

INTERVENTO DI ADEGUAMENTO DI UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DI UN CANTIERE STRADALE PER LA REALIZZAZIONE DI UNA GALLERIA

Maurizio Galasso¹, Gianluca La Sala¹, Giovanni De Feo^{2,*}

¹Ricercatore indipendente.

²Università degli Studi di Salerno, Dipartimento di Ingegneria Industriale, DIIN.

Sommario

La costruzione della strada a scorrimento veloce Lioni-Grottaminarda, in provincia di Avellino, ha richiesto la realizzazione di viadotti e gallerie, con conseguente produzione di fluidi di perforazione e acque di dilavamento che necessitavano di trattamento depurativo. Il cantiere disponeva già di un impianto di trattamento, però insufficiente ad assolvere alle necessità depurative soprattutto con portate elevate. L'articolo, pertanto, descrive l'intervento di adeguamento dell'impianto di depurazione a servizio del cantiere stradale. L'impianto è stato avviato nella configurazione iniziale con rendimenti già sufficienti dal punto di vista qualitativo soprattutto per COD ed SST. L'impianto aveva una ridotta capacità di trattamento con una portata massima di 15 m³/h e richiedeva una presenza costante di personale. Invece, con l'intervento di adeguamento, l'impianto è stato fatto funzionare in continuo fino a una capacità di trattamento di 50 m³/h e la completa automazione della gestione e del controllo. Inoltre, con l'attivazione dell'uso della CO₂ si è riusciti a ottenere un ulteriore incremento delle capacità di controllo dei parametri funzionali dell'impianto. Infine, con l'installazione di un filtro a sabbia e di uno a carbone attivo si è riusciti ulteriormente a rendere più efficiente la rimozione dei solidi sospesi, con la loro pressoché totale rimozione, a fronte di un'efficienza minima richiesta del 95,9%, e dei tensioattivi con una percentuale di rimozione del 98,1% in confronto al minimo richiesto per rispettare i limiti normativi pari al 36,1%.

Parole chiave: *anidride carbonica; cantiere stradale; filtro a sabbia; galleria; impianto di depurazione*

UPGRADING OF A WASTEWATER TREATMENT PLANT SERVING A ROAD TUNNEL CONSTRUCTION SITE

Abstract

The construction of the Lioni-Grottaminarda road, in the province of Avellino, required the building of viaducts and tunnels, with the consequent production of drilling fluids and run-off water requiring an appropriate treatment before discharge. A treatment plant was already in operation, but it was not able to achieve the law's limits especially with a high flow rate. The article describes the upgrading of the treatment plant serving the road construction site. The plant was started up in its initial configuration and was already able to deal with COD and TSS. However, the plant had a reduced treatment capacity with a maximum flow rate of 15 m³/h, which required the constant presence of personnel. Instead, after the upgrading, the plant was able to continuously treat up to 50 m³/h and the complete automation of management and control was obtained. Furthermore, with the use of CO₂ it was possible to obtain a further increase in treatment efficiency. Finally, with the installation of a sand filter and an activated carbon filter it was possible to further improve the removal of suspended solids with their almost total removal, compared to a minimum required efficiency of 95.9%, and surfactants with a removal rate of 98.1% compared to the minimum required to comply with regulatory limits of 36.1%.

Keyword: *carbon dioxide; road construction site; sand filter; tunnel; wastewater treatment plant*

1. Introduzione

La realizzazione della strada a scorrimento veloce Lioni-Grottaminarda, in provincia di Avellino, ha richiesto la realizzazione di viadotti e gallerie. Come noto, la realizzazione di una galleria produce fluidi di

perforazione e acque di dilavamento che necessitano di trattamento depurativo (Hung et al., 2009).

Il cantiere disponeva già di un impianto di trattamento, però insufficiente ad assolvere alle necessità depurative soprattutto con portate elevate. Per tale motivo, nel

IdA



* Per contatti: Via Giovanni Paolo II 132, 84084 Fisciano (Sa).
Tel 089.964113. g.defeo@unisa.it

Ricevuto il 16-1-2023; Correzioni richieste il 6-2-2023;
Accettazione finale il 13-2-2023.

corso del 2021, si è reso necessario un intervento tecnico di adeguamento dell'impianto esistente. Per i primi due-tre mesi di attività, l'impianto ha funzionato nella configurazione originaria ed in modalità batch; poi, a partire dalla metà di febbraio 2021, è stato avviato in modalità in continuo e sotto controllo automatico. I reflui prodotti erano costituiti dalle seguenti tipologie di acque: (1) fluidi di perforazione propriamente detti e derivanti dalle operazioni di scavo; (2) acque di risulta dai lavaggi delle apparecchiature e dei mezzi; (3) acque di falda eventualmente intercettate; (4) acque piovane. Le caratteristiche del refluo da trattare derivavano, ovviamente, da un mix delle caratteristiche delle quattro tipologie di acqua sopra menzionate. Pertanto, una delle principali problematiche affrontate è consistita nella gestione della significativa variabilità delle caratteristiche degli scarichi che andavano da un carico inquinante molto blando, nel caso di sole acque di falda o piovane, sino ad acque molto cariche nel caso di consistente presenza dei fluidi di perforazione propriamente detti.

In sintesi, queste erano le principali caratteristiche chimiche del refluo da trattare:

- pH variabile da valori prossimi alla neutralità fino a valori molto elevati (pH=12-13);
- alto contenuto di solidi sia sedimentabili sia sospesi (in caso di sole acque piovane e di falda tali solidi erano in concentrazioni non troppo elevate, inferiori a 1.000 mg/L, mentre negli altri casi potevano raggiungere valori delle decine di migliaia di mg/L);
- presenza di oli derivanti dagli autoveicoli e dalle apparecchiature;
- presenza di additivi di scavo (polimeri e schiumogeni);
- contaminanti dilavati dal suolo.

Oltre allo scarico in acque superficiali era stato richiesto anche di poter riutilizzare, in caso di necessità, le acque per lo scavo in galleria.

Per il trattamento di acque con caratteristiche simili conviene fare ricorso preferenziale ai processi di trattamento di tipo chimico-fisico. Infatti, non vi sono le condizioni per impostare un processo biologico. I processi chimico-fisici possono essere adoperati in sequenza o, in alcuni casi, da soli. Se le acque non sono molto cariche di additivi di perforazione si può fare esclusivo ricorso a chiariflocculazione e sedimentazione. In presenza di sostanze organiche va aggiunta la filtrazione su sabbia e carbone attivo granulare (CAG), mentre per la correzione del pH si possono adoperare l'acido cloridrico o l'acido solforico, oppure si può fare ricorso alla CO₂. Sistemi alternativi, come ad esempio il carbone attivo in polvere in letto fluido, si presentano di difficile gestione.

Nei paragrafi che seguono si procede con la descrizione del ciclo di trattamento, in materiali e metodi, e a seguire con la presentazione dei risultati del processo depurativo, prima e dopo le modifiche, con la relativa discussione.

2. Materiali e metodi

L'impianto esistente prima dell'intervento di adeguamento era costituito dal sollevamento iniziale, da un'unica vasca di reazione dove venivano dosati tutti i reattivi, e da un sedimentatore verticale. Questa configurazione richiedeva un trattamento in batch con significativo impiego di personale e con una ridotta capacità di trattamento pari a 15 m³/h (Figura 1a, a pag. seg.). Con l'intervento di adeguamento l'impianto è stato modificato in modo tale da renderlo capace di funzionare in continuo con alti rendimenti di trattamento (Figura 1b, pag. seg.).

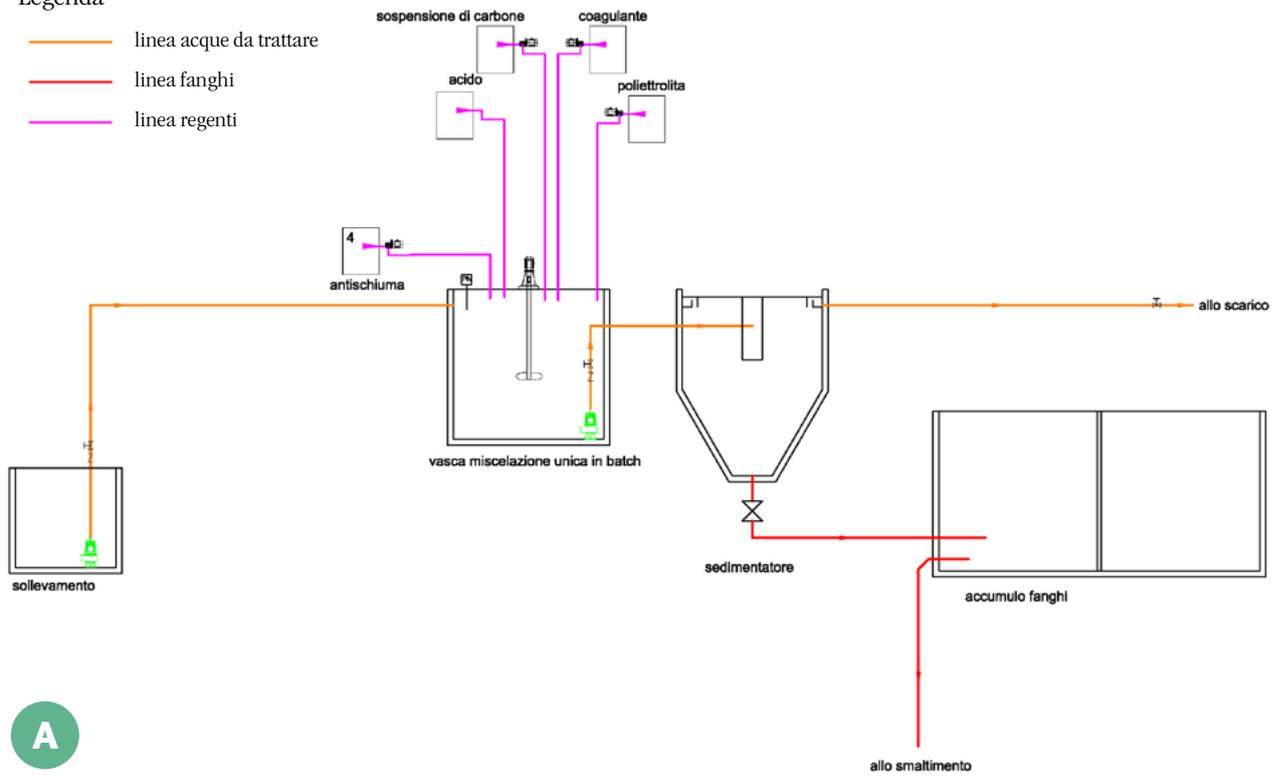
In considerazione delle caratteristiche di estrema variabilità del refluo da trattare, si è deciso di incentrare il ciclo del processo depurativo su un trattamento chimico-fisico in più stadi con:

- sedimentazione naturale in vasche per abbattere il più possibile i solidi sedimentabili (in particolare sabbie) per evitare sovraccarichi alle fasi successive (De Feo et al., 2012);
- sollevamento iniziale all'interno del quale far gorgogliare aria proveniente da una soffiante per evitare sedimentazioni nel pozzo di sollevamento (in caso di necessità si può anche dosare un antischiuma tramite pompa dosatrice);
- correzione del pH;
- coagulazione mediante aggiunta di policloruro di alluminio (PAC);
- flocculazione mediante aggiunta di polielettrolita anionico;
- sollevamento al sedimentatore;
- sedimentazione in sedimentatore a flusso ascendente;
- filtrazione a sabbia e carbone attivo;
- sistema per eventuale riutilizzo delle acque;
- vasca di accumulo e condizionamento/ispessimento fanghi;
- filtropressa per la disidratazione dei fanghi.

Il vecchio impianto prevedeva un dosaggio di carbone attivo in polvere oltre alla correzione del pH e il dosaggio del coagulante in un'unica vasca agitata, mentre il flocculante veniva dosato in linea dopo il sollevamento al sedimentatore. Tale configurazione richiedeva un trattamento in batch che, oltre a richiedere una maggiore presenza di personale, limitava la capacità idraulica dell'impianto a non più di 15 m³/h, valore inadeguato per le esigenze del cantiere. Inoltre, siccome non si era in grado di poter efficacemente

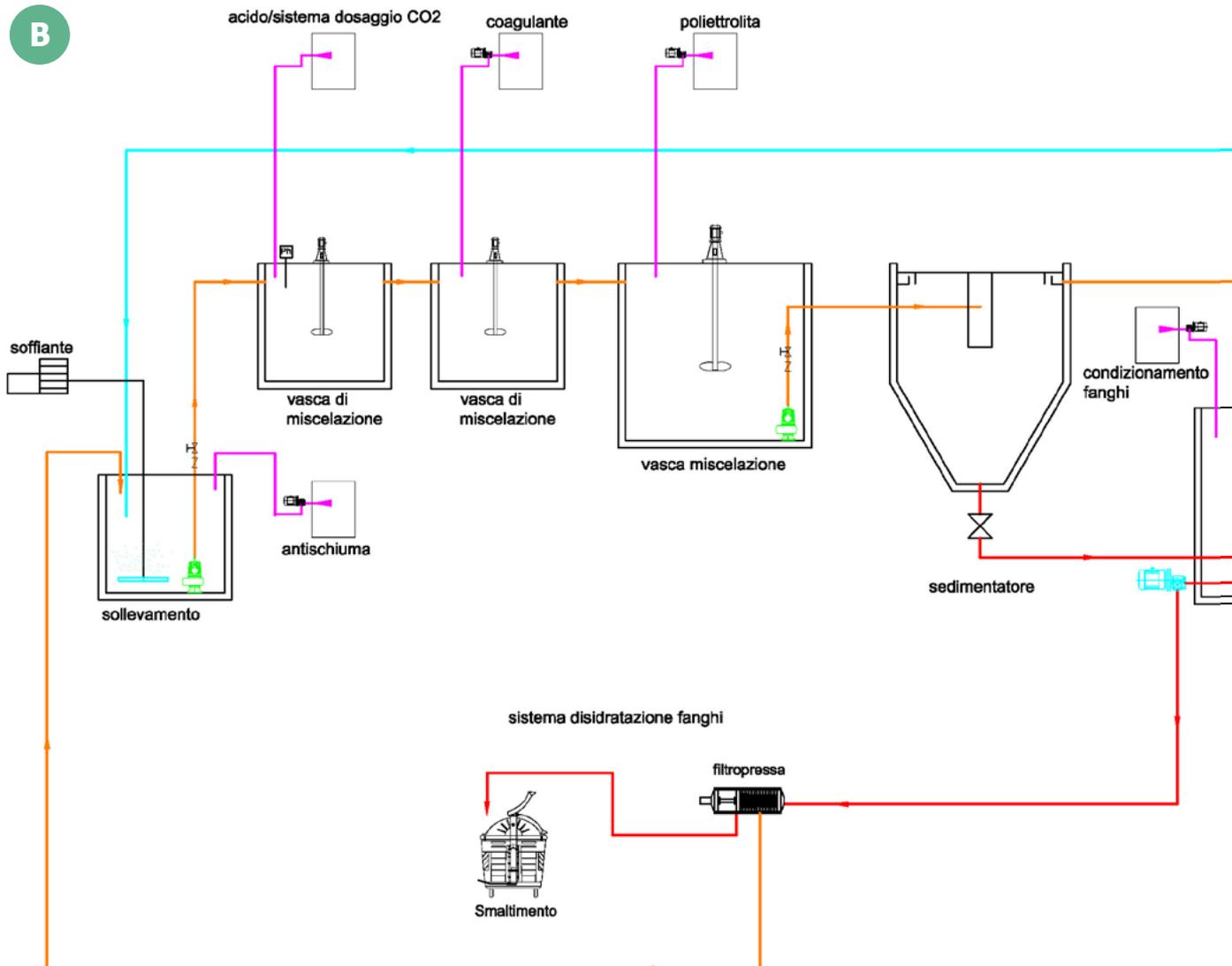
Legenda

- linea acque da trattare
- linea fanghi
- linea reagenti



A

B



controllare i parametri di processo, non si aveva certezza del risultato depurativo finale.

Per i mesi di dicembre 2020, gennaio 2021 e una porzione di febbraio 2021, l'impianto ha funzionato in batch, mentre da marzo 2021 l'impianto ha funzionato in continuo garantendo il trattamento di circa 50 m³/h.

Le acque reflue da trattare giungevano a delle vasche di sedimentazione naturale (Figura 2a) posizionate immediatamente a valle dell'imbocco della galleria ed a monte dell'impianto di trattamento vero e proprio. A valle della sedimentazione naturale l'impianto era dotato di un pozzo di raccolta con due pompe di sollevamento (Figura 2b). All'interno del pozzo veniva insufflata aria tramite una soffiante a canale laterale per evitare l'accumulo di materiali sedimentabili. Sempre al suo interno si potevano dosare antischiuma, in caso di necessità, ed acido se necessario sfruttando la miscelazione dovuta alla soffiante.

Dal sollevamento i reflui venivano addotti in una prima vasca di contatto agitata dove era insufflata anidride carbonica in funzione del pH registrato dal misuratore installato al suo interno (Figura 3). Una volta corretto il pH, nella vasca in acciaio avveniva la fase di coagulazione per aggiunta di policloruro di alluminio

(PAC) seguita da una fase di flocculazione mediante un flocculante polimerico per aumentare la sedimentabilità dei fiocchi. Il PAC necessitava di operare in un ristretto intervallo di pH generalmente compreso nel range 7-8 (Zhao et al., 2012; De Feo et al., 2013). Per tale motivo l'impianto è stato strutturato con un primo dosaggio manuale di acido solforico e successiva correzione mediante CO₂.

La correzione del pH poteva essere condotta mediante acidi se il pH non superava 9,5; invece, per valori superiori, la correzione richiedeva sistemi diversi altrimenti si sarebbe avuto un superamento dei limiti allo scarico per cloruri e/o solfati a seconda dell'acido usato. Per tale motivo si è ricorso all'uso dell'anidride carbonica liquida. È per questo motivo, infatti, che all'arrivo nel pozzetto di sollevamento, oltre all'insufflazione di aria e al dosaggio manuale di antischiuma, era possibile dosare acido solforico sempre con dosaggio regolato manualmente, poiché a valle vi era un controllo in automatico del pH con eventuale correzione con CO₂. Pertanto, dopo il sollevamento nella prima vasca di contatto continuamente miscelata, vi era la misurazione in continuo del pH a cui era asservita l'erogazione della CO₂ che interveniva con pH maggiore di 8; la CO₂ veniva dosata fino a che il pH

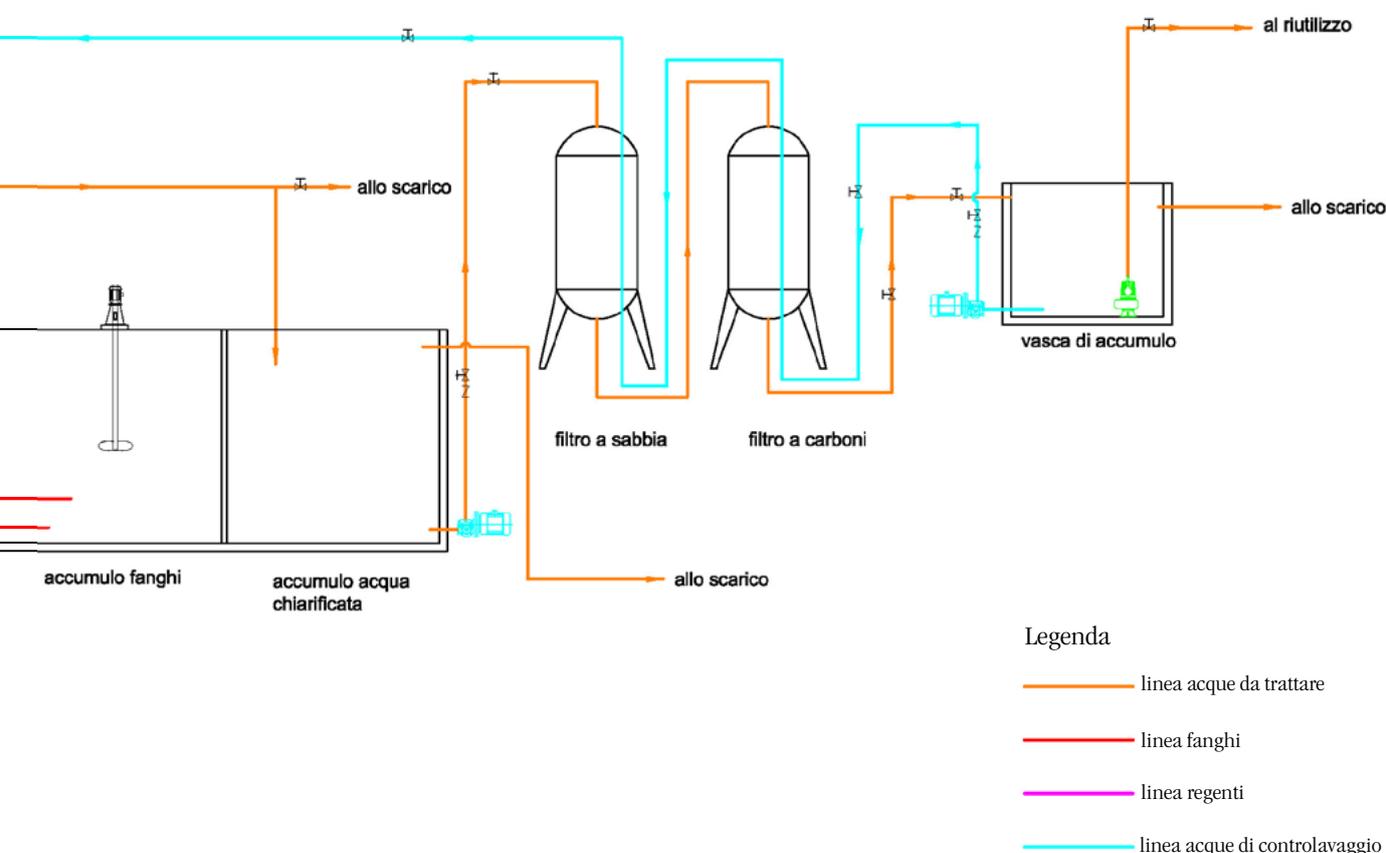


Figura 1. Schema a blocchi dell'impianto di depurazione: a) prima dell'intervento di adeguamento; b) dopo l'intervento di adeguamento.

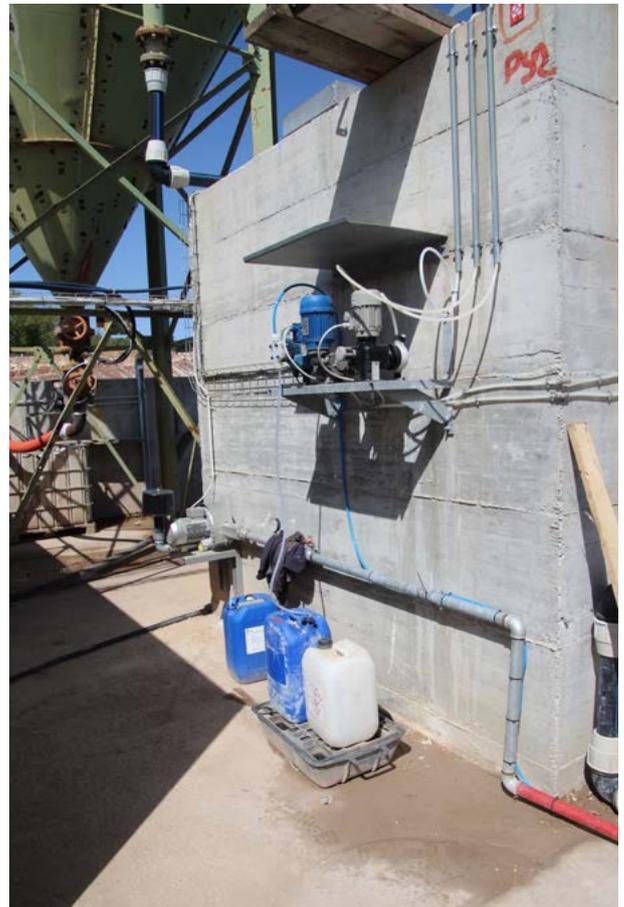


Figura 2. Vasche di sedimentazione e pozzetto di raccolta: (a) vasca di sedimentazione naturale; b) soffiante e dosatori di antischiuma ed acido nel pozzetto di raccolta.



Figura 3. Trattamento con anidride carbonica: (a) vasca di contatto per CO₂ (vasca in cemento) e vaschetta di dosaggio in acciaio per coagulazione con PAC (policloruro di alluminio); b) serbatoio per CO₂ liquida ed evaporatore per immissione in vasca.

IdA





Figura 4. Sedimentatore verticale.

non raggiungesse nuovamente tale valore. Il dosaggio era, quindi, garantito con portata fissa ed attivazione on-off con comando da parte del pH-metro.

Dopo la correzione del pH il refluo transitava in una seconda vasca miscelata, dove vi era l'aggiunta del PAC mediante dosatore regolato con portata fissa attivato con collegamento sulla pompa di sollevamento. All'attivazione della pompa si attivavano anche tutti i dosatori e le macchine asservite. Dopo il dosaggio del PAC il refluo passava nella terza vasca di contatto, sempre miscelata, dove veniva dosato polielettrolita anionico in emulsione al 2,5 per mille sempre con dosatore a regolazione manuale e comando on-off. Al termine della reazione la miscela veniva sollevata al sedimentatore verticale dove le acque venivano separate dai fanghi (Figura 4). Qualora fosse stato necessario, era possibile eseguire un'ulteriore immissione di floccu-

lante a valle del sollevamento per riaggregare i fiocchi eventualmente sminuzzati dal sollevamento poiché era installato un miscelatore statico. Tale evenienza si aveva solo con carichi di solidi molto elevati.

I fanghi venivano periodicamente spurgati ed inviati alla disidratazione mediante filtropressa per poi essere smaltiti (Figura 5a). Le acque potevano essere scaricate se non necessitavano di altro trattamento o recupero altrimenti potevano essere sottoposte a trattamento successivo mediante filtrazione a sabbia e carbone attivo (Figura 5b). Tale trattamento poteva eliminare le sostanze organiche solubili (ad esempio schiumogeni). Tale trattamento veniva eseguito anche nel caso di recupero delle acque nella attività di trivellazione.

Di seguito si riportano le dimensioni delle unità di trattamento, i tempi di ritenzione idraulica e i principali dosaggi.

La vasca di contatto ha dimensioni pari a $2 \times 3 \times 3 = 18 \text{ m}^3$ con 15 m^3 di volume utile e tempo di ritenzione idraulica pari a 18 minuti sulla portata media e 13 minuti sulla portata massima ($70 \text{ m}^3/\text{h}$).

La vasca di coagulazione ha dimensioni pari a $1,5 \times 1,5 \times 1,5 = 3,4 \text{ m}^3$ con tempi di ritenzione idraulica pari a 3,5 minuti sulla portata media e 2,6 minuti sulla portata massima.

La vasca di flocculazione ha dimensioni pari a $2,5 \times 2,5 \times 4,5 = 28 \text{ m}^3$ di cui 25 m^3 di volume utile e tempo di ritenzione idraulica pari a 30 minuti sulla portata media e 21 minuti sulla portata massima.

Il sedimentatore ha un diametro 4 m, una superficie pari a $12,5 \text{ m}^2$, con una velocità ascensionale pari a 4 m/h in corrispondenza della portata media e 5,6 m/h in corrispondenza della portata di punta (con fanghi minerali le velocità sono compatibili con un'efficiente sedimentazione).

Il filtro a quarzite con controlavaggio automatico ha un diametro pari a 2 m con velocità di attraversamento pari a 16 m/h (con acque sostanzialmente prive di solidi non vi sono stati problemi).



Figura 5. Trattamenti finali: (a) filtropressa a piastre; (b) sistema di filtrazione finale.

Il filtro a carboni attivi con controlavaggio automatico ha un diametro pari a 2,5 m con velocità di attraversamento pari a 10,2 m/h in corrispondenza della portata media e 14,3 m/h in corrispondenza della portata massima.

Il dosaggio di CO₂ avveniva in maniera automatica in funzione del pH. Il policloruro di alluminio veniva dosato in funzione dei solidi sospesi presenti, da un minimo di 50 ppm (2,5 kg/h pari a 2 l/h) fino a un massimo di 400 ppm (20 kg/h pari a 16 l/h). Dosaggi elevati si sono avuti solo nella fase iniziale quando la trivella incontrava banchi di argilla per cui si era in presenza di un elevato carico di solidi. Il dosaggio medio si può assumere pari a 100 ppm. Il polielettrolita era preparato al 2,5 per mille e dosato tra i 2 ed i 5 ppm (40-100 l/h).

I campionamenti venivano condotti in maniera medio composita su 30 minuti per il campione in ingresso (a monte sono presenti due vasche di laminazione/sedimentazione che omogeneizzano il refluo). Per il prelievo dei campioni in uscita è stata utilizzata la tecnica di campionamento istantaneo siccome i volumi garantiscono comunque un'omogeneizzazione del refluo in uscita che non presenta variazioni elevate nelle caratteristiche.

I metodi analitici adoperati sono quelli del manuale 29/2003 ISPRA – APAT-CNR metodi analitici per le acque.

3. Risultati e Discussione

Con successivi interventi si è potenziato l'impianto con la fase di dosaggio della CO₂ e con l'introduzione della filtrazione su sabbia e carbone attivo (Petala et al., 2006). Un tale ciclo di trattamento si è reso necessario per effetto della variabilità degli scarichi in funzione del tipo di lavorazione in galleria e dei suoli incontrati. In presenza di roccia, i fluidi sono meno contaminati ma in presenza di materiali sciolti (in particolare limi ed argille) si fa un discreto uso di additivi (polimeri e schiumogeni) e, infine, si usa cemento nella fase di perforazione. Le acque di risulta in questo caso presentano valori di pH molto elevati (oltre ad elevati carichi di solidi) unitamente a una significativa presenza di tensioattivi.

La correzione del pH con acidi nel caso di pH molto elevati comporta un refluo in uscita dall'impianto con valori fuori norma per cloruri e solfati a seconda dell'acido usato (Ginghină et al., 2020). Inoltre, il trattamento chimico-fisico abbatte solo in parte gli schiumogeni; ecco perché si è ricorso ad un'acidificazione con CO₂ ed ai filtri a carbone in fase finale da usare solo in presenza di elevate quantità di schiumogeni (Çeçen and Aktaş, 2012).

Nella gestione dell'impianto si sono distinte tre fasi di funzionamento:

- Prima fase: funzionamento in batch dell'impianto chimico fisico;
- Seconda fase: funzionamento dell'impianto completo con il sistema di chiariflocculazione in continuo capace di trattare 50 m³/h.
- Terza fase: attivazione dei filtri a sabbia e carbone attivo, con recupero delle acque depurate per la fase di trivellazione.

La Tabella 1 riporta i valori dei parametri analitici misurati nel refluo influente e nel refluo effluente nel corso delle prime due fasi di gestione. In tabella, per ogni periodo e per ogni parametro, sono anche calcolati la media e la deviazione standard, il coefficiente di variazione dato dal rapporto tra media e deviazione standard e, infine, il rendimento calcolato sulla media.

La prima fase di gestione ha visto il funzionamento in batch di tipo manuale sufficiente sul piano qualitativo ma che ha creato notevoli problemi per il trattamento delle portate addotte. Successivamente, in data 08/03/2021 è stato attivato l'impianto con il sistema di chiariflocculazione in continuo capace di trattare 50 m³/h e successivamente in data 05/05/2021 è stato attivato il sistema automatico di controllo del pH con dosaggio di anidride carbonica da serbatoio di stoccaggio in fase liquida. Tra la prima e la seconda fase, come si può dedurre dalla Tabella 1, non si è registrata una significativa variazione in termini di pH e COD, mentre per gli altri parametri ci sono state significative differenze conseguenti alla variabilità delle caratteristiche dei reflui trattati e, ovviamente, alle modifiche introdotte all'impianto. Infine, in data 24/06/2021, con l'attivazione dei filtri a sabbia e carbone attivo, si è completato l'impianto che ha, quindi, potuto operare in continuo con recupero delle acque depurate per la fase di trivellazione. Stante la limitata disponibilità di acqua, da tale data non si è registrato più uno scarico in continuo poiché le acque venivano riciclate.

Pertanto, venivano scaricate solo piccole quantità di acque quando era necessario procedere a reintegri per tenere sotto controllo la salinità.

All'esito dei lavori di montaggio dei filtri si è proceduto a una verifica funzionale/collaudò dell'impianto per i parametri per i quali l'impianto era stato progettato. Sulla base delle acque consegnate nella fase di progettazione si è visto che i parametri da riportare nei limiti di normativa erano i seguenti:

- pH
- COD
- SST
- Tensioattivi.

Altri parametri, quali quelli legati alla salinità, erano sostanzialmente dovuti ai terreni che si incontravano nella perforazione e pertanto di origine naturale sui quali non si poteva intervenire con impianti tradizio-

Tabella 1. Parametri analitici misurati in ingresso e in uscita dall'impianto nel corso delle prime due fasi di gestione.

Data	pH		COD (mg/L)		Cloruri (mg/L)		Solfati (mg/L)		Tensioattivi (mg/L)		Alluminio (mg/L)	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
Prima fase: funzionamento in batch dell'impianto												
17/12/2020	7,34	9,5	81	97	71	124	50	97	-	-	0,51	0,98
12/01/2021	11,2	8,22	38	55	11	21	48	27	1,32	1,25	0,34	0,56
22/01/2021	12,19	6,85	2000	158	337	479	10	740	-	-	1,32	0,85
12/02/2021	11,77	9,5	60	15	106	71	84	135	4	2	0,17	1,07
23/02/2021	7,55	7,66	341	11	57	71	37	67	0,11	0,21	0,39	0,99
Media	10,0	8,3	504,0	67,2	116,4	153,2	45,8	213,2	1,8	1,2	0,5	0,9
Dev. St.	2,4	1,2	845,3	61,6	127,9	185,7	26,6	297,1	2,0	0,9	0,4	0,2
Dev. St./Media	0,24	0,14	1,68	0,92	1,10	1,21	0,58	1,39	1,10	0,78	0,82	0,23
Rend. Media	51,0%		92,7%		-45,2%		-1015,0%		54,8%		55,4%	
Seconda fase: sistema di chiariflocculazione in continuo												
18/03/2021	7,35	7,35	75	63	35	110	38	45	0,15	0,22	0,036	0,019
09/04/2021	9,7	7,36	26	0	64	121	87	136	0,1	0,1	0,098	0,56
15/04/2021	11,93	7,58	26	7,3	383	135	160	133	0,6	0,05	0,061	0,28
22/04/2021	9	9,03	1926	5	78	135	1	550	0,9	0,58	49,73	0,45
05/05/2021	7,6	7,35	33	4	106	227	88	140	0,34	0,12	0,52	0,81
14/05/2021	11,25	9,45	95	13,5	213	337	100	570	1,79	1,94	0,051	0,81
19/05/2021	9,2	7,92	78	93	248	496	109	290	1,81	1,35	0,054	0,98
28/05/2021	7,86	7,43	92	91	97	186	60	70	0,26	0,81	0,039	0,39
03/06/2021	9,8	6,64	60	10	195	239	136	150	0,69	0,35	0,42	0,039
11/06/2021	10,28	6,63	522	5,5	266	301	80	190	0,36	0,11	0,65	0,35
19/06/2021	7,7	7,47	81	8	213	301	75	76	0,66	0,4	0,25	0,14
Media	9,2	7,7	274,0	27,3	172,5	235,3	84,9	213,6	0,7	0,5	4,7	0,4
Dev. St.	1,5	0,9	565,5	36,3	106,0	117,6	43,7	183,5	0,6	0,6	14,9	0,3
Dev. St./Media	0,17	0,11	2,06	1,33	0,61	0,50	0,51	0,86	0,86	1,10	3,16	0,74
Rend. Media	43,0%		93,6%		-11,0%		-320,3%		-1,0%		97,8%	

nali. Per gli SST si è utilizzato per l'ingresso un valore medio rilevato sui 6 campioni antecedenti il 24/06/2021 compreso, mentre per gli altri parametri si sono utilizzati i valori del giorno 24 giugno. Questo a causa della variabilità del parametro legato alla natura delle rocce scavate al momento. I risultati ottenuti sono quelli riportati in Tabella 2 unitamente ai rendimenti di rimozione. Come si può dedurre dalla Tabella 2, per tutti i parametri presi in considerazione si è riusciti a riportare il valore al di sotto del limite normativo e, quindi, ad ottenere rendimenti depurativi superiori a quelli mini-

mi richiesti. Il parametro dei tensioattivi è quello per il quale si è registrato il maggior margine di sicurezza in termini di divario tra rendimento ottenuto e rendimento minimo richiesto per il rispetto del limite normativo; a seguire il COD.

4. Conclusioni

L'articolo ha descritto l'intervento di adeguamento di un impianto di depurazione a servizio di un cantiere stradale per la realizzazione di una galleria. Per il trattamento di acque con simili caratteristiche conviene fare

Tabella 2. Parametri analitici e rendimenti depurativi misurati in occasione del collaudo funzionale dell'impianto di depurazione dopo l'intervento di adeguamento.

Parametro	Ingresso	Uscita sedimentatore	Uscita filtro a sabbia	Uscita filtro a carbone	Limite normativo ^b	Rendimento minimo richiesto	Rendimento depurativo ottenuto
pH	11,98	8,82	8,37	8,06	5,5-9,5	20,7%	32,7%
COD (mg/L)	522	15	13	19	160	69,3%	96,4%
SST (mg/L)	1957 ^a	15	0	0	80	95,9%	100,0%
Tensioattivi (mg/L)	3,13	6,66	3,82	0,06	2	36,1%	98,1%

^aValore medio; ^bScarico in acque superficiali, D. Lgs 152/06, Parte terza, Allegato 5, Tabella 3.



ricorso ai processi di trattamento di tipo chimico-fisico, poiché non vi sono le condizioni per impostare un processo biologico. Con reflui non molto carichi di additivi di perforazione si può fare esclusivo ricorso a processi di chiariflocculazione e sedimentazione. In presenza di sostanze organiche si può aggiungere la filtrazione su sabbia e carbone attivo granulare, mentre per la correzione del pH si possono adoperare l'acido cloridrico o l'acido solforico, oppure si può fare ricorso alla CO_2 . L'impianto è stato avviato nella configurazione iniziale con rendimenti già sufficienti dal punto di vista qualitativo soprattutto per COD ed SST. Dal punto di vista quantitativo l'impianto aveva una ridotta capacità di trattamento con una portata massima di $15 \text{ m}^3/\text{h}$ che richiedeva una presenza costante

di personale. Invece, con l'intervento di adeguamento impiantistico si è riuscita ad ottenere l'attivazione in continuo dell'impianto con l'innalzamento ad una capacità di trattamento di $50 \text{ m}^3/\text{h}$ e la completa automazione della gestione e del controllo, limitando a una semplice vigilanza/manutenzione la necessità del personale. Inoltre, con l'attivazione dell'uso della CO_2 si è avuto un ulteriore incremento delle capacità di controllo dei parametri funzionali dell'impianto con miglioramento delle performance depurative. Infine, con l'installazione dei filtri si è avuto il completamento dell'impianto con capacità di trattamento ulteriormente migliorate soprattutto per quanto attiene alla rimozione dei solidi sospesi e dei tensioattivi. ■

Riferimenti bibliografici

- Çeçen F. e Aktaş Ö. (2012) Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- De Feo G., De Gisi S. e Galasso M. (2012) Acque reflue. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- De Feo G., Galasso M., Landi R., Donnarumma A. e De Gisi S. (2013) A comparison of the efficacy of organic and mixed-organic polymers with polyaluminium chloride in chemically assisted primary sedimentation (CAPS), *Environmental Technology*, vol (34): 1297-1305.
- Ginghină R.E., Bojin D., Miculescu F., Zamora I.P., Țigănescu T.V. e Antoniac I. (2020) The pH influence in the process of industrial wastewater treatment, *UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science*, vol (82): 355-365.
- Hung H.C., Monsees J., Munfah N. e Wisniewski J. (2009) Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels – Civil Elements, U.S. Department of Transportation Publication No. FHWA-NHI-10-034, Federal Highway Administration.
- Petala M., Tsiridis V., Samaras P., Zouboulis A. e Sakellariopoulos G.P. (2006) Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents, *Desalination*, vol (195): 109-118.
- Zhao Y.X., Gao B.Y., Wang Y., Shon H.K., Bo X.W. e Yue Q.Y. (2012) Coagulation performance and floc characteristics with polyaluminium chloride using sodium alginate as coagulant aid: A preliminary assessment, *Chemical Engineering Journal*, vol (183): 387-394.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare la Società Italiana per Condotte d'Acqua S.p.A. quale esecutrice dei lavori, il geometra Giuseppe Iandoli, responsabile del cantiere, e la dott.ssa Rossella Cirella, responsabile della sicurezza.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2022 è sostenuta da:

