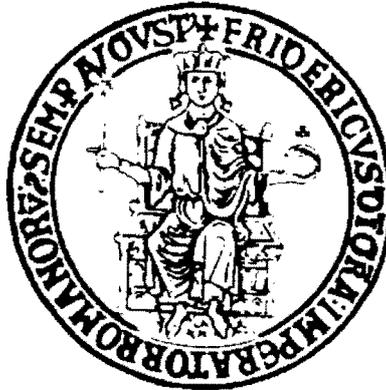


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
“FEDERICO II”**



**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA  
IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA ED AMBIENTALE*

**ELABORATO DI TESI**

**Applicazione dell'LCA ad un impianto di trattamento delle  
acque reflue**

Relatore  
Prof. Ing. GIAMPAOLO ROTONDO

Candidato  
DAVIDE VASSALLO  
matricola 518/504

Correlatore  
Ing. RAFFAELE CESARO

**Anno Accademico 2009 - 2010**

## Abstract

Sebbene gli impianti di depurazione salvaguardino gli ecosistemi acquatici e la salute umana e nello stesso tempo siano fonte di nuova acqua riutilizzabile non sono privi di impatti ambientali propri. Essi infatti pur rispettando i limiti di emissioni prescritti da normativa non sono scevri dal produrre inquinamento. L'inquinamento prodotto non è diretto ma indiretto e perciò valutabile solo in una logica di ciclo di vita dei processi e dei prodotti usati. Obiettivo del presente elaborato di tesi è quello di valutare l'impatto ambientale di un impianto di depurazione di acque reflue urbane. Tale impianto è situato ad Acciaroli frazione del comune di Pollica nella provincia di Salerno. Lo studio di impatto ambientale viene affrontato attraverso la metodologia del Life Cycle Assessment (LCA) ossia della valutazione del ciclo di vita. Lo sviluppo della LCA è stato realizzato tramite l'uso di un software specifico: il SimaPro 6.0. Esso è uno dei programmi presenti in commercio e realizzati ad hoc per il calcolo di valutazioni di impatto ambientale tramite metodologia LCA. A prescindere dal campo di utilizzo, la struttura moderna della LCA è la medesima. Essa è proposta dalla norma ISO 14040, ed è sintetizzabile in quattro momenti principali:

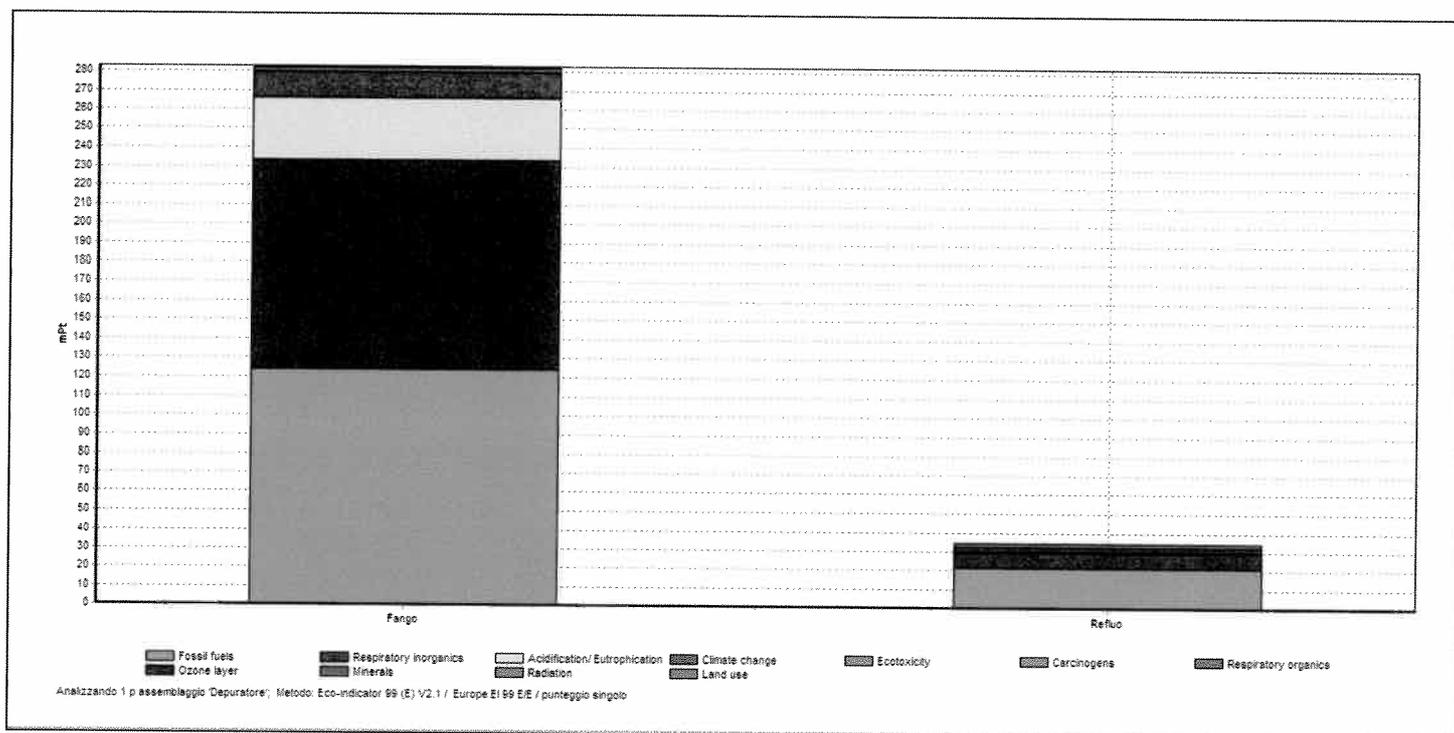
1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione ( goal and scope definition )
2. Analisi di inventario ( life cycle inventory analysis, LCI )
3. Analisi degli impatti ( life cycle impact assessment, LCIA )
4. Interpretazione e miglioramento ( life cycle interpretation )

Una volta immessi i dati nel programma di calcolo si può procedere con la loro elaborazione.

Esistono diversi metodi per quantificare gli impatti ambientali. Essi differiscono tra loro essenzialmente per :

- la scelta delle categorie di impatto
- i fattori di caratterizzazione che quantificano gli impatti uniformandone i valori all'interno di ogni categoria
- i fattori di peso che servono ad uniformare gli impatti provenienti dalle diverse categorie al fine di ottenere un unico indicatore finale (ecoindicatore)

I metodi scelti per valutare gli impatti ambientali sono tre: l'Ecoindicator 99 nella versione egalitarian, l' EPS 2000 e l' EDIP 96 nella versione v.2.1. Nel diagramma a blocchi in figura viene mostrata la valutazione di impatto ambientale utilizzando il metodo dell'Ecoindicator 99 nella versione egalitarian.



Dal grafico si evidenzia come i maggiori impatti ambientali provengano dallo smaltimento dei fanghi. Ciò è dovuto al fatto che essi vengono inviati al compostaggio in un centro situato a Foggia e quindi è necessario trasportarli per una distanza di circa 230 km.. Riguardo invece le categorie di impatto si evince che le più colpite sono nell'ordine: Fossil fuels, Respiratory inorganics, Acidification/Eutrophication e Climate change. Il punteggio molto elevato della categoria Fossil fuels deriva dal consumo diretto da parte dell'impianto di energia elettrica che è prodotta essenzialmente da combustibili fossili (petrolio, gas naturale e carbone) e dal consumo di carburante per il trasporto del fango. Dai processi produttivi di energia elettrica che avvengono principalmente in centrali termoelettriche vengono immesse in atmosfera sostanze inquinanti quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e polveri che contribuiscono all'impatto ambientale per la categoria Respiratory inorganics, ed inoltre tali processi producono gas serra principali responsabili dei cambiamenti

climatici. Si deve considerare inoltre la produzione di CO<sub>2</sub>, degli NO<sub>x</sub> e delle polveri dovuta ai trasporti. Infine l'eutrofizzazione e l'acidificazione sono dovuti alle emissioni di SO<sub>2</sub>, gli ossidi di azoto NO<sub>x</sub> e ammoniaca NH<sub>3</sub>.

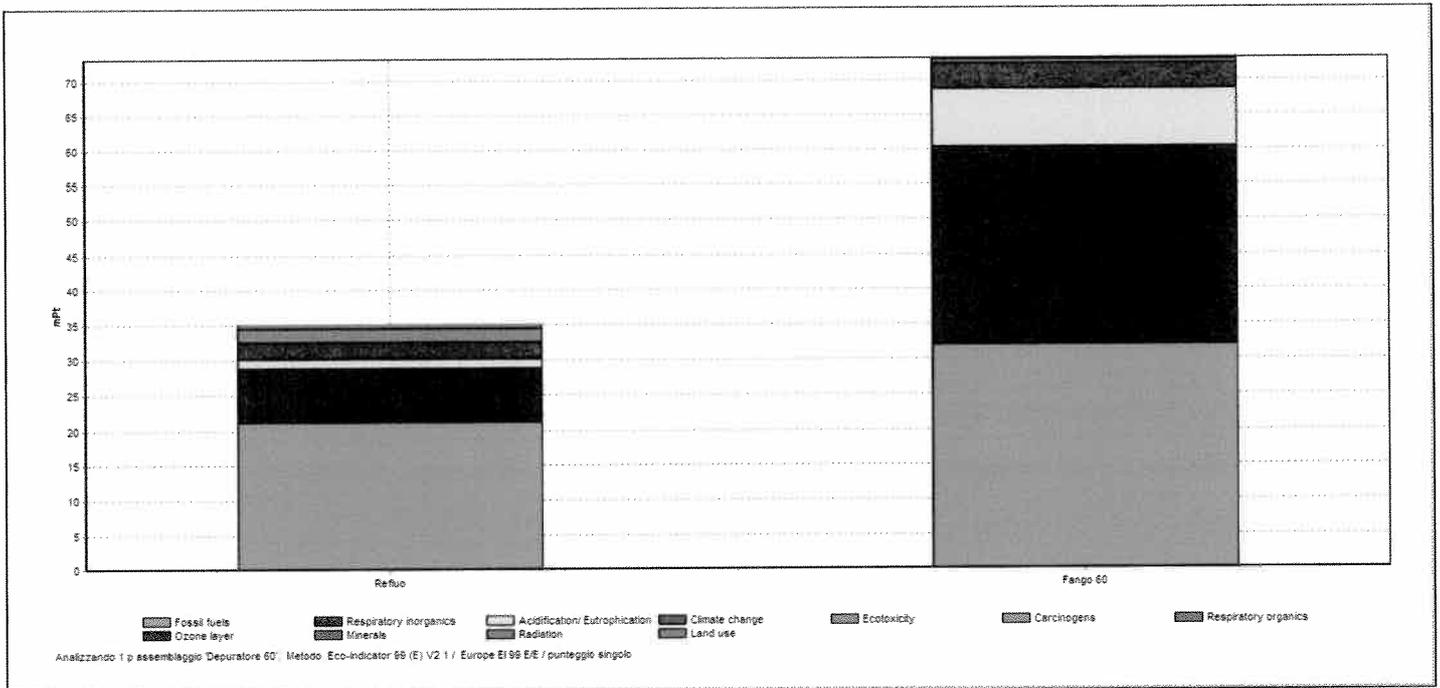
Utilizzando la metodologia EPS 2000 si nota che anche in questo caso la quasi totalità degli impatti ambientali deriva dal processo di trattamento del fango. Riguardo alle categorie di impatto si evince che quelle più colpite sono, in ordine decrescente: Depletion of reserves, Life expectancy e Severe morbidity. Questi risultati sono dovuti, come già esposto per il precedente metodo, in primo luogo al ciclo produttivo dell'energia elettrica, che va dall'estrazione dei combustibili fossili al loro trasporto, raffinazione e consumo. Le emissioni nell'ambiente che tali cicli produttivi comportano si traducono sulla salute umana in minori aspettative di vita e in maggiori diffusioni di malattie gravi.

Viene mostrato infine l'impatto ambientale attraverso il metodo EDIP 96. Questo metodo calcola i valori di ecotossicità attraverso lo screening di rischio chimico, valutando la tossicità nella sua persistenza e bioconcentrazione. Esso mette in evidenza come il principale impatto ambientale sia ascrivibile alla categoria Human toxicity soil.

A questo punto

si effettua un confronto di analisi nel caso in cui il fango non sia trasportato a Foggia per il compostaggio ma ad una distanza di 60 km.

Nel diagramma a blocchi che segue viene mostrata la valutazione di impatto ambientale utilizzando il metodo dell'Ecoindicator 99 nella versione egalitarian. In questo caso, come in quello precedente, si nota che la maggior parte dell'impatto derivi dalla linea fango ma rispetto a prima gli impatti derivanti dalle due linee risultano paragonabili. Per quanto riguarda le categorie d'impatto dalla tabella si nota che quelle più colpite risultano le stesse e nel medesimo ordine: Fossil fuels, Respiratory inorganics, Acidification/Eutrophication e Climate change. A differenza di prima si nota come il quantitativo di ciascuna categoria sia molto inferiore e di conseguenza lo sia anche il totale.



Utilizzando la metodologia EPS 2000 gli impatti derivanti dalle due linee sono simili ma sempre in favore della linea fango. Riguardo alle categorie di impatto si evince che quelle più colpite sono, come nel caso precedente, in ordine decrescente: Depletion of reserves, Life expectancy e Severe morbidity. Come nel primo confronto anche in questo si nota che il quantitativo di ciascuna categoria sia inferiore rispetto al caso originario.

Infine valutando l'impatto ambientale attraverso il metodo EDIP 96 si nota che questo è l'unico metodo in cui la situazione non cambia in modo rilevante infatti la quasi totalità degli impatti deriva ancora dalla linea fango e il principale impatto ambientale è ascrivibile alla categoria Human toxicity soil mentre le altre categorie non coincidono con il caso originario.

In conclusione si può affermare che l'impianto di depurazione di Acciaroli ha presentato livelli di impatto ambientali dovuti principalmente alla linea fango. Le categorie maggiormente colpite sono risultate, per i metodi Eco-indicator 99 e per l'EPS 2000, quelle riconducibili alla sfera di danno apportato alle risorse, nel senso di un loro impoverimento, e alla salute umana, mentre per l'EDIP 96 la categoria più colpita è quella relativa alla tossicità del suolo per la salute umana.

Dai risultati ottenuti si evidenzia come le principale fonte di inquinamento sia il consumo di carburante per i veicoli necessari al trasporto del fango dall'impianto al centro di compostaggio situato a Foggia. Per ridurre tale consumo si può pensare di inviare il fango in un centro più vicino

come già ipotizzato nell'elaborato. In tal caso, come si può notare dai risultati ottenuti, l'impatto ambientale diminuirebbe notevolmente. Passando ad una soluzione del genere si ridurrebbe l'impatto dovuto al trasporto di circa il 20% mentre buona parte del restante impatto sarebbe dovuto al consumo di energia elettrica. Tuttavia tale consumo è necessario al corretto funzionamento dell'impianto e non può essere pertanto modificato. Si può pensare però di utilizzare per l'approvvigionamento energetico non la rete elettrica nazionale ma fonti energetiche rinnovabili come quelle derivante da impianti fotovoltaici installati ad hoc per le esigenze del depuratore. Ciò potrebbe essere realizzato poiché la quantità di energia elettrica utilizzata dall'impianto di Acciaroli risulta compatibile con le capacità produttive dei modesti impianti ad energia solare. In tal modo l'impatto ambientale del depuratore verrebbe ridotto a fronte di un costo di installazione che verrebbe comunque recuperato dalla produzione in proprio dell'energia elettrica.