



Economia Aziendale Online

## Economia Aziendale Online

Business and Management Sciences  
International Quarterly Review

*ELEMENTI DI SOSTENIBILITA'  
DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA  
"PORTA A PORTA"  
CASO DI STUDIO*

Cristina Cordoni, Francesco Briccarello, Vittorio Vaccari

Pavia, Maggio 2017  
Vol. 8 - N. 1/2017

[www.ea2000.it](http://www.ea2000.it)  
[www.economiaaziendale.it](http://www.economiaaziendale.it)



PaviaUniversityPress

---

Electronic ISSN 2038-5498  
Reg. Trib. Pavia n. 685/2007 R.S.P.



# ELEMENTI DI SOSTENIBILITA' DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA “PORTA A PORTA” CASO DI STUDIO

Cristina Cordoni, Francesco Briccarello, Vittorio Vaccari

## Abstract

Nel passato, le metodologie utilizzate per lo smaltimento dei rifiuti, quali l'utilizzo della discarica, l'incenerimento senza recupero di energia e lo sversamento in mare aperto, non hanno valorizzato i rifiuti come risorsa. Le Direttive successive, invece, si focalizzano sulla prevenzione dei rifiuti dove possibile o, alternativamente, sulla minimizzazione dei danni che i rifiuti provocano all'ambiente. In questo Paper, viene analizzata la progressiva modificazione del trattamento dei rifiuti urbani, facendo riferimento ad una Società che opera da oltre 15 anni nell'area della pianura lombarda, nel settore dei servizi di pubblica utilità, quali servizi ambientali ed energetici ed eroga il servizio di igiene ambientale a 17 Comuni, servendo una popolazione complessiva di circa 110.000 abitanti.

In the past, the methodologies used for the disposal of the refusals, as the use of the dump, the incineration without recovery of energy and the gushing in open sea, has not added value to the refusals as resource. The following Directives focused, instead, on the prevention of the refusals, where possible or, alternatively, on the minimization of the damages that the refusals provoke to the environment. In this Paper, the progressive modification of the treatment of the urban refusals is analyzed, making reference to a Society that has been operating for over 15 years in the Lombardy region, in the sector of the services of public utility, such as environmental and energetic services, and it disburses the service of environmental hygiene to 17 Communes, serving a general population of around 110.000 inhabitants

**Keywords:** economia circolare, sostenibilità, raccolta porta a porta, CED, GWP

## 1 –Premessa

Nel passato il trattamento dei rifiuti consisteva prevalentemente nell'individuazione di sistemi di smaltimento finale dei rifiuti, dalla discarica, all'incenerimento senza recupero di energia fino, in talune aree del pianeta, allo sversamento in mare aperto e ha creato, al contempo, un significativo impatto ambientale ed una necessità di prelevare dall'ambiente altre materie prime per sostenere i cicli produttivi.

Si è trattato, dunque, di metodologie che non hanno fatto il miglior uso dei rifiuti come risorsa e non hanno fornito risultati soddisfacenti per l'ambiente (Silva et al., 2017)

Le Direttive, che hanno progressivamente configurato la politica dell'Unione Europea in materia di rifiuti, vertono invece sulla prevenzione dei rifiuti e, laddove questa non sia possibile, pongono l'obiettivo di minimizzarne le ricadute sull'ambiente e sulla salute pubblica (Casoni et al., 2007), portando infine alla definizione di “Economia Circolare” (COM(2014) 398 final).

Cristina Cordoni  
Commodity Science PhD, e-mail: [cristina.cordoni@unipv.it](mailto:cristina.cordoni@unipv.it)

Francesco Briccarello  
Dottore in Scienze Naturali, e-mail: [effebricca@yahoo.it](mailto:effebricca@yahoo.it)

Vittorio Vaccari  
Professore ordinario di Scienze Merceologiche, e-mail: [vittorio.vaccari@unipv.it](mailto:vittorio.vaccari@unipv.it)

Nel 2012, nell'Unione Europa a 28, la produzione complessiva di rifiuti urbani arriva a superare i 213 milioni di tonnellate (Eurostat), imponendo una sempre maggiore attenzione agli interventi finalizzati a massimizzare la valorizzazione di materie ed energia, che li compongono.

In quest'ottica si è potuta osservare una progressiva modificazione del trattamento dei rifiuti urbani, come evidenziato in tab. 0.1, nella direzione di un progressivo abbandono dello smaltimento in discarica (- 39%) a favore del recupero di materia e di energia. Nel corso di tre lustri, dal 1995 al 2009, nell'UE il recupero di materia è cresciuto del 172% ed il compostaggio del 239%, mentre il recupero di energia da incenerimento è aumentato del 63%. In linea con la politica ambientale dell'Unione Europa, appare prevalere l'attenzione al recupero di materia e in subordine il recupero di energia.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Variazione
Valori espressi in milioni di tonnellate																
Discarica	141	138	140	137	138	139	135	131	124	117	109	108	106	100	96	-32%
Incenerimento	31	32	33	34	36	38	39	41	41	43	47	49	50	50	51	63%
Riciclaggio	22	23	28	30	37	38	40	46	47	49	51	54	57	59	59	172%
Compostaggio	13	15	16	18	21	27	28	32	34	36	38	40	42	44	45	239%

**Tab. 0.1 - Evoluzione del trattamento dei rifiuti urbani (UE a 27)**

**Fonte: Eurostat (Blumenthal, 2011)**

La disciplina del recupero delle frazioni derivanti dalla raccolta dei rifiuti urbani ha subito, inoltre, un'evoluzione con la DIR 2008/98/CE, recepita in Italia dal D.Lgs 205/2010, che ha portato l'introduzione del concetto di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio, con uno spostamento dell'attenzione sulla effettiva valorizzazione dei rifiuti urbani e assimilati. Relativamente a questi ultimi l'obiettivo al 2020 è di un aumento almeno del 50%, in termini di peso, nella preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio di carta, metalli, plastica e vetro. (Villani, 2012)

In quest'ottica, la gestione dei rifiuti si configura sempre più come un percorso integrato finalizzato ad una caratterizzazione qualitativa delle varie frazioni, onde individuare per ciascuna di esse il tipo di trattamento maggiormente sostenibile, nella triplice valenza ecologica, economica e tecnologica.

Si consolida pertanto l'approccio, già auspicato in letteratura, di una centralità delle matrici di partenza, il cui livello qualitativo è condito sine qua non per l'ottenimento di frazioni destinate ad avere un reale mercato per il reimpiego nei cicli produttivi. (Vaccari et al., 1996)

Ai sensi dell'art.222 comma 1 del D.Lgs. 152/06, la Pubblica Amministrazione deve organizzare sistemi adeguati di raccolta differenziata in modo da per-

mettere al consumatore di conferire al servizio pubblico rifiuti di imballaggio selezionati dai rifiuti domestici.

Inoltre, si impone che la gestione della raccolta differenziata sia effettuata secondo criteri che privilegino l'efficacia, l'efficienza e l'economicità del servizio, nonché il coordinamento con la gestione di altri rifiuti.

Le varie frazioni del rifiuto, infatti, per essere utilizzate come materie prime in un nuovo ciclo tecnologico, devono possedere un livello di qualità, costante nel tempo e nello spazio, compatibile con le peculiarità tecnologiche del ciclo stesso.

In quest'ottica si inserisce la necessità di una raccolta differenziata a monte, dal momento che numerose esperienze di cernita a valle del rifiuto raccolto tal quale, non hanno dato esiti soddisfacenti.

Da alcuni anni, in particolare, si sono effettuate sul campo valutazioni comparative tecnico-economiche tra:

- il sistema di raccolta differenziata tramite cassonetti/campane poste sugli assi viari. Questo sistema presenta un impatto ambientale, legato alla presenza delle postazioni di raccolta, spesso sottostimato, che meriterebbe una valutazione più approfondita. (Pérez et al., 2017)

- la raccolta differenzia effettuata con il metodo porta a porta, che riprende reinterpretandolo, l'antico sistema di ritiro domiciliare dei rifiuti. Questa seconda metodologia appare particolarmente adatta al perseguimento degli obiettivi sopra descritti in quanto si rilevato un miglioramento sia a livello qualitativo delle varie frazioni merceologiche sia a livello quantitativo di frazione conferita separatamente.

Il presente lavoro analizza e valuta la riorganizzazione di un sistema di raccolta differenziata, in Lombardia, nel momento del passaggio alla raccolta porta a porta, con l'intento di evidenziarne problematiche e potenzialità in rapporto all'obiettivo di sostenibilità.

## 2 – Caso di Studio

### 2.1 - Caratterizzazione dei soggetti coinvolti

Il caso di studio si riferisce ad una Società che opera da oltre 15 anni nell'area della pianura lombarda, nel

settore dei servizi di pubblica utilità, quali servizi ambientali ed energetici ed eroga il servizio di igiene ambientale a 17 Comuni, servendo una popolazione complessiva di circa 110.000 abitanti.

La Società è certificata secondo le norme:

1. UNI EN ISO 9001: 2008 (qualità), che attesta la congruenza di un processo con le normative cogenti con quanto disposto dall'organizzazione, dall'inizio alla fine dello stesso;

2. UNI EN ISO 14001: 2004 (ambiente), che definisce gli standard rispetto alla gestione della qualità ambientale;

3. OHSAS 18001: 2007 (sicurezza), che attesta la conformità del sistema implementato rispetto alla sicurezza e alla salute dei lavoratori.

Il sistema di gestione integrata, secondo le suddette norme, si configura indiscutibilmente come un punto di forza, per il superamento delle criticità di ciascun processo produttivo ed il miglioramento delle performances.

In un contesto ad elevata concorrenza, le certificazioni portano ad avere all'interno dell'azienda un reale valore aggiunto, che presenta risvolti positivi in termini di efficacia ed efficienza e può rappresentare l'elemento discriminante nel posizionamento sul mercato, nell'offerta di garanzie per gli stakeholder e in un'ottica di sostenibilità.

Nel presente studio vengono prese in esame le modalità di raccolta dei rifiuti urbani di due Comuni definiti Comune 1 e Comune 2.

Enti locali	N° abitanti	Superficie	Densità per km <sup>2</sup> (abitanti/km <sup>2</sup> )
Comune 1	14.962	25,58 km <sup>2</sup>	584,9
Comune 2	43.465	41,43 km <sup>2</sup>	1049,1

**Tabella 1.1 - Caratterizzazione del territorio coinvolto nello studio**

Fonte: [www.comuni-italiani.it](http://www.comuni-italiani.it)

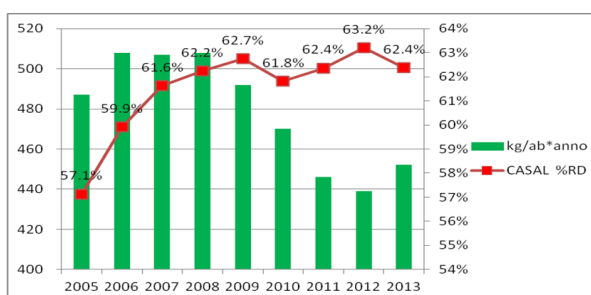
### 2.1.1 - Comune 1

Il servizio di Igiene Ambientale del Comune 1 è gestito dalla Società in esame dal 2001; quando è stato preso in carico, nel Comune 1, vigeva già il metodo di raccolta "porta a porta" per la raccolta delle frazioni di carta e cartone, plastica, umido e secco-indifferenziato. Rimaneva esclusa dal "porta a porta" la raccolta di vetro e lattine, eseguita con le cosiddette "campane", posizionate sulla sede stradale. Nel 2006 si è passati alla gestione "porta a porta" per tutte le frazioni sopra citate. Per motivi logistici e organizzativi la raccolta domiciliare è stata strutturata dividendo il Comune 1 in due aree denominate: Zona A e Zona B, dove la raccolta di ogni singola frazione è programmata in giorni differenti. Per motivi di igiene

e di salute pubblica, nonché per evitare emissioni maleodoranti, la frazione umida viene conferita e ritirata due volte la settimana, una sola volta le restanti frazioni merceologiche.

Lo studio del sistema di raccolta nel Comune 1 è interessante per analizzare l'incidenza del parametro "densità abitativa", che risulta quasi la metà rispetto a quella del Comune 2, zona centro (come indicato nella tabella 1.1). Il confronto consentirà di fare alcune valutazioni sulle problematiche, legate al sistema di raccolta "porta a porta", in situazioni con densità abitative diverse: un edificato con uno sviluppo prevalentemente orizzontale e una dominanza di abitazioni monofamiliari con giardino.

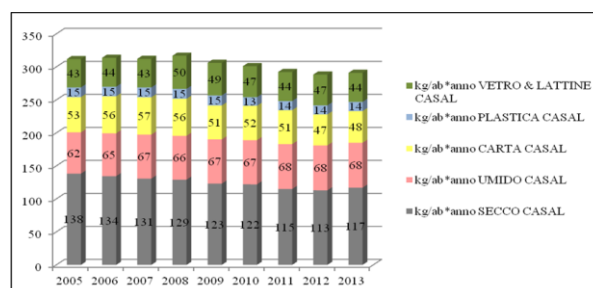
Il grafico 1.1 riporta l'andamento della raccolta differenziata dal 2005 al 2013, che risulta costantemente in aumento, stabilizzandosi intorno al 62 %, mentre risulta in diminuzione la quantità di rifiuti pro-capite, con un leggero incremento nell'anno 2013.



**Grafico 1.1 - Percentuale raccolta differenziata e kg/ab per anno nel Comune 1**

Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

In relazione alle diverse frazioni merceologiche, nel grafico 1.2 sono indicati i quantitativi pro capite per il periodo dal 2005 al 2013. Si può evincere quanto il secco-indifferenziato diminuisca progressivamente mentre, le frazioni rilevanti per il riciclaggio, mantengano i quantitativi sostanzialmente costanti.



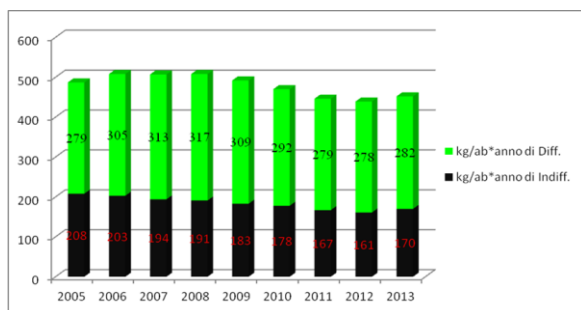
**Grafico 1.2 - Frazioni raccolte in modo differenziato kg/ab per anno nel Comune 1**

Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio



Leggendo congiuntamente questi due grafici si evince che, la tendenziale riduzione nella produzione dei rifiuti, si è “trasferita” su una riduzione dell’indifferenziato, mantenendo sostanzialmente invariati i quantitativi della raccolta differenziata che, quindi, percentualmente tende a rafforzarsi.

Il grafico 1.3 mette in relazione diretta la quantità di kg/ab per anno da raccolta differenziata con quella indifferenziata. Il grafico evidenzia una costante diminuzione dei kg di rifiuti indifferenziati, nel periodo dal 2005 al 2013, pari al 18,26 %.



**Grafico 1.3 - Raffronto Indifferenziata/differenziata - Comune 1**

Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

### 2.1.2 - Comune 2

Il servizio di raccolta dei rifiuti urbani, nel Comune 2, è gestito dalla stessa Società e fino al 2011 veniva svolto con un sistema misto. Nel centro città i rifiuti venivano raccolti con il sistema “porta a porta”, mentre nella corona circolare esterna al centro, il servizio veniva eseguito con contenitori di prossimità (cassonetti/campane posizionati sulla sede stradale).

Il “porta a porta” nel centro del Comune 2 è stato avviato dal maggio 2011, con una rimodulazione del servizio. La riorganizzazione si è concretizzata attraverso il cambiamento dei giorni e della frequenza di raccolta domiciliare, in particolare del secco- indifferenziato, il cui ritiro avviene una sola volta alla settimana. Questa scelta è stata adottata ritenendo che potesse fungere da volano per l’avvio di un circolo virtuoso di minimizzazione dell’indifferenziato: svolgendo una buona raccolta differenziata, il volume si riduce notevolmente rendendo compatibile, dunque, un solo ritiro settimanale.

E’ stata introdotta la raccolta domiciliare anche per il vetro e le lattine, precedentemente conferiti nelle “campane” posizionate sugli assi viari, con un beneficio in termini di del decoro pubblico.

I tempi per esporre i rifiuti ed il relativo ritiro vengono differenziati tra le famiglie e gli esercizi commerciali, per motivi logistici.

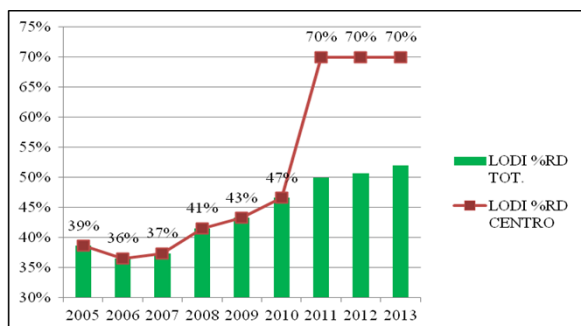
Di particolare rilievo, prima dell’avvio della rimodulazione, è stata la realizzazione di una campagna di sensibilizzazione, attraverso incontri pubblici con la cittadinanza, invio di lettere agli amministratori di condominio e alle imprese di pulizie, facendo ricorso ad “informatore ambientali” a domicilio, muniti di opuscoli illustrativi dedicati.

Il piano di formazione risulta in linea con le *best practice* evidenziate dalla letteratura di settore, in merito all’importanza del coinvolgimento e della comunicazione (Osti, 2002; Franchino et al. 2010), essenziale per suscitare una risposta positiva da parte dell’utenza e generare un impegno motivato e duraturo nella raccolta differenziata.

Al momento del presente studio era in essere il conferimento domiciliare per una popolazione di 11.000 abitanti, residenti nel Centro del Comune 2 e in 4 frazioni, mentre per 32.465 abitanti della periferia, vigeva il sistema a cassonetti stradali.

Per motivi di igiene e di salute pubblica, nonché per evitare odori molesti, la frazione umida veniva conferita e raccolta tre volte la settimana, per le restanti frazioni merceologiche la raccolta era monosettimanale.

Nel grafico 1.4 è indicato l’andamento della raccolta differenziata dell’intero Comune 2 rispetto al Centro del Comune 2, dal quale si evince palesemente che il riassetto ha dato notevoli risultati portando ad avere una raccolta differenziata fino al 70 %.



**Grafico 1.4 - Percentuale di raccolta differenziata per il Comune 2 ed il centro del Comune 2**

Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

Il grafico 1.4 mostra in modo molto evidente il divario, in termini percentuali sul rifiuto complessivamente prodotto, fra la raccolta differenziata realizzata mediante il “porta a porta” ed il livello raggiunto con le postazioni di raccolta stradale.

L’alta percentuale di raccolta differenziata per il Centro del Comune 2, rispetto all’intero Comune 2 è da attribuire alla sensibilità dei suoi stessi cittadini nell’eseguirlo, ma anche a un fenomeno anomalo che si è riscontrato che deriva dalla migrazione dei rifiuti. In sostanza, alcuni residenti del Centro, per evitare di

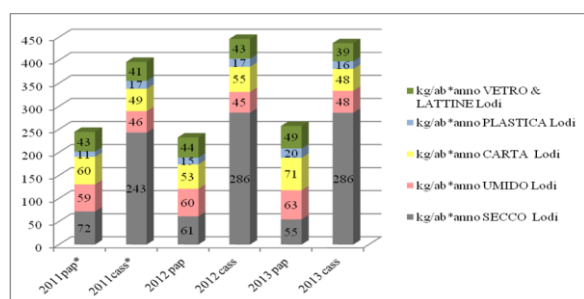
assoggettarsi alle frequenze di esposizione dei rifiuti, preferiscono portare i loro rifiuti nei contenitori di prossimità, presenti nelle immediate vicinanze della zona ancora servita a cassonetti, cioè la zona periferica.

Sottrarre potenziali quote di rifiuti indifferenziati dal Centro del Comune 2, favorisce il conteggio della percentuale di raccolta differenziata in questa zona. Allo stesso tempo, conferire queste stesse quote di rifiuti nella zona a cassonetti, normalmente nel secco-indifferenziato, ne diminuisce la percentuale di raccolta differenziata e di conseguenza anche quella di tutto il Comune 2.

Tale fenomeno è stato riscontrato anche nella zona periferica più esterna del Comune 2, dove alcuni residenti dei Comuni limitrofi fanno un uso improprio dei cassonetti contravvenendo alle regole di esposizione dei rifiuti volute dalle amministrazioni comunali in cui risiedono.

La raccolta “porta a porta”, dunque, risulta molto efficace quando l’utente non ha l’opportunità di liberarsi dei propri rifiuti portandoli al di fuori della propria zona di competenza.

Nel grafico 1.5 sono presenti le quantità procapite per le diverse frazioni raccolte dal 2011 al 2013. Essendo il 2011 l’anno della riorganizzazione, che ha portato a due estensioni territoriali, i dati rilevati sono relativi a sette mesi, da maggio a novembre 2011. Per ottenere omogeneità dei dati nel grafico, tali valori sono stati riparametrati rapportandoli a 12 mesi. Nel grafico 1.5 sono messi in parallelo i quantitativi “porta a porta” (“pap” per brevità nel grafico) e a cassonetto proprio per evidenziare l’enorme divario esistente relativo alla frazione secco-indifferenziato. Inoltre si nota quanto sia sempre superiore la quota “porta a porta” dell’umido rispetto a quella a cassonetti.



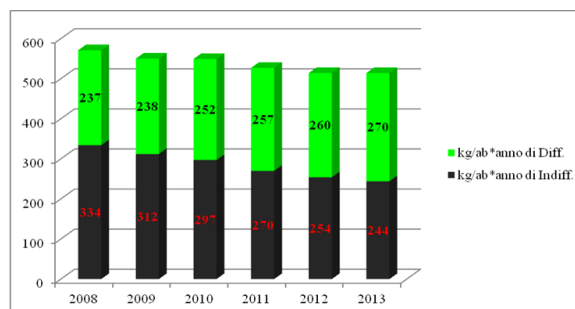
**Grafico 1.5 - kg/ab per anno per le diverse frazioni differenziate nel Comune 2**

**Fonte:** Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

\* i quantitativi di partenza sono relativi a sette mesi, da maggio a novembre 2011.

Nel grafico 1.6 è evidenziato il raffronto tra i rifiuti da raccolta differenziata e quelli indifferenziati nel periodo che va dal 2008 al 2013. Si può notare

quanto sia alta la quota degli indifferenziati, probabilmente questo è dovuto all’apporto del secco-indifferenziato da cassonetti ubicati nella corona esterna del Comune 2, che servono la maggior parte dei residenti.



**Grafico 1.6 - Raffronto rifiuti Indifferenziati/ differenziati nel Comune 2**

**Fonte:** Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

## 2.2 - Analisi merceologica dei rifiuti

Per ottimizzare della raccolta differenziata, perseguendo percentuali crescenti, è essenziale capire in che misura frazioni recuperabili siano ancora presenti nell’indifferenziato. Stante lo sforzo organizzativo e l’impegno costante di coinvolgimento della collettività necessari per raggiungere obiettivi via via più elevati, bisogna avere un quadro chiaro della quantità di frazioni ancora intercettabili a riduzione del rifiuto indifferenziato.

Si tratta di un dato essenziale per valutare se ci siano gli spazi per un ulteriore miglioramento della separazione dei materiali, se sia quindi opportuno introdurre variazioni nella strategia organizzativa per incrementare la percentuale di raccolta differenziata.

In letteratura, si tratta di un dato sostanzialmente carente o non recente (Ceccon, 1998), nonostante costituisca una chiave di volta nella valutazione dello spazio di miglioramento economico-ambientale atteso, a fronte dei costi necessari per una revisione del servizio.

Sono state, pertanto, effettuate ex-novo due analisi merceologiche, di un campione della frazione di secco-indifferenziato per il Centro del Comune 2 e la periferia dello stesso, allo scopo di poterne comprendere la composizione.

La procedura seguita per effettuare l’analisi merceologica può essere suddivisa in quattro momenti fondamentali:

1) individuazione dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI), conformi a quanto prescritto dalla Direttiva 89/686/CEE e successive modifiche e integrazioni, recepita dalla nostra normativa con D.L. 475/92;

2) scarico materiale;

3) preparazione, con l'ausilio di una pala meccanica, del campione, da sottoporre ad analisi merceologica, in cisterne da 1 m<sup>3</sup>;

4) predisposizione di contenitori utilizzati per le diverse frazioni (bidoni carrellati da 240 l, 120 l, 35 l, 25 l con indicazione della frazione per la quale sarebbe stato utilizzato);

5) cernita manuale del contenuto dei sacchi dei rifiuti indifferenziati presenti nelle cisterne;

6) peso netto della porzione di rifiuto selezionata.

### 2.2.1 - Analisi Secco-Indifferenziato Comune 2 periferia

La prima analisi merceologica ha riguardato la frazione di rifiuti secco-indifferenziato prelevati nella periferia del Comune 2.

Nella tabella 1.2 sono indicati i risultati della cernita manuale, con indicazione del peso lordo, della tara e relativo peso netto espressi in kg. L'ultima colonna specifica la percentuale in peso delle varie frazioni che si sono riscontrate a valle della selezione.

Tipologia Rifiuto	Peso Lordo	Tara	Peso Netto	%
VETRO	6,8	1,3	5,5	6%
CARTA	18,2	7,4	10,8	11%
<b>SECCO</b>	<b>34,7</b>	<b>7,4</b>	<b>27,3</b>	<b>29%</b>
PLASTICA	15	7,4	8,1	9%
UMIDO	39,8	9,3	30,5	32%
LATTINE E METALLI				
TESSUTI	3,6	2	1,6	2%
CERAMICA	7,9	0	7,9	8%
FARMACI	1,4	1,3	0,1	0%
VERDE	0,6	0	0,6	1%
LEGNO	3,1	2	1,1	1%
TOTALE	131,9	38,1	94,3	100%

**Tabella 1.2 - Prima analisi merceologica su secco-indifferenziato da cassonetti stradali**

Fonte: Nostra elaborazione, dati emersi dalla cernita manuale

Il grafico 1.7 riporta le percentuali di ogni singola frazione, rilevate dopo la cernita e consente di caratterizzare l'atteggiamento dell'utente residenziale: tra le frazioni impropriamente conferite nel cassonetto

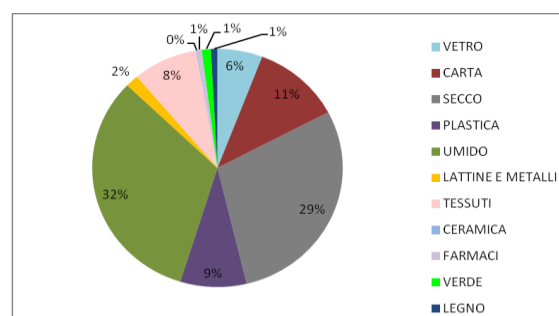
per l'indifferenziato, il vetro raggiunge la percentuale minore, con una quota pari al 6%. Si tratta di un dato che merita una riflessione: non stupisce che sia la frazione meno rappresentata tra quelle impropriamente presenti, in quanto la separazione del vetro per il recupero costituisce una delle consuetudini più consolidate, nel comportamento di separazione da parte dei consumatori.

Già nel 1986, in concomitanza con l'emanazione del decreto attuativo del DPR 915/1982, prima legge sui rifiuti dell'Italia repubblicana, si calcolava che il vetro riciclato avesse raggiunto le 500.000 tonnellate, pari ad oltre il 40% della produzione nazionale annua di vetro destinato all'imballaggio di alimenti. (Cordoni, 1992). Tradizionalmente i contenitori in vetro vengono riutilizzati già all'interno dell'utenza domestica, inoltre, il vetro è stato spesso la prima frazione raccolta in modo differenziato per le sue caratteristiche merceologiche, che ne consentono un riciclo sostanzialmente senza limitazioni. Peraltro, proprio per questi motivi, ci si sarebbe aspettati una sostanziale assenza della stessa nella frazione indifferenziata.

La plastica costituisce il 9%, carta e cartone costituiscono l'11%, denotando una scarsa propensione alla differenziazione per queste frazioni. Minima risulta però l'attenzione per la frazione umida, che costituisce il 32% del campione esaminato.

Solamente una quantità pari al 29% di secco si riferisce a ciò che doveva costituire il presente campione.

Alla luce di queste percentuali si deduce che il 71% del campione in oggetto avrebbe potuto, essere indirizzato verso un percorso di riciclo e recupero con relativo vantaggio ambientale ed economico.



**Grafico 1.7 - Percentuali delle diverse frazioni dopo cernita, da cassonetti**

Fonte: Nostra elaborazione dopo cernita manuale

### 2.2.2 - Analisi Secco-Indifferenziato Centro del Comune 2

La seconda analisi merceologica ha riguardato l'analisi della frazione di secco-indifferenziato di del Centro del Comune 2, gestito con il metodo "porta a porta".



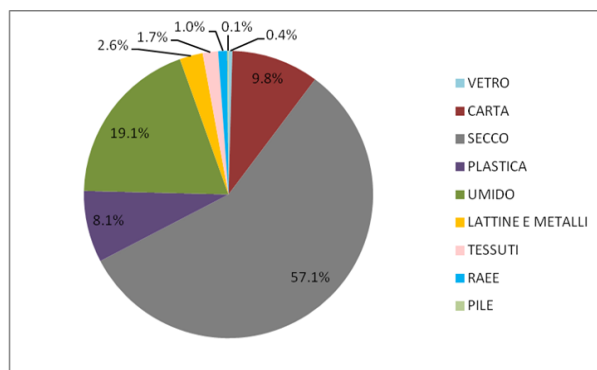
Nella tabella 1.3 sono presenti i dati ottenuti dalla selezione effettuata, seguendo la stessa procedura per la prima selezione (sopra descritta).

Tipologia Rifiuto	Peso Lordo	Tara	Peso Netto	%
VETRO	2,3	2	0,3	0,4%
CARTA	14,7	7,9	6,8	9,8%
<b>SECCO</b>	62,2	22,5	39,7	<b>57,1%</b>
PLASTICA	28,1	22,5	5,6	8,1%
UMIDO	21,2	7,9	13,3	19,1%
LATTINE E METALLI	3,8	2	1,8	2,6%
TESSUTI	2,5	1,3	1,2	1,7%
RAEE	0	0	0,7	1,0%
PILE	0	0	0,1	0,1%
FARMACI			Irrilevante	
VERDE			Irrilevante	
TOTALE	134,8	66,1	<b>69,5</b>	100,0 %

**Tabella 1.3 - Seconda analisi merceologica su secco-indifferenziato da raccolta porta a porta**

**Fonte:** Nostra elaborazione, dati emersi dalla cernita manuale

Il grafico 1.8 mostra le percentuali delle frazioni cernite, dalle quali si deduce che, gli utenti residenziali della zona a raccolta domiciliare, risultano più attenti di quelli serviti con il sistema a cassonetto. Infatti, la quota relativa al vetro pari allo 0,4 %, può considerarsi quasi nulla, e significativamente inferiore rispetto al 6 % rilevato nell'analisi del campione a cassonetti.



**Grafico 1.8 - Percentuali delle diverse frazioni dopo cernita, da pap**

**Fonte:** Nostra elaborazione dopo cernita manuale

Con il 9,8 % e l'8,1 % rispettivamente di carta/cartone e plastica si desume, però, ancora poca attitudine nella selezione a monte di queste frazioni, pur

essendo percentuali inferiori rispetto alla precedente analisi. Da sottolineare la presenza di un 19,1 %, costituito dalla frazione "umido", ancora rinvenuta nell'indifferenziato. Indubbiamente il valore risulta abbattuto in modo significativo rispetto alla percentuale presente nel campione precedentemente analizzato e proveniente dai contenitori di prossimità stradali, tuttavia si tratta di un quantitativo ancora particolarmente rilevante. Si consideri la particolare attenzione posta nell'organizzazione della raccolta: per minimizzare il disagio dovuto alla sua conservazione, rappresenta l'unica frazione per la quale sono previste almeno due raccolte/settimana. Si tratta, inoltre di una frazione facilmente identificabile dall'utenza e generalmente occupa un volume contenuto, pertanto ci si sarebbe aspettati una capacità di intercettazione della stessa molto superiore a quanto emerso. Il grafico, inoltre, evidenzia che la quota relativa al secco raggiunge il 57,1 %, specularmente il 42,9% è composto da frazioni che avrebbero potuto essere destinate alla raccolta differenziata con i conseguenti benefici.

## 2.3 - Valutazione economica

### 2.3.1 - Costi con raccolta "porta a porta" e a cassonetto

#### Comune 2

Per configurare una valutazione economica della gestione della raccolta dei rifiuti sono stati presi in considerazione una serie di parametri fondamentali:

- servizi svolti e relativa frequenza;
- automezzi utilizzati;
- composizione delle squadre di operatori;
- percorrenze coperte nei vari turni;
- costi connessi con lo smaltimento.

Gli schemi, che indicano quali servizi vengono svolti, per ogni singola frazione, nel Comune 2, rispettivamente, per la raccolta a cassonetti e "porta a porta" sono riportati nelle tabelle 1.4 e 1.5.

Automezzi utilizzati	Percorrenza giornaliera	Numero di operatori
Camion Daily 35.10 con vasca ribaltabile	40/50 km	1
Camion lift con cassone carrabile con gru	35 km	1
Compattatore 2 assi	50 km	2
Compattatore monooperatore 3 assi a caricamento laterale	60 km	1

**Tabella 1.5 - Parco automezzi e relativo impiego**

**Fonte:** Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

Frazione	Cassonetti stradali		Raccolta porta a porta	
	Organizzazione	Numero di svuotamenti/settimana	Organizzazione	Numero di svuotamenti/settimana
Secco	Servizio organizzato in 4 zone	3	Servizio organizzato nelle frazioni urbane e in 3 zone del Centro	1 (privati) 2 (commercianti)
Plastica	Servizio organizzato in 2 zone	2		1
Carta		2		1 (privati) 4 (commercianti)
Umido		2		3 (privati) 5 (grandi utenze e commercianti)
Vetro-metalli		2		1 (privati) 2 (commercianti)

Tabella 1.4 - Servizi svolti

	Cassonetti	Porta a porta	Totale
Lunedì	n.4 compattatori 3 assi laterale		n.4 compattatori 3 assi laterale
	n. 2 compattatore 2 assi	n. 2 compattatore 2 assi	n. 4 compattatori 2 assi
	n.1 vasche ribaltabili	n. 5 vasche ribaltabili	n.6 vasche ribaltabili
	n. 1 lift 3 assi con gru		n. 1 lift 3 assi con gru
	<b>n. 10 Turni operatori</b>	<b>n. 9 Turni operatori</b>	<b>n.19 Turni operatori</b>
Martedì	n.4 compattatori 3 assi laterale		n.4 compattatori 3 assi laterale
		n. 2 compattatore 2 assi	n. 2 compattatori 2 assi
	n.1 vasche ribaltabili	n. 5 vasche ribaltabili	n.6 vasca ribaltabili
	<b>n. 5 Turni operatori</b>	<b>n. 9 Turni operatori</b>	<b>n. 14 Turni operatori</b>
Mercoledì	n.4 compattatori 3 assi laterale		n.4 compattatori 3 assi laterale
		n. 2 compattatore 2 assi	n. 2 compattatori 2 assi
	n. 1 vasche ribaltabili	n. 3 vasche ribaltabili	n. 4 vasca ribaltabili
	<b>n. 5 Turni operatori</b>	<b>n. 7 Turni operatori</b>	<b>n. 12 Turni operatori</b>
Giovedì	n.4 compattatori 3 assi laterale		n.4 compattatori 3 assi laterale
	n.1 compattatore 2 assi	n. 2 compattatore 2 assi	n.3 compattatore 2 assi
		n. 4 vasche ribaltabili	n. 4 vasche ribaltabili
	n 1 lift 3 assi con gru		n 1 lift 3 assi con gru
	<b>n. 7 Turni operatori</b>	<b>n. 8 Turni operatori</b>	<b>n. 15 Turni operatori</b>
Venerdì	n.4 compattatori 3 assi laterale		n.4 compattatori 3 assi laterale
		n. 3 compattatore 2 assi	n.3 compattatore 2 assi
	n.1 vasche ribaltabili	n. 3 vasche ribaltabili	n. 4 vasche ribaltabili
	<b>n. 5 Turni operatori</b>	<b>n. 9 Turni operatori</b>	<b>n. 14 Turni operatori</b>
Sabato	n.3 compattatori 3 assi laterale		n.3 compattatori 3 assi laterale
		n. 2 compattatore 2 assi	n. 2 compattatori 2 assi
	n. 2 vasche ribaltabili	n. 3 vasche ribaltabili	n.5 vasche ribaltabili
	<b>n. 5 Turni operatori</b>	<b>n. 7 Turni operatori</b>	<b>n. 12 Turni operatori</b>

Tabella 1.6 - Elenco automezzi e turni operatori per servizio rifiuti Comune 2

Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

A questo occorre aggiungere il servizio del verde pubblico gestito dal lunedì al sabato. La **tabella 1.6** riassume tutti gli automezzi e i turni operatore necessari per svolgere nel Comune 2 il servizio di gestione dei rifiuti urbani considerando le esigenze del metodo a contenitori di prossimità e quello relativo alla raccolta domiciliare.

Dalla tabella si evince che per svolgere il servizio di raccolta rifiuti in una settimana occorrono per il servizio a cassonetti: 23 turni con compattatori a 3 assi laterali, 3 turni con compattatori 2 assi, 6 turni per Daily con vasca, 2 turni con camion lift e 37 turni operatori.

Invece per quanto riguarda i servizi a “porta a porta”, sempre in una settimana sono necessari: 13 turni con compattatori 2 assi, 23 turni per Daily con vasca e infine 49 turni operatore.

<b>AUTOMEZZO LIFT</b>	<b>valore in €</b>
<b>COSTO</b>	140.000
QUOTA DI AMMORTAMENTO ANNUA (SU BASE SETTENNALE)	20.000
INCIDENZA ORARIA DELL'AMMORTAMENTO [20.000/1.872 (36ore sett.* 52 settimane)]	<b>10,68</b>
MANUTENZIONE ANNUALE PROGRAMMATA (5% DEL COSTO INIZIALE)	7.000
INCIDENZA ORARIA DELLA MANUTENZIONE (7.000/1.872 ore utilizzo messo annuali )	<b>3,74</b>
CARBURANTE (TOT KM PER TURNO * COSTO GASOLIO / 6 ORE)	<b>9,66</b>
<b>Totale</b>	<b>24,08</b>

**Tabella 1.7 - Esempio di calcolo costo orario automezzo Lift.**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio, per costo iniziale automezzo e numero km.**

Il costo unitario orario di ciascun automezzo è stato calcolato considerando i seguenti fattori:

- quota di incidenza oraria dell'ammortamento del mezzo, su base settennale (sapendo che l'automezzo lavora per 1.872 ore annuali cioè 36 ore settimanali per le 52 settimane dell'anno);

- valore dell'incidenza oraria relativa alla manutenzione programmata (stimata nella misura del 5 % annuo rispetto al costo di acquisto del mezzo);

- costo del carburante di 1,656 euro al litro (Ministero Sviluppo Economico al 31/12/2013);

- numero di km percorsi durante ogni turno.

Nella **tabella 1.7** è indicato un esempio (camion lift) di calcolo per arrivare al costo unitario orario per automezzo considerato.

Seguendo lo schema della **tabella 1.7** è stato calcolato il costo orario di ciascun automezzo per il servizio di raccolta rifiuti del Comune 2:

- Camion Iveco Daily 35.10 con vasca ribaltabile: 14,65 euro/h

- Camion lift con cassone carrabile con gru: 24,08 euro/h

- Compattatore 2 assi: 27,19 euro/h

- Compattatore 3 assi a caricamento laterale: 35,10 euro/h

Per quantificare il costo orario medio di un operatore, si è preso come riferimento il CCNL Fise Assoambiente, contratto collettivo nazionale di lavoro,

più diffuso in Italia nel settore della gestione integrata dei rifiuti urbani.

Il costo orario è stato determinato facendo la media dal 1 livello di inquadramento al 4B della categoria operai, il cui risultato è stato: 25.17 euro/h. Abbiamo usato questo inquadramento in quanto è il più frequente per chi svolge la mansione d'autista od operatore nel settore di riferimento.

E' stato così possibile elaborare il conteggio finale del costo annuale per il servizio domiciliare degli 11.000 abitanti del Centro del Comune 2 e frazioni, moltiplicando il numero di automezzi della stessa tipologia per le sei ore di un turno giornaliero, per il costo orario del mezzo considerato, cui è stato aggiunto il

costo sostenuto per il personale. Nella **tabella 1.8** il risultato complessivo ottenuto.

<b>Costo Porta a Porta - Comune 2</b>	<b>€</b>
n. 13 comp. 2 assi * 6 ore/gg *27.19 euro	2.121,03
n. 23 Daily vasche*6 ore/gg* 14.65 euro	2.021,12
n. 49 turni operatore*6 ore/gg *25.17 euro	7.399,98
costo settimanale	11.542,13
11542.13*52 n.settimane.	<b>Totale annuo 600.019,76</b>

**Tabella 1.8 - Costo annuale servizio pap Comune 2**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio per costo iniziale automezzo e numero km.**

Ai fini di una comparazione con altre tipologie di raccolta, risulta utile stabilire la quota pro capite, calcolata come segue: 600.019,76 euro: 11.000 abitanti = 54,54 euro/ab. per anno.

Costo a cassonetti - Comune 2	€
n. 23 comp. 3 assi*6 ore/gg*35.10 euro	4.844,35
n. 3 comp. 2 assi*6 ore/gg*27.19 euro	489,47
n. 6 Daily vasche*6 ore/gg*14.65 euro	527,25
n. 2 lift*6 ore/gg*24.08 euro	289,00
n. 37 turni operatori*6 ore/gg*25.17 euro	5.587,74
costo settimanale	11.737,80
11.737,80*52 settimane. <b>Totale annuo</b>	<b>610.365,49</b>

**Tabella 1.9 - Costo annuale servizio cassonetti Comune 2**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio, per costo iniziale auto-mezzo e numero km.**

La tabella 1.9 specifica il calcolo relativo al costo annuo del servizio a contenitori di prossimità stradali, per i 32.465 abitanti della periferia del Comune 2.

Il dato relativo al pro capite che emerge è pari: 610.365,49 euro: 32.465 abitanti = 18,80 euro/ab per anno.

#### Comune 1

Il Comune 1, come già indicato, è gestito con la sola raccolta "porta a porta", e i servizi che vengono svolti, sono riassunti in tabella 1.10.

Frazione	Raccolta porta a porta	
	Organizzazione	Numero di svuotamenti/settimana
Secco	Servizio organizzato in due zone	1
Plastica		1
Carta		1
Vetro		1
Umido		3 (privati) 4 (grandi utenze)

**Tabella 1.10 - Servizio porta a porta Comune 1**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio**

Dall'insieme di questi servizi, risulta che per il Comune 1 sono necessari 6 turni del compattatori a caricamento posteriore, 22 turni del Daily con vasca e 34 turni operatore. Il compattatore a 3 assi a caricamento posteriore, sul quale svolgono le loro mansioni due operatori, in un turno nel Comune 1, normalmente, percorre 70 km. Da quest'ultimo dato otteniamo il costo orario di 34,77 euro.

Alla tabella 1.11 è indicato il costo annuo del servizio domiciliare del Comune 2 rivolto a 14.962 cittadini.

Il dato pro capite è stato calcolato come segue: 451.566 euro: 14.962 abitanti = 30,18 euro/ab. per anno.

1.3.2 Ricavi con raccolta "porta a porta" e a cassonetto

Nella valutazione economica delle diverse metodologie di raccolta, non si può prescindere, dai ricavi connessi con la commercializzazione delle frazioni raccolte separatamente e destinate alle riciclerie.

Comuni 1 e 2

Per poter quantificare i ricavi, sono stati presi in considerazione, i corrispettivi relativi a ogni frazione merceologica di riferimento per le quantità indicate nella tabella 1.12 e il mancato costo di smaltimento per gli stessi quantitativi e frazioni.

Frazioni	Comune 1 pap	Comune 2 pap	Comune 2 cassonetti
Carta e cartone	714.980	775.610	1.587.730
Plastica	206.120	221.690	546.120
Vetro	601.300	495.695	1.213.444
Alluminio	1.957	1.613	3.948
Acciaio	32.609	26.882	65.805

**Tabella 1.11 Costo annuale servizio porta a porta Comune 2**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio**

Nella tabella 1.13 sono indicati i corrispettivi, di ciascuna frazione merceologica presa in esame in questo elaborato, derivanti dall'accordo Anci-Conai espressi in euro per tonnellata.

Occorre considerare che, per quanto riguarda la frazione carta e cartone, essendo congiunta, Comieco riconosce convenzionalmente una percentuale del 25 % rispetto ad un imballaggio cellulosico puro, e di conseguenza rispetto al valore riportato nella tabella 1.12, riconosce solo 23,74 euro/t.

Costo Porta a porta - Comune 2	€
n. 6 comp. 3 assi posteriore*6 ore/gg*34,77 euro	1251,72
n. 22 Daily vasche*6 ore/gg*14.65 euro	2297,56
n. 34 turni operatori*6 ore/gg*25.17 euro	5134,68
costo settimanale	8683,96
8683,96*52 settimane. <b>Totale annuo</b>	<b>451.566</b>

**Tabella 1.12 - Quantità di rifiuti per le diverse frazioni, espressi in kg per l'anno 2013**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio**

Frazioni Merceologiche	Anno 2013 €/t
Carte e cartone	94,95
Plastica- Fascia Qualità dal 5 % al 15 % di impurità	205,46
Vetro - Fascia qualità Max 3 % di impurità	5,27
Alluminio.- Fascia qualità fino al 15 % di impurità	155,77
Acciaio - Fascia qualità dal 5 % al 10 % di impurità	73,5

**Tabella 1.13 - Corrispettivi per ogni frazione come da accordo Anci-Conai**

**Fonte: Anci-Conai**

Per poter determinare i corrispettivi, abbiamo trasformato i quantitativi di ciascuna frazione in esame della [tabella 1.12](#) in tonnellate e li abbiamo moltiplicati successivamente per le quote presenti alla [tabella 1.13](#). Ne è risultato quanto indicato alla [tabella 1.14](#).

Il dato pro-capite, rispettivamente per Comune 2 “porta a porta”, Comune 2 a cassonetti e Comune 1 “porta a porta”, è stato calcolato rispettivamente come segue:

- 68.800,81 euro: 11.000 abitanti = 6,25 euro/ab. per anno
- 161.745,02 euro: 32.465 abitanti = 4,98 euro/ab. per anno
- 65.193,49 euro: 14.962 abitanti = 4,36 euro/ab. per anno

Corrispettivi rispetto quote rifiuti riciclati (valori espressi in Euro)

Corrispettivi rispetto quote rifiuti riciclati (valori espressi in Euro)			
Frazioni	Comune 1 - porta a porta	Comune 1 - cassonetti	Comune 2 - porta a porta
Carta e cartone	18.412,98	37.692,71	16.973,63
Plastica	45.548,43	112.205,82	42.349,42
Vetro	2.612,31	6.394,85	3.168,85
Alluminio	251,26	614,98	304,84
Acciaio	1.975,83	4.836,67	2.396,76
<b>Totale</b>	<b>68.800,81</b>	<b>161.745,02</b>	<b>65.193,49</b>

**Tabella 1.14 - Totale euro corrispettivi per ogni frazione - Dati 2013**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio**

Per poter determinare, i mancati costi abbiamo convertito i kg delle frazioni in tonnellate e moltiplicato per il prezzo di conferimento di secco-indifferenziato in discarica pari a 125,14 euro/t.

Il risultato è riassunto in [tabella 1.15](#).

Mancato costo di smaltimento (125.14 Euro/t)	Comune 2 porta a porta	Comune 2 cassonetti	Comune 1 porta a porta
Quantità totali frazioni in t	1.521,49	3.417,05	1.556,97
<b>Totale in euro</b>	<b>190.399,26</b>	<b>427.609,26</b>	<b>194.838,73</b>

**Tabella 1.15 - Mancato costo smaltimento per le frazioni e sistemi in esame, valori espressi in euro**

**Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio**

Il dato pro capite, rispettivamente per Comune 2 “porta a porta”, Comune 2 a cassonetti e Comune 1, è stato calcolato come segue:

- 190.399,26 euro : 11.000 abitanti = 17,31 euro/ab. per anno
- 427.609,26 euro: 32.465 abitanti = 13,17 euro/ab. per anno
- 194.838,73 euro: 14.962 abitanti = 13,02 euro/ab. per anno

Ne consegue che i costi pro capite dei servizi studiati, al netto dei ricavi e dei mancati costi di smaltimento in discarica si attestano sui seguenti valori:

- Comune 2 porta a porta: 54,55 € (costi) - 6,25 € (ricavi) + [- 17,31 € (mancato costo)] = 30,99 euro/ab. per anno
- Comune 2 cassonetti: 18,80 € (costi) - 4,98 € (ricavi) + [- 13,17 € (mancato costo)] = 0,65 euro/ab. per anno

Comune 1 porta a porta: 30,18 € (costi) - 4,36 € (ricavi) + [- 13,02 € (mancato costo)] =

= 12,8 euro/ab. per anno

Il servizio “porta a porta” risulta, dunque, più costoso di quello a cassonetti in entrambi i Comuni esaminati, anche se con alcune differenze legate principalmente alla densità abitativa ed alla conformazione urbanistica delle città considerate: nel Comune 2 la

raccolta porta a porta risulta maggiormente costosa rispetto al Comune 1, caratterizzato da una densità abitativa maggiore.

Allo stesso tempo, la raccolta differenziata domiciliare del Comune 2, dà i risultati più rilevanti in merito ai ricavi, sia come ritorno relativo ai corrispettivi derivanti dalle frazioni merceologiche differenziate, sia rispetto al mancato costo di smaltimento in discarica.

Una delle variabili fondamentali alla base della migliore performance della zona Centro del Comune



2 è senz'altro legata alle campagne di sensibilizzazione nei confronti della collettività, svolte proprio durante il periodo di esame del caso.

## 2.4 - Valutazione ambientale ed economica

### 2.4.1 - Risparmio energetico e abbattimento del potenziale di riscaldamento globale

La valutazione di sostenibilità della scelta di ottimizzare la raccolta differenziata, attraverso un confronto fra il metodo di raccolta porta a porta e il metodo dei cassonetti stradali, non può prescindere dalla valenza ambientale legata al risparmio di energetico e alla riduzione delle emissioni climalteranti legate alla valorizzazione delle materie recuperate rispetto alla produzione ex-novo delle stesse.

Per quantificare questi aspetti relativamente ad alcune delle frazioni raccolte separatamente sono stati adottati due noti indicatori: il CED e il GWP.

Il Cumulative Energy Demand (CED) valuta a partire dalla metodologia Life Cycle Assessment (LCA) il consumo di risorse energetiche durante tutto il ciclo di vita di un prodotto o di un servizio.

Il Global Warming Potential (GWP) compara gli impatti legati all'emissione dei differenti gas climalteranti, rapportandoli a quelli causati da una stessa emissione di anidride carbonica. Questo indicatore viene, quindi, espresso in kg di CO<sub>2</sub> equivalente.

Per la valutazione del risparmio energetico e della variazione potenziale di riscaldamento globale, nel caso in esame, si sono presi in considerazione i dati dell'anno 2013, per le frazioni di carta e cartone (CER 200101), plastica (CER 150102) e vetro e metalli (CER 150106).

Per il calcolo è stato messo a confronto il consumo energetico e l'impatto in termini di potenziale di riscaldamento globale, nell'ipotesi di produzione primaria da materia prima vergine e nell'ipotesi di

produzione da materiali riciclati, utilizzando gli stessi quantitativi.

Sulla base di valori presenti in letteratura (Rigamonti et al., 2009):

- si sono rapportati i valori dei parametri CED e del GWP per 1.000 kg, con i quantitativi, delle stesse frazioni del caso in esame;

- si è tenuto conto di un rapporto di sostituzione, diverso per le singole frazioni (v. tabella 1.16). Il rapporto di sostituzione esprime la relazione tra la materia prima vergine e la materia prima seconda (MPS) e dipende dalla qualità di quest'ultima.

Materia	Rapporto di sostituzione	
Carta e cartone	Pasta da macero/pasta termomeccanica	1 a 0,833
Plastica	Pet secondario/Pet primario	1 a 0,810
Vetro	Produzione primaria/secondaria	1 a 1
Alluminio		
Acciaio		

**Tabella 1.16 - Rapporto di sostituzione materia primaria/secondaria**

Fonte: Rigamonti et al., 2009

I dati relativi ai quantitativi raccolti per le singole frazioni in esame, sono stati reperiti direttamente presso la Società di gestione e sono riportati nella tabella 1.17.

**Tabella 1.17 - Quantità di rifiuti per le diverse frazioni, espressi in kg per l'anno 2013**

Fonte: Nostra elaborazione su dati della Società responsabile del servizio

Frazioni	Comune 1 - porta a porta		Comune 2 - porta a porta		Comune 2 - cassonetti	
	Quantitativo raccolto		Quantitativo raccolto		Quantitativo Raccolto	
		Quantitativo con abbattimento del 20%	Quantitativo rilevato	Quantitativo con abbattimento del 20%	Quantitativo rilevato	Quantitativo con abbattimento del 20%
Carta e cartone	714.980	571.984	775.610	620.488	1.587.730	1.270.184
Plastica	206.120	164.896	221.690	177.352	546.120	436.896
Vetro	601.300	481.040	495.695	396.556	1.213.444	970.755
Alluminio	1.957	1.566	1.613	1.290	3.948	3.158
Acciaio	32.609	26.087	26.882	21.506	65.805	52.644

A titolo precauzionale, per il calcolo in esame, si è ritenuto opportuno ridurre di un 20 % le quantità di ogni frazione, in considerazione della possibile presenza di conferimenti impropri, presenti durante la fase di pesatura. Nella valutazione del caso, sono stati considerati questi ultimi quantitativi, riassunti nella [tabella 1.17](#).

#### Carta e cartone

	Quantitativo con abbattimento del 20%	Rapporto di sostituzione	Quantitativo di materia prima equivalente	CED MJ eq		GWP kg CO <sub>2</sub> eq	
				Pasta termomeccanica	Pasta da macero	Pasta termomeccanica	Pasta da macero
CARTA E CARTONE							
Comune 1 Porta a porta	571.984 kg	1 a 0,833	476.426,7 kg	9.800.082,8	1.388.205,2	337.786,5	82.937,7
Comune 2 Porta a porta	620.488 kg		10.631.954 kg	10.631.954	1.505.924	366.459	89.971
Comune 2 Cassonetti	1.270.184 kg		1.058.063 kg	21.764.356	3.082.737	750.167	184.177

La produzione di carta è in continua crescita: nel 2013 la produzione mondiale era di 403 milioni di tonnellate di carta. I rifiuti risultanti sia dal processo di lavorazione che dai prodotti a fine vita possono generare un significativo impatto sull'ambiente in tutte le sue matrici acqua, suolo e aria, pertanto sono in atto numerose ricerche finalizzate sia a mitigarne l'impatto sia soprattutto ad individuare percorsi di valorizzazione degli stessi. (Simão et al., 2017)

Come noto, alla base della produzione primaria di carta e cartone c'è la pasta termomeccanica, mentre, alla base della produzione di carta da materiale riciclato, c'è la pasta da macero.

Nella [tabella 1.18](#) vengono riportati gli indicatori di impatto CED e GWP da produzione di pasta termomeccanica e pasta da macero, per 1 t di pasta prodotta. La voce "Altro" si riferisce ad altri impatti collegati, ad esempio, alle infrastrutture.

Indicatori di Impatto	Unità di misura	Pasta Termomeccanica			Pasta da Macero		
		Energia	Altro	Totale	Energia	Altro	Totale
CED	MJ eq	19.535	1.035	20.570	2.184	243	2.427
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	648	61	709	131	14	145

**Tabella 1.18 - Ced e Gwp da pasta termomeccanica e da macero per 1 t di pasta prodotta.**

Fonte: Rigamonti et al., 2009

Al fine di calcolare la variazione di consumo energetico e di emissioni di gas climalteranti, in base alle quantità totali di materiale riciclato di carta e cartone, verranno applicati i valori degli indicatori di impatto in modo da valutare le conseguenze sull'ambiente. Inoltre si applicherà un rapporto di sostituzione tra pasta da macero e pasta termomeccanica di 1 a 0.833. Il rapporto di sostituzione è dovuto al continuo riutilizzo della carta riciclata, possibile solo un certo numero di volte per la perdita progressiva di qualità. I valori assunti dai parametri utilizzati per la

valutazione di impatto ambientale sono riassunti nella [tabella 1.19](#).

**Tabella 1.19 - Pasta termomeccanica e pasta da macero - impatto ambientale a confronto**

#### Plastica

L'importanza di valorizzare la frazione plastica presente nei rifiuti emerge con evidenza non appena si consideri che per la produzione della plastica vergine viene consumato annualmente dal 4 all'8% del greggio estratto nel mondo (Kreiger et al., 2014). Nel 2014 in Europa sono stati prodotti, complessivamente, 25,8 milioni di tonnellate di rifiuti plastici, di questi il 29,7% è stato riciclato, il 39,5% è stato sottoposto a termovalorizzazione ma il restante 30,8% è stato smaltito in discarica. Si tratta di uno stoccaggio definitivo essendo la plastica non biodegradabile, quindi si tratta di risorse che vengono definitivamente perse. (Huysman et al., 2017)

Al termine "plastica" si riconduce una "famiglia" di materiali costituita da una ampia gamma di polimeri e la cui possibilità di essere riciclati è strettamente correlata all'omogeneità dei polimeri stessi. Infatti, le differenti varietà di plastiche (PE, PET, PVC, PP...) ottenute dalla lavorazione dei polimeri, se conferite congiuntamente, rendono molto difficili i processi di riciclaggio e recupero. Già da tempo la letteratura di settore ha evidenziato l'opportunità di selezionare i polimeri sui quali concentrare la raccolta differenziata: negli anni '90, in Gran Bretagna studi sulla raccolta differenziata della frazione plastica, dopo un avvio inclusivo di tutti gli imballaggi in plastica, hanno scelto di optare per la raccolta delle sole bottiglie, anche in considerazione dello scarso mercato esistente per le restanti frazioni. (McDonald et al., 1998)

Quando, dunque la raccolta differenziata include numerosi polimeri diversi occorre un'ulteriore selezione a valle della plastica differenziata, in modo da ottenere un materiale il più omogeneo possibile: percentuali di impurità anche piccole influenzano negati-

vamente l'intero processo di riciclo. Le quantità raccolte in modo differenziato sono, pertanto, state abbattute in via cautelativa del 20 %, per poter considerare il restante riconducibile sostanzialmente ad imballaggi in PET (polietilene tereftalato).

Nella tabella 1.20 vengono riportati gli indicatori di impatto CED e GWP per produzione di PET primario e secondario. L'unità misura è per 1 t di pasta prodotta.

Indicatori di Impatto	Unità di misura	PET da prod. Primaria	PET da prod. Secondaria
CED	MJ eq	79.341	7.443
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	2.749	426

**Tabella 1.20 - Ced e Gwp da PET primario e secondario**

Fonte: Rigamonti et al., 2009

Nella tabella 1.21 sono messi a confronto i parametri di valutazione dell'impatto ambientale, per l'area in esame, sulla base dei dati emergenti dal caso di studio.

	Quantitativo con abbattimento del 20%	Rapporto di sostituzione	Quantitativo di materia prima equivalente	CED MJ eq		GWP kg CO <sub>2</sub> eq	
				PET primario	PET secondario	PET primario	PET secondario
PLASTICA							
Comune 1 Porta a porta	164.896 kg	1 a 0,810	133.565,8 kg	10.597.241	1.227.321	367.172,4	70.246
Comune 2 Porta a porta	177.352 kg		143.655 kg	11.397.731	1.320.030	394.908	177.352
Comune 2 Cassonetti	436.896 kg		353.886 kg	28.077.669	3.251.817	972.833	186.118

**Tabella 1.21 - PET primario e secondario - impatto ambientale a confronto**

### Vetro

La raccolta differenziata del vetro in Italia, nel periodo 2010-2015, dopo una flessione negli anni dal 2011 al 2013 è tornata nel 2015 ad assestarsi intorno a 1.750.000 tonnellate, su livelli sostanzialmente confrontabili con il 2010. Nel 2015 gli imballaggi in vetro immessi al consumo in Italia ammontavano a circa 2.250.000 tonnellate. (ISPRA, 2016)

La produzione di vetro piano e cavo comporta l'utilizzo di materie prime come la sabbia (intorno al

70-74 %), l'ossido di sodio (come coadiuvante del processo di fusione, per 12-20 %), carbonato di calcio (come stabilizzante, per 12-13 %).

La raccolta, il recupero e il riutilizzo del vetro produce quindi un notevole risparmio di materie prime. Inoltre, utilizzando rottami di vetro invece della miscela vetrificabile pura, si abbassano i tempi e il punto di fusione (fino a 20°C circa) consentendo, una produzione maggiormente sostenibile, un risparmio

energetico e quindi anche economico.

Normalmente nell'industria

vetraria vengono reimpiegati sia gli scarti da fusione sia i rottami da raccolta differenziata. La raccolta del vetro è tra le prime che si siano realizzate in Italia. Dal momento che le proprietà qualitative tra produzione primaria e secondaria sono sostanzialmente simili, durante i calcoli verrà utilizzato un rapporto di sostituzione di 1 a 1. Come per le precedenti frazioni verranno utilizzati gli indicatori di impatto per com-

prendere le ricadute ambientali. Per quanto riguarda la quantità di vetro da utilizzare nello studio occorre fare una precisazione: il conferimento del vetro avviene in modalità multimateriale, congiuntamente con i metalli. Per il calcolo delle emissioni dell'energia risparmiata, si deve quindi depurare il dato di 652.170 kg, detraendolo della quota non riferita al vetro: l'operatore, che ritira per conto della Società di gestione i rifiuti con codice CER 150106, dichiara che dal medesimo codice si ottiene mediamente: il 92,2 % di vetro, 0,3 % di alluminio, il 5 % di banda stagnata (barattoli) e il 2,5 % di altro. Per inciso, la quota di 0,3 % dell'alluminio potrebbe sembrare una quantità irrisoria ma se prendiamo in analisi i 1.565 kg, relativa al Comune 1 "porta a porta", 2013 e considerando che una lattina vuota pesa 16 grammi, otteniamo un

riciclo di 97.813 lattine. Tornando al vetro, nella [tabella 1.22](#) vengono riportati gli indicatori di impatto CED e GWP di vetro da produzione primaria e secondaria. L'unità misura è per 1 t di pasta prodotta. La voce "Altro" si riferisce ad altri impatti collegati ad esempio all'approvvigionamento.

**Tabella 1.22 - Ced e Gwp di vetro da produzione primaria**

Fonte: Rigamonti et al., 2009

Indicatori di Impatto	Unità di misura	Vetro da produzione primaria				Vetro da produzione secondaria				
		Emissioni Forno	Energia Forno	Altro	Totale	Emissioni Forno	Energia Forno	Preparaz. rottame	Altro	Totale
CED	MJ eq	/	11.734	6.545	18.279	/	7.358	169	4.337	11.864
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	710	734	310	1.754	450	493	10	158	1.111

	Quantitativo con abbattimento del 20%	Rapporto di sostituzione	Quantitativo di materia prima equivalente	CED MJ eq		GWP kg CO <sub>2</sub> eq	
				Vetro primario	Vetro secondario	Vetro primario	Vetro secondario
VETRO							
Comune 1 Porta a porta	481.040 kg	1	481.040 kg	8.792.930	5.707.059	843.744	534.435
Comune 2 Porta a porta	396.556 kg		396.556 kg	7.248.647	4.704.740	695.559	396.556
Comune 2 Cassonetti	970.755 kg		970.755 kg	17.744.430	11.517.037	1.702.704	1.078.509

**Tabella 1.23 - Vetro primario e secondario - impatto ambientale a confronto**

La [tabella 1.23](#) mette a confronto i valori calcolati per i parametri di impatto ambientale.

### Alluminio

L'alluminio è il terzo elemento in ordine di quantità, presente nella crosta terrestre, presenta una vasta gamma di applicazioni in settori quali edile, elettrico, meccanico, dei trasporti e degli imballaggi. Da molti anni, ormai, l'industria italiana del riciclo dell'alluminio detiene una posizione di rilievo nel panorama mondiale per quantità di materiale riciclato. Il nostro Paese è infatti terzo al Mondo assieme alla Germania dopo Stati Uniti e Giappone. ([www.cial.it](http://www.cial.it))

Il peso leggero, la resistenza, la plasticità, la capacità di costituire una barriera totale alla luce, ai gas e all'umidità lo rendono uno dei materiali preferiti per l'imballaggio di alimenti e bevande. La sua riciclabilità lo pone al centro di un solido mercato di recupero della materia (Lopez et. al, 2015): è un materiale riciclabile al 100 % per infinite volte senza decadimento di qualità, quindi, tra produzione primaria e produzione secondaria non vi è differenza. Nelle seguenti valutazioni, pertanto, verrà utilizzato un rapporto di sostituzione di 1 a 1.

L'alluminio primario è prodotto a partire dalla bauxite, dalla quale si estrae l'allumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). La produzione ha una resa bassa poiché da 2 tonnellate di bauxite si ottiene 1 tonnellata di allumina, dalla quale si ottengono 0,5 tonnellate di alluminio.

**Tabella 1.24- Ced e Gwp di alluminio**

Fonte: Rigamonti et al., 2009

Indicatori di Impatto	Unità di misura	Alluminio primario	Alluminio secondario					
		Totale	Forno di fusione	Pretrattamento rottame	Gas naturale per fusione	Alliganti	Altro	Totale
CED	MJ eq	188.606	/	2.824	4.838	5.439	870	13.972
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	9.994	197	301	276	285	67	1.126

L'alluminio secondario o da riciclo deriva da processi di rifusione o raffinazione in fornaci.

Come per le precedenti frazioni verranno utilizzati gli indicatori di impatto per comprendere le ricadute ambientali

Su scala europea e mondiale il 60 % della produzione d'acciaio avviene tramite il ciclo integrato ad ossigeno, il restante 40 % con forno ad arco elettrico.

	Quantitativo con abbattimento del 20%	Rapporto di sostituzione	Quantitativo di materia prima equivalente	CED MJ eq		GWP kg CO2 eq	
				Alluminio primario	Alluminio secondario	Alluminio primario	Alluminio secondario
ALLUMINIO							
Comune 1 Porta a porta	1.566 kg	1	1.566 kg	295.357	21.880	15.650	1.763
Comune 2 Porta a porta	1.290 kg		1.290 kg	243.302	18.024	12.892	1.453
Comune 2 Cassonetti	3.158 kg		3.158 kg	595.618	44.124	31.561	3.556

**Tabella 1.25 - Alluminio primario e secondario - impatto ambientale a confronto**

Nella [tabella 1.24](#) vengono riassunti gli indicatori di impatto CED e GWP di alluminio da produzione primaria e secondaria. L'unità di misura è per tonnellata di alluminio primario prodotto. Con la voce "Alliganti" si intendono gli impatti relativi ai metalli che concorrono a formare una lega. La voce "Altro" si riferisce agli impatti relativi agli additivi utilizzati nei forni. La [tabella 1.25](#) mette a confronto i valori assunti dai parametri utilizzati per la valutazione ambientale.

Nel panorama italiano le percentuali vengono ribaltate, poiché la scarsità di minerali di ferro favorisce l'impiego del forno ad arco elettrico, che può essere alimentato completamente con rottami ferrosi. I rottami ferrosi derivano principalmente da scarti di lavorazione pre-consumo, relativi all'industria meccanica, e da scarti post-consumo, derivanti da demolizioni industriali e navali, nonché da imballaggi in banda stagnata. Il rivestimento in stagno rappresenta un problema nel riciclaggio dell'acciaio poiché la sua presenza non permette di ottenere un acciaio di alta qualità. Ne consegue un processo di destagno prima dell'utilizzo.

Indicatori di Impatto	Unità di misura	Acciaio da produzione primaria				Acciaio da produzione secondaria				
		Emissioni Forno	Produzione Ghisa	Altro	Totale	Emissioni Forno	Energia	Pretrattamento rottame	Altro	Totale
CED	MJ eq	/	20.794	2.765	23.559	/	6.433	1.089	1.361	8.883
GWP	kg CO <sub>2</sub> eq	76	1.447	184	1.707	2	257	57	100	415

### Acciaio

Secondo stime di settore, in Italia, la raccolta e il riciclo degli imballaggi metallici hanno comportato benefici netti per 831,7 milioni di euro dal 1999 al 2010, a fronte di 2,5 milioni di tonnellate raccolte. ([www.anfima.it](http://www.anfima.it)) Si tratta di risultati molto importanti che confermano la continua attività di ricerca per lo sviluppo di tecnologie per il riciclo e il recupero dell'alluminio pre e post consumo per impieghi nei diversi settori applicativi. E' un primato ancora più interessante se consideriamo gli aspetti legati alle performance ambientali di questo materiale: infinita riciclabilità, tutela dell'ambiente e delle sue risorse naturali e importante contributo alla riduzione di emissioni nell'atmosfera in linea con il protocollo di Kyoto. L'acciaio è una lega di ferro e carbonio, in cui la percentuale di carbonio può arrivare fino al 2 %.

**Tabella 1.26 - Ced e Gwp di acciaio per 1 t di acciaio prodotto**

Fonte: Rigamonti et al., 2009

Nella [tabella 1.26](#) vengono riportati gli indicatori di impatto CED e GWP di acciaio da produzione primaria. La voce "Altro", per l'acciaio da produzione primaria, si riferisce ad altri impatti collegati ad esempio all'elettricità utilizzata. La voce "Altro", per l'acciaio da produzione secondaria, si riferisce ad altri impatti collegati ad esempio allo smaltimento in discarica delle scorie.

Dalla produzione primaria e da quella secondaria per fusione, si ottiene sostanzialmente il medesimo prodotto, quindi per i calcoli si è utilizzato un rapporto di sostituzione di 1 a 1 ([tabella 1.27](#)).

**Tabella 1.27 - Acciaio primario e secondario - impatto ambientale a confronto**

	Quantitativo con abbattimento del 20%	Rapporto di sostituzione	Quantitativo di materia prima equivalente	CED MJ eq		GWP kg CO2 eq	
				Acciaio primario	Acciaio secondario	Acciaio primario	Acciaio secondario
ACCIAIO							
Comune 2 Cassonetti	52.644 kg	1	52.644 kg	1.240.240	467.637	89.863	21.847



Nelle tabelle 1.28 e 1.29 sono riepilogati i risparmi energetici e la riduzione dell'emissione di gas climalteranti legati al recupero delle frazioni raccolte separatamente.

	CARTA	PET	VETRO	ALLUMINIO	ACCIAIO
Comune 1 Porta a porta	8.411.877,60	9.369.920	3.085.871	273.477	-
Comune 2 Porta a porta	9.126.030,00	10.077.701	2.543.907	225.278	-
Comune 2 Cassonetti	18.681.619,00	24.825.852	6.227.393	551.494	772.603

**Tabella 1.28 - Risparmio di energia espresso in MJ eq**

	CARTA	PET	VETRO	ALLUMINIO	ACCIAIO
Comune 1 Porta a porta	200.282,80	223.093,33	73.473,12	6.511,36	-
Comune 2 Porta a porta	217.286,43	239.945,26	60.569,21	5.363,76	-
Comune 2 Cassonetti	444.800,45	591.091,71	148.271,26	13.130,81	18.395,31

**Tabella 1.29 - Riduzione di gas climalteranti espressa in kg ep(1)**

**(1) Chilogrammi equivalenti di petrolio (1 kg ep = 42MJ)**

Dall'analisi dei dati così ottenuti, si evince che la raccolta differenziata dei rifiuti presi in esame, porta anche ad un cospicuo risparmio di energia utilizzata e ad una notevole riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra.

### Plastica

La plastica è la frazione merceologica che ha dato il risultato più significativo con un risparmio energetico complessivo di 2.307 MJ eq, delle tre aree considerate, il Comune 2 zona "porta a porta", con 916 MJ eq/pro capite, corrispondenti a 254 kWh, si configura come il sistema più efficace.

Parallelamente, l'abbattimento di CO<sub>2</sub> eq, conseguito, grazie al recupero della frazione plastica, è stato di 29,14 kg CO<sub>2</sub> eq/pro capite, con un forte divario rispetto allo stesso sistema "porta a porta" pre-

sente da tempo nel Comune 1, il cui riscontro è 19,8 kg CO<sub>2</sub> eq/ pro capite.

Nonostante questi dati confortanti, dall'analisi dei campioni, del Comune 2 zona servita con cassonetti e della zona servita con il sistema "porta a porta", è emersa la presenza di plastica rispettivamente nella misura del 9% e del 8,1%. Queste percentuali in peso indicano un quantitativo in volume molto elevato, che ha conseguenze negative sull'economia del

servizio. La plastica, infatti, essendo un materiale con un peso specifico molto basso, occupa rapidamente le volumetrie messe a disposizione per la raccolta e con-

seguentemente il servizio di svuotamento e trasporto deve essere svolto con maggiore frequenza, con conseguente aumento dei costi di gestione.

Considerando le due aree servite con il sistema porta a porta, si ritiene che una delle maggiori cause alla base della differenza evidenziata sia da ricondurre al coinvolgimento dell'utenza: mentre nel Comune 2, la capillare campagna di sensibilizzazione dell'utenza è recente, in quanto ha accompagnato l'introduzione del nuovo sistema "porta a porta", nel Comune 1, in cui il sistema è presente da più tempo, non sono stati fatti interventi di aggiornamento e informazione sui risultati raggiunti, né avviate nuove attività divulgative, volte a mantenere viva l'attenzione sulla questione della raccolta differenziata "porta a porta" e sulla necessità di avviare un volano virtuoso di miglioramento continuo, sia della qualità delle frazioni raccolte, sia della quantità delle stesse.

### 2.5 - Sintesi delle ricadute ambientali

Sommando tutte le quote per ciascuna frazione e nelle tre situazioni analizzate ne consegue un risparmio energetico medio riassunto in [tabella 1.30](#).

	ABITANTI	Risparmio in MJ eq		Risparmio in kWh (1)	Risparmio in euro (2)
		Totale	Pro capite	Pro capite	Pro capite
Comune 1 Porta a porta	14.962	21.141.145,60	1.412,99	392,50	64,54
Comune 2 Porta a porta	11.000	21.972.916,00	1.997,54	554,87	91,24
Comune 2 Cassonetti	32.465	51.058.961,00	1.572,74	436,87	71,83
(1) 1 kWh equivale a 3,6 MJ					
(2) prezzo monorario di 0,164426 €/ kWh (www.autorita.energia.it)					

**Tabella 1.30 - Valutazione quantitativa ed economica del risparmio energetico**

Se si fossero, invece, impiegate per la realizzazione di prodotti, le quantità di materie di recupero, derivanti dalla raccolta differenziata delle frazioni inserite nel presente studio, non si sarebbero immessi in atmosfera i kg CO<sub>2</sub> eq/ pro capite riportati nella [tabella 1.31](#).

	ABITANTI	Risparmio in kg CO <sub>2</sub> eq	
		Totale	Pro capite
Comune 1 Porta a porta	14.962	874.971,20	58,48
Comune 2 Porta a porta	11.000	804.486,00	73,14
Comune 2 Cassonetti	32.465	2.072.921,00	63,85

**Tabella 1.31 - Valutazione quantitativa dell'abbattimento di emissioni di gas climalteranti**

### 3 - CONCLUSIONI

Per migliorare la gestione dei rifiuti è necessario valutare ed implementare diverse modalità di trattamento e smaltimento, che realizzino un processo sinergico funzionale all'economia circolare.

Con l'approvazione in data 15/11/13, del Collegato alla legge di stabilità 2013 che afferma il principio della prevalenza della qualità della singola frazione rispetto alla quantità della stessa, la sfida del futuro non è solo il raggiungimento degli obiettivi percentuali imposti dalla normativa (D.Lgs. n. 152/2006), ma anche l'ottenimento degli obiettivi qualitativi. Infatti, ai fini del recupero di materia e del suo reinserimento nei diversi cicli produttivi, in un'ottica di sostenibilità economica, la conservazione delle specificità merceologiche delle singole frazioni diventa essenziale e per la loro valorizzazione per il consolidamento del relativo mercato.

I rifiuti possono diventare una risorsa attraverso la collaborazione costante di istituzioni e cittadini, ai quali devono essere forniti gli strumenti e le cono-

scenze che portino a comportamenti virtuosi sia nel differenziare i rifiuti, sia nello scegliere prodotti che minimizzino il rifiuto a fine vita.

I dati emersi dal caso di studio evidenziano le potenzialità della raccolta differenziata dei rifiuti urbani, per una reale valorizzazione delle materie prime seconde, che ne derivano. L'analisi comparata di tre situazioni abitative diverse, con peculiarità specifiche nelle modalità di raccolta, hanno fatto emergere almeno due aspetti rilevanti: il ruolo strategico del cittadino nella gestione e valorizzazione dei rifiuti, l'importanza di un impegno continuativo dell'Ente gestore nel coinvolgimento e nella motivazione dell'utenza.

Si è inoltre potuto riscontrare un notevole risparmio energetico, nonché un importante abbattimento delle emissioni di gas climalteranti.

Dai dati ottenuti grazie alle due analisi merceologiche effettuate, emerge il significativo spazio di crescita ancora esistente nella raccolta differenziata, per molte frazioni merceologiche, con particolare riferimento a carta, umido e plastica. L'impegno a ridurre le frazioni recuperabili impropriamente conferite nell'indifferenziato, potenzierebbe la sostenibilità della gestione dei rifiuti sia dal punto di vista ambientale, sia dal punto di vista economico.

L'analisi merceologica relativa ai cassonetti del Comune 2, ha fatto emergere alcuni risultati inattesi, fra i quali spicca la presenza di vetro (6 %) ancora conferito in modo indifferenziato: si tratta di una frazione raccolta in modo differenziato da più di vent'anni, essendo stata la prima attivata dalle amministrazioni comunali e ci si aspetterebbe un atteggiamento più consapevole e responsabile da parte della collettività.

Quasi un terzo (32 %) dello stesso campione è composto da umido, frazione con un'intrinseca complessità gestionale, anche in ambiente domestico. Il processo di decomposizione naturale porta al rilascio di odori, alla produzione di percolato e di conseguenza richiede una frequenza di raccolta più elevata delle altre frazioni riciclabili. Essendo presenti nel Comune 2 i cassonetti dell'umido, i residenti hanno la possibilità di conferire l'umido in ogni momento della settimana, al contrario di quanto accade per i residenti

serviti con il metodo “porta a porta”, il cui conferimento è legato agli orari e ai giorni del ritiro.

Dall'indagine merceologica effettuata sul campione del secco-indifferenziato, nell'area del Comune 2 servita con il sistema a cassonetti, è scaturita una percentuale di materiale potenzialmente riciclabile e recuperabile che complessivamente ammonta al 71 % mentre il secco-indifferenziato, effettivamente tale, da destinare al recupero energetico è pari solo al 29 %. Si può interpretare questo dato come una sorta di “inversione” della composizione merceologica, in cui le frazioni recuperabili risultano “inquinata” da una parte minimale di rifiuto indifferenziato.

Dalla cernita manuale dei rifiuti, in particolare per la frazione relativa alla plastica, si evince quanto le aziende possano ancora fare per il packaging, in modo da produrre merci a minor contenuto possibile di imballaggi, facilmente e intuitivamente riciclabili. Esaminando i singoli imballaggi rinvenuti nei campioni, si è osservato che nella maggior parte dei casi non veniva riportata alcuna indicazione circa la possibilità/modalità di riciclaggio.

L'elevata percentuale di umido (19,1 %) e carta (9,8 %), riscontrate anche nel campione relativo al Comune 2 con raccolta “porta a porta” indica quanto si possa ancora fare per incrementare le percentuali di raccolta differenziata.

L'esperienza dell'analisi merceologica, utilizzata come strumento di indagine per reperire dati originali ed il più possibile aggiornati, ha permesso di comprendere a fondo le abitudini di vita dell'utenza considerata, dando prova dell'utilità di predisporre un piano di intervento a miglioramento delle percentuali di raccolta.

La riprogettazione dell'imballaggio, in un'ottica di sostenibilità concorrerebbe inoltre al perseguimento dell'obiettivo di disaccoppiamento del trend “produzione rifiuti - PIL”.

Per il raggiungimento dell'obiettivo del disaccoppiamento, è possibile lavorare sulla notevole quantità di materiale recuperabile, non opportunamente differenziato, nonché sul recupero energetico al posto dell'interramento in discarica. Nel caso di studio, l'estensione del sistema “porta a porta” a tutto il Comune 2 contribuirebbe ad ottimizzare la raccolta sia dal punto di vista quantitativo, che qualitativo.

I dati economici emergenti dalla letteratura di settore indicano che, rispetto al costo complessivo del servizio, lo smaltimento incide per il 40 %, manodopera e automezzi per il restante 60 %. Dunque, per la sostenibilità economica della gestione è fondamentale ottimizzare l'organizzazione dei turni.

Sia i dati del Comune 2, per la zona servita con il sistema “porta a porta”, sia quelli del Comune 1 evidenziano che, ad un'analisi esclusivamente economica, la raccolta domiciliare risulta più onerosa, ma è altrettanto vero che genera i migliori risultati relativamente ai corrispettivi dalla commercializzazione

delle frazioni, grazie alla migliore qualità delle stesse e massimizza i mancati costi di smaltimento, grazie alla minimizzazione del secco-indifferenziato. Tali frazioni migliori dal punto di vista qualitativo e quantitativamente maggiori, in termini di pro-capite, sono foriere, inoltre, di risparmio energetico e abbattimento delle emissioni climalteranti, e rendono più sostenibile sia economicamente che ambientalmente la gestione integrata dei rifiuti.

Alla luce dei risultati ottenuti, nel presente lavoro, sono auspicabili interventi mirati al fine di promuovere e sostenere un riciclaggio finalizzato e consapevole, investendo in piani di informazione, formazione e sensibilizzazione, così da modificare in meglio l'atteggiamento dei cittadini, cui deve essere deputato il ruolo di primi attori nell'avvio di una valorizzazione sostenibile della materia e dell'energia, ancora contenuti nei prodotti a fine vita.

## References

- Blumenthal K. (2011), *Generation and Treatment of municipal waste*, “Environment and energy”, Eurostat European Commission - Statistics in focus, 31/2011
- Casoni A., Savio G. (2007), *La nozione di rifiuto e sottoprodotto nella legislazione nazionale e comunitaria*, XXIII Congresso Nazionale delle Scienze Merceologiche “Qualità, ambiente e valorizzazione delle risorse territoriali” Atti del Convegno, Fossanova, Terracina, Fondi 26-28/09/2007, pag.29 - ISBN 978-88-902688-4-7
- Ceccon. L. (1998), *L'utilizzazione dei rifiuti come risorsa energetica: la situazione nella Regione Friuli-Venezia Giulia*, XVIII Congresso Nazionale di Merceologia “Qualità verso il 2000. Contributi delle Scienze Merceologiche”, Verona 1-3/10/1998, 119-126, Atti - Vol.II, Cedam Ed. ISBN 88-13-21872-9, pag. 120
- Commissione Europea (COM(2014) 398 final), *Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni*, Bruxelles, 2.7.2014
- Cordoni C. (1992), *La raccolta dei rifiuti solidi urbani: analisi comparativa tecnico-economica*, Tesi di Laurea in Economia e Commercio, Università degli Studi di Pavia, Facoltà di Economia e Commercio, A.A. 1991/92, pag. 13
- Franchino R., Violano A. (2010), *“Recupero, riuso, riciclo per la formazione del cittadino”*, Alinea Ed. Città di Castello (PG), 2010, ISBN: 978-88-6055-466-6
- Huysman S., De Schaepmeester J., Ragaert K., Dewulf J. (2017), *Performance indicators for a circular economy: a case study on post-industrial plastic waste*, Resources, Conservation and Recycling 120

(2017) 46-54, Elsevier B.V. - pag. 46 - ISSN: 0921-3449

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2016), Rapporto Rifiuti Urbani - Edizione 2016, Rapporti n. 251/2016 - Ispra Settore Editoria, ISBN: 978-88-448-0791-7, pagg. 39 e 139

Kreiger M.A., Mulder M.L., Glover A.G., Pearce J.M. (2014), Life Cycle analysis of distributed recycling of post-consumer high density polyethylene for 3-D printing filament, *Journal of cleaner production* 70 (2014) 90 -96, Elsevier Ltd - pag. 91 - ISSN: 0959-6526

López F.A., Pérez Román C., García-Díaz I., Alguacil F.J. (2015), Oxidation and waste-to-energy output of aluminium waste packaging during incineration: A laboratory study, *Waste Management* 43 (2015) 162–167, Elsevier Ltd, ISSN: 0956-053X, pag. 162

McDonald S., Ball R. (1998), Public participation in plastics recycling schemes, *Resources, Conservation and Recycling* 22 (1998) 123–141, Elsevier Science B.V., ISSN: 0921-3449, pag. 125

Osti G. (2002), Il coinvolgimento dei cittadini nella gestione dei rifiuti, F.Angeli Ed. Milano, ISBN: 9788846435712

Perez J., Lumbreras J., de la Paz D., Rodríguez E. (2017), Methodology to evaluate the environmental impact of urban solid waste containerization system: A case study, *Journal of Cleaner Production* 150(2017) 197-213, Elsevier Ltd., ISSN: 0959-6526

Rigamonti L., Grosso M. (2009), Riciclo dei rifiuti, analisi del ciclo di vita dei materiali da imballaggio,

Ed. Dario Flaccovia, Palermo, ISBN: 978-88-7758-897-5

Silva A., Rosano M., Stocker L., Gorissen L. (2017), From waste to sustainable materials management: Three case studies of the transition journey, *Waste Management* 61 (2017) 547–557, 2016 Elsevier Ltd., pag.548 - ISSN: 0956-053X

Simão L., Jiusti J., Lóh N.J., Hotza D., Raupp-Pereira F., Labrincha J.A., Montedo O.R.K (2017), Waste-containing clinkers: Valorization of alternative mineral sources from pulp and paper mills, *Process Safety and Environmental Protection* 109 (2017) 106–116, Elsevier B.V., ISSN: 0957-5820, pag.106

Vaccari V., Cordoni C. (1996), Il compost di qualità: le potenzialità come ammendante ecocompatibile, *Atti del XVII Congresso Nazionale di Merceologia “Merci e cicli produttivi nel settore agroindustriale alle soglie del 21° secolo”*, Lecce 3-5/10/1996, 860-867 Vol.1 - pag. 860

Villani B. (2012), Gli obiettivi di riciclaggio nell’Unione Europea al 2020, *Ecoscienza* numero 1 - Anno 2012, pag. 48 - ISSN 2039-0432

## Sitography

[www.comuni-italiani.it](http://www.comuni-italiani.it) (03/2014)

[www.conai.org](http://www.conai.org) (07/2014)

[www.cial.it](http://www.cial.it) (07/2014)

[www.anfima.it](http://www.anfima.it)