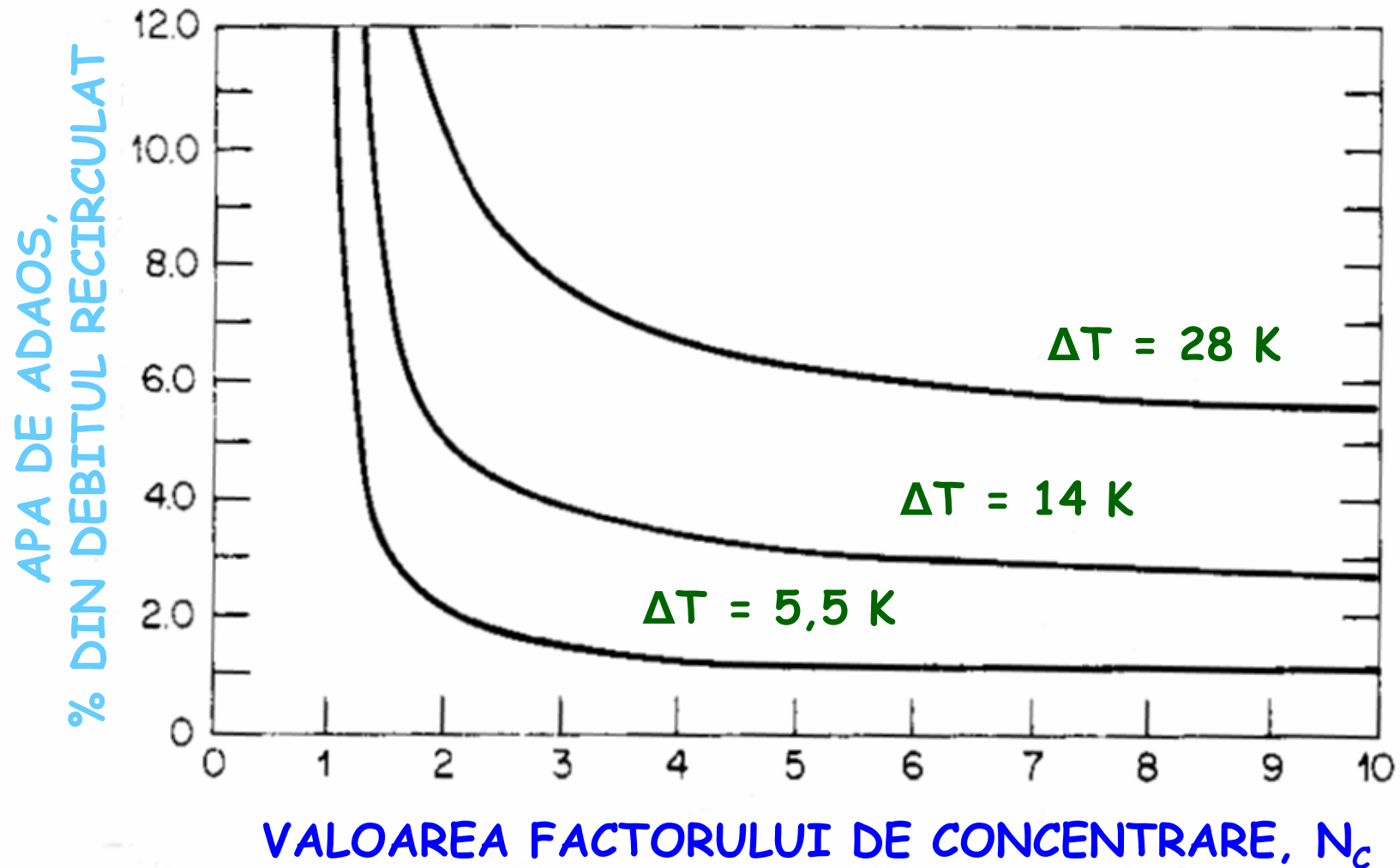
$$Q_{PJ} = \frac{Q_{EV}}{N_c - 1}$$

CHIMISMUL APEI DE RACIRE



Componenti	Apa de adaos	Apa recirculata	
		$N_c = 2$	$N_c = 3$
Duritate totala, mg/L CaCO_3	60	120	180
Calciu, mg/L CaCO_3	50	100	150
Magneziu, mg/L CaCO_3	10	20	30
Alcalinitate "p", mg/L CaCO_3	0	0	10
Alcalinitate "m", mg/L CaCO_3	50	100	150
Sulfati, mg/L SO_4	40	80	120
Cloruri, mg/L Cl	10	20	30
Silice, mg/L SiO_2	5	10	15
pH	7,0	7,3	8,3
pH de saturatie (la 60°C)	7,8	7,3	6,8
Indice de saturatie Langelier	-0,8	0,0	+1,5
Indice de stabilitate Ryznar	8,6	7,3	5,3
Caracterul apei	neincrustant	neincrustant	incrustant

CONSUMUL DE APA DE ADAOS



Modalități de utilizare a apei

- o În **recircularea alterantă** apa este impurificată cu compuși dizolvați și/sau substanțe solide în suspensie.
- o Apa utilizată poate servi și ca agent de răcire.
- o Concentrarea sărurilor în apă nu se datorează numai pierderilor prin evaporare.
- o În practică este destul de greu de stabilit și măsurat care dintre săruri sunt introduse din exterior.
- o Calculul necesarului de apă de adaos în sistem este dificil.

Modalități de utilizare a apei

- o Exemple de procese cu recircularea alterantă a apei utilizate și ca agent de răcire:
 - purificarea gazelor cu conținut de HCl provenite de la incinerarea deșeurilor menajere;
 - purificarea gazelor de ardere cu conținut de SO₂ provenite de la arderea combustibililor sulfuroși;
 - purificarea gazelor cu conținut de HF și HCN provenite de la furnale;
 - purificarea gazelor cu conținut de NH₃ provenite de la granulara îngrășămintelor azotoase;
 - decaparea oțelurilor și răcirea laminatelor cu antrenare de ulei și zgură;
 - transportul zgurii și stingerea cocsului cu dizolvarea compușilor cu sulf.

Modalități de utilizare a apei

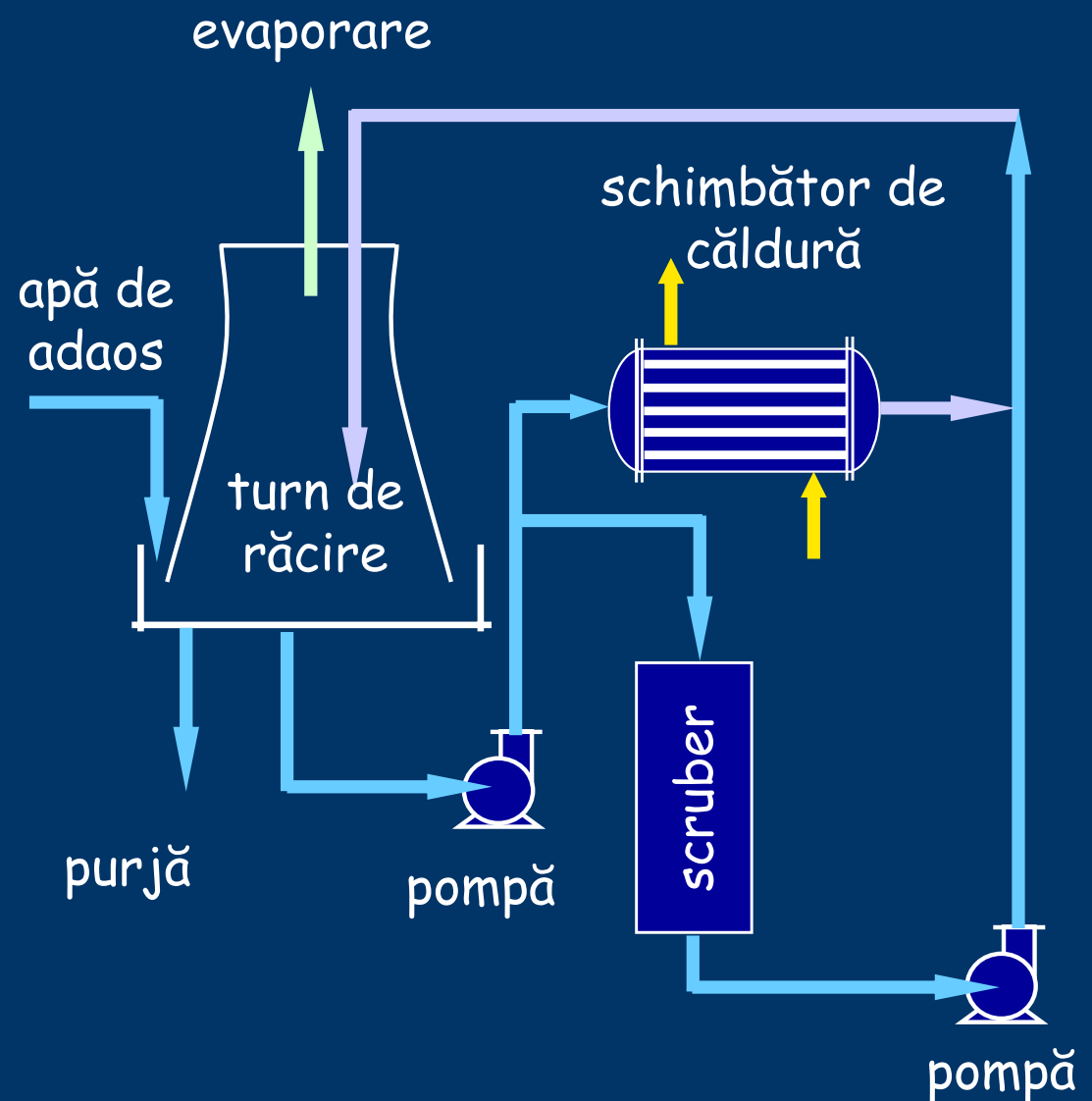
- o Exemple de procese cu recircularea alterantă a apei, fără a implica și procese de răcire:
 - spălarea pieselor provenite de la acoperiri galvanice;
 - purificarea gazelor din industria acidului fosforic;
 - hidrotransportul materiilor prime cu introducerea în apă de solide în suspensie și de săruri dizolvate (spălătorii, hidrometalurgie, etc.).

Modalități de utilizare a apei

- o Funcție de natura și cantitatea impurificatorilor introduși în sistem, AR poate fi tratată:
 - integral
 - parțial (restul se recircula printr-un by-pass al instalației de tratare).
- o Când cant. de impurificatori din proces este mare, purificarea prealabilă a AA este inutilă.
- o Când cant. de impurificatori din proces este mică:
 - purificarea AA este obligatorie,
 - tratarea AR este integrală.

Modalități de utilizare a apei

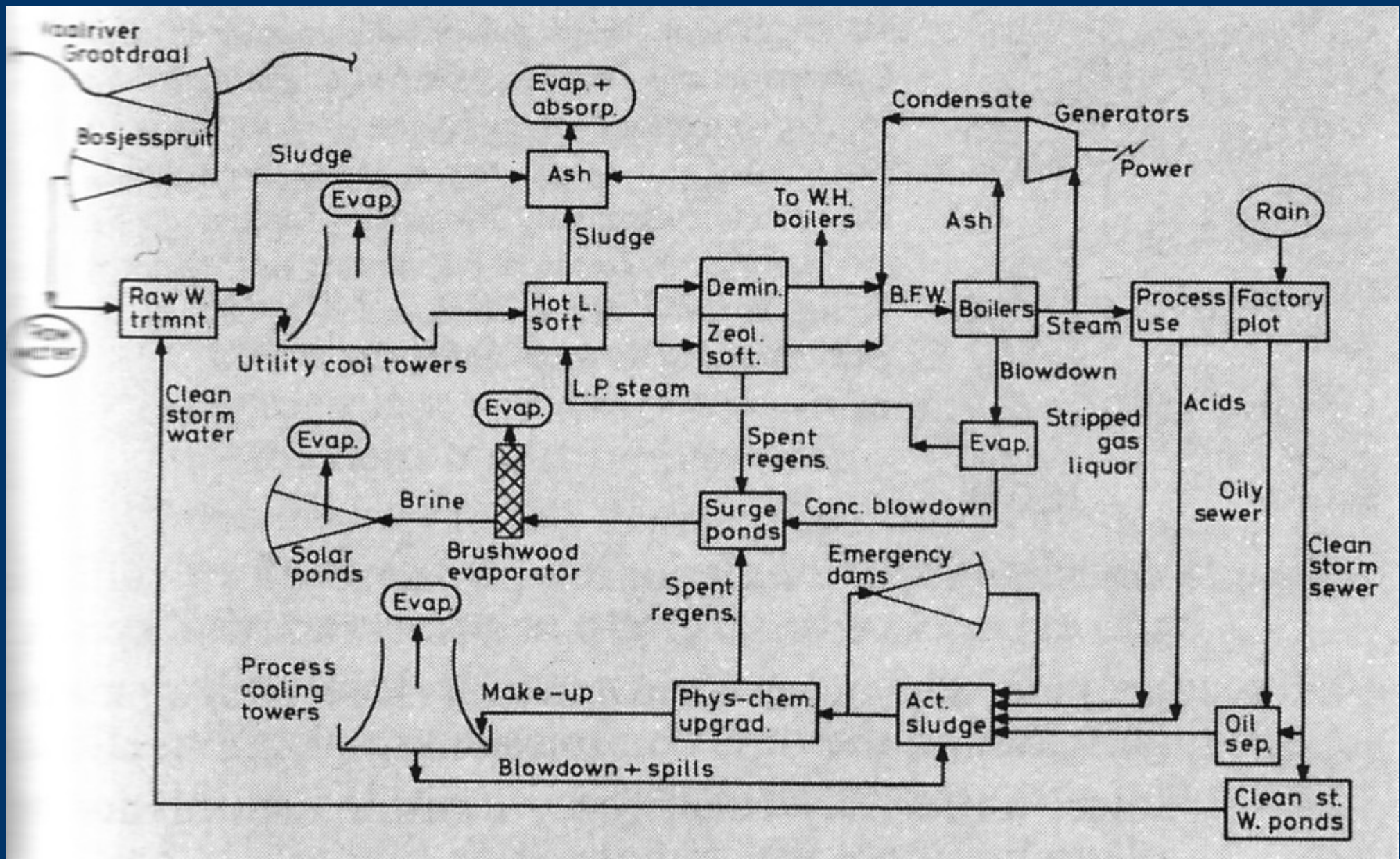
- o În **sistemele cu utilizări multiple succesive** ale apei, apa utilizată într-un proces este folosită ca apă de alimentare în alt proces, după o eventuală răcire și/sau tratare.



Modalități de utilizare a apei

- o În regiunile cu puține resurse de apă, se pot integra consumatorii municipali cu cei industriali.
- o EX:
 - SAPPI (celuloza si hartie - Africa de Sud), utilizează drept apă de alimentare efluentul purificat provenit din stația de epurare a unei localități
 - SASOL (lichefierea carbunelui - Africa de Sud), utilizare complexa si integrata a apei

Circuitul apei la SASOL



Alegerea sursei de apă



- o Independent de aspectele economice, exista **două criteriile fundamentale** de alegere a sursei de apă:
 1. Compatibilitatea apei cu utilizările sale: echilibrul carbonic, duritatea, temperatura, nivelul concentrației clorurilor, sulfatilor, silicei și calciului;
 2. Compatibilitatea apei cu tipurile tratărilor prevăzute a fi utilizate (schimb ionic, membrane etc.).
- o Trebuie acordată atenție deosebită acelor caracteristici ale apei care nu pot fi corectate prin purificare simplă: culoare, SO, HAP, sulfati etc.

Tabelul 28. Principalele utilizări ale apei industriale și surse posibile de apă



Utilizarea		Surse de apă acceptabile*
Apă de proces	- bere, băuturi carbogazoase - produse agroalimentare - produse farmaceutice - hârtie albă - textile - vopsitorii - produse chimice	- apă potabilă - apă de izvor - apă de suprafață ușor poluată
Apă demineralizată	- produse farmaceutice - generatoare de abur - băi galvanice - spălări în galvanotehnică - apă ultrapură - desalinare prin OI (RO)	- apă de izvor - apă de suprafață ușor poluată

* -de cele mai multe ori apa din aceste surse necesită o tratare adecvată

Tabelul 28. Principalele utilizări ale apei industriale și surse posibile de apă



Utilizarea		Surse de apă acceptabile*
Apă de răcire în sistem deschis cu recirculare	- turnuri de răcire	- apă de suprafață cu conținut redus de Cl- - apă uzată după tratament terțiar
Apă de răcire în sistem deschis	- condensatoare - schimbătoare de căldură	- apă de suprafață - apă de mare** - efluenți după tratare
Apă de spălare și de transport	- spălarea gazelor metalurgice și a gazelor reziduale - spălarea cărbunelui	- apă de suprafață decantată - apă uzată după tratament secundar

* -de cele mai multe ori apa din aceste surse necesită o tratare adecvată

** -apa de mare poate fi utilizată ca atare (fără desalinare) doar pentru răcirea condensatoarelor și pentru recuperarea secundară a țițeiului (platforme marine)

Calitatea apei destinate producerii aburului



- o Calitatea apei este condiționată de:
 - categoria centralei (CT, CET, CTE, CNE)
 - tipul cazanelor de abur și/sau apă fierbinte
- o Factorul determinant pt. cond. de calitate =
structura balanței apă-abur-condensat:

Apă de alimentare = Abur generat + Purjă

Apă de alimentare = Apă de adaos + Condensat

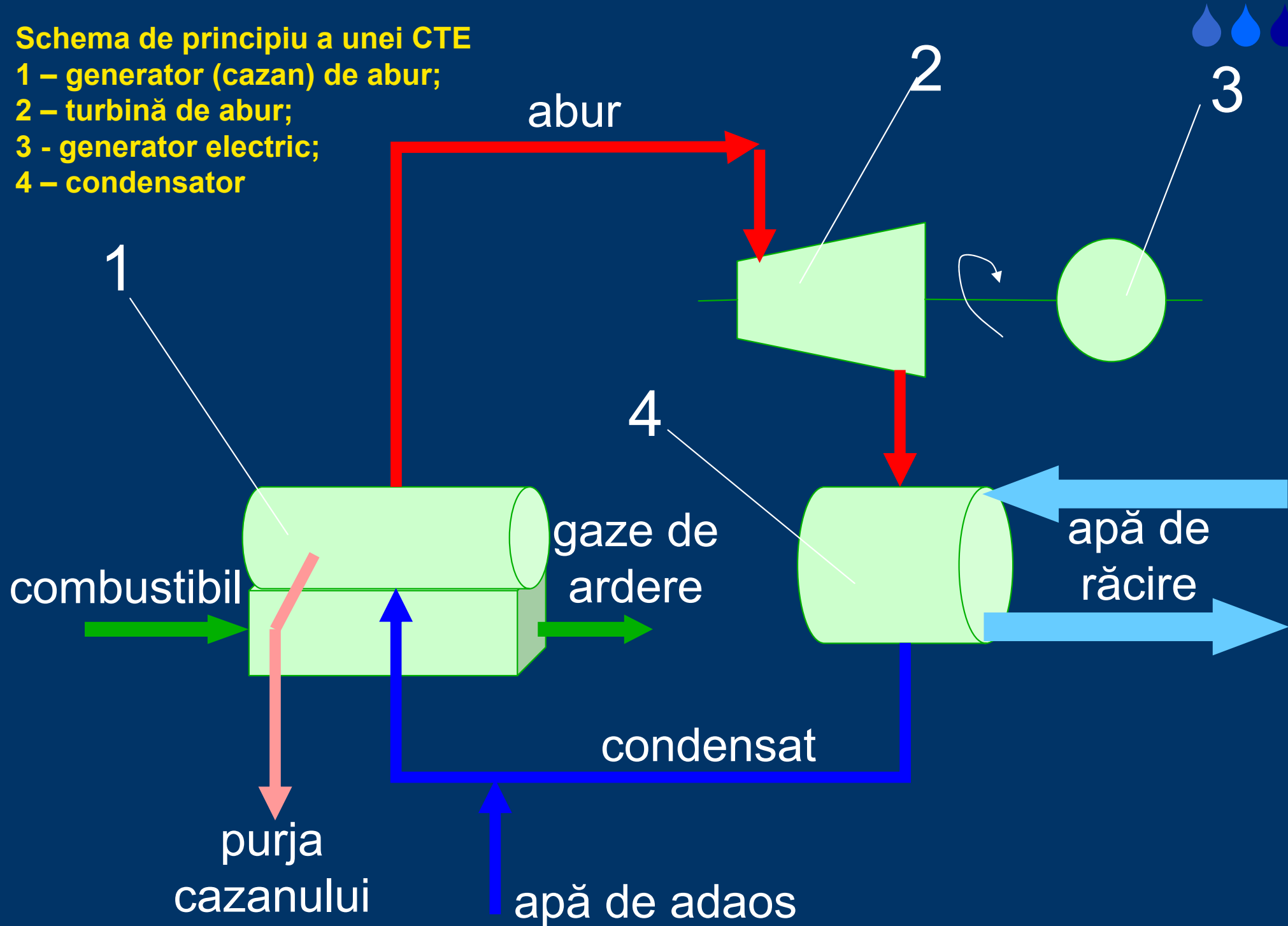
Schema de principiu a unei CTE

1 – generator (cazan) de abur;

2 – turbină de abur;

3 - generator electric;

4 – condensator



Calitatea apei destinate producerii aburului



- o Principalele probleme care apar în exploatarea generatoarelor de abur datorită calității necorespunzătoare a apei:
 - apariția depunerilor de nămol,
 - apariția depunerilor de cruste,
 - antrenarea picăturilor de către aburul generat,
 - antrenarea în abur a componentelor minerale volatile,
 - coroziunea.



Formarea crustelor

- o se datorează precipitării solidelor cristaline din apă pe pereții cazanului
- o având conductivitatea termică foarte scăzută, crustele împiedică realizarea transferului de căldură de la gazele de ardere la apa din cazan
- o efect: **supraîncălziri locale** (puncte fierbinți) → vaporizare bruscă → creșterea necontrolată a presiunii → explozia cazanului

Formarea crustelor



- o Apariția crustelor datorată:
 - sărurilor de calciu (carbonați sau sulfati), a căror solubilitate scade cu temperatura,
 - conținutului prea ridicat de silice
 - alcalinitatea ridicată a apei.

Antrenarea picăturilor



- o sub formă de spumă sau ceață
- o provoacă scăderea eficienței energetice
- o conduce la apariția depunerilor de săruri cristaline pe
 - supraîncălzitoare
 - rotoarele turbinelor
- o fenomenul este legat de:
 - viscozitatea apei
 - tendința de spumare a apei

Antrenarea picăturilor



- o Tendinta de spumare se datorează:
 - alcalinității apei,
 - prezenței anumitor substanțe organice,
 - conținutului total de solide dizolvate.
- o Antrenarea depinde si de:
 - debitul de abur,
 - caracteristicile constructive ale generatorului

Antrenarea mineralelor volatile

- o apare la $T > 523 \text{ K}$ ($250 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
- o Cea mai periculoasă = volatilizarea și antrenarea silicei,
- o Silicea se depune ulterior în părțile mai reci ale instalației, în special pe paletele rotoarelor turbinei, putând provoca distrugerea acesteia.
- o Fenomenul este favorizat de:
 - creșterea temperaturii de lucru
 - creșterea presiunii de lucru
 - concentrarea silicei în cazan



Coroziunea

- o Principala cauză a coroziunii:
 - existența în apă a oxigenului dizolvat
- o În scopul evitării coroziunii:
 - menținerea unui pH alcalin în generator, (adaos de amoniac sau de amine volatile, fără a depăși 1 mg/L NH_3 în abur, pentru a evita coroziunea țevelor condensatoarelor, țevi confecționate din aliaje pe bază de cupru)

Calitatea apei destinate producerii aburului



- o Calitatea apei utilizată pt. alimentarea CA și CAF - reglementată prin standarde naționale.
- o În România, autoritatea națională = ISCIR.
- o Indicii de calitate ai apei se stabilesc în funcție de categoria generatorului, stabilită pe criterii constructive și funcționale

Tabelul 29. Clasificarea ISCIR a generatoarelor de abur și apă fierbinte



Tipul generatorului				Presiunea generatorului		Cate- goria
				bari	MPa	
Generator de apă fierbinte [T > 338 K (115 °C)]						g
Genera- tor de abur	cu circulație naturală	vaporizator		> 0,7	> 0,07	v
		ignitubulare		> 0,7	> 0,07	I
		acvatubulare	neecranate	> 0,7	> 0,07	II
			ecranate	0,7 - 20	0,07 - 2	III
				20 - 40	2 - 4	IV
				40 - 64	4 - 6,4	V
				64 - 100	6,4 - 10	VI
				100 - 125	10 - 12,5	VII
				> 125	> 12,5	VIII
	cu circulație forțată	cu trecere multiplă		0,7 - 20	0,07 - 2	IX
				20 - 40	2 - 4	X
				> 40	> 4	XI
		cu trecere unică		0,7 - 20	0,07 - 2	XII
				> 20	> 2	XIII

Tabelul 31. Indici de calitate pentru abur si condensat

Indicele	Abur energetic cu presiunea nominală [MPa]				Con- den- sat
	< 4	4 – 6,4	6,4 – 10	≥ 10	
<i>pH</i> , min	7	7	7	7	7
Duritate totală, mval.L ⁻¹ , max.	-	-	-	-	nd
Alcalinitate <i>m</i> , mval.L ⁻¹ , max.	-	-	-	-	0,1
Conductivitate, μS.cm ⁻¹ , max*	1	0,75	0,50	0,30	1
Oxidabilitate, mg.L ⁻¹ , max.	-	-	-	-	4
Silice, mg.L ⁻¹ , max.	-	0,05	0,02	0,02	0,05
Fier total, mg.L ⁻¹ , max.	-	-	0,02	0,02	0,05
Cupru, mg.L ⁻¹ , max.	-	-	0,05	0,03	0,005
Na + K, mg.L ⁻¹ , max.	-	-	-	0,01	-

* - corectată pentru adaosuri volatile

Tabelul 32. Indici de calitate ai apei din generator



Categoria generatorului	Alcalinitate p , mval.L ⁻¹	Salinitate		Silice mg.L ⁻¹	Exces de fosfat, mg.L ⁻¹	
		Reziduu fix, mg.L ⁻¹	Conductivitate, μS.cm ⁻¹			
g	*	*	*	*	*	
v	conform datelor din tab. 2.49				15 - 2	
I	50 - 10	*	*	*	< 20	
II	25 - 10	8000 - 2000			< 10	
III	15 - 7,5	< 3000			< 6	
IV	< 7,5	< 2000		< 150	< 4	
V	7,5 - 2	*	4000 - 2000	50 - 10		
VI	2 - 1,25		2000 - 1000	10 - 3		< 2
VII	1,25 - 0,3		1000 - 100	3 - 1		
VIII	< 0,3		100 - 30	< 1	< 1	
IX	< 10	< 1000	< 1000	*	< 10	
X	< 3,5	*	500 - 100	< 50	4 - 2	
XI	< 2		100 - 50	< 2	< 1	
XII	*		*	*	*	
XIII						

Calitatea apei destinate producerii aburului in CNE



- o Cerințele de calitate pentru apa utilizată în circuitele termice ale CNE sunt mai severe.
- o În cazul **reactoarelor nucleare cu apă în fierbere** (BWR), cel mai important indice este acela referitor la conductivitate:
 - nu reprezintă o indicație specifică,
 - semnalează pătrunderea ionilor:
 - din apa de răcire
 - din procesele de coroziune a metalelor.
 - se limiteaza la mai puțin de $1 \mu\text{S}/\text{cm}$

Calitatea apei destinate producerii aburului in CNE



- o **Clorurile** se limitează la max. 0,2 mg/L pentru evitarea fenomenelor de coroziune selectivă și în pitting.
- o **Silicea** se limiteaza la valori sub 4 mg/L,
- o Limitarea **O₂ dizolvat** nu mai este necesară, în circuit exista numai apă lipsită de săruri, metalul se acoperă cu un strat protector de magnetită.
- o se limitează conținutul în ioni de **fier** si **cupru** în apa de alimentare la mai puțin de 25 respectiv 3 μg/L, acesta din urmă având tendința de a se depune pe elementele combustibile.

Calitatea apei destinate producerii aburului in CNE



- o În cazul **reactoarelor cu apă sub presiune** (PWR) sunt supuse supravegherii calitative:
 - apa de adaos pentru circuitul primar (tab. 33),
 - apa din reactor (tab. 34),
 - apa din reactor după purificare,
 - apa de adaos pentru circuitul secundar (tab. 35),
 - apa de alimentare a generatorul de abur (tab. 36),
 - aburul înainte de turbină,
 - condensatul după pompă, condensatul după finisare.



Tabelul 33. Calitatea apei de adaos in circuitul primar

Parametrul	Valoare limită
Oxigen, mg.kg^{-1}	$< 0,1$
$(\text{Cl}^- + \text{F}^-)$, mg.kg^{-1}	$< 0,1$
Sodiu, mg.kg^{-1}	$< 0,015$
Conductivitate, $\mu\text{S.cm}^{-1}$	25
Silice totală, mg.kg^{-1}	$< 0,1$

**Tabelul 34. Calitatea apei din reactor
(în condiții normale de operare)**



Parametrul [mg.kg ⁻¹]	Valoare	
	Curent	Maxim
Bor	0 - 2500	-
Litiu	descrescătoare	
Oxigen	< 0,01	< 0,1
Cloruri	< 0,05	< 0,15
Fluoruri	< 0,05	< 0,15
Hidrogen	25 - 35	25 - 50
Sodiu	< 0,1	< 0,2
Silice ionică		< 0,2



Tabelul 35. Calitatea apei de adaos in circuitul secundar

Parametrul	Valoare	
	Curent	Maxim
<i>pH</i> la 298 K		< 9,2
Sodiu, $\mu\text{g.kg}^{-1}$	< 2	< 5
Cond., $\mu\text{S.cm}^{-1}$	< 1	
Silice totală, $\mu\text{g.kg}^{-1}$	< 50	
Silice ionică, $\mu\text{g.kg}^{-1}$		< 20
Suspensii, $\mu\text{g.kg}^{-1}$	< 50	



**Tabelul 36. Calitatea apei de alimentare
a generatorului de abur**

Alcalinizantul volatil utilizat:		Morfolină		Amoniac		Obs.
Parametrul	UM	curent	max	curent	max	
<i>pH</i> la 298 K (25 °C)			9,1-9,3		9,0-9,2	(1)
			9,1-9,7		9,6-9,8	(2)
Conductivitate totală la 298 K (25 °C)	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	3 - 5		2,7-4,2		(1)
		3 - 13		10 - 17		(2)
Oxigen dizolvat	$\mu\text{g.kg}^{-1}$		< 5		< 5	

(1) – în prezența cuprului; (2) – în absența cuprului

Calitatea apei destinate producerii aburului in CNE



- o Indicii de calitate ai **reactoarelor cu apă grea sub presiune** (PHWR) - tab. 38 și 39.

Tabelul 38. Calitatea apei din circuitul primar PHWR

Parametrul, UM	Interval de variație	Valoare optimă	Frecvența controlului
<i>pH</i> la 298 K (25 °C)	10,2 - 10,8	10,4	1/zi
Litiu, mg Li / kg D ₂ O	0,7 - 2,0	1,0	1/zi
D ₂ dizolvat, mg D ₂ / kg D ₂ O	0,8 - 4,0	0,8 - 1,6	semicontinuu
O ₂ dizolvat, mg O ₂ / kg D ₂ O	< 0,10	< 0,07	1/zi
Cloruri, mg Cl ⁻ / kg D ₂ O	< 0,2	< 0,05	2/săptămână
Suspensii, mg / kg D ₂ O	< 1,0	< 0,1	1/săptămână
Conductivitate la 298 K, μS.cm ⁻¹	20 - 35	25	1/zi

Tabelul 39. Calitatea apei din circuitul secundar PHWR

Parametrul	UM	Valori admisibile		Observații
		Apa de alimentare	Generator de abur	
<i>pH</i> la 298 K (25 °C)	-	8,8 - 9,2	9,0 - 9,4 8,3 - 8,7	morfolină amoniac
Fosfați	mg.L ⁻¹	-	0 - 10 2,2 - 2,6	
Hidroxizi liberi	μval.L ⁻¹	-	< 3,25	
Oxigen	μg.L ⁻¹	< 5	< 5	
Hidrazină	μg.L ⁻¹	5 - 20	5 - 20	
Silice	mg.L ⁻¹	-	< 5	
Fier	μg.L ⁻¹	< 10	-	
Cupru	μg.L ⁻¹	< 10	-	
Impurități solide dizolvate	mg.L ⁻¹	-	< 10	fără scăpări
		-	< 140	cu scăpări

Calitatea apei din sistemele de răcire



- o Majoritatea cantităților de apă folosite în industrie se utilizează pentru răcirea unor produse sau a unor procese.
- o Echipamente răcite cu apă:
 - condensatoare și schimbătoare de căldură,
 - sisteme de ulei, aer, lichide refrigerante,
 - motoare și compresoare,
 - furnale și convertizoare de oțel,
 - laminoare și instalații de turnare continuă,
 - reactoare etc.

Calitatea apei din sistemele de răcire



- o Apa de răcire poate fi utilizată în:
 - sistem deschis,
 - sistem deschis cu recirculare,
 - sistem închis,
 - sistem combinat răcire - spălare.

Calitatea apei din sistemele de răcire



o Sistem deschis

- o fenomenul de concentrare a sărurilor este inexistent
- o Sursele de apă posibile:
 - apele de suprafață (inclusiv apa de mare)
 - apele cele subterane
- o Apa de racire nu trebuie să conțină:
 - substanțe care atacă metalul (acizi, CO_2 , cloruri etc.)
 - substanțe care conduc la micșorarea secțiunii de curgere sau la murdărirea suprafețelor (depuneri de carbonați și/sau sulfati, compuși de fier, substanțe organice coloidale, microorganisme).

Calitatea apei din sistemele de răcire



- o **Sistem deschis cu recirculare**
- o datorită evaporării parțiale a apei are loc concentrarea sărurilor în circuit,
- o este necesară tratarea apei de adaos.
- o apa reține impuritățile din aerul vehiculat prin turnul de răcire
- o Tratarea internă a apei recirculate îmbunătățește mult funcționarea sistemului.

Calitatea apei din sistemele de răcire



o Sistem deschis cu recirculare

- o In plus față de sistemele de răcire deschise, apa de adaos din circuitele de răcire cu recirculare nu trebuie să conțină:
 - substanțe volatile care conduc la încărcarea mediului (săruri alcaline volatile și CO_2),
 - agenți care atacă betonul (sulfați peste o anumită limită),
 - agenți care atacă lemnul (microorganisme, alcalinitate, clor liber).

Calitatea apei din sistemele de răcire



o Sistem închis

- o pierderile de apă prin evaporare și antrenare de picături sunt neglijabile
- o exclusă impurificarea apei cu componente posibil de reținut din aer
- o Pierderile de apă din circuit se datorează mai ales neetanșeitățile locale
- o singurele impurificări posibile:
 - cu fluide de proces,
 - cu contaminanți din apa de adaos

Calitatea apei din sistemele de răcire



o Sistem închis

- o utilizează apă de adaos de calitate superioară (apă demineralizată cu corecție de *pH*).
- o În general se folosesc în cazul echipamentelor și proceselor critice, în care orice înrăutățire a răcirii poate conduce la distrugerea echipamentelor:
 - motoare cu ardere internă,
 - turnarea continuă a oțelului, etc.

Calitatea apei din sistemele de răcire



- o indicii de calitate ai apei din circuitele de răcire sunt stabiliți prin prescripții oficiale (ISCIR)
- o valorile menționate sunt valabile numai în cazurile în care nu se efectuează nici un fel de tratare internă a apei de răcire recirculate
- o valori ale indicelui de saturație Langelier (LSI) cuprinse între -0,5 și +0,5 și ale indicelui de stabilitate Ryznar (RSI) cuprinse între 6 și 7 asigură un caracter neutru (neincrustant și necoroziv) apei de răcire.



Tabelul 40. Calitatea apei din circuitele de răcire

Parametrul	UM	Valori pentru circuite:		
		deschise	cu recirculare	închise
Duritate temporară, max.	°D	-	6	0,01
Sulfați, max.	mg.L ⁻¹	-	500	1
Cloruri, max.	mg.L ⁻¹	-	400	1
pH, min.	-	-	-	8,3
Conductivitate, max.	μS.cm ⁻¹	-	-	5
Reziduu fix la 105 °C	mg.L ⁻¹	-	3000	-
Silice, max.	mg.L ⁻¹	-	200	-
Solide în suspensie, max.	mg.L ⁻¹	200	50	0

Calitatea apei din sistemele de răcire



- o Principalele probleme care apar în exploatarea sistemelor de răcire sunt:
 - murdărirea suprafețelor de transfer de căldură (fouling),
 - depunerea de cruste,
 - coroziunea,
 - apariția dezvoltărilor de natură biologică.



Fouling

- o fenomenul de depunere a acelor substanțe din apă, altele decât cele care formează cruste.
- o Problemele create de fouling sunt sintetizate în tab. 41.
- o Sursele de fouling sunt:
 - apa de adaos,
 - aerul atmosferic,
 - procesul tehnologic.



Fouling

**Tabelul 41. Principalele surse de fouling
și efectul lor asupra sistemele de răcire**

Sursa	Probleme cauzate
•Solide în suspensie și coloizi	depuneri, eroziune, creșterea consumului de inhibitori
- praful din aer - oxizi, nămol, argilă - resturi vegetale	blocarea orificiilor de curgere
- alge și bacterii - fungii și drojdii	formarea de mucilagii atacul lemnului
•Substanțe dizolvate	
- substanțe organice - compuși cu azot și fosfor	creșterea algelor și acidularea apei
•Scurgeri de hidrocarburi	formarea de pelicule



Fouling

- o **Apa de adaos** poate conține solide în suspensie care pot sedimenta în porțiunile de circuit în care vitezele de curgere sunt mai mici, precum și materie coloidală instabilă care, la creșterea ușoară a temperaturii și/sau concentrației, se poate transforma într-un gel adsorbant, aderent pe suprafețele solide.

Fouling



- o **Aerul atmosferic** este spalat in turn
- o Toate impuritățile din aer sunt transferate în apa de răcire:
 - nisipul din zonele deșertice sau aride,
 - picăturile de apă sărată din zonele litorale,
 - praful de oxizi și var din siderurgie și de la fabricarea materialelor de construcții,
 - gazele acide (HCl , CO_2 , SO_2 , NO_x) provenite de la incinerarea deșeurilor sau arderea combustibililor,
 - gazele și aerosolii (NH_3 , HF , H_2SiF_6 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , NH_4NO_3) din fabricile de îngrășăminte.
 - Sporii de alge și de bacterii sunt reținuți în apă, găsind aici un mediu propice pentru dezvoltare.

Fouling



o Procesul tehnologic

- o în sist. deschise cu recirculare, impurificarea este accidentală, datorită scăpărilor de fluid răcit (ulei, solvenți, produse petroliere, amoniac etc.)
- o în sist. combinate răcire - spălare, impurificarea apei din circuit este voită și are un caracter permanent.

Fouling



Depuneri:
o Namol:



Fouling



Depuneri:

o Produse de coroziune:



FOULING





Depunerea de cruste

- o Datorata acțiunii concomitente a trei factori:
 - conținutul de ioni din apă,
 - temperatura,
 - condițiile hidrodinamice.
- o Crustele sunt formate în general din **săruri de calciu** a căror solubilitate scade cu temperatura (carbonat, sulfat) și **silice**.

Depunerea de cruste



o Carbonatul de calciu

- componentul principal al majorității crustelor,
- se poate îndepărta prin spălare chimică.

o Sulfatul de calciu

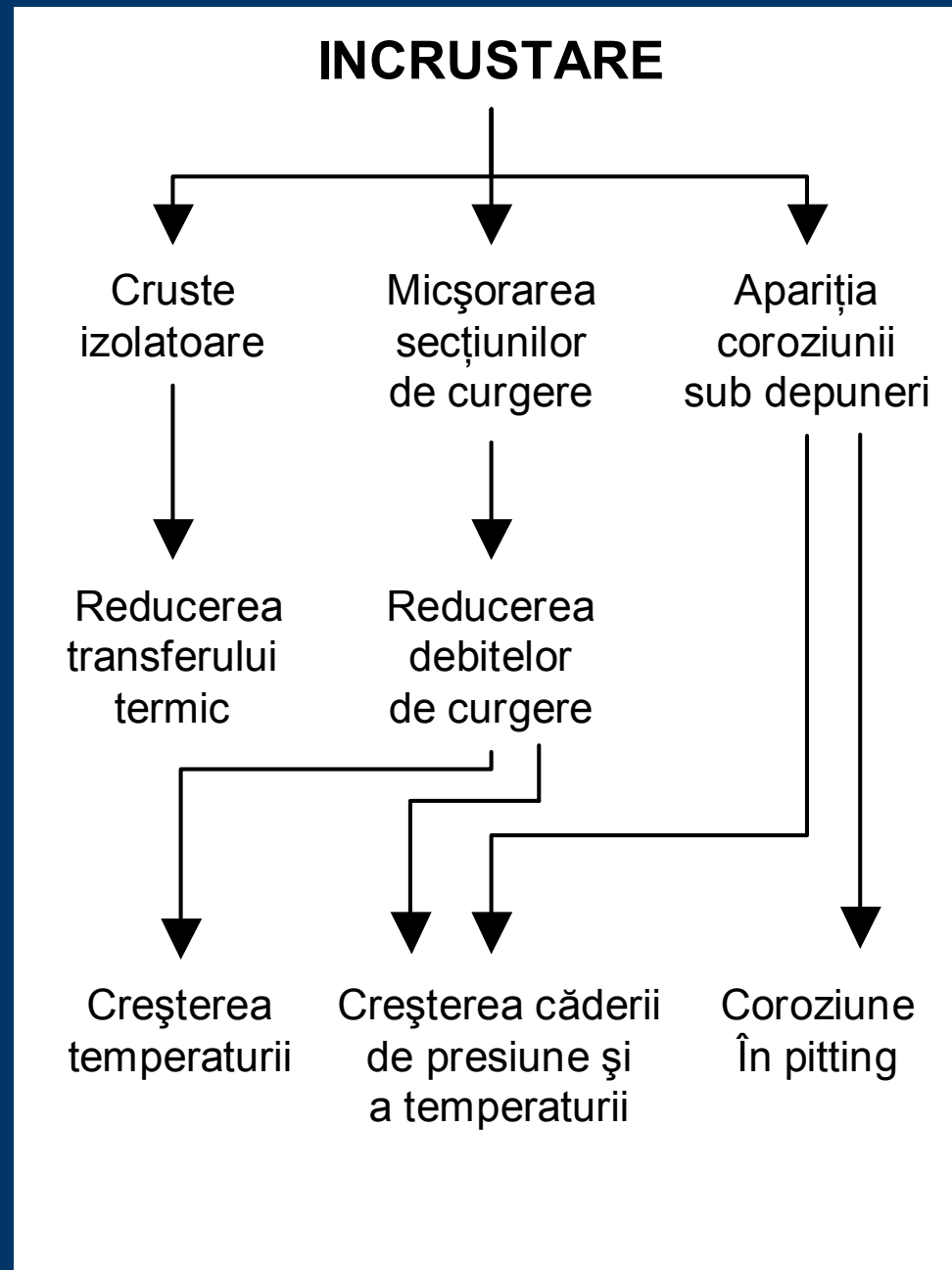
- are solubilitatea maximă la 40 °C,
- peste această temp. cristalizeaza ca anhidrit (CaSO_4) sau ca semihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$),
- sub această temperatură cristalizeaza ca dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- Odată format sulfatul de calciu solid, redizolvarea este foarte lentă.



Depunerea de cruste

- o **Ortofosfatul de calciu, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$**
 - în stare pură cristalizează sub formă pulverulentă și neaderentă,
 - împreună cu CaCO_3 formează o crustă dură, aderentă.
- o **Silicea**
 - se găsește în apă sub formă
 - ionică,
 - coloidală,
 - ca aluminosilicați de Ca sau Mg (argilă).
 - Crustele de silice sunt dure, aderente și foarte puțin conductive.

Fig. 8. Neajunsuri provocate de către depunerea de cruste



Depunerea de cruste



Depunerea de cruste



Figure 4.16 Thick calcium carbonate deposits on condenser tube and copper transfer pipe. Note the stratification.

Coroziunea



o Coroziunea poate ataca:

- materialele metalice din care sunt confecționate traseele și schimbătoarele de căldură,
- betonul din care sunt confecționate, în general, turnurile de răcire.

o coroziunea

- uniformă = destul de rar întâlnită
- localizată

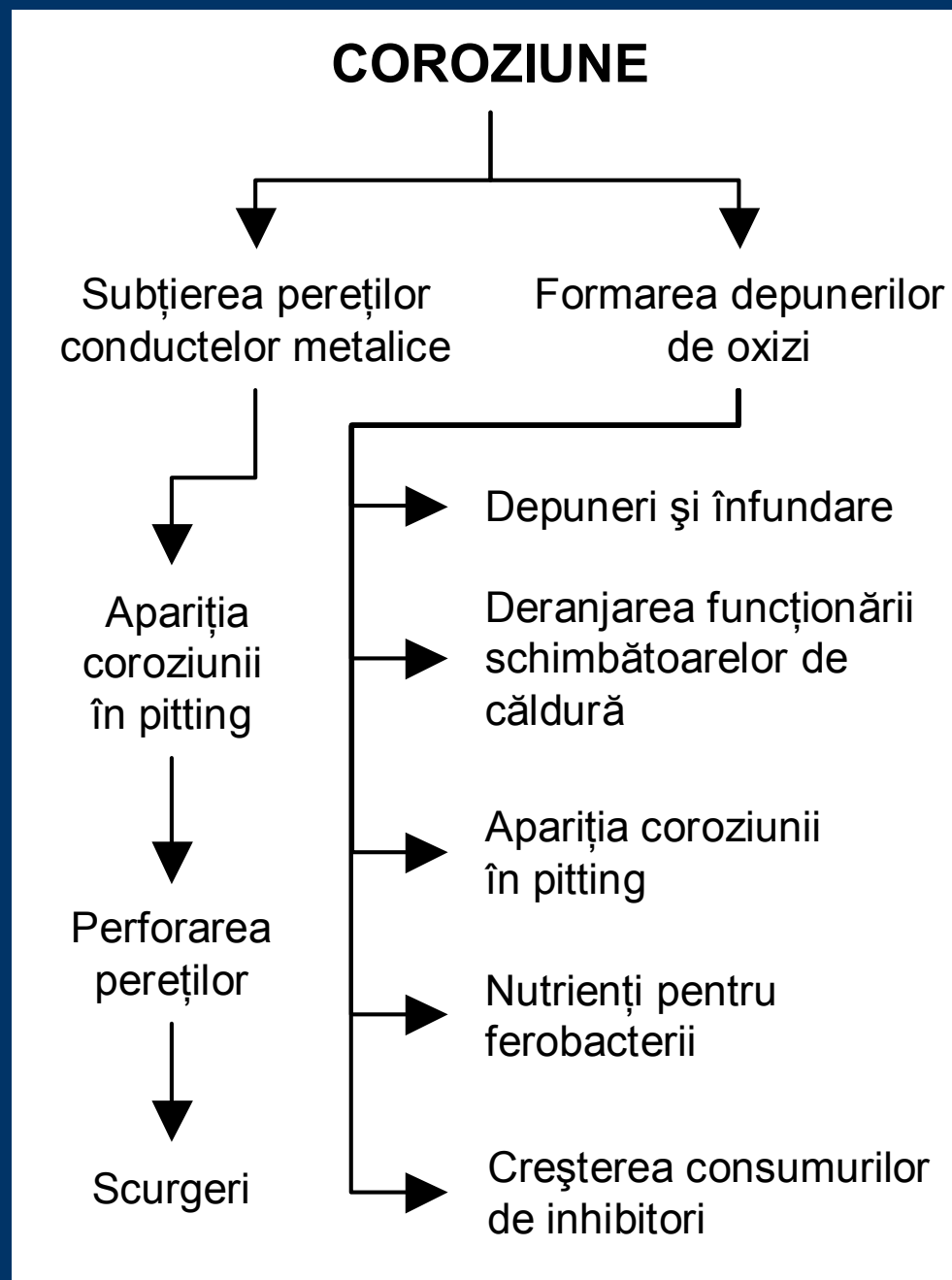
Coroziunea



o Coroziunea localizată:

- coroziunea sub depuneri,
- coroziunea în pitting,
- coroziunea galvanică,
- coroziunea selectivă,
- coroziunea fisurantă sub tensiune.

Fig. 9. Neajunsuri provocate de către coroziune

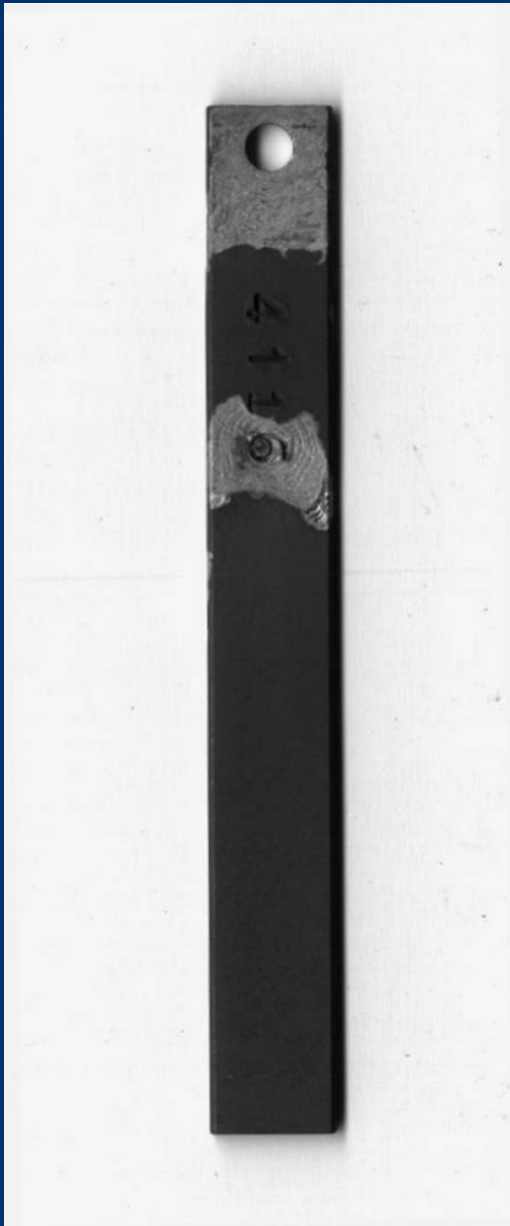


Coroziune sub depunere



Figure 4.2 Severe localized wastage on a 316 stainless steel heat exchanger tube. Attack occurred beneath deposits, which were removed to show wastage.

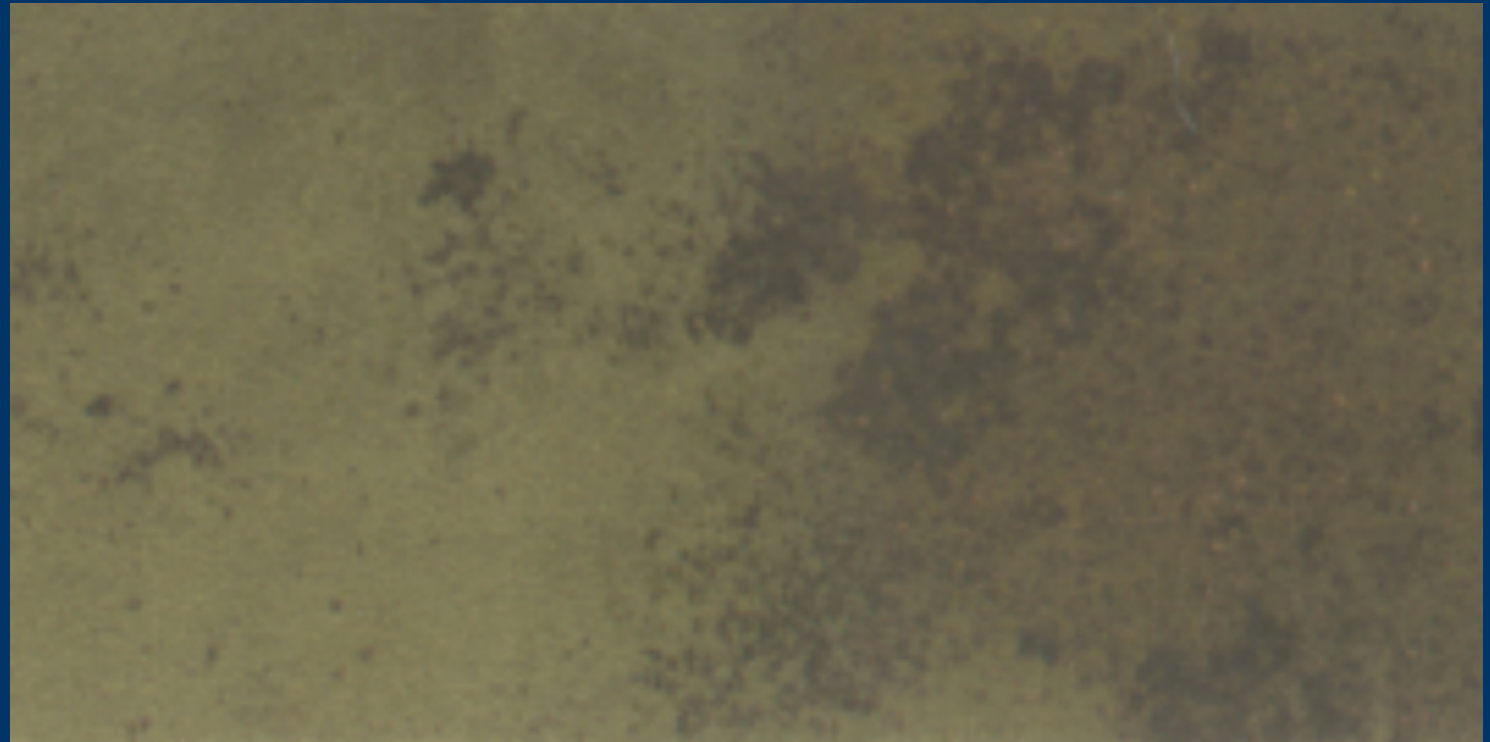
Coroziune indusa microbiologic



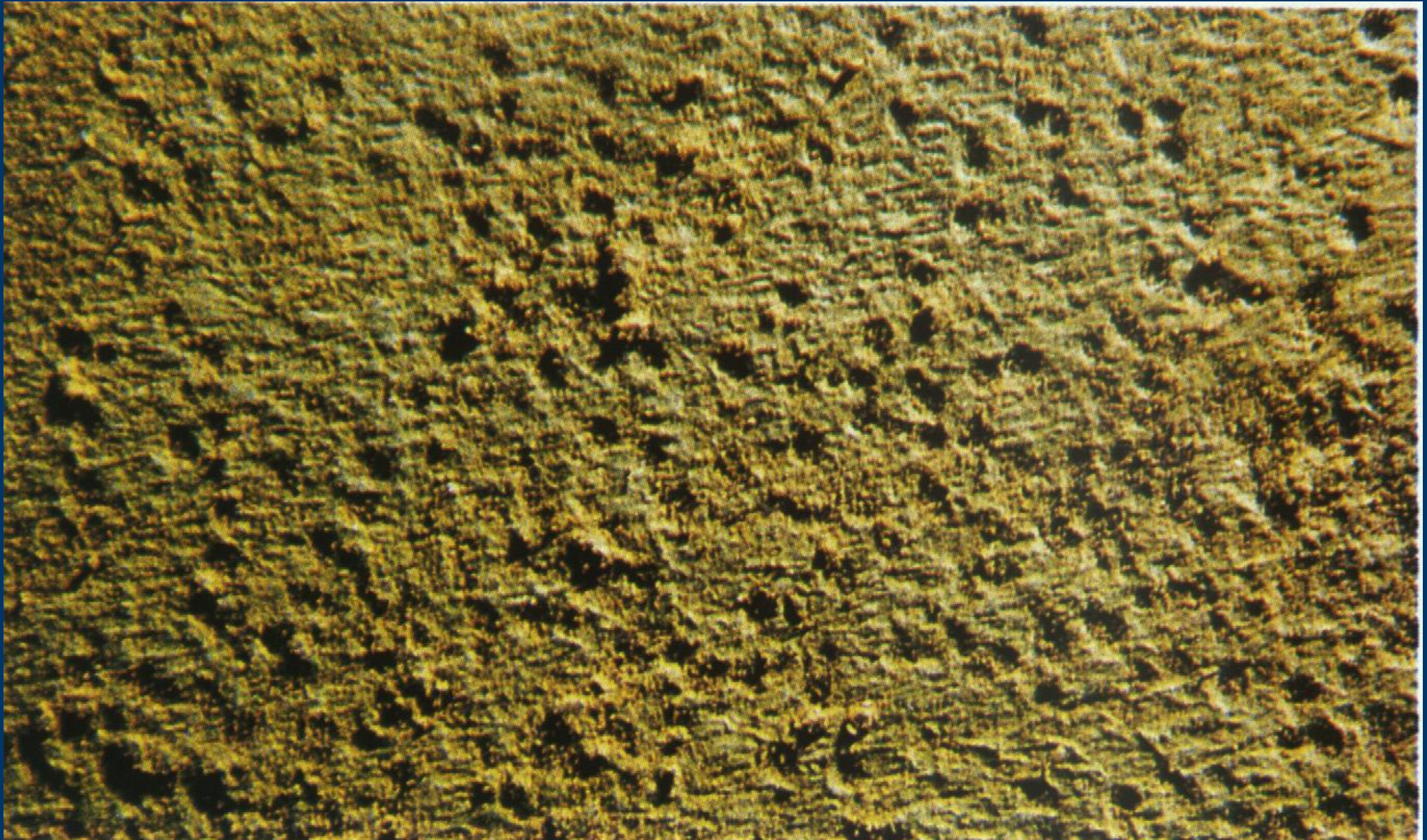
Coroziune localizata



Coroziune selectiva (dezincare)^{💧💧💧}



COROZIUNE IN PITTING



COROZIUNE GALVANICA



- o Ammonia plant
- o Shell side cooling water
- o $\text{Zn} - \text{PO}_4^{3-}$ free pH water treatment
- o Mild steel baffles and rods
- o EN 1.4401 tubes
- o High anode cathode ratio
- o **Galvanic corrosion**

COROZIUNE FISURANTA SUB TENSIUNE (SCC)

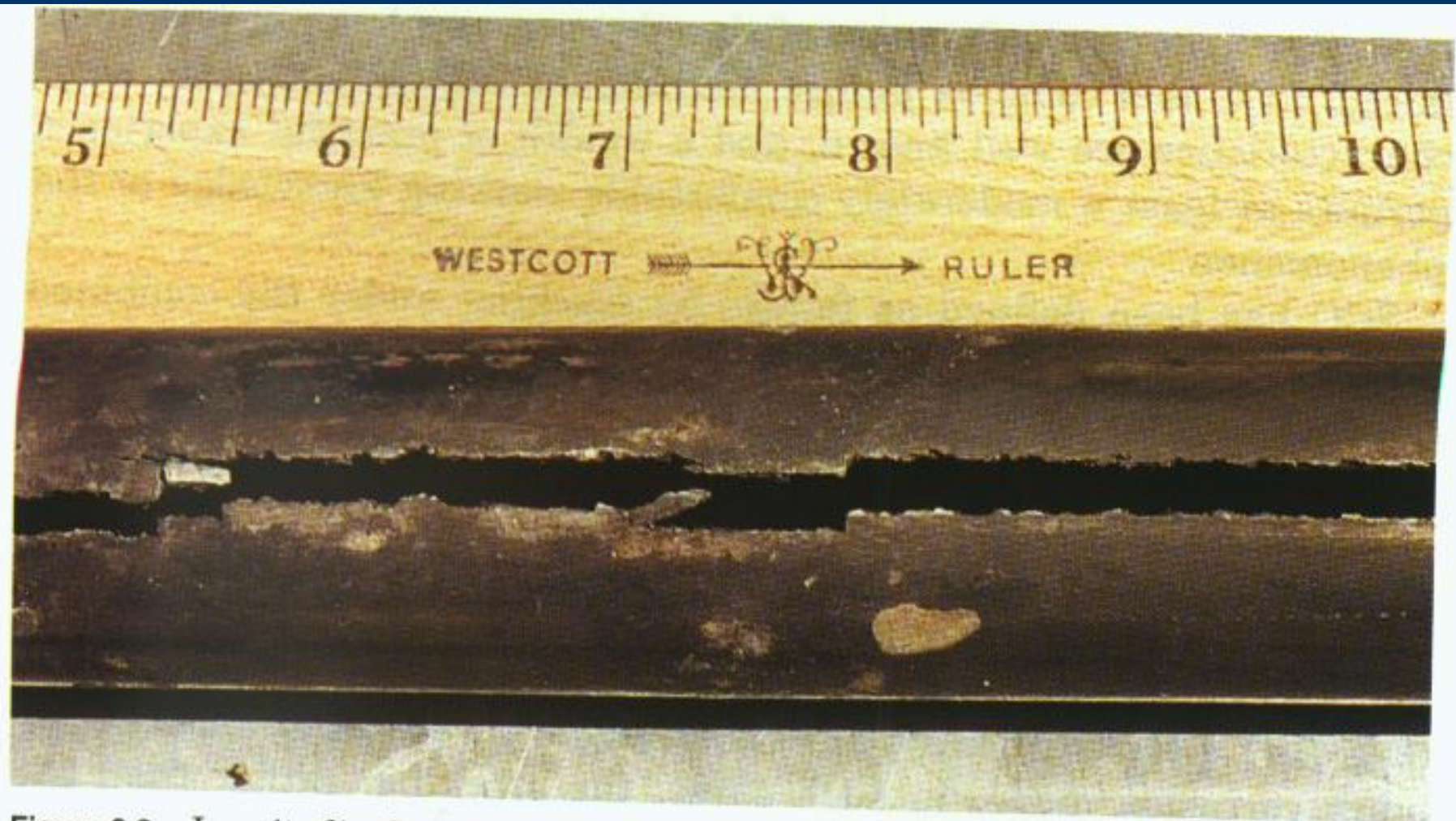
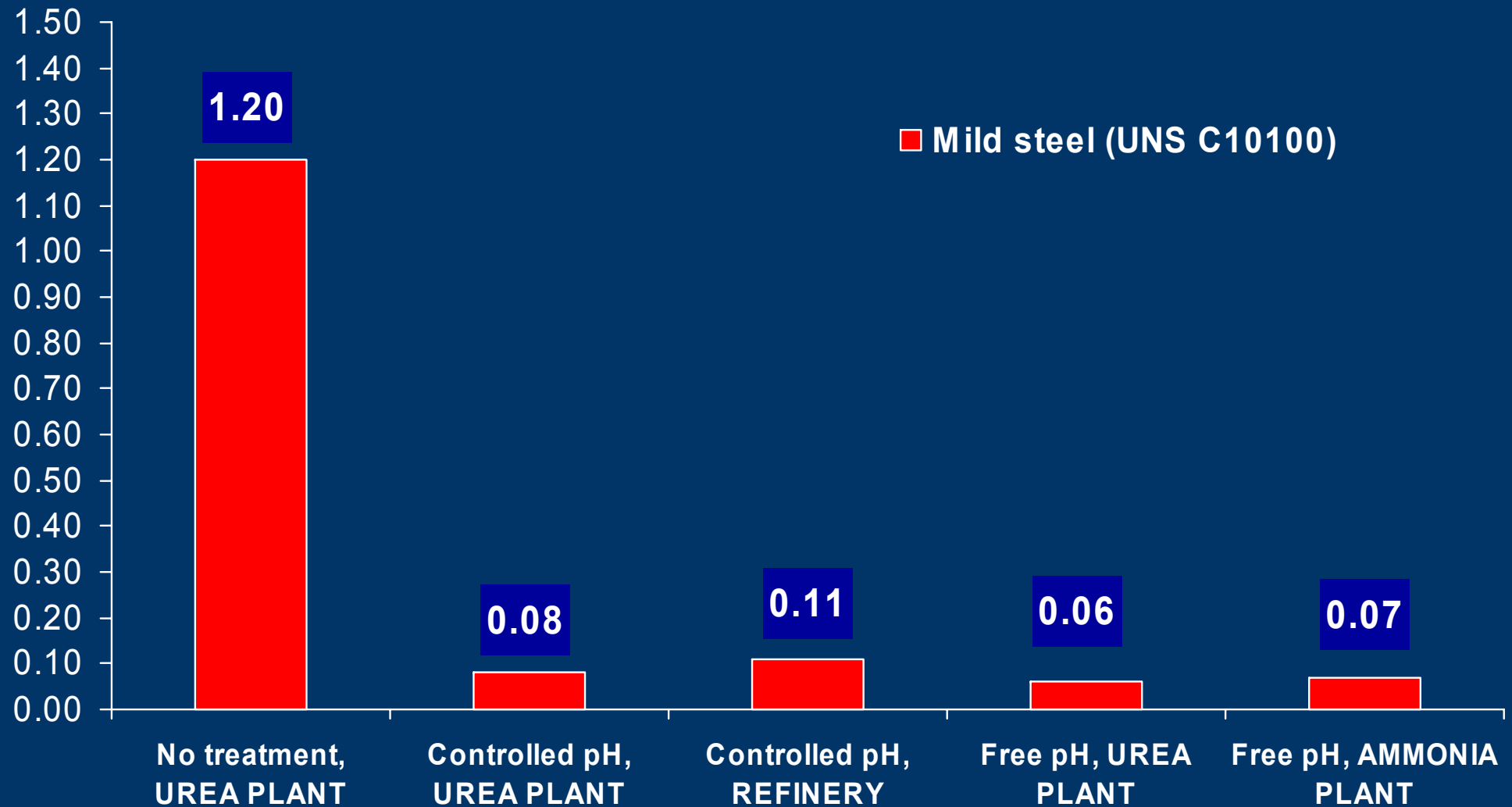
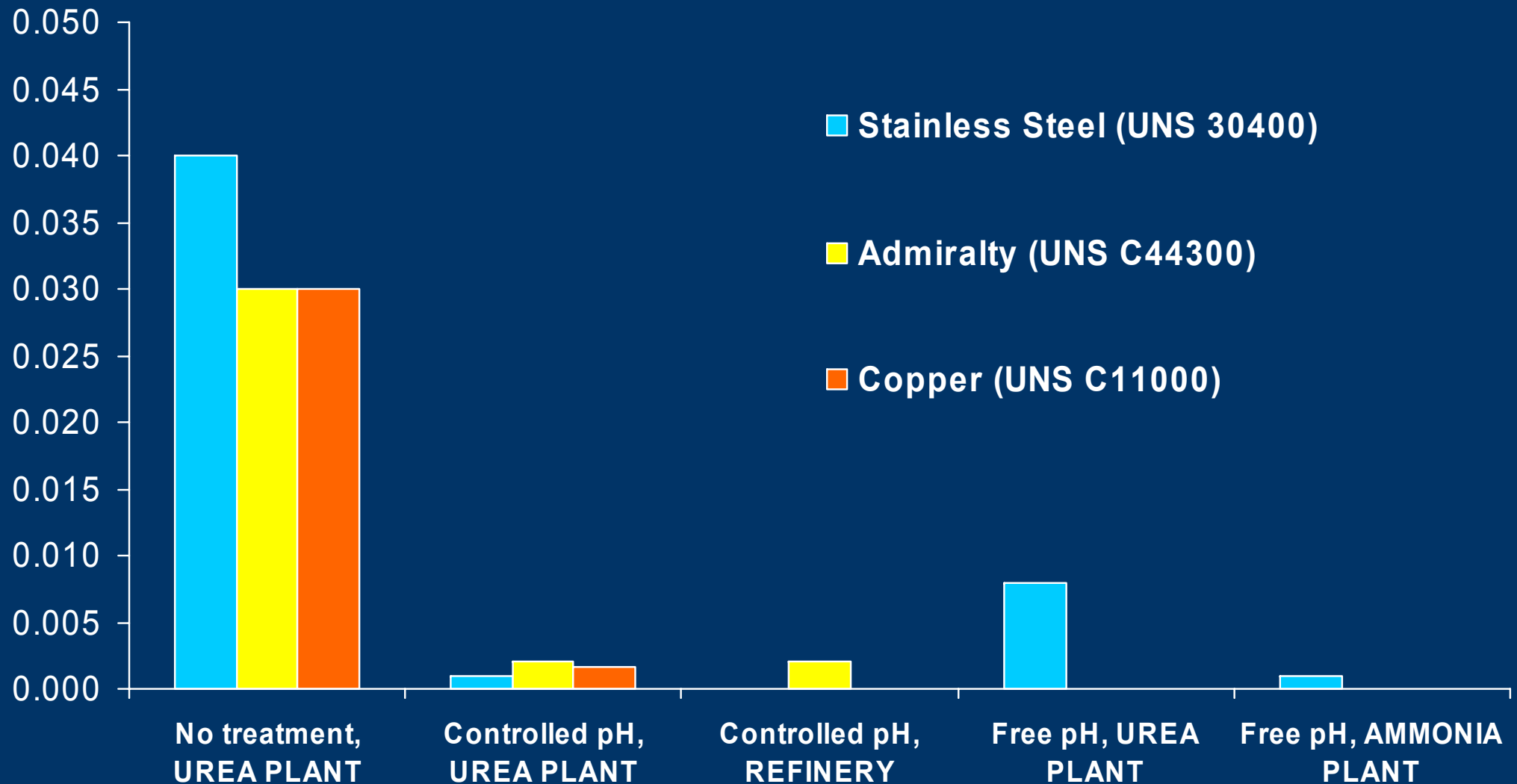


Figure 9.2 Longitudinal stress-corrosion cracks in a heat exchanger tube; the broad gap between the crack faces reveals that high-level residual hoop (circumferential) stresses from the tube-forming operation provided the stress component required for SCC.

CORROSION RATES [mm/yr]



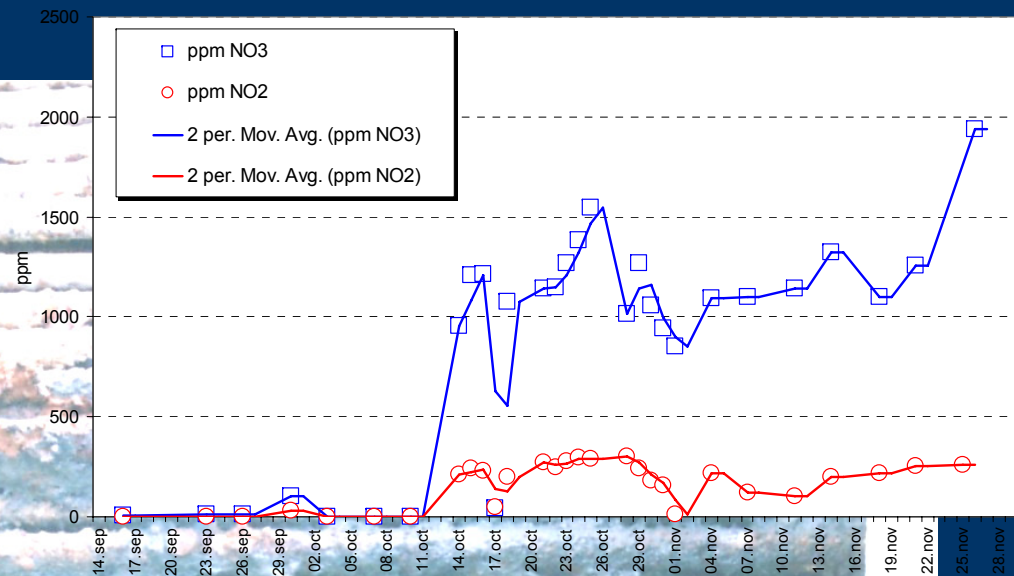
CORROSION RATES [mm/yr]



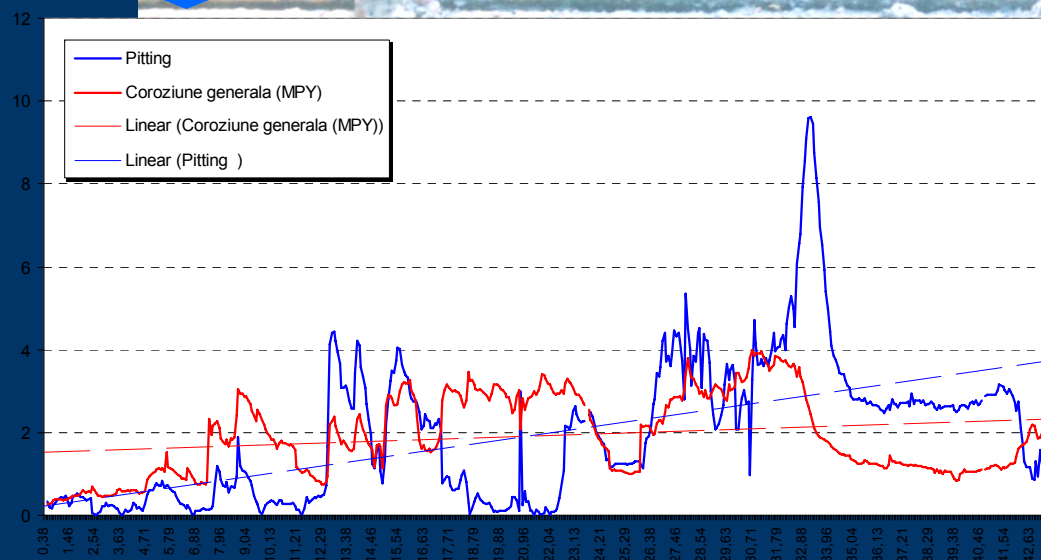
Dezvoltarea biologică

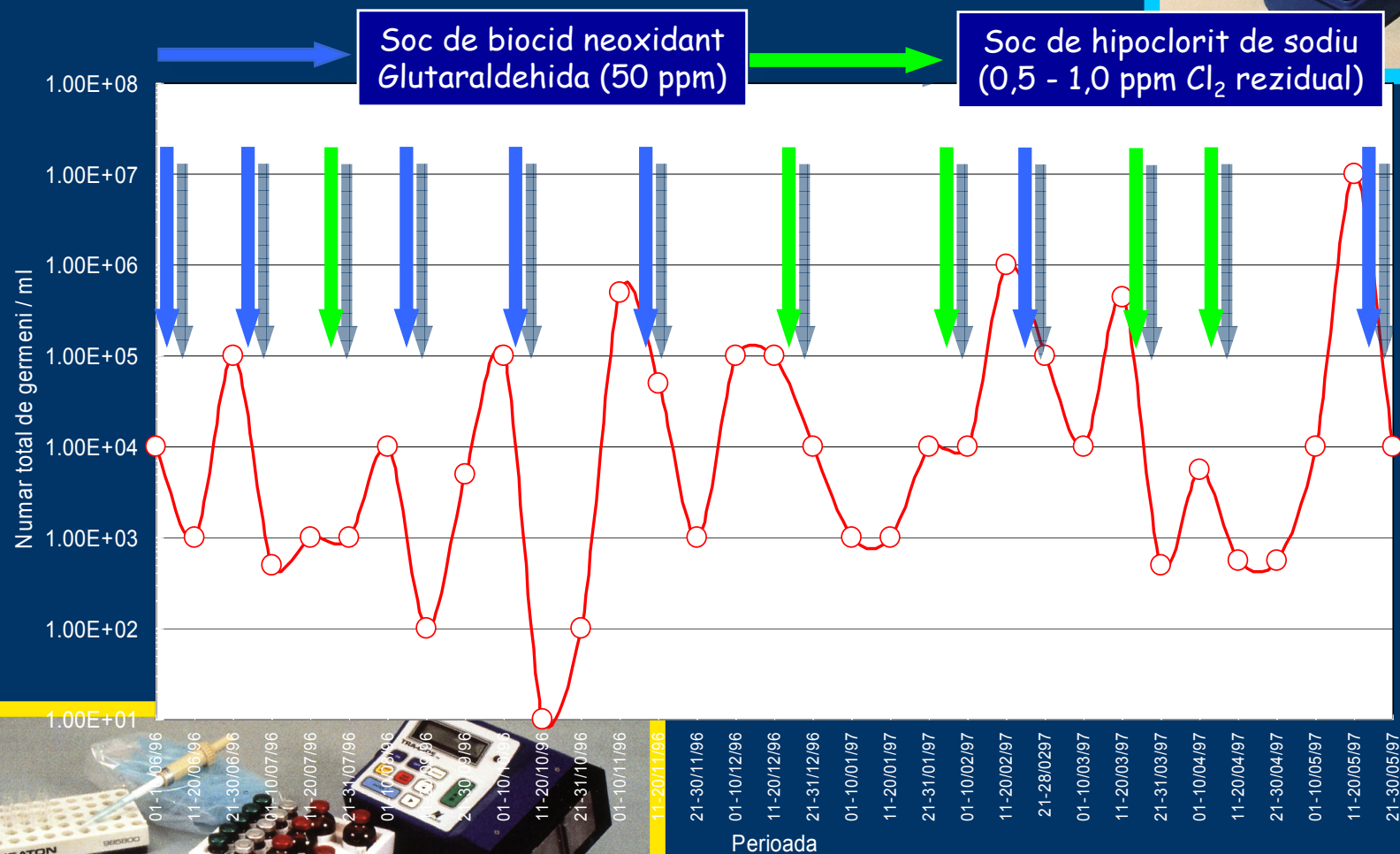


- o Sistemele de răcire furnizează organismelor vii aer, căldură și lumină.
- o Dezvoltarea necontrolată a microorganismelor în apa de răcire conduce la formarea unui film izolator care reduce transferul de căldură și mărește căderea de presiune în sistem.
- o În timp se acumulează depuneri considerabile sub care materialul metalic este corodat, apărând astfel așa numita **coroziune indusă microbiologic**.



VITEZA DE COROZIUNE A OTELULUI CARBON
(1 mpy = 0,025 mm/an)

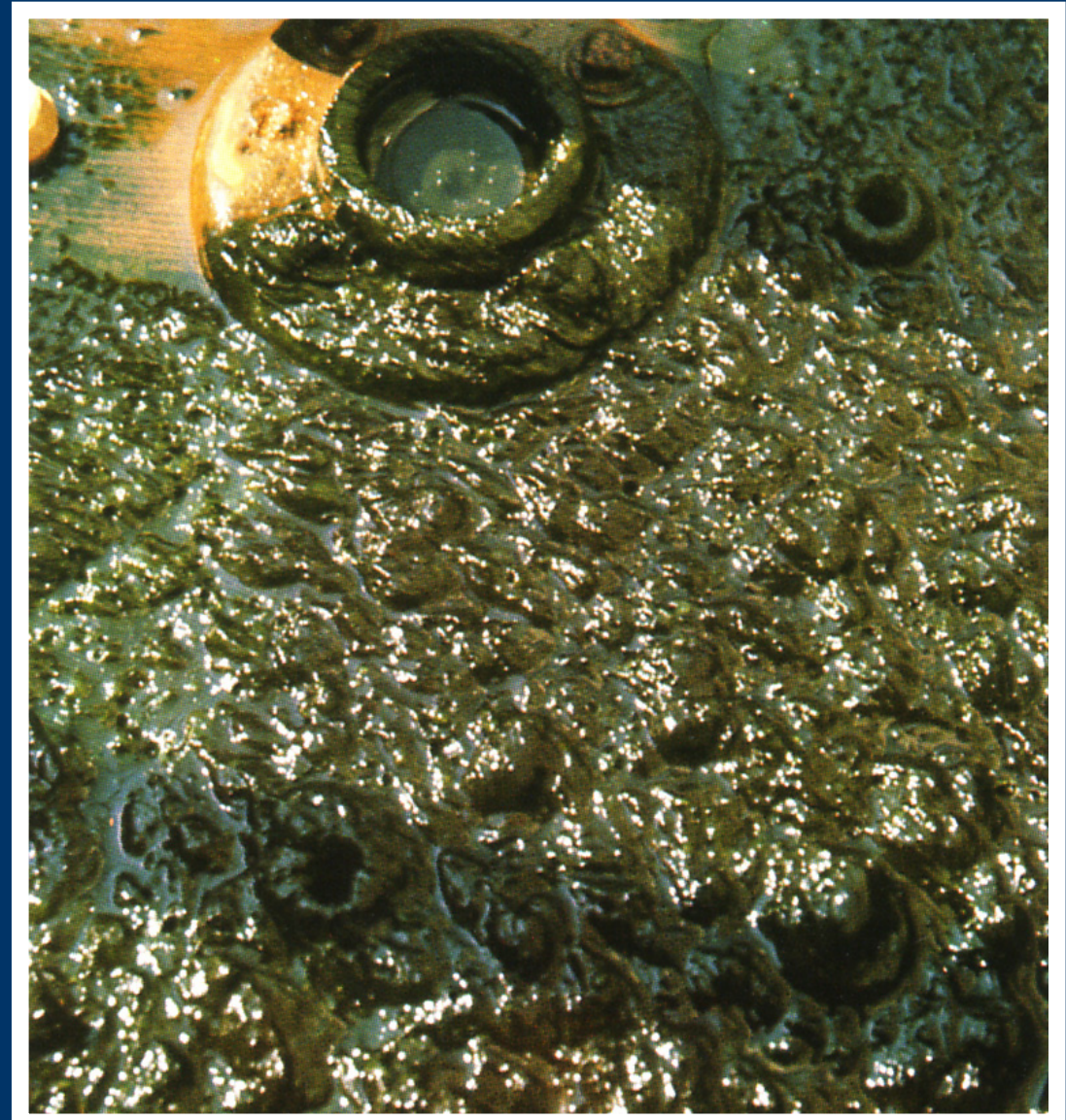
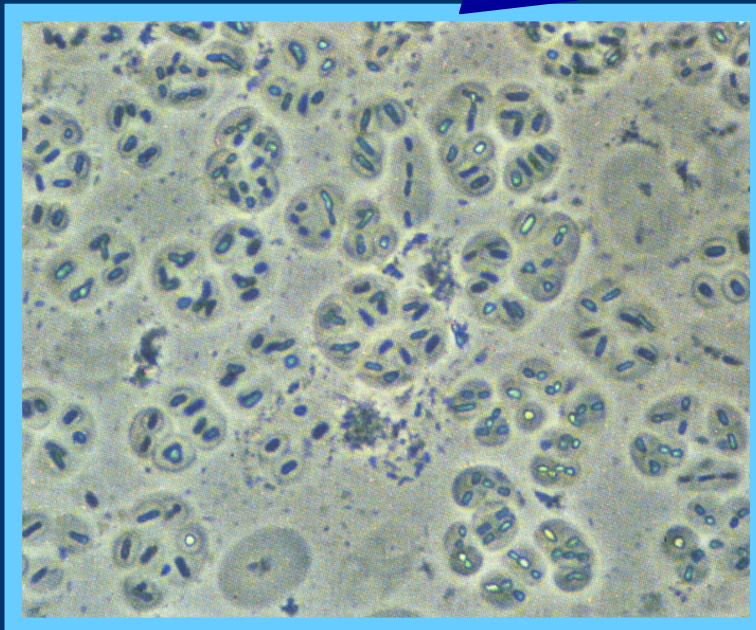




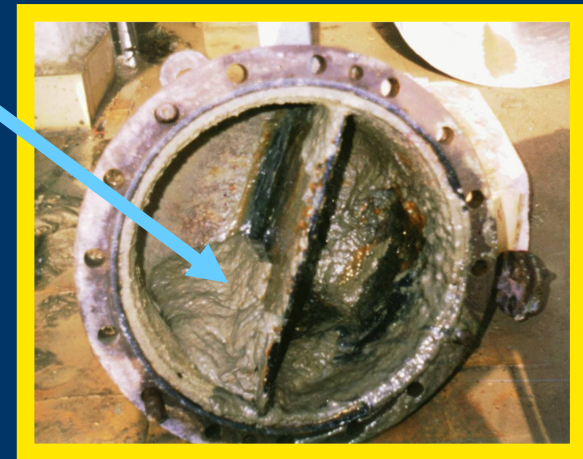
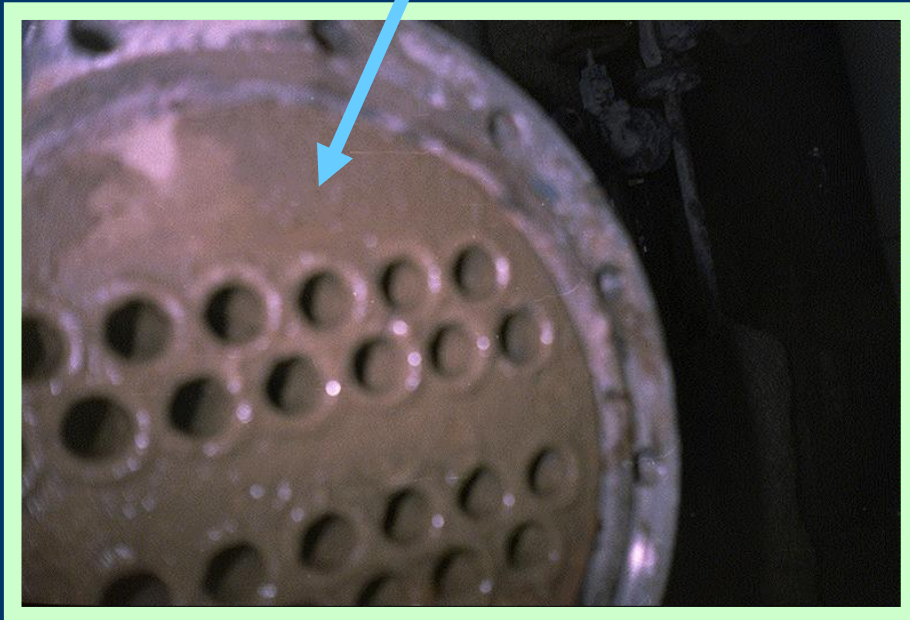
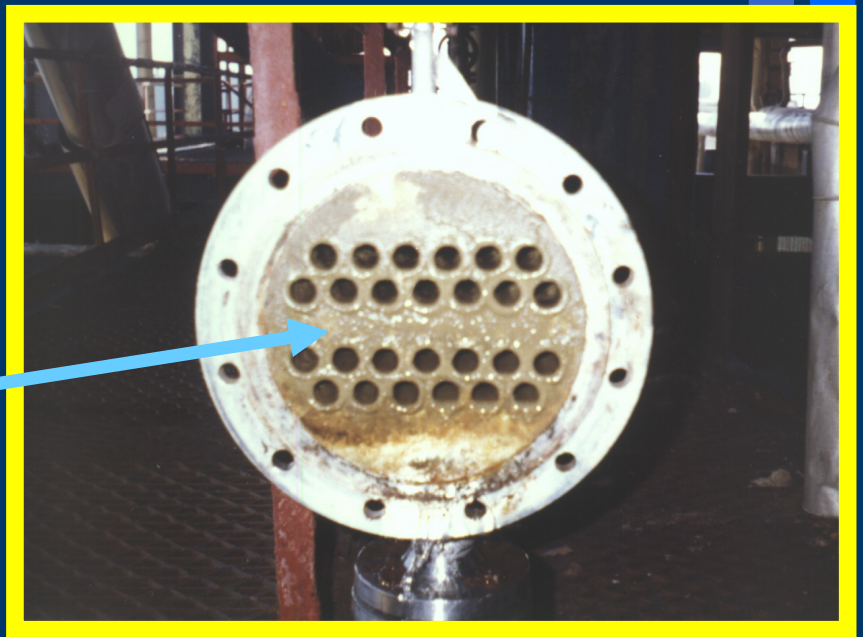
Dezvoltari microbiologice



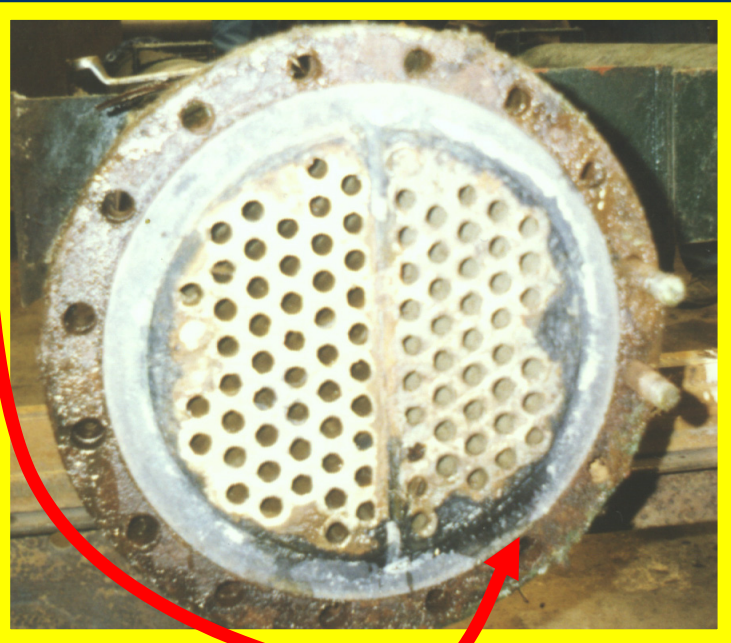
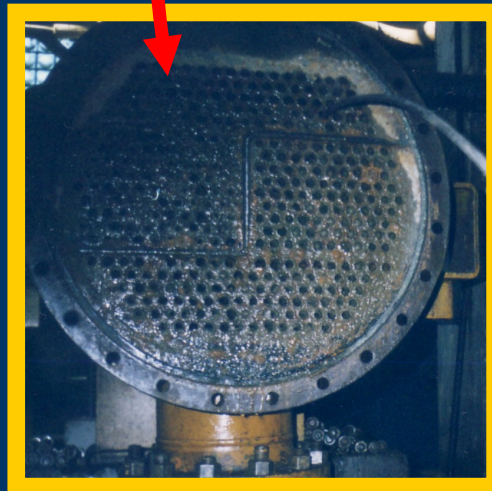
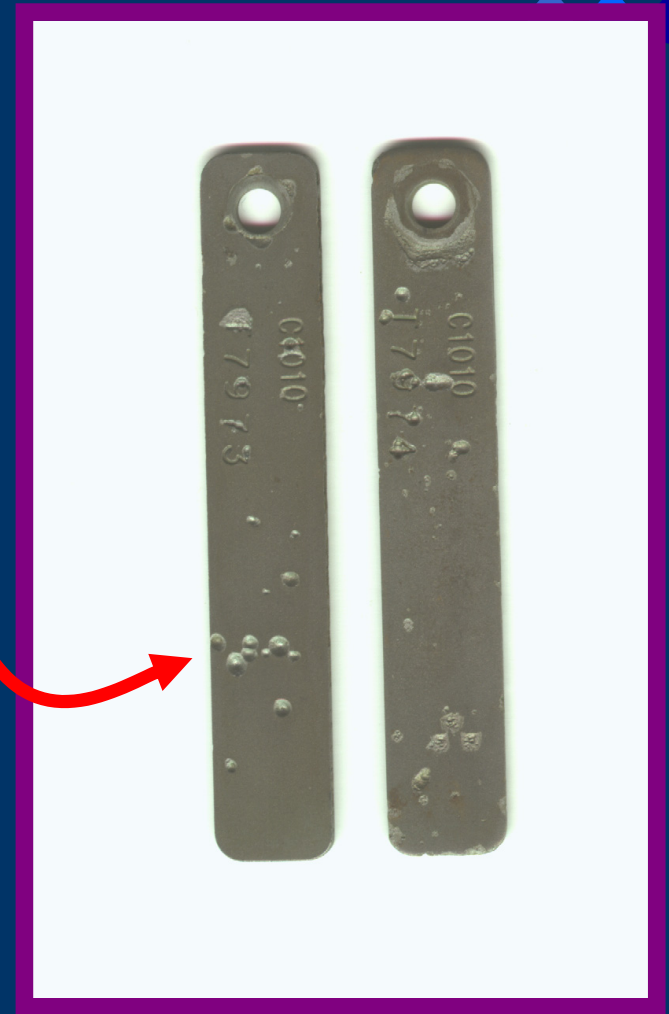
Depuneri:
o Microbiologice:



**BACTERII
FORMATOARE
DE NAMOL**



BACTERII REDUCATOARE DE SULFATI



MATERIE
ALGALA IN
TURNURILE
DE RACIRE



COROZIUNE INDUSA
MICROBIOLOGIC IN
OTEL INOXIDABIL 304L

