

SINTESI DEL LAVORO DI TESI SVOLTO

- Nome e cognome: **MARIO RUGGERI**
- Laurea in: **Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio (LM-35)**
- Facoltà: **Scuola di Ingegneria**
- Università degli Studi della **Basilicata**
- Titolo della tesi: **Implementazione di tecnologie e modelli gestionali per il miglioramento delle prestazioni energetiche e ambientali dell'impianto di depurazione di Potenza**
- Tematiche trattate: **1) Rifiuti , 2) Impronta ecologica**



I. **PREMESSA, DESCRIZIONE DEL PROBLEMA E INQUADRAMENTO DELL' AMBITO SCIENTIFICO**

Ad oggi sono quattro le procedure di infrazione comunitaria inflitte all'Italia, dovute al mancato rispetto delle norme in materia di fognatura e depurazione. Alla luce della Nuova Agenda Onu 2030 per lo sviluppo sostenibile, la corretta gestione delle acque reflue si impone come necessità imprescindibile ed urgente per il miglioramento della qualità ambientale, relativamente agli inquinanti noti e a quelli cosiddetti "emergenti" come i residui di farmaci e le microplastiche.

In tale contesto gli aspetti economico ed energivoro non sono più trascurabili. Infatti le sempre più stringenti direttive europee sulla qualità della depurazione delle acque reflue urbane e gli auspicabili nuovi e più severi limiti allo scarico comporteranno un aggravio dei costi di trattamento, che rendono ancora più urgente l'adozione di tecnologie e modelli gestionali innovativi ed economicamente sostenibili. In questa cornice di eventi futuri, il presente lavoro affronta la problematica dell'ammodernamento e razionalizzazione dei cicli di trattamento delle acque reflue urbane e si concentra nel merito sull'impianto di depurazione della città di Potenza.

La gestione dei fanghi di supero rappresenta una delle principali cause di consumo energetico e di conseguenza una delle più rilevanti voci di costo. L'individuazione degli elementi di miglioramento non è comunque agevole e richiede ingenti investimenti che non sempre si conciliano con appalti affidati al massimo ribasso.

Lo studio si pone in armonia con le normative europee e nazionali in materia di acque e rifiuti e dopo una attenta analisi delle caratteristiche costruttive, delle criticità di funzionamento e delle tecnologie adottate nelle diverse unità di trattamento primario, secondario e terziario che riguardano rispettivamente tipologie di processi fisico-biologico-chimico, si sono individuati gli aspetti maggiormente significativi in termini di potenziale miglioramento delle rese depurative e contenimento dei costi. Le analisi di dettaglio hanno quindi riguardato le sezioni di disinfezione, con test sull'efficacia di agenti ossidanti alternativi al cloro, in particolare l'acido peracetico (PAA), e la disidratazione dei fanghi con l'adozione di nuove unità di filtrazione ad alta efficienza in termini di minor consumo di energia elettrica e produzione di minor quantità di fango secco.

Le considerazioni teoriche di base sono state irrobustite e implementate da una consistente attività sperimentale svolta presso il laboratorio interno allo stesso depuratore e che risulta attrezzato per effettuare tutte le principali fasi del controllo analitico necessario alla conduzione dell'intero processo depurativo dei reflui in arrivo dalla città.

A supporto del presente lavoro è stata effettuata una valutazione, pre e post intervento, del "Carbon footprint Index", che quantifica il miglioramento dell'impatto emissivo in termini di CO₂ a seguito dell'adozione di tecnologie più efficienti e sostenibili. Infine a corredo dello studio di tesi è stata effettuata una valutazione sintetica dei possibili impatti ambientali, sia nel caso dell'opzione zero che dello scenario di progetto sulle più significative componenti ambientali "bersaglio" come: atmosfera, ambiente idrico, suolo e paesaggio.

L'approccio proposto in questa tesi parte da un accurato studio teorico dei processi di trattamento e da una approfondita attività sperimentale per giungere all'individuazione delle soluzioni tecnologicamente avanzate secondo le BAT (Best Available Techniques) per l'upgrade dell'impianto di depurazione di Potenza. Questo metodo, che contempla lo studio teorico e la verifica sperimentale sulle matrici reali di scarto (acque e fanghi) prodotte dall'impianto, ha carattere generale ed è esportabile ad altre realtà che rilevano medesime problematiche di processo. Altresì per i fanghi, tale dissertazione diventa propedeutica per una loro futura valorizzazione, come materia o energia. Infatti esempi virtuosi di economia circolare propendono verso il riuso dei fanghi in agricoltura e per la produzione di asfalto o ancora nella co-digestione anaerobica combinata alla FORSU che rappresenta la frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Tali best practices consentono di ottenere da un lato un minor consumo di materie prime ed energia e dall'altro un minor impatto ambientale, essendo che la normativa vigente considera il fango secco un rifiuto e pertanto il suo destino ultimo è la discarica.

I risultati ottenuti, in parte già implementati dal gestore ed in parte programmati, hanno portato a stimare un risparmio sul comparto disinfezione delle acque, in termini di costo di agente ossidante, del 40% e un risparmio sul comparto disidratazione dei fanghi, in termini di costi di energia elettrica e conferimento a discarica, del 50%.

Nel breve-medio termine la carenza di luoghi autorizzati allo smaltimento dei rifiuti speciali non pericolosi potrebbe creare disfunzioni nel sistema di smaltimento lucano ma anche a livello nazionale se non si interviene o nel costruire nuovi impianti, oppure, come miglior soluzione sostenibile dal punto di vista ambientale, sarebbe opportuno far riferimento al decreto Ronchi che regola la gestione dei rifiuti e si basa sul principio delle 4R (riduci-riutilizza-ricicla-recupera), fermo restando che il miglior rifiuto è quello che non si produce.

Ai fini di un sicuro e corretto riutilizzo sotto altre forme dei fanghi di depurazione, sarebbe auspicabile che la spinta in tal senso arrivi dal legislatore, affinché concretizzi una serie di riforme e leve economiche che possano agevolare il trattamento alternativo e sostenibile di materiali derivanti da scarto che ottengono così la qualifica di "End of Waste", coinvolgendo soprattutto il privato al fine di creare le condizioni di mercato.

In conclusione si può affermare che la via obbligata per la futura gestione delle acque reflue è la ricerca applicata ed il costante trasferimento in campo dell'attività svolta in laboratorio. Il tutto in un'ottica di integrazione di competenze che vanno dalla chimica all'elettromeccanica ma che vedono l'ingegneria ambientale come elemento centrale ed imprescindibile.

Il lavoro di tesi è strutturato nei seguenti capitoli:

- Introduzione, nella quale si forniscono informazioni sulla problematica ambientale.
- Stato dell'arte, nel quale viene illustrata la rassegna bibliografica relativamente a:
 - le metodologie applicate per il campionamento e analisi dei campioni di acque reflue;

- i microorganismi presenti e le loro caratteristiche;
 - le tecniche e i parametri di disinfezione;
 - le metodologie applicate per il campionamento e analisi dei campioni di fango;
 - le concentrazioni dei solidi e le loro caratteristiche;
 - le tecniche e i parametri di disidratazione.
- Materiali e metodi, in cui è spiegato, in modo preciso e articolato, come è stata condotta la parte sperimentale sul campo e come sono state eseguite tutte le attività di analisi e verifica dei dati.
 - Risultati e discussione, dove sono stati presentati e descritti i dati elaborati nella fase sperimentale, ma anche commentati ed interpretati, tenendo conto di quanto già riportato negli studi di letteratura.
 - Conclusioni, in cui sono riassunti i principali risultati della tesi in termini di benefici economico-ambientali e le prospettive di miglioramento future.

II. FATTIBILITÀ E APPLICABILITÀ DEL PROGETTO

La tesi sperimentale in questione si prefigge l'obiettivo di consegnare al gestore dell'impianto di depurazione della città di Potenza, quindi alla comunità locale, una soluzione oltreché robusta dal punto di vista scientifico, anche realizzabile sotto il profilo tecnico e di processo e sempre in linea con le norme che regolano i limiti allo scarico a salvaguardia dei corpi idrici ricettori. Una corretta attività di ricerca teorica e analisi sul campo dei principali indicatori chimico-fisici e biologici ha permesso di modulare su misura dell'impianto i parametri di funzionamento ottimali sia della linea fanghi che della linea acque. Nel comparto disidratazione si è reso necessario sostituire la centrifuga con una filtropressa a piastre al fine di diminuire sia la quantità di fango in uscita destinato allo smaltimento che il consumo di energia elettrica per il suo funzionamento. Mentre nel comparto disinfezione è risultato più efficiente l'impiego nelle acque reflue dell'acido peracetico in sostituzione dell'ipoclorito di sodio ed il rapporto di dosaggio passa così da 2mg/l a soli 0.25 mg/l a beneficio della qualità dei suoli, della fauna e della salute pubblica. E' ormai acclarato che l'ipoclorito, in presenza di sostanza organica, genera sottoprodotti tossici e persistenti nell'ambiente come i THMs e HAAs; questi accusati di essere potenziali agenti cancerogeni per l'uomo in quanto se ingeriti per mezzo di acqua derivante da una falda acquifera contaminata, essi diventano bioaccumulabili da fegato e reni.

III. ORIGINALITÀ DELL'ARGOMENTO TRATTATO E RISULTATI OTTENUTI

L'argomento trattato risulta anzitutto cogente in relazione alle più stringenti normative ambientali e alle procedure di infrazione dell'Unione Europea a carico dell'Italia. Il tema oggetto di tesi si presenta altresì originale perché affronta in modo completo e compiuto il problema degli scarti di un processo biologico e industriale articolato come quello di un impianto di depurazione. L'opinione pubblica è sempre più sensibile alla vivibilità del territorio e del paesaggio e alla salubrità dell'aria e delle acque, intesi come bene comune da salvaguardare. In quest'ottica ci si è posto il problema di ridurre per quanto possibile i rifiuti di processo, con la sfida di un loro possibile riutilizzo e senza ulteriore sovraccarico delle matrici ambientali. I risultati ottenuti limitatamente al caso in questione, hanno consentito anzitutto un risparmio economico dovuto all'abbattimento del 75% dei consumi energetici nel comparto disidratazione, una minor produzione del 48% di fango secco disidratato che si traduce in minor costi di raccolta, trasporto e smaltimento a discarica per

rifiuti speciali, e una diminuzione dell'87% della quantità di agente ossidante necessario alla disinfezione delle acque reflue. L'originalità dell'argomento è frutto di un approccio multilaterale del problema che riguarda gli aspetti ambientali-economici-salute. Anche i calcoli sul Carbon Footprint Index incentivano la soluzione adottata; infatti i minor consumi di energia elettrica per il funzionamento dei macchinari, ora più tecnologicamente avanzati ed efficienti e di carburante necessario al trasporto dei fanghi a discarica, generano un quantitativo di CO₂ equivalente in atmosfera minore del 71% rispetto alla situazione ante-opera, a sostegno della bontà delle soluzioni ingegneristiche adottate. Infine i risultati che scaturiscono dalla valutazione sintetica di impatto ambientale effettuata su alcune matrici "bersaglio" ci restituiscono valori ottimali circa la mitigazione degli impatti a seguito degli interventi di upgrade impiantistico, a sostegno che le tecnologie adottate nello scenario di progetto impattano meno rispetto all'opzione zero.

IV. INTERESSE E RILEVANZA DELLO STUDIO IN RAPPORTO A: RICERCA, INNOVAZIONE E SOSTENIBILITÀ

Il tema affrontato si presenta rilevante sotto il profilo della ricerca perché conferma gli studi di autorevoli autori riportati in letteratura scientifica, con un taglio però pratico e il più possibile realistico. Infatti alle numerose analisi di laboratorio si sono affiancate altrettante prove in impianto al fine di comparare i risultati del parametro indicatore Escherichia Coli con tipologie e relativi dosaggi dell'agente disinfettante. Altre prove hanno riguardato i dosaggi del polielettrolita (che consente una agevole separazione dell'acqua contenuta nel fango ancor prima del processo di disidratazione) comparati con i risultati dei solidi volatili dei fanghi in ingresso alla filtropressa. L'elemento innovativo più importante è scaturito dalla capacità di migliorare le prestazioni energetiche ed ambientali di alcune sezioni di trattamento dell'impianto senza stravolgere l'intero processo, infatti nel comparto di disidratazione viene modificato l'agente ossidante ma non la vasca in c.a. insieme ai suoi parametri circa i mc di acqua giornaliera trattata e il tempo di residenza idraulico (HRT), come pure nel comparto di disidratazione la nuova filtropressa a piastre non modifica la quantità di fango da trattare in uscita dagli ispessitori, pertanto l'equilibrio sul funzionamento biologico rimane inalterato e al contempo le tecniche di trattamento chimico e fisico si affinano divenendo più efficienti. La fattibilità economica e la sua convenienza è dimostrata dal fatto che il gestore riesce ad ammortizzare le spese di ammodernamento impiantistico senza ulteriore aggravio di costi a carico delle utenze che anzi ne traggono un vantaggio essendo che dal revamping ne deriva un risparmio economico in bolletta da parte dell'ente locale e quindi dei cittadini. La sostenibilità del presente intervento è individuata sul piano paesaggistico in quanto viene conferita una minor quantità di fango annuo, sul piano della salute pubblica e dell'inquinamento delle acque perché con l'impiego dell'acido peracetico (PAA) non vi è alcun rischio di generare sottoprodotti tossici della disinfezione dannosi per l'ambiente. Infine per quanto concerne l'inquinamento atmosferico, la CO₂ equivalente generata dalla filiera di un sistema di disidratazione efficiente si riduce di molto rispetto alla tecnologia precedente ormai obsoleta.

V. QUALITÀ E METODOLOGIA APPLICATI NELLO SVILUPPO E REDAZIONE DELLA TESI

La metodologia sperimentale applicata nella redazione della tesi segue un approccio rigoroso sia in fase di campionamento che durante le analisi di laboratorio e sottende ad una attenta valutazione finale sulla significatività dei risultati ottenuti, svolta con il docente relatore e il responsabile di laboratorio. Tutte le

necessarie attività in impianto e in laboratorio sono avvenute in presenza di un chimico e per poter operare sono stato inizialmente formato e informato su tutte le necessarie precauzioni da adottare ai fini della sicurezza. In tali circostanze è fondamentale garantire la rappresentatività e non contaminazione e/o alterazione del campione, una sua corretta identificazione e manipolazione in fase di analisi, il rispetto della tempistica della procedura scientifica e il corretto utilizzo delle apparecchiature adatte allo scopo, nonché frequenti controlli di qualità sul loro funzionamento. Le operazioni di campionamento e analisi dei fanghi in uscita dalla filtropressa hanno consentito di determinare il contenuto di solidi volatili e la procedura di analisi è stata effettuata secondo le indicazioni fornite dall'Istituto di Ricerca sulle Acque IRSA – CNR. Le operazioni di campionamento e analisi delle acque in uscita dalla vasca di disinfezione hanno consentito di determinare il contenuto di unità formanti colonie (ufc) del parametro biologico indicatore Escherichia Coli e la procedura di analisi è stata effettuata secondo le indicazioni fornite dall'Istituto Superiore di Sanità ISS. In entrambe le procedure tutte le repliche hanno restituito risultati simili e in linea con i parametri di funzionamento dell'impianto.

VI. MULTIDISCIPLINARIETÀ NELL'APPROCCIO AL TEMA E NELLE SOLUZIONI PROPOSTE

La redazione della tesi ha comportato un ingente sforzo ad ampio spettro su molteplici discipline come: l'ecologia, la chimica, l'ingegneria sanitaria ambientale, la gestione dei rifiuti, la valutazione di impatto ambientale, l'elettromeccanica e la legislazione tecnica. Le soluzioni proposte rappresentano in termini di rendimento le migliori tecnologie industrialmente disponibili e costituiscono una corretta sintesi risolutiva di problematiche complesse e interconnesse. Da sottolineare che gli indicatori di performance che hanno inciso sulle scelte finali non afferiscono soltanto a criteri di efficacia ed efficienza, quindi ad un mero fattore tecnico-economico, bensì restituiscono un beneficio anche in termini ambientali e di benessere sociale, nell'ottica dello sviluppo sostenibile delle comunità locali e senza cagionare danno alle generazioni future.

Data 14.11.2022

Firma

