

IL DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA PORTA A PORTA PER IL CONSEGUIMENTO DEGLI OBIETTIVI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE NELLA GESTIONE DEI RIFIUTI

Silvio Ascoli^{1,*}, Chiara Pagano¹, Raffaella Pomi², Alessandra Poletti², Anna Proietti¹

¹ ABC Azienda Beni Comuni di Latina, Latina

² DICEA-La Sapienza Università di Roma, Roma

Sommario

Nel presente lavoro si vuole illustrare il processo di dimensionamento di un servizio di raccolta dei rifiuti "porta a porta" finalizzato all'introduzione di un sistema di tariffazione puntuale nel Comune di Latina, caratterizzato da una bassa produzione pro-capite di rifiuto differenziato e da diversi livelli di urbanizzazione. L'obiettivo dello studio è la definizione dei parametri che servono per stabilire i giri di raccolta che gli automezzi debbono fare per effettuare il servizio.

Uno dei risultati più interessanti del presente lavoro è rappresentato dal tempo esiguo che un sistema di raccolta porta a porta ben dimensionato richiede per raggiungere

importanti risultati migliorativi di raccolta differenziata. L'articolo si integra con l'illustrazione dei dati di concreta attuazione del modello avviato nel marzo 2021, che durante la fase di attivazione ha affrontato delle difficoltà nel calarsi nella realtà, come ogni modello che ha bisogno di assestarsi, ma poi ha mostrato essere un buono spunto per chi vuole migliorare i flussi dei rifiuti raccolti sia in termini qualitativi ma anche come quantità da mandare a recupero.

Parole chiave: *raccolta; rifiuti; differenziata; porta a porta; gestione integrale; tariffazione puntuale.*

THE SIZING OF THE DOOR-TO-DOOR COLLECTION SYSTEM IN THE SECOND CITY OF LAZIO FOR THE ACHIEVEMENT OF THE OBJECTIVES OF THE CIRCULAR ECONOMY IN WASTE MANAGEMENT AND THE PREPARATION FOR PUNCTUAL PRICING

Abstract

This paper illustrates the methodological approach followed for designing and implementing a door-to-door collection service for urban and assimilated waste produced in the Municipality of Latina (126.151 inhabitants in 2017). The territorial context is characterised by the high variability of the urban types. In particular, three types can be distinguished: urban areas, with vertical development of buildings and high population density; rural areas characterised by villages and low urban density; coastal areas, partly urbanised and partly within the Circeo natural park. The area of the municipality is 277 km² and has a coastline of 12 km². At a morphological level, the municipal territory is mainly flat, and this certainly helps in the management of the collection system.

Through the appropriate integration of different tools, the territory was divided into homogeneous areas, so to identify the most appropriate collection methods according to the specific characteristics of each area (or groups of homogeneous areas) and to draw up a timetable for the gradual transition from the existing curbside collection system to the door-to-door system.

In particular, since the territory is large with a considerable number of inhabitants, the implementation of the new collection service was designed as a stepwise process so as to manage the territory in the best possible way and to correct the model, if necessary, after an initial start-up phase. In order to identify the boundaries between neighbouring areas which, during the transition period, are served with different collection methods (e.g., door-to-door vs. curbside collection), physical barriers were identified, including main roads or canals. To reduce the input of waste from people from other cities, it was decided to apply this new method in the main access points of the city.

Following an in-depth territorial analysis and the identification of the most appropriate design parameters, the study aimed to define the vehicle collection routes for each homogeneous areas and the consequent estimate

* Per contatti: Via dei Monti Lepini 44/46, località Borgo San Michele, 04100 Latina (LT). Tel. 0773/26291. silvio.ascoli@abclatina.it

Ricevuto il 3-1-2022. Modifiche sostanziali richieste il 13-2-2022. Correzioni richieste il 4-7-2022. Accettazione il 11-7-2022.

of the required teams of operators, as well as the rotation of these. The study was completed by a field monitoring phase of the new system, which allowed to calibrate the parameters chosen in the design phase.

One of the most interesting results obtained in this work is the very short timeframe required by a well-dimensioned door-to-door system to achieve the high separate collection targets imposed by the legislation.

The objective scenario of the Lazio Regional Waste Management Plan (PRGR) is defined as I (minimal): reduction of waste production by 5% in 2025; increase in the level of biodegradable interception to 77 kg/inhabitant year and 456.55 t/year in 2025; annual increase in %RD to 70%

in 2025; achievement of 63% net effective recycling in 2025. In this case, in fact, the fraction of urban waste collected separately exceeds the targets set by the current Regional Plan already after the first month the new collection service was put in place.

Even more positive results will be seen as soon as punctual pricing is implemented, with which users will be made more responsible but also rewarded for their virtuous behaviour.

Keyword: *collection; source-separated waste; door-to-door; integrated management; punctual pricing.*

1. Introduzione

La conoscenza del territorio per raggiungere gli obiettivi di una buona gestione dei rifiuti è imprescindibile, ed è quindi indispensabile reperire dati e informazioni rappresentativi dell'effettiva realtà. Lo sviluppo demografico della città di Latina, la seconda città del Lazio dopo Roma per numero di abitanti, è stato molto elevato durante tutta la sua recente storia e il dato negativo riguarda la quantità di rifiuto pro-capite differenziato prodotto dagli abitanti di Latina; rispetto ad una media per il centro Italia di 278 kg/abitante anno, nel comune di Latina è di soli 126 kg/abitante anno. Per le ragioni appena accennate l'Azienda per i Beni Comuni di Latina, Azienda Speciale pubblica costituita dal Comune di Latina nel 2018, ha incaricato la società trevigiana Contarina S.p.A. di sviluppare il Piano Industriale per l'implementazione del servizio integrato di gestione rifiuti basato su un servizio "porta a porta con applicazione della tariffa puntuale". L'obiettivo è quello di passare dal 76% di rifiuto indifferenziato nel 2018 al 30%, in linea con il Piano Regionale Gestione Rifiuti (Regione Lazio, 2020). Sulla base di quanto acquisito dal Piano Industriale si è potuto costruire il dimensionamento dei giri di raccolta e la conseguente stima delle squadre necessarie per effettuarla.

Gli aspetti positivi osservati a seguito dell'introduzione della raccolta porta a porta riguardano, in primo luogo, una efficace responsabilizzazione degli utenti, i quali debbono imparare a conciliare la produzione delle diverse frazioni di rifiuto con il calendario di raccolta ed a sviluppare una capacità di stoccaggio di rifiuto presso la propria abitazione. Ciò fa sì che gli utenti si interrogino maggiormente sui quantitativi di rifiuto prodotto, arrivando anche a modificare il proprio comportamento e le abitudini di acquisto. In secondo luogo, gli utenti sono chiamati a mantenere in condizioni adeguate i contenitori per la raccolta, provvedendo alla

pulizia e alla manutenzione ordinaria. Si può infine osservare che solo attraverso la raccolta porta a porta si riescono a garantire elevate rese, sia in termini quantitativi che qualitativi, di separazione alla fonte del rifiuto, e dunque l'ottenimento di flussi caratterizzati da una elevata purezza. Quest'ultima caratteristica valorizza il rifiuto in termini di recupero del materiale ma anche in termini economici e la raccolta monomateriale è particolarmente efficace a tale scopo.

Da ultimo, obiettivo della raccolta porta a porta è la riduzione del fenomeno degli abbandoni su suolo pubblico.

2. Inquadramento del servizio di raccolta dei rifiuti nel comune di Latina

In precedenza, la raccolta dei rifiuti nel Comune di Latina era gestita con un triplo sistema: nel centro storico, raccolta stradale ad utenza generalizzata con cassonetti destinati alle frazioni della multimateriale pesante (plastica/metalli/vetro), carta e cartone, umido e indifferenziata; fuori dal centro storico: raccolta stradale ad utenza generalizzata con cassonetti destinati alle frazioni dell'umido e indifferenziato unitamente al conferimento in sacchi a terra per le frazioni della multimateriale pesante e carta; in aree più periferiche caratterizzate da borghi e zone a bassa urbanizzazione: porta a porta gestito in maniera non omogenea per le utenze contenitori e/o sacchi per le varie frazioni di rifiuto.

Il vecchio metodo ha determinato continui abbandoni di rifiuti sul suolo fuori dagli orari e dai giorni definiti dal calendario, influenzando negativamente sul decoro urbano.

Inoltre, Latina è circondata da comuni in cui è attivo il servizio di Porta a Porta spinto ed essendo una città che vive molto di pendolarismo, accusa molto il fenomeno della migrazione dei rifiuti da parte di chi

approfitta dello spostamento verso Latina per usufruire dei cassonetti stradali e sfuggire dalla responsabilità che avrebbe nell'attuare una corretta differenziata dei rifiuti nel proprio comune di residenza.

Il nuovo metodo di raccolta invece prevede un'omogenizzazione di servizio, ovvero tutto il territorio servito dallo stesso sistema di raccolta porta a porta, nel quale le esigenze differenti e la tipologia di utenza (domestica e non domestica) da zona a zona vengono gestite consegnando un differente kit di contenitori (mastelli da 30 litri o carrellati di diversa volumetria da 120 litri in su) e seguendo calendari differenti (frequenze di raccolta alte o basse).

Per quanto riguarda i mezzi, nel vecchio metodo venivano utilizzati prevalentemente mezzi di grande volumetria a carico posteriore (17-26 m³) e compattatori a carico laterale (26 m³), entrambi utilizzati con doppio operatore. Invece, nel nuovo metodo si prevede che il servizio venga effettuato con mezzi più piccoli (vasche da 8 m³) a carico posteriore con mono-operatore, guida a destra e cabina ribassata. I mezzi piccoli fungono da "satellite" in quanto snelli e di piccole dimensioni, e successivamente conferiscono in semirimorchi da 50 m³ compattanti, quest'ultimi predisposti sul territorio e pronti una volta pieni per il successivo trasporto agli impianti. In questo modo si riescono senz'altro ad ottimizzare costi e tempi di trasporto verso l'impianto, in quanto invece di avere una elevata flotta che si muove per lunghe tratte, saranno solo i mezzi grandi a farlo.

Per apprezzare quanto espresso precedentemente, si riporta in Figura 1 un confronto tra il vecchio metodo (prima fila di immagini) e quello nuovo (seconda fila di immagini) per quanto riguarda mezzi utilizzati tipologie di contenitori, rapporto uomo-mezzo, da due a monoperatore.

3. Dimensionamento

3.1. Analisi del territorio

3.1.1. Analisi del contesto territoriale ed urbanistico

Il comune di Latina si estende per una superficie di circa 277 chilometri quadrati, secondo i dati Istat 2018 ha circa 126 mila abitanti e ha densità abitativa di 455 abitanti per km quadrato. Il tessuto urbano della città si distingue in tre tipologie: aree urbane con sviluppo degli edifici in senso verticale ed elevata densità abitativa, aree rurali caratterizzata da borghi e da zone a bassa urbanizzazione; area litorale, in parte urbanizzata ed in parte all'interno del parco naturale del Circeo. Quest'ultima si estende per circa 12 km². A livello morfologico, il territorio del comune è prevalentemente pianeggiante.

3.1.2. Censimento delle utenze domestiche e non domestiche

Dopo aver proceduto a georeferenziare con Qgis (software GIS, Geographic Information System) le utenze domestiche (52.830) e non domestiche (7.900) si è evinto come la loro distribuzione sul territorio comunale presenti un'aggregazione di edifici nelle zone dei principali centri abitati della città e minore presenza fuori dal centro urbano, con addensamento lungo gli assi viari (Figura 2).

Il rapporto tra gli abitanti residenti e le utenze domestiche è pari a 2,39.

3.1.3. Suddivisione del territorio

Si è diviso il territorio in tre aree in ognuna delle quali far partire il nuovo servizio in un momento differente. La scelta è stata dettata dall'estensione del territorio e dall'elevato numero di abitanti. La partenza graduale permette di correggere i parametri e far asse-



Figura 1. Confronto tipologia mezzi e contenitori: vecchio metodo (prima fila) e nuovo metodo (seconda fila).

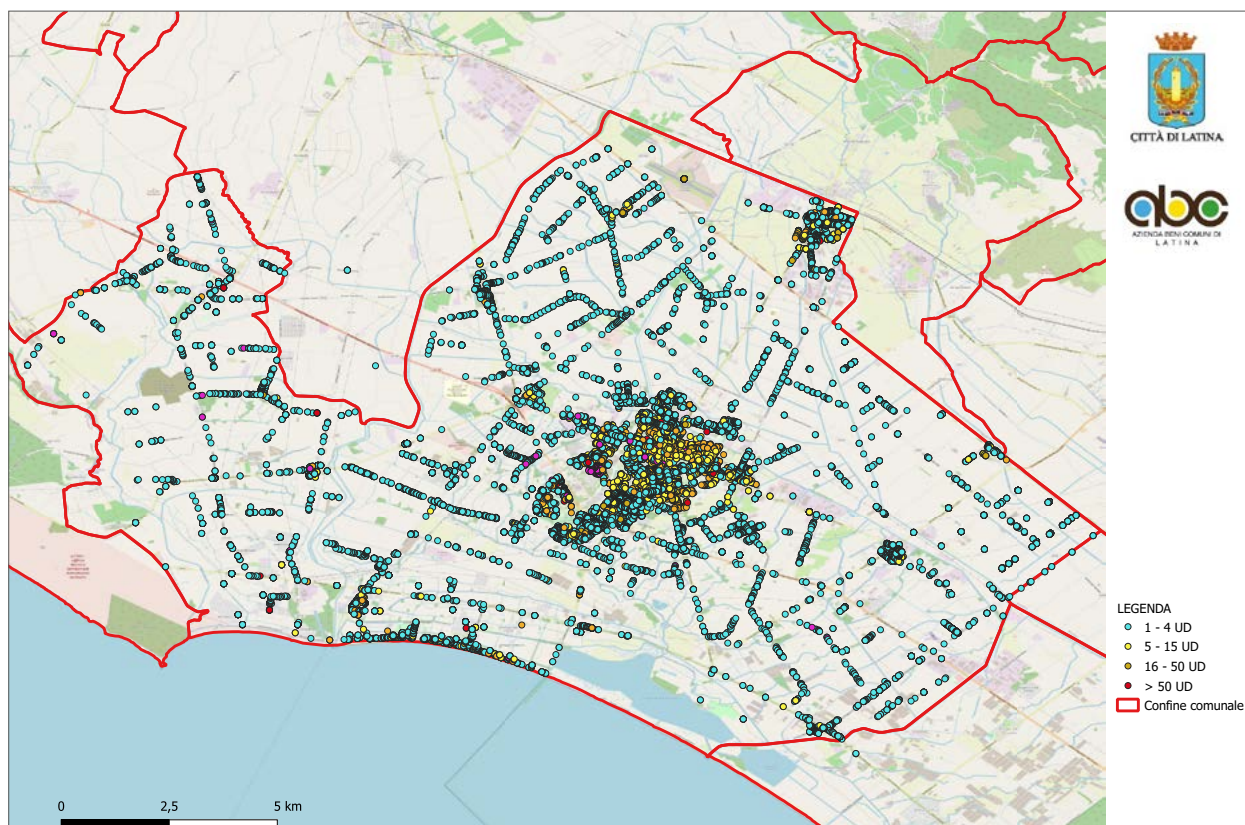


Figura 2. Esempio di georeferenziazione di utenze domestiche sull'intero territorio comunale.

stare il modello costruito rendendo il tutto più funzionante. Il territorio è stato diviso in maniera da avere in ogni fase un numero di utenze confrontabili e di avere in ogni fase di avvio sia zone ad alta densità abitativa che a bassa densità abitativa. Inoltre, la suddivisione del territorio è avvenuta sfruttando limiti fisici quali strade o canali principali (Figura 3). Una volta porzionato il territorio comunale, si è scelta la progressione di avvio nelle varie zone e si è scelto di iniziare in quelle di principale accesso alla città al fine di ridurre sin da subito, l'eventuale apporto esterno di rifiuti dai comuni limitrofi, ed eliminare dall'ordinario servizio squadre destinate al riassetto della città, ossia tutte quelle operazioni di pulizia che consentono un ripristino di un ordine manomesso (Tabella 1).

3.2. Produzione rifiuti attesa

Alla base del dimensionamento c'è l'analisi della produzione di rifiuti. In Tabella 2 è mostrata la produzione di rifiuti del comune di Latina nell'anno 2018 e la previsione a regime, considerando la riduzione del secco dal 76% al 30% (da 52.000 tonnellate a 18.500) e una riduzione della produzione totale pro capite da 549 a 493 kg/ab per anno.

3.3. Stima dei parametri di progetto

3.3.1. Produzione di rifiuto

Il primo parametro di progetto è la quantità di ri-

fiuto prodotto dall'utenza domestica e non domestica.

Partendo dai dati di produzione di rifiuti attesi di Tabella 2, si è scomposta la quota parte prodotta dall'utenza domestica e la quota parte prodotta dall'utenza non domestica. Si è partiti dal calcolo dell'utenza non domestica seguendo il metodo esposto nel DPR 158/99 che tratta della definizione della tariffa dei rifiuti.

Il metodo utilizza il coefficiente di produttività, k_d , attribuito ad una determinata tipologia di attività. La normativa di riferimento divide i comuni in base agli abitanti e alla loro posizione geografica (ANPA, 2011). Latina ricade tra i 'comuni sopra i 5.000 abitanti-centro' e per la progettazione si è scelto un valore di k_d medio.

Calcolata la produzione totale di rifiuti da parte di un'utenza non domestica:

$$Q_{und} = \sum K_{d(ap)} * S_{tot(ap)}$$

dove:

- Q_{und} = quantità di rifiuti (kg) complessivamente prodotta dalle utenze non domestiche
 - $K_{d(ap)}$ = coefficiente di produttività
 - $S_{tot(ap)}$ = superficie complessiva imponibile
- questa è stata poi suddivisa nelle diverse frazioni merceologiche, sulla base della dei dati forniti da ANPA (Tabella 3) sulla percentuale di composizione merceologica media per tipologia di utenza: ristorazione, commercio alimentare, commercio non alimentare e ufficio/scuole. Una volta ottenuta la produzione di ri-

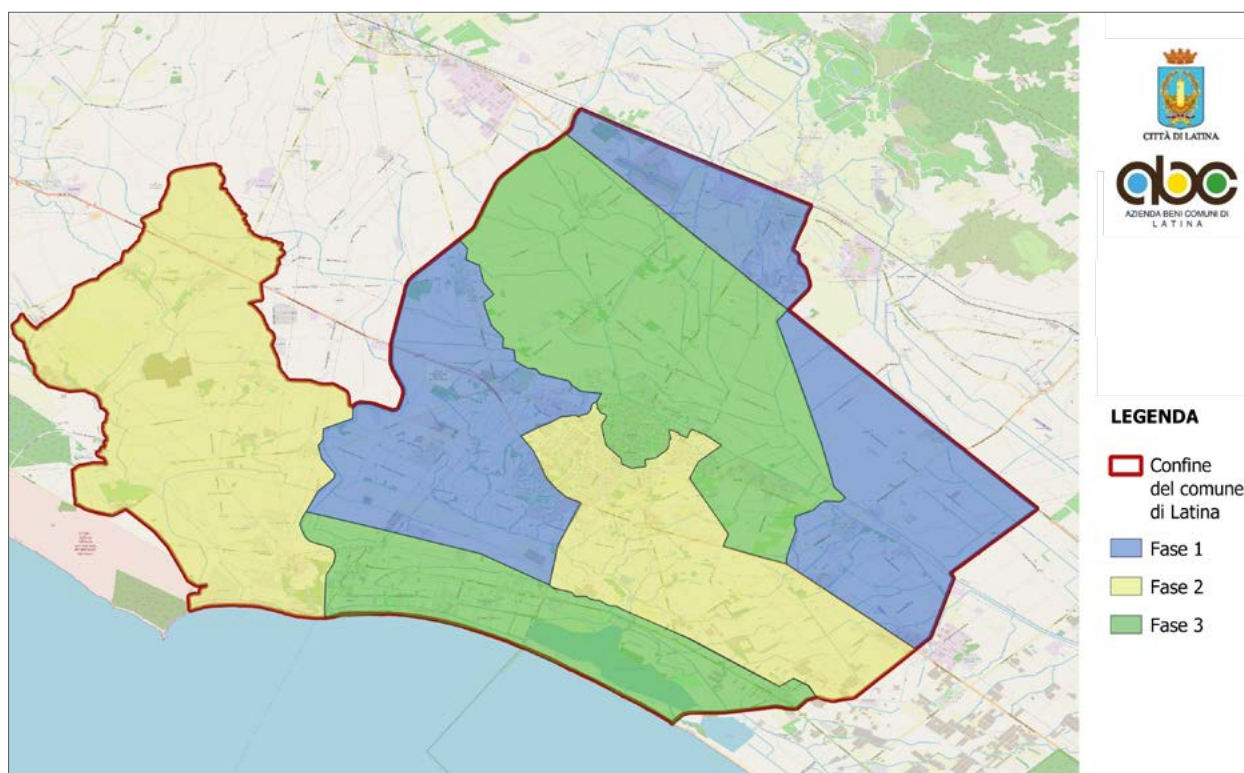


Figura 3. Planimetria “Fasi di avanzamento del servizio di Porta a Porta”. Suddivisione del territorio in tre aree.

Tabella 1. Quadro di mezzi e personale necessari per poter fornire un servizio di riassetto della città.

TIPO	Frequenza giorni/ settimana	Ore Lavorative	MEZZI						PERSONALE			
			tipo	unità impiegate	gg. Intervento settimana	gg. Intervento annuo	ore effett. Giornaliere	ore effettive annue	qualifica	unità impiegate	gg. Intervento annuo	
Servizio di riassetto centro città												
6/7 feriale	6	6	mini compattatore 10 mc	1	6	303	6	1818	Autisti IV livello	1	303	
Territorio comunale												
notturno	6/7 feriali	6	compattatore posteriore 22-24 mc	2	6	303	12	3636	Autisti IV livello	2	303	

Tabella 2. Produzione di rifiuti del comune di Latina nell'anno 2018 e previsione a regime

TIPOLOGIA RIFIUTO	LATINA 2018			PREVISIONE a regime		
	Kg/ab.	%	attuali flussi ton	Kg/ab.	%	previsione ton
CARTA E CARTONE	27,0	4,9%	3.381	59	11,96%	7.375
IMBALLAGGI IN MATERIALI MISTI	32,9	5,98%	4.107	57	11,56%	7.125
UMIDO	32,6	5,93%	4.072	120	24,33%	15.000
VEGETALE	11,1	2,01%	1.381	34	6,89%	4.250
VETRO	3,4	0,61%	421	30	6,08%	3.750
SECCO	417,5	76,0%	52.189	148	30,01%	18.500

fiuti per ogni utenza non domestica e per ogni tipologia di materiale da essa prodotta, si è scelto di abbassare i risultati ottenuti per tener conto del flusso di materiale che erroneamente si separa e quindi per av-

vicinarci alla reale capacità di intercettazione di una data frazione merceologica. Infatti, ogni flusso di rifiuto ha una certa purezza ovvero una certa percentuale di rifiuto intercettato correttamente. Ad esempio,

Tabella 3. Composizione merceologica per tipo di utenza (fonte: ANPA, 2011)

% composizione merceologica media per tipologia di utenza				
Materiali	ristorazione	commercio alimentare	commercio non alimentare	uffici scuole
carta	7	10	32	41
cartone	6	11	40	31
organico	58	57	3	3
plastica	4	8	19	19
vetro	22	7	3	3
metalli	2	3	1	1
altro	1	4	2	2
totale	100	100	100	100

nella categoria ristorazione, del 58% dell'organico si è ipotizzato di intercettare correttamente il 75% di esso quindi nei calcoli la composizione merceologica media effettiva considerata sarà 44% anziché 58%. La produzione per ogni frazione per ogni attività è pari al prodotto tra la quantità di rifiuto totale e la percentuale merceologica effettiva.

Dal totale rifiuti (viene sottratta la produzione delle utenze non domestiche ottenendo la produzione delle utenze domestiche distinta per frazione (Tabella 4).

$$Q_{tot} = Q_{ud} + Q_{und}$$

3.2.2. Coefficiente di esposizione

Il secondo parametro di progetto è il coefficiente di esposizione, strettamente legato alla quantità di rifiuto prodotto, definito come il rapporto tra il numero medio di contenitori esposti in un giorno di raccolta ed il numero totale dei contenitori in quella zona. Questo parametro dipende sia dalla volumetria messa a disposizione all'utenza che dalla frequenza di raccolta.

Per calcolarlo quindi si è proceduto come segue:

$$V_r = \frac{p_{RSU}}{\gamma_{RSU}}; V_{rd} = V_d * f; C_{e_{min}} = \frac{V_r}{V_{rd}}; C_p = C_{e_{min}}$$

dove:

- V_r : vol. rifiuti prodotti anno per utenza [l/anno-utenza]

- p_{RSU} : tot. rifiuti prodotti anno per utenza [kg/anno-utenza]
- γ_{RSU} : peso specifico rifiuto [kg/l]
- V_{rd} : vol. di raccolta disponibile [l/anno-utenza]
- V_d : vol. disponibile di progetto [l] = vol. contenitore [l] · coef. riempimento
- f : frequenza di raccolta settimanale
- C_p : coefficiente di esposizione di progetto
- $C_{e_{min}}$: coefficiente di esposizione minimo arrotondato al multiplo più vicino di 0,1;

Si riporta in Tabella 5 uno stralcio del foglio di calcolo del coefficiente di esposizione per le frazioni di umido e plastica/metalli.

3.3.3. Produttività delle squadre

Il terzo parametro di progetto è la produttività delle squadre, ovvero il numero di prese e quindi svuotamenti effettuate in un turno lavorativo da un operatore.

Questo parametro dipende molto sia dalla tipologia di tessuto urbano della zona in cui si effettua il servizio di raccolta sia dalla tipologia del contenitore che ha a disposizione l'utente, in quanto se di grande volumetria deve essere agganciato e sollevato dal mezzo con cui si effettua la raccolta (tempi legati alla macchina), se di piccola volumetria viene svuotato più agevolmente in una vaschetta posteriormente al mezzo, la

Tabella 4. Produzione di rifiuto utenze domestiche (UD)/non domestiche (UND).

Tipologia rifiuto	PREVISIONE a regime			ton/anno UND	ton/anno UD	% UND	% UD	kg UD/ab.
	kg/ab	%	previsione ton					
Umido	120	24%	15.000	2.488	12.512	17%	83%	100
Plastica	57	12%	7.125	1.908	5.217	27%	73%	42
SNR	148	30%	18.500	4.504	13.996	24%	76%	112
Vetro	30	6%	3.750	994	2.756	27%	73%	22
Carta	44	9%	5.550	3.835	1.714	69%	31%	14
Cartone	15	2,96%	1.825	1.788	37	98%	2%	0,3
Vegetale	34	7%	4.250	1.275	2.975	30%	70%	24

Tabella 5. Esempio di calcolo del coefficiente di esposizione per le frazioni di umido e plastica/metalli.

Frazione	Area	Totale rifiuti prodotti anno per abit. [kg/anno*abit]	Totale rifiuti prodotti anno per ut. dom [kg/anno*ut.]	Peso specifico rifiuto [kg/l]	Volume rifiuti prodotti anno per utenza dom. [l/anno*ut]	Volumetria contenitore [l]	Volumetria disponibile di progetto [l]	Giorni racc./sett	Volume di raccolta disp. [l/anno*ut]	Coeffic. di esposiz. minimo	Coeffic. di esposiz. di progetto
UMIDO	Area Intensiva e plus	100	238	0,4	596	23	21	3	3285	0,18	0,2
UMIDO	Area Standard	100	238	0,4	596	23	21	2	2190	0,27	0,3
PLASTICA	Area Intensiva e plus	42	99	0,03	3311	30	27	3	4223	0,78	0,8
PLASTICA	Area Standard	42	99	0,03	3311	120	108	1	5631	0,59	0,6

quale viene ribaltata all'interno del mezzo solo quando piena.

Per calcolare la produttività delle squadre è stata quindi utilizzata la seguente equazione:

$$P = \frac{t_{disp}}{t_{ef}} = \frac{(t_{turno} - 2 * t_{tr} - n * t_{sv})}{t_{ef}}$$

dove:

- P : produttività delle squadre [n° prese/turno]
- t_{disp} : tempo a disposizione [s] «differenza tra le ore di lavoro giornaliero ed il tempo impiegato per trasferimenti e soste»
- t_{turno} : durata turno di lavoro [s]
- t_{tr} : tempo di trasferimento [s]
- t_{sv} : tempo di svuotamento della vasca [s]
- n : numero di svuotamenti della vasca [s]
- t_{ef} : Tempo di effettivo lavoro [s/presa] «tempo necessario allo svuotamento di un contenitore ed il trasferimento alla postazione successiva»

Si è calcolato il rapporto tra il tempo a disposizione, ovvero la differenza tra le ore di lavoro giornaliero ed il tempo impiegato per trasferimenti e soste, e il tempo effettivo, quello necessario allo svuotamento di un contenitore ed al trasferimento alla postazione successiva. Quest'ultimo tempo è stato stimato direttamente su campo, andando ad analizzare una simulazione di servizio in aree con diverso tessuto urbano (Tabella 6).

3.4. Calcolo numero di squadre e definizione dei calendari

Il numero di squadre necessarie per effettuare il servizio di raccolta in una data zona è stato stimato con la seguente formula:

Tabella 6. Tempo di effettivo lavoro misurato su campo [secondi]

Tipologia rifiuto	Tempo di effettivo lavoro UD			UND
	Plus	Intensiva	Standard	
Umido	35	35	70	75
Plastica	35	35	80	75
SNR	35	35	75	75
Vetro	35	35	80	75
Carta	35	35	75	75

$$N_q = \frac{N_{ut} * C_e}{P}$$

dove:

- N_q = numero di squadre necessarie per zona
- N_{ut} = numero di utenze domestiche / non domestiche della zona
- C_e = coefficiente di esposizione
- P = produttività delle squadre [prese/turno]

Il numero di squadre occorrenti in una data zona e per una data frazione merceologica è quindi ottenuto dal rapporto tra il numero di utenze domestiche/non domestiche, corretto con il coefficiente di esposizione, e la produttività delle squadre.

Il territorio è stato diviso in tante zone, stabilendo per ognuna la tipologia di servizio (frequenza) e il numero delle utenze; è stato quindi effettuato il calcolo tonnellate/giorno, volume/giorno, prese/giorno per ogni frazione per ogni zona, nonché il calcolo del numero di squadre, ottimizzato accorpando le zone adiacenti e poi arrotondato per eccesso.

3.5. Definizione dei giri di raccolta

Una volta ottenuto il numero di squadre necessario per effettuare il servizio, si è passati a definire i giri di raccolta. Per farlo si deve dividere il territorio in maniera omogenea sia dal punto di vista delle utenze che per difficoltà di servizio (tipo di viabilità, presenza di aree ad accesso limitato, ecc.), al fine di distribuire il più equamente possibile il carico di lavoro alle squadre.

3.6. Monitoraggio del servizio

3.6.1. Raccolta dati e Taratura dei parametri di progetto

Una volta avviato il servizio si è proceduto con il monitoraggio. Questa fase è essenziale, essendo la raccolta porta a porta un sistema dinamico, in cui molteplici fattori al contorno possono interferire e quindi occorre rivedere in un'ottica critica il dato fino a quel momento teorico e stimato.

Per il monitoraggio è stata introdotta l'automazione del conteggio dell'esposizione del contenitore da parte dell'utente, mediante la tecnologia della radiofrequenza trasponder. In ogni contenitore è prevista l'installazione di un dispositivo elettromagnetico passivo che funge da trasmettitore di segnale.

L'operatore legge con apposita strumentazione il codice univoco del transponder e tale lettura associa in automatico lo svuotamento del contenitore alla banca dati dove sono presenti tutte le informazioni delle dotazioni fornite alle utenze. Oltre ad un'informazione puntuale sul singolo utente, si ha un'informazione massiva sulle varie aree in cui si sta espletando il servizio; si riesce quindi ad analizzare la distribuzione del carico di lavoro sulle varie squadre e ritrarre lì dove necessario. Inoltre, i mezzi "satellite" quando si svuotano nei semirimorchi da 50 m³, trasmettono il peso, potendo così permettere un'analisi del rifiuto raccolto per zona.

Con il monitoraggio si possono eventualmente rimodulare i parametri di progetto e quindi ottimizzare il numero di squadre necessarie per eseguire il servizio di raccolta, inoltre è possibile la bollettazione a tariffa puntuale secondo il principio «chi inquina paga».

4. Costi

Sono riportati in Tabella 7 e Tabella 8 i dati di dettaglio sui costi del servizio. In particolare, nella prima tabella è fornito un quadro globale rappresentante i costi/ricavi derivanti dal trattamento/smaltimento a regime di tutti i rifiuti (anche quelli non rientranti nel porta a porta, esempio ritiro ingombranti).

Tabella 7. Costi e ricavi trattamento / smaltimento a regime.

	Ton/Anno	COSTI €/ton	RICAVI €/ton	TOT COSTI	TOT RICAVI	DELTA (RICAVI-COSTI)
ALTRO	405					-
CARTA/ CARTONE	7.375	22	70	159.521	516.250	- 356.729
FARMACI	17	980		16.834		16.834
FERRO E METALLI	625		170		106.250	- 106.250
IMBALLAGGI IN MATERIALI MISTI (€ multileggero)	7.125	80	290	570.000	2.066.250	- 1.496.250
LEGNO	1.000	54	4	54.000	4.100	49.900
OLI	34				-	-
PILEACCUMULATORI	25				-	-
PLASTICA	344	50		17.178	-	17.178
PNEUMATICI	34	220		7.558	-	7.558
RAEE	500		70		35.000	- 35.000
RIFIUTI DA COSTR./DEMOL	1.875	7		13.125	-	13.125
TF	1	700		630	-	630
TONER	0	700		140	-	140
UMIDO	15.000	130		1.950.000	-	1.950.000
VEGETALE	4.250	20		85.000	-	85.000
VETRO	3.750		42		157.500	- 157.500
RUP	95	940		89.300	-	89.300
INGOMBRANTI	687	200		137.420	-	137.420
INDIFFERENZIATO	18.510	154		2.856.093	-	2.856.093
TOTALE	61.653					3.071.449

Tabella 8. Costi suddivisi per tipo di servizio.

DESCRIZIONE VOCI DI COSTO		Euro/	Euro/ab
COSTI RACCOLTA PORTA A PORTA		10.036.968 €	79,36 €
Coordinatori + struttura operativa	343.830 €		-
Porta a porta - borghi e zone rurali	2.289.277 €		-
Porta a porta - centro urbana - condomini	1.254.830 €		-
Porta a porta - centro urbana	4.497.348 €		-
Ecobus			-
Ecostop			-
Movimentazione semirimorchi + umido	988.146 €		-
Porta a porta - vetro	663.536 €		-
ATTREZZATURE		980.680 €	7,75 €
Ammortamento attrezzature	519.252 €		-
Costo annuale sacchetti	461.428 €		-
SERVIZIO RAPPORTO CON L'UTENZA		173.226 €	1,37 €
Costo del personale			-
Costo gestione sportelli			-
Distributore sacchetti			-
Call/ center	110.289 €		-
Costi comunicazione	62.937 €		-

Si può notare come la migliore qualità delle frazioni riciclabili portate a trattamento possa determinare maggiori entrate. Si può di conseguenza avere anche una migliore qualità dell'indifferenziato (soprattutto per la minore presenza di organico al suo interno) ed ottenere una riduzione dei costi da parte dell'impianto di destinazione finale. Nel caso del comune di Latina, il costo di trattamento è pari a 154 €/ton.

Nella seguente Tabella 8 sono riportati i costi suddivisi per tipo di servizio: raccolta porta a porta, attrezzature e servizio rapporto con l'utenza. Per quanto riguarda le attrezzature, dopo un investimento iniziale, è stato calcolato l'ammortamento su otto anni.

5. Risultati

Durante la fase di attivazione del nuovo servizio si sono riscontrate principalmente le seguenti difficoltà: individuazione su mappa dei punti di produzione rifiuto (PPR) a causa di un database di partenza non aggiornato e conseguente complicazione nella distribuzione di attrezzature, sacchi e materiale informativo, come si evince in Tabella 9, dove per ogni zona di consegna si distinguono le utenze domestiche (UD) e quelle non domestiche (UND).

La gestione dei database non aggiornati in tempo reale per questo servizio è sicuramente un problema da risolvere. Nonostante questo, i risultati dell'applicazio-

Tabella 9. Problemi riscontrati nella distribuzione di attrezzature, sacchi e materiale informativo in tre zone del Comune di Latina, ad utenze domestiche (UD) ed utenze non domestiche (UND).

Causale di consegna	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3	
	UD	UND	UD	UND	UD	UND
ATTIVITÀ CESSATA	4	80		9		3
CONSEGNATO	744	194	784	47	1436	89
DATI ERRATI	3	14	3		26	25
IMMOBILE NON TROVATO	3		2			
LASCIATO AVVISO	33	10	24		29	5
RITIRATO DAL TITOLARE		9	1		3	
RITIRATO			2			
TITOLARE DECEDUTO	3		13		29	
UTENZA NON TROVATA	427	143	202	30	1015	479
UTENZA SECONDARIA	12	70	9	9	63	62

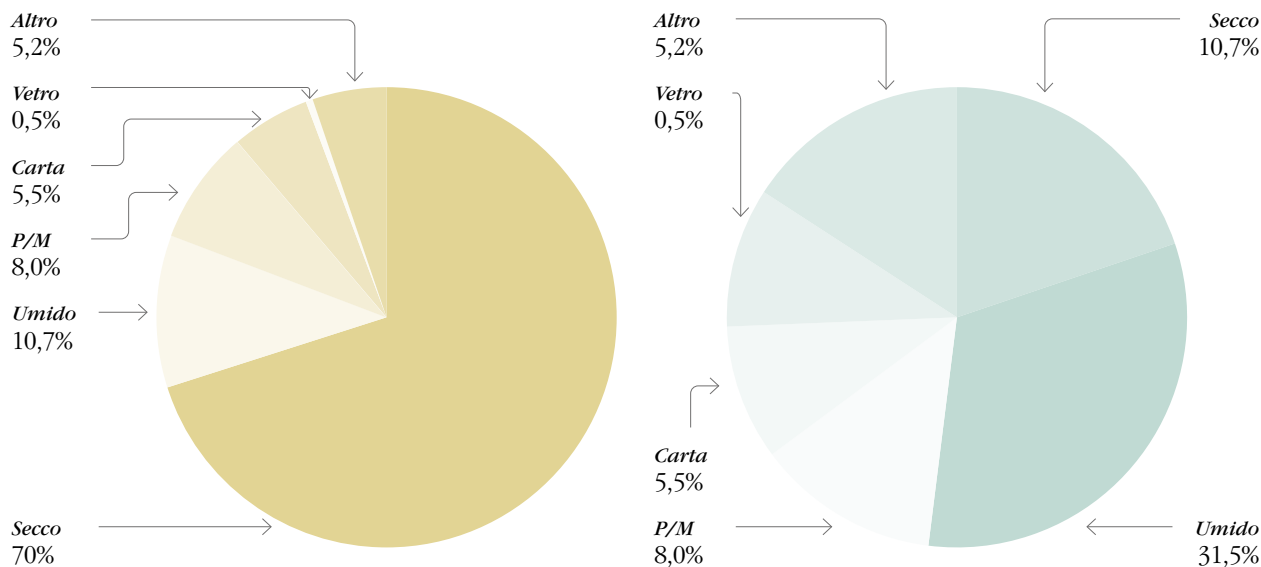


Figura 4. Confronto fra le tipologie di materiali nei due servizi di raccolta: a sinistra, anno 2020 – Vecchio servizio su intero comune; a destra Aprile-Luglio 2021 – Nuovo servizio su 1/6 utenze.

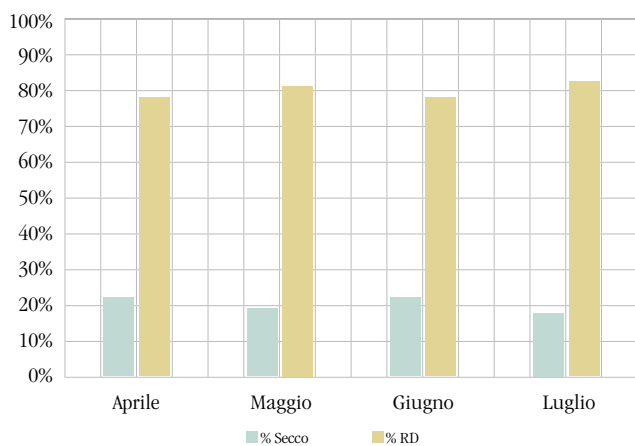


Figura 5. Confronto della % della frazione di secco non riciclabile con la % totale della raccolta differenziata nelle aree in cui è attivo il Porta a Porta.

ne del nuovo sistema di raccolta illustrato in questo studio sono positivi e a tal proposito si vuole riportare in Figura 4 un confronto tra il vecchio servizio di raccolta su tutto il territorio comunale e il nuovo servizio di raccolta attivato da 4 mesi su 1/6 delle utenze del territorio comunale. In particolare, l'analisi di Figura 4 consente di evidenziare come anche se il servizio di raccolta è stato avviato ad oggi parzialmente sul territorio comunale, già dai primi mesi di avvio le percentuali di raccolta sono state totalmente diverse rispetto all'anno 2020, raggiungendo gli obiettivi del piano industriale, fino in alcuni casi anche a superarli.

In Figura 5 si può osservare come sin dai primi mesi di avvio del nuovo metodo le percentuali di raccolta

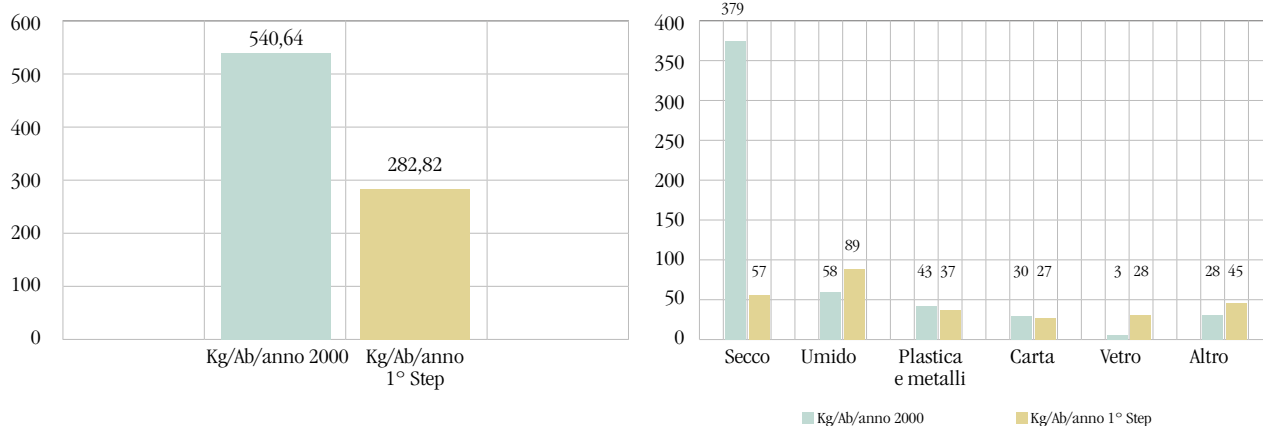


Figura 6. Produzione pro capite di rifiuti (a sinistra pro-capite totale vecchio e nuovo metodo; a destra pro-capite per singola frazione vecchio e nuovo metodo).

Tabella 10. Confronto fra l'analisi merceologica sulla frazione del secco non riciclabile proveniente dal vecchio sistema di raccolta porta a porta e quella derivante dal nuovo sistema (dati ISPRA, 2021).

FRAZIONE	SPECIFICAZIONI	VECCHIO SISTEMA	NUOVO SISTEMA
Organico	Putrescibile da cucina, sfalci e potature	40%	21%
Carta e cartone	Cartoni, imballaggi, carta di giornale	15%	22%
Poliaccoppiati	Imballaggi di cartone poliaccoppiato, altri poliaccoppiati	3,4%	6,7%
Tessili	Abiti e tessuti in cotone, lana, lino, pelle e cuoio e/o fibre sintetiche	5,5%	11%
Tessili sanitari	Cotone idrofilo, assorbenti igienici, pannolini	16%	< 0,05%
Plastica	Plastica in film, imballaggi in plastica, bottiglie e flaconi in materiali plastici	17%	16%
Vetro	Imballi e cocci in vetro	< 0,05%	9,6%
Metalli	Metalli ferrosi e non ferrosi, barattoli, utensili, lattine, fogli in alluminio, vaschette per alimenti, parti metalliche	2,3%	8,2%
Sottovaglio	pezzatura inferiore ai 20mm	0,5%	2,9%
Altre voci	inferiori al limite di quantificazione del metodo analitico utilizzato	< 0,05%	< 0,05%

differenziata siano già elevate, mentre in Figura 6 si evidenzia la diminuzione pro-capite e la buona intercettazione in termini di kg per singola frazione di rifiuto.

In Tabella 10 viene mostrato il confronto dell'analisi merceologica effettuata sulla frazione dell'indifferenziato proveniente dal vecchio sistema di raccolta e sulla frazione del "secco non riciclabile" dal nuovo sistema di raccolta porta a porta. In particolare, si evidenzia la riduzione della percentuale di organico, la quale porta ad un aumento di valore all'indifferenziato in ingresso all'impianto. Si parla di "secco non riciclabile" e non più di "indifferenziato" proprio a sottolineare la riduzione di sostanza organica presente al suo interno. Nel caso del Comune di Latina si è evinto che nel passaggio al nuovo sistema di raccolta porta a porta, oltre ad un miglioramento dei quantitativi di rifiuti portati a recupero, si è migliorata la qualità di quest'ultimi.

Un altro vantaggio a livello di qualità e quindi poi tradotto in un vantaggio economico, è stato decidere di separare "plastica/metalli" dal "vetro", quindi passare da una multimateriale pesante ad una multimateriale leggera. Si è passati dal conferire il rifiuto in impianto a 0 €/t ad avere dei ricavi provenienti sia da "plastica/metalli" sia dal "vetro".

6. Conclusioni

Con il sistema di raccolta proposto si possono raggiungere gli obiettivi dettati dal Piano Regionale Gestione Rifiuti, anche in situazioni come quella di Latina in cui partiva da una situazione con il 76% di rifiuto conferito in modo indifferenziato nel 2018. Costruire un buon sistema di raccolta porta a porta, ai fini dell'applicazione di una tariffa puntuale equa e trasparente, premiando chi fa bene la raccolta differenziata, è un cammino lungo e complesso che richiede professionalità e competenze di alto profilo.

Con la raccolta porta a porta i flussi di rifiuti migliorano sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo e questo, di conseguenza, comporta un beneficio economico per il gestore, che permette di migliorare la qualità dei servizi offerti.

I vantaggi del porta a porta sono innumerevoli, prima di tutto si riesce ad avere un controllo capillare del territorio accompagnando il cittadino verso un cambio totale di gestione domestica dei rifiuti. Si riducono drasticamente i cosiddetti rifiuti impropri (televisori, mobili, ecc.) e le micro-discariche nei posti limitrofi in cui ci sarebbero stati i cassonetti stradali. Tutto questo però deve essere necessariamente accompagnato da una seria, massiccia e capillare campagna di informazione che supporti il cittadino in questo profondo cambiamento.

Un comune che insieme al gestore vorrà adottare questa nuova modalità di gestione rifiuti dovrà seguire un percorso a tappe nel corso del quale la scelta dei partner giusti sarà determinante per il successo. ■

Riferimenti bibliografici

- Regione Lazio (2020) Piano Regionale di gestione dei rifiuti della Regione Lazio - Deliberazione del Consiglio Regionale, 5 agosto 2020, n. 4.
- ANPA (2011) Definizione standard tecnici di igiene urbana, Manuale ANPA 6/2001. <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/definizione-di-standard-tecnici-nei-servizi-di>
- DPR158/99 *Regolamento recante norme per la elaborazione del metodo normalizzato per definire la tariffa del servizio di gestione del ciclo dei rifiuti urbani*, Decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1999, n.158.
- ISPRA (2021) *Istituto Sperimentale Problematiche Ambientali*, Rapporto di prova n°AB210726-06M e n°AB210726-07M



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2022 è sostenuta da:

