

OPTIMIZAREA TEHNOLOGIILOR DE DEMINERALIZARE A APEI ÎN SCOPUL REDUCERII IMPACTULUI CENTRALELOR ELECTRICE ASUPRA MEDIULUI ACVATIC

dr.ing. Aurelia Bolma, ing. Agnes Șerbănescu

Institutul de Cercetare și Dezvoltare pentru Energie ICEMENERG - București

B-dul Energeticienilor nr.8 Sector 3 București.

Tel. 021 346 27 72; Fax: 021 346 27 90; e-mail: bolma@icemenerg.ro

Rezumat

Lucrarea prezintă implementarea în România a tehnologiilor moderne de demineralizare cu straturi compactate a apei brute, pentru obținerea apei de adaos corespunzătoare prescripțiilor pentru alimentarea generatoarelor energetice.

Tehnologiile prezentate sunt: tehnologia UP.CO.RE (Dow Chemical), implementată la S.E. Galați și CET București - Sud și tehnologia PACKED BED (Purolite International), implementată la S.E. Constanța.

Avantajele acestor tehnologii sunt: reducerea volumului total de ape uzate evacuate în emisar prin scăderea cantității de ape de spălare și micșorarea cantității de regeneranți, micșorarea timpului de regenerare, creșterea cantității de apă tratată și a indicatorilor tehnologici de operare, utilizarea integrală a spațiului din filtrul ionic prin umplerea completă a acestuia cu schimbători de ioni.

Cuvinte cheie: impact redus asupra mediului, sisteme de demineralizare cu straturi compacte, apa de adaos, schimbători de ioni.

Introducere

Tehnica tratării apei cu ajutorul schimbătorilor de ioni pentru obținerea apei de adaos care să corespundă prescripțiilor pentru alimentarea generatoarelor energetice este actualmente cea mai utilizată în întreaga lume.

Tehnologia clasică de demineralizare a apei constă în existența fluxului de funcționare și a celui de regenerare în același sens de curgere și anume în sens descendent. Această tehnologie este denumită și *tehnologie în echicurent*. Tehnologia în echicurent implică utilizarea unor consumuri de reactivi chimici și ape tehnologice foarte mari [3].

Principalele inconveniente ale acestei tehnologii sunt legate de:

- spații mari pentru amplasarea echipamentelor și multiple operații necesare pentru mentenanța procesului;
- consumuri tehnologice mari (reactivi chimici pentru regenerare, apă tehnologică, schimbători de ioni);
- poluarea apelor de suprafață prin evacuări zilnice de cantități mari de ape uzate din procesele de regenerare a schimbătorilor de ioni.

2. Tehnologii moderne de tratare a apei pentru scopuri energetice.

Optimizarea indicatorilor tehnologici de proces, concomitent cu prevenirea și limitarea poluării apelor de suprafață datorită tehnologiilor de tratare a apei pentru scopuri energetice a constituit una din preocupările importante ale specialiștilor în domeniu. În acest sens s-au realizat:

- tehnologii bazate pe procese fizice, membranale (microfiltrare, osmoză inversă, electroodializă);
- perfecționarea tehnologiilor bazate pe schimbul ionic prin aplicarea tehnologiei în contracurent și strat compactat (UP.CO.RE, AMBERPACK, PACKED BAD).

Tehnologia de tratare în care sensul fluxului de regenerare este invers fluxului de funcționare se numește *tehnologie în contracurent*. Acest mod de introducere a regenerantului conduce la mărirea zonei de finisare (zona supraregenerată) a schimbătorului de ioni și deci la obținerea unei ape cu caracteristici fizico – chimice deosebite.

Efectele principale ale acestei tehnologii sunt îmbunătățirea indicatorilor tehnologici, cuantificați prin capacitate operațională și cantitate de apă tratată superioară, coroborate cu utilizarea mai eficientă a agenților chimici de regenerare și diminuarea impactului ecologic.

Tehnologia cu straturi compactate este considerată a fi un sistem perfecționat al sistemului în contracurent.

Principalele avantaje ale acestei tehnologii sunt:

- cantități de regenerant și ape de spălare reduse;
- micșorarea timpului de regenerare;
- creșterea cantității de apă tratată și a indicatorilor tehnologici de operare;
- utilizarea integrală a spațiului din filtrul ionic prin umplerea completă a acestuia cu schimbători de ioni;
- protecția mediului.

În prezent sunt cunoscute următoarele tipuri de sisteme compacte: UP.CO.RE, AMBERPACK, PACKED BED, SCHWEBEBETT (STRAT COMPACT – PAT FLUIDIZAT).

2.1. Tehnologia cu straturi compactate UP.CO.RE. Descriere generală

UP.CO.RE este tehnologia dezvoltată de Dow Chemical Co., utilizând schimbătorii de ioni de tip DOWEX.

Principala caracteristică a acestui proces tehnologic este aceea că sensul de funcționare este descendent și cel de regenerare este ascendent, prezentând un stadiu de compactare și altul de sedimentare a schimbătorului de ioni [1].

Tehnologia UPCORE permite eliminarea în cadrul procesului de compactare a particulelor fine de schimbători de ioni și de materii în suspensie acumulate în timpul ciclului de funcționare.

Prin oprirea funcționării nu există pericolul perturbării staturilor de schimbător de ioni. Zona de finisare a schimbătorului de ioni rămâne intactă și necontaminată.

Descrierea succintă a etapelor procesului UPCORE [5] este următoarea:

- regenerarea (de jos în sus); stratul de schimbător de ioni este compactat, în partea superioară a filtrului ionic cu ajutorul unui flux de apă ascendent;
- statul de schimbător de ioni compactat este supus în continuare fazei de regenerare, cu

diminuarea debitului necesar acestei etape; aceasta permite ca regenerarea să se efectueze cu viteze care permit obținerea celor mai bune rezultate;

- dislocuirea surplusului de reactivi de regenerare se realizează în același sens cu cel al regenerantului;
- spălarea finală; schimbătorul de ioni este lasat să cadă în partea de jos a filtrului, spălarea finală se realizează prin *recircularea* apei între filtrul cationic și anionic, cu un flux de apă în sens descendent la un debit egal cu cel de funcționare.

Particularitățile ale acestui proces sunt prezentate în fig.1.

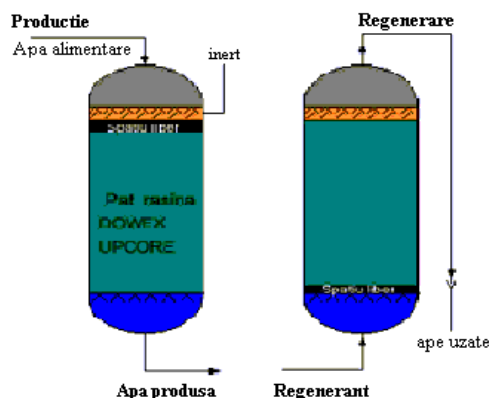


Fig.1. Tehnologia de tratare a apei prin sistem *UPCORE*

În cadrul tehnologiei *UPCORE* sunt utilizate nivele de regenerare situate la limita inferioară a tehnologiei în contracurent.

Avantajele principale ale tehnologiei *UPCORE* sunt următoarele:

- *capacitate operațională mare pentru schimbătorii de ioni;*
- *autocurățirea schimbătorilor de ioni și eliminarea etapei de afânare;*
- *eliminarea riscului de *contaminare* a apei tratate după o oprire neprogramată;*
- *volum redus de ape uzate cu cca 50%, față de sistemul clasic, prin recircularea apelor rezultate la operația de spălare finală.*

2.2 Tehnologia de tratare a apei în sistem *PACKED BED*. Descriere generală

PACKED BAD este tehnologia dezvoltată de firma PUROLITE Co., schimbătorii de ioni utilizați în această tehnologie sunt de tip PUROLITE.

În sistemul de tratare *Packed bed* sunt aplicate principiile tehnologiei în contracurent având următoarele configurații[4]:

- *regenerare în sens ascendent și funcționare în sens descendent;*
- *regenerare în sens descendent și funcționare în sens ascendent.*

Regenerarea în sens descendent și funcționare în sens ascendent permite o bună distribuție a agentului de regenerare. În general condițiile de regenerare sunt aceleași cu cele din tehnologia în echicurent, deosebirea constând în concentrația, viteza și cantitatea de regenerant.

Facilitățile de recirculare a apelor uzate conduc la micșorarea impactului produs de acest sistem asupra emisarului.

Avantajele principale ale tehnologiei *PACKED BED* [2] sunt următoarele:

- *sistemul este simplu și compact, spațiul de amplasare este mic, operațiile pot fi automatizate;*
- *reducerea regeneranților chimici;*
- *calitatea foarte bună a apei tratate;*

- volum minim de ape uzate, prin utilizarea sistemului de recirculare a apelor de la spălarea rapidă.

In fig. 2 este redat procesul de tratare a apei prin sistemul PACKED BED.

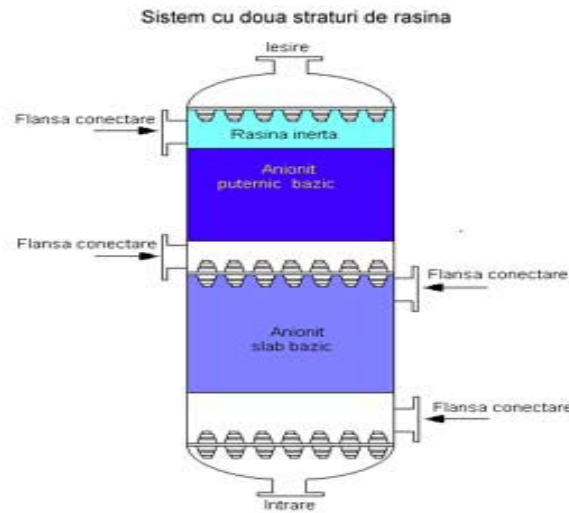


Fig. 2 Tehnologia de tratare a apei prin sistem *PACKED BED*

3. Implementarea tehnologiei de tratare a apei cu straturi compactate în industria energetică din ROMANIA.

Proiectele de re tehnologizare a instalațiilor de tratare a apei din industria energetică s-au materializat prin implementarea tehnologiilor cu straturi compactate de tip UPCORE la SE Galați și la CET București Sud, iar cea de tip PACKED BED la SE Constanța.

3.1. Implementarea industrială a tehnologiei UPCORE la SE Galați.

Tehnologia de tratare a apei cu straturi compactate UPCORE a fost implementată la SE Galați din anul 1995.

Conceptele de bază ale tehnologiei de tratare a apei în sistem UPCORE au presupus:

- modificări ale utilajelor industriale existente: distribuitori superiori, vizori, virole;
- echipamente noi; ejectori pentru reactivi chimici, rotametre, aparate de măsură și control;
- schimbători de ioni specifici.

Fluxul tehnologic și configurația liniei de demineralizare în sistem UPCORE este prezentată în fig.3.

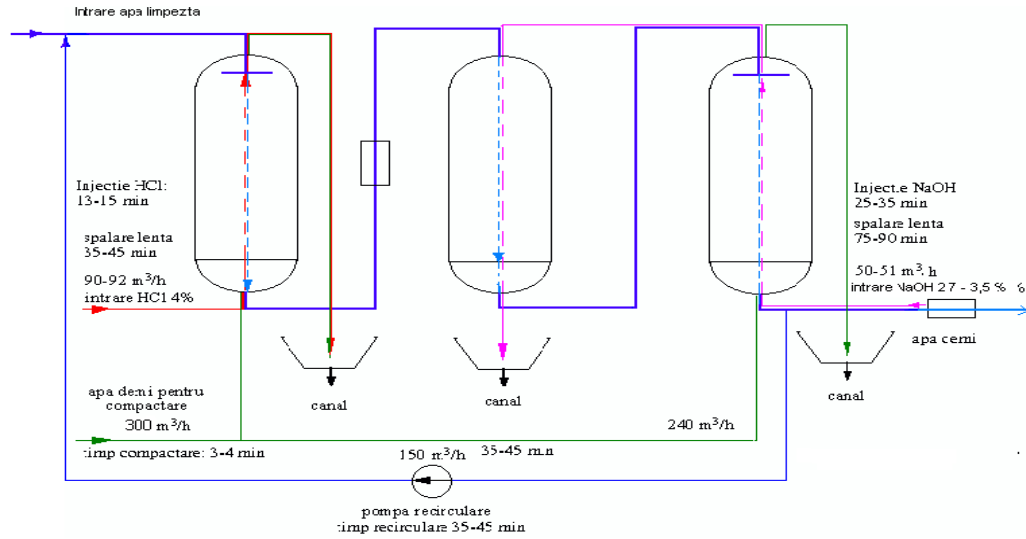


Fig. 4 Schema tehnologică a sistemului UP.CO.RE implementat la CET Galati.

Fișa tehnică și regimul de funcționare a liniei de tratare a apei re tehnologizată în sistem UPCORE este prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1. Fișa tehnologică a liniei de tratare a apei în sistem UPCORE.

Nr. crt.	DENUMIRE CARACTERISTICĂ	U.M	FILTRU		
			H	A-1	A-2
1.	Diametru	mm	3370	3370	3170
2.	Suprafata	mp	8.92	8.92	7.89
3.	Tip schimbători de ioni - strat 1 - strat 2	mc	C9UG -	MWA1 LB- UG -	MWA1 LB- UG SBR LB-UG
4.	Volum schimbători de ioni -strat 1 -strat 2	mc mc	22.3 -	8.5 -	5.625 8.0
5.	Inaltime spatiu liber	mm	20±10	-	40±10
6.	Nivel de regenerare (100%) -strat 1 -strat 2	kg/mc kg/mc	44.6 -	64 -	144 138

Mentenanța performanțelor industriale ale tehnologiei de tip UPCORE este legată în principal de caracteristicile fizico – chimice ale schimbătorilor de ioni de tip Dowex, care trebuie cunoscute permanent prin verificări periodice de laborator pentru a se decide înlocuiri parțiale sau totale de schimbători de ioni.

3.2. Implementarea industrială a tehnologie UPCORE la CET Bucuresti Sud

Implementarea ulterioară a tehnologiei cu straturi compactate de tip UP CO RE s-a realizat în anul 1996, în cadrul instalației de tratare a apei de la CET Bucuresti Sud prin adaptarea instalației clasice de tratare a apei cu eforturi financiare rezonabile. Configurația actuală a liniei de tratare a apei în sistem UPCORE de la CET București Sud este prezentată în fig. 4.

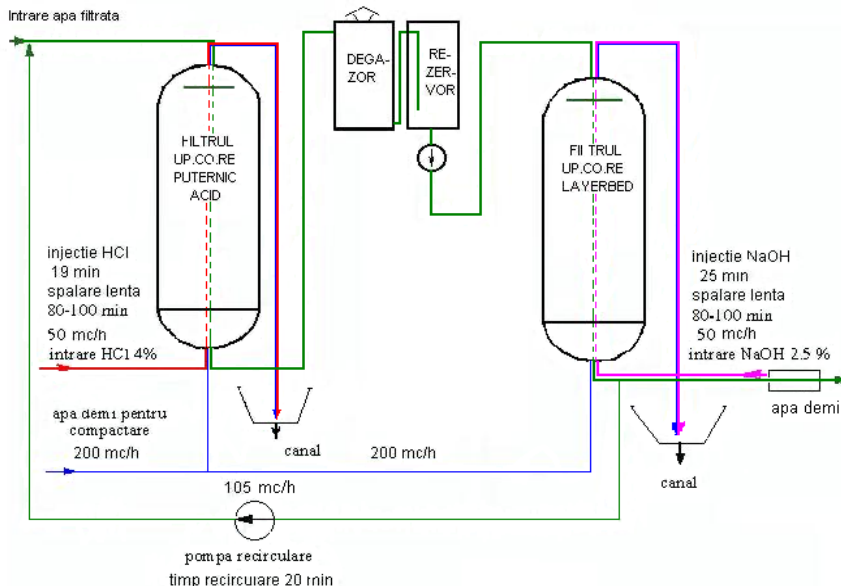


Fig. 4 Schema tehnologică a bateriilor de demineralizare în sistem UP.CO.RE de la CET București - Sud

Fișa tehnică și regimul de funcționare a liniei de tratare a apei re tehnologizată în sistem UPCORE este prezentată în tabelul 2.

Tabelul 2 . Fișa tehnologică a liniei de tratare a apei în sistem UPCORE la SE București Sud

Nr. crt.	DENUMIRE CARACTERISTICA	U.M	FILTRUL	
			H	A
1.	Diametru	mm	2800	3000
2.	Suprafața	mp	6.15	7.065
3.	Tip schimbători de ioni - strat 1 - strat 2	mc	DOWEX C9-UG -	DOWEX MWA LB-UG SBR-UG
4.	Volum schimbători de ioni -strat 1 -strat 2	mc mc	18.0 -	11.6 6.2
5.	Nivel de regenerare (regenerant 100% / mc de S I) -strat 1 -strat 2	kg/mc kg/mc	46.6 -	38.9 109

3.3 Performanțele industriale ale tehnologiei UP.CO.RE la S.E. Galați și CET București - Sud

Performanțele industriale ale tehnologiei de tratare a apei prin sistem UPCORE realizate pentru instalația de tratare a apei de la S.E. Galați și CET Bucuresti Sud sunt evidențiate prin analiza comparativă cu indicatorii tehnologici ai sistemului clasic. Evidențierea acestor avantaje sunt sintetizate în tabelul 3.

Tabelul 3. Performanțele liniei de demineralizare re tehnologizate în sistem UPCORE de la SE Galați și CET București - Sud în comparație cu sistemul clasic

Nr. crt.	Caracteristica	U.M.	S.E. GALAȚI		CET BUCUREȘTI - SUD	
			Tehnologia clasică	Tehnologia UP.CO.RE	Tehnologia clasică	Tehnologia UP.CO.RE
1.	Calitate apă tratată: - Conținut ioni de sodiu; - Conținut ioni de siliciu; - Conductivitate electrica	$\mu\text{g/l}$ $\mu\text{g/l}$ $\mu\text{S/cm}$	100 – 400 15 – 50 9 - 15	60 – 100 6 – 30 0.5 – 2.0	100 – 400 15 – 50 5 - 15	40 – 100 6 – 30 2.0 – 5.0
2.	Consum specific HCl - Eq HCl / eq săruri reținute; - kg HCl / mc apă tratată.	eq/eq kg/mc	2.27 0,242	1.367 0.146	2.20 0,28	1.296 0.163
3.	Consum specific de NaOH - eq NaOH / eq săruri reținute; - kg NaOH / mc apă tratată.	eq/eq kg/mc	2.12 0,253	1.349 0.161	2.20 0,19	1.633 0.132
4.	Nivel de regenerare - Etaj cationic - Etaj anionic	Kg regenerant 100% / mc S.I.	75 95	44.8 49.7	75,3 93,5	46.6 35.0
5.	Consum de apă tehnologică	mc/mc	1.15	1.035	1.15	1.038
6.	Volum de apă uzată rezultat la regenerare	mc	500	240	350	170
7.	Coeficient de disponibilitate	-	0.8	0.93	0.8	0.93

Din datele prezentate în tabelul 3 se pot sintetiza principalele avantaje tehnologice și ecologice rezultate prin implementarea tehnologiei cu straturi compactate în instalațiile industriale de tratare a apei de la SE Galati și de la CET Bucuresti Sud:

- *îmbunătățirea indicatorilor ecologici prin diminuarea volumului de ape uzate evacuate în emisar cu cca. 50% pentru fiecare ciclu de producție;*
- *îmbunătățirea indicatorilor de calitate ai apei tratate;*
- *diminuarea consumurilor specifice de regeneranți cu cca 40% pentru HCl și cu cca. 25 – 35 % pentru NaOH;*
- *creșterea gradului de disponibilitate al instalațiilor la 0,93.*

4. Implementarea industrială a tehnologiei PACKED BED la SE Constanta.

La SE Constanța s-a realizat implementarea tehnologiei de tratare a apei în sistem PACKED BED. Aceasta consta în următoarea schemă tehnologică :

- filtru cationic slab acid în echicurent;
- filtru cationic puternic acid modernizat în sistem *PACKED BED*;
Degazor de CO₂
- filtru anionic slab bazic în echicurent;
- filtru anionic modernizat în sistem *PACKED BED* cu masă ionică slab bazică și puternic bazică.

Amenajările constructive realizate pe utilajele existente au constat în:

- îmbunătățiri ale construcției actuale;
- modificarea construcției pentru realizarea straturilor compacte;
- montarea unor utilaje noi: ejectori de reactivi chimici, schimbarea colectoarelor și a traseelor de regenerare.
- echipare parțială cu schimbători de ioni noi de tip Purolite.

Fluxul tehnologic și configurația liniei de demineralizare re tehnologizată în sistem PACKED BED este prezentată în fig. 5.

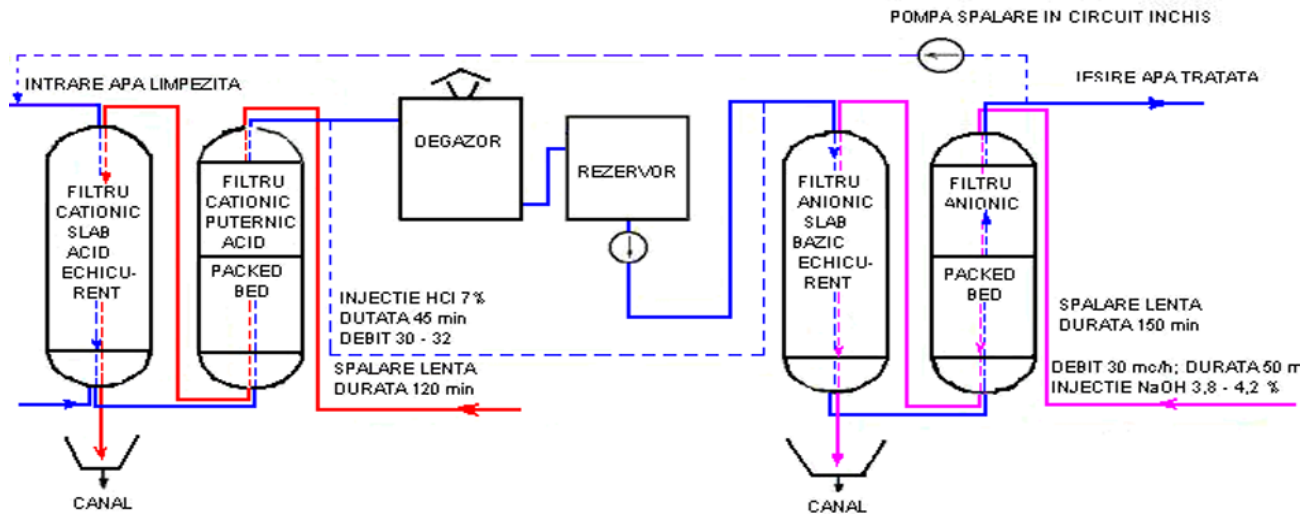


Fig nr. 5 Schema tehnologică a bateriilor de demineralizare în sistem PACKED BED

Fișa tehnologică a bateriei cationice, respectiv a celei anionice este prezentată în tabelul 4.

Tabelul 4. Fișa tehnologică a bateriei cationice și anionice nr. 1 de la SE Constanța

Nr. crt.	DENUMIRE CARACTERISTICA	U.M	BATERIA CATIONICĂ NR. 1		BATERIA ANIONICĂ NR. 1	
			H ₀ echicurect	H ₁ PACKED BED	A1 echicurect	A2 PACKED BED
0	1	2	3	4	5	6
1.	Diametru	mm	3200	3000	3000	2600
2.	Suprafata	mp	8.04	7.065	7.07	5.31

0	1	2	3	4	5	6
3.	Tip schimbători de ioni - compartiment 1 - compartiment 2		PUROLITE C105	PUROLITE C100H	PUROLITE A845	PUROLITE A845 PUROLITE A400
4.	Volum schimbători de ioni - compartiment 1 - compartiment 2	mc	10	8.8 9	9.2	6.5 6.5
5.	Nivel de regenerare kg HCl 100% / mcS.I. kg NaOH 100%/ mcSI	kg/ mc	88.5	104.5	62.6	155 185

Analiza de evaluare a indicatorilor tehnologici ai procesului industrial de tratare a apei prin sistem PACKED BED la SE Constanta, pe o perioada de timp de 2 ani de functionare este prezentată în tabelul 5.

Tabelul 5. Indicatorii tehnologici realizați prin tehnologia de tratare a apei de tip PACKED BED la SE Constanta

BATERIA	VOL. APA /CICLU	NR. CIC	S _H	S _A	CAP.OP. BAT CAT.	CAP.OP BAT AN.	C _{SP} HCl		C _{SP} NaOH		APA SP.	EXCES HCl/ NaOH
	mc		eq/l	eq/l	eq/mc	eq/mc	eq/eq	kg/m _c	eq/eq	kg/m _c	mc	eq
CAT NR.1	5153	144	8.69	-	1569	-	1.169	0.365	-	-	220	6576
CAT NR.3	5676	63	8.0	-	1731	-	1.168	0.341	-	-	220	5836
CAT NR.4	4552	233	9.2	-	1376	-	1.218	0.403	-	-	220	9846
AN NR.1	6203	11		4.335		1159			1.254	0.221	600	5276
AN NR.5	7186	12		4.0		1235			1.105	0.177	550	2590
	2750		12	7.45	1282	909	1.107	0.518	1.16	0.366	220	3785 / 3473

NOTA:

NR. CIC. – numar de cicluri efectuate;

S_H - salinitatea influenta pentru treapta cationica;

S_A - salinitatea influenta pentru treapta anionica;

CAP.OP. BAT.CAT.– capacitatea operationala pentru bateria cationica;

CAP.OP. BAT.AN.– capacitatea operationala pentru bateria anionica;

C_{SP} HCl - consum specific acid clorhidric;

C_{SP} NaOH - consum specific hidroxid de sodiu;

APA SP. – apa de spalare;

Avantajele principale ale tehnologiei de tratare a apei prin sistem PACKED BED sunt evidențiate prin performantele realizate industrial, comparativ cu sistemul clasic.

Evidențierea acestor avantaje sunt sintetizate în tabelul 6.

Tabelul 6. Performanțele sistemului de demineralizare PACKED BED în comparație cu sistemul clasic

Nr. crt.	Caracteristica	U.M.	Tehnologia PACKED BED	Tehnologia clasică
1.	Calitate apă tratată: - Conținut ioni de sodiu; - Conținut de silice; - Conductivitate electrică	$\mu\text{g/l}$ $\mu\text{g/l}$ $\mu\text{S/cm}$	25 – 50 – 100 10 – 30 0.7 – 5.0	100 – 400 20 – 100 10 – 25
2.	Consum specific HCl - eq HCl / eq săruri reținute; - kg HCl / mc apă tratată.	eq/eq kg/mc	1.17 0.350	1.45 0.572
3.	Consum specific de NaOH - eq NaOH / eq săruri reținute; - kg NaOH / mc apă tratată.	eq/eq kg/mc	1.25 0.221	1.44 0.368
4.	Nivel de regenerare - Etajul cationic - Etajul anionic	Kg 100% /mc S.I	67 54	90 90
5.	Consum de apă tehnologică	mc/mc	1.10	1.15
6.	Volum de apă uzată rezultat la regenerare - bateria cationică - bateria anionică	mc	220 400	500 600
7.	Coefficient de disponibilitate - bateria cationică - bateria anionică	-	0.90 0.87	0.79 0.76

Din datele prezentate în tabelul 6. rezultă următoarele concluzii parțiale:

- *reducerea volumului de ape uzate evacuate în emisar cu cca. 35 – 50 %;*
- *îmbunătățirea indicatorilor de calitate ai apei tratate;*
- *diminuarea consumurilor specifice cu cca 20 % pentru HCl și cu cca 15 % pentru NaOH;*
- *creșterea gradului de disponibilitate al instalațiilor la cca. 0,9.*

Concluzii

Sistemele cu straturi compactate sunt considerate ca *tehnologii perfecționate ale sistemului în contracurent*. Principalele avantaje ale acestei tehnologii sunt:

- *protecția mediului prin micșorarea volumului total de ape uzate evacuate în emisar.*
- *micșorarea timpului de regenerare;*
- *creșterea cantității de apă tratată și a indicatorilor tehnologici de operare;*
- *utilizarea integrală a spațiului din filtrul ionic prin umplerea completă a acestuia cu schimbători de ioni.*

Bibliografie

1. Frederick K., Ultrapure Water, Jul. - Aug., (1996), 53 - 57;
2. Hansen A., Ultrapure Water, Jul. - Aug., (1996), 30 - 58.
3. Kunin R., "Ion Exchange Resins", Ed. New York, 1963;
4. xxx Packed Bed Purolite Ion Exchange;
5. xxx UPCORE Dow Chemical Co..