



MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

PROGRAMMA NAZIONALE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI

Rapporto ambientale

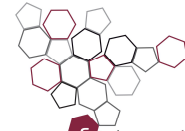
Allegato 3





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

**CONVENZIONE EX ART. 206 BIS
DECRETO LEGISLATIVO 3 APRILE 2006, N. 152**

***Analisi dei flussi dei rifiuti urbani come supporto dell'elaborazione
della pianificazione nazionale della gestione dei rifiuti urbani e base
per il Life Cycle Assessment***

POD 2020-2021

GRUPPO DI LAVORO

VALERIA FRITTELLONI, IRMA LUPICA, ANDREA MASSIMILIANO LANZ; ANGELO FEDERICO SANTINI; MARINA
VIOZZI

CONSULENZA SCIENTIFICA: SIMONETTA TUNESI



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

1. QUADRO DI RIFERIMENTO E OBIETTIVI DELL'ANALISI LCA

Nell'ambito delle attività effettuate a supporto dell'elaborazione del Programma Nazionale di Gestione Rifiuti, il Ministero per la Transizione Ecologica ha indicato a ISPRA **otto Regioni - Lazio, Campania, Calabria, Sicilia, Veneto, Lombardia, Emilia Romagna, Piemonte - per le quali sviluppare un'analisi LCA.**

Quest'ultima deve necessariamente essere connessa con una preliminare analisi dei flussi, condotta in maniera dettagliata. L'insieme dell'Analisi dei Flussi e lo studio LCA forniscono i CRITERI METODOLOGICI di valutazione a supporto della formulazione della programmazione a scala nazionale poiché illustrano come:

- DESCRIVERE I DIVERSI SISTEMI DI GESTIONE RIFIUTI IN ESSERE A SCALA REGIONALE NELLA LORO COMPLETEZZA: l'analisi dei flussi evidenzia la rilevanza dell'organizzazione della raccolta, gli impianti attivi e mostra le connessioni tra tutti gli elementi operanti in un sistema di gestione
- CONFRONTARE, per selezionate categorie, I POTENZIALI IMPATTI AMBIENTALI DELLE REGIONI: il confronto è possibile perché ogni sistema di gestione rifiuti regionale, nonostante le significative differenze nelle scelte strategiche, è descritto con la medesima metodologia di analisi, in cui tutti i rifiuti sono seguiti fino al trattamento o smaltimento finale.

Quando adottato a scala regionale, il metodo prevede per una regione la formulazione di SCENARI ALTERNATIVI che formulino ipotesi per l'evoluzione del sistema e il loro confronto.

- FORMULARE VALUTAZIONI SULL'EFFICACIA DEI PRINCIPALI ELEMENTI STRATEGICI nel ridurre gli impatti ambientali associati alla gestione rifiuti.

L'analisi LCA effettuata ha previsto:

1. UN'ADEGUATA DESCRIZIONE, per ogni contesto territoriale considerato, dei FLUSSI (TONNELLATE/ANNO) DEI RIFIUTI URBANI, evidenziando le singole operazioni gestionali e la struttura impiantistica esistente, al massimo dettaglio possibile in coerenza con la base-dati disponibile a scala nazionale nel Catasto Nazionale Rifiuti ISPRA e con l'analisi di dettaglio dei MUD;
2. descrivere il flusso regionale in base a cui CONDURRE L'LCA DI OGNI REGIONE. Per ogni sistema di gestione considerato, l'analisi di dettaglio dei risultati dell'LCA ha permesso di evidenziare gli elementi distintivi - la STRATEGIA DI GESTIONE complessiva e gli IMPIANTI attivi sulla base dei sottoservizi considerati (si veda paragrafo 2.1) - e di evidenziare il contributo di ogni elemento al valore dell'impatto ambientale totale;
3. CONFRONTARE gli impatti ambientali delle regioni e mettere i risultati dello studio LCA in CORRELAZIONE CON RILEVANTI INDICATORI GESTIONALI.
4. individuare, sulla base dei rilevanti indicatori gestionali, gli ELEMENTI CHE MIGLIORANO IL RENDIMENTO AMBIENTALE di un sistema di gestione e che potrebbero essere adottati, nella pianificazione regionale, per formulare SCENARI ALTERNATIVI di miglioramento ambientale della



gestione attuale. È importante evidenziare che la formulazione di scenari alternativi può essere condotta solo su base regionale, utilizzando le informazioni che possono risultare disponibili solo attraverso un'analisi di dettaglio del sistema gestionale considerato.

2. METODOLOGIA ADOTTATA PER LA DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI GESTIONE

La valutazione dell'efficacia ambientale dei diversi sistemi di gestione rifiuti operanti a scala regionale si basa sulla ricostruzione dei flussi dei rifiuti per ogni singolo sistema; infatti, i flussi (tonnellate/anno) sono espressione delle scelte gestionali, logistiche e impiantistiche adottate dal pianificatore regionale.

Come nota metodologica si sottolinea che, a qualunque scala si posizioni l'osservazione e la valutazione tecnico-scientifica di una realtà gestionale, è necessario verificare se vi sia la disponibilità dei dati necessari a DESCRIVERE ADEGUATAMENTE IL SISTEMA¹.

Se non si dispone di dati sufficienti a ricostruire in modo completo e dettagliato i flussi dei rifiuti non è possibile impostare la quantificazione di impatti/rendimenti ambientali mediante LCA.

L'LCa è infatti uno strumento successivo all'applicazione dell'Analisi dei Flussi dei rifiuti.

Inoltre, senza un'adeguata base dati non è possibile formulare scenari potenziali di evoluzione di un sistema regionale.

2.1. L'ANALISI DEI FLUSSI DI UN INTERO SISTEMA DI GESTIONE E I TRE SOTTO-SERVIZI

L'ANALISI DEI FLUSSI DEI RIFIUTI DI UN INTERO SISTEMA DI GESTIONE richiede la descrizione completa e dettagliata dei flussi dei rifiuti avviati alle diverse fasi gestionali: questa ricostruzione è resa possibile (a qualunque scala si voglia posizionare l'analisi, da locale a nazionale) unicamente mediante la raccolta ed elaborazione di una elevata mole di dati.

Il DIAGRAMMA DEI FLUSSI, ottenuto mediante la dettagliata quantificazione (t/a), restituisce un'efficace e comprensiva visualizzazione di un sistema di gestione.

La Figura 2.1 mostra, con un esempio generico, in che modo l'Analisi dei Flussi restituisce la visualizzazione della gestione rifiuti².

Il diagramma dei flussi permette anche di visualizzare il sistema di gestione come un insieme che

1 Il metodo dell'AdF sviluppato è descritto in S. Tunesi "Conservare il valore - L'industria del recupero e il futuro della comunità", pag. 380; Luiss University Press; la possibilità di utilizzare l'AdF per la valutazione di scenari e il calcolo del costo degli investimenti è trattata in S. Tunesi, J. Gorelick. 2018. "Solutions design for Solid Waste Management - A Guidebook to an effective method for low and middle-income Countries and Cities". Pag. 260. Create Space.

2 La figura è stata disegnata utilizzando il software WRATE, realizzato dall'Agenzia per la Protezione Ambientale dell'Inghilterra e Galles. <http://www.wrate.co.uk/>



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



comincia con le quantità e la composizione merceologica dei rifiuti generati nel territorio considerato e termina con i trattamenti finali o lo smaltimento; la quantificazione (t/a) include tutti i rifiuti in uscita da pre-trattamento e gli scarti generati dagli impianti intermedi.

Per rafforzare questo strumento di analisi ed evidenziare la possibilità di adottare diverse soluzioni nel trattamento dei rifiuti differenziati e indifferenziati, il diagramma organizza le quantità in *tre flussi principali* -che possono essere visti come i *sotto-servizi che chi fornisce il servizio deve garantire*.

Sulla base della tipologia di recupero a cui sono avviati i rifiuti il diagramma si Figura 2.1 distingue³:

- il flusso dei *rifiuti Indifferenziati* (linea tratteggiata rossa) visualizzato nella porzione superiore
 - il flusso delle *frazioni secche raccolte separatamente* con raccolta differenziata e avviate agli impianti di selezione e preparazione per avvio a recupero di materia visualizzato nella parte centrale (linea tratteggiata gialla)
 - i flussi dei rifiuti *organici raccolti in maniera differenziata* (linea tratteggiata verde), visualizzati nella porzione inferiore del diagramma.
- Questa organizzazione dei flussi evidenzia come la modifica DALL'ORGANIZZAZIONE DELLA RACCOLTA RIFIUTI, in particolare la percentuale di RD raggiunta e la capacità di intercettare le frazioni organiche, influisca su tutto il sistema perché determina i flussi dei tre sotto-servizi.

L'Analisi dei Flussi e la suddivisione del sistema in tre sotto-servizi:

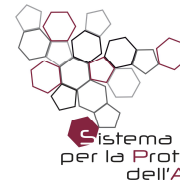
- evidenzia i **principali elementi fisici** che compongono un sistema di gestione:
 - quantità dei rifiuti e composizione merceologica
 - sistema di raccolta
 - mezzi di trasporto
 - impianti di trattamento intermedio e finale
 - quantità di rifiuti in uscita dagli impianti intermedi avviati a successivi trattamenti
 - quantità degli scarti derivanti da ogni singolo impianto e loro destinazione
- evidenzia le **connessioni** tra l'organizzazione della raccolta rifiuti e le possibilità di trattamento ai fini del recupero di materia ed energia e permette di **tracciare** i rifiuti dalla generazione fino agli impianti di trattamento o smaltimento finale;

³Questo metodo è stato applicato in S. Tunesi, S. Baroni, S. Boarini. 2016. "Waste flow analysis and LCA of integrated waste management systems as planning tools: application to optimize the system of the City of Bologna". Waste Manag. & Research, 34, 9, 947-95 for the special issue for the IWSA 2016 Congress; S. Tunesi, 2011. "LCA of local strategies for the recovery of energy from waste in England, applied to a large municipal flow". Waste Management, 31, 3, 561-571; S. Tunesi, 2012. "Ottimizzare la gestione rifiuti con l'LCA di un sistema integrato. Parte II: Analisi di sensitività". Rifiuti Solidi XXVI, 5; S. Tunesi, 2012 "Ottimizzare la gestione rifiuti con l'LCA di un sistema integrato. Parte I: un caso studio italiano". Rifiuti Solidi. XXVI, 4.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



- facilita la formulazione di **scenari alternativi di evoluzione o modifica** del sistema di gestione perché permette di concentrarsi unicamente sul/i sotto-settore/i che non raggiunge gli obiettivi di pianificazione;
- applicato a scala regionale o nazionale, permette di evidenziare, se rilevante, i flussi di rifiuti provenienti **da Altre Regioni** o avviati ad altre Regioni
- applicato a scala regionale o nazionale, permette di evidenziare, se rilevante, se il trattamento finale dei rifiuti derivanti da pre-trattamento dei rifiuti indifferenziati o degli scarti dai diversi impianti avviene **Fuori Regione e Fuori Italia**.

2.2. IL RENDIMENTO AMBIENTALE DELLA GESTIONE RIFIUTI: L'LCA APPLICATO A SISTEMI DI GESTIONE DESCRITTI INTEGRALMENTE

Al fine di ottenere indicazioni gestionali utili e permettere un confronto corretto tra i potenziali impatti ambientali di scelte gestionali diverse, l'LCA deve essere applicata al sistema completo di gestione rifiuti, in questo caso TRACCIANDO TUTTI I RIFIUTI gestiti in ogni Regione FINO AI TRATTAMENTI FINALI O ALLO SMALTIMENTO A DISCARICA.

La Figura 2.2 sintetizza gli elementi che compongono un sistema integrato di gestione dei rifiuti (linea tratteggiata interna blu) e gli scambi tra questo e il resto della società: questo approccio – che include dentro i confini del sistema analizzato il recupero di materia e di energia e le conseguenti sostituzioni di materie prime e vettori energetici (i cosiddetti *offset*) - è alla base del calcolo degli impatti ambientali mediante LCA.

2.3. CONFINI DEL SISTEMA: IMPATTI DIRETTI ED EVITATI DELLA GESTIONE RIFIUTI

L'applicazione dell'Analisi dei flussi dei rifiuti ad un sistema di gestione completo, permette di quantificare gli scambi tra il sistema di gestione rifiuti e la sfera tecno-economica con cui questo interagisce e quantificando i flussi di:

- risorse ed energia necessari per costruire, far funzionare, mantenere e dismettere le attrezzature e gli impianti che compongono il sistema di gestione;
- emissioni in aria, acqua e suolo e rifiuti derivanti dalle attrezzature e impianti che compongono il sistema;
- materiali ed energia resi disponibili dalla gestione rifiuti per essere recuperati nel sistema sociale e produttivo (mediante sostituzione di materie vergini e fonti energetiche).

Come descritto in 2.7 in questo studio il calcolo degli impatti evitati (*offset*) è stato condotto mediante 'espansione del sistema'⁴ e distingue tra:

⁴ UNEP-SETAC. 2011. "Global guidance principles for life cycle assessment databases—A basis for greener processes and products. Shonan Guidance Principles".



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

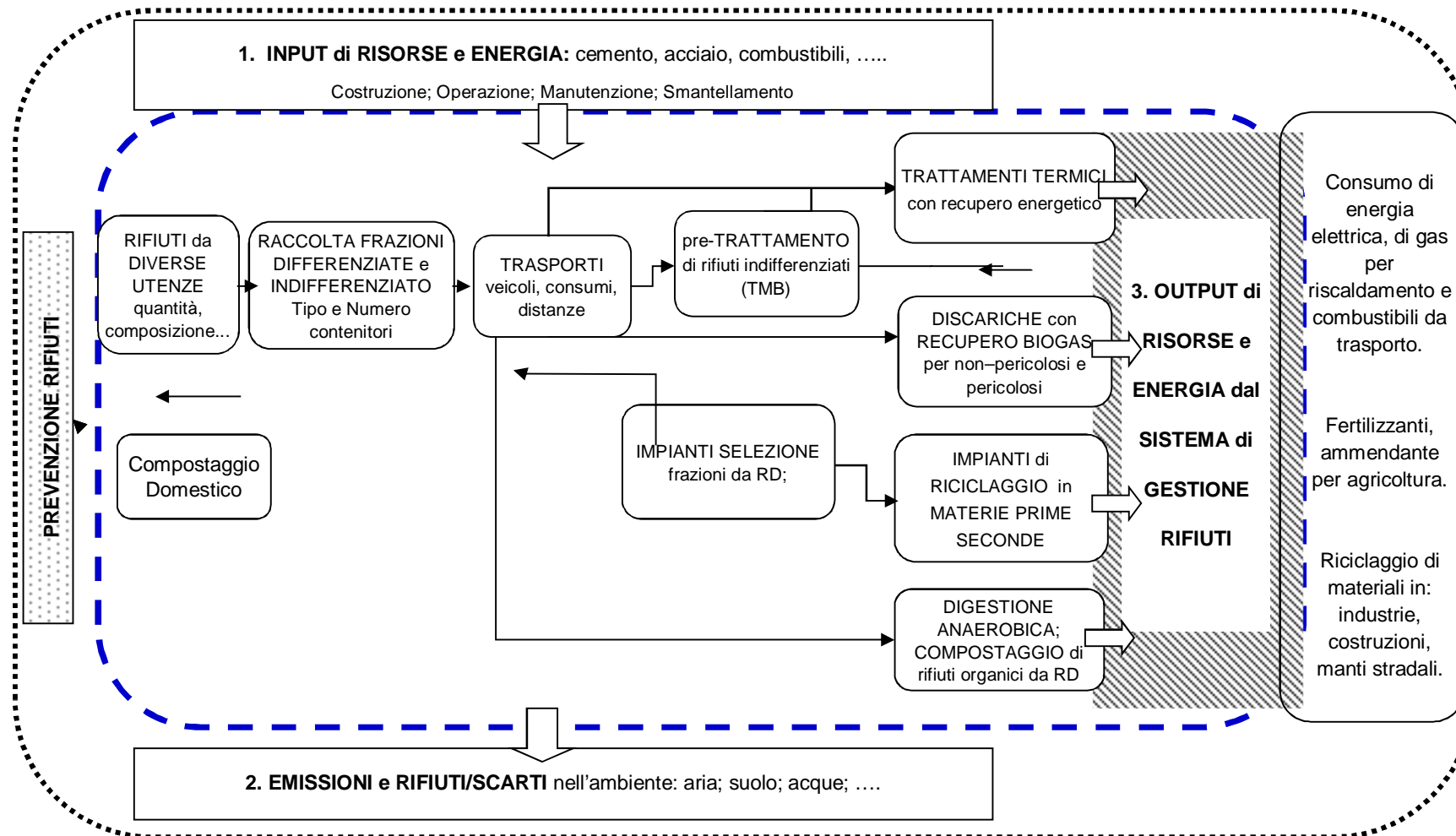


Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

- **Impatti diretti** associati alle attività che si svolgono all'interno dei confini del sistema rifiuti, quali:
 - i rifiuti biodegradabili smaltiti a discarica che emettono elevate quantità di metano;
 - la costruzione e il funzionamento di tutti gli impianti e delle attrezzature usati nella gestione rifiuti, che consumano materiali, energia ed emettono sostanze inquinanti;
 - la raccolta e il trasporto che provocano emissioni in atmosfera dovute ai mezzi di trasporto.

- **Impatti evitati** si hanno quando un elemento/processo della gestione rifiuti fa risparmiare materia ed energia al resto del sistema produttivo e civile (offset):
 - i materiali recuperati dai rifiuti sostituiscono una determinata quantità di materie prime impiegate nei processi produttivi: la sostituzione evita gli impatti associati alle fasi di estrazione, pulizia, trasporto delle materie prime che in genere risultano più elevati dei processi di produzione di materie prime seconde (MPS) da riciclaggio di rifiuti;
 - l'energia recuperata dai rifiuti può sostituire:
 - l'energia prodotta dal mix elettrico italiano (che comprende fonti fossili e rinnovabili)
 - una fonte marginale di energia
 - combustibili da riscaldamento
 - combustibili da trazione.

Figura 2.2 Schema degli elementi che compongono un sistema di gestione integrata dei rifiuti e degli scambi con fornitori e utilizzatori esterni
(adattata da Gentil E. C. et al., Models for waste LCA: Review of technical assumptions, in "Waste Management", 30, 2010, 2636-2648.)





Queste sostituzioni diminuiscono alcuni impatti associati al consumo di combustibili fossili poiché si utilizza una fonte di energia (i rifiuti) che ha un'elevata componente considerata rinnovabile dai metodi ufficiali (la frazione organica).

Quindi, per *ogni categoria d'impatto ambientale*, gli impatti di ogni elemento del sistema si combinano nel definire l'impatto complessivo secondo la seguente formula:

$$\text{IMPATTO AMBIENTALE COMPLESSIVO} = \\ = \Sigma \text{IMPATTI ASSOCIATI AGLI INPUT (1)} + \Sigma \text{IMPATTI ASSOCIATI AGLI OUTPUT (2)} - \Sigma \text{IMPATTI EVITATI (3)}$$

Per un sistema di gestione rifiuti valutato nel suo insieme, gli impatti ambientali diretti o evitati sono dati dalla somma dei valori positivi (impatti diretti) o negativi (impatti evitati) associati all'utilizzo di ogni attrezzatura e impianto attivi in una specifica realtà territoriale.

Poiché i tre sotto-servizi della gestione evidenziati in Figura 2.1 sono interconnessi, ogni variazione dei flussi in conseguenza di modifiche nell'organizzazione della raccolta o dell'introduzione di nuovi impianti si riflette sull'efficienza ambientale complessiva del sistema. Questa interconnessione che permette di valutare l'effetto che SCENARI ALTERNATIVI avrebbero sui potenziali impatti ambientali del sistema esistente.

I confini definiti per il sistema implicano che il rifiuto arrivi "libero da pesi", cioè che gli impatti ambientali associati alla produzione del bene che è divenuto rifiuto non sono considerati, così come non sono considerate le attività di prevenzione rifiuti.

2.4. FUNZIONE E UNITÀ FUNZIONALE

Per ogni Regione la modellazione è basata sui dati ISPRA relativi al 2019, disponibili sul Catasto nazionale rifiuti⁵. I dati 2019 non risentono delle numerose variabili dovute alla emergenza connessa alla pandemia da COVID- 19 che hanno, invece, caratterizzato la gestione dei rifiuti nel 2020, anno nel quale si è registrata una riduzione della produzione dei rifiuti urbani di oltre un milione di tonnellate rispetto al 2019.

L'UNITÀ FUNZIONALE dello studio è quindi per ogni regione la produzione **totale e la composizione merceologica dei rifiuti urbani gestiti in Regione**.

In uno studio su scala nazionale la composizione merceologica può essere stimata, per singola regione, a partire dai dati della composizione media nazionale e per macroarea geografica (si veda ad esempio, la Tabella 3.1 del Rapporto Rifiuti Urbani ISPRA 2020, definita da ISPRA sulla base della serie storica

⁵La descrizione in termini di LCA delle condizioni operative degli impianti di recupero per i rifiuti ingombranti, i RAEE e le Altre Raccolte (pneumatici, batterie, vernici...) è ancora affetta da elevata incertezza; per questo motivo il recupero di questi rifiuti è stato escluso dalla modellazione.



di analisi merceologiche riferite al periodo 2009-2019 (in tal modo viene adottata una metodologia omogenea per tutte le regioni).

Poiché le Analisi dei Flussi e l'LCA di ogni regione sono basate su una diversa UNITÀ FUNZIONALE, i risultati non possono essere direttamente confrontati.

Il confronto tra Regioni degli impatti ambientali può essere quindi condotto normalizzando, per ogni categoria d'impatto, il valore numerico dell'impatto per tonnellata di rifiuti gestiti (come da Unità Funzionale):

- ▶ per la categoria di impatto Riscaldamento Globale Potenziale l'unità di misura utilizzata per il confronto è *tonnellate di CO₂-eq emesse per anno per tonnellata di rifiuto urbano gestito*
- ▶ per la categoria Esaurimento Risorse Fossili l'unità di misura utilizzata per il confronto è *GJ per anno per tonnellata di rifiuto urbano gestito*.

2.5. SELEZIONE DELLE CATEGORIE DI IMPATTO AMBIENTALE E DEI METODI DI VALUTAZIONE

I risultati di un LCA sono espressi in termini di *impatti ambientali quantificati con UNITÀ DI MISURA* standardizzate da metodi ufficiali: ed esempio il contributo al *riscaldamento globale potenziale* è espresso in *kg di anidride carbonica equivalente* emessi o evitati dal sistema analizzato.

Tra le principali categorie di impatto individuate dalle norme internazionali (UNI EN ISO 14044:2018) e dal documento PEFCR Guidance-2017 due categorie ampiamente utilizzate negli studi nazionali e internazionali dei sistemi di gestione rifiuti sono:

- ✓ **RISCALDAMENTO GLOBALE POTENZIALE:** quantifica le emissioni dirette o evitate di anidride carbonica equivalente. Il valore di riferimento GWP100 valuta i potenziali effetti a 100 anni dall'emissione nell'atmosfera di gas serra, questo è il valore più frequentemente utilizzato negli studi LCA.
- ✓ **ESAURIMENTO RISORSE FOSSILI:** quantifica il consumo/risparmio di energia per l'estrazione e uso delle fonti fossili, quali carbone, petrolio, gas naturale.

La scelta di queste categorie è motivata, oltre che dalla rilevanza per il settore gestione rifiuti, dal fatto che hanno effetto a scala globale, e non sono legate nel manifestare i loro impatti alle caratteristiche ambientali e territoriali della scala locale.

Infatti la metodologia LCA, risalendo fino alla fase di estrazione dei materiali, quantifica gli impatti ambientali indipendentemente dal luogo in cui consumi ed emissioni sono avvenuti e il calcolo non è dipendente dalle caratteristiche ambientali locali. Altre categorie d'impatto, quali il potenziale di eutrofizzazione, la tossicità acquatica e la tossicità umana⁶, esprimono impatti che dipendono fortemente dalle caratteristiche dell'ambiente locale. Si ritiene che la modellazione fornita dai software per LCA attualmente in commercio sia gravata, per impatti a scala ridotta, da una incertezza eccessiva

⁶Le categorie relative agli impatti per tossicità sono state escluse temporaneamente dal documento PEFCR Guidance v6.3 2017 in attesa della finalizzazione da parte dell'Agenzia ECHA dei Fattori di Caratterizzazione.



dovuta all'impossibilità di modelli generici di rappresentare le condizioni geologiche, idrogeologiche, meteorologiche e territoriali locali; questa limitazione ha portato alla scelta di non includere categorie di impatto condizionate dalle caratteristiche locali.

In Tabella 2.5 sono riportate le categorie d'impatto considerate, l'abbreviazione e le unità di misura.

CATEGORIA D'IMPATTO	UNITÀ DI MISURA	METODO DI VALUTAZIONE
Riscaldamento globale potenziale	kg CO ₂ eq. (anidride carbonica equivalente)* * massa di tutti i gas serra emessi da un'attività antropica: la massa di ogni gas è convertita in massa di CO ₂ moltiplicandola per specifici fattori di conversione.	EF 3.0 2019
Esaurimento risorse fossili	MJ *le diverse risorse sono rese equivalenti mediante trasformazione in un unità comune (MJ/kg o MJ/Nm ³); anche l'uranio è incluso	

L'ultima colonna della Tabella 2.5 riporta il metodo di valutazione utilizzato per la caratterizzazione e il calcolo degli impatti ambientali. La metodologia LCA, dopo che sono stati individuati gli input e gli output dai diversi processi (in termini di materiali, energia, emissioni e rifiuti) che costituiscono il Life Cycle Inventory, converte ognuno di questi valori in un'unità di misura comune e li somma per fornire il risultato complessivo relativo a ogni specifica categoria di impatto (Life Cycle Impact Assessment). Per compiere questa trasformazione si utilizzano metodi riconosciuti dalla comunità scientifica internazionale, che forniscono per ogni sostanza e combustibile un fattore di conversione all'unità di misura di riferimento.

2.5.1 ANIDRIDE CARBONICA (CO₂) BIOGENICA

Le emissioni associate alle frazioni organiche possono essere significative perché la loro biodegradazione in discarica, in assenza di ossigeno, provoca elevate emissioni di metano, un potente gas serra, sul quale si sta concentrando l'attenzione dei legislatori europei.

ATTENZIONE: le emissioni di anidride carbonica associate ai rifiuti di origine organica sono classificate diversamente dalle emissioni generate dalla combustione di composti di origine fossile.

Infatti l'IPPC ha stabilito che nel calcolo delle emissioni di CO₂eq. le molecole di anidride carbonica (CO₂) che derivano, per combustione o degradazione, da sostanze organiche naturali (definite *biogeniche*, per distinguerle dalle sostanze organiche di sintesi) non siano computate nella somma delle emissioni.

Questa convenzione deriva dall'assumere che ogni molecola di CO₂ emessa sostituisca in atmosfera una molecola che era stata assorbita dal vegetale durante la sua crescita: in questo modo l'energia ottenuta dai rifiuti biogenici, che va a sostituire energia elettrica prodotta in prevalenza da fonti fossili le cui emissioni sono invece computate, viene computata come contributo alla riduzione delle emissioni.

2.6. SOFTWARE UTILIZZATO

WRATE (Waste and Resources Assessment Tool for the Environment) è un software per LCA sviluppato dalla Environment Agency for England and Wales per comparare i potenziali impatti ambientali di diversi sistemi di gestione rifiuti. Altri strumenti LCA sono disponibili commercialmente ma WRATE presenta il più ampio numero di impianti dedicati al trattamento dei rifiuti. Il data-base comprende dati su impianti raccolti dalla Environment Agency's Waste Technologies Data Centre (WTDC) per più di 40 processi.

WRATE ha la particolarità di permettere la VISUALIZZAZIONE dell'ANALISI DEI FLUSSI del sistema di gestione modellato. Questo facilita sia la valutazione dell'organizzazione dei sistemi analizzati sia la presentazione delle scelte a decisori politici, amministratori e a un pubblico non esperto.

WRATE facilita l'identificazione degli impatti diretti ed evitati associati alle SINGOLE FASI DELLA GESTIONE, distinguendo tra:

- ▶ *raccolta* dei rifiuti, include: contenitori per la raccolta
- ▶ *trasporto a prima destinazione* e trasporto agli *impianti successivi*, include: mezzi di trasporto
- ▶ *logistica intermedia*, include: Stazioni di Trasferenza; impianti di separazione delle frazioni secche differenziate; Centri di Raccolta; impianti di preparazione al riciclaggio (es. frantumazione vetro, frantumazione metalli)
- ▶ *riciclaggio*, include gli impianti di riciclaggio (in cui si evidenzia la sostituzione delle materie prime – "offset")
- ▶ *trattamento e recupero energetico*, include gli impianti di: compostaggio; digestione anaerobica; trattamento termico; cementifici per recupero di Combustibile Solido Secondario (CSS); pre-trattamento meccanico-biologico
- ▶ smaltimento a *discarica*, comprende il recupero energetico da biogas.

La versione utilizzata in questo studio è WRATE (v4.0.1.0), rilasciata nel marzo 2017 (più recente).

La banca dati utilizzata da WRATE è Ecoinventv.2.1 (2009).

I fattori di caratterizzazione necessari a convertire i dati dell'Inventario Ambientale in impatti ambientali sono stati aggiornati utilizzando la pubblicazione "EF method 3.0 (2019) EnvironmentalFootprint, Fazio, S. Castellani, V. Sala, S., Schau, EM. Secchi, M. Zampori, L., Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, EUR 28888 EN, European Commission, Ispra, 2018, ISBN 978-92-79-76742-5, doi: 10.2760/671368, JRC109369".



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

2.7. PROCEDURE DI ALLOCAZIONE

In accordo con quanto mostrato in figura 2.2, le procedure di allocazione seguono le procedure raccomandate per il calcolo degli impatti evitati (offset) con il metodo dell'espansione dei confini del sistema^{7 8}, così come definite nella norma ISO 14044 (§ 6).

In conseguenza del recupero di energia e calore dai rifiuti, l'energia generata dai rifiuti sostituisce il mix elettrico italiano per l'anno 2019 (si veda sezione 4.1).

Le quantità di materiali recuperate dai rifiuti sostituiscono l'uso di materiali vergine, generando quindi potenziali impatti ambientali evitati; i fattori di offset utilizzati per il calcolo degli impatti evitati dalla sostituzione di materie prime MPS da ogni frazione di rifiuti sono elencati in Allegato B.

2.7.1 ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Incorporando una osservazione della Commissione Tecnica VIA e VAS (parere n. 30 del 14/01/2022) in merito all'espressione dei risultati di uno studio LCA condotto a scala regionale si accoglie l'indicazione che l'espressione dei risultati mediante l'inclusione degli impatti evitati dal recupero di materia ed energia nella gestione dovrebbe essere accompagnata anche dai risultati riportanti i valori assoluti, quantificati prima della sottrazione.

2.7.2 REVISIONE CRITICA

Si specifica che questo studio svolto unicamente per:

1. illustrare la metodologia proposta per la pianificazione regionale: la formulazione di un diagramma dei flussi realizzato, mediante Analisi dei Flussi, che diviene la base per condurre l'LCA di un sistema integrato di gestione rifiuti; e
2. per derivare criteri gestionali generali da fornire a supporto dell'elaborazione del Programma Nazionale di Gestione Rifiuti all'esito di un'analisi tecnico-scientifica non è stato sottoposto a Revisione Critica.

Si consiglia che, nel caso di adozione di questa metodologia a supporto della formulazione dei Piani Regionali di Gestione Rifiuti e della valutazione di Scenari Alternativi di Sviluppo, lo studio LCA sia sottoposto a revisione critica, anche al fine di permetterne la presentazione ad un pubblico esterno in accordo con lo standard ISO 14044 (§ 6).

⁷ Schaubroeck, T. et al. 2021. "Attributional & Consequential Life Cycle Assessment: Definitions Conceptual Characteristics and Modelling Restrictions". Sustainability, 13, 7386. <https://doi.org/10.3390/su13137386>

⁸ Schrijvers, D. "Evaluation Environnementale Des Options de Recyclage Selon La Méthodologie D'analyse de Cycle de Vie: Établissement D'une Approche Cohérente Appliquée Aux Études de Cas de l'industrie Chimique". Ph.D. Thesis, Université de Bordeaux, Bordeaux, France, 2017.

3. NECESSITÀ DI UNA ESTESA BASE-DATI

L'Analisi dei Flussi e l'LCA di un sistema integrato di gestione rifiuti richiedono di selezionare, misurare o stimare, e organizzare un elevato numero di dati: ogni *elemento* che compone il diagramma dei flussi deve essere descritto in termini degli associati *input* e *output* di materia, energia, rifiuti ed emissioni (Figura 2.2).

3.1 QUALITÀ DEI DATI: DATI PRIMARI E DATI SECONDARI

Nella quantificazione dei diagrammi dei flussi che descrivono i diversi sistemi di gestione su scala regionale sono utilizzati dati primari e dati secondari.

I **DATI PRIMARI** sono ottenuti da misurazioni dirette o sono noti dalla pratica operativa, quali, ad esempio:

- quantità totale di rifiuti prodotti e gestiti per Regione
- quantità di rifiuti organici in arrivo da altre Regioni
- quantità totale di rifiuti raccolti con modalità indifferenziata
- quantità delle singole frazioni di rifiuto da raccolta differenziata
- quantità di scarti in uscita dagli impianti di compostaggio e digestione anaerobica
- numero degli impianti per tipologia di trattamento.

I **DATI SECONDARI** sono reperiti da documenti ufficiali, fonti di letteratura e/o banche dati di settore o sono assunti sulla base di stime esperte.

In questo studio *dati secondari* comprendono:

- la composizione dei rifiuti urbani: che è stata stimata a partire dalla composizione merceologica media nazionale desunta dalla banca dati delle analisi merceologiche detenuta da ISPRA e riferita al periodo 2009-2019 per garantire la possibilità di confronto tra le Regioni
- il numero e le caratteristiche dei contenitori utilizzati per le singole tipologie di raccolta: assunti in modo da ridurre le differenze e far sì che l'impatto della raccolta non influisca significativamente nel confronto tra le regioni
- le principali caratteristiche dei mezzi di trasporto impiegati per la raccolta dei rifiuti
- le distanze percorse dai mezzi di trasporto utilizzati per ogni singola frazione in fase di raccolta, trasporto alla prima destinazione e alle destinazioni finali: assunte in maniera omogenea, in base a valutazioni esperte, per migliorare la confrontabilità
- le distanze percorse dai mezzi per il trasporto Fuori Regione (FR) e Fuori Italia (FI): stimati mediante Google Maps sulla base della localizzazione dell'impianto presente nelle banche

dati ISPRA e della verifica mediante analisi di dettaglio della banca dati MUD della destinazione dei rifiuti (moduli RT-DR);

- la tipologia e le emissioni degli automezzi: banca dati di ISPRA dati riferiti al 2019 (<https://fetransp.isprambiente.it/#/>);
- la tipologia e il consumo degli impianti di 1° selezione delle frazioni secche da RD: nella modellazione si è inserito per ogni regione un unico impianto (per carta e plastica) per cui si è assunto un valore di capacità di trattamento sufficiente a trattare tutti i quantitativi
- gli scarti degli impianti di 1° selezione delle frazioni secche da RD: valori medi mantenuti uguali per tutte le Regioni assunti da dati di funzionamento per impianti benchmark operanti a scala nazionale
- i flussi in uscita dagli impianti di 2° selezione delle plastiche: derivati da studi a scala nazionale
- la tipologia e i consumi degli impianti di frantumazione per vetro, ferrosi, non-ferrosi, legno e i relativi scarti, assunti da dati di funzionamento per impianti benchmark operanti a scala nazionale
- i consumi degli impianti di pre-trattamento (TMB) dei rifiuti indifferenziati
- il bilancio energetico degli impianti di trattamento termico (incenerimento) dei rifiuti indifferenziati, dei rifiuti da pre-trattamento (TMB e TM) e degli scarti dalle operazioni di preparazione al recupero di materia
- il rapporto di sostituzione del carbone con il CSS: assunto di 700 kg di carbone per 1.000 kg di CSS da letteratura tecnica⁹
- il funzionamento dei cementifici all'estero in cui il CSS sostituisce rifiuti analoghi: assunto dalla banca-dati WRATE
- i consumi degli impianti di compostaggio: banca dati di WRATE
- i consumi e l'efficienza di recupero energetico degli impianti di digestione anaerobica a secco per gli scarti alimentari, rappresentativi di impianti di benchmark utilizzati in Italia per la conversione a biometano da utilizzare nei trasporti (sostituisce gasolio)
- il rapporto di sostituzione tra carta e plastica separate dai rifiuti e carta e plastica vergine impiegate nella produzione: ottenuti da valori di letteratura ¹⁰;
- i valori di offset dei processi di recupero di: plastica, metalli, vetro, scorie da trattamento termico: per cui si sono utilizzati i processi forniti da WRATE (Allegato B)

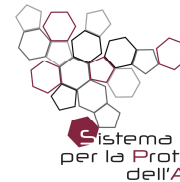
⁹Beckmann, M.; Horeni, M.: Substitution of Fuels and Raw Materials by Waste in High Temperature Processes. In: Wandrasz, J. W.; Piloni, K.: Paliwa z Odpadów - Band 4. Verlag HELION, 2003. ISBN 83-7361-431-1.

¹⁰L. Rigamonti et al. " Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems". Int J Life Cycle Assess (2009) 14:411–419.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

- le modalità di costruzione e gestione delle discariche. Il valore di intercettazione del biogas da corpo della discarica: (ad esempio, 80% come da dati per impianti di benchmark)

QUALITÀ DEI DATI: VALUTAZIONE

La Tabella 3.1 sintetizza la tipologia dei dati utilizzati e valuta la qualità di ogni classe di dati; il punteggio da 1 a 5 dove 1 è qualità massima e 5 qualità minima¹¹(in accordo con la metodologia indicata in 'PEFCR Guidance document' – Allegato D).

¹¹Allegato D: Table 38 of European Commission. "PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, December 2017"



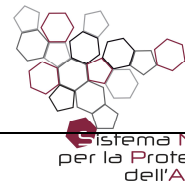
TABELLA 3.1 TIPOLOGIA DEI DATI UTILIZZATI	PRIMARI	SECONDARI	COMMENTI SULLA QUALITÀ DEI DATI	PRECISIONE ¹²	RAPPRESEN. TECNICA	RAPPRESEN. GEOGRAFICA	RAPPRESEN. TEMPORALE
QUANTITÀ di rifiuti urbani indifferenziati e differenziati	ISPRA			2	1	1	1
COMPOSIZIONE merceologica dei rifiuti solidi urbani e assimilati generati		ISPRA Si sottolinea che per garantire l'omogeneità del metodo adottato per tutte le regioni si è fatto riferimento alla stessa base dati (sezione 4.2)	Le assunzioni effettuate si riflettono su tutta la modellazione: sui flussi (t/a) e sul calcolo degli impatti ambientali.	3	1	3	3
Numero e caratteristiche costruttive dei CONTENITORI per la raccolta *		Assunti simili per tutte le regioni (Allegato A)	La modellazione è affetta da elevata incertezza ma, dato il ridotto contributo agli impatti di questi elementi, questi dati non incidono significativamente sui risultati	4	4	4	4
TIPOLOGIA dei principali MEZZI DI TRASPORTO impiegati per la raccolta e i trasporti successivi		Le tipologie dei mezzi sono assunte uguali per tutte le regioni (veicoli da WRATE)	La modellazione è affetta da incertezza	3	2	4	3
PERCORRENZE per raccolta e raggiungere gli impianti di 1° destinazione		Valore di percorrenza assunto e uguale per tutte le regioni	La modellazione è affetta da elevata incertezza	4	4	4	4
PERCORRENZE degli autoarticolati per il trasporto dei rifiuti dopo il 1° conferimento		Le distanze percorse sono assunte uguali per tutte le regioni (sezione 4.5.2)	La modellazione è affetta da elevata incertezza	4	4	4	4
PERCORRENZE degli autoarticolati per il trasporto dei rifiuti Fuori Regione e Fuori Italia		Calcolate da Google Map sulla base dei dati da banca dati MUD forniti da ISPRA	La modellazione è affetta da incertezza	2	2	3	2
EMISSIONI dei principali MEZZI DI TRASPORTO impiegati per la raccolta	Da banca-dati ISPRA https://fetransp.isprambiente.it/#/			1	2	3	1
Quantità di RIFIUTI DA RD AVVIATI agli impianti	ISPRA			1	1	1	1
Quantità di RIFIUTI INDIFFERENZIATI AVVIATI agli impianti	ISPRA			2	1	1	1
Scarti % di processo e consumi impianto di 1° PULIZIA E SELEZIONE delle frazioni da RD		Assunti da studi di benchmark	La modellazione è affetta da incertezza	2	2	3	3
Destinazione scarti da RD		Assunte (indicate in sezione 4.5.2)	La modellazione è affetta da elevata incertezza	4	4	4	4
Consumi impianti di PRE-TRATTAMENTO dei rifiuti indifferenziati (cosiddetti TM e TMB)		Assunti da studi di benchmark	La modellazione è affetta da elevata incertezza e questi parametri hanno particolare rilevanza per la modellazione e il calcolo dei risultati	4	1	4	1
Flussi di rifiuti in USCITA DAL PRE-TRATTAMENTO	ISPRA da MUD		Questi valori hanno grande rilevanza per la modellazione e i risultati	1	1	1	1
Consumi impianti COMPOSTAGGIO rifiuti organici		Assunti da banca dati software		2	2	2	2
Consumi e efficienza di recupero energetico impianti DIGESTIONE ANAEROBICA a secco per i rifiuti organici		Assunti da studi di benchmark		1	2	2	1
Funzionamento ed emissioni cementifici		Assunti da banca dati software		4	4	4	4
Efficienza di recupero energetico impianti di TRATTAMENTO TERMICO		Ricavati da studio UTILITALIA - ISPRA 2019 "Rapporto sul recupero energetico da rifiuti in Italia" (dati relativi al 2017). Per l'impianto di Gioia Tauro i dati sono da Relazione Ambientale 2020.	Questi valori hanno grande rilevanza per la modellazione e i risultati.	1	1	1	2
EFFICIENZA % CAPTAZIONE BIOGAS dalle discariche di rifiuti non pericolosi		Assunti da benchmark	Le assunzioni effettuate si riflettono su tutta la modellazione e sul valore degli impatti. Su questo parametro si è condotta un'analisi di sensitività.	2	3	4	4

¹²In Allegato D si riproduce la Tabella 38 del documento "PEFCR Guidance" che esplicita i criteri utilizzati nell'assegnazione del punteggio.



ISPRA

Istituto Superiore per lo Studio e la Ricerca Ambientale



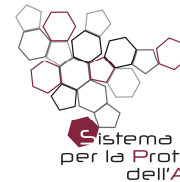
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Valori medi di OFFSET per le frazioni secche per categoria EMISSIONI DI CO ₂ -EQ		Assunti da dati di banca-dati – valori intermedi da dati di letteratura scientifica	Le assunzioni hanno valore determinante sui potenziali impatti ambientali di un sistema di gestione.	4	3	4	4
---	--	---	--	---	---	---	---



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

4. ELEMENTI CARATTERIZZANTI LA DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI GESTIONE

Prima di sintetizzare le valutazioni relative a come diverse tipologie impiantistiche e strategie gestionali contribuiscono al rendimento ambientale di un sistema di gestione rifiuti, si specifica in che modo la metodologia di analisi dei tre sotto-servizi che compongono un sistema di gestione integrato ha individuato gli elementi gestionali caratterizzanti e gli aspetti che potrebbero essere approfonditi a scala regionale.

4.1 ORGANIZZAZIONE DELLA RACCOLTA RIFIUTI

L'organizzazione della raccolta rifiuti, con un'analisi su macro scala, può essere descritta solo in modo non specifico, al fine di ridurre le differenze tra sistemi regionali.

Non è infatti possibile a questa scala ricavare indicazioni utili sulle diverse modalità di organizzazione della raccolta rifiuti, che sono messe in atto sulla base di scelte individuate a scala comunale, per rispondere a condizioni urbane e territoriali specifiche.

4.2 SOTTO-SERVIZIO RECUPERO DI MATERIA DALLE FRAZIONI SECCHIE

Questo sotto-servizio presenta una notevole articolazione organizzativa che ne rende non praticabile la descrizione a scala nazionale. Questa difficoltà è dovuta, da un lato, all'elevata disomogeneità territoriale nel numero di impianti operanti nelle diverse realtà e nella loro capacità, dall'altro dal fatto che questi rifiuti sono spesso avviati fuori regione per riciclaggio, anche nelle realtà caratterizzate da elevata raccolta differenziata.

Le filiere del recupero di materia sono quindi state descritte in modo generale e omogeneo tra tutti i contesti analizzati: gli impianti di prima selezione delle diverse frazioni e gli impianti di seconda selezione delle plastiche sono sempre stati descritti da un unico impianto. Inoltre, le filiere sono sempre state descritte come auto-sufficienti nel territorio regionale, anche in considerazione del fatto che per queste frazioni avviate a recupero non è richiesta l'autosufficienza.

La metodologia di analisi dei flussi fornisce quindi la metodologia per tracciare i rifiuti delle filiere del recupero. Ma solo a scala regionale, a seguito di analisi specifiche, potrà essere analizzata la capacità impiantistica esistente, potranno essere quantificati i flussi da e verso altre regioni e valutata la necessità di sviluppare l'impiantistica dedicata.

4.3 SOTTO-SERVIZIO RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA DELLE FRAZIONI ORGANICHE

Sulla base dei dati ISPRA, è stato possibile descrivere questo sotto-servizio nel dettaglio degli impianti operanti e della loro capacità per ogni regione.

Due sono le strategie che possono essere adottate per il recupero delle frazioni organiche:

- avvio a compostaggio, per il solo recupero di materia (compost)



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



- avvio a digestione anaerobica con recupero di materia (compost – digestato) e di energia, sottoforma di biogas (per recupero di energia elettrica in motori dedicati) o di biometano (per recupero di combustibile da trazione).

La digestione anaerobica è l'unica tecnologia che risulta sempre in una riduzione degli impatti ambientali, perché il recupero di energia e di materia compensa i consumi associati alla conduzione degli impianti.

4.4 SOTTO-SERVIZIO RECUPERO ENERGETICO DA RIFIUTI INDIFFERENZIATI

Dall'analisi di questo sotto-servizio emerge che in Italia (così come in molte esperienze internazionali) sono adottate TRE PRINCIPALI STRATEGIE con cui si affronta la GESTIONE DEI RIFIUTI INDIFFERENZIATI e IN PARTICOLARE IL RECUPERO DI ENERGIA.

Le 3 strategie possono essere riassunte come:

- A. **STRATEGIA A- RECUPERO ENERGETICO DIRETTO:** dopo la raccolta, i rifiuti indifferenziati sono conferiti direttamente a un impianto di trattamento termico con recupero energetico senza essere sottoposti ad alcun trattamento.

Gli impianti di trattamento termico maggiormente diffusi in Italia e a scala internazionale sono inceneritori con forno a griglia; sulla base della tecnologia adottata, dell'anno di costruzione e della localizzazione geografica è possibile il recupero di energia elettrica e di energia termica, distribuita a distretti residenziali o industriali.

In Italia, il recupero energetico avviene con efficienza garantendo alla maggioranza degli impianti il raggiungimento dello standard R113.

- B. **STRATEGIA B - RECUPERO ENERGETICO DOPO PRE-TRATTAMENTO, IN UN IMPIANTO DI TRATTAMENTO TERMICO O CO-INCENERIMENTO CHE GARANTISCE L'USO DI UNA DATA QUANTITÀ:** dopo la raccolta, il rifiuto residuo è avviato a un impianto di pre-trattamento meccanico e biologico e i rifiuti in uscita dal pre-trattamento sono suddivisi in due flussi principali:

- una frazione a minore umidità / sopravaglio da avviare all'impianto di trattamento termico dedicato, che può essere localizzato nello stesso sito impiantistico o anche Fuori Italia nel caso di co-incenerimento. L'impianto di recupero energetico garantisce una capacità di trattamento nota a servizio di quello specifico sistema di gestione.
- una frazione umida / sottovaglio / frazione inerte è avviata a discarica
- una percentuale attorno al 1% è avviata a recupero di materiali ferrosi.

13Gli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani sono classificati come impianti di recupero R1 qualora la loro efficienza energetica sia non inferiore ai valori individuati alla nota 4 dell'allegato C della Parte IV del d.lgs. 152/06.



C. STRATEGIA C - RECUPERO ENERGETICO DOPO PRE-TRATTAMENTO SENZA CHE VI SIA UN IMPIANTO DI TRATTAMENTO TERMICO DEDICATO SU UN ORIZZONTE TEMPORALE A LUNGO TERMINE: in questo caso:

- il gestore affida al mercato nazionale e internazionale la capacità di assorbire ogni anno in impianti di trattamento termico o in co-incenerimento (cementifici e centrali termoelettriche) **LOCALIZZATI AL DI FUORI DEL PROPRIO TERRITORIO** le quantità di frazione secca / sottovaglio, generata nei propri impianti di pre-trattamento,
 - la frazione umida / sottovaglio / frazione inerte è avviata a discarica.
- I potenziali rischi gestionali e ambientali associati alla strategia C, adottata in diverse regioni italiane e che non prevede la realizzazione e conduzione di impianti dedicati di recupero energetico finale localizzati nel proprio territorio, sono dimostrati dal fatto che a scala nazionale la maggioranza dei rifiuti in uscita dal pre-trattamento, anche le frazioni a maggiore potere calorifico che dovrebbero essere avviate a recupero energetico, sono avviate a discarica: lo smaltimento dovrebbe invece, in base ai criteri indicati dalla normativa, essere l'ultimo gradino della gerarchia gestionale rifiuti.

Il rendimento ambientale dei diversi sistemi di gestione analizzati si differenzia nettamente in dipendenza della strategia di recupero energetico adottata per i rifiuti indifferenziati.

4.5 SCARTI DAGLI IMPIANTI DI SELEZIONE DA RD E DA ALTRI TRATTAMENTI

Tutti i diagrammi descritti considerano le necessità di trattamento (recupero energetico o avvio a discarica) dei flussi degli scarti risultanti (in termini di t/a):

- da operazioni di pulizia e selezione delle frazioni secche ottenute da raccolta differenziata
- da preparazione delle frazioni organiche da RD per compostaggio e digestione anaerobica
- dal trattamento termico dei rifiuti indifferenziati (discariche per rifiuti pericolosi per le ceneri leggere; impianti di recupero per aggregati stradali per le scorie pesanti).

Le analisi condotte a scala regionale potranno meglio dettagliare le esigenze di capacità impiantistica necessarie a raggiungere l'auto-sufficienza nel trattare o smaltire gli scarti derivanti dalle precedenti fasi gestionali.

Inoltre, tracciare i flussi degli scarti dagli impianti di selezione da RD e da altri trattamenti costituisce uno degli elementi fondamentali per l'applicazione della nuova metodologia di calcolo degli obiettivi di preparazione per il riutilizzo, di riciclaggio e di recupero previsti dalla normativa europea.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



4.6 FLUSSI AVVIATI FUORI REGIONE PER MANCANZA DI CAPACITÀ DI AUTO-SUFFICIENZA IMPIANTISTICA

L'analisi degli impatti associati al trasporto e alla gestione dei rifiuti Fuori Regione, in particolare delle frazioni organiche e dei rifiuti in uscita da pre-trattamento avviati a ulteriore pre-trattamento, fornisce elementi complementari all'analisi dei singoli sotto-servizi.

L'insieme degli impatti relativi a **TUTTI I FLUSSI** originati in e da una Regione è infatti necessario per formulare scenari alternativi di sviluppo del sistema di gestione che garantiscano la capacità impiantistica necessaria a garantire l'auto-sufficienza territoriale.

4.7 STIMA DELLE EMISSIONI DI GAS CLIMALTERANTI EVITABILI DA UNA GESTIONE RIFIUTI EFFICACE

Nel 2019, in Italia, le emissioni di gas climalteranti pro-capite sono state 7 t CO₂eq, a fronte di un totale, da tutti i settori, di 418 milioni di tonnellate ¹⁴.

Con la consapevolezza dell'incertezza associata ad analisi LCA condotte a scala nazionale, che rende impossibile una modellizzazione puntuale del sistema che sarebbe invece richiesta da questo tipo di analisi, per fornire una stima della riduzione delle emissioni associata al miglioramento ambientale della gestione dei rifiuti, si confrontano di seguito le situazioni a miglior rendimento ambientale con quelle a maggior impatto.

Il confronto delle emissioni associate alla gestione dei contesti territoriali a maggior rendimento ambientale (media pesata = - 0,082 CO₂eq / t rifiuti) con quelli a minor rendimento ambientale (media pesata = + 0,110) è riportato in Tabella 7 che mostra una stima delle emissioni evitabili pro-capite e totali che si potrebbero ottenere con il miglioramento dell'efficienza gestionale:

TABELLA 7	
EMISSIONI DI GAS CLIMALTERANTI EVITABILI ADOTTANDO UNA GESTIONE RIFIUTI EFFICACE	
PER LE REGIONI A MAGGIOR IMPATTO AMBIENTALE	
4 regioni a rendimento maggiore	4 regioni a rendimento minore
CO ₂ eq t / t rifiuti	CO ₂ eq t / t rifiuti
- 0,082	+ 0,110

¹⁴ISPRA "Indicatori di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e del settore elettrico" 343/2021.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Differenza tra i 2 gruppi di 4 regioni CO ₂ eq t / t rifiuti		CO ₂ eq t / anno	abitanti IT equivalenti	% Tot emissioni IT
	- 0,192	-1.595.273 *	227.753 **	- 0,4
<i>Analisi di sensitività</i>	- 0,232	-1.924.052 *	274.865 **	- 0,5

* si sono considerati unicamente i rifiuti gestiti nelle 4 regioni per cui è stato condotta l'LCA (8.295.521 t/2019)
** emissioni pro-capite 7 (t CO₂eq/abitante IT) da ISPRA Rapporto 343/2021

↑ Il contributo che l'aumento dell'efficienza dei diversi sistemi di gestione rifiuti regionali potrebbe offrire a scala nazionale al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione - qualora si considerassero tutti i rifiuti urbani gestiti in Italia - non sarebbe trascurabile (superiore allo 0,4% qualora la quantificazione avvenisse su tutte le regioni italiane).

Quando si consideri la situazione di una maggiore (e probabilmente più realistica) emissione dalle discariche che non sono operate secondo condizioni di benchmark – un'analisi di sensitività è stata condotta assumendo per una singola realtà territoriale una minore capacità di intercettazione del biogas dal corpo discarica (riducendo da 80% a 60%) - la differenza tra il rendimento ambientale delle regioni aumenta significativamente (20%), così come aumenta la riduzione delle emissioni associata all'avvio di strategie di gestione rifiuti più efficienti ed efficaci.

5. PRINCIPALI ELEMENTI GESTIONALI CHE INFLUISCONO SUL RENDIMENTO AMBIENTALE DI UN SISTEMA DI GESTIONE

L'identificazione dei principali elementi organizzativi e impiantistici che generano le differenze tra il rendimento ambientale di diversi sistemi di gestione rifiuti basata su:

1. l'applicazione degli strumenti illustrati nei paragrafi 1,2 e 3;
2. l'analisi e la valutazione dei sistemi di gestione, e i risultati degli impatti ambientali;
3. le correlazioni analizzate per singolo contesto.

↑ In sintesi, si rileva che le realtà associate al **MAGGIOR RENDIMENTO AMBIENTALE**, cioè a **MINORI POTENZIALI IMPATTI**, presentano un sistema di gestione rifiuti caratterizzato dai seguenti elementi:

- organizzazione della raccolta rifiuti che permette di raggiungere **ELEVATE PERCENTUALI DI RACCOLTA DIFFERENZIATA**;
- presenza di una **ESTESA RETE DI IMPIANTI CHE ASSICURANO IL FABBISOGNO IMPIANTISTICO NECESSARIO** per raggiungere l'auto-sufficienza di trattamento (in questo studio, i due sotto-servizi oggetto di modellazione di dettaglio sono la raccolta differenziata e il trattamento delle frazioni organiche e il recupero energetico dai rifiuti indifferenziati);



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

- capacità di **GESTIRE I RIFIUTI (SCARTI)** derivanti dagli impianti di selezione delle frazioni da RD e di preparazione ai trattamenti (scarti)
- operatività di impianti a **TECNOLOGIA SOFISTICATA** quali digestione anaerobica, in particolare con recupero di biometano per trazione, e trattamento termico con elevata efficienza di recupero energetico, anche per recupero in cogenerazione di elettricità e calore;
- presenza di impianti di **DIGESTIONE ANAEROBICA** che, rispetto al compostaggio delle frazioni organiche, permette anche il recupero di energia dalle frazioni organiche da RD;
- adozione di una strategia di **RECUPERO DI ENERGIA DAI RIFIUTI INDIFFERENZIATI** basata in prevalenza sul recupero diretto (strategia A sezione 5.4) con elevata efficienza di recupero energetico; a questa si affianca la possibilità di avviare i rifiuti a **CO-INCENERIMENTO**, in quanto la gestione di impianti di pre-trattamento permette ai gestori di preparare CSS di qualità adeguata (strategia B – sezione 5.4);
- **RIDOTTO SMALTIMENTO A DISCARICA** è reso possibile dall'elevata percentuale di raccolta differenziata raggiunta, seguita dal ridotto ricorso a pre-trattamento dei rifiuti indifferenziati (infatti il pre-trattamento richiede sempre il ricorso allo smaltimento).



Le realtà che mostrano il **MINOR RENDIMENTO AMBIENTALE**, cioè a **MINORI POTENZIALI IMPATTI**, sono caratterizzate dai seguenti elementi:

- la raccolta differenziata si mantiene su percentuali medio-basse;
- si ha insufficiente capacità o assenza di impianti a tecnologia sofisticata, quali digestione anaerobica e trattamento termico con efficace recupero di energia;
- la gestione non garantisce il recupero degli scarti in uscita dagli impianti di selezione e pulizia delle frazioni da raccolta differenziata;
- la gestione si affida prevalentemente o unicamente al pre-trattamento dei rifiuti indifferenziati (strategia B – sezione 5.4), spesso in assenza di impianti dedicati per il recupero energetico (Strategia C – sezione 5.4);
- come conseguenza della mancata auto-sufficienza in impiantistica evoluta, si ha il ricorso massiccio allo smaltimento a discarica anche dei rifiuti pretrattati che potrebbero essere avviati a recupero energetico, con conseguenti elevate emissioni di metano;
- come conseguenza della mancata auto-sufficienza in impiantistica evoluta, si hanno elevati flussi di rifiuti Fuori Regione e Fuori Italia, sia per trattamento delle frazioni organiche da RD sia per essere sottoposti ad un ulteriore pre-trattamento dei rifiuti in uscita da un primo pre-trattamento;
- non si associa il recupero di energia al recupero di materia dalle frazioni organiche da RD;
- notevoli flussi di rifiuti sono avviati Fuori Regione e Fuori Italia e contribuiscono significativamente ad aumentare l'impatto ambientale di sistemi di gestione non-autosufficienti per quanto riguarda l'impiantistica sofisticata.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

6. IMPORTANZA DELL'ANALISI DEI FLUSSI PER LA FORMULAZIONE DI SCENARI ALTERNATIVI E L'APPLICAZIONE DELL'LCA A SCALA REGIONALE

1. La metodologia di Analisi dei Flussi permette di DESCRIVERE IN MODO EFFICACE UN SISTEMA DI GESTIONE RIFIUTI NELLA SUA INTERESSA, questa metodologia quando applicata a scala regionale è di supporto per:

- a) Individuare gli impianti in attività e quantificare la capacità impiantistica esistente disponibile: questo permette di individuare quale dei tre sotto-servizi necessari di interventi organizzativi o impiantistici per raggiungere gli obiettivi stabiliti dalla normativa nazionale e dalla Pianificazione Regionale;
- b) Individuare gli impianti e quantificare la capacità delle diverse tipologie necessaria a garantire l'autosufficienza in prossimità dei trattamenti: la suddivisione nei tre sotto-servizi facilita la FORMULAZIONE DI SCENARI ORGANIZZATIVI E IMPIANTISTICI ALTERNATIVI perché permette di individuare le necessità di capacità di trattamento e di investimento (quando utilizzata come base per l'analisi dei costi efficaci) a servizio dei singoli flussi di rifiuti;
- c) indicare gli 'impianti minimi' necessari alla chiusura del ciclo di gestione come previsto dal Metodo per la Definizione della Tariffe indicato da ARERA.

2. L'applicazione di modifiche all'organizzazione e all'impiantistica per raggiungere gli obiettivi associati agli indicatori gestionali, correlati al rendimento ambientale di un sistema di gestione rifiuti contribuirà, ovviamente, in modo diverso per ogni regione a modificare il valore finale dei potenziali impatti ambientali, in dipendenza delle caratteristiche di ogni specifico sistema di gestione.

Solo la formulazione nella pianificazione regionale di SCENARI ALTERNATIVI con cui progettare l'evoluzione o la modifica del sistema di gestione esistente permetterà di quantificare come l'utilizzo dei diversi indicatori gestionali influirebbe sul rendimento ambientale del sistema.

3. L'utilizzo dell'Analisi dei Flussi a sostegno dell'LCA per la valutazione dell'impatto ambientale di un sistema di gestione esistente RICHIEDE UNA ESTESA BASE DATI.

A scala regionale si renderà necessario disporre di dati aggiornati relativamente ad elementi quali:

- ✓ composizione merceologica
- ✓ numero e tipo di contenitori per la raccolta
- ✓ strutture logistiche: stazioni di trasferimento, Centri di Raccolta
- ✓ veicoli, consumi e distanze percorse sia per il primo conferimento sia per i trasporti successivi
- ✓ impianti esistenti: tipo, numero, capacità, consumi energetici, scarti prodotti
- ✓ impianti utilizzati Fuori Regione e destinazione dei rifiuti risultanti

✓ discariche: capacità di captazione del biogas

4. L'applicazione dell'LCA richiede inoltre di raccogliere e organizzare una ESTESA BASE-DATI SUI DIVERSI IMPIANTI GIÀ OPERANTI O CHE SI INTENDE INSERIRE in un sistema per aumentarne l'efficienza ambientale, tra cui:

- a. tipo di tecnologia adottata
- b. capacità esistente e prevista
- c. consumi energetici
- d. capacità di recupero di vettori energetici
- e. scarti generati.

6.1 IMPORTANZA DELLA BASE-DATI AI FINI DELLA PIANIFICAZIONE REGIONALE

Per aumentare l'efficacia di una modellazione dei sistemi regionali condotta, come in questo studio, a scala nazionale si sottolinea l'importanza di disporre di una estesa e accurata base-data (si veda Parte I Sezione 3). In particolare:

- A. disporre di una composizione merceologica del 'rifiuto urbano originario' aggiornata è uno strumento alla base della pianificazione a scala locale e regionale, perché permette di:
- ✓ calcolare la percentuale di riciclaggio effettivo per le singole frazioni, sulla base delle metodologie definite dall'UE;
 - ✓ stimare le quantità potenzialmente intercettabili per il recupero di materia da ogni singola frazione quando si decida di elevare la percentuale di RD;
 - ✓ valutare il potere calorifico (energia disponibile) dei rifiuti da avviare a recupero energetico.

La conoscenza della composizione merceologica del rifiuto originario richiede la realizzazione di campagne analitiche, da definirsi sulla base di criteri statistici e di rappresentatività territoriale e stagionale, da condurre in accordo con i gestori di raccolta e impianti di 1° conferimento sui rifiuti indifferenziati, almeno nel corso di una intera annualità.

Nelle campagne analitiche, l'analisi della composizione merceologica dei rifiuti indifferenziati è indispensabile per calcolare per un singolo anno la composizione del 'rifiuto urbano originario' – il rifiuto come sarebbe prima di venire differenziato e conferito – mediante il seguente metodo:

1. misurazione delle quantità delle singole frazioni ottenute da raccolta differenziata (t/a)
2. misurazione della quantità totale dei rifiuti indifferenziati (t/a)
3. conduzione di campagne analitiche, statisticamente significative, sui rifiuti indifferenziati per ottenere la composizione percentuale (%)

4. calcolo della quantità delle singole frazioni presenti nei RI (t/a) moltiplicando la composizione percentuale (ottenuta in 3) per la quantità totale dei RI (2)
5. somma di (quantità di ogni singola frazione da RD + le quantità ottenute in 5): questa è uguale al totale dei rifiuti urbani prodotti nell'anno per cui si è effettuato il calcolo.

In considerazione della rilevanza di questa base-dati, ISPRA ha condotto, negli anni, diverse campagne di monitoraggio finalizzate allo studio della composizione dei rifiuti nei vari contesti territoriali. Attualmente è in corso uno studio di caratterizzazione merceologica dei rifiuti urbani conferiti agli impianti di trattamento meccanico e meccanico biologico, che prevede la caratterizzazione del rifiuto in ingresso e delle frazioni in uscita da tale trattamento. In particolare, al fine di acquisire dati di confronto tra i diversi ambiti territoriali, sono in corso indagini merceologiche estese a tutti i contesti territoriali selezionati da ISPRA sulla base dei livelli di raccolta differenziata noti.

Va evidenziato che la conoscenza della composizione merceologica rappresenta un elemento di primaria importanza nell'ambito del monitoraggio degli obiettivi di riciclaggio dei rifiuti urbani e dei rifiuti di imballaggio individuati dalla regolamentazione europea.

- B. La composizione merceologica del rifiuto originario è necessaria per definire l'Unità Funzionale di ogni studio LCA di un sistema di gestione rifiuti e conseguentemente anche per definire i diversi scenari alternativi di modifica di un a sistema di gestione.
- C. E' utile disporre di dati sulla tipologia e il numero dei **contenitori** utilizzati nella raccolta, con indicazione di quali materiali è possibile recuperare a fine-vita dei contenitori.
- D. In questa analisi non si è modellata la presenza di **strutture di supporto logistico**, quali Stazioni di Trasferenza: questi sono elementi da introdurre nelle modellazioni a scala regionale perché possono (soprattutto a fronte della modalità di raccolta porta-a- porta) contribuire a ridurre le distanze durante le operazioni di raccolta e a ottimizzare i consumi dei trasporti.
- E. Particolare attenzione deve essere posta nella determinazione delle **distanze percorse nelle fasi di raccolta rifiuti e di conferimento alle prime destinazioni**.
Anche per questo tipo di dati si richiede la collaborazione dei gestori del servizio dir accolta.
- F. E' importante per i **flussi di rifiuti avviati a impianti Fuori Regione** determinare le distanze, i consumi e l'impatto ambientale dei trasporti generati dall'assenza di impianti nel territorio regionale (anche ai fini delle considerazioni legate agli impatti ambientali previsti dal Metodo di Determinazione delle Tariffe agli Impianti stabilito da ARERA).
- G. Per ridurre l'**incertezza associata** in ogni studio di LCA **alla modellazione delle filiere del recupero** è utile:

- a. Identificare gli impianti di selezione, preparazione al recupero e riciclaggio in MPS operanti nelle singole regioni;
- b. Misurare le distanze dei trasporti in fase di raccolta;
- c. Quantificare la realtà operativa delle singole filiere seguendo i passaggi tra tutti gli impianti fino alla destinazione finale.

H. Particolarmente rilevante ai fini della definizione dell'efficacia delle strategie a sostegno dell'Economia Circolare è l'incertezza associata ai Valori di sostituzione (*offset*) che i materiali ricavati dai rifiuti offrono verso le materie vergini.

I valori assunti in questa analisi per il Potenziale di Riscaldamento Globale sono riportati in Allegato B, qui si evidenzia unicamente con la Tabella seguente come la letteratura scientifica riporti un intervallo di valori molto ampio – 3° colonna – a causa di una forte scarsità di misurazioni (studi LCA) condotte su impianti di riciclaggio.

- Appare utile suggerire – all'interno del percorso **di rafforzamento dell'Economia Circolare** – di dedicare particolare attenzione **alla conduzione di studi** in impianti realmente operanti – ad esempio sostenendo l'ottenimento della certificazione di Environmental Product Declaration che richiede lo svolgimento di analisi LCA – per ottenere valori accurati per la reale capacità di sostituzione dei materiali ricavati dai rifiuti.