

ACCOMPAGNAMENTO
TECNICO-SCIENTIFICO A
SUPPORTO DELLA DEFINIZIONE
E ATTUAZIONE DEL
PROGRAMMA DI TUTELA
DELLE ACQUE (PTUA).

DIRETTIVE E INDIRIZZI RELATIVI ALLE FASI DI
PROGETTAZIONE, AUTORIZZAZIONE
PROVVISORIA, MESSA A REGIME E COLLAUDO
DI NUOVI IMPIANTI DI TRATTAMENTO
DELLE ACQUE REFLUE URBANE, NONCHÉ DI
POTABILIZZAZIONE
(CODICE TER15011/002)

***CRITERI PER IL COLLAUDO FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI
DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE URBANE E
DEGLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE***

Novembre 2016

L'attività *“Direttive e indirizzi relativi alle fasi di progettazione, autorizzazione provvisoria, messa a regime e collaudo di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue urbane, nonché di potabilizzazione”* (cod. TER15011/002) è stata affidata ad Éupolis Lombardia, Struttura Area sociale e territoriale su incarico della Giunta regionale della Lombardia, Direzione Generale Ambiente, Energia e Sviluppo sostenibile, Struttura Pianificazione tutela e riqualificazione delle risorse idriche.

ÉUPOLIS LOMBARDIA

Dirigente di riferimento: Paolo Pinna

Responsabile di progetto: Marina Riva

Gruppo di Supporto Tecnico-Scientifico:

Carlo Collivignarelli, Sergio Papiri, Giorgio Bertanza, Alessandro Abbà, Paola Boriani, Michele Certani, Maria Cristina Collivignarelli - Studio Associato ECOTECNO

GRUPPO DI LAVORO REGIONALE

Viviane Iacone (dirigente responsabile); Daniele Magni, Marco Parini, Laura Anna Corbetta, DG Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile - Struttura Pianificazione tutela e riqualificazione delle risorse idriche.

Indice

PARTE PRIMA

IL COLLAUDO FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE E DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI LIQUIDI

	5
Capitolo 1	
Obiettivi, ambiti e modalità di applicazione	7
Capitolo 2	
Le verifiche di collaudo funzionale	9
Capitolo 3	
Rapporto di collaudo funzionale	15

PARTE SECONDA

IL COLLAUDO FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE

	17
Capitolo 4	
Obiettivi, ambiti e modalità di applicazione	19
Capitolo 5	
Le verifiche di collaudo funzionale	21
Capitolo 6	
Rapporto di collaudo funzionale	27

PARTE PRIMA
IL COLLAUDO FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI DI
DEPURAZIONE E DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI
LIQUIDI

CAPITOLO 1. Obiettivi, ambiti e modalità di applicazione **(verranno spostati nel testo del disposto normativo)**

Il collaudo funzionale (cioè delle prestazioni) può riguardare un impianto di depurazione di nuova realizzazione o già esistente che abbia subito interventi strutturali.

L'obiettivo del collaudo funzionale (da affiancarsi a quello amministrativo) è quello di verificare se un determinato impianto, o comparto, garantisce, nelle condizioni di funzionamento nominali, le prestazioni di progetto, in termini di rimozione degli inquinanti, consumi energetici e di reagenti.

Non fanno parte pertanto del collaudo funzionale aspetti quali: la verifica di qualità (nel senso più generale del termine) dei manufatti, degli impianti e dei materiali impiegati, la valutazione delle prestazioni delle singole apparecchiature elettromeccaniche (es. pompe e compressori), la verifica delle dispersioni energetiche dei digestori, la quantificazione delle emissioni sonore e gassose, la verifica della tenuta idraulica (o ai gas) di tubazioni e manufatti, la rispondenza degli impianti alle norme per la sicurezza ecc. e in generale le verifiche che fanno parte del collaudo tecnico-amministrativo.

Il collaudo funzionale viene svolto attraverso la effettuazione di una serie di verifiche di funzionalità. L'elaborazione integrata dei risultati delle verifiche consente di pervenire a un giudizio complessivo di funzionalità, che può essere riferito alle condizioni di progetto anche se le condizioni di prova non sono corrispondenti a quelle nominali.

CAPITOLO 2. Le verifiche di collaudo funzionale

Le seguenti verifiche sono sempre obbligatorie per un impianto da collaudare nel suo complesso. In caso di interventi di upgrading su un impianto esistente che non richiedano il collaudo dell'intero sistema, le verifiche sono da limitare (con gli opportuni adattamenti) al/ai comparto/i modificato/i e a tutti quei comparti per i quali, anche se non sono stati oggetto di interventi, è comunque prevista una variazione delle condizioni di funzionamento.

1. **Monitoraggio intensivo:** il collaudatore deve precisare i punti di campionamento (il monitoraggio deve riguardare singolarmente le sezioni dell'impianto che si vogliono collaudare), i parametri da controllare (includendo almeno COD, BOD, tutte le forme azotate, fosforo, solidi sospesi), la modalità e frequenza di campionamento e i metodi analitici; deve inoltre definire la durata del monitoraggio (ad esempio almeno 20 giorni per un impianto biologico), in relazione alle condizioni di regime idraulico e biologico (età del fango presunta o di progetto) dell'impianto, assicurandosi che le condizioni di funzionamento in detto periodo siano sufficientemente stabili; è auspicabile (ma non indispensabile) la ripetizione del monitoraggio per più periodi caratterizzati da condizioni diverse (es. di carico, di temperatura ecc.). Il monitoraggio deve prevedere anche la misura di consumi energetici, di materie prime e reagenti e di tutti i dati necessari per il calcolo degli indici di funzionalità di cui al punto 4. successivo.
2. **Calcolo di portate e carichi in ingresso** (da cui ricavare anche le concentrazioni medie e quindi la **“forza” del liquame**), **carichi in uscita** dalle singole fasi e **rendimenti** dei diversi comparti (per tutti parametri rilevati nel corso del monitoraggio intensivo) e **verifica di conformità di acque e fanghi con i limiti normativi**. Se presenti i relativi comparti, devono essere calcolati distintamente i rendimenti di nitrificazione e denitrificazione. Calcolo dei parametri operativi per i diversi comparti (es. età del fango, carico del fango, concentrazione di solidi sospesi volatili nei reattori biologici e concentrazione di ossigeno disciolto, tempi di residenza idraulica, flusso solido, temperatura ecc.). Da tutti questi dati vengono ricavate le condizioni di funzionamento riscontrate durante il monitoraggio intensivo, che si devono poter ritenere “assimilabili” a quelle di regime stazionario: a tal fine si deve dimostrare la significatività statistica e la rappresentatività dei risultati. Si otterrà quindi, ad esempio, un unico rendimento di rimozione del COD, rappresentativo dell'intero periodo, associato a un determinato valore di temperatura, carico del fango ecc. La conformità di acque trattate e fanghi con

i limiti normativi andrà valutata in coerenza con quanto riportato nella autorizzazione allo scarico e alle normative vigenti.

3. Determinazione della **potenzialità effettiva** nelle condizioni nominali. Se il monitoraggio del comparto biologico è stato effettuato in condizioni diverse da quelle nominali (o di progetto), è necessario stimare le rese in corrispondenza di queste ultime, attraverso l'utilizzo di idoneo modello matematico, che va opportunamente descritto e tarato (mediante i dati raccolti durante il monitoraggio intensivo). Il modello può essere di tipo semplificato e utilizzabile solo per condizioni di regime stazionario. I risultati della simulazione sono poi da confrontare con le prestazioni di progetto.
4. Calcolo di **indici di funzionalità**. Devono essere elaborati indici di funzionalità che esprimano un giudizio sintetico sulla funzionalità dell'impianto, in relazione alle prestazioni previste in sede progettuale. Si suggerisce di considerare almeno indici relativi a: efficienza depurativa, gestione dei fanghi (che considerino la produzione, il grado di stabilizzazione ecc.), produzione e consumi di energia, consumo di materie prime e reagenti. A titolo esemplificativo, per quanto riguarda le prestazioni depurative, si farà riferimento, per ogni singolo parametro *i*-esimo, a "indici parziali", calcolati con formule del tipo:

$$D_i = \left[\left(\frac{\eta_{reale,i}}{\eta_{atteso,i}} \right) + \left(\frac{C_{atteso,i}}{C_{reale,i}} \right) \right]$$

dove:

- D_i : efficienza di depurazione relativa all'*i*-esimo parametro;
- $\eta_{reale,i}$: rendimento depurativo reale dell'*i*-esimo parametro;
- $\eta_{atteso,i}$: rendimento depurativo atteso/di progetto dell'*i*-esimo parametro;
- $C_{reale,i}$: concentrazione in uscita reale dell'*i*-esimo parametro;
- $C_{atteso,i}$: concentrazione in uscita attesa/di progetto dell'*i*-esimo parametro;

Le seguenti verifiche possono essere definite "caso-specifiche", poiché non sempre applicabili. Esse sono da intendersi obbligatorie o raccomandate, secondo le indicazioni riportate in Tabella 2.2.

1. **Verifiche idrodinamiche.** Possono essere svolte verifiche con tracciante conservativo (es. cloruro di sodio, cloruro di litio) secondo il metodo di stimolo-risposta per verificare la corretta suddivisione di portate su linee parallele, lo schema di flusso dei reattori (biologici e chimici in particolare), l'esistenza di eventuali volumi morti o by-

pass di portata. Il tracciante può essere introdotto secondo diverse modalità (es. “a impulso” oppure “a scalino”) e l’andamento della concentrazione nei flussi in uscita dal reattore in esame deve essere ricostruito prelevando un congruo numero di campioni (almeno 20) per un tempo idoneo, in relazione al tempo di ritenzione idraulica e allo schema di flusso previsto (miscelazione completa o flusso a pistone con dispersione assiale).

2. Capacità dei **sistemi di fornitura dell’ossigeno**. La prova deve essere condotta nelle reali condizioni di funzionamento dell’impianto, per verificare, attraverso il calcolo del coefficiente globale di trasferimento dell’ossigeno K_{La} e dell’efficienza di trasferimento dell’ossigeno in condizioni standard (SOTE), se il sistema installato, nel suo insieme (compressori, linea di trasporto, attuatori, diffusori), garantisce le prestazioni di progetto. Il numero totale di sonde da prevedere varia in relazione al volume del reattore in esame secondo lo schema indicativo riportato nella tabella sottostante.

Tabella 2.1 – Numero di sonde per la misura dell’ossigeno

Volume vasca (m ³)	Numero minimo punti di misura
< 500	1
< 1.000	2
< 1.500	3
< 2.000	4
> 2.000	5

3. **Bilanci di massa di parametri “non convenzionali”**. Qualora il progetto preveda esplicitamente il controllo di particolari inquinanti (es. nel caso di contributi industriali significativi in fognatura o nel caso l’impianto riceva anche rifiuti liquidi) è possibile, nel piano di monitoraggio intensivo, considerare anche questi ultimi (es. metalli pesanti, tensioattivi, idrocarburi, solventi clorurati ecc.) e poi verificarne l’abbattimento attraverso il calcolo dei bilanci di massa (con gli stessi criteri di cui al punto 2. delle verifiche obbligatorie), da confrontare con le previsioni progettuali o con dati di letteratura (riferiti a condizioni di regime stazionario), che devono essere ben documentati. Eventualmente possono essere anche in questo caso calcolati indici prestazionali del tipo di quelli descritti nel punto 4. delle verifiche obbligatorie.
4. **Prove respirometriche** (mediante test respirometrici, titrimetrici, AUR, NUR e PUR). Possono essere di utilità quando si vogliono utilizzare modelli di simulazione complessi

per il processo a fanghi attivi, o comunque quando si vogliono avere dati sperimentali *ad hoc* sui parametri cinetici o stechiometrici, o ancora quando l'impianto debba trattare liquami che differiscono sensibilmente da un liquame urbano standard. E' necessario attenersi scrupolosamente alle procedure descritte nella letteratura tecnica.

5. **Qualità del fango biologico** (analisi della microfauna e calcolo dello SBI, analisi del fiocco e dei batteri filamentosi ecc.). Queste analisi sono utili per avere un quadro più completo circa le caratteristiche del fango biologico e le relative condizioni operative e ambientali in cui si trova e che ne influenzano l'efficienza (degradazione degli inquinanti, sedimentabilità ecc.). Devono essere rigorosamente svolte secondo le metodiche standardizzate e consolidate. Vanno precisati i criteri per la scelta della frequenza di analisi e i dati devono essere interpretati e correlati ai risultati del monitoraggio intensivo (punto 1. delle verifiche obbligatorie).
6. **Sedimentabilità del fango.** I parametri di dimensionamento del comparto di sedimentazione finale adottati in sede progettuale devono essere verificati in base alle reali caratteristiche di sedimentabilità del fango. Si effettuano prove sperimentali in cilindro (di adeguate caratteristiche dimensionali) per ricavare il flusso solido limite, seguendo la teoria della sedimentazione di massa. Le prove devono essere ripetute con diverse (indicativamente 6-8) concentrazioni iniziali di fango attivo, tali da essere rappresentative dell'impianto esaminato (utilizzando fango attivo e fango di ricircolo tali e quali e a diversi rapporti di diluizione, realizzati con l'effluente dell'impianto).
7. **Ispessimento del fango.** Prove sperimentali in cilindro di opportune dimensioni (es. altezza 1 m, diametro 10-15 cm, in modo da utilizzare 8÷10 L di fango prelevato dal sedimentatore) e mantenuto in pre-definite condizioni, possono essere condotte per verificare le prestazioni e quindi la funzionalità del comparto reale di ispessimento. Le prove devono avere durata opportuna, in relazione ai tempi di residenza del comparto reale (es. 1-2 giorni) e devono poter simulare condizioni di ispessimento statico o meccanizzato e l'eventuale aggiunta di flocculanti. L'efficienza del trattamento viene valutata attraverso la determinazione dei solidi totali nel campione iniziale e, durante l'esecuzione della prova, misurando il livello dell'interfaccia fango-surnatante e il contenuto di solidi totali nel fango, nel surnatante e nell'eventuale materiale flottato, con cadenza ad esempio oraria. Deve infine essere valutato l'impatto del ricircolo dei surnatanti in linea acque per poterne quantificare l'onere del trattamento.
8. **Prestazioni del comparto di stabilizzazione biologica** (aerobica e anaerobica) **dei fanghi.** Opportune verifiche che devono riguardare la fase liquida, solida e gassosa (nel caso di digestione anaerobica), essenzialmente basate su misure di tipo chimico, chimico-fisico, biologico e sulla misura dei flussi (liquidi, solidi e gassosi nel caso della digestione anaerobica) possono essere finalizzate a comprendere le reali prestazioni di

questi comparti. Le metodiche di prova e di misura devono essere tali da garantire la significatività dei risultati, dovendosi peraltro garantire che l'impianto (compresa la linea fanghi) sia a regime. Questa condizione, così come l'idonea durata del monitoraggio, deve essere dimostrata dal collaudatore. Sulla fase solida andrà monitorato almeno l'abbattimento dei solidi sospesi volatili e totali. Sulla fase liquida andranno determinati il contenuto di solidi sospesi e la concentrazione di parametri quali COD, azoto e fosforo (deve essere valutato l'impatto del ricircolo dei surnatanti in linea acque per poterne quantificare l'onere del trattamento); nel caso della digestione anaerobica andrà anche verificato l'equilibrio fra alcalinità al bicarbonato presente nel digestore e alcalinità degli acidi volatili, accompagnato dalla misura del pH. Potrebbe anche essere di utilità la determinazione dei singoli acidi volatili. Sulla fase gassosa, nel caso di digestione anaerobica, saranno da misurare la produzione (poi da correlare con l'abbattimento dei solidi volatili) e la composizione del biogas (almeno percentuali di metano e anidride carbonica).

9. **Disidratazione dei fanghi.** La verifica della disidratazione meccanica deve essere finalizzata a mettere in relazione le prestazioni in termini di grado di siccità del fango disidratato con tutti gli altri parametri di processo (caratteristiche del surnatante – almeno solidi sospesi, COD e azoto totale -, consumi energetici, di acqua e di reattivi ecc.) per poter avere un quadro completo di raffronto con i dati di targa. Il collaudatore deve quindi definire un piano di prova che comprenda la rilevazione di tutti i parametri utili in tal senso e deve poter dimostrare la significatività delle condizioni di prova. Ad esempio, nel caso di macchine funzionanti in continuo (centrifughe, nastropresse), sarà necessario prevedere una durata minima della prova (es. 3 ore) e, dopo il raggiungimento di condizioni di regime, un numero minimo di prelievi (almeno 3) di tutti i flussi, per effettuarne la caratterizzazione analitica. Deve essere anche valutato l'impatto del ricircolo dei surnatanti in linea acque per poterne quantificare l'onere del trattamento.

Ulteriori verifiche possono esser proposte dal collaudatore (anche su richiesta specifica dell'Autorità competente) purché rispondenti a requisiti di rigore scientifico. Per questo è auspicabile riferirsi comunque a metodologie di prova consolidate e descritte nella letteratura tecnica.

Tabella 2.2 – Ambiti di applicazione delle verifiche di collaudo “caso-specifiche”

	Situazioni in cui la verifica è obbligatoria	Situazioni in cui la verifica è raccomandata
Verifiche idrodinamiche	<i>Tutti i comparti di nuova realizzazione (o che abbiano subito interventi di upgrading) dove, per esigenze di processo, sia da garantire un determinato schema di flusso (es. miscelazione completa) e/o dove si presupponga l'insorgenza di anomalie (es. volumi morti, by-pass ecc.)</i>	<i>Suddivisione della portata su linee parallele per controllare la corretta ripartizione</i>
Capacità dei sistemi di fornitura dell'ossigeno	<i>Realizzazione/upgrading del sistema di fornitura dell'aria in reattori biologici di trattamento acque o fanghi</i>	<i>Variazione significativa delle condizioni di funzionamento di un comparto biologico aerato, a seguito di interventi di upgrading (anche su altre fasi dell'impianto)</i>
Bilancio di massa di parametri “non convenzionali”	<i>Impianti che ricevono rifiuti liquidi</i>	<i>Impianti con rilevante apporto industriale in fognatura (tale da poter comportare il mancato rispetto dei limiti allo scarico, l'inibizione del processo biologico, la contaminazione dei fanghi ecc.)</i>
Prove respirometriche	<i>Comparto biologico di impianti con rilevante apporto industriale in fognatura o che ricevono rifiuti liquidi</i>	<i>Necessità/opportunità di applicare modelli matematici complessi per la simulazione del processo biologico</i>
Qualità del fango biologico	<i>Comparto biologico di impianti a fanghi attivi di nuova realizzazione</i>	<i>Comparto biologico a fanghi attivi di impianti dove, a seguito di interventi di upgrading, siano mutate significativamente le condizioni di funzionamento</i>
Sedimentabilità del fango attivo	<i>Realizzazione/upgrading della sedimentazione finale di impianti a fanghi attivi</i>	<i>Variazione significativa delle condizioni di funzionamento del comparto biologico, a seguito di interventi di upgrading</i>
Ispessimento del fango	<i>Realizzazione/upgrading della sezione di ispessimento (statico o meccanizzato) dei fanghi</i>	<i>Variazione presunta delle caratteristiche quali-quantitative del fango a seguito di interventi di upgrading su altri comparti</i>
Prestazioni del comparto di stabilizzazione biologica dei fanghi	<i>Realizzazione/upgrading della sezione di stabilizzazione biologica (aerobica o anaerobica) dei fanghi</i>	<i>Variazione presunta delle caratteristiche quali-quantitative del fango a seguito di interventi di upgrading su altri comparti</i>
Disidratazione dei fanghi	<i>Realizzazione/upgrading della sezione di disidratazione meccanica dei fanghi</i>	<i>Variazione presunta delle caratteristiche quali-quantitative del fango a seguito di interventi di upgrading su altri comparti</i>

CAPITOLO 3. Rapporto di collaudo funzionale

L'elaborato di collaudo funzionale dovrà essere strutturato in analogia con l'esempio sotto riportato che è limitato alle verifiche principali effettuabili sulla linea acque di un impianto di nuova realizzazione.

1. PREMESSA
2. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO E DATI DI PROGETTO
3. DESCRIZIONE DELLE PROCEDURE DI VERIFICA
 - 3.1 Piano di monitoraggio intensivo
 - 3.2 Criteri di elaborazione dei dati derivanti dal monitoraggio
 - 3.3 Determinazione della potenzialità effettiva dell'impianto
 - 3.4 Definizione di indici di funzionalità
 - 3.5 Verifiche idrodinamiche
 - 3.6 Capacità dei sistemi di fornitura dell'ossigeno
 - 3.7 Bilanci di massa di inquinanti "non convenzionali"
 - 3.8 Prove respirometriche
 - 3.9 Qualità del fango biologico
 - 3.10 Sedimentabilità del fango attivo
 - 3.11 Altre verifiche
4. RISULTATI DELLE SINGOLE VERIFICHE
 - 4.1 Caratteristiche del liquame influente
 - 4.1.1 Portata
 - 4.1.2 Concentrazioni dei principali inquinanti
 - 4.1.3 Carico inquinante
 - 4.2 Caratteristiche del liquame effluente
 - 4.2.1 Concentrazioni dei principali inquinanti
 - 4.2.2 Carico inquinante
 - 4.2.3 Conformità dello scarico ai limiti normativi
 - 4.3 Caratteristiche dei fanghi inviati a recupero/smaltimento e conformità con i rispettivi requisiti di qualità

- 4.4 Bilanci di massa e rendimenti depurativi
- 4.5 Parametri operativi di funzionamento
 - 4.5.1 Carico del fango
 - 4.5.2 Produzione di fango ed età del fango
 - 4.5.3 Ossigeno disciolto nel comparto di ossidazione
 - 4.5.4 Temperatura e pH
 - 4.5.5 Solidi sospesi in vasca di ossidazione e indice di volume del fango
- 4.6 Potenzialità effettiva dell'impianto
- 4.7 Raffronto tra prestazioni reali e di progetto: indici di funzionalità
- 4.8 Comportamento idrodinamico dei bacini e altri aspetti idraulici
- 4.9 Capacità dei sistemi di fornitura dell'ossigeno
- 4.10 Rimozione di inquinanti "non convenzionali"
- 4.11 Prove respirometriche
- 4.12 Qualità del fango biologico
- 4.13 Flusso solido e verifica di dimensionamento della sedimentazione finale
- 4.14 Altre verifiche

5. VALUTAZIONE INTEGRATA DEI RISULTATI

6. CONCLUSIONI

ALLEGATI

1. Risultati dettagliati della verifica A
2. Risultati dettagliati della verifica B
3.

CERTIFICATO DI COLLAUDO FUNZIONALE

PARTE SECONDA

IL COLLAUDO FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE

CAPITOLO 4. Obiettivi, ambiti e modalità di applicazione **(verranno spostati nel testo del disposto normativo)**

Il collaudo degli impianti di potabilizzazione rappresenta il complesso delle operazioni sistematiche che consentono di verificare il rispetto e la corrispondenza dell'impianto ai requisiti contrattuali. Il collaudo funzionale è il collaudo di materiali, manufatti, apparecchiature, ecc. rispetto alla loro funzionalità in opera e secondo le condizioni di utilizzo previste. Il collaudo può essere eseguito per parti (ad esempio nel caso di una nuova opera realizzata durante un intervento di upgrading di un impianto esistente) o sull'impianto complessivo (nel caso di un nuovo impianto) e può essere effettuato in condizioni simulate o in condizioni reali.

Nel caso specifico di un sistema di potabilizzazione, il collaudo funzionale ha la finalità di:

- verificare l' idoneità dell'impianto a garantire all'acqua i requisiti di qualità richiesti dalla normativa e il rispetto di tutte le norme che ne regolano il funzionamento e la compatibilità ambientale;
- valutare la corretta funzionalità dei processi di trattamento;
- verificare le caratteristiche dei residui originati dal processo (fanghi, soluzioni rigeneranti, acque di controlavaggio, ecc.) in relazione alla destinazione prevista.

Il collaudo funzionale si svolge attraverso la effettuazione di una serie di verifiche di funzionalità in grado di fornire una serie di dati la cui elaborazione permette di pervenire a un giudizio complessivo di funzionalità.

CAPITOLO 5. Le verifiche di collaudo funzionale

Le prove di collaudo riguardano due principali fasi di funzionamento dell'impianto:

- fase di avviamento, che corrisponde al primo periodo della messa in funzione dell'impianto con l'allineamento a regime dei processi;
- fase di gestione temporanea, che corrisponde al primo funzionamento dell'impianto in condizioni di esercizio stabile.

Nella fase di avviamento vengono "regolati" i parametri operativi (portata, dosaggio dei reagenti, operazioni di controlavaggio dei filtri, ecc.) e vengono avviati i processi depurativi (sviluppo della biomassa nei processi biologici, ecc.). La durata di questa fase è variabile e generalmente riguarda tutto il periodo necessario ad una regolazione dei suddetti parametri in modo da garantire il funzionamento ottimale dell'impianto.

La fase di gestione temporanea ha inizio quanto l'impianto ha raggiunto un completo avviamento dei processi depurativi ed è caratterizzata da una stabilità di funzionamento. Anche in questo caso la durata è variabile e si può ragionevolmente ipotizzare un periodo di 4-5 mesi in modo da consentire un monitoraggio dell'impianto per un periodo significativo.

Le seguenti verifiche sono sempre obbligatorie per un impianto da collaudare nel suo complesso. In caso di interventi di upgrading su un impianto esistente che non richiedano il collaudo dell'intero sistema, le verifiche sono da limitare (con gli opportuni adattamenti) al/ai comparto/i modificato/i e a tutti quei comparti per i quali, anche se non sono stati oggetto di interventi, è comunque prevista una variazione delle condizioni di funzionamento.

Verifiche obbligatorie (per un impianto da collaudare nel suo complesso)

1. **Monitoraggio intensivo** (in fase di avviamento e di gestione temporanea): il collaudatore deve precisare i punti di campionamento (il monitoraggio deve riguardare singolarmente le sezioni dell'impianto che si vogliono collaudare), i parametri da controllare (parametri previsti dalla normativa specifica ed eventuali parametri aggiuntivi da definire in relazione alla specifica tipologia di fonte e di trattamento applicato), la frequenza di campionamento e i metodi analitici per la determinazione dei parametri; deve inoltre definire la durata del monitoraggio, sia per il periodo di avviamento che per quello di gestione temporanea; è auspicabile la ripetizione di più cicli di monitoraggio in diverse condizioni idrauliche (portata massima, media e minima) nella fase di avviamento e ripetizione (non

indispensabile) del monitoraggio per più periodi caratterizzati da condizioni diverse (es. di carico, di temperatura, di caratteristiche qualitative dell'acqua da trattare, ecc.).

2. **Calcolo dei rendimenti depurativi** (in fase di avviamento e di gestione temporanea). In primo luogo è necessario calcolare o rilevare i parametri operativi di funzionamento dei diversi comparti (tempo di residenza idraulica, EBCT (*Empty Bed Contact Time*), concentrazione di reagente dosato, temperatura, ecc.). Dalla analisi dei dati di monitoraggio, rilevati al punto precedente, devono essere individuati periodi di funzionamento omogenei, sia nella fase di avviamento che di gestione temporanea. Per ciascun periodo caratterizzato da condizioni di funzionamento stabili si procede alla determinazione dei rendimenti di rimozione dei principali parametri inquinanti relativamente all'impianto nel suo complesso e alle sezioni di trattamento presenti all'interno dell'impianto stesso.
3. **Verifica di conformità dell'acqua trattata con i limiti normativi** (in fase di avviamento e di gestione temporanea): consiste nell'effettuare una analisi completa dell'acqua in uscita dall'impianto (in corrispondenza del punto a valle dei trattamenti, prima dell'immissione nella rete di distribuzione) in modo da verificare la conformità con i limiti di qualità previsti per le acque destinate al consumo umano. Il collaudatore deve indicare la frequenza con cui effettuare questa verifica, la durata del periodo di analisi, le condizioni operative dell'impianto di trattamento in corrispondenza delle quali eseguirla, le modalità di prelievo dei campioni e le metodiche analitiche da utilizzare. Tale verifica ha la finalità di evidenziare parametri di qualità critici nell'acqua trattata, in modo da evidenziare eventuali carenze depurative dell'impianto (inadeguata rimozione di contaminanti presenti nell'acqua grezza) o effetti indesiderati generati in fase di trattamento (residuo di reagenti, sottoprodotti di ossidazione/disinfezione, ecc.).
4. **Verifica delle caratteristiche dei reagenti e delle modalità di dosaggio** (in fase di avviamento e di gestione temporanea). Questa verifica si compone di una serie di prove integrate tra di loro finalizzate a verificare: le caratteristiche dei reagenti o delle relative soluzioni impiegati (densità, concentrazione, ecc.); la congruenza tra il dosaggio teorico di reattivi (calcolato sulla base della dose applicata e della portata trattata) e il dosaggio reale (rilevato mediante analisi di campioni prelevati dall'impianto in punti adeguatamente individuati); la corrispondenza tra il dosaggio reale di reagente e la richiesta "reale" (valutata mediante la determinazione di curve di domanda per i reagenti ossidanti/disinfettanti, mediante prove di "jar test" per i reagenti coagulanti/flocculanti, ecc.); l'efficienza dei sistemi di dosaggio e miscelazione nel reattore (in questo caso è necessario individuare i componenti che costituiscono il sistema di dosaggio di ogni reagente, dal punto di stoccaggio/produzione presso l'impianto al punto di immissione nell'acqua). Il collaudatore deve definire i parametri da monitorare, i punti e la frequenza di

monitoraggio (sia in fase di avviamento sia di regime), le modalità di prelievo dei campioni, le metodiche analitiche e le condizioni di regime idraulico in cui eseguire tale verifica;

5. **Verifica di conformità della qualità dei residui con i limiti normativi** (in fase di avviamento e di gestione temporanea): consiste nell'effettuare una caratterizzazione completa dei residui generati dal trattamento dell'acqua (acque di controlavaggio, fanghi, salamoia esausta da rigenerazione di resine, concentrato da processi di filtrazione spinta, ecc.) in modo da verificare la conformità con i limiti previsti dalle normative vigenti per il loro smaltimento e/o recupero, in funzione della destinazione finale prevista. Nel caso in cui sia presente una linea dedicata al trattamento dei residui (es. linea di trattamento delle acque derivanti dal controlavaggio dei filtri), questa verifica ha la funzione anche di evidenziare eventuali carenze di funzionamento dei trattamenti stessi. Il collaudatore deve indicare i parametri da analizzare, il punto di prelievo, la frequenza di analisi, le condizioni operative dell'impianto di trattamento in corrispondenza delle quali eseguirla e le metodiche analitiche.

Le seguenti verifiche possono essere definite "caso-specifiche", poiché non sempre applicabili. Esse sono da intendersi obbligatorie o raccomandate, secondo le indicazioni riportate in Tabella 2.1.

L'applicabilità delle seguenti verifiche è da valutare caso per caso.

1. **Verifiche dei sistemi di filtrazione** (in fase di avviamento e di gestione temporanea): sono finalizzate a verificare le caratteristiche dei materiali di riempimento (mezzi filtranti, sia inerti che adsorbenti) al fine di valutare l'idoneità dei sistemi di filtrazione, le cinetiche di rimozione di specifici inquinanti (nel caso di mezzi adsorbenti), lo sviluppo della biomassa (nel caso di mezzi a supporto di fasi biologiche). Nel caso in cui il materiale di riempimento del filtro non sia un mezzo inerte (es. carbone attivo, resine a scambio ionico), può essere utile effettuare la determinazione di alcuni indici per conoscere le caratteristiche "reali" dei materiali utilizzati (es. superficie specifica e indice di iodio nel caso del carbone attivo). Queste verifiche vengono eseguite prevalentemente in fase di avviamento ma, a giudizio del collaudatore, possono essere estese anche alla fase di gestione temporanea. Nel caso dei filtri contenenti mezzi non inerti, il monitoraggio in continuo in ingresso e in uscita di alcuni parametri chiave (in fase di collaudo devono essere definiti i parametri "*target*" che il filtro deve rimuovere) durante l'intero periodo di monitoraggio (sia avviamento sia regime) permette di ottenere alcuni dati che, opportunamente elaborati, forniscono indicazioni utili per ottimizzare la gestione di tale comparto (tempo di esaurimento del mezzo di riempimento, capacità specifica di adsorbimento, ecc.). Il collaudatore deve stabilire i

parametri da analizzare, il punto e la modalità di prelievo dei campioni, la frequenza di campionamento, la durata del periodo di controllo nonché le metodiche analitiche.

2. **Verifica delle operazioni di lavaggio dei sistemi di filtrazione** (in fase di avviamento e di gestione temporanea): ha il fine di valutare le modalità di lavaggio adottate per i mezzi di filtrazione e di verificare la loro idoneità al fine di garantire l'ottimizzazione del funzionamento dei filtri. La verifica si compone di diverse verifiche integrate riguardanti il controllo dei seguenti aspetti: corretta sequenza delle fasi di controlavaggio; quantità di aria e acqua utilizzate; durata di ogni fase; consumi energetici; variazione della perdita di carico sul filtro (tra prima e dopo in controlavaggio); asportazione della biomassa dal filtro; qualità della prima acqua filtrata dopo il controlavaggio (mediante ripetizione dell'analisi dei parametri più significativi sull'acqua in uscita dal filtro). Nella fase di avviamento questa verifica ha anche la funzione di ottimizzare la procedura e la frequenza di lavaggio. Il collaudatore deve stabilire i parametri da analizzare, il punto e la modalità di prelievo dei campioni, la frequenza di campionamento, la durata del periodo di controllo nonché le metodiche analitiche.
3. **Verifiche della linea di trattamento residui** (in fase di avviamento e di gestione temporanea): prevede prove specifiche (es. prove di sedimentabilità del fango; prove di disidratabilità del fango, ecc.) per valutare la corretta funzionalità di alcuni sistemi previsti per il trattamento dei residui prodotti dal trattamento dell'acqua. Dall'analisi dei dati di monitoraggio intensivo effettuato sulla linea di trattamento dei residui, dai controlli eseguiti per la verifica di conformità dei residui con i limiti normativi e dal calcolo dell'efficienza depurativa della linea di trattamento residui, è possibile individuare i comparti di trattamento più carenti sui quali approfondire l'indagine mediante prove specifiche. Il collaudatore deve stabilire i parametri da analizzare, il punto e le modalità di prelievo dei campioni, la frequenza di campionamento, la durata del periodo di controllo nonché le metodiche analitiche.
4. **Analisi dei dati gestionali** (in fase gestione temporanea): per tutti i parametri soggetti ad un controllo in continuo (con rilevatori on-line o misuratori portatili) o ad una frequente rilevazione (portata trattata, parametri di qualità dell'acqua, cloro residuo, consumi energetici, ecc.) è utile svolgere una analisi dei dati relativi ai 4-5 mesi funzionamento a regime per valutare: portata trattata, consumo di reagente per tipologia, rapporto tra fango prodotto e portata trattata, consumi energetici, ecc.. L'elaborazione di questi dati permette di fornire indicazioni sulle prestazioni operative dell'impianto (es. energia consumata per volume unitario di acqua erogata, volume di acqua "persa" per volume unitario di acqua trattata, ecc.) al fine di valutare il funzionamento in condizioni di gestione temporanea, rappresentative delle effettive condizioni di funzionamento a regime.

5. **Verifiche idrodinamiche** (in fase di gestione temporanea): Le prove idrodinamiche servono per riuscire a quantificare eventuali scostamenti dal comportamento ideale e/o presunto, che si possono manifestare attraverso diversi tipi di anomalie: presenza di by-pass, volumi morti, dispersione assiale accentuata, ecc.. La prova consiste nell'applicare una perturbazione ad un reattore mediante l'immissione di un tracciante e nell'andare ad interpretare la curva di risposta (RTD-Retention Time Distribution) in uscita dal reattore mediante l'utilizzo di un modello teorico di funzionamento idrodinamico in grado di simulare quello rilevato sperimentalmente. Dall'analisi del modello è possibile determinare una serie di coefficienti rappresentativi del funzionamento idrodinamico del reattore (miscelazione completa, flusso a pistone, soluzione intermedia tra le due, ecc.) e della presenza di eventuali anomalie (volume morto, by-pass, ecc.). L'utilità pratica di tali prove è quella di individuare le cause di eventuali malfunzionamenti e di suggerire alcune soluzioni correttive.

Ulteriori verifiche possono essere proposte dal collaudatore (anche su richiesta specifica dell'Autorità competente) purché rispondenti a requisiti di rigore scientifico. Per questo è auspicabile riferirsi comunque a metodologie di prova consolidate e descritte nella letteratura tecnica.

Tabella 2.1 – Ambiti di applicazione delle verifiche di collaudo “caso-specifiche”

	Situazioni in cui la verifica è obbligatoria	Situazioni in cui la verifica è raccomandata
Verifica dei sistemi di filtrazione	<p>Comparto di nuova realizzazione dedicato alla filtrazione dell'acqua realizzato a seguito della costruzione di un nuovo impianto o dell'upgrading di un impianto esistente.</p> <p>Realizzazione di un nuovo mezzo granulare di riempimento all'interno di un comparto di filtrazione esistente</p>	<p>Variazione significativa delle condizioni di funzionamento di un comparto di filtrazione indotte dalla realizzazione di interventi di upgrading sull'impianto, anche su altre fasi di trattamento</p>
Verifica delle operazioni di lavaggio dei sistemi di filtrazione	<p>Comparto di nuova realizzazione dedicato alla filtrazione dell'acqua realizzato a seguito della costruzione di un nuovo impianto o dell'upgrading di un impianto esistente.</p> <p>Realizzazione di un nuovo mezzo granulare di riempimento all'interno di un comparto di filtrazione esistente</p>	<p>Variazione significativa delle condizioni di funzionamento di un comparto di filtrazione indotte dalla realizzazione di interventi di upgrading sull'impianto, anche su altre fasi di trattamento</p>
Verifica della linea di trattamento residui	<p>Comparti di nuova realizzazione dedicati al trattamento dei residui generati dalla depurazione dell'acqua realizzati a seguito della costruzione di un nuovo impianto o dell'upgrading di un impianto esistente</p>	<p>Variazione presunta delle caratteristiche quali-quantitative dei residui prodotti dal trattamento dell'acqua a seguito di interventi di upgrading su altri comparti</p>
Analisi dei dati gestionali	<p>Comparti di nuova realizzazione dedicati al trattamento dell'acqua e/o dei residui realizzati a seguito della costruzione di un nuovo impianto o dell'upgrading di un impianto esistente</p>	<p>Variazione significativa delle condizioni di funzionamento dei processi esistenti dedicati al trattamento dell'acqua e/o dei residui</p>
Verifiche idrodinamiche	<p>Tutti i comparti di nuova realizzazione (o che abbiano subito interventi di upgrading) dove, per esigenze di processo, si debba garantire un determinato schema di flusso (es. miscelazione completa) e/o dove si presupponga l'insorgenza di anomalie (es. volumi morti, by-pass ecc.)</p>	<p>Suddivisione della portata su linee parallele per controllare la corretta ripartizione</p>

CAPITOLO 6. Rapporto di collaudo funzionale

L'elaborato di collaudo funzionale dovrà essere strutturato in analogia con l'esempio sotto riportato che riguarda un impianto di nuova realizzazione, limitatamente alla linea acque e alle verifiche principali.

1. PREMESSA
2. CONFIGURAZIONE DELL'IMPIANTO E DATI DI PROGETTO
3. DESCRIZIONE DELLE PROCEDURE DI VERIFICA
 - 3.1 Monitoraggio intensivo
 - 3.2 Calcolo dei rendimenti depurativi
 - 3.3 Verifica di conformità dell'acqua trattata con i limiti normativi
 - 3.4 Verifica delle caratteristiche dei reagenti e delle modalità di dosaggio
 - 3.5 Verifica di conformità della qualità dei residui con i limiti normativi
 - 3.6 Verifiche dei sistemi di filtrazione
 - 3.7 Verifica delle operazioni di lavaggio dei sistemi di filtrazione
 - 3.8 Verifiche della linea di trattamento residui
 - 3.9 Analisi dei dati gestionali
 - 3.10 Verifiche idrodinamiche
4. RISULTATI DELLE SINGOLE VERIFICHE
 - 4.1 Monitoraggio intensivo*
 - 4.1.1 Portata
 - 4.1.2 Concentrazioni dei principali inquinanti nell'acqua grezza
 - 4.1.3 Carico inquinante in ingresso all'impianto/comparto di trattamento
 - 4.1.3 Concentrazioni dei principali inquinanti nell'acqua trattata
 - 4.2 Calcolo dei rendimenti depurativi
 - 4.3 Verifica di conformità dell'acqua trattata con i limiti normativi
 - 4.4 Verifica delle caratteristiche dei reagenti e delle modalità di dosaggio
 - 4.5 Verifica di conformità della qualità dei residui con i limiti normativi

- 4.6 Verifiche dei sistemi di filtrazione
- 4.7 Verifica delle operazioni di lavaggio dei sistemi di filtrazione
- 4.8 Verifiche della linea di trattamento residui
- 4.9 Analisi dei dati gestionali
- 4.10 Verifiche idrodinamiche

5. VALUTAZIONE INTEGRATA DEI RISULTATI

6. CONCLUSIONI

ALLEGATI

- 1. Risultati dettagliati della verifica par. 3.1
- 2. Risultati dettagliati della verifica par. 3.2
- 3.

CERTIFICATO DI COLLAUDO FUNZIONALE

*L'articolazione in sottoparagrafi è riportata a titolo esemplificativo solo per il punto 4.1.

