

LITTERally living in waste: una prima analisi della produzione e gestione dei rifiuti in Toscana

1. Introduzione

L'obiettivo di questa nota è riportare alcuni risultati preliminari di un'analisi sul ciclo dei rifiuti in Toscana, funzionale allo sviluppo di un modello input-output di analisi integrata dei rifiuti (modello LITTER-IRPET), che potrà essere utilizzato nella valutazione ex-ante delle politiche ambientali. Inoltre, qualora collegato al modello economico di IRPET, potrà i) prevedere quantità e tipologia di rifiuti prodotti dal sistema economico, al fine di valutare i costi della gestione dei rifiuti, in termini sia economici sia ambientali; ii) identificare eventuali criticità nel sistema di gestione dei rifiuti; iii) individuare potenziali mercati per sottoprodotti e materie prime seconde (Nakamura, 1999; Nakamura e Kondo, 2002; Lenzen e Reynolds, 2014).

Perché i rifiuti sono un problema? Secondo alcune stime della Banca Mondiale (Silpa et al., 2018), nel mondo si producono

circa 2 miliardi di tonnellate di rifiuti solidi urbani e, se non si agisce con azioni concrete e condivise nel breve periodo, la previsione è di un aumento del 70% entro il 2050. La recente pandemia potrebbe aver aggravato la situazione, con un aumento consistente dei rifiuti sanitari e di altre tipologie di rifiuti pericolosi e con elevati costi di gestione (Das et al., 2021).

A parte l'evidente necessità di collocarli fisicamente e gestire adeguatamente sostanze pericolose per l'ambiente e la salute umana, la produzione crescente di scarti non recuperati è incompatibile con qualsiasi strategia di sviluppo sostenibile. Già negli anni Settanta, Georgescu-Roegen rilevava l'assurdità di considerare che lo scopo del processo economico fosse di generare rifiuti. L'aumento degli scarti, infatti, comporta un livello crescente di entropia dei nostri ecosistemi, cioè di energia e materia non più utilizzabili¹.

In un mondo in cui la pressione sulle risorse e il cambiamento climatico mettono a dura prova l'esistenza stessa del pianeta e dei suoi abitanti, la strategia di compensare gli aumenti di entropia del proprio ecosistema utilizzando le risorse degli ecosistemi altrui non è più un'opzione valida. L'unica alternativa possibile è, invece, quella di sostituire modelli di produzione e consumo take-make-dispose con elementi di circolarità nel processo produttivo, in grado di restituire valore agli scarti (Ghisellini et al., 2016; McDonough and Braungart, 2013; McDonough and Braungart 2003), e procedere verso strategie di zero waste².

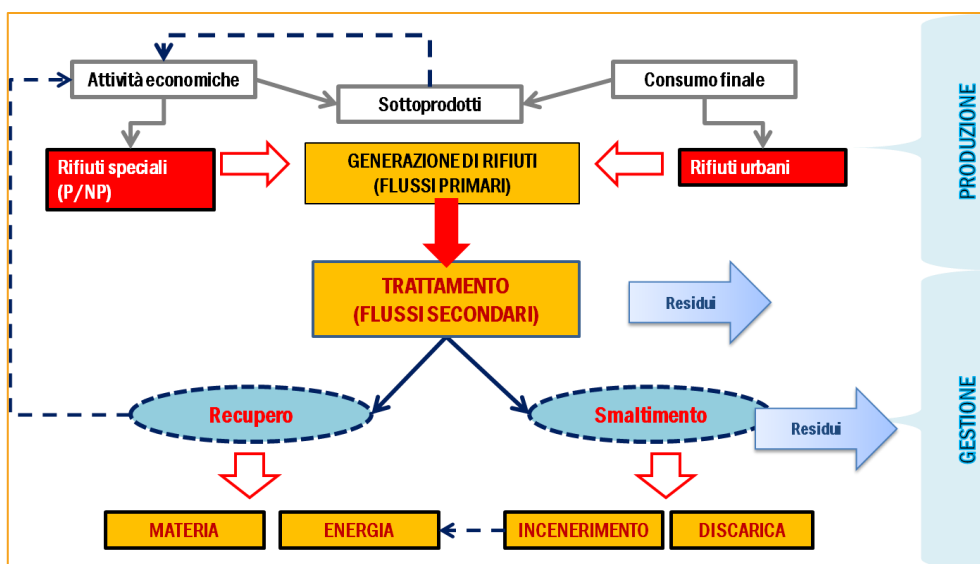
Ovviamente si tratta di obiettivi ambiziosi, soprattutto se si considera la complessità dei nostri sistemi produttivi e, di conseguenza, del ciclo dei rifiuti. La figura 1 riporta, in maniera estremamente semplificata, il funzionamento del ciclo dei rifiuti, nelle sue fasi di produzione e gestione. Una prima rilevante distinzione è tra rifiuti prodotti dal consumo finale, o rifiuti urbani (RU), e rifiuti prodotti dai settori economici, o rifiuti speciali (RS). Questi due gruppi compongono il flusso primario di rifiuti, che sarà sottoposto a trattamenti preliminari di stabilizzazione o ricondizionamento prima di essere recuperato o smaltito. Il flusso in uscita dai settori di trattamento è definito flusso secondario di rifiuti. La scelta di gestire i propri rifiuti *in-house* o di esportarne una parte verso altre regioni o l'estero, dipende sia dalla disponibilità di impianti adeguati a trattare gli scarti delle attività produttive e dei residenti, sia dalle specifiche caratteristiche dei rifiuti generati³.

¹ Mentre secondo la prima legge della termodinamica l'energia e la materia non si distruggono ma si trasformano, la seconda legge della termodinamica afferma che questa trasformazione determina una progressiva degradazione delle risorse, che ne riduce la possibilità di utilizzo. Questo è un processo irreversibile. Vedi Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press. p. 18.

² La riduzione della generazione di rifiuti e, in prospettiva, l'eliminazione definitiva degli scarti, soprattutto quelli pericolosi, sono contenuti nell'ob. 12.5 di Agenda 2030 e recepiti nella strategia europea di gestione dei rifiuti. Vedi https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en

³ Uno degli obiettivi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e del Programma Nazionale per la Gestione dei Rifiuti è di ridurre il gap tra regioni nella gestione efficiente e sostenibile dei rifiuti. La strategia di Regione Toscana punta esplicitamente al recupero degli scarti nel ciclo produttivo e a creare sinergie al fine di limitare la produzione di rifiuti, ridurre l'uso di risorse naturali ed estendere il ciclo di vita dei prodotti, in un'ottica di economia circolare, con particolare riferimento ai settori di specializzazione dell'economia toscana.

Figura 1.
CICLO DEI RIFIUTI

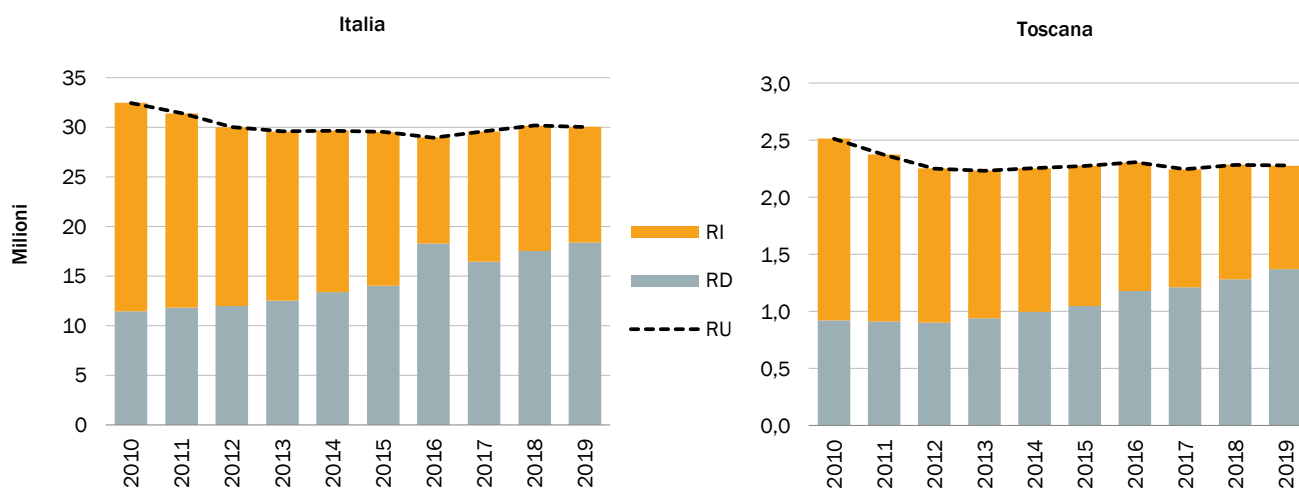


Fonte: Elaborazione IRPET

2. Produzione e gestione dei rifiuti urbani

Nel 2019 in Toscana sono stati prodotti rifiuti urbani (RU) per un totale di 2,28 milioni di tonnellate: i residenti in Toscana, il cui peso sul totale della popolazione italiana è del 6%, generano il 7% del totale di RU nazionali. Nell'ultimo decennio i rifiuti urbani toscani si sono ridotti di quasi il 10% a fronte di un calo a livello nazionale più contenuto (-7%).

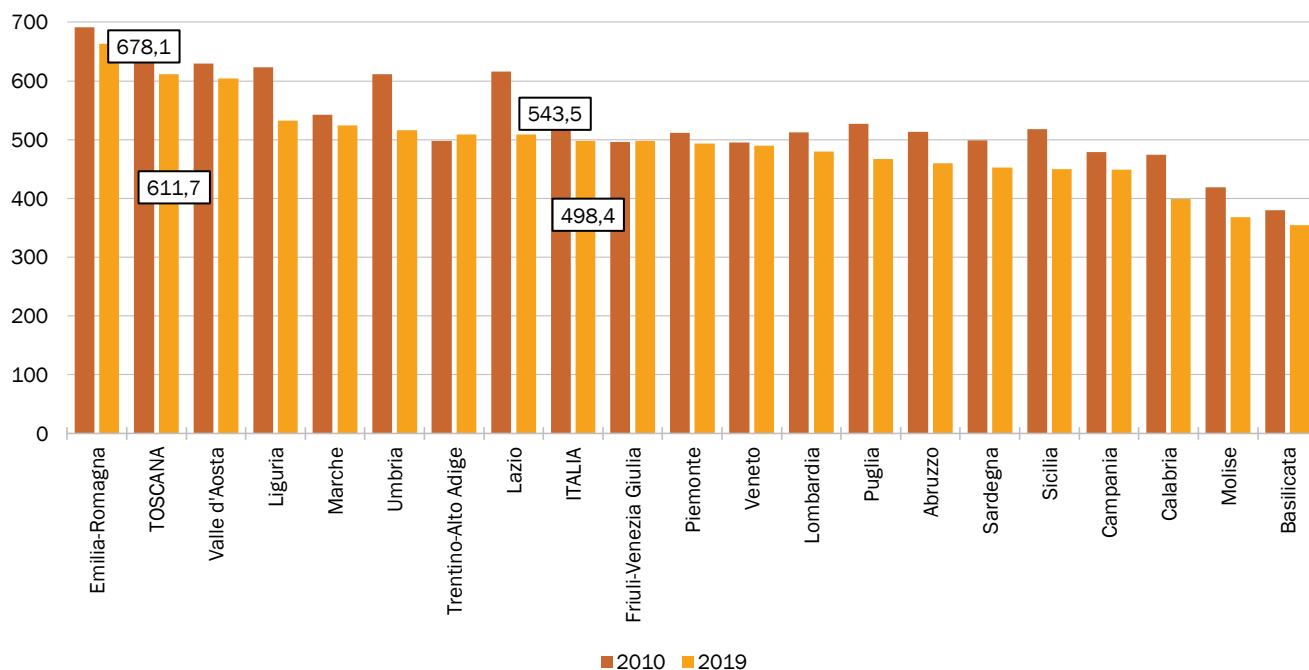
Figura 2.
PRODUZIONE DI RIFIUTI URBANI IN ITALIA E TOSCANA. 2010-2019



Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

Nonostante l'ammontare totale di RU prodotti in Toscana si sia ridotto più che nel resto d'Italia, dalla comparazione con le altre regioni emerge un quadro più complesso. La produzione di RU è, tra le altre determinanti (per es., il reddito), funzione della popolazione, per cui le regioni più popolose genereranno anche una quantità maggiore di rifiuti: quasi la metà del totale nazionale di RU è prodotta dalle quattro regioni più popolose. Tuttavia, se pesiamo la produzione di RU per il numero di abitanti, la Toscana è seconda solo all'Emilia Romagna nella generazione di RU per abitante: in un anno, infatti, ogni residente toscano produce oltre 600 kg di RU, corrispondenti a 1,7 kg al giorno, a fronte di una media nazionale di meno di 500 kg (Figura 3).

Figura 3.
 PRODUZIONE DI RU/PC PER REGIONE (KG). 2019



Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

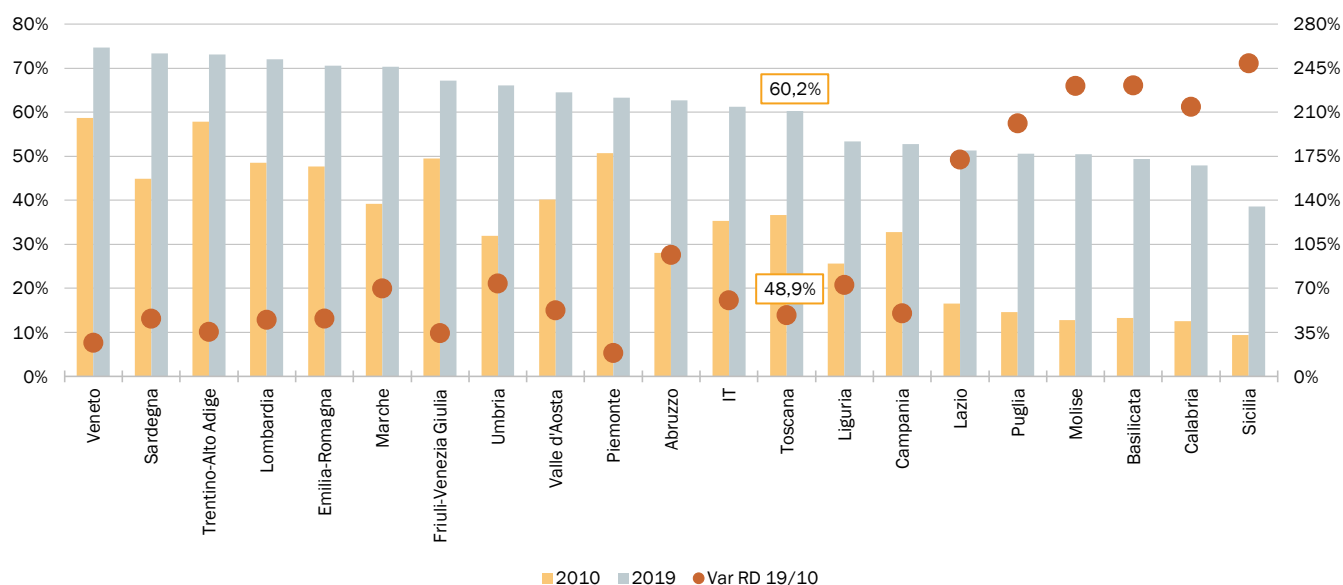
Come già rilevato da AAAR (2020a), il dato sulla produzione pro-capite di RU in Toscana potrebbe essere distorto dalla presenza di due fattori. Da una parte, il peso del turismo. Per comprendere l'effetto del turismo sulla produzione urbana di rifiuti abbiamo calcolato gli abitanti equivalenti, sommando alla popolazione residente le presenze turistiche giornaliere. Non sembra che influiscano sul posizionamento della Toscana, anche se un'analisi più approfondita dovrebbe tenere conto dei flussi di turismo non ufficiale (per es. quello delle seconde case, particolarmente rilevante nel Sud della Toscana) e dell'impatto dei flussi turistici sulla generazione locale dei RU.

E' altresì vero che altre regioni a forte vocazione turistica non presentano gli stessi valori di produzione pro-capite di RU della Toscana: per esempio, il Veneto o il Trentino-Alto Adige, mentre Valle d'Aosta e Liguria si avvicinano di più al caso della Toscana.

L'altro elemento che va tenuto in considerazione è che la Toscana ha scelto l'assimilazione ai RU di alcuni rifiuti speciali non pericolosi, in particolare i materiali misti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti, i rifiuti combustibili, la parte di rifiuti urbani e simili non compostata, il compost fuori specifica e i rifiuti provenienti dal trattamento aerobico dei rifiuti non specificati altrimenti (AAAR, 2020a).

Attualmente due terzi dei RU regionali finisce nella raccolta differenziata (RD). La Toscana nell'ultimo decennio è riuscita, da una parte, a diminuire la sua produzione di RU più che nel resto d'Italia, e, dall'altra, a raddoppiare la quantità di rifiuti differenziabili, sostanzialmente in linea con la media nazionale. Permangono, tuttavia, delle criticità che non vanno sottovalutate. Innanzitutto, il posizionamento della Toscana, lontana dalle regioni *benchmark* del Nord-Italia, ma anche da molte del Centro-Italia: si consideri che le prime cinque regioni per quota più elevata di RD, mediamente, differenziano il 70% della propria produzione di RU. Inoltre, sembra che gli sforzi di convergenza di alcune regioni del Sud Italia e del Lazio, che sconta la presenza di una grande città metropolitana come Roma, siano maggiori rispetto a quello della Toscana (Figura 4).

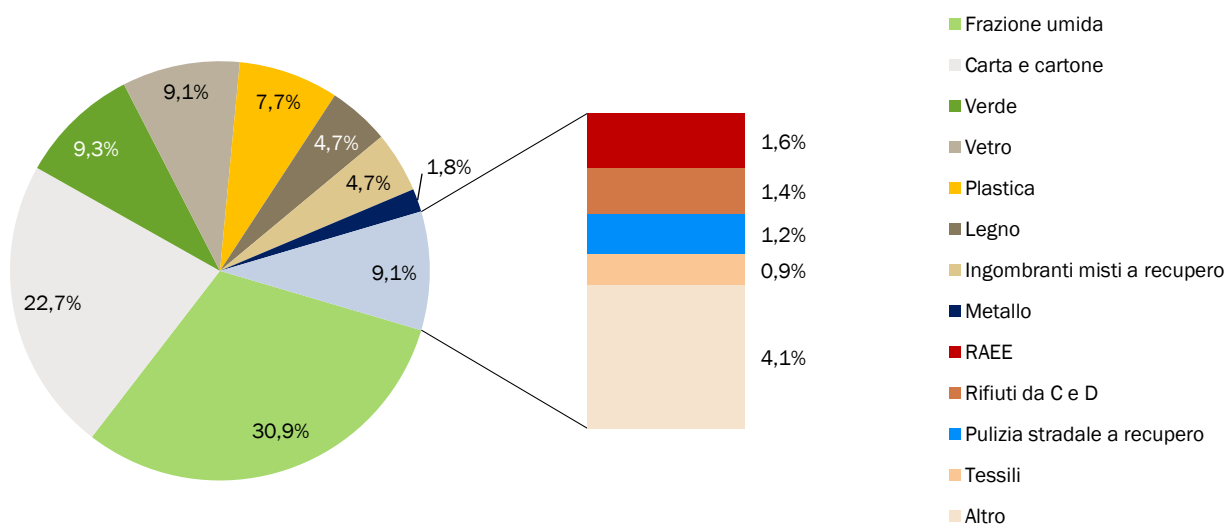
Figura 4.
QUOTA DI RD NEL 2010 E 2019 E VARIAZIONI PER REGIONE



Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

La figura 5 mostra la composizione della RD in Toscana. Circa il 40% è composto di rifiuti organici, cioè la frazione umida domestica, comprensiva anche dei rifiuti delle mense e il cosiddetto “verde”, vale a dire i rifiuti da sfalci e potature dei giardini. Il 23% da carta e cartone e, a seguire, vetro, plastica, legno, ingombranti misti, il cui recupero è aumentato notevolmente negli ultimi anni, e metalli. La componente residuale contiene anche i rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) e quelli da costruzione e demolizione, che, pur non pesando tanto sul totale, richiede modalità di smaltimento specifiche.

Figura 5.
COMPOSIZIONE DELLA RD. TOSCANA. 2019

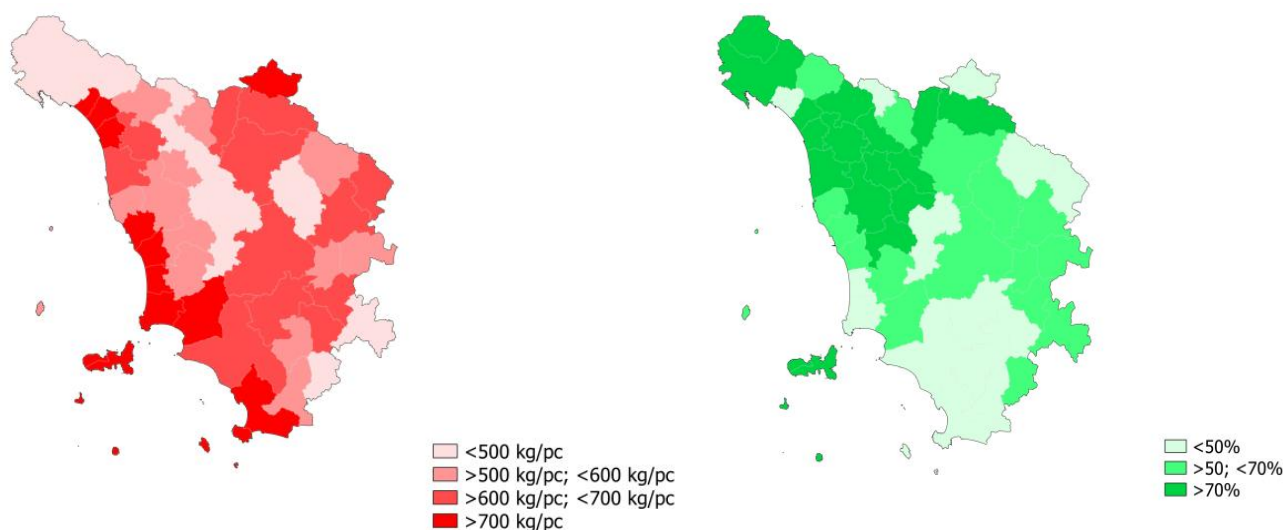


Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

Infine, presentiamo brevemente alcuni dati sulla generazione di RU e sulla RD a livello di sistemi locali del lavoro (SLL). La mappa a sinistra nella figura 6 riporta la produzione di RU procapite per anno. Identifichiamo principalmente due aree a maggiore intensità di produzione di rifiuti: una segue la direttrice che va dalla città metropolitana di Firenze, compresa, quindi, l'area del Mugello, verso la Siena-Grosseto; l'altra è quella della costa e, in particolare, le zone a maggiore attrattività turistica. Quest'ultimo elemento avvalorerebbe l'ipotesi che, almeno a livello locale, il turismo sarebbe un fattore determinante nella generazione di RU.

Per quanto riguarda, invece, la RD, la distanza tra nord e sud della Toscana risulta più evidente, con l'area che va dalla costa maremmana verso l'interno che presenta quote di RD inferiori al 50%. D'altra parte, la direttrice che va da Prato verso la costa, comprendendo anche tutta l'area dell'empolese, mostra valori di RD vicini a quelli più elevati a livello nazionale.

Figura 6.
RU PRO-CAPITE (SX) E QUOTA DI RD (DX) PER SLL. TOSCANA. 2019

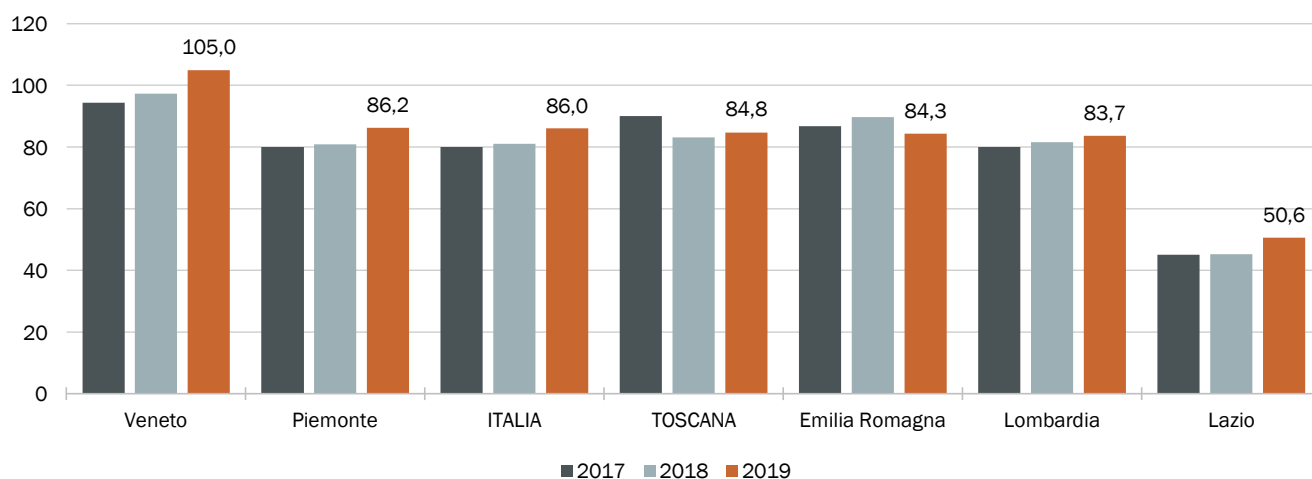


Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

3. Produzione e gestione dei rifiuti speciali

La quantità e la composizione dei rifiuti speciali (RS), cioè i rifiuti generati dai settori economici, sono legate al volume di beni e servizi prodotti e alla struttura della propria economia in termini di specializzazioni produttive. Di conseguenza, a livelli elevati di produzione corrispondono quantità maggiori di rifiuti generati, mentre la prevalenza di certi processi produttivi rispetto ad altri influenza la composizione di RS. In Toscana nel 2019 sono stati prodotti oltre 10 milioni di tonnellate di RS, ovvero il 6,6% del totale di RS italiani, in linea sostanzialmente con la quota di prodotto interno lordo (PIL) prodotta dall'economia toscana. Se pesiamo la quantità di rifiuti prodotti per il PIL regionale, la Toscana si posiziona nella media italiana, producendo circa 85 tonnellate di rifiuti per ogni milione di Euro prodotto (Figura 7).

Figura 7.
QUANTITÀ DI RS PRODOTTI IN TOSCANA E ALTRE REGIONI PER MILIONE DI EURO DI PIL. MEDIA TRIENNALE 2017-2019



Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

Non tutti i settori, ovviamente, si allineano su questi valori medi e la quantità prodotta non è l'unico fattore da tenere in considerazione nelle scelte produttive e di gestione dei RS. La tabella 1 mostra l'incidenza dei RS

prodotti sul totale e l'intensità di generazione dei settori economici⁴. Abbiamo, inoltre, aggiunto la quota di RS pericolosi, definiti nella Direttiva 91/689/CEE, che prevede sia un elenco di RS pericolosi sia specifici costituenti e caratteristiche sulla base dei quali gli stati membri possono aggiungerne altri, sul totale di ciascun settore⁵. In Toscana il 4,4% dei RS prodotti è pericoloso (oltre 400mila tonnellate) ed è composto principalmente da imballaggi contenenti sostanze pericolose o da esse contaminate, oli motore e lubrificanti, materiale assorbente contaminato da sostanze pericolose, varie tipologie di fanghi di depurazione e solventi. I primi tre settori per produzione di RS generano l'80% di RS: si tratta del settore edile, che produce rifiuti ingombranti ma perlopiù non pericolosi, del settore di gestione dei rifiuti e della rete fognaria e del settore chimico, che invece presentano sia un'elevata intensità di produzione di rifiuti sia una maggiore pericolosità. Seguono, poi, settori fortemente caratterizzanti la struttura produttiva toscana, ovvero il settore cartario e quello tessile, dell'abbigliamento e della pelle.

Da notare che alcuni settori, pur non incidendo in maniera rilevante sulla quantità di rifiuti prodotta, si caratterizzano per un'elevata intensità di produzione: per esempio, i servizi di gestione dell'acqua, per uso domestico e industriale, e l'industria di minerali non metalliferi, ovvero la lavorazione del marmo, del vetro e di altri materiali. Per questi settori, a tecnologia costante, ogni aumento della produzione può incidere sul volume di rifiuti totali prodotti.

Infine, altri settori producono meno rifiuti ma con una quota elevata di pericolosi, che può influenzare notevolmente i costi di gestione, in particolare se le capacità di smaltimento a livello locale sono limitate, ma soprattutto impattare negativamente sulla salute umana e sull'ambiente. Un terzo dei rifiuti provenienti da riparazione di veicoli e motocicli è pericoloso. A questo settore vanno aggiunti i RS pericolosi provenienti dalla raffinazione del petrolio e dalla fabbricazione di macchinari e apparecchiature e dei prodotti in metallo.

Tabella 1.
QUANTITÀ DI RIFIUTI PRODOTTI IN TOSCANA PER MILIONE DI EURO DAI SETTORI ECONOMICI. 2017

	Incidenza sul totale (%)	Intensità di generazione dei rifiuti (t/M€)	Quota di RS-pericolosi (%)
Costruzioni e demolizioni	40,2	394,0	0,50
Gestione reti fognarie; Raccolta, trattamento, smaltimento rifiuti, recupero materiali; Altri servizi gestione rifiuti	34,7	1943,3	7,20
Fabbricazione di prodotti chimici	5,9	204,8	2,71
Fabbricazione di carta e di prodotti in carta	2,7	69,9	0,55
Tessile, abbigliamento e pelle	2,7	14,2	1,52
Riparazione veicoli e motocicli	2,6	12,0	33,80
Industria minerali non metalliferi	2,4	113,5	1,95
Industria alimentare e delle bevande	1,5	29,5	0,53
Raccolta, trattamento e fornitura di acqua	1,4	166,0	0,06
Industria metallurgica	1,3	27,4	8,06
Fabbricazione di prodotti in metallo (escluse macchinari e attrezzature)	1,1	31,9	17,33
Trasporto e magazzinaggio	0,5	4,0	2,78
Elettricità, gas, vapore, aria-condizionata	0,4	8,1	12,83
Mobili e altra manifattura	0,3	7,2	14,53
Fabbricazione di macchinari e apparecchiature n.c.a.	0,3	5,3	20,50
Industria gomma e materie plastiche	0,3	15,9	8,34
Industria del legno (esclusi mobili)	0,3	32,9	2,46
Raffinerie petrolio, fabbricazione coke	0,2	8,4	26,44
Fabbricazione autoveicoli rimorchi e semirimorchi	0,2	13,3	14,03
Estrazione minerali cave e miniere	0,2	43,5	0,89

Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA e irpet irioreg 2017

Il quadro appena descritto è solo parziale, in quanto la produzione di RS è legata ai processi produttivi più che al singolo settore. Per comprendere effettivamente quantità e caratteristiche dei RS generati dalla propria economia e valutarne l'impatto economico e ambientale, la generazione di rifiuti andrebbe seguita lungo l'intera filiera produttiva.

⁴ Si è utilizzato il 2017 come anno di riferimento per la disponibilità del dato sulla produzione disaggregato per settori economici (fonte: modello input-output interregionale di Irpet). Il coefficiente di generazione di rifiuti $G_{bi} = W_{bi} / x_i$ è funzione dello specifico processo produttivo da cui originano i rifiuti, quindi della tecnologia prevalentemente utilizzata, e indica il rapporto fisso tra generazione di rifiuti e produzione. Di conseguenza, è indipendente dalle variazioni congiunturali della produzione.

⁵ Tra i costituenti si trovano i composti di cromo esavalente, piombo, cadmio, stagno, rame e altre sostanze, alcuni composti farmaceutici e veterinari, alcuni solventi, gli idrocarburi, ecc... Tra le caratteristiche si identificano l'infiammabilità, la nocività, la tossicità, l'infettività, ecc...

Facciamo l'esempio della chimica. La quasi totalità di rifiuti prodotti dal settore della chimica in Toscana deriva da processi chimici inorganici per la produzione di diossido di titanio, utilizzato nella produzione di pigmenti richiesti da diversi settori industriali, non solo toscani, e solo una piccola parte deriva da processi di chimica organica. Tuttavia, le industrie toscane importano prodotti chimici dall'estero per 1,4 miliardi di Euro e dalle altre regioni italiane per 1,8 miliardi di Euro. Ipotizzando una tecnologia simile a quella dell'industria chimica toscana, la domanda delle imprese toscane di prodotti chimici genererebbe circa 360mila tonnellate di RS all'estero e quasi 300mila tonnellate nel resto d'Italia (escluse le circa 500mila tonnellate generate in Toscana). Inoltre i rifiuti chimici sono prodotti non solo dall'industria della chimica ma anche dalle altre industrie, tra cui gomma e plastica, attività di gestione dei rifiuti, il tessile e altri settori.

Incrociano i dati disponibili (ISPRA ed elaborazioni dell'Agencia Regionale Recupero Risorse), abbiamo realizzato una matrice di generazione dei rifiuti (vedi Tabella 4 in Appendice 1). La matrice incrocia le 20 tipologie di rifiuto del Catalogo Europeo dei Rifiuti (CER) con i principali settori economici classificati per ATECO. Anche da questa elaborazione emerge il peso del flusso secondario di RS prodotto dagli impianti di trattamento (CER 19) e dei flussi primari di RS da costruzioni e demolizioni (CER 17) e della chimica inorganica (CER 6).

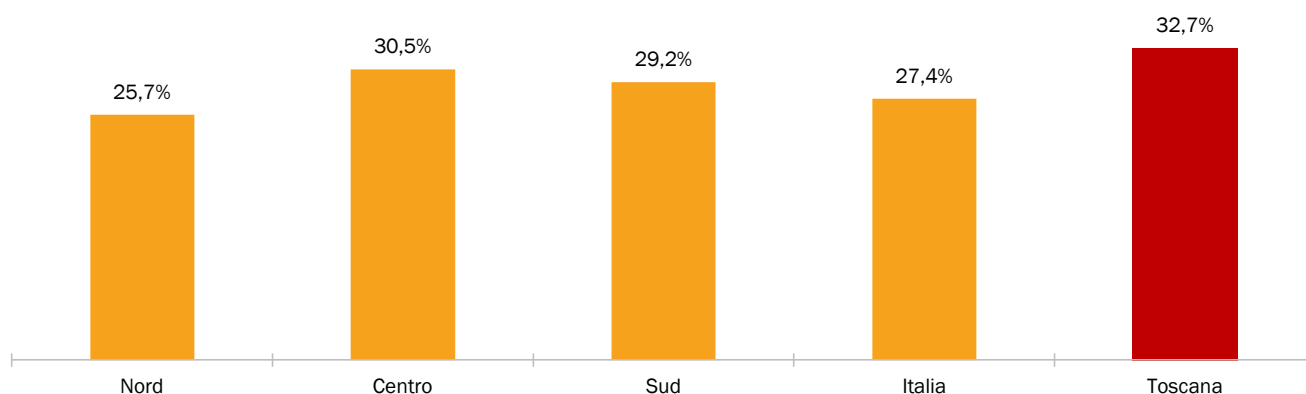
Meritano, inoltre, una particolare attenzione i rifiuti non altrimenti specificati nell'elenco (CER 16), che, sebbene abbiano un peso relativamente contenuto sul totale dei rifiuti (4,3%), si caratterizzano per l'elevata pericolosità: essi comprendono i veicoli fuori uso e i rifiuti derivanti da smantellamento e riparazioni dei veicoli stessi, i rifiuti provenienti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), esplosivi e sostanze chimiche di scarto, batterie e altri accumulatori. Altri rifiuti estremamente pericolosi sono gli oli esauriti e i residui di combustibili liquidi (CER 13) e i rifiuti della metallurgia (CER 11).

Come si diceva sopra, non sempre le aziende che svolgono prevalentemente un'attività economica, e che sono poi incaricate di contrassegnare correttamente i propri RS, producono una sola tipologia di RS. Per esempio, l'industria estrattiva e quella del petrolio producono quasi esclusivamente rifiuti derivanti, rispettivamente, dalle attività di estrazione e prospezione e da quelle di raffinazione. Gli imballaggi, invece, sono una tipologia di RS prodotta da diversi settori, come anche quelli della gomma e della plastica. In questi casi, seguire un prodotto "dalla culla alla tomba" risulta ancora più rilevante, in quanto la produzione di rifiuti avviene lungo l'intero ciclo produttivo fino al consumo del bene finale.

Il peso del flusso secondario di RS sul totale introduce il discorso sulla gestione dei rifiuti. Come abbiamo visto, i rifiuti prodotti dagli impianti di trattamento in Toscana sono oltre un terzo del totale. La media italiana da questo punto di vista è leggermente più bassa, ma se si confronta la Toscana con le regioni del Nord, la distanza aumenta in misura considerevole e la situazione della Toscana è simile a quella del Lazio o della Campania (Figura 8).

Figura 8.

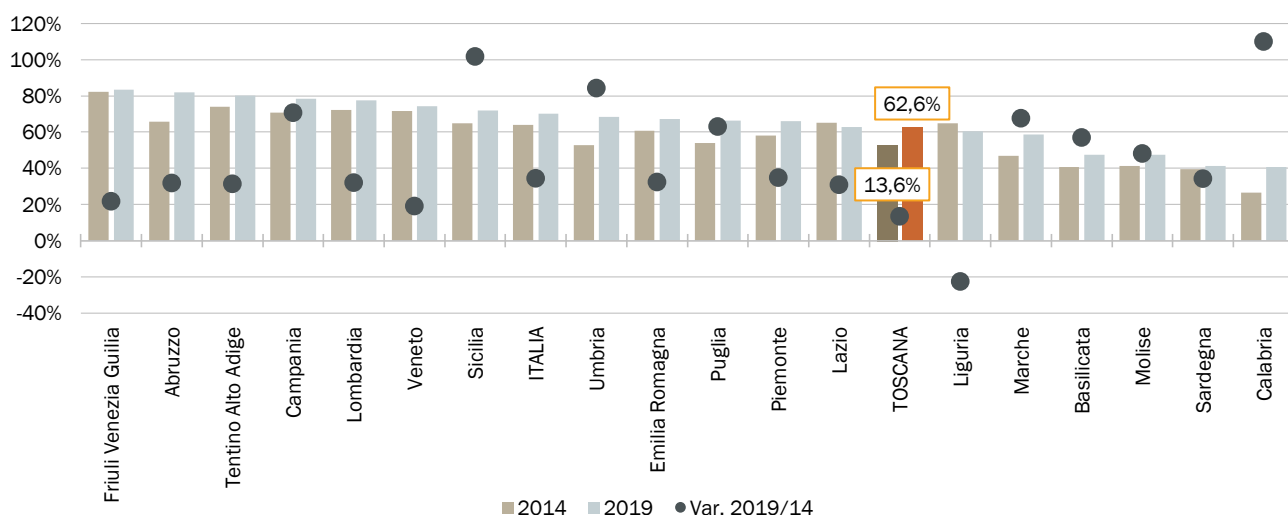
QUOTA DI RIFIUTI PRODOTTI DA IMPIANTI DI GESTIONE DEI RIFIUTI, IMPIANTI DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE FUORI SITO, NONCHÉ DALLA POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA E DALLA SUA PREPARAZIONE PER USO INDUSTRIALE (CER 19). 2019



Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

La Toscana nel 2019 ha gestito *in-house* quasi 10 milioni di RS, di cui il 4% pericolosi, mostrando un saldo quasi in pareggio con i RS prodotti dalle aziende toscane. Dal 2014 la quantità di RS riciclati è aumentata del 13% e oggi ammonta a oltre il 60% di quelli gestiti *in-house* (Figura 9).

Figura 9.
QUOTA DI RS RICICLATI (R1-R11) SU GESTITI *IN-HOUSE* E VARIAZIONI 2019/14



Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

La quota di RS non pericolosi recuperata è di circa due terzi del totale, mentre quella dei RS pericolosi è inferiore (45%). In Toscana si recuperano soprattutto sostanze chimiche inorganiche e organiche, ma anche alcuni composti metallici pericolosi. Una parte rilevante di RS pericolosi è scambiata per essere sottoposta ad altre operazioni di recupero altrove (Tabella 2).

Tabella 2.
OPERAZIONI DI RECUPERO DEI RS PER PERICOLOSITÀ. TOSCANA. 2019

	RS non pericolosi	RS pericolosi
Recupero di altre sostanze inorganiche (R5)	45,6%	9,6%
Recupero dei metalli e dei composti metallici (R4)	5,1%	16,2%
Recupero sostanze organiche (R3)	4,3%	8,4%
Spandimento sul suolo a beneficio dell'agricoltura o dell'ecologia (R10)	4,0%	0,0%
Scambio di rifiuti per sottoporli a recupero (R10)	3,8%	10,3%
Utilizzazione principale come combustibile o come altro mezzo per produrre energia (R1)	0,4%	0,0%
Altre operazioni di recupero	0,1%	0,4%
TOTALE	63,3%	44,9%

Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

Il resto dei RS è smaltito o depositato per essere recuperato o smaltito in un secondo momento. Il 18% dei RS non pericolosi è sottoposto a un trattamento preliminare di stabilizzazione (meccanico-biologico o chimico-fisico) e solo una piccola parte finisce in discarica. Il 25% dei RS pericolosi, la cui gestione comporta rischi maggiori, è trattata preliminarmente, oppure raggruppata per essere poi smaltita successivamente. Si consideri che tra i RS pericolosi che la Toscana esporta verso altre regioni o l'estero, circa la metà è composta da rifiuti premiscelati contenenti almeno un rifiuto pericoloso, altri rifiuti parzialmente stabilizzati e rifiuti prodotti da trattamento meccanico-biologico (TMB) contenenti almeno un rifiuto pericoloso.

Tabella 3.
OPERAZIONI DI SMALTIMENTO E ALTRE OPERAZIONI PRELIMINARI DEI RS PER PERICOLOSITÀ. TOSCANA. 2019

	RS non pericolosi	RS pericolosi
OPERAZIONI DI SMALTIMENTO		
Discarica (D1)	7,5%	2,7%
Trattamenti preliminari allo smaltimento (D8; D9)	17,8%	24,3%
Incenerimento a terra (D10)	0,2%	1,7%
TOTALE	25,5%	28,7%
ALTRE OPERAZIONI PRELIMINARI		
R13: Messa in riserva	9,2%	3,6%
D13: Raggruppamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D12	1,7%	14,8%
D14: Ricondizionamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D13	0,1%	3,4%
D15: Deposito preliminare	0,3%	4,5%
TOTALE	11,2%	26,4%

Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA

4. Considerazioni conclusive

I risultati dell'analisi preliminare presentati in questa nota sono funzionali a una successiva analisi integrata dei rifiuti (modello LITTER-IRPET), che, oltre ad analizzare in maniera sistematica i flussi di RU e RS della Toscana, sarà utile nella valutazione dell'impatto economico e ambientale dei flussi stessi. Sarà, altresì, possibile identificare nuove opportunità di mercato derivanti dal recupero dei materiali, anche se l'azione pubblica dovrebbe essere rivolta all'eliminazione o, almeno, a una riduzione consistente e significativa della generazione degli scarti. Infatti, il processo di aumento dell'entropia è irreversibile e, quindi, la nostra capacità di utilizzo di energia e materiali recuperati è decrescente e sempre più costosa.

Dove intervenire, dalle considerazioni svolte, per perseguire un modello virtuoso di produzione e consumo di rifiuti?

La sfida, da un lato, è quella di ridurre per quanto possibile la produzione di rifiuti urbani (RU), ma, soprattutto, di aumentare la capacità di differenziazione dei rifiuti nella Toscana della costa e del Sud. Inoltre, il confronto con le altre regioni mette in evidenza che in Toscana il flusso di rifiuti secondari, cioè, di quelli prodotti dal trattamento dei rifiuti stessi e dalla depurazione dell'acqua, è molto rilevante e che la capacità di gestione *in-house* di questi rifiuti speciali (RS) è complessa.

Infine, l'analisi ha evidenziato che, per seguire il processo di generazione e gestione dei rifiuti dalla "culla alla tomba", la prospettiva di filiera è particolarmente adeguata rispetto a quella settoriale. Come abbiamo visto nel caso della chimica, è l'attivazione da parte della domanda intermedia delle imprese a valle nel processo produttivo a determinare la produzione di determinati beni e, quindi, la generazione di specifici rifiuti. L'analisi integrata dei rifiuti (modello LITTER-IRPET) sarà utile nella comprensione dell'intero ciclo di generazione e gestione dei rifiuti sulla base del processo produttivo da cui hanno avuto origine.

Inoltre, l'estensione del modello dalla dimensione regionale a quella nazionale, comprensiva anche degli scambi con l'estero, consentirà di valutare complessivamente la propria *footprint* in termini di rifiuti prodotti, al di là dei confini regionali, e di stabilire quanto la domanda di imprese non toscane contribuisca alla produzione interna di rifiuti.

Riferimenti bibliografici

- Agenzia Regionale Recupero Risorse (2020). Rapporto annuale sui rifiuti in Toscana. Il Ciclo dei Rifiuti Speciali in Toscana. Dati 2002 - 2018. Disponibile su <https://www.arrr.it/documents/965920/978140/Rapporto+annuale+rifiuti+speciali+2020.pdf/3317dfa9-71a9-4f27-8b2c-78757e5348eb>
- Agenzia Regionale Recupero Risorse (2020a). Relazione 2020 dell'Osservatorio regionale per il servizio idrico integrato e di gestione integrata dei rifiuti urbani. Disponibile su <https://www.arrr.it/documents/965920/980111/Relazione+Osservatorio+rifiuti+urbani+-+contributo+2020.pdf/3ee40d24-c999-4d66-bbf5-675de3dda417>
- Das, A.K., Nazrul Islam, Md., Morsaline Billah, Md., Sarkerd, A. (2021). "COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy – A mini-review". *Science of The Total Environment*, 778.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32.
- Lenzen, M., Reynolds, C.J. (2014). "A Supply-Use Approach to Waste. Input-Output Analysis". *Journal of Industrial Ecology*, 18(2), 212-226.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2013). *The Upcycle: Beyond Sustainability - Designing for Abundance*, North Point Press, New York.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2003). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press, New York.
- Nakamura, S., Kondo, Y. (2009). *Waste input-output analysis: Concepts and application to industrial ecology*. Eco-Efficiency in Industry and Science. Heidelberg, Germany: Springer.
- Nakamura, S., Kondo, Y (2002). "Input-output analysis of waste management". *Journal of Industrial Ecology*, 6(1), 39-64.
- Silpa, K., Yao, Lisa C.,Y., Perinaz, B.T., Frank, V.W. (2018). "What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050". Urban Development. Washington, DC: World Bank.

Appendice 1.

Tabella 4.
MATRICE PRELIMINARE DI GENERAZIONE DEI RIFIUTI. 2018

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Agricoltura, silvicoltura e pesca	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Attività estrattiva	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Prodotti alimentari e delle bevande	0,0	63,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	0,1	0,0	23,2	8,8	0,0	0,0	0,0	3,6
Tessile	0,0	0,2	0,0	61,1	0,0	0,0	4,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	33,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabbricazione di articoli in pelle	0,0	0,2	0,3	91,1	0,0	0,0	0,2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Legno e prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili); articoli di paglia e materiali da intreccio	0,0	0,0	73,4	0,9	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Carta e prodotti di carta	0,0	0,0	76,2	0,1	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	16,2	2,0	0,0	0,0	0,0	1,1
Coke e prodotti petroliferi raffinati	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Prodotti chimici	0,0	1,1	0,0	0,1	0,0	92,4	2,0	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	1,5	2,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Prodotti in metallo, esclusi macchine e impianti	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	1,0	0,0	1,4	40,6	50,5	0,9	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Articoli in gomma e in materie plastiche	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	15,6	4,7	0,0	0,0	0,5	22,6	1,5	0,0	54,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	0,0	51,3	0,0	1,2	1,5	0,0	16,0	20,4	0,0	0,0	0,0	8,4
Metalli	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,2	0,1	0,0	39,2	4,7	13,8	0,8	0,0	5,3	34,2	0,0	0,0	0,0	0,6
Fabbricazione di macchinari e apparecchiature n.c.a.	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,8	1,3	0,0	0,0	4,7	38,8	2,7	0,0	28,4	14,7	0,0	0,0	0,0	8,2
Fabbricazione autoveicoli rimorchi e semirimorchi	0,0	0,0	15,8	0,1	0,0	0,0	0,6	1,0	0,0	0,2	5,8	50,6	0,6	0,0	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabbricazione di altri mezzi di trasporto	0,0	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	1,0	3,3	0,0	0,0	0,1	20,6	1,2	0,0	72,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabbricazione di mobili	0,0	0,1	72,6	1,7	0,0	0,0	0,1	4,6	0,0	0,2	1,7	3,5	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,1	0,0	0,0	0,0	8,9
Acqua naturale; servizi di trattamento delle acque e di produzione e distribuzione d'acqua	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,1	0,0	97,8
Gestione delle reti fognarie. Attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti. Recupero dei materiali. Attività di risanamento e altri servizi di gestione dei rifiuti	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,9	0,0	1,1	3,7	0,0	0,0	90,2	3,6
Lavori di costruzione ed opere di edilizia civile	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	98,3	0,0	0,0	0,4
Servizi di vendita all'ingrosso e al dettaglio	0,0	0,9	1,4	5,8	0,0	0,0	1,0	1,2	0,0	0,0	0,1	1,9	1,0	0,0	22,9	57,4	0,0	1,0	0,0	5,3
Servizi di trasporto terrestre e di magazzinaggio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,8	0,0	0,0	0,0	39,2
Altri servizi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	0,0	97,8
Servizi sanitari e di assistenza sociale	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	90,2	0,0	8,4
Altri servizi alla persona	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Altro	0,0	2,1	0,2	1,6	0,0	23,6	3,1	0,9	0,2	4,0	3,8	3,2	3,3	0,0	23,5	16,4	0,0	1,1	0,0	13,0
TOTALE	3,6	0,6	3,7	2,1	0,1	7,4	0,4	0,4	0,0	1,0	0,7	1,3	0,6	0,0	3,6	4,3	23,0	0,2	44,2	2,9

Fonte: Elaborazione IRPET su dati ISPRA e AAR (2020)

Appendice 2.

Capitolo Europeo dei Rifiuti (CER)

1	Rifiuti derivanti da prospezione, estrazione da miniera o cava, nonché dal trattamento fisico o chimico di minerali
2	Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento e preparazione di alimenti
3	Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartone
4	Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce e dell'industria tessile
5	Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone
6	Rifiuti dei processi chimici inorganici
7	Rifiuti dei processi chimici organici
8	Rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso (PFFU) di rivestimenti (pitture, vernici e smalti vetrati), adesivi, sigillanti e inchiostri per stampa
9	Rifiuti dell'industria fotografica
10	Rifiuti provenienti da processi termici
11	Rifiuti prodotti dal trattamento chimico superficiale e dal rivestimento di metalli ed altri materiali. Idrometallurgia non ferrosa
12	Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica
13	Oli esauriti e residui di combustibili liquidi (tranne oli commestibili, voci 05 e 12)
14	Solventi organici, refrigeranti e propellenti di scarto (tranne le voci 07 e 08)
15	Rifiuti di imballaggio. Assorbenti, stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi non specificati altrimenti
16	Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco
17	Rifiuti delle attività di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati)
18	Rifiuti prodotti dal settore sanitario e veterinario o da attività di ricerca collegate (tranne i rifiuti di cucina e di ristorazione che non derivino direttamente da cure sanitarie)
19	Rifiuti prodotti da impianti di gestione dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale
20	Rifiuti urbani (rifiuti domestici e assimilabili prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni) inclusi i rifiuti della raccolta differenziata

A cura di Sara Turchetti