

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E
AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA

*EFFICIENZA DEPURATIVA E CONSUMO ENERGETICO
DEI PRINCIPALI IMPIANTI DI DEPURAZIONE
DELLA SOCIETA' G.O.R.I. S.p.A.*

RELATORE

Prof. Ing. F. PIROZZI

CORRELATORI

Ing. G. DE SIMONE
Ing. S. DI NAPOLI

CANDIDATO

Luca Ziccardi

Matr. 324/281

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato quello di studiare l'efficienza depurativa associata al consumo energetico di alcuni dei principali impianti di depurazione delle acque che la società G.O.R.I. gestisce nella Penisola Sorrentina e sull'isola di Capri.

Gli impianti presi in esame sono:

- Massa Lubrense, in località Massa Centro;
- Sorrento;
- Massa Lubrense, in località Marina del Cantone;
- Capri, in località Occhio Marino.

Tali impianti presentano differenti configurazioni della fase di trattamento biologico dal momento che:

- l'impianto di Massa Centro si avvale di un sistema a fanghi attivi tradizionale;



Figura 1 *Reattore biologico a fanghi attivi*

- l'impianto di Sorrento è dotato di due linee di cui una (linea A) è del tipo a fanghi attivi tradizionali e l'altra (linea B) è costituita dal sistema innovativo MBBR;



Figura 2 *Reattore biologico (Linea A)*



Figura 3 *Comparto MBBR (Linea B)*



Figura 4 *Comparto MBBR (Linea B)*

- l'impianto di Marina del Cantone adotta la soluzione innovativa MBR con moduli piani;



Figura 5 *Reattore biologico*



Figura 6 *Modulo MBR nel reattore biologico vuoto*



Figura 7 *Pannello membrana piana Kubota*

- l'impianto di Occhio Marino presentava prima dei lavori di rifunzionalizzazione una configurazione a coltura adese a biodischi mentre, attualmente, a seguito di un intervento di riconversione, è costituito da un sistema innovativo MBR con moduli a fibra cava.



Figura 8 *Biodischi Ecoplast*



Figura 9 *Cella MBR Siemens a fibre cave con tre racks avente ciascuno otto moduli a membrana*



Figura 10 *Locale MBR*

Lo studio effettuato ha riguardato il confronto tra i diversi impianti in ordine:

- alla massa di inquinante rimossa a parità di volume trattato;
- al consumo energetico a parità di volume trattato e di massa di inquinante rimossa;
- all'emissione indiretta di anidride carbonica.

Lo scopo è stato quello di individuare quale tra gli impianti analizzati, e quindi quale tra le configurazioni del trattamento biologico analizzate, si caratterizzasse per la massima efficienza depurativa ed il minimo consumo energetico, valutando anche quale tra essi avesse il minor impatto sulla matrice aria in termini di produzione di CO₂.

Nello studio sono stati presi a riferimento i dati del triennio 2011-2013 per tutti gli impianti nonché anche il triennio 2006-2008 per il solo impianto di Occhio Marino per tener conto del periodo in cui erano in funzione le unità a biodischi.

La disamina dei dati analitici ricavati sul campo ha permesso di verificare che tutti gli impianti analizzati nel periodo di riferimento rispettano ampiamente i limiti allo scarico imposti dalla normativa vigente (D.lgs 152/06) a meno di qualche difformità per il depuratore di Occhio Marino, nel periodo 2006-2008.

Facendo riferimento a valori medi triennali, si è ricavato che l'impianto di Sorrento si caratterizza tra tutti quelli considerati in questo studio per un maggior abbattimento, a parità di volume trattato, dei più significativi parametri inquinanti tipici di un refluo: BOD₅, SST ed N-NH₄⁺.

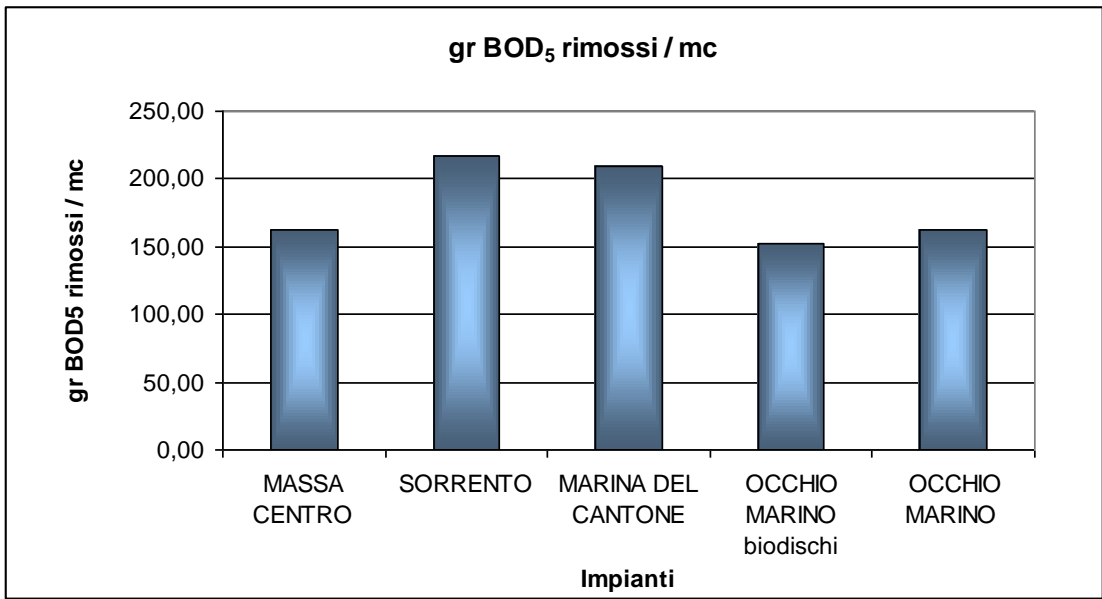


Figura 11 Grammi di BOD₅ rimossi per m³ di refluo trattato

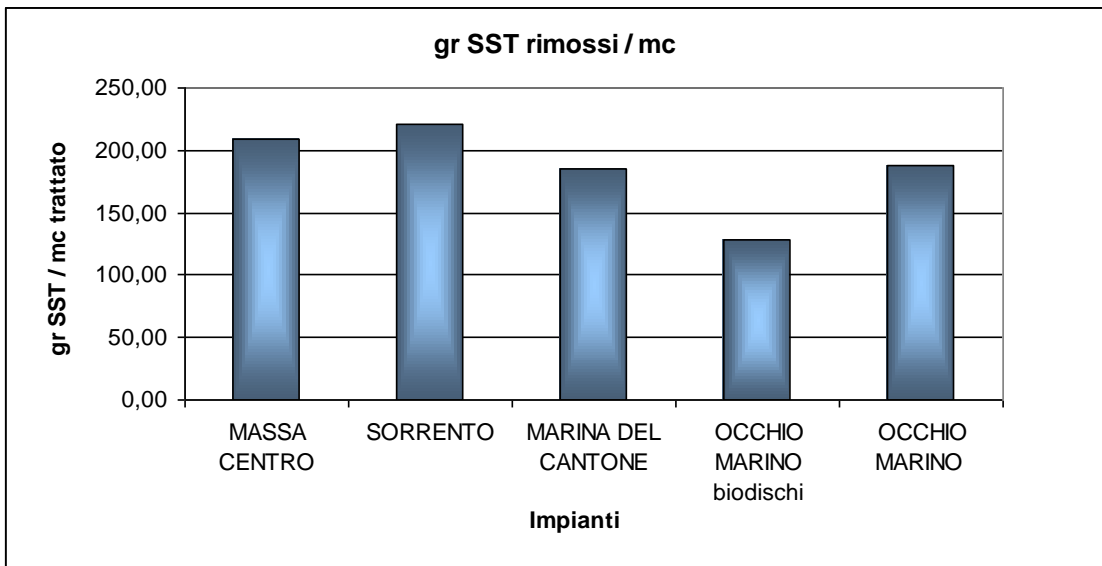


Figura 12 Grammi di Solidi Sospesi Totali rimossi per m³ di refluo trattato

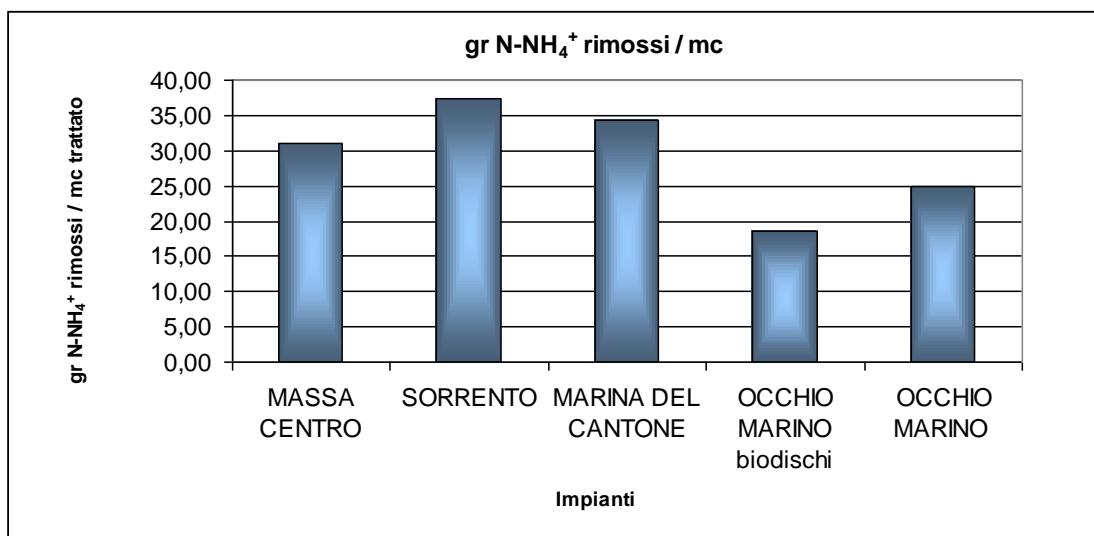


Figura 13 Grammi di azoto ammoniacale rimossi per m³ di refluo trattato

Inoltre si è ricavato che:

- l'impianto di Sorrento, rispetto all'impianto di Occhio Marino a biodischi, ha rimosso il 40% in più di substrato organico biodegradabile, il 72% in più di solidi sospesi ed il 102% in più di substrato azotato;
- gli impianti di Massa Centro ed Occhio Marino rimuovono quantità pressoché simili di substrato organico (rispettivamente 162,11 grammi di BOD₅/m³ di refluo trattato e 162,78 grammi di BOD₅/m³ refluo trattato);
- i due impianti dotati di sistema MBR, Marina del Cantone ed Occhio Marino, rimuovono quantità simili di SST (rispettivamente 185,37 grammi di SST/m³ di refluo trattato e 188,22 grammi di SST/m³ di refluo trattato);
- confrontando i risultati ottenuti tra il sistema a biodischi e quello a membrane cave dell'impianto di Occhio Marino si può osservare il netto miglioramento del processo depurativo avutosi con l'inserimento del sistema MBR. Infatti con tale sistema innovativo c'è stato un incremento del 35% nella rimozione del substrato ammoniacale, colmando ampiamente la lacuna principale del precedente sistema a biodischi e

giustificando così la rifunzionalizzazione del ciclo di trattamento di tale impianto.

Tutto questo dimostra che l'associazione del processo biologico a fanghi attivi con il sistema innovativo MBBR ha permesso di ottenere risultati più che soddisfacenti in ordine alla rimozione di inquinanti.

Dal confronto dei vari impianti di depurazione relativamente al consumo energetico medio triennale, si è ottenuto che l'impianto di Massa Centro è quello che richiede un minore consumo a parità sia di volume trattato che di massa di inquinante rimossa.

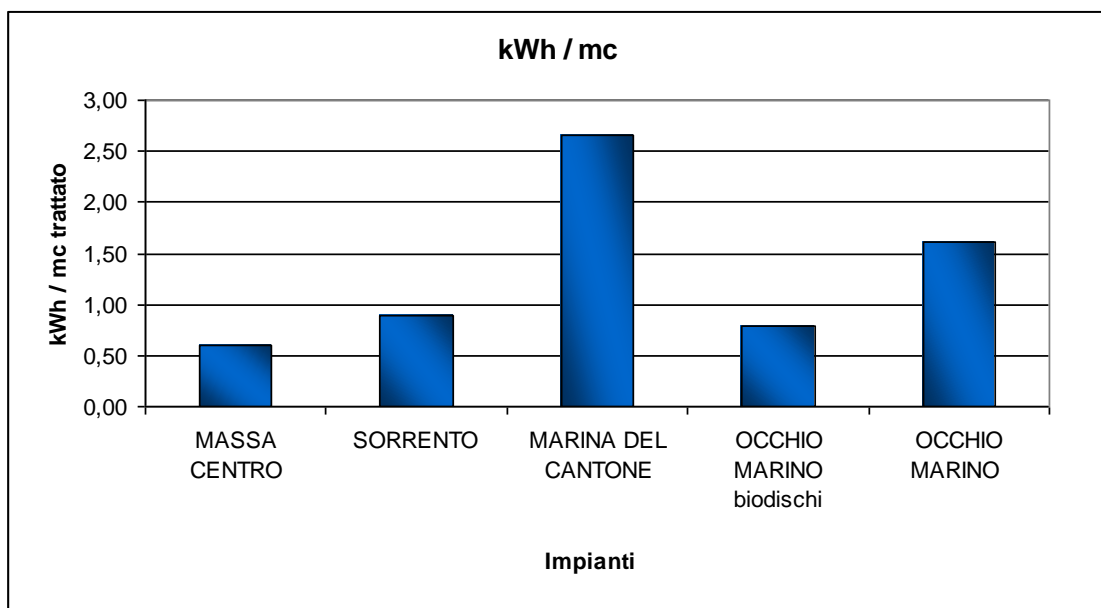


Figura 14 Consumo di energia elettrica per m^3 di refluo trattato

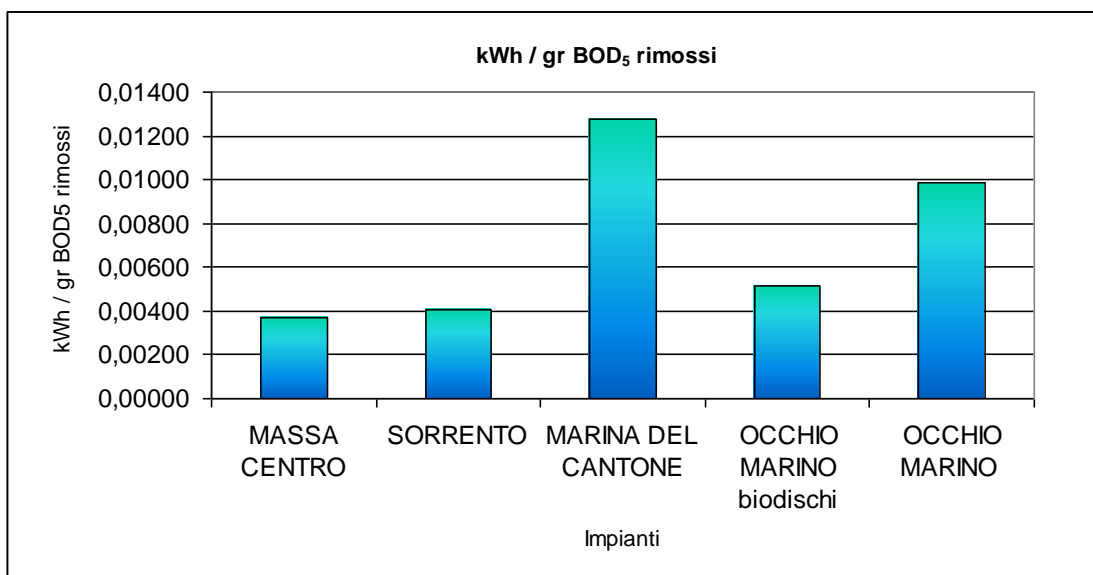


Figura 15 Consumo di energia elettrica per grammo di BOD₅ rimosso

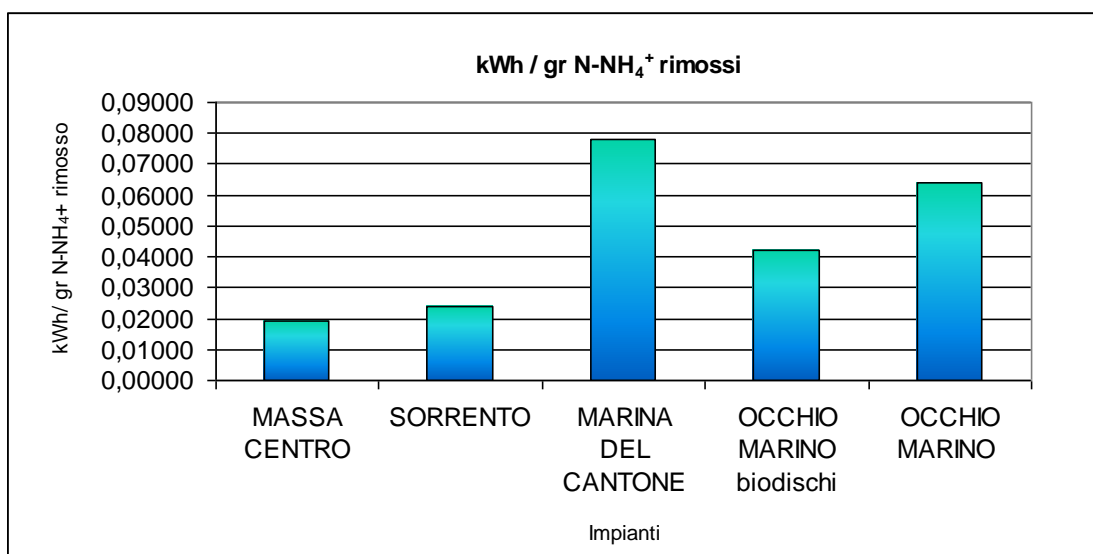


Figura 16 Consumo di energia elettrica per grammo di azoto ammoniacale rimosso

Infatti, tale impianto, confrontato con gli altri, si caratterizza per i ridotti consumi energetici specifici che sono di 0,6 kWh per ogni metro cubo trattato, di 0,00369 kWh per ogni grammo di BOD₅ rimosso e di 0,019 kWh per ogni grammo di substrato azotato rimosso.

Quindi per trattare un metro cubo di liquame l'impianto di Massa Centro ha consumato mediamente nel triennio analizzato una quantità di energia pari a quella di una lampadina da 60 W accesa per 10 ore consecutive.

E' da evidenziare l'elevato consumo energetico dell'impianto di Marina del Cantone rispetto al volume trattato, che spicca notevolmente rispetto ai restanti impianti, dovuto anche alle minori portate di reflu influente.

Inoltre per l'impianto di Occhio Marino il consumo energetico si è incrementato del 106% in conseguenza all'inserimento del sistema MBR. Tuttavia, i grandi vantaggi in termini di qualità dell'effluente e di rispondenza totale ai limiti normativi fanno preferire il sistema MBR.

Quindi da ciò è possibile affermare che tra le diverse configurazioni della fase di trattamento biologico studiate quella a fanghi attivi presenta i più bassi consumi energetici.

Il problema del riscaldamento globale causato dall'incremento di concentrazione di anidride carbonica in atmosfera, dovuto all'uso di combustibili fossili, è un tema sempre più pressante nella nostra società. In questo studio si è cercato di individuare quale tecnologia si distingue per il minor contributo di emissioni indirette di CO₂ per valutare se l'ottenimento di elevate qualità di reflu potesse provocare un significativo impatto sulla matrice atmosferica. Si è cercato, quindi, di analizzare la tematica del trattamento dei reflui urbani da una diversa angolazione, volta ad individuare quale impatto potrebbe generare sull'atmosfera l'uso di uno specifico sistema depurativo in termini di contributo al riscaldamento globale. Questo vuole essere semplicemente uno spunto di riflessione affinché la materia della tutela ambientale sia affrontata con una visione sempre più globale.

I dati utilizzati per calcolare le emissioni indirette sono quelli redatti dalla società ENEL; i dati utilizzati per i confronti sono quelli redatti dall'ISTAT e rilevabili nell'omonimo sito web.

Tale studio ha dimostrato che l'impianto di Massa Centro ha fatto registrare le minori emissioni specifiche di CO₂ espresse come g CO₂/g BOD₅ rimossi.

Allo scopo di valutare l'impatto che il trattamento dei reflui urbani può avere indirettamente sulla matrice aria è stato possibile simulare la massa di CO₂ emessa mediamente da ogni impianto, e quindi ogni trattamento biologico considerato, nell'ipotesi che ognuno di essi sia al servizio dell'intera popolazione italiana, pari a 59.685.227 (rilevazione ISTAT 2013).

Analizzando la tabella seguente, frutto della simulazione:

	g CO ₂ / giorno * ab.	t CO ₂ / anno
MASSA CENTRO (<i>Fanghi attivi</i>)	27,68	603.007
SORRENTO (<i>Fanghi attivi + MBBR</i>)	68,65	1.495.477
MARINA DEL CANTONE (<i>MBR moduli piani</i>)	96,26	2.097.072
OCCHIO MARINO (<i>Biodischi</i>)	49,39	1.075.977
OCCHIO MARINO (<i>MBR fibre cave</i>)	133,77	2.914.140

Tabella 1

emerge che il sistema che provocherebbe un maggior impatto sulla matrice aria, pur garantendo un ottimo risultato depurativo, è il sistema MBR a fibre cave.

In conclusione, lo studio effettuato ha consentito di individuare nell'arco di tempo in analisi che:

- l'impianto di Sorrento, cioè quello che presenta una configurazione della fase del trattamento biologico a fanghi attivi associato al sistema innovativo MBBR, presenta una maggiore efficienza di rimozione degli inquinanti a parità di volume trattato;

- l'impianto di Massa Centro, a fanghi attivi, si distingue per i più bassi consumi energetici a parità di volume trattato e di massa di inquinante rimossa;
- i sistemi del tipo MBR, per impianti caratterizzati da piccole potenzialità comportano elevati consumi energetici a fronte di efficienze elevate e soprattutto costanti nel tempo;
- la configurazione a biodischi essendo caratterizzata da bassi consumi energetici ben si adatta ad impianti piccoli, però con tali sistemi bisogna far fronte ad efficienze molto variabili e a limitati rendimenti di rimozione soprattutto per la frazione azotata.

Infine, in generale, quando s'intenda selezionare una tecnologia finalizzata alla depurazione dei reflui sarebbe opportuno che si valutasse anche l'impatto che tale scelta potrebbe causare sulle altre matrici in particolare sull'aria a causa delle emissioni indirette di CO₂. I sistemi tradizionali come i fanghi attivi pur richiedendo superfici maggiori ed una attenta progettazione soprattutto della fase di sedimentazione, garantiscono ottime efficienze di rimozione di inquinanti a fronte di minori emissioni indirette in atmosfera. I sistemi innovativi del tipo MBR presentano ottime caratteristiche di efficienza ed efficacia nella rimozione dei carichi inquinanti, mantenendo, soprattutto, costantemente elevate le caratteristiche di qualità del refluo. Essi dovrebbero però essere selezionati, come è avvenuto nel caso degli impianti di Marina del Cantone ed Occhio Marino, in particolari condizioni in cui a causa di stringenti vincoli ambientali, limitate disponibilità di superfici utili, ed altre particolarità, non sarebbe possibile l'applicazione del tradizionale sistema a fanghi attivi.