

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Specialistica  
in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale

Abstract  
**TESI DI LAUREA**

**PIANO DI GESTIONE INTEGRATA DEI R.S.U. DEL COMUNE DI  
AFRAGOLA (NA)**

**Relatore:**

Ch.mo Prof. Ing.  
Francesco Pirozzi

**Correlatore:**

Dott.Ing.  
Raffaele Cesaro

**Candidato:**

Emiliana Porto  
Matricola 324/174

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

## Abstract

La presente tesi di laurea è stata svolta nell'ambito di un'attività di tirocinio presso il Comune di Afragola, avente quale obiettivo prioritario la redazione di un "Piano di gestione integrata degli RSU". Con tale piano il Comune intende non solo adempiere agli obblighi di legge, ma anche attuare un cambiamento radicale e duraturo del sistema di gestione dei rifiuti della città.

In particolare l'obiettivo del 65% della raccolta differenziata sarà perseguito nel tempo attraverso azioni che oltre a rendere efficiente e stabile il sistema, dovranno assicurare il raggiungimento di ulteriori obiettivi di salvaguardia ambientale.

Nella fattispecie il Piano integra diverse tipologie di raccolta: porta a porta (in via prioritaria), cassonetti stradali, ecopunti ed isole ecologiche, contando sulla responsabilizzazione dell'utente, e sulle ricadute positive che potranno aversi sul decoro urbano per la scomparsa del cosiddetto cassonetto stradale indifferenziato, sulla qualità del rifiuto per la tracciabilità della sua provenienza, sulla emersione dei soggetti conferitori e, infine, sul sistema del costo del servizio e della tariffazione, consentendo l'applicazione del principio "chi inquina paga di più".

Per tutte le frazioni riutilizzabili, carta, cartone, vetro, multimateriale, sono indicate le azioni concrete che da subito andranno attuate sia per i rifiuti di provenienza domestica che per quelli provenienti dal circuito commerciale.

La raccolta della frazione umida, la vera nuova questione posta dall'emergenza rifiuti, già attiva per la grande distribuzione, la ristorazione, i mercati, il circuito commerciale, sarà effettuata anche per tutte le altre tipologie di utenza.

Nella tesi, a partire dall'analisi dettagliata dell'attuale piano di gestione dei rifiuti e dall'individuazione delle relative criticità è stato in primo luogo messo a punto un modello di previsione futura dei volumi, dei pesi e dei valori delle singole frazioni merceologiche, parametri chiave da cui dedurre le dotazioni di personale di mezzi e i costi una volta definita la modalità individuale o consortile con cui Afragola dovrà organizzarsi. In tal modo, oltre alle azioni di immediata attuazione, è stato possibile ipotizzare i fabbisogni che si avranno nell'arco temporale di 2, 3 anni, che rappresenta l'intervallo nel quale dovrà aversi il compimento di tutte le azioni previste.

Per la previsione dei flussi futuri è stata utilizzata un'analisi di regressione mediante un modello lineare generalizzato (GLM) per la trattazione di variabili di conteggio (distribuzione di Poisson).

Il piano contiene inoltre la dettagliata descrizione dell'articolazione degli impianti per la raccolta differenziata appartenenti al SUB ATO 2. La moderna e capillare impiantistica prevista, a partire

dalle isole ecologiche, tutta di gestione comunale, è la migliore garanzia per il raggiungimento degli obiettivi fissati dal piano.

Con la sola applicazione del piano di raccolta descritto in tale lavoro di tesi, si prevede di passare da un costo di 155,63 euro/abitante anno ad un costo di 130,94 euro/abitante anno.

Tale diminuzione deriva da un attento studio volto alla ottimizzazione delle risorse, mediante la scelta e organizzazione logistica di idonee figure professionali e mezzi impiegati nel servizio di raccolta

Obiettivo del piano di gestione integrata dei rifiuti è quello di dar luogo ad un sistema impiantistico che coniughi allo stesso tempo la raccolta differenziata più efficace ed efficiente con la produzione di energia elettrica e termica derivanti dall'utilizzo di biomasse residuali disponibili localmente, derivanti dalla raccolta differenziata stessa. I rilevanti vantaggi economici per il comune di Afragola possono esser valutati considerando anche che il rifiuto organico rappresenta circa il 30% del monte rifiuti totale. Altra fonte di risparmio riguarda la riduzione dei costi di smaltimento degli RSU indifferenziati, costi legati alla percentuale di raccolta differenziata che si riesce ad ottenere in un determinato Comune. La raccolta della frazione organica in modo differenziato permetterà un aumento di percentuale di raccolta differenziata fino a rientrare nei limiti di legge e quindi permetterà una diminuzione dell'ecotassa applicata al costo della frazione indifferenziata stessa. Per i prodotti derivanti dalla raccolta differenziata di carta, cartone, vetro, plastica, metalli (alluminio e acciaio) e legno; è previsto l'invio al CONAI e ai suoi Consorzi di filiera, con possibilità di ricavo per il Comune secondo quanto previsto dall'Accordo Quadro fra il CONAI e i Comuni italiani, sottoscritto dall'ANCE. Per gli inerti è stato pianificato l'avvio agli impianti regionali, mentre per i RAEE o smaltimento a cui è stato fatto riferimento riguarda la consegna ai Consorzi che stanno nascendo sotto il controllo del Ministero dell'Ambiente. Ulteriori aspetti di rilievo sono quelli relativi alla produzione e vendita di energia elettrica, al conseguimento "Certificati Verdi" ed alla produzione fertilizzante organico, anche grazie al previsto trattamento per la FORSU in impianti di digestione anaerobica e di compostaggio, dove, in primo luogo la sostanza organica biodegradabile subirà una trasformazione mediante processi anaerobici da prodotto instabile a prodotto stabile quali Biogas e Digestato, e quest'ultimo sarà utilizzato per la produzione di compost.

Tale accoppiamento dei processi è molto interessante in quanto offre una completa valorizzazione del rifiuto ottenendo sia Biogas che Compost. Inoltre non si hanno costi di smaltimento del digestato in discarica, in quanto questo viene tutto trasformato in compost.

Dalla combustione di biogas verrà prodotta energia elettrica e termica che può essere immessa in rete e quindi venduta. Tale energia termica ed elettrica poiché considerata ricavata da fonti

rinnovabili gode di particolari forme di incentivazione come rilascio di Certificati Verdi o tariffa Omnicomprensiva.

La realizzazione di tali impianti permetterà la minimizzazione della movimentazione del rifiuto organico non solo per Afragola ma anche per gli altri comuni appartenenti all'ATO in cui Afragola è inserita producendo quindi anche un abbattimento dei costi di trasporto.

Complessivamente è stato stimato che il costo di smaltimento dell'organico possa passare dagli attuali 180 euro/ton per soluzioni che ricorrono ad impianti fuori regione, ai 120euro/ton per impianti provinciali fino ad arrivare ad un costo di 60 euro/ton per l'impianto ubicato sul territorio comunale. Tali vantaggi economici potranno riflettersi nella drastica riduzione del costo procapite annuo di smaltimento definendo un costo complessivo per il servizio di raccolta e smaltimento di RSU di 100,61 euro/abitante anno. Ovviamente i vantaggi legati alla costruzione di impianto di trattamento della FORSU non sono solo economici ma anche sociali e ambientali. Basti ricordare, ad esempio:

- riduzione dell'effetto serra perché il metano che i rifiuti produrrebbero, se lasciati all'aria, viene invece completamente captato e utilizzato. Il metano crea effetti serra 21 volte maggiori dell'anidride carbonica;
- riduzione dell'effetto serra perché l'energia prodotta dal biogas a partire dalla biomassa rinnovabile non produce immissione netta di anidride carbonica. Essa sostituisce energia che verrebbe, invece, prodotta da combustibili fossili;
- sostituzione di fertilizzanti di sintesi a rapida dilatazione in falda con fertilizzanti organici di maggiore persistenza nel suolo;
- possibilità di riduzione dell'azoto sparso nei campi, mediante processi di nobilettazione del compost;
- possibilità di una politica di incentivazione per le famiglie ed i commercianti a favore della raccolta differenziata grazie alla riduzione dei costi del trattamento della frazione organica;
- minore criticità delle emergenze ambientali grazie alla riduzione dei loro effetti olfattivi, estetici ed igienici. Dagli impianti non viene emesso cattivo odore perché tutte le fermentazioni avvengono in reattori chiusi dato che il gas dal cattivo odore è il prezioso combustibile;
- coinvolgimento positivo degli agricoltori, allevatori, e famiglie grazie alla distribuzione a basso costo di fertilizzanti organici.

Nell'ambito della tesi è stato effettuato il dimensionamento del reparto di digestione anaerobica considerando tutte le possibili combinazioni tra le condizioni di esercizio umido, semisecco, secco, mesofile e termofile e schemi di processo quali: continui a fase unica continui a due fasi, batch

Attraverso il confronto tra le diverse combinazioni impiantistiche ho potuto constatare che l'adozione di schemi di processo continui a fase unica in regime semi secco per la sezione di digestione anaerobica permette di ottimizzare il processo costituendo un giusto compromesso tra superfici occupate, Biogas ottenuto, e livello tecnologico delle attrezzature utilizzate.

Tale configurazione impiantistica insieme ai processi ad umido sfruttano le conoscenze acquisite in decenni di attività del processo di digestione anaerobica dei fanghi di supero negli impianti di trattamento delle acque quindi godono di solida esperienza ed ampia diffusione nel mondo.

Con tale configurazione il numero di reattori è pari a 3 con altezza pari ad 8 metri e diametro pari a 25 metri.

Il biogas prodotto dalla fase di digestione anaerobica viene valorizzato energeticamente in quanto è costituito per la maggior parte da metano, che ha un elevato potere calorifico e pertanto può essere convenientemente convertito in quasi tutte le forme di energia utili: calore, elettricità

L'impianto di cogenerazione adottato è un impianto che utilizza un motore a ciclo a Otto a combustione interna.

Per migliorare i rendimenti elettrici dell'impianto il ciclo di cogenerazione Otto, questo è stato accoppiato ad un ciclo OCR (Organic Cycle Rankine), un ciclo OCR recupera energia termica da lato fumi convertendola parzialmente in energia elettrica

Nella fase di digestione anaerobica è necessaria una fase di regolazione della temperatura della matrice interna al digestore.

A valle della fase di digestione anaerobica la componente solida e liquida ottenuta, viene sottoposta ad un trattamento di disidratazione, al fine di ottenere un prodotto più concentrato (circa 65% di umidità) in modo da avere caratteristiche fisiche compatibili con la successiva fase di stabilizzazione aerobica. La sezione di disidratazione è composta da una fase di centrifugazione integrata ad una fase di disidratazione mediante nastro pressa

Seguono le operazioni di pretrattamento mirate al condizionamento fisico della matrice di digestato mediante miscelazione della matrice di digestato con una matrice bulking ligneo-cellulosica. È stata considerata una miscela con il 40% in peso di matrice bulking ligneo-cellulosica.

Il dimensionamento della fase aerobica è stato eseguito sia in fase di biostabilizzazione che maturazione secondo le seguenti configurazioni impiantistiche: cumuli rivoltati, cumuli statici ad areazione forzata e bioreattori aerobici a letto agitato a flusso orizzontale

Il periodo di detenzione in biostabilizzazione è stato fissato pari a 14 giorni ciò perché la fase di digestione anaerobica ha già permesso la rottura delle molecole più complesse, rendendo quindi più

semplice e veloce la fase di biostabilizzazione. Nella fase di maturazione il tempo detenzione è stato fissato pari a 60 giorni.

Si è potuto verificare che la combinazione di soluzioni impiantistiche che ottimizzano spazi e consumi risultano essere quella di utilizzare in fase di biostabilizzazione sistemi di compostaggio con bireattori a cumuli rivoltati mediante letto fluido, ed in fase di maturazione sistemi a cumuli rivoltati.

E' stato eseguito un bilancio energetico dell'impianto considerando le quantità totali di energia prodotta e i consumi relativi ad ogni sezione dell'impianto.

Dal tale bilancio energetico dell'impianto si è potuto constatare che il calore recuperato dal passaggio di un fluido refrigerante attraverso le componenti meccaniche dei motori dei cicli di cogenerazione è di gran lunga sufficiente ad assicurare una giusta temperatura di esercizio anche in condizioni termofile. Ciò si coniuga anche con l'esigenza di utilizzare l'energia termica recuperata dai sistemi di cogenerazione presso utenze il più vicino possibile al luogo di produzione della stessa. Infatti in caso di utenze da servire troppo lontane dal luogo di produzione le perdite di energia durante il trasporto sarebbero troppo elevate rendendo minima l'efficienza del sistema di teleriscaldamento, e più conveniente la dispersione nell'ambiente dell'energia termica in esubero.

Inoltre il bilancio energetico effettuato per l'impianto di trattamento della FORSU con tale configurazione impiantistica (considerando i consumi di energia elettrica e termica relativa agli uffici , sezione di digestione anaerobica , compostaggio, ecc...) permette di ottenere una potenza elettrica in esubero di 1,17 MW da poter immettere in rete e quindi vendere. Tale potenzialità permetterà di accedere ai Certificati Verdi, e quindi di accedere ad un'ulteriore forma di incentivazione.

Vengono inoltre valutati i ricavi derivanti dalla vendita del compost, fissando un prezzo medio del compost pari a 20 euro/ton.

Sono proprio i ricavi relativi alla vendita dell'energia elettrica e del compost prodotto che portano ad un ulteriore abbattimento dei costi complessivi fino ad un valore di 100,61 euro/ab\*anno.

Nell'attesa che l'impianto di trattamento della FORSU vada a regime, si avvierà da subito la raccolta della frazione organica perché nel protocollo d'intesa sottoscritto il 28 gennaio 2008 con il Ministero dell'Ambiente, la Regione Campania, la Provincia di Napoli si è previsto che il Ministero autorizzi e sostenga il conferimento della frazione organica in impianti fuori regione nel caso in cui gli impianti regionali non siano dotati di potenzialità adatte a trattare tutti i flussi di rifiuto organico. Il successo del piano è legato al coinvolgimento di attori sia istituzionali che privati. Se ciascun

attore farà la sua parte il piano non sarà velleitario, ma non basta. Per fare in modo che ciascuno faccia la sua parte al piano vanno accompagnate azioni per la sua diffusione, comunicazione convincente delle modalità e dei risultati raggiunti, e soprattutto azioni per la repressione degli abusi e delle infrazioni e azioni per l'incentivazione di comportamenti virtuosi.