

Università degli Studi di Napoli Federico II
Scuola Politecnica e delle Scienze di Base



Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

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

Sviluppo di un modello matematico per la stima dei costi di attivazione e gestione della raccolta differenziata

Relatore:

Prof. Ing. Massimiliano Fabbricino

Correlatori:

Ing. Raffaele Fontana

Ing. Antonio Fusco

Ing. Saverio Maione

Candidata:

Cifuni Amelia

M67000367

Obiettivo

Stimare i costi di attivazione e gestione della raccolta differenziata

Stradale

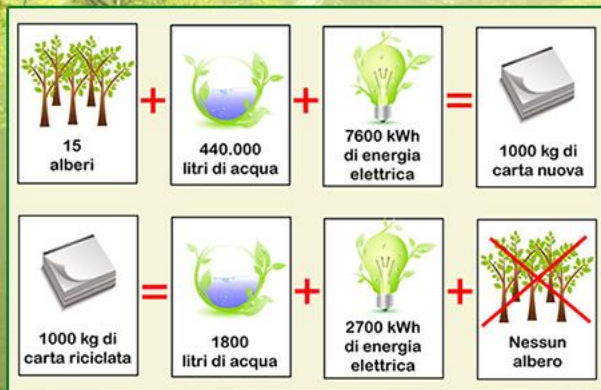
Porta a Porta

Modello di calcolo

ASIA - Napoli

Raccolta differenziata

- Suddivisione del rifiuto in base alla tipologia
- Bassa percentuale: una delle cause dell'emergenza rifiuti del 1994
- E' un dovere civico
- Importante per svariati motivi:
 - aree per le discariche
 - trattamento sostanze pericolose
 - risparmio energetico
 - risparmio materie prime



A.S.I.A. Napoli

- Si occupa della gestione dei servizi ambientali dal 2000
- Gestisce:
 - tutti i servizi di raccolta differenziata e dei rifiuti non riciclabili
 - spazzamento e pulizia stradale
 - raccolta: rifiuti urbani pericolosi, indumenti usati, ingombranti

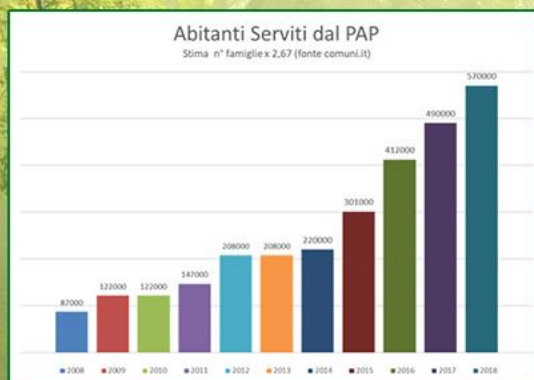


- Estensione Porta a Porta ad oltre 480000 abitanti

- Modelli di raccolta:

- Stradale
- Porta a Porta
- Isole ecologiche

Modello ASIA



Utenze domestiche

Scopo: fornire l'informazione circa le volumetrie da utilizzare sul totale delle famiglie da servire

Input:

- A) N. famiglie
- B) N. abitanti per famiglia
- C) kg/(giorno*ab)

- D) % in peso
- E) Peso specifico
- F) Frequenza
- G) Volume attrezzatura

Output:

- H) N.abitanti = A*B
- I) Produzione totale giornaliera [kg]=H*C
- L) Produzione annua [t] = (I*365)/1000

- M) kg/(giorno*ab) = (C*D)/100
- N) t/anno = (L*D)/100
- O) t/servizio = [M*H*(7/F)]/1000
- P) Produzione rifiuti giornaliera [kg] = (I*E)/100
- Q) Quantità da raccogliere [kg] = P*(7/F)
- R) Volume da raccogliere [m3] = Q/E
- S) Volume da raccogliere [l] = R*1000
- T) Numero attrezzature = S/G

N° attrezzature domestiche

Scopo: fornire l'informazione sulle volumetrie da utilizzare strada per strada, civico per civico

Input:

- A) Toponimo
- B) Civico
- C) Tipo utenza
- D) N. famiglie

- E) Volume attrezzatura

Output:

- F) Produzione rifiuti giornaliera [kg] = D*B⁰*C⁰

- G) Volume da raccogliere [l] = [F*(D⁰/100)*(7/F⁰)]/E⁰
- H) N. attrezzature = G/E

Utenze non domestiche

Scopo: per ogni categoria di utenza non domestica (bar, farmacia etc.), viene riportata la volumetria utilizzabile per ogni frazione.

Le possibilità sono:

- non previsto
- sacco
- campana
- cassonetto da 120 o 240 l



$$N. \text{ attrezzature} = \sum (n. \text{ utenze} * \text{quantità attrezzature})$$

Input automezzi

Scopo: fornire tutti i dati in input necessari per i calcoli sul dimensionamento degli automezzi ed il personale da impiegare

Frazioni	Peso specifico [kg/m3]	Rapporti di compattazione (1/x)		
		PP	MP	GP
Umido	200	1	1	1
Carta	100	1,5	3	4
Plastica&Metalli	90 A	3	4	5 B
Vetro	200	1	1	1
Non riciclabile	100	2	3	4

Automezzo	GP 30 mc	CL 3 assi	CL 4 assi	GP 22 mc	Campane scarrabili	MP 10 mc	MP 07 mc	PP 05 mc	PP 3,5 mc
Volume cassone [mc]	30	29	24	22	18,5	10	7	5	3,5 C
PUL [kg]	12000	13000	9000	9000	6715	4000	2000	700	500
N viaggi	1	1	1	1	1	2	3	3	4 D

Composizione equipaggi									
Profilo	GP 30 mc	CL 3 assi	CL 4 assi	GP 22 mc	Campane scarrabili	MP 10 mc	MP 07 mc	PP 05 mc	PP 3,5 mc
Autisti di 4 livello					1				
Autisti di 3 livello	E 1	1	1	1		1	1		
Operatori di 2 livello				2		2	1	2	1

Automezzi PaP e Stradale

Scopo: calcolare il numero di automezzi necessari e il relativo quantitativo di personale

Ripartizione delle t/servizio di rifiuto tra le varie tipologie di automezzi in funzione delle percentuali assegnate



Calcolo del numero degli automezzi:

- A) $\text{kg/servizio} = t/\text{servizio} * 1000$
- B) $\text{m}^3 \text{ sciolti} = A/A^{(4)}$
- C) $\text{m}^3 \text{ compattati} = B/B^{(4)}$
- D) $\text{n. viaggi} = C/C^{(4)}$
- E) $\text{n. mezzi} = D/D^{(4)}$



Calcolo del personale da impiegare per ogni categoria di personale:
 $\text{n. personale} = E * E^{(4)}$

Consegna

Scopo: calcolare, nell'ambito del PaP, l'investimento iniziale relativo alla comunicazione, la consegna delle attrezzature alle utenze e l'addio al cassonetto

Per la consegna delle attrezzature e la rimozione dei cassonetti si attua una contabilizzazione a pezzi, per cui basta prendere i due costi a pezzo, rispettivamente 2,90 e 4,00 €/pezzo, e moltiplicarli per il relativo quantitativo. Per la comunicazione invece:

Input:

- A) N.kit/(h*operatore)
- B) Costo orario operatore
- C) Costo unitario kit

Output:

$$D) \text{Costo totale kit} = \text{n.kit} * \Sigma C$$

Costi

Scopo: calcolare i costi per l'organizzazione del servizio di raccolta differenziata

Input:

Frazioni	Ricavi vendita [€/t]	Costi smaltimento [€/t]
Umido		140
Carta	40	
Plastica&Metalli	100	
Vetro	30	
Non riciclabile		140

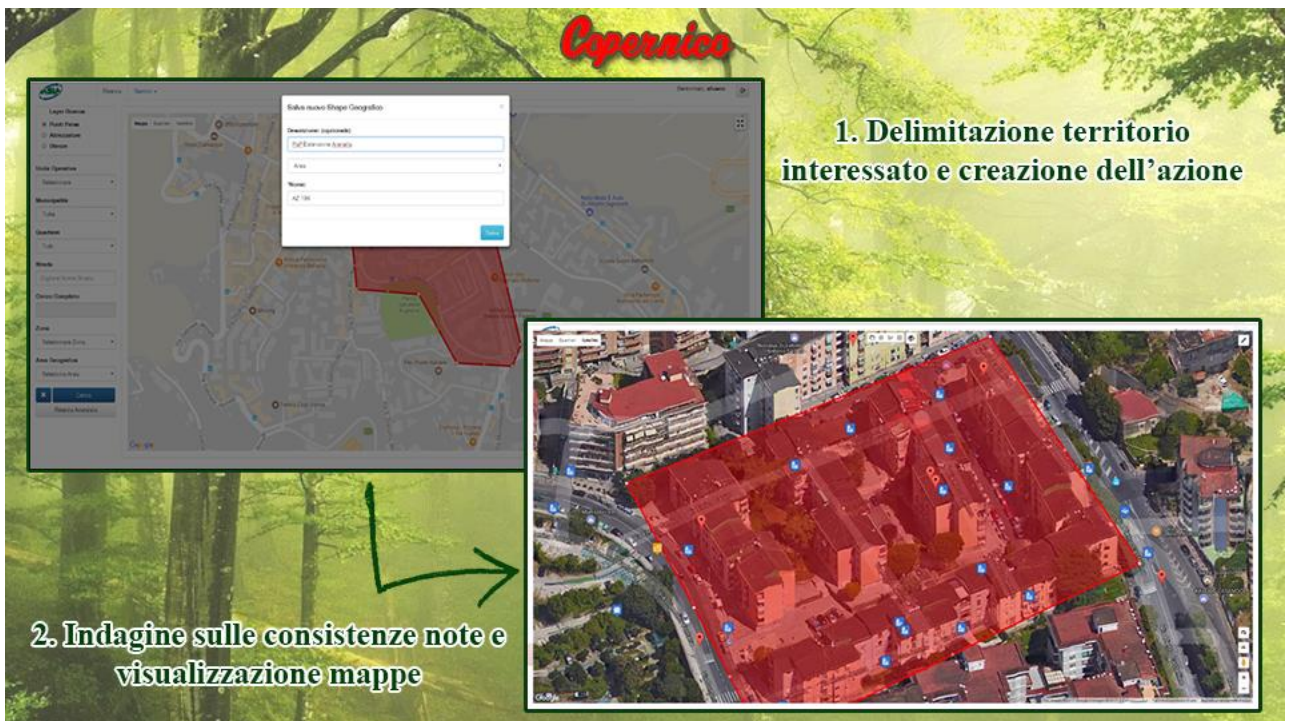
Attrezzature	[€/vita utile]	Vita utile [anni]	[€/sett]
120	29	2	0,302
240	34	2	0,354
360	50	2	0,521
660	145	2	1,510
1100	211	2	2,198
1800	1500	7	4,464
2400	1500	7	4,464
3000	1500	7	4,464
4000	1500	7	4,464
5000	1500	7	4,464

Personale	Costo orario [€/h]	Durata media del turno di lavoro [h/g]	Numero giorni lavorativi
	Ordinario		Ordinario
Autista IV	30,72	6,33	26
Autista III	27,34	6,33	26
Operatore II	28,77	6,33	26

Automezzo	[€/h]
GP 30 m ³	39,4
GP 22 m ³	36,3
MP 10 m ³	24,6
MP 7 m ³	11,78
PP 3 e 5 m ³	9,68
Campane scarrabili	41,73
CL 3 e 4 assi	35,54

Output:

- A) Ricavo/Smaltimento frazione = $O^{(1)} * F^{(1)} * [€/t]$
- B) Costo attrezzatura = $T^{(1)} * [€/sett]$
- C) Costo automezzi = $\Sigma (E^{(67)} * F^{(1)}) * 6,33 * [€/h]$
- D) Costo personale = $(\Sigma \text{n. personale}) * 6,33 * 6/7 * [€/g]$



Copernico

3. Analisi ed esportazione dati delle utenze già presenti a sistema

4. Censimento sul campo con Copernico Go: creazione nuova utenza

Indirizzo	Descrizione	Categoria Utente	Descrizione Tipo Utente
Via Antonio Di Maria 10	PUNTO VIGILANZA	Non Connesso	Conduttore, Titolare, Proprietario, Inquilino
Via Antonio Di Maria 10B	CASE DA POCO	Non Connesso	
Via Antonio Di Maria 12	Conduttore Via Antonio Di Maria 12	Connesso	
Via Antonio Di Maria 12A	IMBOTTIGLIATORE (COMUNE)	Non Connesso	
Via Antonio Di Maria 12B	CONDOTTORIA SOLIDARIETA'	Non Connesso	

Nuova Utenza

Selezione Tipo Utenza...

Cerca...

Supplementato con più di due casse

Scheda dettaglio Utenza

Id Utenza
Imp2c1e142071c1c76e1508833197459

Nome Utenza
Comune di Napoli

Indirizzo Utenza
Via San Giacomo 1 (Piazza Municipio)

Categoria
Grande Utenza

Tipo
Ufficio Pubblico

Copernico

4. Censimento sul campo con Coepnrico Go: rilevazione attrezzatura esistente

5. Estrapolazione a valle del censimento: utenze censite per operatore

Nuova Attrezzatura

Rileva Attrezzatura Esistente

Attrezzatura con Matricola?

Cerca Matricola

Attrezzatura senza Matricola?

Associa Attrezzatura senza Matricola

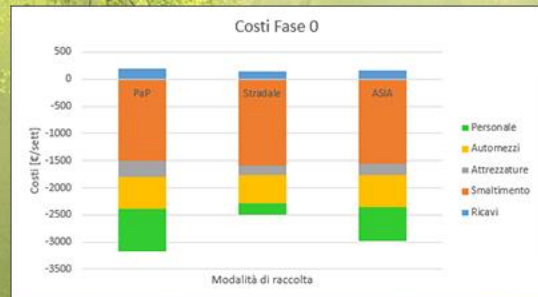
Conferma

Indirizzo	Descrizione	Categoria Utente	Descrizione Tipo Utente
Via Antonio Di Maria 10	PUNTO VIGILANZA	Non Connesso	Conduttore, Titolare, Proprietario, Inquilino
Via Antonio Di Maria 10B	CASE DA POCO	Non Connesso	
Via Antonio Di Maria 12	Conduttore Via Antonio Di Maria 12	Connesso	
Via Antonio Di Maria 12A	IMBOTTIGLIATORE (COMUNE)	Non Connesso	
Via Antonio Di Maria 12B	CONDOTTORIA SOLIDARIETA'	Non Connesso	

Fase zero: scelta del modello di raccolta

- Obiettivo: studio di fattibilità sul territorio interessato
- Fonte dati: Poste Italiane → Database Statico

Categoria	Costi [€/sett]		
	Porta a Porta	Stradale	ASIA
Ricavi	188,92	149,15	160,51
Smaltimento	-1511,35	-1590,89	-1551,12
Attrezzature	-283,86	-177,04	-210,66
Automezzi	-591,39	-522,13	-594,56
Personale	-786,74	-210,27	-616,28
Totale	-2984,41	-2351,19	-2812,11
[€/sett*abitante]	-1,17	-0,92	-1,10



Fase uno: analisi preventiva di dettaglio

- Obiettivo: stima dei costi in dettaglio (strada per strada, civico per civico)
- Utenze domestiche: "N. attrezzature domestiche"
- Utenze non domestiche: fase precedente
- Servizio stradale: sovradimensionamento campane

Categoria	Costi [€/sett]
Ricavi	2422,37
Smaltimento	-3989,79
Attrezzature	-304,20
Automezzi	-3619,19
Personale	-3647,15
Totale	-9137,96
[€/sett*abitante]	-3,57

Fase due: censimento e mappatura del territorio

- Obiettivo: stima dei costi a valle del censimento
- Fonte: dati del censimento (Copernico)
- Modifiche: mastelli e PaP per vetro, plastica e metalli per le grandi utenze
- Servizio stradale: sovradimensionamento campane

Categoria	Costi [€/sett]
Ricavi	4003,55
Smaltimento	-7946,09
Attrezzature	-376,37
Automezzi	-6587,96
Personale	-7073, 83
Totale	-17980,70
[€/sett*abitante]	-3,61

Fase tre: consuntivo consegna

- Obiettivo: stima dei costi a valle della consegna e dei costi di attivazione
- Quantità a valle del censimento $\neq$ quantità consegnata

Categoria	Costi [€/sett]
Ricavi	4003,55
Smaltimento	-7946,09
Attrezzature	-336,91
Automezzi	-6587,96
Personale	-7073, 83
Totale	-17941,25
[€/sett*abitante]	-3,60

		Costo [€]
N. kit da consegnare	1088	4513,39
N. attrezzature da consegnare	371	1075,90
N. attrezzature da ritirare	144	576,00

Conclusioni

E' importante analizzare tutte le fasi necessarie all'attivazione della raccolta differenziata:

- analisi di fattibilità → miglior modello attuabile dal punto di vista economico e ambientale
- fasi successive → censimento → corretta attivazione del servizio (database insufficienti)
⇒ conoscere il territorio → capire se quello preventivato è necessario o meno

Più si scende nel dettaglio delle informazioni sulla distribuzione delle utenze, maggiore è il quantitativo di denaro necessario. La fase più incerta, in termini di costi, è quella finale, in quanto funzione della scelta del progettista.

Si trova conferma del fatto che attivare un sistema di raccolta del tipo Porta a Porta e gestirlo, se da un lato migliora la resa in termini di recupero dei materiali, dall'altro risulta essere molto più oneroso e i ricavi ottenuti dalla cessione dei materiali copre solo in minima parte i costi che devono essere sostenuti. Da qui nasce l'opportunità di attuare un sistema misto come il modello ASIA, in cui si cerca di contemperare lo sviluppo di una mentalità della raccolta differenziata e la sostenibilità economica.

"L'ambizione e la speranza non possono essere sopite o cancellate dagli ostacoli che ci pone davanti la durezza del presente: la città di Utopia non l'ha mai vista nessuna, ma è Utopia che fa muovere le carovane."

Grazie per l'attenzione