

**Ripristino
strutturale e
funzionale
dell'impianto
di depurazione
della Città di
Cagliari**

Intervento

Miglioramento efficienza impianto, interventi sulle linee fanghi - digestione anaerobica. Importo € 5.681.026,00 finanziato dall'A.T.O. Sardegna col POT annualità 2004

Ente attuatore

Comune di Cagliari

Progettazione esecutiva

Ufficio Tecnico Comune di Cagliari

Responsabile del Procedimento

Ing. Francesco Patricolo

Dirigente Area Servizi Tecnici Comune di Cagliari

Collaboratore del R.U.P.

Geom. Salvatore Iecle - Funzionario Comune di Cagliari

Direttore dei Lavori

Geom. Fausto Marrocu - Funzionario Abbanoa S.p.A.

Direzione Operativa e Responsabile della sicurezza in fase di esecuzione

Sting Engineering S.r.l. - Cagliari

Impresa appaltatrice

A.T.I. Pavan Costruzioni Generali S.r.l. - Iceia S.r.l. - Co.Me.Car. S.r.l.

Subappaltatori

Ditta Buccellato S.r.l. - Sestu (CA)

Ditta Galimberti & Concas S.n.c. Elmas (CA)

Ditta Sistema Tetto S.r.l. Avellino



Ing. Francesco Patricolo
Ing. Paolo Gamberini
Geom. Fausto Marrocu



PREMESSA

Il presente lavoro illustra le opere di risanamento strutturale e funzionale eseguite nell'impianto di depurazione della città di Cagliari e del suo interland, costituito da 8 comuni ed una fascia costiera di 20 chilometri, con una popolazione servita di 380.000 abitanti. Per capire l'importanza e la metodologia dell'intervento è necessario descrivere brevemente il contesto ambientale nel quale ricade l'impianto di depurazione.

Mentre gli otto comuni costieri sono ubicati a corona della città di Cagliari, che funge da elemento catalizzatore per le attività direzionali e dei servizi, la zona costiera, che rappresenta il fulcro dello sviluppo turistico dell'intero bacino, si snoda linearmente da occidente verso oriente attraverso una sequenza di litorali e zone umide che comprendono il porto, la zona balneare del Poetto, il litorale residenziale di Quartu e di due stagni di Santa Gilla e del Molentargius.

La zona umida del Molentargius rappresenta un raro esempio di biotopo naturalistico, compreso tra i due ambienti urbani di Cagliari e Quartu Sant'Elena, ricadente in un'area ricono-

sciuta di interesse internazionale, dalla Convenzione di Ramsar dal 1977, per la presenza di avifauna di grande valore. L'impianto di depurazione si trova nella zona dello stagno del Molentargius, in località Is Arenas.

L'impianto, oltre a svolgere la sua funzione originaria di depurazione dei liquami dell'area servita, risulta elemento importante per la conservazione dell'eco-sistema, tanto da essere già sede di un importante intervento di risanamento da parte del Ministero dell'Ambiente. Infatti, l'impianto fornisce acque per l'integrazione idrica dello stagno secondo un programma flessibile che prevede l'invio di un effluente qualitativamente compatibile con le esigenze del sistema. La portata delle acque inviate tiene conto del volume minimo per il mantenimento dell'area umida e di quello necessario per garantire un adeguato ricambio idrico, evitando così fenomeni di eutrofizzazione, e nello stesso tempo, garantendo la presenza di fosforo, necessario poiché la presenza di nutrienti favorisce il formarsi di nicchie ecologiche.

Prima della realizzazione dell'impianto la situazione dei corpi idrici era seriamente compromessa: le co-

ste e le lagune risultavano inquinate, il fondo dei canali ricoperto di fanghi. La presenza diffusa di scarichi aveva creato una situazione generale di degrado ambientale interessando, in particolar modo, la laguna di Santa Gilla e del Molentargius, i Canali di Terramaini e Fangario e quindi, le acque del golfo degli Angeli, dove di fatto il sistema si affaccia.

Con l'entrata in funzione dell'impianto ed il collegamento dei collettori realizzati sino ad oggi, si è verificata una inversione di tendenza e con il completamento degli interventi sull'impianto, previsto nei prossimi anni, si prevede di liberare l'intera area costiera di Cagliari e dei comuni limitrofi dai fenomeni di inquinamento.

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Nell'impianto di depurazione di Is Arenas confluiscono i reflui dei comuni di Cagliari, Quartu Sant'Elena, Selargius, Monserrato e Quartucciu. In un prossimo futuro è previsto il collegamento dei comuni di Sinnai, Settimo San Pietro, Maracalagonis e del litorale di Quartu Sant'Elena.

Dati caratteristici

Le potenzialità dell'impianto sono:

- Popolazione servita 557.000 ab./eq.
- Portata media 2.000 l/sec.
- Portata massima 3.000 l/sec.
- Capacità media di trattamento 174.000 mc/d
- Carico inquinante (BOD) 60 g/ab·d
- Concentrazione BOD 185 mg/l
- Concentrazione azoto totale 39 mg/l

L'impianto, di tipo biologico, a fanghi attivi, con digestione anaerobica dei fanghi di supero e recupero di energia dal biogas, è composto dalle seguenti sezioni operative:

- **trattamento dei reflui civili:** la linea comprende le sezioni di sollevamento, microsgrigliatura, dissabbiatura, preareazione, vasca volano, sedimentazione primaria, ossidazione, nitrificazione, sedimentazione finale, riciclo estrazione fanghi attivi, disinfezione dell'effluente finale;
- **trattamento fanghi:** la linea comprende le sezioni di estrazione fanghi misti, ispessimento, digestione anaerobica di 1° e 2° stadio, termostatazione fanghi, disidratazione meccanica dei fanghi;
- **linea bio-gas:** questa linea comprende le sezioni di raccolta e stoccaggio bio-gas, autoproduzione di energia elettrica da bio-gas, combustione in torcia del gas di supero;
- **servizi ausiliari:** Questi comprendono il sistema computerizzato, cabina di trasformazione MT/BT, gruppo elettrogeno di emergenza, produzione e distribuzione aria compressa, produzione, stoccaggio e distribuzione

acqua servizi, impianto di monitoraggio con telecamere, controlli di processo e manutenzione;

- **trattamento terziario:** la linea comprende le sezioni di sollevamento, destabilizzazione/aggregazione, sedimentazione, filtrazione a sabbia, disinfezione con biossido di cloro e raggi U.V.;

Liquami in ingresso

La composizione del liquame in ingresso all'impianto ha caratteristiche confrontabili con i dati medi forniti generalmente dalla letteratura sull'argomento;

Effluente impianto: le acque in uscita, che presentano parametri entro i limiti imposti dalla autorizzazione allo scarico, come dalle verifiche effettuate dal Presidio Multizonale di Prevenzione della AUSL, vengono immesse nel bacino del Simbirizzi per essere riutilizzate in agricoltura ad uso irriguo mentre una portata di circa 100 l/sec, viene immessa nei bacini del Bella Rosa Minore per assicurarne inalterato l'habitat.

Fango disidratato

Il fango in uscita dalla digestione anaerobica viene disidratato mediante centrifughe e condizionato chimicamente miscelando del polielettrolita. Tutto il fango disidratato, data la sua matrice organica e grazie al significativo contenuto di nutrienti, viene conferito, quale ammendante, in agricoltura.

■ FUNZIONAMENTO

Nei suoi sedici anni di vita, l'impianto ha sempre trattato portate

crescenti, passando dai circa 300 l/s del 1990 agli attuali 1.412 l/s, assicurando un funzionamento ottimo, con parametri costantemente controllati dalla Società di gestione, dall'Ente appaltante, dalla Azienda U.S.L. n. 8 e dalla Provincia.

Il carico inquinante in ingresso, nell'anno 2006, è stato pari a 477.841 A.E.. Le variazioni di portata giornaliera dei reflui trattati hanno fatto registrare una portata media giornaliera di 122.002 mc. con un valore massimo di 178.913 mc/g. La portata totale annua dei reflui depurati è stata di 44.530.700 mc. Nel corso dell'anno, considerata la particolare piovosità e con l'invaso del Simbirizzi al massimo della sua capienza, non si è ritenuto opportuno avviare il trattamento terziario e pertanto la gran parte dell'effluente è stata scaricata in mare.

I consumi energetici specifici, calcolati rispetto al carico effettivo (in abitanti equivalenti) in ingresso all'impianto, sono stati di 25,84 kWh/AE. Disinquinare l'acqua nell'impianto di depurazione di Is Arenas nel 2006 è costato € 0,096 per ogni metro cubo (comprensivo di costi di gestione, manutenzione, energia elettrica e spese generali). Lo stesso costo riferito al carico effettivo (in abitanti equivalenti) in ingresso all'impianto è risultato pari a 8,96 €/AE.

■ OPERE DI RISANAMENTO

Da quanto illustrato in precedenza emerge chiaramente quale sia l'importanza che riveste l'impianto per l'ambito complessivo servito, costituito da persone, ambiente naturale ed ambiente antropizzato di

cui esso rappresenta un elemento importante per l'equilibrio dell'intero ecosistema.

Di seguito si richiamano sommariamente le opere di risanamento che si stanno attuando. L'intervento, in generale, riguarda:

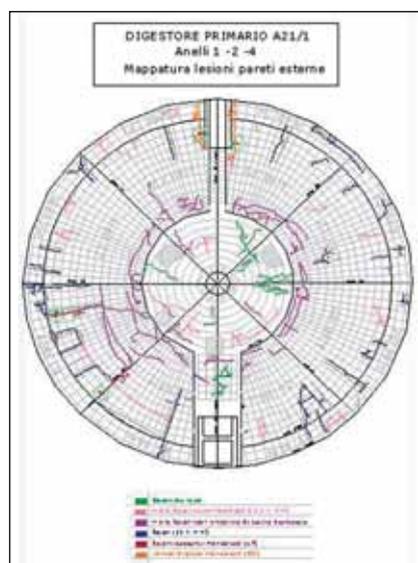
- n. 2 digestori primari del diametro esterno di 24,20 mt;
- n. 2 digestori secondari del diametro esterno di 18,60 mt;
- n. 1 sedimentatore primario del diametro esterno di 24,30 mt;
- n. 2 sedimentatori secondari del diametro esterno di 24,30 mt.

Risanamento digestori linea e linea 3 - Opere civili

Le opere civili dell'impianto, realizzate da oltre 16 anni e assoggettate alla sola manutenzione ordinaria, sono costituite da contenitori tronco conici su cilindro di calcestruzzo armato, le cui pareti presentano uno spessore medio di 25-30 cm.

A seguito di fenomeni di carbonatazione per esposizione all'aria, di aggressione da parte delle soluzioni chimiche e dei gas presenti all'interno dei digestori e di tensioni indotte dalle variazioni di tempera-

tura dovute al processo, al ciclo giornaliero e stagionale, le strutture in cemento armato presentano segni di corrosione del calcestruzzo, con conseguente diminuzione dello spessore delle strutture in calcestruzzo armato che ha interessato in grandi superfici interne, corrosione dei ferri di armatura e microlesioni, talvolta passanti, sia in corrispondenza della copertura sia lungo le pareti, rigonfiamento del ferro e conseguente distacco di vaste aree di copriferro. Questo tipo di lesioni passanti provoca per-



dite di gas che, oltre ad incidere negativamente sulla quantità di biogas da recuperare e riutilizzare, non permettono che i processi di digestione anaerobica si compiano in modo ottimale. Per ottimizzare il processo di trattamento e per migliorare il recupero energetico sono stati previsti interventi di risanamento e protezione dei 4 digestori primari e dei 4 digestori secondari, costruiti sin dalle origini senza alcun tipo di protezione interna ed esterna o di isolamento termico. Sinteticamente la metodologia dell'intervento ha compreso le seguenti lavorazioni:

- scavi di sbancamento finalizzati a liberare dal terreno di ricoprimento la parete esterna dei digestori fino alla parte inferiore delle fondazioni;



• Digestore prima dell'intervento



• Lesioni (particolare)

- preparazione delle superfici di cemento armato interne ed esterne dei digestori per i lavori di risanamento, verificando la presenza di lesioni, asportando tutte le parti ammalorate a scarsa resistenza meccanica, anche parzialmente staccate, corrose e carbonatate in profondità, con l'impiego di sistemi di idrodemolizione controllata a getto d'acqua a 2500 atmosfere ed elevatissima velocità;



- preparazione del fondo del digestore e pulizia delle superfici preparate, quindi trattamento mediante aggrappante con adeguata resistenza meccanica determinata attraverso una campagna di prove allo strappo. I ferri di armatura in vista sono stati quindi sottoposti a sabbiatura per eliminare la ruggine e protetti dalla corrosione con l'utilizzo di prodotti specifici;



- preparazione delle superfici di cemento a contatto con il terreno, e quindi pulizia delle superfici preparate;
- scarificazione delle lesioni superficiali sulle pareti in cemento armato con messa a nudo dei fer-

ri di armatura corrosi, su tutte le superfici dell'opera;



- preparazione mediante sabbiatura delle armature corrose e successiva passivazione mediante applicazione di sostanze protettive;



- ripristino delle superfici in cemento, sia interne che esterne;
- riparazione delle lesioni sulle superfici superiori, inferiori e laterali mediante l'applicazione di malta di cemento additiva con materiale plastico (PCC);



- preparazione e trattamento delle fessure di larghezza superiore a 0,15 mm su tutte le superfici dell'opera con resina poliuretanic ed epossidica e successiva sigillatura di queste con resina epossidica colorata tixotropica;



- aumento dello spessore delle pareti di cemento in corrispondenza delle superfici inferiori e laterali mediante l'applicazione di malta di cemento spruzzata;
- stuccatura dei pori e delle cavità di ritiro del basamento della vasca ed applicazione sulla superficie pretrattata di un fondo di resina epossidica trasparente che impedisce la carbonatazione del calcestruzzo, consentendo la diffusione del vapore e sigillando tutte le fessure capillari superficiali;
- rinforzo strutturale dei digestori mediante precompressione esterna;
- isolamento termico delle superfici esterne dei digestori mediante lastre di fibra minerale e sottofondo verticale in legno;
- isolamento termico delle superfici esterne delle parti interrate con lastre di lana di vetro; la coiben-



tazione si è resa necessaria per mantenere all'interno dei digestori una temperatura più elevata e quindi un biogas a potere calorifico più elevato con conseguente maggiore recupero energetico;

- realizzazione di sottofondo in tavolato di legno, della parte verticale conica;



• Fig. 1

- copertura della parte troncoconica e verticale, fuori terra, con lamiere di zinco al titanio prepatinato, opaco, che oltre a proteggerla, conferisce alla struttura dei digestori un aspetto estetico armonicamente ben inserito nell'ambiente naturale del Parco;



Il ripristino della resistenza strutturale è stato l'intervento più qualificante in quanto ha permesso il recupero funzionale di una struttura obsoleta che altrimenti sarebbe dovuta essere demolita. Il recupero statico è stato ottenuto mediante precompressione con cavi in acciaio (fig. 1) protetti da doppia guaina in polietilene, ancorati in una lesena in calcestruzzo (fig. 2) resa solidale alla struttura dei digestori, posizionati nella parte cilindrica dei digestori, e costituenti

una cerchiatura orizzontale delle pareti verticali del serbatoio. La post-sollecitazione applicata ha lo scopo di neutralizzare l'azione della trazione anulare prodotta dalle pressioni radiali dei materiali contenuti nel serbatoio che, unitamente all'aggressività dell'ambiente in cui è posto in opera, genera ed incrementa il fenomeno fessurativo della struttura.

Il calcolo di verifica dell'anello di serbatoio soggetto alla post-sollecitazione circolare ed alla pressione del contenuto, è stato eseguito considerando l'anello come tipica membratura ad asse curvo. La struttura in oggetto, realizzata intorno agli anni 1965-1970 con cls di classe 30 ed acciaio FeB44k, presenta un diametro di 18,30 m ed un'altezza di 5,30 m dal suolo (6,80 dal piano di fondazione).

Per l'intervento di recupero statico-funzionale sono stati utilizzati nove cavi di precompressione esterna, raggruppati in tre gruppi da tre cavi ognuno, per una lunghezza totale di:

$$9 \cdot 59,40 \text{ (m)} = 534,6 \text{ (m)}$$

ed un peso totale di:

$$534,6 \text{ (m)} \cdot 1,18 \text{ (kg)} = 630,83 \text{ (kg)} = 0,63 \text{ (t)}$$



• Fig. 2

MATERIALI UTILIZZATI E LORO CARATTERISTICHE

I materiali utilizzati per la realizzazione dei digestori sono:

- Conglomerato cementizio armato B30 ($R_{ck}=30 \text{ kN/m}^2$, eq.te al C30, $R_{ck}=30 \text{ kN/m}^2$)

$$\delta c_{adm} = 9.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau c0 = 0.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau c1 = 1.83 \text{ N/mm}^2$$

- Acciaio da cemento armato normale Bst 420 S (FeB 44k)

$$\delta s = 255 \text{ N/mm}^2$$

I materiali utilizzati per gli interventi di recupero in oggetto sono stati:

- Conglomerato cementizio armato B45 ($R_{ck}=45 \text{ kN/m}^2$)

$$\delta c_{adm} = 13.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau c0 = 0.80 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau c1 = 2.26 \text{ N/mm}^2$$

- Acciaio da cemento armato normale IV S (FeB 44k)

$$\delta s = 255 \text{ N/mm}^2$$

- Acciaio da costruzione S235 JR (Fe 360 inox)

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

(tensione di snervamento)

$$f_t > 340 \text{ N/mm}^2$$

(tensione di rottura a trazione)

- Acciaio da cemento armato pre-compresso St 1570/1770 SU-SPA-Monolitzen

cavi scorrevoli in trefoli da 15.7 mm (A = 150 mm²)

sollecitazione di tiro in esercizio = 186KN

f_{ptk} = 1770 N/mm²

f_{p1k} = 1570 N/mm² -

- E_p = 195000 N/mm²

sollecitazione di tiro

in esercizio = 186 KN = 18,6 t

f_{ptk} = 1770 N/mm²

f_{p1k} = 1570 N/mm² -

- E_p = 195000 N/mm²

I cavi, posti dentro guaine di acciaio inox ed opportunamente ancorati alla struttura mediante testate di ancoraggio e deviatori in acciaio inox, sono stati applicati al digestore sulla sua superficie verticale cilindrica di altezza 2,30 m.

È stato predisposto un modello agli elementi finiti del digestore e sono state eseguite le verifiche di resistenza sezionali e fessurative, avendo utilizzato materiali (calcestruzzo, acciaio per armature lente ed acciaio da precompressione) con caratteristiche prestazionali e meccaniche simili ai materiali realmente impiegati nell'intervento di recupero, ed avendo considerato in sede di analisi dei carichi le azioni esterne, il peso proprio, le pressioni del liquido e le azioni derivanti dalla precompressione esterna adottata.

Il digestore, modellato agli elementi finiti, è stato scomposto in un opportuno numero di elementi "shell" e la mesh utilizzata è stata volutamente infittita in prossimità delle aperture di questo in modo da poter valutare meglio gli effetti locali.

Considerato che il comportamento della struttura risulta fortemente in-

fluenzato dalle caratteristiche di deformazione del terreno di fondazione e dalla rigidità della piastra di base, sono stati individuati due schemi strutturali limite, uno con la schematizzazione di un incastro perfetto alla base della parete verticale, per tenere conto dell'entità trascurabile degli spostamenti relativi tra struttura e terreno di fondazione, l'altro con la schematizzazione della cerniera, per tenere conto degli eventuali cedimenti differenziali tra struttura e terreno di fondazione: tutti gli eventuali stati di esercizio della struttura sono ricompresi tra questi due schemi limite.

Analizzati le azioni agenti sulla struttura in fase di esercizio dovuti a:

- azioni esterne (vento, neve, ecc.);
- peso proprio;
- precompressione esterna;
- pressione del fluido;

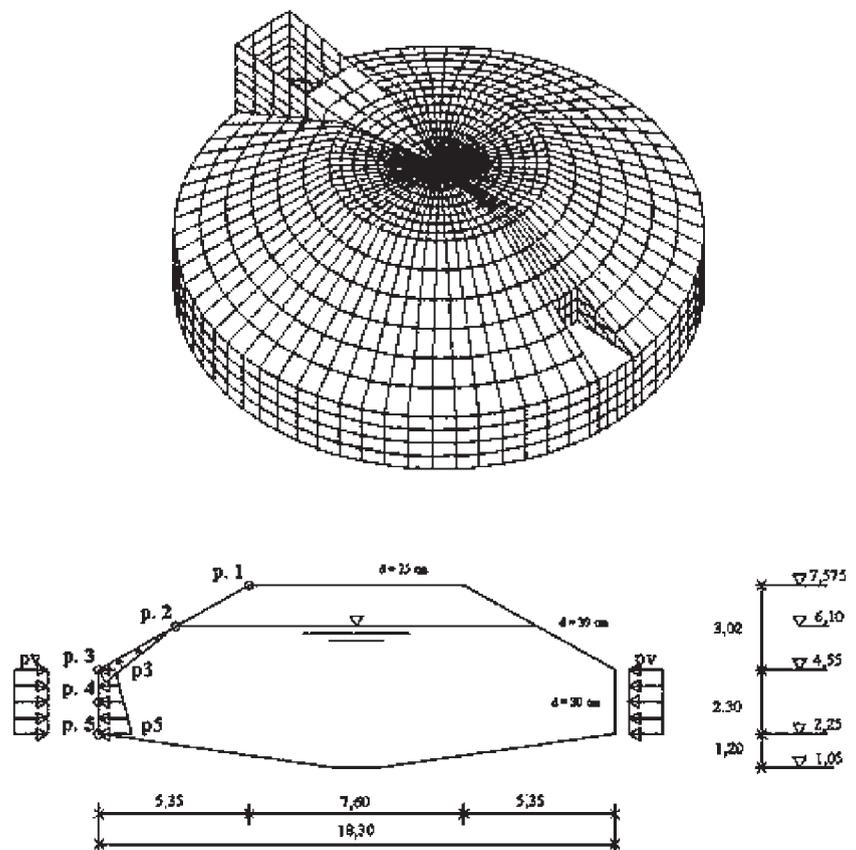
Nella loro combinazione d'azioni rara e combinazione frequente.

Il calcolo è stato condotto per le quattro condizioni di carico:

- 1 Peso proprio (C1)
- 2 Peso proprio + precompressione esterna (C2)
- 3 Peso proprio + precompressione esterna + carico idrostatico con altezza h = 6,60 m (C3)
- 4 Peso proprio + precompressione esterna + carico idrostatico con altezza h = 2,30 m (C4)

Sono state eseguite le verifiche:

- di resistenza, soffermandosi in particolare sugli elementi "shell" maggiormente sollecitati da azione normale (sia in direzione x, direzione dei paralleli, che in direzione y, direzione dei meridiani, rispetto al sistema di riferimento complessivo adottato) e da momento flettente (in direzione x e y);



- fessurative degli elementi che andranno a diretto contatto con i fanghi una volta messo in opera il digestore (elementi del cilindro ed alcuni elementi del tronco di cono).

In particolare è stato verificato lo stato limite di apertura delle fessure per la combinazione di azioni rara (livello del pelo libero del liquido = 6,10 m + 0,50 m = 6.60 m) e lo stato limite di decompressione per la combinazione di azioni frequente (livello del pelo libero del liquido = 2,30 m).

Le verifiche di resistenza eseguite hanno dato esito positivo, fornendo dei valori di tensione nel calcestruzzo compresso e nell'acciaio teso inferiori a quelli limite stabiliti dalla normativa e specifici per il cls e l'acciaio utilizzati in questa struttura.

La presenza delle aperture ha reso indispensabile la modellazione tridimensionale della struttura e la messa in conto degli effetti locali ha permesso di verificare la rispondenza dello stato di esercizio ai requisiti prestazionali (vd. fessurazione).

L'analisi comportamentale del modello ha messo in evidenza che nelle combinazioni di carico C3 e C4 (peso proprio + precompressione esterna + carico idrostatico), cioè a serbatoio pieno, le sezioni esaminate risultano pressoinflesse con centro di pressione interno al nocciolo centrale d'inerzia, cioè completamente compresse. Questo conferma la presenza costante di un residuo di tensione di compressione nel cls, che, unitamente all'eventuale riserva di resistenza a trazione del conglomerato, garantisce la sicurezza alla fessurazione verificando sia lo stato limite di apertura delle fessure che lo stato limite di decompressione. Inoltre si è visto come gli ele-

menti shell costituenti la struttura risultino maggiormente sollecitati nella combinazione di carico C2 (peso proprio + precompressione esterna) a conferma del fatto che le condizioni più sfavorevoli di sollecitazione sono a vuoto. Infatti quando il serbatoio è vuoto gli anelli sono fortemente compressi per effetto della cerchiatura di precompressione e quando esso è pieno questi sono uniformemente sollecitati al basso tasso di compressione residuo del cls.

Dall'analisi dei dati sperimentali si è riscontrato che, pur tenendo conto degli effetti locali, i valori da assegnare al coefficiente di sicurezza a fessurazione, γ , sono compresi tra 1,12 e 1,45. I valori più bassi del coefficiente di sicurezza a fessurazione sono stati adottati per le zone del serbatoio in regime di emisimmetria, lontane dagli effetti di disturbo nella distribuzione dello stato tensionale, mentre i valori più alti, prossimi a 1,5, sono stati adottati in prossimità delle aperture. Tenendo conto delle limitazioni poste in sede normativa, che prescrivono un valore minimo di tale coefficiente pari a 1,3, si suggerisce, quindi, in sede progettuale l'adozione generalizzata di γ pari a 1,3 per tutti i serbatoi semplici in regime di emisimmetria, mentre per le strutture complesse caratterizzate da geometrie non emisimmetriche e dalla presenza di vani, aperture, ecc., si suggerisce l'adozione di un coefficiente pari ad almeno 1,5. In conclusione, si rileva come la postsollecitazione applicata riesce a neutralizzare efficacemente l'azione della trazione annullare prodotta dalle pressioni radiali del materiale contenuto nel serba-

toio, lasciando, inoltre, le sezioni sollecitate ad un basso tasso di compressione che preserva da eventuali rischi di fessurazione.

Apparecchiature elettriche, meccaniche e di misura

Il risanamento dei digestori primari e secondari ha comportato inoltre il rinnovo delle apparecchiature elettriche, meccaniche e di misura ed il rifacimento dell'impianto elettrico della linea fanghi 1 e linea fanghi 3, con un diverso sistema di acquisizione dei dati dal campo al banco sinottico.

Sommariamente l'intervento nelle linee fanghi 1 e 3, comprende:

- l'installazione sulla copertura dei due digestori di un agitatore meccanico dei fanghi dotato di due pale (una di superficie e una di fondo) avente la funzione di rompicrosta la prima e di omogeneizzare la massa del fango la seconda. L'utenza è comandata da quadro sinottico o da colonnina installata in campo;
- l'installazione di un indicatore di pressione sul tubo di captazione del biogas per la segnalazione del biogas prodotto e di allarmi, e ciò a garanzia che non vengano superati valori di pressione tale da compromettere l'integrità della struttura del digestore. La segnalazione e gli allarmi verranno acquisiti dal banco sinottico linea fanghi, attraverso un registratore videografico (Memo Graph), e dal Rack Allarmi;
- l'installazione di un misuratore di livello del fango del tipo a radar sulla sommità del gestore;
- l'installazione di una valvola motorizzata sul tubo di estrazione del fango digerito. Tale valvo-

la verrà alimentata e comandata da quadro sinottico o da colonnina da installarsi in campo. La segnalazione dello stato di apertura e/o chiusura della valvola verrà visualizzata nel banco sinottico linea fanghi tramite un dispositivo digitale (Display di processo).

- l'installazione di due indicatori della temperatura del fango del solo digestore primario, ubicati nel locale termostatazione, precisamente sul tubo di ingresso ed uscita allo scambiatore di calore. La rilevazione della temperatura verrà acquisita sul banco sinottico linea fanghi, mediante un registratore videografico (Memo Graph).
- l'installazione di un misuratore di portata del biogas prodotto dalla linea sul tubo di captazione del biogas di entrambi i digestori, in ingresso al gasometro.

La rilevazione della misura della portata viene acquisita dal sinottico della linea fanghi, mediante un dispositivo digitale e da questo inviata al registratore videografico (Memo Graph). Le grandezze acquisibili dal sistema di automazione dell'impianto, sono:

- pressione del biogas;
- livello del fango;
- temperatura del fango in ingresso ai digestori;
- portata del biogas linea fanghi 1;
- valvola motorizzata estrazione fango digerito;
- agitatore superficiale digestore primario e secondario.

OPERE COMPLEMENTARI

Al fine di migliorare ulteriormente il processo è stato necessario effettuare

una serie di interventi migliorativi nelle linee fanghi. Sono stati previsti:

- tubazioni in acciaio inox Aisi 304 al fine di evitare residui ferrosi che possano intasare tubazioni e valvole; le flange sono di tipo mobile e stampate, in acciaio inox;
- n. 2 impianti compatti di grigliatura (sgrigliatori rotanti autopulenti con luci di filtrazione da 2,00 mm) installati sugli ispessitori dei fanghi.

[La necessità di installare una sezione di microsgrigliatura all'ingresso degli ispessitori del 1° e del 2° lotto nasce dall'urgenza di risolvere una serie di problemi che creano difficoltà e rallentamenti nel processo delle linee fanghi. Il fango primario proviene dalle vasche di sedimentazione primaria ed è il risultato del processo fisico di sedimentazione di solidi sospesi che, posti in condizioni di calma, per definizione sedimentano in due ore.

Ai sedimentatori primari arriva anche il fango biologico di supero dalle vasche di sedimentazione secondaria, in qualità pressochè costante ma in quantità variabile a seconda delle esigenze di processo.

Il fango biologico di supero ha il vantaggio di sedimentare abbastanza velocemente e di facilitare la sedimentazione di particelle che essendo molto leggere avrebbero difficoltà a sedimentare singolarmente e che aderendo ai fiocchi di fango possono farlo più velocemente.

Spesso la sedimentazione include anche il depositarsi sul fondo di materiali di origine vegetale e varia (alghe filamentose, fibre vegetali, pezzi di legno, stracci e altro) che arrivano o con il liqua-

me in ingresso, che per un improvviso aumento di portata bypassa la microsgrigliatura che precede i dissabbiatori o dalle vasche di sedimentazione secondaria dove spesso si ha lo sviluppo di alghe filamentose che per il caldo e la presenza di nutrienti trovano in questi bacini le condizioni ideali per il loro sviluppo.

Tali formazioni, pompate assieme al fango primario verso gli ispessitori, passano ai digestori dove, con l'andare del tempo, si attorcigliano alle pale degli agitatori e ne limitano l'azione fino a bloccarla quasi completamente impedendo l'agitazione del fango ed ostacolando, di conseguenza, il buon andamento del processo ed interferendo sulla produzione del biogas].

- Nuove Pompe monovite per estrazione fango ispessito.
- Nuove elettropompe centrifughe fango in termostatazione.
- Nuove elettropompe centrifughe ricircolo acqua calda in termostatazione.

CONCLUSIONI

L'intervento illustrato propone un intervento integrato tra opere civili e elettromeccaniche eseguito dall'Area Servizi Tecnici del Comune di Cagliari, dall'ufficio tecnico della Società Abbanoa Gestore unico del Servizio Idrico Integrato per la Sardegna e gli operatori addetti alla conduzione e gestione. Le problematiche ambientali hanno rappresentato un fattore di difficoltà per le già problematiche condizioni di intervento in un impianto in esercizio, ma anche uno stimolo ed una attenzione non consueti.