
**RESEARCH REPORT
N. 01
JANUARY 2019**

GLI SCENARI ECONOMICI DEL RICICLO DEI RIFIUTI IN ITALIA IN UN'OTTICA DI CIRCULAR ECONOMY

**Edoardo Croci
Francesco Colelli
Federico Bruno Pontoni**



**Università
Bocconi**

GREEN
Centro di ricerca sulla geografia,
le risorse naturali, l'energia,
l'ambiente e le reti

Sommario

1. Introduzione	3
1.1 Le nuove prospettive di una gestione ‘circolare‘ dei rifiuti.....	3
1.2 Struttura del rapporto	4
2 Metodologia	4
3 Scenari di generazione dei rifiuti in Italia	8
3.1 Rifiuti da imballaggio	8
3.2 FORSU	11
3.3 RAEE.....	11
3.4 Rifiuti da costruzione e demolizione.....	14
4 Valutazione dei costi e dei benefici ambientali della gestione dei rifiuti	15
4.1 Rifiuti da imballaggio	15
4.2 FORSU	20
4.3 RAEE.....	24
4.4 Rifiuti da costruzione e demolizione.....	26
5 Conclusioni	30
6 Appendice	31
7 Bibliografia	33

1. Introduzione

1.1 Le nuove prospettive di una gestione 'circolare' dei rifiuti

Il modello di produzione e consumo europeo da diversi anni si sta dirigendo verso la cosiddetta economia circolare, ossia in un modello capace di azzerare gli sprechi di materia ed energia attraverso una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e la ricollocazione degli scarti all'interno dei processi produttivi. La crescente domanda mondiale di materie prime, la loro scarsità nel continente europeo, nonché i rischi sul loro approvvigionamento spingono il nostro settore produttivo, per rimanere competitivo, a puntare su un uso più efficiente dell'energia e dei materiali. L'Unione europea è stata, tra gli organismi internazionali, l'istituzione che si è mossa con la maggiore convinzione verso il traguardo dell'economia circolare: la Commissione Europea ha presentato nel 2015 il Pacchetto 'Economia Circolare', una proposta di strategia integrata verso un modello economico più sostenibile, avente la finalità di stimolare tutti i processi della catena del valore dei prodotti, a partire dall'estrazione delle materie prime alla progettazione dei prodotti, dalla produzione alla distribuzione, dal consumo al riuso e riciclo. Questo pacchetto di misure è stato sotto revisione da parte della Commissione, del Parlamento e del Consiglio europeo nell'arco del 2017. Questo processo ha portato nel maggio 2018 al raggiungimento di un accordo che ha posto nuovi target su raccolta e riciclo dei rifiuti. Gli obiettivi di riciclaggio previsti dal nuovo Pacchetto sono i seguenti:

- rifiuti urbani: entro il 2025 almeno il 55%, entro il 2030 il 60% ed entro il 2035 il 65%;
- discariche: fino a un massimo del 10% entro il 2035;
- riciclaggio imballaggi: 65% degli imballaggi entro il 2025 e il 70% entro il 2030;
- rifiuti tessili e i rifiuti pericolosi delle famiglie: dovranno essere raccolti separatamente dal 2025;
- rifiuti biodegradabili: entro il 2024 dovranno anche essere raccolti separatamente o riciclati a casa attraverso il compostaggio;

Le quattro direttive del "pacchetto economia circolare", pubblicate in GUUE del 14 Giugno 2018, dovranno essere recepite dagli Stati membri entro il 5 luglio 2020.

L'insieme di disposizioni contenute nella prima versione del Pacchetto Economia Circolare, se implementate con successo da tutti i Paesi membri, potrebbe produrre i seguenti benefici all'interno dell'UE (Eunomia, 2014): 580.000 ulteriori nuovi posti di lavoro entro il 2030; una riduzione entro 2035 delle emissioni di 600 milioni di tonnellate di gas serra rispetto ai livelli del 2015; una maggiore competitività dell'Unione nei settori della gestione e del riciclaggio dei rifiuti, nonché nel settore manifatturiero; l'incremento dell'utilizzo di materie prime secondarie che, a sua volta, ridurrà la

dipendenza dell'Unione dall'importazione di materie prime; un risparmio annuo di 72 miliardi di euro per le imprese europee grazie ad una maggiore efficienza nell'uso delle risorse; la riduzione degli oneri amministrativi, in particolare per enti o imprese di piccole dimensioni.

1.2 Struttura del rapporto

L'approfondimento degli impatti ambientali ed economici della promozione dell'economia circolare è un interessante quanto urgente ambito di analisi. Il paper sviluppa degli scenari alternativi di gestione dei rifiuti, al fine di verificare quali potrebbero essere i benefici ambientali e i costi economici di sistema derivanti dal raggiungimento dei nuovi obiettivi posti dall'UE. Le valutazioni effettuate dagli studi di settore (Eunomia 2014, 2015; ETC/WMGE, 2016) non consentono di approfondire nel dettaglio tra le diverse alternative nella gestione dei rifiuti. Inoltre, tali studi sono precedenti alla pubblicazione dei nuovi e più stringenti obiettivi e principi contenuti nell'ultima versione del Pacchetto. Non sono inoltre presente in letteratura valutazioni finalizzate a quantificare gli impatti complessivi della gestione dei rifiuti in Italia, relativamente al raggiungimento dei nuovi obiettivi posti dal Pacchetto Economia Circolare. Il presente lavoro ha pertanto il fine di colmare tale mancanza, focalizzandosi sugli impatti ambientali ed economici della gestione dei rifiuti in Italia nell'ottica dell'economia circolare con riferimento ai seguenti settori: imballaggi, frazione organica dei rifiuti urbani, rifiuti da costruzione e demolizione, RAEE. Il paragrafo 2 presenta la metodologia adottata. Il paragrafo 3 presenta i risultati relativi alla stima della generazione dei rifiuti al 2030. Per ogni categoria di rifiuti considerati sono stati stimati i flussi dei quantitativi immessi al consumo e i rifiuti generati. Nel paragrafo 4 sono presentati i risultati relativi alla valutazione economica ed ambientale degli scenari di gestione dei rifiuti, caratterizzati da diversi livelli di performance del sistema di raccolta nazionale rispetto ai target posti dalla Direttiva. Il paragrafo 5 trae le conclusioni e sottolinea i principali risultati emersi dalla valutazione economica e ambientale dei diversi scenari di gestione.

2. Metodologia

Per ogni categoria di rifiuti considerati sono stati stimati i flussi dei quantitativi immessi al consumo e i rifiuti generati al 2030. Gli scenari sono stati identificati in primo luogo sulla base dell'evoluzione di fattori macroeconomici, in particolare sulla base dell'andamento economico nazionale e settoriale. L'andamento del Prodotto Interno Lordo (PIL) e della quantità di rifiuti urbani (RU) prodotti è infatti caratterizzato da un alto coefficiente di correlazione (ISRPA, 2016). Negli ultimi anni tuttavia questo

rapporto è stato caratterizzato da un mutamento che ha portato al parziale disaccoppiamento di PIL e produzione di RU: tra il 2010 e il 2015 la variazione del rapporto rifiuti urbani/PIL è diminuita del -6% (ISPRA, 2016). Gli scenari costruiti tengono conto non solo dei fattori macroeconomici ma anche di fattori di tipo socioeconomico e di innovazione tecnologica, che hanno un impatto sui consumi e sulla produzione al di là della crescita economica nazionale.

La valutazione ambientale degli scenari è condotta utilizzando il modello WARM (Waste Reduction Model), sviluppato dall'EPA – Environmental Protection Agency degli Stati Uniti per stimare le emissioni di gas a effetto serra (GHG) da diverse pratiche di gestione dei rifiuti. Il modello calcola, per una vasta gamma di tipi di materiale comunemente presenti nei rifiuti solidi comunali, le emissioni di ogni scenario, in tonnellate di equivalente di anidride carbonica (MTCO₂E) e tonnellate di equivalente di carbonio (MTCE) e i risparmi energetici di ogni scenario, in British Thermal Units¹ (BTU). Il modello WARM è stato affiancato da un modello di valutazione creato al fine di stimare gli impatti economici della riduzione e gestione dei rifiuti nello specifico contesto nazionale. Le esternalità legate alle emissioni di CO₂eq sono state calcolate utilizzando il valore del 'social cost of carbon' suggerito dall'EPA per gli anni 2015 e 2030 (30-42 euro/ton CO₂). La ripartizione ottimale dei flussi dei rifiuti tra le diverse modalità di gestione è valutata in un'ottica di minimizzazione del costo netto (costi della gestione e del trattamento del rifiuto meno gli eventuali ricavi originati dalla vendita delle materie recuperate), sotto il vincolo del raggiungimento dei target di riciclaggio posti dalla Direttiva. I risultati che derivano dall'applicazione delle componenti economiche permettono quindi di stimare, per ciascuna categoria e/o specifica tipologia di rifiuto, i costi della raccolta e del trattamento (compresi i costi d'investimento e i costi operativi) e ricavi derivanti dalla vendita di materiali. In alcuni casi, ossia per gli imballaggi di alluminio, carta, plastica e legno, oltre che per i RAEE e per i rifiuti da costruzione e demolizione, sono state identificate e valutate separatamente alcune specifiche tipologie di rifiuto appartenenti a ciascuna filiera. I rifiuti da imballaggio (CER 15XXXX) sono stati ripartiti tra: Alluminio (da scatola); Alluminio (altro); Acciaio (fusti e cisternette); Acciaio (altro); Vetro; Plastiche HDPE; Plastiche PET; Plastiche non riciclabili, Altre plastiche riciclabili (PP, PS, PVC, LDPE); Legno; Legno (pallettame); Carta; Carta (cartone ondulato), sulla base dei dati forniti da ISPRA (2016) e FSS (2016). WARM applica automaticamente fattori di emissione specifici per ciascuna pratica di gestione per calcolare le emissioni di gas serra, mentre diverse variabili (come le pratiche di recupero dei gas di scarico e le distanze di trasporto alle strutture MSW) possono essere modificate per tenere in considerazione le specificità nazionali e

¹ Le BTU sono solitamente utilizzate nella definizione del potere calorifico dei combustibili come anche del potere refrigerante dei sistemi di condizionamento degli ambienti. La corrispondente unità di misura utilizzata nel Sistema Internazionale è, invece, il joule (J).

settoriali. Il modello calcola, per una vasta gamma di tipi di materiale comunemente presenti nei rifiuti solidi comunali:

- le emissioni di ogni scenario, in tonnellate di equivalente di anidride carbonica (MTCO₂E) e tonnellate di equivalente di carbonio (MTCE).
- i risparmi energetici di ogni scenario, in barili equivalenti di petrolio (BEP).

I fattori di emissione dei GHG sono stati sviluppati seguendo una metodologia di valutazione del ciclo di vita (LCA). In tal modo è stato possibile valutare i vantaggi ambientali della riduzione e del riuso di rifiuti e prodotti, oltre che delle più tradizionali pratiche di gestione dei rifiuti. Questo approccio permette inoltre di calcolare gli impatti ambientali del riciclaggio dei rifiuti, dovuti alla riduzione dell'impiego delle materie prime.

Il modello WARM è stato affiancato da un modello di valutazione creato al fine di stimare gli impatti economici della riduzione e gestione dei rifiuti nello specifico contesto nazionale. La ripartizione ottimale dei flussi dei rifiuti tra le diverse modalità di gestione è valutata in un'ottica di minimizzazione del costo netto (costi della gestione e del trattamento del rifiuto meno gli eventuali ricavi originati dalla vendita delle materie recuperate), sotto il vincolo del raggiungimento dei target di riciclaggio posti dalla Direttiva. Sia i costi che i ricavi sono stati valutati al netto dei sistemi di incentivazione, sia quelli relativi all'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili (certificati bianchi) sia quelli relativi ai materiali (contributi CONAI e incentivi al recupero). Sono stati altresì esclusi dal calcolo i disincentivi, come l'ecotassa.

Il modello prende in considerazione come dati di input i costi netti di gestione di ciascuna tipologia di rifiuto, sulla base delle seguenti componenti:

- Costo della raccolta differenziata / indifferenziata
- Costi di trattamento meccanico biologico ove previsto
- Costi di selezione (distinti tra costi di selezione per contenitori e per altri materiali)
- Costi del trattamento (investimento e di gestione operativa per ciascuna tipologia di impianto)
- Ricavi dalla vendita di energia recuperata e delle MPS

L'analisi economica è basata su una serie di ipotesi e valutazioni che posso essere così suddivise:

- a) I flussi dei rifiuti presi in considerazione al 2020, 2025 e 2030 corrispondono alle stime effettuate nel paragrafo 3 in merito alla crescita dei rifiuti in ciascuna filiera.
- b) Sulla base di questi flussi è stato stimato il 'mix baseline' delle diverse modalità di trattamento dei rifiuti al 2020, 2025 e 2030. La baseline è stata ottenuta sulla base dell'evoluzione storica delle diverse tecnologie nei quinquenni 2000-2005; 2005-2010; 2010-2015 (per la FORSU le stime partono invece dal 2005). Per i RAEE le stime sono state ottenute sulla base dei risultati

della raccolta dei sistemi collettivi nel quinquennio 2011-2016, identificate per ciascun raggruppamento. Le figure 7 e 8 in Appendice mostrano le stime effettuate per alcuni i rifiuti da imballaggio, per la FORSU e per i RAEE. Nel definire tale baseline non è stato posto alcun vincolo legato al raggiungimento del target: le stime si basano esclusivamente sull'evoluzione storica in ciascuna filiera. Allo stesso tempo, i trend 'baseline' risultano sufficienti a raggiungere i target di riciclo nella quasi totalità delle filiere degli imballaggi e dell'organico nel 2025, mentre rimane sotto la soglia l'obiettivo posto per i RAEE. Nel 2030 invece i risultati di riciclo sono sopra la soglia target solo nella filiera della FORSU e degli imballaggi in legno e plastica. Diverso è invece il risultato relativo ai target relativi al conferimento in discarica: né al 2025 né al 2030 i 'mix baseline' permettono di raggiungere la soglia del 10% dei RSU conferiti (in particolare viene stimato un tasso del 19% nel 2025 e del 2030 nel 17% per rifiuti da imballaggio e FORSU).

- c) I quantitativi di rifiuti sono stati ripartiti tra le diverse modalità al fine di raggiungere i target posti dalla Direttiva, relativi sia ai quantitativi riciclati che a quelli conferiti in discarica. La ripartizione ottimale dei flussi dei rifiuti, sotto il vincolo del raggiungimento dei target, è stata quindi ottenuta in un'ottica di minimizzazione del costo netto (costi della gestione e del trattamento del rifiuto meno gli eventuali ricavi originati dalla vendita delle materie recuperate).

Tabella 1: vincoli posti negli scenari

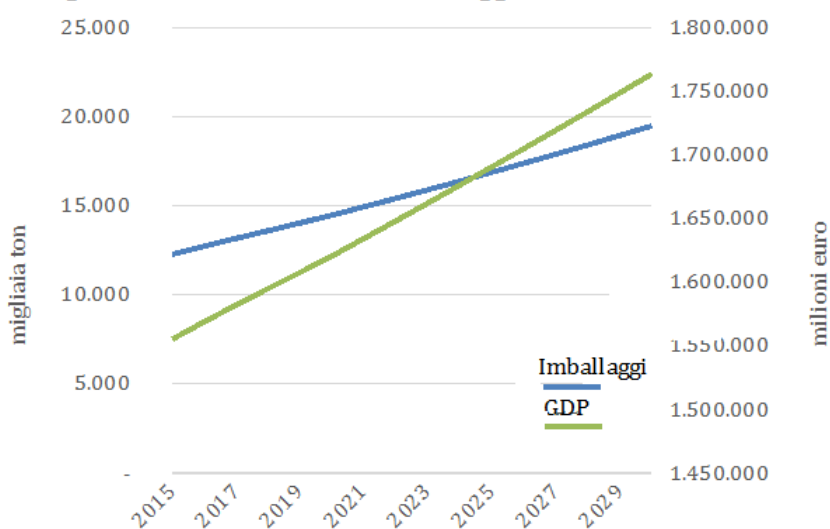
Anno	Riciclo complessivo	Riciclo per material	Conferimento in discarica
Rifiuti da imballaggio			
2025	≥ 65%	= ai target specifici	≤ 10%
2030	≥ 75%	= ai target specifici	≤ 10%
FORSU			
2020	= 55%	Non vincolato	≤ 10%
2025	= 65%	Non vincolato	≤ 10%
RAEE			
dal 2020 in poi	=65% (immesso) – 85% (generato)		/
Rifiuti da C&D			
dal 2020 in poi	70% (generato)		/

3. Scenari di generazione dei rifiuti in Italia

3.1 Rifiuti da imballaggio

Per ciascuna filiera è stato stimato, attraverso una regressione lineare, il legame tra la produzione dei rifiuti da imballaggio e la crescita del PIL tra il 2011 e il 2015. Tali flussi sono stati poi rapportati alla crescita del PIL stimata dall'International Monetary Fund tra il 2017 e il 2030 (IMF, 2017). I risultati ottenuti tendono a confermare la tendenza a crescere in maniera meno che proporzionale rispetto al PIL della frazione dei RU derivante dagli imballaggi (Figura 1). Dal momento che le analisi che riportano tale disaccoppiamento e la base di dati utilizzata per la stima del rapporto tra RU e PIL si basano su una serie storica relativamente limitata, l'interpretazione di come questo fenomeno avrà una ripercussione negli scenari al 2025 e 2030 non è di facile identificazione. Ad integrazione di questi trend è stato preso inoltre in considerazione l'impatto del crescente mercato degli acquisti online, che muta la composizione e il circuito di destinazione degli imballaggi: si fa crescente ricorso, per singole unità di vendita, ad imballaggi secondari e terziari. Il fenomeno ha un impatto particolarmente rilevante per la filiera della carta dal momento che gli acquisti online producono un incremento di imnesso di cartone ondulato utilizzato per la protezione durante il trasporto di merci e prodotti imballati (CONAI, 2016). Seppur in misura minore rispetto agli imballaggi cellullosici, anche la filiera del legno risente di tale evoluzione nei canali di vendita, essendo alta la percentuale di imballaggi secondari e terziari impiegati negli scambi commerciali sul totale degli imballaggi immessi al consumo. L'impatto su entrambe le filiere è stato preso in considerazione nella stima dei flussi.

Figura 1: generazione di rifiuti da imballaggio sulla base della crescita nazionale



La generazione di rifiuti da imballaggio è generalmente spinta, oltre che dalla capacità di spesa delle famiglie, anche dalle tendenze di acquisto dei consumatori, che a loro volta dipendono da un insieme di fattori sociali e demografici (ISPRA, 2016). Gli imballaggi, in particolare, rispondono tempestivamente alle richieste dei consumatori e dei loro stili di vita e consumo (CONAI, 2016). Nella stima degli impatti di queste tendenze sulla generazione di rifiuti sono stati presi in considerazione i seguenti fenomeni:

- Aumento dei pasti fuori casa: questo fenomeno ha un impatto principalmente sul consumo e sulla produzione degli imballaggi alimentari. Il tasso di crescita annuo dei consumi di alimentari effettuati fuori casa è stato ipotizzato pari all'1% (Fipe, 2016).
- Aumento delle famiglie composte da un singolo individuo: questo fenomeno è legato alla tendenza al consumo di prodotti con formati medio-bassi (es. monoporzioni) e beni pronti all'uso (CONAI, 2016). I settori chiave presi in considerazione in questo caso sono gli imballaggi domestici ed alimentari in plastica, carta e alluminio. L'evoluzione della composizione demografica dei nuclei domestici è stata stimata sulla base dei trend riportati da ISTAT nel periodo compreso tra il 1988 e il 2011 (ISTAT, 2010; ISTAT, 2017).

Tabella 2: Stima dell'aumento delle famiglie composte da un singolo individuo

Numero componenti nucleo	1988	2003	2007	2015	2020	2025	2030
1	19,3	25,4	26,4	31%	36%	41%	47%
2	23,6	25,8	27,5	39%	40%	42%	44%
3	23	22	21,8	14%	14%	13%	11%
4	23,4	20	18,2	13%	12%	11%	9%
5	7,9	5,4	4,7	4%	4%	3%	3%
6 e più	2,9	1,4	1,4	1%	1%	1%	1%

Fonte: ISTAT (2010;2017)

Fonte: stime IEFÉ-Università Bocconi

La produzione di rifiuti da imballaggio domestici dovuti all'aumento delle famiglie single è stata stimata sulla base dei risultati di indagini condotte in altri Paesi europei, che evidenziano come il consumo di rifiuti domestici pro capite in un nucleo familiare composto da una persona sia maggiore di circa il 30%-60% rispetto al consumo pro capite in un nucleo familiare composto da due o tre persone (INCPEN, 1996).

Tra i fattori di innovazione tecnologica è stata presa in considerazione la dematerializzazione dei prodotti: per stimare le potenzialità di questo fattore è stata in primo luogo presa in considerazione l'evoluzione storica delle caratteristiche degli imballaggi. Grazie alle innovazioni tecnologiche avvenute nell'industria cartaria ad esempio si è passati ad una grammatura media degli imballaggi pari a 561 g/m² nel 2015: un alleggerimento di circa il 7% del peso medio dei prodotti rispetto al 2004, in cui la grammatura media era di 601 g/m² (GIFCO, 2016). La Tabella 3 riporta l'evoluzione del peso medio di alcune tipologie di imballaggio tra 2005 e 2016 (CONAI, 2016b).

Tabella 3: evoluzione del peso medio di alcune tipologie di imballaggio

Materiale	Imballaggio	Variazione in peso tra 2005 e 2016
Acciaio	Scatoletta	3%
	Latta	5%
	Bomboletta	1%
Alluminio	Lattine per bevande	4%
Carta	Cartone ondulato	6%
Plastica	Bottiglia (PET)	24%
Vetro	Bottiglia	0%

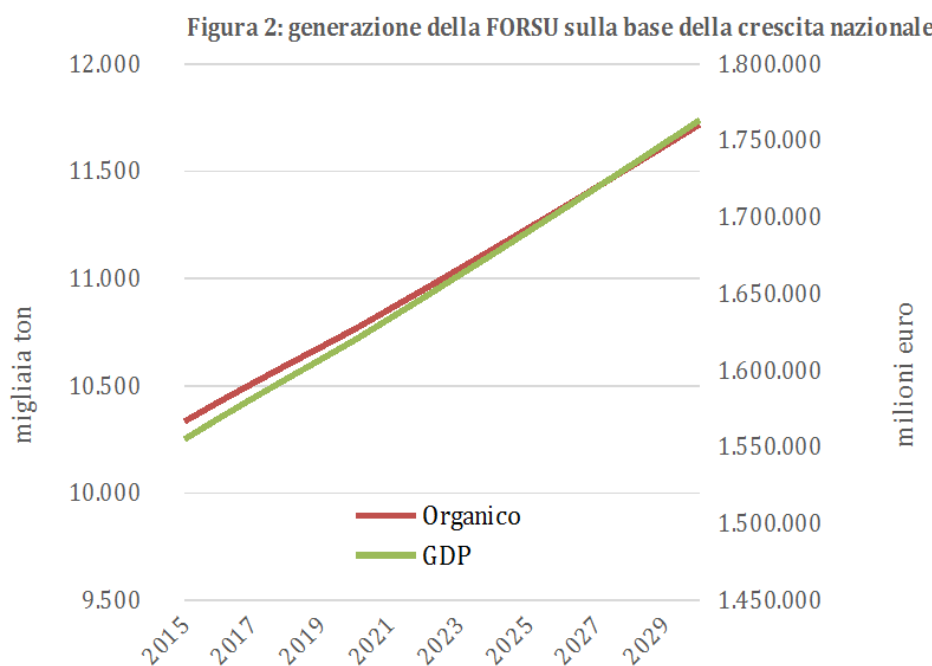
Fonte: CONAI, (2016b)

I risultati riportati nella Tabella 3 sono una conseguenza del progresso tecnologico solo parzialmente legato a scelte di eco-progettazione in un'ottica circolare. L'eco-progettazione potrebbe invece avere un impatto incrementale sulla riduzione del peso medio degli imballaggi, laddove comporti la progressiva riduzione del materiale da imballaggio utilizzato per unità di prodotto venduta, attraverso ad esempio la riduzione dello spazio vuoto presente nelle confezioni o dello spessore dei materiali utilizzati (EEA, 2017). Una ricognizione delle iniziative dell'industria in altri Paesi europei ha evidenziato come il maggiore potenziale si riscontri nelle filiere degli imballaggi cellululosici e plastici (Worrell et al., 2013). I coefficienti di riduzione dei materiali sono stati stimati sulla base dei valori più conservativi riportati dalla letteratura, corrispondenti ad una riduzione (incrementale rispetto a quella ipotizzata sulla base dei dati storici) tra il 9% e il 12% del peso dei prodotti delle due filiere nell'arco di un quinquennio. Riparabilità e ricondizionamento dei prodotti: gli investimenti in ricerca e sviluppo per l'eco-progettazione contano per solo il 5% del totale degli investimenti europei nell'ambito della progettazione dei prodotti, mentre solo l'1% e il 2% del totale sono legati ad innovazioni finalizzate a favorire rispettivamente il ricondizionamento e la riparazione dei prodotti (EEA, 2017). Per quanto riguarda i rifiuti da imballaggio, è stata stimata l'evoluzione delle principali tipologie di imballaggi che ad oggi sono oggetto di procedure di ricondizionamento, in particolare i

fusti e le cisternette in acciaio, i pallet in legno e le bottiglie di vetro attraverso il c.d. vetro ‘a rendere’ (CONAI, 2016).

3.2 FORSU

Fattori macroeconomici: il flusso della Frazione Organica dei Rifiuti Urbani è stata rapportata alla crescita del PIL stimata dall’International Monetary Fund tra il 2017 e il 2030. I risultati ottenuti evidenziano la tendenza a crescere in maniera fortemente proporzionale rispetto al PIL di questa categoria di rifiuti.

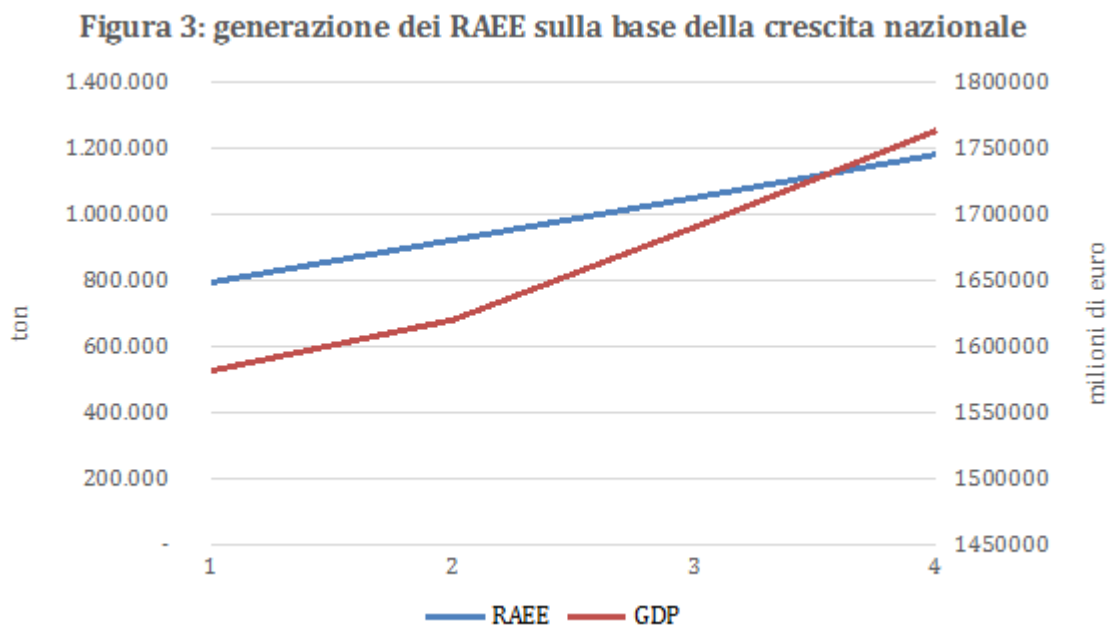


Sono stati presi in considerazione due diversi fattori: l’aumento dei pasti fuori casa e l’aumento delle famiglie composte da un singolo individuo. Il primo fenomeno ha un impatto principalmente sul consumo e sulla produzione della frazione organica dei rifiuti. Il tasso di crescita annuo dei consumi di alimentari effettuati fuori casa è stato ipotizzato pari all’1% (Fipe, 2016). La produzione di rifiuti organici domestici dovuti all’aumento delle famiglie single è stata stimata sulla base dei risultati di indagini condotte in altri Paesi europei, che evidenziano come il consumo pro capite in un nucleo familiare composto da una persona sia maggiore di oltre il 100% rispetto al consumo pro capite in un nucleo familiare composto da due o tre persone (INCPEN, 1996).

3.3 RAEE

I flussi dei RAEE generati al 2030 sono stati calcolati sulla base di diversi elementi. In primo luogo, il volume delle apparecchiature immesse al consumo riportato dal Centro di Coordinamento RAEE

nel 2015 è stato corretto, per ognuno dei 5 raggruppamenti, per tenere conto della quota di immesso al consumo non registrata dal sistema nazionale. Questa quota incrementale, pari in aggregato al 25% dell'immesso al consumo registrato, è stata stimata sulla base delle informazioni presentate nelle principali indagini di settore estere e nazionali che riportano l'impatto di tale fenomeno (Remedia, 2012; CWIT, 2015). Inoltre, dal momento che, a differenza della filiera degli imballaggi, nella filiera dei RAEE i quantitativi dell'immesso al consumo in un dato anno si differenziano da quelli dei rifiuti generati nello stesso, per via della lunga vita media dei prodotti, i flussi di rifiuti generati sono stati ottenuti sulla base del rapporto storico tra le due dimensioni (CdC, RAEE 2015; Remedia 2012).



Fattori sociodemografici: la generazione di RAEE è spinta, oltre che dall'andamento dell'economia nazionale, dalle tendenze di acquisto dei consumatori, che a loro volta dipendono da un insieme di fattori sociali e demografici. Nella stima degli impatti di queste tendenze sulla generazione di rifiuti sono stati presi in considerazione i seguenti fenomeni:

- Diffusione di mercati di seconda mano e riuso dei prodotti: la gestione da parte dei consumatori di prodotti come le apparecchiature elettriche ed elettroniche può avere un impatto sulla vita media del bene, che a sua volta ha un impatto sui quantitativi di rifiuti effettivamente prodotti. Per alcuni prodotti chiave sono state identificate le potenzialità dello sviluppo di pratiche di riuso dei prodotti e di diffusione di mercati di seconda mano. Ci si è basati su studi di mercato condotti in Italia che hanno verificato la percentuale di apparecchiature funzionanti ma non più usate dai consumatori domestici (in misura limitata

per il raggruppamento ‘clima’ – R2 e ‘elettrodomestici ICT’ – R4, ma rilevante per le AEE del raggruppamento ‘piccoli elettrodomestici’ - R4) (IPSOS, 2017).

Tabella 4: Potenziale diffusione di mercati di seconda mano per alcune AEE chiave

Raggruppamento	Prodotto	Quota di prodotti presenti nelle abitazioni, funzionanti ma non utilizzati
R2	Microonde	5%
	Lavatrice	0%
	Forno	1%
	Asciugatrice	6%
R4 (ICT)	Mouse	4%
	Personal Computer	3%
	Stampante	4%
	Telefono cellulare/smartphone	5%
	Caricabatterie per cellulari	7%
	Telefono con /senza fili (cordless)	6%
	Calcolatrici	16%
R4 (piccoli elettrodomestici di consumo)	Macchina fotografica digitale	15%
	Videoregistratore	escluso
	Cuffie / cuffie wireless	14%
	Apparecchiature audio video	20%
	Videocamera	34%
	Mp3 players	20%

Fonte dati IPSOS, (2017)

Per quanto riguarda i fattori di evoluzione tecnologica, sono stati presi in considerazione i cambiamenti della vita media dei prodotti: vi possono essere diverse ragioni per cui si possa assistere in futuro ad un cambiamento della vita media dei beni di consumo domestici (EEA, 2017):

- evoluzioni tecnologiche nella progettazione dei prodotti
- considerazioni economiche effettuate dal consumatore legate al costo della riparazione di un prodotto rispetto all’acquisto di uno nuovo
- scelte ed abitudini di consumo legate ad aspetti sociali

Questo insieme di fattori ha avuto un impatto particolarmente rilevante fin dagli anni '90 per alcune categorie di prodotto considerate nello studio, in particolare per i RAEE nel settore ICT e per i piccoli RAEE di consumo (categorie comprese nel Raggruppamento 4), la cui vita media si è ridotta di circa il 5% e del 20% rispettivamente, tra 2000 e 2006 (Wang et al., 2013), mentre l’impatto su beni come lavatrici e lavastoviglie (RAEE dei Raggruppamenti 1 e 2 nel sistema italiano) è meno univoca tra i

diversi Paesi europei, e va dal'1% all'8% a seconda degli anni e dei Paesi considerati (Prakash et al., 2016b; Wang et al., 2013). Le previsioni dei flussi di rifiuti sono state effettuate sulla base dei valori storici, ma va menzionato come la vita media dei prodotti è a sua volta strettamente legata ad altri aspetti della produzione e consumo circolare, specialmente se si considera il prodotto in un'ottica di 'full life-cycle', tra cui (EEA, 2017):

- la possibilità di riutilizzo e ricondizionamento
- la condivisione del prodotto (che tende a diminuire la vita media del prodotto per la maggiore usura ma allo stesso tempo comporta una più efficace utilizzazione del bene)

Inoltre, sono state considerate le opzioni di riparabilità e ricondizionamento dei prodotti: strategie di eco-progettazione finalizzate al miglior reimpiego, ricondizionamento e gestione a fine vita dei prodotti sono inoltre di difficile identificazione per una filiera complessivamente considerata, ed in particolare per l'insieme dei RAEE che comprende prodotti estremamente eterogenei tra loro. Di più facile identificazione sono invece gli impatti dell'eco-progettazione di alcuni piccoli elettrodomestici del Raggruppamento 4, tra cui telefoni cellulari e personal computer (Best, 2016; Fairphones, 2016). È stato stimato come, in aggregato, l'Italia possa raggiungere nel 2020 un tasso di ricondizionamento dei RAEE pari alla media europea (1-2% di prodotti ricondizionati sul totale raccolto), e raggiungere nel 2030 la performance del Paese europeo più virtuoso (l'Inghilterra, in cui nel 2012 è stato raggiunto un tasso di prodotti ricondizionati pari all'8% dal raccolto) (CE, 2017).

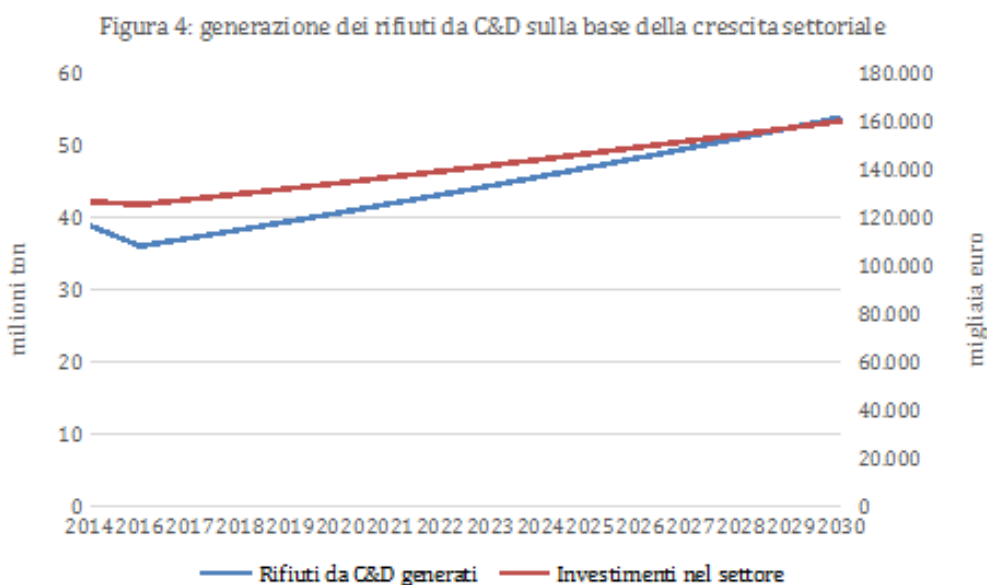
3.1. Rifiuti da costruzione e demolizione

Secondo le stime dell'ISPRA, i rifiuti derivanti dalle attività di C&D rappresentavano il 41% dei rifiuti complessivamente prodotti e il 39,7% dei rifiuti speciali prodotti in Italia nel 2014 (FSS, FISE UNIRE, 2016). In particolare, i rifiuti speciali non pericolosi del settore C&D ammontavano nel 2014 a circa 50,2 Mt, circa il 42% del totale, mentre il contributo del settore ai rifiuti speciali pericolosi era del 4%. I rifiuti delle operazioni C&D, compreso il terreno proveniente da siti contaminati, rappresentavano inoltre il 58% dei rifiuti speciali non pericolosi recuperati nel 2014 (47 Mt su 81,6 Mt) e l'11% dei rifiuti smaltiti in discarica (circa 3Mt su 26Mt). La quantificazione dei volumi di rifiuti prodotti nel settore si basa comunque in parte su stime, rese necessarie dalla presenza nel TUA di esenzioni dall'obbligo di dichiarare i rifiuti prodotti per il settore edile. Inoltre, un importante elemento che caratterizza la rendicontazione nazionale rispetto ai casi dei restanti Paesi europei riguarda i rifiuti di terre e rocce da scavo, i cui volumi hanno raggiunto 11.7 milioni di tonnellate nel 2014 (ISPRA, 2016). Secondo quanto disposto dal DM 161/2012 è consentito in Italia, nel rispetto di determinate condizioni, l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti: tali materiali sono, quindi sottratti alla disciplina dei rifiuti e non sono contabilizzati come rifiuti. Nella stima dei flussi

futuri si è pertanto proceduto alla rettifica dei quantitativi di terre e rocce da scavo, dal momento che questi risultano inclusi nelle rendicontazioni ufficiali per il periodo 2012-2014 (EUROSTAT, 2017; ISPRA, 2016).

Per la stima dei flussi di rifiuti derivanti dal settore delle costruzioni e demolizioni è stato preso in considerazione un indicatore economico differente dal PIL. Questo perché gli investimenti nel settore si sono mossi in una direzione diversa dall'economia aggregata, ed in particolare hanno subito una forte contrazione tra 2008 e 2014, pari a circa il 20% rispetto ai valori pre-crisi. Nonostante tale diminuzione sia stata riconfermata tra 2014 e 2016, il 2017 è il primo anno dal 2018 in cui gli investimenti nel settore sono tornati a crescere, in misura pari all'1.7% rispetto all'anno precedente. Il tasso di crescita è stato ipotizzato costante tra 2017 e 2030. La stima dei quantitativi di rifiuti generati dal settore è riportata nella figura 4.

La Figura 5 riporta i flussi della generazione dei rifiuti nelle filiere di interesse sulla base dei diversi fattori presi in esame. Lo 'scenario complessivo', che tiene in considerazione l'insieme di fattori analizzati, costituisce la baseline per la valutazione economica e ambientale delle diverse modalità di gestione dei rifiuti analizzate nel paragrafo 1.2.2.



4 Valutazione dei costi e dei benefici ambientali della gestione dei rifiuti

4.1 Rifiuti da imballaggio

La tabella riporta i risultati ottenuti per l'anno 2025 sotto l'ipotesi che i costi e i ricavi siano al netto dei sistemi di incentivazione:

- Il pieno raggiungimento dei target al 2025 comporta, rispetto alla struttura di costi economici ed ambientali stimata per il 2015, un incremento dei costi netti del sistema pari a quasi 800

milioni di euro, la riduzione delle emissioni pari a 7 milioni di tonnellate di CO₂eq e risparmi energetici di poco inferiori a 50 Mbtu.

- Il pieno raggiungimento dei target al 2025 comporta, rispetto alla struttura di costi economici ed ambientali stimata in un'ottica di gestione al 2025 'baseline', un incremento dei costi netti del sistema pari a oltre 214 milioni di euro, la riduzione delle emissioni pari a 0.37 milioni di tonnellate di CO₂eq e risparmi energetici di poco superiori i 13 Mbtu.

Tabella 6						
2025 baseline						
	Riciclo	Conferimento in discarica	Incenerimento	Costi netti del sistema	Emissioni evitate (milioni tonCO ₂ eq)	Consumi energetici evitati (Mbtu)
Alluminio	80%	16%	4%	(2.393)	(0,5)	(8,7)
Acciaio	78%	22%	0%	154.494	(1,4)	(20,9)
Vetro	76%	24%	0%	427.054	(0,6)	(4,2)
Plastica	50%	12%	38%	685.146	(0,0)	(45,8)
Legno	66%	31%	3%	396.068	(5,3)	0,9
Carta	82%	8%	10%	2.370.217	(18,6)	(110,8)
		19%		4.030.586	(26,5)	(189,5)
2025 raggiungimento obiettivi						
	Riciclo	Conferimento in discarica	Incenerimento	Costi netti del sistema	Emissioni evitate (milioni tonCO ₂ eq)	Consumi energetici evitati (Mbtu)
Alluminio	90%	0%	10%	(4.979)	(1)	(9)
Acciaio	83%	17%	0%	156.965	(2)	(22)
Vetro	100%	0%	0%	475.915	(1)	(4)
Plastica	55%	0%	45%	702.822	0	(55)
Legno	66%	33%	1%	391.432	(5)	1
Carta	82%	0%	18%	2.523.409	(19)	(114)
		9%		4.245.564	(27)	(203)
Differenza tra baseline 2025 e raggiungimento obiettivi				214.977	(0,37)	(13,06)
2025						
Differenza tra baseline 2015 e raggiungimento obiettivi				795.084	(7)	(49)
2025						

La tabella 7 riporta i risultati ottenuti per l'anno 2030 sotto l'ipotesi che i costi e i ricavi siano al netto dei sistemi di incentivazione.

Tabella 7
2030 baseline

	Riciclo	Conferimento in discarica	Incenerim ento	Costi netti del sistema	Emissioni evitate (milioni tonCO2eq)	Consumi energetici evitati (Mbtu)
Alluminio	82%	15%	4%	(3.238)	(1)	(10)
Acciaio	81%	19%	0%	167.021	(2)	(22)
Vetro	79%	21%	0%	449.075	(1)	(5)
Plastica	52%	12%	36%	817.477	(0)	(55)
Legno	68%	29%	3%	453.275	(6)	1
Carta	83%	6%	11%	2.835.980	(22)	(131)
Tot				4.719.589	(31)	(222)
2030 raggiungimento obiettivi						
	Riciclo	Conferiment o in discarica	Incenerim ento	Costi netti del sistema	Emissioni evitate (tonCO2eq)	Consumi energetici evitati (Mbtu)
Alluminio	100%	0%	0%	(8.383)	(1)	(10)
Acciaio	100%	0%	0%	169.075	(2)	(22)
Vetro	100%	0%	0%	401.051	(1)	(5)
Plastica	55%	1%	44%	707.118	(9)	(82)
Legno	75%	0%	25%	424.595	(5)	(1)
Carta	85%	11%	4%	2.630.540	(13)	(76)
				4.323.997	(31)	(196)
Differenza tra baseline 2030 e raggiungimento obiettivi 2030				(440.873)	0,18	26,17
Differenza tra baseline 2015 e raggiungimento obiettivi 2030				1.088.214	(11)	(55)
*relativa alla raccolta differenziata o indifferenziata, alle operazioni di TMB e di gestione degli impianti.						

- Il pieno raggiungimento dei target al 2030 comporta, rispetto alla struttura di costi economici ed ambientali stimata per il 2015, un incremento dei costi netti del sistema pari a oltre 1.6 miliardi di euro, la riduzione delle emissioni pari a 11 milioni di tonnellate di CO2eq e risparmi energetici per 55 Mbtu.
- Il pieno raggiungimento dei target al 2030 comporta, rispetto alla struttura di costi economici ed ambientali stimata in un'ottica di gestione al 2030 'baseline', un incremento dei costi netti del sistema pari a quasi 200 milioni di euro, la riduzione delle emissioni pari a 0.18 milioni di tonnellate di CO2eq e risparmi energetici per 11 Mbtu.

Gli imballaggi in plastica sono stati suddivisi nelle seguenti sotto-categorie: Plastiche HDPE; Plastiche PET; Plastiche non riciclabili, Altre plastiche riciclabili (PP, PS, PVC, LDPE). In particolare, le plastiche immesse al consumo e le plastiche raccolte e riciclate sono state suddivise secondo la ripartizione presentata nella tabella 8.

Tabella 8: ripartizione dei materiali plastici da imballaggio nel 2015

Tipologia	% su immesso	tipologia	% sul riciclato
PE	43%	HDPE	15%
PET	22%	LDPE	15%
PP	21%	PET	40%
PS/EPS	8%	PP	21%
Bioplastiche	2%	PS	8%
PVC	2%	PVC	2%
Altre	2%		

Fonte: FSS, (2016); CONAI, (2016)

Secondo lo scenario baseline, si potrebbe passare dal riciclo del 41% dei materiali immessi al consumo nel 2015 al 50% nel 2025 e 52% nel 2030: sotto tale ipotesi, per il pieno raggiungimento dei target sarà necessario un incremento dei quantitativi riciclati pari ad un ulteriore +5% nel 2025 e +3% nel 2030. I quantitativi di plastiche effettivamente avviate a riciclo nei prossimi anni dipenderanno da una serie di fattori, tra cui:

- la selezionabilità degli imballaggi dopo il conferimento per il riciclo
- l'effettiva riciclabilità sulla base delle tecnologie disponibili
- i prezzi delle MPS, legati all'evoluzione tecnologica e alle caratteristiche dei materiali, rispetto ai prezzi delle materie prime.

Uno dei principali limiti alla diffusione del riciclaggio nella filiera consiste nella presenza, tra gli imballaggi immessi al consumo, dei così detti materiali 'plasmix', ossia dei materiali misti non riciclabili o riciclabili per mezzo di tecnologie avanzate altamente costose, tali per cui il trattamento e la vendita delle MPS risulta più onerosa rispetto all'acquisto delle materie prime. Nel 2015 sono state avviate al recupero energetico circa 324.000 tonnellate di queste tipologie di imballaggi plastici, una quota pari a circa il 35% del totale delle plastiche avviate a recupero e il 15% del totale dell'immesso al consumo (ISPRA, 2016). Secondo le stime effettuate, il costo della gestione di 324.000 tonnellate di plasmix, al netto degli incentivi e dei contributi CONAI, si attesta tra i 90 e i 100 milioni di euro. Relativamente all'immesso al consumo e alla generazione e gestione di rifiuti di plasmix, è stato ipotizzato come i quantitativi immessi al consumo e i relativi rifiuti avviati ad incenerimento aumentino, a partire dai valori registrati nel 2015, allo stesso tasso di crescita del comparto delle plastiche da imballaggio, stimato sulla base della metodologia riportata nel paragrafo 2.1. Se questo scenario dovesse verificarsi, una quota pari al 15-17% delle plastiche immesse al consumo annualmente non potrebbe essere riciclata, ponendo un limite alla fattibilità del raggiungimento dei target.

I prezzi delle materie prime seconde derivanti da attività di riciclo degli imballaggi considerate nel modello IEFE-WARM sono stati ottenuti integrando le informazioni disponibili nei principali

rapporti e studi di settore (FSS, 2016; CONAI, 2016; COMIECO, 2017) con i database di mercato pubblicamente disponibili (Eurostat, 2017). Nell'elaborazione degli scenari riportati nelle tabelle 7 e 8 è stato ipotizzato come i valori registrati tra 2015 e 2017 corrispondano ai prezzi di mercato futuri, fino al 2030. Al contrario, per la corretta identificazione degli impatti economici nella filiera andrebbero considerati due diversi trend:

- la possibile riduzione del costo medio delle attività di riciclaggio, specialmente per alcuni materiali come le plastiche miste, giustifica dell'evoluzione tecnologica;
- l'evoluzione del prezzo medio delle materie prime plastiche.

La tabella 9 riporta i valori medi registrati in Europa, le somme corrisposte per alcune tipologie specifiche di MPS nel mercato italiano (FSS, 2016) e il valore sul mercato nazionale delle materie prime (Plastix, 2017). Nonostante la tabella mostri come vi sia un notevole differenziale tra i prezzi dei materiali riciclati e vergini, i prezzi delle materie prime plastiche potrebbero registrare considerevoli contrazioni nei prossimi anni, qualora il prezzo del petrolio, alla base dei prodotti petrolchimici, dovesse rimanere sotto ai 50 dollari al barile, contro i 100 dollari delle quotazioni medie negli anni 2013 - 2015 (Plastix, 2017; OilPrice, 2017). Qualora le plastiche vergini dovessero risultare meno costose delle MPS riciclate infatti verrebbero meno gli incentivi economici al riciclaggio di questi materiali.

Sotto l'ipotesi alternativa che tra 2020 e 2030 il prezzo delle materie prime plastiche diminuisca del 50%, le plastiche riciclate con un costo maggiore, in particolare le plastiche HDPE, potrebbero diventare materiali per cui l'acquisto di MPS è economicamente svantaggioso rispetto all'acquisto delle materie prime: questo potrebbe ad escludere una quota pari al 12-15% del totale delle plastiche immesse al consumo dall'insieme di plastiche riciclabili, ponendo un limite alla fattibilità del raggiungimento dei target.

Tabella 9

	Prezzo medio MPS in EU (2015)	Prezzo MPS sul mercato italiano (2015)	Prezzo MP sul mercato italiano (2016)
HDPE	340	482	1200-1300
LDPE		138	1200-1300
PET		298	840-900
PP		n.d.	980-1150
PS		n.d.	1200-1380
PVC		n.d.	780-890

4.2 FORSU

Il ciclo di trattamento biologico della FORSU può essere suddiviso in tre distinte tipologie impiantistiche:

- Impianti dedicati al solo trattamento aerobico (compostaggio);
- Impianti di trattamento integrato anaerobico/aerobico;
- Impianti di digestione anaerobica.

Il trattamento biologico della frazione organica ha superato le 5.2 milioni di tonnellate nel 2015, un aumento del 31% rispetto al 2010 e del 6.9% rispetto al 2014 (ISPRA, 2016).

Tabella 10: Modalità di trattamento biologico della FORSU nel 2015

	Compostaggio	Trattamento integrato	Digestione anaerobica
frazione umida (200208)	1.899.620	1.405.708	220.453
verde (200201)	1.477.622	199.745	
Fanghi (altro)	420.822	70.676	307.397
	330.578	44.228	195.489

Fanghi e altri rifiuti organici sono stati scartati dall'analisi, che ha compreso invece sia la frazione umida che la frazione 'verde'. Oltre alla parte di rifiuti organici raccolta attraverso la raccolta differenziata, sono stati presi in considerazione i quantitativi che vengono conferiti come rifiuti indifferenziati al trattamento meccanico biologico aerobico (TMB). In questi impianti è stato avviato, nell'anno 2015, un quantitativo di rifiuti pari a 10,5 milioni di tonnellate, costituiti per l'89,7% da rifiuti urbani indifferenziati (9,4 milioni di tonnellate). Tra questi, è stato possibile identificare:

- Frazione organica non compostata: (output in peso pari a 1.453.190 tonnellate)
- Frazione umida da selezione: (output in peso pari a 420.031 tonnellate)
- Frazione organica stabilizzata (FOS) con processi di biostabilizzazione.

I quantitativi trattati in ciascuna di queste modalità di trattamento sono poi stati ripartiti tra le diverse opzioni di gestione finale a seconda dei valori specifici riportati da ISPRA (2016).

La tabella riporta i risultati ottenuti per gli anni 2025 e 2030 sotto le ipotesi che:

- i costi e i ricavi siano al netto dei sistemi di incentivazione
- la digestione anaerobica venga effettuata al solo fine di produrre biogas

Tabella 11

	Riciclo	Conferimento in discarica	Inceneri- mento	Costi netti	Emissioni evitate (milioni tonCO2eq)	Consumi energetici evitati (Mbtu)
2020						
Baseline	60%	27%	13%	2.547.489	(0,21)	(2,6)
Raggiungime- nto obiettivi	60%	10%	30%	2.681.582	(0,78)	(5,8)
2025						
Baseline	65%	23%	12%	2.629.615	(0,32)	(2,81)
Raggiungime- nto obiettivi	65%	5%	30%	2.703.661	(0,79)	(6,42)
2030						
Baseline	70%	20%	10%	2.725.665	(0,43)	(3,09)
Raggiungime- nto obiettivi	72%	0%	28%	2.827.860	(0,71)	(6,58)
Differenza tra baseline 2020 e raggiungimento obiettivi				134.093	(0,56)	(3,2)
Differenza tra baseline 2025 e raggiungimento obiettivi				74.046	(0,47)	(3,61)
Differenza tra baseline 2030 e raggiungimento obiettivi				102.196	(0,28)	(3,49)
Differenza tra raggiungimento obiettivi 2030 e baseline 2015				293.752	(1)	(4)
*relativa alla raccolta differenziata o indifferenziata, alle operazioni di TMB e di gestione degli impianti						

Dai risultati presentati nella tabella 11 emerge come:

- Il pieno raggiungimento dei target al 2020 comporta, rispetto alla struttura di costi economici ed ambientali stimata per il 2015, un incremento dei costi netti del sistema pari a oltre 270 milioni di euro, la riduzione delle emissioni pari a 1 milione di tonnellate di CO2eq e risparmi energetici per 3.4 Mbtu.
- Il pieno raggiungimento dei target al 2020 comporta, rispetto alla struttura di costi economici ed ambientali stimata in un'ottica di gestione al 2020 'baseline', un incremento dei costi netti del sistema pari a quasi 135 milioni di euro, la riduzione delle emissioni pari a 0.56 milioni di tonnellate di CO2eq e risparmi energetici per 3.2 Mbtu.

- Il pieno raggiungimento dei target al 2030 comporta, rispetto alla struttura di costi economici ed ambientali stimata per il 2015, un incremento dei costi netti del sistema pari a oltre 290 milioni di euro, la riduzione delle emissioni pari a 1 milione di tonnellate di CO₂eq e risparmi energetici per 4 Mbtu.

Negli scenari sopra riportati è stato ipotizzato come gli impianti di digestione anaerobica producano esclusivamente biogas, utilizzato a sua volta per la generazione di energia elettrica. Un'interessante prospettiva di utilizzo del biogas, alternativa alla trasformazione in energia elettrica, è la sua conversione in biometano. La produzione di biometano dalla frazione organica dei rifiuti è stata valutata, sia dal punto di vista economico che ambientale, rispetto a due alternative: produzione di biogas (con conseguente vendita dell'energia elettrica prodotta dall'impianto) e compostaggio.

I costi di investimento e i costi operativi medi di quest'opzione non sono inclusi tra le fonti utilizzate per le restanti tecnologie (EC, 2014; 2015): è stato quindi necessario stimare direttamente, sulla base primi studi di fattibilità nazionali (Aspenenergia, 2016; Piattaforma Biometano, 2016; RSE, 2016), i costi di investimento e i costi di esercizio di un impianto di produzione di biometano. In particolare, si è scelto di valutare il caso dell'upgrading di impianti per la produzione di biogas già esistenti, opzione preferibile alla costruzione di un nuovo impianto per via dei minori costi di investimento necessari. I costi in questo caso comprendono (RSE, 2016):

- la sezione di alimentazione e pretrattamento
- la sezione di digestione anaerobica
- la sezione di upgrading del biogas
- il post-trattamento del digestato

Le stime sono state effettuate ipotizzando che il biometano prodotto sia destinato all'immissione in rete (l'immissione di biometano da parte del produttore può avvenire sia nelle reti di trasporto sia in quelle di distribuzione) ed includendo quindi anche i costi di allaccio alla rete comprensivi degli investimenti infrastrutturali necessari per poter garantirne l'immissione (linea di collegamento tra l'impianto di upgrading e il punto di immissione in rete), sulla base delle stime fornite da RSE (2016). Infine, la produzione di biometano è stata considerata al netto dei consumi energetici dell'impianto. La tabella 12 riporta le ipotesi alla base della valutazione economica. Le valutazioni si riferiscono ad un impianto di biometano di taglia 250 Sm³/h e ad un impianto di biogas di potenza pari a 1 MW, aventi dimensioni sostanzialmente equivalenti (RSE, 2016).

Tabella 12

Matrici in ingresso (t/anno)	30.000
Produzione lorda di biogas annua (Sm ³ /anno)	4.025.500
Produzione lorda di biometano annua (Sm ³ /anno)	2.365.000
Produzione di biometano incentivabile ⁶ al netto dei consumi energetici (Sm ³ /anno)	2.069.000
Investimento sezione upgrading (milioni €)	1-1.5
Totale investimento (milioni €)	9-13.5
Qualità del biogas (%CH ₄ vol.)	60%
Produttività (Sm ³ /ton)	76
Fonte: IEFE-Bocconi sulla base di RSE (2016)	

Coerentemente all'approccio adottato nella valutazione degli scenari nei paragrafi precedenti, la diffusione degli impianti di biometano è valutata, in un primo momento, al netto degli incentivi statali disposti dal DM 6 luglio 2012. In questo caso, i risultati derivanti dalla minimizzazione dei costi di sistema portano ad escludere l'opzione del biometano dal mix di gestione della FORSU, dal momento che, sulla base dei prezzi attuali di mercato dell'elettricità e del gas (GSE, 2017), l'opzione della vendita dell'energia elettrica prodotta dall'impianto risulta più remunerativa rispetto all'upgrading dell'impianto per la produzione di biogas. Sommando al costo netto gli incentivi, ossia il valore stimato dei "certificati di immissione in consumo" per la produzione di biogas e il valore della 'tariffa onnicomprensiva' corrisposta agli impianti di produzione di biogas per l'elettricità da essi prodotta (GSE; 2017), la produzione di biometano risulta invece più remunerativa della sola produzione di biogas. La tabella 13 riporta i risparmi economici generati in questo scenario a seconda del volume di rifiuti organici destinati alla produzione di biometano: sono ipotizzati quattro diversi livelli di diffusione, pari ai quantitativi che potrebbero essere gestiti effettuando l'*upgrading* del 25%, 50%, 75% e 100% degli impianti di biogas attualmente esistenti.

Tabella 13

upgrading impianti quantitativi di investimenti aggiuntivi risparmi generati rispetto (quota sulla base FORSU in necessari per l'upgrading alla produzione di biogas operativa nel 2015) ingresso (ton) (€) (€anno)			
25%	400.000	20.000.000	2.836.996
50%	800.000	40.000.000	5.673.992
75%	1.200.000	60.000.000	8.510.988
100%	1.600.000	80.000.000	11.347.984

4.3 RAEE

I rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) sono identificati come uno dei settori da regolare in relazione ai principi di prevenzione, recupero e smaltimento sicuro dei rifiuti (CE, 1997). La presenza di componenti pericolosi nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (AEE) solleva infatti grandi problemi nella fase di gestione dei rifiuti. A partire dal 2016 è entrato in vigore il nuovo insieme di target, come disposto dal D.Lgs sulla base della Direttiva 19/2012:

- per il triennio 2016 - 2018 il tasso di raccolta è posto al 45% dell'immesso al consumo di AEE nei tre anni precedenti.
- a partire dal 2019 il tasso di raccolta obiettivo è posto al 65% dell'immesso al consumo o, alternativamente, all'85% dei RAEE generati nel 2019.

A fronte del cambiamento del criterio di definizione degli obiettivi, l'incremento dei quantitativi raccolti registrato nel 2016, pari ad un valore medio per abitante di 4,7 kg, non è sufficientemente alto per il rispetto della normativa. I quantitativi raccolti nell'ultimo anno rendicontato corrispondono infatti a circa il 35% dell'immesso al consumo. Le motivazioni del distacco tra i risultati registrati e gli obiettivi sono molteplici e riguardano diversi punti lungo la filiera, ma le maggiori distorsioni sono dovute all'attività di concorrenza che gli operatori al di fuori del sistema compiono parallelamente ai sistemi collettivi: i RAEE riciclati in maniera inadeguata potrebbero essere pari a circa il 30% del totale dei rifiuti generati (CEWIT, 2015), mentre altri rifiuti vengono smaltiti attraverso procedure illegali, come la scorretta destinazione del rifiuto (waste bean), l'abbandono, il trattamento e la rottamazione non autorizzati.

Oltre agli obiettivi di raccolta, la normativa pone un limite minimo alla percentuale di materiali recuperati e riciclati per le diverse categorie di RAEE raccolti che vanno dal 70%-80% rispetto al recupero sul totale raccolto e dal 50% all'80% di materiali riciclati sul totale raccolto. Ad oggi, la percentuale di recupero e riciclaggio sul totale raccolto effettuata dai sistemi collettivi può essere considerata in linea con gli obiettivi (Remedia, 2017). Gli impatti economici sono stati calcolati seguendo la metodologia descritta nel paragrafo precedente e sulla base dei dati forniti da ISPRA (2016) per quanto riguarda i costi della raccolta differenziata. Rapporti di settore (Remedia, 2012; Remedia 2017) e indagini nazionali (Favot, 2015) sono state invece utilizzate per la stima dei costi in capo ai sistemi collettivi e agli impianti di trattamento dei RAEE. Per la stima dei materiali venduti sono stati utilizzati i dati riferiti alle percentuali recuperate per ciascun Raggruppamento dei seguenti materiali: alluminio, ferro, plastica, rame, vetro, piombo. L'evoluzione dei prezzi delle materie prime seconde (MPS) è stato ipotizzato costante rispetto ai valori medi registrati nel 2016. È stato inoltre ipotizzando che il totale dei RAEE domestici raccolti dai consorzi nei diversi anni e scenari siano

opportunamente trattati dagli impianti. La tabella 18 riporta i costi netti del sistema e l'impatto sull'occupazione nei diversi scenari, per il 2020, 2025 e 2030.

Per la filiera dei RAEE è stato necessario svolgere una valutazione degli impatti ambientali della gestione di questo tipo di rifiuti indipendente rispetto al modello WARM, che non include la varietà di prodotti presenti nei diversi Raggruppamenti all'interno delle categorie merceologiche.

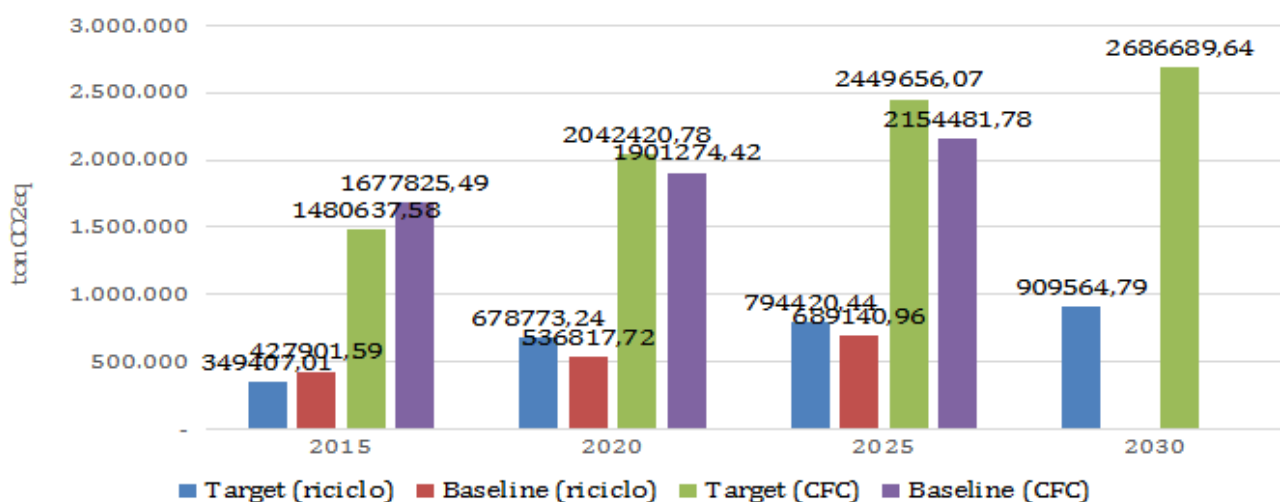
Gli impatti ambientali riconducibili ad una corretta modalità di gestione dei RAEE possono essere suddivisi in:

- Quota di emissioni equivalenti risparmiate attraverso la corretta preparazione al riciclo delle apparecchiature e conseguente smaltimento delle miscele di gas in esse contenute.
- Quota di emissioni equivalenti risparmiata grazie al riciclo dei materiali derivanti dai rifiuti tecnologici gestiti. In questo caso il beneficio deriva dall'utilizzo di una materia prima seconda ricavata.

Tabella 18
baseline

	Tasso di raccolta			Costi netti del sistema (migliaia di euro)		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030
R1	49%	50%	52%			
R2	38%	54%	78%			
R3	174%	120%	92%			
R4	22%	22%	24%			
R5	27%	46%	80%			
Tot	41%	45%	51%	79.649	86.643	87.705
raggiungimento obiettivi						
	Tasso di raccolta			Costi netti del sistema		
	2020	2025	2030	2020	2025	2030
R1	60%	65%	65%			
R2	60%	65%	65%			
R3	174%	120%	92%			
R4	60%	60%	65%			
R5	60%	60%	65%			
Tot	66%	66%	67%	60.185	77.360	102.721
Differenza tra baseline e raggiungimento obiettivi				19.463	9.282	-15.016
Differenza tra baseline 2015 e raggiungimento obiettivi				31.186	38.180	39.242

Figura 10: emissioni risparmiate nella filiera dei RAEE



Le emissioni risparmiate nel 2030 ammontano ad oltre 3.5 milioni di tonnellate, considerando complessivamente il riciclo e lo smaltimento corretto dei RAEE, un aumento di oltre 1.5 milioni di tonnellate rispetto al 2015 e di 0.5 milioni di tonnellate rispetto allo scenario baseline nel 2030.

Inoltre, sono state stimati gli impatti che le attività di ricondizionamento dei prodotti avrebbero in un'ottica di full lifecycle (LCA). Il livello di evoluzione del mercato di ricondizionamento nel 2025 è stato stimato sulla base delle ipotesi riportate nel paragrafo 2.1.1. Particolare attenzione è posta al caso del ricondizionamento di telefoni cellulari e pc: i benefici in termini di emissioni equivalenti evitate andrebbero in questo caso dalle 10.000 ton CO₂eq nel 2025 a 30.000 ton CO₂eq nel 2030.

3.4 Rifiuti da costruzione e demolizione

I quantitativi stimati sono solo una parte del totale prodotto nel nostro paese, dal momento che analizzando i dati di produzione pro-capite dei rifiuti da C&D tra i diversi Paesi si nota come l'Italia abbia registrato nel 2014 una produzione pro-capite pari a 850 kg/ab (e pari a 750 kg/ab se si esclude la quota di rocce e terre da scavo riportata da ISPRA), mentre la Germania una produzione di 2,5 t/ab anno, la Francia di 3,4 t/ab anno e il Regno Unito di 1,8 t/ab anno; in Olanda invece la produzione pro-capite è superiore e pari a 5,3 t/ab anno. Tra le determinanti di questo scarto vi è in primo luogo la diversa rifiuti da costruzione e demolizione, considerati nella rendicontazione nazionale dei Paesi esteri e pari al 50-55% del totale dei rifiuti rendicontati in Germania e Regno Unito. Ulteriori criticità derivano poi dai seguenti fenomeni:

- mancata rendicontazione della parte dei rifiuti da C&D che si genera in interventi di piccola scala, di manutenzione o ristrutturazione, dal momento che le imprese con meno di 15 dipendenti non sono tenute all'elaborazione del MUD.

- mancata rendicontazione delle produzioni eccezionali di rifiuti da demolizione, legate a grandi interventi come le demolizioni di fabbricati abusivi e a quelle dovute a calamità naturali.
- sversamento abusivo dei residui e reimpiego attraverso canali non ufficiali dei rifiuti generati
- Per via di queste complessità nella rendicontazione nazionale non è stato possibile calcolare gli impatti economici ed ambientali di uno scenario di 'baseline', dal momento che le modalità di recupero di materia e le tipologie di rifiuti gestiti non risultano chiaramente distinte. Per la stima delle tipologie di materiale generato è stato necessario identificare la quota di diverse tipologie di rifiuti da C&D (Tabella 11). La ripartizione dei flussi di rifiuti così identificata è stata a sua volta ricondotta alle principali impieghi delle MPS prodotte (ARPAV, 2012; FSS, 2014; ANPAR, 2014).

In particolare, i dati relativi alla produzione di materiali recuperati si basa su un'indagine condotta dall'Associazione Nazionale Produttori Aggregati Riciclati (ANPAR) e si riferiscono ad una quota di impianti che ha trattato nel 2013 oltre 1.590 mila tonnellate di rifiuti da C&D complessivamente: costituiti per il 70% da rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione, per il 20% da terre e rocce, per il 7% da miscele bituminose e il pietrisco e per il 3% da altre tipologie di rifiuti (FSS, 2014).

Tabella 14			
	Recupero	Incenerimento	Discarica
Rifiuti C&D non pericolosi	48.897.000	2.823	2.746.848
Rifiuti C&D non pericolosi meno le terre e rocce	≈38.800.000	n.d.	≈1.000.000
Rifiuti C&D pericolosi	110.000	4.599	304.483
Totale (escluse terre e rocce)	≈39.900.000	≈7.000	≈3.000.000
% sul totale (incluse terre e rocce)	95%	0.001%	5%
% sul totale (escluse terre e rocce)	99%		0.001%

Fonte: ISPRA (2016)

Dalla tabella 15 si evince come le operazioni di riempimento, ovvero qualsiasi operazione di recupero in cui rifiuti idonei sono utilizzati a fini di bonifica in aree scavate o per interventi paesaggistici o costruttivi al posto di altri materiali, costituiscono la quasi totalità delle destinazioni dei rifiuti da C&D per gli impianti da C&D censiti dall'ANPAR. La frazione indesiderata e altri materiali isolanti organici (isolamento termico, isolamento acustico) sono invece generalmente destinati al recupero come combustibile di sostituzione (ISPRA, 2016).

Queste due tipologie di destinazione sono tuttavia opzioni di riutilizzo di minor valore rispetto all'impiego dei rifiuti per la produzione di MPS per l'edilizia. Per quanto riguarda il calcestruzzo ad esempio, i possibili prodotti ricavabili dal trattamento si suddividono tra (WBCS, 2009):

- Aggregato grosso ('coarse aggregate'), può essere utilizzato nelle costruzioni per il 10%-30% sul totale.
- Aggregato fine ('fine aggregate'), che può essere utilizzato nelle costruzioni al posto delle sabbie naturali (natural sands).

Composizione dei rifiuti da C&D prodotti(%)		Composizione dei prodotti derivanti dal trattamento(%)	
Calcestruzzo (CLS) non armato	10	Sottofondi	20,7
Calcestruzzo (CLS) armato	20	Riempimenti (complementari alle opere edili/stradali)	20,7
Laterizio	50	Rilevati	18,5
Asfalti	5	Fondazioni stradali	16,3
Scavi	6	Strati accessori (anticapillare, antigelo, drenante)	6,5
Legno, carta, plastica	2,5	Recuperi ambientali	6,5
Metallo	3	Opere di difesa del territorio e di contenimento	4,3
Gesso	0,5%	Pavimentazione	2,2
Varie	3%	Opere di sostegno (terre rinforzate)	2,2
		Opere a verde	1,1
		Miscele fluide a bassa resistenza	1,1

Fonte (ARPAV, 2012; FSS, 2014)

Per questo tipo di applicazioni tuttavia le caratteristiche qualitative tendono ad essere più importanti, per cui sia gli alti costi di trattamento che la minore diffusione di un mercato per le MPS tendono a rendere questa opzione meno applicata al presente in Italia, dal momento che meno del 2% del totale degli aggregati è stato ottenuto da materiali riciclati nel 2006, contro una media europea del 5% e a fronte di risultati nei in Olanda e Regno Unito che supera il 20% (UEPG, 2013). Facendo riferimento ai costi di trasporto e separazione e ai ricavi delle MPS ricavati dagli operatori del settore nazionali e dai casi studio esteri (WBCS, 2009), risulta come la produzione di calcestruzzo riciclato sia un'attività redditizia, dal momento che tale materiale è scambiato sul mercato ad un prezzo di circa 50 euro a mc, corrispondente a circa 110 euro a tonnellata, a fronte di costi per logistica e separazione inferiori nell'ordine dei 10-15 euro/tonnellata (Beton Eisak, 2011). Al contrario, il basso prezzo sul mercato

di materiali riciclati quali il frantumato stabilizzato e la sabbia e la ghiaia (da 1.5 a 5 euro/ton) rendono il riciclo di tali materiali un'attività a costi netti positivi. Nonostante il target posto dal pacchetto circular economy sia già raggiunto, è stata stimata la potenziale crescita delle attività di riciclo per la produzione di calcestruzzo, di stabilizzato frantumato e di sabbia e ghiaia da laterizio e da scavi. Sono stati stimati i quantitativi di rifiuti ed i relativi costi e vantaggi ambientali per gli anni 2015, 2020, 2025 e 2030.

Tabella 16: costi netti delle diverse opzioni di trattamento dei rifiuti da C&D

Anno	Rifiuti generati (milioni ton)	Costi netti per la produzione di calcestruzzo riciclato (migliaia di euro)	Costi netti per la produzione di stabilizzato frantumato da asfalti (migliaia di euro)	Costi netti per la produzione di sabbia e ghiaia da laterizio e scavi (migliaia di euro)
2015	36,9	(168.553)	70.629	855.693
2020	40,8	(183.601)	77.520	948.200
2025	47,1	(211.993)	97.752	1.002.492
2030	54,0	(242.974)	102.589	1.254.828

Tabella 17: emissioni evitate grazie al recupero dei rifiuti da C&D (ton CO₂eq)

	2015	2020	2025	2030
Calcestruzzo	89.113	97.069	111.391	127.304
Asfalti e scavi	333.383	365.908	422.827	479.746
Laterizi	1.677.221	1.858.542	2.085.194	2.447.836

Inoltre, sono identificabili opzioni di recupero alternative per i materiali che, seppur presenti in frazioni minori, presentano un alto valore per i loro impieghi potenziali (si vedano ad esempio i casi studio del progetto europeo 'Resource Efficient Use of Mixed Waste' CE, 2017). Tra questi sono identificabili:

- Gli isolanti organici e la quota di gesso contenuta nei rifiuti da C&D
- Le plastiche in PVC (polivinilcloruro) che rappresentano il 47% in peso della plastica totale utilizzata (utilizzato in condotti e tubature, rivestimenti per pavimenti e pareti, intelaiature per finestre, profili e isolamenti).
- Gli scarti in gesso (intonaci a base di gesso e cartongesso), ad oggi comunemente conferiti in discarica ma che in alternativa possono essere recuperati con un impatto positivo sia economico che ambientale (FSS, 2016).

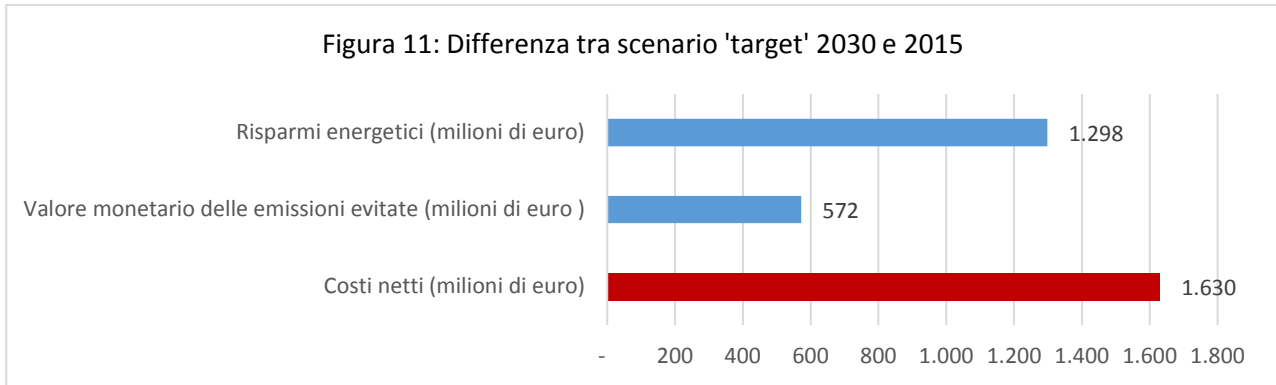
5. Conclusioni

L'analisi condotta ha permesso di stimare gli impatti ambientali ed economici della gestione dei rifiuti in Italia nell'ottica dell'economia circolare con riferimento ai seguenti settori: imballaggi, frazione organica dei rifiuti urbani, rifiuti da costruzione e demolizione, RAEE. Per ogni categoria di rifiuti considerati sono stati stimati i flussi dei quantitativi immessi al consumo e i rifiuti generati al 2030 sulla base dell'evoluzione di fattori macroeconomici, sociodemografici e di innovazione tecnologica. La valutazione ambientale degli scenari è condotta utilizzando il modello WARM (Waste Reduction Model), modello che calcola le emissioni di ogni scenario, in tonnellate di equivalente di anidride carbonica (MTCO_{2E}) e i risparmi energetici di ogni scenario. La ripartizione ottimale dei flussi dei rifiuti tra le diverse modalità di gestione è valutata in un'ottica di minimizzazione del costo netto (costi della gestione e del trattamento del rifiuto meno gli eventuali ricavi originati dalla vendita delle materie recuperate), sotto il vincolo del raggiungimento dei target di riciclaggio posti dalla Direttiva. I risultati che derivano dall'applicazione delle componenti economiche permettono quindi di stimare, per ciascuna categoria e/o specifica tipologia di rifiuto, i costi della raccolta e del trattamento (compresi i costi d'investimento e i costi operativi) e ricavi derivanti dalla vendita di materiali.

Per quanto riguarda la filiera degli imballaggi, il pieno raggiungimento dei target al 2030 comporta, rispetto al 2015, un incremento dei costi netti del sistema pari a oltre 1.6 miliardi di euro, la riduzione delle emissioni pari a 11 milioni di tonnellate di CO_{2eq} e risparmi energetici per 55 Mbtu. Lo scenario di gestione della FORSU coerente con gli obiettivi del pacchetto circolare nel 2030 comporta, rispetto al 2015, un incremento dei costi netti del sistema pari a oltre 290 milioni di euro, la riduzione delle emissioni pari a 1 milione di tonnellate di CO_{2eq} e risparmi energetici per 4 Mbtu. Lo scenario di raggiungimento dei target nella gestione dei RAEE nel 2030 comporta, rispetto al 2015, un aumento dei costi netti di sistema pari a quasi 40 milioni di euro e una riduzione delle emissioni pari ad oltre 1.5 milioni di tonnellate. Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, nonostante il target posto dal pacchetto circular economy sia già raggiunto, è stata stimata la potenziale crescita delle attività di riciclo per la produzione di calcestruzzo, di stabilizzato frantumato e di sabbia e ghiaia da laterizio e da scavi. Nel 2030 la crescita delle attività di riciclo di queste tipologie di materiali risulta in un costo netto pari a circa 1.1 milioni di euro e in una riduzione delle emissioni pari ad oltre 2.4 milioni di tonnellate di CO₂. Nel 2030, rispetto ai valori stimati per il 2015, si registra un aumento di oltre 300 milioni di euro e di 800 mila tonnellate di CO₂ risparmiate.

La figura 11 riporta, sommando i risultati ottenuti per i diversi materiali, i costi netti industriali incrementali ed i benefici ambientali ed energetici annuali relativi al raggiungimento del target nel

2030 rispetto ai valori stimati per il 2015: emerge come i costi netti incrementali necessari in un sistema coerente con gli obiettivi del Pacchetto Circular Economy, pari a circa 1.6 miliardi, siano più che bilanciati dalla somma dei valori monetari dei benefici ambientali e del consumo di energia risparmiato, pari rispettivamente a 572 milioni e 1,29 miliardi di euro.



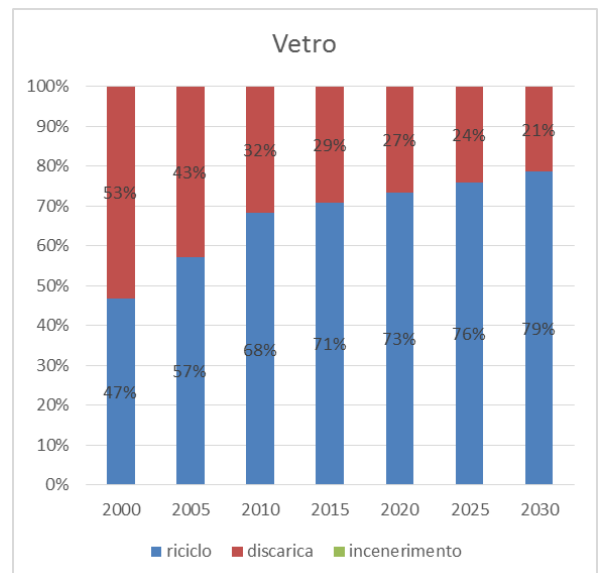
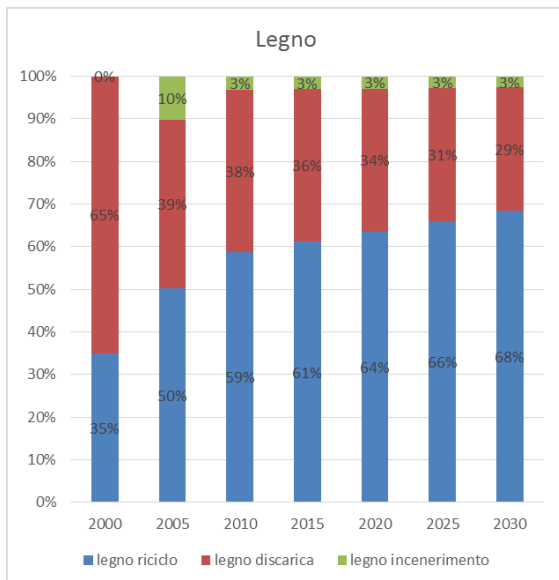
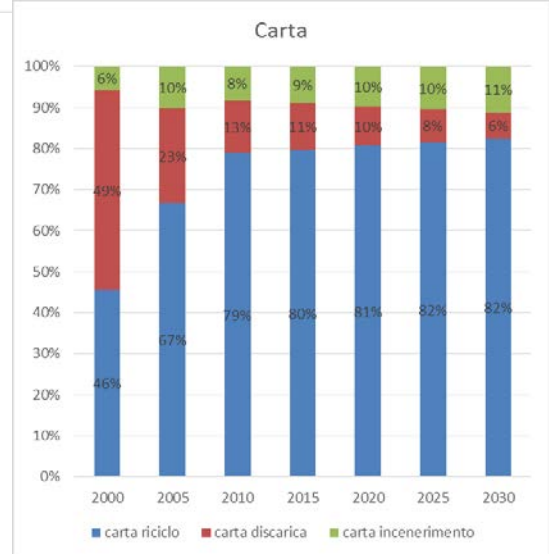
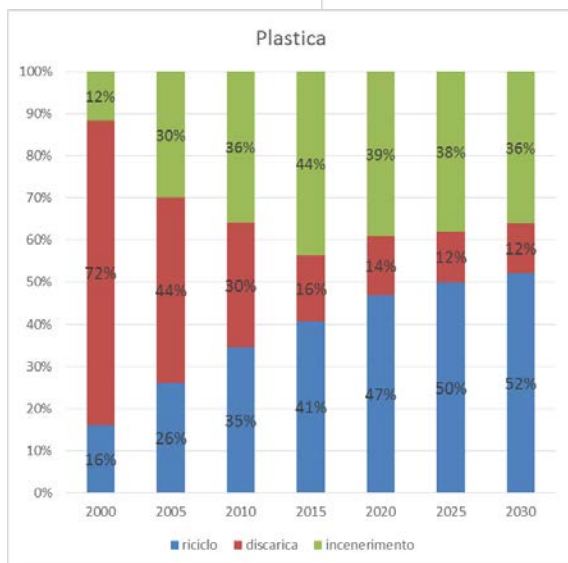
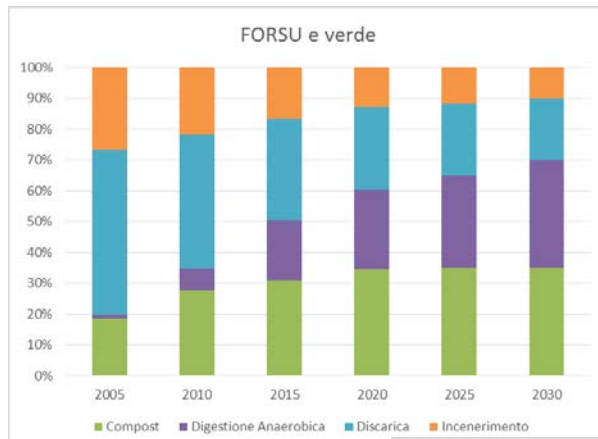
6. Appendice

Flussi della generazione dei rifiuti da imballaggio e FORSU

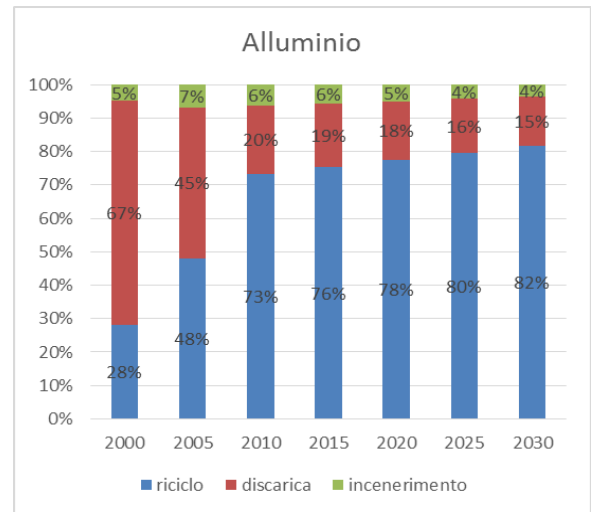
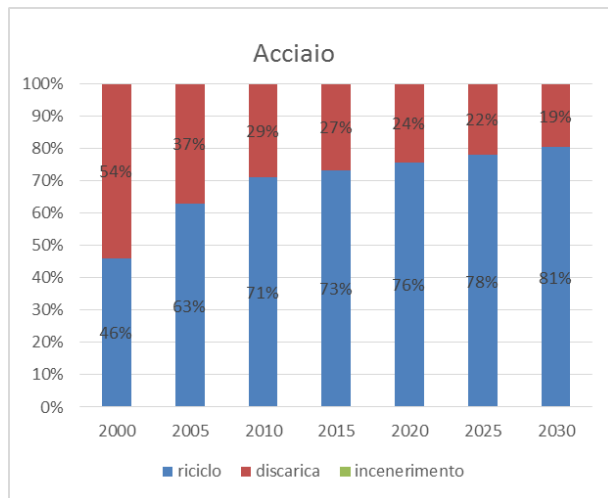


Fonte: IEFE-Università Bocconi

Scenari di generazione dei rifiuti da imballaggio



Fonte: IEFE - Bocconi



7. Bibliografia

Best, J., 2016, 'Brick by brick: Will modular handsets save the smartphone market, or destroy it?' ([http:// www.zdnet.com/article/brick-by-brick-will-modular-handsets-save-the-smartphone-market-or-destroy-it](http://www.zdnet.com/article/brick-by-brick-will-modular-handsets-save-the-smartphone-market-or-destroy-it))

Commissione Europea, (2017) Report From The Commission To The European Parliament And The Council on the Commission pursuant to Directive 2012/19/EU

Gruppo Italiano Fabbricanti Cartone Ondulato

CONAI (2016) Programma Generale di prevenzione e di gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggi – relazione generale consuntiva 2015.

European Environment Agency (2017), Circular by design – Products of the circular economy. EEA report No 6/2017

FIPE, (2016) Rapporto Ristorazione 2016.

Fairphone, 2016, 'Fairphone roadmap' ([https:// www.fairphone.com/roadmap/lifecycle/](https://www.fairphone.com/roadmap/lifecycle/))

ISTAT, 2010 La misurazione delle tipologie familiari nelle indagini di popolazione.

Favot M. (2015). Why manufacturers of electrical and electronic Equipment (eee) create producer responsibility Organizations (pros) to comply with the weee Directive? The case of erp italia srl With focus on costs. Environmental Engineering and Management Journal July 2015, Vol.14, No. 7, 1595-1602

Prakash, S., Dehoust, G., Gsell, M., Schleicher, T. and Stamminger, R., 2016a, The influence of products' service time on their environmental impact) Umweltbundesamt 11/2016.

The Industry Council for Packaging and the Environment - INCPEN, (1996). Environmental Impact of Packaging in the UK Food Supply System.

Wang, F., Huismann, J., Stevels, A. and Balde, C., 2013, 'Enhancing E-waste estimates: Improving data quality by multivariate input-output analysis', *Waste Management* 33(11), 2 397-2 407.

Worrell E., Van Sluisveld M., (2013). Material efficiency in Dutch packaging policy. In Discussion Meeting Issue 'Material efficiency: providing material services with less material production'.

Piattaforma Biometano, 2016. Documento programmatico.

Arpenergia 2016. EUren Italia. Centrali di produzione di biometano. Disponibile su: http://www.aspenergia.it/files2/004%20AlbertoBattiloroEuren_%2028-06-2016.pdf

Eurostat, 2017 Recycling – secondary material price indicator Database. Disponibile su: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Recycling_%E2%80%93_secondary_material_price_indicator

COMIECO <http://www.comieco.org/media/ruolo/rilevazioni-macero-grafici-new.pdf>

Ecodom, (2017). Rapporto di sostenibilità 2016.

WBCS, (2009). The Cement Sustainability Initiative: recycling concrete. World Business Council for Sustainable Development report.

UEPG, (2006). Providing essential materials for Europe Study Aggregates from Construction & Demolition Waste in Europe. European Aggregates Association Report.

European Commission, (2017). http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/mixed_waste.htm

Cassa Depositi e Prestiti (2014), Rifiuti. Studi di settore <http://www.cdp.it/Media/Studi/Studi-Di-Settore/Rifiuti.kl>

<http://www.finanze.it/opencms/it/fiscalita-regionale-e-locale/iuc-imposta-unica-comunale-imu-tariffa-00001/tari-tassa-sui-rifiuti/>

EEA (2011), "Environmental Fiscal Reform – Illustrative Potential in Italy", EEA Staff Position Note 11/01.

Eunomia (2016) "Study on assessing the environmental fiscal reform potential for the EU28"

MATTM (2016) "Catalogo dei sussidi ambientalmente favorevoli e dei sussidi ambientalmente dannosi 2016".

OCSE (2013), "Reviewing Environmental Performance: Italy 2013", OECD Publishing.

Accenture (2014) "Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth"

BIO-Deloitte (2014), "Development of Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR) – final report, Study for the DG Environment of the European Commission

BIO-Deloitte (2015), "Screening template for Construction and Demolition Waste management in Italy - V2 – October 2015".