



ANPA
Agenzia Nazionale per la
Protezione dell'Ambiente



*Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio*

Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane

Manuali e Linee Guida 1/2001

ANPA - Dipartimento Prevenzione e Risanamento Ambientali

Informazioni legali

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
Dipartimento Protezione e Risanamento Ambientali
www.anpa.it

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

Via Cristoforo Colombo, 44 - 00147 Roma

© ANPA, Manuali e Linee Guida 1/2001

ISBN 88-448-0246-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento ed elaborazione grafica

ANPA, Immagine
Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto di copertina: Paolo Orlandi

Coordinamento tipografico

ANPA, Dipartimento Strategie Integrate Promozione e Comunicazione

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C. T. Odescalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001

Il presente testo è stato predisposto da un gruppo di lavoro composto da:

ANPA

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Dipartimento Prevenzione e Risanamento Ambientali

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio
Gruppo Tecnico Acque (Legge 23 maggio 1997, n. 135)

CNR - IRSA

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Ricerca sulle Acque

ENEA

Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
Dipartimento Ambiente

Coordinamento

Gruppo Tecnico: Enrico Rolle

Contributi

Quadro legislativo

Gruppo Tecnico Acque: Paolo Carpentieri; ANPA: Raffaella Alessi, Silvia Galli, Silvia Pietra

Programmazione

Gruppo Tecnico Acque: Marcello Arredi, Alberto Ferruzzi; ENEA: Cinzia Del Zoppo;
ANPA: Silvia Pietra

Collettamento

Gruppo Tecnico Acque: Guido Calenda, Alessandro Paoletti, Silvano Ravera;
ANPA: Leopoldo D'Amico

Depurazione

Gruppo Tecnico Acque: Mario Beccari, Franco Cecchi, Mauro Majone, Giovanni Vallini;
ENEA: Giuseppe Bortone, Gilberto Garuti, Luigi Petta, Sergio Sgroi; IRSA: Appio Claudio
Di Pinto, Giuseppe Mininni; ENEA: Giorgio Pineschi; ANPA: Leopoldo D'Amico, Silvia Galli,
Silvana Salvati

Progettazione architettonica e paesaggistica e studio di impatto ambientale

Gruppo Tecnico: Alberto Ferruzzi; ENEA: Cinzia Del Zoppo

Analisi di fattibilità e pianificazione economico-finanziaria

Gruppo Tecnico: Simon Pietro Maraschi

Redazione e revisione

Gruppo Tecnico Acque: Mario Beccari, Guido Calenda, Mauro Majone, Enrico Rolle;
ENEA: Cinzia Del Zoppo; ANPA: Leopoldo D'Amico, Raffaella Alessi, Silvia Galli,
Silvia Pietra, Francesca Romana Siviglia

Segreteria tecnica ed editing

ANPA: Raffaella Alessi, Silvia Galli, Silvia Pietra

Indice

PRESENTAZIONE	1
PREMESSA	5
I QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO	7
I.1 Tutela della risorsa idrica	7
I.1.1 Delibera Interministeriale 4 febbraio 1977	7
I.1.2 Legge 18 maggio 1989, n.183 e successive modifiche e integrazioni	8
I.1.3 Legge 5 gennaio 1994, n. 36 (c. d. Legge Galli)	8
I.1.3.1 Regime tariffario vigente	9
I.1.4 Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n.152 modificato e integrato dal Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258	9
I.2 Smaltimento dei fanghi	10
I.2.1 Decreto Legislativo 27 gennaio 1992, n. 99	10
I.2.2 Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (c.d. Decreto Ronchi) e successive modifiche e integrazioni	10
I.3 Programmazione e progettazione di opere pubbliche	11
I.3.1 Legge 11 febbraio 1994, n.109 "Legge quadro in materia di lavori pubblici" (c.d. Legge Merloni), modificata e integrata dalla Legge 18 novembre 1998 n. 415 (c.d. Legge Merloni ter); relativo Regolamento di attuazione (D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554)	12
I.4 Valutazione di Impatto Ambientale (VIA)	13
2 PROGRAMMAZIONE	15
2.1 Introduzione	15
2.2 Soggetti e strumenti	15
2.3 Scelte preliminari	17
2.3.1 Localizzazione	18
2.3.2 Tipologia impiantistica	19
2.3.2.1 Sistemi di collettamento	19
2.3.2.2 Sistemi di depurazione	26
2.3.3 Definizione del recapito finale e degli standard di trattamento	27
2.3.4 Riutilizzo dei reflui	28
2.3.5 Smaltimento dei fanghi	29
2.3.6 Strategie di controllo e monitoraggio	32
3 PROGETTAZIONE	35
3.1 Principi generali	35
3.2 Sistemi di collettamento	35
3.2.1 Dati a base di progetto	35
3.2.2 Elementi di progettazione	37
3.2.2.1 Canalizzazioni di fognatura	37
3.2.2.2 Caditoie e allacciamenti	42
3.2.2.3 Manufatti di attraversamento	44
3.2.2.4 Scarichi	45
3.2.2.5 Scolmatori	47

3.2.2.6	Invasi	50
3.2.2.7	Dissipatori di energia	54
3.2.2.8	Stazioni di sollevamento per acque reflue	55
3.2.2.9	Impianti idrovori per acque meteoriche	57
3.2.3	Elementi di progettazione architettonica e paesaggistica	57
3.2.4	Piano di gestione tecnica	58
3.2.4.1	Programma di manutenzione	59
3.2.4.2	Programma di controllo	59
3.2.4.3	Selezione e formazione del personale addetto	61
3.3	Sistemi di depurazione	61
3.3.1	Dati a base di progetto	61
3.3.1.1	Origine e natura delle acque reflue	62
3.3.1.2	Caratterizzazione del carico idraulico	62
3.3.1.3	Caratterizzazione del carico inquinante	62
3.3.1.4	Caratterizzazione delle condizioni climatiche	63
3.3.1.5	Recapiti finali e standard di trattamento	63
3.3.2	Scelta dello schema di trattamento	63
3.3.3	Elementi di progettazione della linea acque	71
3.3.3.1	Pretrattamenti	71
3.3.3.2	Sedimentazione primaria	75
3.3.3.3	Trattamenti biologici	77
3.3.3.4	Rimozione dei nutrienti	92
3.3.3.5	Sedimentazione secondaria	97
3.3.3.6	Filtrazione	98
3.3.3.7	Disinfezione	99
3.3.4	Riutilizzo delle acque reflue urbane trattate	101
3.3.4.1	Caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle acque reflue urbane destinate al riutilizzo	101
3.3.4.2	Tipologia di trattamento	101
3.3.4.3	Stoccaggio dell'acqua reflua recuperata	103
3.3.4.4	Sistemi di distribuzione	104
3.3.4.5	Sistemi di irrigazione a fini agricoli	106
3.3.4.6	Sistemi di recapito finale alternativo	107
3.3.4.7	Fattibilità economica	107
3.3.5	Elementi di progettazione della linea fanghi	107
3.3.5.1	Operazioni di riduzione di volume	108
3.3.5.2	Processi di stabilizzazione	111
3.3.5.3	Trattamenti termici	114
3.3.5.4	Disinfezione	115
3.3.5.5	Controllo degli odori	115
3.3.6	Elementi di progettazione architettonica e paesaggistica	116
3.3.7	Piano di gestione tecnica	118
3.3.7.1	Programma di monitoraggio per il controllo di processo	119
3.3.7.2	Registrazione e trattamento dei dati per la valutazione del processo	121
3.3.7.3	Procedure di diagnosi e piano di intervento in caso di disfunzioni	121
3.3.7.4	Selezione e formazione del personale addetto	122
3.3.7.5	Aspetti igienico-sanitari e misure di sicurezza	123

3.3.7.6	Programma per la manutenzione	124
3.3.7.7	Impianti di fitodepurazione	124
3.4	Studio di impatto ambientale (SIA)	125
4	ANALISI DI FATTIBILITÀ E PIANIFICAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA	129
4.1	Introduzione	129
4.2	La valutazione economica dei progetti di investimento	130
4.2.1	Analisi e valutazione tecnico-economica delle scelte progettuali	131
4.2.2	La pianificazione dell'investimento	131
4.3	La pianificazione della gestione economica	133
4.3.1	Analisi dei costi e piano della produzione	134
4.3.2	Il conto dei flussi di cassa	134
4.3.3	Il conto profitti e perdite	135
4.3.4	Il conto patrimoniale	135
4.3.5	Il conto fonti e impieghi	135
4.3.6	Conclusioni	135
Scheda 1	Dati di base per il progetto dei sistemi di collettamento	36
Scheda 2	Unità operative per il trattamento delle acque reflue e dei fanghi	67
Scheda 3	Trattamenti appropriati per le acque reflue	69
Scheda 4	Metodi di valutazione delle scelte progettuali	136
Tabella 1	Valori indicativi del tempo di ritorno per i diversi tipi di intervento	26
Tabella 2	Requisiti dei fanghi per l'accettabilità in discarica	31
Tabella 3	Requisiti dei fanghi per l'utilizzazione in agricoltura (D.Lgs. 27 Gennaio 1992, n.99)	32
Tabella 4	Grado di dettaglio delle indagini	37
Tabella 5	Valori tipici delle rimozioni conseguibili tramite sedimentazione primaria	76
Tabella 6	Valori tipici dei parametri di dimensionamento	77
Tabella 7	Parametri tipici dei filtri percolatori	83
Tabella 8	Tipici parametri operativi e di prestazione di processi anaerobici per il trattamento di reflui concentrati	87
Tabella 9	Valori tipici del fattore di carico in processi a biomassa adesa per conseguire la nitrificazione del liquame	93
Tabella 10	Intervalli dei tempi di residenza nei vari comparti di un processo di rimozione biologica dei nutrienti in riferimento alla portata media	95
Tabella 11	Dati di esercizio di ispessitori a gravità	109
Tabella 12	Dosaggi tipici di cloruro ferrico e calce per fanghi urbani (g di prodotto per kg di solidi secchi)	110
Tabella 13	Dati di esercizio di centrifughe a coclea, filtri sottovuoto, nastropresse e filtropresse a piastre	110
Tabella 14	Parametri caratteristici della digestione aerobica a freddo e termofila	111
Tabella 15	Principali parametri caratteristici della digestione anaerobica ad alto carico	112

Presentazione

La tutela dell'acqua dall'inquinamento è uno dei compiti di maggior rilievo che la Legge istitutiva del 1986 assegna al Ministero dell'Ambiente. L'azione del Ministero si è sviluppata in questi anni in vari modi, dall'emanazione di nuove norme, al supporto finanziario per nuovi interventi, dal sostegno all'azione delle Regioni e degli Enti Locali, all'esercizio di poteri straordinari nelle situazioni di emergenza.

Nel corso del 1997, tuttavia, constatate le notevoli carenze che ancora presentava il sistema depurativo delle acque reflue urbane a circa 6 anni dalla emanazione di una specifica Direttiva quadro comunitaria (91/271/CEE), il Governo, su proposta del Ministero dell'Ambiente, varava un Piano Straordinario di collettamento e depurazione, che si proponeva di accelerare il completamento delle reti fognarie e dei depuratori nelle aree maggiormente critiche. Tra gli obiettivi del Piano Straordinario, particolarmente qualificanti erano, oltre a quello di anticipare l'applicazione della Direttiva quadro comunitaria, quello di favorire l'introduzione delle migliori tecniche disponibili e di garantire la dovuta attenzione ai problemi di inserimento ambientale delle opere da realizzare. Al fine di consentire una progettazione adeguata a tali obiettivi, veniva istituito presso il Ministero dell'Ambiente un Gruppo Tecnico composto da esperti del settore, incaricato di supportare adeguatamente le Amministrazioni proponenti. L'attività del Gruppo Tecnico, che ha concluso i suoi lavori il 31 dicembre 2000, è stata in questi anni intensa e proficua. Complessivamente sono stati esaminati circa 800 progetti che, attraverso il confronto con i progettisti, sono stati portati ad un elevato livello di coerenza con i principi informativi del Piano Straordinario. Il lavoro di revisione compiuto su una massa così consistente di progetti, ha tuttavia fatto emergere insufficienze ricorrenti nell'impostazione e nello sviluppo progettuale. A determinare una situazione così diffusa non poteva che essere l'incertezza sui criteri da assumere a riferimento, incertezza che appariva opportuno superare con una iniziativa da parte delle Istituzioni interessate. Fu così prospettata all'allora Ministro dell'Ambiente Sen. Edo Ronchi l'opportunità di predisporre una guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane, alla quale potessero riferirsi le amministrazioni e le stazioni appaltanti nell'esercizio delle loro competenze. Il Ministro Ronchi valutò positivamente la proposta e ritenne di creare un gruppo di lavoro ad hoc nel quale, oltre al Gruppo Tecnico, furono invitati a dare il loro contributo l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), l'Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) e l'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Le attività del gruppo di lavoro sono iniziate nell'ottobre del 1999 con una serie di audizioni, in primo luogo con le Regioni e successivamente con gli operatori del settore. Attraverso tali audizioni è stato possibile definire la struttura ed i contenuti della guida, che oggi viene affidata alla stampa.

I nominativi degli esperti coinvolti nella predisposizione e revisione della guida sono riportati nel seguito; in qualità di coordinatore del gruppo di lavoro, mi è gradito rivolgere a tutti un sincero ringraziamento per il loro contributo di idee e di lavoro. Dagli operatori pubblici, ai quali è rivolta l'opera, ci auguriamo di ricevere suggerimenti e proposte che contribuiscano a migliorarla e completarla.

Prof. Enrico Rolle

La Legge 21 gennaio 1994 n. 61, istitutiva dell’Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente (ANPA), individua tra i compiti prioritari della stessa, la redazione di linee guida, manuali e norme tecniche. L’Agenzia, inoltre, svolge attività di consulenza e supporto tecnico-scientifico al Ministero dell’Ambiente e della Difesa del Territorio.

Nell’ambito delle attività promosse d’intesa con il Ministero, il Dipartimento Prevenzione e Risana-mento Ambientali (PREV) ha partecipato attivamente alla redazione del presente elaborato, svolgendo anche la funzione di Segreteria Tecnica delle attività del gruppo di lavoro.

Le linee guida sono sostanzialmente collegate alle disposizioni del Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152, successivamente modificato ed integrato dal Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258. Dette norme costituiscono l’attuale strumento legislativo dello Stato italiano per l’attuazione delle Direttive europee finalizzate alla gestione sostenibile del servizio idrico.

Obiettivo prioritario nazionale è adeguare, migliorare e razionalizzare le infrastrutture e gli impianti esistenti, definendone tipologie, costi e tempi di esecuzione. Per sviluppare una proposta organica di pianificazione, programmazione ed esecuzione dei servizi fognari e depurativi è necessaria una conoscenza dettagliata dello stato di fatto delle diverse infrastrutture costituenti gli impianti, con particolare riguardo al loro sviluppo, età, tipologie, materiali costruttivi e tecnologie. In caso contrario, la mancanza informativa, peraltro sovente dichiarata sul sistema depurativo e di collettamento, giustificherebbe il ricorso a valutazioni di tipo generale al fine di poter desumere modi e costi di investimento da altre esperienze nazionali e internazionali per prevedere interventi di costruzione e di adeguamento.

Occorre, inoltre, che gli interventi che assicurano l’efficace funzionalità dei sistemi di depurazione complessi, consentendo di eliminare mancanze di servizio e disfunzioni nel rispetto della normativa vigente, siano inquadrati in un contesto programmatico che preveda:

- la tutela dell’ambiente, in particolare quello delle acque e la salute dei cittadini;
- l’estensione del servizio nella prospettiva della massimizzazione del beneficio degli interventi previsti;
- la minimizzazione delle spese di gestione conseguente, con particolare riferimento a quelle energetiche e depurative;
- il mantenimento del sistema in buono stato di efficienza ed efficacia.

Gli interventi si riferiscono quindi, in generale a:

- adeguamenti strutturali necessari ad intervenute nuove norme legislative;
- realizzazioni di nuove opere ai fini di nuove estensioni del servizio e razionalizzazione di quello esistente;
- riabilitazione e/o riqualifica dei vecchi sistemi di collettamento e di depurazione
- costruzione o riabilitazione degli impianti elettromeccanici.

Accanto alle tecnologie convenzionali, devono essere tenute nel debito conto quelle di realizzazione e di ripristino non tradizionali, che consentono, particolarmente nel settore della depurazione e del collettamento, di migliorare il servizio, contenendo anche i costi degli investimenti ed i tempi di realizzazione, riducendo nel contempo l’impatto ambientale all’interno dei tessuti urbani.

aria) coinvolgono anche il settore della gestione dei servizi, con forte incidenza sull'ambito degli interventi costruttivi e/o manutentori, dalla loro programmazione fino alla esecuzione.

Gli interventi, che costituiscono un investimento a carico della collettività anche se attraverso lo strumento tariffario, da una parte devono perseguire gli obiettivi citati, dall'altra vanno programmati secondo una scala di priorità rispettosa di alcuni criteri tecnico economici da applicare in modo sistematico al sistema di collettamento e di depurazione.

E l'ampliamento ed il rinnovamento del parco tecnologico di collettamento e depurativo deve procedere di pari passo con la crescita del sistema di gestione e dei controlli affidati alle Agenzie Regionali e Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA/APPA).

Per tutti questi aspetti devono essere sviluppate procedure che consentano il trasferimento delle informazioni tra i vari soggetti interessati sulla base di una conoscenza sul territorio nazionale delle opere esistenti, da estendere e completare progressivamente. Inoltre è necessario stabilire standard di riferimento, sia qualitativo sia quantitativo, intesi come obiettivi a tendere, sulla base dei quali formulare piani di intervento.

Sotto ogni punto di vista, per le opere di nuova realizzazione come per l'adeguamento delle esistenti, è più che mai sentita, dagli operatori e dagli amministratori, l'esigenza che si possa fare riferimento ad un documento informativo aggiornato che evidenzi le esperienze esistenti nel Paese.

La redazione e la pubblicazione del presente documento, aggiornato ed esteso all'intero territorio nazionale, costituisce uno specifico ed importante approfondimento dei temi inerenti ai sistemi di trattamento ecocompatibili, alla conduzione tecnica degli impianti, alla riabilitazione ed adeguamento delle opere esistenti, indispensabili all'attuazione di un adeguato programma di interventi e di una corretta politica gestionale degli impianti, nell'obiettivo primario della tutela dell'ambiente e della salute della popolazione.

Ing. Giorgio Cesari

Premessa

Il presente documento è stato redatto sulla base della normativa nazionale e comunitaria vigente in materia di tutela delle risorse idriche.

Il documento fornisce indicazioni metodologiche e tecniche per la programmazione e la progettazione degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, nonché delle relative reti di collettamento. È stato redatto allo scopo di offrire un contributo tecnico al fine di migliorare, incrementare e adeguare agli standard europei, alle migliori tecnologie disponibili e alle migliori pratiche ambientali la progettazione di sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue, in conformità della previsione dell'art.6, comma 7, del Decreto Legge 25 marzo 1997, n.67, convertito nella Legge n.135 del 23 maggio 1997.

Esso è rivolto ai soggetti istituzionali, ai soggetti gestori ed ai progettisti che operano nel settore delle acque reflue, quale utile supporto alle loro attività. Le indicazioni del documento non costituiscono tuttavia prescrizioni vincolanti i soggetti progettisti o gli enti attuatori e le stazioni appaltanti, pur dovendo costituire un criterio di indirizzo e di raffronto nello svolgimento delle attività inerenti la progettazione di settore. Esse potranno costituire peraltro la griglia essenziale di valutazione dei progetti a qualunque titolo sottoposti al vaglio della Pubblica Amministrazione.

Il documento è articolato in quattro sezioni:

1. Quadro legislativo di riferimento;
2. Programmazione;
3. Progettazione;
4. Analisi di fattibilità e pianificazione economico-finanziaria.

Nella prima sezione è illustrata la "normativa quadro" di riferimento per la programmazione e progettazione delle opere.

Nella seconda sezione sono individuati i soggetti responsabili e gli strumenti delle azioni di pianificazione e programmazione delle opere. Sono definite, inoltre, le scelte preliminari all'avvio della progettazione, che la Pubblica Amministrazione è tenuta ad effettuare, al fine di formulare una domanda precisa in termini di strategia e di requisiti tecnici e prestazionali delle opere. Una domanda che costituisce anche lo strumento attraverso il quale l'Amministrazione può valutare o verificare le offerte progettuali.

La terza sezione contiene i criteri guida di indirizzo per la progettazione delle opere e per la redazione del relativo piano di conduzione. Il testo fornisce, pertanto, indicazioni di carattere generale.

La quarta sezione, infine, affronta il tema della valutazione economica dei progetti di investimento e della pianificazione economico-finanziaria della gestione delle opere.

Il documento è stato redatto sulla base dei seguenti principi generali:

- tutela ambientale;
- garanzia della qualità;
- inquadramento dei sistemi di collettamento e di trattamento delle acque in un unico ambito di gestione sostenibile dell'intero ciclo dell'acqua.

Al fine di ottenere un incremento della qualità delle opere, gli obiettivi del documento sono:

- definizione dei criteri generali che potranno orientare nella scelta degli schemi di collettamento e della tecnologia depurativa;
- definizione dei criteri progettuali per la realizzazione di reti di collettamento e di impianti di depurazione.

I. Quadro legislativo di riferimento

La presente sezione ha lo scopo pratico di fornire un quadro di riferimento sintetico sulla principale normativa rilevante ai fini della programmazione e progettazione dei sistemi di collettamento e di depurazione delle acque reflue urbane. I richiami normativi qui di seguito contenuti non hanno pertanto alcuna pretesa di esaustività e la mancata citazione di talune fonti normative non ne implica la non applicabilità, ove prevista.

Nella sezione si riportano, in particolare, le principali leggi e gli altri atti normativi in materia di tutela della risorsa idrica, smaltimento dei fanghi, programmazione e progettazione di opere pubbliche, valutazione di impatto ambientale.

Si omettono i riferimenti ad altre leggi afferenti al tema quali: la sicurezza sui luoghi di lavoro, la conformità alle norme antincendio e simili.

I.1 Tutela della risorsa idrica

I principali atti normativi che, negli ultimi anni, hanno modificato in modo radicale l'approccio al problema generale delle acque ed a quello delle acque reflue urbane in particolare, sono i seguenti:

- Delibera Interministeriale 4 febbraio 1977 "Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'art.2, lettere b), d) ed e), della Legge 10 maggio 1976, n.319, recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento";
- Legge 18 maggio 1989, n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e successive modifiche e integrazioni;
- Legge 5 gennaio 1994, n. 36 "Disposizioni in materia di risorse idriche" (c.d. Legge Galli);
- Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n.152 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole" modificato ed integrato dal Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n.258.

I.1.1 Delibera Interministeriale 4 febbraio 1977

La Delibera del Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque (CITAI) fornisce le norme tecniche di attuazione della Legge 10 maggio 1976, n. 319 (c.d. Legge Merli). In particolare, definisce:

- criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative e quantitative dei corpi idrici e per la formazione del catasto degli scarichi;
- criteri generali per il corretto e razionale uso dell'acqua, inteso come uso commisurato alle reali disponibilità della risorsa idrica e proporzionato al buon funzionamento degli impianti di utilizzo, secondo criteri di massimo rendimento nei confronti della quantità e della qualità dell'acqua;
- norme tecniche generali per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di acquedotto;
- norme tecniche generali per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di fognatura e depurazione;
- norme tecniche generali per la regolamentazione dello smaltimento dei liquami sul suolo; per la regolamentazione dello smaltimento dei fanghi residuati dai cicli di lavorazione e dai processi di depurazione; sulla natura e consistenza degli impianti di smaltimento sul suolo di insediamenti civili di consistenza inferiore a 50 vani, o a 5.000 m³.

Occorre ricordare che, in forza dell'art.62, comma 7, del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, le norme tecniche di cui alla delibera CITAI del 1977 continuano ad applicarsi "per quanto espressamente disciplinato dal presente decreto".

1.1.2 Legge 18 maggio 1989, n.183 e successive modifiche e integrazioni

La Legge definisce finalità, soggetti, strumenti e modalità dell'azione della Pubblica Amministrazione in materia di difesa del suolo.

Suoi obiettivi sono quelli di "assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi" (art.1, comma 1).

Gli elementi caratterizzanti della Legge sono i seguenti:

- la ripartizione del territorio in bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (art.13, comma 1);
- nei bacini idrografici di interesse nazionale, l'istituzione dell'Autorità di bacino (art.12, comma 1);
- l'introduzione di un nuovo strumento di politica del territorio, il Piano di bacino, che è adottato dalle Autorità di bacino per i bacini di interesse nazionale e dalle Regioni per gli altri bacini. Nel piano "sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato" (art.17, comma 1). Il processo di formazione del piano, e quindi l'intervento, avviene in modo graduale, attraverso l'attuazione di piani stralcio (art.17, comma 6 ter). Il Piano di tutela delle acque, previsto dall'art.44 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, si configura come piano stralcio di settore del Piano di bacino.

1.1.3 Legge 5 gennaio 1994, n.36 (c. d. Legge Galli)

La Legge 5 gennaio 1994, n.36 riorganizza la gestione dei servizi pubblici di acquedotto, fognatura e depurazione ed introduce il servizio idrico integrato, definendo nuovi processi e nuovi soggetti istituzionali.

La Legge si basa sui seguenti principi generali:

- tutela e uso razionale della risorsa idrica, che costituisce un bene pubblico (art.1, comma 1) da utilizzare "salvaguardando le aspettative e i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale"(art.1, comma 2);
- "gli usi delle acque devono essere indirizzati al risparmio e al rinnovo delle risorse per non pregiudicare il patrimonio idrico, la vivibilità dell'ambiente, l'agricoltura, la fauna e la flora acquatiche, i processi geomorfologici e gli equilibri idrologici" (art.1, comma 3);
- l'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi (art.2, comma 1);
- il risparmio idrico va conseguito mediante il progressivo risanamento delle reti di collettamento esistenti che evidenzino consistenti perdite, l'installazione di reti duali nei nuovi insediamenti di rilevanti dimensioni, l'installazione di contatori nelle singole unità abitative e di contatori differenziati per le attività produttive e del terziario esercitate nel contesto urbano, la diffusione di metodi e apparecchiature per il risparmio idrico (art.5).

Le principali innovazioni introdotte dalla Legge Galli riguardano:

- la gestione integrata ed unitaria dell'intero ciclo dell'acqua mediante la riorganizzazione dei servizi idrici sulla base di ambiti territoriali ottimali (ATO) (art.8);
- la separazione dei ruoli fra soggetto istituzionale e soggetto gestore. La titolarità del servizio idrico rimane al soggetto istituzionale (Province e Comuni) che deve affidarne la gestione operativa mediante gara, con la facoltà di scegliere tra proprie aziende speciali, società private concessionarie, o società miste pubblico-private. I rapporti tra soggetto istituzionale e soggetto gestore del servizio devono essere regolati da una convenzione prevista a livello regionale, che deve, tra l'altro, prevedere il regime giuridico della gestione, la durata dell'affidamento, le modalità di controllo del corretto esercizio del servizio, nonché il livello di servizio da assicurare all'utenza (art.11). La conseguenza della separazione dei ruoli è l'adozione di criteri industriali di va-

lutazione e di gestione del servizio, sia sotto il profilo tecnico sia economico. Da un lato, infatti, il soggetto istituzionale per poter valutare le offerte del soggetto gestore, deve porsi in condizione di avere un proprio quadro di riferimento non solo tecnico, ma anche economico-finanziario. D'altro canto il soggetto gestore è chiamato ad assumere il rischio dell'investimento che recupererà dalla redditività della gestione;

- l'introduzione della tariffa unica a costo pieno (art. 13): la prestazione del servizio viene cioè pagata dall'utente con un prezzo che copre non solo l'intera gestione del ciclo, ma anche i costi di investimento, di esercizio e la remunerazione del capitale investito.

Le Regioni attuano la Legge Galli con l'approvazione di una normativa regionale di applicazione, mediante la quale:

- definiscono la delimitazione territoriale degli ATO e le forme e i modi della cooperazione tra i Comuni e le Province ricadenti nel medesimo ambito territoriale ottimale;
- stabiliscono le modalità di attivazione del servizio idrico integrato;
- prevedono l'elaborazione, da parte del soggetto istituzionale, del Piano d'ambito, lo strumento attraverso il quale vengono definiti gli obiettivi di miglioramento del servizio idrico, gli investimenti occorrenti al loro raggiungimento e la tariffa unica di riferimento necessaria al loro finanziamento.

1.1.3.1 Regime tariffario vigente

La Legge 17 maggio 1995, n. 172 demanda al Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) di fissare, fino all'elaborazione del metodo normalizzato previsto dalla Legge Galli, i criteri, i parametri ed i limiti per la determinazione e l'adeguamento delle tariffe relative al servizio idrico, con particolare riferimento alle quote dei servizi di fognatura e depurazione.

Gli enti locali calcolano le tariffe riferite a tali servizi e provvedono alla loro pubblicazione sul Bollettino Ufficiale Regionale (BUR).

1.1.4 Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 modificato e integrato dal Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258

Il Decreto Legislativo attua una razionalizzazione unificante dei diversi testi normativi che finora avevano disciplinato, in modo settoriale e non coordinato, i diversi aspetti della tutela e degli usi della risorsa idrica.

I principi generali sui quali esso si basa sono i seguenti (art. 1):

- la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento e l'attuazione del risanamento dei corpi idrici inquinati;
- il miglioramento dello stato delle acque e l'adeguata protezione di quelle destinate a particolari usi, con priorità di quelle destinate al consumo umano;
- il perseguimento di obiettivi di qualità dei corpi idrici che garantiscano il mantenimento della capacità naturale di autodepurazione e la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate;
- la definizione di criteri per una corretta gestione della risorsa idrica nell'ottica dell'uso sostenibile e del risparmio idrico;
- la definizione di criteri, vincoli e parametri per il collettamento ed il trattamento delle acque reflue urbane, nonché delle modalità per il loro riutilizzo.

Il Decreto recepisce totalmente le Direttive comunitarie 91/271 e 91/676: questo comporta la necessità di adeguare il sistema infrastrutturale di raccolta e depurazione delle acque reflue urbane ai livelli minimi previsti dalla Comunità Europea. Inoltre, esso sancisce una tutela delle acque che integra gli aspetti qualitativi con quelli quantitativi, al fine di un uso corretto e razionale della risorsa, ed una strategia di risanamento basata sugli obiettivi di qualità dei corpi idrici re-

ettori e sulla necessità di diversificare le azioni di prevenzione in base alle criticità presenti sul territorio (aree sensibili e zone vulnerabili).

Nonostante le previsioni in tema di risparmio idrico e di tutela quantitativa della risorsa, con sostanziali modifiche al Regio Decreto 11 dicembre 1933 n.1775, nel Decreto non è stata tuttavia conseguita l'auspicabile unificazione, in un unico testo coordinato, della disciplina della tutela dall'inquinamento con quella relativa alla gestione e agli usi della risorsa idrica, rimanendo viva l'esigenza di una migliore implementazione con le previsioni della già citata Legge Galli, in vista dell'attuazione dei principi di unitarietà di gestione dell'intero ciclo dell'acqua, dal prelievo fino allo scarico finale.

Lo strumento per il raggiungimento degli obiettivi è il Piano di tutela delle acque, istituito in base all'art.44, comma 1), che costituisce piano stralcio di settore del Piano di bacino, ai sensi dell'art.17, comma 6 ter, della L. 183/89 e successive modifiche e integrazioni. Il piano è redatto ed adottato dalle Regioni, che devono conformarne il contenuto alle prescrizioni indicate dall'Auto-rità di bacino.

Il Decreto non entra nel merito tecnico delle procedure e dei requisiti della progettazione degli impianti, come la Legge 11 febbraio 1994, n.109 (c.d. Legge Merloni), né in quello degli assetti organizzativi e funzionali, come la L.36/94. In sede applicativa non si può tuttavia ovviare al problema delle condizioni tecniche e gestionali che possono garantire il conseguimento degli obiettivi della Legge ed il rispetto dei limiti prefissati, quindi l'applicazione del Decreto si colloca necessariamente in un contesto di interazione con le due leggi sopra citate.

1.2 Smaltimento dei fanghi

In connessione al problema delle acque reflue si ritiene opportuno considerare anche gli aspetti legislativi relativi allo smaltimento dei fanghi prodotti durante i processi di depurazione:

- Decreto Legislativo 27 gennaio 1992 n.99 "Attuazione della Direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura";
- Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n.22 "Attuazione delle Direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio" (c.d. Decreto Ronchi) e successive modifiche e integrazioni;

1.2.1 Decreto Legislativo 27 gennaio 1992, n.99

Il Decreto disciplina l'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura e definisce:

- le condizioni che devono ricorrere per l'utilizzazione dei fanghi in agricoltura. In particolare fissa valori limite per i metalli pesanti presenti sia nei fanghi sia nei suoli e le quantità massime di fanghi che possono essere smaltite nei terreni;
- le condizioni che determinano il divieto per l'utilizzazione dei fanghi sui terreni agricoli;
- le competenze dello Stato, delle Regioni e delle Province nella gestione dei fanghi;
- le norme per il rilascio delle autorizzazioni relative alle attività di raccolta, trasporto, stoccaggio e condizionamento, nonché all'utilizzazione dei fanghi in agricoltura;
- le analisi da effettuare sul terreno e sui fanghi e la loro frequenza;
- le norme tecniche per la gestione dei fanghi.

1.2.2 Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n.22 (c.d. Decreto Ronchi) e successive modifiche e integrazioni

Il Decreto si pone come obiettivo la corretta gestione dei rifiuti, la quale deve prevedere interventi che utilizzino, in ordine prioritario, sistemi di riutilizzo, riciclaggio, recupero di materia ed

energia e, come ultima soluzione, lo smaltimento in discarica.

I criteri utilizzati dal legislatore per la classificazione dei rifiuti sono due:

- la loro provenienza;
- l'appartenenza ad una tabella che li individua tramite un codice (codice CER) con il quale si definisce, tra l'altro, la loro pericolosità.

Riguardo al primo criterio, si individuano due tipologie fondamentali di rifiuti: i rifiuti urbani ed i rifiuti speciali. I rifiuti urbani provengono dalle civili abitazioni o da aree pubbliche: la loro raccolta è gestita dai Comuni attraverso il servizio pubblico di raccolta e di smaltimento. Sono invece considerati rifiuti speciali i rifiuti provenienti da attività di trasformazione agricola, industriale, artigianale e commerciale; in questa categoria sono compresi i fanghi provenienti da tutti i processi di potabilizzazione e depurazione delle acque.

In particolare i fanghi di depurazione delle acque reflue urbane sono classificati come rifiuti speciali non pericolosi, con codice CER 190805, e quindi la loro gestione deve essere inserita nei piani di gestione rifiuti previsti dall'art.22 del Decreto.

1.3 Programmazione e progettazione di opere pubbliche

La realizzazione di sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue, nonché le procedure volte alla scelta dei soggetti appaltatori della progettazione e/o della esecuzione dei lavori, rientrando senz'altro nell'ambito della nozione di "lavori pubblici", sono assoggettate alla disciplina costituita dal sistema normativo formato dalla Legge 11 febbraio 1994, n.109 (c.d. Legge Merloni), come modificata e integrata dalla Legge 18 novembre 1998 n.415 (c.d. Merloni *ter*), dal Regolamento di attuazione di cui al Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554, dal nuovo capitolato generale dei lavori pubblici (relativamente alle ipotesi di amministrazioni aggiudicatrici statali o delegate dallo Stato), nonché dalle ulteriori fonti regolamentari di settore, alle quali, dunque, occorre rinviare per un'analitica disciplina delle suddette attività.

Il citato Regolamento di attuazione della L.109/94 e successive modifiche e integrazioni, in particolare, fornisce un quadro dettagliatissimo dell'intero procedimento volto alla realizzazione dell'opera pubblica, dalla sua programmazione fino al collaudo. In particolare, sono previste disposizioni particolareggiate inerenti alle diverse fasi della progettazione (dallo studio di fattibilità al progetto esecutivo) con l'analitica indicazione del contenuto minimo dei documenti richiesti perché ciascuna fase sia integrata.

Già peraltro la Legge contiene indicazioni puntuali sui diversi passaggi che devono essere seguiti dalle stazioni appaltanti dal momento della deliberazione che individua un determinato bisogno realizzativo dell'opera pubblica fino alla stipula del contratto di appalto di esecuzione dei lavori, attraverso gli studi di fattibilità, i diversi stadi della progettazione, le modalità procedurali di acquisizione dei pareri, visti, nulla osta ed altri atti di assenso comunque denominati necessari alla cantierabilità amministrativa, l'indizione delle procedure selettive per l'acquisizione dei servizi di progettazione e per la scelta dell'appaltatore della esecuzione dei lavori.

L'insieme delle fonti normative sopra indicate costituiscono in sostanza un vero e proprio manuale per la realizzazione delle opere pubbliche, la cui attenta applicazione è ovviamente doverosa anche per le opere pubbliche in materia di sistemi fognari, di collettamento e di depurazione oggetto del presente documento.

In materia di appalti di lavori e di servizi attinenti ad impianti di collettamento e di depurazione di acque reflue urbane occorre tenere altresì conto delle disposizioni del Decreto Legislativo 17 marzo 1995 n.158, che ha recepito le Direttive CEE 90/531 e 93/38 relative ai settori cosiddetti esclusi o speciali. Si ritiene utile, infine, richiamare l'attenzione sul meccanismo di co-finanziamento statale degli oneri di progettazione preliminare, di recente attuato con la circolare del novembre 2000 n.1240 della Cassa Depositi e Prestiti (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n.281 del 1° Dicembre 2000) recante istruzioni per la concessione da parte della Cassa dei finanziamenti

a valere sul fondo per la progettazione preliminare istituito ai sensi dell'art.4 della Legge 17 maggio 1999, n.144.

1.3.1 Legge 11 febbraio 1994, n.109 "Legge quadro in materia di lavori pubblici" (c.d. Legge Merloni), modificata e integrata dalla Legge 18 novembre 1998 n.415 (c.d. Legge Merloni ter); relativo Regolamento di attuazione (D.P.R. 21 dicembre 1999, n.554)

La finalità della Legge quadro è di garantire la qualità delle opere pubbliche, la cui realizzazione deve avvenire secondo procedure improntate a tempestività, trasparenza e correttezza (art.1). La Legge fornisce indicazioni sulla programmazione dei lavori pubblici (art.14) e sull'attività di progettazione (art.16), che deve essere "informata, tra l'altro, a principi di minimizzazione dell'impiego delle risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate nell'intervento e di massima manutenibilità, durabilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità degli elementi, compatibilità dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni dell'intervento nel tempo" (art.15, comma 1 del Regolamento di attuazione).

L'Amministrazione competente, sulla base della redazione di studi di fattibilità finalizzati all'individuazione ed alla quantificazione dei propri bisogni ed alla definizione delle opere strumentali al loro soddisfacimento (art.14, comma 2), è tenuta a formulare un programma triennale di interventi. Tale programma dev'essere aggiornato annualmente. L'inclusione di un lavoro nell'elenco annuale è subordinata all'approvazione del suo progetto preliminare (art.14, comma 6).

La progettazione quindi, deve essere improntata all'ottimizzazione ed efficienza delle prestazioni, costi compresi. In questo contesto, ed in particolare per le opere da affidare in regime di concessione di costruzione e gestione, che almeno in prospettiva, ai sensi della Legge Galli sarà il regime ordinario di affidamento, la Legge Merloni indica in modo preciso la sequenza progettuale, ai diversi livelli di progettazione.

La scelta del costruttore-gestore potrà avvenire anche attraverso gli innovativi strumenti previsti dalla Merloni ter (articoli 37 bis e successivi) che consentono forme di iniziativa propositiva di soggetti privati (promotori) per la realizzazione di opere incluse nel programma triennale della stazione appaltante. Sono altresì possibili forme di finanza di progetto applicate direttamente alla ipotesi "classica" della concessione di costruzione e gestione ai sensi dell'art.19 della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni.

Non vanno, tuttavia, sottaciute le difficoltà di sviluppo di tali novità normative in un settore, quale quello della gestione del collettamento e della depurazione, ancora caratterizzato da notevoli incertezze circa gli strumenti tariffari e la forma giuridica degli interlocutori istituzionali, stante la ritardata e difficoltosa attuazione della L. 36/94. Nondimeno, deve affermarsi la sicura compatibilità sul piano astratto, giuridico-formale, dello strumento del promoter rispetto agli interventi oggetto del presente documento.

Deve, inoltre, segnalarsi la strategicità, agli effetti della corretta programmazione, localizzazione e progettazione delle opere pubbliche, del rinnovato strumento della Conferenza dei Servizi, di cui agli articoli 14 e successivi della Legge 7 agosto 1990, n.241, come di recente sostituiti dalla Legge 24 novembre 2000, n.340 che ha introdotto il principio maggioritario per le decisioni della Conferenza, con l'eccezione, tuttavia, per le pronunce di competenza di Amministrazioni preposte alla tutela ambientale, paesaggistico-territoriale o sanitaria, per le quali continua a valere il criterio della rimessione dell'affare alle superiori istanze consiliari (Consiglio dei Ministri o Consigli Regionali e degli Enti Locali, a seconda della competenza). In materia di project financing si tenga altresì conto degli indirizzi scaturenti dall'Atto di Regolazione 26 ottobre 2000 dell'Autorità per la vigilanza sui lavori pubblici, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.280 del 30 novembre 2000.

Le prescrizioni per la progettazione delle opere pubbliche possono essere sintetizzate come segue:

- progetto preliminare: la scelta progettuale adottata va giustificata, con appropriati metodi di va-

- lutazione, sia in termini di efficienza tecnica sia in termini di costi di investimento e gestione;
- progetti definitivi e/o esecutivi: oltre a tutti gli elementi costitutivi della progettazione tecnica devono contenere il “manuale d’uso” che, per progetti di investimenti a tecnologia complessa e di carattere funzionale deve essere inteso come “manuale della gestione tecnica dell’impianto”, ed il “manuale della manutenzione”, al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l’efficienza ed il valore economico dell’opera;
- in ogni caso, i progetti devono essere accompagnati dal “piano finanziario della fase di cantiere” e dal “piano economico-finanziario della fase di gestione” per l’intero periodo previsto dalla concessione.

Il Regolamento di attuazione della Legge dà indicazioni sul corretto inserimento ambientale delle opere. A tal fine prevede: in fase di programmazione, l’analisi delle problematiche di ordine ambientale (art.13, comma 2); in fase di progettazione, nel documento preliminare, lo studio dell’impatto dell’opera sulle componenti ambientali (art.15, comma 5, lett.h)); nel progetto preliminare, uno studio di prefattibilità ambientale (art.18, comma 1, lett.c)); nel progetto definitivo, lo studio di impatto ambientale, ove previsto dalle vigenti normative (art.25, comma 2, lett.f)).

1.4 Valutazione di Impatto Ambientale (VIA)

La Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) è una procedura tecnico-amministrativa volta alla formulazione di un giudizio di ammissibilità degli effetti causati da un particolare intervento sull’ambiente.

La VIA in Italia è stata introdotta a seguito dell’emanazione della Direttiva 85/337/CEE concernente la valutazione dell’impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. Questa Direttiva contiene l’elenco delle opere da sottoporre a VIA: nell’Allegato I le opere per le quali la VIA è obbligatoria in tutta la Comunità, nell’Allegato II sono elencati quei progetti per i quali gli Stati membri devono stabilire delle soglie di applicabilità. Gli impianti di depurazione sono inclusi nell’Allegato II.

La Direttiva 85/337/CEE è stata modificata con la Direttiva 97/11/CE che, pur non imponendo nuovi obblighi, amplia gli elenchi dei progetti da sottoporre a VIA. Per quanto riguarda gli impianti di depurazione, nell’Allegato I sono inclusi quelli con una capacità superiore a 150.000 A.E., mentre gli impianti con capacità inferiore sono compresi nell’Allegato II. Relativamente alle opere previste nell’Allegato II, la nuova Direttiva introduce una selezione preliminare, viene lasciata libertà agli Stati membri di optare o per un criterio automatico basato su soglie dimensionali oltre le quali scatta la procedura, o per un esame caso per caso dei progetti.

Lo Stato italiano, il 10 agosto 1988, ha emanato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri n.377 “Regolamento delle procedure di compatibilità ambientale di cui all’art.6 della Legge 8 luglio 1986, n.349, recante istituzione del Ministero dell’Ambiente e norme in materia di danno ambientale”, nel quale sono sottoposti a VIA solo i progetti di cui all’Allegato I della Direttiva 85/337/CEE, mentre non si fa cenno alcuno ai progetti di cui all’Allegato II.

L’applicazione della Direttiva 85/337/CEE viene completata con l’emanazione del Decreto del Presidente della Repubblica 12 aprile 1996, recante: “Atto di indirizzo e coordinamento per l’attuazione dell’art.40, comma 1, della Legge 22 febbraio 1994, n.146, concernente disposizioni in materia di valutazione d’impatto ambientale”. Con tale D.P.R. viene conferito alle Regioni ed alle Province Autonome il compito di attuare la Direttiva per tutte quelle categorie di opere, elencate in due allegati, A e B, non comprese nella normativa statale, ma previste dalla Direttiva comunitaria. Le opere dell’Allegato A sono sottoposte a VIA regionale obbligatoria (se queste sono localizzate in un parco, ai sensi della Legge 6 dicembre 1991, n.394, la soglia dimensionale è dimezzata); le opere dell’Allegato B sono sottoposte a VIA regionale obbligatoria, con soglie dimezzate, solo nelle aree a parco; al di fuori dei parchi sono sottoposte ad una fase di verifica per stabilire se sottoporle a VIA o meno. Ricapitolando, gli impianti di depurazione, inclusi nell’Allegato II

della Direttiva 85/337/CEE, sono sottoposti a VIA regionale. In particolare, quelli con potenzialità superiore a 100.000 A.E. sono inclusi nell'Allegato A, lett. p) del D.P.R. 12 Aprile 1996, mentre gli impianti con potenzialità superiore ai 10.000 A.E. sono inclusi nell'Allegato B, lett. v).

Attualmente è in via di redazione una Legge quadro sulla VIA che, recependo la Direttiva 97/11/CE, regolerà ex novo l'intero sistema.

I siti di valenza naturalistico-ambientale di importanza comunitaria, sono tutelati dalla Direttiva 92/43/CEE il cui Regolamento di attuazione (Decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n.357) prevede all'art.5, comma 3 che "I proponenti di progetti riferibili alle tipologie progettuali di cui all'art. I del D.P.C.M. n.377 ed agli allegati A e B del D.P.R. 12 Aprile 1996, nel caso in cui tali progetti si riferiscono ad interventi ai quali non si applica la procedura di valutazione di impatto ambientale, presentano all'autorità competente allo svolgimento di tale procedura una relazione documentata per individuare e valutare i principali effetti che il progetto può avere sul sito di importanza comunitaria, tenuto conto degli obiettivi di conservazione del medesimo".

2. Programmazione

2.1 Introduzione

La definizione di sistemi per il collettamento e di impianti di depurazione costituisce un tema progettuale complesso, per il quale assume enorme peso la capacità di formulare le esigenze, a volte contrastanti tra loro, e quella di coordinare gli obiettivi e la qualità delle risposte.

La centralità della figura della committenza, alla quale spetta la funzione di programmazione, diventa uno degli elementi decisivi per il conseguimento della qualità dell'opera. Al committente è affidato il ruolo operativo di scegliere le strategie d'intervento, di elaborare la programmazione e di effettuare il controllo e il bilancio finale anche in termini ambientali: la sua azione di controllo si deve svolgere durante tutto il processo di esecuzione dell'opera e proseguire anche successivamente per l'intera durata di vita dei manufatti.

Il problema è, più in generale, quello dell'adeguamento delle opere a nuovi livelli di qualità, riconsiderando in primo luogo l'attività programmatica come cardine per l'ottenimento di risposte progettuali adeguate.

Alla base di tutto c'è la formulazione precisa della domanda e la considerazione della compatibilità "ambientale" all'inizio del processo realizzativo.

Le decisioni in materia ambientale e, in particolare, di gestione delle acque cristallizzano le aspettative, le speranze e le convinzioni della collettività. Nella progettazione di un impianto di trattamento, esistono, e sono forti, le esigenze di esplicitare le scelte, di rendere conto dei costi e di dare effettive garanzie alla popolazione per la conservazione della risorsa "acqua". La nuova generazione di impianti tende ad inglobare tutte queste esigenze e a configurare il depuratore come un prodotto dalla doppia natura, industriale e di servizio.

L'attività del committente deve riguardare da una parte questioni più propriamente tecniche (l'affidabilità e la sicurezza dell'impianto, la possibilità di un'evoluzione quantitativa e qualitativa delle installazioni, la flessibilità dei sistemi per assecondare le variazioni di carico) dall'altra quelle di carattere sociale: la qualità visuale, la fruibilità degli spazi, la leggibilità delle tecnologie, l'integrazione nell'ambiente. Si tratta di un'operazione che coinvolge anche aspetti sociali con la precisa intenzionalità di migliorare la qualità della vita e il rispetto dell'ambiente in tutte le sue forme.

La presa di coscienza della necessità di restituire a questi interventi una nuova dignità va di pari passo con quella di prevedere una fase istruttoria seria che permetta la stesura di un programma nel pieno rispetto di tutti i requisiti, anche quelli sociali (come il valore architettonico e l'insediamento sociale), come condizione imprescindibile per ampliare le possibilità che questa qualità sia raggiunta.

Occorre che i progetti tengano conto delle conflittualità presenti nel contesto in funzione dello sviluppo di una progettualità nuova, attenta anche alla definizione futura dell'area.

2.2 Soggetti e strumenti

La realizzazione di un sistema di raccolta, collettamento e depurazione dei reflui urbani prevede una prima fase di pianificazione e programmazione delle opere, preliminare alla loro progettazione.

Ai sensi della normativa vigente, i principali soggetti delle attività di pianificazione e programmazione sono le Autorità di bacino, le Regioni, i Comuni e le Province appartenenti ad un medesimo ambito territoriale ottimale (ATO) in genere riuniti in consorzio con il nome di Autorità d'ambito.

Le Regioni, sulla base degli obiettivi di qualità definiti dalle Autorità di bacino, redigono ed adottano il Piano di tutela delle acque, che contiene l'insieme complessivo delle misure necessarie alla tutela qualitativa e quantitativa dell'intero sistema idrico regionale e di bacino. Il Piano di tutela delle acque, introdotto dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, è lo strumento di pianificazione sostitutivo, di fatto, del Piano regionale di risanamento delle acque previsto dal-

la L. 319/76 e costituisce piano stralcio di settore del Piano di bacino, previsto dalla L. 183/89 e successive modifiche e integrazioni.

Le Autorità d'ambito, in accordo con gli obiettivi della pianificazione regionale, predispongono il Piano d'ambito per la gestione del servizio idrico integrato.

Il Piano d'ambito è un documento di programmazione mediante il quale:

- si stabilisce il modello gestionale e organizzativo del servizio idrico;
- sono determinati i livelli di servizio da assicurare all'utenza;
- si determina un programma degli interventi con relative priorità ed un piano finanziario;
- si determina la tariffa di riferimento unica per l'intero ambito.

Il piano contiene la ricognizione delle opere di acquedotto, fognatura e depurazione e il quadro conoscitivo dell'assetto del territorio.

Gli interventi inclusi nel programma formulato nel piano sono definiti dall'Autorità d'ambito mediante una progettazione preliminare che ne individua modalità, tempi e costi di realizzazione. Il grado di approfondimento degli aspetti tecnici ed economici dipende dalla complessità del progetto.

E' invece il soggetto gestore del servizio idrico che cura la redazione dei successivi livelli di definizione progettuale degli interventi e segue le diverse fasi di realizzazione delle opere.

La realizzazione, gestione e manutenzione delle opere è affidata al soggetto gestore, mentre il controllo ed il monitoraggio degli interventi è di competenza dell'Autorità d'ambito.

Le modalità della programmazione sono disciplinate anche dalla vigente Legge quadro in materia di lavori pubblici (L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni) e dal relativo Regolamento di attuazione. La Legge indica che nel programma degli interventi devono essere specificati le finalità, i risultati attesi, le priorità, le localizzazioni, le problematiche di ordine ambientale, paesistico ed urbanistico-territoriale, le relazioni con piani di assetto territoriale o di settore, il grado di soddisfacimento della domanda, le risorse disponibili, oltre alla stima dei costi e dei tempi di attuazione.

Il Regolamento di attuazione della Legge prevede che le Amministrazioni competenti redigano, a cura di un responsabile del procedimento, un documento preliminare alla progettazione, che indichi gli indirizzi progettuali e la cui funzione è quella di consentire all'Amministrazione, fin dalle prime fasi di progettazione delle opere, di avere un quadro chiaro dei loro contenuti funzionali, tecnologici ed economici. Esso serve anche all'Amministrazione per la verifica del progetto preliminare e per la validazione di quello esecutivo.

In generale, il documento riporta, tra le altre, le seguenti informazioni:

- i risultati delle indagini preliminari necessarie per confermare o meno la fattibilità complessiva dell'intervento; ivi incluse le indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche di prima approssimazione, le eventuali informazioni relative alla presenza di vincoli storico-artistici, archeologici, paesaggistici o di qualsiasi altra natura interferenti sulle aree interessate, nonché informazioni di carattere demo-socio-economico;
- l'esito della verifica della conformità amministrativa, sotto tutti gli aspetti, dell'intervento;
- lo stato di fatto ante operam, dei luoghi in cui si inserisce l'intervento;
- gli obiettivi generali da perseguire e la strategia per raggiungerli;
- le prestazioni che l'intervento dovrà presentare in base alle caratteristiche di "comportamento" che si vuole che abbia in esercizio;
- la griglia di norme relative al governo del territorio in cui si cala l'intervento, quali, ad es. i piani di bacino e le disposizioni di qualsiasi piano urbanistico e/o di protezione ambientale;
- le funzioni che dovrà svolgere l'intervento;
- i requisiti tecnici da rispettare;
- l'insieme di regole spaziali e funzionali per la sua razionalizzazione;
- l'analisi di fattibilità economica dell'intervento ed il piano economico finanziario di massima.

Nel caso delle opere di collettamento e trattamento delle acque è comunque indispensabile che il documento riporti indicazioni in merito:

- alla localizzazione dell'intervento, in funzione delle caratteristiche ambientali del sito;
- alla tipologia impiantistica;
- al recapito finale delle acque reflue depurate, ivi incluso l'eventuale riutilizzo dei reflui;
- alle modalità di smaltimento dei fanghi;
- alle strategie di controllo e monitoraggio;
- ai limiti finanziari da rispettare e alla stima dei costi e delle fonti di finanziamento.

La documentazione preliminare all'avvio della progettazione potrà essere predisposta dal responsabile del procedimento secondo la forma ed il grado di approfondimento ritenuti più opportuni, tenendo conto della natura, complessità ed entità degli interventi da realizzare. A tale riguardo, il documento dovrà anche essere accompagnato dalla opportuna cartografia di sintesi o, in sua assenza, almeno dalla indicazione della cartografia che dovrà essere presa in considerazione nella fase di progettazione e che dovrà costituire parte integrante del progetto stesso. Tipicamente tale cartografia comprenderà:

- rilievo aerofotogrammetrico aggiornato del territorio, in scala 1:2.000, con i dati altimetrici, possibilmente numerici, e gli ingombri delle costruzioni;
- carte geologiche;
- carte topografiche, in scala 1:10.000/1:5.000;
- carta dei vincoli, desunti dagli strumenti di pianificazione urbanistica, territoriale e paesaggistica sia a carattere generale sia settoriale;
- carta della viabilità principale e secondaria e delle pavimentazioni stradali;
- tracciato e condizioni di posa delle altre reti tecnologiche presenti nel sottosuolo: reti di acquedotto, gas, teleriscaldamento, illuminazione pubblica, telefono, elettricità, ecc.;
- rilievo dell'eventuale sistema fognario, in scala 1:2.000 (con indicazione della portata, età e condizione delle condutture);
- rilievo degli impianti di trattamento esistenti o previsti (con potenzialità progettuale, tipo di processo depurativo e stato di funzionamento).

2.3 Scelte preliminari

La scelta delle principali caratteristiche dell'intervento risente di molte variabili, che vanno valutate caso per caso, nell'ambito della strategia generale derivante dalla conoscenza approfondita del territorio e delle sue dinamiche anche future ed in una visione integrata di tutte le problematiche ambientali. Solo un'istruttoria attenta e lo studio di soluzioni che tengano conto delle caratteristiche specifiche del contesto, possono ridurre i rischi di operazioni inefficaci.

In base a tutte le informazioni acquisite, l'autorità preposta deve elaborare una strategia globale di intervento per il sistema di collettamento e di trattamento delle acque reflue e dare indicazioni precise sui diversi aspetti specifici dell'intervento, quali la sua localizzazione, le tipologie impiantistiche, i recapiti finali delle acque reflue depurate e dei fanghi ed, infine, i costi.

All'esame di ciascuno di tali aspetti sono dedicati i paragrafi successivi. Tuttavia, un criterio importante per una corretta programmazione è quello di considerare tali aspetti non singolarmente ma nella forte interrelazione reciproca, valutando fin dall'inizio le possibili ricadute sull'efficacia ambientale delle opere, ivi incluse le qualità estetiche e funzionali dei manufatti. Questo consente di ottenere un prodotto finale correttamente inserito nell'ambiente.

L'esame di tutti questi parametri consentirà al committente di definire precisamente il modello a cui la progettazione farà riferimento sia nelle sue caratteristiche dimensionali e tecnologiche, sia per quanto riguarda gli aspetti finanziari e la connotazione funzionale e formale.

2.3.1 Localizzazione

La scelta del sito o del tracciato per la corretta localizzazione di un nuovo impianto deriva dalla conoscenza del territorio di appartenenza, dall'individuazione delle sue dinamiche future e dal riconoscimento dei suoi valori specifici.

Il riconoscimento delle valenze naturalistiche e paesaggistiche del luogo è indispensabile per rintracciare gli orientamenti progettuali attenti alla ricerca di una qualità globale delle opere e per ottenere un corretto inserimento nell'ambiente.

Per quanto riguarda le valutazioni legate agli aspetti tecnici, nella scelta di un sito per la realizzazione di un nuovo sistema di collettamento o impianto di depurazione si deve tenere conto di:

- contesto normativo ambientale attinente sia ai limiti qualitativi di accettabilità degli effluenti trattati e delle acque scolmate, sia ai limiti quantitativi per lo scarico delle portate di piena;
- presenza di falda freatica e del relativo livello ed escursioni in relazione a eventuali necessità di impermeabilizzazione e costruzione delle opere di drenaggio, ad eventuali effetti dal punto di vista delle temperature di esercizio e a quanto altro connesso con la situazione locale;
- progetti di reti di drenaggio urbano e di impianti di trattamento reflui esistenti o previsti in zone limitrofe;
- interconnessioni tra rete idrografica naturale e rete fognaria;
- presenza di aree soggette a rischio di inondazione; in tal caso si deve prevedere la costruzione di sistemi adeguatamente protetti;
- rispetto delle preesistenze di carattere archeologico e storico-culturale, e di particolari valenze naturalistiche e paesaggistiche.

Più specificamente, nella scelta del sito di un nuovo impianto di depurazione si deve tenere conto anche di:

- distanza dai centri abitati, in modo da proteggerli da rumori e odori molesti. La delibera CITAL prescrive per gli impianti di depurazione che trattino scarichi contenenti microrganismi patogeni e/o sostanze pericolose per la salute dell'uomo, una fascia di rispetto assoluto con vincolo di inedificabilità circostante l'area destinata all'impianto. La larghezza della fascia è stabilita dall'autorità competente in sede di definizione degli strumenti urbanistici e/o in sede di rilascio della licenza di costruzione. In ogni caso tale larghezza non potrà essere inferiore a 100 metri (Allegato 4, punto 1.2), fatto salvo i casi in cui è possibile, con le tecnologie attuali, il contenimento di fattori pericolosi per la salute pubblica come aerosol, odori e rumori molesti;
- punti di scarico degli impianti che dovranno essere ubicati, per quanto possibile, in modo da ridurre al minimo gli effetti sulle acque recettrici; occorrerà in particolare tener conto delle restrizioni derivanti dalla necessità di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (art.21 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni)
- dimensioni dell'area destinata alla realizzazione dell'impianto, che dovrà essere sufficiente per tutte le necessità connesse con il funzionamento ottimale dell'impianto stesso (deposito per materiali di consumo e di risulta, edifici ausiliari, parcheggi e quanto altro occorra per la corretta gestione dell'impianto). Come criterio generale, sarà necessario destinare all'intervento un'area di terreno sufficientemente estesa per garantire che le installazioni non gravitino a stretto ridosso del confine del lotto, in modo da poter risolvere eventuali problemi di impatto visivo e da rendere praticabile, a livello progettuale, la modellazione del terreno, a garanzia di un migliore inserimento nell'ambiente circostante. Inoltre, occorrerà tenere presenti futuri possibili ampliamenti dell'impianto medesimo sia in funzione di un incremento della portata da trattare, sia in vista di trattamenti aggiuntivi, anche al fine di un eventuale riutilizzo dell'acqua depurata;
- livelli di magra e di piena del corpo idrico recettore dello scarico;
- possibilità di convogliamento delle acque reflue all'impianto per gravità;
- distanza dai siti per lo smaltimento dei prodotti finali (sabbie, fanghi e ceneri);

- **facilità di accesso:** a tal fine, la viabilità interna ed esterna alle strutture impiantistiche deve essere prevista in modo da non interferire negativamente con la circolazione su strada o da creare problemi in caso di necessità di interventi di emergenza. Queste accortezze devono valere anche in fase di cantiere, per evitare eccessivi disagi sulle aree circostanti.

2.3.2 Tipologia impiantistica

2.3.2.1 Sistemi di collettamento

Un sistema di drenaggio urbano è costituito dall'insieme delle opere di raccolta delle acque meteoriche e reflue nelle reti composte dai condotti interni agli insediamenti e dai collettori stradali, dai manufatti di controllo idraulico e ambientale (scolmatori, vasche volano e vasche di accumulo delle prime piogge), dai sollevamenti, dagli eventuali manufatti speciali (attraversamenti, sifoni, dissipatori, ecc.) e dai manufatti di scarico nei corpi idrici recettori delle acque meteoriche e reflue trattate.

Il sistema di drenaggio urbano pertanto ha una duplice finalità:

- assicura e disciplina il drenaggio delle acque meteoriche delle aree urbane e il loro convogliamento verso i corpi idrici recettori superficiali e sotterranei, in coerenza con il parallelo funzionamento idraulico dei recettori stessi, con ciò eliminando i danni a cose o persone nel caso di eventi d'intensità inferiore a un assegnato livello di rischio e comunque riducendoli nel caso di eventi d'intensità superiore;
- convoglia verso gli impianti di depurazione tutte le acque reflue da assoggettare a trattamento in funzione degli obiettivi di qualità dei recettori definiti nei piani di tutela delle acque redatti ai sensi del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni.

È pertanto necessario, ai fini del mantenimento degli equilibri idraulici e ambientali dell'intero territorio coinvolto, che il complesso sistema composto dall'insieme dei collettori e degli invasi che costituiscono il drenaggio urbano, dai depuratori e dai corpi idrici di recapito venga analizzato in modo unitario e coerente.

Nella programmazione o progettazione dei sistemi di collettamento sono basilari le scelte che attengono a:

- interconnessioni tra rete idrografica naturale e rete fognaria;
- interconnessioni tra rete fognaria e acque sotterranee;
- scelta del sistema unitario o separato;
- scelta del livello di rischio d'insufficienza (tempo di ritorno) per le opere idrauliche sottoposte agli eventi meteorici.

Le strategie e l'inquadramento del progetto devono essere diffusamente trattati negli elaborati tecnici per ogni tipo di progetto, sia esso preliminare, definitivo, esecutivo. Ciò vale anche nel caso di progetti riguardanti lotti parziali di opere, nei quali l'inquadramento progettuale deve essere ripreso dai precedenti progetti generali.

La descrizione delle strategie e dell'inquadramento del progetto deve essere esposta in una relazione illustrante:

- gli strumenti di pianificazione urbanistica, territoriale e paesaggistica sia a carattere generale sia settoriale, vigenti;
- progetti di reti di drenaggio urbano e di impianti di trattamento reflui previsti in zone limitrofe;
- tipologia e caratteristiche dei suoli e dell'urbanizzazione attuale e prevista;
- il contesto normativo ambientale attinente sia i limiti qualitativi di accettabilità sulle acque di sfioro e sugli effluenti trattati, sia i limiti quantitativi per lo scarico delle portate di piena;
- le eventuali imposizioni del sistema unitario o separato;
- corografia in scala idonea dell'intero territorio comunale riportante la perimetrazione dei centri urbani cui è destinato l'intervento in progetto, la principale rete idrografica naturale, la strut-

tura principale della rete fognaria di tali centri urbani, distinta tra esistente, in progetto e futura, l'ubicazione degli impianti di depurazione. Nel caso d'interventi nell'ambito di sistemi di collettamento intercomunali la corografia deve estendersi all'intero comprensorio intercomunale.

Interconnessioni tra rete idrografica naturale e rete fognaria

Deve essere analizzata attentamente la natura orografica, idrografica e geomorfologica del territorio allo scopo di riconoscere il sistema naturale di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche. Ciò consente sia di disegnare o ristrutturare una rete fognaria in modo il più possibile coerente con le pendenze naturali del terreno, sia di evitare che essa abbia inaccettabili interconnessioni con il reticolo naturale.

La rete fognaria non dovrebbe mai raccogliere le acque naturali circolanti nei corsi d'acqua superficiali, non essendo generalmente accettabili i conseguenti sovraccarichi idraulici dei collettori, nonché la penalizzazione dell'impianto di depurazione, dovuta all'eccessiva diluizione dei liquami. Per di più il collettamento di corsi d'acqua naturali all'interno della rete fognante può indurre gravi problemi di funzionalità e conservazione nel tempo dei condotti per effetto dei sedimenti solidi normalmente veicolati dai corsi d'acqua stessi.

Per lo stesso motivo non è accettabile che i tratti urbani dei corsi d'acqua vengano utilizzati, e spesso coperti, come collettori di acque reflue. Tale pratica, purtroppo ricorrente in passato, impedisce il risanamento ambientale del corso d'acqua, la sua restituzione al paesaggio urbano, nonché la corretta diversione delle acque reflue verso l'impianto di depurazione. Nuove realizzazioni di tale tipo non possono pertanto essere più approvate.

In sintesi, il sistema fognario deve essere completamente indipendente dal reticolo naturale, con particolare attenzione ai punti di scarico, che devono essere realizzati con manufatti scaricatori idonei a consentire esclusivamente lo sversamento nei recettori delle portate meteoriche effluenti dagli scolmatori di piena e delle portate reflue trattate, nel rispetto delle norme vigenti, senza pericolo di rientri in fognatura provocati da situazioni di rigurgito idraulico.

La descrizione delle dette tematiche deve essere esposta in una relazione contenente:

- l'analisi delle interconnessioni esistenti o in progetto sia in merito all'eventuale presenza di tratti di corsi d'acqua naturali aventi ancora la funzione di veicolo di acque reflue domestiche o industriali, sia di tratti di corsi d'acqua naturali intubati nel sistema fognario, sia in merito all'ubicazione e al tipo degli scarichi di acque meteoriche provenienti da manufatti di scarico o da scaricatori di piena di reti miste o di reti esclusivamente pluviali, per le quali sia prevista la separazione delle acque meteoriche di dilavamento;
- l'individuazione cartografica di detti elementi di interconnessione.

Interconnessioni tra rete fognaria e acque sotterranee

La rete fognaria deve essere attentamente studiata anche in rapporto alle acque sotterranee in quanto può accadere che:

- la rete esistente, soprattutto se costruita in epoca passata, abbia anche una funzione di drenaggio ed alleggerimento delle acque sotterranee, al fine di ridurre i livelli piezometrici entro livelli compatibili con l'equilibrio e la statica degli insediamenti e delle infrastrutture;
- i livelli di falda interessino saltuariamente o permanentemente il livello di giacitura delle tubazioni e manufatti costituenti il sistema fognario.

Tali aspetti devono essere esaminati con riferimento alla scelta del sistema unitario o separato ed alla necessità di evitare sia qualsiasi compromissione qualitativa delle acque sotterranee, sia il convogliamento verso gli impianti di depurazione di aliquote significative di tali acque. Ne consegue che i materiali e i criteri progettuali e costruttivi delle reti nere o unitarie (tubazioni e manufatti) devono essere concepiti in modo da presentare, per tutta la durata di vita attesa, ampie

garanzie di tenuta idraulica da e verso l'esterno, mentre le reti esclusivamente pluviali possono eventualmente svolgere anche la funzione di drenaggio delle acque sotterranee, ma solo nei casi in cui non sia per esse prevista la separazione e il trattamento delle prime acque di pioggia.

Scelta del sistema unitario o separato

I sistemi di drenaggio urbano sono usualmente classificati in sistemi unitari e sistemi separati. Nei primi i collettori convogliano sia le acque reflue, sia le acque meteoriche. Nei sistemi separati, invece, le acque reflue sono convogliate in collettori distinti da quelli destinati alle acque meteoriche.

Aspetti idraulici e impiantistici

Nei sistemi unitari i collettori sono dimensionati in base alle portate meteoriche, che risultano nettamente prevalenti rispetto a quelle reflue in occasione dei massimi eventi di progetto. Poiché la durata dei periodi piovosi è relativamente breve, per la maggior parte del tempo i collettori sono interessati dalle sole acque nere, con frequenti problemi di velocità troppo esigua, e conseguente possibilità di sedimentazione di solidi e innesco di processi anaerobici putrefattivi. D'altra parte, i sistemi unitari godono del frequente lavaggio operato spontaneamente nei periodi piovosi dalle acque meteoriche. Mediamente, quindi, una fognatura unitaria dotata di normali pendenze si mantiene abbastanza pulita, pur essendo il movimento dei reflui inquinanti verso l'impianto di depurazione caratterizzato dalla sovrapposizione di carichi relativamente poco variabili nei periodi di tempo secco e di successive ondate nere in occasione dei lavaggi operati dalle portate meteoriche sulle superfici stradali e nei condotti fognari.

Poiché in tempo di pioggia l'impianto di depurazione può accettare in ingresso portate, normalmente definite nere diluite, poco superiori a quelle nere medie di tempo secco, il supero deve essere sfiorato direttamente nei corpi idrici recettori per mezzo di appositi manufatti scolmatori, posti lungo la rete ovunque sia possibile lo scarico in un idoneo recettore (scaricatori di alleggerimento) o comunque all'ingresso del depuratore. Le portate di supero da recapitare nei corpi idrici recettori dovrebbero essere definite in base alle esigenze idrauliche e ambientali dei recettori stessi (in accordo con gli obiettivi di qualità definiti dall'Autorità competente), onde garantire che la diluizione assicurata dai corpi idrici possa condurre alla stabilizzazione degli inquinanti in tempi e spazi accettabili.

Tuttavia, senza ricorrere a studi specifici per i singoli recettori, la normale prassi progettuale e le normative del settore (ancorché differenti nei diversi Paesi, e per l'Italia differenti da regione a regione) prevedono generalmente che lo scarico non avvenga fino a che le portate nere diluite non raggiungano un valore di 2,5-5 volte le portate nere medie. Le portate di pioggia che verranno effettivamente addotte all'impianto dipenderanno, peraltro, anche dall'efficienza degli scolmatori. Nei sistemi separati i collettori destinati alle sole acque meteoriche hanno dimensioni pressoché identiche a quelle di una corrispondente rete unitaria, ma, essendo percorsi solo saltuariamente da portate meno aggressive di quelle reflue, possono essere realizzati con materiali meno pregiati di quelli dei sistemi unitari. La rete nera può presentare problemi di corrosione ancora più accentuati, perché ha sezioni di dimensione relativamente modesta, con basse velocità e aerazione poco efficace, e anche perché presenta solitamente significative difficoltà di autopulizia, soprattutto nei centri urbani pianeggianti, legate all'assenza di lavaggio da parte delle acque meteoriche, essendo solitamente non funzionanti o del tutto assenti i dispositivi di cacciata. Nelle normali realizzazioni la rete bianca scarica direttamente nei recettori, senza separare le portate di prima pioggia, nonostante che queste, per il dilavamento delle superfici stradali, presentino usualmente contenuti inquinanti tutt'altro che trascurabili.

Per reti di uguale estensione il costo di costruzione del sistema separato è nettamente superio-

re a quello del sistema unitario. Ma ancora maggiore può essere il suo costo di gestione, qualora i vantaggi derivanti dalla separazione siano vanificati dalla presenza, anche se percentualmente modesta, di collegamenti di scarichi neri nei collettori bianchi, ovvero di corsetti pluviali, caditoie stradali o immissioni di altre acque di drenaggio nei condotti neri. Per gli stessi motivi, una separazione completa ed effettiva di reti attualmente unitarie presenta gravi difficoltà tecniche e amministrative, anche per il contenzioso giudiziario che può derivarne; una decisione di tal tipo dovrebbe quindi essere presa solo in presenza di vantaggi ambientali decisivi e preponderanti.

Aspetti ambientali

La scelta tra sistemi unitari e separati presenta importanti ricadute ambientali in merito a:

- l'efficienza degli impianti di depurazione e le conseguenti implicazioni impiantistiche e gestionali degli stessi;
- i contenuti inquinanti degli scarichi delle portate meteoriche non controllate dagli impianti di depurazione (portate effluenti dagli scolmatori delle reti fognarie o dagli scarichi delle reti esclusivamente pluviali di sistemi separati).

L'adozione di un sistema separato è evidentemente favorevole nei confronti dell'impianto di depurazione, poiché ad esso vengono addotte soltanto portate nere, con caratteristiche più concentrate e costanti. Ma dal punto di vista ambientale il livello di inquinamento delle acque meteoriche di dilavamento (o prime acque di pioggia) può richiedere di dotare la rete bianca di apposite vasche di accumulo delle prime piogge, del tutto analoghe a quelle delle reti unitarie, poste in corrispondenza dei manufatti di scarico nei recettori. Tali vasche sono poste all'uscita degli scolmatori di piena con la finalità di trattenere temporaneamente e poi avviare alla depurazione l'aliquota più inquinata delle acque meteoriche (cosiddette "prime acque di pioggia" o "acque meteoriche di dilavamento"), evitandone lo scarico.

Nel caso di comprensori fortemente industrializzati, nei quali le acque reflue di tempo asciutto possono essere decisamente caratterizzate dalle acque dei processi produttivi (ancorché compatibili ai sensi di legge con le normali acque reflue urbane, o rese tali mediante pretrattamenti), l'adozione di un sistema separato può risultare consigliabile, per evitare di degradare ulteriormente le acque meteoriche con sostanze nocive o tossiche che inevitabilmente sarebbero poi scaricate nei recettori.

Analogo preferenza del sistema separato può aversi nei casi in cui le superfici urbane siano interessate durante le piogge da un ingente trasporto solido proveniente dall'erosione di suoli instabili, come avviene in centri urbani ad edificazione non ancora consolidata e/o con pendici esterne erodibili e gravitanti sulle superfici urbane fognate. In tali casi, infatti, anche ammettendo di costruire e gestire idonei manufatti atti ad intrappolare i sedimenti prima del loro ingresso in fognatura, conviene separare completamente la rete nera onde mantenerla completamente indenne dall'ingresso di portate solide che pregiudicherebbero il trasporto e la stessa depurazione dei reflui.

Poiché l'inquinamento delle acque meteoriche avviene principalmente a opera del dilavamento delle superfici viarie e non dei tetti, in entrambi i casi di sistema unitario e separato può risultare consigliabile l'adozione, ove possibile, di una separazione delle acque meteoriche a monte delle reti fognarie vere e proprie, incentivando tale sistema soprattutto nelle aree di nuova urbanizzazione ove gli impianti interni sono da realizzare ex novo. In tali casi le acque meteoriche raccolte dai tetti, o da altre superfici del bacino non suscettibili di inquinamento da sostanze pericolose, sono raccolte e convogliate con brevi reti esclusivamente pluviali aventi recapito o su suoli permeabili o nel sottosuolo per mezzo di appositi pozzi perdenti o in vicini recettori superficiali.

Con tale separazione a monte si possono ottenere notevoli vantaggi sia idraulici, per la minore entità delle portate meteoriche da convogliare e/o invasare nelle reti fognarie principali, unitarie

o separate che siano, sia ambientali, poiché le acque meteoriche dei tetti non si miscelano con le altre acque più inquinate e gli impianti di depurazione sono meno sollecitati in tempo di pioggia. Il D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, puntualizza e per certi aspetti innova gli indirizzi di progetto delle reti fognarie.

In particolare l'art. 27 prevede che gli agglomerati urbani debbano essere provvisti di reti fognarie per le acque reflue urbane, essendo queste ultime definite nell'art. 2 come l'insieme di: "acque reflue domestiche o il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali ovvero di meteoriche di dilavamento". L'art. 31 prevede poi che le medesime acque reflue urbane debbano essere sottoposte, prima dello scarico, ad un trattamento o appropriato o secondario o equivalente in conformità con le indicazioni riportate nello stesso articolo e nell'Allegato 5. Lo stesso art. 27 prevede che occorra tenere conto delle caratteristiche delle acque reflue urbane e della necessità sia di prevenire eventuali fuoriuscite sia di limitare l'inquinamento delle acque recipienti dovuto a tracimazioni causate da piogge violente. Ai fini del risparmio idrico e dell'incremento del riciclo e del riutilizzo delle acque, nell'art. 25 si dispone che le regioni prevedano norme atte, oltre ad altre finalità, a realizzare nei nuovi insediamenti sistemi di collettamento differenziati per le acque piovane e per le acque reflue. Ciò evidentemente nei limiti del rispetto degli obiettivi di qualità dei recettori e quindi con la già richiamata necessità di assoggettare a depurazione le acque meteoriche di dilavamento.

Il sistema di drenaggio di un centro urbano può essere costituito da uno o più delle tipologie di seguito indicate.

Sistemi unitari tradizionali, composti da:

- un'unica rete di collettamento atta a convogliare sia le acque reflue sia le acque meteoriche (entro i valori corrispondenti al livello di rischio preassegnato);
- scolmatori atti a deviare in tempo di pioggia verso i recettori le portate meteoriche eccedenti le portate nere diluite definite come compatibili con l'efficienza degli impianti di depurazione;
- vasche di accumulo delle prime piogge (se richieste dagli obiettivi di qualità).

Sistemi unitari con separazione a monte di parte delle acque meteoriche, composti da:

- una o più reti esclusivamente pluviali, a carattere locale, destinate alla raccolta delle acque meteoriche dei tetti e coperture non soggette a scarichi inquinati e al loro scarico tal quale nei recettori;
- una rete principale di collettamento atta a convogliare sia le acque reflue sia le restanti acque meteoriche (entro i valori corrispondenti al livello di rischio preassegnato);
- scolmatori della rete unitaria atti a deviare in tempo di pioggia verso i recettori le portate meteoriche eccedenti le portate nere diluite definite come compatibili con l'efficienza degli impianti di depurazione;
- vasche di accumulo delle prime piogge della rete unitaria (se richieste dagli obiettivi di qualità).

Sistemi separati tradizionali, composti da:

- una rete di collettamento delle acque reflue (rete nera);
- una rete di collettamento delle acque meteoriche (rete bianca) dimensionata per valori corrispondenti al livello di rischio preassegnato e con scarico diretto e totale nei recettori;

Sistemi separati con separazione a monte di parte delle acque meteoriche e controllo delle prime acque di pioggia composti da:

- una rete di collettamento delle acque reflue (rete nera);
- una o più reti esclusivamente pluviali, a carattere locale, destinate alla raccolta delle acque meteoriche dei tetti e coperture non soggette a scarichi inquinati e al loro scarico tal quale nei recettori;
- una rete principale di collettamento delle acque meteoriche (rete bianca) dimensionata per valori corrispondenti al livello di rischio preassegnato;
- vasche di accumulo delle prime piogge (se richieste dagli obiettivi di qualità) raccolte dalla rete bianca principale.

La descrizione delle dette tematiche deve essere esposta in una relazione contenente la giustificazione della scelta effettuata per l'intervento in progetto e per la rete esistente e futura con l'illustrazione dei seguenti aspetti:

- la funzionalità idraulica di reti situate in zone pianeggianti, e le conseguenti diverse implicazioni per i due sistemi, dove le basse velocità di deflusso possono rendere insufficiente la capacità di autopulizia dei condotti nei riguardi delle sostanze sedimentabili; va ancora ricordato a questo fine che l'adozione di dispositivi di cacciata periodica deve essere effettuata nella piena consapevolezza dei loro elevati consumi d'acqua e delle loro non trascurabili esigenze di manutenzione, le quali devono essere assicurate al fine di non rendere il provvedimento del tutto virtuale, e, anzi, fonte d'inutili investimenti;
- la depurazione delle acque meteoriche di dilavamento, e le conseguenti diverse implicazioni per i due sistemi, in funzione della tipologia dell'insediamento servito (residenziale, commerciale, artigianale, industriale, misto);
- i diversi aspetti progettuali e gestionali degli impianti di depurazione al servizio dei due sistemi;
- i vantaggi ambientali della separazione "a monte" delle acque meteoriche dei soli tetti, nel caso vi sia possibilità di smaltimento locale di tali acque;
- i vantaggi ambientali del sistema separato nel caso di possibilità di smaltimento locale delle acque meteoriche, previa separazione, ove necessario, delle acque meteoriche di dilavamento;
- i maggiori aggravii progettuali ed economici del sistema separato nel caso d'impossibilità di smaltimento locale delle acque meteoriche, previa separazione, come prima detto, delle acque meteoriche di dilavamento;
- i maggiori costi di costruzione e di gestione del sistema separato;
- gli aspetti tecnici, economici e gestionali inerenti la separazione di reti unitarie esistenti;
- planimetrie in scala 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000 o maggiore (in funzione del tipo di progetto preliminare, definitivo, esecutivo e delle caratteristiche dell'intervento) riportanti le componenti unitarie e/o separate delle reti fognarie in progetto, esistenti e future.

Percorsi idraulici superficiali

Poiché le strutture fognarie sono in grado di convogliare portate pluviali contenute entro i limiti commisurati al tempo di ritorno scelto per il loro dimensionamento, è necessario che nei progetti definitivi e esecutivi si considerino anche le portate meteoriche eccedenti che si formano con eventi con tempo di ritorno superiore. Queste, infatti, sono destinate a scorrere o a accumularsi in superficie con potenziali danni a cose e persone. I progetti devono pertanto contenere la valutazione dell'entità di tali portate, e l'indicazione cartografica in scala opportuna dei percorsi idraulici superficiali, degli eventuali punti di raccolta, dei sistemi escogitati per evitare ristagni pericolosi, degli emissari e degli scarichi nei recettori.

Scelta del livello di rischio d'insufficienza (tempo di ritorno) per le opere idrauliche sottoposte agli eventi meteorici

La scelta del rischio d'insufficienza degli interventi deve essere effettuata con riferimento a diverse grandezze probabilistiche, quali la probabilità d'insufficienza, il tempo di ritorno medio d'insufficienza, la probabilità d'insufficienza in un assegnato periodo di tempo. Tali considerazioni statistiche vanno, poi, sempre corroborate con considerazioni economiche, legate alla entità degli investimenti necessari per garantire il grado d'insufficienza prescelto. Bisogna, infatti, tenere presente che al diminuire della probabilità d'insufficienza aumenta il valore dei capitali immobilizzati in opere che sempre più raramente risulteranno sfruttate appieno e aumentano anche i vincoli indotti sulle strutture viarie o comunque sul territorio urbano interessato.

Va poi tenuto presente che nel campo delle reti di drenaggio urbano non si applicano i criteri tra-

dizionali della analisi di fattibilità, in quanto intesi a mettere in luce, se esiste, almeno una soluzione tecnica che comporta un bilancio attivo tra investimento e ritorno.

In questo caso, infatti, il ritorno è principalmente di natura sociale e ambientale, quindi non esprimibile in modo facile in termini economici. L'opportunità (economica) di realizzare le opere è pertanto assunta a priori, e il problema è di fatto ricondotto alla individuazione delle soluzioni tecniche alternative (se più di una esiste), e, fra loro, di quella meno costosa. In ogni caso le soluzioni prese in considerazione devono essere valutate negli aspetti economico-finanziari e nelle loro ricadute sulla tariffa.

È importante considerare alcuni aspetti del concetto probabilistico di tempo di ritorno.

Occorre notare che il legame probabilistico tra la variabile casuale considerata, ad es. la portata al colmo in un'assegnata sezione di un collettore o il volume da invasare in una vasca volano, e il suo tempo di ritorno T , o la sua probabilità P di non superamento, è di tipo logaritmico, come per tutte le variabili "estreme". Ciò implica una corrispondenza attenuata tra T e il valore atteso della variabile considerata. Inoltre, sempre a causa dell'andamento logaritmico della distribuzione, l'inevitabile incertezza statistica (solitamente individuata dalla cosiddetta fascia fiduciaria) corrisponde a un intervallo del tempo di ritorno ben più ampio di quello della variabile casuale considerata.

Tali circostanze sono sempre da tenere presenti nel progetto, dal momento che questo, al di là delle inevitabili incertezze dei calcoli statistici e dei metodi di calcolo dei deflussi, deve comunque raggiungere, e dimostrare, un livello di ampia sicurezza.

Sintomatico è proprio il caso dei sistemi fognari che devono generalmente essere dimensionati per bassi valori del tempo di ritorno ($T = 2-10$ anni); in tali casi, essendo T ben minore della durata dell'opera pari a molti decenni, sussiste in pratica la certezza che l'opera sarà in qualche occasione insufficiente. D'altra parte per evitare ciò occorrerebbe incrementare in misura praticamente inaccettabile il tempo di ritorno T di progetto e quindi le dimensioni e il costo delle opere.

In definitiva, nelle fognature generalmente non conviene scegliere valori di T elevati per ridurre il rischio di esondazioni, quanto piuttosto, accettando tale rischio, affiancare ai collettori altre strutture di controllo delle portate meteoriche eccedenti quelle di dimensionamento delle fognature stesse. Un'altra importante considerazione deriva dall'esperienza e dalle osservazioni maturate nel corso degli eventi più intensi ed è teoricamente confermata dall'andamento fortemente asimmetrico delle distribuzioni di probabilità delle variabili estreme considerate (portate al colmo o volumi d'invaso). Senza entrare in dettagli, si può dimostrare, infatti, che, al verificarsi di un evento avente tempo di ritorno superiore a quello di progetto, la variabile può assumere valori anche molto superiori al valore di progetto. Un'opera, quindi, progettata per un assegnato valore di T , non solo sarà soggetta a essere insufficiente in media una volta ogni T anni, ma in tali occasioni l'insufficienza può risultare di elevata gravità.

In definitiva un'opera fognaria destinata a permanere in vita per molti decenni si troverà soggetta, con probabilità abbastanza elevata, a sopportare eventi ben maggiori di quelli considerati per il dimensionamento. Deve pertanto rientrare nei contenuti di un buon progetto la ricerca dei criteri d'impostazione e delle soluzioni tecnologiche supplementari atti a fornire ampie riserve di sicurezza e garanzie di affidabilità.

Una guida a una possibile scelta del tempo di ritorno di progetto per i diversi tipi d'intervento (condotti fognari, vie d'acqua superficiali, vasche volano) è fornita dalla Tabella I in funzione del grado di pericolosità idraulica e ambientale dell'opera.

Tabella I - Valori indicativi del tempo di ritorno per i diversi tipi di intervento

Tempo di ritorno T [anni]	Condotti fognari	Vasche volano
2-5	Condotti fognari la cui insufficienza determini scorrimenti idrici superficiali non pericolosi e con possibilità di smaltimento alternativo agevole verso recapiti esterni (aree verdi e/o corpi idrici recettori).	Primo settore d'invaso delle vasche volano destinato al contenimento delle acque meteoriche più inquinate (soprattutto se raccolte e convogliate da una fognatura di tipo unitario), generalmente impermeabilizzato, coperto e attrezzato, con apparati automatici di lavaggio.
5-10	Condotti fognari la cui insufficienza determini danni a cose (allagamenti scantinati)	Secondo settore d'invaso delle vasche volano destinato al contenimento delle acque meteoriche eccedenti la capacità del primo settore (per vasche impermeabilizzate a servizio di fognature di tipo unitario, anche tale settore è impermeabilizzato, coperto e attrezzato con apparati automatici di lavaggio).
10-20	Condotti fognari in strade in pendenza in cui la velocità del deflusso possa determinare condizioni di pericolosità.	Ulteriore/i settore/i d'invaso delle vasche volano destinato/i al contenimento delle acque meteoriche eccedenti la capacità del primo e secondo settore, realizzato/i in aree verdi attrezzate (parchi pubblici) o di tipo agricolo.
50-100 o più	Siti urbanizzati in cui l'allagamento provochi danni inaccettabili agli insediamenti o in situazioni dove possa configurarsi un grave pericolo per vite umane.	

2.3.2.2 Sistemi di depurazione

La scelta della tipologia di trattamento deve tipicamente essere effettuata in fase di progettazione. Tuttavia, già in fase di programmazione, devono essere stabilite alcune caratteristiche di massima dell'opera, tenendo conto delle peculiarità del territorio in cui verrà inserita e delle strategie di trattamento, contenimento e/o smaltimento finale delle correnti derivanti dal processo depurativo (acque depurate, fanghi di supero ed altri materiali di risulta, emissioni di odori e aerosol).

In linea generale, la scelta della tecnologia di depurazione è determinata dai seguenti fattori:

- dimensione dell'utenza ed eventuali fluttuazioni;
- tipologia del refluo da trattare, anche in funzione della presenza di reflui di origine industriale e di eventuali sostanze critiche;
- recapito finale dello scarico;
- limiti di emissione da rispettare per lo scarico;
- strategia di smaltimento ed eventuale riutilizzo delle acque reflue depurate;
- strategia di smaltimento ed eventuale riutilizzo dei fanghi;
- necessità di contenimento di odori, aerosol e rumori;
- inserimento ambientale dell'opera, in particolare in caso di localizzazione in contesti di speciale pregio naturalistico e/o paesaggistico.

Tali fattori sono strettamente interrelati. In particolare, la scelta della potenzialità dell'impianto dipenderà dalle scelte riguardanti il sistema di collettamento e la localizzazione. Occorrerà tener conto che la definizione della potenzialità dell'impianto avrà importanti ripercussioni non solo sulla tipologia depurativa adottabile ma anche sulle prestazioni ottenibili. Ciò anche in riferimento alla affidabilità della gestione.

Infatti, in generale, l'accorpamento, per quanto possibile, del processo di trattamento delle acque in un unico impianto si rivela utile ad aumentare l'affidabilità della gestione, migliorare il tratta-

mento e smaltimento delle correnti residue e ridurre le spese di esercizio. Se tecnicamente ed economicamente fattibile, l'accorpamento è da considerarsi generalmente positivo. Tale soluzione potrebbe rivelarsi non ugualmente valida, ad es. nel caso in cui la morfologia del luogo non consenta di collettare e convogliare facilmente i reflui o nel caso in cui esistano particolari vincoli ambientali e/o paesaggistici. Ove si debba optare per una frammentazione in impianti più piccoli, occorrerà scegliere tipologie depurative più semplici da gestire e con minori oneri di manutenzione. Tali considerazioni devono applicarsi non solo al trattamento delle acque ma anche al trattamento e smaltimento delle correnti di risulta.

Per quanto riguarda i fanghi, rimane fermo che, in ogni caso, sin dalla fase di programmazione, sarà necessario privilegiare le scelte tecnologiche che consentano di ridurre la produzione dei fanghi stessi sia in quantità (kg di solidi/giorno) sia in volume (massimizzazione della concentrazione mediante separazione dell'acqua) in modo da ottimizzare lo smaltimento.

Inoltre in fase di programmazione dovrà essere preso in considerazione l'intero ciclo di vita del manufatto, programmandone sia i futuri adeguamenti e/o ampliamenti sia la eventuale dismissione finale. Tutti gli interventi programmati dovrebbero prendere in considerazione il requisito dell'ampliabilità futura delle installazioni. Dovendo lo strumento di programmazione determinare il migliore impiego degli investimenti pubblici e poter controllare nel tempo l'efficacia delle scelte, la capacità dell'impianto di aumentare nel tempo il suo livello di trattamento e la sua potenzialità costituisce un requisito fondamentale della programmazione. Questo comporterà di indicare e quantificare, ai fini delle successive scelte progettuali della tipologia depurativa, la necessità di lasciare una parte del lotto libera per le nuove eventuali installazioni.

Infine dovrà essere data indicazione per quanto riguarda la durata dell'opera, secondo il principio che l'efficacia ed il costo di un'opera si misura in stretta relazione con la previsione del suo intero ciclo di vita (dall'installazione alla dismissione). In quest'ottica diventa estremamente importante stabilire in fase di programmazione quale dovrà essere l'effettiva durata dell'impianto perché ciò potrà avere delle conseguenze dirette sia sulle scelte progettuali sia sulle modalità di realizzazione delle opere. Ad una precisa esigenza di durabilità, manutenibilità, affidabilità dell'impianto o meglio dei sistemi tecnologici dell'impianto, e non piuttosto dei soli materiali, dovrà corrispondere una precisa risposta progettuale. Si dovranno, quindi, richiedere garanzie sottoscritte di lunga durata dei sistemi tecnologici per evitare che le installazioni smettano di funzionare e diventino ingovernabili.

2.3.3 Definizione del recapito finale e degli standard di trattamento

In fase di programmazione occorrerà anche individuare il recapito finale delle acque reflue trattate ed i conseguenti limiti di accettabilità, tenendo conto del contesto legislativo nazionale e della pianificazione regionale.

In particolare, al fine di definire la destinazione finale delle acque trattate saranno:

- valutate le possibilità di riutilizzo dell'effluente depurato (si veda a questo proposito il paragrafo successivo);
- analizzate le caratteristiche del corpo recettore, con individuazione di eventuali vincoli e limitazioni che possono determinare ripercussioni sul recapito e sugli standard di trattamento.

Tale analisi si baserà essenzialmente sugli strumenti di pianificazione territoriale previsti dalla normativa vigente o, nelle more della loro predisposizione, su:

- strumenti di pianificazione territoriale preesistenti;
- indagini sul territorio di enti pubblici e privati;
- pubblicazioni specifiche sulla situazione locale;
- letteratura generale;
- indagini e misure programmate allo scopo.

Gli standard qualitativi dovranno, come prevede la normativa vigente, essere differenziati in base al recapito dei reflui, in particolare nei casi in cui i reflui recapitino in:

- aree sensibili;
- zone vulnerabili da nitrati di origine agricola;
- zone vulnerabili da prodotti fitosanitari;
- zone soggette a fenomeni di desertificazione.

Ove tecnicamente ed economicamente possibile, occorrerà privilegiare le soluzioni che consentano il riutilizzo anche parziale delle acque reflue depurate, secondo quanto indicato nel paragrafo successivo.

2.3.4 Riutilizzo dei reflui

Il riutilizzo delle acque reflue urbane deve sempre essere preso in considerazione quale possibile opzione di smaltimento a valle di un trattamento depurativo, in alternativa allo scarico in un corpo idrico recettore o sul suolo. Infatti, sulla base di quanto previsto dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni (in particolare con gli articoli 25 e 26), il riutilizzo concorre alla tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche come definita dal Piano di tutela delle acque (di cui al Capo I del Titolo IV del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni). In particolare il punto 6.4 dell'Allegato 4 del Decreto prevede che i piani di tutela stabiliscano specifiche misure atte a favorire il risparmio ed il riutilizzo.

Dal punto di vista normativo, l'opzione del riutilizzo deve anche tener conto di quanto previsto nella delibera CITAI del 4/2/77. Attualmente inoltre è in corso di elaborazione il Decreto di attuazione che, ai sensi dell'art.26 del citato D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, dovrà fissare le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.

In sede di programmazione, occorrerà considerare che il riutilizzo richiede l'interconnessione di almeno due sistemi tecnologici con caratteristiche specifiche: il sistema del collettamento e del trattamento depurativo delle acque reflue da una parte e quello della distribuzione e riutilizzo delle acque reflue recuperate dall'altra. Tali sistemi possono inoltre avere gestori differenti. Ciò introduce necessità di pianificazione e progettazione peculiari rispetto al solo collettamento e trattamento depurativo con scarico finale dell'acqua reflua.

In generale tuttavia, l'implementazione del riutilizzo di acque reflue richiede di definire criteri di qualità che consentano di ottemperare a due requisiti fondamentali:

- rendere l'acqua adatta allo specifico riutilizzo;
- tutelare, in ogni caso, sia la popolazione ed i lavoratori dai rischi igienico-sanitari diretti o indiretti connessi al riutilizzo, sia più in generale l'ambiente da rischi di contaminazione.

In maggior dettaglio, la programmazione e poi la progettazione di un sistema di riutilizzo di acque reflue richiede che siano presi in considerazione e risolti numerosi aspetti tecnici che includono l'identificazione e la caratterizzazione:

- della richiesta potenziale di acqua recuperata da riutilizzare in aggiunta o in sostituzione (parziale o totale) di altre risorse idriche di diversa provenienza;
- delle diverse destinazioni di uso (agricolo, domestico, industriale) e dei relativi requisiti di qualità;
- delle possibili fonti di acque reflue recuperate;
- del o dei trattamenti depurativi necessari per la produzione di acqua recuperata adatta alle diverse destinazioni d'uso;
- dei sistemi per rendere tale produzione sicura ed affidabile per l'utente e, più in generale, per la popolazione e per l'ambiente;
- dei sistemi di interconnessione tra recupero e riutilizzo, quale l'eventuale stoccaggio per bilanciare le fluttuazioni della produzione con quelle del consumo di acque reflue recuperate;
- dei sistemi addizionali necessari per il riutilizzo quali l'adduzione e la distribuzione delle acque reflue recuperate;

- dei costi da sostenere per la realizzazione e la gestione del sistema di riutilizzo e delle risorse economiche disponibili;
- della localizzazione possibile dei sistemi di recupero e di riutilizzo.

Nelle aree di nuovo sviluppo i sistemi di collettamento e trattamento delle acque reflue e di distribuzione e riutilizzo delle acque reflue recuperate potranno e dovranno essere contestualmente progettati sin dall'inizio. Nella maggior parte dei casi comunque i sistemi di recupero e riutilizzo dovranno raccordarsi, almeno parzialmente, con i sistemi di collettamento e trattamento preesistenti. Nelle aree dove esiste un impianto di trattamento centralizzato, questo dovrà essere considerato quale prima fonte potenziale di acque da destinare al riutilizzo.

D'altra parte la possibilità di riutilizzare le acque reflue richiederà di norma un trattamento di recupero di livello superiore al semplice trattamento finalizzato allo scarico in corpo idrico recettore (quale è la situazione della maggior parte degli impianti di depurazione italiani). Dovrà pertanto essere valutata la possibilità di adeguare l'impianto preesistente con una sezione di affinamento.

Nella programmazione di un sistema per il riutilizzo delle acque reflue sarà necessario pertanto considerare la localizzazione e le caratteristiche quantitative inerenti:

- le aree residenziali ed industriali esistenti ed i progetti di sviluppo;
- le reti di collettamento esistenti e la natura mista o separata di queste;
- il o gli impianti di trattamento esistenti;
- le possibili opzioni per lo scarico diretto delle acque reflue depurate;
- i potenziali utilizzatori.

Per quanto riguarda le possibili diverse destinazioni d'uso, queste possono presentare caratteristiche specifiche e differenti sia per quanto riguarda la qualità dell'acqua sia le modalità di distribuzione, con conseguenti ricadute sulle tecnologie da adottare (a partire dai trattamenti di affinamento a valle della normale depurazione).

Pertanto, ai fini della progettazione occorrerà considerare le diverse destinazioni d'uso previste per lo specifico progetto, la importanza relativa di queste e la possibile evoluzione nel tempo, in relazione anche all'estensione del riutilizzo a destinazioni d'uso con requisiti di qualità più elevati. Nel caso di riutilizzo con più destinazioni d'uso con requisiti di qualità differenti dovranno adottarsi comunque i requisiti di qualità più elevati.

2.3.5 Smaltimento dei fanghi

Una corretta programmazione dell'intervento impiantistico deve prendere in considerazione il destino dei fanghi prodotti durante i processi depurativi. Questo condiziona necessariamente le caratteristiche finali richieste per i fanghi e richiede, di conseguenza, l'allestimento di una linea di trattamento idonea a conseguire tali caratteristiche.

Lo smaltimento dei fanghi di depurazione non deve essere confinato in una strategia dipendente unicamente dalle caratteristiche specifiche dell'impianto in cui il fango è stato prodotto, ma essere collocato tipicamente come problema di ambito distrettuale, dove possono essere rinvenute interessanti sinergie ed economie di scala con conseguenti benefici ambientali ed economici. In fase di programmazione è pertanto necessario che venga effettuato un accurato studio di fattibilità per l'individuazione di un piano di smaltimento avente caratteristiche dinamiche, dove vengano considerati i vari elementi di pianificazione territoriale, inclusa la possibile evoluzione temporale:

- presenza di altri impianti di depurazione nello stesso ambito territoriale;
- presenza di impianti di incenerimento e/o di compostaggio dove potrebbero essere inviati i fanghi sotto forma di prodotto essiccato (umidità residua generalmente inferiore al 10%) o disidratato (umidità residua generalmente superiore al 65%);
- caratteristiche dei siti adibiti allo smaltimento, in particolare discariche;

- presenza di cementifici e centrali termiche di potenza a carbone per i quali i fanghi essiccati possono essere considerati alla stregua di un combustibile solido (questa alternativa può essere giustificata solo nel caso di massicci apporti di fango);
- previsione di allacci di nuove fognature;
- incremento previsto della potenzialità e del livello depurativo dell'impianto;
- stato e possibili sviluppi del piano di smaltimento dei rifiuti urbani e speciali;
- possibile evoluzione della normativa.

Le alternative di recupero/smaltimento possono essere numerose, ma normalmente esse si conducono a:

- utilizzazione agricola;
- processi termici distruttivi con recupero energetico;
- scarico controllato.

Fra le diverse alternative deve sempre essere considerato lo scarico controllato. Lo scarico controllato non può essere considerato, tuttavia, come sistema principale di smaltimento almeno per i grandi impianti essendo riconosciuta la sua non sostenibilità ambientale nel lungo periodo per effetto del mancato recupero di risorse e dei potenziali effetti negativi relativi alla produzione di percolato ad elevato carico organico e di biogas. La linea fanghi di ogni impianto di depurazione deve pertanto essere configurata in modo tale che lo scarico controllato dei fanghi sia applicato esclusivamente come soluzione di emergenza nei periodi in cui non sia possibile ricorrere ad altre forme di smaltimento (ad es. in caso di manutenzione straordinaria di sezioni dell'impianto, limitazioni stagionali all'utilizzazione in agricoltura, interdizione imprevista del sistema principale di smaltimento).

Nella Tabella 2 sono riportati gli elementi principali che attualmente, in attesa delle già previste norme applicative relative al D.Lgs. 22/97 e successive modifiche e integrazioni, devono essere presi in considerazione affinché sia possibile lo smaltimento dei fanghi in discarica. Lo smaltimento in discarica dei fanghi può essere effettuato previo adeguato pretrattamento che riduca e stabilizzi la percentuale di sostanza organica in essi presente, come prevede la Direttiva europea 99/31/CE.

L'utilizzazione agricola del fango deve essere presa in considerazione, soprattutto per gli impianti di potenzialità medio-piccola, in quanto consente di ottenere un recupero di risorse spesso a basso costo. Per impianti di potenzialità più elevata, la possibile presenza di scarichi incontrollati di origine commerciale o industriale nel sistema fognario possono determinare la presenza nei fanghi, anche saltuaria e non prevedibile, di inquinanti che possono pregiudicare l'utilizzazione agricola. La nuova Direttiva europea, attualmente in discussione, pone infatti limitazioni assai più severe rispetto alla Direttiva 86/278/CEE sui metalli pesanti (il limite di concentrazione del Cd nei fanghi viene abbassato da 20-40 a 10 mg/kg di secco), sui microinquinanti organici (alogeni aromatici (AOX), tensioattivi (LAS), dietil-silftalati (DEHP), nonilfenolo-tossilati (NPE), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorodifenili (PCB), policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF)) e sui trattamenti richiesti ai fini igienico-sanitari. Nella Tabella 3, sono riportati i requisiti richiesti per i fanghi relativi ai metalli pesanti (D.Lgs. 99/92) ed alle altre caratteristiche chimico-fisiche.

Alcune limitazioni relative a questa procedura riguardano la presenza di metalli pesanti, sia nei fanghi che nei terreni, e la necessità di sospendere lo spandimento durante i periodi di elevata piovosità. Inoltre la presenza di elementi nutritivi nei fanghi non risulta bilanciata rispetto alle necessità colturali ed è pertanto spesso richiesta una integrazione con fertilizzanti minerali. In un adeguato piano di utilizzazione in agricoltura dovrebbero essere inclusi tutti i dati relativi alle specifiche colture con le corrispondenti estensioni di terreno e le quantità di fanghi utilizzabili in funzione delle loro caratteristiche.

Inoltre, per i grandi impianti deve essere considerata la necessità di garantire elevati volumi

di stoccaggio nei periodi non favorevoli per l'utilizzazione con conseguenti limitazioni obiettive non facilmente superabili.

Qualsiasi sia il sistema di utilizzazione/smaltimento previsto, è comunque necessario che venga preso in considerazione il problema del trasporto e dello stoccaggio del fango all'interno dell'impianto. L'obiettivo è di minimizzare il numero di viaggi e le distanze coperte. Anche i sistemi di trasporto devono essere oggetto di analisi prediligendo, quando possibile, sistemi alternativi al trasporto su gomma.

Tabella 2 - Requisiti dei fanghi per l'accettabilità in discarica

Aspetti generali	Requisiti del fango	Note
Lo scarico controllato rappresenta il tipo di smaltimento più diffuso per molte tipologie di rifiuti, ivi compresi i fanghi di depurazione e rappresenta la necessaria riserva durante i periodi di fuori esercizio delle unità operative destinate ad un destino alternativo. Ogni impianto deve essere attrezzato in modo che sia possibile ricorrere a questo sistema di smaltimento in caso di emergenza.	<p>Il fango deve essere tale da garantire la stabilità meccanica del sito e la conseguente possibilità di operarvi con le tradizionali apparecchiature di compattazione e ricopertura senza pericoli di cedimenti laterali e di ribaltamento del mezzo.</p> <p>La normativa tecnica di attuazione del D.P.R. 915/82, in fase di emendamento, prescrive che i fanghi siano stabilizzati e palabili.</p> <p>Nella normativa tedesca viene prescritto che il fango abbia una concentrazione minima di solidi del 35%.</p>	La concentrazione in solidi può non essere sufficiente a definire le caratteristiche di scorrimento del fango. Sarebbe più opportuno ricorrere alla valutazione dello sforzo di taglio valutabile con un reometro a banderuola (Vane Shear Stress). In letteratura tecnica viene suggerito di adottare un valore di 20 kN/m ² .
Smaltimento di fanghi insieme ai rifiuti urbani.	È opportuno garantire un preventivo mescolamento di fanghi e rifiuti per evitare la formazione di sacche di fango all'interno della discarica.	La presenza di fango normalmente consente di accelerare le fasi di stabilizzazione dei rifiuti in discarica. Il COD del percolato diminuisce più rapidamente nel tempo.
Smaltimento di fanghi in discariche per soli fanghi	La stabilità meccanica del sito rappresenta un aspetto di primaria importanza. In caso di problemi è opportuno provvedere ad un preventivo mescolamento dei fanghi con terra. In alcuni casi può essere consigliabile anche l'aggiunta di calce ad elevati dosaggi	
La Direttiva europea 99/31 prescrive limitazioni qualitative e quantitative per lo smaltimento dei rifiuti in discarica nei prossimi anni.	Deve essere ridotto lo smaltimento di rifiuti biodegradabili. Non deve essere consentito lo scarico di fanghi liquidi	

Tabella 3 - Requisiti dei fanghi per l'utilizzazione in agricoltura (D.Lgs. 27 Gennaio 1992, n.99)

Aspetti generali	<ul style="list-style-type: none"> • Il fango deve essere stato sottoposto a trattamento. • Il fango deve essere idoneo a produrre un effetto concimante e/o ammendante e correttivo del terreno. 	
Limiti dei metalli pesanti nei suoli e nei fanghi (mg/kg SS)	Nel suolo	Nei fanghi
Cd	1,5	20
Hg	1	10
Ni	75	300
Pb	100	750
Cu	100	1.000
Zn	300	2.500
Dosaggi ammissibili	<ul style="list-style-type: none"> • I fanghi possono essere applicati su e/o nei terreni in dosi non superiori a 15 t/ha di sostanza secca nel triennio, purché i suoli presentino le seguenti caratteristiche: capacità di scambio cationico (c.s.c.) superiore a 15 meq/100 g, pH compreso tra 6,0 e 7,5. • In caso di utilizzazione di fanghi su terreni il cui pH sia inferiore a 6 e la cui c.s.c. sia inferiore a 15 i quantitativi sono diminuiti del 50%. • Nel caso in cui il pH del terreno sia superiore a 7,5 si possono aumentare i quantitativi di fango utilizzato del 50%. • I fanghi possono essere utilizzati quali componenti dei substrati artificiali di colture floricole su bancali ma il loro contenuto di umidità non deve superare il limite dell'80% sul tal quale ed il substrato artificiale di coltura deve contenere un quantitativo di fango non superiore al 20% del totale 	
Divieti	<p>È vietato applicare i fanghi ai terreni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • allagati, soggetti ad esondazioni e/o inondazioni naturali, acquitrinosi o con falda acquifera affiorante, o con frane in atto; • con pendii maggiori del 15% limitatamente ai fanghi con un contenuto in sostanza secca inferiore al 30%; • con pH minore di 5; • con c.s.c. minore di 8 meq/100 g; • destinati a pascolo, a prato pascolo, a foraggiere, anche in consociazione con altre colture, nelle 5 settimane che precedono il pascolo o la raccolta del foraggio; • destinati all'orticoltura e alla frutticoltura i cui prodotti sono normalmente a contatto diretto con il terreno e sono di norma consumati crudi, nei 10 mesi precedenti il raccolto e durante il raccolto stesso; • quando è in atto una coltura, ad eccezione delle colture arboree; • quando sia stata comunque accertata l'esistenza di un pericolo per la salute degli uomini e/o degli animali e/o per la salvaguardia dell'ambiente. <p>È vietata l'applicazione di fanghi liquidi con la tecnica della irrigazione a pioggia, sia per i fanghi tal quali che per quelli diluiti con acqua.</p>	

2.3.6 Strategie di controllo e monitoraggio

La scelta del sistema di monitoraggio e controllo del processo e dell'impianto è parte caratterizzante del progetto dell'opera (vedi par. 3.3.7.1). Tuttavia, i nuovi indirizzi e le nuove metodologie per il monitoraggio e il controllo, introdotte dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, anche a seguito del recepimento della Direttiva europea 91/271/CEE, a salvaguardia del corpo recettore, richiedono, già a livello di programmazione, la delineazione di strategie opportune.

In fase di programmazione dovranno essere definite le metodologie relative a:

- monitoraggio e controllo dell'effluente, in relazione agli obiettivi di qualità del corpo recettore definiti nel Piano di tutela delle acque;
- monitoraggio e controllo del sistema di riutilizzo delle acque se previsto;
- controllo delle performances delle opere tecnologiche.

In questa fase, al fine di poter fornire utili indicazioni al progettista, dovrà essere valutato e deci-

so se può essere opportuno l'utilizzo di sistemi di telecontrollo ai fini del raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- verificare le caratteristiche di qualità del corpo recettore a monte e a valle dell'impianto e quindi valutare la rispondenza dei limiti agli scarichi con le prescrizioni introdotte dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni e confermate o rese più severe dalla Regione;
- mantenere in sicurezza la funzionalità delle reti con particolare riferimento alle stazioni di sollevamento ed ai sistemi di sfioro delle acque di pioggia;
- asservire la gestione degli impianti tecnologici (depuratori, stazioni di accumulo, pretrattamenti nel territorio) a sistemi di monitoraggio dei punti chiave della rete (gestione della rete e degli impianti come un sistema unitario);
- definire il livello di monitoraggio e controllo che si intende attuare all'interno dell'impianto per minimizzare i costi di: manutenzione, energetici, smaltimento dei fanghi, personale.

3. Progettazione

3.1 Principi generali

Il progetto deve fare riferimento alle scelte di pianificazione e programmazione adottate dall'Amministrazione committente e dagli Enti territoriali sovraordinati e documentare esaurientemente l'adeguatezza dell'intervento previsto sotto i profili tecnico, economico ed ambientale, a breve e lungo termine.

In particolare, il progetto deve dimostrare:

- la rispondenza alla strategia generale del piano elaborato dall'Amministrazione;
- l'adeguatezza delle caratteristiche tecniche delle opere in termini di prestazioni, affidabilità, manutenibilità e durabilità delle opere stesse, dell'igiene e della sicurezza del luogo di lavoro, anche in fase di cantiere, della flessibilità in vista delle esigenze future e alla eventuale variabilità del carico dovuto a fattori stagionali, a sviluppi non previsti o a variazioni della normativa;
- il contenimento di odori, rumori e aerosol;
- la qualità dei materiali utilizzati per le opere;
- la qualità del progetto architettonico e paesaggistico sotto gli aspetti estetico e funzionale.

La risposta progettuale deve essere articolata secondo i tre livelli definiti dalla Legge quadro in materia di lavori pubblici: preliminare, definitivo, esecutivo. Il grado di definizione e la quantità degli elaborati richiesti variano in base alla scala dell'intervento, a discrezione del responsabile del procedimento.

In particolare: il progetto preliminare, nel rispetto del contenuto del documento preliminare alla progettazione, deve indicare gli indirizzi che devono essere seguiti nei successivi livelli di progettazione ed i diversi gradi di approfondimento delle verifiche, delle rilevazioni e degli elaborati richiesti; il progetto definitivo deve contenere indicazioni precise sulle tecnologie costruttive prescelte e i tipi di materiali utilizzati, mentre l'esecutivo deve spingersi fino alla individuazione dettagliata, con appropriati approfondimenti grafici, di ogni elemento che costituisce le opere.

Tuttavia, indipendentemente dall'entità e dall'importanza, le opere devono essere illustrate e spiegate in tutti i loro aspetti: tecnologici, strutturali, architettonici, di inserimento paesaggistico ed ambientale, economici. La progettazione deve essere, quindi, il risultato dell'integrazione delle diverse competenze, in modo da tenere conto di tutte le variabili presenti nella sua realizzazione.

3.2 Sistemi di collettamento

3.2.1 Dati a base di progetto

Le fasi della progettazione consistono nello studio di fattibilità, nelle progettazioni preliminare, definitiva ed esecutiva: ad esse competono le diverse finalità esposte nella L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni, che vengono raggiunte operando con grado di dettaglio diverso, e sulla base di dati conosciuti con diversi livelli di precisione.

I dati di base per la redazione del progetto riguardano gli aspetti articolati in dettaglio nella Scheda I.

Deve essere altresì descritto il tipo di archiviazione delle informazioni raccolte, che deve preferibilmente essere di tipo informatizzato, con relazione a un GIS, e concordato con l'Amministrazione committente.

Scheda I - Dati di base per il progetto dei sistemi di collettamento

Le informazioni di base necessarie per il progetto possono provenire sia da dati già raccolti, sia da apposite indagini conoscitive, che devono essere definite dal progettista stesso in funzione della progettazione da espletarsi e da lui dirette in fase di esecuzione. In relazione ai diversi aspetti precedentemente elencati le informazioni richieste riguardano:

topografia: carte topografiche per la conoscenza planoaltimetrica dei luoghi, la scelta del percorso e della pendenza dei condotti, l'individuazione dei bacini versanti, la scelta sulla ubicazione dei manufatti: 1:10.000/1:5.000 per lo studio di fattibilità, 1:5.000/1:2.000 per il progetto preliminare, 1:2.000/1:500 per i progetti definitivi e esecutivi; rilievi di dettaglio per la definizione delle singole opere: scale appropriate.

catasto: mappe catastali per la scelta dei percorsi e la redazione dei piani di esproprio;

geologia e geotecnica: carte e informazioni geologiche per la conoscenza della natura e del grado di stabilità dei siti attraversati (stima della capacità d'infiltrazione e d'accumulo superficiale dei suoli, presenza di frane), e informazioni geotecniche per la conoscenza della stratigrafia e delle caratteristiche meccaniche dei terreni (scelta del tipo di condotto, delle modalità di scavo, sostegno delle pareti e posa);

idrogeologia: carte di informazioni idrogeologiche per valutare la presenza di falda e le sue escursioni nel tempo, ai fini della scelta delle condizioni di posa e di esercizio del condotto, della verifica di stabilità delle pareti di scavo, della stima delle venute d'acqua in fase di cantiere e della definizione dei provvedimenti di aggrottamento, della quantificazione delle portate parassite in reti dissestate, stima della capacità d'infiltrazione dei terreni;

caratteristiche della rete esistente: tipo, materiale, geometria e dettagli costruttivi di condotti e opere d'arte che costituiscono la rete; qualora le informazioni provengono dagli archivi degli Enti gestori (Comuni, Municipalizzate, Aziende di Servizi, Consorzi), dove sono contenute in plantari (mappe cartacee usualmente in scala 1:2.000/1:1.000/1:500) che risultano spesso incompleti e non aggiornati, eventualmente integrati dai disegni e dalla contabilità di cantiere, necessaria l'integrazione con rilievi altimetrici di dettaglio e ispezioni in sito a condotti e manufatti;

efficienza idraulica della rete esistente e episodi storici d'insufficienza: devono essere documentati sulla base di informazioni raccolte presso il personale addetto alla manutenzione della rete, i Vigili del Fuoco e gli abitanti delle zone più afflitte da problemi di deflusso in quanto possono rivelarsi preziose nella fase di calibrazione dei modelli idraulici;

condizioni strutturali e statiche della rete: devono essere raccolte le informazioni che riguardano lo stato di conservazione e di efficienza delle strutture che compongono la rete (condotti e opere d'arte) e le condizioni statiche in cui esse operano, onde poter decidere circa il ripristino strutturale di tratti interessati da fessurazioni, rotture o veri e propri cedimenti strutturali e crolli. Trattandosi di informazioni raramente disponibili in qualche forma di archivio già organizzata, e che risultano per lo più affidate soltanto alla memoria del personale che mantiene e ispeziona la rete, di norma si rende necessaria l'adozione di un preciso piano delle ispezioni dirette all'interno dei condotti praticabili, o indirette con telecamere teleguidate a circuito chiuso in quelli non praticabili;

altre reti tecnologiche presenti nel sottosuolo: le informazioni riguardano le reti di acquedotto, gas, teleriscaldamento, illuminazione pubblica, telefono, elettricità, ecc., e devono essere acquisite in via ufficiale dai competenti enti gestori, in quanto indispensabili per definire la fattibilità dei percorsi, e stimare in fase esecutiva il costo degli interventi necessari per garantire la compatibilità delle preesistenze con le nuove opere;

caratteristiche geometriche, idrologiche e di qualità dei corpi idrici recettori: necessarie per verificare le condizioni di restituzione nei corpi idrici recettori, e consistono in planimetrie, profili, sezioni d'alveo, dati di livello e di portata, analisi di qualità; qualora le informazioni acquisibili in via ufficiale presso gli Enti che hanno giurisdizione (Genio Civile, Regioni, Province, Consorzi di Bonifica, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale ecc.) non fossero sufficienti, devono essere svolti tutti i rilievi occorrenti per determinare i livelli idrici allo scarico e la compatibilità delle portate scaricate con la capacità degli alvei;

dati sulla popolazione residente e fluttuante: necessari alla valutazione delle portate di tempo asciutto e alla stima parametrica del carico inquinante di origine domestica, sono generalmente rinvenibili presso l'Istat e presso gli uffici anagrafici comunali e gli Enti per il Turismo, e devono includere le proiezioni temporali estese all'orizzonte di validità del progetto, eseguite tenendo conto degli strumenti urbanistici vigenti o in sviluppo;

dati sulle attività industriali e terziarie: necessari alla valutazione delle portate di tempo asciutto e alla stima parametrica del carico inquinante di origine non domestica, sono generalmente ottenibili presso l'Istat e presso gli archivi delle Camere di Commercio, e devono includere almeno il tipo di attività e il numero di addetti;

dati sulle caratteristiche qualitative dei deflussi: necessari ai fini della corretta valutazione dei carichi inquinanti addotti al depuratore o scaricati in tempo di pioggia nei recettori, consistono in misure di qualità delle acque di tempo asciutto o di tempo di pioggia, preferibilmente accoppiate a misure di portata. Questi dati possono riferirsi alla specifica situazione su cui si interviene, qualora questa sia esistente. Se invece il progetto si riferisce a un centro abitato o a una zona industriale ancora da realizzare è necessario fare riferimento a situazioni analoghe. Qualora informazioni di questo tipo non fossero reperibili presso le amministrazioni di competenza, è necessario almeno in fase di progetto definitivo o esecutivo svolgere delle adeguate campagne di misure.

Archiviazione delle informazioni: i Sistemi Informativi Territoriali Urbani

Le informazioni sopra descritte costituiscono una mole di dati molto ragguardevole, la cui descrizione è ancorata in modo naturale alla conoscenza delle caratteristiche del territorio urbano (planimetria di strade e quartieri) e al grafo della rete stessa.

segue: Scheda I

Una efficiente forma di archivio può essere ottenuta attraverso l'impiego di Sistemi Informativi Territoriali Urbani (Urban Geographical Information Systems o UGIS), nei quali i dati possono essere inseriti, recuperati e aggiornati in apposite banche con accesso grafico sostenuto dalla topografia descrittiva del territorio urbano, per solito costituita da una cartografia numerica. La disponibilità di strumenti di questo tipo risulta particolarmente utile qualora si debbano pianificare delle indagini integrative di campagna, in quanto consentono di avere un quadro conoscitivo molto chiaro delle zone in cui l'informazione è sufficiente e di quelle in cui essa risulta invece carente, e di progettare quindi le indagini di campagna integrative più economiche. Il grado di approfondimento delle indagini conoscitive dipende essenzialmente dalla fase di progettazione in atto, secondo quanto descritto in via orientativa nella Tabella 4

Tabella 4 - Grado di dettaglio delle indagini

Tipo d'indagine	Fattibilità	Fasi della progettazione	
		Di massima o preliminare	Definitiva ed esecutiva
Topografia	P	PC	DC
Geologia	P	PC	DC
Idrogeologia	P	PC	DC
Caratteristiche, geometria, stato di conservazione, ecc.	P	PC	DC
Informazioni sulle altre reti tecnologiche	ADS	ADS	ADD
Progetti di reti, impianti di trattamento	AP	AP	AP
Caratteristiche dei corpi idrici riceventi	P	PC	DC
Dati sulla popolazione residente e fluttuante	P	ADD	ADD
Dati sulle attività industriali e terziarie	P	ADD	ADD+DC
Piani di sviluppo urbanistico e piani territoriali	P	ADD	ADD+DC
Dati sulle precipitazioni	P	ADS	ADD
Dati sulle caratteristiche qualitative dei deflussi	P	ADS	ADD+DC

Legenda

P: indagine preliminare (basata su cartografie e dati esistenti);

PC: indagine preiminare di campagna;

DC: indagine definitiva di campagna;

ADS: acquisizione documentazione sommaria;

ADD: acquisizione documentazione definitiva ufficiale;

AP: acquisizione progetti esistenti

3.2.2 Elementi di progettazione

3.2.2.1 Canalizzazioni di fognatura

ASPETTI GENERALI

Condizioni di funzionamento

Le fognature sono generalmente costituite da canalizzazioni in sotterraneo, che per portate uguali o inferiori a quelle di progetto funzionano a superficie libera. Fognature o tronchi di fognatura possono essere realizzati in pressione o anche in depressione, con particolari accorgimenti.

Fogne a cielo aperto

Qualora si scelga di disporre dei canali di fognatura a cielo aperto, la scelta deve essere esaurientemente giustificata sia dal punto di vista sanitario, sia da quello dell'assetto del territorio.

Funzionamento in pressione

Qualora il progettista decida di realizzare fognature o tratti di fognatura che funzionino in pressione - a gravità o sotto pompaggio - per le portate di progetto, nella relazione tale scelta deve essere adeguatamente giustificata dal punto di vista tecnico-economico.

In particolare devono essere calcolati i tempi di ritenzione del liquame in condizioni di totale assenza di aerazione, tenendo conto anche dei periodi in cui le portate sono minime. Inoltre, nella relazione tecnica deve essere valutato, tramite adeguate metodologie, se è da aspettarsi lo sviluppo di gas, quali l'acido solfidrico (H_2S), il metano (CH_4) e altri gas di putrefazione; e, nel caso, devono essere descritti i provvedimenti destinati a evitare gli inconvenienti causati dallo sviluppo di detti gas, quali la forte tossicità dell'atmosfera in fogna, la corrosione delle strutture a valle, il rischio di esplosioni e lo sviluppo di odori molesti.

Funzionamento in depressione

Per risolvere particolari problemi di smaltimento dei reflui è possibile fare ricorso a sistemi di fognatura in depressione.

Una scelta di questo tipo, che comporta l'impiego di apparecchiature particolari, deve essere adeguatamente giustificata nella relazione tecnica, dai punti di vista tecnico e economico, tenendo conto anche delle esigenze di esercizio e manutenzione.

Tracciato

Il tracciato della fognatura deve essere rappresentato, in scala adeguata, in una planimetria quotata. Lungo il tracciato devono essere identificabili i vari tratti a caratteristiche costanti, nonché i manufatti ordinari e speciali.

Nello stesso elaborato, o in un elaborato a parte, devono essere identificati i bacini che gravitano su ciascun tronco di fognatura, e indicate le caratteristiche urbanistiche e idrologiche di detti bacini (densità di popolazione, coefficienti di deflusso o altri parametri utilizzati per definire le perdite idrologiche).

A livello di progettazione esecutiva deve essere data particolare cura alla individuazione della linea d'asse dei collettori, indicandone almeno la posizione rispetto a punti caratteristici del percorso (spigoli di fabbricati, bordi strada, ecc.), ovvero, preferibilmente, fornendone il tracciato topografico rispetto a una rete di capisaldi, dei quali devono essere fornite le monografie.

Profilo longitudinale

Descrizione

I profili devono essere rappresentati graficamente in scala adeguata. Nell'elaborato grafico devono essere indicate tutte le quote significative, le distanze progressive e parziali, i manufatti ordinari e speciali che interessano il tratto, le confluenze con altri tratti e gli attraversamenti significativi di altre infrastrutture lineari (acquedotti, canali, strade, ferrovie, metropolitane, gasdotti, ecc.).

Pendenza del fondo

I canali di fognatura devono essere disposti con pendenza superiore al 3 per mille. Qualora il progettista ritenga necessario adottare una pendenza di fondo inferiore, devono essere previste in capitolato norme specifiche di posa in opera per garantire che tale pendenza sia effettivamente mantenuta in fase esecutiva, evitando corde molli lungo il percorso.

Raccordo altimetrico tra canali di dimensioni diverse

In corrente lenta, canali di dimensioni diverse devono essere raccordati in modo che con la portata di progetto il deflusso nel tronco di valle non provochi rigurgiti nel tronco di monte. A questo scopo devono essere raccordati i livelli idrici di calcolo, oppure, più semplicemente, i livelli di massimo riempimento (a meno del franco), o i cieli delle fogne.

Qualora il progettista ritenga necessario non rispettare tali prescrizioni, introducendo dei rigurgiti, devono essere calcolati i profili di rigurgito nei canali di monte o, più semplicemente, si deve tenere conto dell'effetto di riduzione della pendenza complessiva della cadente idrica, calcolando le fogne con la pendenza che risulta dalla divisione del dislivello tra le quote delle superfici libere all'ingresso e all'uscita per la lunghezza di tutto il canale.

Tipo di canale

Scelta del tipo di canale

La scelta del tipo di canale deve essere giustificata nella relazione tecnica, tenendo conto delle condizioni di esercizio (fognatura unitaria, sanitaria o pluviale), delle particolarità tecniche e economiche del progetto, nonché delle tradizioni tecniche locali.

Il materiale deve essere scelto tenendo presenti le caratteristiche di: resistenza meccanica, resistenza alla corrosione, resistenza all'abrasione, in relazione alle condizioni d'esercizio previste. Le motivazioni della scelta e l'idoneità dei materiali devono essere esaurientemente illustrate nel progetto. In particolare deve essere messa in evidenza la durabilità nel tempo delle caratteristiche del materiale.

Per le caratteristiche dei materiali e dei prodotti, nel capitolato si deve fare riferimento alle norme EN relative al prodotto usato e alle condizioni d'impiego o ad altre norme vigenti.

Dimensioni minime

La rete pubblica, a valle delle caditoie pluviali e dei corsetti di allacciamento privati, non deve includere spechi, o luci di altro genere, di sezione più stretta di un cerchio di diametro di 25 cm, nel senso che le sezioni adottate devono consentire il passaggio di un tubo ideale di tale sezione; fanno eccezione le fogne nere separate per cui può essere adottato il diametro minimo di 20 cm.

Calcolo

Calcolo delle portate di tempo asciutto

Il calcolo delle portate di tempo asciutto deve essere svolto a partire dalla dotazione idrica del comprensorio fognato.

I coefficienti di punta e di minimo delle portate devono essere determinati in base a formule riconosciute, la cui fonte deve essere citata, o in base ad esperienze eseguite in sito o riferite a situazioni analoghe, che devono essere illustrate.

Nelle fogne nere separate devono essere individuati i tratti in cui la fognatura è sotto falda e per questi è necessario tenere conto di un adeguato contributo di acque parassite, determinate sulla base di esperienze o di dati di letteratura riferiti a casi analoghi, che devono essere citati.

Nelle fogne nere separate si devono considerare per la portata di dimensionamento anche eventuali contributi pluviali, dovuti a collegamenti errati e a infiltrazioni dai giunti. La scelta se includere o meno tali contributi deve essere giustificata e l'entità delle portate deve essere valutata sulla base di dati di letteratura o di esperienze di casi analoghi.

Calcolo delle portate pluviali

Il calcolo delle portate pluviali deve essere basato su una valutazione della pluviometria, eseguita generalmente sotto forma di leggi di probabilità pluviometrica. In tal caso devono essere esaurientemente descritti i calcoli eseguiti per la determinazione di tali leggi. In alternativa possono essere usate le leggi definite per il sito d'interesse dal programma VAPI (Valutazione Piene) del GNDCl (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) del CNR. Nel caso venga scelto un altro metodo di elaborazione delle piogge (ad es.: l'uso di successioni storiche di eventi) i dati di base e la metodologia devono essere esaurientemente esposti.

I metodi di calcolo delle portate pluviali devono essere completamente descritti nel progetto, in modo da consentirne la valutazione; nel caso che siano impiegati programmi commerciali deve essere allegata la descrizione del modello in tutti i dettagli necessari per chiarire compiutamente le scelte operate.

I modelli di calcolo devono essere tali da consentire la valutazione delle portate nelle diverse sezioni partendo dalle piogge critiche per i bacini sottesi. La criticità delle piogge deve essere adeguatamente giustificata sulla base del metodo usato. L'uso di formule approssimate che forniscono direttamente le portate in funzione di semplici indici pluviometrici è consentito solo per i progetti preliminari relativi a fognature con bacino di estensione inferiori a 50 ettari, e anche in questo caso devono essere forniti tutti gli elementi atti a verificare i calcoli eseguiti.

Si raccomanda, inoltre, che le portate di cui trattasi vengano determinate tenendo conto dell'estesa e approfondita revisione scientifica dei metodi di calcolo tradizionali che ha condotto a modelli più attendibili e a più affidabili criteri di scelta dei parametri, ampiamente documentati dalla recente letteratura tecnica.

Calcolo degli specchi

Nella relazione tecnica o nell'elaborato calcoli devono essere descritti i procedimenti di dimensionamento dei canali in base alla portata di progetto. Comunque, per ciascuna sezione di canale impiegata devono essere riportate, nell'elaborato calcoli, in funzione dell'altezza idrica, la sezione bagnata, la portata specifica, la velocità specifica e il numero di Froude specifico, dove con "specifico" s'intende il rapporto tra la grandezza considerata e la radice della pendenza del canale.

I calcoli di dimensionamento possono essere svolti in condizioni di moto uniforme tratto per tratto, a meno che le caratteristiche delle opere non siano tali da alterare tali condizioni in misura tale da poter influenzare il progetto in misura apprezzabile. In tal caso devono essere tracciati i profili di rigurgito della corrente.

CONDIZIONI DEL MOTO

Franco

Negli specchi a superficie libera, con le portate di progetto, deve essere mantenuto un franco tale da permettere un'adeguata circolazione dell'aria. Deve essere quindi verificato che lo specchio non tenda a riempirsi completamente. In linea generale il franco con le portate di progetto non deve essere inferiore:

- al 50% dell'altezza dello specchio, se questa non supera i 40 cm;
- a 20 cm dell'altezza dello specchio se questa è compresa tra 40 cm e 1 m;
- al 20% dell'altezza dello specchio se questa è superiore a 1 m.

È ammissibile, invece, che per portate superiori a quelle di progetto, che si verificheranno comunque di rado, il franco possa ridursi o addirittura annullarsi.

Qualora si volesse eseguire il calcolo dello specchio in condizioni di riempimento, deve essere determinato il tempo di ritorno delle portate per cui il funzionamento è ancora regolare (ossia a superficie libera, con franco adeguato) e il funzionamento idraulico della rete deve essere verificato anche per tali portate.

Velocità minima

La velocità minima nelle fogne deve essere tale da impedire la sedimentazione delle sostanze sospese, in modo da evitare la progressiva occlusione della tubazione e la formazione di depositi putrescibili.

La velocità minima calcolata in tempo asciutto con la portata media non deve essere inferiore a 0,5 m/s. Nel caso in cui tale velocità non possa essere mantenuta, bisognerà inserire dispositivi automatici di lavaggio, la cui efficacia deve essere esplicitamente dimostrata attraverso opportuni calcoli, che possono anche essere derivati dalla letteratura tecnica. In alternativa si può espressamente prevedere nei calcoli economici una spesa adeguata per periodiche operazioni di lavaggio.

Nel caso vengano scelti criteri alternativi per definire le portate minime, tali criteri devono essere adeguatamente giustificati.

Corrente veloce

In ogni tratto di calcolo, con la portata di progetto, deve essere determinato il numero di Froude della corrente, in modo da individuare il tipo di corrente, se lenta o veloce. Qualora la corrente risulti lenta, ma prossima alle condizioni critiche, il calcolo deve essere ripetuto per la portata per cui il numero di Froude è massimo, al fine di controllare che la corrente si mantenga lenta anche per portate inferiori a quella di progetto.

Nel caso in cui la corrente risulti veloce per la portata di progetto o per portate a questa inferiori:

- occorre verificare il comportamento idraulico nelle confluenze e in corrispondenza degli eventuali passaggi in corrente lenta, e si deve provvedere a dimensionare adeguatamente le strutture;
- gli specchi devono in linea di principio mantenere andamento planimetrico rettilineo; nel caso in cui ciò non sia possibile, i cambiamenti di direzione devono essere realizzati:
 - o con passaggio in corrente lenta, previa dissipazione di energia;
 - oppure con raggi di curvatura ampi, calcolati in modo che il sovrizzo in curva della corrente e le onde generate dalla curvatura non tendano a chiudere lo specchio.

Nel primo caso le strutture devono essere dimensionate in modo da consentire la dissipazione

di carico senza danni per le strutture. Nel secondo caso si deve provvedere ad aumentare il franco, onde evitare l'occlusione dello speco.

I criteri di progettazione e i calcoli relativi a tali prescrizioni devono essere adeguatamente descritti nella relazione tecnica o nell'elaborato calcoli.

Confluenze

Le confluenze delle fogne devono avvenire quanto più possibile tangenzialmente, in modo da non introdurre forti perdite di carico localizzate. Quando ciò non è possibile, o comunque non si attua, le perdite di carico addizionali devono essere esplicitamente valutate.

Per velocità superiori a 5 m/s è necessario verificare che l'acqua esterna, che deve essere raccolta dalla fognatura, abbia un carico superiore al carico totale della corrente in fogna - inclusa l'altezza cinetica - in modo da poter imboccare effettivamente la fogna, o da non causare il rallentamento della corrente, a seconda delle caratteristiche degli imbocchi.

Verifiche strutturali

I canali di fognatura devono essere verificati dal punto di vista strutturale. Tale verifica deve tenere conto delle caratteristiche del materiale e del terreno, delle modalità di posa in opera e di rinterro, delle condizioni di funzionamento (a superficie libera, in pressione o in depressione) e dei sovraccarichi prevedibili. Le verifiche devono essere eseguite nel rispetto della normativa vigente, che deve essere richiamata.

I calcoli di verifica devono essere adeguatamente descritti nella relazione o in un allegato calcoli. Per gli spechi più comuni si può anche fare riferimento alle tabelle di manuali o a calcoli di letteratura, che devono essere comunque documentati.

Pozzetti d'ispezione

I pozzetti d'ispezione devono essere disposti a una distanza massima di 30 m nelle fogne non praticabili, e comunque in corrispondenza di tutte le confluenze e cambiamenti di direzione. Nel caso di fogne praticabili la distanza massima dei pozzetti può essere portata a 50 m. Distanze più lunghe non sono in genere consigliabili, anche per esigenze di aerazione prima delle ispezioni.

Qualora particolari circostanze imponessero l'adozione di distanze maggiori, tali circostanze devono essere adeguatamente documentate nella relazione.

I pozzetti d'ispezione devono essere conformati in modo tale da non introdurre apprezzabili perdite di carico per le portate di tempo asciutto, da evitare il ristagno del liquame e la conseguente formazione di depositi putrescibili, e da costituire il minimo disturbo alle fluenze di tempo di pioggia.

3.2.2.2 Caditoie e allacciamenti

Caditoie

Le opere di drenaggio superficiale (canali di gronda e cunette stradali) devono provvedere alla raccolta, all'incanalamento e all'allontanamento sia delle acque che vengono intercettate dal corpo stradale sia di quelle cadute direttamente sulla superficie di questo.

Le caditoie stradali costituiscono i manufatti fondamentali di interconnessione tra le cunette e i canali di gronda e le sottostanti canalizzazioni fognarie miste o pluviali, e devono essere progettate in modo da:

- immettere nei condotti fognari le portate per cui questi sono dimensionati;

- permettere un'agevole manutenzione per il mantenimento delle loro caratteristiche funzionali;
- impedire la fuoriuscita in superficie di cattivi odori.

Le progettazioni definitive ed esecutive devono quindi comprendere dettagliate indicazioni sulla tipologia dei manufatti scelti e sul loro calcolo idraulico.

Nel progetto deve essere giustificata la tipologia adottata relativamente a:

- la bocca d'ingresso (a bocca di lupo, a griglia, ecc.) in funzione del prevedibile trasporto solido superficiale e della frequenza con cui avviene la pulizia e la manutenzione delle pavimentazioni stradali;
- la presenza o meno di una chiusura idraulica (sifone) sulla bocca di collegamento con la fognatura, al fine di impedire la fuoriuscita di odori molesti;
- la possibilità di agevole accesso al pozzetto di raccolta dei reflui per consentirne il periodico svuotamento.

La portata di progetto deve essere calcolata in funzione della superficie drenata dalla singola caditoia, documentando adeguatamente il metodo di calcolo del coefficiente idrometrico.

Il calcolo idraulico eseguito in funzione della portata di progetto, deve riguardare i seguenti aspetti:

- la scelta del tipo e delle dimensioni della bocca d'ingresso;
- la bocca di collegamento e l'eventuale sifone, con il tubo di allacciamento alla fognatura;
- il volume del pozzetto interno, che deve corrispondere alle esigenze di trattenuta dei solidi trasportati, in funzione della prevedibile portata solida e del ritmo programmato per il suo svuotamento da parte dei servizi di manutenzione stradale.

Nel caso di pozzetti di serie è ammesso che i calcoli suddetti siano effettuati per una singola caditoia, considerata rappresentativa di tutte quelle destinate al drenaggio di aree pavimentate aventi caratteristiche sostanzialmente equivalenti sia come estensione, sia come qualità e quantità dei reflui liquidi e solidi raccolti.

Le caditoie "speciali", vuoi per l'estensione dell'area drenata, vuoi per la tipologia del manufatto e della griglia d'ingresso, devono invece essere singolarmente calcolate e dimensionate.

Allacciamenti

Gli allacciamenti delle utenze alla fognatura avvengono tramite pezzi speciali e condotti da dimensionare in modo da permettere il convogliamento delle portate di progetto fino alla rete fognaria. Queste sono pari, in relazione alla tipologia dell'utenza e della civica fognatura, o alle portate reflue domestiche e industriali o alle portate meteoriche raccolte nell'area servita o ad entrambe tali portate.

Le progettazioni definitive ed esecutive devono quindi comprendere dettagliate indicazioni sulla tipologia dei manufatti scelti e sul loro calcolo idraulico.

Il punto di connessione tra l'impianto interno e la rete pubblica deve avvenire in una cameretta contenente tre pezzi speciali:

- un tronchetto fognario munito di apertura laterale chiusa da apposito tappo a tenuta, necessaria per le ispezioni e manutenzioni, lato utenza;
- un sifone, atto a impedire il passaggio di odori molesti dalla fognatura all'impianto interno, munito di apertura laterale chiusa da apposito tappo a tenuta, necessaria per le ispezioni e manutenzioni del sifone stesso;
- un tronchetto fognario munito di apertura laterale chiusa da apposito tappo a tenuta, necessaria per le ispezioni e manutenzioni, lato pubblica fognatura.

In casi particolari, soprattutto nel caso di utenze industriali, il Regolamento della pubblica fognatura, adottato dal Comune o dall'ATO, può richiedere che il detto manufatto di interconnessione sia configurato in modo da consentire, oltre alle usuali ispezioni, anche il prelievo di campioni e la misura della portata.

Al manufatto di interconnessione segue poi la condotta di allacciamento fino alla rete fognaria. L'immissione nella fognatura deve preferibilmente avvenire in corrispondenza delle camerette di ispezione; qualora invece ciò non sia possibile, il collegamento deve avvenire tramite apposito "sghembo" o pezzo speciale accuratamente sigillato, evitando di eseguire l'innesto mediante l'apertura di una breccia sulla parete della tubazione, causa di indebolimento strutturale, perdita delle garanzie di tenuta idraulica e possibile fonte di resistenza idraulica aggiuntiva.

Il progetto deve presentare le scelte effettuate e i relativi calcoli di dimensionamento sia per i manufatti tipo di interconnessione e collegamento, sia per eventuali manufatti speciali. Nel caso di manufatti tipo è ammesso che i calcoli suddetti siano effettuati una sola volta per la tipologia adottata. Nel caso invece di manufatti speciali tutti i componenti dell'allacciamento devono essere singolarmente calcolati e dimensionati.

3.2.2.3 *Manufatti di attraversamento*

Gli attraversamenti con le condotte fognarie di tubazioni destinate al convogliamento di fluidi liquidi o gassosi (acquedotti, oleodotti, reti gas, ecc.), di linee ferroviarie, tranviarie e metropolitane, di cavi di alimentazione elettrica o telefonica, di corsi d'acqua naturali, di canali irrigui e di scolo, ecc. sono molto frequenti, soprattutto in ambito urbano.

Nel caso di studi di fattibilità o di progetti preliminari della rete di fognatura e di collettamento, la definizione planimetrica dei tracciati deve essere documentata e giustificata tenendo conto dei vincoli conseguenti almeno agli attraversamenti più importanti e impegnativi (ad es.: attraversamenti ferroviari, della grande viabilità, di grandi infrastrutture idrauliche, ecc.), dai quali possono derivare importanti condizionamenti sia nella scelta dei tracciati stessi e talvolta anche della stessa struttura generale della rete sia nella manutenzione delle opere.

Nel caso di progetti definitivi ed esecutivi, per ciascun attraversamento deve essere documentata la scelta della tipologia adottata e eseguito il dimensionamento idraulico e strutturale, in aderenza alle normative tecniche ed alle prescrizioni vigenti per ogni tipologia di infrastruttura da attraversare. Le scelte progettuali devono essere giustificate anche in relazione agli aspetti gestionali di tali infrastrutture che, soprattutto nel caso di sifoni, richiedono spesso periodici controlli e manutenzioni.

Gli aspetti idraulici da considerare nelle scelte di base e nei calcoli di dimensionamento attengono:

- alle decisioni circa il tipo di moto, a pelo libero o in pressione, previsto per tutto il campo delle possibili portate convogliate;
- alla valutazione delle portate massime e minime di progetto ed alle corrispondenti velocità idriche per ognuna delle tubazioni fognarie che compongono la struttura di attraversamento;
- alla valutazione delle perdite di carico distribuite e concentrate lungo lo sviluppo di ognuna delle tubazioni fognarie che compongono la struttura di attraversamento;
- alla valutazione, nel caso di moto in pressione, anche se saltuariamente, delle opere di salvaguardia delle infrastrutture attraversate;
- alla valutazione delle esigenze di ventilazione dei manufatti di attraversamento;
- all'esigenza di equipaggiare i manufatti di attraversamento con apparecchiature mobili di regolazione e manutenzione.

3.2.2.4 Scarichi

PROBLEMI CONNESSI CON GLI SCARICHI D'ACQUA

Lo scarico delle acque di fognatura in un corpo idrico recettore comporta due ordini di problemi:

- problemi connessi con le condizioni ambientali generali del corpo idrico recettore, che influenzano la scelta del punto di scarico e del grado di trattamento delle acque scaricate;
- problemi connessi con le modalità di scarico, una volta fissato il punto di scarico e le caratteristiche delle acque scaricate.

Influenza dello scarico sulle condizioni generali del corpo idrico

I problemi di cui al primo punto non riguardano tanto la progettazione della rete fognaria, quanto la pianificazione della gestione dei corpi idrici. A questo scopo è necessario verificare che:

- l'alterazione delle portate - se esiste ed è significativa - prodotta dallo scarico non comporti delle modifiche del regime delle portate che possano condurre ad allagamenti o all'alterazione (erosione) dell'alveo, come potrebbe accadere se l'effluente di un grande depuratore venisse portato a scaricare in un fosso con fluenze di magra molto modeste;
- che il carico inquinante scaricato sia compatibile con lo stato ambientale del corpo idrico, ossia con gli standard di qualità delle acque e dell'equilibrio biologico stabiliti per il corpo idrico. Generalmente questi problemi dovrebbero essere risolti in fase di pianificazione generale, in quanto non riguardano le singole opere, ma l'insieme degli interventi realizzati o previsti che influenzano il corpo idrico. È però compito del progettista delle singole opere accertare che tali opere siano compatibili con la pianificazione generale relativa al corpo idrico di recapito. Tale compatibilità deve essere esaurientemente dimostrata nel progetto, con riferimento agli strumenti pianificatori.

Problemi locali connessi con le modalità di scarico

I problemi di cui al secondo punto riguardano direttamente la progettazione dei manufatti di scarico. A questo scopo occorre verificare:

- che il carico sia sempre sufficiente allo scarico. Nel caso che in via transitoria, per effetto di un temporaneo innalzamento dei livelli idrici nel recettore, i collettori vengano rigurgitati o addirittura lo scarico non sia possibile, è necessario dimostrare, in sede progettuale, che la capacità disponibile nei collettori o in eventuali invasi sia in grado di accumulare i volumi non scaricati;
- che lo scarico non produca erosioni nel recettore, descrivendo gli interventi previsti per evitare tale eventualità;
- che l'opera di scarico sia stabile anche con le massime portate scaricate e in relazione alle vicende del corpo idrico recettore. In particolare deve essere verificata la stabilità delle sponde del corpo idrico (rive del fiume, litorale marino); qualora risultasse che tali sponde possano subire evoluzioni, di origine naturale o indotte dalla stessa opera di scarico o da altri interventi, devono essere progettati i necessari interventi di stabilizzazione;
- che il liquame venga scaricato in modo da non ristagnare o sedimentare localmente, e da essere il più rapidamente possibile diluito nella massa idrica. In particolare, nel caso di uno scarico a mare di liquami non trattati o solo parzialmente trattati, occorre progettare le condotte in modo da scaricare il liquame alla necessaria distanza dalla sponda, e dimensionare i diffusori in modo che assicurino la diluizione richiesta.

Scarichi nei corsi d'acqua

Ai fini di quanto sopra, nel caso che i livelli idrici di piena non siano noti a priori, l'individuazione di tali livelli richiede:

- la determinazione della distribuzione di probabilità delle portate del corso d'acqua;
- la determinazione dei livelli idrici per le diverse portate tramite il tracciamento di profili di rigurgito. Qualora le sezioni dell'alveo fossero sufficientemente costanti per lunghi tratti (corsi d'acqua arginati) sarà sufficiente utilizzare le formule del moto uniforme.

Ai fini della stabilità delle opere di scarico e della valutazione del pericolo di erosione, devono essere descritte le caratteristiche geotecniche del terreno delle sponde e dell'alveo, e devono essere determinate le velocità idriche all'uscita dell'opera di scarico.

Scarichi nei laghi

In base all'art.18 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, i laghi e i relativi immissari fino a 10 km dalla costa costituiscono aree sensibili. In base all'art.32 dello stesso Decreto, gli scarichi di acque reflue urbane provenienti da agglomerati con oltre 10.000 A.E. devono essere sottoposti a un trattamento più spinto di quello previsto per le aree non sensibili.

Data l'elevata vulnerabilità dei laghi, la scelta di scaricare in un lago deve essere comunque adeguatamente giustificata in sede progettuale.

Scarichi a mare

Nella valutazione dei carichi disponibili bisogna tener conto della diversa densità dell'acqua salata.

L'ubicazione e il tracciamento della condotta di scarico a mare devono essere eseguiti sulla base di studi meteorologici, che individuino sia il regime delle correnti e l'influenza del moto ondoso sulla stabilità del litorale nelle condizioni pre-opera, sia le alterazioni introdotte su tali fattori dalla condotta sottomarina stessa, qualora non completamente interrata.

Devono essere valutate le diluizioni dello scarico iniziale, susseguente e per scomparsa batterica, da associare al percorso dell'acqua scaricata in funzione del regime delle correnti e al fine di determinare le concentrazioni batteriche attese in prossimità della costa e soprattutto delle zone balneari.

Scarichi sul suolo

In base all'art.29 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, è vietato lo scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, fatta eccezione, tra l'altro:

- per i nuclei abitativi isolati, ovvero laddove la realizzazione di una rete fognaria non sia giustificata;
- per gli scaricatori di piena delle reti unitarie;
- per gli scarichi trattati per i quali non sia tecnicamente o economicamente possibile recapitare in corpi idrici superficiali.

È consentito, comunque, lo scarico sul suolo o nel sottosuolo di acque pluviali provenienti da reti pluviali separate.

Nei progetti degli scarichi sul suolo o nel sottosuolo deve essere adeguatamente documentata, tenendo conto delle caratteristiche di granulometria e permeabilità del suolo stesso, la capacità del suolo di assorbire, anche a lungo termine, le portate previste per unità di area, sulla base di esperienze eseguite o di dati desunti dalla letteratura tecnica. Devono essere inoltre documentati i provvedimenti eventualmente presi per rallentare o evitare l'occlusione dei pori e la ridu-

zione della permeabilità del suolo, definendo le modalità e gli oneri di manutenzione.

Qualora nello scarico sul suolo si faccia assegnamento anche sull'evaporazione, l'intensità di evaporazione attesa deve essere giustificata sulla base di adeguate schematizzazioni fisiche del fenomeno e tenendo conto delle condizioni ambientali (temperatura, umidità, ventosità) del sito.

3.2.2.5 Scolmatori

Nei periodi piovosi si formano nell'ambiente urbano portate meteoriche che solo entro certi limiti possono essere regolarmente convogliate dalla rete fognaria verso l'impianto di depurazione. In opportuni punti dei sistemi di collettamento vengono quindi dislocati idonei manufatti ripartitori detti "scolmatori" o "scaricatori di piena" il cui compito è di evacuare le portate in esubero rispetto ad un limite, detto portata di soglia, che è generalmente definito:

- per gli scaricatori di alleggerimento ubicati lungo lo sviluppo della rete, in funzione della massima portata accettabile dalla rete di valle;
- per gli scaricatori ubicati all'ingresso dell'impianto di depurazione, in funzione della massima portata che quest'ultimo può trattare nei periodi di pioggia.

In generale, la progettazione dei manufatti ripartitori deve rispondere a due esigenze:

- assicurare, dal punto di vista idraulico, una buona efficienza ai vari regimi di funzionamento, in modo da ridurre convenientemente le portate immesse nel derivatore e conseguentemente le dimensioni e i costi dello stesso e della rete di valle;
- garantire, dal punto di vista ambientale, che lo scarico delle acque sfiorate verso il recettore non si traduca in una fonte di inquinamento inaccettabile.

Quest'ultima esigenza dipende dal fatto che le portate fognarie sono inquinate non solo per la presenza, nei sistemi unitari, delle acque nere, ma anche per l'inquinamento raccolto dalle acque meteoriche lungo le superfici urbane e convogliato nelle fognature.

Le due esigenze sono tra loro contrastanti, nel senso che ad una maggiore riduzione delle portate derivate verso la depurazione corrispondono inevitabilmente maggiori volumi e carichi inquinanti scaricati nel recettore. Il progetto deve quindi individuare il corretto compromesso tra le due esigenze, tenendo conto degli obiettivi di qualità di ogni specifico recettore e delle norme pianificatorie adottate per esso in base al D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni.

La scelta del tipo di manufatto di ripartizione e i connessi calcoli idraulici devono consentire di garantire la sua piena efficienza per tutti i regimi di funzionamento.

Con nomenclatura abituale si indica con collettore il canale in arrivo allo scaricatore, con derivatore il canale, a valle dello scaricatore, che convoglia al depuratore le portate da depurare (portate nere e di prima pioggia per le reti unitarie; portate di prima pioggia per le reti pluviali per le quali sia previsto tale provvedimento), e con emissario il canale che convoglia al recapito più vicino le portate eccedenti quelle massime che si intende avviare alla depurazione.

Parametri progettuali

Nel caso dei sistemi unitari la portata di soglia Q_{nd} , cosiddetta portata nera diluita, accettabile verso la depurazione, è generalmente espressa in funzione del rapporto di diluizione:

$$r = \frac{Q_{nd}}{Q_{nm}}$$

dove Q_{nm} è la portata nera media di tempo asciutto del bacino sotteso dallo scaricatore.

Il valore del coefficiente di diluizione è generalmente compreso fra 2,5 e 6, in particolare i valori più bassi (2,5-3) sono adottati per i centri urbani importanti in cui la dotazione acquedottistica è più elevata e quindi è minore la concentrazione degli inquinanti nelle acque nere; invece i valori più alti (4-6) sono adottati per centri urbani minori aventi dotazioni minori e pertanto acque

nera con concentrazioni maggiori. Tale valore deve comunque essere maggiore almeno del 30% del coefficiente di punta delle acque nere in fognatura, onde evitare sfiori di portate nere non diluite nei periodi di tempo secco. L'adozione del valore del rapporto di diluizione deve essere effettuata nel rispetto delle prescrizioni regionali contenute nel Piano di risanamento delle acque o nel Piano di tutela delle acque redatto ai sensi del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni.

Nel caso di reti pluviali, ove sia imposto dalle medesime pianificazioni il trattamento delle acque di prima pioggia in base alle caratteristiche del bacino sotteso ed agli obiettivi di qualità dello specifico recettore, la portata di soglia, per unità di superficie del bacino sotteso, è dell'ordine di grandezza di 0,5-1 l/(s·ha).

In ogni caso il valore della portata di soglia non deve risultare troppo ridotto: ne potrebbe conseguire infatti un dimensionamento della bocca d'efflusso verso il derivatore tale da comportare concreti e frequenti pericoli di occlusione e di corrispondente scarico nel recettore dell'intera portata in arrivo, e conseguenti oneri di manutenzione inaccettabili. Non possono pertanto ritenersi accettabili impostazioni progettuali che prevedono l'adozione di numerosi scolmatori, ciascuno a servizio di un sottobacino scolante di piccola superficie. Ogni scolmatore deve quindi essere ubicato in modo tale da sottendere un bacino fognario tale da determinare un valore della portata di soglia sufficiente a richiedere, in base al calcolo idraulico, una bocca d'efflusso verso il derivatore avente una luce con la dimensione più piccola non inferiore a 25 cm.

Aspetti funzionali

Il dimensionamento ottimale degli scolmatori deve garantire che lo smaltimento delle portate abbia inizio non appena sopraggiunga una portata maggiore della portata di soglia; inoltre è opportuno che la portata derivata si mantenga il più possibile costante durante tutta la fase di sfioro anche quando aumenta la portata in arrivo e conseguentemente l'energia della corrente. Poiché infatti il fenomeno piovoso può produrre portate in arrivo incrementate anche di due ordini di grandezza rispetto alla portata di soglia, se il manufatto non è ben concepito la portata derivata può incrementarsi in modo inaccettabile nei confronti o delle dimensioni della rete di valle o dell'efficienza dell'impianto di depurazione. Da questo punto di vista gli impianti di pompaggio, che sollevano nel derivatore una portata pressoché costante, pari a quella caratteristica delle pompe, e lasciano sfiorare le portate eccedenti dallo scarico di superficie della vasca delle pompe, agiscono anche ottimamente come scolmatori. Laddove quindi sia richiesta per motivi altimetrici l'adozione di sollevamenti, questi stessi possono unificare anche la funzione di ripartizione delle portate in arrivo.

La scelta del tipo di scaricatore (sfioratori laterali a soglia alta o bassa, sfioratori laterali a soglia inclinata, sifoni, scaricatori a salto, derivatori frontali o laterali, ecc.) dipende principalmente dalla quota rispetto al corpo idrico recettore, dall'entità e variabilità delle portate in arrivo, dalle caratteristiche idrauliche delle condotte (a debole o forte pendenza) convoglianti le correnti in arrivo, derivate e sfiorate. Gli sfioratori laterali, inducendo una forte perdita di carico delle portate scolmate, che non vengono sollevate, hanno bisogno di un carico elevato rispetto al livello nel recettore, mentre i derivatori frontali e gli scaricatori a luce di fondo, facendo perdere carico alle portate addotte al depuratore, facilmente sollevabili, possono essere impiegati anche dove il carico rispetto al recettore è modesto.

Oltre alla partizione delle portate in arrivo, alcuni manufatti di derivazione (scaricatori con vasca di sedimentazione, scaricatori a vortice, ecc.) possono essere concepiti in modo da trattenere un'aliquota delle sostanze solide e di quelle galleggianti (oli e grassi), onde ridurre i carichi inquinanti smaltiti con le acque di sfioro. In tali casi la scelta dipende, oltre che dai predetti aspetti idraulici, anche dalle caratteristiche funzionali attinenti la suddivisione tra le due uscite delle sostanze inquinanti.

Un ulteriore importante criterio di scelta attiene alle possibilità di regolazione della ripartizione di portata tra le due bocche di uscita. Infatti, nell'arco di vita del manufatto accade frequentemente che l'evoluzione socio-economica e urbanistica del bacino urbano sotteso, oltre le previsioni delle iniziali pianificazioni o progettazioni, comporti la necessità di modificare i parametri progettuali e in particolare la portata di soglia e quindi anche le caratteristiche idrauliche dei processi di ripartizione della portata in arrivo. Entro certi limiti tali modificazioni possono essere agevolmente ottenute se il progetto prevede l'adozione di paratoie mobili situate in corrispondenza della bocca d'efflusso del derivatore. Tali organi mobili si rivelano spesso utili anche per la normale manutenzione del manufatto.

In alcuni casi importanti tali organi mobili possono essere telecomandati in modo da variare, in tempo reale durante il fenomeno piovoso, le dimensioni delle luci d'efflusso allo scopo di incrementare al massimo possibile l'aliquota del materiale inquinante derivato verso la depurazione. Tale controllo in tempo reale è ottenuto con sensori disposti sul collettore poco a monte del partitore e sul derivatore subito a valle, collegati a una centrale operativa attrezzata con modelli di simulazione dei processi propagatori quali-quantitativi in rete. Poiché infatti in molti eventi piovosi di entità media gli specchi dei collettori non sono interamente impegnati dalle portate defluenti, con tali sistemi automatici può essere sfruttato integralmente l'invaso residuo disponibile nella rete a monte dello scolmatore, riducendo così significativamente la frequenza degli sfioramenti e i corrispondenti carichi inquinanti.

Calcoli idraulici

In sede di progettazione preliminare è sufficiente indicare, per ogni scolmatore previsto nel sistema di drenaggio, il valore della corrispondente portata di soglia esponendo le giustificazioni idrauliche e ambientali di tale assunzione.

In sede di progettazioni definitive o esecutive occorre:

- esporre con dettaglio il criterio di scelta della tipologia del singolo scolmatore e della sua portata di soglia;
 - presentare tutti i calcoli idraulici necessari per giustificare il dimensionamento e la funzionalità dei vari settori del manufatto; in particolare:
 - il calcolo delle caratteristiche del moto nel manufatto atto a assicurare che le portate inferiori a quella di soglia vengano interamente convogliate nel derivatore, mantenendo opportune velocità onde evitare fenomeni di deposizione o di occlusione anche parziale;
 - il calcolo delle caratteristiche del moto nel manufatto atto a assicurare che la massima portata proveniente dal collettore venga ripartita opportunamente affinché la portata derivata si mantenga per quanto possibile vicina al valore di soglia, senza determinare condizioni di rigurgito nel collettore in arrivo;
 - i calcoli delle caratteristiche del moto nel derivatore e nel canale emissario atti a assicurare che non possano manifestarsi condizioni di rigurgito influenti negativamente sul corretto funzionamento del ripartitore di portata;
 - i calcoli che per i dispositivi di sfioro che agiscono sulla qualità delle acque da smaltire, indichino l'efficienza relativa alla capacità di ridurre il carico inquinante effluente dallo sfioro; tali calcoli possono essere anche eseguiti sulla base dei dati di lettura;
- presentare tutti i disegni costruttivi del manufatto nelle opportune scale.

3.2.2.6 Invasi

Gli invasi propri della rete fognaria (invasi in linea) o situati all'esterno di essa (invasi fuori linea) costituiscono un mezzo realmente efficace per il controllo quali-quantitativo dei deflussi meteorici urbani, onde raggiungere un più elevato livello di protezione ambientale e idraulica del territorio urbano ed extraurbano. Infatti, se appositamente studiati ed equipaggiati, gli invasi assicurano una efficace protezione ambientale, dal momento che possono trattenere, escludendoli dagli scarichi di piena, una significativa percentuale degli inquinanti veicolati dalle acque meteoriche, soprattutto all'inizio dell'evento (cosiddette "prime piogge"), consentendone il successivo invio al trattamento depurativo. Inoltre gli invasi possono essere calcolati e realizzati ai fini della protezione idraulica del territorio, invasando l'acqua durante gli eventi meteorici massimi, riducendo così il pericolo d'incontrollati e pericolosi allagamenti superficiali.

Mentre l'aspetto ambientale è legato alla frequente successione degli sfiori che dalla fognatura fuoriescono verso i recettori ogni qualvolta la portata veicolata supera quella di soglia, più limitata, compatibile con i processi depurativi, l'aspetto idraulico, al contrario, è legato agli eventi più intensi e quindi più rari, con conseguente necessità di determinare statisticamente l'evento meteorico critico adeguato per il progetto idraulico di tali invasi.

Ne consegue che, come più oltre esposto, gli invasi destinati alla protezione ambientale e cioè a trattenere le prime acque di pioggia, denominati vasche di prima pioggia, sono di capacità ben più limitata di quelli destinati alla protezione idraulica, denominati vasche volano o vasche di laminazione.

L'impiego di tali manufatti riguarda sia le reti di tipo unitario, sia le reti di tipo pluviale. Il loro corretto funzionamento è strettamente legato all'efficienza dei manufatti di collegamento con la rete, sia in entrata, sia in uscita, ed alle caratteristiche dei singoli settori che regolano le modalità di riempimento e svuotamento delle vasche (ripartitori di portata, impianti di sollevamento, bocche d'ingresso e di uscita, impianti di lavaggio, ecc.).

Vasche di prima pioggia

Gli invasi destinati ad accogliere e trattenere le acque di prima pioggia devono essere adottati e dimensionati in funzione degli obiettivi di qualità dei recettori e tenuto conto delle indicazioni emanate in proposito dai piani di tutela delle acque redatti ai sensi del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni. Essi sono realizzati a monte dei punti di scarico mediante vasche in muratura (generalmente in calcestruzzo) completamente impermeabilizzate per garantirne la tenuta idraulica da e verso l'esterno.

Il criterio di dimensionamento deriva da studi, ancora oggetto di ricerca scientifica, indirizzati a verificare come la sistematica trattenuta delle acque di prima pioggia di ogni manifestazione piovosa sia atta ad eliminare dagli scarichi una significativa percentuale delle sostanze inquinanti presenti nei deflussi meteorici urbani. Tale eliminazione ha quindi efficacia sia in ogni singolo evento, in quanto si riducono i fenomeni di impatto transitorio sull'ecosistema recettore, sia nel lungo periodo, in quanto si riducono i carichi complessivamente scaricati dall'insieme dei fenomeni di sfioro.

Tenuto conto che il tasso d'inquinamento organico ed inorganico delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici urbane deriva prevalentemente dal trasporto delle sostanze scaricate sulle pavimentazioni stradali e dalla risospensione dei sedimenti depositati nei collettori nei periodi di tempo asciutto, lo standard solitamente da adottarsi per quantificare le acque meteoriche da trattenere ed assoggettare a trattamento è commisurato ai primi 2,5 - 5 mm di altezza di pioggia, corrispondente cioè ad un volume di 25 - 50 m³/ha, da riferire alla parte di superficie contribuyente in ogni punto di scarico effettivamente soggetta ad emissioni, deiezioni e scarichi inquinati e cioè, in sostanza, alla superficie delle pavimentazioni stradali soggette al traffico veicolare.

A questo scopo possono anche essere utilizzati invasi in linea, costituiti dagli stessi volumi interni dei collettori, se di capacità sufficiente, destinati all'invaso per mezzo di idonee apparecchiature mobili di controllo. Una maggiore efficacia è raggiungibile con vasche fuori linea, il cui riempimento è regolato da uno scolmatore che devia verso la vasca le portate maggiori di quella definita come portata di soglia (vedi par. 3.2.2.5).

A riempimento avvenuto è opportuno che il sistema idraulico di alimentazione escluda la vasca, evitando così l'ulteriore miscelazione delle acque in arrivo meno inquinate con quelle invasate, che andranno rilasciate nel derivatore e quindi verso la depurazione ad evento meteorico esaurito.

Vasche volano o di laminazione

Gli invasi destinati alla protezione idraulica del territorio nei confronti dei massimi eventi di piena devono essere commisurati ad una capacità di vaso atta a contenere il più critico evento meteorico per un preassegnato tempo di ritorno.

La rappresentazione matematica del fenomeno della laminazione deve essere condotta mediante l'integrazione dell'equazione di continuità in funzione della geometria della vasca e delle particolari leggi d'efflusso, da determinare in base ai dispositivi idraulici che si utilizzano per regolare la portata in uscita. È ammesso ricorrere ai metodi pratici approssimati, ben noti nella letteratura idrologica, generalmente basati sull'ipotesi di portata in uscita dalla vasca costante e pari alla massima ammissibile per il sistema a valle del manufatto, soltanto limitatamente alla fase di predimensionamento. Tali metodi, infatti, possono fornire dimensionamenti statisticamente sottostimati. E poiché in caso di sottodimensionamento, il riempimento completo della vasca può verificarsi prima dell'arrivo del picco di portata, può venire a mancare del tutto l'effetto di attenuazione del colmo, con evidenti gravi pericoli per gli insediamenti interessati.

Il tempo di ritorno (vedi par. 2.3.2.1) a cui commisurare il dimensionamento della vasca volano o di laminazione, e il conseguente rischio d'insufficienza della vasca stessa, deriva da un'analisi costi-benefici da condurre caso per caso: è evidente, infatti, che a tempi di ritorno più elevati corrispondono costi di realizzazione dell'impianto maggiori; per contro si hanno minori rischi di insufficienza, con conseguenti benefici economici (maggior valore delle aree sottratte al rischio idraulico di inondazione) e sanitario-ambientali (i danni di questa natura prodotti dalle inondazioni sono notevoli e di difficile quantificazione). Ne consegue che, in linea generale, la progettazione delle vasche dovrebbe essere effettuata o con riferimento ad un tempo di ritorno abbastanza elevato (ad es. 50-100 anni), o con un'ubicazione che preveda la vicinanza di aree non pregiate atte a essere inondate; è possibile infatti, innalzare il tempo di ritorno di dimensionamento di un vaso con costi relativamente contenuti, realizzando a fianco dei comparti attrezzati di vaso una vasca di espansione a cielo aperto non rivestita, destinata a entrare in funzione solo in occasione degli eventi pluviometrici di maggiore entità.

La capacità di vaso necessaria per ottenere una assegnata limitazione della portata uscente dipende dai molteplici fattori idrologici e idraulici mutuamente interconnessi; solo accurati calcoli possono quindi condurre ad accettabili valutazioni statisticamente valide. L'ordine di grandezza dei volumi di vaso usuali è situato nell'intervallo 300 - 1.000 m³/ha, da riferire alla superficie effettivamente contribuente alla formazione della piena, in funzione del tempo di ritorno assunto, dei parametri della locale legge di possibilità pluviometrica, dell'ampiezza e delle caratteristiche idrologiche del bacino sotteso e della limitazione di portata desiderata.

Tipologie costruttive

Le tipologie costruttive degli invasi devono essere scelte in funzione delle diverse problematiche da affrontare e, soprattutto, per l'esigenza di rendere più efficiente e meno onerosa la gestione.

Inoltre deve essere dato il giusto rilievo all'inserimento paesaggistico-ambientale, tenuto conto della notevole importanza delle vasche in termini di superfici occupate (ciò vale per gli invasi con finalità di laminazione idraulico-quantitativa) e di possibili impatti negativi in caso di non corretta progettazione e gestione: cattivi odori, scarsa igiene, elevato rischio di esondazione nella zona circostante, pericolo di infiltrazione nel sottosuolo e nelle falde d'acqua inquinata.

Un'attenta considerazione delle esigenze gestionali degli invasi è decisiva per una corretta progettazione. Infatti la diffusione di tali opere ha messo in evidenza l'importanza di una gestione automatizzata e affidabile, atta a garantire il mantenimento di caratteristiche igieniche ottimali mediante operazioni di rimozione del materiale sedimentato e di lavaggio delle vasche a seguito di ciascun ciclo di invaso-svaso. Da questa necessità derivano notevoli conseguenze nei riguardi dell'impostazione progettuale degli invasi:

- l'invaso deve essere suddiviso in più comparti (invasi multicamera), caratterizzati da diverse frequenze di entrata in funzione, in modo da limitare e facilitare le operazioni di pulizia alla parte di infrastruttura effettivamente interessata dall'evento (le vasche di prima pioggia, che come detto hanno capacità limitata, sono di solito costituite da un unico comparto). Si ha così un primo comparto, di dimensioni contenute, che richiede interventi di lavaggio e manutenzione molto frequenti; un secondo comparto che necessita d'interventi meno frequenti e così via, fino ad arrivare a un ultimo comparto di espansione avente, in alcuni casi, fondo e sponde in terreno naturale, che viene utilizzato come invaso solo in occasione di eventi pluviometrici caratterizzati da tempi di ritorno superiori a quello assunto per il dimensionamento della parte attrezzata dell'invaso (normalmente 5-10 anni), con conseguente trascurabile carico inquinante, sia per l'elevata diluizione sia per l'effetto di sedimentazione svolto dai comparti a monte;
- i comparti impermeabilizzati dell'invaso, ovvero tutti, tranne eventualmente la vasca di espansione citata al punto precedente, dovrebbero essere attrezzati con sistemi di lavaggio automatizzati. La dimensione e la geometria di ciascun comparto, o camera, in cui viene suddiviso l'invaso sono correlate con il sistema di lavaggio prescelto. Gli apparati che si sono rivelati adatti a tale scopo sono quelli costituiti da serbatoi, localizzati alla testata di ogni settore d'invaso, il cui rapido svuotamento, comandato automaticamente al termine di ogni ciclo invaso-svaso, provoca una violenta onda a fronte ripido che percorre rapidamente l'intera superficie del comparto rimuovendo il materiale sedimentato;
- le vasche realizzate all'aperto mediante semplice modellamento del terreno e successiva sistemazione a verde (soluzione più semplice ed economica) sono generalmente utilizzate per l'ultimo settore di espansione e quando non vi siano rischi d'inquinamento per le falde sottostanti. La vasca assume in questo caso una configurazione planimetrica irregolare, simile ai laghetti che si trovano talvolta all'interno dei giardini pubblici. Quando il volume e, soprattutto, la superficie occupata sono notevoli, anche le vasche in terreno naturale a cielo aperto vengono suddivise in comparti caratterizzati da diversa frequenza di allagamento. Ciò viene ottenuto con il semplice accorgimento di realizzare il fondo vasca dei vari comparti a quote diverse, o, in alternativa, mediante argini interni di separazione tracimabili. In questo modo, oltre alla razionalizzazione delle operazioni di manutenzione, si ottiene una maggiore fruibilità a scopo ricreativo della parte d'invaso che viene allagata più raramente;
- in alcuni casi, ad es. quando l'invaso è molto prossimo ad aree abitate, deve essere valutata la necessità di prevederne la copertura, sempre con l'eccezione dell'eventuale vasca di espansione, e la deodorizzazione, che si ottiene mediante aspirazione dell'aria presente nei comparti coperti, mantenuti quindi in leggera depressione, con trattamento dell'aria e allontanamento della stessa attraverso camini di adeguata altezza.

Bocche di scarico di fondo e scarichi di superficie

Gli organi regolatori dell'efflusso dagli invasi in fognatura rivestono notevole importanza. Posto infatti che lo scopo dell'invaso è proprio quello di limitare la portata a valle, sia nel caso che questa debba essere immessa nella fognatura delle acque nere (acque di prima pioggia e di lavaggio), sia quando il recapito è rappresentato da un collettore fognario unitario o per acque bianche oppure da un corpo idrico recettore, è importante che gli organi preposti allo svuotamento della vasca rispondano ai seguenti requisiti:

- portata in uscita non superiore al prefissato valore di progetto;
- portata in uscita il più possibile costante; ciò infatti conduce alla minima capacità d'invaso necessaria per conseguire la desiderata laminazione e alla massima riduzione del tempo di svuotamento della vasca e conseguentemente alla minimizzazione del rischio che una nuova onda di piena trovi la vasca ancora parzialmente occupata e quindi con minore capacità utile d'invaso;
- geometria tale da minimizzare i rischi di intasamento.

L'organo di scarico degli invasi in fognatura, che meglio consente di soddisfare tutti i suddetti requisiti è l'impianto di sollevamento.

Tuttavia, quando l'altimetria dell'alimentazione e del recapito lo consente, è preferibile, per motivi di risparmio energetico e gestionale, oltre che per minori rischi di fuori servizio, prevedere lo svuotamento delle vasche a gravità, tramite adeguate bocche d'efflusso (bocche a battente a luce fissa o variabile, bocche a vortice, bocche a vortice a due o tre vie).

Gli scarichi di superficie delle vasche, sia quelli preposti allo scarico nel recettore, sia quelli previsti per lo sfioro tra i diversi settori delle vasche multicamera, devono essere attentamente dimensionati in funzione del massimo sopraelevamento ammissibile rispetto alla quota del ciglio di sfioro.

Elaborati e calcoli progettuali

In sede di progettazione preliminare è necessario analizzare e giustificare le scelte inerenti i seguenti aspetti:

- per le vasche di prima pioggia
 - l'ubicazione in relazione allo schema generale del sistema fognario e alle caratteristiche del recettore interessato;
 - la portata di soglia oltre la quale ha inizio il processo d'invaso;
 - la capacità d'invaso.
- per le vasche volano
 - l'ubicazione in relazione allo schema generale del sistema fognario e alle caratteristiche del recettore interessato;
 - il tempo di ritorno da scegliere in base a considerazioni economico-ambientali e tenendo conto del tempo di ritorno di progetto rete di collettamento a monte;
 - le dimensioni complessive della vasca con calcoli di prima approssimazione;
 - gli elementi principali attinenti all'inserimento della vasca nel contesto del territorio ed alla sua mitigazione.

Nel caso di progettazione definitiva e esecutiva delle vasche sia di prima pioggia, sia di laminazione, oltre agli elementi progettuali prima citati eventualmente integrati e corretti, devono essere analizzati e giustificati i seguenti aspetti progettuali:

- dimensionamento della capacità complessiva della vasca da effettuarsi utilizzando sia metodologie di simulazione della formazione dell'idrogramma di piena adeguate all'ampiezza ed alla complessità idrologica-idraulica del bacino sotteso (in ordine di complessità crescente: dai modelli concettuali globali ai modelli distribuiti fisicamente basati), sia le equazioni descrittive il comportamento idraulico di tutti i manufatti di ingresso e di scarico della vasca;

- scelta della suddivisione ottimale in comparti, da effettuarsi in base a considerazioni economico-funzionali: occorre infatti individuare un compromesso ottimale fra i costi di realizzazione (più comparti comportano un costo più elevato) e i costi di gestione (più comparti consentono una gestione più efficiente ed economica). Una suddivisione tipica è la seguente:
 - vasca di prima pioggia, ove necessario, dimensionata con i criteri prima esposti;
 - primo comparto d'invaso frequente, sufficiente per eventi pluviometrici di modesta entità, commisurati a un tempo di ritorno di 3-6 mesi;
 - secondo comparto, che entra in funzione mediamente una volta ogni 3-6 mesi ed è sufficiente a contenere eventi meteorici fino a 2-3 anni di tempo di ritorno;
 - terzo comparto, che entra in funzione una volta ogni 2-3 anni, sufficiente a contenere eventi fino a 5-10 anni di tempo di ritorno;
 - vasca di espansione, che entra in funzione una volta ogni 5-10 anni, sufficiente a contenere eventi fino a 50-100 anni di tempo di ritorno;

Naturalmente la suddivisione sopra esemplificata può essere modificata e adattata ai singoli casi, tenendo anche conto dell'opportunità di rendere i singoli comparti il più possibile uguali, per evidenti ragioni di semplicità costruttiva e di omogeneità delle apparecchiature in dotazione a ciascun comparto per le operazioni di manutenzione automatizzata;

- definizione del sistema automatico di lavaggio più adatto, in funzione delle dimensioni e della geometria di ciascun comparto, che dipendono dalle scelte di cui ai punti precedenti e della configurazione plano-altimetrica dell'area destinata alla realizzazione dell'invaso;
- scelta dei meccanismi preposti al riempimento e allo svuotamento dei vari comparti: anche in questo caso sono determinanti le condizioni plano-altimetriche locali, e in particolare le quote altimetriche della condotta in arrivo e dei recettori in uscita (la fognatura afferente all'impianto di depurazione per l'eventuale vasca di prima pioggia e per le acque di lavaggio di tutti i comparti, il corso d'acqua recettore o la fognatura acque bianche per le acque temporaneamente invase nei comparti più a valle). In generale, se le quote lo consentono, è preferibile prevedere lo svuotamento a gravità; ciò comporta di solito l'occupazione di superfici maggiori a parità di capacità d'invaso, in quanto la profondità delle vasche è limitata dalla quota del recettore in uscita; si ha però il notevole vantaggio economico-gestionale di evitare la realizzazione dell'impianto di sollevamento;
- definizione di eventuali ulteriori interventi di mitigazione dell'impatto: eventuale copertura e deodorizzazione delle vasche, sistemazione a verde o a spazi ricreativi di tutta l'area, e in particolare dell'eventuale vasca di espansione, ecc.

3.2.2.7 Dissipatori di energia

Impiego

I dissipatori di energia vengono impiegati quando il carico disponibile è talmente elevato rispetto alle condizioni, da richiedere una forte dissipazione d'energia. Tale dissipazione deve avvenire in condizioni controllate, in manufatti appositamente predisposti, per evitare spinte eccessive e la rapida erosione dei manufatti e dei corpi idrici di recapito.

Conformazione dei dissipatori

A seconda delle circostanze i dissipatori possono assumere configurazioni diverse.

Per pendenze relativamente contenute si possono disporre i collettori a salti, avendo cura che a ciascun salto, per portate uguali o inferiori a quella di progetto si verifichi un risalto idraulico, con dissipazione dell'eccesso di energia. In questo caso può essere utile introdurre un muretto o dei blocchi al termine del gradino, per forzare la formazione del risalto. Nelle fognature unitarie bi-

sogna comunque assicurarsi che le fluenze di tempo asciutto siano convogliate verso valle senza ristagni.

Quando la pendenze sono più forti - o le portate maggiori - non è più possibile provocare la formazione di un risalto idraulico a ogni salto, ma la corrente si comporta come un flusso continuo fortemente aerato al di sopra di una scabrezza macroscopica. Il mescolamento con l'aria comporta una dissipazione d'energia per cui si raggiunge rapidamente una condizione di moto uniforme con velocità relativamente contenute.

In alternativa si può realizzare un canale rettilineo a forte pendenza, con al piede un dissipatore opportunamente configurato. Il canale deve essere allora strutturato in modo da resistere alla forte abrasione di una corrente molto veloce. Se la corrente diventa rapida, vale a dire se l'acqua si emulsiona con aria, è necessario tenere conto dell'aumento di volume della corrente. Il dissipatore può essere costituito da una vasca di dissipazione, in cui avviene il risalto idraulico; se l'ingresso nella vasca è a forte profondità, il getto resta annegato e la dissipazione avviene senza risalto. In alternativa, la dissipazione può essere ottenuta facendo impattare la corrente su un muro verticale, adeguatamente dimensionato.

Quando la pendenza diventa fortissima si può realizzare un dissipatore a pozzo verticale. In questo caso l'andamento della corrente è condizionato dalla conformazione dell'imbocco (radiale o a vortice), dal diametro della canna, dalla presenza o meno di rampe o di ripiani che rompono il getto.

Dimensionamento idraulico

I dissipatori di energia, compresi i salti di fondo, devono essere dimensionati in base alle equazioni idrauliche del moto, o utilizzando metodi empirici desunti dalla letteratura scientifica. I criteri di dimensionamento devono essere esposti esaurientemente nell'elaborato calcoli, con la citazione degli eventuali studi utilizzati.

Dimensionamento strutturale e materiali

Nei dissipatori si verificano elevate velocità e forti sollecitazioni, spesso con correnti pulsanti. Nel progetto devono essere indicati i provvedimenti assunti per evitare il rapido deterioramento delle strutture.

3.2.2.8 Stazioni di sollevamento per acque reflue

Finalità e scopi

L'inserimento di stazioni di sollevamento all'interno del sistema di raccolta, collettamento e trattamento delle acque reflue permette di evitare che il sistema stesso sia concepito interamente a gravità; in tal modo è possibile:

- realizzare lo schema di raccolta e collettamento delle acque reflue che meglio persegue obiettivi di funzionalità, economicità, minor impatto ambientale;
- pianificare il numero e la localizzazione degli impianti di depurazione che interessano uno o più aree urbanizzate e ubicare ogni singolo impianto in modo tale da ottimizzare (per funzionalità e costi) il trattamento depurativo e limitare l'alterazione ambientale;

tutto ciò indipendentemente, entro certi limiti, dalla conformazione morfologica dei luoghi interessati.

Le stazioni di sollevamento possono poi essere inserite nelle reti di fognatura esistenti al fine di ridurre al minimo gli interventi nei casi di adeguamento a:

- nuove disposizioni normative;

- schemi dei nuovi piani d'ambito o di area;
- incremento dei reflui da convogliare;
- miglioramento della protezione ambientale (trattamento acque di prima pioggia, aumento della quota di acque miste convogliate al depuratore, ecc.).

La soluzione tipologica e tecnologica delle stazioni di sollevamento deve garantire la miglior protezione ambientale principalmente riducendo al minimo:

- la necessità di pulizie periodiche delle vasche;
- la necessità di manutenzione delle pompe;
- i fuori-servizio totali delle stazioni, con sversamento dei liquami nell'ambiente.

SVILUPPO PROGETTUALE

L'elaborazione progettuale, nelle varie fasi di approfondimento, deve fornire in modo esauriente gli elementi essenziali nel seguito riportati, con l'articolazione minimale indicata.

Progetto preliminare

Dal progetto preliminare devono emergere in modo inequivocabile le scelte effettuate, con le relative motivazioni, e la definizione complessiva del sistema di raccolta e convogliamento delle acque reflue ad un primo livello di approfondimento.

Nello specifico per le stazioni di sollevamento il progetto preliminare presenta i seguenti elementi:

- numero e ubicazione delle stazioni di sollevamento, come emerge dall'analisi delle eventuali alternative di tracciato e di soluzioni tipologiche, esaminate in via sommaria per gli aspetti di convenienza tecnico-economica (sia di investimento che gestionale) e per i risvolti di differente protezione ambientale;
- elementi caratteristici di ogni stazione di sollevamento, definiti ad un primo grado di approssimazione, quali portata minima, massima e media, salto geodetico, lunghezza della tubazione premente;
- tracciato e andamento degli scarichi di emergenza, con evidenziazione dei corpi idrici e/o dei sistemi di allontanamento interessati;
- tipo di alimentazione delle stazioni e installazioni di emergenza previste;
- sistemi di segnalazione, monitoraggio e telecontrollo in progetto;
- condizioni tecnico ed economiche di gestione delle installazioni.

Progetto definitivo ed esecutivo

Il progetto definitivo ed esecutivo, con i differenti gradi di elaborazione tipici dei due livelli progettuali, definisce gli elementi nel seguito indicati:

- caratteristiche delle stazioni di sollevamento come sopra indicate;
- numero e tipologia delle pompe impiegate con relativi dati caratteristici;
- dimensionamento ottimale (punto di convenienza economica) della condotta premente;
- dimensionamento della vasca di alloggiamento delle pompe con definizione della geometria, del volume utile e delle modalità di funzionamento nelle varie combinazioni possibili di esercizio;
- definizione delle caratteristiche dello scarico di emergenza nei suoi aspetti idraulici ed ambientali;
- progettazione delle apparecchiature e installazioni elettriche e di funzionamento della stazione pompe;
- definizione di eventuali sistemi di telecontrollo e teleconduzione e degli apparati di emergenza;
- definizione degli equipaggiamenti idraulici, meccanici ed elettromeccanici;

- verifica della condotta premente alle condizioni di moto vario, con conseguenti scelte progettuali di dimensionamento strutturale e di inserimento di dispositivi di protezione;
- definizione delle caratteristiche di esercizio per quanto riguarda manutenzione periodica e straordinaria, modalità di funzionamento, durata prevista dei principali organi meccanici e conseguenti interventi sostitutivi o di rigenerazione;
- valutazione dei costi di esercizio;
- redazione di esaurienti relazioni progettuali e disegni completi di ogni componente del sistema.

3.2.2.9 Impianti idrovori per acque meteoriche

Caratteristiche

Gli impianti idrovori per acque meteoriche si differenziano dagli impianti di sollevamento per acque reflue essenzialmente per le rilevanti portate idriche da smaltire, per il salto geodetico da superare, in genere modesto, e per l'esercizio saltuario.

Gli impianti idrovori devono essere definiti e dimensionati per gli aspetti principali richiamati al punto precedente, tenendo presente che l'esercizio avviene, talvolta, in condizioni generali di emergenza per eventi meteorici intensi e pertanto occorre evitare, per quanto possibile, la concomitanza e la sovrapposizione di disservizi.

Sviluppo progettuale

La progettazione di questi impianti può essere ricondotta, per quanto pertinente, agli elementi indicati per gli impianti di sollevamento per acque reflue con le specificità di seguito indicate:

- le acque meteoriche o miste (nere e meteoriche) contengono per lo più una notevole frazione di trasporto solido (sabbia e solidi grossolani) per il quale l'impianto deve essere adeguato nelle varie componenti: sistemi di grigliatura, tipologia di pompe impiegata/e, ecc.;
- deve essere indicata in modo esplicito la portata di progetto assunta, conseguente ad un prefissato evento meteorico intenso, con definito tempo di ritorno. La scelta del tempo di ritorno per l'evento meteorico di progetto è correlata alla funzione attribuita alla singola stazione di sollevamento e al contesto in cui si colloca;
- l'opera di scarico nel corpo idrico recettore, oltre a garantire la funzionalità nel tempo per il particolare esercizio dell'impianto, richiede un'adeguata progettazione al fine di rendere compatibile l'inserimento ambientale dei manufatti;
- vanno tenuti in conto gli aspetti di sicurezza delle persone terze involontariamente coinvolte dall'innescò delle idrovore.

3.2.3 Elementi di progettazione architettonica e paesaggistica

Le problematiche relative all'inserimento ambientale delle reti di collettamento sono legate, in primo luogo, alla scelta preliminare del tipo di sistema da adottare (misto o separato). La conoscenza del territorio e lo studio di soluzioni appropriate al contesto specifico influenzano questa scelta e orientano l'intero processo di realizzazione delle opere.

Contestualmente la progettazione può interessarsi alla definizione costruttiva delle installazioni, degli "oggetti" che costituiscono gli elementi del sistema di collettamento, concentrandosi principalmente sul controllo di due punti: l'ubicazione e il trattamento dei volumi tecnici emergenti; la visualizzazione e la razionalizzazione dei tracciati delle condutture.

Affrontando insieme la definizione delle caratteristiche tecniche delle condutture e le ricadute in termini spaziali e funzionali dei vari apparati che le compongono e le completano, si possono scongiurare eventuali danni all'ambiente dovuti ad una non corretta impostazione planimetrica o ad

una considerazione non attenta dell'impatto visuale delle opere.

I sistemi di collettamento comprendono volumi tecnici emergenti, quali bacini di stoccaggio e stazioni di sollevamento, che per caratteristiche dimensionali e spaziali possono risultare fortemente evidenti. Per il corretto inserimento ambientale, tutti questi volumi devono essere oggetto di un attento studio nelle tecnologie costruttive e nei materiali e, dal punto di vista spaziale, deve essere verificata, già in fase di progettazione preliminare, la loro congruenza con il territorio circostante.

Per definire in ogni aspetto la configurazione finale di queste opere occorre che la documentazione grafica comprenda: vista da ogni luogo pubblico; vista a volo d'uccello dell'area; profili dell'intervento estesi agli spazi pubblici circostanti e alle emergenze naturali e costruite in scala adeguata (minimo 1:500); prospetti con la descrizione dei materiali costruttivi su una sezione di terreno estesa almeno tutta l'area e in scala adeguata per valutare anche gli edifici; planimetrie con la vegetazione esistente e di progetto; eventuali simulazioni e quant'altro idoneo a verificare l'impatto visivo sul territorio.

Trattandosi d'installazioni ad alto rischio di emissioni olfattive e rumori è preferibile che siano coperte e che siano, quindi, previsti opportuni sistemi di ventilazione, attenuazione dei rumori e manutenzione automatizzata. Questo consente di poter trattare le aree circostanti a verde pubblico o comunque di attutire il loro impatto sull'ambiente.

In base alle caratteristiche del contesto è possibile scegliere tra diverse ipotesi progettuali: la completa mimetizzazione entro strutture in apparenza identiche a quelle tipiche del luogo; l'interramento delle installazioni, anche con una particolare modellazione del terreno; la denuncia delle attività in una vera e propria opera di architettura industriale.

Le stazioni di sollevamento, fortemente vincolate dall'impiantistica (si pensi ad es. all'ingombro e alla particolare conformazione geometrica delle pompe o delle coclee) possono essere studiate come veri e propri edifici che racchiudono al loro interno e in modo compatto tutte le apparecchiature da mimetizzare o enfatizzare a seconda del contesto.

Per quanto riguarda la definizione dei tracciati delle condutture occorre, per quanto possibile, salvaguardare percorsi e pavimentazioni di pregio come pure zone ad alto valore paesaggistico. Un accorgimento progettuale utile è quello di rimarcare i tracciati con materiali particolari, con l'uso di vegetazione o utilizzando elementi luminosi; in questo modo si facilitano le operazioni manutentive e si riesce ad avere una mappatura delle condutture.

3.2.4 Piano di gestione tecnica

Lo stato di funzionamento delle condotte fognarie può condizionare notevolmente l'efficacia dei trattamenti previsti negli impianti in cui esse recapitano.

Per l'esercizio delle reti fognarie deve essere organizzato, a cura del gestore, un piano di gestione tecnica che garantisca un adeguato livello d'intervento in relazione alla tipologia, alla complessità ed alla estensione della rete. La corretta definizione del piano di gestione prevede l'organizzazione delle seguenti attività:

- il programma di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- il programma di ispezione e controllo della funzionalità idraulica;
- gli interventi per il risanamento igienico-sanitario.

Nella pratica gestionale, conoscere l'entità degli scarichi recapitanti in fognatura, particolarmente se si è in presenza di significativi apporti industriali, è un elemento di primaria importanza per mantenere sotto controllo i punti critici del sistema.

3.2.4.1 Programma di manutenzione

L'ente gestore della fognatura deve predisporre un idoneo programma di ispezioni e di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete fognaria gestita, in cui si definiscono la tipologia degli interventi e gli intervalli di tempo entro i quali effettuare le verifiche per il mantenimento di una corretta funzionalità della rete, concernenti:

- le condizioni statiche e strutturali dei manufatti;
- la presenza di sedimenti e la loro tipologia fisico-chimica;
- lo stato di usura dei rivestimenti.

Il programma delle ispezioni delle caditoie stradali, delle camerette di ispezione dei condotti, dei condotti stessi e degli impianti deve essere formulato in modo da prevedere che l'intera rete sia accuratamente verificata. In particolare, dovrebbero essere previste ispezioni annue almeno relative a:

- il 30% di tutte le caditoie;
- il 15% di tutte le camerette di ispezione;
- ispezioni televisive dei condotti non accessibili almeno per il 5% della loro lunghezza;
- controlli degli impianti e dei manufatti speciali;
- controlli interni di tutti i condotti accessibili (questi devono essere effettuati almeno una volta ogni due anni).

Per l'organizzazione di tale programma, l'ente gestore deve disporre di una planimetria della rete sviluppata in una scala adeguata, possibilmente su sistemi informatici e quindi facilmente aggiornabile, che permetta la chiara individuazione della rete sul territorio.

Per tutte le apparecchiature, sia in esercizio, sia di riserva, devono essere previste operazioni di manutenzione periodica. Tutti i dati relativi alla manutenzione devono risultare da specifiche annotazioni da riportarsi su apposito registro (Allegato 4, Delibera CITAI del 4 febbraio 1977).

Il gestore è tenuto inoltre ad effettuare periodicamente una stima delle perdite e delle infiltrazioni lungo la rete, in modo da poter valutare il bilancio idrico del sistema, in dipendenza del quale procedere ad una appropriata e specifica campagna di ricerca delle perdite e delle infiltrazioni, al fine di provvedere alle necessarie riparazioni (Decreto Ministeriale 8 gennaio 1997, n.97, "Regolamento sui criteri e sul metodo in base ai quali valutare le perdite degli acquedotti e delle fognature").

3.2.4.2 Programma di controllo

L'impegno gestionale richiesto dai sistemi di monitoraggio è legato, oltre alle dimensioni ed alle caratteristiche tecniche ed impiantistiche della rete, all'esistenza ed alla complessità di sistemi di automazione e telecontrollo. Per la scelta delle soluzioni tecnologiche più idonee e per la corretta pianificazione strutturale e gestionale della rete è necessario classificare preliminarmente i parametri di monitoraggio in relazione alla tipologia, alla variabilità e alla precisione richiesta, all'interno delle seguenti categorie principali:

- parametri quantitativi (livelli, portate, precipitazioni ecc.);
- parametri qualitativi (chimico-fisici);
- parametri funzionali (stato dei campionatori, stato degli organi di manovra, stato delle macchine, allertamenti, anomalie ecc.).

La densità di punti e la struttura della rete di controllo saranno strettamente dipendenti dagli obiettivi e dalle caratteristiche del sistema di collettamento. In generale sarà opportuno strutturare la rete secondo livelli gerarchici e comparti funzionali. I livelli gerarchici di riferimento sono:

- I°: nodi principali della rete di collettori (bilancio di flusso per aree contribuenti e/o nei rami principali del sistema);
- II°: punti di intervento: invaso, sollevamento, partizione, scarico;

- III°: punti critici quali-quantitativi non compresi nei precedenti livelli;
- IV°: punti di interesse specifico (anche non permanente) per studi, controlli, supporto alla definizione di interventi locali, ecc.

I comparti funzionali possono essere definiti in senso spaziale (aree contribuenti) e/o in base alla tipologia di monitoraggi e controlli (dati di flusso e qualità, sottorete dei sistemi automatizzati, sottorete di telecontrollo ecc.).

Per la rete complessiva devono essere definite le attività di monitoraggio manuale (misure, prelievi, analisi di laboratorio) necessarie per supportare la calibrazione e gestione del sistema.

Per livelli gerarchici e comparti devono essere definite le modalità di acquisizione dei dati (registrazione locale e/o teletrasmissione), di automazione (campionatori e organi di manovra asserviti localmente ai sensori), di telecontrollo (campionatori e organi di manovra telecomandati dal centro di controllo).

Per singoli punti deve essere definito il set dei parametri di misura e dei relativi campi, soglie di funzionalità e allertamento, livelli di precisione ecc..

In base agli elementi sopra definiti sarà progettata l'unità centrale di controllo e gestione definendo sia la dotazione tecnologica (hardware, software, impianti ausiliari) sia il personale operativo (struttura e qualifica).

Telecontrollo

Le principali finalità del monitoraggio attraverso il telecontrollo sui sistemi di collettamento sono:

- conoscenza dei flussi nei nodi principali della rete e nei punti di intervento (sollevamento, partizione, accumulo, trattamento ecc.);
- controllo quantitativo dei punti di interconnessione con ambienti esterni (ingressi di acque superficiali, infiltrazioni di acque sotterranee, scarichi incontrollati in acque superficiali, perdite, ecc.);
- controllo quali-quantitativo di punti critici per problematiche specifiche (insufficiente capacità di smaltimento, concentrazioni di picco degli inquinanti, ecc.);
- ottimizzazione dei flussi in funzione della capacità di invaso della rete per l'attenuazione/gestione dei carichi inquinanti (acque di prima pioggia, picchi delle ore di punta, ecc.).

Agli obiettivi del sistema specifico sono strettamente legate la soluzione progettuale ed il corrispondente impegno economico/gestionale, in relazione ai seguenti aspetti:

- densità della rete;
- parametri di monitoraggio;
- acquisizione parziale o totale in teletrasmissione;
- automazione di componenti;
- gestione in tempo reale e telecontrollo.

La struttura gestionale deve essere definita sia per le proprie componenti specifiche (dotazione hardware/software dell'unità centrale e impianti integrativi di ridondanza/emergenza; personale operativo), sia per i collegamenti con strutture esterne (laboratori di analisi, enti operativi sul territorio), che per gli aspetti organizzativi (procedure operative di manutenzione, indagine, telecontrollo, trattamento dati).

Un aspetto determinante per la gestione del sistema di telecontrollo è rappresentato dalla connessione con reti esterne d'interesse, specificamente per l'acquisizione di dati meteorologici (acque di prima pioggia, contributi di bacini esterni) e idrometrici - qualitativi sulla rete idrografica esterna (corpi idrici recettori).

In funzione della complessità e degli obiettivi del sistema potrà essere fatto riferimento a una modellistica numerica di supporto allo studio ed alla gestione della rete. I modelli numerici di simulazione idraulico-qualitativa del sistema di collettamento possono essere impiegati con le seguenti finalità:

- di studio, per la progettazione dei sistemi e/o per la risoluzione di criticità specifiche (invaso, attenuazione dei carichi, ottimizzazione della distribuzione dei flussi, acque di prima pioggia ecc.), utilizzando i dati di calibrazione prodotti dal sistema di monitoraggio;
- di gestione operativa del sistema di telecontrollo, per simulare in tempo reale (oppure secondo opzioni off-line) gli scenari conseguenti alla programmazione di determinate manovre.

Per la corretta impostazione del sistema è necessario definire preventivamente il quadro di confronto tra gli obiettivi del sistema e l'impegno tecnologico, economico e gestionale necessario per raggiungere i requisiti prestazionali richiesti.

Gli ambienti di monitoraggio presentano elementi di criticità riferibili principalmente a:

- fluidi aggressivi e sporcanti;
- ridotta disponibilità di spazio per l'installazione e la configurazione idraulica delle stazioni di misura (salti o altri elementi di svincolo idraulico, distanza da immissioni, curve, turbolenze ecc.);
- difficoltà di accesso e ispezione.

Le soluzioni tecnologiche per le installazioni locali devono pertanto privilegiare i requisiti di robustezza e affidabilità, con riferimento ai seguenti criteri principali:

- adozione per quanto possibile di sensori idrometrici non a contatto con i liquami: ad es., a ultrasuoni con cono di emissione ristretto e zona cieca compatibile con le dimensioni dell'elemento strutturale d'installazione; a radar (microonde) specificamente nei siti caratterizzati da schiuma e sensibili variazioni termiche ambientali;
- adozione di sensori di velocità senza parti mobili: ad es. a ultrasuoni/effetto doppler o a induzione magnetica), purché assoggettati a manutenzione periodica;
- creazione di sezioni di controllo idraulico: ad es. mediante modulatori a risalto idraulico, per consentire la definizione in modo univoco della curva livello-portata delle sezioni di misura, in modo tale da non favorire processi di sedimentazione del carico solido e da non comportare eccessivi rigurgiti nei collettori;

3.2.4.3 Selezione e formazione del personale addetto

Il personale addetto alla conduzione deve essere costituito da figure professionali selezionate, in numero adeguato alla complessità della rete e del sistema di monitoraggio previsto.

E' opportuno che ogni operatore riceva una formazione tecnica adeguata e sia informato riguardo alle usuali norme di sicurezza sul lavoro. Inoltre, a fronte del rischio igienico-sanitario legato alla presenza di microrganismi patogeni nei liquami, il personale addetto al servizio deve essere sottoposto a vaccinazioni periodiche antitifica e antitetanica ed essere immunizzato contro la poliomielite.

3.3 Sistemi di depurazione

3.3.1 Dati a base di progetto

In fase di progettazione occorre precisare gli elementi conoscitivi che consentono la completa caratterizzazione delle condizioni "esterne" alle quali la progettazione deve riferirsi.

I dati raccolti dovranno essere organizzati in modo da essere facilmente accessibili, oltre che ad un lettore specializzato nel settore, anche ad un amministratore o ad altri soggetti non specializzati.

3.3.1.1 Origine e natura delle acque reflue

Occorre definire origine e natura delle acque reflue affluenti all'impianto di depurazione, tenendo conto della situazione al momento della progettazione e del suo sviluppo nel tempo.

Si dovranno pertanto prendere in considerazione le varie tipologie di acque che compongono le acque reflue urbane:

- acque reflue domestiche:
 - da popolazione residente;
 - da attività di servizi;
 - da presenze turistiche;
- acque di pioggia;
- acque di infiltrazione e drenaggio;
- acque reflue industriali.

Le informazioni da utilizzare a tal fine dovranno pervenire da documentazione ufficiale quale strumenti di pianificazione territoriale (da allegare al progetto) e indagini sul territorio effettuate da parte di enti pubblici, o da indagini e misure programmate allo scopo.

Le informazioni acquisite saranno organizzate attraverso opportuni quadri riepilogativi.

3.3.1.2 Caratterizzazione del carico idraulico

Dovrà essere definita la portata affluente all'impianto, sia in condizioni di tempo secco che di tempo umido.

Per quanto riguarda la portata da trattare in tempo secco, occorrerà definire l'andamento giornaliero della portata oraria, con il relativo coefficiente di punta, e le fluttuazioni nell'arco della settimana e dell'anno.

Tali informazioni potranno essere definite sia attraverso adeguate campagne di misura che su base indiretta. In quest'ultimo caso, la media giornaliera su base annua della portata in tempo secco sarà calcolata considerando le dotazioni idriche per abitante equivalente ed il relativo coefficiente di afflusso in fognatura. A tali valori occorrerà aggiungere le acque di infiltrazione calcolate sulla base di adeguati coefficienti. Per valutare su base indiretta gli andamenti temporali delle portate orarie, occorrerà fare riferimento ad andamenti tipici in aree con caratteristiche analoghe.

Per quanto riguarda la portata da trattare in tempo umido, qualora non siano disponibili o eseguibili misure dirette, essa sarà valutata in base alla portata di pioggia riferita alla superficie territoriale servita, alla portata specifica collegata al bacino scolante ed alla previsione del comportamento idraulico delle reti fognanti in condizioni di tempo umido.

Per la definizione delle portate, dovranno anche prendersi in considerazione:

- i dati di gestione degli impianti esistenti;
- i programmi di manutenzione, realizzazione ed allacciamento degli utenti alle reti fognarie;
- le condizioni climatiche (vedi par. 3.3.1.4)

Saranno predisposti dei quadri riepilogativi quali-quantitativi e grafici che definiscano i picchi orari, i carichi prolungati, i minimi e massimi giornalieri, settimanali e mensili.

3.3.1.3 Caratterizzazione del carico inquinante

Occorre definire le caratteristiche del carico inquinante affluente, includendo sia le informazioni relative alle variazioni giornaliere, settimanali e stagionali sia le previsioni di evoluzione nel tempo.

Particolare riguardo deve essere rivolto ai seguenti parametri a seconda della tipologia di acque reflue da trattare:

- acque reflue domestiche: i parametri caratteristici sono rappresentati dalla concentrazione di BOD₅, COD totale (COD_{tot}), COD prontamente biodegradabile (RBCOD), solidi sospesi (SS), azoto organico (N_{org}), azoto ammoniacale (N-NH₃), azoto nitroso (N-NO₂), azoto nitrico (N-NO₃), fosforo totale (P_{tot});
- acque assimilabili ai reflui domestici: deve essere determinato il carico organico specifico;
- acque reflue industriali: concentrazioni medie delle sostanze indicate nella tab.3 dell'Allegato 5 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni.

La definizione delle caratteristiche del carico inquinante effluente dovrà anche basarsi su:

- analisi dei dati di gestione degli impianti;
- programmi di realizzazione ed allacciamento delle reti fognarie.

Saranno predisposti dei quadri riepilogativi quali-quantitativi e grafici che prendano in considerazione, oltre alle condizioni medie, i massimi giornalieri, i carichi prolungati, i massimi mensili, i minimi giornalieri e mensili.

Nel caso la progettazione riguardi unicamente la linea fanghi, i dati a base di progetto dovranno comprendere:

- quantità dei fanghi prodotti in funzione del carico in ingresso all'impianto;
- caratteristiche dei fanghi (concentrazione di solidi totali e volatili) per le differenti correnti di fanghi prodotti (primari, secondari, chimico-fisici, ecc.);
- presenza e concentrazione di microinquinanti inorganici (metalli) ed organici (AOX, LAS, DEHP, NPE, IPA, PCB, PCDD/F). A tal fine, è preferibile che tali caratteristiche vengano determinate mediante analisi ad hoc, e solo ove non disponibili si faccia riferimento a dati di letteratura.

3.3.1.4 Caratterizzazione delle condizioni climatiche

Occorre definire le condizioni climatiche che influenzano il funzionamento dell'impianto e quelle necessarie allo studio dell'impatto ambientale, quali ad es. temperatura, pluviometria e intensità e direzione dei venti prevalenti, su base territoriale appropriata.

In particolare, deve essere tenuto conto dei dati pluviometrici al fine di caratterizzare il carico idraulico cui è sottoposto l'impianto, in regime di tempo secco e di tempo umido.

I dati raccolti, organizzati in modo da essere facilmente consultabili, verranno organizzati in quadri riepilogativi quali-quantitativi e grafici che prendano in considerazione minimi e massimi stagionali e mensili.

3.3.1.5 Recapiti finali e standard di trattamento

Il recapito finale delle acque reflue ed i conseguenti standard di trattamento dovranno essere definiti secondo quanto indicato in sede di programmazione, tenendo conto della normativa nazionale e della pianificazione regionale.

Analogamente per i fanghi andranno definiti gli standard di trattamento idonei e compatibili con la o le destinazioni finali indicate in sede di programmazione.

3.3.2 Scelta dello schema di trattamento

La scelta della tecnologia di depurazione dovrà dipendere in primo luogo da fattori inerenti alla programmazione ed indicati nel paragrafo 2.3.2.2. In ogni caso, la scelta deve essere orientata nei confronti di sistemi che consentano di giungere alla migliore efficacia ambientale dell'opera, operando con efficienza ed economicità.

Come già ricordato, la progettazione degli impianti per il trattamento delle acque dovrà inoltre essere informata ai principi generali indicati per tutti gli interventi pubblici (art.15, comma 1, Regolamento di attuazione della L.109/94 e successive modifiche e integrazioni) con riferimento al-

la ottimizzazione degli impieghi di risorse rinnovabili e non, della manutenibilità, durabilità e compatibilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità degli elementi e controllabilità delle prestazioni nel tempo.

La tecnologia da adottare deve essere individuata operando un confronto tra l'applicazione delle "migliori tecniche disponibili" e l'applicazione di tecniche adeguate al caso specifico. In particolare la scelta preliminare della tecnologia depurativa deve essere effettuata a partire da un'analisi delle alternative possibili, sulla base dei principi generali suddetti, dei vincoli e delle indicazioni provenienti dalla programmazione e dei dati a base di progetto. Tale scelta preliminare andrà poi verificata ai diversi livelli di sviluppo del progetto. Pertanto, il progetto si svilupperà tipicamente per assestamenti successivi, prevedendo anche la possibilità di modifiche ed aggiustamenti rispetto alla scelta originaria (ad es. cambiamento di tipologia di una o più unità operative dell'impianto).

Lo schema di trattamento sarà articolato nella sequenza delle diverse unità operative (si veda la Scheda 2), in reciproca connessione funzionale, sia per la linea acque che per la linea fanghi.

Inoltre lo schema di trattamento dovrà essere articolato in linee parallele interrelate sia per la linea acque che per la linea fanghi, individuate sulla base di:

- fluttuazioni di esercizio;
- stagionali di esercizio (località turistiche);
- manutenzione straordinaria.

A seguire vengono indicate le più tipiche strategie di depurazione adottabili in relazione alle dimensioni dell'utenza, inquadrate essenzialmente in quattro tipologie riferite ai seguenti campi di potenzialità :

- < 2.000 A.E.
- 2.000 - 10.000 A.E.
- 10.000 - 50.000 A.E.
- > 50.000 A.E.

Tali indicazioni, relative alle corrispondenti articolazioni degli impianti in unità operative, dovranno comunque essere verificate all'atto della progettazione delle opere, fermo restando il principio che le acque di scarico debbono essere trattate al livello delle migliori tecnologie disponibili al fine di garantire la compatibilità ambientale delle attività depurative.

Tipologia I (< 2.000 A.E.)

Come stabilito dall'art.31, comma 2 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, gli scarichi di acque reflue urbane che confluiscono nelle reti fognarie, provenienti da agglomerati con meno di 2.000 A.E. e recapitanti in acque dolci ed in acque di transizione marino-costiere devono essere sottoposti ad un trattamento appropriato, in conformità con le indicazioni dell'Allegato 5 dello stesso Decreto. Un esame dell'applicazione dei trattamenti appropriati nei diversi contesti è riportata nella Scheda 3.

I trattamenti appropriati includono sia tecnologie di tipo naturale (quali fitodepurazione e lagunaggio) sia altre tecnologie a gestione semplice (quali i filtri percolatori o gli impianti ad ossidazione totale).

Nel caso in cui si recapitino le acque depurate in un corpo idrico superficiale, occorre tenere conto dell'obiettivo di qualità ambientale.

Nel caso in cui la eccessiva distanza da corpi idrici superficiali porti a recapitare le acque depurate sul suolo, la strategia di depurazione deve tener conto del rischio di inquinamento delle acque sotterranee e potenziare il trattamento qualora le falde siano poco profonde.

Per scarichi di insediamenti civili provenienti da agglomerati con meno di 50 A.E., possono essere considerati come trattamenti appropriati i sistemi di smaltimento già indicati nella Delibera del Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque (CITAI) del 4 Febbraio 1977 (fossa settica + subirrigazione) ed i sistemi ad evapotraspirazione vegetale.

Tipologia 2 (2.000 - 10.000 A.E.)

Per scarichi provenienti da agglomerati compresi tra 2.000 e 10.000 A.E., sono utilizzati in genere sistemi di trattamento biologico con gestione semplificata della linea fanghi (ad es. aerazione prolungata, ossidazione totale, filtri percolatori, ecc.).

In questo campo di potenzialità, i trattamenti appropriati sono ammessi per scarichi provenienti da agglomerati recapitanti in acque marino - costiere o nel caso di insediamenti in cui la popolazione equivalente fluttuante sia superiore al 30% della popolazione residente e laddove le caratteristiche territoriali e climatiche lo consentano (Scheda 3).

Tipologia 3 (10.000 - 50.000 A.E.)

Per questo campo di potenzialità occorrerà innanzitutto prendere in considerazione se il recapito finale avvenga in area dichiarata sensibile o meno.

Per aree non dichiarate sensibili, la linea acque dovrà tipicamente prevedere una sezione di pretrattamenti, il trattamento secondario e la disinfezione. La linea fanghi rappresenterà una parte rilevante dell'intero processo depurativo. Particolare cura dovrà essere dedicata alla scelta del sistema di stabilizzazione dei fanghi, anche in funzione del sistema di smaltimento finale.

Per aree sensibili, la linea acque dovrà prevedere uno stadio di affinamento terziario per la rimozione dell'azoto e/o del fosforo a seconda di quale sia il fattore limitante. La scelta del sistema (biologico o chimico-fisico) dovrà tenere anche conto della differente produzione dei fanghi e quindi delle scelte relative al sistema di smaltimento di questi.

In particolare, la strategia di depurazione dovrà quindi prevedere, per aree non dichiarate sensibili:

- linea acque: pretrattamenti (grigliatura, dissabbiatura, disoleatura ed eventuale sedimentazione primaria); ossidazione biologica del substrato carbonioso e dell'azoto, adottando una età del fango compatibile con la nitrificazione dell'azoto e schemi di processo che attuino la denitrificazione nei limiti delle prestazioni richieste. Tra questi ultimi possono essere scelti la nitrificazione con predenitrificazione, anche senza il ricircolo della miscela areata (in base alle prestazioni richieste), o processi a cicli alternati; disinfezione;
- linea fanghi: stabilizzazione dei fanghi per via aerobica o eventualmente per via anaerobica per schemi di processo che prevedono la sedimentazione primaria. In questo caso, la scelta dovrà essere supportata da idonei calcoli che dimostrino l'economicità della soluzione prescelta; disidratazione meccanica;

per aree dichiarate sensibili:

- aggiunta di uno stadio di defosfatazione e di uno stadio di pre-denitrificazione con ricircolo della miscela ricca in nitrati. Per favorire l'abbattimento dell'azoto per via biologica le scelte tecnologiche dovranno essere definite in modo da minimizzare il raffreddamento dei liquami e la presenza di ossigeno disciolto nei ricircoli della miscela aerata. Nel caso si adotti un processo a cicli alternati spaziali o temporali si dovranno fornire le garanzie del controllo del processo e delle prestazioni nella rimozione dell'azoto rispetto ai valori in ingresso all'impianto. La rimozione del fosforo privilegerà la soluzione con minor produzione di fango e quindi, ove possibile, il ricorso ai trattamenti biologici, senza escludere di considerare i trattamenti chimico-fisici che per questa taglia di impianti possono rappresentare una soluzione gestionale semplificata.

Tipologia 4 (> 50.000 A.E.)

La strategia di depurazione deve di solito prevedere, per aree non dichiarate sensibili:

- come la tipologia 3 per le aree non dichiarate sensibili, con inserimento di norma della sedimentazione primaria; in tal caso è di solito preferibile la stabilizzazione anaerobica dei fanghi. È comunque opportuno che le due alternative (stabilizzazione per via anaerobica o aerobica) vengano poste a confronto adottando quella più conveniente sotto i profili tecnico-economico e dell'impatto ambientale. In caso di stabilizzazione anaerobica, il recupero energetico potrà essere limitato, per le potenzialità minori, al riscaldamento dei digestori. Negli impianti a potenzialità maggiore, è opportuno prendere in considerazione la co-digestione di rifiuti a matrice organica;

per aree dichiarate sensibili:

- come la tipologia 3 per aree sensibili, con inserimento di norma della sedimentazione primaria e della digestione anaerobica dei fanghi. Per la rimozione del fosforo valgono le considerazioni esposte, non essendoci in questo caso limitazioni di taglia dell'impianto. Per la stabilizzazione dei fanghi valgono le indicazioni già fornite per la tipologia 4 per le aree non dichiarate sensibili.

Le indicazioni delle tipologie d'impianto sopra riportate non includono le scelte da effettuare caso per caso, dandone adeguata motivazione, sulla base delle specifiche esigenze e di una comparazione tecnico-economica che tenga conto anche degli aspetti gestionali. In modo analogo, caso per caso dovranno essere valutate le esigenze connesse alla realizzazione di vasche di omogeneizzazione-equalizzazione (per limitare le fluttuazioni dei carichi idraulici e organici in tempo secco) e di vasche di accumulo delle acque in tempo di pioggia (per limitare lo scarico di reflui non trattati). Al crescere della potenzialità degli impianti dovrà essere potenziato corrispondentemente il sistema di controllo e regolazione on-line al fine di ottimizzare il processo (massimizzazione delle efficienze depurative e minimizzazione dei consumi di energia e di reattivi chimici). In contesti di particolare pregio naturalistico e paesaggistico, per i quali sussistano maggiori esigenze di contenimento dei potenziali impatti ambientali negativi collegabili alla presenza di un impianto di depurazione, sarà di norma necessario prevedere la copertura almeno delle aree d'impianto destinate ai pretrattamenti, alla eventuale sedimentazione primaria e alla disidratazione meccanica dei fanghi, a integrazione delle opere normalmente previste per un accettabile inserimento ambientale (sistemazione a verde, insonorizzazione, ecc.); alle opere di copertura vanno associati gli interventi per il ricambio d'aria (ventilazione) e per la deodorizzazione.

Per la tipologia 4, soprattutto per potenzialità superiori a 100.000 A.E., oltre alla digestione anaerobica dei fanghi con recupero energetico completo con produzione di energia meccanica o elettrica potrà essere preso in considerazione anche il trattamento termico.

Le descritte tipologie d'impianto dovranno essere integrate da una sezione finale di affinamento nel caso di riutilizzo delle acque di scarico (in genere proponibile per potenzialità dell'impianto di depurazione superiori a 10.000 A.E.). Per livelli qualitativi stringenti le sezioni di affinamento dovranno prevedere un trattamento di coagulazione-flocculazione-sedimentazione terziaria, seguito da filtrazione su mezzo granulare e disinfezione, oppure un trattamento di coagulazione-flocculazione in linea con la filtrazione su mezzo granulare, seguito da disinfezione. In taluni casi il trattamento di affinamento dovrà comprendere anche la riduzione del colore, dei tensioattivi e del COD non biodegradabile tramite filtrazione in letti di carbone attivo o ossidazione chimica (con ozono, ecc.). Si dovrà altresì valutare l'uso di trattamenti a membrana (microfiltrazione e ultrafiltrazione).

Tutte le categorie d'impianto dovranno prevedere in relazione alla dimensione, luoghi di ricovero dei materiali, pezzi di ricambio, laboratori a piè di impianto, servizi per il personale, spogliatoi, adeguata viabilità, ecc..

Scheda 2 - Unità operative per il trattamento delle acque reflue e dei fanghi

Le unità operative che costituiscono l'impianto di depurazione sono così classificate:

A) LINEA ACQUE

- Pretrattamenti
- Trattamenti primari
- Trattamenti secondari
- Disinfezione

B) LINEA FANGHI

- Preisessimento
- Stabilizzazione
- Postisessimento
- Disidratazione
- Essiccamento

Dal momento che non tutte le unità operative necessariamente trovano una collocazione secondo un schema sequenziale univoco (vedi ad es. la denitrificazione), appare più agevole raggruppare tali unità in base alla tipologia di trattamento, pur mantenendo l'articolazione in linea acque e linea fanghi.

A) LINEA ACQUE

Trattamenti fisici	Scopo
GRIGLIATURA	Eliminazione solidi di maggiori dimensioni
MICROGRIGLIATURA	Eliminazione solidi fini
EQUALIZZAZIONE	Compensazione delle fluttuazioni di portata
OMOGENEIZZAZIONE	Compensazione delle variazioni di portata e composizione dei liquami
STOCCAGGIO IN VASCHE DI PIOGGIA	Attenuazione delle punte di carico idraulico
SOLLEVAMENTO E RICIRCOLO	Sollevamento dei liquami per consentirne il deflusso a gravità e ricircolo di fanghi sedimentati e miscele aerate
DISSABBIATURA	Rimozione di materiali solidi di dimensioni tra 0,15 e 3 mm e di densità superiore a 2,2 g/ml
DISOLEAZIONE	Separazione di oli, grassi ed altre sostanze più leggere dell'acqua
SEDIMENTAZIONE PRIMARIA	Separazione dall'acqua delle particelle solide sedimentabili per gravità
SEDIMENTAZIONE SECONDARIA	Separazione dall'acqua dei solidi sospesi (fanghi) e chiarificazione
TRATTAMENTO IN VASCHE SETTICHE	Separazione dall'acqua dei solidi sedimentabili in sospensione non trattenuti durante grigliatura e dissabbiatura
Tradizionali	
Imhoff	Separazione del fango biologico dall'acqua reflua depurata
FLOTTAZIONE	Separazione di solidi con densità prossima a quella dell'acqua
FILTRAZIONE	Separazione di solidi sospesi fini attraverso materiali filtranti

Trattamenti biologici	Scopo
TRATTAMENTI AEROBICI:	
A FILM BIOLOGICO (biomassa adesa)	
Filtri percolatori	
Rotori biologici (Biodischi)	
Bioreattori a letto fisso (riempimento ad alta e bassa densità)	
Bioreattori a letto mobile (Letto fluidizzato, espanso, agitato turbolento, ricircolato)	
A FANGHI ATTIVI (biomassa dispersa)	
Sistema convenzionale	
Sistema ad alto carico	
Sistema ad aerazione prolungata	
Sistema per stabilizzazione e contatto	
Sistema a carico progressivo	
Sistema SBR (Sequencing Batch Reactor)	
Sistema "Deep Shaft"	
Bioreattori a membrana	
A BIOMASSE MISTE (sospese + adese)	
	Rimozione del carbonio
	Rimozione del carbonio ed ossidazione dell'azoto (nitrificazione)

segue: Scheda 2	
Trattamenti biologici	Scopo
TRATTAMENTI ANAEROBICI TRATTAMENTI AD AMBIENTI SEQUENZIALI (a biomasse sospese, adese o miste, come da tipologie su indicate) Anossici/aerobici (sistemi separati, sistemi integrati) Anaerobici/aerobici Anaerobici/anossici/aerobici TRATTAMENTI BIOLOGICI DI TIPO NATURALE: Sistemi di percolazione e dispersione in terreni naturali Lagune biologiche (stagni biologici) Trattamenti di fitodepurazione	Rimozione del carbonio Rimozione biologica di azoto e carbonio Rimozione del carbonio Rimozione del carbonio ed ossidazione dell'azoto (nitrificazione)
Trattamenti chimico - fisici	Scopo
NEUTRALIZZAZIONE	Correzione del pH
OSSIDAZIONE E RIDUZIONE	Modifica dello stato di ossidazione
PRECIPITAZIONE CHIMICA	Formazione di composti insolubili
COAGULAZIONE	Destabilizzazione dei colloidali per facilitarne la separazione
FLOCCULAZIONE	Aggregazione delle particelle destabilizzate
CHIARIFICAZIONE	Separazione dei solidi sospesi
ADSORBIMENTO SU CARBONI ATTIVI	Rimozione di sostanze organiche disciolte (in genere biorecalcitranti)
STRIPPING	Rimozione del gas disciolto
SCAMBIO IONICO	Rimozione di cationi e anioni mediante resine scambiatrici
OPERAZIONI A MEMBRANE	Separazione di sostanze sulla base del peso molecolare o delle dimensioni
DISINFEZIONE	Riduzione dei microrganismi patogeni
B) LINEA FANGHI	
Trattamenti fisici (disidratazione)	Scopo
ISPESSIMENTO Ispezzimento per gravità Ispezzimento per flottazione Ispezzimento dinamico DISIDRATAZIONE Su letti di essiccamento Con centrifuga Con filtro sotto vuoto Con filtropressa a piastre Con nastropressa Fitoessiccamento	Riduzione di volume ed incremento della concentrazione di solidi Riduzione di volume ed incremento della concentrazione di solidi fino a rendere il fango perlomeno palabile
Trattamenti biologici	Scopo
DIGESTIONE AEROBICA DIGESTIONE ANAEROBICA Digestione dei soli fanghi di supero Co-digestione con la frazione organica dei rifiuti solidi urbani COMPOSTAGGIO LAGUNAGGIO FITOESSICCAMENTO	Stabilizzazione della sostanza organica Ispezzimento e stabilizzazione della sostanza organica

segue: Scheda 2

Trattamenti chimico - fisici	Scopo
ESSICCAMENTO TERMICO	
INCENERIMENTO	
Forno a piani multipli	
Forno a letto fluido	
Forno a tamburo rotante	
STABILIZZAZIONE CHIMICA	Inibizione temporanea dei processi di trasformazione della sostanza organica
CONDIZIONAMENTO CHIMICO	Modifica delle caratteristiche di disidratabilità
CONDIZIONAMENTO TERMICO	Modifica delle caratteristiche di disidratabilità

A tale elenco, vanno inoltre aggiunti i dispositivi di servizio, controllo e sicurezza.

Scheda 3 - Trattamenti appropriati per le acque reflue

La scelta dei trattamenti appropriati deve garantire la conformità dei corpi idrici recettori ai relativi obiettivi di qualità o, nel caso di scarico sul suolo, la tutela delle acque sotterranee.

Si individuano a seconda del numero di abitanti equivalenti serviti, quattro distinte categorie di trattamenti.

- *Trattamenti appropriati per insediamenti fino a 50 A.E.*

In accordo con quanto stabilito dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, per scarichi di acque reflue urbane provenienti da agglomerati con meno di 50 A.E. restano in vigore le norme tecniche previste dalla Delibera CITAI 4/2/1977, trasferendo il concetto di 50 vani a quello di 50 A.E..

Nel caso di smaltimento su suolo, la soluzione più semplice prevede l'installazione di vasche Imhoff e la dispersione dell'effluente in trincee o letti di sub-irrigazione. Tale soluzione sfrutta la capacità depurativa del suolo ed è praticabile in terreni permeabili dotati di falde acquifere sufficientemente profonde.

Nel caso di smaltimento su suolo con falda vulnerabile, l'effluente dalle vasche Imhoff deve essere fatto percolare in filtri a sabbia intermittenti con drenaggio seguiti da dispersione sul terreno per sub-irrigazione (eventualmente fitoprotetta su suolo piantumato, utilizzando specie ad alto tasso di evapotraspirazione, quali ad es. pioppi, salici, ontani).

Nel caso di smaltimento in acque superficiali, la soluzione più semplice prevede l'utilizzazione di vasche Imhoff seguite da dispersione su terreno (eventualmente piantumato) con drenaggio (e fondo impermeabilizzato se il terreno non è impermeabile naturalmente) e scarico nel recettore superficiale.

Nel caso di scarico in acque di buona o elevata qualità, lo schema di trattamento può prevedere anche l'inserimento di filtri a sabbia intermittenti o di sistemi di fitodepurazione (ad es. combinazioni in serie fitodepurazione a flusso subsuperficiale verticale e orizzontale con o senza ricircolo, oppure combinazioni a flusso sub-superficiale orizzontale, flusso sub-superficiale verticale, flusso superficiale, a valle di vasche Imhoff o di stagni anaerobici).

- *Trattamenti appropriati per insediamenti fra 50 e 500 A.E.*

Per insediamenti al di sopra dei 50 A.E., il recapito in acque superficiali è realisticamente il più vantaggioso smaltimento degli scarichi, vista la severità dei limiti sul suolo.

Il trattamento più usuale prevede la installazione di vasche Imhoff seguite da bacini di fitodepurazione. In aree sensibili e in zone ad alta qualità del corpo recettore, occorre favorire i processi di abbattimento dell'azoto e quindi risultano ottimali configurazioni costituite da vasche Imhoff (o da stagni anaerobici/facoltativi) seguite da vasche di fitodepurazione combinate (ad es. flusso sub-superficiale verticale seguito da flusso sub-superficiale orizzontale, oppure un ordine inverso con ricircolo), eventualmente con uno stadio finale di filtrazione a sabbia.

- *Trattamenti appropriati per insediamenti fra 500 e 2.000 A.E.*

Per tali insediamenti i trattamenti tecnologici possono essere considerati validi, purché si sia disposti a prevedere costi gestionali più elevati, necessari ad assicurare il costante controllo e le regolari manutenzioni che gli strumenti e le apparecchiature richiedono. Pertanto oltre agli schemi di trattamento già previsti per gli insediamenti fra 50 e 500 A.E. si prevedono configurazioni in cui le vasche Imhoff (o gli stagni anaerobici/facoltativi) sono seguite da filtri percolatori (o da rotori biologici o da impianti a fanghi attivi ad aerazione prolungata). Nel caso di scarico in aree sensibili o in zone ad alta qualità del corpo recettore sono proponibili anche tecnologie specifiche di rimozione dell'azoto (impiego di reattori ANOX-OX, reattori SBR, reattori a cicli alternati) e del fosforo (chiariflocculazione), oppure l'adozione di bacini di fitodepurazione come trattamento di finissaggio di impianti tecnologici di tipo biologico.

segue: Scheda 3

- Trattamenti appropriati per insediamenti fra 2.000 e 10.000 A.E.

Al di sopra dei 2.000 A.E. le linee di trattamento di tipo tecnologico risultano più idonee per realizzare la rimozione biologica degli inquinanti (aerazione prolungata, ossidazione totale, filtri percolatori, processi a cicli alternati); infatti i sistemi di fitodepurazione o lagunaggio richiedono superfici molte estese per trattare portate considerevoli di reflui.

Se le acque costiere sono all'interno di aree sensibili, è utile inserire, in coda ad impianti tecnologici tradizionali, sistemi naturali di finissaggio, quali gli stagni aerobici o bacini di fitodepurazione, in grado fra l'altro di fare fronte molto efficacemente alle fluttuazioni di carico idraulico tipiche delle zone a turismo estivo.

Sulla base delle indicazioni sopra fornite, si riporta di seguito una tabella riassuntiva degli schemi adottabili per i trattamenti appropriati.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1 Fossa Imhoff + Pozzo assorbente	X										
2 Fossa Imhoff + Subirrigazione	X	X									
3 Fossa Imhoff + Subirrigazione fitoprotetta	X	X									
4 Fossa Imhoff + Filtro sabbia + subirrigazione		X									
5 Fossa Imhoff + Filtro sabbia + subirrigazione fitoprotetta		X									
6 Fossa Imhoff + Fitodepurazione combinata + subirrigazione											X
7 Fossa Imhoff + Fitodepurazione combinata + subirrigazione fitoprotetta											X
8 Fossa Imhoff + Subirrigazione e drenaggio			X								
9 Fossa Imhoff + Subirrigazione fitoprotetta e drenaggio			X								
10 Fossa settica + Trincea drenante			X								
11 Fossa settica + Fitodepurazione HF		X	X		X		X	X			
12 Fossa settica + Fitodepurazione VF		X	X	X	X		X	X			
13 Fossa settica + Stagno		X		X			X	X			
14 Stagni in serie		X		X			X	X			
15 Stagno facoltativo + Fitodepurazione FWS		X		X			X	X			
16 Fossa Imhoff + Fitodepurazione combinata				X		X	X	X			
17 Fossa tricamerale + Fitodepurazione combinata + Filtro a sabbia						X	X	X			
18 Stagno anaerobico + Fitodepurazione combinata				X		X	X	X			
19 Letto ad evapotraspirazione completa		X									
20 Fossa settica + Filtro a sabbia intermittente				X	X						
21 Tricamerale + Stagno					X						
22 Fossa Imhoff + filtro percolatore							X		X		
23 Fossa Imhoff + biodischi							X		X		
24 Fossa settica + Impianto aerazione prolungata							X		X		
25 Tratt. primario + Impianto ANOX-OX								X		X	X
26 Impianto SBR								X			X
27 Chiariflocculazione							X	X			
28 Impianto biologico + Fitodepurazione								X		X	X
29 Impianto biologico + Stagni di finissaggio										X	
30 Impianto biologico + chiariflocculazione										X	
31 Impianto a cicli alternati spaziali o temporali								X	X	X	X

TABELLA RIASSUNTIVA DEI TRATTAMENTI APPROPRIATI

Legenda:

Colonna A: Trattamenti appropriati per scarichi fino a 50 A.E. sul suolo

Colonna B: Trattamenti appropriati per scarichi fino a 50 A.E. sul suolo a falda vulnerabile

Colonna C: Trattamenti appropriati per scarichi fino a 50 A.E. in acque superficiali generiche

Colonna D: Trattamenti appropriati per scarichi fino a 50 A.E. in acque di buona o elevata qualità

Continua

Colonna E: Trattamenti appropriati per scarichi da 50 a 500 A.E. in acque superficiali generiche
 Colonna F: Trattamenti appropriati per scarichi da 50 a 500 A.E. in acqua di elevata qualità o aree sensibili
 Colonna G: Trattamenti appropriati per scarichi da 500 a 2.000 A.E. in acque superficiali generiche
 Colonna H: Trattamenti appropriati per scarichi da 500 a 2.000 A.E. in acque di elevata qualità o aree sensibili
 Colonna I: Trattamenti appropriati per scarichi tra i 2.000 e i 10.000 A.E. in acque marino-costiere
 Colonna J: Tratt. appropriati per scarichi tra i 2.000 e i 10.000 A.E. in acque marino-costiere di aree sensibili
 Colonna K: Trattamenti specifici per scarichi oltre i 50 A.E. sul suolo (quindi soggetti alla Tabella 4/Allegato 5)

3.3.3 Elementi di progettazione della linea acque

Lo sviluppo della progettazione deve includere i calcoli di dimensionamento e verifica eseguiti sulla base di una modellazione matematica dei processi che tenga conto:

- delle equazioni del bilancio di massa dei principali componenti del liquame, in forma sia sospesa sia disciolta (substrato carbonioso prontamente biodegradabile, lentamente biodegradabile, inerte; substrati azotati; fosforo), nonché, per gli impianti biologici, dei microrganismi eterotrofi e autotrofi, utilizzando adeguati coefficienti stechiometrici, determinati sperimentalmente o desunti da letteratura;
- della cinetica delle trasformazioni che interessano tali componenti in tutti i reattori dell'impianto, utilizzando adeguati coefficienti cinetici, determinati sperimentalmente o desunti da letteratura;
- dei fenomeni di separazione gravitazionali, soprattutto nelle vasche di sedimentazione secondaria, con l'applicazione della teoria del flusso solido, adottando, per la dipendenza della velocità di sedimentazione dei fanghi biologici dalle caratteristiche e dalla concentrazione del fango stesso, funzioni determinate sperimentalmente o desunte da letteratura; nel caso della sedimentazione secondaria si deve tenere conto della teoria del flusso solido.

In via orientativa, per impianti a servizio di una popolazione equivalente inferiore a 50.000 A.E. la verifica del sistema può essere fatta in condizioni stazionarie, tenendo conto anche delle condizioni di punta. Per impianti a servizio di una popolazione equivalente superiore, la verifica deve essere svolta in condizioni dinamiche, con portata e concentrazioni variabili secondo le condizioni di esercizio.

Segue, per le principali unità operative, l'enunciazione dei criteri essenziali a base dello sviluppo della progettazione.

3.3.3.1 Pretrattamenti

Con il termine "pretrattamenti" si intende un gruppo di processi di natura fisica che costituiscono lo stadio preliminare degli impianti di depurazione e che hanno l'obiettivo di rimuovere la frazione inquinante formata da particolato organico, da materiale solido di natura non organica (sia sedimentante sia flottante) e da oli e grassi.

Più che per la loro efficacia depurativa, i processi di pretrattamento assumono rilevanza soprattutto in termini di salvaguardia e di ottimizzazione degli impianti in quanto rimuovono, o comunque contengono, le cause dei più frequenti problemi per le sezioni poste a valle, quali intasamenti di vasche e condotte, malfunzionamento di pompe e macchinari, schiume, odori e, in alcuni casi, eccessivi picchi di carico idraulico od organico.

I pretrattamenti, in generale, consistono nelle seguenti operazioni: grigliatura, microgrigliatura, dissabbiatura, disoleatura, preaerazione, sollevamento, equalizzazione e omogeneizzazione, controllo degli odori.

Solitamente, nell'ambito dei trattamenti preliminari si include anche lo sfioro delle acque di superficie, previsto quando a monte dell'impianto depurativo esiste una fognatura mista.

I pretrattamenti sono dimensionati con riferimento alla portata massima ammessa all'impianto.

Grigliatura

La grigliatura è in genere il primo trattamento applicato negli impianti di depurazione e si pone l'obiettivo di separare i corpi solidi più o meno grossolani, che potrebbero essere causa di intasamenti delle tubazioni e delle apparecchiature a valle, compromettendone la funzionalità.

La grigliatura dovrà prevedere:

- un canale di by-pass, nel quale possono essere installate griglie a pulizia manuale di emergenza e che viene messo in funzione nei periodi di pulizia e manutenzione;
- paratoie per isolare ciascuna griglia e per facilitare la svuotamento in caso di manutenzione e di ispezione;
- dispositivi di pulizia meccanici a funzionamento automatico che rimuovono il materiale grigliato e provvedono al suo tempestivo allontanamento, direttamente o con l'ausilio di nastri trasportatori;
- tramogge o cassonetti per la raccolta del grigliato. Negli impianti di adeguate dimensioni, sono previste coclee compattatrici; qualora il materiale grigliato presenti marcate caratteristiche di putrescibilità è possibile prevederne una stabilizzazione chimica mediante agenti ossidanti.

Per quanto concerne il numero di griglie è raccomandata, anche per i piccoli impianti, l'installazione di almeno due manufatti, di cui uno con funzioni di emergenza, possibilmente dello stesso tipo per facilitare l'intercambiabilità.

La scelta della spaziatura delle barre dipenderà essenzialmente dalla necessità di garantire l'efficienza dei processi di trattamento e proteggere le apparecchiature a valle quali pompe, valvole, aeratori meccanici e filtri biologici. La spaziatura tra le barre dovrà inoltre essere tale da contenere al massimo le perdite di carico, nell'ordine di qualche cm a griglia pulita.

La velocità della corrente nel canale per liquami di fognatura mista non dovrà essere inferiore a 0,5 m/s per evitare la sedimentazione della sabbie, mentre per fognature separate non dovrà scendere al di sotto di 0,3 m/s, per evitare il deposito di materiale organico. Analogamente, occorre che la velocità del flusso di liquame attraverso le barre della griglia non superi gli 1,20 m/s per evitare il trascinarsi del materiale raccolto. Il criterio di progetto solitamente adottato sarà quello di assicurare che in caso di portata massima nera vengano raggiunte velocità attorno a 0,8 m/s per garantire il lavaggio del fondo del canale di grigliatura.

Microgrigliatura

La microgrigliatura (o stacciatura) consiste nel far passare il liquame grezzo attraverso reti o lamiere forate supportate da un telaio, con aperture comprese fra 0,2 e qualche mm, per cui la quantità di materiale raccolto è normalmente assai superiore a quella raccolta con la grigliatura.

Le applicazioni più frequenti della microgrigliatura sono nel trattamento delle acque di piena sugli sfioratori delle fognature miste, nel trattamento delle acque a monte delle immissioni nelle tubazioni di scarico a mare, nei trattamenti di affinamento dei liquami già depurati. Nel caso di piccoli impianti o di impianti in cui è prevista una fase di denitrificazione, la microgrigliatura può sostituire la sedimentazione primaria per ottenere una rimozione spinta dei solidi senza compromettere il passaggio della sostanza organica ai trattamenti biologici previsti a valle e con il vantaggio di una più contenuta occupazione di superficie.

La velocità effettiva del liquame attraverso lo staccio deve, di norma, essere mantenuta fra 0,35 e 0,40 m/s, con perdite di carico di circa 0,8-2 m.

Dissabbiatura

La dissabbiatura è finalizzata all'estrazione delle sabbie dai liquami, onde evitare un loro convogliamento verso le unità a valle, sia per i conseguenti effetti abrasivi sia per il rischio di accumulo

nelle unità di trattamento successive. Con il termine sabbia non si intende esclusivamente la frazione granulometrica propriamente detta ($0,06 \text{ mm} < D < 2 \text{ mm}$), bensì tutti quei materiali solidi che avendo velocità di sedimentazione superiore a quella dei solidi organici presenti nei liquami, possono essere separati nella dissabbiatura.

Solitamente la fase di dissabbiatura è prevista a valle della grigliatura e prima della sedimentazione primaria.

Le sabbie devono essere lavate: se l'operazione è all'esterno dell'unità, l'acqua che si separa deve essere ricircolata in testa all'impianto. La sabbia raccolta deve trovare una adeguata destinazione. Essa può essere riutilizzata nell'area stessa dell'impianto per riempimenti, oppure smaltita esternamente in discarica controllata.

I dissabbiatori devono essere dimensionati in modo da essere in grado di abbattere, con rendimenti superiori al 90%, la frazione granulometrica di diametro maggiore o uguale a $0,20 \text{ mm}$ e con peso specifico $2,65 \text{ g/cm}^3$, con riferimento alla portata massima in tempo di pioggia.

Per i dissabbiatori aerati non provvisti di separazione degli oli, vanno assunti in genere i seguenti parametri di progetto: tempo di ritenzione = non inferiore a 3 minuti in tempo di pioggia; rapporto fra lunghezza e profondità = $0,8$; aria di insufflazione = $1-2 \text{ m}^3$ di aria all'ora per ogni m^3 di capacità della vasca; inclinazione del fondo della vasca = $40-45^\circ$; velocità di rotazione = $20-22 \text{ cm/s}$ sul fondo.

Per i dissabbiatori meccanizzati i tempi di ritenzione devono essere sempre superiori ai 2 minuti con riferimento alla portata massima in tempo di pioggia.

In piccoli impianti (con potenzialità inferiori a 2.000 A.E.) per il trattamento di liquami provenienti da fognature separate, è possibile evitare la dissabbiatura, lasciando comunque la possibilità di un'eventuale inserimento futuro dell'operazione.

Disoleatura

La disoleatura ha come obiettivo la rimozione per flottazione di oli e grassi onde evitare problemi alle successive fasi di trattamento (soprattutto a quelle di tipo biologico) nonché al corpo idrico recettore.

L'operazione può essere prevista contemporaneamente alla dissabbiatura. Nel caso di disoleatura separata, questa va posta a valle della dissabbiatura, onde evitare l'accumulo di sabbie nel disoleatore.

Gli oli e i grassi che vengono raccolti devono trovare una adeguata destinazione quale la rigenerazione oppure l'incenerimento in impianti centralizzati.

I rendimenti depurativi nella rimozione di oli e grassi sono dell'ordine del $60-70\%$; per separare oli e grassi presenti sotto forma di emulsioni si richiedono processi chimici di destabilizzazione a mezzo di reagenti chimici.

I tempi di ritenzione normalmente da applicare sono di $2-4$ minuti con riferimento alla portata massima nera; i consumi di aria sono di $0,2-0,5 \text{ m}^3/\text{m}^3$ di acqua trattata, con riferimento alla portata massima nera.

Preaerazione

La preaerazione consiste nell'immissione, all'interno di appositi bacini, di aria compressa nel liquame. In tal modo, si arricchisce di ossigeno il liquame, evitando fenomeni settici nella successiva fase di sedimentazione e predisponendo meglio il liquame alla successiva fase biologica; inoltre si realizza un'azione di "preflocculazione" dei liquami, ottenendo una maggiore efficienza nell'abbattimento di solidi sospesi, oli e schiume nella fase di sedimentazione; infine, si elimina una certa porzione dei gas presenti nei liquami, in particolare ammoniacca ed idrogeno solforato, per azione di stripping.

Solitamente la fase di preaerazione viene realizzata all'interno di dissabbiatori aerati oppure in bacini multifunzione deputati anche alla dissabbiatura e alla disoleatura, o ancora all'interno della canalizzazione che convoglia il liquame dai pretrattamenti ai trattamenti primari e secondari. Laddove il processo biologico preveda uno stadio di denitrificazione (quindi un comparto anossico), va valutato se eliminare la preaerazione o, comunque, limitarne le prestazioni al solo obiettivo di evitare eventuali fenomeni settici.

Il quantitativo di aria da insufflare per mantenere un'adeguata agitazione del liquame contenuto nel bacino (profondo di solito da 3 a 4,5 m), è di 0,75-3 m³ per m³ di liquame trattato; il tempo di aerazione deve essere compreso tra 30 e 45 minuti (con riferimento alla portata media in tempo di secco).

Sollevamento

Il sollevamento dei liquami è richiesto per motivi obiettivi (recapito a quota più elevata rispetto al collettore di arrivo) o per motivi di carattere economico (a seguito di un'analisi costi-benefici che ottimizzi i costi delle opere idrauliche necessarie ad interrare le vasche di processo ed i costi di pompaggio per sollevare il liquame alle fasi di trattamento successive).

Per impianti molto piccoli, fino a qualche migliaio di abitanti, è consigliabile il sollevamento a valle della grigliatura fine, non essendo affidabili pompe di limitata potenzialità per il sollevamento di liquami grezzi; per impianti di media-grande potenzialità, può convenire sollevare direttamente il liquame grezzo, a valle di una grigliatura grossolana.

Il pompaggio deve essere effettuato con graduali variazioni di portata, evitando brusche discontinuità; per questo è sempre opportuno adottare più pompe, solitamente uguali, disposte in parallelo, entranti gradualmente in funzione al variare del livello nella vasca di carico.

Equalizzazione e omogeneizzazione

In assenza di equalizzazione-omogeneizzazione, le varie fasi del trattamento depurativo devono essere dimensionate sui valori delle punte di carico (idraulico, organico o di altri parametri caratteristici); inoltre punte improvvise di carico possono comportare gravi conseguenze negative sull'efficienza della depurazione, in particolare su quella dei processi biologici. Pertanto, deve essere valutata la necessità, soprattutto per impianti di piccola-media potenzialità in cui l'entità delle variazioni è maggiore, di prevedere una fase di equalizzazione-omogeneizzazione a valle dei pretrattamenti e a monte dei trattamenti biologici, con conseguenti riduzioni delle dimensioni delle apparecchiature a valle; si deve tener conto, inoltre, che la vasca di equalizzazione è il punto ideale in cui far confluire il soprannatante delle varie fasi della linea fanghi (ispessimento, disidratazione, ecc.), spesso fortemente concentrate.

Dal punto di vista dello schema d'impianto, l'operazione può essere realizzata "in linea" o adottando la disposizione "laterale":

- con la prima configurazione, tutto il liquame in uscita dai pretrattamenti viene immesso nella vasca di equalizzazione (a livello variabile), da cui viene sollevata una portata costante verso il trattamento primario;
- con la seconda, la portata eccedente la massima portata consentita dal processo depurativo viene convogliata nella vasca di equalizzazione-omogeneizzazione, che funge in questo caso da vasca di accumulo, da cui le acque accumulate vengono inviate al processo biologico nei periodi di bassa portata. L'equalizzazione laterale, che trova impiego preferibilmente nel trattamento delle acque di prima pioggia, consente di sollevare complessivamente volumi minori, ma ad una compensazione di portate non corrisponde una adeguata omogeneizzazione delle sostanze inquinanti.

ne e miscelazione, sistemi di aerazione, sistemi di regolazione per i dispositivi di aerazione e di agitazione, scaricatori di emergenza.

A titolo orientativo, per attuare l'equalizzazione delle portate, il volume di vasca occorrente, per impianti di piccola-media potenzialità, varierà tra il 20 e il 40% del volume giornaliero complessivo affluito; per impianti di grande potenzialità, caratterizzati da minori oscillazioni delle portate, la percentuale potrà essere ridotta al 10-20%.

Per quanto riguarda i dispositivi di agitazione e miscelazione, con acque grezze con concentrazioni di 200-500 mg SS/L, devono essere considerate potenze specifiche dell'ordine di 5 - 10W/m³ di fase liquida.

Controllo degli odori

Nell'ambito dei pretrattamenti, la necessità di un controllo degli odori nasce in corrispondenza delle fasi di grigliatura e dissabbiatura, soprattutto se si è nelle immediate vicinanze di centri abitati o di aree edificabili.

In generale, per minimizzare lo sviluppo di odori molesti deve effettuarsi una corretta gestione dei trattamenti: per la grigliatura è opportuna una tempestiva rimozione del grigliato, in gran parte di natura organica, sgradevole alla vista e causa di cattivi odori; per la dissabbiatura, atteso il notevole contenuto di sostanza organica presente nelle sabbie (fino al 50% in peso), è necessaria una fase di lavaggio delle stesse, ricircolando in testa all'impianto l'acqua di lavaggio, ricca di composti organici.

Se necessario, specie in prossimità di centri abitati, devono essere presi in considerazione interventi specifici finalizzati al controllo degli odori, ad es. quando nel liquame da trattare sono presenti scarichi industriali o reflui settici contenenti idrogeno solforato: in tal caso, è opportuno confinare le operazioni in esame in ambienti chiusi mantenuti in leggera depressione. I volumi di aria aspirati dovranno essere trattati con apposite tecnologie di deodorizzazione secondo processi che dipendono dalle caratteristiche dei composti maleodoranti. I ricambi di aria degli ambienti confinati devono realizzare condizioni igienico-sanitarie idonee al lavoro degli operatori.

3.3.3.2 Sedimentazione primaria

La sedimentazione primaria ha l'obiettivo di rimuovere i solidi sospesi totali (SST) prevalentemente di natura organica, presenti nel liquame influente.

Il liquame fognario influente prima di essere inviato alla sedimentazione primaria deve essere sottoposto ad adeguati pretrattamenti, che possono essere omessi nel caso per la sedimentazione si utilizzino vasche Imhoff.

L'impiego della sedimentazione primaria è consigliabile quando sussistono una o più delle condizioni seguenti:

- alte concentrazioni influenti di sostanza organica in forma particolata;
- convenienza economica a massimizzare i recuperi energetici da biogas per digestione anaerobica dei fanghi primari e secondari;
- forti incertezze in fase di progetto nella determinazione dei carichi idraulici ed inquinanti influenti (in particolare negli impianti di media e grande potenzialità in località soggette a forti fluttuazioni stagionali);
- esigenza di conferire all'impianto una migliore flessibilità gestionale;
- valori del rapporto C/N nel liquame influente superiori a quelli tipici di un refluo domestico (C/N= 8,0-12,5): in tal caso la rimozione di parte del COD in sedimentazione primaria tende a facilitare il processo di nitrificazione in fase aerobica grazie ad una più agevole crescita dei batteri autotrofi, senza compromettere l'eventuale fase di pre-denitrificazione per la presenza comunque di una adeguata quantità di sostanza organica disponibile.

Per contro, la sedimentazione primaria non è di norma consigliabile negli impianti depurativi a servizio di centri abitati minori (< 10.000 A.E.) e, in particolare, negli impianti siti in località fornite di fogne separate: in questi casi, infatti, la sedimentazione primaria può essere agevolmente e più economicamente sostituita da una grigliatura spinta (spaziature griglia: 0,5-2,5 mm); non è inoltre consigliabile negli impianti in cui il liquame conferito presenta valori medio bassi del rapporto C/N e che adottano uno stadio di pre-denitrificazione a monte delle vasche di ossidazione-nitrificazione, in quanto, sottraendo una aliquota significativa del COD anche se in forma particolata, può compromettere l'efficienza della denitrificazione per indisponibilità di sostanza organica.

Le efficienze di rimozione sono determinate principalmente dalle caratteristiche fisiche e dalla quantità delle sostanze particolose presenti, dal tempo di ritenzione idraulica, dall'idrodinamica del processo di deflusso della portata influente, dalla temperatura. L'impiego addizionale di coagulanti chimici (sali di ferro, sali di alluminio, polielettroliti, calce) nel liquame prima della sedimentazione ne migliora l'efficienza di rimozione in quanto tali sostanze miscelate al liquame contribuiscono alla flocculazione delle particelle solide più fini, cioè allo loro aggregazione in fiocchi più facilmente sedimentabili. A titolo orientativo si riportano in Tabella 5 valori tipici delle rimozioni conseguibili tramite sedimentazione primaria.

Tabella 5 - Valori tipici delle rimozioni conseguibili tramite sedimentazione primaria

Elementi inquinanti	Efficienza di rimozione % senza coagulanti chimici	Efficienza di rimozione % con coagulanti chimici
BOD5	25 - 40	40 - 70
COD	20 - 35	30 - 60
SST	40 - 70	60 - 90
AZOTO ORGANICO	10 - 20	20 - 40
FOSFORO	5 - 10	70 - 90
CARICA BATTERICA	50 - 60	80 - 90

I principali parametri di dimensionamento in ordine di importanza decrescente sono: il carico idraulico superficiale o velocità di risalita (*overflow rate*), definita come il rapporto fra la portata volumetrica di progetto e la superficie di pelo libero del sedimentatore; la profondità del battente idraulico; il tempo di ritenzione idraulica HRT; la portata specifica di sfioro (*weir rate*), definita come il rapporto fra la portata volumetrica uscente dal sedimentatore e la lunghezza totale degli sfioratori; la velocità orizzontale attraverso il sedimentatore (*linear flow-through velocity*), definita come il rapporto tra la portata volumetrica di progetto e la sezione idraulica del sedimentatore.

Si riportano in Tabella 6, a titolo orientativo, valori tipici dei parametri di dimensionamento sopra definiti.

Specialmente per impianti di grossa taglia deve essere realizzata una adeguata modularità della sedimentazione primaria per consentire una migliore flessibilità del processo alle fluttuazioni di carico idraulico e per permettere interventi di manutenzione straordinaria senza compromettere l'operatività del trattamento.

Il calcolo di progetto deve prevedere il rispetto dei valori tipici dei principali parametri di dimensionamento nelle condizioni sia di tempo secco sia di pioggia; tale verifica deve essere estesa anche a situazioni caratterizzate da portate ridotte e minime o dal fuori uso di una o più linee.

Tabella 6 - Valori tipici dei parametri di dimensionamento

Parametri di dimensionamento	Valori tipici
Tempo di ritenzione idraulica HRT [h]	1,5 - 2,5
Carico idraulico superficiale [m ³ /(m ² h)]	a) Sedimentazione fango primario: 1,3 - 2,0 alla Q _m 2,0 - 5,0 alla Q _p ; b) Sedimentazione fango primario + fango secondario: 1,0 - 1,3 alla Q _m 1,0 - 3,0 alla Q _p
Profondità del battente idraulico [m]	3,0 - 5,0
•	valori tipici per vasche rettangolari: 3,6
•	per vasche circolari: 4,5
Portata specifica di sfioro [m ³ /(m h)]	5,0 - 20,0 alla Q _m
•	valore tipico: 10,0
Velocità orizzontale [m/minuto]	1,2 - 1,5
<i>Legenda:</i>	
Q _m : portata media oraria giornaliera	
Q _p : portata oraria di picco max	

Controllo degli odori

La sedimentazione primaria, così come i pretrattamenti, è fonte di cattivi odori dovuti all'immissione in atmosfera di gas e vapori maleodoranti (ammoniaca e composti azotati, idrogeno solforato e composti solforati, composti organici volatili, altri composti prodotti dalla decomposizione biologica della sostanza organica).

L'impatto di questa fonte odorigena sull'ambiente dovrà essere adeguatamente valutato in modo da progettare e realizzare tutti gli accorgimenti tecnici necessari per contenere la diffusione degli odori, in particolare in siti di particolare pregio paesaggistico ed ambientale, o in località prossime a centri abitati o a zone edificabili.

Se necessario, dovrà quindi essere prevista una copertura delle vasche di sedimentazione; gli ambienti così confinati dovranno essere ispezionabili e mantenuti in leggera depressione. L'aria di ventilazione estratta non potrà essere immessa direttamente in atmosfera, ma dovrà essere sottoposta ad un trattamento adeguato di deodorizzazione adottando processi che dipendono dalle caratteristiche dei composti maleodoranti. I ricambi d'aria degli ambienti confinanti dovranno realizzare condizioni igienico-sanitarie idonee al lavoro degli operatori.

3.3.3.3 Trattamenti biologici

I sistemi depurativi per via biologica vengono solitamente impiegati come trattamenti secondari finalizzati alla rimozione delle sostanze organiche biodegradabili; tali trattamenti consentono altresì la rimozione dei solidi in forma colloidale, non sedimentabili e quindi non separabili con trattamenti di tipo fisico. Per via biologica possono essere rimossi anche l'azoto (tramite i processi di nitrificazione-denitrificazione) e il fosforo (trattati separatamente nel successivo paragrafo 3.3.3.4).

Un'unità di trattamento biologico dei reflui deve essere progettata in modo che alle popolazioni batteriche di interesse siano assicurate condizioni ambientali adeguate e tempo di ritenzione sufficiente a garantire la crescita e la conservazione della biomassa dentro il sistema. In particolare nella scelta del tempo di ritenzione della biomassa all'interno del sistema il progetto deve tener conto del possibile intervallo di temperature di esercizio, per la rilevante influenza che la temperatura esercita sulla velocità delle reazioni biologiche.

I principali processi biologici usati per il trattamento dei reflui possono essere raggruppati in cin-

que gruppi: processi aerobici, processi anossici, processi anaerobici, processi combinati (aerobici, anossici, anaerobici), processi di lagunaggio.
Nell'ambito di ciascun gruppo è poi possibile distinguere tra processi a colture sospese, a colture adese o combinati a colture adese e sospese.

PROCESSI AEROBICI A COLTURE SOSPESSE

I principali sistemi di trattamento biologico di tipo aerobico a colture sospese utilizzati per la rimozione della sostanza organica e, se richiesto, anche per l'ossidazione dell'azoto ammoniacale, possono essere raggruppati nei seguenti gruppi: sistemi a fanghi attivi convenzionali, sistemi a fanghi attivi ad aerazione prolungata, sistemi con stabilizzazione e contatto, sistemi ad ossigeno puro, sistemi a pozzo profondo, sistemi SBR (Sequencing Batch Reactors), lagune aerate.

Impianti a fanghi attivi convenzionali

In questi impianti, di gran lunga i più utilizzati per il trattamento di reflui urbani (soprattutto in impianti di media o grande potenzialità), si favorisce lo sviluppo all'interno del reattore di una biomassa (il fango attivo) in grado di biodegradare in condizioni aerobiche il refluo in ingresso che viene ad essa miscelato dando luogo alla cosiddetta miscela aerata. L'ambiente aerobico viene assicurato da opportuni sistemi di aerazione, che devono anche garantire la miscelazione in vasca, onde evitare fenomeni di sedimentazione.

All'uscita dal reattore biologico la miscela aerata viene inviata allo stadio di sedimentazione dove il fango attivo viene separato dal refluo trattato; una porzione di fango sedimentato viene ricircolata nel reattore per mantenere la desiderata concentrazione di microrganismi, mentre la rimanente parte viene inviata alla linea trattamento fanghi, ove si provvede alla sua stabilizzazione. Di norma il dimensionamento deve essere condotto attraverso l'impiego di modelli matematici basati sulla descrizione cinetica delle reazioni biologiche, in grado anche di rispondere alla necessità di gestire regimi di funzionamento di tipo transitorio. Il loro impiego, infatti, offre numerosi vantaggi, sia in fase di progettazione dell'impianto sia nel caso della sua gestione: in fase di progettazione, i modelli matematici consentono di confrontare diverse soluzioni progettuali per poi operare la scelta più opportuna; in fase di gestione il modello consente di prevedere il comportamento del sistema al variare delle condizioni di ingresso e dei parametri operativi.

L'applicazione dei modelli matematici richiede la disponibilità di dati per la taratura, ottenibili attraverso il controllo continuo dell'impianto.

Ove ciò non sia possibile, i principali parametri da usare per il progetto e il controllo del processo a fanghi attivi sono:

$$\bullet F_c = \text{Fattore di Carico} = \frac{S_o}{VX} \quad Q = \frac{S_o}{\theta X}$$

• dove:

- S_o = Concentrazione di BOD₅ influente [kg/m³];
- θ = Tempo di ritenzione idraulico della vasca di aerazione [d];
- X = Concentrazione di VSS nella vasca di aerazione [kg/m³]
- Q = Portata volumetrica media giornaliera [m³/d]
- V = Volume del reattore [m³]

F_c (kgBOD₅/kgVSS d) rappresenta il carico di sostanze organiche biodegradabili che viene applicato al giorno, riferito alla massa di solidi sospesi presenti nella vasca di aerazione. I microrganismi vengono rappresentati dai Solidi Sospesi Volatili (VSS), quali indicatore della biomassa presente in vasca.

Il prodotto $U = F_{c\eta} = \frac{S_o - S}{\theta X}$ rappresenta il tasso di utilizzo specifico del substrato, dove

$\eta = (S_o - S)/S_o$ è il rendimento del processo biologico, essendo S la concentrazione di BOD_5 in uscita della vasca di aerazione.

A diversi valori del fattore di carico F_c corrispondono diversi tipi di impianti a fanghi attivi, e quanto più basso sarà scelto F_c , tanto più elevati risulteranno i rendimenti di rimozione della sostanza organica ed il grado di nitrificazione dell'effluente, mentre il fango di supero risulterà ben stabilizzato ed in quantità ridotte; devono preferirsi invece alti fattori di carico quando interessa soprattutto la massima economia nella realizzazione dell'impianto.

In testa alle vasche di aerazione vengono talvolta realizzati comparti separati (detti "selettori") caratterizzati da valori elevati del fattore di carico F_c che favoriscono l'assorbimento della sostanza organica da parte dei microrganismi fiocco-formatori, sfavorendo così quelli filamentosi ed evitando in tal modo l'insorgere del bulking. La volumetria dei selettori viene determinata assumendo tempi di ritenzione di 10-30 minuti.

• $\vartheta_c = \text{Età del fango} = \frac{VX}{Q_r X_r + Q_e X_e}$ dove:

V = Volume della vasca di aerazione [m^3];

Q_r = Portata del fango di supero [m^3/d];

X_r = Concentrazione di VSS nel fango di supero [kg/m^3];

Q_e = Portata di liquame effluente [m^3/d];

X_e = Concentrazione di VSS nel liquame effluente dal sedimentatore secondario [kg/m^3].

ϑ_c è quindi il tempo medio di residenza dei microrganismi nel sistema (con riferimento alla vasca di aerazione), dato dal rapporto tra la massa di fango presente nel sistema e la quantità di fango prodotta giornalmente (in condizioni stazionarie).

La produzione giornaliera di fango dai processi biologici è calcolabile con la relazione

$$P_x = \frac{Y}{1 + k_d \vartheta_c} Q (S_o - S)$$

Dove:

Y = rendimento di crescita ($kg\ VSS/kg\ BOD_5$ rimosso)

k_d = coefficiente di respirazione endogena

Come già detto, i rendimenti depurativi dei sistemi a fanghi attivi, in termini di rimozione del BOD_5 risultano tanto maggiori quanto minore è il fattore di carico organico F_c . Occorre considerare, peraltro, che i rendimenti del processo sono intrinsecamente limitati dalla fase di sedimentazione a valle, a causa di un inevitabile rilascio nell'effluente di un certo quantitativo di solidi sospesi. In ogni caso, fino a valori di F_c di circa 0,5, il rendimento nell'abbattimento del BOD_5 si mantiene su valori superiori al 90%.

Per quanto riguarda l'efficienza energetica dei dispositivi di aerazione, è preferibile adottare aeratori superficiali di elevata qualità e diffusori a bolle fini, che assicurino rendimenti di 0,7 - 0,8 kWh/kgO_2 trasferito.

Impianti ad aerazione prolungata

Negli impianti ad aerazione prolungata al comparto di aerazione devono essere attribuiti valori del fattore di carico F_c molto bassi (generalmente nell'intervallo 0,05-0,10 kg BOD₅/kgVSS d) cosicché il fango biologico subisca una stabilizzazione elevata. La concentrazione del fango nella miscela aerata deve di solito risultare pari a 4 - 6 kgVSS/m³.

I volumi richiesti per fase di aerazione risultano maggiori che negli altri impianti, ma insieme al conseguente incremento dei costi d'impianto occorre considerare i vantaggi collegati ad una linea fanghi molto semplificata e ad un ridotto quantitativo di fango di supero. Inoltre, attese le elevate età del fango, l'effluente di un impianto ad aerazione prolungata risulta, anche se non specificamente voluto, sempre fortemente nitrificato e ciò costituisce un indubbio vantaggio nei confronti delle altre tipologie di impianto. Di ciò occorre tenere conto nel dimensionamento dei sistemi di aerazione.

Gli impianti ad aerazione prolungata sono particolarmente adatti per piccole e medie comunità, a partire da poche decine di A.E. fino a 5.000 - 10.000 A.E. Il grande volume delle vasche di aerazione conferisce a tali impianti una notevole capacità di tollerare punte di carico idraulico ed organico anche elevate.

Impianti con stabilizzazione e contatto

Lo schema di un impianto con stabilizzazione e contatto manca di sedimentazione primaria e prevede:

- una vasca di contatto, dove, in condizioni aerate, avviene una breve e intima miscelazione tra fango attivo e liquame e dove si sfrutta la capacità di adsorbimento da parte dei fiocchi di fango dei solidi sospesi presenti nei liquami; la concentrazione dei solidi sospesi nella miscela aerata deve, di solito, essere compresa tra 2 e 4 kgSS/m³;
- uno stadio di sedimentazione;
- un comparto di "riaerazione" del fango dove viene inviato il fango sedimentato e dove è effettuata una seconda ossidazione per consentire l'assimilazione da parte dei microrganismi delle sostanze adsorbite; la concentrazione del fango in questo stadio deve essere mantenuta su 6 - 9 kgSS/m³.

Il fango viene quindi reimmesso nel comparto di contatto, chiudendo così il ciclo. La separazione dell'aerazione nei due stadi di contatto e riaerazione (stabilizzazione) consente di operare con concentrazioni mediamente superiori rispetto ad un impianto a fanghi attivi convenzionale, ottenendosi così una riduzione dei volumi fino al 50%. Notevole inoltre risulta la resistenza nei confronti di eventuali scarichi tossici inibenti.

Lo svantaggio di questo tipo di impianti consiste in un funzionamento più complesso per l'aggiunta di una fase di trattamento nel ciclo: ciò rende tali impianti inadatti per piccole comunità, al di sotto di 1.000 - 2.000 A.E.

Impianti ad ossigeno puro

Negli impianti ad ossigeno puro l'aerazione viene realizzata con correnti gassose ad elevato tenore di ossigeno (92 - 99%); in questo modo il quantitativo di ossigeno trasferito in vasca risulta 4 - 5 volte maggiore rispetto a quanto è possibile fornire mediamente con sistemi di aerazione convenzionali.

Le usuali concentrazioni di ossigeno disciolto in vasca devono risultare pari a 6 - 8 mg/L, con una conseguente migliore penetrazione dell'ossigeno all'interno dei fiocchi di fango anche con elevate concentrazioni di solidi sospesi.

Per il rifornimento di ossigeno è possibile una delle seguenti alternative: allacciamento ad un even-

tuale ossigenodotto presente nelle vicinanze dell'impianto; produzione in loco con un impianto criogenico (a causa dei costi energetici elevati questa soluzione appare conveniente per potenzialità > 200.000 - 300.000 A.E.); produzione in loco con impianti utilizzanti setacci molecolari (il grado di purezza è del 90 - 94% ed i consumi energetici risultano più contenuti del sistema precedente).

Sistemi a pozzo profondo

I sistemi a pozzo profondo consistono in vasche anulari con sviluppo in profondità (120 - 150 m) e con limitate occupazioni di superficie; le vasche sono suddivise in due settori: uno interno a flusso discendente e l'altro anulare a flusso ascendente. La miscela aerata viene fatta circolare (previo avviamento con aria, insufflata in senso ascendente) con velocità di discesa regolata in modo da risultare sensibilmente maggiore della velocità ascensionale dell'aria di processo. Gli alti valori della pressione totale in vasca consentono di ottenere tassi elevati di trasferimento dell'ossigeno; i tempi di contatto sono molto lunghi e conseguentemente i rendimenti di utilizzo dell'ossigeno sono molto elevati. Le alte concentrazioni di ossigeno in vasca consentono di far fronte ad improvvisi incrementi di carico organico in ingresso.

Sistemi Sequencing Batch Reactor (SBR) o a cicli alternati

Sono dei sistemi a fanghi attivi costituiti da un bacino in cui, variando ciclicamente le condizioni di funzionamento, si realizzano i processi di ossidazione biologica, di sedimentazione e di estrazione dell'effluente depurato e dei fanghi di supero. Si tratta quindi di un processo a fanghi attivi nel quale le diverse fasi di processo si susseguono in sequenza temporale invece che spaziale (SBR).

L'alimentazione è di norma costituita da liquame grezzo, in genere grigliato e se necessario disoleato, o più raramente da liquame chiarificato. Solitamente a monte dell'SBR deve essere prevista anche una vasca di equalizzazione che consenta la laminazione del liquame influente e la regolazione del ciclo di carico desiderato.

In un impianto SBR si possono distinguere cinque diverse fasi di processo:

- alimentazione, durante la quale l'influente viene mescolato con la biomassa residua dal ciclo precedente, in una proporzione variabile tra il 25% ed il 70% del volume totale. Tempi brevi di alimentazione sono opportuni in quanto favoriscono la crescita di batteri fiocco-formatori, mentre sono preferibili tempi più lunghi in presenza di sostanze tossiche nel liquame influente. L'alimentazione può avvenire in condizioni operative diverse: calma, miscelazione o miscelazione con aerazione;
- reazione, durante la quale hanno luogo le trasformazioni biologiche in condizioni aerobiche. La durata del periodo di reazione può raggiungere il 50% della durata totale del ciclo;
- sedimentazione, che ha luogo in condizioni di assoluta quiescenza, con una durata che deve essere generalmente compresa tra 0,5 e 1,5 ore. Alla fine del periodo si procede allo scarico del liquame chiarificato e anche a quello del fango di supero.
- scarico dell'effluente, che deve essere realizzato in modo da evitare il trascinarsi e la fuoriuscita dei solidi sospesi con il liquame chiarificato, al fine di garantire una buona qualità dell'effluente. Il tempo previsto per la fase di scarico deve variare in genere dal 5% al 30% della durata complessiva del ciclo.

Ovviamente, la schematizzazione tra le diverse fasi non va interpretata in maniera rigida, potendosi talvolta verificare che due o più fasi si svolgano contemporaneamente oppure che si segua una sequenza differente da quella sopra indicata. Ad es., operando opportunamente sul sistema di aerazione, la fase di reazione può essere ulteriormente suddivisa in fasi anossiche anaerobiche e aerobiche al fine di operare la rimozione biologica di azoto e/o fosforo (vedi par.3.3.3.4).

Il sistema a cicli alternati utilizza lo stesso principio del reattore unico ma mantiene la sequenza spaziale degli impianti più tradizionali (alimentazione continua). Con appropriati sistemi di controllo si può anche evitare il ricorso al bacino di equalizzazione ed attuare una gestione con controllo remoto (questo per impianti di limitate potenzialità).

PROCESSI AEROBICI A COLTURE TESE

I sistemi di trattamento biologici di tipo aerobico a colture adese sono impiegati sia per la rimozione della sostanza organica sia per la nitrificazione. I principali sistemi a colture adese sono i filtri percolatori, i rotori biologici e i filtri biologici sommersi.

Impianti a filtri percolatori

I filtri percolatori consistono in un letto di materiale sciolto altamente permeabile a cui i microrganismi sono adesi in forma di pellicola biologica (biofilm) e attraverso cui viene fatto percolare il refluo da trattare, distribuito sulla superficie attraverso appositi dispositivi.

Onde evitare l'intasamento del letto è sempre opportuno che ai filtri percolatori pervengano liquami chiarificati, precedentemente sottoposti alle fasi di pretrattamento e di sedimentazione primaria.

Solitamente si deve provvedere al ricircolo dell'effluente della sedimentazione finale o dello stesso percolatore, al fine non solo di diluire il liquame influente, ma anche di mantenere la bagnatura ottimale della pellicola biologica, e ciò vale soprattutto nel caso di riempimenti in materiale plastico.

A differenza dei sistemi a colture sospese, la fase di sedimentazione a valle dei filtri percolatori non prevede ricircolo dei fanghi e tutto il fango sedimentato viene allontanato come fango di supero. Altra differenza consiste nell'assenza di dispositivi per la raccolta di schiume, oli e grassi, che normalmente sono assenti nel liquame dopo il passaggio attraverso il filtro percolatore.

Inoltre, nei filtri percolatori la nitrificazione è "terziaria" e si innesca solo dopo che il BOD_5 si è ridotto a valori compatibili con la crescita dei batteri autotrofi nitrificanti. La crescita della biomassa nitrificante richiede infatti la completa penetrazione del biofilm da parte dell'ossigeno; questa condizione non può essere soddisfatta quando la concentrazione di sostanze organiche nel film liquido aderente al biofilm è tale da abbassare notevolmente la concentrazione di ossigeno disciolto e limitarne pertanto la penetrazione dentro il biofilm.

Per la progettazione dei filtri percolatori per la rimozione del substrato carbonioso sono disponibili numerose equazioni tratte prevalentemente da osservazioni sperimentali su impianti in piena scala. Tali equazioni consentono di determinare la superficie di riempimento necessaria per ottenere una predeterminata efficienza di rimozione.

Per quanto riguarda la nitrificazione, il dimensionamento avviene considerando una cinetica di ordine zero, che, formalmente, corrisponde ad un carico di azoto per unità di superficie e di tempo. Alla cinetica di ordine zero si sostituisce una cinetica di primo ordine quando la concentrazione dell'azoto scende al di sotto di 3 - 4 mg/l.

Usualmente gli impianti a filtri percolatori si classificano sulla base del:

$$F_{cv} = \text{Fattore di Carico Volumetrico} \left[\frac{\text{Kg } BOD_5}{\text{m}^3 \text{ d}} \right]$$

che esprime il rapporto fra il carico organico giornaliero ed il volume della massa di contatto.

$$C_{is} = \text{Carico Idraulico Superficiale} [\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ d}],$$

che rappresenta la portata volumetrica, incluso il ricircolo, per unità di superficie del letto.

In base ai valori del fattore di carico volumetrico, i filtri percolatori si classificano in filtri a basso

carico, filtri a medio carico, filtri ad alto carico, filtri ad altissimo carico come indicato nella tabella seguente.

Tabella 7 - Parametri tipici dei filtri percolatori

Caratteristica	Basso carico	Medio Carico	Alto carico	Altissimo carico	Doppio stadio
Materiale di riempimento	naturale	naturale	naturale	plastico	naturale, plastico
Carico idraulico [m ³ /m ² d]	0,02 - 0,06	0,06 - 0,15	0,15 - 0,6	0,19 - 1,12	0,15 - 0,6
Carico organico [kg BOD ₅ /[m ³ d]	0,1 - 0,5	0,25 - 0,5	0,5 - 1,0	0,5 - 1,6	1,0 - 2,0
Profondità [m]	2 - 3	2 - 3	1 - 2	3 - 13	2 - 3
Coeff. Ricircolo	0	0 - 1	1 - 2	1 - 2	0,5 - 2
Rimozione % BOD ₅	80 - 90	50 - 70	65 - 85	65 - 80	85 - 95

Nei filtri percolatori a basso carico solo nello strato superiore del filtro (0,6 - 1,2 m) si sviluppa un'apprezzabile pellicola biologica eterotrofa, mentre negli strati inferiori possono crescere popolazioni batteriche autotrofe che provvedono alla nitrificazione dell'effluente. Nel caso di nitrificazione è consigliato il ricircolo per evitare inibizione da bassi pH.

Nei filtri percolatori a medio e ad alto carico, essendo elevata la produzione di biomassa, occorre avere valori elevati anche del carico idraulico per facilitare il distacco della biomassa dal materiale di supporto ed evitare così intasamenti. E' previsto, pertanto, il continuo ricircolo dell'effluente dal filtro o dalla sedimentazione posta a valle. La portata ricircolata deve di solito essere pari a 2-3 volte la portata media in arrivo. I fanghi di supero che si ottengono risultano altamente putrescibili e devono essere rapidamente stabilizzati.

I filtri percolatori ad altissimo carico lavorano con valori molto alti del carico idraulico e si distinguono da quelli ad alto carico soprattutto per le maggiori altezze dello strato filtrante, possibili grazie all'utilizzo di materiale plastico.

Per quanto riguarda i rendimenti depurativi, con i filtri percolatori non si riescono a raggiungere gli stessi risultati degli impianti a fanghi attivi, soprattutto a causa del minore tempo di contatto tra la sostanza organica ed i microrganismi. In maniera ancora più sensibile che negli impianti a fanghi attivi, il rendimento depurativo di rimozione del BOD₅ decresce all'aumentare del fattore di carico volumetrico.

Rispetto agli impianti a fanghi attivi i filtri percolatori presentano il vantaggio di consumi energetici molto più ridotti, dovuti al fatto che l'aerazione avviene per effetto di un tiraggio naturale. I consumi diventano praticamente nulli se l'impianto può funzionare per caduta naturale senza alcun sollevamento: in tal caso si hanno consumi massimi di 4-12 kWh/ab.anno contro i 10-40 kWh/ab.anno degli impianti a fanghi attivi. In taluni casi occorre valutare la necessità di introdurre la ventilazione forzata, di norma nel caso si voglia ottenere una sufficiente nitrificazione.

Sistemi a rotori biologici (biodischi)

Un sistema a rotori biologici (o biodischi) è costituito da una vasca semicilindrica orizzontale all'interno della quale un albero centrale sostiene una serie di dischi sui quali si sviluppa il film biologico. L'albero viene posto in lenta rotazione cosicché i dischi vengono ad avere le superfici alternativamente immerse nel liquame che riempie la vasca ed esposte all'atmosfera.

Il trattamento prevede normalmente una compartimentazione dei biodischi in modo da realizza-

re più stadi in serie, costituiti da singoli gruppi di dischi disposti in una porzione di vasca separata, ciascuno di essi operante con un carico organico in arrivo inferiore a quello del precedente. Si realizza praticamente uno schema di più reattori a miscelazione completa disposti in serie, con un grado di depurazione tanto più elevato quanto più è alto il numero di stadi.

In alcuni casi i biodischi vengono alloggiati in ambienti chiusi, per motivi di tipo estetico e ambientale, per proteggere il materiale plastico dai raggi solari, che tra l'altro favorirebbero anche lo sviluppo di alghe, e per cautelarsi nei confronti delle basse temperature.

Il campo di applicazione preferenziale di questo tipo di sistema sono le piccole-medie comunità, fino a 10 - 15.000 A.E., anche se vi sono casi di applicazioni anche per potenzialità maggiori.

Il dimensionamento dei rotori biologici deve avvenire con riferimento a valori di carico organico specifico generalmente compresi nell'intervallo di 40 - 60 gBOD₅ totale/m²d oppure di 20-30 gBOD₅ solubile/m²d. Fattori di carico considerevolmente più bassi vanno previsti nel caso di climi caldi, a causa della possibile limitazione nel trasferimento dell'ossigeno, e qualora si voglia consentire anche la nitrificazione del refluo che, come nel caso dei filtri percolatori, si innesca solo dopo che gran parte del substrato carbonioso è stato rimosso.

I moduli hanno dimensioni standard a cui corrispondono modalità di funzionamento ed efficienza predefinite.

Per il dimensionamento del volume del bacino d'immersione si deve fare riferimento a valori di circa 5×10^{-3} m³ di vasca/m² di superficie disponibile, a cui corrisponde un tempo di ritenzione di circa 1,5 h; il grado di immersione dei biodischi sarà di circa il 40%. La velocità periferica di rotazione è normalmente di circa 30 cm/s (1-2 giri/min per dischi di grande diametro e 3- 4 giri/minuto per dischi di diametro minore).

In generale, per ottenere rendimenti di abbattimento del BOD₅ dell'85% occorre adottare almeno due stadi; per pervenire ad una rimozione del 90 - 95% occorre che l'impianto operi con 3-4 stadi. I consumi di energia (per azionare il moto di rotazione del tamburo) sono pari a circa 10-20 Wh/ab giorno (dello stesso ordine di grandezza dei filtri percolatori ad alto carico e nettamente inferiori a quelli degli impianti a fanghi attivi).

Filtri biologici sommersi

Si tratta di reattori completamente sommersi ed aerati, inizialmente dedicati ad impiego in applicazioni di tipo industriale ed ora utilizzati anche nel trattamento delle acque reflue urbane.

Il flusso liquido può essere di tipo discendente, ascendente oppure trasversale. In ogni caso è di fondamentale importanza garantire l'uniforme distribuzione del liquame in ingresso nel reattore per evitare la formazione di spazi morti e drastiche riduzioni dell'efficienza.

L'impiego di tali reattori nell'ambito della rimozione biologica della sostanza organica è proponibile purché, oltre ad una preventiva sedimentazione primaria si provveda anche ad una rimozione periodica dei solidi accumulati per mezzo di opportuni cicli di lavaggio.

Nei filtri a flusso discendente all'interno del mezzo di riempimento è disposto un sistema di aerazione a bolle che fornisce l'ossigeno necessario alla biomassa adesa; la zona ad esso sottostante esplica un'azione filtrante sull'effluente finale in modo da ricondurre i solidi sospesi al di sotto di 15 - 20 mg/L. In questo modo è possibile evitare l'impiego di un sedimentatore secondario, salvo però effettuare periodiche operazioni di controlavaggio del letto del filtro (solitamente automatizzate). Per effettuare la denitrificazione occorre dosare metanolo nella zona sottostante alla griglia di aerazione o di sospendere ciclicamente l'aerazione.

I filtri a flusso ascendente sono di due tipi: un primo tipo è caratterizzato da un mezzo di riempimento più pesante dell'acqua e non richiede solette superiori di contenimento, a differenza dei filtri del secondo tipo, realizzati in materiale flottante (es. polistirene espanso), per i quali la soletta deve essere dimensionata per contenere la spinta di galleggiamento del supporto e le sollecitazioni da esso trasmesse durante il controlavaggio. Lo spessore dello strato filtrante è gene-

ralmente superiore rispetto a quello dei filtri a flusso discendente. I filtri a flusso ascendente consentono anche la pre-denitrificazione del liquame, ricircolando il liquame effluente, nitrificato, alla base del reattore, nella zona non aerata.

Le esigenze di controlavaggio impongono, per entrambe le tipologie di filtri, la realizzazione di più unità in parallelo. Il carico idraulico applicato viene generalmente mantenuto tra 0,8 e 5 m/h. L'aerazione deve essere tale da assicurare una concentrazione di ossigeno disciolto variabile tra 3 e 6 mgO₂/L, il che si traduce in forniture d'aria dell'ordine di 6 - 10 Nm³/m³ di filtro all'ora, che sale a 15 - 20 nel caso di nitrificazione, con rendimenti di ossigenazione variabili dal 4 al 20%.

Per quanto riguarda il controlavaggio, il volume di acqua di controlavaggio richiesto deve essere mediamente pari all'8 - 10% del volume di acqua trattata giornalmente, ma può raggiungere il 20% nel caso di reflui particolari; la velocità da applicare durante il controlavaggio è di circa 50 m/h (sia per l'aria sia per l'acqua di lavaggio) nel caso di filtro a flusso discendente è di 70 m/h per l'aria e 20 m/h per l'acqua nel caso di filtri a flusso ascendente.

PROCESSI AEROBICI COMBINATI A COLTURE ADESE E SOSPESE

Biofiltri Attivati

Il processo a biofiltri attivati (ABF, Activated Bio Filter) consiste in un classico processo a filtro percolatore ad alto carico in cui è previsto il ricircolo dei fanghi dopo una loro miscelazione all'influente in un'apposita vasca di carico. I fanghi vengono ricircolati sia dal sedimentatore secondario, posto a valle del biofiltro, sia direttamente dal fondo del filtro.

Dato che la biomassa sospesa assorbe una frazione apprezzabile dell'ossigeno fornito, l'aerazione può divenire un fattore limitante nel funzionamento del filtro.

Il principale vantaggio offerto dal sistema ABF, rispetto ad un altro percolatore ad alto carico, consiste in maggiori rendimenti di rimozione della sostanza organica, grazie all'ossidazione combinata operata, durante la percolazione, dalla biomassa adesa e da quella sospesa presente nel flusso liquido discendente.

Biofiltri seguiti da un processo a fanghi attivi

Nel processo (ABF/AS, Activated Bio Filter/Activated Sludge), il refluo miscelato ai fanghi, dopo aver attraversato il filtro percolatore, viene immesso in una vasca tradizionale di aerazione a colture sospese collegata a un sedimentatore secondario.

Considerando il biofiltro ed il bacino di aerazione come un unico sistema di trattamento, è possibile introdurre il concetto di Fattore di Carico F_c anche per questa tipologia di impianti; solitamente per il dimensionamento del bacino di aerazione si considerano valori di F_c variabili tra 1,0 e 1,5 kgBOD₅/m³ d, vale a dire 3 o 4 volte superiori rispetto ad una convenzionale vasca a fanghi attivi non preceduta da un biofiltro, con conseguenti risparmi in termini di volumetrie necessarie.

Il maggior vantaggio del processo ABF/AS è una maggiore stabilità ai sovraccarichi e una maggiore facilità di controllo rispetto ai sistemi a fanghi attivi, qualità che lo rende particolarmente indicato nel caso dei piccoli impianti.

Filtri percolatori seguiti da una vasca di contatto

Il processo TF/SC (Trickling Filter/Solid Contact) è costituito da un filtro percolatore, una vasca di contatto aerobica ed un sedimentatore finale; a monte del processo è sempre necessario prevedere la sedimentazione primaria.

Un flusso di fango ricircolato dal sedimentatore, miscelato all'effluente proveniente dal percola-

tore, viene aerato nella vasca di contatto e reimpresso nel sedimentatore attraverso un opportuno comparto centrale di flocculazione.

Tale variante di processo, rispetto ai sistemi tradizionali a letti percolatori, ha come scopo il miglioramento della separazione dei solidi sospesi nel sedimentatore secondario. La vasca di aerazione, inoltre, svolge anche un apprezzabile abbattimento del BOD₅ solubile residuo: garantendo un tempo di residenza idraulico compreso tra i 10 e i 60 minuti è possibile ottenerne rimozioni anche superiori al 50%.

Al fine di ottimizzare le condizioni operative occorre: garantire una sufficiente aerazione per la miscela effluente-fanghi per incrementare le caratteristiche di sedimentabilità; evitare di compromettere la struttura dei fiocchi, adottando sistemi di aerazione a bolle fini e limitando al massimo l'agitazione meccanica della miscela effluente-fanghi; garantire una concentrazione di solidi nella miscela aerata compresa tra 500 e 1000 mg/L; inserire un comparto di flocculazione all'interno del sedimentatore secondario.

I vantaggi del processo TF/SC possono essere così sintetizzati: per concentrazioni di BOD₅ solubile e di SS nell'inflente rispettivamente dell'ordine di 100 e 150 mg/L e per carichi idraulici sul sedimentatore fino a 1,5 m/h, si ottengono concentrazioni di BOD₅ e SS nell'effluente non superiori a 10 mg/L; il fango biologico prodotto presenta ottime caratteristiche di sedimentabilità, con valori dello SVI di 60 - 120 mL/g.

PROCESSI ANAEROBICI

Alcuni aspetti positivi dei processi anaerobici (quali i ridotti consumi energetici, il possibile recupero di biogas e la bassa produzione di fango di supero) ne hanno finora promosso l'utilizzo soprattutto come fase di pretrattamento di liquami ad alta forza (reflui industriali, percolati di discarica, ecc.). A questi vantaggi si contrappongono i rendimenti ridotti rispetto ai processi aerobici, la minore velocità di reazione e la elevata sensibilità alla temperatura, che ne hanno finora limitato l'uso nel trattamento delle acque reflue urbane. D'altra parte, la difficoltà di far crescere la biomassa metanigena nelle condizioni tipiche della depurazione delle acque reflue urbane (tempi brevi di ritenzione idraulica e temperatura ambiente) può essere superata adottando configurazioni di bioreattori di tipo avanzato, capaci di trattenere una notevole quantità di biomassa anche in condizioni di elevati carichi idraulici (ad es. reattori del tipo Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Pertanto, i processi anaerobici stanno trovando impiego anche per il trattamento delle acque reflue urbane.

Dal punto di vista biologico il processo anaerobico si svolge in due fasi, tra cui deve stabilirsi una condizione di equilibrio dinamico. Le due fasi, ciascuna a carico di diverse popolazioni microbiche anaerobiche, sono:

- fase idrolitica e di fermentazione acida, con la solubilizzazione del materiale sospeso, la formazione di zuccheri semplici, acidi grassi volatili, glicerolo e aminoacidi e la successiva trasformazione dei composti disciolti in acidi semplici, NH₃, CO₂, H₂S;
- fase metanigena, con la trasformazione degli acidi grassi volatili in CH₄ e CO₂. I batteri metanigeni costituiscono fattore limitante nello sviluppo generale delle reazioni biologiche essendo caratterizzati dal più basso tasso di crescita; ciò fa sì che, per conseguire il richiesto grado di conversione, siano richieste elevate età del fango.

I processi anaerobici maggiormente utilizzati per il trattamento dei reflui sono: processi per contatto, processi a letto di fango a flusso ascendente (UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket), processi anaerobici a colture adese (letto fisso e letto espanso).

Tipici parametri operativi e di prestazione per queste categorie di processi sono riportati in Tabella 8.

Tabella 8 - Tipici parametri operativi e di prestazione di processi anaerobici per il trattamento di reflui concentrati

Processo	COD influente [mg/L]	Tempo Ritenzione [h]	Carico Organico [kgCOD/m ³ d]		Rimozione COD [%]
			T=15°-25°C	T=30°-35°C	
Processo per contatto	1.500 - 5.000	2 - 10	0,5 - 2	2 - 6	75 - 90
UASB	5.000 - 15.000	4 - 12	1 - 3	3 - 10	75 - 85
Letto fisso	10.000 - 20.000	24 - 48	1 - 3	3 - 10	75 - 85
Letto espanso	5.000 - 10.000	5 - 10	1 - 4	4 - 10	80 - 85

Processi a colture adese

I due processi maggiormente utilizzati per il trattamento dei reflui sono i filtri anaerobici (a letto fisso) ed i processi a letto espanso.

Il ridotto apporto di solidi sospesi nell'influente e la bassa produzione di fango consentono quasi sempre di evitare una fase di sedimentazione a valle. E' invece solitamente previsto il ricircolo di una certa aliquota dell'effluente, per raggiungere i valori di portata richiesti e per ottenere una certa diluizione del liquame influente.

A differenza del caso aerobico i batteri non subiscono dilavamento, per cui è possibile raggiungere età del fango molto elevate (finanche di 100 giorni) anche con ridotti tempi di ritenzione idraulica, il che rende fattibile anche il trattamento di liquami a bassa forza alla temperatura ambiente. Si giunge a concentrazioni di biomassa di 15.000 - 40.000 mgSS/L, ed è possibile il trattamento di reflui urbani con tempi di ritenzione relativamente bassi.

STAGNI BIOLOGICI

Tali sistemi di trattamento, particolarmente indicati per le piccole comunità, consistono in bacini interrati ed impermeabilizzati nei quali avviene la degradazione biologica del refluo influente ad opera sia di batteri sia di alghe.

In base alle reazioni biologiche che in essi hanno luogo, funzione soprattutto dell'altezza idrica, è possibile classificare gli stagni in: stagni anaerobici, stagni facoltativi, stagni aerobici, stagni aerati.

Stagni anaerobici

In essi le reazioni biologiche si svolgono in ambiente completamente anaerobico e a tal fine occorrono altezze idriche elevate, superiori agli 8 m.

I processi anaerobici che si innescano sul fondo determinano produzione di biogas; questo, risalendo in superficie, favorisce la formazione di una crosta superficiale che impedisce sia la dissoluzione dell'ossigeno attraverso lo specchio liquido, sia il passaggio della luce ed il conseguente proliferare delle alghe fotosintetiche, produttrici di ossigeno; in questo modo si hanno condizioni anaerobiche nell'intero bacino.

Il liquame viene scaricato dopo 40 - 50 giorni di permanenza in vasca, mentre la massa batterica sul fondo viene asportata ogni 2 - 3 anni; si deve operare in genere a un Fattore di Carico Volumetrico (F_{CV}) tra 0,015 e 0,025 kgBOD₅/m³ d.

Questo tipo di sistema viene utilizzato per il trattamento di liquami ad alta forza.

I rendimenti del processo si attestano sul 60 - 70% in termini di rimozione del BOD₅.

Stagni facoltativi

Tali stagni vengono realizzati con altezze idriche di 0,9 - 1,5 m, tali che negli strati inferiori si svolgono processi di tipo anaerobico, mentre in quelli superficiali risulta favorita la degradazione aerobica, o meglio facoltativa: batteri facoltativi operano di giorno in condizioni aerobiche sfruttando l'ossigeno prodotto dalle alghe che a loro volta si servono della CO₂ prodotta dagli stessi batteri, mentre in assenza di luce si innescano condizioni anaerobiche.

Solitamente agli stagni facoltativi si deve far pervenire un liquame preventivamente grigliato ed in alcuni casi l'effluente di una sedimentazione primaria.

Si deve operare in genere a tempi di ritenzione di 20 - 30 giorni, e a Fattori di Carico Superficiale (F_{CS}) tra 30 e 70 kgBOD₅/ha d.

Si raggiungono rendimenti di circa il 90% in termini di rimozione del BOD₅.

Stagni aerobici

Sono realizzati con altezze idriche di 0,2 - 0,6 m, in modo da garantire ovunque il passaggio di luce ed il conseguente sviluppo delle alghe fotosintetiche; l'apporto di ossigeno da esse fornito garantisce un funzionamento completamente aerobico.

Si deve provvedere ad un periodico rimescolamento (circa 3 h al giorno) del contenuto del bacino per ottenere la stabilizzazione del fango sedimentato; a tal fine devono essere utilizzati pompe o sistemi di aerazione superficiale.

La temperatura ottimale si aggira intorno ai 20°C.

Si deve operare in genere a Fattori di Carico Superficiale = F_{CS} = 20 - 30 kgBOD₅/ha d (valori superiori innescerebbero al fondo condizioni anaerobiche).

Si raggiungono rendimenti di circa il 95% in termini di rimozione del BOD₅.

Stagni aerati

Tali bacini vengono realizzati con elevate altezze idriche, 2-4 m, soddisfacendo la richiesta di ossigeno delle popolazioni microbiche con sistemi artificiali quali turbine galleggianti o sistemi di aerazione diffusa.

Per il dimensionamento si deve fare riferimento a tempi di residenza idraulici di circa 10 giorni e a Fattori di Carico Superficiale (F_{CS}) di circa 500 kgBOD₅/ha d.

Come nel caso precedente, si raggiungono rendimenti di circa il 95% in termini di rimozione del BOD₅, ma con il chiaro vantaggio di minori occupazioni di superficie.

Fitodepurazione

La fitodepurazione è un sistema di trattamento a ridotto impatto ambientale, definito anche di tipo "naturale", basato principalmente su processi biologici. Gli impianti di fitodepurazione sono costituiti da ambienti umidi riprodotti artificialmente in bacini impermeabilizzati, attraversati, con diversi regimi di flusso, dalle acque reflue opportunamente collettate. Anche se realizzati con materiali tecnologici, tali impianti hanno l'aspetto di stagni e canneti e consentono quindi un buon inserimento ambientale purché progettati con attenzione rispetto al contesto paesaggistico. Tali sistemi sono caratterizzati dalla presenza di specie vegetali tipiche delle zone umide (macrofite igrofile), radicate ad un substrato di crescita o flottanti sullo specchio d'acqua. Le piante e, soprattutto, le comunità microbiche che si sviluppano all'interno del sistema sono responsabili del processo depurativo.

La fitodepurazione può essere applicata a reflui di diversa tipologia (domestica, industriale, agricola, ecc.) e può essere utilizzata per il trattamento secondario e terziario dei reflui urbani. Il suo

funzionamento è caratterizzato da un'elevata tolleranza alle oscillazioni di carico organico ed idraulico, per cui risulta adatta anche per il trattamento dei reflui provenienti da agglomerati con popolazione fluttuante.

È possibile distinguere i sistemi di fitodepurazione in:

- sistemi con macrofite galleggianti;
- sistemi con macrofite radicate sommerse;
- sistemi con macrofite radicate emergenti:
 - a flusso superficiale;
 - a flusso sub-superficiale (orizzontale o verticale).

I sistemi con macrofite galleggianti consistono in bacini, la cui superficie può essere completamente coperta da piante acquatiche, all'interno dei quali vengono immessi i reflui pretrattati che soggiornano con tempi di ritenzione variabili da un giorno a diverse settimane.

I sistemi con macrofite radicate consistono in vasche o canali impermeabilizzati contenenti un substrato che costituisce il letto di crescita delle piante. Le macrofite possono essere completamente sommerse dall'acqua o emergenti. Nei sistemi a macrofite radicate emergenti il flusso del refluo può essere superficiale o subsuperficiale.

Nei sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale il refluo pretrattato scorre orizzontalmente da un fronte all'altro del bacino facilitato da una leggera pendenza del fondo. Tali sistemi sono concepiti in modo che, in condizioni di normale esercizio, il livello dell'acqua rimanga costantemente al di sotto della superficie vegetata. La geometria ed il sistema di alimentazione dovranno essere tali da assicurare la distribuzione uniforme delle acque reflue all'interno del letto. Tali impianti sono in grado di rimuovere i solidi sospesi, la sostanza organica e i nitrati eventualmente presenti (grazie alla presenza di zone anossiche e alla continua disponibilità di carbonio organico fornito dalla vegetazione) mentre appare limitata la capacità di abbattimento dell'azoto ammoniacale.

Nei sistemi a flusso sub-superficiale verticale il refluo viene alimentato sulla superficie del letto e, percolando attraverso il substrato di crescita, viene raccolto sul fondo mediante un sistema di drenaggio, che lo convoglia all'esterno. Le caratteristiche funzionali di tali sistemi consentono, a parità di superficie, l'applicazione di carichi organici maggiori. L'alimentazione è intermittente con cicli di riempimento e svuotamento; la fase di svuotamento ha l'effetto di richiamare l'aria all'interno del letto consentendo la diffusione dell'ossigeno e quindi una maggiore capacità di nitrificazione ed ossidativa in genere.

La scelta della migliore configurazione impiantistica deve essere valutata caso per caso ed effettuata sulla base di informazioni relative alla quantità e tipologia di refluo da trattare, alla disponibilità di superficie da adibire al trattamento, alle condizioni climatiche della zona. In funzione degli obiettivi che si intendono perseguire si può ricorrere alla combinazione di più elementi delle varie tipologie (flusso superficiale, sub-superficiale orizzontale/verticale), posti in serie o in parallelo.

La fase di pretrattamento è ritenuta indispensabile e deve assicurare la rimozione dei solidi sedimentabili (trattamento primario), che potrebbero interferire negativamente con il corretto deflusso del liquame nelle vasche. I dispositivi più frequentemente utilizzati a tale scopo sono le fosse Imhoff e le fosse settiche a più comparti, come le tricamerali.

I principali dati a base di progetto sono il carico idraulico superficiale, il carico inquinante e particolare rilevanza rivestono i dati di bilancio idrico. In fase di progettazione è, infatti, estremamente importante tenere conto della temperatura e delle caratteristiche meteorologiche del sito: devono essere valutati tutti gli aspetti inerenti al bilancio idrico del sistema, compreso il fenomeno dell'evapotraspirazione.

Il dimensionamento dei sistemi di fitodepurazione, come avviene per qualsiasi impianto di depurazione, deve essere effettuato ricorrendo ad opportuni calcoli. Per i sistemi a flusso sommerso orizzontale (che al momento rappresentano la tipologia impiantistica più diffusa sia a livello na-

zionale sia internazionale) e per i sistemi a flusso superficiale, alcuni autori ritengono valide equazioni ricavate da modelli cinetici del primo ordine, che utilizzano costanti semiempiriche ricavate dall'analisi dei dati ottenuti in migliaia di impianti esistenti, le quali permettono di ricavare la superficie sulla base dei dati di progetto e dell'abbattimento richiesto. Un altro approccio, anch'esso fondato sull'analisi dei rendimenti delle esperienze esistenti, consiste nell'utilizzo di coefficienti aerali, come ad es. l' Aeral Loading Rate, per i sistemi a flusso superficiale (ALR: 4-6 g BOD/m² d e 3-5 g SST/ m² d), proposto dall' EPA in un recente manuale.

Il dimensionamento dei sistemi a flusso sommerso verticale, che tra le varie tipologie di fitodepurazione si sono dimostrati come i più efficaci nella reazione di ossidazione degli inquinanti, viene invece effettuato sul calcolo del fabbisogno di ossigeno necessario per l'ossidazione del carico in ingresso con l'utilizzo di un coefficiente semiempirico che esprime la capacità di trasferimento dell'aria verso il biofilm batterico presente sul supporto inerte all'interno del letto. Nel dimensionamento di questi sistemi si deve prestare particolare attenzione alla problematica dell'intasamento dei letti per la creazione di una crosta superficiale, di natura prevalentemente organica, per cui di recente sono stati suggeriti dei valori limite relativi al carico organico alimentare giornalmente per unità di superficie.

Per tutte le tipologie impiantistiche i risultati del dimensionamento di processo devono essere elaborati e verificati in funzione dei valori usualmente assunti per le grandezze idrauliche (carico idraulico applicato e tempo di ritenzione).

La superficie richiesta per A.E., che scaturisce dall'applicazione dei calcoli di dimensionamento, dipende dalle caratteristiche del refluo da trattare, dalla tipologia di impianto prescelta, dalle caratteristiche meteorologiche e ambientali del sito di ubicazione e dal livello di abbattimento delle sostanze inquinanti che si intende perseguire. L'area richiesta per il trattamento secondario di un refluo domestico di usuale composizione è:

per i sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale

- 2-5 m²/A.E.

- superficie minima del letto 20 m²

per i sistemi a flusso sub-superficiale verticale

- 2-3 m²/A.E.

- superficie minima del letto 10 m²

per i sistemi a flusso superficiale

- 10-20 m²/A.E.

- carico idraulico 2-14 ha per 1000 m³/d

Tutti i sistemi di fitodepurazione devono essere totalmente o parzialmente isolati dal terreno circostante tramite una barriera impermeabile, al fine di impedire ogni tipo di contaminazione del suolo e della falda. In alcuni casi può essere utilizzato materiale impermeabile naturale (argilla), in altri casi si deve ricorrere ad un'impermeabilizzazione artificiale, che in genere consiste in teli impermeabili resistenti allo sviluppo radicale, membrane sintetiche (HDPE o LDPE) oppure membrane in PVC. Le specifiche di impermeabilizzazione devono essere eseguite accuratamente al fine di evitare perdite, in particolar modo qualora si renda necessario l'utilizzo di teli saldati (telo con telo, telo con tubazioni).

Per i sistemi a flusso sub-superficiale, le specifiche riguardanti la granulometria e la composizione del letto di radicazione devono essere seguite attentamente, poiché il buon funzionamento dell'impianto è legato alle caratteristiche di permeabilità del letto stesso. Per questo motivo è importante, al momento della costruzione, evitare il compattamento degli strati superficiali con macchine operatrici non adeguate o mal utilizzate.

Il letto di radicazione è costituito da materiale inerte di diversa granulometria (generalmente ghiaia e sabbia) ed ha la funzione di supporto della vegetazione e della biomassa adesa (il biofilm, responsabile della depurazione), nonché di filtrazione meccanica e di immobilizzazione di inquinanti per adsorbimento. Onde evitare fenomeni di intasamento, la conducibilità idraulica all'in-

terno del substrato deve essere pari a 10^{-3} - 10^{-4} m/s. Matrici con conducibilità idraulica inferiore a 10^{-4} m/s non sono raccomandabili se non per reflui estremamente diluiti.

La profondità del letto dovrà corrispondere alle esigenze dell'apparato radicale delle specie vegetali utilizzate. La pendenza del fondo, nei sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale deve essere pari almeno allo 0,1% circa, per favorire il cammino idraulico del refluo da un fronte all'altro della vasca.

La geometria dei bacini è un aspetto importante, in quanto deve garantire una buona distribuzione dei liquami all'interno delle vasche. Il rapporto tra lunghezza e larghezza del bacino influenza la capacità di rimozione del BOD, dell'ammoniaca e dei solidi sospesi.

Gli impianti di fitodepurazione tendono, nel tempo, ad andare incontro a condizioni di saturazione (accumulo di biomassa all'interno del sistema). Tuttavia, tale fenomeno è molto lento e dipende comunque dalla tipologia impiantistica adottata. I sistemi a flusso superficiale, se correttamente gestiti, raggiungono una condizione di equilibrio che consente il funzionamento pressoché perenne. Il letto di crescita dei sistemi a flusso sub-superficiale, invece, dovrebbe teoricamente essere pulito o sostituito ogni 10-20 anni. Tuttavia, gli impianti in funzione da più tempo non hanno ancora fatto registrare cali di rendimento tali da giustificare tale intervento. Gli impianti di fitodepurazione una volta realizzati permettono modeste possibilità di regolazione, pertanto risulta di fondamentale importanza eseguire con cura le fasi di progettazione e dimensionamento.

Vantaggi e limitazioni dei sistemi di fitodepurazione

Gli impianti di fitodepurazione sono sistemi caratterizzati da una estrema semplicità gestionale, elevata flessibilità funzionale (nei confronti del carico organico e idraulico) e da bassissimi consumi energetici.

I sistemi più diffusi in Italia sono quelli a flusso sub-superficiale, in quanto, rispetto alle altre tipologie impiantistiche, presentano numerosi vantaggi, quali: il più facile inserimento ambientale; l'elevata efficienza depurativa anche nei mesi invernali (soprattutto in relazione all'abbattimento dei solidi sospesi, del carico organico e della carica batterica); la maggiore semplicità di gestione e manutenzione; l'assenza di problemi legati all'insorgenza di cattivi odori e alla presenza di insetti. I sistemi di fitodepurazione presentano tuttavia alcune limitazioni che devono essere valutate a livello di scelta progettuale e gestite con accortezza.

Una possibile causa di inefficienza può essere rappresentata dalle condizioni climatiche, nel caso dei sistemi a pelo libero, che risentono delle basse temperature invernali. L'efficienza dei sistemi a flusso sub-superficiale, invece, si mantiene buona anche nei mesi invernali: il livello dell'acqua al disotto del suolo vegetato e l'accumulo di detriti vegetali sulla superficie del letto, infatti, offrono una protezione termica maggiore che nei sistemi a flusso superficiale.

La disponibilità di ampie superfici da adibire al trattamento e i costi elevati per l'acquisizione del suolo, possono costituire un forte limite per l'impiego delle tecniche di fitodepurazione.

Gli impianti a flusso superficiale, infine, possono essere caratterizzati dalla presenza di acqua stagnante con flussi molto ridotti; tali condizioni possono favorire la presenza di zanzare. Tale rischio può essere ridotto favorendo continue modificazioni del livello delle acque all'interno del sistema ed, eventualmente, popolando l'ambiente di predatori delle larve di zanzara. Uno dei problemi cui si può andare incontro, sempre e solo nel caso di sistemi ad acqua libera, è l'insorgenza di cattivi odori; tale inconveniente può essere evitato con una appropriata progettazione e manutenzione.

3.3.3.4 Rimozione dei nutrienti

Gli impianti privi di specifici trattamenti per la rimozione dei nutrienti rimuovono una quota non elevata dei composti dell'azoto e del fosforo (nella sedimentazione primaria: il 5 - 25% per l'azoto totale e il 5 - 20% per il fosforo totale; negli stadi biologici: il 15 - 40% per l'azoto totale e il 10 - 30% per il fosforo totale). Pertanto, per rimuovere in modo sostanziale azoto e fosforo, è necessario ricorrere a trattamenti specifici.

RIMOZIONE DELL'AZOTO

Per l'abbattimento dell'azoto si utilizza prevalentemente il processo biologico articolato in nitrificazione in condizioni aerobiche e denitrificazione in condizioni anossiche. Il processo risulta fortemente influenzato dalla temperatura e dal pH (intervallo ottimale: 7-8).

Nitrificazione biologica

Il processo è caratterizzato da elevati consumi di ossigeno, pari a circa 4,6 mgO₂/mgN-TKN ossidato; la concentrazione di ossigeno disciolto non deve scendere al di sotto di 2 mg/L per non influenzare la velocità di crescita dei nitrificanti. Il processo di nitrificazione, inoltre, richiede un notevole consumo di alcalinità ed è molto sensibile alle alte concentrazioni di ammoniaca ed a valori di pH in campo acido.

Dal punto di vista del processo, la nitrificazione può essere realizzata in un reattore separato (nitrificazione separata) oppure può essere combinata al processo di ossidazione della sostanza organica (nitrificazione combinata).

Processi di nitrificazione separata

Tali processi prevedono due sistemi, ciascuno costituito da un reattore biologico e da una vasca di sedimentazione, disposti in serie, nel primo dei quali ha luogo la rimozione della sostanza organica mentre nel secondo avviene la ossidazione dell'azoto ammoniacale.

Quando si utilizzano le colture sospese, il dimensionamento deve avvenire sulla base della valutazione del tasso netto di crescita dei *Nitrosomonas* che ossidano l'ammoniaca a nitrito e che rappresentano, in termini di cinetica di crescita, lo stadio controllante del processo.

Tipici valori dei parametri operativi di una fase di nitrificazione separata a colture sospese, per impianti con flusso a pistone, sono riportati di seguito:

Età del fango $\vartheta_c = 8-20$ d;

Tempo di ritenzione idraulico = 6-15 h;

Quando si utilizzano le colture adese, i sistemi più utilizzati sono i filtri percolatori e i rotori biologici (biodischi), già trattati nelle rispettive voci del paragrafo 3.3.3.3. E' possibile conseguire una nitrificazione separata anche nell'ambito di un unico sistema a biomassa adesa operante in condizioni assimilabili a quelle di un flusso a pistone: in questo caso all'ingresso dell'impianto non ha luogo nitrificazione, che viene invece favorita andando verso valle, al decrescere della concentrazione della sostanza organica.

Processi di nitrificazione combinata

In tali processi la rimozione della sostanza organica e l'ossidazione dell'azoto ammoniacale avvengono nello stesso reattore biologico (seguito da una vasca di sedimentazione). Per consentire la nitrificazione è necessario operare con valori più elevati dell'età del fango e con portate maggiori di aria. Rispetto alla nitrificazione separata quella combinata presenta una minore com-

plicazione impiantistica, a fronte di maggiori consumi energetici.

Il processo di nitrificazione combinata a colture sospese è un tipico processo a fanghi attivi realizzato preferibilmente in reattori con flusso a pistone e con volumetrie tali da garantire le elevate età del fango richieste. Il dimensionamento avviene sulla base della valutazione del tasso di utilizzazione dell'azoto ammoniacale riferito alla biomassa volatile totale; tale valutazione richiede il calcolo del tasso netto di crescita dei *Nitrosomonas* e del rapporto fra biomassa nitrificante e totale (determinato tramite bilanci di materia riferiti al BOD₅ rimosso e all'azoto ammoniacale ossidato).

Per il processo di nitrificazione combinata a colture adese vengono utilizzati soprattutto filtri percolatori e biodischi; nella Tabella 9 sono riportati gli intervalli di valori richiesti per conseguire la nitrificazione del liquame influente con filtri percolatori.

Tabella 9 - Valori tipici del fattore di carico in processi a biomassa adesa per conseguire la nitrificazione del liquame

Processo	% nitrificazione	Fattore di carico [kgBOD ₅ /m ³ d]
Filtri percolatori, materiale naturale	75 - 85	0,16 - 0,1
	85 - 95	0,1 - 0,05
Filtri percolatori a torre, materiale plastico	75 - 85	0,3 - 0,2
	85 - 95	0,2 - 0,1

Con filtri percolatori in materiale naturale, per elevati valori del fattore di carico risultano favorite le popolazioni eterotrofe. Nel caso di materiale plastico, essendo maggiore la superficie specifica, è possibile operare con fattori di carico maggiori continuando ad ottenere buoni rendimenti di nitrificazione; d'altro canto i filtri con materiale plastico dispongono di una migliore ventilazione. Nel caso dei biodischi il quantitativo di ammoniaca che è possibile ossidare risulta funzione della superficie disponibile, ed in ogni caso una significativa nitrificazione non è possibile con concentrazioni di BOD₅ superiori a 15 mg/L.

Denitrificazione biologica

La resa e la velocità di denitrificazione risultano fortemente influenzate dal rapporto C/N; bassi valori di tale rapporto comportano una denitrificazione soltanto parziale.

Dal punto di vista del processo, la denitrificazione può essere condotta separatamente, come avviene nella maggior parte dei casi, oppure in un processo combinato con l'ossidazione della sostanza organica e la nitrificazione.

La denitrificazione separata può essere prevista a monte oppure a valle rispetto alla fase di nitrificazione e si parla rispettivamente di pre-denitrificazione oppure di post-denitrificazione. Nel caso della post-denitrificazione, essendo il refluo in uscita dalla ossidazione-nitrificazione povero di sostanza organica, occorre prevedere una fonte di carbonio esterna (che può essere costituita da metanolo, siero di latte, ecc.) oppure provvedere al by-pass dello stadio di ossidazione-nitrificazione di una certa aliquota del liquame influente.

¹ Le metodologie di dimensionamento adottabili ed i valori dei parametri di riferimento sono gli stessi descritti per la nitrificazione separata, essendo l'ossidazione dell'azoto ammoniacale il processo cineticamente controllante. La frazione di batteri nitrificanti in vasca risulta essere correlata al valore del rapporto BOD₅/TKN: per valori maggiori di 5, la frazione di nitrificanti scende al di sotto dello 0,054.

Gli impianti con post-denitrificazione, attualmente pressoché abbandonati, prevedono a monte della sedimentazione finale uno stadio di stripping dell'azoto gassoso adeso ai fiocchi di fango; tale stadio può essere realizzato in canali aerati oppure in apposite vasche di aerazione con tempo di ritenzione di 5-10 minuti.

Nel caso di pre-denitrificazione, invece, si invia nella vasca di denitrificazione il ricircolo sia della miscela aerata nitrificata sia dei fanghi sedimentati e la fonte di carbonio è data dalle stesse sostanze organiche contenute nel liquame influente.

La denitrificazione separata può essere condotta con sistemi sia a colture sospese sia a colture adese.

Nel caso di sistemi a colture sospese vengono adottate generalmente vasche del tipo a mescolamento completo in cui, anziché gli aeratori, sono previsti dei semplici miscelatori lenti sommersi, aventi la funzione di mantenere in sospensione la miscela aerata. Le potenze specifiche da adottarsi sono dell'ordine di 10-15 W/m³. La concentrazione di biomassa nella vasca di denitrificazione deve essere orientativamente compresa nell'intervallo di 4.000-5.000 mg SS/L e la portata del fango è pari a circa il 100% della portata del liquame influente. I rapporti di ricircolo della miscela aerata sono di norma nell'intorno di 2-3 ma possono raggiungere valori anche di 4-5. Nel caso di sistemi con flusso a pistone, invece, le concentrazioni di biomassa saranno di solito notevolmente inferiori, pari a 1.000-2.000 mgVSS/L (solitamente i solidi sospesi volatili (VSS) rappresentano il 40-70% dei SST).

Il dimensionamento avviene sulla base della valutazione del tasso di riduzione dell'azoto nitrico ad azoto molecolare riferito alla biomassa eterotrofa effettivamente attiva (ottenuta sottraendo dalla biomassa totale la biomassa inerte, cioè la biomassa costituita dalla frazione particellata non biodegradabile del substrato carbonioso e dal residuo non biodegradabile derivante dal processo di decadimento cellulare della biomassa attiva). Il tasso di riduzione dell'azoto nitrico è fortemente dipendente dalla natura (prontamente biodegradabile o lentamente biodegradabile) del substrato carbonioso che partecipa al processo di denitrificazione.

È possibile ricorrere anche a sistemi di denitrificazione separata a colture adese, realizzando gli stessi schemi di pre-denitrificazione (solitamente) o di post-denitrificazione già descritti. Tra i sistemi maggiormente diffusi vi sono i biodischi, i reattori a letto fluidizzato e filtri a sabbia sommersi.

I due processi di nitrificazione e denitrificazione possono anche essere combinati in un unico reattore biologico del tipo a fanghi attivi in cui si effettuano cicli aerobici e anossici (processo a cicli alternati) in termini spaziali (in sistemi con flusso a pistone ad anello) o temporali, in modo da ottenere una successione di zone aerobiche e anossiche nel primo caso, una successione temporale di fasi aerobiche e anossiche nel secondo caso.

Nel reattore può avvenire anche la nitrificazione e la denitrificazione simultanea se la fornitura di ossigeno è limitata. Il processo a cicli alternati presenta il vantaggio che non è necessario il ricircolo della miscela aerata, come avviene nei processi di pre-denitrificazione/nitrificazione; inoltre l'installazione di un sistema di controllo locale che regola la durata dei cicli permette di raggiungere alte prestazioni nella rimozione dell'azoto (con consumi energetici molto contenuti) anche nel caso di forte variabilità dei carichi in ingresso.

RIMOZIONE DEL FOSFORO

Per conseguire una sostanziale rimozione del fosforo è possibile ricorrere a processi biologici e a processi chimici.

Processi biologici

Con i metodi biologici viene indotta un'assimilazione di fosforo in eccesso da parte di appositi microrganismi (batteri fosforo-accumulanti). A tal fine vengono indotte dapprima condizioni operative di tipo anaerobico, in cui avviene un rilascio di fosforo ed un'assimilazione di molecole organiche semplici (acidi grassi volatili), e successivamente condizioni aerobiche in cui avviene il processo inverso, ma con un'acquisizione di fosforo in eccesso, tale da determinare un accumulo nel fango attivo, che viene allontanato dal sistema. Tale sequenza operativa rende la rimozione biologica del fosforo ben combinabile con altri processi quali l'ossidazione della sostanza organica e la nitrificazione - denitrificazione.

Un tipico impianto per la rimozione biologica del fosforo è costituito da un comparto anaerobico (provvisto di dispositivi di miscelazione per evitare la sedimentazione dei solidi), un comparto anossico/aerobico o aerobico (a seconda che venga effettuata o meno la rimozione simultanea dell'azoto) e da un comparto di sedimentazione disposti in serie, con ricircolo del fango attivo in testa al comparto anaerobico.

Dal punto di vista impiantistico, la rimozione biologica del fosforo è quasi sempre combinata con i processi di nitrificazione/denitrificazione. E' preferibile una vasca anaerobica del tipo con flusso a pistone, in modo che la rimozione degli eventuali nitrati presenti nel fango di ricircolo avvenga nella zona iniziale (che funge quindi da comparto di denitrificazione), garantendo nel resto della vasca condizioni veramente anaerobiche.

Per gli stessi motivi occorre impedire che, contestualmente al ricircolo dei fanghi o alla fase di miscelazione in vasca, si verifichi l'immissione di ossigeno nel comparto anaerobico.

Il dimensionamento del comparto anaerobico richiede una descrizione cinetica del meccanismo di rilascio del fosforo e di assimilazione di substrati organici semplici; occorre, pertanto, mettere a punto un modello matematico espresso sia dalle relazioni stechiometriche fra i componenti del sistema (substrato organico prontamente biodegradabile; prodotti di fermentazione del substrato organico biodegradabile; biomassa attiva eterotrofa; batteri fosforo-accumulanti; polifosfati contenuti nei batteri fosforo-accumulanti; materiali di stoccaggio intracellulari) sia dalle equazioni cinetiche descriventi i processi di trasformazione dei componenti stessi (fermentazione operata da parte dei microrganismi eterotrofi sul substrato organico prontamente biodegradabile con produzione di acidi grassi volatili; accumulo di materiali di stoccaggio nei batteri fosforo-accumulanti; ecc.).

Il modello matematico richiede, ovviamente, anche la descrizione, in termini sia stechiometrici sia cinetici, dei processi che hanno luogo in condizioni aerobiche (crescita dei batteri fosforo-accumulanti; consumo dei materiali di stoccaggio; ecc.). I modelli attualmente disponibili sono strutturati in modo da poter prendere in esame la rimozione biologica del fosforo in un contesto processuale più generale che include anche la rimozione del carbonio biodegradabile e dell'azoto. A titolo di esempio, la Tabella 10 riporta gli intervalli di tempo di residenza nei vari comparti biologici per un processo di rimozione biologica dei nutrienti.

Tabella 10 - Intervalli dei tempi di residenza nei vari comparti di un processo di rimozione biologica dei nutrienti in riferimento alla portata media

Reattore	Intervallo, h
Anaerobico	0,5 - 2
Anossico, (Predenitrificazione)	0,5 - 4
Anossico, (Postdenitrificazione)	2 - 4
Ossidazione, nitrificazione	2,5 - 12
Ossigenazione finale (dopo post-denitrificazione)	0,5 - 1

Processi chimici

La rimozione chimica del fosforo (defosfatazione chimica) negli impianti di depurazione delle acque reflue consiste nell'aggiungere alla massa liquida quantità dosate di prodotti chimici che combinandosi con il fosforo in fase solubile sotto forma di ortofosfato, danno luogo a composti insolubili e di densità superiore all'acqua, che per questa ragione precipitano consentendo la rimozione del fosforo.

La defosfatazione chimica si articola schematicamente nelle seguenti fasi sequenziali: dosaggio dei sali precipitanti nella massa liquida in situazione di forte mixing in modo da favorire la dispersione dei sali; coagulazione e precipitazione (queste fasi avvengono simultaneamente con formazione di un particolato fine di piccole dimensioni); flocculazione (in cui il particolato coagulato si aggrega formando fiocchi pesanti che tendono a separarsi più facilmente dalla massa liquida); chiarificazione (con separazione e estrazione del fango chimico prodotto).

L'impianto dovrà quindi essere attrezzato per assicurare: lo stoccaggio del prodotto chimico, il dosaggio controllato del precipitante nel refluo, un sufficiente mixing del precipitante nella massa liquida, un tempo di contatto adeguato al completamento dei processi di rimozione chimica del fosforo, un sistema di separazione e di estrazione del fango chimico.

Dal punto di vista della chimica del processo, la defosfatazione chimica comporta anche l'alterazione del pH e la formazione di ossidi metallici che precipitano insieme ai sali di fosforo (infatti, contestualmente alla reazione tra lo ione metallico e lo ione fosfato si innescano delle reazioni chimiche secondarie e concorrenti con produzione di sottoprodotti insolubili che precipitano e vanno ad incrementare le quantità di fango chimico prodotto).

La defosfatazione chimica nelle acque reflue può essere fatta secondo i seguenti schemi:

- **pre-precipitazione:** il dosaggio del precipitante è fatto sul refluo grezzo prima della sedimentazione primaria. Questa soluzione comporta necessità di realizzare nella corrente a monte del sedimentatore condizioni atte a garantire un'adeguata miscelazione dei prodotti chimici e la flocculazione dei composti precipitati. Nel caso di impiego di sali di Fe e di Al può essere richiesto, in acque con bassa alcalinità, il dosaggio aggiuntivo di sostanze basiche per evitare un abbassamento eccessivo del pH con effetti negativi sul processo biologico secondario. Il fango chimico viene estratto insieme ai fanghi primari. Dal punto di vista della compatibilità con altre fasi di processo, questa tecnica, che riduce il carico di BOD₅, è sconsigliabile se il trattamento depurativo prevede una fase di pre-denitrificazione;
- **precipitazione simultanea:** il dosaggio avviene nel refluo durante il trattamento secondario. Questa tecnica si caratterizza con il dosaggio del chemical direttamente nella vasca di processo in prossimità dell'uscita, o nella corrente di MLSS diretta alla sedimentazione secondaria, oppure nella corrente di ricircolo del fango. Il fango chimico prodotto viene estratto insieme ai fanghi secondari. Nel caso di dosaggio a valle della vasca di processo, il canale di alimentazione dei sedimentatori va disegnato o modificato in modo tale da realizzare un regime idraulico atto a favorire la migliore miscelazione dei prodotti chimici e garantire un tempo necessario per la fase di flocculazione; un effetto positivo indotto dal dosaggio in simultaneo è il miglioramento delle caratteristiche di sedimentabilità del fango che subisce un aumento dello SVI;
- **post-precipitazione:** il dosaggio viene fatto nel corrente effluente a valle della sedimentazione secondaria. Questa soluzione comporta l'installazione di una unità di miscelazione e precipitazione, una vasca di flocculazione seguita da una unità di separazione del fango chimico (sedimentatore terziario o filtro).

La defosfatazione delle acque provenienti dalla linea di trattamento dei fanghi, se ritenuta opportuna, può essere realizzata nei seguenti modi:

- unità dedicata alla precipitazione chimica del fosforo delle acque surnatanti prima di inviarle in testa alla linea di trattamento delle acque. Questa unità sarà completa di vasca di miscelazione e di chiariflocculatore; tale soluzione si adatta preferibilmente ai grossi impianti dove i significa-

- inviati volumi di surnatante da trattare possono giustificare il costo di un impianto dedicato;
- invio delle acque surnatanti alla linea di trattamento acque reflue se su questa linea è prevista comunque la defosfatizzazione chimica del fosforo.

Misure sperimentali di dosaggio dei prodotti chimici eseguite al JAR TEST possono essere opportune, sia in fase di progettazione sia durante l'esercizio dell'impianto stesso; la ricerca del dosaggio ottimale consente infatti di ridurre i costi di esercizio minimizzando i consumi di sali e la produzione di fango chimico.

L'impiego ottimale dei prodotti chimici precipitanti comporta la necessità di tenere sotto controllo alcuni parametri di processo: la portata idraulica da trattare, la concentrazione di fosforo disciolto ed il pH di processo.

I sali precipitanti di Fe ed Al sono acidi forti, mentre la calce, idrata o meno, presenta le caratteristiche di una base forte: la manipolazione di questi prodotti richiede quindi l'adozione di attrezzature ed accorgimenti antinfortunistici atti ad evitare il loro contatto e il pericolo di ingestione. Le parti del corpo umano più a rischio sono gli occhi e la pelle.

In caso si operi in luoghi con alta temperatura ambiente, vanno ridotti i rischi di inalazione dei vapori che si possono sprigionare dai contenitori e dalle apparecchiature.

L'impiego della calce può produrre dispersioni di polveri per cui è raccomandabile confinare adeguatamente le apparecchiature impiegate per il dosaggio.

La precipitazione chimica del fosforo comporta una sovrapproduzione di fanghi, per il solo abbattimento del fosforo, circa 4,5 volte maggiore in volume e circa 6 volte maggiore in peso rispetto al processo biologico di rimozione del fosforo. La produzione di fango risulta funzione del tipo di precipitante impiegato, del suo dosaggio, nonché, ovviamente, del carico di fosforo da abbattere.

3.3.3.5 Sedimentazione secondaria

La separazione dei fanghi biologici dall'effluente depurato rappresenta una fase molto delicata in quanto dalla sua efficienza dipende il rendimento dell'intero processo biologico.

La sedimentazione secondaria assume due funzioni fondamentali: quella di chiarificazione, per ottenere un effluente il più possibile limpido ed elevare i rendimenti depurativi del processo, e quella di ispessimento, per ottenere un fango più concentrato.

Pur rimanendo valide gran parte delle considerazioni fatte a proposito della sedimentazione primaria, va tenuto conto della natura fioccosa dei solidi sedimentabili che modifica la natura del processo. La conformazione generale delle vasche di sedimentazione secondaria sarà di norma simile a quella delle vasche di sedimentazione primaria, ma con maggiori profondità medie nonché sistemi di raccolta e ricircolo rapido del fango sedimentato.

Per garantire elevate efficienze e per evitare la presenza di solidi nell'effluente, in fase di dimensionamento si dovrà tenere conto di una serie di parametri, elencati di seguito, che varieranno in funzione del tipo di processo applicato:

- il carico idraulico superficiale e il tempo di ritenzione idraulica, che incidono soprattutto sulla funzione di chiarificazione della vasca; con riferimento alla portata media giornaliera di tempo secco, i massimi valori ammissibili del carico idraulico superficiale dovranno essere usualmente compresi tra 0,2 e 0,5 m³/m²h, con i valori più bassi da adottarsi per impianti di minore potenzialità. Sempre con riferimento alla portata media, i tempi di ritenzione idraulica minimi varieranno tra le 3 e le 4 h, con i valori massimi per gli impianti più piccoli. Con riferimento invece alla portata massima istantanea, il massimo carico idraulico superficiale sarà di circa 1,4 m³/m²d, nel caso di fognature separate. Tali limiti dovranno assicurare che la velocità ascensionale dell'acqua in vasca non sia superiore a 0,5 - 0,6 volte la velocità di sedimentazione delle particelle più leggere di fango. Nel caso di fognature miste potranno ammettersi valori meno cautelativi: con riferimento alla portata massima, il carico idraulico superficiale non dovrà superare i 2 - 2,5

- m^3/m^2d , con tempi di ritenzione idraulica minimi di 40 - 50 minuti;
- la portata specifica di sfioro, che va limitata onde evitare un effetto di richiamo in superficie dei fiocchi di fango ed una loro fuoriuscita con l'effluente; per tutti gli impianti a fanghi attivi e per quelli con contatto - stabilizzazione, si possono accettare valori di portata specifica di sfioro di 120 - 180 m^3/md , con riferimento alla portata media e con i valori maggiori per gli impianti di potenzialità più elevata;
- il carico superficiale dei solidi sospesi, CSS [$kgSS/(m^2h)$], che influisce principalmente sulla funzione d'ispessimento della vasca; il CSS va limitato in ragione della sedimentabilità intrinseca del fango, pena la risalita del letto di fango sedimentato verso la superficie della vasca. Nel valutare il CSS occorrerà tenere conto di tutta la portata di solidi sospesi che investe la vasca di sedimentazione (quindi anche la portata di ricircolo). In mancanza di dati sperimentali diretti, valori orientativi di CSS dovranno essere generalmente compresi nell'intervallo 3 - 6 $kgSS/(m^2h)$;
- la profondità del battente idraulico della vasca, che influisce sia sulla funzione di chiarificazione sia su quella d'ispessimento; va assicurata un'adeguata altezza idrica, in modo da garantire la sedimentazione dei solidi di natura fioccosa sfruttando l'azione filtrante del letto di fango e garantendo una certa capacità di accumulo della vasca. L'altezza delle vasche dovrà essere fissata in modo che il letto di fango non raggiunga una distanza dagli stramazzi di uscita inferiore ad 1 m: generalmente deve essere sempre garantita un'altezza minima di 3 - 3,5 m nelle vasche a flusso orizzontale ed ancora maggiore nelle vasche a flusso verticale; le altezze minime saranno poi di 4 - 5 m quando all'impianto pervengono anche le acque di pioggia, e con valori tanto più elevati quanto maggiore è la concentrazione dei solidi sospesi nella vasca di aerazione.

Per il corretto dimensionamento della fase di sedimentazione va tenuto conto anche del processo previsto a monte: infatti, nel caso dei processi per la rimozione di carbonio e azoto, ed in particolare modo per impianti operanti con bassi fattori di carico ed elevati tempi di ritenzione in sedimentazione, indesiderati fenomeni di denitrificazione nel fango sedimentato portano alla produzione di azoto in forma gassosa e al conseguente rising del fango e sua fuoriuscita con l'effluente depurato. Per evitare una simile evenienza è opportuno ridurre i tempi di ritenzione del fango sedimentato mediante ricircoli o scarichi più frequenti.

Nel caso di processi per la rimozione biologica del fosforo, invece, la presenza di una fase anaerobica a monte della fase di sedimentazione può determinare dei miglioramenti nelle caratteristiche di sedimentabilità del fango, qualora l'impianto sia interessato da fenomeni di bulking: si è infatti osservato che le condizioni anaerobiche sfavoriscono i microrganismi filamentosi, caratterizzati da un metabolismo strettamente aerobico, a differenza dei flock forming che non risentono eccessivamente di condizioni di anaerobiosi.

3.3.3.6 Filtrazione

La filtrazione è mirata alla rimozione dei solidi sospesi (filtrabili) ancora presenti nel refluo a valle del trattamento secondario. Va sempre prevista a monte di un trattamento a carboni attivi o di un trattamento di disinfezione finalizzato al riutilizzo dei reflui.

Il processo di filtrazione coinvolge fenomeni di diversa natura, tra cui gli effetti di vagliatura (per le particelle le cui dimensioni eccedono le spaziature del materiale filtrante) e di sedimentazione, la cattura e l'attrazione sulla superficie del materiale filtrante (per le particelle di dimensioni minori rispetto alle spaziature del materiale filtrante).

Per conseguire obiettivi di rimozione ancora più avanzati è poi possibile ricorrere all'abbinamento fra flocculazione e filtrazione, mediante l'aggiunta di agenti flocculanti, che danno luogo a un abbattimento più spinto dei solidi nonché a una rimozione chimica del fosforo.

Le possibili tecniche di filtrazione dei reflui provenienti dai trattamenti biologici sono classificabili in base al materiale filtrante, al numero di strati filtranti, al verso di filtrazione e alla tecnica di lavaggio adottata, come di seguito illustrato.

Per tutte le tipologie di filtri, il principale parametro di dimensionamento è la velocità di filtrazione: nel caso dei filtri rapidi essa deve orientativamente assumere valori di 7,5 m/h. La velocità di filtrazione non deve in ogni caso superare valori massimi di 15 m/h anche in corrispondenza della portata massima.

Una volta definita la velocità di filtrazione, con riferimento alla portata media influente va determinata la superficie totale di filtrazione, che va comunque sempre verificata rispetto alla portata di punta.

Con le diverse tipologie di filtri è possibile raggiungere rendimenti di rimozione tali da ottenere effluenti con concentrazioni di solidi filtrabili inferiori a 5 mg/L. Nel trattamento di flocculazione-filtrazione si possono ottenere valori in uscita intorno ai 0,2 mg P_{TOT} /L con valori in ingresso di circa 1 mg P_{TOT} /L (salvo casi in cui sia elevata la percentuale di fosforo in forma non filtrabile).

Quando si perviene alla cosiddetta "rottura" del letto filtrante (evidenziata dal peggioramento delle caratteristiche dell'effluente) e si giunge al massimo valore ammissibile per le perdite di carico attraverso il filtro, occorre procedere al lavaggio del filtro.

Il lavaggio avviene sempre in controcorrente e può essere effettuato con acqua filtrata e/o aria. Il flusso di lavaggio espande il letto di materiale filtrante (del 20 - 30%) e libera i granuli dagli inquinanti trattenuti.

Nel caso di filtri multistrato il lavaggio, pur consentendo la pulizia dei diversi strati filtranti, deve comunque garantire la possibilità di ristabilire l'originaria separazione tra uno strato e l'altro; a tal fine si realizza un ciclo di lavaggio consistente in una prima fase con l'impiego di aria (espande e rimuove il materiale trattenuto) seguita da una fase con uso intensivo di acqua pulita (ristabilisce la stratificazione originaria).

3.3.3.7 Disinfezione

La disinfezione delle acque reflue in uscita da un impianto di depurazione è un trattamento finalizzato ad abbattere la carica di microrganismi patogeni presenti nei reflui, riducendola a valori di concentrazione residua accettabili dal punto di vista del rischio sanitario e ambientale.

Le tecniche di disinfezione maggiormente in uso negli impianti di depurazione delle acque urbane utilizzano agenti chimici (biossido di cloro, ozono, acido peracetico) o agenti fisici (raggi ultravioletti).

I parametri che maggiormente influenzano l'azione dell'agente disinfettante ed in base ai quali dovranno essere sviluppati i calcoli di dimensionamento sono: la natura del refluo da trattare con particolare riferimento alla sua torbidità; qualità richiesta allo scarico; tecnologia di disinfezione; tempo di contatto; concentrazione o intensità dell'agente disinfettante (chimico o fisico); temperatura.

L'efficienza del trattamento di disinfezione richiesta per le acque di scarico sarà valutata sulla base dei parametri microbiologici indicatori della carica patogena, in funzione della destinazione di uso delle acque; dell'obiettivo di qualità richiesto per il corpo idrico recettore o dei valori limite dei parametri microbiologici allo scarico.

Il dosaggio dell'agente chimico disinfettante viene realizzato mediante pompe dosatrici che erogano la giusta quantità di prodotto in funzione della portata da trattare. Per la regolazione dei dosaggi devono solitamente essere impiegati dispositivi di controllo automatico basati sulla misura della portata da trattare e delle caratteristiche dell'effluente in uscita.

Per assicurare l'omogeneità dei tempi di ritenzione ed evitare che nella vasca di contatto si formino zone morte e corto circuiti è necessario progettare la vasca medesima con setti interni e sezioni che garantiscano un regime idraulico adeguato (uniforme e turbolento).

In particolare si riportano le seguenti indicazioni e raccomandazioni:

- disinfezione con biossido di cloro
- il biossido di cloro determina una reazione istantanea con le sostanze presenti nell'acqua, sen-

za dar luogo a composti intermedi; a ciò corrisponde un diagramma di cloro richiesta più stabile e con assenza di break-point, essendo tutto il cloro residuo presente in forma libera. Per dosaggi in eccesso la fase di dechlorazione viene realizzata con l'impiego di biossido di zolfo.

Il processo di clorazione viene influenzato soprattutto dalla natura del refluo ed in particolare dalla presenza di composti organici con particolari gruppi funzionali e legami insaturi, che contribuiscono ad aumentare la richiesta di cloro rendendone consigliabili dosi in eccesso e maggiori tempi di contatto. Il processo risulta altresì sensibile alle caratteristiche dei microrganismi: ad es. reflui provenienti da processi con elevate età del fango richiedono maggiori tempi di contatto.

Sono raccomandate velocità orizzontali nelle vasche di contatto di 2 - 4,5 m/min tali da non consentire la deposizione sul fondo di eventuali solidi sfuggiti alla fase di sedimentazione secondaria;

- disinfezione con ozono

- essendo chimicamente molto instabile, l'ozono va prodotto in sito. Il metodo più efficiente è quello con scarica elettrica, avvicinando due elettrodi ad alto voltaggio in aria oppure in ossigeno puro; nel primo caso si ottiene una corrente di gas con percentuale di ozono di 0,5 - 3% in peso, nel secondo caso la percentuale varia tra 1 e 6%.

Le tecnologie di trattamento impiegate sono tese a massimizzare l'efficienza di trasferimento dell'ozono alla fase liquida. A tale scopo si adottano vasche di contatto molto profonde e coperte, immettendo l'ozono dal fondo in bolle fini.

E' opportuno prevedere un trattamento in uscita dalla vasca di contatto, onde eliminare l'ozono residuo, estremamente tossico ed irritante.

L'ozono è particolarmente tossico nei confronti dell'uomo per cui dovranno essere prese le seguenti precauzioni di sicurezza: l'impianto di produzione dell'ozono dovrà essere situato in ambiente confinato e controllato mediante sensori atti a rilevare, con segnalazione di allarme, la presenza del gas nell'ambiente; dovrà essere sempre garantito, mediante un'opportuna aerazione e ventilazione dei locali, che la concentrazione di O_3 nell'aria ambiente non superi il valore di 0,2 mg/m³; il personale addetto dovrà essere inoltre specificatamente istruito e formato;

- disinfezione con acido paracetico

- l'acido paracetico degrada rapidamente pur mantenendo un'azione residua sufficiente a garantire stabilità sul rendimento di disinfezione. Lo schema tecnologico è simile a quello impiegato per i prodotti liquidi a base di cloro.

- disinfezione con raggi ultravioletti

- non trattandosi di un agente chimico, i raggi ultravioletti non danno luogo a sottoprodotti per cui l'impatto ambientale ad essi connesso può ritenersi pressoché nullo. Altri vantaggi consistono in un effetto pressoché istantaneo, dell'ordine di qualche secondo, e nella capacità di azione su tutti i tipi di microrganismi a qualsiasi valore di temperatura e di pH.

I principali svantaggi sono i notevoli oneri economici richiesti per l'installazione delle apparecchiature, la necessità di avere nel refluo da trattare basse concentrazioni di solidi sospesi, anche al fine di contenere lo sporco delle lampade, ed infine la mancanza di un'azione disinfettante residua persistente a valle del trattamento.

Attualmente per la disinfezione vengono impiegate lampade al mercurio a bassa pressione, che possono essere sia di tipo sospeso, al di fuori del liquido, sia di tipo sommerso, incassate in tubi di quarzo per evitare il raffreddamento. Per una migliore efficacia del sistema va limitato il più possibile lo spessore dello strato liquido da attraversare: solitamente vengono predisposte batterie di lampade all'interno del canale effluente, evitando così la realizzazione di una vasca di contatto. Possibili problemi possono essere causati dall'accumulo di scorie sui tubi di quarzo, che riducono l'efficacia del sistema.

L'efficacia dei raggi ultravioletti sui microrganismi è direttamente correlata alla trasparenza delle acque in trattamento. Un controllo sulla torbidità deve quindi essere previsto così come deve essere garantito un abbattimento dei TSS a valori preferibilmente inferiori a 5-10 mg/L, qualora si richieda una qualità microbiologica elevata (ad es. riutilizzo dei reflui). Per contenere a tali valori

le concentrazioni di solidi sospesi in ingresso alla lampade, dovrà essere valutata la necessità di ricorrere ad una fase di filtrazione a monte della disinfezione.

3.3.4 Riutilizzo delle acque reflue urbane trattate

3.3.4.1 Caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle acque reflue urbane da destinare al riutilizzo

Le modalità di caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle acque reflue influenti ad un impianto di trattamento sono riportate nella sezione 3.3.1, cui si rimanda per una trattazione più generale.

Ai fini del riutilizzo, particolarmente importante appare la definizione del contributo di acque reflue di origine industriale, in quanto queste possono contenere componenti tossici, a livelli più elevati di quelle domestiche, con possibili ripercussioni negative sulla prestazione dell'impianto e/o sulle ricadute ambientali e igienico-sanitarie del riutilizzo.

Considerando che per molti composti tossici il grado di rimozione ottenibile con le convenzionali tipologie impiantistiche è piuttosto ridotto, l'opzione del riutilizzo dovrà essere valutata con molta cura per acque reflue in cui il contributo industriale risulti particolarmente significativo (ovviamente anche in funzione della tipologia di industrie). In questo caso sarà richiesta una caratterizzazione approfondita dei componenti degli scarichi industriali anche al fine di escludere la presenza di determinate sostanze pericolose (per le destinazioni d'uso che comportano lo spanciamento al suolo). Dovrà essere inoltre presa in considerazione la necessità o la possibilità che all'impianto di depurazione vengano conferiti reflui extrafognari o rifiuti liquidi, in particolare se classificati come pericolosi ai sensi del D.Lgs. 22/97 e successive modifiche e integrazioni.

In ogni caso in sede di progettazione dell'impianto dovrà essere previsto un rigoroso protocollo di accettazione, eventualmente in connessione con un programma di pretrattamento localizzato o centralizzato delle acque reflue.

Per quanto riguarda la caratterizzazione quantitativa dell'influente, devono essere caratterizzate in maniera adeguata le variazioni giornaliere e stagionali della produzione, nonché della richiesta di acqua recuperata, che di norma non saranno in accordo reciproco. Fluttuazioni importanti delle portate sono tipicamente presenti in caso di fognature miste nella stagione piovosa, a cui ovviamente non corrispondono richieste elevate. Nel caso di aree turistiche, le ampie fluttuazioni positive tipiche della stagione estiva possono non corrispondere con le fluttuazioni della richiesta per usi agricoli.

Una dettagliata conoscenza delle portate medie e delle relative fluttuazioni è critica per la scelta ed il dimensionamento dei sistemi di bilanciamento di produzione ed utilizzo di acqua recuperata.

Sulla base di tali informazioni potranno essere presi in considerazione diversi schemi di processo (ad es. trattamento di recupero esteso a tutte o parte delle acque reflue trattate nell'impianto di depurazione), con possibili diverse localizzazioni della sezione di affinamento (presso l'impianto di depurazione o presso il sistema di riutilizzo).

3.3.4.2 Tipologia di trattamento

Ai fini del riutilizzo, il trattamento depurativo dovrà tipicamente essere di livello superiore rispetto a quello previsto per lo scarico in acque superficiali, soprattutto per quanto riguarda la rimozione della carica microbica.

Tale livello si realizza di norma con un finissaggio posto a valle del trattamento secondario, basato su una disinfezione spinta preceduta da una o più delle seguenti unità: chiariflocculazione, coagulazione in linea e filtrazione, filtrazione.

In tutti i casi, lo scopo dei trattamenti precedenti la disinfezione dovrà essere quello di minimizzare la quantità di materiale particolato, che può contenere adsorbiti o inglobati agenti patogeni, in particolare virali, al fine di rendere più efficace il processo di disinfezione. Per questo motivo è anche opportuno che il trattamento secondario sia progettato o riadattato in modo da massimizzare la rimozione di solidi sospesi nel sedimentatore secondario. Di norma sarà consigliabile progettare l'unità di affinamento per una concentrazione di solidi sospesi in uscita dalla filtrazione non superiore a 5 mg/L e prevedendo la necessità della coagulazione per concentrazioni in uscita dal trattamento secondario superiori a 12-15 mg/L. Naturalmente potrà essere preso in considerazione qualsiasi altro trattamento con prestazioni equivalenti o superiori, quali ad es. la filtrazione con membrane. Per la scelta del sistema di disinfezione finale si dovrà tenere conto delle raccomandazioni generali contenute nel paragrafo 3.3.3.7.

La tipologia di trattamento dovrà essere stabilita anche in funzione di eventuali specifiche richieste di qualità per l'acqua recuperata. Al di là del rispetto di quanto previsto dalla normativa vigente per la salvaguardia ambientale ed igienico-sanitaria, i requisiti di qualità potranno dipendere anche da specifiche destinazioni d'uso (ad es. irrigazione di colture sensibili, usi industriali particolarmente esigenti). Particolare rilevanza avrà la definizione, nelle acque recuperate da destinare al riutilizzo, dei livelli residui ammissibili per azoto e fosforo, per le importanti ripercussioni non solo sulla tipologia di trattamento ma anche su quelle di stoccaggio e distribuzione.

In particolare, la bozza del Decreto di attuazione, ai sensi dell' art.26 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, "Norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue trattate" prevede che siano stabiliti limiti differenziati in funzione della destinazione d'uso delle acque reflue depurate. Pertanto, ai fini della progettazione occorrerà considerare le diverse destinazioni d'uso previste per lo specifico progetto, l'importanza relativa di queste e la possibile evoluzione nel tempo, in relazione anche all'estensione del riutilizzo a destinazioni d'uso con requisiti di qualità più elevati. Nel caso di riutilizzo con più destinazioni d'uso con requisiti di qualità differenti dovranno adottarsi comunque i requisiti di qualità più elevati.

Inoltre, sempre secondo quanto proposto nella bozza del citato Decreto di attuazione, occorrerà considerare la possibilità che l'autorità competente al rilascio delle autorizzazioni per il riutilizzo di acque reflue depurate prescriva requisiti di qualità differenti, limitatamente allo specifico progetto per cui conferisce l'autorizzazione, e tenendo conto sia di specifiche situazioni territoriali sia di particolari destinazioni d'uso. Fatte alcune eccezioni riportate nel Decreto, tali requisiti di qualità specifici possono essere inferiori a quelli generali, purché sia comunque garantita la sicurezza ambientale ed igienico-sanitaria del riutilizzo.

Pertanto, in sede di programmazione occorrerà valutare quali requisiti di qualità debbano essere rispettati per la specifica opera.

Il recupero di acque reflue per il riutilizzo dovrà presentare una affidabilità al livello massimo ottenibile per un processo depurativo. Ciò è innanzi tutto dovuto al fatto che una erogazione del servizio in difetto di qualità può presentare rischi molto elevati, in particolare dal punto di vista igienico-sanitario. D'altra parte, ove il mancato raggiungimento dei criteri di qualità si traduca nella necessità di interrompere l'erogazione del servizio all'utente, ne risulterà un danno economico, con possibili più generali ripercussioni sull'accettabilità del riutilizzo da parte del mercato. Il corretto funzionamento del processo di recupero sarà anche funzione di molte componenti potenzialmente fallibili quali ad es. il sistema di erogazione di energia elettrica, gli apparati meccanici delle diverse unità di processo, la manutenzione, il controllo dell'impianto, l'addestramento del personale, le fluttuazioni imprevedibili delle portate e delle caratteristiche dell'influente. Per compensare tali possibili cause di malfunzionamento, la piena affidabilità di un processo di recupero richiederà la presenza di elevati fattori di sicurezza anche di tipo gestionale (per cui si rimanda alla sezione 3.3.7).

In particolare, al fine di migliorare l'affidabilità della gestione, l'impianto di trattamento dovrà, di norma, avere una potenzialità superiore a 10.000 A.E..

3.3.4.3 Stoccaggio dell'acqua reflua recuperata

Il bilanciamento della produzione di acqua recuperata con la domanda di questa da parte del riutilizzatore è uno dei punti più delicati della pianificazione e progettazione di un sistema di riutilizzo di acque reflue.

Occorre infatti considerare che, tipicamente, la produzione di acqua recuperata presenterà fluttuazioni di portata oraria, giornaliera e stagionale. Analoghe fluttuazioni, ma tipicamente non corrispondenti, saranno presenti nella domanda di acqua da parte degli utilizzatori.

Uno dei sistemi da considerare per ottenere il bilanciamento è il ricorso allo stoccaggio temporaneo delle acque recuperate, che può essere sia di tipo stagionale sia di breve periodo.

Nel primo caso il progetto dovrà puntare ad ottimizzare la fornitura di acqua rispetto alla domanda, tenendo conto delle fluttuazioni di lungo periodo, su base almeno mensile o stagionale, mentre nel secondo caso lo scopo sarà di assicurare il soddisfacimento della domanda in risposta alle fluttuazioni giornaliere. Lo stoccaggio può rispondere anche ad altre esigenze, quale quella di consentire una più affidabile gestione dell'impianto di trattamento, in particolare come stoccaggio di emergenza. Lo scopo di uno stoccaggio di emergenza deve essere quello di consentire l'allocazione temporanea di acqua reflua che, a causa di malfunzionamento dell'impianto o di un eccesso di portata di acqua reflua in ingresso all'impianto, non è di qualità adeguata ad essere riutilizzata. In tale caso, dovrà poi essere possibile ricircolare indietro, mediante adeguato sistema di pompaggio, l'acqua reflua stoccata al trattamento di recupero, una volta superata la situazione di emergenza.

Il dimensionamento dello stoccaggio dovrà essere effettuato tenendo conto delle sue finalità e dei seguenti ulteriori fattori:

- disponibilità di una fonte di acqua alternativa a quella reflua recuperata per soddisfare i picchi di domanda rispetto all'offerta;
- disponibilità di un recapito alternativo;
- affidabilità del trattamento di recupero;
- possibilità di sospendere temporaneamente la fornitura senza causare danni all'utenza.

In particolare, nel caso dello stoccaggio stagionale, dovrà essere effettuata una analisi delle possibili strategie di riutilizzo, totale o parziale. La strategia di riutilizzo dovrà considerare la possibilità che in determinati periodi dell'anno la domanda sia solo parzialmente soddisfatta con acqua reflua recuperata (sulla base della disponibilità di altre risorse idriche) o, viceversa, che la produzione in eccesso sia scaricata in un recapito alternativo, o anche entrambe le possibilità insieme. Una strategia di riutilizzo parziale dovrà essere preferita quando risulti che i costi per sviluppare il sistema di adduzione e distribuzione dell'intera portata recuperabile siano troppo elevati.

Stoccaggio stagionale

L'uso di invasi superficiali è il principale sistema utilizzabile a costi accettabili per lo stoccaggio stagionale di elevati volumi di acqua. Il volume necessario per lo stoccaggio stagionale è tipicamente ottenuto dal confronto tra le fluttuazioni delle medie mensili di produzione e richiesta. A ciò si deve sommare un volume di riserva, necessario anche a mantenere l'aspetto estetico dell'invaso.

Nel progettare tali invasi occorrerà considerare che l'acqua accumulata potrà subire un peggioramento della sua qualità, in particolare a causa della crescita algale, dovuta alla presenza di nutrienti. Di conseguenza l'acqua in uscita dallo stoccaggio potrà risultare non idonea al riutilizzo per:

- il superamento del limite previsto per la concentrazione di solidi sospesi;
- il peggioramento delle caratteristiche del prodotto irrigato, essenzialmente di tipo estetico e per odori;

- il possibile intasamento dei sistemi di irrigazione, in particolare nel caso di microirrigazione.

Sulla base dell'analisi dei punti suddetti occorrerà anche valutare la necessità di un trattamento di finissaggio successivo allo stoccaggio, ad es. di filtrazione e/o di disinfezione. Inoltre occorre considerare che l'acqua reflua recuperata presenta di solito in partenza una più elevata concentrazione di solidi disciolti rispetto ad altre risorse idriche. Pertanto, lo stoccaggio stagionale potrà avere un impatto significativo sulla qualità dell'acqua in termini di solidi disciolti, in particolare nella stagione estiva. Tale effetto potrà essere mitigato dall'uso di invasi profondi con basso rapporto superficie/volume.

Stoccaggio di breve periodo

Come detto, il proposito dello stoccaggio di breve periodo è quello di bilanciare le fluttuazioni giornaliere della produzione di acqua reflua recuperata con quelle della domanda per il riutilizzo e quello di consentire l'erogazione di acqua anche in presenza di brevi interruzioni della sua produzione. Il dimensionamento della capacità di stoccaggio dipenderà dall'entità delle fluttuazioni e dalla disponibilità di risorse idriche supplementari.

Anche nel caso di stoccaggio di breve periodo, occorre comunque tenere in considerazione la possibilità di fenomeni peggiorativi della qualità dell'acqua, anche se in misura minore che nel caso di stoccaggio stagionale. Lo stoccaggio può tipicamente essere effettuato con serbatoi coperti, sia interrati che fuori terra, o con invasi aperti. L'uso di serbatoi coperti minimizza i rischi di peggioramento della qualità dell'acqua e ne migliora l'accettabilità estetica (che può essere importante in particolare per le destinazioni d'uso urbano). Gli invasi aperti sono naturalmente meno costosi ma sono più soggetti ai fenomeni degradativi già considerati.

3.3.4.4 Sistemi di distribuzione

La trattazione è limitata ai problemi connessi alla distribuzione di acque reflue recuperate, con particolare attenzione ai relativi problemi di sicurezza igienico-sanitaria.

I sistemi di adduzione e distribuzione di acqua recuperata destinata al riutilizzo contribuiscono in maniera sostanziale a determinare la prestazione ed i costi del riutilizzo e concorrono pertanto a stabilirne la realizzabilità e l'efficacia. I criteri di progettazione del sistema di distribuzione dipenderanno innanzitutto dalle necessità dell'utilizzatore, in particolare tenendo conto dell'esigenza di modificare il meno possibile le modalità di distribuzione rispetto a quelle già praticate. I principali requisiti del sistema da considerare saranno le portate e le pressioni di esercizio da assicurare e si dovrà tener conto inoltre della eventuale distribuzione di acqua di altra provenienza in alternativa a quella reflua recuperata, della possibilità di sospendere la fornitura e, nel caso, della massima durata ammissibile, dell'interruzione.

Dal punto di vista ambientale ed igienico-sanitario, la principale attenzione che deve essere posta nel progettare e gestire un sistema di adduzione e distribuzione di acque reflue recuperate sta nel:

- impedire connessioni e mescolamenti non voluti con il sistema di distribuzione delle acque destinate al consumo umano;
 - impedire un uso improprio delle acque reflue recuperate, in particolare l'uso potabile.
- Alcuni dei principali criteri di progettazione e gestione utili a questo scopo sono brevemente descritti nel seguito:
- interconnessioni
 - i sistemi di distribuzione di acque reflue recuperate devono essere progettati in modo da evitare possibili interconnessioni, accidentali o permanenti, tra le condutture di queste e acque di qualità differente (ivi incluse le acque di qualità superiore, potabili, e quelle di qualità inferiore, i reflui fognari). Particolare cura deve essere posta quando nella conversione da rete singola a dua-

le, tratti di condotta originariamente potabile vengono convertiti ad un uso non potabile. In questo caso, al completamento di ogni sezione del nuovo sistema deve essere controllata l'assenza di interconnessioni con la rete dell'acqua potabile, anche con l'uso di traccianti. Per il collaudo del sistema, i test di pressione dovrebbero essere preliminarmente effettuati con acqua potabile e completati prima di effettuare un collegamento con qualsiasi impianto esistente. Identica verifica dovrebbe essere effettuata quando un sistema di irrigazione preesistente viene convertito all'utilizzo di acqua reflua recuperata;

- separazione orizzontale e verticale
 - le condotte di acqua recuperata (non potabile) dovrebbero essere tenute distanti il più possibile sia da quelle di acqua potabile sia da quelle di fognatura. Una regola generale da adottare può essere quella di mantenere tra condotte di acque di diversa qualità una distanza orizzontale e verticale rispettivamente di almeno 3 e 0,3 m (da parete a parete). Tipicamente la condotta di acqua potabile dovrà essere collocata al di sopra di quella di acqua recuperata che sarà a sua volta al di sopra di quella fognaria. I giunti su ciascun tipo di condotta dovranno essere posti il più lontano possibile da quelli su tubazioni di tipo differente;
- sistemi di prevenzione di flussi di ritorno
 - tali sistemi di prevenzione dovrebbero essere di norma installati sulla linea di distribuzione dell'acqua potabile, quando esista una qualsiasi possibilità di interconnessione, anche accidentale o illegale, tra i sistemi di distribuzione di acqua potabile e reflua di riutilizzo;
- sistemi di identificazione
 - tutti i componenti di un sistema di distribuzione di acque reflue di riuso, inclusi pompe, tubi, bacini e meccanismi di uscita, dovrebbero essere chiaramente e facilmente identificabili. Quali sistemi di identificazione è possibile usare materiali differenti e/o una colorazione particolare, comunque accompagnati da una appropriata etichettatura o stampigliatura. Le tubazioni dovrebbero essere contrassegnate in rilievo o a stampa (ad es. con la scritta ATTENZIONE: ACQUA REFLUA DI RIUSO - NON POTABILE). L'uso di strisce adesive è ammissibile purché queste non risultino rimovibili. Gli attacchi delle valvole dovrebbero essere progettati in modo da non consentire scambi tra acque potabili e non. I rubinetti di uscita dovrebbero essere contrassegnati e richiedere un'apposita chiave per il funzionamento. Gli attacchi per tubi flessibili esterni (ad es. per irrigazione o lavaggi) dovrebbero essere ad innesto rapido del tipo a pressione;
- differenza di pressione
 - per ridurre al minimo il pericolo di contaminazioni accidentali, il sistema di distribuzione delle acque reflue di riutilizzo dovrebbe operare ad una pressione inferiore (nell'ordine di 50-70 Kpa) rispetto a quello delle acque potabili;
- gestione, manutenzione e monitoraggio
 - le esigenze gestionali, di manutenzione e di monitoraggio di un sistema di distribuzione di acque reflue recuperate sono di solito le stesse di un sistema di distribuzione idrica. In generale, poiché l'interruzione per qualsiasi motivo del servizio di distribuzione potrà causare notevoli inconvenienti, è opportuno che la rete sia dotata di valvole di isolamento tali da procedere alla riparazione o manutenzione di parti localizzate del sistema senza che ne sia coinvolta una parte molto più rilevante. Occorre inoltre considerare che anche dopo una disinfezione spinta, i sistemi di distribuzione di acque reflue recuperate sono potenzialmente più esposti alla formazione di biofilm di quelle di acque potabili. Pertanto, è opportuno procedere ad un lavaggio del sistema una o due volte l'anno, in particolare ove vi fossero periodi di basso o di non utilizzo.

Il sistema di distribuzione dovrebbe essere dotato di strumenti di rilevamento della pressione e della portata, posizionati opportunamente nei punti critici della rete. Anche i parametri di qualità delle acque dovrebbero essere monitorati regolarmente ed in diversi punti della rete. Il sistema di distribuzione dovrebbe essere sottoposto ad ispezioni periodiche, in particolare

- per quanto riguarda la possibilità di interconnessioni con la rete dell'acqua potabile. Le ispezioni dovrebbero essere compiute sia su base periodica che casuale;
- informazione ed addestramento del personale e del pubblico
 - nella distribuzione di acque reflue recuperate non potabili, particolare cura deve essere posta nella corretta informazione ed addestramento del personale preposto all'utilizzo, in particolare quanto più la rete consenta utilizzi plurimi e diversificati. Il personale deve essere informato sulla normativa e sulle restrizioni tecniche che regolano l'uso delle acque recuperate e sui rischi connessi con il loro uso improprio. Particolare cura dovrà pure essere posta nell'evitare che persone non autorizzate e non addestrate possano fare uso di acqua reflua recuperata.

3.3.4.5 Sistemi di irrigazione a fini agricoli

L'irrigazione a fini agricoli è ad oggi la principale destinazione d'uso delle acque reflue recuperate. Essa presenta peraltro anche il più grande potenziale di sviluppo e di ricadute positive in termini di risparmio idrico, stanti gli elevati consumi a fini irrigui.

Oltre agli aspetti già trattati, la progettazione del riutilizzo a fini irrigui dovrà anche prendere in considerazione aspetti quali:

- le caratteristiche generali del sito (topografica, geologica, idrologica superficiale e profonda, pedologica);
- le condizioni climatiche locali;
- la superficie agricola e tutti i tipi di colture che si intendono irrigare;
- i periodi ed i volumi di adacquamento delle colture;
- la compatibilità agronomica e pedologica;
- il sistema di irrigazione.

La stima della richiesta complessiva di acqua e delle sue fluttuazioni dovrà essere effettuata tenendo conto della temperatura, del metodo di irrigazione, del tipo e dello stadio di maturazione della coltivazione. La stima dell'acqua necessaria per l'irrigazione andrà effettuata tenendo conto della piovosità, dell'evapotraspirazione, delle perdite per percolazione e per ruscellamento e delle perdite del sistema di distribuzione e di irrigazione. Tali stime potranno essere effettuate o validate attraverso l'uso di appropriati modelli predittivi. Una volta stabiliti gli andamenti medi e temporali delle portate richieste, potranno essere valutate le possibili opzioni per soddisfare la richiesta tenendo conto della disponibilità di fonti di approvvigionamento alternative e di sistemi di stoccaggio (come già discusso nel paragrafo 3.3.4.3).

Occorrerà anche considerare che le acque reflue recuperate tendono ad avere, rispetto alle acque sotterranee o superficiali, concentrazioni più elevate di alcuni specifici costituenti, quali la salinità, il sodio, i metalli, i residui di cloro ed i nutrienti.

In linea generale, i requisiti di qualità dovrebbero essere tali che il sistema di irrigazione, di solito preesistente, non debba subire modifiche sostanziali. Ciò è di solito possibile con alcune accortezze di seguito elencate.

Nei sistemi a spruzzo (pioggia) i sali disciolti ed i materiali particolati possono causare l'intasamento dello spruzzatore in funzione della loro concentrazione e delle dimensioni del foro del becco di distribuzione. Dimensioni dell'ordine dei 4 mm sono di solito sufficienti per non risentire di problemi di intasamento. Nell'uso dei sistemi a spruzzo inoltre si ha la generazione di aerosol che vengono facilmente trasportati dalle correnti d'aria e che potrebbero essere causa di rischi igienico-sanitari per gli operatori e per la popolazione. La formazione di aerosol va pertanto minimizzata (ad es. orientando lo spruzzo il più possibile verso il terreno) e vanno comunque previste adeguate zone tampone ai confini dell'area irrigua. In via generale, può essere prevista una distanza minima di sicurezza di 30 m da aree accessibili al pubblico, distanza che potrà essere aumentata in considerazione di particolari condizioni climatiche o ambientali. Analoghe restrizioni dovranno essere considerate anche per quanto riguarda l'uso irriguo di aree aperte al

pubblico con accesso non regolamentato. Occorre inoltre considerare l'irrigazione a spruzzo come non appropriata per l'irrigazione di colture da destinare crude al consumo umano.

I sistemi di microirrigazione (a microspruzzo o a goccia) superficiale o sub-superficiale, risultano particolarmente suscettibili di intasamento a causa della eventuale presenza di materiali particolati. Un ulteriore fattore di intasamento, può essere rappresentato dalla crescita microbica lungo le linee di distribuzione ed è pertanto comunque necessaria l'ispezione periodica del sistema di irrigazione.

3.3.4.6 Sistemi di recapito finale alternativo

Gli impianti di depurazione delle acque reflue destinati al recupero dovranno di norma prevedere uno scarico alternativo delle acque reflue, nel caso di mancato raggiungimento degli standard di qualità o nel caso in cui non sia possibile riutilizzare l'intera portata trattata, anche tenendo conto degli eventuali sistemi di stoccaggio.

Lo scarico alternativo nel corpo recettore dovrà comunque rispettare la disciplina generale degli scarichi secondo quanto disposto nel titolo III, capo III e nell'Allegato 5 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni.

3.3.4.7 Fattibilità economica

La raccolta ed il trattamento delle acque reflue costituiscono un servizio pubblico alla collettività, mentre l'ulteriore trattamento e distribuzione delle stesse acque per scopi di riuso, costituisce una prestazione aggiuntiva prevalentemente destinata ad attività di natura economica, quale l'irrigazione, l'uso industriale o altri usi.

Il riuso delle acque reflue ha un'indubbia ricaduta positiva di tipo ambientale, che deve essere opportunamente valorizzata e correttamente valutata sul piano economico. La maggior valenza di tipo ambientale è da attribuire all'eliminazione, grazie al riutilizzo, dell'immissione nel corpo idrico recettore di acque di qualità modesta, tipica di un refluo trattato, con conseguente maggior protezione del recettore stesso. Questa considerazione di principio va valutata nel concreto sul progetto specifico di utilizzo tenendo conto della reale caratterizzazione quantitativa del refluo, di quella del riutilizzo e della conseguente eventuale immissione residuale nel corpo idrico recettore.

Occorre inoltre considerare, l'eventuale vantaggio per l'ambiente legato agli aspetti quantitativi del bilancio idrico. In molti contesti poveri di risorsa idrica il refluo può comunque costituire una delle poche risorse facilmente reperibili e sostituire l'uso di risorse più pregiate, costituendo non solo un vantaggio esclusivo dell'operatore economico che beneficia del riutilizzo, ma anche della collettività.

Pertanto, tenendo presenti le impostazioni di principio menzionate, occorre valutare attentamente, nel caso reale, il vantaggio di tipo ambientale derivante dall'iniziativa di riutilizzo e attribuire a questo il giusto valore economico. Detto valore economico, di natura ambientale, può essere effettivamente considerato a carico della collettività, e quindi essere sostenuto con il contributo finanziario pubblico.

Il progetto di riuso dei reflui depurati deve pertanto comprendere, oltre agli elaborati tecnici riguardanti gli aspetti trattati ai punti precedenti, le valutazioni di tipo economico a giustificazione della sostenibilità dell'iniziativa e precisare le incombenze economiche, finanziarie e gestionali attribuite ai diversi soggetti implicati.

3.3.5 Elementi di progettazione della linea fanghi

Nel settore dei fanghi, che risulta spesso critico anche per quanto riguarda l'efficienza di depura-

zione, occorre assicurare che i processi siano flessibili, cioè adattabili ad eventuali variazioni delle caratteristiche chimico-fisiche del fango da trattare, garantendo nel contempo la possibilità di uno smaltimento plurimo. Un aspetto che condiziona spesso le scelte del trattamento è inoltre quello dei costi di impianto e di esercizio della linea fanghi che presentano una notevole incidenza sui costi totali del trattamento delle acque reflue. È quindi necessario definire strategie di trattamento e di smaltimento (trattamento locale o centralizzato, soluzioni di smaltimento diversificate anche in dipendenza del periodo dell'anno), che garantendo affidabilità, sicurezza e flessibilità, consentano di conseguire obiettivi di economicità di gestione.

Il trattamento dei fanghi ha l'obiettivo di modificarne le caratteristiche chimiche, fisiche, biologiche e microbiologiche in modo che lo smaltimento possa avvenire nel rispetto e nella tutela dell'ambiente e degli operatori interessati. I trattamenti dei fanghi comprendono: le operazioni di riduzione del volume, i processi di stabilizzazione, i trattamenti termici, l'igienizzazione, il controllo degli odori.

Un aspetto assai importante da definire prioritariamente alle scelte progettuali della linea di trattamento è inerente all'opportunità di mantenere separati nel trattamento i fanghi primari da quelli biologici. Infatti i fanghi primari presentano concentrazioni sensibilmente più elevate di microinquinanti (organici ed inorganici) dei fanghi biologici, che potrebbero più facilmente trovare una utilizzazione finale qualora fossero separati dai fanghi primari. La separazione del trattamento sarebbe quindi congrua con le Direttive europee sui rifiuti e con il Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n.22 e successive modifiche e integrazioni, che in ordine privilegiano la riduzione della produzione/pericolosità (prevenzione), il recupero ed, infine, i trattamenti termici a fini energetici. Un fango primario risulta d'altronde meglio trattabile di un fango misto sia per quanto riguarda l'ispessimento a gravità sia la gestione anaerobica.

3.3.5.1 Operazioni di riduzione di volume

I fanghi prodotti nei processi depurativi presentano inizialmente una concentrazione di acqua molto elevata (fino al 99%) che non è compatibile con lo smaltimento finale. La rimozione di gran parte dell'acqua viene conseguita nelle operazioni di: ispessimento, disidratazione, essiccamento termico (vedi par. 3.3.5.3).

Infine nel caso di impianti di non elevata potenzialità (orientativamente < 5.000 A.E.) può risultare praticabile il trattamento on-site dei fanghi mediante letti di essiccamento. E' talvolta utilizzato anche un processo di tipo "naturale" (fitoessiccamento): tale sistema presenta caratteristiche tecniche analoghe ai sistemi di fitodepurazione a flusso sub-superficiale verticale e consiste in vasche impermeabilizzate vegetate con macrofite radicate emergenti. Tale sistema permette l'ispessimento e la mineralizzazione del fango (già parzialmente stabilizzato) direttamente spurgato dalla vasca di aerazione prolungata (età del fango superiore a 20 giorni). Gli impianti di fitoessiccamento adottano in genere un indice areale variabile da 0,1 a 0,2 m²/ab ma, in ogni caso, il dimensionamento di tali sistemi, deve essere effettuato a partire da un attento bilancio dell'acqua che tenga conto principalmente delle caratteristiche del fango e dei fattori meteorologici. La realizzazione di tali sistemi può essere eseguita modificando opportunamente i tradizionali letti di essiccamento eventualmente presenti.

Ispessimento

L'ispessimento, operazione che è in genere preliminare a tutte le altre, consente di concentrare il fango di due/tre volte pur risultando esso ancora liquido dopo l'operazione. La fase di ispessimento può seguire un processo di stabilizzazione, ma in questo caso la riduzione di volume risulta alquanto modesta. L'ispessimento può essere condotto con tre diverse tecnologie: ispessimento a gravità, ispessimento a flottazione, ispessimento dinamico.

Nella Tabella 11 sono riportati alcuni dati di esercizio e di dimensionamento da adottarsi per ispessitori a gravità in funzione della tipologia di fango alimentato.

Tabella 11 - Dati di esercizio di ispessitori a gravità

Tipologia di fango	Carico di solidi (kg/m ² xgiorno)	Carico idraulico superficiale (m ³ /m ² xgiorno)	Concentrazione fango entrante (%)	Concentrazione fango ispessito (%)
Primario	90-150	3-4	2,5-5,0	5,0-8,0
Attivo	10-40	2-3	0,5-1,5	1,5-3
Secondario da filtro percolatore	30-50	1-3	1,0-4,0	3,0-6,0
Misto (primario+attivo)	20-80	2-3	1,0-3,0	3,0-6,0
Misto (primario+secondario da filtro percolatore)	50-100	1,5-2,5	2,0-6,0	5,0-8,0
Digerito anaerobicamente (primario+attivato)	60-80	1,5-2	3,0-4,0	4,0-5,0

Anche nel caso dell'ispessimento a flottazione, i parametri da considerare ai fini della progettazione sono il carico idraulico superficiale o velocità di risalita (m³/m²d) ed il carico specifico dei solidi (kg/m²d). Il rapporto aria/solidi deve essere generalmente mantenuto nell'intervallo 0,02-0,06 kg/kg ma in casi particolari è possibile raggiungere valori fino a 0,3. Il rapporto di riciclo, espresso come rapporto tra le portate di riciclo e di alimentazione, deve variare normalmente tra il 50 ed il 100%. L'ispessimento dinamico, che sfrutta il principio della filtrazione o della centrifugazione, deve essere utilizzato soprattutto con fanghi biologici diluiti, con l'obiettivo di incrementarne la concentrazione fino a 5-10 volte. Generalmente si deve ricorrere ad un condizionamento chimico del fango a dosaggi di polielettrolita pari a 3-5 g/kg di solidi.

Disidratazione

La disidratazione meccanica o quella naturale su letti di essiccamento consente di trasformare il fango da liquido a semisolido e di giungere a concentrazioni di solidi fino al 40-50%. Normalmente l'operazione di disidratazione meccanica deve essere preceduta dal condizionamento chimico per migliorare le caratteristiche di disidratabilità e quindi le prestazioni dell'operazione soprattutto in termini di cinetica (velocità dell'operazione) e di caratteristiche dei liquidi separati (riduzione della concentrazione di solidi sospesi).

L'obiettivo principale del condizionamento chimico è di ottenere la coagulazione dei colloidi presenti che interferiscono con l'operazione di separazione solido-liquido. Oltre ai tradizionali condizionanti inorganici (cloruro ferrico, solfato ferrico, cloruro di alluminio, policloruro di alluminio, solfato di alluminio) possono essere utilizzati, soprattutto nel caso della disidratazione con centrifuga o nastropressa, i polielettroliti. Nel caso di utilizzazione di sali di ferro il campo ottimale per il pH è nell'intervallo 6-7. E' pertanto necessario correggere il pH mediante l'aggiunta di calce. Il condizionamento con cloruro ferrico e calce può essere utilizzato soprattutto per le operazioni di disidratazione con filtropressa o con filtro sotto vuoto. In Tabella 12 sono riportati i dosaggi tipici di condizionanti (g/kg di solidi) da adottarsi per le operazioni di disidratazione meccanica.

La disidratazione meccanica può essere condotta normalmente con quattro diverse tecnologie: centrifugazione, filtrazione sotto vuoto, filtrazione con nastropressa, filtrazione con filtropressa a piastre.

Nella Tabella 13 sono confrontate le prestazioni delle macchine che utilizzano le tecnologie descritte.

Tabella 12 - Dosaggi tipici di cloruro ferrico e calce per fanghi urbani (g di prodotto per kg di solidi secchi)

Tipo di fango	Disidratazione con filtro sotto vuoto		Disidratazione con filtropressa		Disidratazione con centrifuga	Disidratazione con nastropressa
	FeCl ₃	CaO	FeCl ₃	CaO	Polielettrolita	Polielettrolita
Primario tal quale	20-40	80-100	40-60	110-140	1,0-2,5	2,0-4
Attivo						4,0-6,0
Misto	60-100	0-160	70-100	200-250	2,0-5,0	2,0-5,0
Primario + biologico da filtro percolatore	20-40	90-120				1,5-5,0
Misto digerito anaerobicamente	30-60	150-210	40-100	110-300	3,5-5,0	1,5-4,5
Primario digerito anaerobicamente	30-50	100-130			3,0-5,0	1,0-3,0
Misto digerito aerobicamente					2,5-6,0	2,0-5,0

Tabella 13 - Dati di esercizio di centrifughe a coclea, filtri sottovuoto, nastropresse e filtropresse a piastre

Tipologia fango	Centrifuga a coclea		Filtro sotto vuoto	Nastropressa	Filtropressa a piastre	
	Conc. fango disidratato (%)	Recupero solidi (%)	Conc. fango disidratato (%)	Conc. fango disidratato (%)	Camere fisse Conc. fango disidratato (%)	Piastre a membrana Conc. fango disidratato (%)
Primario digerito	25-35	80-95			23-37	
Attivo	8-12	85-90	10-14	12-32		
Attivo digerito	8-10	90-95				
Misto	18-25	90-95	13-20	20-35	27-41	35-50
Misto digerito	15-20	90-95	25	18-34	37-42	

A fini cautelativi è bene fare riferimento in sede di progettazione ai valori minimi di concentrazione sopra riportati.

Nel caso di smaltimento del fango in discarica la tecnologia da preferire è quella della filtrazione in pressione in quanto consente di raggiungere le più elevate concentrazioni con maggiori garanzie sulla stabilità del sito.

Ai fini dell'utilizzazione in agricoltura la scelta dipende dalla economicità di esercizio. È opportuno osservare che è consentita anche l'utilizzazione di fango liquido. In questo caso è necessario adottare opportune precauzioni igienico-sanitarie nel corso dello spandimento. Per i piccoli impianti, la semplicità dell'operazione può fare preferire la centrifugazione.

Nel caso di incenerimento è opportuno alimentare al forno un fango con concentrazione di solidi sufficientemente elevata, onde evitare consumo di combustibile ausiliario. Bisogna tuttavia tenere presente che l'operazione di filtropressatura richiede spesso il condizionamento con cloruro ferrico e calce. La presenza di cloruri nella combustione è indesiderata in quanto essi si trasformano in acido cloridrico con conseguenti problemi di accelerata corrosione soprattutto ad elevata temperatura. In questo caso è quindi opportuna l'utilizzazione di centrifughe o nastropresse provvedendo ad un essiccamento termico del fango prima dell'incenerimento, come verrà in seguito specificato.

L'essiccamento naturale su letti è conveniente rispetto alla disidratazione meccanica solo quando le portate di fango in gioco sono modeste. I parametri principali ai fini del dimensionamento dei letti sono il carico di solidi (20-50 kg di solidi/m²anno) ed il tempo di residenza (1-4 settimane). Il contenuto di umidità del fango viene ridotto fino a valori del 60% dopo 10-15 giorni in condizioni ambientali favorevoli ed in stretta correlazione con le condizioni climatiche.

3.3.5.2 Processi di stabilizzazione

I principali processi di stabilizzazione/igienizzazione applicabili ai fanghi sono: la digestione aerobica, la digestione anaerobica, il compostaggio, la stabilizzazione chimica.

Digestione aerobica

La digestione aerobica è un processo di stabilizzazione dei fanghi per ossidazione, da impiegarsi di solito in impianti di potenzialità non molto elevata. Il processo consiste nell'ossidazione mediante aerazione del materiale cellulare in assenza di substrato organico esterno. La digestione aerobica normalmente avviene a temperatura ambiente ma il processo può essere anche termofilo, può avvenire cioè a temperature superiori a 40 °C se la vasca viene coibentata e coperta. In questo caso il calore sviluppato dalle reazioni esotermiche non viene dissipato verso l'esterno contribuendo ad un innalzamento della temperatura. Nella Tabella 14 sono riportati i parametri caratteristici da adottarsi per la digestione aerobica a freddo e per quella termofila.

Tabella 14 - Parametri caratteristici della digestione aerobica a freddo e termofila

Parametro	A freddo	Termofila
Temperatura di esercizio (°C)	10-20	40-50
Tempo di residenza dei fanghi:		
• Fanghi attivi (giorni)	10-15	5-8
• Fanghi misti primari + attivi (giorni)	15-20	8-15
• Fanghi attivi prodotti da impianti sprovvisti di sedimentazione primaria (giorni)	12-18	4-6
Carico in solidi volatili (kg di SV/m ³ xgiorno)	1,5-3	3-6
Richiesta di ossigeno per ossidazione SV (kg/kg SV)	1,5-2,3	1,5

Nei sistemi termofili viene inibita la nitrificazione e ciò comporta una richiesta inferiore di ossigeno per unità di massa di solidi volatili abbattuti. Poiché la solubilità dell'ossigeno diminuisce con la temperatura (9,2 mg/L a 20 °C contro 5,6 mg/L a 50 °C), nei sistemi termofili è richiesto un consumo superiore di energia per mantenere la concentrazione di ossigeno disciolto al valore ottimale di 1-2 mg/L. Inoltre in sistemi chiusi la pressione parziale del vapore d'acqua fa diminuire la pressione parziale di ossigeno e quindi la concentrazione di saturazione. Questi problemi possono essere superati operando nei sistemi termofili con ossigeno puro.

La digestione aerobica a freddo non consente di ottenere risultati soddisfacenti dal punto di vista igienico. Le salmonelle passano da 10⁵ a 10⁴/L e gli *E.coli* da 10⁹ a 10⁸ UFC/L. Risultati notevolmente migliori vengono raggiunti con la digestione aerobica termofila come conseguenza delle temperature più elevate.

Digestione anaerobica

La digestione anaerobica è un processo di degradazione biologica della sostanza organica in assenza di ossigeno libero. La degradazione avviene in due fasi principali: la materia organica è convertita in acidi grassi a catena corta; gli acidi sono trasformati in metano, anidride carbonica ed altri gas in tracce.

I vantaggi del processo comprendono la produzione di metano, la mancanza del sistema di trasferimento di ossigeno, con conseguente risparmio di energia richiesta, ed una più facile solubilizzazione di composti organici complessi quali lipidi, cellulosa ed amido. La digestione anaerobica viene utilizzata in impianti medio-grandi.

In Tabella 15 sono riportati i principali parametri caratteristici da adottarsi per la digestione anaerobica ad alto carico (con reattore agitato e riscaldato).

Tabella 15 - Principali parametri caratteristici della digestione anaerobica ad alto carico

Parametro	Valore caratteristico
Tempo di ritenzione (giorni)	20
Temperatura (°C)	35-37 (Mesofilia) e 55 (Termofilia)
Carico di solidi volatili (kg SV/m ³ xgiorno)	1-5
Caratteristiche del biogas	60-65 % di CH ₄ , 30-35% di CO ₂ , tracce di H ₂ e H ₂ S
Potere calorifico del biogas (kcal/Nm ³)	5.000-5.500
Produzione di biogas (Nm ³ /kg SV abbattuti)	0,75-1,1
Abbattimento di solidi volatili (% SV)	40-45

L'impianto per la stabilizzazione anaerobica dei fanghi può essere aperto al ricevimento di altre matrici organiche prodotte dal territorio servito (frazione organica di rifiuti solidi urbani (FOR-SU), residui agro-industriali, ecc.) ampliandone quindi l'uso e le rese energetiche ed abbassandone quindi la taglia di applicazione.

L'uso integrato dell'impianto di trattamento per le acque reflue con lo smaltimento di frazioni organiche facilmente biodegradabili, quali la FORSU raccolta separatamente, apre anche orizzonti di più facile rimozione dell'azoto e di ricorso alla rimozione biologica del fosforo nella linea acque qualora si sottoponga la FORSU a fermentazione acidogenica separata dalla successiva fase di metanazione.

Compostaggio

Si intende per compostaggio il processo di biostabilizzazione aerobica in fase solida di una matrice organica fermentescibile (biomassa substrato), in condizioni che garantiscano il passaggio spontaneo attraverso una fase termofila ($T > 55^{\circ}$) o fase di autoriscaldamento microbico.

Il compostaggio consente di ottenere un materiale metastabile, compatibile con l'impiego in agricoltura, come ammendante organico (compost); il compostaggio consente altresì la contestuale eliminazione degli odori, la riduzione in peso e volume, nonché la disattivazione degli organismi potenzialmente patogeni (igienizzazione) del substrato di partenza.

Nel caso del compostaggio dei fanghi di depurazione, qualora sia previsto l'uso agricolo o ambientale del prodotto finito, è indispensabile che i reflui recapitati all'impianto di trattamento delle acque non presentino contenuti elevati di metalli e di altre sostanze tossiche, recalcitranti all'attacco microbico.

Dovrà inoltre essere garantita una separazione netta tra fanghi primari e fanghi secondari, destinando solo questi ultimi all'eventuale recupero come compost. In fase di disidratazione, dovrà essere poi preferito il ricorso al cloruro ferrico piuttosto che l'impiego di polielettroliti organici, per i quali sussiste un rischio di permanenza anche nei substrati stabilizzati mediante compostaggio. Non si esclude, comunque, la possibilità di trattare distintamente mediante compostaggio anche i fanghi primari, per renderli idonei alla discarica.

Per subire un corretto trattamento di compostaggio, i fanghi di depurazione, più o meno ispessiti, dovranno essere miscelati con materiali strutturanti (agenti di supporto) di natura ligno-cellulosica (ad es. trucioli o scaglie da scarti legnosi non trattati con sostanze chimiche o vernici, sarmanti di potatura triturate, frazione organica proveniente dalla raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani, ecc.). Ciò si rende necessario al fine di mitigare l'eccesso di umidità della matrice iniziale e di conferire, inoltre, alla miscela di partenza caratteristiche fisico-meccaniche (porosità, struttura e tessitura), compatibili con l'evoluzione del processo in condizioni aerobiche. L'umidità ottimale del substrato iniziale dovrà oscillare, in generale, tra il 63-65 % e, comunque, non superare il limite del 75-77 %, anche nel caso di soluzioni impiantistiche con combinazione di aerazione forzata e rivoltamento in bioreattore.

Altro elemento fondamentale da considerare con grande attenzione nel destinare al compostaggio qualsivoglia matrice organica è rappresentato dal rapporto C/N del substrato di partenza.

Questo dovrà essere, auspicabilmente, compreso tra 25 e 30.

Quantità di ossigeno disponibile e temperatura sono parametri strettamente legati nell'ambito del processo di compostaggio. L'ossigeno favorisce le reazioni degradative esotermiche, determinando il fenomeno dell'autoriscaldamento della matrice sottoposta a compostaggio. Ne risulta perciò che la temperatura può essere considerata come una misura indiretta dell'attività microbica. Per una corretta stabilizzazione aerobica della matrice, l'ossigeno dovrà essere mantenuto intorno al 15% nell'atmosfera all'interno dei pori tra le particelle del substrato in trasformazione. L'aerazione dei materiali sottoposti a compostaggio risponde dunque alla necessità di fornire ossigeno per le reazioni microbiche, ma, d'altra parte, non va trascurato anche il ruolo fondamentale nel dissipare l'eccesso di calore e nel ridurre progressivamente l'umidità attraverso la rimozione di vapore. Senza questa azione di raffreddamento, una matrice organica sottoposta a compostaggio andrebbe incontro a deriva termica, fino a raggiungere temperature persino superiori a 75°C, con conseguente inibizione dell'attività microbica, fondamentale per l'andamento stesso del processo. Tuttavia, specialmente in substrati settici, come appunto i fanghi di depurazione, il raggiungimento di temperature intorno ai 55 °C per non meno di tre giorni si rende necessario, in fase termofila, per la disattivazione dei microorganismi potenzialmente patogeni e dei parassiti associati alla matrice di partenza. Attraverso le diverse soluzioni impiantistiche, deve perciò essere garantito durante il compostaggio un controllo della temperatura entro intervalli idonei alla igienizzazione del substrato e, al tempo stesso, compatibili con una intensa attività di trasformazione (55-60 °C).

Per la stabilizzazione aerobica in fase solida dei fanghi di depurazione possono prevedersi metodi di compostaggio con biomassa-substrato disposta in cumuli o andane su platea pavimentata oppure con biomassa-substrato disposta in bioreattore.

L'adozione di un sistema piuttosto che un altro dovrà essere determinata sulla base di fattori quali la quantità di fanghi prodotti e la disponibilità di spazio per la sezione di compostaggio. I sistemi in cumuli ed andane, oltre ad avere uno sviluppo decisamente orizzontale, richiedono di solito tempi di stabilizzazione più lunghi (da alcune settimane a pochi mesi). Per questi motivi, si adattano a situazioni in cui siano a disposizione aree sufficientemente vaste. I reattori completamente chiusi hanno il vantaggio di poter essere collocati all'esterno, presentano tempi di stabilizzazione del substrato contenuti (da alcuni giorni ad alcune settimane) ma una più lunga durata della fase di post-maturazione. I reattori aperti a trincea consentono tempi di stabilizzazione della biomassa substrato dell'ordine di alcune settimane (4-5), con il vantaggio di poter trattare matrici con elevato contenuto di umidità (> 65 %).

Tutte le operazioni relative alla preparazione della matrice di partenza (ad es. miscelazione dei fanghi con l'agente di supporto) e, nel caso di sistemi di compostaggio aperti (ad es. cumuli, andane, trincee), alla successiva stabilizzazione del substrato devono essere attuate in ambiente completamente confinato, dotato di idonea pavimentazione per la raccolta degli eventuali percolati, i quali potranno essere riportati sul materiale in trasformazione ovvero inviati ad adeguato trattamento. L'intera sezione, dovrà essere tenuta in leggera depressione, con aspirazione delle emissioni maleodoranti ed invio delle stesse a speciali unità di abbattimento delle sostanze odorogene. La fase di post-maturazione e la vagliatura del prodotto finito, con eventuale recupero dell'agente di supporto per un nuovo ciclo di stabilizzazione, potranno prevedersi al di fuori della zona confinata, ma, comunque, su apposite platee pavimentate, coperte da tettoia. Per le necessarie analisi di controllo del processo e dei materiali iniziali nonché dei prodotti finiti, è indispensabile avvalersi delle attrezzature di un laboratorio interno all'impianto o, comunque, di affidabile servizio di supporto esterno.

La destinazione d'uso del compost ottenuto dovrà uniformarsi, sia per le caratteristiche qualitative del materiale finale, sia per i settori e le modalità di applicazione, alla normativa vigente al momento della produzione. Anche per l'afferimento in discarica dei fanghi stabilizzati mediante compostaggio, dovrà farsi riferimento alla legislazione nazionale di settore.

Stabilizzazione chimica

Si tratta di un processo di stabilizzazione temporaneo che consente di ridurre i problemi di emanazione di cattivi odori, per effetto dell'inibizione delle reazioni biologiche dovuta all'innalzamento del pH fino a valori superiori a 12, a seguito dell'aggiunta di calce. Questo processo è favorito dalla semplicità e dal basso costo sia del reattivo sia delle apparecchiature necessarie. Presenta, tuttavia, una efficacia temporanea in quanto per effetto della ricarbonatazione della calce ad opera della CO₂ atmosferica, il pH diminuisce progressivamente. Inoltre, il processo determina un incremento della quantità di fanghi da smaltire. La proposta di Direttiva europea sull'utilizzazione dei fanghi in agricoltura prevede per la stabilizzazione con calce due diversi trattamenti: trattamento avanzato a pH = 12 e a temperatura di almeno 55°C per almeno due ore e trattamento convenzionale a pH = 12 mantenendo questo valore per almeno 24 ore.

3.3.5.3 Trattamenti termici

I trattamenti termici sono in taluni casi gli unici idonei ad assicurare il destino corretto dei fanghi. I trattamenti termici possono comprendere numerosi processi fra i quali si ricordano i seguenti in funzione del diverso livello di maturità tecnologica: essiccamento in apparecchiature a contatto diretto o indiretto, incenerimento con forno a piani multipli, a letto fluidizzato o a tamburo rotante, processi di incenerimento/gassificazione e fusione (diverse tipologie di reattori), gassificazione in forno a letto fluidizzato, essiccamento a multipli effetti, condizionamento termico, trattamento di ossidazione ad umido, pirolisi, incenerimento/gassificazione con torcia al plasma, ossidazione in fase supercritica.

La scelta dovrà prediligere tecnologie di provata affidabilità.

Allo stato attuale le scelte tecnologiche si restringono nella maggioranza dei casi all'essiccamento (in apparecchiature a contatto diretto o indiretto) e all'incenerimento (nelle tre tipologie reattoristiche indicate).

L'integrazione fra essiccamento ed incenerimento risulta vantaggiosa in quanto tale scelta tecnologica consente di condurre l'operazione minimizzando i consumi di combustibile ausiliario. Essi possono essere, infatti, limitati a quelli richiesti nelle operazioni di accensione in quanto l'auto-termicità nel forno è garantita in condizioni stazionarie quando venga alimentato un fango sufficientemente concentrato (limite di concentrazione nel caso del forno a letto fluidizzato pari al 45-50% di secco). Tale scelta tecnologica risulta vantaggiosa anche per effetto della minimizzazione della produzione di fumi con conseguenti sensibili risparmi sui costi di impianto e di esercizio per la depurazione dei fumi.

È necessario osservare che i fanghi essiccati hanno caratteristiche alquanto spiccate di infiammabilità. Possono pertanto sussistere rischi di esplosione in presenza di un innesco di accensione o comunque ad una temperatura superiore a 140 °C ed in atmosfera con una concentrazione di ossigeno almeno pari all'8%. È necessario, quindi, che il fango essiccato venga raffreddato a temperatura inferiore a 50 °C prima di essere immagazzinato.

I fanghi di depurazione sono classificati come rifiuti speciali (D.Lgs. 22/97 e successive modifiche e integrazioni) e, pertanto, ai fini dell'incenerimento, la norma di riferimento è il Decreto del Ministero dell'Ambiente 19 novembre 1997, n.503. Il Decreto ha abrogato la preesistente normativa tecnica che prescriveva la dotazione di una camera di postcombustione. L'attenzione del legislatore si è quindi spostata sulle caratteristiche dell'effluente gassoso e ha lasciato liberi i progettisti di adottare le tecnologie di combustione e di depurazione dei fumi che consentono di raggiungere i limiti imposti.

3.3.5.4 Disinfezione

I processi di disinfezione cominciano ad acquisire rilevanza nel trattamento dei fanghi in considerazione delle prescrizioni igieniche sempre più stringenti richieste ai fini dell'utilizzazione dei fanghi su terreno. Una nuova proposta di Direttiva europea pone notevole risalto sui trattamenti di disinfezione ai fini della utilizzazione dei fanghi su terreno agricolo. I processi possibili vengono classificati in trattamenti avanzati ed in trattamenti convenzionali.

La digestione aerobica a freddo o anaerobica mesofila non possono essere considerati processi di disinfezione sebbene consentano di ottenere una rilevante riduzione del numero dei batteri patogeni. I processi di digestione sia aerobica sia anaerobica termofili possono essere invece considerati processi di disinfezione.

Ci sono diverse possibilità di ottenere una elevata riduzione di patogeni oltre i livelli conseguibili con i tradizionali processi di stabilizzazione. I processi di disinfezione da raccomandarsi sono i seguenti: pastorizzazione a 70 °C per 30 minuti, trattamento ad un elevato valore di pH (tipicamente con calce a pH superiore a 12 per 3 ore), stoccaggio prolungato del fango liquido digerito (60 giorni a 20 °C o 120 giorni a 4 °C), compostaggio a 55 °C e maturazione in cumuli per almeno 30 giorni, trattamento chimico con reattivi ossidanti (cloro, ozono ecc.).

La pastorizzazione deve essere normalmente condotta mediante iniezione di vapore in reattore o mediante un riscaldamento del fango utilizzando scambiatori di calore. È, tuttavia, preferibile la prima soluzione in quanto gli scambiatori presentano problemi di sporco con conseguente diminuzione dell'efficienza di scambio termico. Questo processo risulta costoso e la sua applicazione su impianti di piccola taglia (inferiori a 50.000 A.E.) risulta scarsamente conveniente.

Ai fini della disinfezione il fango liquido digerito può essere stoccato per lunghi periodi di tempo in lagune di terra. Ciò si rende necessario anche in funzione della necessità di sospendere l'applicazione dei fanghi nei periodi non favorevoli. Naturalmente in questi casi specifica attenzione deve essere posta allo studio idrogeologico del sito ed alla eventuale impermeabilizzazione del bacino richiesta per evitare contaminazione del terreno e delle acque sotterranee.

In ogni caso i processi devono essere preventivamente validati con la verifica che la riduzione del microorganismo *Salmonella Senftenberg* W 775 sia pari a 6 ordini di grandezza. Questo livello di abbattimento è richiesto anche per *E.coli*, la cui concentrazione finale deve essere inferiore a 5×10^2 UFC/g.

3.3.5.5 Controllo degli odori

Un aspetto molto importante della progettazione della linea di trattamento dei fanghi riguarda il controllo degli odori. Le fonti principali di odori negli impianti sono: ispessitori dei fanghi, sezione di disidratazione meccanica dei fanghi, letti di essiccamento dei fanghi, essiccamento termico dei fanghi.

Una adeguata progettazione dell'impianto deve consentire di superare il problema. Alcune operazioni critiche (per es. disidratazione meccanica) devono essere preferenzialmente condotte in locali chiusi con adeguato ricambio di aria e trattamento dell'aria prelevata. La copertura degli ispessitori con prelievo e trattamento dell'effluente gassoso dovrà inoltre essere considerata quale misura di prevenzione della diffusione degli odori.

I principali sistemi da adottarsi per il trattamento degli effluenti gassosi prelevati comprendono l'adsorbimento su carboni attivi o l'assorbimento con soluzioni di lavaggio mediante reattivi ossidanti. Nel caso di utilizzazione di carboni attivi la rimozione degli odori dipende dalla eventuale presenza di idrocarburi che vengono adsorbiti preferenzialmente. È quindi necessario provvedere ad una preventiva caratterizzazione dell'effluente gassoso.

I reattivi chimici utilizzati nelle torri di assorbimento possono comprendere soluzioni alcaline di sodio o di calcio (deve essere controllata la concentrazione di anidride carbonica per non rendere proibitivi i costi), cloro, ozono, acqua ossigenata.

Possono essere utilizzati anche filtri biologici.

3.3.6 Elementi di progettazione architettonica e paesaggistica

L'accettabilità sociale delle opere di impiantistica ambientale passa attraverso una progettazione che contemperi le esigenze di un buon rendimento depurativo con la massima riduzione delle emissioni, dei rumori e con un'adeguata qualità architettonica.

Il buon inserimento delle installazioni nell'ambiente è garantito dal considerare, fin dalle prime fasi della progettazione, i processi industriali e gli impianti in una logica spaziale unitaria, evitando tardivi quanto inefficaci interventi "a valle" della realizzazione.

A tal fine occorre organizzare gli spazi, sia internamente, nei volumi e nei percorsi, sia esternamente nei rapporti delle nuove installazioni con il contesto, rispettando non solo le necessità tecniche e funzionali ma anche garantendo la coerenza del disegno d'insieme.

Questa operazione deve nascere da una lettura attenta delle qualità del luogo prescelto e dal riconoscimento dei suoi valori ambientali. Gli aspetti visivi di un luogo, infatti, devono essere riletti attraverso le specificità geomorfologiche, naturalistiche e quelle dovute al sovrapporsi delle trasformazioni operate dall'uomo nelle diverse epoche.

Il rilievo dei luoghi e le informazioni relative alla programmazione territoriale sono di norma contenute nel documento preliminare alla progettazione redatto dal responsabile del procedimento e costituiscono, unitamente ai dati storici, bibliografici, iconografici, i principali riferimenti e vincoli dell'azione progettuale e compaiono nella relazione del progetto preliminare. La loro esplicitazione e la loro risoluzione, già in questa fase, garantiscono che siano rispettati per l'intero processo realizzativo: essi devono ritrovarsi qualora, per l'approvazione del progetto, sia prevista una Valutazione di Impatto Ambientale.

Impostazione generale

Le installazioni devono ispirarsi a criteri di massima compattezza in modo da consentire un controllo più efficace sulle emissioni olfattive e acustiche.

In particolare gli impianti di grandi dimensioni impongono la disponibilità di una vasta area che contribuisca ad attutirne l'impatto sul contesto, consentendo, inoltre, la creazione di una consistente cintura al contorno. In vista dello sviluppo degli insediamenti urbani è comunque preferibile che gli impianti per il trattamento delle acque e dei fanghi siano coperti o interrati e che siano dotati di sistemi di deodorizzazione e di ventilazione.

Nell'organizzazione degli spazi si deve tenere conto della necessità di differenziare la viabilità interna per addetti e per visitatori e di prevedere ampi spazi di stazionamento studiati in modo che le attività di stoccaggio e di approvvigionamento non interferiscano con le attività lavorative interne.

La composizione dei volumi dovrà, inoltre, favorire la loro visibilità dalla sala di controllo. In ogni caso le funzioni complementari (magazzini, uffici, servizi per il personale, ecc.) saranno possibilmente concentrate in un unico blocco.

L'impostazione generale deve permettere, anche a lunga scadenza, la realizzazione di adeguamenti tecnici e dimensionali o di eventuali ampliamenti senza perdere la coerenza dell'insieme, individuando chiaramente gli spazi ad essi destinati.

L'accessibilità agli impianti deve essere chiara, diretta e opportunamente segnalata; è preferibile che gli ingressi all'impianto siano anch'essi differenziati a seconda si tratti di approvvigionamento, personale, visitatori.

Mitigazione degli impatti

L'esame del luogo deve suggerire quali siano le visuali "sensibili" ovvero quelle che se ostruite possono creare una situazione di degrado ambientale.

Possono verificarsi quattro casi, ovvero le installazioni:

- si collocano ad un livello inferiore rispetto ad un punto di osservazione privilegiato pubblico;
- si trovano in posizione preminente rispetto a zone di particolare pregio ambientale;
- interrompono una visuale nota da un luogo pubblico;
- sono visibili da linee ferroviarie o da arterie stradali ad alta percorrenza.

Il controllo delle visuali in tutti questi casi è una premessa fondamentale per l'attività di progettazione. A tal fine si rende necessario produrre i seguenti elaborati: vista da ogni luogo pubblico; vista a volo d'uccello dell'area; profili dell'intervento estesi agli spazi pubblici circostanti e alle emergenze naturali e costruiti in scala adeguata (minimo 1:500); prospetti con la descrizione dei materiali costruttivi su una sezione di terreno estesa almeno tutta l'area e in scala adeguata per valutare anche gli edifici; planimetrie con la vegetazione esistente e di progetto; piante a diverse quote con indicazioni sui sistemi di mobilità interna e esterna; eventuali simulazioni e quant'altro idoneo a verificare l'impatto visivo sul territorio anche in seguito ad ampliamenti futuri.

Si può ricorrere all'uso di fotomontaggi o modelli in scala per rappresentare e controllare le nuove opere e l'impatto visuale dei volumi di progetto.

Per quanto riguarda gli aspetti legati alle emissioni olfattive, la copertura degli impianti costituisce una efficace misura nel caso in cui la struttura si trovi vicina a luoghi frequentati sia temporaneamente sia continuamente.

La presenza umana deve essere presa in considerazione anche rispetto alla previsione e alla prevedibilità di fenomeni di urbanizzazione, di intensificazione delle attività produttive o di utilizzazione delle aree limitrofe come spazio pubblico.

In linea generale l'ingombro dell'impianto deve essere ridotto al minimo per rispettare l'economicità del suolo costruito. In taluni casi può essere necessario attenuare l'impatto visivo sul territorio attraverso l'interramento anche parziale dell'impianto e l'utilizzo di materiali, tipologie costruttive e vegetazione caratteristiche del luogo ove sorge l'impianto. Anche il terreno di risulta degli scavi può essere utilmente impiegato per ambientare nel paesaggio l'impianto migliorando il profilo delle opere.

Per quanto riguarda l'aspetto finale degli impianti non esiste un unico modello da seguire: lo studio del contesto e la comprensione delle sue relazioni interne e delle sue emergenze suggeriscono l'ipotesi formale da seguire.

In linea generale si devono considerare almeno tre possibilità. Gli impianti di depurazione possono essere trattati come vere e proprie opere di architettura industriale e, quindi, denunciare il processo di depurazione che avviene al loro interno: in questo caso i sistemi costruttivi saranno preferibilmente quelli caratteristici della cultura progettuale moderna quali il vetro, l'acciaio, il calcestruzzo. In alternativa si può cercare di nascondere le installazioni entro strutture edilizie tipiche del territorio circostante: in alcuni contesti rurali possono essere, ad es., gli edifici rustici di tradizione destinati ad attività produttive; in ambito urbano palazzi per uffici o strutture sportive. Molto interessante, infine, è l'ipotesi di sviluppare interamente le installazioni nel sottosuolo, lasciando emergere solo alcuni corpi o modellando il terreno in funzione delle necessità interne all'impianto nel caso in cui si agisca in contesti ad alto valore paesaggistico oppure in prossimità di zone abitate.

In tutti i casi, sia che si intenda mimetizzare l'intervento sia, all'opposto, si voglia enfatizzarne la funzione, è indispensabile precisare in sede progettuale tutti i dettagli costruttivi e tecnologici in modo da poter controllare la resa finale dell'opera. Questo anche in ragione della sua funzionalità futura. Pertanto occorre che le scelte siano orientate ad un alto grado di durabilità e manutenibilità e, cioè, prevedere materiali e sistemi di comprovata resistenza all'uso e sui quali, in ca-

so di necessità, si possa facilmente intervenire. Questi requisiti tecnologici vanno chiaramente verificati in sede progettuale e fanno parte delle condizioni fondamentali per garantire il raggiungimento di un buon livello di qualità delle opere.

Molta cura deve essere dedicata, inoltre, ai fini dell'ambientamento notturno, allo studio, in sede progettuale di una corretta illuminazione dei manufatti e degli spazi.

Trattandosi di realizzare un organismo complesso, composto da apparecchiature e da corpi edilizi che fungono da contenitori, è necessario che la progettazione tenga conto della diversità di questi due componenti, la cui completa integrazione è uno degli obiettivi da perseguire.

Qualora il progetto preveda il trattamento "a verde" delle aree libere attorno all'impianto, bisogna approntare uno studio accurato delle possibili colture e delle modalità di manutenzione, curando che la piantumazione avvenga già in fase di cantiere per velocizzare il raggiungimento del risultato finale. La scelta della vegetazione deriverà in primo luogo dall'esame delle caratteristiche del contesto, tenendo conto anche delle esigenze di facilità di manutenzione, dell'orientamento generale del sito e della periodicità della caduta delle foglie. Per garantire la persistenza della vegetazione durante tutto l'anno occorre prevedere una opportuna diversificazione delle essenze utilizzate. Per ambientazioni di tipo naturalistico sono da prediligere le specie tipiche del luogo, oppure essenze estranee al contesto, ma funzionali alla valorizzazione del progetto.

In zone aperte l'impianto può essere protetto all'esterno da una barriera "verde" di larghezza di almeno 10 metri che attenui l'impatto del costruito: la recinzione dell'impianto potrà essere collocata all'interno di questa fascia verde. Alberature e arbusti possono, inoltre, collaborare all'abbattimento di emissioni, ad es. come schermatura degli aerosoli o come barriera alla diffusione dei rumori. È importante che la disposizione della vegetazione sia studiata in modo da rispettare le caratteristiche delle specie prescelte e che non evidenzii con l'eccessiva monotonia la presenza delle installazioni.

Per quanto riguarda l'insonorizzazione si deve prevedere innanzitutto una corretta localizzazione delle zone più rumorose rispetto al sito, possibilmente posizionandole nelle aree più lontane dalle zone abitate al contorno. Si può, poi, intervenire alla sorgente con protezioni individuali per le macchine più rumorose, con sistemi di ammortamento per la propagazione del suono, con l'inserimento di pannelli acustici o supporti elastici per attutire le vibrazioni. Anche il corretto uso dei materiali favorisce l'abbattimento delle emissioni sonore.

Tutti questi accorgimenti permettono di minimizzare le emissioni sgradevoli sull'ambiente circostante e nello stesso tempo di migliorare le condizioni di lavoro all'interno dell'impianto.

3.3.7 Piano di gestione tecnica

Per gestione di un impianto di depurazione si intende l'insieme delle attività che consentono di mantenere elevata l'efficienza di depurazione nel corso degli anni. Fatto salvo che l'efficace gestione di un impianto di depurazione è la diretta conseguenza della realizzazione di un'unità correttamente dimensionata, è evidente che risulta altrettanto importante l'elaborazione di un adeguato "piano di gestione" dell'impianto stesso.

La definizione di un corretto piano di gestione, manutenzione e controllo, è necessaria per l'ottimizzazione nell'utilizzo di risorse umane, tecniche ed economiche, a garanzia del funzionamento in continuo dell'impianto, del raggiungimento degli standard di qualità per l'effluente previsti per legge, del rispetto per l'ambiente e per la salute degli operatori.

Tale piano deve partire dalla definizione delle competenze e degli obiettivi da raggiungere, dall'esame delle strutture disponibili e della struttura organizzativa necessaria. Esso è funzione della tipologia dell'impianto, della sua potenzialità e delle particolari situazioni locali. In ogni caso dovrà comprendere:

- il programma di monitoraggio per il controllo di processo;
- le modalità di registrazione e trattamento dei dati per la valutazione dell'efficienza del processo;

- le procedure di diagnosi ed il programma di intervento in caso di disfunzioni;
- le procedure di selezione e formazione del personale addetto;
- gli aspetti igienico-sanitari e le misure di sicurezza;
- il programma per la manutenzione.

3.3.7.1 Programma di monitoraggio per il controllo di processo

L'attività di monitoraggio consiste nel rilevamento di parametri che consentano l'interpretazione della situazione in atto all'interno dell'impianto e, conseguentemente, la valutazione dell'efficienza complessiva del sistema, acquisibile solamente attraverso una campagna analitica capillare e approfondita.

La definizione del piano di monitoraggio per la gestione ordinaria dell'impianto consiste nella programmazione delle diverse attività necessarie ad un controllo regolare, efficace e tempestivo dei rendimenti del processo.

A tale scopo è necessario effettuare una serie di scelte per definire prioritariamente:

- i parametri da misurare;
- la frequenza ed i tempi di campionamento;
- i punti di prelievo dei campioni su cui effettuare le misurazioni tenendo conto del costo delle analisi (reagenti e strutture) e del tempo di esecuzione (e quindi della manodopera impiegata);
- le modalità del campionamento (campioni istantanei, compositi, medi ponderati, manuali o automatici);
- la scelta delle metodologie analitiche.

In particolare, la scelta dei parametri da rilevare presuppone la conoscenza del significato da essi assunto, in relazione alla fase del processo considerata, al fine di fornire informazioni significativamente utili e facilmente interpretabili.

La campagna analitica è funzione della tipologia e della potenzialità dell'impianto. Il D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, stabilisce una frequenza minima di controlli relativamente alle caratteristiche dell'influente e dell'effluente, che riguarda sia l'autorità competente che il gestore, fissati in base a tre diverse classi di potenzialità d'impianto. In applicazione a quanto detto, il decreto cita il termine specifico "autocontrolli", cioè controlli effettuati dall'ente gestore, con sistemi di rilevamento e di trasmissione dei dati validati dall'autorità di controllo.

Anche per i trattamenti appropriati (fino a 2.000 A.E. per scarichi recapitanti in acque superficiali e inferiori a 10.000 A.E. se recapitanti in mare), per cui il D. Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, non indica una frequenza minima di controlli, tale frequenza dovrà essere modulata sulla tipologia e sulla potenzialità dell'impianto.

Per quanto riguarda le modalità di prelievo, i campioni possono essere distinti in funzione dell'arco di tempo che rappresentano:

- i campioni istantanei sono idonei per il controllo di un evento particolare o occasionale;
- i campioni compositi sono costituiti dall'unione di più aliquote prelevate ad intervalli di tempo regolari, indipendentemente dalle variazioni di portata e di carico;
- i campioni medi ponderati (ad es. su 3 e 24 ore, come indicato dal D. Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni) sono costituiti dall'unione di più aliquote prelevate in volumi o a intervalli di tempo variabili in funzione delle variazioni di portata e di carico.

Sulla base delle indicazioni contenute nel piano, verrà organizzata, a cura del gestore, una campagna di monitoraggio che garantisca un adeguato livello di intervento in relazione alla complessità dell'impianto, alla tipologia dello scarico e al grado di depurazione richiesto. Una corretta stima dei rendimenti di rimozione dell'impianto nella sua globalità e/o delle singole unità di trattamento deve appoggiarsi all'uso di campionatori automatici, se possibile termostatati.

Il programma dovrà tenere conto dello sfasamento temporale dei prelievi effettuati in ingresso ed in uscita e del ritardo introdotto dai tempi di esecuzione delle analisi. Lo sfasamento può es-

sere scelto pari al tempo di ritenzione idraulica teorico, se esiste la certezza che le unità di trattamento non siano caratterizzate da corto-circuiti o volumi morti. In caso contrario, potrebbe essere necessario effettuare opportune prove, ivi inclusa la verifica di eventuali anomalie idrodinamiche (volumi morti, by-pass) attraverso l'immissione di traccianti.

In definitiva, il programma di monitoraggio dovrà garantire:

- controlli periodici dei parametri quali-quantitativi del liquame influente;
- controlli periodici dei parametri quali-quantitativi dell'effluente;
- controlli periodici dei parametri quali-quantitativi dei fanghi;
- controlli periodici dei parametri interni al processo.

Il controllo del liquame influente in un impianto è fondamentale, in quanto consente al gestore di intervenire di volta in volta per evitare il verificarsi di situazioni che possano ridurre l'efficienza di depurazione ed il possibile superamento dei limiti di legge per l'effluente finale. Tale controllo si traduce nella conoscenza delle caratteristiche del liquame: fluttuazioni di portata, valore dei principali parametri chimico-fisici (pH, temperatura, COD, BOD₅, SST, N e P).

I controlli periodici dell'effluente devono essere finalizzati alla verifica del corretto funzionamento degli impianti e al rispetto dei limiti di legge, e dovranno riguardare almeno i parametri indicati nella Tabella 1 dell'Allegato 5 del D. Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, e per le aree sensibili anche quelli indicati nella Tabella 2 del medesimo Allegato. In dipendenza delle caratteristiche dell'influente ed in relazione al recapito finale (ad es. smaltimento al suolo, riutilizzo) deve anche essere preso in considerazione il controllo di parametri di cui alle Tabelle 3 e 4 del citato Allegato.

Notevole importanza rivestono le valutazioni sulla tossicità degli effluenti finali con indicatori biologici, ad es. *Daphnia magna*, anche se è auspicabile effettuare test multispecie al fine di ottenere dati relativi all'effetto sui vari comparti dell'ecosistema acquatico.

Le analisi relative alla qualità chimico-fisica, microbiologica e tossicologica dei fanghi di risulta, possono essere effettuate, di massima, su campioni istantanei. Il singolo gestore, sulla base delle esigenze e delle disponibilità tecniche ed economiche valuterà, di volta in volta, l'opportunità di intensificare e/o di approfondire la campagna di monitoraggio.

Verifiche di funzionalità ed accertamenti analitici, sia di tipo chimico-fisico sia di tipo microbiologico, devono essere eseguiti anche negli stadi intermedi dell'impianto, ove ciò sia tecnicamente utile, ad es. a valle dei pretrattamenti, a valle della sedimentazione primaria, di quella secondaria, del sistema di disinfezione finale.

Per una maggiore affidabilità e sicurezza gestionale, il rilevamento in continuo dei principali parametri quali-quantitativi delle acque, ad es. attraverso sensori multiparametrici collegati ad un sistema centralizzato di telecontrollo on-line, può risultare utile nelle attività di supervisione, di analisi e di prevenzione di eventuali fenomeni disfunzionali dell'impianto.

All'interno del sistema è necessario prevedere anche la collocazione di centraline di rilevamento per il monitoraggio delle caratteristiche delle acque del corpo idrico recettore a monte e a valle dell'immissione dell'effluente, in modo da poter valutare in tempo reale l'impatto ambientale esercitato dallo scarico.

Solo per impianti di potenzialità medio-alta è necessario prevedere un laboratorio con locale proprio e attrezzature specifiche per le analisi di base. Per piccoli impianti oppure quando interessino indagini più particolareggiate, per le quali si richiedano apparecchiature di più alto livello, il gestore potrà rivolgersi a laboratori esterni, pubblici o privati. In tale caso deve comunque prevedersi la possibilità di effettuare analisi semplici direttamente in impianto, anche includendo l'utilizzo di kit analitici.

Una specifica attenzione deve essere rivolta alla verifica dei processi di rimozione biologica. Per garantire il corretto svolgimento della degradazione ossidativa e quindi l'elevata efficienza del processo, è necessario garantire, all'interno delle vasche, condizioni ambientali di pH, temperatura, ossigenazione e carico adeguate. Le analisi biologiche, necessarie per la valutazione del buono

“stato di salute del fango”, possono essere suddivise in:

- analisi della microfauna del fango attivo per la valutazione del processo biologico-depurativo, con particolare riferimento nei processi a fanghi attivi alla identificazione e valutazione della componente filamentosa per la prevenzione e la diagnosi di problemi legati alla fase di chiarificazione;
- analisi metaboliche, quali la valutazione di Oxygen Uptake Rate (OUR), Ammonia Utilization Rate (AUR) e Nitrate Utilization Rate (NUR), che sono in grado di evidenziare anomalie o variazioni delle condizioni all'interno della vasca di ossidazione e consentono l'accertamento di fenomeni di inibizione del processo.

Tali rilevamenti risultano fondamentali nella diagnosi di eventuali disfunzioni dovute alla composizione del fango biologico e alla formulazione degli interventi correttivi da adottare.

Relativamente ad impianti autorizzati al trattamento di rifiuti liquidi, il gestore è tenuto a predisporre, fin dal momento del conferimento, controlli e verifiche al fine di accertare che il refluo corrisponda qualitativamente e quantitativamente a quello esaminato nella fase istruttoria di accettazione.

3.3.7.2 Registrazione e trattamento dei dati per la valutazione del processo

I risultati dei controlli periodici effettuati dal gestore, devono essere adeguatamente registrati sul quaderno di registrazione dei dati (come previsto nell'Allegato 4 della Delibera CITA) e messi a disposizione dell'autorità di controllo in caso di ispezione all'impianto.

Nel quaderno devono essere chiaramente indicate per ogni campione la data, l'ora, il punto di prelievo, le modalità di campionamento, le metodiche analitiche utilizzate e i relativi valori.

I dati raccolti nell'ambito dell'attività di monitoraggio devono essere organizzati ed espressi in modo tale che sia possibile effettuare delle elaborazioni statistiche e/o matematiche ai fini della quantificazione dei principali aspetti di gestione del processo.

Il trattamento dei dati acquisiti dovrà prevedere il calcolo delle grandezze fondamentali quali:

- bilanci di massa del processo riferiti ai singoli componenti, tenendo conto sia dei ricircoli provenienti dalla linea fanghi che, ove presenti, dei trattamenti congiunti dei reflui speciali;
- calcolo dei rendimenti depurativi per ogni unità;
- calcolo dei consumi (energia, reattivi, altre risorse);
- verifica dei calcoli cinetici relativamente ai processi fondamentali e valutazione complessiva dei processi mediante modelli matematici.

3.3.7.3 Procedure di diagnosi e piano di intervento in caso di disfunzioni

Nelle attività di gestione devono essere considerate delle procedure di diagnosi in tempo reale dello stato del sistema in caso di disfunzione. A tale scopo, risulta opportuna la predisposizione di tabelle di riferimento indicanti:

- evidenze della disfunzione;
- possibili conseguenze a breve e lungo termine;
- possibili cause;
- analisi e verifiche di controllo;
- possibilità di interventi correttivi;

Le disfunzioni che si possono verificare durante la gestione possono essere di natura:

- meccanica;
- di processo.

Le disfunzioni di tipo meccanico conducono spesso a disservizi parziali o totali di determinate fasi del trattamento. Per queste situazioni devono essere previste:

- procedure per la sostituzione in tempo rapido delle apparecchiature elettromeccaniche in avaria;

- procedure per la messa in by-pass parziale o totale della fase interessata dall'avaria (grigliatura, dissabbiatura, sedimentazione primaria, ecc.).

Le disfunzioni di processo sono spesso riconducibili ad un controllo non adeguato dei principali parametri di funzionamento. In questo caso, l'analisi risulta spesso difficoltosa a causa dell'elevato numero di variabili e della correlazione tra queste. Va pertanto prevista l'organizzazione dei dati analitici raccolti e l'integrazione di questi con le informazioni derivanti dalla gestione dell'idraulica e dell'elettromeccanica d'impianto (portate, parametri on-line ecc.) sotto forma di tabelle di marcia. Anche in questo caso, l'utilizzo di modelli matematici del processo può facilitare la diagnosi della disfunzione e la scelta del relativo intervento.

In particolare, diverse sono le disfunzioni dei sistemi a fanghi attivi che si possono manifestare (bulking, foaming, pin point, ecc.) e differenti sono le cause e gli interventi correttivi da adottare. Poiché ciascun fenomeno disfunzionale presenta caratteristiche peculiari e necessità di modalità di intervento diverse, risulta importante saper riconoscere le cause ed i fattori che lo hanno determinato. Per informazioni di maggiore dettaglio su diagnosi, cause ed interventi correttivi specifici, è consigliabile la consultazione di manuali specialistici.

Nel caso di fuori servizio dell'impianto occorre darne immediata comunicazione all'autorità di controllo, indicando cause, modalità e tempi previsti per il ripristino.

3.3.7.4 Selezione e formazione del personale addetto

La gestione di un impianto deve essere condotta da personale specializzato. Il tipo di addestramento e preparazione necessari sono diversi a seconda dei compiti che il personale deve svolgere. Inoltre, si deve provvedere affinché ogni operatore riceva una formazione sufficiente e adeguata in materia di sicurezza e di salute, con particolare riferimento al proprio posto di lavoro ed alle proprie mansioni.

I principali compiti del personale vanno di norma raggruppati nelle seguenti funzioni di gestione, con la relativa indicazione delle specifiche competenze:

- direzione (in impianti di grandi dimensioni): preparazione a livello universitario, buona conoscenza della normativa vigente e di tutte le materie tecniche connesse al funzionamento dell'impianto, dai processi chimico-fisici e biologici alle caratteristiche costruttive e di funzionamento;
- conduzione: conoscenza delle caratteristiche dei processi, dei principi di funzionamento, della localizzazione e delle modalità di esercizio delle singole apparecchiature e dell'impianto nel suo complesso;
- manutenzione: conoscenza delle caratteristiche costruttive e di installazione, dei principi di funzionamento e delle modalità di esercizio delle apparecchiature, di tutte le procedure di manutenzione;
- campionamento: conoscenza dei corretti metodi di campionamento previsti dalle normative vigenti;
- analisi: preparazione ad indirizzo chimico-biologico; conoscenza delle metodologie analitiche in uso e delle normative sulle acque di scarico;
- amministrazione: attività di contabilità, segreteria, archiviazione, corrispondenza e pratiche varie, tenuta di registri, schede, rapporti di manutenzione e conduzione;
- varie: custodia e guardiana; manutenzione di strade, piazzali e zone verdi, carico e scarico automezzi, ecc.

Di fondamentale importanza è il manuale d'uso dell'impianto (art.40 del Regolamento di attuazione della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni) che deve essere sempre preparato dal progettista e che occorre sia compilato in modo da renderlo comprensibile al personale addetto.

blema dell'impiego di personale, può essere costituita dalla gestione congiunta, adottata ad es. dall'azienda e dai consorzi intercomunali e d'ambito. La gestione di più impianti di piccole dimensioni può essere condotta dagli stessi tecnici che in tal modo, vengono occupati a tempo pieno e possono raggiungere livelli elevati di specializzazione. In un tal sistema sarebbe appropriato valutare la possibilità di una gestione remota, adottando sistemi automatici di telecontrollo.

3.3.7.5 Aspetti igienico-sanitari e misure di sicurezza

La normativa vigente in materia di sicurezza sul lavoro prevede che in ogni unità produttiva sia istituito un servizio di prevenzione e protezione.

Per le società di gestione con più di 200 dipendenti il servizio è costituito da un responsabile e deve essere organizzato all'interno dell'azienda; viceversa per società con meno di 200 dipendenti le funzioni del servizio di prevenzione e protezione possono essere svolte anche da una struttura esterna all'azienda, oppure direttamente dal datore di lavoro.

Le varie misure di sicurezza da adottare nella gestione di un impianto di depurazione sono legate essenzialmente alla presenza di microrganismi patogeni nei liquami e nei fanghi e ciò impone che il personale addetto adotti ogni cautela di carattere igienico tesa a rendere minimo il rischio di malattie (ad es. in vicinanza delle vasche di aerazione è opportuno che il personale sia dotato di mascherine a protezione delle vie respiratorie).

In particolare, il personale addetto alla conduzione dell'impianto deve essere sottoposto a vaccinazioni periodiche antitifica e antitetanica ed essere immunizzato contro la poliomielite. Per quanto riguarda altri tipi di vaccini, quali ad es. antiepatite A e B, antileptosira, antidifterite, non sussistono particolari obblighi ed è pertanto facoltà del medico competente il consigliarle o meno. L'esercizio di un depuratore comporta tra l'altro anche una produzione di rifiuti che normalmente devono essere smaltiti o recuperati da impianti terzi. Per la gestione dei rifiuti prodotti, sia pericolosi che non pericolosi, si rimanda alle disposizioni del D.Lgs. 22/97 e successive modifiche e integrazioni.

Per quanto riguarda le emissioni in atmosfera, i depuratori rientrano nelle attività ad inquinamento atmosferico poco significativo, così come previsto dal Decreto del Presidente della Repubblica del 25 luglio 1991 e non risulta pertanto necessario istruire lo specifico iter autorizzativo previsto dal Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n.203. Fanno eccezione gli impianti dotati di digestore anaerobico, che presentano emissioni in atmosfera derivanti dalle attività di riutilizzo del biogas prodotto.

La produzione di odori molesti negli impianti di depurazione può avere origine da fonti esterne all'impianto stesso, come la fognatura, oppure interne, per l'instaurarsi, ad es., di fenomeni di fermentazione anaerobica in alcune fasi di trattamento. Per limitare la diffusione degli odori si possono adottare varie soluzioni costruttive per la copertura dei comparti responsabili di emissioni odorigene (coclee di sollevamento, strutture di stoccaggio grigliato, sabbie e fanghi). In altri casi si possono adottare sistemi di depurazione degli effluenti gassosi, oppure utilizzare sostanze chimiche stabilizzanti.

Apparecchiature meccaniche, quali turbine, pompe, gruppi elettrogeni, compressori, provocano un certo inquinamento acustico, che può peggiorare con l'esercizio se non viene effettuata una corretta manutenzione dei macchinari. La riduzione delle emissioni sonore può essere ottenuta applicando cabinati fonoassorbenti direttamente ai macchinari (incapsulaggio) oppure isolando le pareti e le porte dei locali in cui essi si trovano. Nel caso di superamento dei limiti fissati per l'emissione di rumori nella zona circostante il depuratore, può risultare utile, ove consentito dalle norme urbanistiche vigenti, la formazione di barriere di attenuazione del rumore.

3.3.7.6 Programma per la manutenzione

Per manutenzione si intende quel complesso di provvedimenti atti ad assicurare nel tempo funzionalità ed efficienza agli impianti in ogni loro parte. Si distingue in manutenzione ordinaria, programmata e straordinaria.

La definizione del programma di manutenzione deve consistere nella programmazione delle diverse attività necessarie a tenere in perfetto stato di funzionamento le parti elettromeccaniche e i sistemi di controllo dell'impianto. La mancanza di una manutenzione programmata preventiva e l'affidamento al cosiddetto "break-down system", cioè all'intervento tardivo sull'impianto solo a disfunzione avvenuta, crea situazioni di fuori servizio e gravi disturbi sul processo depurativo, in definitiva danni economici consistenti.

La manutenzione programmata è la manutenzione attuata periodicamente ai vari comparti dell'impianto, prevedendo se necessario, anche la sospensione dell'esercizio dell'unità interessata. Il piano di manutenzione programmata, oltre a prevedere la pulizia periodica delle aree e dei fabbricati di pertinenza dell'impianto, consisterà nella predisposizione della lista di tutte le apparecchiature elettromeccaniche esistenti in impianto con la descrizione delle caratteristiche costruttive, di resa, nonché con l'indicazione delle scadenze di manutenzione previste dal costruttore delle apparecchiature. In particolare, il programma d'intervento riguarderà:

- ripristino dei livelli dei lubrificanti e cambio olio motori;
- ingrassaggio delle parti meccaniche;
- pulizia della caldaia e dei serbatoi di carburante;
- controllo delle verniciature e delle protezioni anticorrosive delle parti metalliche e non;
- manutenzione ordinaria dell'impianto elettrico, verifica e ripristino degli isolamenti e dei quadri elettrici secondo quanto previsto dalle norme CEI;
- sostituzione delle parti usurate di macchinari, attrezzature, accessori;
- controllo dei dispositivi per il conteggio dei tempi di funzionamento dei macchinari;
- sostituzione delle macchine a fine vita;
- svuotamento e pulizia completa e generale di tutti i comparti dell'impianto almeno una volta ogni 10 anni;
- ammodernamento a seguito dell'evoluzione scientifica e tecnologica e dell'evidenza di carenze funzionali manifestate dagli operatori.

Per quanto riguarda i sistemi di controllo, la verifica della funzionalità della strumentazione deve includere la verifica della calibrazione al fine di una corretta acquisizione dei dati.

La manutenzione programmata riguarda anche tutte le strutture civili, quali fabbricati recinzioni, vasche e prevede:

- protezione dei cementi;
- pulizia di tutti i locali adibiti a varie funzioni dell'impianto;
- pulizia dell'area scoperta;
- tinteggiatura degli edifici.

La manutenzione straordinaria può essere richiesta al momento in cui si verifichi un guasto o un malfunzionamento dell'impianto; oppure quando, in seguito all'individuazione di punti critici all'interno del processo, sia richiesto un intervento di tipo migliorativo. In ogni caso, comporta un complesso di operazioni quali revisioni, riparazioni, sostituzioni e/o interventi che si rendano indispensabili per il ripristino delle normali condizioni di esercizio ed uso degli impianti, delle apparecchiature e degli edifici, anche a seguito di danni causati da incidenti, furti, manomissioni, cattivo uso delle apparecchiature, atti di terzi, fenomeni naturali.

3.3.7.7 Impianti di fitodepurazione

meno onerosa rispetto agli impianti di tipo tradizionale. Tuttavia, il loro corretto funzionamento, è legato alla periodica e attenta esecuzione di un programma di azioni che riguardano in particolare:

- la gestione e la verifica del funzionamento dei sistemi di sedimentazione e pretrattamento:
 - controllo periodico del livello dei fanghi nella fossa settica (cadenza trimestrale);
 - spurgo e allontanamento dei fanghi (da eseguire minimo una volta l'anno da personale autorizzato); eventuale pulizia e manutenzione del degrassatore (cadenza annuale);
- la gestione e la manutenzione dei dispositivi idraulici:
 - controllo e pulizia dei collettori e dei pozzetti (cadenza stagionale);
 - controllo e pulizia dei sistemi di distribuzione, raccolta e scarico (cadenza stagionale da eseguire da personale specializzato);
- il controllo e la manutenzione di tutte le apparecchiature elettromeccaniche (cadenza mensile);
- il monitoraggio della funzionalità dell'impianto mediante il campionamento e l'analisi delle acque depurate (cadenza trimestrale o più frequente se richiesto dalle autorità competenti). Per impianti superiori a 2.000 A.E. il numero dei controlli e dei campioni deve essere conforme a quanto prescritto dal D. Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni;
- il controllo delle infestanti: deve essere periodicamente effettuata la rimozione delle piante e delle erbe infestanti che potrebbero compromettere il buon funzionamento del sistema, in special modo durante la prima fase di crescita delle macrofite. Nei sistemi a flusso sub-superficiale tale risultato può essere ottenuto mantenendo allagata la superficie del letto per un periodo di tempo sufficiente per far marcire la vegetazione non igrofila;
- la gestione delle macrofite: nei sistemi a flusso superficiale la vegetazione deve essere periodicamente rimossa e smaltita (generalmente una volta l'anno). Per i sistemi a flusso sub-superficiale lo sfalcio delle macrofite non è sempre necessario. Può essere previsto uno sfalcio ogni 1 - 2 anni in prossimità della fine dell'estate o all'inizio dell'autunno. Nei sistemi a flusso orizzontale i residui devono essere rimossi solo dopo i primi due sfalci, effettuati a partire dal secondo - terzo anno di esercizio, in modo da formare una lettiera di materiale vegetale con funzione di protezione termica e fonte di carbonio per la denitrificazione. Per i sistemi a flusso verticale i residui vegetali devono invece essere rimossi ad ogni sfalcio.

3.4. Studio di impatto ambientale (SIA)

Gli interventi assoggettati alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) devono essere corredati da uno Studio di Impatto Ambientale (SIA), mediante il quale sono quantificate le nuove condizioni, o le alterazioni, presenti nell'ambiente per effetto delle modifiche apportate.

Contenuti e organizzazione dello studio di impatto ambientale

Lo Studio di Impatto Ambientale deve articolarsi in tre sezioni:

- quadro di riferimento programmatico;
- quadro di riferimento progettuale;
- quadro di riferimento ambientale.

Quadro di riferimento programmatico

Nel quadro di riferimento programmatico sarà chiaramente richiamata la normativa vigente e saranno illustrate le ragioni storiche del progetto, i piani e i programmi relativi al territorio di appartenenza, anche in relazione alle strategie generali di gestione delle acque.

Il confronto delle nuove opere dovrà essere fatto non solo con i piani vigenti, ma anche con quelli in corso di approvazione, valutando dettagliatamente la coerenza del progetto con gli obiettivi

decisi dalle autorità preposte alla programmazione e alla pianificazione ed esplicitando le motivazioni di eventuali discostamenti, la tempistica relativa alla realizzazione delle opere e delle infrastrutture connesse.

Quadro di riferimento progettuale

Il quadro di riferimento progettuale specificherà in dettaglio le caratteristiche del servizio reso dall'opera, la sua potenzialità, l'evoluzione nel tempo delle sue prestazioni, sia dal punto di vista quantitativo sia qualitativo, e preciserà l'articolazione delle attività attinenti alla sua realizzazione e messa in esercizio.

Sarà fondamentale tenere conto dello stato del territorio al momento della progettazione e delle trasformazioni che deriveranno dall'introduzione dell'opera.

Sempre all'interno di questa sezione si dovranno precisare le caratteristiche tecniche dell'impianto (linea acqua, linea fanghi, trattamento aria) e i condizionamenti e i vincoli dovuti non solo alla normativa, ma anche alla natura dei luoghi.

Tutte le scelte fondamentali relative al processo, alla utilizzazione delle risorse naturali e delle materie prime, alle caratteristiche degli scarichi, ai criteri di ottimizzazione e alle necessità progettuali e gestionali dovranno essere chiaramente motivate e riguarderanno l'intero ciclo di vita dell'opera (dalla fase di costruzione alla sua completa dismissione). Per questo sarà necessario prevedere, illustrandolo all'interno di questa stessa sezione, un sistema di monitoraggio che consenta di controllare nel tempo gli effetti delle nuove installazioni sull'ambiente.

Tra i criteri di scelta delle soluzioni devono essere riportate le valutazioni che riguardano, ad es., la qualità dei materiali utilizzati, l'affidabilità o l'automazione delle installazioni, l'estensione delle garanzie sottoscritte, la qualità architettonica. Anche le preesistenti attività, l'ingombro del suolo, l'emissione degli odori, la produzione dei rumori devono essere considerati dei vincoli per la progettazione.

La descrizione contenuta nel quadro di riferimento progettuale esplicherà, inoltre, i principi e i dati a base del progetto delle installazioni, non solo per quanto riguarda il trattamento dell'acqua, ma anche per quello dei fanghi ed eventualmente dell'aria. Può risultare utile agli effetti dimostrativi allegare gli schemi di processo che spieghino il funzionamento dell'impianto.

Completterà questo quadro, trattandosi di opere pubbliche, l'analisi economica di costi e benefici legati alle opere, all'interno della quale saranno chiaramente specificati i valori assunti come riferimento.

Quadro di riferimento ambientale

Il quadro di riferimento ambientale dovrà contemplare in primo luogo l'esame dei livelli di qualità preesistenti per ciascuna componente ambientale, con una previsione dell'evoluzione di questi livelli, l'individuazione di eventuali situazioni a rischio e la precisazione degli strumenti per il controllo nel tempo dei valori rilevati. L'esame dovrà riguardare gli effetti sia in fase di costruzione sia in fase di esercizio: saranno esplicitati gli indicatori adottati e i dati desunti dalle analisi dovranno essere confrontati con gli standard e le normative del settore.

In particolare:

- atmosfera
 - definizione delle caratteristiche meteorologiche (temperature, precipitazioni, orientamento e velocità dei venti, ecc.), rilevamento del livello di qualità dell'aria in relazione al suo grado di rigenerazione naturale, alle possibili fonti d'inquinamento, alle eventuali trasformazioni fisico-chimiche e alle eventuali emissioni di polveri, gas, odori;
- ambiente idrico (acque superficiali e sotterranee)
 - caratteristiche di qualità delle acque e sua eventuale capacità di rigenerazione; condizioni idro-

geologiche e regime idrico delle falde; disponibilità idrica, sistemi di distribuzione, di raccolta e di trattamento; verifica della qualità dei corpi idrici ove avviene la reimmissione delle acque trattate e il loro monitoraggio;

- suolo e sottosuolo
 - caratteristiche di qualità e disponibilità delle aree; valutazione dei rischi geologici; verifica della compatibilità dell'intervento con l'uso appropriato delle risorse naturali e con la previsione dello smaltimento dei materiali di risulta;
- vegetazione, flora e fauna
 - analisi della qualità della vegetazione, della flora e della fauna presenti, descrizione delle emergenze più significative, delle specie protette e degli equilibri naturali;
- ecosistemi
 - analisi del funzionamento e della qualità degli ecosistemi; esame della criticità di particolari sistemi ambientali ad alta vulnerabilità, in relazione ai fattori di pressione esistenti;
- salute pubblica
 - analisi dello stato di qualità ambientale in relazione al benessere e alla salute umana con l'identificazione delle possibili cause di alterazione connesse con l'opera, descrizione dei processi di dispersione delle sostanze inquinanti, degli aerosol e degli odori; valutazione del rischio infettivo;
- rumore e vibrazioni
 - analisi della qualità ambientale, definizione della mappa della rumorosità, identificazione del clima acustico;
- paesaggio
 - analisi del paesaggio nei suoi aspetti storico-culturali ed in rapporto alla presenza di beni archeologici e storico-architettonici; analisi della composizione spaziale dei manufatti, degli aspetti percettivi e visuali; studio dell'orientamento e dell'accessibilità dell'impianto rispetto alle caratteristiche del territorio; esame del sistema viario e del carico veicolare; esame delle caratteristiche socio-economiche con riferimento alle attività antropiche e ai dinamismi spontanei.

In base al rilevamento dello stato dell'ambiente e alle previsioni sulle dinamiche future dovranno essere stimati gli effetti dell'intervento sia singolarmente, per ogni componente ambientale, sia nel complesso e, ove necessario, si dovranno prevedere e illustrare le misure di compensazione degli impatti indotti dall'opera sul territorio.

Relativamente allo specifico intervento sarà necessario da una parte tracciare il quadro delle modificazioni introdotte nel territorio considerando le variazioni dei livelli di qualità, dall'altra definire gli strumenti per la gestione e per il controllo, tarandoli in funzione delle caratteristiche tipologiche specifiche.

Particolare attenzione dovrà essere riposta in aree sensibili o per sistemi ad alta vulnerabilità valutando anche in questi casi gli impatti a tutti gli stadi del processo realizzativo e in fase di esercizio.

Una relazione conclusiva riassumerà gli effetti dell'opera sull'ambiente, anche in conseguenza dei provvedimenti di mitigazione adottati, e restituirà la rete di connessione tra tutte le sue principali componenti.

4. Analisi di fattibilità e pianificazione economico-finanziaria

4.1 Introduzione

La problematica connessa con la pianificazione e la gestione economica degli impianti di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane trae le sue ragioni da almeno tre livelli di considerazione:

Sistemi complessi

Da un punto di vista strettamente progettuale il sistema di collettamento e di depurazione di acque reflue urbane si colloca in un ambito territoriale definito e costituisce un tassello di un sistema di governo delle acque molto più complesso.

A monte, viene definito da variabili di ingresso:

- il contesto territoriale ed ambientale: le condizioni meteorologiche, il sistema idraulico ed il regime idrico del territorio ed i sistemi di approvvigionamento idrico;
- gli obiettivi programmatici: obiettivi di qualità, standard, consumi, tariffe.

A valle, il sistema di collettamento e depurazione riconfluisce direttamente nel sistema idraulico del territorio.

Si tratta quindi di una realtà complessa che chiama in causa in prima istanza, ed anche in sede di progettazione, i problemi connessi alla sua gestione, sia tecnica sia economica: il sistema va governato e gestito correttamente nel suo insieme.

Efficienza gestionale

La seconda considerazione trae origine dalla osservazione dello stato di fatto delle infrastrutture esistenti in termini di funzionalità. I livelli di efficienza funzionale di buona parte dei sistemi e delle reti di collettamento urbano e degli impianti di trattamento delle acque reflue, sono certamente e palesemente modesti.

Lo stato di degrado di molte infrastrutture esistenti è per buona parte imputabile (senza escludere in molti casi manchevolezze in sede di progettazione) alla carenza di una corretta gestione degli impianti. Carenza nella gestione tecnica, quindi anche di manutenzione, da far risalire con molta probabilità:

- alla assenza di adeguati criteri e di pratica di gestione economica: senza un quadro specifico delle risorse disponibili è impossibile programmare gli impegni;
- in molti casi, alle dimensioni di scala degli impianti inadeguate anche sotto il profilo dell'efficienza tecnologica.

Il contesto istituzionale

C'è una ulteriore considerazione che, partendo da una consapevole presa d'atto degli elementi conoscitivi sopra esposti, punta maggiormente l'attenzione sul problema.

Essa è costituita dal quadro normativo, che ha fatto registrare negli ultimi anni una notevole e significativa evoluzione. Le nuove norme ridefiniscono l'assetto gestionale dell'intero settore delle acque e pongono, non solo al gestore, ma anche al progettista, quesiti molto più complessi che non nel passato.

Sotto il profilo istituzionale la Legge Galli, unitamente al riassetto organizzativo e funzionale dell'intero sistema idrico, prevede l'adozione di criteri gestionali di natura industriale con l'obiettivo di "garantirne la gestione secondo criteri di efficienza, di efficacia e di economicità" (art.9). La Legge detta, in coerenza, precise indicazioni in termini di programmazione e di progettazione degli impianti. E' comune consapevolezza che la piena attuazione della Legge Galli comporta e comporterà un percorso non sempre semplice; la complessità del percorso attuativo non deve, tuttavia, costi-

tuire una deroga alla piena applicazione, già sin da ora, delle prescrizioni in tema di progettualità. La Legge Galli distingue con puntualità il compito e le responsabilità del soggetto istituzionale (Comuni e Province), che ha il compito della programmazione e del controllo da quello del soggetto gestore, che ha la responsabilità della realizzazione e della gestione. Al fine di regolare i rapporti fra soggetto istituzionale e soggetto gestore le Regioni devono predisporre una convenzione tipo che prevede, tra l'altro: il regime giuridico prescelto per la gestione del servizio; l'obbligo del raggiungimento dell'equilibrio economico-finanziario della gestione; la durata dell'affidamento, non superiore comunque a trent'anni; i criteri per definire il piano economico-finanziario per la gestione integrata del servizio; i criteri e le modalità di applicazione delle tariffe determinate dagli enti locali e del loro raggiungimento, anche con riferimento alle diverse categorie di utenze (art. 11, commi 1 e 2).

Ai fini della definizione dei contenuti della convenzione, i Comuni e le Province devono predisporre, "...sulla base dei criteri e degli indirizzi fissati dalle Regioni, un programma degli interventi necessari accompagnato da un piano finanziario e dal connesso modello gestionale ed organizzativo. Il piano finanziario indica, in particolare, le risorse disponibili, quelle da reperire, nonché i proventi da tariffa, come definiti dall'art. 13, per il periodo considerato" (art. 11, comma 3).

Sotto il profilo tecnico-progettuale, infine, la L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni, ed il relativo Regolamento di attuazione prescrivono, unitamente alle specifiche tecniche, precisi contenuti in merito alla pianificazione economico-finanziaria dei progetti di investimento, con la precisazione che, in loro assenza, i progetti non potranno essere ammessi a gara.

4.2 La valutazione economica dei progetti di investimento

Il quadro complessivo della normativa attualmente vigente prefigura:

- l'inderogabilità dell'analisi economico-finanziaria quale elemento costitutivo della fase di progettazione;
- la sequenza logica di tale analisi.

In estrema sintesi i criteri qui di seguito indicati in merito ai contenuti di pianificazione economica e finanziaria dei progetti intendono rispondere ai seguenti requisiti:

- i progetti devono rispondere alle richieste di legge;
- i progetti devono essere coerenti e funzionali agli obiettivi programmatici;
- i progetti devono essere coerenti e compatibili con il sistema territoriale ed ambientale in cui si inseriscono;
- i progetti devono dimostrare il grado di efficacia e le condizioni della loro sostenibilità in termini di gestione, sia sotto il profilo tecnico sia economico.

E' evidente che solo la presenza di queste condizioni, e di conseguenza la garanzia di conseguimento degli obiettivi ambientali dichiarati dal progetto, può giustificare una scelta di investimento.

Sotto il profilo della valutazione economica e finanziaria i passaggi progettuali chiave previsti dalla normativa sono pertanto:

- la ottimizzazione delle scelte progettuali: le scelte progettuali devono essere documentate e giustificate;
- la pianificazione dell'investimento: le spese di investimento devono essere programmate in relazione agli avanzamenti dei lavori del cantiere;
- la pianificazione della gestione economica: la gestione economica dell'impianto di progetto deve essere sostenibile sulla base di una pianificazione economica e finanziaria previsionale.

Ovviamente il grado di analiticità e di specificità di tali analisi e valutazioni sarà graduato in relazione sia ai diversi livelli della progettazione - dagli studi di fattibilità al progetto esecutivo - sia alle dimensioni ed alla complessità dei progetti. Appare infatti ovvio che un modesto progetto di variante merita certamente una minore attenzione di un progetto di sistema complesso, anche se

non va trascurato il fatto che anche una piccola variante si inserisce e viene a modificare oltre che gli aspetti tecnici anche quelli economici e finanziari del sistema di cui è parte.

Nelle pagine seguenti verranno tratteggiati il contenuto, la giustificazione razionale e la finalità dei singoli documenti contabili che devono supportare la valutazione di fattibilità economica dei progetti.

4.2.1 *Analisi e valutazione tecnico-economica delle scelte progettuali*

La scelta progettuale adottata va giustificata, con appropriati metodi di valutazione, sia in termini di efficienza tecnica sia in termini di costi di investimento e di costi di gestione.

“La redazione dei progetti delle opere o dei lavori complessi ed in particolare di quelli di cui all’art.2, comma 1, lettera i), è svolta preferibilmente impiegando la tecnica dell’ “analisi del valore”. In tale caso le relazioni illustrano i risultati di tali analisi” (art.15, comma 11 del Regolamento di attuazione della L.109/94 e successive modifiche e integrazioni).

“Qualora siano possibili più soluzioni progettuali, la scelta deve avvenire mediante l’impiego di una metodologia di valutazione qualitativa e quantitativa, multicriteri o multiobiettivi, tale da permettere di dedurre una graduatoria di priorità tra le soluzioni progettuali possibili” (art.15, comma 12 del Regolamento di attuazione della L.109/94 e successive modifiche e integrazioni).

E’ importante sottolineare che questo passaggio progettuale, al di là delle prescrizioni di legge, costituisce un momento decisivo di valutazione preliminare. Si tratta, infatti, di valutare, in questa sede non soltanto l’adeguatezza tecnica della tecnologia o del modulo progettuale adottato in relazione agli obiettivi del progetto, ma anche l’ottimizzazione tra i livelli di efficienza tecnica conseguibili ed i relativi costi di realizzazione e di gestione.

Merita, altresì, di essere evidenziato che l’obbligo delle valutazioni di coerenza del progetto con gli obiettivi programmatici e della sua sostenibilità economico-finanziaria non è posto a carico del solo soggetto che partecipa alla gara, ma altresì della stazione appaltante. Il che è anche palesemente logico: il soggetto concedente deve operare sulla base di obiettivi fattibili e porsi nella condizione di avere un metro di valutazione delle offerte.

Prendere decisioni razionali sulla natura dei sistemi di smaltimento delle acque di scarico comporta la valutazione dei vantaggi e degli svantaggi delle diverse opzioni.

Vi é una serie di metodi che possono essere usati per definire, elencare, misurare e comparare i pro e i contro di ogni tipo di soluzione. Quelli più largamente usati sono: analisi costi-benefici, analisi costi-efficacia, analisi multi-criteria, Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).

Questi metodi sono complementari e ciascuno può essere usato per identificare la soluzione ideale per gestire i sistemi di smaltimento.

Con specifico riferimento al dettato del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, merita di essere evidenziata la rilevanza che assume questa fase in merito alla scelta progettuale. Si tratta infatti di valutare:

- la coerenza con gli obiettivi di qualità;
- la razionalità e sostenibilità generale del progetto (ad es.: sistema di collettamento e di depurazione centralizzato o frazionato sul territorio, con la conseguente implicazione in merito alla scelta delle tecnologie);
- la sostenibilità della scelta rispetto agli obiettivi (ad es. riutilizzo o non riutilizzo agricolo);
- il tipo e caratteristiche della tecnologia di processo da adottare in relazione agli obiettivi generali del progetto.

4.2.2 *La pianificazione dell’investimento*

La rilevanza di questo momento della pianificazione dell’investimento appare di prima evidenza: una non corrispondenza nel tempo tra fabbisogni e disponibilità comporta inevitabilmente o il fer-

mo cantiere oppure oneri aggiuntivi e forse e più frequentemente entrambe le cose con l'aggiunta di contestazioni e, quindi e ancora una volta, di fermo lavori.

Appare evidente la preoccupazione del legislatore di creare condizioni di efficacia negli investimenti nei servizi di pubblica utilità: ad una spesa di investimento deve corrispondere una plausibilità documentata e programmata di conseguire gli obiettivi. Ne segue pertanto:

- che un progetto di investimento deve trovare il suo inquadramento in una programmazione finanziaria delle risorse;
- che anche un lotto funzionale deve inserirsi in tale logica ed, in ogni caso, deve essere sostenuto da adeguata copertura finanziaria.

La necessità, e l'obbligo, di predisporre una pianificazione finanziaria dell'investimento è prevista dalla normativa vigente a due livelli: a livello di progetto preliminare ed a livello di progetto esecutivo.

A livello di programmazione

In generale per la realizzazione delle opere pubbliche la normativa prevede tre passaggi:

“Le amministrazioni aggiudicatrici elaborano uno studio per individuare il quadro dei bisogni e delle esigenze, al fine di identificare gli interventi necessari al loro soddisfacimento” (art. 11, comma 1, Regolamento di attuazione della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni).

“Sulla base dello studio di cui al comma 1 le amministrazioni aggiudicatrici provvedono alla redazione di studi di fattibilità necessari per l'elaborazione del programma di cui all'art. 14 della Legge” (art. 11, comma 2, Regolamento di attuazione della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni).

Sulla base degli studi di cui al punto precedente, dalle Amministrazioni “...viene redatto, aggiornando quello precedentemente approvato, un programma dei lavori pubblici da eseguire nel successivo triennio”. Tale programma è deliberato dalle amministrazioni aggiudicatrici contestualmente al bilancio di previsione, ed è allegato alla relazione previsionale e programmatica nonché al bilancio pluriennale assieme all'elenco dei lavori da avviare nell'anno (art. 13, comma 1, Regolamento di attuazione della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni).

Infine, in stretti termini gestionali, “La tariffa è determinata tenendo conto della qualità della risorsa idrica e del servizio fornito, delle opere e degli adeguamenti necessari, dell'entità dei costi di gestione delle opere, dell'adeguatezza della remunerazione del capitale investito e dei costi di gestione delle aree di salvaguardia, in modo che sia assicurata la copertura integrale dei costi di investimento e di esercizio” (art. 13, comma 2, L. 36/94).

A livello di progettazione

La L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni ed il relativo Regolamento di attuazione specificano in modo definito le valutazioni economico-finanziarie che devono essere parte del progetto. Il progetto preliminare:

“Qualora il progetto preliminare è posto a base di gara per l'affidamento di una concessione di lavori pubblici, deve essere altresì predisposto un piano economico e finanziario di massima, sulla base del quale sono determinati gli elementi previsti dall'art. 85, comma 1, lettere a), b), c), d), e), f), g) ed h) da inserire nel relativo bando di gara” (art. 18, comma 3, Regolamento di attuazione della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni).

“La relazione [illustrativa del progetto preliminare] riporta una sintesi riguardante forme e fonti di finanziamento per la copertura della spesa, l'eventuale articolazione dell'intervento in lotti funzionali e fruibili, nonché i risultati del piano economico finanziario” (art. 19, comma 4, Regolamento di attuazione della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni).

Il progetto definitivo ed esecutivo:

“All’offerta è inoltre allegato un dettagliato piano economico-finanziario dell’investimento e della connessa gestione per tutto l’arco temporale prescelto” (art.87, comma 2, Regolamento di attuazione della L. 109/94 e successive modifiche e integrazioni).

La determinazione dei costi di investimento non dipende soltanto dal costo delle opere, ma è anche funzione degli avanzamenti lavori del cantiere, dei relativi impegni di pagamento e dei tempi di disponibilità delle risorse. Il costo di un progetto di investimento non è determinato soltanto da un elenco dei costi costituito sostanzialmente da due capitoli di spesa: costo delle opere e somme a disposizione. A questi vanno aggiunti anche - ove esistono - i costi finanziari (ad es. i costi di pre-finanziamento e gli oneri finanziari di eventuali prestiti).

Ai sensi di legge il progetto tecnico per poter essere considerato cantierabile deve essere accompagnato da un preciso piano finanziario degli investimenti. Ciò comporta sostanzialmente avere da un lato una chiara visione dei tempi di avanzamento lavori di cantiere - il cronoprogramma dei lavori previsto dalla L.109/94 e successive modifiche e integrazioni - e dei relativi impegni di pagamento e, dall’altro, una plausibile previsione delle disponibilità finanziarie.

4.3 La pianificazione della gestione economica

L’incrocio delle disposizioni della L. 36/94 e della L.109/94 e successive modifiche e integrazioni, intende rispondere nella sostanza a quattro requisiti. I progetti di investimento devono assicurare:

- la sostenibilità della loro gestione;
- l’economicità dell’esercizio;
- la remunerazione - o almeno la ricostituzione - del capitale investito;
- la accettabilità della tariffa che assicura le condizioni precedenti o, almeno, le condizioni alle quali la tariffa è considerata accettabile dal committente.

Tale piano deve essere esteso all’intero periodo di vita tecnica dell’impianto e, in caso di progetti la cui attuazione è affidata in concessione, la normativa prevede la sua estensione all’intera durata della concessione che, in ogni caso, non potrà essere superiore a 30 anni.

Nella terminologia corrente si tratta di definire il “business plan” del progetto, cioè il conto economico di previsione: valutare cioè, sulla base di assunzioni predefinite in termini di previsione, se la gestione futura dell’impianto di progetto è sostenibile in termini di efficienza economica.

Non è questa la sede per una esposizione pedantemente didattica dei contenuti di un piano economico-finanziario. Merita tuttavia prestare una qualche attenzione alla logica economica e finanziaria che sottende questi strumenti tecnici di programmazione. L’evidenza di tale logica appare maggiormente se riferita al ciclo integrato dell’acqua che non ad una componente isolata. Nella rapide considerazioni che seguiranno si farà pertanto riferimento alla gestione del ciclo integrato.

La struttura tecnica del business plan

Il business plan deve essere costituito da una sistema di contabilità dell’esercizio. Esso è articolato, oltre che dal conto finanziario dell’investimento, di cui è stato trattato in precedenza, da quattro conti specifici che interagiscono fra di loro, ognuno dei quali risponde ad una finalità ben definita, e preceduta da una analisi - in un certo senso atemporale - della struttura dei costi di esercizio. Quindi:

- analisi dei costi e piano della produzione;
- conto profitti e perdite;
- conto dei flussi di cassa;
- stato patrimoniale;
- conto fonti-impieghi.

Modelli informatizzati per la predisposizione del business plan sono disponibili sul mercato, anche se si tratta prevalentemente di modelli finalizzati a progetti di natura industriale e non di pubblici

servizi. In ogni caso si dà qui di seguito una sintetica descrizione della struttura e dei meccanismi di funzionamento di tali conti.

4.3.1 Analisi dei costi e piano della produzione

L'analisi dei costi di produzione sarà effettuata con riferimento alle caratteristiche tecnologiche del progetto ed ai relativi costi unitari di esercizio, alle dimensioni finanziarie dell'investimento ed alla sua vita utile, tenendo conto altresì di eventuali oneri di natura finanziaria. L'analisi dei costi costituisce l'elemento fondamentale per la costruzione dei conti economici di previsione. Alla base di ogni valutazione sta la scelta effettuata in sede di ottimizzazione del modulo progettuale. Da tale valutazione preliminare conseguono:

Le voci di costo di gestione annuale

Esse deriveranno sostanzialmente da tre fonti di informazione:

- dati di natura ingegneristica;
- dati standard provenienti da informazioni statistiche sulle gestioni di altri impianti similari per caratteristiche tecniche e dimensionali;
- dati diretti provenienti dalla gestione, se il progetto si inserisce in una struttura di gestione già esistente. E' evidente che tali dati dovranno essere ricalibrati in relazione alla tecnologia di progetto prescelta.

Le voci di costo pluriennale

Esse fanno riferimento alle scelte di investimento effettuate e ne evidenziano:

- le quote annuali di ammortamento degli impianti;
- i costi annuali (al netto del rimborso dei capitali) di finanziamenti onerosi pluriennali;
- le royalties, intendendo con tale termine due voci: la remunerazione riconosciuta al soggetto gestore predeterminata in sede di concessione e gli eventuali rimborsi di oneri riconosciuti al soggetto istituzionale quale compenso per l'uso in concessione di impianti preesistenti.

I ricavi di esercizio

I ricavi di esercizio saranno determinati dalle ipotesi di politica tariffaria e definiti in funzione della loro capacità a coprire tutti i costi di esercizio.

4.3.2 Il conto dei flussi di cassa

L'analisi dei flussi di cassa è finalizzata alla verifica della liquidità dell'esercizio, se, cioè, la gestione è in grado di far fronte agli impegni di pagamento quando questi insorgono.

I flussi di cassa, cioè gli incassi e gli esborsi in moneta corrente, sono ovviamente generati dall'esercizio. Essi cioè hanno origine dai crediti e dai debiti maturati nel corso dell'esercizio.

L'importanza della verifica consentita da questo conto è evidenziata in particolare dalla gestione di impianti di pubblica utilità, caratterizzati da rilevante impegno finanziario iniziale e da tempi di rientro del capitale molto lunghi e, di conseguenza, da gestioni economicamente a basso livello di remunerazione.

Molto pragmaticamente, il conto dei flussi di cassa consente di verificare se la gestione è in grado di finanziare l'esercizio. Il conto dei flussi di cassa consente cioè di verificare la disponibilità di risorse liquide necessarie a far fronte agli esborsi che maturano nel corso dell'esercizio. In questo senso il saldo attivo di tale conto costituisce la garanzia che la gestione è sostenibile.

4.3.3 Il conto profitti e perdite

È il conto che verifica la redditività della gestione, anche in relazione ad impegni di natura pluriennale, contabilizzando l'utile o la perdita degli esercizi annuali. Il conto profitti e perdite evidenzia i costi ed i ricavi che maturano nel corso dell'esercizio.

Il conto stabilisce un confronto aritmetico fra i ricavi ed i costi dell'esercizio:

- i ricavi dell'attività tipica sono costituiti dai crediti da tariffa per la prestazione dei servizi nel corso dell'esercizio annuale;
- i costi sono costituiti: dagli impegni debitori contratti per l'acquisto di materiali, le retribuzioni del personale dipendente, la prestazione di servizi e dagli oneri finanziari maturati nel corso dell'esercizio per finanziamenti di terzi, oltre che dalla quota di oneri pluriennali imputata all'esercizio (ammortamento dell'investimento e accantonamenti diversi).

4.3.4 Il conto patrimoniale

Il conto evidenzia, alla data di chiusura di un esercizio annuale, il rapporto fra le risorse impegnate nell'investimento, il loro rientro e la loro remunerazione generata dall'esercizio.

Il conto stabilisce un confronto fra:

- voci attive, costituite sostanzialmente dalle disponibilità liquide (desunte dal conto dei flussi di cassa), dai crediti (derivanti dal conto profitti e perdite) e da quella parte di investimenti il cui costo non è ancora stato ammortizzato negli esercizi precedenti;
- voci passive (cioè voci contabili di competenza di terzi). Esse sono sostanzialmente costituite da debiti verso terzi (banche e fornitori), fondi di accantonamento diversi, l'eventuale quota di finanziamento di terzi non ancora restituita e dagli impegni maturati, ma non ancora onorati, verso il fisco.

In concreto evidenzia la convenienza dell'investimento ed i tempi ed il grado di remunerazione del capitale investito.

4.3.5 Il conto fonti e impieghi

Si tratta di un conto caratteristico che ha la finalità di evidenziare la liquidità della gestione nel breve periodo ed il suo grado di autonomia e/o di dipendenza della gestione da finanziamenti esterni alla gestione stessa.

Il conto fonti e impieghi è un conto annuale ed evidenzia:

- le fonti di finanziamento disponibili, costituite dagli utili di esercizio, dagli accantonamenti effettuati nell'esercizio, dall'utile, da incassi avvenuti nel corso dell'esercizio derivanti da apporto di nuove risorse;
- gli impieghi avvenuti nel corso dell'esercizio per attività non specifiche della gestione ordinaria quali rimborso di prestiti o nuovi investimenti.

4.3.6 Conclusioni

In estrema sintesi, il conto economico di previsione è lo strumento che consente di valutare la convenienza o, al limite, la sostenibilità dell'investimento previsto dal progetto alle condizioni di mercato (ad es. il costo del denaro e gli impieghi alternativi) ed a quelle assunte dal progetto (ad es. il livello della tariffa).

Scheda 4 - Metodi di valutazione delle scelte progettuali

Con riferimento al par. 4.2.1 vengono qui di seguito descritte in forma sintetica le metodologie correnti di valutazione e scelta delle alternative progettuali.

1. L'Analisi Costi-Benefici

L'analisi costi-benefici è una metodologia di valutazione di progetti in relazione ai vantaggi conseguibili. Per ogni progetto vengono prese in esame le soluzioni tecniche alternative e per ogni soluzione vengono stimati i costi ed i benefici economici e sociali conseguibili. La finalità del metodo è quella di consentire una valutazione sufficientemente analitica dei costi e dei benefici conseguibili da un progetto di investimento, valutato nelle sue diverse soluzioni tecniche.

Il beneficio sociale netto viene definito dalla differenza tra i benefici meno i costi netti ed è considerato equivalente al Valore Attuale Netto (VAN). L'analisi costi-benefici può richiedere la stima del tasso interno di rendimento. Il Valore Attuale Netto ed il Tasso Interno di Rendimento (TIR) illustrano insieme il bilancio tra costi e benefici attesi.

Il metodo dell'analisi costi benefici consente una valutazione dei risultati di un progetto di investimento in relazione all'ordine di priorità che il decisore pone ai risultati da conseguire.

Nell'analisi applicata a progetti di investimento di natura sociale il metodo pone tre problemi sostanziali:

- l'individuazione e l'elencazione del "range" dei benefici conseguibili e, per un certo verso, il grado di priorità ad essi attribuito;
- la necessità di esprimere i benefici in termini monetari al fine di consentire un confronto con i costi di investimento;
- la diversa cadenza temporale dei benefici conseguibili e quindi la necessità di applicare dei tassi di sconto che li rendano attuali e, quindi, confrontabili con i costi.

Nell'ambito della valutazione di progetti di pubblica utilità ed al fine di rendere il più possibile omogenei i criteri di valutazione, le principali organizzazioni internazionali hanno elaborato metodi e criteri per:

- la selezione delle variabili da prendere in esame per categorie specifiche di progetti;
- i criteri per la loro valutazione in termini monetari;
- l'indicazione dei tassi di sconto da applicare ai fini della loro attualizzazione.

In termini puramente esemplificativi, vengono qui di seguito elencati alcuni tra i principali benefici attesi da progetti di intervento attinenti ai sistemi di smaltimento e depurazione delle acque reflue urbane:

- il miglioramento della qualità dei corpi idrici recettori;
- benefici ambientali ed alla salute umana;
- controllo delle esondazioni in aree urbane;
- riduzione dei costi di gestione del ciclo integrato dell'acqua;
- riutilizzo delle acque e dei fanghi in agricoltura;
- regimazione dei corsi d'acqua.

Altri benefici economici possono comprendere:

- effetti sul commercio locale, ad es. il turismo e il miglioramento dell'attività ittica;
- miglioramento del potenziale ricreativo;
- miglioramento dello smaltimento delle acque industriali;
- possibilità di realizzare impianti idroelettrici a piccola scala;
- riconversione della manodopera sottoccupata per la costruzione e la gestione delle infrastrutture.

2. L'Analisi Costi-Efficacia

Nella gestione dello smaltimento delle acque di scarico, gli obiettivi prioritari relativi al controllo dell'inquinamento, e cioè i benefici derivanti dal raggiungimento di una certa qualità dell'effluente, quali per es. la riduzione del BOD₅, COD, solidi sospesi, azoto o fosforo, o i livelli di contaminazione batterica lungo le spiagge, sono già definiti dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni.

L'analisi costi-efficacia costituisce una importante procedura atta ad assicurare l'uso razionale di risorse finanziarie limitate per il raggiungimento degli standard ambientali stabiliti nelle Direttive.

L'analisi costi-efficacia può essere applicata alla scelta di quelle opzioni che consentono di raggiungere gli standard di qualità ambientale con il minimo costo. Il principale strumento di analisi finanziaria utilizzato per determinare l'efficacia dei costi è il Valore Attuale Netto.

3. Il criterio del Valore Attuale Netto (VAN)

I costi confrontabili per soluzioni alternative riguardanti lo smaltimento delle acque di scarico urbane possono essere determinati mediante la stima del Valore Netto Attuale per ciascuna soluzione. La procedura richiede una stima dei flussi di cassa (cash flow) per tutta la durata del progetto. I tassi di sconto sono quelli in vigore all'inizio del progetto. Nella forma più semplice, occorrono cinque parametri per stimare il Valore Attuale Netto di un progetto:

- costo iniziale del capitale;
- costi di esercizio, di manutenzione e di mantenimento del capitale, assunto che questi siano costanti per il periodo;
- flusso dei rientri generati dal progetto;

segue: Scheda 4

- durata del progetto;
- costo del capitale.

Normalmente le uscite (spese) saranno maggiori delle entrate (rientri) e il Valore Attuale Netto presente per una data soluzione progettuale risulterà negativo. La soluzione costi-efficacia migliore sarà quella che raggiunge il valore maggiore, cioè il minor valore negativo. Peraltro, altri fattori possono favorire la scelta di una soluzione più costosa.

4. L'Analisi Multicriteria

In alcune situazioni vi è una gamma di obiettivi supplementari, in aggiunta al soddisfacimento degli standard ambientali, che occorre introdurre nel processo decisionale. Spesso questi obiettivi sono difficili da esprimere in termini sia di costo, espresso in valore monetario, sia di benefici specifici, espressi in limiti di emissione di specifici inquinanti.

Nella analisi multicriteria, ad ogni opzione viene dato un punteggio che tiene conto del successo nel raggiungimento degli obiettivi supplementari. Questi punteggi raggruppati insieme in un unico indice, somma di tutte le misure pesate. Anche se non risulta essere la soluzione più efficace, la soluzione da preferire è quella che soddisfa uno o più dei seguenti obiettivi:

- basso costo del capitale;
- bassi costi di esercizio;
- minimo fabbisogno di personale specializzato;
- minimo fabbisogno di terreno;
- minimo impiego di energia;
- potenziale riutilizzo delle acque e dei fanghi;
- minimo impatto ambientale;
- basso disturbo potenziale.

L'analisi multi-criteria riconosce che chi deve prendere la decisione spesso deve considerare una molteplicità di obiettivi e costituisce un metodo per trovare la soluzione quando è il caso. Se possono essere attribuiti pesi relativi all'importanza dei vari criteri in considerazione, l'analisi multi-criteria fornisce un metodo per integrare una diversa gamma di obiettivi, dove ciascuno può essere espresso nella sue proprie unità di misura.