



COMUNE DI MAZARA DEL VALLO


**LAVORI PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AUTOMATICO
DI ABBATTIMENTO DEL CONTENUTO DI NITRATI
NELL'ACQUA DEI POZZI RAMISELLA**

PROGETTO DEFINITIVO

R03 – RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO

PROGETTISTA: ING. MATTEO NOVENTA

GRUPPO DI LAVORO: RAFFAELE TIARCA, DAVIDE SANTINI, DANIELE FABBRI

 Eta s.r.l. Sede legale: Via A. Rossi 3F Rubano - 35030 (PD) Mail: info@eta-es.com PIVA/CF: 03365500283 QR-Code: M5UXCR1	DATA				
	LUGLIO 2021				
	COMMESSA N°	REDATTO			
	J21F001				
CODICE COMMESSA		CONTROLLATO			
NOME FILE		APPROVATO			
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.
<i>A termini di legge ci si riserva la proprietà del presente elaborato, che pertanto non può essere riprodotto e/o ceduto a terzi senza autorizzazione di ETA s.r.l.</i>					

Eta s.r.l.

Sede legale: Via A. Rossi 3F Rubano - 35030 (PD)
 Mail: info@eta-es.com
 PIVA/CF: 03365500283
 QR-Code: M5UXCR1

INDICE

Sommario

1. PREMESSE	2
2. SCELTA PROGETTUALE.....	3
La tecnologia a membrane osmotiche	3
Tecnologia a scambio ionico su resine anioniche selettive al nitrato	3
3. SCHEMA DI PROCESSO DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA.....	9
Filtri a resina	9
Resine a scambio ionico per la rimozione dei nitrati	11
Vasche.....	14
Pompe.....	14
Strumentazione di processo	15
Automazione e telecontrollo dell'impianto	17

1. PREMESSE

La presente relazione tecnica di processo riassume le attività di verifica e dimensionamento del processo di abbattimento del contenuto dei nitrati delle acque dei pozzi Ramisella svolte nell'ambito del progetto definitivo. I pozzi denominati "Ramisella 1", "Ramisella 2" e "Ramisella 3", tutti siti nel Comune di Mazzara del Vallo, presentano valori particolarmente elevati di ione nitrato ben oltre il limite di legge stabilito dal D.Lgs. n.31 del 2/2001 e ss.mm.ii.

Il livello di nitrati raccomandato nell'acqua potabile è inferiore a 50 mg/L, specialmente per i bambini. Infatti, il loro sistema digestivo è immaturo e per questo consente facilmente la riduzione dei nitrati a nitriti. La presenza di nitriti nell'apparato digestivo dei bambini può causare la methemoglobinemia ossia una riduzione della capacità di trasporto dell'ossigeno da parte dell'emoglobina.

I nitrati si trovano in tutte le diverse tipologie di acque (sotterranee, superficiali, di pioggia) a differenti livelli di concentrazione.

Nelle acque superficiali la concentrazione di nitrati è in genere bassa (0-18 mg/L), ma possono raggiungere livelli più elevati se viene contaminata con acque di dilavamento di discariche di rifiuti, con reflui di origine agricola, umana, animale oppure industriale. Le concentrazioni spesso fluttuano con andamento stagionale e possono aumentare quando nei fiumi vengono fatte confluire acque ricche di nitrati.

Nelle acque sotterranee in genere la concentrazione di nitrati è dell'ordine di pochi milligrammi per litro (4-9 mg/L per i nitrati e 0,3 mg/L per i nitriti) e dipende in larga misura dal tipo di suolo e dalla situazione geologica. Spesso i livelli di nitrati e nitriti nelle acque profonde sono anche più elevati di quelli delle acque superficiali.

La presenza di attività agricole può causare facilmente un aumento della quantità di nitrati fino a raggiungere diverse centinaia di mg/L. L'utilizzo di queste acque a fini potabili richiede pertanto un trattamento in grado di rimuovere al di sotto dei limiti di legge i nitrati presenti.

Nei prossimi paragrafi vengono analizzate le tecnologie disponibili per abbattere il contenuto di nitrati nelle acque di pozzo e spiegati i motivi che hanno portato alla scelta progettuale della tecnologia mediante resine a scambio ionico selettive.

Vengono elencati i criteri generali in base ai quali è stato sviluppato il presente progetto e descritti i principali componenti del processo.

2. SCELTA PROGETTUALE

Il mercato offre allo stato attuale essenzialmente due tecnologie principali per far fronte al problema, ossia l'osmosi inversa e lo scambio ionico su resine selettive.

La tecnologia a membrane osmotiche

L'osmosi inversa prevede l'applicazione di una pressione nell'ordine dei 10 – 15 bar all'acqua da trattare, in modo tale da forzarne il passaggio attraverso una membrana semipermeabile sintetica che, pur permettendo il passaggio dell'acqua stessa, trattiene in diversa misura tutte le componenti saline (tra cui anche nitriti e nitrati) oltre che microrganismi e particelle solide in sospensione. Il risultato è un permeato a salinità prossima a zero ed un flusso concentrato contenente tutte le sostanze trattenute.

Il flusso "permeato" è pari a circa il 60 -70% del flusso di alimento, mentre il flusso "concentrato" è pari al rimanente 40 - 30%.

Per ricavare acqua potabile dai 145 m³/h di miscela emunta dai pozzi si dovrebbero trattarne con questa tecnologia circa 120 m³/h. Da questo flusso risulterebbero 80 m³/h di permeato che miscelato con i 25 m³/h di acqua non trattata produrrebbe un flusso d'acqua potabile di 105 m³/h, per una produzione giornaliera di 2.500 m³ d'acqua potabile, pari a circa il 72% dell'acqua emunta.

Questa tecnologia ha il vantaggio di essere di relativa semplice applicazione ma allo stesso tempo richiede un elevato consumo energetico e soprattutto un recupero che può variare dal 60 all'80% delle acque in ingresso. Il recupero è fortemente influenzato dalla presenza di sostanze che possono dare origine a precipitati quali solfato di calcio e silice.

Al fine di mantenere un'efficienza costante del sistema e soprattutto evitare frequenti lavaggi, è essenziale che l'acqua sia priva di materiali in sospensione e soprattutto priva di colloidali e limo. Questi vanno infatti a bloccare rapidamente le porosità della membrana portando ad un aumento consistente delle pressioni di lavoro a parità di capacità produttiva. Solitamente si applicano pertanto in ingresso al modulo di osmosi o dei filtri a cartuccia di sicurezza (nei casi più semplici) fino ad impianti di microfiltrazione/ultrafiltrazione nei casi più complessi.

Oltre a ciò, il permeato ottenuto non può essere utilizzato tal quale ma deve essere remineralizzato mediante passaggio su filtri di dolomite semicalcinata o blending con le stesse acque destinate al trattamento nelle dovute proporzioni.

Infine, la tecnologia a membrane risulta di fatto inapplicabile nel caso in oggetto in quanto, anche qualora venisse realizzata una nuova condotta fognaria, non vi si potrebbe scaricare il flusso concentrato.

Infatti, il flusso concentrato di circa 40 m³/h conterrebbe l'intera salinità dei 120 m³/h d'acqua trattata, tale da avere una concentrazione di nitrati maggiore di 300 mg/l. Questo flusso risulterebbe non scaricabile nei corpi idrici superficiali, per i quali il limite di azoto nitrico è 20 mg/l come N pari ad 89 mg/l di NO₃ e non risulta scaricabile neppure in pubblica fognatura dove il limite d'azoto nitrico è 30 come N pari a 133 di NO₃.

Tecnologia a scambio ionico su resine anioniche selettive al nitrato

La tecnologia mediante resine a scambio ionico selettive si basa sulla capacità da parte di una particolare classe di resine a scambio ionico di trattenere selettivamente solo alcuni ioni, i quali vengono rilasciati dalla resina stessa se posta in condizioni di elevata salinità (rigenerazione). Il presente studio ha individuato nella resina alimentare Lanxes Monoplus SR7 la resina migliore per efficacia nella ritenzione dei nitrati.

Il concetto di base e i componenti principali sono gli stessi degli addolcitori utilizzati per rimuovere la durezza dall'acqua; la differenza principale sta appunto sul tipo di resina utilizzata ossia anionica selettiva anziché cationica.

Durante il processo, gli ioni cloro (Cl^-) contenuti nella resina vengono scambiati e quindi sostituiti dallo ione nitrato (NO_3^-). Chiaramente il cloruro rilasciato rimane nell'acqua trattata.

Raggiunta la massima capacità di scambio ossia il massimo quantitativo di ione nitrato accumulabile dalle resine in date condizioni, è necessario effettuare il processo inverso ossia la rigenerazione.

Questa viene attuata facendo passare attraverso il letto di resina una soluzione salina concentrata solitamente a base di cloruro di sodio (NaCl). L'elevata salinità e quindi l'elevata concentrazione di ioni cloruro, tende a rimuovere lo ione nitrato ripristinando la condizione iniziale della resina.

Questo trattamento non è continuo ma funziona secondo i seguenti ciclo di assorbimento e rilascio:

1. Una fase detta di produzione, durante la quale un volume d'acqua, corrispondente a circa 230 volte il volume di resina, attraversa il letto di resina che trattiene lo ione NO_3^- rilasciando lo ione Cl^- ;
2. Una fase detta di rigenerazione, durante la quale la resina investita con salamoia al 7% di NaCl in ragione di 3 - 4 volumi per volume di resina, effettua lo scambio ionico inverso trattenendo lo ione Cl^- e rilasciando NO_3^- : lo scambio inverso avviene per effetto dell'enorme differenza di concentrazione dei due ioni durante la rigenerazione. A valle del dosaggio della salamoia occorre risciacquare la resina con altri 6 volumi d'acqua per volume di resina al fine di rimuovere tutto il sale residuo.

Per ricavare acqua potabile dai 145 m^3/h di miscela emunta dai pozzi si dovrebbe trattarne con questa tecnologia 100 m^3/h di questo flusso che andrebbe poi mescolato con i residui 45 m^3/h che bypasserebbero l'impianto. In questo modo sarebbe completamente potabilizzato l'intera portata d'acqua, con una produzione giornaliera di acqua potabile di 3.500 m^3 .

Dai dimensionamenti eseguiti ne risulta un impianto costituito da 3 filtri, aventi ciascuno un letto di resina di volume pari a circa 2.300 L, per un totale di 7 m^3 . Ogni filtro eseguirà mediamente 1,66 rigenerazioni al giorno, per un consumo complessivo d'acqua di 115 m^3/giorno ; una parte dei risciacqui, circa 40 m^3 , vengono recuperati per produrre nuova salamoia portando il consumo reale a 75 m^3/giorno d'acqua pari a solo il 2 % del volume potabilizzato.

L'ipotetico impianto di trattamento verrà posto in un'area limitrofa ai pozzi sopraccitati essendo già presente tutta la necessaria infrastruttura di distribuzione alle utenze. L'area è però sprovvista di condotta fognaria e pertanto sarà necessario portare al vicino depuratore comunale le acque di scarico ricche in nitrati o a mezzo di autocisterne o attraverso la posa di una nuova condotta dedicata di ridotte dimensioni.

L'impianto di trattamento diviene necessario soprattutto nel periodo estivo quando la stagione turistica porta ad un aumento considerevole della popolazione presente con conseguente aumento del consumo di acqua potabile. In questo periodo, infatti, vi è la necessità di emungere dai pozzi Ramisella circa 145 m^3/h ovvero 3.480 m^3/giorno di acqua potabile.

Vista la qualità delle acque da trattare, la posizione e la stagionalità nell'uso dell'impianto stesso, si ritiene che la soluzione a resine a scambio ionico selettive sia la più adatta allo scopo. Il confronto tra le due tecnologie mostra un evidente vantaggio nello scambio ionico, il quale offre un recupero d'acqua del 98% rispetto al 72% della tecnologia a membrane, un consumo energetico più di 20 volte inferiore, ed un'incidenza dei costi operativi sul m^3 d'acqua potabilizzata 2,5 volte inferiore.

Si riporta di seguito l'analisi delle acque dei pozzi Ramisella effettuate su campioni prelevati in data 05 febbraio 2021. Relativamente alle analisi sotto riportate, si fa notare che il bilancio ionico ossia il rapporto tra anioni e cationi, è molto sbilanciato, soprattutto per Ramisella 2 e Ramisella 3, verso la componente anionica. Sarà pertanto necessario effettuare ulteriori analisi a conferma dei dati sotto riportati.

Parametro	Pozzo Ramisella 1	Pozzo Ramisella 2	Pozzo Ramisella 3	Limite di legge D.Lgs. n°31 2-2-2001	Unità misura
pH	7,7	7,6	7,8	6,5 – 9,5	pH
Conducibilità	1.108	1.198	1.162	2.500	µS/cm
Azoto ammoniacale	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,50	mg/L
Nitrito	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,50	mg/L
Nitrato	96,6	112,9	96,0	50	mg/L
Solfato	50,5	64,4	75,7	250	mg/L
Cloruro	174,2	189,5	196,2	250	mg/L
Fluoruro	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,50	mg/L
Alluminio	< 1	< 1	< 1	200	µg/L
Arsenico	< 1	< 1	< 1	10	µg/L
Boro	38	36	21	1000	µg/L
Cadmio	< 1	< 1	< 1	5	µg/L
Cromo	< 1	< 1	< 1	50	µg/L
Rame	< 1	< 1	< 1	1000	µg/L
Ferro	31	21	8	200	µg/L
Manganese	< 1	< 1	< 1	50	µg/L
Nichel	< 1	< 1	< 1	20	µg/L
Piombo	< 1	< 1	< 1	10	µg/L
Mercurio	< 1	< 1	< 1	1	µg/L
Antimonio	< 1	< 1	< 1	5	µg/L
Selenio	< 1	< 1	< 1	10	µg/L
Vanadio	< 1	< 1	< 1	50	µg/L
Calcio	65,9	47,5	48,2	-	mg/L
Sodio	50,4	29,8	34,2	200	mg/L
Potassio	2,5	1,8	3,2	-	mg/L
Magnesio	12,6	8,6	8,2	-	mg/L
Durezza	21,6	15,4	15,2	15-50	°F
Cloro attivo libero	< 0,1	< 0,1	< 0,1	min 0,2	mg/L

Tabella 1 composizione pozzi Ramisella

Leggendo la tabella si nota, oltre all'elevato contenuto di nitrati, una concentrazione non trascurabile di solfati e cloruri.

Entrambi i parametri vanno adeguatamente considerati nel dimensionamento dell'impianto in quanto lo ione solfato viene anch'esso in parte trattenuto dalla resina selettiva soprattutto nella prima fase del ciclo di produzione. Lo scambio parziale dello ione solfato, porta un ulteriore aumento del tenore di cloruri nell'acqua a valle del trattamento in aggiunta all'aumento legato allo scambio dello ione nitrato. Dato che la resina nella prima parte del ciclo di produzione tende a trattenere non solo i nitrati ma anche i solfati, rilasciando eguali equivalenti di cloruri, abbiamo studiato il dimensionamento delle masse di scambio ed il loro frazionamento

in modo da minimizzare i picchi transitori di cloruri che una configurazione classica (a 2 filtri che si alternano) avrebbe potuto produrre.

Visto quanto sopra, è fondamentale l'utilizzo di una filiera più complessa rispetto alla configurazione classica che vede un filtro in produzione ed un filtro in rigenerazione. Per questo motivo si è optato per una configurazione a tre filtri sempre in esercizio tipo merry go round dotati di bypass parziale.

Questa particolare configurazione permette di sfasare i cicli dei tre filtri evitando pertanto di avere contemporaneamente tutti e tre i filtri nella stessa condizione di ciclo (prima parte produzione, seconda parte produzione, rigenerazione).

All'atto pratico ci sarà sempre un filtro ad inizio produzione, un filtro verso metà produzione ed il terzo filtro in prossimità di fine della produzione o in alternativa un filtro entro la prima metà della produzione, un secondo filtro nella seconda metà della produzione ed il terzo filtro in rigenerazione.

Considerando che la resina selettiva tende a scambiare lo ione solfato fino la prima metà del ciclo di produzione, ciò significa avere sempre uno o due filtri che producono acqua con tenore di cloruro ridotto.

Oltre a ciò, la resina selettiva fornisce un tenore di nitrati nell'acqua trattata ben al di sotto dei limiti di legge. L'uso di un bypass regolabile permette di deviare parte dell'acqua da trattare in modo tale da avere una miscela, comunque, al di sotto dei limiti di legge ma ottimizzando così il funzionamento e costi operativi dell'intera installazione.

Per maggior sicurezza, il corretto funzionamento dell'impianto in termini di qualità delle acque prodotte è stato verificato sia con un utilizzo di tutti e tre i pozzi in egual misura sia mediante l'utilizzo del solo pozzo Ramisella 2 il cui contenuto di nitrati è tra i più alti rilevati.

Parametro	Acqua potabilizzata	Limite di legge D.Lgs. n°31 2-2-2001	Unità misura
pH	7,4 – 7,8	6,5 – 9,5	Unità pH
Nitrito	< 0,1	0,50	mg/L
Nitrato	42,4	50	mg/L
Solfato	41,9	250	mg/L
Cloruro	222	250	mg/L

Tabella 2 composizione media acque trattate – alimento mix pozzi Ramisella

Parametro	Acqua potabilizzata	Limite di legge D.Lgs. n°31 2-2-2001	Unità misura
pH	7,4 – 7,8	6,5 – 9,5	Unità pH
Nitrito	< 0,1	0,50	mg/L
Nitrato	44,2	50	mg/L
Solfato	43,7	250	mg/L
Cloruro	243	250	mg/L

Tabella 3 composizione media acque trattate – Alimento solo pozzo Ramisella 2

L'impianto sarà quindi costituito da n° 3 filtri a resina selettiva per i nitrati ciascuno avente le seguenti caratteristiche:

- Diametro: 1,3 m
- Altezza cella: 2 m
- Volume resina selettiva: 2.330 L/filtro
- Tipologia costruttiva filtro: a singola cella con doppia piastra drenante equipaggiata con ugelli in PP
- Materiale costruttivo: acciaio al carbonio verniciato con resine epossidiche di grado alimentare
- Modalità operativa: controcorrente (produzione up-flow, rigenerazione down-flow)
- Durata totale rigenerazione: 2 h
- Consumo specifico rigenerante: 232 g NaCl/L resina
- Acqua di rigenerazione/risciacquo: 22 m³/rigenerazione

Ogni filtro in base alla qualità delle acque in alimentazione fornirà le seguenti performances:

Tipologia acqua in alimentazione	Mix pozzi	Ramisella 2 (caso peggiore)
Volume trattato per ciclo	523 m ³ /ciclo	435m ³ /ciclo
Durata ciclo produzione	11,2 h	9,3 h
Portata istantanea operativa	40 m ³ /h/filtro	46 m ³ /h/filtro
Portata media di bypass	46 m ³ /h	35 m ³ /h
Portata media acqua trattata	145 m ³ /h	145 m ³ /h
Numero rigenerazioni	4,3	6
Consumo rigenerante	2.350 Kg NaCl/giorno	3.250 Kg NaCl/giorno
Volume eluati a smaltimento	54 m ³ /giorno	75 m ³ /giorno
Recupero	98,4 %	97,9 %

Tabella 4 performances dei filtri

Gli eluati di rigenerazione avranno la seguente composizione indicativa:

Parametro	Eluato	Unità misura
Nitrato	4	g/L
Solfato	1	g/L
Cloruro	26	g/L
Sodio	17	g/L

Tabella 5 composizione media eluati a smaltimento

Al fine di ridurre la quantità di eluati allo smaltimento, visto che l'eluato di rigenerazione nella parte finale del risciacquo contiene solo cloruro, si è previsto di recuperarne una parte per diluire la salamoia stessa; si ottiene così una riduzione del 40% circa della quantità di eluati di rigenerazione rispetto al volume totale di acque usate in fase di rigenerazione.

Come si può vedere il recupero ottenibile con il sistema scelto è oltre il 97% anche ipotizzando l'uso del solo pozzo Ramisella 2. Il volume degli eluati è nettamente inferiore rispetto allo scarto medio di un impianto ad Osmosi Inversa, dove il flusso concentrato è nel range 30 -15% del flusso in ingresso.

Visti i consumi di rigenerante, la salamoia di rigenerazione sarà preparata in apposita vasca di preparazione realizzata in cemento armato opportunamente protetto dalla corrosione la quale consentirà lo scarico diretto del sale in cristalli da parte di fornitori specializzati.

Un serbatoio di vetroresina sarà destinato alla raccolta dell'acqua recuperata durante la fase finale delle rigenerazioni (secondo risciacquo) per la successiva diluizione della salamoia.

Come è possibile vedere dalle previsioni della composizione delle acque trattate dal sistema, nel caso in cui il tenore medio di nitrato nelle acque in alimentazione all'impianto sia superiore a 113 mg/L ossia il valore massimo rilevato nel pozzo Ramisella 2, il tenore di cloruri nell'acqua trattata si avvicinerà al limite di legge pari a 250 mg/L, e per la precisione 243 mg/L.

Ad oggi, non essendo disponibile uno storico adeguato relativo alle fluttuazioni della concentrazione di nitrato nei pozzi oggetto dell'intervento, non è possibile escludere l'eventualità che in alcuni periodi specifici dell'anno ci possa essere un aumento della concentrazione media di quest'ultimo oltre i 113 mg/L.

Nel caso in cui questa situazione si verificasse, l'impianto rimarrebbe comunque totalmente fruibile a patto di installare un filtro a resine aggiuntivo identico alle unità già previste, che però venga rigenerato non più con cloruro di sodio ma bensì a solfato di sodio.

Come scritto in precedenza la resina selezionata è altamente selettiva per lo ione nitrato ma nel corso della prima metà del ciclo produttivo essa scambia, contro cloruro, anche i solfati presenti nelle acque da trattare. Ciò significa avere un incremento del tenore di cloruri, almeno per la prima metà del ciclo produttivo, pari alla somma delle concentrazioni molari di nitrato e solfato scambiato. Prendendo come esempio il pozzo Ramisella 2, la concentrazione di cloruri in uscita dal filtro a resine nella prima metà del ciclo produttivo passa da 189,5 mg/L a 278 mg/L. Nella seconda metà del ciclo produttivo la concentrazione di cloruro si attesta invece a 245 mg/L. Lo sfasamento dei cicli di produzione ed il successivo blending con acque non trattate permette di rimanere nella miscela finale ad una concentrazione di cloruro poco al di sotto dei 250 mg/L. Rigenerando invece la resina selettiva con solfato di sodio, lo ione scambiato in fase di produzione non sarà più il cloruro ma bensì il solfato. Quindi prendendo sempre come esempio il pozzo Ramisella 2, il tenore di cloruri rimarrebbe inalterato a 189,5 mg/L. Si avrebbe pertanto sia la portata di blending (circa 35 m³/h) che l'acqua trattata da uno dei 4 filtri (30 m³/h circa) ad una concentrazione di cloruri inalterata rispetto all'acqua di partenza. Anche ipotizzando di avere tutti gli altri 2 ulteriori filtri ad inizio ciclo ed uno nella seconda metà del ciclo produttivo, si otterrebbe una concentrazione di cloruri medi sull'acqua trattata pari a 233 mg/L quindi ampiamente entro i limiti.

Il solfato di sodio non è stato scelto come rigenerante di base in quanto tende a deprimere del 30% la capacità di scambio della resina stessa oltre che richiedere un maggior quantitativo di acqua per la fase di rigenerazione. Per tal motivo il suo uso richiede l'installazione di un quarto filtro in modo tale da compensare la riduzione della capacità di scambio della resina pur mantenendo la stessa produttività dell'impianto.

Chiaramente andando a rigenerare due o più filtri con solfato di sodio si andrebbe a migliorare ulteriormente la situazione potendo trattare quindi acque con concentrazioni di nitrato via via crescenti ammettendo però una riduzione della produttività dell'impianto.

3. SCHEMA DI PROCESSO DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA

I criteri generali in base ai quali è stato sviluppato il presente progetto di definitivo sono riportati nel seguito:

- Inserimento del processo di trattamento dei nitrati in un contesto impiantistico già esistente, funzionale alla distribuzione dell'acqua potabile, ottimizzando ed efficientando gli spazi a disposizione;
- Minimizzazione, durante la fase di costruzione delle opere di adeguamento, dei tempi di fermo impianto e/o della necessità di temporanea riduzione dell'attuale potenzialità di trattamento;
- Minimizzazione generale dei consumi energetici;

Per il dimensionamento dei filtri si è fatto riferimento alle formule comunemente in uso per queste tipologie di impianto, applicate con i dovuti margini prudenziali tenuto conto della possibile variabilità dei parametri in ingresso.

In base ai criteri sopra esposti la soluzione ottimale per l'abbattimento dei nitrati nelle acque dei pozzi Ramisella è rappresentata nell'allegato P&ID ed è così sintetizzabile:

Filtri a resina

N° 3 filtri a forma cilindrica con singola cella adatti per l'esercizio in controcorrente. Ogni filtro è realizzato in lamiera di acciaio al carbonio, verniciato internamente con vernice epossidica alimentare e verniciato esternamente e finito a colore.

Il filtro presenta le seguenti dimensioni e caratteristiche:

- diametro corpo cilindrico: 1.300 mm.
- altezza corpo cilindrico: 2.000 mm. ca.
- altezza totale: 3.000 mm. ca.
- pressione di esercizio: 2 bar max
- pressione di progetto: 6 bar

Il filtro è provvisto di:

- tubazioni frontali di manovra in acciaio inox con diametro principale DN100, che prevede anche tubazioni di by-pass;
- valvolame a farfalla con disco in acciaio inox completo di elettrovalvole e di attuatore pneumatico e di fine corsa;
- piastra drenante inferiore e piastra superiore equipaggiate con ugelli in PP;
- 2 manometri.

Le valvole che compongono il fronte filtro sono le seguenti:

- XV1: valvola di ingresso acqua trattata, DN100,
- XV2: valvola di uscita acqua trattata, DN100,
- XV3: valvola di ingresso rigenerante, DN50

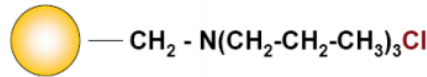
- XV4C: valvola di uscita flusso rigenerante concentrato, DN50,
- XV4D: valvola di uscita flusso rigenerante diluito, DN50,
- XV5: valvola di sfiato, DN15,
- XV6: valvola per campionamento misura nitrati su acqua trattata.

Le valvole di ingresso ai filtri sono valvole regolanti dotate di posizionario elettropneumatico digitale destinato al controllo delle valvole di processo, tensione di alimentazione 24V dc e segnale di ingresso analogico 4-20mA. Il posizionario avrà montato un display per la sua programmazione e visualizzazione dello stato di aperura. L'ingresso dell'acqua trattata verrà rilevato da un misuratore di portata di tipo elettromagnetico installato in linea e la valvola regolante ha lo scopo di mantenere e regolare il set point di portata durante la filtrazione impostato.

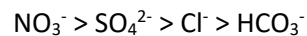
Le altre valvole sopra descritte sono valvole a farfalla, complete di attuatore pneumatico e box fine corsa, con funzionamento ON-OFF: queste valvole sono comandate da apposite elettrovalvole raggruppate su apposita cassetta installata sul fronte filtro.

Resine a scambio ionico per la rimozione dei nitrati

Sono previsti 2.330 litri di resina a scambio ionico selettiva per la rimozione dei nitrati per ogni filtro. La resina è la Lanxess *MonoPlus SR7 407ID* di tipo alimentare, costituita da granuli monosfera polistirene diametro 0,6mm. Il gruppo funzionale è tripropilammide. Viene fornito nella forma cloruro e nel gruppo funzionale è secondo la figura seguente:



Gli anioni sono assorbiti secondo il seguente ordine di selettività:



Ciò significa che il nitrato ha la più alta selettività di tutti i principali costituenti anionici dell'acqua di pozzo e quindi è fortemente adsorbito e non può essere rilasciato da altri anioni.

Altri tipi di resine non selettive ai nitrati (tipo SBA I e SBA II) hanno una diversa selettività: in questo caso solfato e nitrato cambiano posizione rispetto alla serie selettiva riportata sopra. Ciò significa che il solfato è trattenuto maggiormente rispetto al nitrato e pertanto c'è il pericolo di spostare dalla resina i nitrati inizialmente trattenuti contro solfato creando dei picchi di concentrazione poco controllabili. In caso di rilascio, le concentrazioni in uscita possono essere superiori alle consentite per un breve periodo di tempo. Al contrario la resina selettiva per i nitrati come *Lanxess MonoPlus SR7* non mostrerà rilascio di nitrato ed è pertanto sicura in questo senso.

Una tipica curva di filtrazione della resina *Lanxess MonoPlus SR7* è mostrata nella figura seguente:

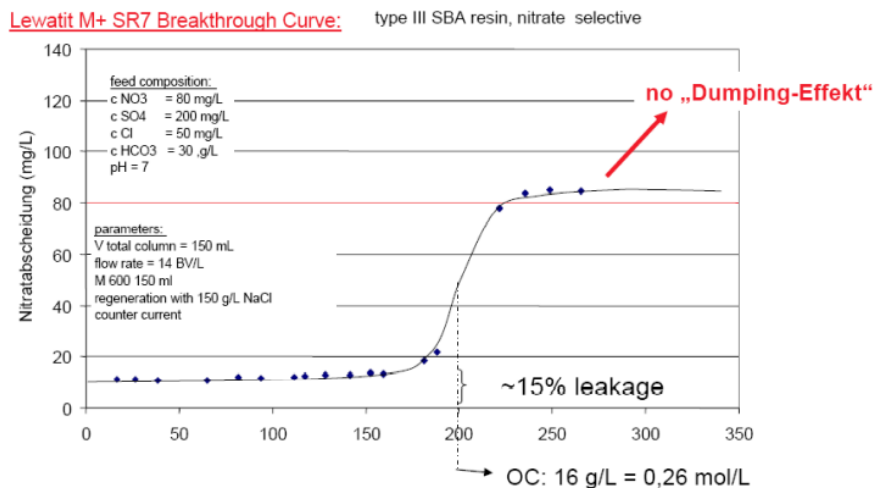


Figura 6 curva della selettività allo ione NO_3 , nessun rilascio

Nel processo di filtrazione illustrato in figura l'acqua di alimentazione contiene 200 mg/L (4,2 meq/L) di solfato e 80 mg/L (1,3 meq/L) di nitrato. Ciò equivale ad una concentrazione di 5,5 meq/L di nitrati e solfati in totale, di cui il 24 % appartiene a nitrati. Quindi il solfato è presente in eccesso.

Come mostra la curva di filtrazione, il nitrato viene rimosso nel primo periodo del processo di filtrazione fino a raggiungere concentrazioni inferiori a 10 ppm che equivale a una rimozione dell'87,5%.

Dopo aver filtrato 200 BV la concentrazione in uscita raggiunge il limite di 50 ppm e avviene il “*Break Through*” (punto di rottura) del nitrato. A questo punto il ciclo di filtrazione è terminato, ma come si vede dalla figura sopra non c’è rilascio di nitrati.

Anche se *Lanxess Monoplus SR7* è una resina “nitrato selettiva”, ciò non significa che altri anioni, in particolare il solfato, non influiscono sull’assorbimento del nitrato. Come si può leggere dalla prossima figura, la capacità operativa è funzione del rapporto tra nitrati e solfati. Più alto è percentualmente il solfato nell’acqua da trattare, minore sarà la capacità di scambio relativa allo ione nitrato.

Anche la specifica quantità di sale utilizzata per la rigenerazione gioca un ruolo importante. Più moli di sale vengono utilizzate per rigenerare un litro di resina, maggiore sarà la capacità operativa. Poiché l’uso del sale presenta svantaggi ecologici ed economici, il dosaggio ottimale del sale è di circa 4 mol/L di NaCl pari a 234 g/L.

IONAC SR7 operating capacity as a function of sulfate and nitrate concentration and specific NaCl dosage used for regeneration (counter-current operation)

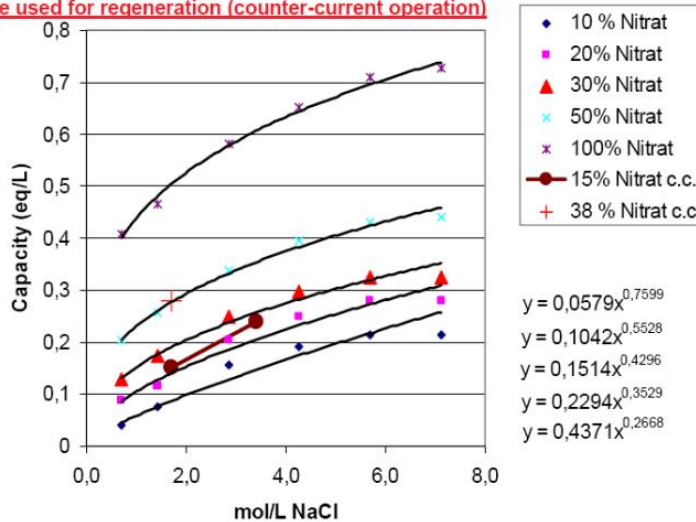


Figura 7 capacità operativa della resina in funzione del rapporto solfati / nitrati

Le curve nella figura precedente rappresentano le capacità operative ottenute con una rigenerazione equicorrente: con una rigenerazione in controcorrente si ottengono efficienze più elevate come visto negli esempi precedenti.

Anche il livello di perdita di nitrato dipende dal livello di dosaggio del sale applicato per la rigenerazione. Come si può vedere nel diagramma seguente il livello di perdita può essere superiore al 50% nel caso in cui il dosaggio specifico di sale è compreso solamente in un intervallo < 2 mol/L. Quindi anche in termini di perdite accettabili i valori di dosaggio specifico del sale dovrebbero essere intorno a 4 mol/L.

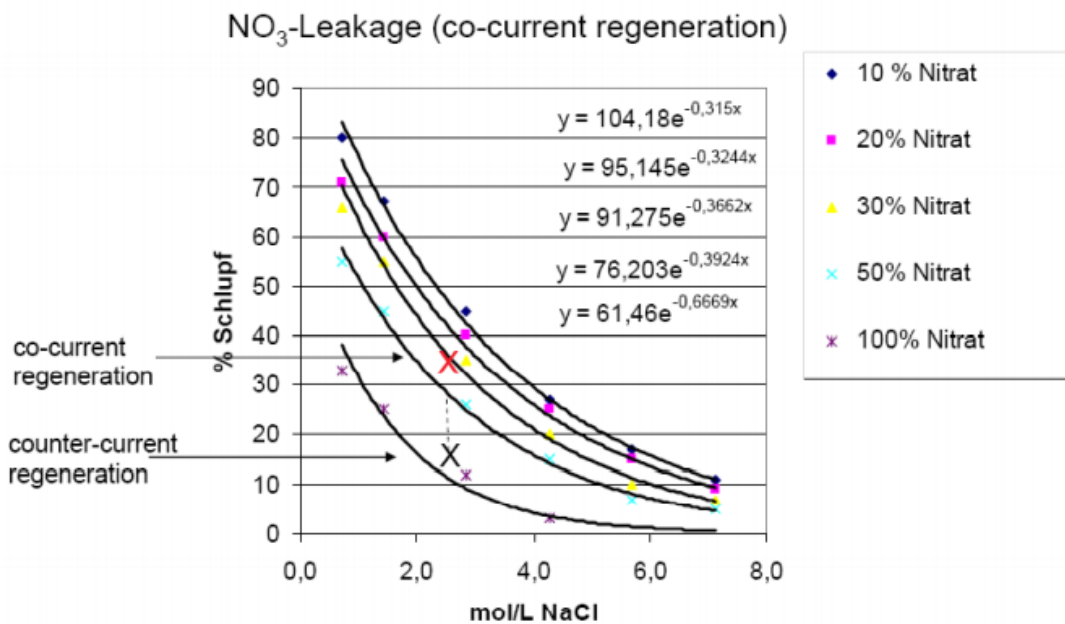


Figura 8 perdite di nitrato in funzione delle moli di sale usate in rigenerazione

Nella figura seguente è mostrato il principio di funzionamento delle reazioni di scambio dell'esaurimento e della rigenerazione della resina.

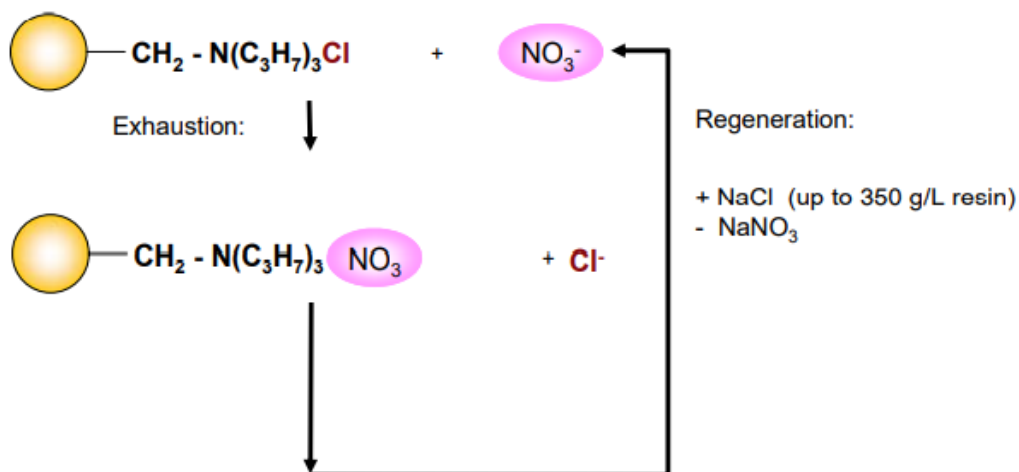


Figura 9 schema dello scambio ionico della resina

La fase di rigenerazione prevede l'utilizzo di circa 2,2 BV di una soluzione contenente il 15% di soluzione salina di NaCl, che viene pompata verso il basso, in controcorrente, sul letto di resina con una portata specifica di 4

BV/h. Dopo questa fase di dosaggio la colonna viene risciacquata con un minimo di 4 BV di acqua alla portata di 4 BV/h (1h). La procedura di risciacquo può essere interrotta se la salinità all'uscita della colonna raggiunge un livello accettabile. Gli ultimi 2 BV possono essere raccolti separatamente e utilizzati per preparare il successivo lotto di salamoia per la rigenerazione, in modo da risparmiare acqua per il lavaggio.

Può succedere che la salamoia esausta sia di colore scuro: il colore deriva da sostanze umiche che vengono assorbite parallelamente ai nitrati e che vengono anch'esse dilavate con la salamoia. Quindi gli eluati di rigenerazione colorati sono normali.

La quantità di salamoia raccomandata sopra e la procedura di trattamento descritti sono una procedura standard e dovrebbero essere considerate come un primo approccio: le prestazioni del sistema andranno poi ottimizzate mediante un adattamento individuale al caso in esame.

Il nitrato non può essere rimosso dalla salamoia di rigenerazione in alcun modo. Per questo motivo lo smaltimento degli eluati è particolarmente difficile. Non avendo a disposizione una rete fognaria è stato previsto l'invio degli eluati di rigenerazione al vicino depuratore, o mediante trasporto con camion o attraverso la realizzazione di una condotta dedicata.

Si ricorda ancora, che mediante un sistema in controcorrente è possibile ridurre la quantità specifica di sale e quindi anche la produzione di acque reflue.

In condizioni standard il tempo di vita della resina è fino a 4 anni. Dopo il suo uso la resina deve essere smaltita secondo le normative locali.

Vasche

N°1 vasca per la preparazione della salamoia (T2) in c.a. rivestita in poliurea è un parallelepipedo avente base quadrata di lunghezza 4m e altezza di 2,5m. La vasca ha un volume di 40 m³ ed è costruita parzialmente interrata in modo che la parte fuori terra permetta lo scarico del ribaltabile che trasporterà il sale.

La vasca sarà provvista di coperchio in vetroresina che ne protegga il contenuto dall'intrusione di animali; la metà del coperchio verso il lato di scarico dei camion sarà attrezzata con un sistema motorizzato di aperture in modo da rendere agevole lo scarico del sale.

N°1 vasca di raccolta degli eluati (T1) sarà costituita da una vasca in c.a. rivestita in poliurea di forma cilindrica avente diametro di 6m e altezza di 7m, e un volume totale di 216 m³.

La vasca ha la funzione di accumulare l'eluato concentrato di rigenerazione che sarà poi inviato all'impianto di depurazione attraverso i camion o la doppia condotta interrata. La vasca verrà chiusa con una rete a maglie fine per evitare la caduta accidentale di uccelli dentro di essa.

N°1 serbatoio in vetroresina (T3) di capacità 20 m³, con un diametro di 2,5m e altezza 4,4m che conterrà l'acqua necessaria alla rigenerazione dei filtri. Il serbatoio è fornito con anche di ancoraggio del serbatoio a terra, passo d'uomo laterale DN600, vari bocchelli flangiati di varie dimensioni per tubazione di aspirazione della pompa, per lo strumento di misura del livello e altri accessori.

Pompe

Pompe per il sollevamento dell'acqua da trattare alla filtrazione. P1A-P1B

N°2 Elettropompe pompa multistadio verticale, versione a bocche contrapposte in linea con tutte le parti a contatto col liquido da pompare in acciaio inox AISI 316 tenuta meccanica in Carburo di Silicio/Carbone

/epdm, guarnizioni epdm, lanterna di accoppiamento, giunto di accoppiamento motore-pompa, motore "efficienza IE3" trifase 3x400/690V, 50 Hz, 2.900 gir/min, potenza 7,5 kW. Bocche con flangiatura standard DN 125.

Portata: 100 m³/h
Prevalenza: 16 mca

Pompa per la salamoia. P2

N°1 Elettropompa pompa multistadio verticale, versione a bocche contrapposte in linea con tutte le parti a contatto col liquido da pompare in acciaio inox AISI 316 trattamento totale di passivazione ed elettrolucidatura dell'idraulica tenuta meccanica in Carburo di Silicio/Carbone /epdm, guarnizioni epdm, lanterna di accoppiamento, giunto di accoppiamento motore-pompa, motore "efficienza IE2" Trifase 3x230/400V, 50 Hz, 2.900 gir/min, potenza 0,37 kW. Bocche con flangiatura standard DN 25.

Portata: 2,4 m³/h
Prevalenza: 24 mca

Pompa per l'acqua di rigenerazione. P3

N°1 Elettropompa pompa multistadio verticale, versione a bocche contrapposte in linea con tutte le parti a contatto col liquido da pompare in acciaio inox AISI 316 tenuta meccanica in Carburo di Silicio/Carbone /epdm, guarnizioni epdm, lanterna di accoppiamento, giunto di accoppiamento motore-pompa, motore "efficienza IE3" trifase 3x230/400V, 50 Hz, 2.900 gir/min, potenza 1,1 kW. Bocche con flangiatura standard DN 40.

Portata: 8-14 m³/h
Prevalenza: 30-16 mca

Tutte le pompe sono controllate da inverter di potenza adeguata al motore da regolare. Le principali caratteristiche degli inverter sono descritte qui sotto:

- Alimentazione trifase, 380-480V;
- Grado di protezione IP20;
- Filtro RFI classe A2;
- Schede protette mediante resinatura;
- Pannellino grafico;
- Scheda di comunicazione profinet.

Strumentazione di processo

N°6 misuratori di portata di tipo elettromagnetico, versione inline, in versione resistente alla corrosione e display integrato. Di seguito sono elencate le principali caratteristiche tecniche:

- Alimentazione elettrica: 100-240VAC/24VAC/DC;
- Uscita: 4-20mA HART, ingresso: lunghezza impulso/frequenza, uscita: switch;
- Custodia: Compatta, rivestita in alluminio;
- Rivestimento: PTFE 90°C;
- Attacco al processo: PN16, carbonio, flangia scorrevole a collare EN1092-1;
- Elettrodi: 1.4435/316L (alloy C22 per la salamoia).

I misuratori di portata sono inseriti nelle tubazioni di ingresso di ogni filtro (DN100), nella tubazione di bypass (DN80), nel circuito di mandata della pompa della salamoia (DN25) e nel circuito di mandata della pompa dell'acqua di lavaggio (50). Per il misuratore di portata della salamoia, essendo inserito in tubazione di

plastica sono previsti 2 dischi di messa a terra e protezione contro le correnti galvaniche in alloy C-22, rivestiti in PTFE.

N°1 sensore ad assorbimento ottico UV con sensore digitale collegato al trasmettitore per misure analitiche multi-parametro e multicanale applicabile per controlli di processo, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Campo di misura: 0,1-50mg/l per NO₃-N - 0,4-200mg/l NO₃
- Cavo fisso di lunghezza 7m;
- Alimentazione elettrica: 24VDC;
- Ingresso per 1 sensore digitale e comunicazione con 2 uscite 4...20mA, tipo HART.

La sonda sarà installata su opportuna cella a deflusso in PVC con guarnizioni in EPDM. È previsto lo spillamento in 5 punti per la misura dei nitrati, uno per ogni uscita del filtro, uno sull'acqua miscelata in uscita e uno sul flusso degli eluati concentrati.

N°2 sensori di pressione di tipo capacitivo a membrana ceramica, privo di olio, aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Uscita: 4...20mA;
- Connessione elettrica: con connettore M12, IP65;
- Campo del sensore: 0 - 2bar;
- Attacco al processo: filetto G1/2", foro 11,4mm, 316L;
- Guarnizione: FKM.

I due sensori saranno installati rispettivamente in aspirazione e in mandata alle pompe di alimento dell'impianto.

N°1 sensore di pressione di tipo capacitivo a membrana ceramica, privo di olio, aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Uscita: 4...20mA;
- Connessione elettrica: con connettore M12, IP65;
- Campo del sensore: 0 - 1bar;
- Attacco al processo: filetto G1/2", foro 11,4mm, 316L;
- Guarnizione: FKM.

Il sensore sarà installato come misura di livello nel serbatoio di accumulo dell'acqua per la rigenerazione.

N°2 sensori di livello di tipo radar, aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Uscita: operatività 2 fili, 4...20mA;
- Campo di misura: 0 – 8m per liquidi (0-12m con tubo di protezione);
- Attacco al processo: filetto G1" per attacco posteriore, filetto G1 1/2" per attacco anteriore;
- Lunghezza cavo: 10m.
- Accessori: tubo per protezione intemperie

I sensori saranno installati per la misura di livello nella vasca di preparazione della salamoia e nella vasca di accumulo dei concentrati.

Tutta la strumentazione dispone di un segnale 4-20mA che verrà cablato al PLC per l'elaborazione, archiviazione e allarmizzazione della variabile di processo.

Automazione e telecontrollo dell'impianto

N°1 Quadro elettrico di comando e controllo dell'impianto, costituito da un armadio stagno alla polvere, IP56 installato all'interno del locale macchine esistente. Il quadro comprende:

- P.L.C. "Siemens S7-1500" di gestione dell'impianto, completo di tutte le schede di ingressi e uscite digitali e analogiche necessarie al funzionamento dell'impianto.
- Control panel con programma di interfaccia uomo-macchina (HMI).
- Router ethernet, per il remotaggio dell'impianto.

L'impianto è completamente automatizzato e tutte le fasi sono controllate dal PLC, tutte le variabili di processo sono interfacciate e storicizzate in appositi archivi.

Le principali valvole dell'impianto sono automatiche e pneumatiche, del tipo a farfalla comandate da elettrovalvole pneumatiche pilota. Ognuna di queste valvole è fornita da finecorsa che ne identifica la posizione di apertura o chiusura. Le elettrovalvole pneumatiche sono montate a pacchetto davanti a ciascun filtro, in apposita cassetta stagna; in mancanza di tensione o con il microprocessore disinserito è possibile comandarle manualmente agendo sulle singole elettrovalvole.

L'acqua da trattare viene sollevata da 2 pompe booster, funzionanti una in riserva all'altra, entrambe collegate ad un inverter in modo che venga mantenuta costante la pressione nel collettore di mandata. La portata dell'acqua da trattare viene distribuita attraverso 3 valvole regolanti installate all'ingresso di ogni filtro: ogni filtro, attraverso il misuratore di portata installato all'ingresso, regola la propria portata in ingresso. Una quarta valvola regolante, attraverso un misuratore di portata dedicato, gestisce il flusso di acqua del bypass.

Il flusso di filtrazione avviene con ingresso dell'acqua dal basso e uscita dall'alto. L'acqua trattata viene poi miscelata con l'acqua di bypass e inviata alle esistenti vasche di compenso e riserva.

Il ciclo di filtrazione viene conteggiato dal misuratore di portata posto in linea, all'ingresso di ogni filtro: raggiunto il volume impostato il filtro viene rigenerato.

La fase di rigenerazione prevede un primo dosaggio di salamoia e acqua in controcorrente, cioè dall'alto verso il basso. La fase è a volume sul conteggio della salamoia dosata attraverso il misuratore di portata dedicato, posto in mandata alla pompa della salamoia. La seconda fase della rigenerazione è composta dal risciacquo effettuato solo con acqua diviso in una fase di primo risciacquo, in cui lo scarto degli eluati della rigenerazione viene convogliato verso la vasca di raccolta degli eluati concentrati, e una fase di secondo risciacquo, in cui gli eluati della rigenerazione vengono recuperati nel serbatoio di accumulo delle acque di rigenerazione.

La prima parte di acqua del volume del secondo risciacquo viene inviata alla vasca di preparazione della salamoia fino al suo riempimento.

Entrambe le fasi di primo e secondo risciacquo sono a volume, conteggiato dal misuratore di portata posto in mandata alla pompa di lavaggio con acque di rigenerazione: eventualmente sarà possibile aumentare il set point di portata del secondo risciacquo rispetto al primo, per aumentare la velocità del risciacquo.

Sarà possibile infine gestire e visionare da remoto l'impianto attraverso il collegamento da remoto che avviene attraverso un router sicuro installato nel quadro elettrico: l'operatore avrà accesso alle pagine del pannello posto fronte quadro con possibilità di visionare le misure di processo, consultare gli archivi e gli allarmi, impostare e modificare i set delle impostazioni di impianto.

Il progettista

Ing. Matteo Noventa

