



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE**

ANNO 2004/2005

**GUIDA PER L'ADEGUAMENTO,
MIGLIORAMENTO E RAZIONALIZZAZIONE
DEL SERVIZIO DI DEPURAZIONE DELLE
ACQUE DI SCARICO URBANE**

Convenzione di ricerca tra

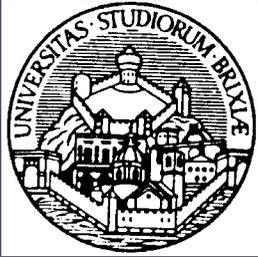
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
(Dipartimento di Ingegneria Civile,
Cattedra di Ingegneria Sanitaria-Ambientale)

e

APAT

(Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

CIVILE , ARCHITETTURA, TERRITORIO E AMBIENTE

ANNO 2007/2008

**L'OTTIMIZZAZIONE DEL SERVIZIO DI DEPURAZIONE
DELLE ACQUE DI SCARICO URBANE:
MASSIMIZZAZIONE DEI RECUPERI DI RISORSA
(ACQUE E FANGHI) E RIDUZIONE DEI CONSUMI
ENERGETICI**

Convenzione di ricerca tra

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA

**(Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente
Cattedra di Ingegneria Sanitaria-Ambientale)**

e

APAT

(Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE , ARCHITETTURA, TERRITORIO E AMBIENTE**

ANNO 2011/2012

**MODELLO DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE
DELLA FATTIBILITA' DEL RIUSO
DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE**

Convenzione di ricerca tra

ISPRA

(Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)

e

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA

(Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente
Cattedra di Ingegneria Sanitaria-Ambientale)

Responsabile scientifico:

Prof. Ing. Carlo Collivignarelli

Coordinatore operativo:

Prof. Ing. Giorgio Bertanza

Gruppo di lavoro:

Ing. Alessandro Abbà

Ing. Valerio Acquaotta

Ing. Michele Alberi

OBIETTIVI E CRITERI DI IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

OBIETTIVO DELLO STUDIO

- Commissionato da APAT (Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale).
- Obiettivo:
definire criteri per l'**adeguamento**, **miglioramento** e **razionalizzazione** del servizio di depurazione delle acque di scarico urbane al fine di conseguire il migliore utilizzo delle strutture esistenti e adottare i migliori interventi di upgrading.

IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

- Numerosi **sopralluoghi** e **contatti** con gestori di impianti distribuiti sul territorio nazionale;
- analisi di precedenti esperienze di ricerca e professionali degli estensori;
- esame di **materiale bibliografico**;
- **rielaborazione** dei risultati di studi condotti nell'ambito del Gruppo di Lavoro "Gestione Impianti di Depurazione" attivo presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia;
- analisi di indagini recentemente condotte da altri Enti (es. la stessa APAT, l'ISTAT ecc.);
- esame di Piani di Tutela nel frattempo redatti da alcune regioni.

INQUADRAMENTO

- Oggi in Italia sono attivi circa 15.000 impianti di depurazione municipali;
- la maggior parte di potenzialità inferiore a 2.000 AE;
- trattano circa 5,5 miliardi di m³/anno di acque di scarico;
- dalla depurazione si originano circa 4,2 milioni di t/anno di fanghi (stima);
- acque depurate e fanghi sono “prodotti della depurazione” potenzialmente valorizzabili per un recupero di materia e/o energia.

I **FANGHI** COME RISORSA

- Grazie a matrice organica e contenuto di nutrienti, considerati “storicamente” una risorsa;
- **recupero energetico** mediante stabilizzazione anaerobica con produzione (e recupero) di biogas. In taluni casi (per la verità rari), incenerimento (previo essiccamento);
- **recupero di materia** attraverso l’impiego in agricoltura dei fanghi stabilizzati direttamente o previo trattamento chimico o di compostaggio. Già da tempo normativa nazionale (D.lgs. 99/92).

LE ACQUE DI SCARICO COME RISORSA

- Da molti anni oggetto di studi, ricerche e applicazioni pratiche (laddove particolari condizioni lo abbiano reso necessario e/o conveniente);
- **forte impulso, a livello normativo**, dal D.lgs 152/99 e s.m.i. (art. 26, c.2, D.lgs 258/2000: “le regioni adottano norme e misure volte a favorire il riciclo dell’acqua e il riutilizzo delle acque reflue depurate”) e dal D.M. 185/03;
- in ottemperanza a queste norme, le Regioni forniscono indirizzi in merito nei Piani di Tutela delle Acque.

SVILUPPI IN CAMPO SCIENTIFICO

Negli ultimi venti anni, notevoli progressi nei settori di interesse:

- tecnologie di trattamento (nuovi processi di trattamento delle acque e dei fanghi);
- criteri di gestione dei processi depurativi (metodi di verifica della efficienza, criteri e tecniche di monitoraggio, controllo degli impianti ecc.);
- tossicologia (nuove conoscenze sugli effetti delle sostanze sugli ecosistemi in generale e sull'uomo in particolare);
- analisi chimica (rilevabili tracce di microinquinanti in matrici anche "difficili" come le acque di scarico e i fanghi di depurazione).

IMPIANTI DI DEPURAZIONE = PROCESSI PRODUTTIVI

- La valorizzazione a fini energetici o materiali delle risorse acqua e fango richiede garanzie in termini di qualità del prodotto, affinché lo sfruttamento rappresenti un vero beneficio per l'ambiente;
- conseguenza: gli impianti di depurazione sono da considerare veri e propri “processi produttivi”;
- necessità di garantire un funzionamento affidabile;
- obiettivo (ambizioso) da conseguire in un regime di scarsità di risorse.

IL RUOLO DELLA **GESTIONE** E DELLA PROGETTAZIONE

- Scopo primario: corretto e pieno funzionamento degli impianti per poter sfruttare al meglio le strutture esistenti;
- in seconda istanza: adottare interventi più costosi (strutturali) per il conseguimento di determinati obiettivi;
- traguardo del riutilizzo come stimolo per avviare un processo di progressiva ottimizzazione del funzionamento degli impianti, che investa dapprima le procedure gestionali e in secondo luogo, se necessario, porti all'upgrading strutturale;
- duplice risultato atteso: incremento delle prestazioni e riduzione dei costi di gestione.

SITUAZIONE GENERALE DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE IN ITALIA: CONSISTENZA E FUNZIONALITÀ

La raccolta delle informazioni è articolata dal D.M. 198/02 in **sette schede**. APAT ha fornito le informazioni contenute nella scheda 6.1 – Impianti di depurazione.

Il modulo informativo è suddiviso in 5 sezioni.

Tali sezioni contengono i dati utilizzati per effettuare le elaborazioni:

- capacità organica e idraulica di progetto;
- portata media annua trattata dall'impianto;
- tipologia di trattamento;
- emissione, percentuale di rimozione e conformità ai limiti di scarico per le concentrazioni di BOD₅, COD, SS, N e P;
- produzione, riutilizzo e smaltimento dei fanghi;
- tipologia del corpo recettore dell'impianto.

La verifica ha riguardato 12 Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano;

la selezione delle realtà territoriali da considerare è stata effettuata da APAT in funzione della ubicazione geografica e di una prima verifica di attendibilità e completezza dei dati.



2.378 impianti di depurazione

Tutti i dati sono stati suddivisi in base a:

- classi di potenzialità degli impianti;
- tipologie dei processi di trattamento adottati.

Sono state in particolare considerate le seguenti **classi di potenzialità**:

- < 2.000 [A.E.],
- 2.000 – 9.999 [A.E.],
- 10.000 – 100.000 [A.E.],
- > 100.000 [A.E.].

Questa suddivisione è coerente con la suddivisione adottata nel D.Lgs. 152/99 per la definizione dei limiti allo scarico (vedi Tabella 1 e Tabella 2, Allegato 5).

INFORMAZIONI RICHIESTE

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante una lettera inviata da APAT + contatti diretti con i gestori + sopralluoghi

- **SCHEMA DESCRITTIVO DELL'IMPIANTO**

- schema di flusso delle fasi di trattamento;
- potenzialità di progetto (portata e carico organico);
- contributo industriale;
- dimensioni e caratteristiche dell'impianto.

- **DATI DI FUNZIONAMENTO**

- andamento temporale della portata e delle concentrazioni dei principali parametri inquinanti (BOD, COD, N, P, SS ...) in ingresso e in uscita;
- consumi energetici e di reagenti;
- quantità e caratteristiche dei fanghi smaltiti.

- **DATI DI COSTO**

- costi di costruzione e di gestione.

- **RECUPERI**

- forme di recupero/smaltimento fanghi;
- recupero delle acque reflue.

**CONSISTENZA E FUNZIONALITÀ
DEGLI IMPIANTI IN ITALIA:
SINTESI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI**

**ANALISI DEI DATI RACCOLTI DA APAT
AI SENSI DEL D.M. 198/02**

LO STATO DEI SERVIZI IDRICI (anno 2002) – COMITATO PER LA VIGILANZA SULL'USO DELLE RISORSE IDRICHE

Redatto sulla base delle ricognizioni disponibili al 31/12/2002 (52 ATO su 91 previsti a livello nazionale, coprendo circa il 60% della popolazione).

Sono stati adottati alcuni indicatori di controllo (copertura del servizio, surplus di capacità depurativa, dimensioni impianti, età impianti e destinazione fanghi).

Dal rapporto emergono le seguenti considerazioni:

- **livello di copertura** del servizio superiore al 70%;
- **piccoli impianti** (< 2.000 A.E.) pari all'80% del totale;
- **età degli impianti** mediamente pari a 16 anni circa;
- valore medio della capacità depurativa degli impianti pari a 2 (poco affidabile per mancanza di dati);
- lo **smaltimento dei fanghi** in discarica è la soluzione maggiormente adottata (80% del totale).

LA DEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE IN ITALIA (anno 1999) – INDAGINE ISTAT

Autocompilazione di un modello cartaceo da parte degli impianti depurazione
(Mod. Istat Dep.)

Rilevate informazioni su 12.468 impianti, pari all'83% del totale a livello nazionale

Considerazioni generali tratte dall'ISTAT:

- i **comuni** italiani **con rete fognaria** delle acque reflue urbane sono **7.988**, pari al 99% del totale;
- il 48% dei comuni con rete fognaria depura completamente tutte le acque reflue convogliate nella fognatura pubblica, il 39% ne depura soltanto una parte, il 13% scarica le acque reflue non trattate in un corpo idrico;
- la **capacità effettiva depurativa** degli impianti, è pari a circa **64 milioni di abitanti equivalenti serviti** (A.E.S. effettivi);
- il numero degli A.E.S. di progetto è di norma più elevato rispetto a quello degli A.E.S. effettivi;
- a livello nazionale 9.210 impianti sono di piccole dimensioni (fino a 2.000 A.E.S.) e, di questi, 5.699 hanno tipologia di trattamento primario.
- in Italia i gestori degli impianti di depurazione sono 4.245 e sono rappresentati in prevalenza dai comuni.

CONSIDERAZIONI COMPARATIVE/INTEGRATIVE

Integrazione dei principali elementi emersi dai tre studi

- impianti esistenti: circa **15.000** ;
- **capacità depurativa** complessiva effettiva per un campione di circa 12.500 impianti: **64 milioni di A.E.**;
- maggior parte degli impianti di piccola dimensione (≤ 2.000 A.E.), spesso dotati di solo trattamento primario;
- maggior parte del carico gravante su impianti di grande potenzialità (≥ 100.000 A.E.), spesso dotati di trattamenti terziari;
- maggior parte degli impianti realizzata in data anteriore al 1990;
- in diversi casi **sovraccarico idraulico**; viceversa spesso margini di potenzialità residua (anche consistenti) in termini di carico organico;
- **efficienza** degli impianti, in termini di rimozione dei parametri “convenzionali” (COD, BOD, SS, N e P) in generale **soddisfacente o buona**, in relazione agli schemi di trattamento previsti. Tuttavia, grande numero di situazioni caratterizzate da **malfunzionamenti** (anche gravi);
- fanghi: preferito lo smaltimento in discarica, pur essendo molto diffuso il riutilizzo in agricoltura

Sembrano esistere notevoli margini di miglioramento delle prestazioni, infatti:

- i **malfunzionamenti** si verificano spesso in assenza di sovraccarico (idraulico e/o organico);
- spesso esistono **margini di potenzialità residua**;
- molti impianti sono di medie o grandi dimensioni, per di più spesso dotati di trattamenti terziari;
- l'età media degli impianti suggerisce la possibilità di intervenire con una azione di “**ammodernamento/ristrutturazione**”.



L'upgrading gestionale, ancora prima di quello strutturale, deve e può rappresentare un obiettivo concretamente raggiungibile con investimenti minimi o addirittura trascurabili.



**VALIDAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI
NAZIONALI ATTRAVERSO UN'INDAGINE SPECIFICA
SU UN CAMPIONE LIMITATO
MA RAPPRESENTATIVO DI IMPIANTI,
MEDIANTE UNA RACCOLTA
DI DATI PIÙ APPROFONDATA**

**MONITORAGGIO
+
ELABORAZIONE DATI**

Giudizio funzionalità impianto

Buone rese

Scarsa efficienza depurativa

Indirizzo alle manovre di controllo

**Verifiche di funzionalità
con procedure sperimentali**

Confronto tra la potenzialità nominale dell'impianto e il carico influente (verifica di dimensionamento)

Verifica dei rendimenti ottenuti sulla base di:

- caratteristiche dell'impianto;
- tipo di carico inquinante da trattare.

1. sovraccarico accertato → studio di interventi di potenziamento adeguati.
2. carenze non giustificabili → esecuzione di un intenso piano di monitoraggio che riguardi tutti i parametri chimico-fisici e biologici (può fornire un quadro dettagliato del livello di funzionalità dei diversi comparti, indicando i punti critici dell'impianto).

Altri tipi di verifiche sperimentali:

- verifica del **comportamento idrodinamico** dei bacini;
- quantificazione della **capacità di fornitura di ossigeno** degli apparati di aerazione in rapporto al fabbisogno della biomassa;
- valutazione della **potenzialità dei sedimentatori finali** in funzione delle caratteristiche di sedimentabilità del fango attivo;

Tali metodi, inizialmente applicati solo ad alcune fasi di trattamento (vasca di ossidazione e sedimentatore finale), sono stati recentemente adattati e testati, sia in scala pilota che in scala reale, su tutti gli stadi normalmente presenti negli impianti di depurazione di reflui urbani ed industriali, nonché negli impianti di potabilizzazione.

Tali verifiche sono di particolare utilità se

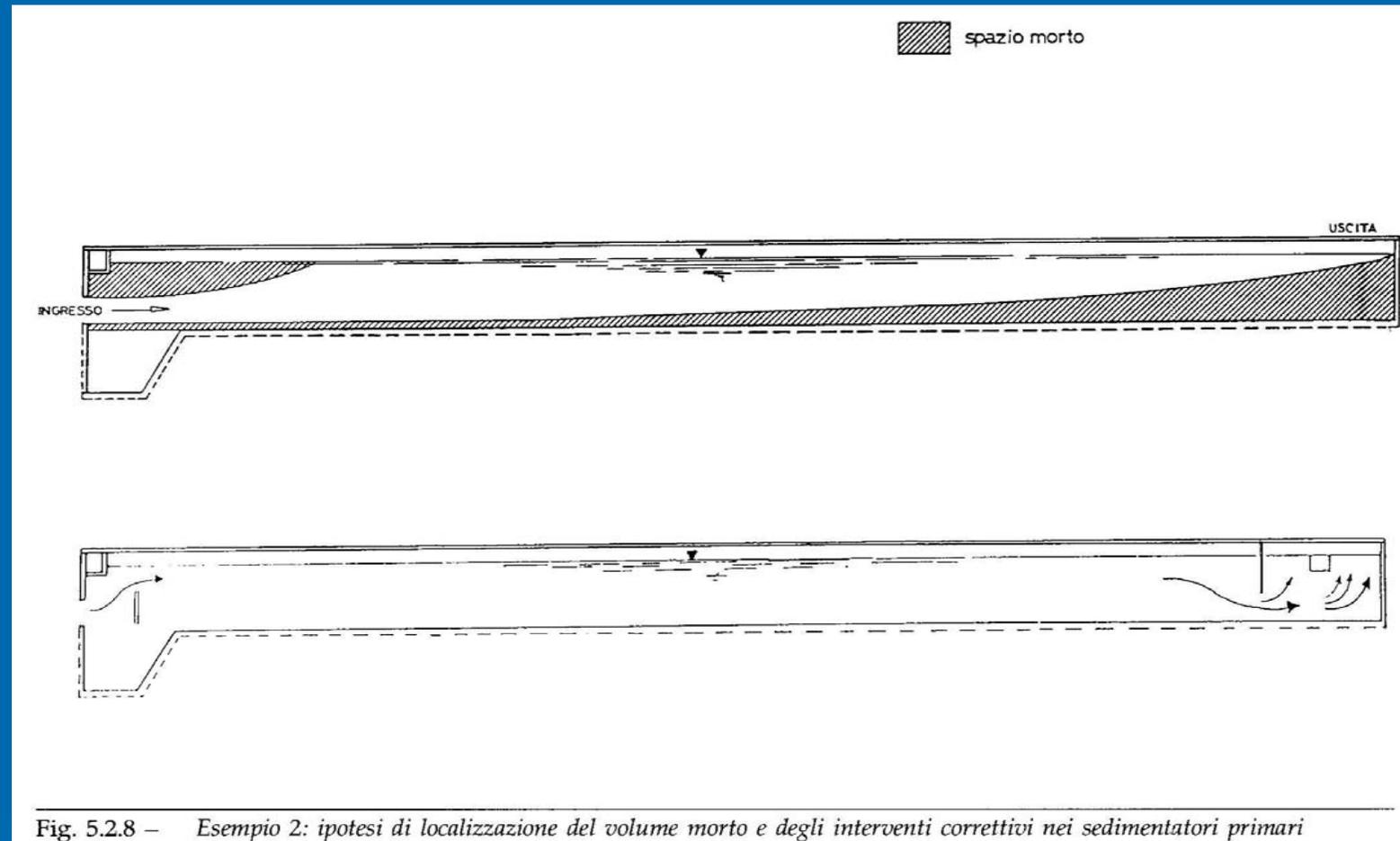
- vengono svolte per le diverse fasi dell'impianto di depurazione;
- integrate con altre prove:
 - analisi delle caratteristiche della microfauna e della popolazione batterica,
 - valutazione dell'attività della biomassa
 - determinazione delle cinetiche di processo
- esaminate congiuntamente con dati analitici e parametri "operativi".

Si può pervenire ad una diagnosi completa (per sfruttare al massimo le potenzialità dell'impianto):

- condizioni di funzionalità dei diversi comparti e dell'impianto nella sua globalità;
- individuazione delle disfunzioni;
- definizione di interventi correttivi o migliorativi più opportuni da attuare a livello gestionale (ed eventualmente strutturale).

Le **verifiche di funzionalità** possono essere viste come un **utile strumento di esame periodico**, qualora vengano ripetute con opportuna frequenza temporale al fine di

- monitorare il decadimento prestazionale fisiologico degli impianti;
- verificare gli interventi di volta in volta attuati;
- verificare il comportamento dell'impianto in diverse condizioni di carico.



A seguito di questi interventi:

- il **volume morto** si è ridotto al 15%;
- la **turbolenza** è aumentata ($Pè = 100$), non al punto da disturbare il fenomeno della decantazione.

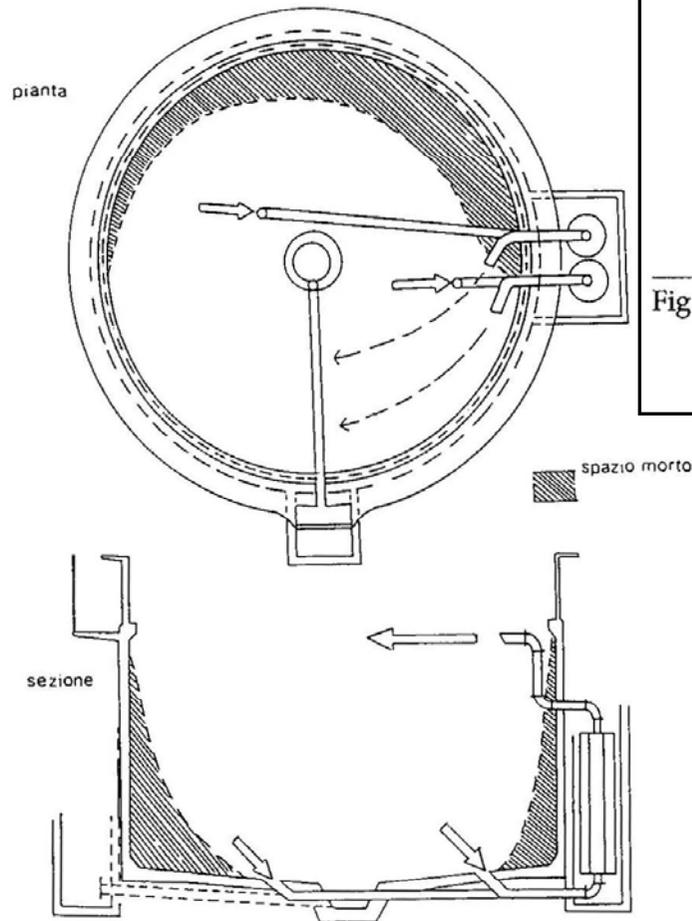


Fig. 5.2.23 – Esempio 2: ipotesi di localizzazione degli spazi morti nel digestore anaerobico (Collivignarelli et al., 1989)

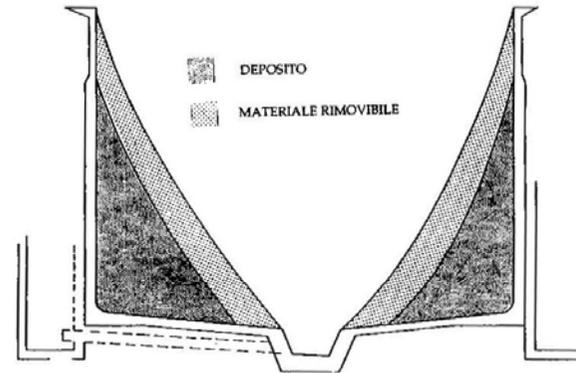


Fig. 5.2.24 – Esempio 2: fenomeno di deposito e parziale rimozione della sabbia ipotizzato nel digestore anaerobico (Collivignarelli et al., 1993)

Nei periodi molto piovosi, **la sabbia** presente nel liquame, trascinata oltre i comparti meccanici e sedimentata nel sedimentatore primario, **si deposita nel digestore**. Questo deposito viene parzialmente rimosso nei periodi secchi quando il fango è più “pulito”.

TECNICHE DI UPGRADING STRUTTURALE PER IL POTENZIAMENTO DEGLI IMPIANTI E IL MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI

UPGRADING = incremento della **potenzialità** (come carico trattabile) e/o miglioramento delle **rese depurative**.

Deriva da più ordini di esigenze:

- far fronte a **sovraccarichi** sia di tipo temporaneo (occasionali o periodici) che a carattere permanente;
- garantire **migliori standard di qualità** dell'effluente;
- migliorare il rapporto **impianto-ambiente**, minimizzando l'impatto sull'ambiente esterno.



- Possibilità di **intervento** molto numerose, a livello **gestionale** e **costruttivo**;
- possono riguardare pressoché **tutte le fasi di trattamento**;
- oggi disponibili **soluzioni tecnologiche** anche di tipo non convenzionale.

GUIDA PER L'ADEGUAMENTO, MIGLIORAMENTO E RAZIONALIZZAZIONE DEL SERVIZIO DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE DI SCARICO URBANE

Commissionata da APAT negli anni 2004 e 2005.

CONCLUSIONI

Indagini nazionali (APAT, Comitato di Vigilanza, ISTAT)+indagine analitica su 36 impianti:

- impianti esistenti in Italia: circa 15.000;
- la maggior parte di piccola dimensione (< 2.000 A.E.);
- la maggior parte del carico grava su impianti di grande potenzialità (> 100.000 A.E.) spesso dotati di trattamenti terziari;
- in diversi casi **sovraccarico idraulico**;
- spesso **margini di potenzialità residua** sul carico organico;
- spesso **malfunzionamenti** (anche gravi), anche in assenza di sovraccarico (idraulico e/o organico);
- età media elevata;
- voci di costo prevalenti: personale, energia elettrica, fanghi.

→ IL MIGLIORAMENTO DELLA FUNZIONALITA' E' **OBIETTIVO PRIMARIO**

..... **OTTIMIZZARE LA GESTIONE** per ottenere il massimo senza ricorrere a interventi strutturali

- **OTTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE = INNOVAZIONE**

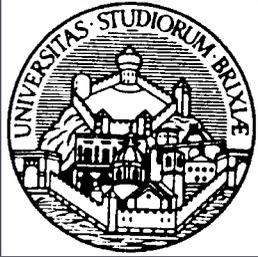
- a) esistono sistemi di ottimizzazione innovativi (es. nitro-denitro in simultanea, regolazione fornitura O₂, regolazione ricircolo ...) e/o non applicati
 - b) i gestori non considerano **l'ottimizzazione della gestione** come il **primo intervento da attuare**.
- Verifica **PERIODICA** della funzionalità (serve a controllare il grado di efficienza e prevenire l'obsolescenza).

IL RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE

- praticato già da anni, dove sussiste la **fattibilità tecnico-economica**;
- diversi progetti per applicazioni future;
- le Regioni hanno individuato (o stanno individuando) gli impianti;
- **nuovi limiti** (D.M. 185/03) richiedono l'affinamento: i costi aumentano (da confrontare con quelli della risorsa "fresca");
- per alcuni parametri (es. tensioattivi, tallio, boro ecc.) potrebbero essere richiesti trattamenti improponibili sul piano economico;
- si dovranno considerare **parametri "non convenzionali"** (nuovo approccio alla progettazione).

In ogni caso l'obiettivo fondamentale è il conseguimento della **corretta funzionalità degli impianti** e di un **elevato grado di affidabilità**, assicurando elevate prestazioni e nel contempo il contenimento dei costi di trattamento.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

CIVILE , ARCHITETTURA, TERRITORIO E AMBIENTE

ANNO 2007/2008

**L'OTTIMIZZAZIONE DEL SERVIZIO DI DEPURAZIONE
DELLE ACQUE DI SCARICO URBANE:
MASSIMIZZAZIONE DEI RECUPERI DI RISORSA
(ACQUE E FANGHI) E RIDUZIONE DEI CONSUMI
ENERGETICI**

Convenzione di ricerca tra

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA

**(Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente
Cattedra di Ingegneria Sanitaria-Ambientale)**

e

APAT

(Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici)

GRUPPO DI LAVORO

Responsabile scientifico:

Prof. Ing. Carlo Collivignarelli

Coordinatore operativo:

Prof. Ing. Giorgio Bertanza

Gruppo di lavoro:

Ing. Alessandro Abbà

Ing. Maria Cristina Collivignarelli

Ing. Sabrina Zanaboni

OBIETTIVI DEL LAVORO

- Continuazione di un precedente lavoro di ricerca (commissionato da APAT negli anni 2004 e 2005) sul tema “**Guida per l’adeguamento, miglioramento e razionalizzazione del servizio di depurazione delle acque di scarico urbane**”.

Obiettivi:

1. Individuazione di un criterio per la valutazione dell’**efficienza globale** (depurativa, energetica, gestionale, ecc.) degli impianti di depurazione destinate al trattamento di acque reflue;
2. Proposte di alternative impiantistiche e gestionali per
 - ridurre i consumi energetici;
 - minimizzare la produzione e massimizzare il recupero energetico/materiale dei fanghi di depurazione
 - riutilizzare le acque reflue depurate

STRUTTURA DEL LAVORO

VOLUME I



**ASPETTI
METODOLOGICI**

VOLUME II



**CRITERI E MODALITÀ DI
INTERVENTO PER LA
MASSIMIZZAZIONE DEI
RECUPERI DI RISORSA
(ACQUE E FANGHI) E LA
RIDUZIONE DEI
CONSUMI ENERGETICI**

VOLUME I

PREMESSA

PARTE I

DEFINIZIONE DEGLI IMPIANTI
DI DEPURAZIONE "TIPO"



INDIVIDUAZIONE DEI CRITERI DI SELEZIONE

FONTI CONSULTATE E QUALITÀ DEI DATI
DISPONIBILI

APPLICAZIONE DEI CRITERI DI SELEZIONE:
ESEMPI

INDIVIDUAZIONE DI CASI SIGNIFICATIVI

PARTE II

DEFINIZIONE DI CRITERI PER
LA VERIFICA DELLA
FUNZIONALITÀ DEGLI
IMPIANTI



VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ CONSOLIDATE

VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ "NON
CONVENZIONALI"

VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ "NON
CONVENZIONALI" APPLICATE AD IMPIANTI
CHE TRATTANO RIFIUTI LIQUIDI

PARTE III

DEFINIZIONE DI CRITERI PER
LA CARATTERIZZAZIONE DI
UN IMPIANTO



INDAGINE PRESSO GLI IMPIANTI "TIPO"

CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE

VOLUME II

PARTE I

DEFINIZIONE DEGLI INDICI DI FUNZIONALITÀ DEGLI IMPIANTI



CRITERI DI ELABORAZIONE DEI DATI GESTIONALI

INDICI DI FUNZIONALITÀ DEGLI IMPIANTI

APPLICAZIONE DEGLI INDICI DI FUNZIONALITÀ AGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE "TIPO"

PARTE II

DEFINIZIONE DI CRITERI DI OTTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA DEPURATIVA



CONFRONTO DEGLI INDICI DI EFFICIENZA DEPURATIVA (D)

CONFRONTO DEGLI INDICI PARZIALI DI EFFICIENZA DEPURATIVA (D_i) E POSSIBILI INTERVENTI

PARTE III

MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE



CONFRONTO DEGLI INDICI DI EFFICIENZA ENERGETICA

POSSIBILI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

PARTE IV

RIDUZIONE DEL QUANTITATIVO DI FANGHI PRODOTTI E RECUPERO DI ENERGIA



VALUTAZIONE DELLA FUNZIONALITÀ DEGLI IMPIANTI DAL PUNTO DI VISTA DELLA GESTIONE DEI FANGHI

MINIMIZZAZIONE PRODUZIONE FANGHI

VALORIZZAZIONE ENERGETICA/MATERIALE

FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA DELLE DIVERSE ALTERNATIVE DI GESTIONE DEI FANGHI

PARTE V

RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE



CONFRONTO DEGLI INDICI DI EFFICIENZA DEPURATIVA (D)

POSSIBILI INTERVENTI PER IL RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE

LA PIANIFICAZIONE DEL RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE A SCALA DI BACINO IDROGRAFICO

PARTE I (volume 2)

DEFINIZIONE DEGLI INDICI DI
FUNZIONALITÀ DEGLI IMPIANTI

INDICI DI FUNZIONALITÀ DEGLI IMPIANTI:

Metodologia valutativa

INDICATORI



INDICI



VALUTAZIONE FINALE



Indici di efficienza/efficacia:

- Efficienza depurativa (D)
- Gestione dei fanghi (F)
- Consumi di energia (E)
- Consumi di reagenti e combustibile (R)
- Costi (C)

$$V = D \cdot p_D + F \cdot p_F + E \cdot p_E + R \cdot p_R + C \cdot p_C$$

$$\sum p_i = 1$$

$V \geq 1 \rightarrow$ 

$V < 1 \rightarrow$ 

Gli indicatori

Nome indicatore	U.M.	Simbologia adottata	Indici calcolati con l'indicatore
Rendimenti di rimozione degli inquinanti	%	η_i	D
Concentrazioni in uscita degli inquinanti	mg/L	C_i	D, F
Produzione totale di fango	kgSS/d	P_{fango}	F
Rapporto tra SSV e SST nel fango	-	$\frac{SSV}{SST}$	F
Umidità	%	u	F
Quantitativo di fanghi destinato a recupero energetico	%	%recup energia	F
Quantitativo di fanghi destinato a recupero di materia	%	%recup materia	F
Energia elettrica per il sistema di fornitura dell'ossigeno	kWh/d	EE_{aria}	E
Energia elettrica per altri processi presenti nell'impianto	kWh/d	EE_{altro}	E
Energia elettrica autoprodotta nell'impianto	kWh/d	$EE_{autoprodotta}$	E
Energia termica autoprodotta nell'impianto	kWh/d	$ET_{autoprodotta}$	E
Consumo di reagenti in linea acque	kg/d	R_{acque}	R
Consumo di reagenti in linea fanghi	kg/d	R_{fanghi}	R
Costo relativo al personale	€/d	$C_{pers.}$	C
Costo relativo al consumo di energia elettrica	€/d	$C_{energia}$	C
Costo relativo al consumo di reagenti	€/d	$C_{reag.}$	C
Costo relativo allo smaltimento dei fanghi	€/d	C_{fanghi}	C
Costo relativo alla manutenzione ordinaria	€/d	$C_{manut.}$	C
Altri costi di gestione	€/d	C_{altro}	C

Efficienza depurativa (D)

Parametri presi in considerazione:

- COD;
- SS;
- N;
- P;
- *Escherichia Coli*;
- altro (legati a particolari situazioni).

INDICE PARZIALE
DI EFFICIENZA
DEPURATIVA

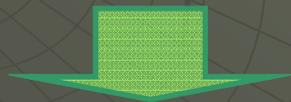
$$D_i = \left[\left(\frac{\eta_{reale,i}}{\eta_{atteso,i}} \right) \cdot P_{\eta,i} + \left(\frac{C_{atteso,i}}{C_{reale,i}} \right) \cdot P_{C,i} \right]$$

Valori attesi in funzione di:

- schema impianto;
- età impianto;
- caratteristiche influente;
- classe dimensionale.

Rendimento depurativo globale \rightarrow in funzione dei singoli trattamenti (ad esclusione dei SS):

$$\eta_{TOT} = 1 - \left[\prod_{i=1}^n (1 - \eta_i) \right]$$



$$D = p_{COD} \cdot D_{COD} + p_{SS} \cdot D_{SS} + p_N \cdot D_N + p_P \cdot D_P + p_{E.Coli} \cdot D_{E.Coli} + p_{altro} \cdot D_{altro}$$

CONCLUSIONI 1/2

- ❑ Individuazione di **criteri per la classificazione degli impianti** a diverso livello di approfondimento ► IMPIANTI DI DEPURAZIONE "TIPO"
-

- ❑ Verifica della funzionalità degli impianti: disponibilità, da tempo, di **verifiche di funzionalità consolidate** che approfondiscono diversi aspetti.
 - ❑ Disponibilità anche di **verifiche di funzionalità non convenzionali** (alcune in fase di studio) per indagare aspetti particolari (es. trattamento di rifiuti liquidi).
-

- ❑ In generale, tutti gli impianti considerati applicano un **mantenimento routinario** generalmente **conforme** a quello proposto.
 - ❑ **Carenza**, per tutti gli impianti considerati, per quanto riguarda le **verifiche di funzionalità più approfondite**.
-

CONCLUSIONI 2/2

- ❑ Proposta di **indici di funzionalità** degli impianti per un confronto oggettivo.

- ❑ Per migliorare **l'efficienza depurativa**:
 - ▶ applicazione di verifiche di funzionalità e tecniche di upgrading.
- ❑ Per migliorare **l'efficienza energetica**:
 - ▶ tecniche di automazione "intelligenti" per evitare sprechi.
- ❑ Per **ridurre la produzione di fanghi e massimizzare i recuperi**:
 - ▶ ottimizzare strutture esistenti;
 - ▶ ampia "offerta" di nuove tecnologie e alternative.
- ❑ Per **riutilizzare le acque reflue depurate**:
 - ▶ fattibilità dimostrata da molti casi reali e studi di pianificazione (riuso diretto e indiretto).

SVILUPPI FUTURI

- “Taratura” degli indici di valutazione su un maggior numero di impianti → attivazione di un programma di monitoraggio ad ampia scala.
- Applicazione dettagliata degli indici ad un impianto per monitorare i miglioramenti nel tempo.
- Sviluppo di un foglio di calcolo per l'applicazione degli indici.
- Verifiche sperimentali di applicazione dei metodi di ottimizzazione proposti.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE , ARCHITETTURA, TERRITORIO E AMBIENTE**

**MODELLO DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE
DELLA FATTIBILITA' DEL RIUSO
DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE**

Convenzione di ricerca tra

ISPRA

(Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)

e

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA

**(Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente
Cattedra di Ingegneria Sanitaria-Ambientale)**

GRUPPO DI LAVORO

Prof. Ing. Carlo Collivignarelli (Responsabile scientifico)

Ingegneria Sanitaria-Ambientale:

Prof. Ing. Giorgio Bertanza (Coordinatore operativo)

Dott. Ing. Alessandro Abbà

Dott. Ing. Matteo Papa

Dott. Ing. Fausta Prandini

Ingegneria Idraulica:

Prof. Ing. Sergio Papiri

Aspetti agronomici:

Dott. Agr. Renato Corradini

MODELLO DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' DEL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE

OBIETTIVO

Elaborazione di uno strumento metodologico (modello) per valutare la fattibilità del riuso delle acque reflue depurate.

PROGRAMMA OPERATIVO

Scadenze

- **FASE 1** - Messa a punto della metodologia (definizione di criteri, indicatori, indici numerici), per individuare contesti territoriali idonei al riuso.  Gennaio 2011
- **FASE 2** - Applicazione dei criteri di valutazione e degli indici a "casi di studio".  Maggio 2011
- **FASE 3** - Valutazione della fattibilità tecnico-economica del riutilizzo  Agosto 2011
- **FASE 4** - Definizione di criteri per il monitoraggio e la caratterizzazione delle acque da riutilizzare.  Settembre 2011