

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA “ENZO FERRARI”

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA
CIVILE E AMBIENTALE

**Studio di fattibilità per la
valorizzazione di plastiche rigide da
rifiuti urbani ad End of Waste**

Relatore:
Prof. Adelmo Benassi

Laureando:
Daniele Iotti

Anno accademico 2021/2022

DEDICA

SOMMARIO

L'esponenziale crescita della popolazione degli ultimi anni e l'inevitabile aumento dei consumi nei paesi industrializzati hanno necessariamente focalizzato l'attenzione mondiale sul problema della disponibilità delle risorse e sulla qualità dell'ambiente in cui viviamo. La buona gestione della marea di rifiuti che produciamo diviene quindi uno dei principi cardine della sostenibilità ambientale.

Uno dei temi di particolare interesse e attualità legato alla sostenibilità ambientale è l'economia circolare, un modello di economia in cui il valore di prodotti, materiali e risorse viene mantenuto nel sistema economico il più a lungo possibile, riducendo al minimo la produzione di rifiuti da smaltire ed evitare che essi vengano dispersi nell'ambiente.

La transizione verso un'economia circolare sposta l'attenzione su riutilizzare, aggiustare, rinnovare, riciclare materiali e prodotti esistenti, trasformando gli scarti in risorse; risulta quindi evidente quanto questo tema sia strettamente connesso a quello dei rifiuti.

Nel corso degli ultimi anni si è cercato sempre più di limitare la produzione di rifiuti e di considerarli come risorse, cercando il più possibile di non avviarli allo smaltimento ma di farli diventare materia prima da riutilizzare tramite il recupero.

Questo concetto sta alla base di questa tesi ed è uno dei principi di S.A.Ba.R., azienda d'eccellenza del territorio della Bassa Reggiana, che mi ha dato l'opportunità e gli strumenti per svolgere l'attività di tirocinio universitario.

I protagonisti di questo elaborato sono i rifiuti plastici, ed in particolare i rifiuti da plastiche rigide, materiali che trovano applicazione in oggetti di uso comune principalmente sottoforma di flaconi, contenitori di vario tipo, giocattoli, cassette ortofrutticole e arredi da giardino.

La mia attività di tesi e tirocinio è servita a S.A.Ba.R. per far sì che le plastiche rigide sottoforma di rifiuto, in ingresso all'impianto di triturazione presente in azienda, potessero perdere, in uscita da esso, la qualifica di rifiuto diventando End of Waste, quindi una materia prima da poter reinserire all'inizio del ciclo di vita di un prodotto in plastica.

INDICE

INDICE.....	7
INTRODUZIONE	11
1 INTRODUZIONE AL MONDO DEI RIFIUTI	13
1.1 LA DEFINIZIONE DI RIFIUTO	13
1.2 LA DEFINIZIONE DI SOTTOPRODOTTO	13
1.3 LE MATERIE PRIME SECONDARIE E L'END OF WASTE	14
1.4 CLASSIFICAZIONE	15
1.4.1 IL CODICE EER	16
1.4.2 RIFIUTI URBANI.....	17
1.4.3 RIFIUTI SPECIALI.....	19
1.4.4 CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA PERICOLOSITÀ	20
1.5 LA GESTIONE DEI RIFIUTI	22
1.5.1 GERARCHIA DELLA GESTIONE DEI RIFIUTI.....	24
1.5.2 AUTORIZZAZIONI.....	27
1.6 RIFIUTI PRODOTTI NEL MONDO	28
1.7 RIFIUTI PRODOTTI IN EUROPA.....	30
1.8 RIFIUTI PRODOTTI IN ITALIA	32
2 LE MATERIE PLASTICHE	36
2.1 DESCRIZIONE CHIMICA	36
2.2 PROPRIETÀ E CLASSIFICAZIONE.....	36
2.2.1 I MATERIALI TERMOPLASTICI.....	37
2.2.2 I MATERIALI TERMOINDURENTI	39
2.2.3 GLI ELASTOMERI	40

2.2.4	LE MISCELE POLIMERICHE E I POLIACCOPPIATI.....	40
2.3	LE PLASTICHE RIGIDE	40
2.4	LA PLASTICA NEL MONDO E IN EUROPA	41
2.5	LA PLASTICA IN ITALIA	46
3	IL PROCESSO RICICLO DELLE MATERIE PLASTICHE.....	48
3.1	PLASTICHE RICICLABILI	48
3.2	LA PLASTICA RACCOLTA	49
3.2.1	IL SISTEMA CONAI E COREPLA.....	50
3.3	IL RICICLO	51
3.4	RACCOLTA.....	52
3.5	SELEZIONE.....	53
3.6	RICICLO MECCANICO	54
3.7	RICICLO CHIMICO	56
3.8	RECUPERO ENERGETICO	56
3.9	PRINCIPALI PROCESSI DI TRASFORMAZIONE DELLE MATERIE PLASTICHE	57
3.10	APPLICAZIONI DELLA PLASTICA RICICLATA	58
4	IL CONTESTO AZIENDALE.....	60
4.1.1	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	61
4.1.2	L'IMPIANTO DI RECUPERO RIFIUTI	63
5	LO SCOPO DEL PROGETTO	67
6	LINEA DI TRATTAMENTO DELLE PLASTICHE RIGIDE DI SABAR	68
6.1	LE PLASTICHE RIGIDE TRATTATE.....	68
6.2	L'IMPIANTO DI TRITURAZIONE	71
6.2.1	IL TRITURATORE PRIMARIO.....	75
6.2.2	I TRITURATORI SECONDARI.....	76
6.3	IL SISTEMA DI DEPOLVERAZIONE E SEPARAZIONE DEI METALLI	77

6.3.1	IL CICLONE	80
6.4	LA SCATOLA DI DEPOLVERAZIONE E IL DEFERRIZZATORE.....	81
6.4.1	IL FILTRO A MANICHE	82
7	INQUADRAMENTO NORMATIVO	84
7.1	LE LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLA DISCIPLINA END OF WASTE DELL'SNPA.....	87
8	IL CASO SABAR IN CONFRONTO ALLE LINEE GUIDA SNPA.....	92
9	LA NORMA UNI 10667 PER LE MATERIE PLASTICHE PRIME SECONDARIE	94
9.1	LA UNI 10667 PARTE 2: POLIETILENE (PE).....	97
9.2	LA UNI 10667 PARTE 3: POLIPROPILENE (PP).....	102
9.3	LA UNI 10667 PARTE 16: POLIOLEFINE (PP e PE)	105
10	MISCELA PP/PE: LE ANALISI DI ECOBAT	107
10.1	LA VISITA IN ECOBAT RESOURCES	111
11	LE ANALISI SUL TRITURATO DI PLASTICHE RIGIDE	114
11.1	LE ANALISI AMBIENTALI	114
11.2	LE ANALISI RISPETTO ALLA NORMATIVA TECNICA.....	115
11.2.1	LA CARATTERIZZAZIONE DELL'HDPE.....	121
11.2.2	LA CARATTERIZZAZIONE DEL PP.....	123
11.2.3	LA CARATTERIZZAZIONE DELLA MISCELA PP-PE.....	124
12	I RISULTATI	125
12.1	LE SCHEDE TECNICHE.....	132
13	CONCLUSIONI	138
14	SVILUPPI FUTURI	141
	BIBLIOGRAFIA	144
	<i>RINGRAZIAMENTI</i>	147

INTRODUZIONE

Nell'ultimo secolo l'utilizzo della plastica ha offerto soluzioni innovative alle esigenze di qualsiasi settore della nostra società e, grazie alle sue straordinarie caratteristiche, versatilità ed economicità continuerà a far parte del nostro futuro. La sua produzione nel mondo è in continuo aumento: è raddoppiata negli ultimi venti anni e nel 2020 sono state prodotte 370 milioni di tonnellate di materie plastiche, di cui in 55 in Europa. Motivo per cui ci si trova di fronte ad un grande problema relativo alla gestione del suo ciclo di vita. La plastica di per sé è un materiale eccezionale, utilizzabile in innumerevoli modi, possiede proprietà meccaniche incredibili perché molto elastica e leggera e allo stesso tempo molto resistente e duratura. Proprio quest'ultima caratteristica sta creando un grosso problema: la plastica ha ormai invaso gli oceani, i mari e le terre di tutto il pianeta.

Il suo recupero è quindi diventato una necessità ma solo una piccola parte della plastica prodotta viene riciclata per essere trasformata in materia prima secondaria, i dati del 2019 parlano del 15%. In Europa si registra circa un terzo di plastica recuperata, negli Stati Uniti si arriva al 10%, mentre nei paesi asiatici la percentuale è più bassa. Percentuali irrisorie rispetto alle quantità prodotte e soprattutto ai danni che comporta.

La plastica che non viene riciclata segue principalmente tre strade poco virtuose: lo smaltimento in discarica, bruciata nei termovalorizzatori oppure può venire dispersa nell'ambiente arrecando danni ad esso e ai suoi abitanti.

La buona gestione rifiuti plastici che produciamo e il loro recupero assumono quindi un ruolo di estrema importanza. Ruolo che interpreta in modo eccellente S.A.BA.R., l'azienda che è stata la base della mia attività di tirocinio e di tesi e che fa del recupero e del riciclo i propri principi fondamentali inserendosi perfettamente nel contesto di economia circolare strappando dalla discarica un rifiuto cercando il modo migliore per poterlo recuperare e riportarlo a monte del suo processo produttivo.

S.A.Ba.R. in realtà è divisa in due società distinte: la S.A.Ba.R. SERVIZI che si occupa dei servizi di raccolta dei rifiuti e la S.A.Ba.R. S.p.A. che principalmente si occupa del recupero di rifiuti legnosi, carta, cartone e polistirolo e della valorizzazione dei rifiuti da

plastiche rigide. Ed è qui che si inserisce la mia tesi: studiare se e come fosse possibile effettuare il recupero anche dei rifiuti da plastiche rigide ottenendo l'End of Waste.

Il presente elaborato, dopo un quadro generale sul tema rifiuti e sulla loro gestione, si concentra sui rifiuti plastici in polipropilene e polietilene ad alta densità, polimeri che compongono la maggior parte delle plastiche rigide, questi vengono trattati nell'impianto di S.A.Ba.R. per ottenere un prodotto triturato classificato come rifiuto valorizzato. L'obiettivo di questa tesi è ottenere la cessazione di qualifica di rifiuto (End of Waste) di queste plastiche rigide triturate.

Viene quindi descritta la normativa in tema End of Waste di plastica concentrandosi sui requisiti che deve rispettare un impianto che lo produce e quelli che deve rispettare un prodotto per essere classificato come End of Waste. I requisiti richiesti vengono quindi messi a confronto con il caso S.A.Ba.R. e i risultati ottenuti evidenzieranno la necessità del rispetto dei requisiti previsti dalla normativa tecnica da parte dei materiali triturati. Il progetto è quindi proseguito facendo analizzare campioni di materiale presso un laboratorio accreditato. Vengono quindi illustrate le prove effettuate nella campagna di analisi e i loro esiti in confronto con la normativa di riferimento andando ad individuare i materiali conformi e le criticità su cui soffermarsi per un eventuale upgrade dell'impianto attuale col fine di migliorare la qualità dei prodotti in uscita.

1 INTRODUZIONE AL MONDO DEI RIFIUTI

1.1 LA DEFINIZIONE DI RIFIUTO

In Italia, dal punto di vista ambientale, il riferimento di legge più importante è il Decreto Legislativo 152 del 2006 (il cosiddetto ‘testo unico ambientale’), nell’articolo 183 di tale decreto viene definito rifiuto ‘una qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l’intenzione o abbia l’obbligo di disfarsi’.

Il detentore è il produttore dei rifiuti o la persona fisica o giuridica che ne è in possesso. Il produttore di rifiuti è il soggetto la cui attività produce rifiuti e al quale sia giuridicamente riferibile la produzione (produttore iniziale), oppure è chiunque effettui operazioni di pretrattamento, di miscelazione o altre operazioni che hanno modificato la natura o la composizione di detti rifiuti (nuovo produttore).

Non sono quindi indicati come rifiuti:

- Sottoprodotti, così definiti dall’articolo 184 bis del Decreto Legislativo 152/06;
- E.O.W. (End Of Waste) così come definiti dall’articolo 184 ter del Decreto Legislativo 152/06;

1.2 LA DEFINIZIONE DI SOTTOPRODOTTO

Nell’art. 184 bis del Decreto Legislativo 152 del 2006 viene fornita la definizione di sottoprodotto:

‘È un sottoprodotto e non un rifiuto qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l’oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;

- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.'

Un sottoprodotto in sostanza è quindi uno scarto di produzione che non diventa e non è mai stato rifiuto perché non crea danni all'ambiente e che può essere gestito all'interno dello stesso ciclo produttivo o in altri cicli produttivi; quindi, non vi si applica la normativa sui rifiuti.

1.3 LE MATERIE PRIME SECONDARIE E L'END OF WASTE

Una sostanza o un oggetto che diventa rifiuto può percorrere due strade: lo smaltimento o essere recuperato in un impianto autorizzato in modo tale che perda la qualifica di rifiuto (End of Waste) diventando una Materia Prima Secondaria (MPS).

I concetti di End of Waste e Materia Prima Secondaria nella pratica possono essere utilizzati come sinonimi ma è opportuno specificare come questi hanno avuto origine facendo riferimento alla normativa.

Le materie prime secondarie costituiscono il risultato di un processo di recupero dei rifiuti. La norma di riferimento nel testo originario del D.lgs. 152/2006 era l'art. 181 bis, intitolato 'Materie, sostanze e prodotti secondari', in cui venivano descritti una serie di criteri, requisiti e condizioni affinché un rifiuto dopo aver subito un'operazione di riutilizzo, di riciclo e di recupero potesse essere classificato come MPS.

Con la Direttiva n° 98 del 2008 della CE, nell'articolo 6, è stato introdotto il tema della cessazione della qualifica di rifiuto, tradotta in inglese come End of Waste (EoW). Questa novità è di grande importanza perché, rispetto alla normativa precedente, non ci si limita a dire che determinate sostanze non rientrano nella categoria dei rifiuti, ma viene

sottolineato che tali sostanze in origine appartengono proprio a quella categoria e vi escono solo se ad esse è applicato un processo di recupero, trasformandosi appunto in materie prime secondarie.

In Italia, recependo questa previsione comunitaria, si è andati quindi a modificare il D.lgs. 152/06 introducendo l'articolo 184 ter intitolato 'Cessazione della qualifica di rifiuto':
'Un rifiuto cessa di essere tale, quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfatti i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto sono destinati a essere utilizzati per scopi specifici;
- b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
- c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;
- d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.'

Le materie prime secondarie, come i sottoprodotti, una volta riconosciute come tali escono dall'ambito di applicazione della disciplina dei rifiuti.

1.4 CLASSIFICAZIONE

Dal momento in cui viene prodotto un rifiuto è necessario classificarlo secondo la sua provenienza, per cui avviene la distinzione fra urbani (Art. 183 b-ter) e speciali (Art. 184 comma 3), e le sue caratteristiche di pericolosità.

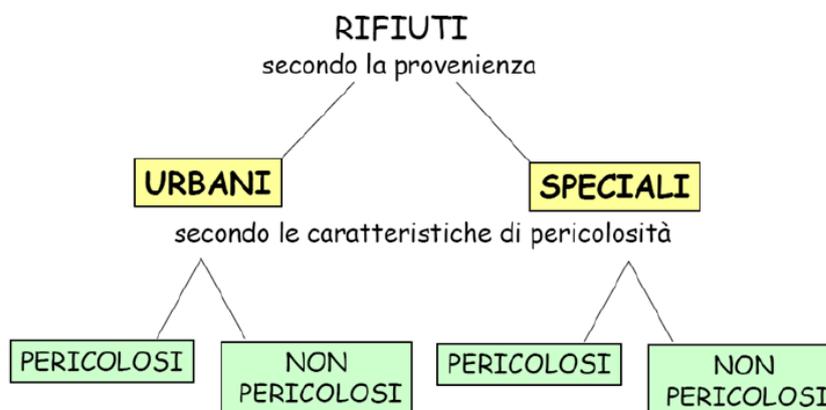


Figura 1. Classificazione dei rifiuti [3]

1.4.1 IL CODICE EER

In base all'origine e alla composizione un rifiuto viene classificato tramite un numero composto da sei cifre, il codice EER (Elenco Europeo Rifiuti, vecchio codice CER). La classificazione del rifiuto tramite il codice EER è effettuata dal produttore, che deve anche fornire le eventuali caratteristiche di pericolosità.

La caratterizzazione del rifiuto descrive il processo da cui trae origine, le materie prime utilizzate, le schede di sicurezza, eventuali analisi di laboratorio e tutte le informazioni necessarie a garantire il recupero o lo smaltimento finale in condizioni di sicurezza.

Codice EER: XX YY ZZ

XX: prima coppia di cifre (da 01 a 20), si riferisce alla categoria o attività che genera i rifiuti:

- 01** Rifiuti derivanti da prospezione, estrazione da miniera o cava, nonché dal trattamento fisico o chimico di minerali;
- 02** Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento e preparazione di alimenti;
- 03** Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di carta, polpa cartone, pannelli e mobili;
- 04** Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce nonché dell'industria tessile;
- 05** Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone;
- 06** Rifiuti dei processi chimici inorganici;
- 07** Rifiuti dei processi chimici organici;
- 08** Rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di rivestimenti (pitture, vernici e smalti vetriati), adesivi, sigillanti e inchiostri per stampa;
- 09** Rifiuti dell'industria fotografica;
- 10** Rifiuti prodotti 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 ed oli di cui alle cifre 05, 12 e 19);
- 14** Solventi organici, refrigeranti e propellenti di scarto (tranne 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 operazioni 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 non direttamente provenienti da trattamento terapeutico);

19 Rifiuti prodotti da impianti di trattamento 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.

YY: seconda coppia di cifre, si riferisce al processo produttivo che genera il rifiuto;

ZZ: terza coppia di cifre, con cui si identifica il singolo rifiuto.

1.4.2 RIFIUTI URBANI

Si definiscono rifiuti urbani:

- a) i rifiuti domestici indifferenziati e da raccolta differenziata, ivi compresi: carta e cartone, vetro, metalli, plastica, rifiuti organici, legno, tessili, imballaggi, RAEE (Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche), rifiuti di pile e accumulatori e rifiuti ingombranti, ivi compresi materassi e mobili;
- b) i rifiuti indifferenziati e da raccolta differenziata provenienti da altre fonti che sono simili per natura e composizione ai rifiuti domestici indicati nell'allegato L-quater prodotti dalle attività riportate nell'allegato L-quinquies (nuovi criteri di assimilazione dopo il Decreto Legislativo 116 del 2020);
- c) i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade e dallo svuotamento dei cestini portarifiuti;
- d) i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette a uso pubblico o sulle spiagge e sulle rive dei corsi d'acqua;
- e) i rifiuti della manutenzione del verde pubblico, come foglie, sfalci, potature e rifiuti dalla pulizia dei mercati;
- f) rifiuti provenienti da aree cimiteriali, esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli di cui ai punti b), c) ed e).

Prima del Decreto Legislativo 116 del 2020 i comuni avevano la possibilità di assimilare i rifiuti speciali ai rifiuti urbani. Dopo tale decreto sparisce il concetto di assimilazione, per cui i rifiuti speciali assimilati agli urbani diventano semplicemente urbani quando sono 'simili per natura e composizione ai rifiuti domestici'.

Un'assimilazione ai sensi di legge che deriva dall'incrocio tra 15 tipologie di rifiuti con 29 categorie di attività che li producono e che sottrae ai Comuni la possibilità di assimilazione.

Frazione	Descrizione	Eer
RIFIUTI ORGANICI	Rifiuti biodegradabili di cucine e mense	200108
	Rifiuti biodegradabili	200201
	Rifiuti dei mercati	200302
CARTA E CARTONE	Imballaggi in carta e cartone	150101
	Carta e cartone	200101
PLASTICA	Imballaggi in plastica	150102
	Plastica	200139
LEGNO	Imballaggi in legno	150103
	Legno, diverso da quello di cui alla voce 200137*	200138
METALLO	Imballaggi metallici	150104
	Metallo	200140
IMBALLAGGI COMPOSITI	Imballaggi materiali compositi	150105
MULTIMATERIALE	Imballaggi in materiali misti	150106
VETRO	Imballaggi in vetro	150107
	Vetro	200102
TESSILE	Imballaggi in materia tessile	150109
	Abbigliamento	200110
	Prodotti tessili	200111
TONER	Toner per stampa esauriti diversi da quelli di cui alla voce 080317*	080318
INGOMBRANTI	Rifiuti ingombranti	200307
VERNICI, INCHIOSTRI, ADESIVI E RESINE	Vernici, inchiostri, adesivi e resine diversi da quelli di cui alla voce 200127	200128
DETERGENTI	Detergenti diversi da quelli di cui alla voce 200129*	200130
ALTRI RIFIUTI	Altri rifiuti non biodegradabili	200203
RIFIUTI URBANI INDIFFERENZIATI	Rifiuti urbani indifferenziati	200301

Figura 2. Allegato L-quater [2]

1. Musei, biblioteche, scuole, associazioni, luoghi di culto.
2. Cinematografi e teatri.
3. Autorimesse e magazzini senza alcuna vendita diretta.
4. Campeggi, distributori carburanti, impianti sportivi.
5. Stabilimenti balneari.
6. Esposizioni, autosaloni.
7. Alberghi con ristorante.
8. Alberghi senza ristorante.
9. Case di cura e riposo.
10. Ospedali.
11. Uffici, agenzie, studi professionali.
12. Banche ed istituti di credito.
13. Negozi abbigliamento, calzature, libreria, cartoleria, ferramenta, e altri beni durevoli.
14. Edicola, farmacia, tabaccaio, plurilicenze.
15. Negozi particolari quali filatelia, tende e tessuti, tappeti, cappelli e ombrelli, antiquariato.
16. Banchi di mercato beni durevoli.
17. Attività artigianali tipo botteghe: parrucchiere, barbiere, estetista.
18. Attività artigianali tipo botteghe: falegname, idraulico, fabbro, elettricista.
19. Carrozzeria, autofficina, elettrauto.
20. Attività artigianali di produzione beni specifici.
21. Ristoranti, trattorie, osterie, pizzerie, pub.
22. Mense, birrerie, hamburgerie.
23. Bar, caffè, pasticceria.
24. Supermercato, pane e pasta, macelleria, salumi e formaggi, generi alimentari.
25. Plurilicenze alimentari e/o miste.
26. Ortofrutta, pescherie fiori e piante, pizza al taglio.
27. Ipermercati di generi misti.
28. Banchi di mercato generi alimentari.
29. Discoteche, night club.

Rimangono escluse le attività agricole e connesse di cui all'articolo 2135 del Codice civile.

Attività non elencate, ma ad esse simili per loro natura e per tipologia di rifiuti prodotti, si considerano comprese nel punto a cui sono analoghe.

Figura 3. Allegato L-quinquies [2]

Un'altra novità introdotta dal Decreto Legislativo 116 del 2020 è che le utenze non domestiche, per convenienza, possono conferire al di fuori del servizio pubblico i propri rifiuti urbani (per un periodo non inferiore a 5 anni) previa dimostrazione di averli avviati al recupero mediante attestazione rilasciata dal soggetto che effettua l'attività di recupero dei rifiuti stessi. Tali rifiuti sono computati ai fini del raggiungimento degli obiettivi di riciclaggio dei rifiuti urbani. Prima la raccolta dei rifiuti urbani era gestione solo del servizio pubblico.

1.4.3 RIFIUTI SPECIALI

Si definiscono rifiuti speciali:

- a) i rifiuti agricoli, agro-industriali, silvicoltura e pesca;

- a) i rifiuti prodotti dalle attività di costruzione demolizione e attività di scavo se non considerati come sottoprodotti;
- b) i rifiuti prodotti nell'ambito delle lavorazioni industriali se diversi da rifiuti urbani;
- c) rifiuti prodotti nell'ambito delle lavorazioni artigianali se diversi dagli urbani;
- d) rifiuti prodotti nell'ambito delle attività commerciali se diversi dagli urbani;
- e) i rifiuti prodotti nell'ambito delle attività di servizio se diversi dagli urbani;
- f) rifiuti derivanti dall'attività di recupero e smaltimento di rifiuti, fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue, nonché i rifiuti da abbattimento di fumi, dalle fosse settiche e dalle reti fognarie;
- g) i rifiuti derivanti da attività sanitarie se diversi dagli urbani;
- h) i veicoli fuori uso.

1.4.4 CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLA PERICOLOSITÀ

I rifiuti urbani e speciali vengono inoltre distinti secondo la loro pericolosità in rifiuti pericolosi e rifiuti non pericolosi.

Per stabilire se un rifiuto è pericoloso o meno c'è un regolamento europeo con i vari criteri di classificazione. Un rifiuto pericoloso è individuabile dal codice EER seguito da un asterisco (*). Siccome la pericolosità non è sempre nota a priori, spesso la si individua successivamente ad un'analisi chimica del prodotto generato, bisogna sapere che uno stesso rifiuto può avere il Codice a Specchio e quindi essere classificabile sia come pericoloso che non pericoloso.

I rifiuti che posseggono sempre caratteristiche di pericolosità, e quindi vengono sempre individuati con il codice EER seguito dall'asterisco, vengono chiamati Pericolosi Assoluti, quelli che non posseggono mai caratteristiche di pericolosità vengono chiamati Non Pericolosi Assoluti.

Il regolamento europeo n. 1357/2014 del 18/12/2014 indica le caratteristiche di pericolo con la sigla HP (Hazardous Property).

Vengono ritenuti pericolosi i rifiuti che presentano una o più delle seguenti caratteristiche di pericolosità:

HP 1 “Esplosivo”: rifiuto che può, per reazione chimica, sviluppare gas a una temperatura, una pressione e una velocità tali da causare danni nell'area circostante.

Sono inclusi i rifiuti pirotecnici, i rifiuti di perossidi organici esplosivi e i rifiuti autoreattivi esplosivi.

HP 2 “Comburente”: rifiuto capace, in genere per apporto di ossigeno, di provocare o favorire la combustione di altre materie.

HP 3: “Infiammabile”:

- rifiuto liquido infiammabile: rifiuto liquido il cui punto di infiammabilità è inferiore a 60 °C oppure rifiuto di gasolio, carburanti diesel e oli da riscaldamento leggeri il cui punto di infiammabilità è superiore a 55 °C e inferiore o pari a 75 °C;

- rifiuto solido e liquido piroforico infiammabile: rifiuto solido o liquido che, anche in piccole quantità, può infiammarsi in meno di cinque minuti quando entra in contatto con l'aria;

- rifiuto solido infiammabile: rifiuto solido facilmente infiammabile o che può provocare o favorire un incendio per sfregamento;

- rifiuto gassoso infiammabile: rifiuto gassoso che si infiamma a contatto con l'aria a 20 °C e a pressione normale di 101,3 kPa;

- rifiuto idroreattivo: rifiuto che, a contatto con l'acqua, sviluppa gas infiammabili in quantità pericolose;

- altri rifiuti infiammabili: aerosol infiammabili, rifiuti autoriscaldanti infiammabili, perossidi organici infiammabili e rifiuti autoreattivi infiammabili.

HP 4 “Irritante - Irritazione cutanea e lesioni oculari”: rifiuto la cui applicazione può provocare irritazione cutanea o lesioni oculari.

HP 5 “Tossicità specifica per organi bersaglio (STOT)/Tossicità in caso di aspirazione”: rifiuto che può causare tossicità specifica per organi bersaglio con un'esposizione singola o ripetuta, oppure può provocare effetti tossici acuti in seguito all'aspirazione.

HP 6 “Tossicità acuta”: rifiuto che può provocare effetti tossici acuti in seguito alla somministrazione per via orale o cutanea, o in seguito all'esposizione per inalazione.

HP 7 “Cancerogeno”: rifiuto che causa il cancro o ne aumenta l'incidenza.

HP 8 “Corrosivo”: rifiuto la cui applicazione può provocare corrosione cutanea.

HP 9 “Infettivo”: rifiuto contenente microrganismi vitali o loro tossine che sono cause note, o a ragion veduta ritenuti tali, di malattie nell'uomo o in altri organismi viventi.

HP 10 “Tossico per la riproduzione”: rifiuto che ha effetti nocivi sulla funzione sessuale e sulla fertilità degli uomini e delle donne adulti, nonché sullo sviluppo della progenie.

HP 11 “Mutageno”: rifiuto che può causare una mutazione, ossia una variazione permanente della quantità o della struttura del materiale genetico di una cellula.

HP 12 “Liberazione di gas a tossicità acuta”: rifiuto che libera gas a tossicità acuta (Acute Tox. 1, 2 o 3) a contatto con l'acqua o con un acido.

HP 13 “Sensibilizzante”: rifiuto che contiene una o più sostanze note per essere all'origine di effetti di sensibilizzazione per la pelle o gli organi respiratori.

HP 14 “Ecotossico”: rifiuto che presenta o può presentare rischi immediati o differiti per uno o più comparti ambientali.

HP 15 “Rifiuto che non possiede direttamente una delle caratteristiche di pericolo summenzionate ma può manifestarla successivamente”.

1.5 LA GESTIONE DEI RIFIUTI

Il ciclo di vita di un rifiuto inizia con la sua produzione, a cui segue la sua raccolta e il successivo trasporto verso un impianto di gestione dei rifiuti in cui il rifiuto verrà recuperato e/o smaltito.

Secondo la definizione prevista nell'articolo 183 del Decreto Legislativo 152 del 2006 per **gestione dei rifiuti** si intende la raccolta, il trasporto, il recupero, compresa la cernita, e lo smaltimento dei rifiuti, compresi la supervisione di tali operazioni e gli interventi successivi alla chiusura dei siti di smaltimento, nonché le operazioni effettuate in qualità di commerciante o intermediari.

Per **recupero** si intende qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile.

Per **smaltimento** si intendono le operazioni di smaltimento definitivo, quali il deposito in discarica e l'incenerimento e operazioni di trasformazione per favorirne lo smaltimento quali trattamenti preliminari di raggruppamento e ricondizionamento e trattamenti fisici, chimici e biologici.

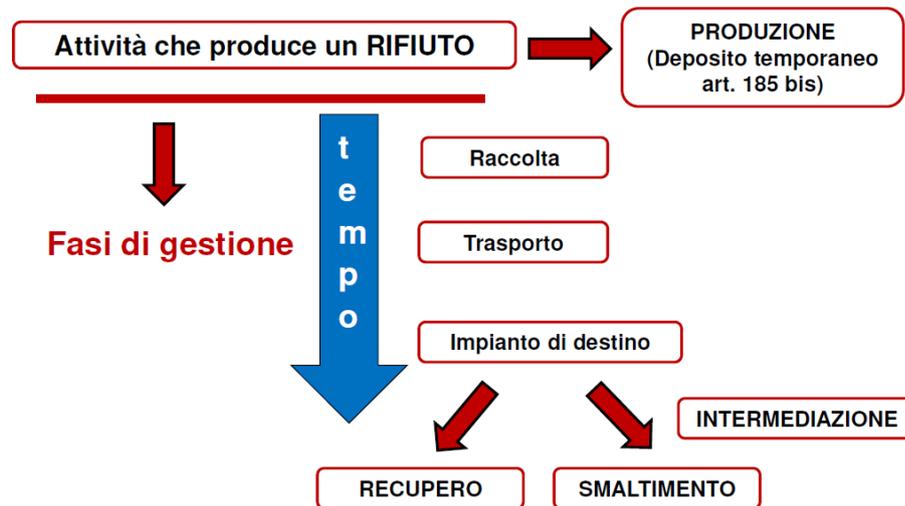


Figura 4. Gestione di un rifiuto [22]

I soggetti partecipanti alla filiera della gestione di un rifiuto sono il già citato produttore di rifiuti, il trasportatore di rifiuti, il destinatario e l'intermediario senza detenzione:

Produttore di rifiuti: il soggetto la cui attività produce rifiuti (produttore iniziale) o chiunque effettui operazioni di pretrattamento, di miscelazione o altre operazioni che hanno modificato la natura o la composizione di detti rifiuti (nuovo produttore);

Trasportatore di rifiuti: soggetto iscritto all'Albo Nazionale Gestori Ambientali, autorizzato a trasportare rifiuti conto proprio o conto terzi;

Destinatario (gestore dell'impianto): soggetto autorizzato (in Emilia-Romagna da ARPAE) ad effettuare operazioni di recupero o smaltimento rifiuti;

Intermediario senza detenzione: anello di congiunzione tra il produttore, il trasportatore ed il destinatario finale (smaltitore o recuperatore). Si adopera per assicurare al produttore la collocazione migliore del carico di rifiuti da avviare a smaltimento o a recupero.

PRODUTTORE:	TRASPORTATORE:	DESTINATARIO:	INTERMEDIARIO:
Codifica il rifiuto (verifica il proprio processo produttivo e svolge analisi chimiche ove necessario, definisce la pericolosità)	Gestisce un'autorizzazione (efficacia, rinnovi scadenze, quantità, mezzi e relativi codici CER, prescrizioni)	Gestisce un'autorizzazione (efficacia, rinnovi scadenze, codici CER quantità, prescrizioni)	Gestisce un'autorizzazione (efficacia, rinnovi scadenze, tipologia di rifiuti e quantità,)
Gestisce un deposito temporaneo (corretta etichettatura, posizionamento, tempistica e quantità)	Verifica le autorizzazioni dei propri fornitori (impianti di destino e dell'eventuale intermediario)	Verifica l'omologa del rifiuto e autorizzazioni dei propri fornitori (trasportatori e dell'eventuale intermediario)	Verifica le autorizzazioni dei propri fornitori (trasportatori e destinatari)
Verifica le autorizzazioni dei propri fornitori (trasporto e destino e dell'eventuale intermediario)	Verifica preventivamente il tipo di lavoro da svolgere (CER da trasportare e disponibilità impianto di destino)	Verifica preventivamente il tipo di lavoro da svolgere (CER da ricevere e disponibilità del proprio impianto)	Verifica preventivamente il tipo di lavoro da svolgere (CER da ricevere e disponibilità del proprio impianto)
Gestisce la documentazione (formulari-registri-MUD)	Gestisce la documentazione (formulari-registri-MUD)	Gestisce la documentazione (formulari-registri-MUD)	Gestisce la documentazione (registri-MUD)
		Gestisce i propri rifiuti (PRODUTTORE iniziale e nuovo)	

Figura 5. Compiti dei partecipanti alla filiera dei rifiuti [22]

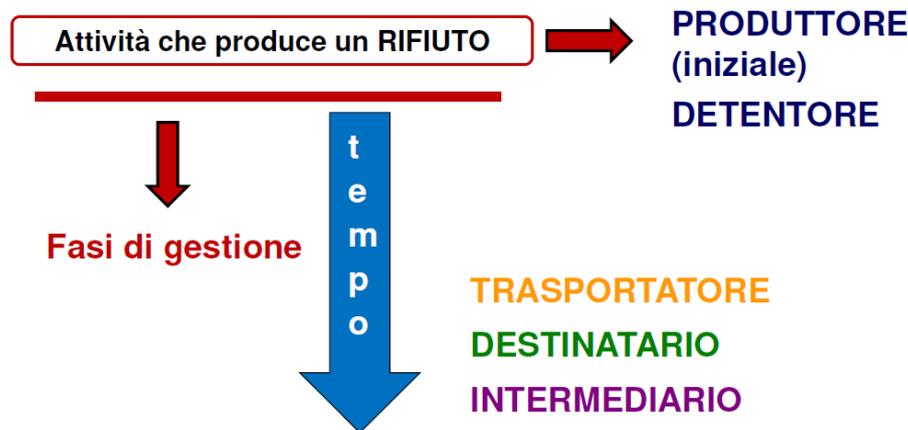


Figura 6. Ruoli nella gestione di un rifiuto [22]

1.5.1 GERARCHIA DELLA GESTIONE DEI RIFIUTI

La normativa in materia di rifiuti fornisce dei criteri di priorità per la gestione dei rifiuti:

- a) **Prevenzione**
- b) **Preparazione per il riutilizzo**
- c) **Riciclaggio**
- d) **Recupero di altro tipo**, ad esempio il recupero di energia
- e) **Smaltimento**

Per prevenzione si intendono tutte quelle misure adottate prima che una sostanza, un materiale o un prodotto diventi rifiuto in modo da ridurre la quantità dei rifiuti (ad esempio tramite il riutilizzo dei prodotti o l'estensione del loro ciclo di vita), gli impatti negativi dei rifiuti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo e il contenuto di sostanze pericolose in materiali e prodotti.

Con riutilizzo si intende qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti; quindi, le operazioni di preparazione per il riutilizzo sono tutte quelle operazioni di controllo, pulizia, smontaggio e riparazione attraverso cui prodotti o componenti di prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati senza altro pretrattamento.

Il recupero è qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile, sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione all'interno dell'impianto o nell'economia in generale. Possono quindi essere definite, come indicato nell'Allegato C della parte IV del D.lgs. 152/06, le seguenti operazioni di recupero per le quali può essere autorizzato un impianto:

- R1** utilizzazione principale come combustibile o altro mezzo per produrre energia;
- R2** rigenerazione/recupero di solventi;
- R3** riciclo/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi;
- R4** riciclo/recupero dei metalli o dei composti metallici;
- R5** riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche;
- R6** rigenerazione degli acidi o delle basi;
- R7** recupero dei prodotti che servono a captare gli inquinanti;
- R8** recupero dei prodotti provenienti dai catalizzatori;
- R9** rigenerazione o altri reimpieghi degli oli;
- R10** spandimento sul suolo a beneficio dell'agricoltura;
- R11** utilizzazione di rifiuti ottenuti da una delle operazioni indicate da R1 a R10;
- R12** scambio di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate da R1 a R11, in sostanza sono tutte quelle attività preliminari al riciclo/recupero di un rifiuto;
- R13** messa in riserva di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12.

Il riciclaggio viene definito come qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i rifiuti sono trattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. È incluso il trattamento di materiale organico ma non il recupero di energia e neanche il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare come combustibili o in operazioni di riempimento.

Lo smaltimento è qualsiasi operazione diversa dal recupero anche quando l'operazione ha come conseguenza secondaria il recupero di sostanze o di energia, rappresenta lo step residuale della gestione dei rifiuti e che si vuole ridurre il più possibile per arrivare ad un buon modello di economia circolare. Le operazioni di smaltimento vengono indicate nell'Allegato B alla parte IV del D.lgs. 152/06 come segue:

D1: Deposito sul o nel suolo

D2: Trattamento in ambiente terrestre

D3: Iniezioni in profondità

D4: Lagunaggio

D5: Messa in discarica specialmente allestita

D6: Scarico dei rifiuti solidi nell'ambiente idrico eccetto l'immersione

D7: Immersione, compreso il seppellimento nel sottosuolo marino

D8: Trattamento biologico non specificato altrove nel presente allegato, che dia origine a composti o a miscugli che vengono eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12

D9: Trattamento fisico-chimico non specificato altrove nel presente allegato che dia origine a composti o a miscugli eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12

D10: Incenerimento a terra

D11: Incenerimento in mare

D12: Deposito permanente

D13: Raggruppamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D12

D14: Ricondizionamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D13

D15: Deposito preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D14

1.5.2 AUTORIZZAZIONI

Per eseguire un'attività di gestione di un rifiuto (raccolta, trasporto, recupero, smaltimento) è necessario essere dotati di un'autorizzazione rilasciata dall'autorità competente, che in Emilia-Romagna è l'ARPAE (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale). Per produrre un rifiuto, invece, non bisogna essere in possesso di alcun tipo di autorizzazione.

Di conseguenza le operazioni di recupero e smaltimento, che ho riportato precedentemente, si ritrovano negli atti di autorizzazione che consentono ad un determinato impianto di compiere delle operazioni sui rifiuti.

Le autorizzazioni per gli impianti di gestione dei rifiuti sono disciplinate nei capi IV e V del titolo I della parte quarta del D.lgs. 152/06 e si possono individuare:

- l'autorizzazione unica AU (ordinaria) per gli impianti di smaltimento e di recupero di rifiuti (art. 208);
- l'autorizzazione per gli impianti di ricerca e sperimentazione (art. 211);
- l'autorizzazione integrata ambientale AIA (art. 213);
- l'autorizzazione semplificata per le operazioni di recupero e di preparazione al riutilizzo (art. 214-216);
- l'autosmaltimento (art. 215).

Nell'autorizzazione unica per gli impianti di smaltimento e di recupero rifiuti confluiscono anche processi come lo scarico delle acque reflue, le pratiche edilizie riferite alle aree di influenza della gestione dei rifiuti, le amissioni in atmosfera, le emissioni odorigene, il rumore, in generale tutti gli impatti ambientali.

L'Autorizzazione Integrata Ambientale AIA è molto più complessa rispetto a quella unica e racchiude in un unico documento autorizzativo condizioni e prescrizioni per l'esercizio dell'impianto in materia di emissioni in atmosfera, scarichi idrici, gestione dei rifiuti, protezione del sottosuolo, emissioni rumorose e altri aspetti ambientali. È un'autorizzazione che si applica a tipologie di impianti che sono stati considerati particolarmente impattanti dal punto di vista ambientale. Questi impianti devono necessariamente acquisire l'AIA per consentire l'inizio e/o il proseguo della propria attività. Utilizza un approccio integrato per cui, quando viene autorizzato un impianto con AIA, si considerano contemporaneamente tutti gli effetti ambientali.

1.6 RIFIUTI PRODOTTI NEL MONDO

In tutto il mondo i tassi di produzione di rifiuti sono in aumento: secondo il report del 2015 dell'ISWA (International Solid Waste Association) la produzione globale annuale di rifiuti si attesta intorno ai 7 – 10 miliardi di tonnellate, di cui oltre 2 miliardi classificati come rifiuti solidi urbani di cui almeno il 33% non gestiti in modo ecologico.

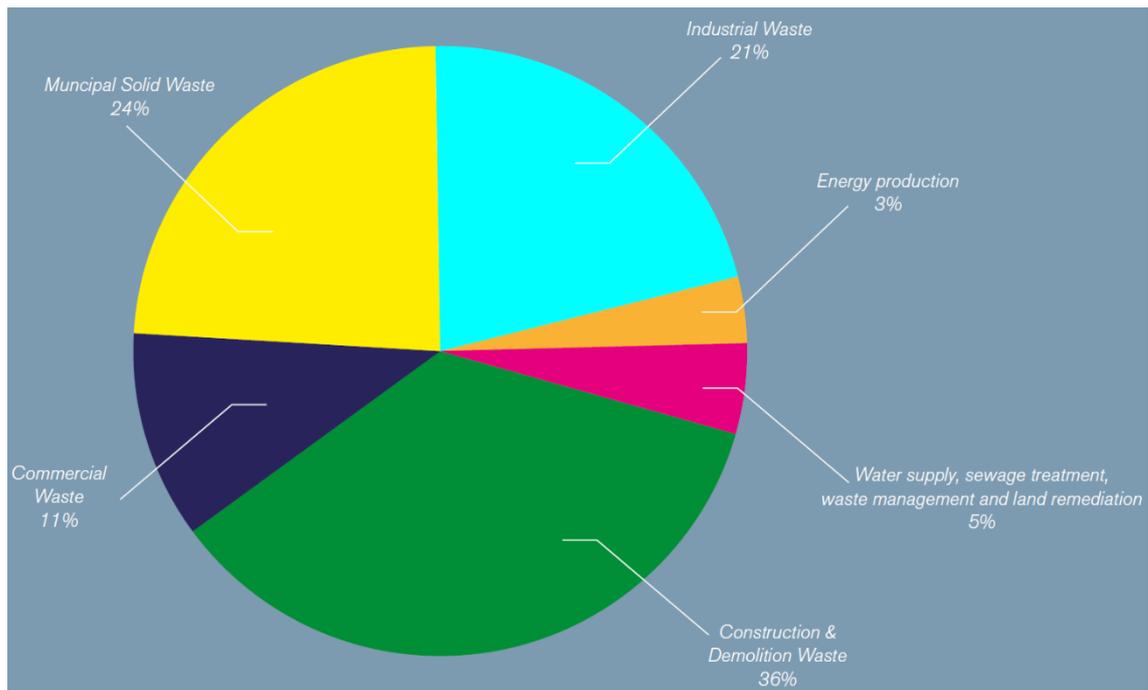


Figura 7. Produzione annuale di rifiuti, percentuali di ogni settore [23]

Guardando al futuro, secondo le statistiche della World Bank, la produzione di rifiuti solidi dovrebbe crescere del 73% entro il 2050 portando la produzione a quasi 4 miliardi di tonnellate. In tutto il mondo, i rifiuti prodotti per persona al giorno oscillano fra 0,11 e 4,54 kg e sono in media 0.74 kg.

Nel complesso si può notare una correlazione positiva fra produzione di rifiuti e reddito pro capite ma si prevede che la quantità totale di rifiuti prodotti dai paesi a basso reddito aumenterà di tre volte entro il 2050.

Attualmente la regione dell'Asia orientale e del Pacifico sta generando la maggior parte dei rifiuti, il 23% dei rifiuti totali; invece, la regione del Medio Oriente e del Nord Africa è quella che sta producendo meno, con il 6%.

Tuttavia, nelle regioni in rapida crescita come l'Africa subsahariana, l'Asia meridionale, il Medio Oriente e il Nord Africa la produzione totale di rifiuti dovrebbe aumentare in modo consistente entro il 2050. In queste regioni più della metà dei rifiuti viene attualmente smaltita in discarica (nel migliore dei casi), di conseguenza i trend di crescita dei rifiuti generati potrebbero avere delle importanti ripercussioni sull'ambiente e sulla salute umana.

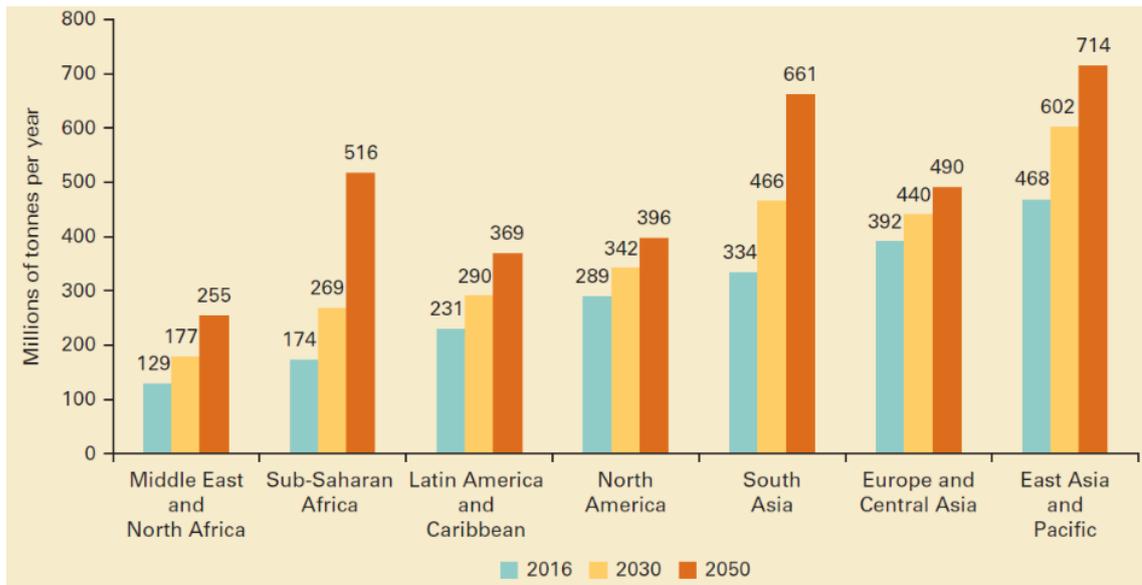


Figura 8. Produzione di rifiuti per macroarea e proiezioni [8]

A livello globale la maggior parte dei rifiuti viene smaltito in discariche, il 33% in discariche a cielo aperto e il 36,6 in discariche più o meno controllate; l'11% dei rifiuti prodotti viene incenerito, il 5,5% è destinato al compostaggio e il 13,5% viene riciclato.

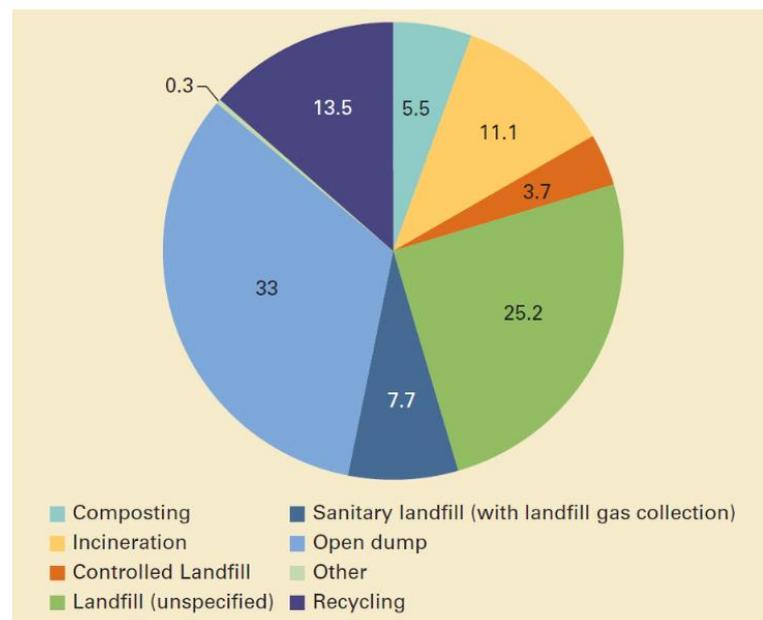


Figura 9. Gestione dei rifiuti a livello globale [8]

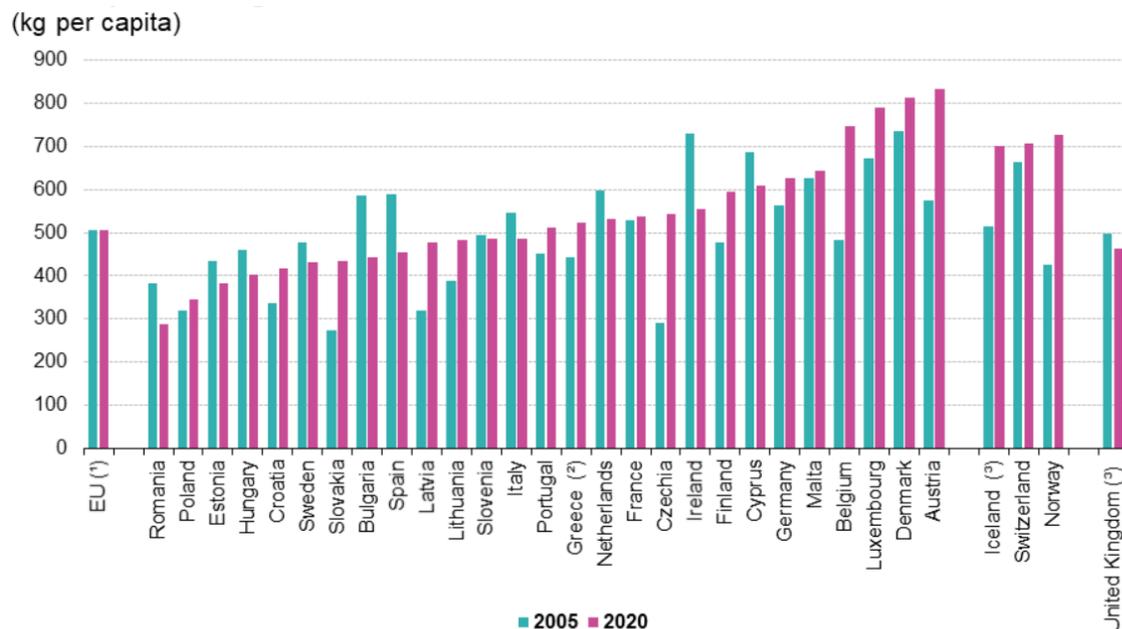
1.7 RIFIUTI PRODOTTI IN EUROPA

Secondo quanto evidenziato da Eurostat, l'ufficio di statistica europeo, in 'Municipal Waste statistics', ogni cittadino europeo nel 2020 ha prodotto mediamente 505 kg di rifiuti, 4 kg in più del 2019 e 38 kg in più rispetto al 1995.

In totale nel 2020 nell'Unione Europea sono stati prodotti 225,7 milioni di tonnellate di rifiuti urbani (circa il 10% dei rifiuti totali) che rappresentano l'1% in più rispetto al 2019 e il 27,7% in più rispetto al 2005.

La produzione di rifiuti cambia parecchio da Stato a Stato: i maggiori produttori di rifiuti urbani nel 2020 sono stati Danimarca e Lussemburgo rispettivamente con 845 kg e 790 kg pro capite, seguiti da Malta e Germania.

Inoltre, si nota come solo sette Paesi UE (Bulgaria, Ungheria, Slovenia, Romania, Spagna, Belgio e Paesi Bassi) hanno prodotto, nel 2020, meno rifiuti per persona rispetto al 1995.



Note: Countries are ranked in increasing order by municipal waste generation in 2020.

(¹) Estimated.

(²) Greece 2019 data.

(³) Iceland, United Kingdom 2018 data.

Source: Eurostat (online data code: env_wasmun)

eurostat 

Figura 10. Produzione di rifiuti degli stati europei nel 2005 e 2020 [10]

Nonostante l'aumento della produzione di rifiuti, la quantità totale di rifiuti urbani conferiti in discarica è diminuita: passando da 121 milioni di tonnellate (286 kg pro capite) nel 1995 a 52 milioni di tonnellate (115 kg pro capite). Tra il 1995 e il 2020 la percentuale dei rifiuti urbani smaltiti in discarica è passato dal 61% del 1995 al 23% del 2020. Questa riduzione può essere in parte dovuta alle direttive europee sugli imballaggi il cui ultimo obiettivo è che entro il 31 dicembre 2025 il 65% dei rifiuti di imballaggio deve essere riciclato.

Inoltre, la direttiva europea sulle discariche ha imposto stringenti limiti al conferimento in discarica dei rifiuti biodegradabili e ha quindi portato i Paesi a adottare strategie alternative per evitare di inviare in discarica la frazione organica dei rifiuti urbani, ovvero il compostaggio e l'incenerimento.

Di conseguenza, la quantità di rifiuti riciclati, includendo il compostaggio, è passata da 37 milioni di tonnellate (87 kg pro capite) nel 1995 a 107 milioni di tonnellate (241 kg pro capite) nel 2020. La quota di rifiuti urbani riciclati complessivamente è aumentata quindi dal 19 % al 48 %.

Nel periodo considerato da Eurostat la quantità di rifiuti urbani inceneriti nell'UE è aumentata di 31 milioni di tonnellate, oltre il 100% e nel 2020 ha interessato 61 milioni di tonnellate di rifiuti urbani passando da 70 kg pro capite a 137 kg pro capite.

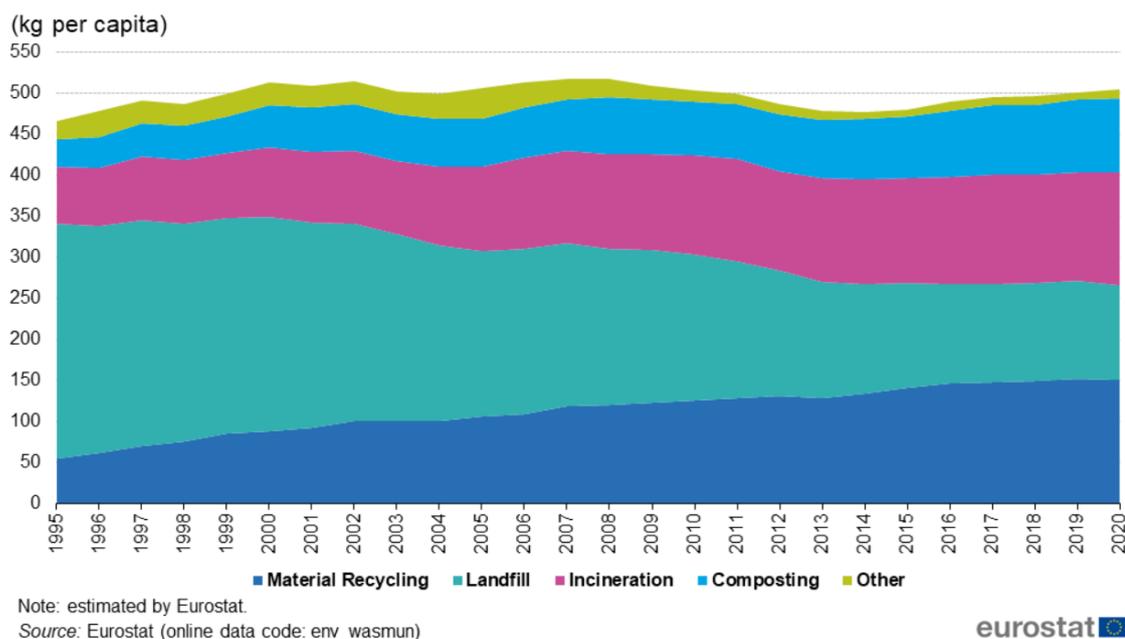


Figura 11. Gestione dei rifiuti in Europa fra il 1995 e il 2020 [10]

1.8 RIFIUTI PRODOTTI IN ITALIA

Concentrandoci ora sul nostro Paese, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) redige ogni anno il Rapporto Rifiuti Urbani e dall'edizione del 2021 emerge che in Italia nel 2020 sono state prodotte 28,9 tonnellate di rifiuti urbani corrispondenti a 488 kg a persona, situazione mediamente confortevole poiché inferiore alla media europea. Questo dato risulta essere mediamente in calo anno dopo anno.

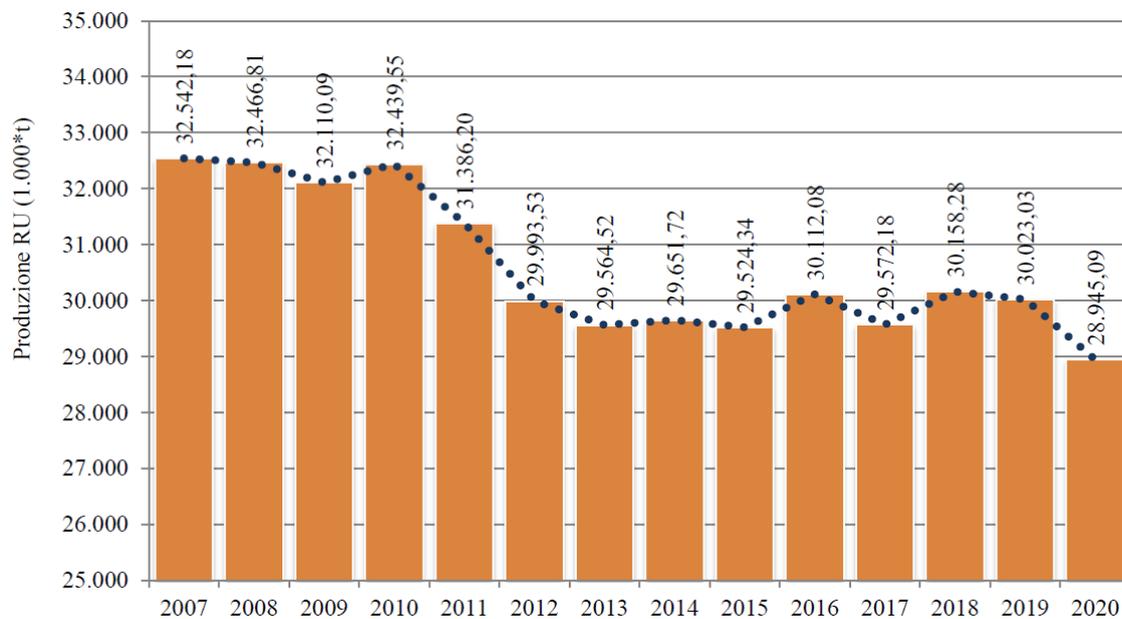


Figura 12. Andamento della produzione di rifiuti urbani, anni 2007-2020 [11]

Nel 2020 il nord Italia ha prodotto 13,9 milioni di tonnellate di rifiuti urbani (507 kg per abitante), il centro circa 6,2 milioni (524 kg per abitante) e il sud poco meno di 8,9 milioni (433 kg per abitante). Tuttavia, la produzione è diminuita complessivamente in tutte le macroaree geografiche rispetto all'anno precedente: per le regioni del centro è stato registrato un calo del 5,4%), quello per le regioni settentrionali è del 3,4%, mentre è del 2,6% la diminuzione per quelle meridionali.

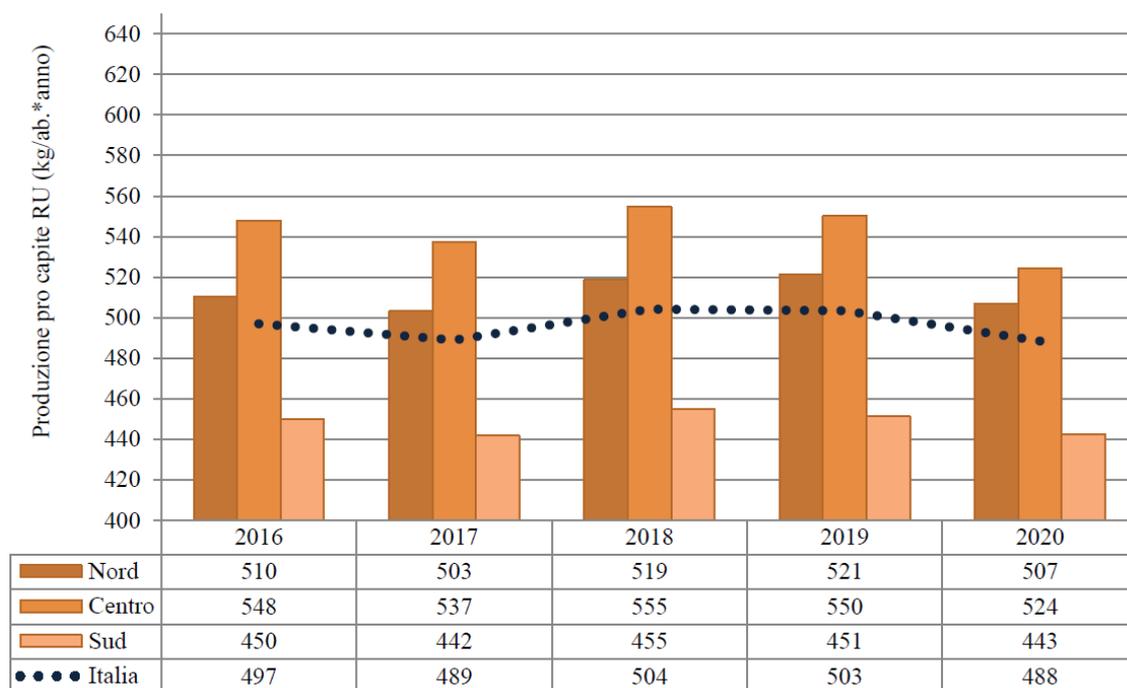


Figura 13. Andamento della produzione pro capite dei rifiuti urbani per macroaree, anni 2016-2020 [11]

Mentre cala mediamente la produzione dei rifiuti urbani, in Italia, cresce quella della raccolta differenziata, nel 2020 infatti la percentuale di raccolta differenziata si è attestata al 63% della produzione nazionale, con un aumento del 1,8% rispetto al 2019.

Anno	Quantitativo raccolto (RD)				Percentuale RD (RD/RU)			
	(1.000*t)				(%)			
	Nord	Centro	Sud	Italia	Nord	Centro	Sud	Italia
2018	9.698,49	3.574,93	4.265,70	17.539,12	67,7	54,3	46,1	58,2
2019	10.021,29	3.761,97	4.614,06	18.397,32	69,6	57,8	50,6	61,3
2020	9.847,33	3.644,84	4.753,68	18.245,85	70,8	59,2	53,6	63,0

Figura 14. Raccolta differenziata dei rifiuti urbani per macroarea geografica, anni 2018-2020 [11]

È interessante anche capire cosa viene differenziato: al primo posto troviamo il rifiuto organico con il 39,9% del totale, carta e cartone invece rappresentano il 19,2% del totale mentre il vetro e la plastica rispettivamente il 12,2% e l'8,6%.

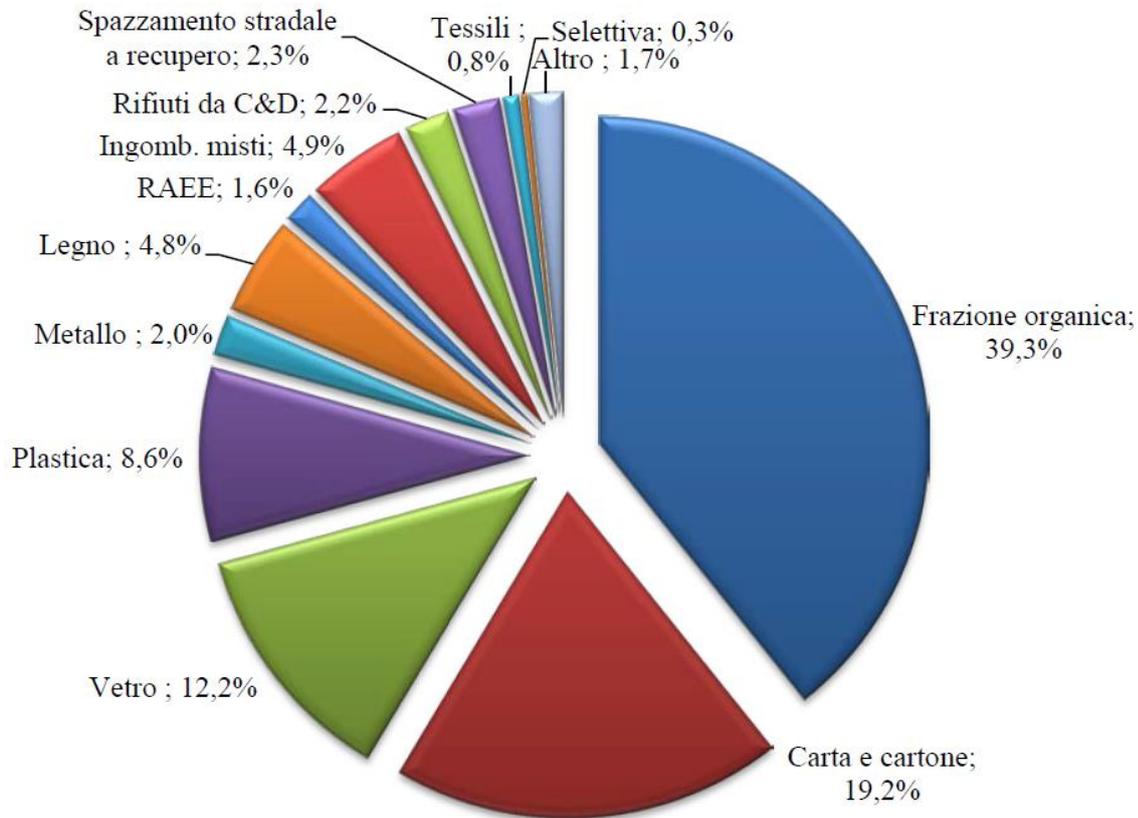


Figura 15. Ripartizione percentuale della raccolta differenziata, anno 2020 [11]

L'analisi effettuata dall'ISPRA nel 2020 evidenzia anche come che il 51% dei rifiuti prodotti vengano destinati ad impianti di recupero di materia: il 23% è destinato agli impianti che recuperano la frazione organica (umido e verde) e oltre il 28% agli impianti di recupero delle altre frazioni della raccolta differenziata.

Invece il punto di arrivo di ciò che non viene gestito o riciclato è la discarica o l'inceneritore. Nel primo caso lo smaltimento in discarica rappresenta il 20% dei rifiuti urbani, dato che si riduce di oltre il 7% rispetto al 2019 e di oltre il 50% negli ultimi 10 anni. Il 18% dei rifiuti urbani prodotti infine è incenerito e viene registrata una diminuzione del 3,6% rispetto al 2019.

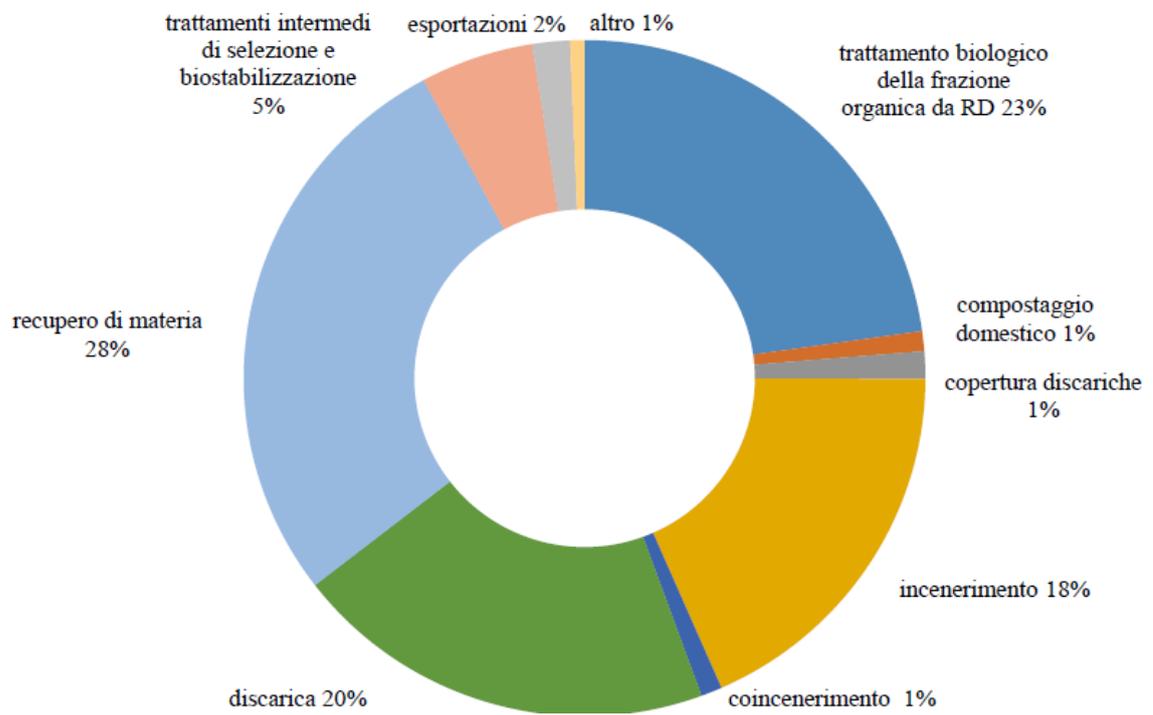


Figura 16. Ripartizione percentuale della gestione dei rifiuti urbani, anno 2020 [11]

2 LE MATERIE PLASTICHE

Andando verso il fulcro di questo elaborato è necessario spostare l'attenzione su quella che comunemente viene chiamata plastica, anche se è più corretto parlare di materie plastiche o direttamente di plastiche, questo perché è un materiale che prevede svariate possibilità di composizione, cioè di una grande varietà di polimeri, ognuno con proprie caratteristiche, proprietà e campi di applicazione.

2.1 DESCRIZIONE CHIMICA

Le materie plastiche sono materiali organici, come la carta o il legno, ma che, a differenza di questi, vengono prodotte artificialmente a partire da una frazione del petrolio ottenuta dalla sua distillazione. Le molecole di tale frazione vengono prima 'spezzate' in parti più piccole, i monomeri, e poi ricostruite, con la polimerizzazione, in lunghe catene di molecole, ottenendo i polimeri, lunghe catene di carbonio e idrogeno.

Le plastiche possono essere costituite da polimeri puri oppure miscelati con sostanze ausiliarie (additivi, plastificanti, coloranti, antiossidanti, lubrificanti) che ne esaltano o ne attenuano le proprietà.

2.2 PROPRIETÀ E CLASSIFICAZIONE

Al giorno d'oggi le plastiche hanno sostituito molti materiali naturali come il legno, i metalli e tessuti proprio grazie alle sue proprietà come la grande durabilità, l'impermeabilità, la facile lavorabilità, la leggerezza, sono isolanti termici ed elettrici, sono leggere e hanno buone proprietà meccaniche ed estetiche.

Le principali proprietà meccaniche delle materie plastiche sono:

- Rigidità: resistenza alla deformazione, viene espressa, in base al tipo di sollecitazione applicata, per mezzo di una grandezza definita 'modulo' che è

espressa in Pascal (Pa). In generale nelle plastiche il modulo varia da pochi Mpa a pochi GPa.

- **Resistenza:** se il materiale è sottoposto ad un carico crescente, rappresenta la massima tensione che il materiale può sopportare prima di giungere a rottura. Anche in questo caso l'unità di misura è il Pa e la resistenza delle materie plastiche può variare da pochi a decine di Mpa.
- **Tenacità o la duttilità:** capacità di deformarsi prima di giungere a rottura, viene misurata in percentuale (allungamento a rottura) la quale rappresenta l'allungamento al momento della rottura rispetto alla lunghezza iniziale
- **Resistenza all'urto:** l'energia che il materiale è in grado di dissipare prima di rompersi sotto l'azione di un carico impulsivo e viene espressa in J/m².

La prima grande classificazione delle materie plastiche deriva dal modo con cui reagiscono al calore, possiamo distinguere quindi: i materiali termoplastici, i materiali termoindurenti e gli elastomeri.

2.2.1 I MATERIALI TERMOPLASTICI

Le termoplastiche esposte al calore acquistano malleabilità, possono quindi essere modellate in nuove forme; la forma viene mantenuta una volta che vengono raffreddate. Queste caratteristiche rendono i materiali termoplastici riciclabili, anche se è doveroso precisare che materiali di questo tipo mantengono le loro proprietà per un numero limitato di cicli di riscaldamento e raffreddamento.

La maggioranza delle materie plastiche appartiene a questa categoria, le principali sono:

- **Poliiolefine:** comprendono polietilene (PE) e polipropilene (PP), sono materiali a basso costo e maggiormente utilizzati per contenitori di vario tipo, tubi, cassette paraurti e accessori per la casa;
- **Polietilene (PE):** appartiene alla categoria delle poliolefine ed è il materiale plastico più diffuso grazie al basso costo e alla versatilità. Possiede buone proprietà meccaniche, atossicità, flessibilità nella lavorazione e impermeabilità. Viene utilizzato per sacchi di ogni tipo, bottiglie per il latte, fusti, taniche, cassette, flaconi, tappi, contenitori per pitture, accessori per la casa, teloni

agricoli. Viene distinto in polietilene a bassa densità LDPE e polietilene ad alta densità HDPE;

- **Polipropilene (PP):** come il PE è una poliolefina, è un materiale leggero, impermeabile, atossico, rigido e resistente alle trazioni e per questo è utilizzato per fare componenti per auto, contenitori per alimenti, cassette, arredi da giardino e giocattoli;
- **Polistirene (PS):** utilizzato nella forma espansa (il comune polistirolo) oppure trasparente per bicchieri, vassoi per alimenti, scatole, posate e piatti;
- **Polietilene tereftalato (PET):** usato per bottiglie, film e fibre tessili;
- **Polivinilcloruro (PVC):** materiale dal basso costo, duraturo e resiste a fattori ambientali aggressivi, viene utilizzato per tubi, rivestimenti di cavi elettrici, bottiglie, pavimenti e oggetti vari.
- **Poliammide PA:** comunemente conosciuto come ‘Nylon’, materiale resistente all’usura, all’abrasione, e agli agenti chimici ed è impiegato in molti settori: nell’industria tessile per la produzione di calze e indumenti o per produrre oggetti di uso comune come la pellicola trasparente.

	PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS
Film termoretraibile per fardellaggio				●		
Shoppers	●				●	
Sacchetti per confezionamento manuale		●		●	●	
Sacchi a rete per prodotti ortofrutticoli				●	●	
Bottiglie	●					
Flaconi	●	●	●		●	
Taniche		●				
Cassette		●			●	
Cassette in materiale espanso						●
Vaschette/vassoi	●	●	●		●	
Vaschette e vassoi in materiale espanso						●
Barattoli o vasetti	●	●	●		●	
Secchi		●	●		●	
Tubetti (es. per creme, dentifrici, salse, colle, etc.)				●	●	
Cestelli portabottiglie		●	●		●	
Astucci, scatole e altri contenitori di presentazione	●	●			●	
Stoviglie monouso (piatti e bicchieri)					●	●

Figura 17. Materiali plastici e tipologie di imballaggio [24]

2.2.2 I MATERIALI TERMOINDURENTI

Le plastiche termoindurenti esposte al calore non si deformano e il loro comportamento meccanico rimane pressoché inalterato, a temperature piuttosto elevate carbonizzano. Questi materiali, una volta formati, risultano quindi particolarmente resistenti al calore e agli agenti chimici. Un manufatto in materiale termoindurente deve essere riciclato attraverso processi specifici. Le plastiche più diffuse di questa categoria sono le resine fenoliche, poliuretaniche, epossidiche e poliestere insature.

2.2.3 GLI ELASTOMERI

Conosciuta comunemente come ‘gomma’, questa categoria si colloca a metà fra le materie termoplastiche e quelle termoindurenti e fa, come si può intuire, dell’elasticità ad ampi range di temperatura la sua caratteristica principale consentendo al materiale di allungarsi e di ritornare al suo stato iniziale senza praticamente deformarsi. Gli elastomeri più diffusi sono quelli termoindurenti ma, a causa del loro riciclo complicato, si stanno diffondendo anche gli elastomeri termoplastici.

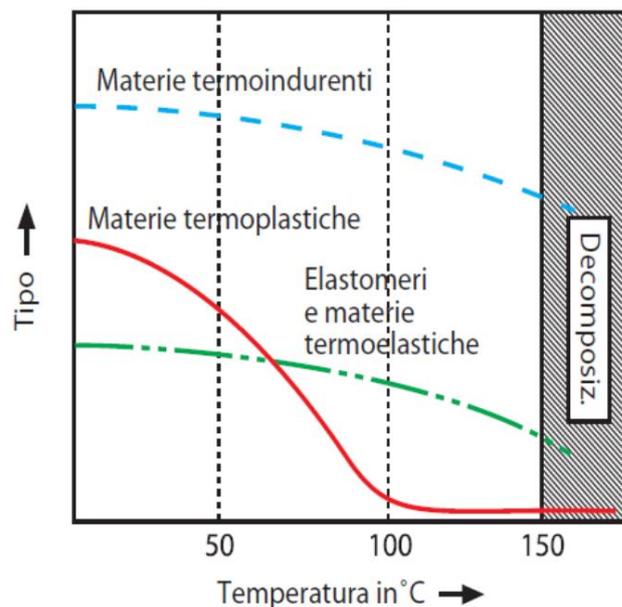


Figura 18. Variazione di resistenza di materie plastiche al riscaldamento

2.2.4 LE MISCELE POLIMERICHE E I POLIACCOPPIATI

Le miscele polimeriche vengono ottenute miscelando insieme più polimeri, se sono perfettamente miscibili si parla di miscele omogenee altrimenti vengono dette miscele eterogenee. I poliaccoppiati invece sono formati da strati di diversi materiali plastici strati, caratteristica che comporta problemi per il riciclo. Il loro tipico impiego è nel settore alimentare in cui vengono utilizzati come imballaggi.

2.3 LE PLASTICHE RIGIDE

Le plastiche rigide, materiali su cui si concentra questo elaborato, sono tutti quei prodotti in plastica che hanno una forma, vuota o piena, relativamente rigida e che sono in grado

di mantenerla durante il normale utilizzo. La maggior parte dei prodotti in plastica rigida è costituita da Polietilene ad alta densità (HDPE) e Polipropilene (PP), ma possiamo trovarne anche in PET e PVC. La loro forma robusta e solitamente rigida li rende utilizzabili più a lungo pur essendo relativamente leggeri e facili da produrre. Il vantaggio più grande, però, è sicuramente la loro riciclabilità, a patto che queste plastiche vengano smaltite correttamente. Se si parla di rifiuti urbani cosa fondamentale è distinguere se questi sono imballaggi o meno.

Viene definito imballaggio il prodotto che è adibito a contenere determinate merci, dalle materie prime ai prodotti finiti, a proteggerle, a consentire la loro manipolazione e la loro consegna dal produttore al consumatore o all'utilizzatore, ad assicurare la loro presentazione, nonché gli articoli a perdere usati allo stesso scopo.

In Italia rifiuti plastici da imballaggi e rifiuti plastici non da imballaggi hanno due flussi di raccolta differenti: gli imballaggi vengono raccolte tramite la differenziata della plastica, le plastiche non da imballaggi devono essere conferite nelle isole ecologiche.

I più comuni imballaggi in plastica rigida sono contenitori di ogni tipo sia aperti che chiusi, coperchi, bicchieri, vassoi e scatole utilizzate per il trasporto degli alimenti, cassette, taniche, flaconi.

Fra i prodotti invece che fanno parte delle plastiche rigide non da imballaggio possiamo trovare: oggetti di uso comune come secchi, annaffiatori, vasi di fiori, giocattoli, parti di automobili, scolapasta, mobili da giardino, stendini e cesti per la biancheria. Nel settore industriale vengono utilizzate nei pallet, contenitori per la spazzatura e tubi.

2.4 LA PLASTICA NEL MONDO E IN EUROPA

Metà della plastica generata dalla sua scoperta è stata prodotta negli ultimi 20 anni. Se questa tendenza continuasse, gli effetti ambientali dovuti alla produzione, l'utilizzo e l'eventuale smaltimento andrebbero ad aumentare parallelamente.

Per contrastare la tendenza è necessario convertire i modelli economici lineari a quelli circolari in cui l'impiego delle materie plastiche è ottimizzato e il loro ciclo di vita aumenta grazie al riuso e il riciclo.

La produzione di materie plastiche richiede molta energia e determina l'emissione di una quantità rilevante di gas serra. Le molecole che costituiscono la plastica contengono al

loro interno carbonio che, se bruciato, rilascia gas serra e altri inquinanti. I rifiuti plastici smaltiti illegalmente comportano danni ambientali significativi. Aumentare il riciclo della plastica risulta quindi essere una parte fondamentale per la transizione verso l'economia circolare. Questo però non è affatto semplice: la qualità e il prezzo dei prodotti riciclati devono rimanere competitivi con quelli della plastica vergine e, siccome le materie plastiche sono molto versatili e possono adattarsi ai singoli bisogni di ogni produttore, la varietà di questi materiali complica il processo di riciclo, i costi aumentano e la qualità diminuisce. Di conseguenza la domanda di plastica riciclata è molto più bassa di quella vergine.

Secondo i dati presentati nel rapporto 'Plastics the facts' del 2022 pubblicato da Plastics Europe, l'associazione europea dei produttori di materie plastiche, la produzione mondiale nel 2020 è di quasi 370 milioni di tonnellate, mentre in Europa la produzione si aggira attorno ai 55 milioni di tonnellate, contribuendo al 15% della produzione, percentuale vicina a quella dell'area NAFTA (Stati Uniti, Canada e Messico) ma ben lontana dalla Cina, che con il 32% domina il mercato. Completano la produzione totale il resto dell'Asia con il 17%, Medio Oriente e Africa con il 7%, il Sud America con il 4%, 3% sia per il Giappone che per la Comunità degli Stati Indipendenti.

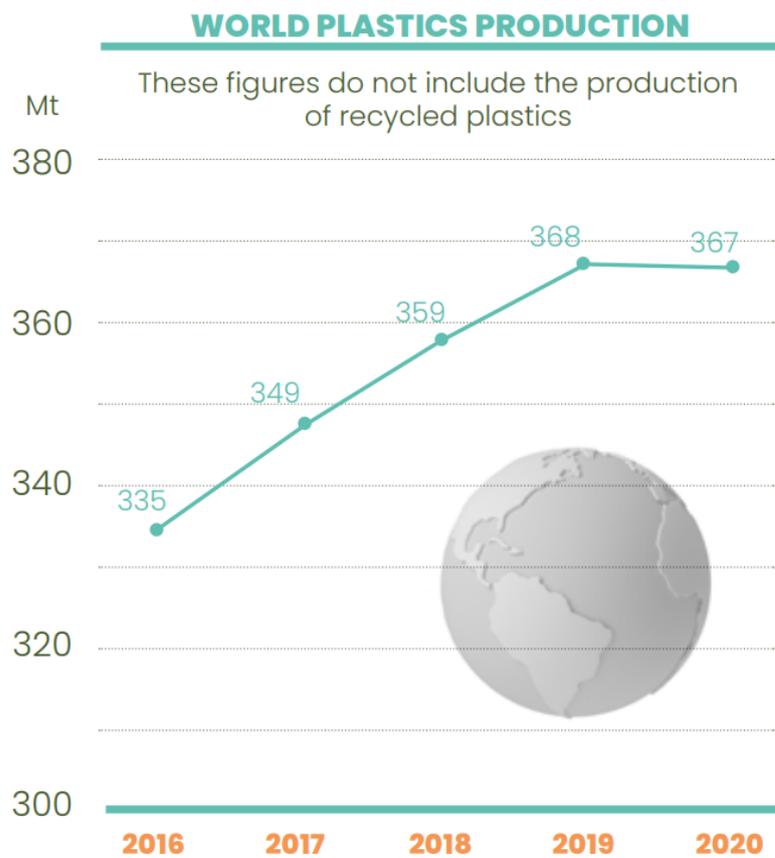


Figura 19. Produzione mondiale di plastica, anni 2016-2022 [16]

In ‘Global Plastic Outlook’, rapporto del 2019 dell’OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) è stato stimato che siano stati prodotti quasi 360 milioni di tonnellate di rifiuti di materie plastiche di cui il 15% è stato recuperato e trasformato in materia prima secondaria, il 17% incenerito, il 46% è stato smaltito in discarica mentre il resto è stato abbandonato o gestito illegalmente.

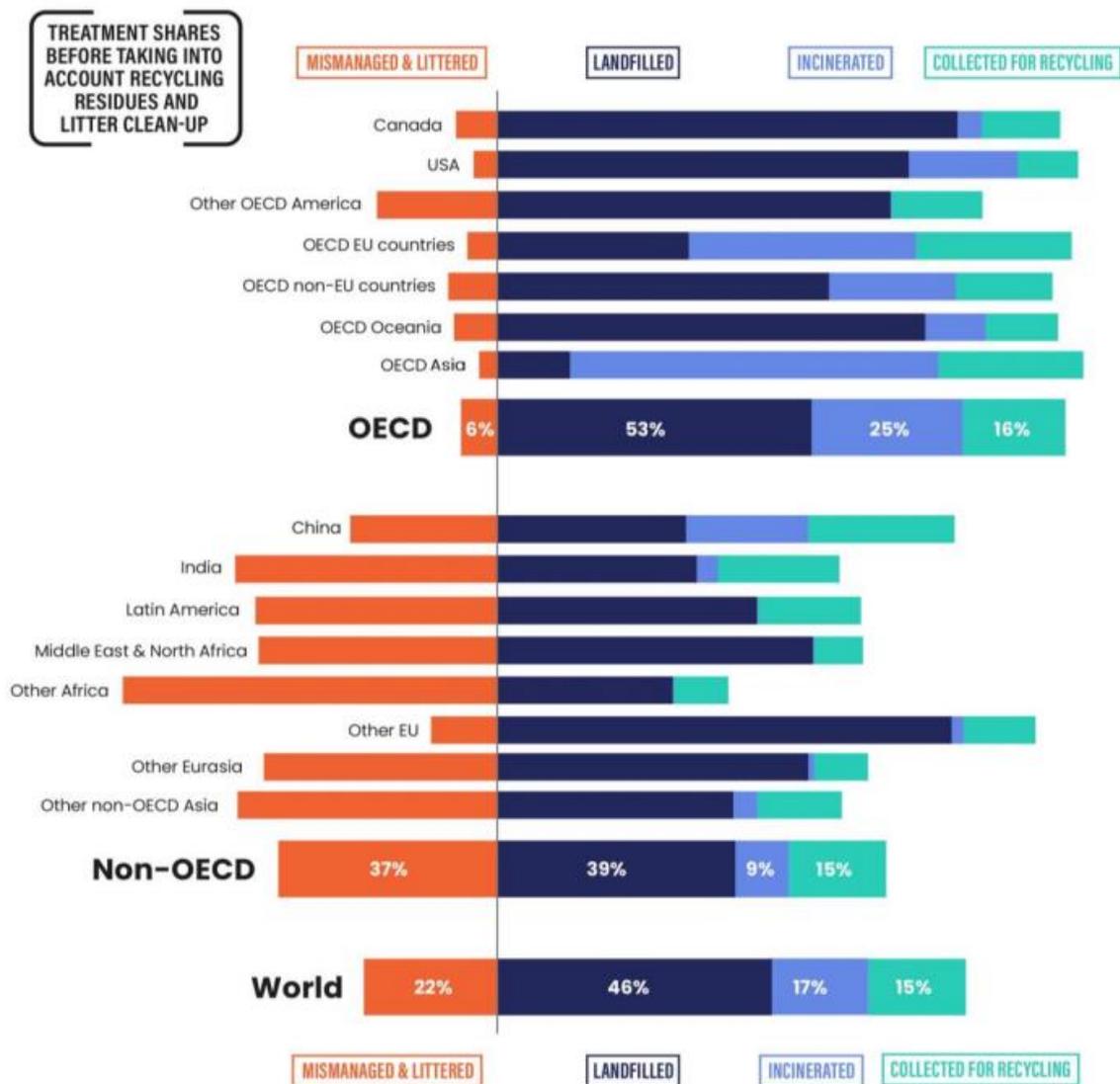


Figura 20. Gestione dei rifiuti per macroarea e a livello mondiale [19]

In Europa il consumo di plastica è dominato da Germania, che è la nazione con la più alta percentuale pari al 23,3%, Italia, Francia, Polonia, Spagna e Inghilterra. Questi sei Paesi utilizzano più di 3 milioni di tonnellate di plastica ciascuno e rappresentano il 70% della richiesta di plastica.

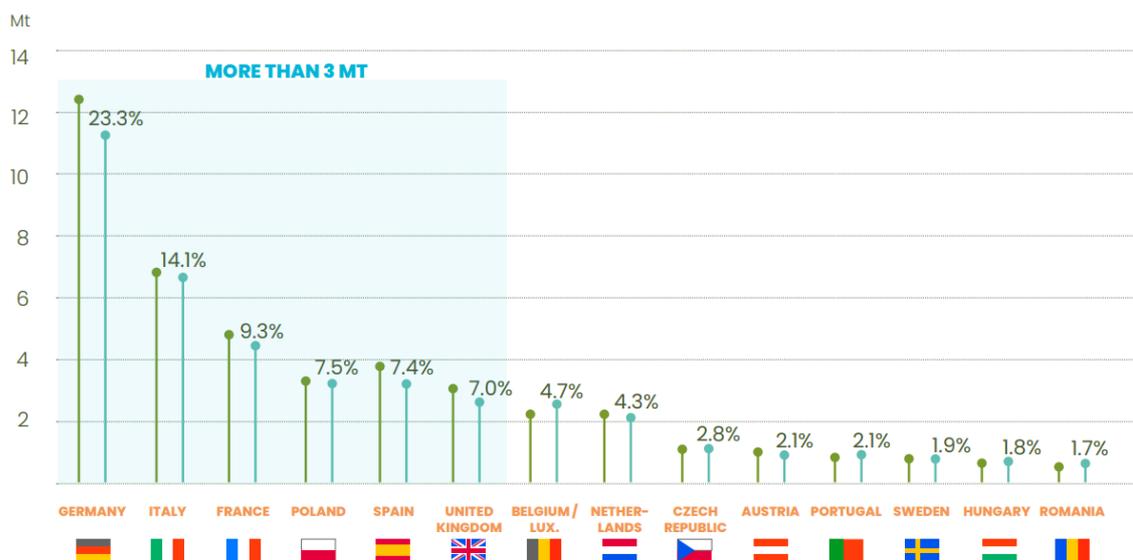


Figura 21. Principali consumatori di plastica in Europa [16]

I settori principali di utilizzo sono gli imballaggi, i più influenti con il 40,5%, a seguire le costruzioni con il 20,4%, il settore automotive con una percentuale dell'8,8%, il settore elettrico ed elettronico con il 6,2%, il settore dello sport e casalingo con il 4,3% ed infine l'agricoltura con il 3,2%.

Quasi il 40% della plastica utilizzata è costituita da PP, HDPE e LDPE.

Consultando i dati del Parlamento europeo pubblicati a fine 2018 in 'Rifiuti di plastica e riciclaggio nell'UE: i numeri e i fatti', risulta che in Europa più di un terzo dei rifiuti plastici venga riciclato anche se il termovalorizzatore, con una percentuale di oltre il 40% rimane il metodo più comune per smaltire questi rifiuti. Il 25% circa di essi invece viene smaltito in discarica.

È importante anche sottolineare che circa il 50% della plastica raccolta per il riciclaggio viene esportata per essere gestita in paesi extraeuropei. I motivi possono essere la mancanza di strutture, di tecnologia o di risorse economiche adeguate a trattare localmente i rifiuti.

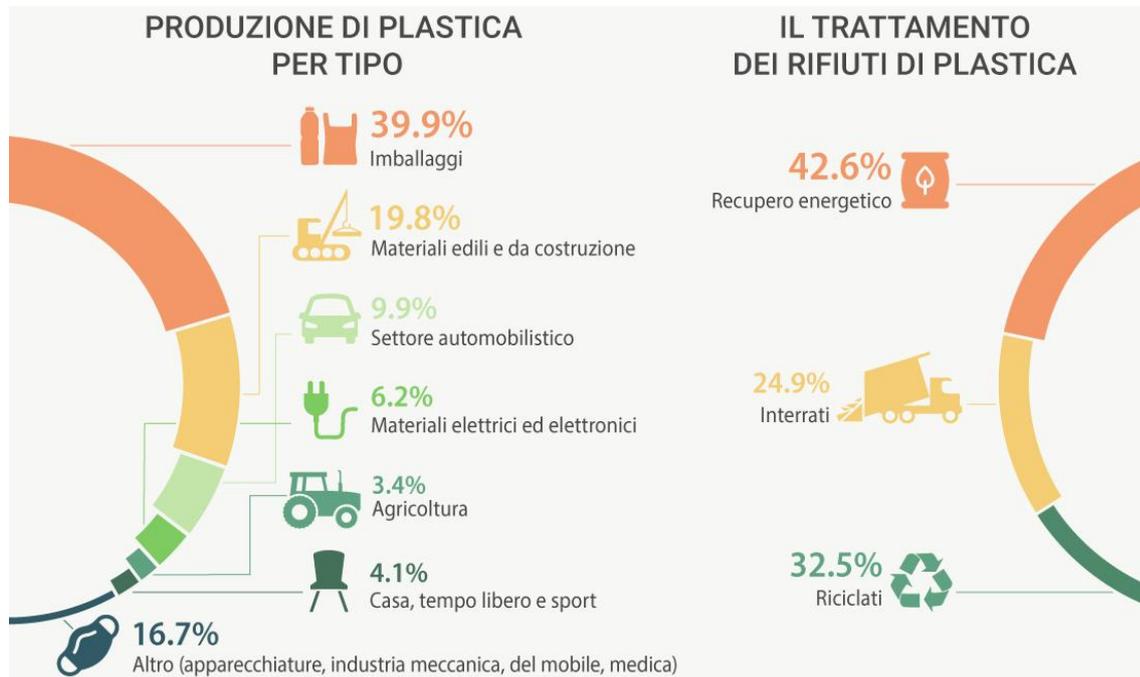


Figura 22. Produzione di rifiuti plastici nell'Unione Europea e il loro trattamento [18]

2.5 LA PLASTICA IN ITALIA

Nel paragrafo precedente è già stato mostrato come l'Italia sia il secondo paese come consumo di plastica in Europa. Secondo l'approfondimento sull'Italia dell'edizione del 2020 di 'Plastics – the facts' di Plastics Europe, nel 2018 sono stati raccolti circa 3,6 milioni di tonnellate di rifiuti plastici di cui il 31,4 % è stato riciclato, percentuale in linea con la media europea. Il 32,8% è stato destinato al recupero energetico mentre il 35,8% è stato smaltito in discarica.

Oltre il 60% dei rifiuti plastici rientra fra gli imballaggi, su di essi la percentuale di riciclo si alza fino 44,6% mentre diminuisce quella corrispondente allo smaltimento in discarica, che scende al 12,5%.

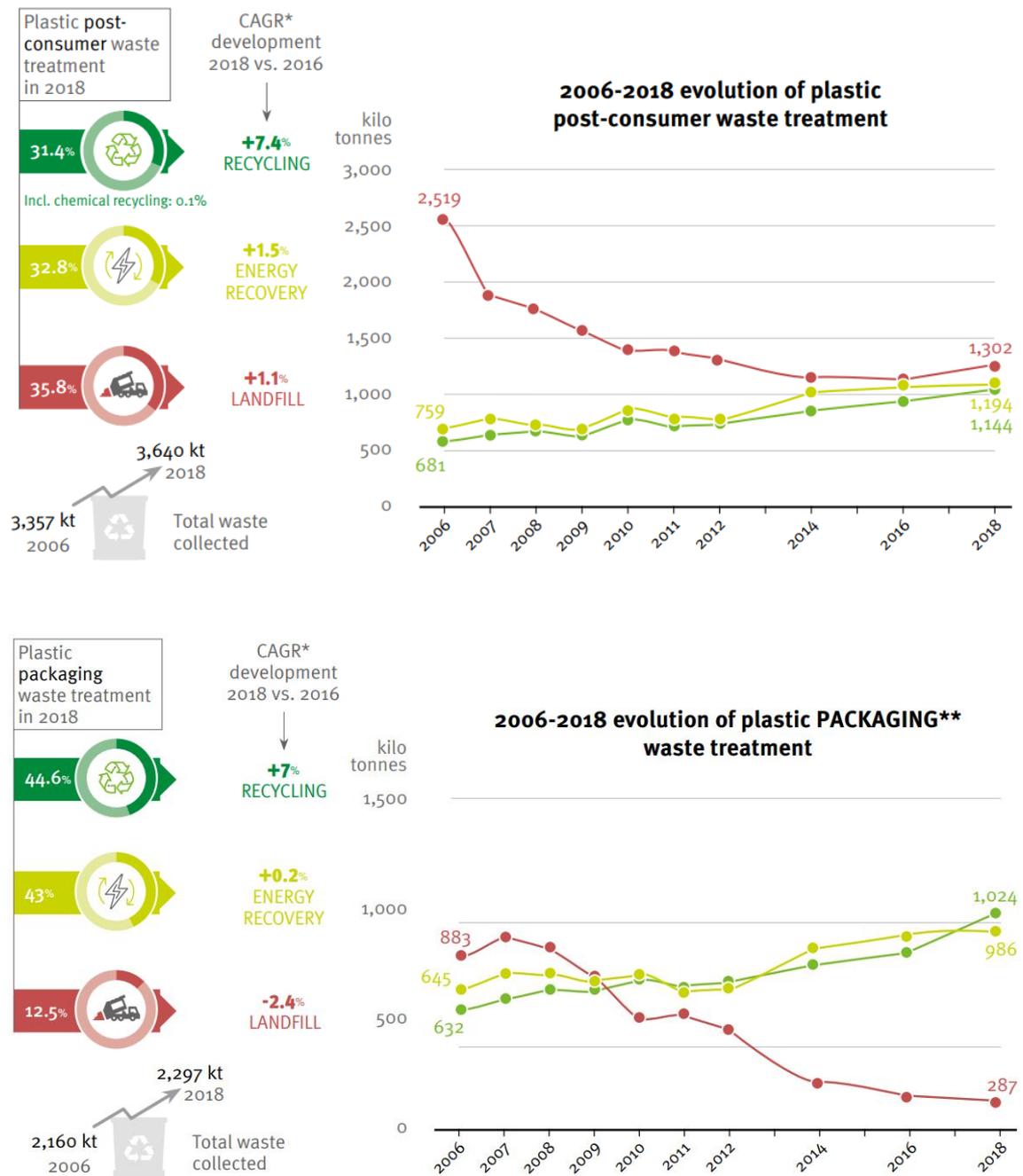


Figura 23. Sopra) Gestione dei rifiuti plastici in Italia. Sotto) Gestione dei rifiuti plastici da imballaggio in Italia. Anni 2006-2018 [17]

3 IL PROCESSO RICICLO DELLE MATERIE PLASTICHE

Lo studio dei processi di riciclo è importantissimo per individuare i fattori che influenzano la loro buona riuscita con la conseguente produzione di materiale End of Waste di qualità. Inoltre, è il punto da cui partire per progettare oggetti adatti ad essere recuperati.

Per entrare nella filiera del riciclo le materie plastiche transitano dalla raccolta differenziata per le successive attività di selezione e riciclaggio. Laddove il riciclo non sia possibile o economicamente sostenibile è possibile il recupero energetico e, come ultima scelta, lo smaltimento in discarica.

3.1 PLASTICHE RICICLABILI

Le plastiche più facilmente riciclabili sono le termoplastiche perché per loro natura possono essere fuse e ri-estruse per riprendere forma in nuovi prodotti. C'è però da tenere conto che queste plastiche possono essere riciclate un limitato numero di volte e che in ogni fase di riciclo vengono perse parte delle loro caratteristiche meccaniche, specialmente nel caso di allungamento a rottura e resistenza.

A differenza di ciò che accade per il vetro e i metalli che conservano infinitamente le loro proprietà, le materie plastiche degradano progressivamente durante il loro utilizzo e a causa delle lavorazioni subite. Radiazioni, calore e sforzi meccanici ed elettrici possono fare variare le caratteristiche del polimero peggiorandole perché le catene di molecole che li formano si spezzano. Una riduzione della lunghezza delle catene corrisponde ad una diminuzione del peso molecolare del materiale, da cui dipende la maggioranza delle caratteristiche meccaniche. È quindi opportuno verificare al termine dei processi di riciclo se e come esse siano variate rispetto a quelle iniziali.

Inoltre, la presenza di diversi materiali polimerici può aumentare notevolmente la difficoltà dell'operazione di riciclo. Questo perché i polimeri possono essere incompatibili e quindi difficili da miscelare; l'incompatibilità può dar luogo a materiali riciclati con caratteristiche scadenti. Di conseguenza, per ottenere una buona qualità del prodotto riciclato, è importante che la raccolta differenziata sia seguita da un ulteriore

processo di separazione che divida le materie plastiche in frazioni di polimeri omogenei facendo particolarmente attenzione a quei materiali che non possono essere riciclati.

Inoltre, è necessario considerare l'aspetto economico, oltre al costo dell'operazione di riciclaggio in sé, è necessario che il costo della plastica MPS sia competitivo con quello della plastica vergine e con i metodi alternativi di trattamento dei rifiuti

Gli imballaggi in plastica che noi utilizziamo quotidianamente sono divisi in base al polimero utilizzato e, per ognuno, esiste una sigla e un codice riciclo che viene riportato sull'imballaggio.

PET: codice identificativo 1;

HDPE: codice identificativo 2;

PVC: codice identificativo 3;

LDPE: codice identificativo 4;

PP: codice identificativo 5;

PS: codice identificativo 6;

Altre Plastiche: codice identificativo 7.



Figura 24. Codici identificativi per plastiche riciclabili.

Le plastiche con questo ultimo codice sono rappresentate da tutti quei per cui non è stato definito un codice specifico, come ad esempio il policarbonato PC. Rientrano in questo codice anche tutte le combinazioni di polimeri come, ad esempio, un imballaggio costituito da uno strato di PET e uno di LDPE.

Le plastiche non riciclabili o che non è sostenibile riciclare possono essere riutilizzate come inerti edili oppure utilizzati all'interno delle fornaci di cementifici e acciaierie, così da utilizzare un combustibile alternativo ai classici combustibili fossili. L'altra strada per evitare lo smaltimento in discarica è l'incenerimento o la termovalorizzazione.

3.2 LA PLASTICA RACCOLTA

La plastica raccolta può avere origine urbana o industriale. Per quanto riguarda i rifiuti urbani di plastica, essi sono maggiormente composti da imballaggi e sono gestiti per la maggior parte da consorzi. Uno dei più importanti in Italia è COREPLA (Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio e il Recupero dei Rifiuti di Imballaggi in Plastica), che raccoglie e ricicla imballaggi in plastica.

La raccolta dei rifiuti di materie plastiche da attività economiche spetta alle imprese utilizzatrici che di norma provvedono rivolgendosi a imprese di recupero e riciclo specializzate che operano autonomamente sul mercato e che fanno tipicamente riferimento a flussi omogenei di rifiuti di imballaggio più facilmente riciclabili. Dai centri di recupero, questi imballaggi vengono poi inviati alle imprese di riciclo (laddove i centri di recupero non siano in possesso di un impianto di riciclo) dove viene completato il processo effettuando le lavorazioni di macinazione, lavaggio ed eventuale granulazione. Risulta quindi evidente che i sistemi industriali integrati di selezione, recupero e riciclo del rifiuto, preferibilmente nello stesso sito, siano spesso la soluzione più idonea a massimizzare il recupero di risorse, nonché a contenere i costi di logistica (e quindi anche i consumi energetici).

3.2.1 IL SISTEMA CONAI E COREPLA

CONAI è un consorzio di natura privata senza scopi di lucro che comprende circa 800.000 imprese iscritte, rappresenta il perno del sistema nazionale per la gestione dei rifiuti da imballaggio e garantisce il raggiungimento degli obiettivi di riciclo e recupero previsti dalla legge. I comuni possono decidere di aderire a CONAI per avviare al recupero e il riciclo dei rifiuti urbani da imballaggio. Il sistema CONAI si basa sull'attività dei sei Consorzi a seconda dei materiali di cui sono composti gli imballaggi: plastica, carta, alluminio, acciaio, legno, vetro. L'Accordo Quadro ANCI-CONAI è lo strumento che garantisce il funzionamento del sistema dei Consorzi. L'accordo, sottoscritto anche dai Consorzi di filiera, ha carattere volontario e prevede la possibilità per tutti i comuni interessati di sottoscrivere, direttamente o delegando il gestore della raccolta, una convenzione con tali consorzi. Questo permette ai comuni/gestori di conferire i materiali ai Consorzi di filiera, i quali, garantiscono il trattamento dei rifiuti, attraverso il ritiro del materiale, l'avvio al riciclo e il riconoscimento dei corrispettivi di servizio prestabiliti, a seconda della quantità e alla qualità del materiale intercettato.

COREPLA è il Consorzio Nazionale che si occupa delle materie plastiche, provvedendo alla raccolta, il riciclaggio e il recupero degli imballaggi derivati dalla raccolta differenziata urbana. Il consorzio è privato e senza scopo di lucro.

Le Imprese che aderiscono al Consorzio sono circa 2.700, appartengono alle seguenti categorie (le seconde due su base del tutto volontaria):

- imprese produttrici di materie prime per la produzione di imballaggi;
- imprese trasformatrici che producono imballaggi in plastica;
- imprese utilizzatrici di imballaggi in plastica (“autoproduttori”, importatori di imballaggi pieni);
- imprese che svolgono attività di riciclo e recupero dei rifiuti d’imballaggio in plastica.

COREPLA si occupa inoltre di supportare i Comuni, al fine di attivare e sviluppare adeguati sistemi di raccolta differenziata, riconoscendo i corrispettivi previsti dall’Accordo-Quadro ANCI-CONAI, per la copertura dei maggiori oneri sostenuti durante lo svolgimento della raccolta.

Una volta raccolto il materiale, se il Comune/gestore ha scelto di aderire all’accordo, COREPLA provvede alla selezione e all’avvio a riciclo, per la quota di sua competenza. In Italia, nel 2020, sono stati attivi mediamente 33 impianti di selezione (CSS). I flussi selezionati sono stati destinati a 88 impianti di riciclo, collocati in prevalenza sul territorio nazionale.

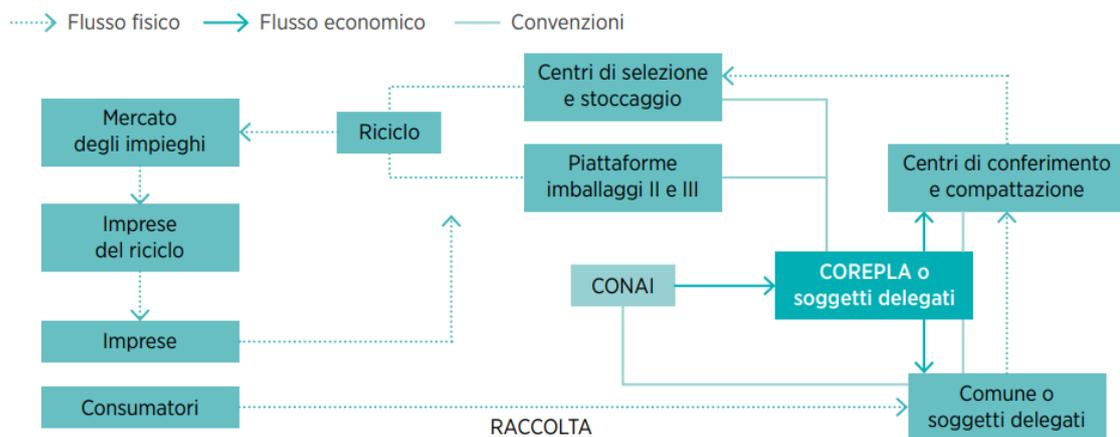


Figura 25. Schema della filiera del recupero degli imballaggi in Italia [25]

3.3 IL RICICLO

Il riciclo può essere classificato come:

- Riciclo primario (meccanico): viene applicato ai rifiuti plastici pre-consumo, permette quindi il recupero di materiale da scarti o pezzi difettosi che vengono

granulati e generalmente rilavorati e miscelati a materiale vergine. Il prodotto ottenuto, leggermente degradato dalla lavorazione subita, può essere utilizzato per le stesse applicazioni e modalità di un polimero vergine.

- Riciclo secondario (meccanico): permette la trasformazione di tutti i rifiuti plastici in un prodotto che può essere utilizzato generalmente per la produzione di manufatti che richiedano prestazioni minori rispetto a quelle del materiale di partenza.
- Riciclo terziario (chimico): può essere applicato ai rifiuti in plastica ottenendo prodotti chimici ben definiti o per la generazione di energia.
- Riciclo quaternario (recupero energetico): consente, mediante la combustione dei rifiuti plastici, il recupero di energia.

I rifiuti plastici che vengono riciclati possono appartenere a due categorie:

- Rifiuti plastici pre-consumo: sono i rifiuti industriali, rappresentano quindi gli scarti derivanti dal processo di fabbricazione di un manufatto (stampo, taglio ecc.). Solitamente hanno natura chimica ben definita e non sono contaminati da altre sostanze, per questo motivo possono essere riciclati tramite processi standard.
- Rifiuti plastici post-consumo: sono i rifiuti derivanti da oggetti o imballaggi che hanno esaurito il compito per il quale sono stati prodotti.

Le fasi del processo di riciclo comprendono la raccolta dei rifiuti, la loro selezione, e le operazioni di riciclo vero e proprio.

3.4 RACCOLTA

La prima fase necessaria per avviare un materiale al riciclo è la raccolta dei rifiuti. Il tipo di raccolta perseguita influisce inevitabilmente sulla qualità del materiale da avviare al riciclo. Possiamo distinguere le seguenti tipologie di raccolta:

- Differenziata per tipologia di prodotto;
- Multimateriale per due o più tipologie di prodotto;
- Indifferenziata di tutte le frazioni di rifiuti.

Inutile dire che il primo passo per riciclare la plastica è fare la raccolta differenziata: meglio si fa la differenziata tanto più efficiente sarà il riciclo. I rifiuti vanno divisi perché questo è l'unico modo per riuscire a riciclarli.

Se la plastica proviene dalla raccolta differenziata si ha mediamente che oltre il 90% dei rifiuti raccolti è plastica. In genere, questi rifiuti sono contaminati da sostanze di varia natura per cui richiedono trattamenti appositi per effettuare il riciclo.

3.5 SELEZIONE

La qualità del materiale al termine del processo di riciclo dipende fortemente dalla fase di selezione. Essa consiste nel suddividere i rifiuti plastici secondo la tipologia di polimero ed eliminare le frazioni estranee come vetro, carta e alluminio e ottenendo flussi omogenei da avviare al riciclo.

I metodi di selezione più comuni sono:

- Separazione manuale: il materiale viene selezionato da operatori su un nastro trasportatore o su una superficie fissa ottenendo di ottenere flussi di altissima qualità. La selezione manuale è comunemente eseguita anche a valle delle tecnologie automatiche.
- Vaglio a tamburo rotante: tramite un grosso cilindro rotante inclinato il materiale viene separato per dimensione attraverso fori di diametro diverso. Questo metodo permette di eliminare dal materiale elementi di piccole dimensioni non selezionabili manualmente.
- Separazione per flottazione: le materie plastiche vengono separate grazie alla differenza fra il loro peso specifico e quello del fluido in cui vengono immerse. Solitamente si utilizza l'acqua in cui polimeri come PET, PVC e PS affondano, mentre PE, PP e EPS galleggiano.
- Separazione magnetica: viene utilizzata per eliminare dal flusso di materie plastiche i metalli. I metalli ferrosi vengono rimossi tramite magneti permanenti o elettromagneti, quelli non ferrosi vengono respinti tramite i separatori a correnti indotte.

- Separatore balistico: è formato da una superficie inclinata vibrante dotata di piccoli fori in cui il materiale leggero viene trasportato verso l'alto per attrito, quello pesante rimane nella parte basse.
- Separatori ottici o Near Infra Red (NIR): i rifiuti plastici, posizionati su un nastro trasportatore, vengono colpiti da un raggio ad infrarossi. Vengono riconosciute le varie tipologie di plastica grazie al fatto che ogni polimero riflette in modo diverso la luce infrarossa. Con questa tecnologia è anche possibile suddividere per colore flussi di plastiche dello stesso polimero.
- X-ray transmission (XRT): questa tecnica è basata sulla trasmissione di un fascio ad alta intensità di raggi X. Quando i raggi X penetrano nel materiale, parte della loro energia viene assorbita, mentre la restante viene riflessa sottoforma di radiazione che può essere rilevata fornendo informazioni sulla densità atomica del materiale e di conseguenza la sua identificazione.

Si possono anche avere flussi eterogenei di materie plastiche, derivanti da una selezione più approssimativa, questo inevitabilmente incide sulla qualità del prodotto al termine dell'operazione di riciclo.

Il materiale separato viene successivamente destinato ad impianti che eseguono il riciclo vero e proprio, esso può distinguersi in riciclo meccanico o riciclo chimico.

3.6 RICICLO MECCANICO

Il riciclo meccanico è composto essenzialmente da cinque fasi: la triturazione, il lavaggio, l'essiccamento, la depolverazione e la granulazione. Esse possono organizzate in maniera variabile secondo la struttura e le possibilità dell'impianto ed hanno il compito di trasformare il materiale rendendolo adatto ad essere introdotto nel sistema produttivo come MPS.

- Triturazione: i rifiuti plastici vengono fatti entrare in un tritratore che sminuzza il materiale in pezzi di dimensione uniforme utilizzando delle lame o denti rotanti. È comune avere una serie di tritratatori che man mano riducono la dimensione dei frammenti di plastica. Le tecnologie oggi disponibili sul

mercato consentono di macinare pressoché tutti i tipi di manufatti (film, bottiglie, pezzi stampati di grosse dimensioni).

- Lavaggio: serve a rimuovere i residui e le impurità superficiali che potrebbero essere dannose per i successivi trattamenti e che diminuiscono la qualità del prodotto finale. A seconda del tipo di polimero e della qualità del materiale di riciclo che si vuole raggiungere, il lavaggio può essere effettuato a caldo o a freddo. Generalmente nelle vasche di lavaggio si utilizza l'acqua in modo che i polimeri a densità inferiore di essa, in prevalenza poliolefine, vengano trascinati dalla corrente verso l'uscita della vasca. Invece i materiali con densità maggiore dell'acqua (es. terra, parti metalliche o altri polimeri) si depositano sul fondo. In alcuni casi il lavaggio può essere effettuato facendo passare il materiale su un nastro trasportatore sul quale viene spruzzata acqua. All'acqua possono essere aggiunti detersivi, antischiuma e altre sostanze in grado di facilitare la rimozione dei contaminanti, in questo caso i polimeri vengono risciacquati con acqua per rimuovere i residui di detersivo.
- Essiccamento: a seguito della fase di lavaggio è necessario eliminare dal materiale l'acqua residua al fine di raggiungere un livello di umidità compatibile con le fasi successive. L'essiccamento può avvenire tramite centrifugazione, utilizzando un sistema di presse o aria calda.
- Depolverazione: la plastica già triturrata viene fatta passare entro una corrente d'aria che rimuove la polvere rimasta sulla sua superficie. Le tecnologie più comuni sono i cicloni e i filtri.
- Granulazione: è la fase finale del processo di riciclo dalla quale ottiene un prodotto totalmente uniforme, il granulo. I granuli per dimensioni sono analoghi a quelli di un polimero vergine per cui sono facilmente gestibili in un processo produttivo. La plastica in questa fase viene fusa e fatta passare in estrusore minuto di una piastra con fori del diametro di 2-4 mm. Il polimero in uscita dall'estrusore viene tagliato (a caldo o a freddo) ottenendo i granuli. In questa fase è possibile anche aggiungere al materiale di riciclo additivi, cariche o coloranti con l'obiettivo di adattare le caratteristiche del polimero al tipo di applicazione a cui è destinato.

A questo punto i rifiuti da materie plastiche hanno raggiunto l'End of Waste e sono pronte per essere reintrodotti nel ciclo produttivo.

In Italia è rarissimo trovare impianti che eseguono al loro interno ognuna di queste fasi, sono comuni le aziende che effettuano la valorizzazione del rifiuto da materie plastiche macinandolo ed eliminando le frazioni estranee. Il materiale triturato viene quindi venduto, ancora classificato come rifiuto, alle aziende specializzate per la granulazione e che quindi completano il riciclo

3.7 RICICLO CHIMICO

Il riciclo chimico è un trattamento termico grazie al quale vengono rotte le catene polimeriche (depolimerizzazione) che costituiscono le materie plastiche ottenendo molecole più piccole, i monomeri, in modo che possano essere utilizzati per produrre nuovi polimeri (polimerizzazione) della stessa qualità di quelli vergini o per ottenere combustibili.

La depolimerizzazione può avvenire tramite pirolisi, gassificazione, idrogenazione, glicolisi, metanolisi, ammonolisi, chemiolisi e ha una buona efficacia, ad esempio, sul PET e le poliammidi (Nylon) perché per loro natura sono materiali che possono essere convertiti facilmente a monomeri. Polimeri come polietilene e polipropilene hanno bassi gradi di conversione al monomero e danno luogo a una miscela gassosa di molecole che generalmente è utilizzata per la generazione di energia.

Questa tecnologia è molto promettente ma è ancora in fase di sperimentazione per cause economiche: un impianto per il riciclo chimico è ancora troppo costoso e vale lo stesso per la sua gestione.

3.8 RECUPERO ENERGETICO

Il recupero energetico consente di evitare lo smaltimento in discarica di quelle frazioni di rifiuti in plastica che non possono essere avviate al riciclo a causa della loro natura, delle tecnologie a disposizione per la selezione o a causa di fattori economici.

Le plastiche hanno un potere calorifico paritario a quello del carbone per cui sono un ottimo combustibile. Possono quindi essere bruciate e questo avviene solitamente mescolandole ai rifiuti solidi urbani (RSU). I processi di recupero dell'energia utilizzano

solo le migliori tecnologie per garantire la sicurezza degli impianti, la loro efficienza e il rispetto dell'ambiente.

Esistono sostanzialmente due metodi per il recupero energetico: la termovalorizzazione e l'utilizzo dei combustibili solidi secondari (CSS).

Gli impianti di termovalorizzazione utilizzano i rifiuti in plastica mescolati al resto dei rifiuti solidi urbani per la produzione di energia termica ed elettrica. La plastica sebbene mediamente in peso costituisca il 7% dei rifiuti, produce il 50% di tutta l'energia generata durante la combustione. I rifiuti che entrano in un termovalorizzatore vengono quindi bruciati ad alta temperatura, questa fase produce dei fumi che introdotti in una caldaia, cedendo calore all'acqua presente nei tubi, generano vapore ad alta pressione. Il vapore può essere fatto passare in una turbina per la produzione di energia elettrica, spesso utilizzata per autoalimentare l'impianto. Il vapore residuo invece viene utilizzato produrre energia termica. Al termine del processo di termovalorizzazione restano scorie e ceneri in quantità significative che devono essere smaltite o avviate ad altre forme di recupero, ad esempio possono essere utilizzate per i fondi stradali.

I combustibili solidi secondari (CSS) sono prodotti dai rifiuti solidi urbani e possono essere utilizzati dalle centrali termoelettriche e da una serie di settori ad alta intensità energetica come ad esempio i cementifici, questo permette di ridurre la richiesta di combustibili fossili vergini. Grazie all'alto potere calorifico, aggiungendo una quota di plastica non più riciclabile al materiale indifferenziato si può ottenere un CSS di elevata qualità.

3.9 PRINCIPALI PROCESSI DI TRASFORMAZIONE DELLE MATERIE PLASTICHE

Una volta che è stata prodotta la materia prima secondaria da plastica riciclata, i processi utilizzati per dare vita a nuovi manufatti sono i medesimi di quelli utilizzati per la plastica vergine. Fra i principali troviamo:

- Estrusione: processo in cui il materiale plastico, portato allo stato fluido (quindi deve essere una termoplastica), viene forzato attraverso un foro il cui profilo

riproduce in negativo la forma che si vuole imprimere al manufatto. È un processo continuo che consente di ottenere una buona produttività ad un costo contenuto. È la tecnologia ideale per ottenere manufatti la cui sezione rimane costante come tubi, barre, fili e lastre. La plastica entra, tramite una tramoggia, nell'estrusore che è costituito da una vite continua, che ruota in un cilindro riscaldato comprimendo il materiale plastico conducendolo alla fine del cilindro stesso dal quale esce il materiale modellato.

- Stampaggio per iniezione: il procedimento è simile a quello dell'estrusione: la plastica fusa viene estrusa tramite una vite attraverso una camera riscaldata e viene poi iniettata in uno stampo dalla forma desiderata che può essere anche piuttosto complessa. Questa tecnologia può essere utilizzata su praticamente tutti i tipi di termoplastiche, ma esiste l'apposita versione 'a reazione' applicabile alle plastiche termoindurenti. È il metodo più utilizzato per la produzione in serie di parti di plastica
- Stampaggio per soffiaggio: è una tecnica di produzione utilizzata per ottenere corpi cavi gonfiando un tubo di termoplastica riscaldato all'interno di uno stampo fino a quando non assume la forma desiderata. È il processo più comune per produrre bottiglie, giocattoli, componenti automobilistici, parti industriali e imballaggi.
- Stampaggio rotazionale: processo che utilizza la forza centrifuga in cui uno stampo cavo riscaldato viene riempito di polvere termoplastica che raggiunge la fusione. Lo stampo viene fatto ruotare intorno a due assi per ottenere generalmente oggetti cavi di grandi dimensioni come serbatoi, contenitori e giocattoli. Esistono anche applicazioni per le plastiche termoindurenti ma sono poco comuni.

3.10 APPLICAZIONI DELLA PLASTICA RICICLATA

- PET: viene utilizzato per produrre nuove bottiglie e contenitori, inoltre si ottengono fibre per imbottiture, maglioni, "pile", calzature, moquette, interni per auto, lastre per imballaggi vari.

- PE: viene impiegato per la produzione di nuovi contenitori, tappi, film per i sacchi della spazzatura, pellicole per imballaggi, casalinghi e componenti per automobili.
- PVC: viene utilizzato per la produzione di tubi, scarichi per l'acqua piovana, raccordi, passacavi e altri prodotti, soprattutto per il settore edile.
- PP: viene solitamente impiegato per casse e cassette per bottiglie, corde, nastri, tappeti, componenti per automobili, scocche di batterie e tubi.
- PS: viene utilizzato come imballaggio di vario tipo e anche per l'isolamento termico degli edifici.

Quando i diversi tipi di plastica vengono selezionati e rilavorati insieme, diventano plastica riciclata eterogenea, impiegata per la produzione di panchine, parchi giochi per bambini, recinzioni, arredi per la città, cartellonistica stradale.

4 IL CONTESTO AZIENDALE

Questa tesi nasce dalla volontà di S.A.Ba.R., azienda di gestione rifiuti presso cui ho svolto l'attività di tirocinio universitario, di entrare nel mercato delle materie plastiche rigide riciclate, risulta quindi utile descriverne il contesto aziendale e cosa rappresenta per il territorio in cui è situata.

La S.A.Ba.R., acronimo di Servizi Ambientali Bassa Reggiana, nasce per volontà degli otto comuni dell'ex "Comprensorio della Bassa Reggiana", ovvero Boretto, Brescello, Gualtieri, Guastalla, Luzzara, Novellara, Poviglio e Reggiolo, di crearsi una discarica per smaltire i rifiuti urbani da essi prodotti.

La discarica di Novellara nasce nel 1982 e la gestione dell'impianto, fino al settembre del 1994, è stata condotta dal Comune di Novellara. Grazie alla Legge 142/90, che rilascia ai comuni la possibilità di costruire società, avanza la volontà di affidare la gestione della discarica e della raccolta dei rifiuti nei Comuni ad un unico soggetto e viene fondata la S.A.BA.R. S.p.a.

Il 10 gennaio 2011 la S.A.Ba.R. S.p.a. si scinde in due società distinte:

- La S.A.Ba.R. S.p.a. che si occupa della gestione dell'impianto di Via Levata, 64 a Novellara (RE) e dell'attività di intermediazione rifiuti;
- La S.A.Ba.R. Servizi S.r.l. è il gestore del servizio pubblico degli otto comuni sopra citati, quindi si occupa della raccolta dei rifiuti, dei servizi e della gestione dei Centri di Raccolta.

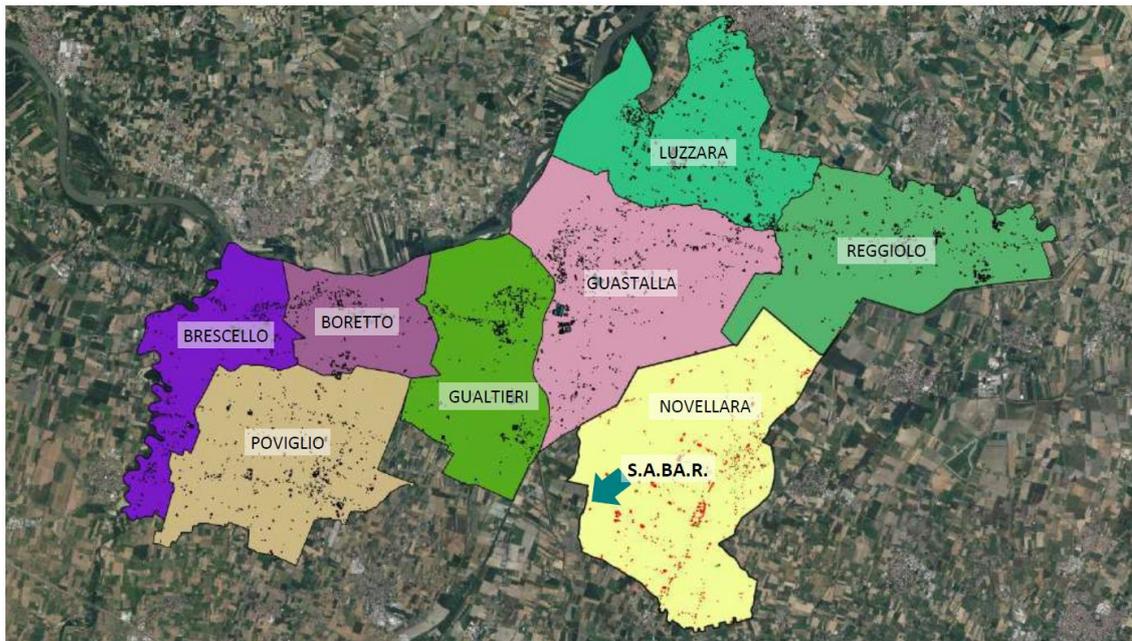


Figura 26. Localizzazione dell'impianto di S.A.Ba.R. nel contesto dei comuni soci [1]

S.A.Ba.R. opera nel contesto locale degli 8 Comuni Soci per essere sempre di più un punto di riferimento in materia di smaltimento e recupero rifiuti, gestione dell'energia e della pubblica illuminazione, gestione dei cimiteri nonché di altre attività connesse alle esigenze dei Comuni per risolvere problemi e criticità con il migliore rapporto qualità/prezzo. L'obiettivo che si prefigge è quello di garantire un'elevata qualità dei servizi offerti per trasmettere credibilità, affidabilità e trasparenza alle Comunità locali.

4.1.1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

S.A.BA.R. Servizi si occupa delle seguenti attività:

- Gestione operativa e post-operativa dei bacini della discarica;
- Gestione dell'impianto per la captazione del biogas;
- Recupero del biogas di discarica mediante motori endotermici per la produzione di energia elettrica (R1), destinata all'autoconsumo e all'immissione nella rete elettrica nazionale;
- Servizi di raccolta e trasporto di rifiuti urbani pericolosi e non pericolosi;
- Servizio di spazzamento strade;
- Servizio di trasporto rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi;
- Gestione dei centri di raccolta comunali;

- Gestione della stazione di trasferimento dei rifiuti biodegradabili di mense e cucine EER 200108;
- Gestione dell'illuminazione pubblica e servizi di efficientamento energetico;
- Gestione dei servizi cimiteriali;
- Manutenzione ordinaria del verde pubblico, delle strade, dell'arredo urbano, degli immobili comunali;

S.A.BA.R. S.p.a., invece, effettua le seguenti attività nel sito di via Levata a Novellara:

- Recupero di rifiuti legnosi mediante le operazioni di recupero R3 ed R13 per la produzione di cippato di legno biocombustibile e ammendante vegetale semplice non compostato;
- Recupero di rifiuti di carta/cartone e plastica mediante le operazioni di selezione e pressatura R3 e R12 nel capannone della frazione secca;
- Recupero di rifiuti tra cui plastiche rigide, ingombranti, imballaggi misti, legno e pneumatici mediante trattamenti di selezione, separazione componenti recuperabili e/o triturazione;
- Gestione della piattaforma ecologica dove si svolgono attività di messa in riserva (R13) e deposito preliminare (D15);
- Intermediazione senza detenzione di rifiuti non pericolosi;
- Gestione delle acque reflue mediante invio tramite condotta fognaria all'impianto di depurazione di Villa Seta in frazione di Cadelbosco Sopra;
- Gestione degli impianti fotovoltaici sul capannone della frazione secca e sui bacini della discarica;
- Recupero calore in esubero dalla centrale di cogenerazione utilizzato per il riscaldamento delle serre e come teleriscaldamento per i fabbricati aziendali;
- Attività di coltivazione dell'alga spirulina nelle serre.



Figura 27. Vista aerea del sito impiantistico di S.A.Ba.R. [1]

4.1.2 L'IMPIANTO DI RECUPERO RIFIUTI

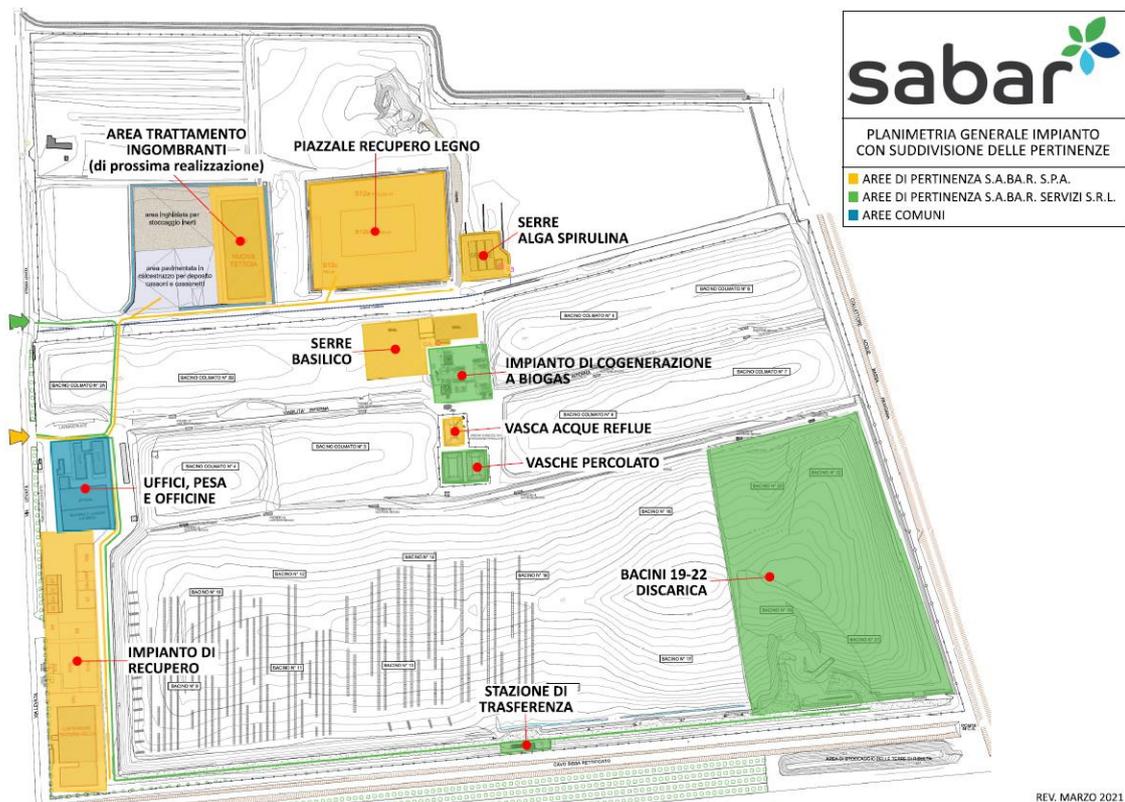


Figura 28. Planimetria generale di S.A.Ba.R. S.p.a. [1]

La piattaforma di recupero gestita da S.A.B.A.R. S.p.a. è finalizzata al recupero, mediante selezione manuale e meccanica, di rifiuti non pericolosi, sia urbani, derivanti dalla raccolta differenziata che speciali non pericolosi, provenienti da attività produttive artigianali ed industriali.

L'obiettivo delle operazioni effettuate è di valorizzare il rifiuto separando le frazioni recuperabili per avviarle alle linee interne di produzione di materie prime secondarie o per produrre frazioni merceologiche omogenee da destinare ad impianti di recupero esterni.

L'impianto è inoltre "piattaforma" COMIECO (Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica) e COREPLA (Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio ed il Recupero dei Rifiuti di Imballaggi in Plastica), CONIP (Consorzio Nazionale Imballaggi Plastici) e RILEGNO (Consorzio Nazionale per la raccolta, il recupero e il riciclaggio degli imballaggi di legno).

L'impianto si compone delle aree riportate nella tabella seguente:

AREA	DESCRIZIONE
CAPANNONE FRAZIONE SECCA	Produzione di mps di carta/cartone e polistirolo (R3) – Selezione e cernita rifiuti plastici (R12)
S5c	Selezione/cernita e riduzione volumetrica plastiche rigide (R3/R12)
S10a	Selezione/cernita e triturazione rifiuti ingombranti, imballaggi misti ecc. (R12)
S7/S8	Stoccaggio e trattamento pneumatici (R12/R13)
S2, S3, S5b, S6a, S6b, S9, S10, S10b, S9	Messa in riserva rifiuti (R13)
Piazzale recupero legno	Messa in riserva (R13) e trattamento (R3) per la produzione di mps da rifiuti legnosi (cippato biocombustibile e ammendante) – Triturazione rifiuti legnosi R12

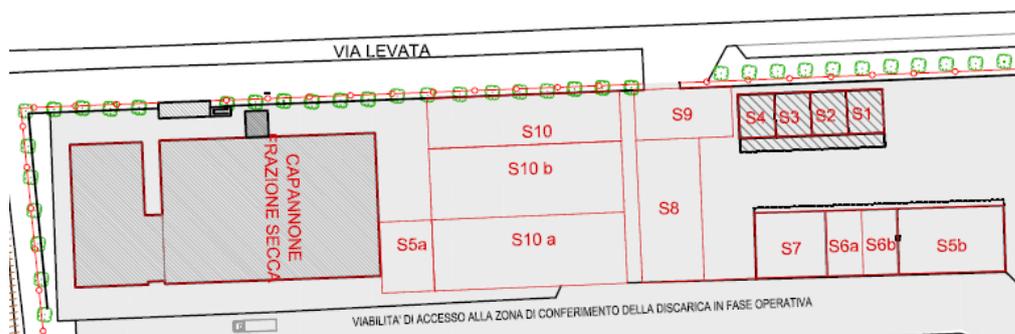


Figura 29. Dettaglio planimetria generale: l'impianto di recupero

L'impianto è autorizzato con Autorizzazione Unica ai sensi dell'art.208 del D.Lgs 152/2006 alle seguenti operazioni di gestione rifiuti:

- **Operazione R3 – Carta e cartone**

I rifiuti di carta e cartone vengono conferiti nel capannone della frazione secca e sottoposti a selezione meccanica dei rifiuti tramite pala o ragno, selezione manuale nella cabina di preselezione, vagliatura con vaglio decartatore, selezione manuale sul nastro di alimentazione della pressa, imballatura mediante pressa. Le materie prime ottenute sono carta e cartone conformi alle norme UNI EN 643.

- **Operazione R3/R12 – Plastica rigida**

I rifiuti di materie plastiche vengono conferiti nella piazzola dedicata e sottoposti a selezione manuale e suddivisione secondo le principali tipologie di materie plastiche per ottenere un prodotto omogeneo in uscita, riduzione volumetrica con trituratori elettrici e deposito delle materie prime secondarie (se operazione R3) o dei rifiuti valorizzati (se operazione R12).

- **Operazione R3/R12 – Polistirolo**

I rifiuti polistirolo vengono conferiti nel capannone della frazione secca dove sono sottoposti ad una selezione manuale, pressatura nella pressa dedicata e deposito delle bricchette ottenute (materie prime secondarie se operazione R3 / rifiuto valorizzato se operazione R12). Le materie prime secondarie ottenute sono conformi alla norma UNI EN 10667-12.

- **Operazione R3 Legno – Cippato biocombustibile**

Il ciclo di recupero prevede il conferimento dei rifiuti legnosi in ingresso all'operazione R3, successivamente le operazioni di recupero prevedono una selezione per l'asportazione di eventuali impurità, la cippatura mediante trituratore mobile e l'eventuale vagliatura. Il cippato ottenuto è un biocombustibile conforme alle le norme tecniche UNI EN ISO 17225-1, UNI EN ISO 17225-4 e UNI EN ISO 17225-9.

- **Operazione R3 Legno – Ammendante vegetale semplice non compostato**

Il ciclo di recupero prevede il conferimento dei rifiuti legnosi in ingresso all'operazione R3, successivamente le operazioni di recupero prevedono una selezione per

l'asportazione di eventuali impurità, la triturazione e la vagliatura per la produzione di ammendante vegetale semplice non compostato conforme al D.Lgs 75/2010 in materia di fertilizzanti.

- **Operazione R12 – Plastica**

I rifiuti di materie plastiche sono sottoposti ad una selezione e cernita per la suddivisione secondo il polimero e successiva pressatura in balle tramite l'utilizzo della pressa presente all'interno del "capannone della frazione secca".

- **Operazione R12 – Rifiuti ingombranti, imballaggi misti e simili**

Il ciclo di recupero prevede una selezione manuale per separare e successivamente valorizzare, internamente o in impianti esterni, i rifiuti recuperabili. Il rifiuto residuo viene sottoposto a riduzione volumetrica con le frazioni di scarto ottenute dalla selezione di altre operazioni che si svolgono all'interno dell'area impiantistica.

- **Operazione R12 – Pneumatici**

Il ciclo di recupero prevede la separazione dei cerchioni metallici dallo pneumatico per il successivo invio delle frazioni ottenute ad impianti di recupero finale.

- **Operazione R12 – Legno**

Il ciclo di recupero prevede la selezione e la riduzione volumetrica di rifiuti legnosi, prevalentemente imballaggi in legno.

- **Operazione R13 – Messa in riserva**

La operazione R13 viene svolta nelle varie piazzole dedicate in cui i rifiuti sono stoccati in cassoni, sacchi, casse, griglie, fusti o cumuli, in attesa di essere avviati alle successive fasi di recupero presso l'impianto od altri centri di recupero esterni autorizzati.

- **Operazione D15 – Deposito preliminare**

La operazione D15 prevede di detenere i rifiuti autorizzati a tale operazione prima dell'avvio alle successive fasi di smaltimento in impianti esterni autorizzati.

5 LO SCOPO DEL PROGETTO

Il mio lavoro è dedicato ai rifiuti in plastica rigida trattati all'interno dell'impianto di S.A.Ba.R. in cui subiscono un processo di triturazione, depolverazione e rimozione dei metalli e ne escono come rifiuti valorizzati. Essendo rifiuti questi possono essere venduti esclusivamente alle aziende autorizzate ad eseguire l'operazione finale di riciclo. L'obiettivo di questa tesi e di S.A.Ba.R. è quello di rimuovere questo vincolo facendo sì che l'operazione di riciclo avvenga direttamente all'interno dell'impianto, ottenendo come prodotto finale non più un rifiuto, bensì una materia prima secondaria che, al pari di un prodotto in polimero vergine, può essere venduta a chiunque, eventualmente con aumento di valore commerciale.

In questa attività è stato di fondamentale importanza analizzare e capire la normativa relativa all'End of Waste di rifiuti in materie plastiche; questa ha permesso di identificare le caratteristiche che deve avere un impianto per la produzione di materie prime secondarie di plastiche rigide, i requisiti minimi di qualità del materiale in uscita e di conseguenza di prevedere possibili migliorie all'impianto, anche a fronte del progetto presentato da S.A.BA.R. al bando del PNRR (Piano Nazione di Ripresa e Resilienza) per la realizzazione di un nuovo impianto di trattamento e riciclo dei rifiuti urbani provenienti dalla raccolta differenziata, il quale prevede una linea dedicata alle plastiche rigide.

6 LINEA DI TRATTAMENTO DELLE PLASTICHE RIGIDE DI SABAR

6.1 LE PLASTICHE RIGIDE TRATTATE

L'oggetto di questa tesi sono i rifiuti costituiti da materiali in Polietilene ad alta densità (HDPE) e Polipropilene (PP) che, come è già stato descritto, rappresentano la maggior parte dei prodotti in plastica rigida.

Una parte di essi proviene dai produttori di rifiuti plastici e vengono conferiti all'impianto di S.A.Ba.R. con i codici EER 150102 (rifiuti da imballaggio in plastica), EER 200139 (rifiuti urbani in plastica), EER 020104 (rifiuti plastici, ad esclusione degli imballaggi, prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento e preparazione di alimenti), EER 170203 (rifiuti plastici dalle operazioni di costruzione e demolizione) e EER 191204 (rifiuti di plastica e gomma prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti). L'altra parte proviene dalla selezione dai rifiuti ingombranti nell'apposita piazzola all'interno dell'azienda. I rifiuti ingombranti sono quei rifiuti di grandi dimensioni per i quali non è previsto il conferimento in nessuna delle tipologie di raccolta differenziata, provengono quindi dalle isole ecologiche e vengono conferiti con il codice EER 200307.

Gli altri tipi di plastiche, quindi quelle che derivano dalla raccolta a cassonetto e porta a porta, vengono gestite separatamente dalle plastiche rigide: vengono separate dagli eventuali materiali non plastici, imballate e conferite ad impianti per la lavorazione delle materie plastiche del consorzio COREPLA.



Figura 30. La selezione delle plastiche rigide dai rifiuti ingombranti

Le plastiche rigide vengono convogliate presso la zona dell'impianto dedicata ad esse in cui subiscono un'operazione di selezione e cernita manuale (R12) per essere suddivise in

quattro flussi omogenei a seconda del tipo di polimero di cui sono costituite e delle lavorazioni subite in fase di produzione:

- **Polipropilene (PP)**

I rifiuti di questo flusso sono principalmente costituiti da cassette ma si possono trovare anche giocattoli, stendini e arredi da giardino come vasi, sedie, tavoli e sdrai.



Figura 31. Rifiuti in PP

- **Polietilene ad alta densità (HDPE) da stampaggio**

I rifiuti di questo tipo sono stati prodotti con la tecnica dello stampaggio per iniezione e i più comuni sono bidoni, bancali, cassa pallet, cassette e tubi.



Figura 32. Rifiuti in HDPE da stampaggio

- **Polietilene ad alta densità (HDPE) da soffiaggio**

Questi rifiuti sono stati prodotti con la tecnica dello stampaggio per soffiaggio e sono in generale più flessibili rispetto a quelli prodotti per stampaggio. In questa categoria è possibile trovare bidoni, taniche e flaconi.



Figura 33. Rifiuti in HDPE da soffiaggio

- **Miscela di Polipropilene e Polietilene (PP/PE)**

In questo flusso finiscono tutti quei rifiuti di plastiche rigide che risultano difficili da separare nella fase di selezione manuale.



Figura 34. Rifiuti misti in PP e PE

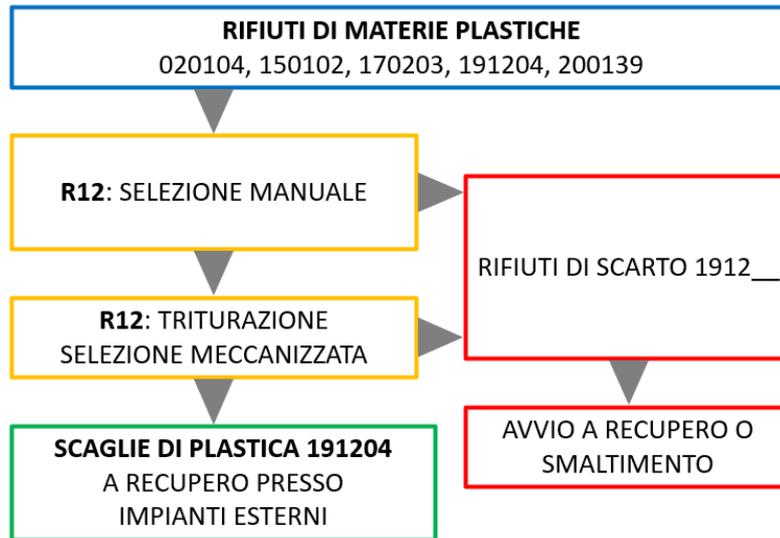


Figura 35. Linea di trattamento R12 di materie plastiche rigide

I rifiuti così omogenizzati vengono stoccati nelle apposite baie in attesa di essere sottoposti alle operazioni di triturazione, depolverazione e rimozione dei metalli al fine di ottenere un flusso dimensionalmente omogeneo, le “scagliette”. Queste vengono stoccate in big bag, i quali vengono trasferiti nell’area dedicata al controllo di qualità ed etichettatura e successivamente stoccati nelle aree di deposito temporaneo in attesa di essere commercializzati come rifiuti valorizzati con codice EER 191204 (rifiuti di plastica e gomma prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti) alle aziende che eseguono l’operazione di riciclo finale.



Figura 36. Baie di stoccaggio rifiuti da plastiche rigide: a) PP; b) PP-PE; c) HDPE da stampaggio; d) HDPE da soffiaggio

6.2 L'IMPIANTO DI TRITURAZIONE

L'impianto di triturazione dedicato alle plastiche rigide ha come funzione principale la loro riduzione volumetrica che è operata da un trituttore primario e due trituttori secondari. Il materiale granulato viene poi trasferito, tramite una condotta, ad un depolveratore e un separatore di metalli. Successivamente, tramite una valvola deviatrice, passa attraverso il sistema di riempimento dei big bag, grossi sacchi in polipropilene dotati di robuste maniglie che vengono utilizzati per contenere il materiale tritato.



Figura 36. Impianto di triturazione delle materie plastiche rigide

I quattro materiali selezionati (PP, PP/PE, HDPE da stampaggio, HDPE da soffiaggio) vengono ovviamente tritati separatamente per mantenerne l'omogeneità. Essi vengono prelevati dalla baia in cui sono stoccati mediante un mezzo munito di benna a polipo e vengono fatti cadere all'interno della tramoggia del trituttore primario che produce scaglie di dimensione massima di 20cm. Il materiale tritato esce dal primario cadendo su un nastro trasportatore che arriva ad una valvola deviatrice che divide in due il nastro in modo tale da alimentare i due trituttori secondari disposti in parallelo.

I due secondari operano la riduzione volumetrica finale del materiale ottenendo un tritato avente dimensione di 12mm.

L'uscita dei trituttori secondari è collegata tramite una condotta in depressione all'impianto di depolverizzazione e separazione di metalli posti al piano superiore.

Il tritato viene quindi aspirato e portato verso l'alto in cui passa inizialmente all'interno di un ciclone. L'aria, contenente una parte di polvere rimossa dalla superficie del materiale, esce dalla parte alta del ciclone e viene fatta passare attraverso un filtro a maniche in modo tale che possa avvenire lo scarico in atmosfera.

Il triturato di plastica, uscendo dalla parte bassa ciclone, passa attraverso un depolveratore in cui viene rimossa la polvere residua che viene aspirata e portata entro un secondo ciclone più piccolo da cui cade nel big bag dedicato. L'aria di aspirazione esce dalla parte alta del ciclone e viene fatta passare all'interno di un filtro a cartucce.

Dal depolveratore il materiale attraversa un deferizzatore magnetico che rimuove i materiali metallici rimasti all'interno delle scagliette e giunge infine nel sistema di riempimento dei big bag con cui, tramite una valvola deviatrice, viene indirizzato verso due possibili lati consentendo di non avere tempi morti durante la fase di sostituzione di un big bag pieno.



Figura 37. Zona di riempimento big bag dedicato alla polvere



Figura 38. Zona di riempimento big bag

Al termine dei trattamenti il Polipropilene ha un valore commerciale di circa 480 €/ton, la miscela di Polipropilene e Polietilene di 420 €/ton, l'HDPE da stampaggio di 600 €/ton e quella da soffiaggio di 480 €/ton.

Considerando che il peso di un big bag è di quasi una tonnellata, la produzione mensile si attesta intorno ai 30 big bag di PP, 60 di misto PP-PE, 20 di HDPE da soffiaggio, 15 di HDPE da stampaggio.

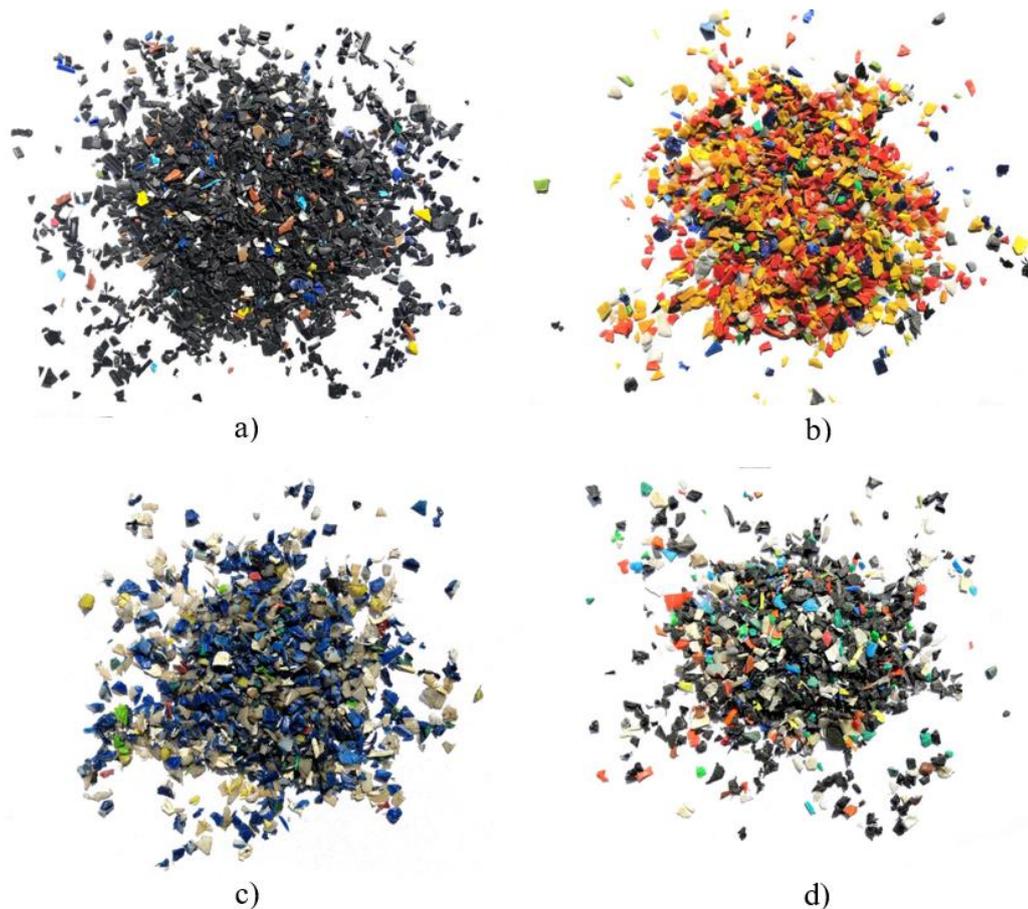


Figura 39. Materiali al termine dei trattamenti: a) PP; b) HDPE da stampaggio; c) HDPE da soffiaggio; d) miscela di PP-PE

Siccome i materiali al termine dei trattamenti sono classificati ancora come rifiuti, la triturazione e la separazione meccanica di polvere e metalli sono considerate operazioni R12, quindi attività preliminari al riciclo.

L'obiettivo del mio lavoro è stato quindi studiare come questa operazione R12 possa essere trasformata in un'operazione R3, cioè un riciclo di materie plastiche rigide, in modo tale che tutta la produzione di triturato sia classificata come End of Waste e non più come rifiuto con codice EER 191204. In questo modo l'operazione R12 di plastica rimarrà attiva solo per le operazioni preliminari di selezione e cernita dei quattro materiali che andranno a costituire i prodotti EoW (PP, PP/PE, HDPE da stampaggio, HDPE da soffiaggio).

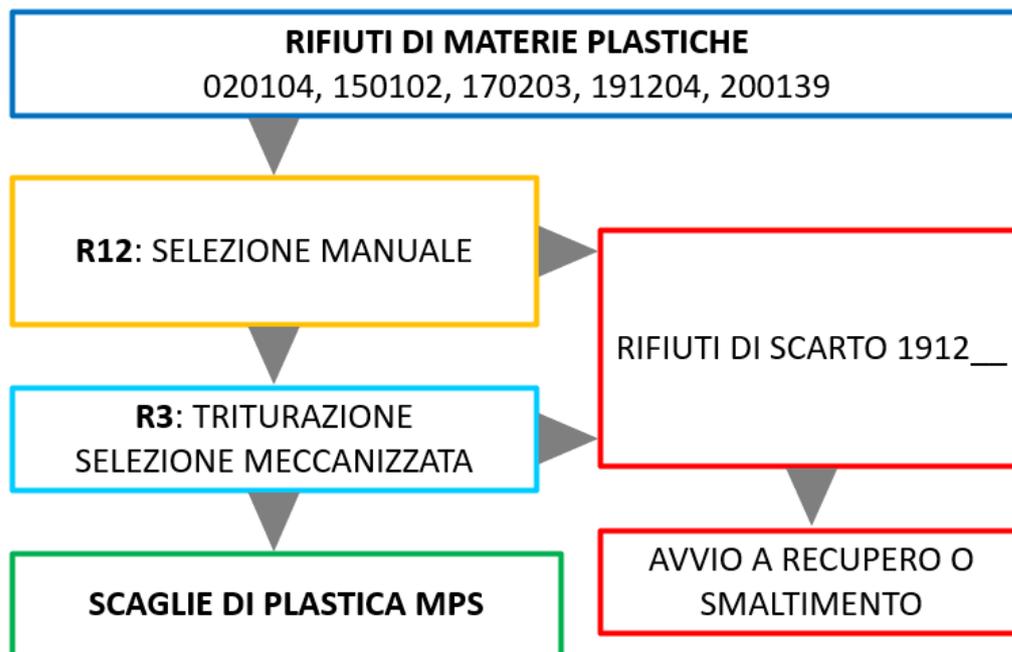


Figura 40. La linea di recupero delle materie plastiche rigide prevista a seguito del mio lavoro di tesi

6.2.1 IL TRITURATORE PRIMARIO

Il trituratore primario è un trituratore monoalbero C.M.G. modello TRM1500. È composto da una tramoggia rettangolare di dimensioni 2x3m in cui viene introdotto il materiale da macinare. Essa è collegata alla camera di macinazione, che si sviluppa orizzontalmente, nella quale è presente uno spintore idraulico che spinge il materiale contro un rotore di diametro 400mm e lungo 1500mm su cui sono installati una serie di



Figura 41. Trituratore primario

denti taglienti che attuano la riduzione dimensionale. Dietro il rotore è posta una griglia avente fori romboidali di lato 100 mm che fa in modo che il materiale venga scaricato solo quando raggiunge dimensione inferiore ai fori.

Il materiale triturato in uscita raggiunge per caduta ad un sistema di trasporto meccanico a nastro che provveda al loro trasporto verso i due trituratori secondari disposti in parallelo.

Tutti gli azionamenti avvengono tramite il pannello di comando e il movimento è dato da un motore elettrico da 55kW.

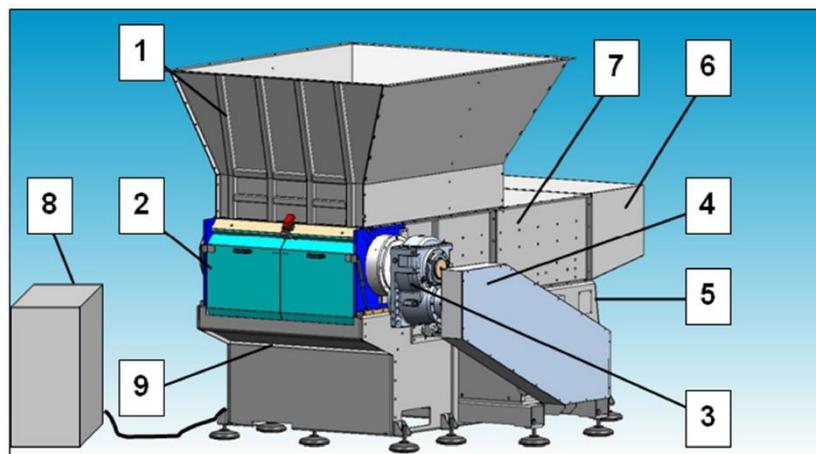


Figura 42. Componenti principali del trituratore primario: 1) Tramoggia di carico; 2) Rotore; 3) Riduttore; 4) Gruppo trasmissione a cinghia; 5) Centralina idraulica; 6) Carter ispezione spintore; 7) Spintore; 8) Pannello di controllo; 9) Zona di evacuazione prodotto [34]

6.2.2 I TRITURATORI SECONDARI



Figura 43. Granulatore C.M.G. serie N60



Figura 44. Granulatore C.M.G. serie N45

Il trituratore di sinistra in figura 36 è un granulatore C.M.G. serie N60, quello di destra invece è un granulatore C.M.G. serie N45. La differenza principale fra i due è il motore di alimentazione, il serie N60 è alimentato da un motore elettrico da 110kW, invece il serie 45 da uno da 45kW. L'N60, essendo più efficiente, viene alimentato dai 2/3 del materiale in uscita dal trituratore primario, il restante terzo va all'N45.

Il materiale, dopo la prima triturazione, arriva a questi tramite nastro trasportatore e, prima di entrare nelle tramogge di carico, un metal detector consente la separazione delle eventuali parti metalliche che non è stato possibile dividere nella fase di selezione manuale. I residui metallici vengono eliminati dal flusso di plastica sia per evitare l'usura precoce delle lame della macchina, sia perché possiedono un valore economico; di conseguenza vengono raccolte tramite un tubo di scarico per essere vendute alle aziende riciclatrici di tali materiali. Il materiale, dalla tramoggia rettangolare 500x1070mm, giunge per gravità alla camera di taglio nella quale è presente un rotore di diametro 457mm dotato di 3 lame regolabili in acciaio antiusura, questo agisce contro due controlame fisse operando la riduzione volumetrica finale. La dimensione dei granuli viene determinata dai fori dal diametro di 12mm della griglia. I granuli per caduta raggiungono il cono di evacuazione posto alla base del trituratore dove un sistema di aspirazione provvede al loro trasporto verso la parte superiore dell'impianto in cui si trova il sistema di depolverazione e separazione di metalli.

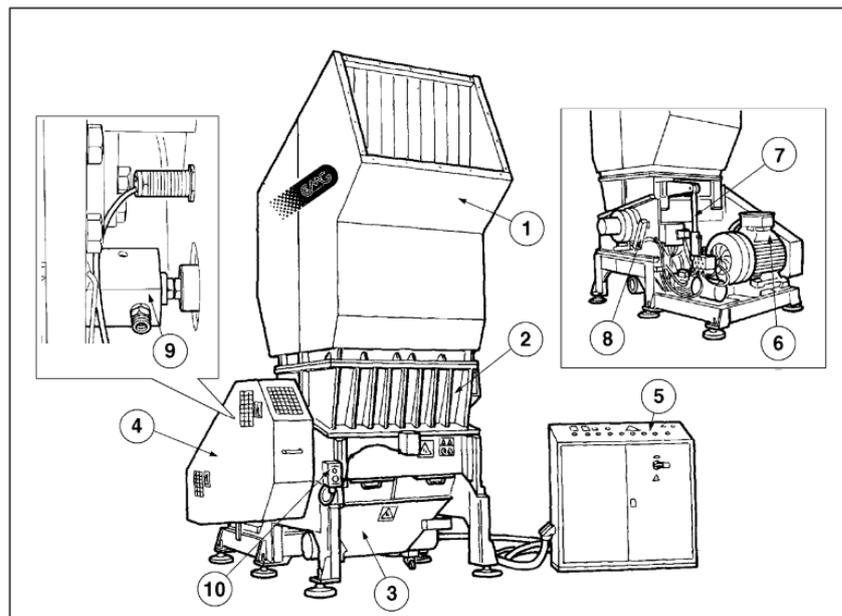


Figura 45. Componenti principali dei trituratori secondari: 1) Tramoggia di carico; 2) Camera di taglio; 3) Cono di evacuazione granuli; 4) Gruppo trasmissione a cinghia; 5) Quadro di comando; 6) Motore elettrico; 7) Dispositivo idraulico apertura tramoggia; 8) Dispositivo idraulico apertura culla; 9) Dispositivo idraulico bloccaggio rotore; 10) Pulsantiera a bordo macchina [34]

6.3 IL SISTEMA DI DEPOLVERAZIONE E SEPARAZIONE DEI METALLI

In questa parte dell'impianto avviene il processo di rimozione dei metalli e della polvere che rimane sulla superficie delle scaglie.

È estremamente importante eliminare questa polvere, in quanto ha effetti negativi sia sulla produzione che sulla qualità del luogo di lavoro:

- necessita di meno calore per fondere e, nel processo produzione di un pezzo in plastica riciclata, si corre il rischio di bruciarla generando una puntinatura nera sulla sua superficie che ne comporterebbe lo scarto per ragioni estetiche.
- si carica elettrostaticamente molto facilmente e quindi viene attratta dalle parti meccaniche anche più nascoste. Nel caso di parti in movimento può creare seri problemi poiché aumenta l'attrito e riduce la lubrificazione.

- è una minaccia per la salute in quanto colpisce direttamente le funzioni respiratorie e cardiovascolari.
- aumenta il rischio di incendio in ambiente, in quanto contribuisce alla propagazione della fiamma.

Lo schema dell'impianto di trasporto e separazione di polvere e metalli è riportato nelle figure [46] e [47].

L'aspiratore (1) aspira il materiale che fluisce, tramite delle condotte in depressione, dall'uscita dei due trituratori secondari al ciclone (3) posto in posizione sopraelevata in cui le polveri più fini vengono separate dal materiale triturato. L'aria contenente la polvere più fine esce, grazie all'aspiratore, dalla parte alta del ciclone e viene scaricata nel filtro a maniche (4). Le particelle di polvere salgono passando attraverso le maniche del filtro che le trattengono in modo tale che l'aria filtrata possa essere diffusa nell'ambiente (21).

Le maniche sono inserite in un contenitore ermetico e sigillato avente un sistema di pulizia a vibrazione. Infatti, durante il funzionamento vengono eseguiti dei cicli di pulizia in cui la polvere attaccata alle maniche viene scrollata e cade verso il basso nel contenitore di raccolta (20).

La plastica triturata esce dal fondo del ciclone cadendo sulla valvola stellare (5).

Sotto alla valvola stellare è presente la scatola di depolverazione (6) in cui il materiale passa per gravità fra una serie di ostacoli che fanno sì che avvenga la separazione della polvere residua. Il materiale scende verso il basso, invece la polvere viene aspirata verso l'alto e portata verso il sistema di riempimento del big bag dedicato ad essa (12). La polvere raccolta verrà smaltita come rifiuto speciale con codice EER 191212 (Altri rifiuti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti).

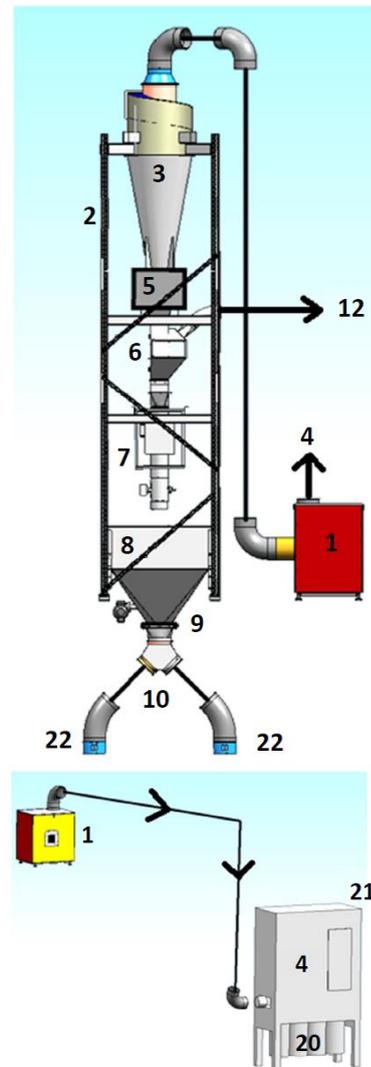


Figura 46. Componenti principali del sistema di depolverazione e separazione di metalli [35]

Sotto la scatola di depolverazione è presente il separatore di metalli (7). Esso ha la funzione di rilevare e rimuovere eventuali pezzi di materiale ferroso presenti all'interno del flusso di materiale macinato.

Sotto il separatore di metalli è presente un contenitore silos (8) di raccolta del materiale macinato. Al suo interno è presente un elemento rotante che muove il materiale per farlo scendere più agevolmente durante la fase di svuotamento. Nella parte inferiore del silos è inserita una valvola pneumatica a ghigliottina (9) che consente di chiudere temporaneamente il silo in modo che si accumuli il materiale.

Sotto la ghigliottina una valvola deviatrice (10) consente lo scarico del materiale in due big bag in modo tale che quando uno dei due è pieno la valvola commuta sull'altro sacco. La commutazione avviene automaticamente quando uno dei due sensori a palette (22) si arresta per presenza di macinato.

L'aria polverosa proveniente dalla scatola di depolverazione (6) entra nella parte alta secondo ciclone (12), più piccolo del primo. Sopra ad esso è presente il collegamento con l'aspiratore di un filtro a cartucce (16) che aspira l'aria contenente le particelle più fini e viene fatta passare all'interno di un filtro a cartucce che le trattiene sulla superficie degli elementi filtranti. Il filtro a cartucce dispone di un sistema di pulizia ad aria compressa. Al suo interno durante il funzionamento vengono prodotti degli impulsi di pulizia con cui la polvere intercettata viene fatta cadere verso il basso nel contenitore di raccolta (15).

Sotto al ciclone, dalla cui base cadono le polveri più pesanti, è presente la valvola stellare (13) che dosa il riempimento del big bag ad esse dedicato. La polvere raccolta anche in questo caso dovrà essere avviata allo smaltimento.

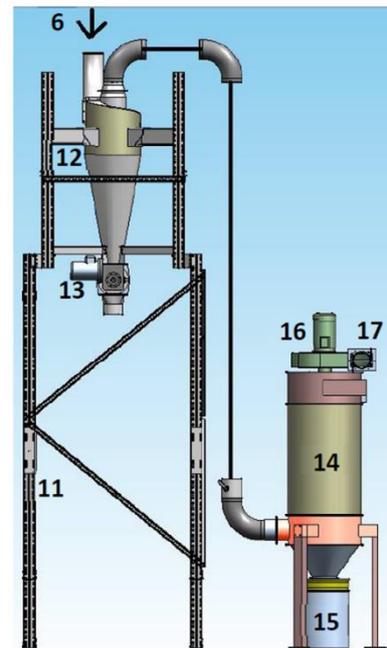


Figura 47. Componenti principali del sistema di depolverazione e separazione di metalli [35]

6.3.1 IL CICLONE

Il ciclone è primo componente del sistema di abbattimento polveri che il triturato di materie plastiche incontra. È un impianto di separazione gravimetrica ad aria, quindi vengono sfruttate le diverse densità e resistenza aerodinamica della polvere e del materiale triturato. La separazione ad aria sfrutta la combinazione tra la forza di resistenza opposta da un oggetto al flusso di un fluido e la forza peso; se si fa in modo che queste forze agiscano con versi opposti, in funzione della velocità del fluido prevarrà l'una o l'altra forza: se prevale la forza di resistenza l'oggetto sarà trascinato dalla corrente di fluido, in caso contrario l'oggetto cadrà sotto l'effetto della gravità.



Figura 48. Il ciclone all'interno dell'impianto di depolverazione e rimozione dei metalli

Le scaglie entrano dall'alto trasportate dall'aria grazie all'aspiratore. Il flusso dell'aria quando arriva nella sezione di imbocco del ciclone riduce notevolmente la sua velocità a causa dell'aumento di sezione, di conseguenza riduce anche la sua capacità di trasportare il triturato, che quindi cade verso la base del ciclone. L'aria, che

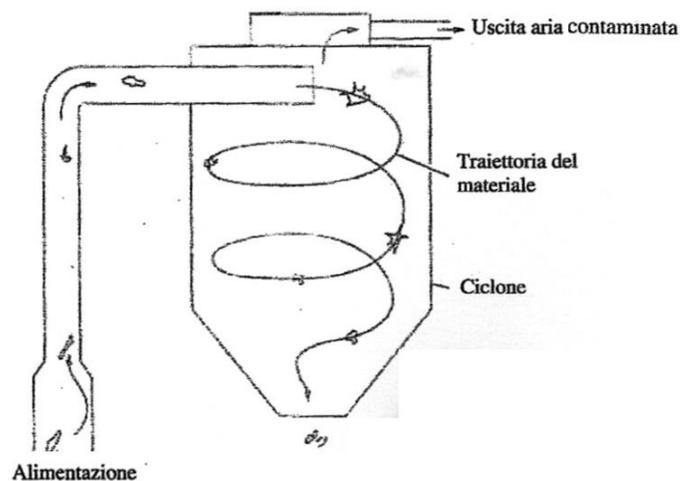


Figura 49. Schema di funzionamento del ciclone [32]

viene aspirata dall'alto, conserva la capacità di trasportare le particelle più leggere.

L'aspiratore fa sì che il ciclone si trovi in depressione ed essa viene mantenuta grazie alla valvola stellare. Quest'ultima è composta da un motore elettrico che tiene in continua rotazione un elemento a stella e consente il flusso di materiale verso il basso pur mantenendo



Figura 50. Valvola stellare [32]

l'isolamento fra la zona a pressione negativa del ciclone e la zona a pressione ambiente a monte di esso.

Il ciclone è un sistema economico e poco soggetto all'usura, ma la sua bassa efficienza non consente la rimozione della totalità delle polveri presenti nel materiale. Per questo motivo è accoppiato ad un ulteriore sistema di depolverazione, la scatola di depolverazione, che rimuove le particelle di polvere più pesanti. Le polveri più fini e leggere riescono invece ad essere separate dal ciclone e, trasportate dall'aria, vengono raccolte grazie ad un filtro a maniche.

6.4 LA SCATOLA DI DEPOLVERAZIONE E IL DEFERRIZZATORE

La scatola di depolverazione è uno dei sistemi più diffusi per la rimozione di polveri grossolane. Essa è collegata, tramite una condotta in depressione, al ventilatore del filtro a cartucce della zona di deposito delle polveri che genera nella scatola un flusso di aria in senso opposto alla caduta del materiale. Nella scatola sono presenti una serie di ostacoli che rallentano il corso del triturato e il flusso d'aria genera un moto vorticoso dei granuli che agevola il distacco della polvere e ne permette il trasporto verso la zona di deposito. I granuli di plastica invece cadono verso il basso per entrare nel deferrizzatore.



Figura 51. Scatola di depolverazione

Il sistema di separazione delle parti metalliche è sostanzialmente composto da un metal detector in cui il materiale entra dall'alto ed esce dal basso tramite uno sportello. Il metal detector contiene un sensore ad anello che rileva la presenza di metallo nel materiale che passa al suo interno. Lo sportello viene mantenuto aperto fino a quando il sensore non emette il segnale di presenza di metalli, in quel momento scatta la chiusura mediante aria compressa. La parte di materiale contenente metalli in questo modo passa per un manicotto laterale cadendo in un contenitore di raccolta.

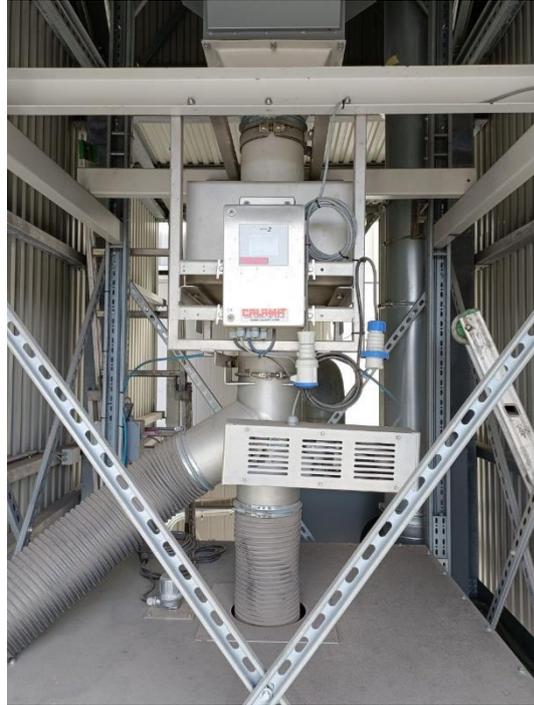


Figura 52. Sistema di separazione dei metalli

6.4.1 IL FILTRO A MANICHE

Il filtro a maniche è l'elemento che depura l'aria utilizzata nell'impianto per il trasporto del tritato di plastica. È costituito da un cassone il cui volume è diviso in due zone a differente pressione grazie ad una piastra forata. A valle del filtro c'è un ventilatore che aspira l'aria e permette lo scarico in atmosfera, di conseguenza la zona al di sopra della piastra si trova ad una pressione più bassa rispetto a quella inferiore. Nei fori della piastra vengono inseriti i telai delle le cosiddette 'maniche', elementi filtranti in tessuto solitamente in Gore-Tex.



Figura 53. Il filtro a maniche

La testa dei telai realizza la tenuta sulla piastra in modo tale da mantenere la differenza di pressione e per evitare che le polveri non ancora trattate passino nella zona superiore.

L'aria entra nella parte bassa del cassone ed è costretta ad attraversare la trama delle maniche, che si comportano come dei setacci fermando le particelle di polvere presenti che si accumulano sulla loro superficie

esterna; l'aria pulita passa quindi nella zona superiore da cui esce diffondendosi in atmosfera. Più è fitta la trama delle maniche tanto più piccole sono le particelle captate e, man mano che la polvere si accumula aumenta l'azione filtrante. Ovviamente questo comporta una perdita di carico (aumenta la differenza di pressione fra la zona sotto la griglia e quella sotto) che aumenta fino a quando le maniche non sono totalmente intasate e l'aria non riesce più a passare. Per eliminare il problema dell'intasamento è necessaria la pulizia delle maniche che si attiva automaticamente ad una fissata differenza di pressione fra ingresso e uscita. La pulizia delle maniche viene fatta in sequenza e può avvenire per vibrazione o con un impulso di aria compressa al loro interno in modo tale che la polvere attaccata ai filtri cada verso il basso nei sacchi di raccolta per essere smaltita.



Figura 54. Maniche in Gore-Tex [32]

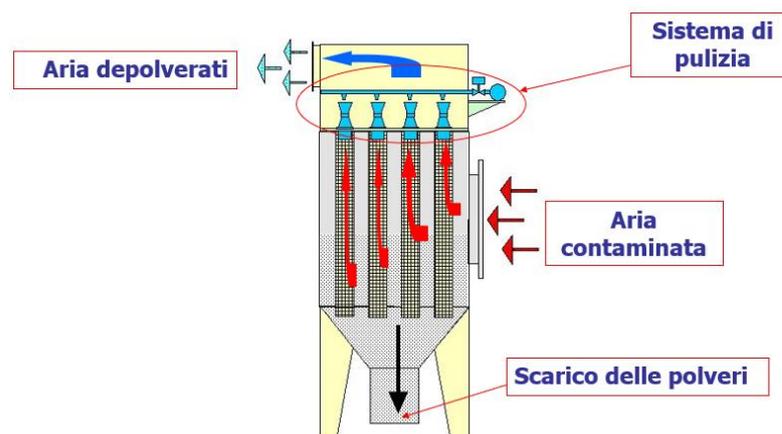


Figura 55. Schema funzionamento filtro a maniche [32]

Il filtro a maniche è un sistema molto efficiente ma ha un costo abbastanza elevato e le maniche, nonostante la pulizia, col tempo si usurano e devono quindi essere sostituite.

7 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Come anticipato, la fase di analisi della normativa in materia di End of Waste di materie plastiche è di fondamentale importanza per il conseguimento dell'obiettivo del mio progetto di tesi e ne costituisce il punto di partenza.

Nel capitolo introduttivo si è visto come i criteri dell'End of Waste siano regolamentati nell'articolo 184 ter del D.Lgs. n. 152/2006 con il quale è stato recepito l'articolo 6 della direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio.

L'obiettivo della disciplina sull'End of Waste è quello di stabilire criteri ambientali al fine di migliorare le prestazioni e le caratteristiche dei prodotti recuperati, aumentando quindi anche la fiducia dei consumatori nei loro confronti.

Nel comma 1 dell'articolo 184 ter troviamo la definizione di cessazione di qualifica di rifiuto:

‘Un rifiuto cessa di essere tale, quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfi i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto sono destinati a essere utilizzati per scopi specifici;
- b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
- c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;
- d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.’

Se queste condizioni sono soddisfatte contestualmente, il rifiuto risultante dal processo di recupero non è più tale in quanto è divenuto un prodotto.

Nel comma 2 viene inoltre previsto che la definizione dei criteri specifici relativi all'End of Waste avvenga in primo luogo mediante regolamento comunitario, altrimenti, in caso di mancanza di esso, caso per caso per specifiche tipologie di rifiuto mediante uno o più decreti comunitari del MiTe (Ministero della Transizione Ecologica), ex MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).

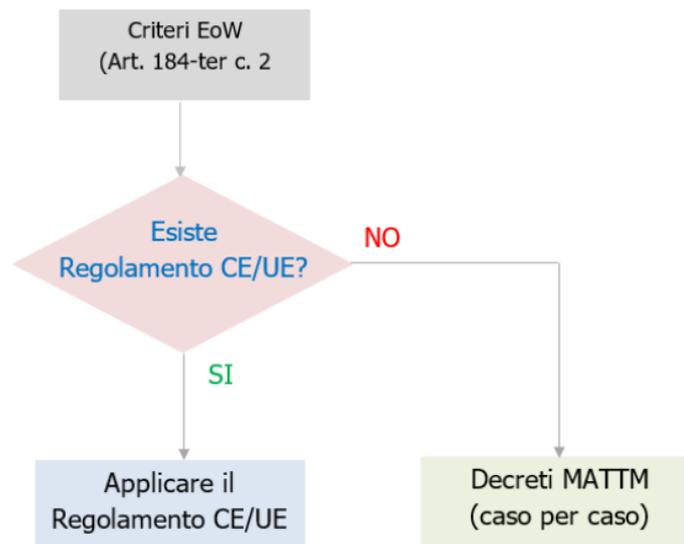


Figura 56. Criteri da applicare per l'End of Waste [26]

Ad oggi, i regolamenti per la cessazione della qualifica di rifiuto adottati a livello comunitario riguardano ferro, acciaio e alluminio, vetro e rame. I criteri nazionali invece riguardano Combustibili Solidi Secondari, conglomerati bituminosi, prodotti assorbenti per la persona, gomma vulcanizzata da pneumatici fuori uso, carta e cartone.

Si nota quindi come per la plastica non esistano ancora norme UE o decreti nazionali anche se la Commissione europea ha reso nota l'intenzione di definire criteri uniformi sull'End of Waste per i rifiuti in plastica entro il marzo del 2024 e dovrebbero concentrarsi, in particolare, sul polietilene tereftalato (PET), il polietilene a bassa e alta densità (LDPE e HDPE), i rifiuti plastici misti, il polistirolo (anche espanso) e il polipropilene plastica recuperati/riciclati dai rifiuti di plastica.

Come affrontare questo caso viene descritto nel comma 3 dell'articolo 184 che recita "in mancanza di criteri specifici adottati tramite regolamenti europei o decreti nazionali, le autorizzazioni per lo svolgimento di operazioni di recupero devono essere rilasciate o rinnovate nel rispetto delle condizioni stabilite dall'art. 6 della Direttiva 2008/98/CE e sulla base di criteri dettagliati definiti nell'ambito dei medesimi procedimenti autorizzatori, previo parere obbligatorio e vincolante dell'ISPRA o dell'ARPA territorialmente competente".

I criteri dettagliati che verranno valutati per il rilascio dell'autorizzazione allo svolgimento delle operazioni di recupero sono:

- a) materiali di rifiuto in entrata ammissibili ai fini dell'operazione di recupero;

- b) processi e tecniche di trattamento consentiti;
- c) criteri di qualità per i materiali di cui è cessata la qualifica di rifiuto ottenuti dall'operazione di recupero in linea con le norme di prodotto applicabili, compresi i valori limite per le sostanze inquinanti, se necessario;
- d) requisiti affinché i sistemi di gestione dimostrino il rispetto dei criteri relativi alla cessazione della qualifica di rifiuto, compresi il controllo della qualità, l'automonitoraggio e l'accreditamento, se del caso;
- e) un requisito relativo alla dichiarazione di conformità.

A questo proposito l'SNPA (Sistema nazionale protezione ambientale) ha pubblicato le linee guida per i controlli a campione che l'Ispra e le Arpa devono condurre sulle autorizzazioni per l'End of Waste per il recupero di quei rifiuti per i quali non ci sono norme Ue o decreti nazionali.

Il terzo comma contiene inoltre la disposizione transitoria, cioè le regole di passaggio dalla normativa previgente sulle “Materie, sostanze e prodotti secondari” a quella sulla “Cessazione della qualifica di rifiuto”. Viene specificato che in mancanza di un regolamento comunitario e decreti nazionali continua a trovare applicazione il Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998 sul recupero semplificato dei rifiuti. In tale decreto si dice semplicemente che i metodi di recupero di materia devono garantire l'ottenimento di materie prime secondarie con caratteristiche merceologiche conformi alla normativa tecnica di settore e non devono presentare caratteristiche di pericolo superiori a quelle dei prodotti ottenuti dalla lavorazione di materie prime vergini. I prodotti che non vengono destinati in modo effettivo ed oggettivo all'utilizzo nei cicli di consumo o di produzione rimangono rifiuti.

In sostanza, per quanto riguarda i rifiuti di materie plastiche rigide, è possibile seguire le linee guida, basate sull'articolo 184 ter del decreto legislativo 152 del 2006, per i controlli ai fini del rilascio delle autorizzazioni End of Waste in modo tale da individuare le caratteristiche che deve un impianto di riciclo di tali rifiuti e gli standard di qualità che materiale EoW prodotto deve rispettare, a fronte del fatto che continua ad essere valido il decreto ministeriale sul recupero semplificato dei rifiuti fino a quando non verranno emanati specifici criteri comunitari o nazionali.

7.1 LE LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLA DISCIPLINA END OF WASTE DELL'SNPA

L'ultimo aggiornamento delle linee guida per i controlli a campione che l'Ispra e le Arpa devono condurre sulle autorizzazioni per l'End of Waste di quei rifiuti per i quali non ci sono norme UE o decreti nazionali risale a gennaio 2022 e sono state pubblicate sul sito dell'SNPA il 22 aprile 2022. Il confronto di esse con le caratteristiche dell'impianto di S.A.Ba.R. e del materiale tritato prodotto è servito per individuare le criticità su cui porre l'attenzione ai fini di classificare quest'ultimo come End of Waste.

Le linee guida, in accordo con il comma 3 dell'articolo 184, considerano i cinque criteri dettagliati che dovranno essere valutati dall'ISPRA o dall'ARPA territorialmente competente. Queste dovranno esprimere un parere obbligatorio e vincolante per il rilascio dell'autorizzazione, successivamente procederanno con il controllo a campione degli impianti autorizzati.

I controlli a campione saranno rivolti alla conformità delle modalità operative e gestionali dell'impianto considerato, compresi i rifiuti in ingresso, i processi di recupero e le sostanze in uscita.

I parametri di riferimento sono rappresentati dalle norme tecniche e dagli standard esistenti e, in particolare, dalle norme tecniche UNI, documenti tecnici che, pur essendo di applicazione volontaria, costituiscono riferimenti certi per chi eseguirà il controllo.

In altri termini, i riferimenti normativi da individuare e applicare per la cessazione della qualifica di rifiuto, in questo caso di materie plastiche rigide, sono costituiti da specifiche norme tecniche che individuino i requisiti minimi e gli standard tecnici che devono possedere i prodotti derivanti dalle operazioni di recupero.

Le linee guida prevedono innanzitutto che venga verificato il rispetto contestuale delle condizioni per cui un rifiuto cessa di essere tale:

- **La sostanza o l'oggetto sono destinati ad essere utilizzati per scopi specifici**

È necessario che l'ISPRA o l'ARPA possano individuare in modo certo come sarà reimpiegato l'EoW nella successiva fase di utilizzo e quale materia prima viene sostituita. A questo proposito chi richiede l'autorizzazione deve fornire una descrizione dettagliata

degli usi ammessi per la sostanza che cessa la qualifica di rifiuto e deve indicare le tipologie di processi produttivi in cui viene utilizzata, le relative fasi e, se previste, le percentuali di sostituzione della materia prima.

- **Esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto**

È necessario dimostrare che esista un mercato o una domanda per la sostanza che cessa di essere un rifiuto per essere sicuri che essa sarà difficilmente abbandonata o smaltita illegalmente. Il richiedente dovrà quindi fornire una descrizione del mercato o della domanda esistenti includendo anche eventuali accordi con gli utilizzatori come, ad esempio, contratti commerciali e ordini. Devono inoltre essere indicate le modalità e tempi di stoccaggio della sostanza prodotta, con riferimento alla loro eventuale degradazione e perdita delle caratteristiche.

- **La sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti**

L'output dell'operazione di recupero dovrà rispettare determinate caratteristiche tecniche in modo tale da garantire le prestazioni richieste in concrete condizioni di utilizzo (scopi specifici) ed essere conforme sia alla legislazione applicabile che alle norme tecniche relative a quel tipo di bene. Chi richiede l'autorizzazione, una volta definita la normativa applicabile, dovrà fornire una documentazione che dimostri il rispetto degli standard tecnici. Dovranno, inoltre, essere indicati gli standard ambientali che la sostanza deve rispettare definendo i parametri e i limiti di riferimento da misurare. Se la tipologia di rifiuti trattati può comportare rischi diretti sulla salute umana dovranno essere indicati anche gli standard sanitari.

- **L'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana**

Dovrà essere fornita documentazione atta a dimostrare che la sostanza o l'oggetto non comportano impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana rispetto alla materia prima. Viene però precisato che il parere dell'ARPA o dell'ISPRA si esprime solo sugli aspetti ambientali e non su quelli relativi alla salute legati all' utilizzo dell'oggetto End of Waste.

In relazione a quanto previsto nel comma 3 dell'articolo 184, verranno valutati anche una serie di aspetti relativi al processo di recupero, tra cui:

- **Materiali di rifiuto in entrata ammissibili ai fini dell'operazione di recupero**

Il richiedente dell'autorizzazione dovrà descrivere le tipologie di provenienza dei rifiuti che subiranno l'operazione di recupero e i relativi codici EER. Dovranno quindi essere descritte le caratteristiche chimico-fisiche e merceologiche dei rifiuti, anche con riferimento alle possibili sostanze inquinanti presenti sulla base del processo di provenienza, tenendo conto dei requisiti finali (standard tecnici e ambientali) che devono essere posseduti dal prodotto recuperato. Dovrà inoltre essere evidenziata la compatibilità per la produzione della sostanza che cessa la qualifica di rifiuto in funzione dell'uso, sia dal punto di vista tecnico-prestazionale che ambientale.

- **Processi e tecniche di trattamento consentiti**

Dovranno essere descritti dettagliatamente i processi e le tecniche di recupero e/o riciclaggio includendo eventuali parametri di processo che devono essere monitorati al fine di garantire il raggiungimento degli standard tecnici e ambientali da parte della sostanza o oggetto prodotto.

- **Criteri di qualità per i materiali di cui è cessata la qualifica di rifiuto ottenuti dall'operazione di recupero in linea con le norme di prodotto applicabili, compresi i valori limite per le sostanze inquinanti, se necessario**

Sarà necessario descrivere le caratteristiche tecniche e ambientali che il materiale che cessa la qualifica di rifiuto dovrà rispettare.

Si dovrà necessariamente fare riferimento ai già citati punti c) e d) del comma 1 dell'articolo 184 intitolati 'La sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti' e 'L'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana'.

- **Requisiti affinché i sistemi di gestione dimostrino il rispetto dei criteri relativi alla cessazione della qualifica di rifiuti, compresi il controllo della qualità, l'automonitoraggio e l'accreditamento, se del caso**

Il richiedente dovrà descrivere il sistema di gestione, quindi tutti gli elementi atti a certificare il processo di End of Waste. Dovrà essere descritto l'iter del rifiuto, dal suo conferimento nell'impianto di recupero fino alla produzione del materiale EoW. Devono essere indicate le modalità e le frequenze di controllo dei rifiuti in ingresso (autocontrollo) e del prodotto finale. Vengono inoltre indicate le seguenti procedure minime da prevedere:

- Verifica di accettabilità dei rifiuti in ingresso: il personale dovrà controllare visivamente, pesare il carico di rifiuti in ingresso e verificarne i documenti a corredo (autorizzazioni del trasportatore, mezzo trasporto, scheda informativa del rifiuto, FIR, classificazione e rapporti di prova di caratterizzazione dei rifiuti in ingresso, registro di carico). Se l'analisi della documentazione e/o il controllo lo necessitano si deve procedere a controlli supplementari. L'automezzo, dopo lo scarico del rifiuto risultato conforme, deve essere sottoposto a nuova pesatura al fine di registrare la tara da parte dell'ufficio di accettazione.
- Procedura per la qualifica e l'addestramento del personale addetto all'accettazione e movimentazione dei rifiuti: la verifica di accettabilità dei rifiuti in ingresso dovrà essere svolta da personale con appropriato livello di formazione e addestramento.
- Procedura per la gestione e lo stoccaggio dei rifiuti in attesa di verifica della conformità per la cessazione della qualifica di rifiuto e dell'EoW: le aree di stoccaggio dei rifiuti devono essere dedicate unicamente ad essi e strutturate in modo da impedire miscelazione anche accidentale dei rifiuti soggetti trattamento di recupero con altri rifiuti.
- Monitoraggio dei parametri di processo (se previsti).
- Verifica delle specifiche tecnico prestazionali del materiale in uscita e definizione delle metodiche di campionamento ed analisi (se previste): la conformità alla cessazione di qualifica di rifiuto deve essere attestata tramite la verifica di un campione di materiale. Le analisi devono essere eseguite da un laboratorio, eventualmente accreditato per le prove di interesse, che applichi metodi di prova ufficiali adeguati ai parametri ed ai limiti previsti. I risultati dovranno essere confrontati con i relativi valori limite. Il campione analizzato deve essere conservato per un tempo che deve tenere conto della possibilità di alterazione del campione stesso.

- **Un requisito relativo alla dichiarazione di conformità**

Dovrà essere presentato il modello di dichiarazione di conformità contenente tutte le informazioni tali che sia attestato il rispetto delle condizioni e dei criteri sopra riportati.

La scheda di conformità dovrà contenere:

- Ragione sociale del produttore.
- Caratteristiche della sostanza od oggetto che cessa la qualifica di rifiuto.
- Quantificazione del lotto di riferimento.
- Rapporti analitici di prova per il rispetto degli standard tecnici e ambientali (e sanitari, ove previsti).

8 IL CASO SABAR IN CONFRONTO ALLE LINEE GUIDA SNPA

Il passo successivo è quello di rapportare alla normativa di settore i materiali triturati in plastica rigida e la linea di trattamento di S.A.Ba.R. che li produce.

È già stato descritto come la plastica sia, ormai da tempo, entrata a far parte di ogni ambito delle nostre vite, di conseguenza è possibile ritenere soddisfatti i punti “La sostanza o l’oggetto sono destinati ad essere utilizzati per scopi specifici” e “Esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto” dell’articolo 184 ter del D.Lgs. n. 152/2006 a cui si rifanno le linee guida.

S.A.Ba.R. è un’azienda che opera con un sistema di gestione ambientale certificato ISO 14001 ed EMAS, nonché con un sistema di gestione della qualità secondo lo standard ISO 9001.

Un sistema di gestione è l’insieme di elementi e procedure interne che un’azienda può adottare al fine ottenere un miglioramento continuo delle proprie prestazioni in ambito, ad esempio, ambientale o di qualità. L’azienda inoltre può decidere di farsi certificare il proprio sistema di gestione da un organismo accreditato.

Tutte le fasi di gestione e di processo sono quindi costantemente monitorate e procedurate da personale con adeguato livello di formazione e addestramento e sottoposte al controllo annuale da parte degli organismi di certificazione.

Di conseguenza si ritiene totalmente soddisfatto anche il punto “Materiali di rifiuto in entrata ammissibili ai fini dell’operazione di recupero” in quanto la procedura di accettazione dei rifiuti di materie plastiche rigide prevede che essi siano conferiti all’impianto a seguito della ricezione preventiva della scheda descrittiva compilata dal produttore con indicazioni relative alla tipologia di materiale, alle caratteristiche e all’assenza di contaminazioni nel ciclo produttivo.

Al momento dell’arrivo dei rifiuti presso l’impianto viene controllata la documentazione di accompagnamento del rifiuto. Il materiale viene ispezionato visivamente valutandone la conformità con quanto dichiarato dal produttore e verificando la presenza di impurità

o agenti contaminanti. Qualora fossero presenti delle non conformità, l'addetto alla ricezione dovrà darne riscontro al responsabile dell'impianto e il carico viene respinto parzialmente o completamente.

Le criticità vanno quindi individuate nel soddisfacimento dei punti 'La sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti' e 'L'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana'. Il primo è strettamente legato al rispetto degli standard delle norme tecniche relative alle plastiche da recupero, il secondo non desta particolari preoccupazioni poiché i rifiuti da plastiche rigide conferiti nell'impianto non sono classificati come pericolosi ma è comunque necessario verificare, attraverso opportune analisi, che siano rispettati gli standard ambientali del prodotto finale.

Una volta verificati i due punti sopra e considerando le certificazioni ambientali e sulla qualità di S.A.Ba.R., saranno di conseguenza verificabili anche i restanti punti citati dall'articolo 184 e dalle linee guida SNPA. In questo modo il materiale in uscita dall'impianto potrà essere classificato End of Waste e l'operazione R12 (attività preliminari al riciclo/recupero di un rifiuto) eseguita nella linea di trattamento di S.A.BA.R. potrà essere considerata come R3, cioè un'attività di riciclo di plastiche rigide. In ambito autorizzativo dovranno quindi essere descritti, in relazione alle linee guida, i Processi e tecniche di trattamento consentiti, i Criteri di qualità per i materiali di cui è cessata la qualifica di rifiuto ottenuti dall'operazione di recupero in linea con le norme di prodotto applicabili, compresi i valori limite per le sostanze inquinanti, se necessario, i Requisiti affinché i sistemi di gestione dimostrino il rispetto dei criteri relativi alla cessazione della qualifica di rifiuti, compresi il controllo della qualità, l'automonitoraggio e l'accreditamento, se del caso e produrre un modello di dichiarazione di conformità del prodotto finale.

9 LA NORMA UNI 10667 PER LE MATERIE PLASTICHE PRIME SECONDARIE

La normativa tecnica relativa alle materie plastiche riciclate va individuata nelle UNI 10667 in cui vengono definiti i requisiti e i metodi di prova da applicare alle Materie Prime Secondarie (MPS) provenienti dal riciclo di residui industriali e materiali pre o post-consumo in plastica. Una volta individuati i requisiti che devono rispettare le plastiche rigide triturate nell'impianto di S.A.Ba.R. sarà dunque possibile, relativamente ai metodi di prova previsti dalla norma, condurre una campagna di analisi su tali materiali presso un laboratorio accreditato.

La UNI 10667 è divisa in 19 parti:

- 1) Generalità su materie plastiche prime secondarie e sottoprodotti di materie plastiche
- 2) **Polietilene** destinato ad impieghi diversi, proveniente dal riciclo di residui industriali e/o materiali da pre e/o post consumo: Requisiti e metodi di prova
- 3) **Polipropilene** destinato ad impieghi diversi, proveniente dal riciclo di residui industriali e/o materiali da pre e/o post-consumo: Requisiti e metodi di prova
- 4) Polivinilcloruro destinato ad impieghi diversi, proveniente dal riciclo di contenitori per liquidi pre e/o post consumo: Requisiti e metodi di prova
- 5) Polivinilcloruro plastificato destinato ad impieghi diversi, proveniente dal riciclo di residui industriali e/o materiali da pre e/o post consumo: Requisiti e metodi di prova
- 6) Polivinilcloruro rigido destinato ad impieghi diversi, proveniente dal riciclo di residui industriali e/o manufatti rigidi non plastificati da pre e/o post consumo: Requisiti e metodi di prova
- 7) Polietilentereftalato in scaglia destinato alla produzione di fibre, proveniente dal riciclo di contenitori per liquidi post-consumo: Requisiti e metodi di prova
- 8) Polietilentereftalato in scaglia destinato alla produzione di corpi cavi, proveniente dal riciclo di contenitori per liquidi post-consumo: Requisiti e metodi di prova

- 9) Polietilentereftalato in scaglia destinato alla produzione di lastre e foglie, proveniente dal riciclo di contenitori per liquidi post-consumo: Requisiti e metodi di prova
- 10) Polistirene proveniente residui industriali e/o materiali da pre e/o post-consumo, destinato ad impieghi diversi: Requisiti e metodi di prova
- 11) Polietilene e copolimeri provenienti da foglie e film per agricoltura destinato ad impieghi diversi: Requisiti e metodi di prova
- 12) Polistirene espanso proveniente da residui industriali e/o materiali da pre e/o post-consumo, destinato ad impieghi diversi: Requisiti e metodi di prova
- 13) Cariche ottenute da macinazione di scarti industriali e/o da post consumo di compositi di materiale plastico: Requisiti e metodi di prova
- 14) Miscele di materiali polimerici di riciclo e di altri materiali a base cellulosa di riciclo da utilizzarsi come aggregati nelle malte cementizie, nei bitumi e negli asfalti: Requisiti e metodi di prova
- 15) Polietilentereftalato proveniente da post-consumo, scarti industriali e residui da riciclo meccanico, destinato al riciclo chimico per depolimerizzazione: Requisiti e metodi di prova
- 16) **Miscele di materie plastiche eterogenee a base di poliolefine** provenienti da residui industriali e/o da materiali da post-consumo destinate a diverse tecnologie di trasformazione: Requisiti e metodi di prova
- 17) Miscele di materie plastiche eterogenee provenienti da residui industriali e/o da materiali da post-consumo, destinate all'impiego in processi metallurgici e siderurgici: Requisiti e metodi di prova
- 18) Miscele di materie plastiche eterogenee a base di poliolefine provenienti da residui industriali e/o da materiali da post-consumo destinate alla conversione in miscele di idrocarburi solidi, liquidi o gassosi da utilizzarsi come combustibili liquidi e/o gassosi o per ulteriori processi chimici industriali: Requisiti e metodi di prova
- 19) Polietilentereftalato proveniente dal riciclo di rifiuti in PET, anche in multistrato con altri polimeri, destinato a diverse tecnologie di trasformazione: Requisiti e metodi di prova

Nella parte 1 dedicata alle generalità viene definita la classificazione delle materie plastiche prime secondarie sulla base dei seguenti elementi:

- a) Famiglia di polimero di origine, lega o miscela (PE, PET, PP, PS, PVC, PE+PP, ecc);
- b) Provenienza (pre-consumo, post consumo);
- c) Destinazione tecnologica (materie plastiche prime secondarie per stampaggio a iniezione, estrusione, soffiaggio, ecc);
- d) Forma (macinato, granulato, polvere, densificato, ecc);
- e) Specifiche tecniche della materia plastica prima secondaria.

Vengono inoltre indicati i trattamenti a cui devono essere sottoposti i rifiuti per l'ottenimento di MPS di plastica conformi alle specifiche di questa norma. Devono essere eseguiti uno o più dei seguenti trattamenti:

- Selezione;
- Cernita;
- Frantumazione;
- Triturazione;
- Macinazione;
- Lavaggio o altra operazione idonea all'eliminazione di residui indesiderati;
- Sanificazione;
- Densificazione;
- Granulazione;
- Estrusione;
- Dissoluzione.

Si può notare quindi che le operazioni di selezione, cernita, triturazione, depolverazione e rimozione dei metalli che avvengono nella linea di trattamento delle plastiche rigide sono idonee all'ottenimento della cessazione di qualifica di rifiuto.

La UNI 10667 parte 1 specifica inoltre che l'MPS dovrà essere corredato di una scheda tecnica informativa riportante le caratteristiche e i rispettivi valori misurati e che dovrà essere consegnata al cliente interessato all'acquisto di tale materiale.

I materiali di cui si vuole ottenere l'End of Waste sono il triturato di:

- Polietilene ad alta densità (HDPE) da stampaggio, di cui i requisiti e metodi di prova sono definiti nella Parte 2 della UNI 10667;
- Polietilene ad alta densità (HDPE) da soffiaggio, di cui i requisiti e metodi di prova sono definiti nella Parte 2 della UNI 10667;
- Polipropilene (PP), di cui i requisiti e metodi di prova sono definiti nella Parte 3 della UNI 10667;
- Miscela di Polipropilene e Polietilene (PP-PE). I due materiali sono della famiglia delle poliolefine, di conseguenza i requisiti e metodi di prova sono definiti nella Parte 16 della UNI 10667.

9.1 LA UNI 10667 PARTE 2: POLIETILENE (PE)

In questa parte si trovano i requisiti che devono rispettare le scaglie di HDPE da stampaggio e soffiaggio in uscita dall'impianto di S.A.Ba.R. e le prove da utilizzare per la loro verifica.

Viene innanzitutto specificato che la materia prima secondaria dovrà essere designata con la sigla preceduta dalla lettera R (Recycled), quindi in questo caso si parlerà di R PE in HDPE da stampaggio e R PE in HDPE da soffiaggio.

Successivamente è presente una prima indicazione sulla composizione che dovrà avere il polietilene da riciclo. Esso dovrà essere composto da:

- una matrice polimerica costituita da polietilene in quantità maggiore o uguale all'80%;
- altri materiali (in quantità nel loro complesso minore o uguale al 10%) quali: cariche, pigmenti e additivi; impurità in quantità tali da non compromettere le caratteristiche di lavorabilità del R PE; polimeri compatibili con la matrice polimerica.

Cariche minerali (talco, carbonato di calcio, fibre di vetro), pigmenti e additivi possono essere aggiunte alla matrice polimerica, in fase di produzione, per migliorarne le performance e l'estetica.

I requisiti da rispettare sono forniti sulla base del campo di utilizzo dell'R PE:

- soffiaggio corpi carvi (prospetto 1);
- stampaggio (prospetto 2);
- estrusione (prospetto 3);
- soffiaggio a bolla o estrusione a testa piana di film (prospetto 4)

R PE per soffiaggio corpi cavi

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di PE (vedere Nota 1)	Scelto per accordo fra le parti		80% min.
Indice di fluidità (MFR) (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1133	a) Contenitori di capacità $\leq 5 \text{ dm}^3$: 190 °C - 2,16 kg b) Contenitori di capacità $> 5 \text{ dm}^3$: 190 °C - 5 kg	Dichiarati dal produttore ($\pm 20\%$)
Massa volumica (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1183-1:2005	Metodo B Picnometro	Classe 1, 2, 3, 4 o 5 (vedere Nota 2)
Contaminazioni (vedere Nota 1 e 3)	Appendice	Metodo A	a) Contenitori di capacità $\leq 5 \text{ dm}^3$ - senza limiti (per contaminazioni $< 100 \mu\text{m}$) - ≤ 5 punti (per contaminazioni $< 100 \mu\text{m}$) b) Contenitori di capacità $> 5 \text{ dm}^3$ - senza limiti (per tutte le contaminazioni)
Colore (vedere Nota 1)	Apprezzamento visivo	Indicare se nero, bianco, neutro, colorato. Qualora sia necessario definire con precisione la tonalità, si deve fare riferimento alla scala PANTONE ¹⁾ o ad altra scala definita tra le parti indicando il codice corrispondente al colore	
Dimensioni del macinato/densificato/agglomerato	ISO 565	Staccatura con staccio avente una apertura delle maglie di 16 mm	16 mm max min. 90% (vedere Nota 4)
Nota 1 Caratteristica da riportare sistematicamente sulla scheda consegnata dal produttore al cliente. Nota 2 Classi di massa volumica (kg/dm^3): 1: da 0,915 a 0,925; 2: da 0,926 a 0,935; 3: da 0,936 a 0,945; 4: da 0,946 a 0,960; 5: $> 0,960$. Nota 3 Per le contaminazioni per le quali non sono previsti limiti restrittivi, il produttore deve comunque fornire un'indicazione qualitativa del livello di contaminazione del materiale, per esempio: contaminazione bassa, alta, Nota 4 Almeno il 90% in massa del prodotto deve avere dimensioni minori o uguali a 16 mm. Il restante 10% deve avere dimensioni tali da poter essere utilizzato nelle usuali macchine di trasformazione.			

Figura 57. UNI 10667 parte 2: prospetto 1 [37]

R PE per stampaggio

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di PE (vedere Nota 1)	Scelto per accordo fra le parti		80% min.
Indice di fluidità (MFR) (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1133	190 °C - 2,16 kg	Dichiarati dal produttore (± 20%)
Massa volumica (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1183-1:2005	Metodo B Picnometro	Classe 1, 2, 3 o 4 (vedere Nota 2)
Resistenza all'urto Izod oppure Resistenza all'urto Charpy (vedere Nota 6)	UNI EN ISO 180:2009 UNI EN ISO 179-1:2010	Alle condizioni di temperatura concordate tra le parti ISO 180/ A ISO 179/1eA	Dichiarati dal produttore (vedere Nota 3)
Cariche e contaminazioni ceneri (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 3451-1:2009	Metodo A 600 °C (vedere Nota 4)	Dichiarati dal produttore (vedere Nota 3)
Colore (vedere Nota 1)	Apprezzamento visivo	Indicare se nero, bianco, neutro, colorato. Qualora sia necessario definire con precisione la tonalità, si deve fare riferimento alla scala PANTONE ²⁾ o ad altra scala definita tra le parti indicando il codice corrispondente al colore	
Dimensioni del macinato/densificato/ agglomerato	ISO 565	Stacciatura con staccio avente una apertura delle maglie di 16 mm	16 mm max min. 90% (vedere Nota 5)
<p>Nota 1 Caratteristica da riportare sistematicamente sulla scheda consegnata dal produttore al cliente.</p> <p>Nota 2 Classi di massa volumica (kg/dm³): 1: da 0,915 a 0,925; 2: da 0,926 a 0,935; 3: da 0,936 a 0,945; 4: da 0,946 a 0,960.</p> <p>Nota 3 Tolleranza concordata tra produttore e cliente.</p> <p>Nota 4 Con questo metodo i pigmenti organici sono distrutti.</p> <p>Nota 5 Almeno il 90% in massa del prodotto deve avere dimensioni minori o uguali a 16 mm. Il restante 10% deve avere dimensioni tali da poter essere utilizzato nelle usuali macchine di trasformazione.</p> <p>Nota 6 La determinazione delle caratteristiche è facoltativa e concordata tra le parti.</p>			

Figura 58 UNI 10667 parte 2: prospetto 2 [37]

R PE per estrusione

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di PE (vedere Nota 1)	Scelto per accordo fra le parti		80% min.
Indice di fluidità (MFR) (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1133	190 °C - 2,16 kg per le classi 1, 2 e 3 190 °C - 5 kg per la classe 4 (vedere Nota 2)	Dichiarati dal produttore (± 20%)
Massa volumica (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1183-12005	Metodo B Picnometro	Classe 1, 2, 3, 4 o 5 (vedere Nota 2)
Caratteristiche meccaniche a trazione: - carico a snervamento - carico a rottura - allungamento a rottura (vedere Nota 6)	UNI EN ISO 527-1 UNI EN ISO 527-2	Alla velocità di prova ed alle condizioni di temperatura concordate tra le parti Provetta tipo 1A	Dichiarati dal produttore (vedere Nota 4)
Contaminazioni (vedere Nota 1 e 3)	Appendice	Metodo B	- senza limiti (per contaminazioni <100 µm) - ≤10 punti (per contaminazioni da 100 µm a 150 µm) - 0 (per contaminazioni >150 µm)
Colore (vedere Nota 1)	Apprezzamento visivo	Indicare se nero, bianco, neutro, colorato. Qualora sia necessario definire con precisione la tonalità, si deve fare riferimento alla scala PANTONE ³⁾ o ad altra scala definita tra le parti indicando il codice corrispondente al colore	
Dimensioni del macinato/densificato/agglomerato	ISO 565	Stacciatura con staccio avente una apertura delle maglie di 16 mm	16 mm max min. 90% (vedere Nota 5)
<p>Nota 1 Caratteristica da riportare sistematicamente sulla scheda consegnata dal produttore al cliente.</p> <p>Nota 2 Classi di massa volumica (kg/dm³): 1: da 0,915 a 0,925; 2: da 0,926 a 0,935; 3: da 0,936 a 0,945; 4: da 0,946 a 0,960; 5: >0,960.</p> <p>Nota 3 Per le contaminazioni minori di 100 µm, pur non essendoci limiti restrittivi, il produttore deve comunque fornire un'indicazione qualitativa del livello di contaminazione del materiale, per esempio: contaminazione bassa, alta,</p> <p>Nota 4 Tolleranza concordata tra produttore e cliente.</p> <p>Nota 5 Almeno il 90% in massa del prodotto deve avere dimensioni minori o uguali a 16 mm. Il restante 10% deve avere dimensioni tali da poter essere utilizzato nelle usuali macchine di trasformazione.</p> <p>Nota 6 La determinazione delle caratteristiche è facoltativa e concordata tra le parti.</p>			

Figura 59. UNI 10667 parte 2: prospetto 3 [37]

R PE per soffiaggio a bolla o estrusione a testa piana di film

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di PE (vedere Nota 1)	Scelto per accordo fra le parti		80% min.
Indice di fluidità (MFR) (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1133	190 °C - 2,16 kg	Dichiarati dal produttore ($\pm 20\%$)
Massa volumica (vedere Nota 1)	UNI EN ISO 1183-1:2005	Metodo B Picnometro	Classe 1, 2, 3, 4 o 5 (vedere Nota 2)
Contaminazioni (vedere Nota 1 e 3)	Appendice	Metodo C	Infusi - senza limiti (per contaminazioni $<100 \mu\text{m}$) - ≤ 5 punti (per contaminazioni $\geq 100 \mu\text{m}$) Impurezze - senza limiti (per contaminazioni $<100 \mu\text{m}$) - ≤ 5 punti (per contaminazioni $\geq 100 \mu\text{m}$)
Colore (vedere Nota 1)	Apprezzamento visivo	Indicare se nero, bianco, neutro, colorato. Qualora sia necessario definire con precisione la tonalità, si deve fare riferimento alla scala PANTONE ⁴⁾ o ad altra scala definita tra le parti indicando il codice corrispondente al colore	
Dimensioni del macinato/densificato/agglomerato	ISO 565	Staccatura con staccio avente una apertura delle maglie di 16 mm	16 mm max min. 90% (vedere Nota 4)
<p>Nota 1 Caratteristica da riportare sistematicamente sulla scheda consegnata dal produttore al cliente.</p> <p>Nota 2 Classi di massa volumica (kg/dm^3): 1: da 0,915 a 0,925; 2: da 0,926 a 0,935; 3: da 0,936 a 0,945; 4: da 0,946 a 0,960; 5: $>0,960$.</p> <p>Nota 3 Per le contaminazioni (sia infusi che impurezze) minori di $100 \mu\text{m}$, pur non essendoci limiti restrittivi, il produttore deve comunque fornire un'indicazione qualitativa del livello di contaminazioni in infusi ed impurezze del materiale.</p> <p>Nota 4 Almeno il 90% in massa del prodotto deve avere dimensioni minori o uguali a 16 mm. Il restante 10% deve avere dimensioni tali da poter essere utilizzato nelle usuali macchine di trasformazione.</p>			

Figura 60. UNI 10667 parte 2: prospetto 4 [37]

9.2 LA UNI 10667 PARTE 3: POLIPROPILENE (PP)

In questa parte si trovano i requisiti che devono rispettare le scaglie di PP prodotte dall'impianto e le prove da utilizzare per la loro verifica.

Anche in questo caso si specifica che la materia prima secondaria dovrà essere designata con la propria sigla preceduta dalla lettera R, quindi in questo caso si parlerà di R PP.

Le indicazioni sulla composizione vengono date facendo la distinzione fra R PP NON CARICATO e R PP CARICATO:

R PP non caricato – tipo a)

Il polipropilene di riciclo di tipo a) deve essere composto da:

- una matrice polimerica, costituita dal polipropilene in quantità maggiore o uguale al 90%;
- altri materiali, in quantità nel loro complesso minore o uguale al 10%, quali: cariche, pigmenti e additivi; impurità in quantità tali da non compromettere le caratteristiche di lavorabilità del R PP; polimeri compatibili con la matrice.

R PP caricato – tipo b)

Il polipropilene di riciclo di tipo b) deve essere composto da:

- una matrice polimerica, costituita dal polipropilene nella quantità dichiarata dal produttore nella scheda del materiale;
- cariche (per le quali deve essere riportata la tipologia e la quantità);
- altri materiali quali: pigmenti e additivi; impurità in quantità tali da non compromettere le caratteristiche di lavorabilità del R PP; polimeri compatibili con la matrice.

Dalla composizione consentita per l'R PP caricato nasce la possibilità di riferire a questa parte della norma anche il triturato costituito dalla miscela in PP-PE, in quanto non è richiesta una percentuale minima di Polipropilene ma può essere semplicemente dichiarata dal produttore.

Anche in questa parte i requisiti sono forniti sulla base del campo di utilizzo dell'R PP:

- stampaggio ad iniezione (prospetto 1);
- estrusione (prospetto 2).

R PP per stampaggio ad iniezione

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di PP (vedere nota 1)	Scelto per accordo fra le parti		Tipo a): 90% min. Tipo b): da concordare tra le parti
Indice di fluidità (MFR) (vedere nota 1)	UNI EN ISO 1133	230 °C - 2,16 kg	Dichiarato dal produttore (±20%)
Massima volumica (vedere nota 1)	UNI EN ISO 1183-1:2005	Metodo B Picnometro	Tipo a): ≤ 0,92 kg/dm ³ Tipo b): > 0,92 kg/dm ³
Resistenza all'urto Izod oppure Resistenza all'urto Charpy (vedere nota 2)	UNI EN ISO 180:2009 UNI EN ISO 179-1:2010	Alle condizioni di temperatura concordate tra le parti	Dichiarato dal produttore (±10%)
Modulo elastico a flessione (vedere nota 2)	UNI EN ISO 178		Dichiarato dal produttore (±10%)
Temperatura di rammollimento Vicat (vedere nota 2)	UNI EN ISO 306:2006	Metodo B 50	Dichiarato dal produttore (±3 °C)
Colore (vedere nota 1)	Apprezzamento visivo	Indicare se nero, bianco, neutro, colorato. Qualora sia necessario definire con precisione la tonalità, si deve fare riferimento alla scala PANTONE ¹⁾ o ad altra scala definita tra le parti indicando il codice corrispondente al colore	
Dimensioni del macinato	Staccionatura con staccio avente una apertura delle maglie di 16 mm secondo ISO 565	16 mm max - Minimo 90% (vedere nota 3)	
<p>Nota 1: Caratteristica da riportare sistematicamente sulla scheda consegnata dal produttore al cliente. Nota 2: Caratteristica da riportare sulla suddetta scheda solo se richiesta dal cliente. Nota 3: Almeno il 90% in massa del prodotto deve avere dimensioni minori o uguali a 16 mm. Il restante 10% deve avere dimensioni tali da poter essere utilizzato nelle usuali macchine di trasformazione.</p> <p>1) Il catalogo della scala PANTONE è commercialmente disponibile, in particolare presso la PANTONE U.K. Inc. 115 Sandgate Road Folkestone, Kent CT 20 2BL England.</p>			

Figura 61. UNI 10667 parte 3: prospetto 1 [38]

R PP per estrusione

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di PP (vedere nota 1)	Scelto per accordo fra le parti		Tipo a): 90% min. Tipo b): da concordare tra le parti
Indice di fluidità (MFR) (vedere nota 1)	UNI EN ISO 1133	230 °C – 2,16 kg	Dichiarati dal produttore (± 20%)
Massima volumica (vedere nota 1)	UNI EN ISO 1183-1:2005	Metodo B Picnometro	Tipo a): ≤ 0,92 kg/dm ³ Tipo b): > 0,92 kg/dm ³
Resistenza all'urto Izod oppure Resistenza all'urto Charpy) (vedere nota 2)	UNI EN ISO 180:2009 UNI EN ISO 179-1:2010	Alle condizioni di temperatura concordate tra le parti Metodo ISO 180/A Metodo ISO 179/1 e A	Dichiarato dal produttore (± 10%)
Modulo elastico a flessione (vedere nota 2)	UNI EN ISO 178		Dichiarato dal produttore (± 10%)
Modulo elastico a trazione (vedere nota 2)	UNI EN ISO 527-2		Dichiarati dal produttore (± 10%)
Temperatura di rammollimento Vicat (vedere nota 2)	UNI EN ISO 306:2006	Metodo B 50	Dichiarato dal produttore (±3 °C)
Caratteristiche meccaniche a trazione: - sforzo di snervamento - allungamento a rottura (vedere nota 2)	UNI EN ISO 527-1 UNI EN ISO 527-2	Alla velocità di prova ed alle condizioni di temperatura concordate tra le parti Provetta 1A	- Sforzo di snervamento dichiarati dal produttore (± 10%) - Allungamento a rottura dichiarati dal produttore (± 10%)
Colore (vedere nota 1)	Apprezzamento visivo	Indicare se nero, bianco, neutro, colorato. Qualora sia necessario definire con precisione la tonalità, si deve fare riferimento alla scala PANTONE ¹⁾ o ad altra scala definita tra le parti indicando il codice corrispondente al colore	
Dimensioni del macinato	Staccionatura con stacco avente una apertura delle maglie di 16 mm secondo ISO 565	16 mm max - Minimo 90% (vedere nota 3)	
<p>Nota 1: Caratteristica da riportare sistematicamente sulla scheda consegnata dal produttore al cliente.</p> <p>Nota 2: Caratteristica da riportare sulla suddetta scheda solo se richiesta dal cliente.</p> <p>Nota 3: Almeno il 90% in massa del prodotto deve avere dimensioni minori o uguali a 16 mm. Il restante 10% deve avere dimensioni tali da poter essere utilizzato nelle usuali macchine di trasformazione.</p> <p>1) Il catalogo della scala PANTONE è commercialmente disponibile, in particolare presso la PANTONE U.K. Inc. 115 Sandgate Road Folkestone, Kent CT 20 2BL England.</p>			

Figura 62. UNI 10667 parte 3: prospetto 2 [38]

9.3 LA UNI 10667 PARTE 16: POLIOLEFINE (PP e PE)

In questa parte si trovano i requisiti che devono rispettare le scaglie della miscela di PP e PE in uscita dall'impianto di S.A.Ba.R. e le prove da utilizzare per la loro verifica. Il materiale conforme dovrà essere designato con la sigla R POMIX.

A differenza di ciò che accade per le parti relative al Polipropilene e al Polietilene in cui i requisiti da rispettare sono per lo più riferiti alle caratteristiche prestazionali del materiale, nella parte 16 sono riferiti principalmente alla composizione.

Viene, però, specificato che una miscela di poliolefine può essere classificata come R POMIX solo se il rifiuto da cui deriva, oltre alla macinazione o triturazione, viene sottoposto a uno o più dei seguenti trattamenti:

- Densificazione;
- Estrusione;
- Lavaggio o altri processi per l'eliminazione dei residui eventualmente contenuti.

Il triturato del materiale misto PP e PE nel caso in esame subisce i trattamenti di depolverazione e rimozione dei metalli che corrispondono all'ultimo punto, di conseguenza, è possibile caratterizzarlo secondo i requisiti di questa parte della norma.

I requisiti e i relativi metodi vengono dati sulla base della forma che assume il materiale:

- Densificati, pellet, granuli (prospetto 1);
- Macinati o triturati (prospetto 2).

R-POMIX nella forma di densificati, pellet, granuli

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di poliolefine tal quali e/o rinforzate con cariche minerali	Scelto per accordo tra le parti	Campione secco	≥85% in peso sul secco
Contenuto di: altre plastiche, poliaccoppiati anche con fogli Al con spessore ≥50 µm e altri materiali inerti di cui:	Scelto per accordo tra le parti	Campione secco	≤15% in peso totale sul secco
1) materiali cellulosici (carta, cartone, legno)	Scelto per accordo tra le parti		≤5% in peso sul secco
2) contenuto di metalli (escluso Al)	Scelto per accordo tra le parti		≤1% in peso sul secco
3) contenuto di Al (spessore maggiore di 50 µm)	Scelto per accordo tra le parti		≤1% in peso sul secco
Massa volumica apparente (sul secco)	UNI EN ISO 61		Minima 100 kg/m ³
Granulometria	Vagliatura a mano	Setaccio e tempi di vagliatura concordati tra le parti	Dimensione massima ≤20 mm
Colore	Apprezzamento visivo	Concordato tra le parti	
Trattamenti			Vedere punto 5
Umidità residua	Appendice A	A 105°C	≤10% in peso

Figura 63. UNI 10667 parte 16: prospetto 1 [39]

R-POMIX nella forma di macinati o triturati

Caratteristica	Metodo	Condizioni particolari	Requisiti
Contenuto di poliolefine tal quali e/o rinforzate con cariche minerali	Appendice B	Campione secco	≥85% in peso sul secco
Contenuto di altre plastiche, poliaccoppiati anche con fogli Al con spessore ≤50 µm e altri materiali inerti di cui:	Appendice B	Campione secco	≤15% in peso totale sul secco
1) materiali cellulosici (carta, cartone, legno)	Appendice B		≤5% in peso sul secco
2) contenuto di metalli (escluso Al)	Appendice B		≤1% in peso sul secco
3) contenuto di Al (spessore maggiore di 50 µm)	Appendice B		≤1% in peso sul secco
Massa volumica apparente (sul secco)	UNI EN ISO 61		Minima 100 kg/m ³
Granulometria	Vagliatura a mano	Setaccio e tempi di vagliatura concordati tra le parti	Dimensione massima ≤30 mm
Colore	Apprezzamento visivo	Concordato tra le parti	
Forma fisica			Scaglia, foglia/film macinati, coriandolo rigido macinato
Trattamenti			Vedere punto 5
Umidità residua	Appendice A	A 105 °C	≤10% in peso

Figura 64. UNI 10667 parte 16: prospetto 2 [39]

10 MISCELA PP/PE: LE ANALISI DI ECOBAT

Il primo approccio ai requisiti richiesti nelle norme UNI 10667 è stato un loro confronto con le analisi effettuate da un potenziale cliente interessato alla miscela triturata di PP-PE. L'azienda in questione è Ecobat Resources (ex Politec) di Bologna ed opera nel settore dello stampaggio di materie plastiche ad iniezione. Ecobat dispone di un laboratorio interno e ha richiesto a S.A.Ba.R. un campione da analizzare per verificare se il materiale fosse adatto ad essere trattato nel proprio impianto.

Le analisi effettuate da Ecobat sono state di cruciale importanza per capire quanto le caratteristiche del triturato fossero distanti da quelle previste dalla normativa tecnica. Inoltre ha consentito di valutare se procedere direttamente con le analisi di conformità dei materiali presso un laboratorio o se fosse prima necessario prevedere alcune migliorie alla linea di trattamento delle plastiche rigide.

Le prove condotte da Ecobat sulla miscela di PP-PE sono quelle previste nella parte 3 dedicata al Polipropilene della UNI 10667, in particolare al prospetto 1 'R PP per stampaggio ad iniezione', che è appunto il campo di utilizzo del materiale in uscita dall'impianto di Ecobat Resources.

È bene ricordare che è possibile caratterizzare una miscela di Poliolefine (PP + PE) secondo la norma dedicata al Polipropilene in quanto i requisiti previsti per l'R PP caricato (tipo b) non prevedono un contenuto percentuale minimo di PP.

Di seguito i risultati delle analisi di Ecobat sulla miscela macinata di PP-PE:

Proprietà	Metodo	U.M.	Risultati	Requisiti UNI 10667:3
Contenuto di PP-PE	METODO INTERNO	%	87,5	Tipo a): min 90% di PP Tipo b): da concordare tra le parti
Indice di fluidità	UNI EN ISO 1133	g/10 min	4,5	Dichiarato dal produttore
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	kg/dm ³	0,92	Tipo a): ≤ 0,92 kg/dm ³ Tipo b): > 0,92 kg/dm ³
Resistenza all'urto Izod	UNI EN ISO 180	kJ/m ²	6,5	Dichiarato dal produttore
Resistenza all'urto Charpy	UNI EN ISO 179	kJ/m ²	6,1	Dichiarata dal produttore
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306	C°	59,2	Dichiarata dal produttore
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 178	N/mm ²	850	Dichiarato dal produttore
Contenuto di ceneri	1h 750°C	%	2,1	Non richiesto
Colore	Apprezzamento visivo		Multicolore	
Contaminazioni	METODO INTERNO		Quantità rilevante di legno	

Le UNI 10667 non specificano un metodo per la determinazione del contenuto di Polipropilene e Polietilene, di conseguenza, in questo caso, è stato determinato immergendo il campione in acqua e per eseguire una separazione per flottazione, sfruttando la densità minore delle poliolefine rispetto a quella dell'acqua. A seguito della separazione l'87,5% del materiale è risultato galleggiare ed è stato considerato composto da Poliolefine, il restante 12,5% è affondato ed è stato considerato composto da plastiche diverse dalle poliolefine o da altri materiali.

Il primo requisito della UNI 10667 parte 16 sulle Poliolefine prevede che il contenuto di poliolefine sia almeno dell'85% in peso sul secco, per cui risulta fattibile caratterizzare il triturato di PP-PE rispetto a tale norma.

Il rispetto dei requisiti previsti dalla UNI 10667 parte 3 per il Polipropilene necessita invece di ragionamenti più approfonditi: il campione analizzato è una miscela di PP e PE

in percentuali non note, che comporta di dover far riferimento al tipo b) 'Polipropilene caricato'; ma la massa volumica riscontrata è di $0,92 \text{ kg/dm}^3$, valore che rientra nel tipo a) 'Polipropilene non caricato'.

Lo $0,92 \text{ kg/dm}^3$ di massa volumica rappresenta proprio il valore soglia con cui si definisce se il materiale è caricato o non caricato. Infatti, considerando che la massa volumica del Polipropilene puro è pari a 0.9 kg/dm^3 , la massa volumica fornisce un'indicazione sulla purezza del materiale e la norma UNI 10667 parte 3 concede di poter considerare un polipropilene da riciclo alla stregua del materiale vergine se la sua densità risulta inferiore a $0,92 \text{ kg/dm}^3$.

La massa volumica, come si può evincere dalla tabella indicativa sottostante, è strettamente collegata alla prova effettuata sul contenuto di ceneri, la quale permette, scaldando il campione a 750° C per un'ora, di determinare il contenuto di carica minerale presente. La maggior parte delle cariche rimane stabile a quelle temperature, di conseguenza, a seguito della combustione del polimero rimangono residui o ceneri. Pertanto, un basso contenuto di cariche è correlato ad una bassa massa volumica e viceversa.

La prova sulle ceneri ha avuto come risultato un contenuto percentuale di cariche del 2,1% rispetto alla massa totale del campione e corrisponde una massa volumica di $0,92 \text{ kg/dm}^3$.

Contenuto carica minerale %	Densità g/cm ³
0% - 1%	0,90 – 0,91
3% - 5%	0,93 – 0,95
6% - 7%	0,95 – 0,96
9% - 12%	0,96 – 0,98
20%	1,04 – 1,06
30%	1,14 – 1,16
40 %	1,24 – 1,26
50%	1,34 – 1,36

Le cariche minerali vengono generalmente additivate alla matrice polimerica di Polipropilene per trasformarne le caratteristiche, generalmente si utilizzano carbonato di calcio o talco per migliorare la stabilità dimensionale del prodotto finale. Per quanto riguarda il PP di cui sono composti manufatti come le cassette si può arrivare ad un contenuto di carica minerale superiore al 20%, la quale comporta una massa volumica superiore a quella dell'acqua ($0,997 \text{ kg/dm}^3$).

Per questo motivo è ragionevole ritenere che parte del materiale affondato durante la prova di flottazione fosse PP con un'alta percentuale di cariche minerali, il che va a vantaggio della caratterizzazione di questo materiale rispetto alla Parte 16 della norma.

Il problema principale riscontrato dalle analisi è dovuto alla presenza di un quantitativo rilevante di legno, il quale ovviamente non è stato possibile separare per flottazione, per cui rientra nella percentuale dell'87,5%. In questo caso si è ritenuto che la presenza di legno fosse dovuta ad una contaminazione fortuita di parte dei rifiuti di PP-PE stoccati. È quindi fattibile una caratterizzazione del materiale così com'è anche per i requisiti previsti dalla UNI 10667 parte 3.

Per la comprensione dei risultati di queste prove è stato rilevante l'aiuto offerto dal Plant Manager di Ecobat Resources, il quale mi ha invitato in visita allo stabilimento di Bologna e consigliato il Centro Polimeri di Reggio Emilia come laboratorio accreditato a cui affidare le analisi sulle plastiche rigide triturate secondo le UNI 10667.

10.1 LA VISITA IN ECOBAT RESOURCES

La visita alla Ecobat Resources è stata particolarmente interessante in quanto è un esempio di anello di congiunzione fra il prodotto triturato di S.A.Ba.R. e il suo effettivo inserimento all'inizio del ciclo produttivo di un prodotto in plastica.

Lo stabilimento Ecobat Resources di Bologna si occupa del riciclo di materie plastiche e in particolare produce compound di Polipropilene da riciclo sottoforma di granulo da cui, tramite la tecnica dello stampaggio ad iniezione, vengono principalmente prodotti particolari non a vista per il settore automobilistico.

La compoundazione è la preparazione di materie plastiche con specifiche caratteristiche tecniche attraverso lo scioglimento e la miscelazione di polimeri allo stato fuso, additivi e/o cariche.

La linea di riciclo meccanico delle plastiche di Ecobat è composta da un impianto di lavaggio e un impianto di granulazione in cui il rifiuto entra sottoforma di triturato. Le materie plastiche vengono introdotte in una tramoggia in modo che cadano su un nastro trasportatore che le conduce all'interno della grossa vasca che costituisce l'impianto di lavaggio.

La sua funzione è quella di rimuovere per flottazione gli inquinanti di vario genere che possono trovarsi sulla superficie delle scaglie, come polvere, terra o contaminanti che derivano o dalla provenienza stessa delle plastiche, dalle lavorazioni di trasformazione o dai sistemi di stoccaggio.

Generalmente nelle vasche di lavaggio si utilizza l'acqua in modo che i polimeri a densità inferiore di essa, in prevalenza poliolefine, vengano trascinati dalla corrente verso l'uscita



Figura 65. Prodotti finali ottenuti dai granuli di Ecobat



Figura 66. Sistema di trasporto alla vasca di lavaggio

della vasca invece i materiali con densità maggiore dell'acqua (es. terra, parti metalliche o altri polimeri) si depositano sul fondo.

La corrente viene mantenuta grazie all'azione intensiva di pale rotanti che hanno anche la funzione di facilitare la separazione e l'affondamento dei materiali più pesanti.



Figura 67. Dettaglio della vasca di lavaggio

Le plastiche lavate giungono ad una griglia che permette all'acqua di defluire in una vasca di raccolta. La fase successiva è quella di essiccamento in cui una corrente di aria calda fa sì che venga raggiunto un livello residuo di acqua compatibile con la fase successiva di granulazione. L'impianto di granulazione consente di completare il processo di riciclo ottenendo un prodotto dimensionalmente uniforme, il granulo. All'interno del granulatore sono presenti delle resistenze che fondono le scaglie di plastica, in questa fase è possibile aggiungere una parte di matrice polimerica vergine, additivi, cariche e coloranti al fine di adattare



Figura 68. I granuli in uscita dall'impianto di Ecobat

le caratteristiche del prodotto finale al tipo di applicazione per cui è destinato. La plastica allo stato fuso viene forzata all'interno di un estrusore e all'uscita di esso sono presenti delle lame che tagliano a caldo il materiale producendo il granulo. Per evitare che si fondano l'uno con l'altro, la temperatura dei granuli viene abbassata immergendoli in una vasca di raffreddamento.

Il materiale granulato, alla fine del processo produttivo, viene stoccato in silos che lo omogenizzano e da cui viene prelevato un campione rappresentativo per essere sottoposto alle analisi presso il laboratorio interno in modo tale da verificare che siano rispettate le specifiche richieste dal cliente.

Infatti, Ecobat possiede un laboratorio in cui possono essere effettuate alcune delle prove previste dalle norme tecniche sulle materie plastiche e viene anche utilizzato per verificare che il materiale in ingresso sia compatibile con l'impianto di lavaggio e granulazione, come è successo nel caso della miscela triturata di PP-PE di S.A.Ba.R.

11 LE ANALISI SUL TRITURATO DI PLASTICHE RIGIDE

Il confronto con la normativa ha messo in evidenza necessità che il materiale in uscita dalla linea di trattamento delle plastiche rigide rispetti i requisiti previsti dalla normativa tecnica dedicata alla plastica da recupero e gli standard ambientali al fine di ottenere la cessazione della qualifica di rifiuto (End of Waste).

Inoltre, le analisi condotte da Ecobat sul triturato misto Polipropilene e Polietilene hanno evidenziato la concreta possibilità di ottenere l'End of Waste di questa tipologia di materiale senza prevedere particolari modifiche all'impianto. Per quanto riguarda le altre tre tipologie le uniche informazioni disponibili provengono dai clienti che confermano la loro buona qualità.

Di conseguenza sono state commissionate le analisi ambientali e quelle rispetto alla normativa tecnica UNI 10667 sui campioni di Polipropilene triturato, HDPE da soffiaggio triturato, HDPE da stampaggio triturato e la miscela di Polipropilene e Polietilene triturati.

11.1 LE ANALISI AMBIENTALI

Il rispetto degli standard ambientali delle quattro tipologie di materie plastiche triturate è assicurato dal fatto che i rifiuti da cui derivano non presentano caratteristiche di pericolosità.

Nonostante questo, si è scelto di eseguire questo tipo di analisi sul triturato di HDPE da soffiaggio poiché, fra i quattro, è il materiale più a rischio in quando deriva da taniche e flaconi che potrebbero essere stati contaminati dalla sostanza che hanno contenuto, come oli o detersivi. Inoltre, è stato fatto analizzare anche il triturato misto PP-PE ritenendo che fosse il materiale più vicino alla cessazione di qualifica di rifiuto alla luce delle analisi condotte da Ecobat.

Le analisi scelte sono quelle standard di caratterizzazione di un rifiuto e vanno a verificare la presenza di sostanze classificate come pericolose in concentrazioni tali da rendere

necessaria l'attribuzione di una delle caratteristiche di pericolo da HP1 a HP15 di cui si è parlato nel capitolo introduttivo.

Dati due campioni inviati sono stati determinati:

- Il contenuto di metalli pesanti come zinco, berillio, selenio;
- Il contenuto di idrocarburi leggeri e pesanti;
- Il contenuto di amianto;
- Il punto di infiammabilità;
- Il contenuto di solventi aromatici e clorurati;
- Il contenuto di altri solventi.

I risultati di queste analisi hanno classificato l'HDPE da soffiaggio e la miscela di PP-PE come non pericolosi, di conseguenza si è sicuri che rispettino gli standard ambientali.

11.2 LE ANALISI RISPETTO ALLA NORMATIVA TECNICA

Sotto consiglio del Plant Manager di Ecobat le analisi rispetto alla normativa UNI 10667 sono state affidate al laboratorio accreditato Centro Polimeri di Reggio Emilia.

Le prove disponibili presso il Centro Polimeri sono:

- **Contenuto di PP e/o PE**

Determinare il contenuto del polimero o della miscela di polimeri di interesse è un requisito fondamentale per la caratterizzazione tecnica delle quattro tipologie di materiali; pertanto, compare fra i requisiti delle parti 2 (Polietilene), 3 (Polipropilene) e 16 (Poliiolefine) della UNI 10667. La norma specifica che il metodo da utilizzare per determinare il contenuto di PP o PE è a scelta del produttore tranne nel caso della caratterizzazione rispetto alla parte 16 relativa alle Poliiolefine (PP+PE), per la quale il laboratorio dovrà seguire il metodo previsto dalla norma.

Il contenuto di PP o PE dovrà essere determinato con un metodo sicuramente più appropriato rispetto a quello di separazione per flottazione utilizzato da Ecobat, in quanto si è riscontrato che un Polipropilene molto caricato, a causa della sua densità, affonda nella vasca di flottazione. Questo, nel caso della miscela di PP-PE, comporta la perdita di parte del PP. Nel caso del triturato di PP invece, siccome è composto per lo più da cassette

che contengono un'alta percentuale di cariche minerali, potrebbe comportare la perdita quasi totale di materiale.

Il metodo scelto è stato quindi una prova DSC (Calorimetria Differenziale a Scansione) preceduta da un'adeguata preparazione del provino. Il provino viene preparato solubilizzando con toluene parte del materiale tritato, successivamente viene raffreddato a temperatura ambiente. La sospensione gelatinosa ottenuta viene addizionata di metanolo e sottoposta a filtrazione. In questo modo il materiale polimerico viene innanzitutto separato dalla soluzione di toluene e metanolo, inoltre viene separato tutto ciò che non è Poliolefine, già in questa fase è quindi possibile determinare la percentuale di esse presenti. Il materiale una volta asciutto si presenta come una polvere omogenea costituita solo da poliolefine che viene fusa ed estrusa per ottenere il provino.

Il provino è quindi sottoposto alla prova DSC per determinare le percentuali di PP e PE: il provino viene sottoposto a cicli di riscaldamento e raffreddamento controllati e la prova si basa sulla misura della differenza di flusso termico tra il campione in esame e uno di riferimento. Questo metodo permette principalmente di determinare le temperature caratteristiche di un materiale polimerico (transizione vetrosa, cristallizzazione, fusione) che vengono evidenziate da picchi su un grafico flusso di calore – temperatura. Conoscendo le temperature caratteristiche di PP e PE è possibile determinare qualitativamente il loro contenuto percentuale attraverso l'analisi dei picchi.

- **Indice di fluidità**

La determinazione dell'indice di fluidità è necessaria per la caratterizzazione del materiale secondo le parti 2 e 3 della norma UNI 10667 che prescrive di utilizzare il metodo UNI EN ISO 1133.

L'indice di fluidità si esprime in g/10min e indica la facilità di fluire di un polimero fuso; la sua misura, secondo il metodo previsto dalla norma, si effettua caricando il polimero fuso a una temperatura fissata (190°C in riferimento alla parte 2, 230°C in riferimento alla parte 3) in un cilindro riscaldato cui è fissato un cilindretto dal peso di 2,16kg che esercita una forza costante e fa fluire il materiale fuso attraverso un tubo capillare. La massa (espressa in grammi) di polimero fuoriuscito in 10 minuti corrisponde al valore dell'indice di fluidità che quindi è inversamente proporzionale alla viscosità del materiale, un indice di fluidità basso sarà caratteristico dei polimeri più viscosi e viceversa.

Tanto maggiore è la massa di materiale fuoriuscito, tanto maggiore è l'indice di fluidità e minore la viscosità del polimero.

L'indice di fluidità fornisce un'indicazione di massima sulla compatibilità di un polimero con un determinato processo di lavorazione. Valori elevati dell'indice indicano che i materiali possono essere impiegati in operazioni di stampaggio a iniezione, mentre valori più bassi indicano la possibilità di utilizzare i materiali in operazioni di stampaggio per compressione, estrusione e stampaggio per soffiaggio.

- **Massa volumica**

L'indicazione sulla massa volumica è prevista dalle parti 2 e 3 della norma UNI 10667 che specifica l'utilizzo del metodo UNI EN ISO 1183.

La sua misura da un'indicazione sulla purezza della materia plastica, come ad esempio si è visto per il Polipropilene rispetto a cui la norma definisce il valore soglia di $0,92 \text{ kg/dm}^3$, se la densità risulta inferiore o uguale a questo valore il Polipropilene è non caricato e quindi di qualità comparabile a quella del polimero vergine, se è superiore è caricato.

La densità del campione viene misurata con una bilancia idrostatica applicando il principio di Archimede: un solido immerso in un liquido è sottoposto ad una spinta idrostatica, cioè ad una spinta verso l'alto. Il valore di questa forza è uguale a quella del peso del liquido spostato dal volume del campione.

- **Resistenza all'urto Izod o Charpy**

La resistenza all'urto del materiale è richiesta dalle parti 2 e 3 della UNI 10667 che prescrive i metodi UNI EN ISO 180 nel caso della prova Izod e UNI EN ISO 179 nel caso della prova Charpy.



Figura 69. Strumento di per la misura dell'indice di fluidità – laboratorio di Ecobat



Figura 70. Bilancia idrostatica per la misura della massa volumica – laboratorio di Ecobat

La resistenza agli urti dei termoplastici si misura in kJ/m^2 e consiste nel colpire un provino di materiale di dimensioni standard con una specifica mazza collegata ad un pendolo.

Viene misurata l'energia assorbita durante la rottura del campione: maggiore è il valore, migliore sarà la resistenza agli urti. In caso di campioni che non si rompono perché composti da materiali plastici con elevata resistenza gli urti, il test viene ripetuto con un intaglio sul campione, per facilitare la rottura ed ottenere informazioni in condizioni più severe.

La differenza fra le due prove è sostanzialmente nel tipo di provino e nel tipo di mazza utilizzata ma forniscono risultati simili.

- **Prova di flessione**

Il modulo elastico a flessione è richiesto per la caratterizzazione secondo la parte 3 della UNI 10667 che prevede venga utilizzato il metodo UNI EN ISO 178.

Il modulo elastico a flessione, misurato in N/mm^2 è definito come il rapporto tra lo sforzo applicato e la deformazione che ne deriva e descrive come il materiale si deforma se sollecitato ad un momento flettente.

Per la misura del modulo elastico a flessione il provino viene posizionato orizzontalmente su due perni posti alle sue estremità, al centro viene applicato un carico. La forza applicata viene aumentata fino a quando il provino subisce una flessione standard. Il modulo viene quindi determinato misurando la forza massima applicata e l'abbassamento subito dal provino.

- **Prova di trazione**

La prova di trazione permette di determinare modulo elastico a trazione, carico a snervamento, allungamento a snervamento, carico a rottura e allungamento a rottura.

La parte 2 della UNI 10667 richiede che vengano dichiarati il carico a snervamento, il carico a rottura e l'allungamento a rottura del materiale. La parte 3 invece richiede i valori di modulo elastico a trazione, carico a snervamento e allungamento a rottura. In entrambe le parti il metodo da utilizzare per la prova è l'UNI EN ISO 527.



Figura 71. Strumento per la prova di resistenza all'urto Izod o Charpy – laboratorio di Ecobat

La prova a trazione consente di determinare come un provino in materiale plastico si deforma se sollecitato da una trazione. Le proprietà di resistenza a trazione di un polimero vengono valutate collegando un provino ad una macchina a trazione mediante l'uso di apposite morse. Le morse vengono sottoposte a spostamento relativo, esercitando così una trazione sul provino fino alla sua rottura.

Il modulo elastico a trazione è misurato in N/mm^2 e si determina misurando la forza applicata e la deformazione subita dal provino.

Il carico a snervamento, misurato in N/mm^2 , rappresenta la forza che il materiale riesce a sopportare prima di giungere a snervamento. Prima dello snervamento un materiale sottoposto a trazione si deforma ma, quando il carico viene rimosso, ritorna alla sua forma iniziale, invece, dopo lo snervamento, quando si rimuove il carico il materiale non torna più alla sua forma originaria.

L'allungamento a snervamento, misurato in percentuale, è la deformazione subita dal provino allo snervamento rispetto alla forma originale.

Il carico a rottura è il carico massimo che il provino può sopportare senza rompersi e viene misurato in N/mm^2 .

L'allungamento a rottura, misurato in percentuale, è la deformazione subita dal provino alla rottura rispetto alla forma originale.

- **Temperatura di rammollimento VICAT**

La sua dichiarazione da parte del produttore è prevista dalla parte 3 della norma UNI 10667 e viene specificato l'utilizzo del metodo UNI EN ISO 306. Questa temperatura è indice della durezza superficiale del materiale e di come reagisce quando è sollecitato continuamente dal punto di vista termico.



Figura 72. Strumento per le prove di flessione e trazione – laboratorio di Ecobat



Figura 73. Strumento per la misura della temperatura di rammollimento Vicat – laboratorio di Ecobat

Durante la prova il provino viene immerso in un bagno d'olio e su di esso viene applicato un peso standard, la temperatura dell'olio viene incrementata in modo costante fino a quando il peso non penetra all'interno del provino di una quantità stabilita dalla norma. La temperatura di rammollimento VICAT è la temperatura che viene registrata a tale penetrazione.

- **Cariche e contaminazioni ceneri**

Il contenuto percentuale di cariche va dichiarato nel rispetto della parte 2 della norma UNI 10667 ed il metodo da utilizzare per la prova è l'UNI EN ISO 3451.

La misurazione del contenuto di ceneri consente il controllo del contenuto di cariche della materia plastica, cioè di tutti quegli elementi inorganici che vengono aggiunti alla matrice polimerica per modificarne le proprietà meccaniche, i più diffusi nell'ambito delle plastiche rigide sono il talco e il carbonato di calcio.



Figura 74. Strumento per il test delle ceneri – laboratorio di Ecobat

Il metodo consiste nel posizionare 3-5 g del materiale campione in un crogiolo e riscaldarlo in un forno a temperature superiori alla temperatura di combustione del polimero di base (600 °C). La maggior parte delle cariche rimane stabile a quelle temperature, di conseguenza, a seguito della combustione del polimero, rimangono residui o ceneri. Il contenuto di carica viene ottenuto dividendo la massa del residuo divisa per la massa iniziale del campione ed è espressa in percentuale.

- **Dimensioni di macinato**

La dimensione del macinato va determinata in conformità alle parti 2 e 3 della UNI 10677, in entrambi i casi il metodo da utilizzare è quello previsto dalla ISO 565 e almeno il 90% del materiale triturato deve avere dimensione massima di 16mm.

Il metodo prevede l'utilizzo di un setaccio con apertura delle maglie di 16mm.

- **Colore**

Il colore del materiale viene determinato per apprezzamento visivo ed è richiesto da tutte le parti della UNI 10667 di nostro interesse.

- **Caratterizzazione UNI 10667-16**

La caratterizzazione secondo la parte 16 della norma riguarda la sola miscela triturrata di PP-PE.

È previsto che venga determinato il contenuto di poliolefine, per il quale è già stato descritto il metodo utilizzato.

Nell'appendice B della norma è riportato il metodo da utilizzare per determinare il:

- Contenuto di altre plastiche, poliaccoppiati con fogli di alluminio con spessore $\leq 50\mu\text{m}$, poliaccoppiati con materiali cellulosici, poliaccoppiati con materiali metallici e alluminio (spessore $\leq 50\mu\text{m}$)
- Contenuto materiali cellulosici
- Contenuto di metalli (escluso Al)
- Contenuto di alluminio con spessore $> 50\mu\text{m}$

La parte 16 richiede inoltre che venga misurata la massa volumica apparente del materiale con il metodo UNI EN ISO 61, le dimensioni del macinato tramite vagliatura a mano e il contenuto di umidità tramite il metodo descritto nell'appendice A.

È importante sottolineare da questa parte di norma non è prevista alcuna prova relativa alle caratteristiche meccaniche del materiale.

11.2.1 LA CARATTERIZZAZIONE DELL'HDPE

Perché i triturrati di Polietilene ad alta densità (HDPE) da stampaggio e da soffiaggio raggiungano l'End of Waste è necessario che rispettino i requisiti definiti dalla UNI 10667 parte 2 dedicata al Polietilene da riciclo.

Purtroppo, il laboratorio scelto non ha la possibilità di eseguire la prova per determinare le contaminazioni nel materiale prevista per l'R PE destinato al soffiaggio per corpi cavi (prospetto 1), destinato all'estrusione (prospetto 3), destinato al soffiaggio a bolla o estrusione a testa piana di film (prospetto 4).

La scelta è ricaduta inevitabilmente sulla caratterizzazione secondo il prospetto 2 riguardante l'R PE destinato allo stampaggio e le prove commissionate al laboratorio sono state quindi:

- Contenuto di polietilene (metodo interno)
- Indice di fluidità (metodo UNI EN ISO 1133)

- Massa volumica (metodo UNI EN ISO 1183)
- Resistenza all'urto Izod (metodo UNI EN ISO 180)
- Cariche e contaminazioni da ceneri (metodo UNI EN ISO 345)
- Dimensioni del macinato (metodo UNI EN ISO 565)
- Colore (apprezzamento visivo)

È stata scelta la prova di resistenza all'urto Izod piuttosto che Charpy poiché il mercato del tritato di plastiche rigide prodotto di S.A.Ba.R. è rivolto per lo più all'Italia, in cui la prova Izod è più recepita.

Inoltre, per avere una panoramica globale delle caratteristiche meccaniche del materiale, sono state commissionate anche le prove a trazione con il metodo UNI EN ISO 527.

Sono stati quindi prelevati i campioni di HDPE da stampaggio e HDPE da soffiaggio e inviati al Centro Polimeri per le analisi.



Figura 75. Campione di HDPE da stampaggio



Figura 76. Campione di HDPE da soffiaggio

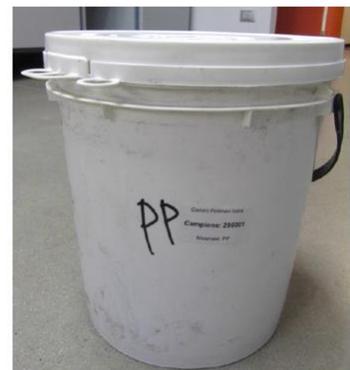
11.2.2 LA CARATTERIZZAZIONE DEL PP

La caratterizzazione del triturato di Polipropilene deve essere eseguita in conformità alla norma UNI 10667 parte 3 dedicata al Polipropilene da riciclo.

Le prove disponibili presso il laboratorio consentono la verifica dei requisiti necessari sia per l'R PP per stampaggio ad iniezione (prospetto 1) che per l'R PP per estrusione (prospetto 2). Di conseguenza sono stati preparati i campioni per essere sottoposti alle seguenti prove:

- Contenuto di polipropilene (metodo interno)
- Indice di fluidità (metodo UNI EN ISO 1133)
- Massa volumica (metodo UNI EN ISO 1183)
- Resistenza all'urto Izod (metodo UNI EN ISO 180)
- Modulo elastico a flessione (metodo UNI EN ISO 178)
- Prova di trazione per la determinazione di modulo elastico in trazione, sforzo a snervamento, allungamento a snervamento, sforzo a rottura, allungamento a rottura (metodo UNI EN ISO 527)
- Temperatura di rammollimento Vicat (metodo UNI EN ISO 306)
- Dimensioni del macinato (metodo UNI EN ISO 565)
- Colore (apprezzamento visivo)

Determinare il contenuto di cariche e le contaminazioni da ceneri sarebbe fondamentale per valutare il grado di purezza del Polipropilene ma da normativa non è richiesto ed inoltre, la stragrande maggioranza del triturato di PP proviene da cassette, che vengono solitamente caricate molto di carbonato di calcio o talco al fine di aumentarne la stabilità dimensionale e evitare che la cassetta si deformi durante l'uso. Di conseguenza è ragionevole pensare che la prova sul contenuto di cariche restituirebbe sicuramente un valore alto. Pertanto, si è scelto di non farla eseguire.



11.2.3 LA CARATTERIZZAZIONE DELLA MISCELA PP-PE

I requisiti di riferimento per la miscela triturata di Polietilene e Polipropilene sono quelli riportati nella parte della normativa dedicata alle Poliolefine da recupero in forma di macinati o triturati. Pertanto, sono state commissionate al laboratorio le seguenti prove:

- Contenuto di Poliolefine (metodo interno)
- Contenuto di altre plastiche, poliaccoppiati con fogli di alluminio con spessore $\leq 50\mu\text{m}$, poliaccoppiati con materiali cellulosici, poliaccoppiati con materiali metallici e alluminio con spessore $\leq 50\mu\text{m}$ (metodo descritto nell'appendice B della norma)
- Contenuto materiali cellulosici (metodo descritto nell'appendice B della norma)
- Contenuto di metalli, escluso l'alluminio (metodo descritto nell'appendice B della norma)
- Contenuto di alluminio con spessore $> 50\mu\text{m}$ (metodo descritto nell'appendice B della norma)
- Massa volumica apparente (metodo UNI EN ISO 61)
- Granulometria (vagliatura a mano)
- Colore (apprezzamento visivo)

La parte dedicata al Polipropilene da recupero (parte 3) della UNI 10667 consente la caratterizzazione del triturato misto PP-PE classificandolo come R PP caricato (tipo b), poiché, in questo caso, la quantità di PP non deve rispettare alcun requisito, va semplicemente dichiarata. Inoltre, le prove previste da questa norma consentono di determinare le caratteristiche meccaniche del materiale, le quali, con la sola caratterizzazione rispetto alla parte 16, sarebbero rimaste sconosciute.

Per cui, secondo gli stessi criteri adottati nel caso del PP triturato, sono state commissionate anche le prove per la verifica dei requisiti previsti dalla terza parte della normativa tecnica.



Figura 78. Campione di miscela PP-PE

12 I RISULTATI

Siccome i risultati delle analisi ambientali non hanno individuato concentrazioni rilevanti di inquinanti, assicurando quindi il rispetto degli standard ambientali, la cessazione di qualifica di rifiuto dei triturati di HDPE da soffiaggio, da stampaggio, PP e miscela di PP-PE dipende dal rispetto dei requisiti della normativa tecnica relativa alle materie plastiche da recupero. Pertanto, occorre confrontare i requisiti tecnici con i risultati delle prove commissionate al Centro Polimeri sui campioni delle quattro tipologie di materiali.

Partendo dai triturati in HDPE da soffiaggio, e HDPE da stampaggio, di cui sono state commissionate le prove in relazione ai requisiti richiesti per una materia prima secondaria in Polietilene destinata alla produzione di manufatti con la tecnica dello stampaggio, i risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle:

TRITURATO TESTATO: HDPE DA SOFFIAGGIO			
Proprietà	U.M.	Risultati	Requisiti UNI 10667: R PE per stampaggio
Contenuto di Polietilene	%	> 97	≥ 80%
Indice di fluidità	g/10 min	0,03	Dichiarabile dal produttore
Massa volumica	kg/dm ³	0,94 (Classe volumica 3)	Classe di massa volumica: 1: da 0,915 a 0,925 2: da 0,926 a 0,935 3: da 0,936 a 0,945 4: da 0,946 a 0,960
Resistenza all'urto Izod	kJ/m ²	23,4	Dichiarabile dal produttore
Cariche e contaminazioni da ceneri	%	1,008	Dichiarabile dal produttore
Dimensioni del macinato	%	> 90	Almeno il 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm
Colore		Mix di colori	Dichiarabile dal produttore
Sforzo a snervamento	N/mm ²	30,3	Non richiesto

Allungamento a snervamento	%	13	Non richiesto
Sforzo a rottura	N/mm ²	29,5	Non richiesto
Allungamento a rottura	%	19	Non richiesto
RISULTATO: Il campione denominato HDPE da soffiaggio può essere considerato una materia prima secondaria (R-PE per stampaggio)			

TRITURATO TESTATO: HDPE DA STAMPAGGIO			
Proprietà	U.M.	Risultati	Requisiti UNI 10667: R PE per stampaggio
Contenuto di Polietilene	%	> 97	≥ 80%
Indice di fluidità	g/10min	4,65	Dichiarabile dal produttore
Massa volumica	kg/dm ³	0,96 (Classe volumica 4)	Classe di massa volumica: 1: da 0,915 a 0,925 2: da 0,926 a 0,935 3: da 0,936 a 0,945 4: da 0,946 a 0,960
Resistenza all'urto Izod	kJ/m ²	6,0	Dichiarabile dal produttore
Cariche e contaminazioni da ceneri	%	0,817	Dichiarabile dal produttore
Dimensioni del macinato	%	> 90	Almeno il 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm
Colore		Mix di colori	Dichiarabile dal produttore
Sforzo a snervamento	N/mm ²	26,5	Non richiesto
Allungamento a snervamento	%	8,8	Non richiesto
Sforzo a rottura	N/mm ²	7,64	Non richiesto
Allungamento a rottura	%	53,0	Non richiesto
RISULTATO: Il campione denominato HDPE da stampaggio può essere considerato una materia prima secondaria (R-PE per stampaggio)			

Entrambi i materiali soddisfano i requisiti della parte 2 della UNI 10667 e possono essere considerati materie prime secondarie.

Si può innanzitutto notare come entrambi i triturati presentino un contenuto di Polietilene molto superiore a quello richiesto dalla norma, sintomo della buona selezione dei rifiuti da plastiche rigide e dell'efficacia del trattamento di rimozione dei metalli.

Il triturato in HDPE da soffiaggio presenta un indice di fluidità molto basso, di conseguenza, ricordando che rappresenta la capacità di fluire allo stato fuso, può non essere indicato per lo stampaggio ad iniezione se non miscelato con un polietilene con indice molto più alto. Nonostante l'indice di fluidità sia maggiore, vale lo stesso discorso anche per l'HDPE da stampaggio.

La prova sul contenuto di ceneri, che è risultato basso in ambedue i casi, evidenzia una poca presenza cariche minerali e quindi una buona qualità del triturato.

Le caratteristiche meccaniche dei rifiuti da cui hanno origine si riflettono inevitabilmente su quelle del triturato. Infatti, ricordando che i manufatti soffiati sono più elastici rispetto a quelli stampati, l'HDPE da soffiaggio presenta una resistenza all'urto, uno sforzo a snervamento e a rottura più alti rispetto all'HDPE da stampaggio che risulta quindi un materiale più rigido.

Per il triturato in Polipropilene erano state commissionate tutte le prove richieste dalla UNI 10667 parte 3, quindi per il rispetto dei requisiti relativi ad una materia prima destinata alla produzione di manufatti con la tecnica dello stampaggio ad iniezione e anche estrusione. Il rapporto di prova è riportato in questa tabella:

TRITURATO TESTATO: PP				
Proprietà	U.M.	Risultati	Requisiti UNI 10667: R PP per stampaggio a iniezione	Requisiti UNI 10667: R PP per estrusione
Contenuto di Polipropilene	%	28 (R PP caricato)	R PP non caricato: 90% min R PP caricato: dichiarabile dal produttore	R PP non caricato: 90% min R PP caricato: dichiarabile dal produttore
Indice di fluidità	g/10min	0,47	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Massa volumica	kg/dm ³	1,01 (R PP caricato)	R PP non caricato: ≤ 0,92 kg/dm ³ R PP caricato: > 0,92 kg/dm ³	R PP non caricato: ≤ 0,92 kg/dm ³ R PP caricato: > 0,92 kg/dm ³

Resistenza all'urto Izod	kJ/m ²	5,0	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Modulo elastico a flessione	N/mm ²	1101	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Modulo elastico in trazione	N/mm ²	1178	Non richiesto	Dichiarabile dal produttore
Sforzo a snervamento	N/mm ²	Non snerva	Non richiesto	Dichiarabile dal produttore
Allungamento a snervamento	%	Non snerva	Non richiesto	Non richiesto
Sforzo a rottura	N/mm ²	17,6	Non richiesto	Non richiesto
Allungamento a rottura	%	4,0	Non richiesto	Dichiarabile dal produttore
Temperatura di rammollimento Vicat	°C	70,5	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Dimensioni del macinato	%	> 90	Almeno il 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm	Almeno il 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm
Colore		Mix di colori	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
RISULTATO: Il campione denominato PP può essere considerato una materia prima secondaria (R-PP di tipo b per stampaggio ad iniezione e per estrusione)				

Il materiale soddisfa i requisiti di entrambi i prospetti previsti dalla norma e può essere considerato una materia prima secondaria con designazione R PP caricato (tipo b).

Salta subito all'occhio il dato relativo al contenuto di PP che è risultato essere il 28% e, grazie metodo scelto per il relativo test, è stato possibile determinare che la restante parte è di PE. Questo parrebbe un controsenso dato che i rifiuti di origine di questo triturato sono per la maggior parte cassette, quindi imballaggi che presentano il codice di riciclo 5. Di primo acchito si potrebbe quindi pensare ad un campione testato poco rappresentativo, ipotesi che non è da escludere, ma un'altra spiegazione può essere data proprio analizzando i requisiti richiesti dalla norma.

Come era già stato fatto notare, la norma relativa alle materie plastiche in Polipropilene da recupero è particolarmente elastica e dà la possibilità di classificare come R PP caricato anche materiali composti solo in parte da PP. E siccome le cassette sono per la maggior parte prodotte con polipropilene da recupero, su di esse è possibile trovare il

codice di riciclo 5 (Polipropilene) nonostante possano essere composte solo in parte da PP. Per cui il risultato ottenuto può essere considerato rappresentativo e fa sì che il triturato venga classificato come R PP caricato.

Classificazione in linea anche con il dato sulla massa volumica che è risultata essere superiore al valore soglia di $0,92 \text{ kg/dm}^3$ e di poco superiore a quella dell'acqua. Di conseguenza è rischioso pensare di trattare questo materiale in un impianto di lavaggio al fine di eliminare materiali residui come la polvere rimasti sulla superficie delle scaglie, questo perché è probabile che una buona parte di materiale possa affondare insieme a tutti i materiali che si desidera rimuovere con tale trattamento.

Rispetto alle considerazioni fatte sulle analisi condotte da Ecobat, in cui si era detto che un'alta massa volumica di materiali in polipropilene corrisponde ad una forte presenza di cariche minerali, si può ritenere che il contenuto di cariche di questo materiale sia circa del 15%.

Queste considerazioni spiegano anche il motivo per cui le cassette, manufatti che rappresentano la maggior parte dei rifiuti in PP trattati nella linea di S.A.Ba.R., sono costituite da materiale con una forte presenza di carica minerale: infatti, se queste sono in realtà composte in buona parte da PE, polimero meno rigido rispetto al PP, si deve inevitabilmente aggiungere talco o carbonato di calcio alla matrice polimerica per conferirne una buona stabilità dimensionale.

La maggiore rigidità di questa tipologia è confermata dal dato sull'allungamento a rottura che è minore rispetto ai casi dei triturati in HDPE.

Considerando che la fragilità rappresenta la tendenza a rompersi senza che avvengano grandi deformazioni e snervamenti, in questo caso non si è verificato lo snervamento, per cui il materiale è fragile.

Infine, per quando riguarda il triturato composto da una miscela di Polipropilene e Polietilene sono state commissionate le prove per la verifica dei requisiti previsti dalla parte 16 della norma per una materia prima secondaria a base di poliolefine. I risultati delle prove, riportati nella tabella sottostante, evidenziano che il materiale può essere considerato un R POMIX.

TRITURATO TESTATO: MISCELA DI PP-PE			
Proprietà	U.M.	Risultati	Requisiti UNI 10667: R POMIX nella forma di macinati o triturati
Contenuto di Poliolefine	%	98	≥ 85% in peso sul secco
Contenuto di altre plastiche, poliaccoppiati anche con fogli Al con spessore ≤ 50µm e altri materiali inerti di cui: materiali cellulosici, materiali metallici e alluminio (spessore > 50µm)	%	< 1	≤ 15% in peso totale sul secco
Contenuto materiali cellulosici (carta, cartone, legno)	%	< 0,1	≤ 5% in peso sul secco
Contenuto di metalli (escluso Al)	%	< 0,1	≤ 1% in peso sul secco
Contenuto di Al (spessore > 50µm)	%	< 0,1	≤ 1% in peso sul secco
Massa volumica apparente	kg/m ³	475	≥ 100 kg/m ³
Dimensioni del macinato	mm	< 30	Dimensione massima ≤ 30 mm
Forma fisica		Frammenti rigidi	Scaglia, film/foglia macinati, coriandolo rigido macinato
Trattamenti		Processi idonei per l'eliminazione dei residui	Densificazione, estrusione, lavaggio o altri processi idonei per l'eliminazione dei residui
Contenuto di umidità	%	2,56	≤ 10% in peso
Colore		Mix di colori	Dichiarabile dal produttore
RISULTATO: Il campione denominato PP-PE può essere considerato una materia prima secondaria (R-POMIX)			

La caratterizzazione rispetto alla parte 16 della norma UNI10667 non dà indicazioni sulle caratteristiche meccaniche del materiale, ma mette in evidenza che il contenuto di materiali diversi dalle poliolefine è ampiamente al di sotto dei valori limite, indice di un materiale di buona qualità.

Relativamente alla miscela di PP-PE, grazie all'elasticità della norma relativa alle materie plastiche in Polipropilene da recupero, sono state richieste le prove relative ai requisiti di tale norma, di conseguenza è stato possibile determinare anche le caratteristiche meccaniche del materiale.

I risultati classificano il materiale conforme anche ai requisiti UNI 10667 parte 3 e potrà essere designato come R PP caricato per stampaggio a iniezione o R PP caricato per estrusione.

TRITURATO TESTATO: MISCELA DI PP-PE				
Proprietà	U.M.	Risultati	Requisiti UNI 10667: R PP per stampaggio a iniezione	Requisiti UNI 10667: R PP per estrusione
Contenuto di Polipropilene	%	22 (R PP caricato)	R PP non caricato: 90% min R PP caricato: dichiarabile dal produttore	R PP non caricato: 90% min R PP caricato: dichiarabile dal produttore
Indice di fluidità	g/10min	3,22	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Massa volumica	kg/dm ³	0,94 (R PP caricato)	R PP non caricato: ≤ 0,92 kg/dm ³ R PP caricato: > 0,92 kg/dm ³	R PP non caricato: ≤ 0,92 kg/dm ³ R PP caricato: > 0,92 kg/dm ³
Resistenza all'urto Izod	kJ/m ²	12,3	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Modulo elastico a flessione	N/mm ²	988	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Modulo elastico in trazione	N/mm ²	1040	Non richiesto	Dichiarabile dal produttore
Sforzo a snervamento	N/mm ²	18,8	Non richiesto	Dichiarabile dal produttore
Allungamento a snervamento	%	8,9	Non richiesto	Non richiesto

Sforzo a rottura	N/mm ²	18,6	Non richiesto	Non richiesto
Allungamento a rottura	%	11	Non richiesto	Dichiarabile dal produttore
Temperatura di rammollimento Vicat	°C	67,2	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
Dimensioni del macinato	%	> 90	Almeno il 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm	Almeno il 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm
Colore		Mix di colori	Dichiarabile dal produttore	Dichiarabile dal produttore
RISULTATO: Il campione denominato PP-PE può essere considerato una materia prima secondaria (R-PP di tipo b per stampaggio ad iniezione e per estrusione)				

12.1 LE SCHEDE TECNICHE

In conformità a quanto previsto dalla UNI 10667 e dalle Linee Guida SNPA sono state prodotte le schede tecniche dei quattro materiali triturati classificati come MPS che dovranno essere consegnate ai clienti interessati al loro acquisto.



Scheda identificativa prodotto

R PE in HDPE da soffiaggio Triturato

Materiale conforme Norma Uniplast 10667/2:2010

- **Fornitore:** S.A.B.A.R. s.p.a
- **Prodotto:** Polietilene ad alta densità (HDPE) proveniente dalla macinazione di manufatti prodotti per soffiaggio
- **Stato fisico:** Frammenti rigidi
- **Composizione:** Polietilene ad alta densità di riciclo in forma di scaglie composto da una matrice polimerica costituita da polietilene in quantità maggiore o uguale all'80% e che può contenere un residuo di carica minerale, comunque compatibile con le lavorazioni alle quali è destinato
- **Colore:** vari colori non omogenei
- **Utilizzo:** materiale idoneo la produzione di manufatti tramite stampaggio
- **Indicazioni per il trasporto :** normale documento di trasporto (DDT)

Proprietà	Metodo	U.M.	Valori
Contenuto di polietilene	METODO INTERNO	%	> 80
Indice di fluidità	UNI EN ISO 1133	g/10 min	0.03
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	kg/dm ³	0.94 (classe volumica 3)
Resistenza all'urto Izod	UNI EN ISO 180	kJ/m ²	23.4
Cariche e contaminazioni da ceneri	UNI EN ISO 3451	%	1.008
Dimensioni del macinato	UNI EN ISO 565	Almeno 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm	

CARATTERIZZAZIONI AGGIUNTIVE (non previste dalla norma UNI 10667/2:2010)

Proprietà	Metodo	U.M.	Valori
Sforzo a snervamento	UNI EN ISO 527	N/mm ²	30.3
Allungamento a snervamento	UNI EN ISO 527	%	13
Sforzo a rottura	UNI EN ISO 527	N/mm ²	29.5
Allungamento a rottura	UNI EN ISO 527	%	19



Scheda identificativa prodotto

R PE in HDPE da stampaggio Triturato

Materiale conforme Norma Uniplast 10667/2:2010

- **Fornitore:** S.A.B.A.R. s.p.a
- **Prodotto:** Polietilene ad alta densità (HDPE) proveniente dalla macinazione di manufatti prodotti per stampaggio
- **Stato fisico:** Frammenti rigidi
- **Composizione:** Polietilene ad alta densità di riciclo in forma di scaglie composto da una matrice polimerica costituita da polietilene in quantità maggiore o uguale all'80% e che può contenere un residuo di carica minerale, comunque compatibile con le lavorazioni alle quali è destinato
- **Colore:** vari colori non omogenei
- **Utilizzo:** materiale idoneo per la produzione di manufatti tramite stampaggio
- **Indicazioni per il trasporto :** normale documento di trasporto (DDT)

Proprietà	Metodo	U.M.	Valori
Contenuto di polietilene	METODO INTERNO	%	> 80
Indice di fluidità	UNI EN ISO 1133	g/10 min	0.03
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	kg/dm ³	0.94 (classe volumica 4)
Resistenza all'urto Izod	UNI EN ISO 180	kJ/m ²	6.0
Cariche e contaminazioni da ceneri	UNI EN ISO 3451	%	0.817
Dimensioni del macinato	UNI EN ISO 565	Almeno 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm	

CARATTERIZZAZIONI AGGIUNTIVE (non previste dalla norma UNI 10667/2:2010)

Proprietà	Metodo	U.M.	Valori
Sforzo a snervamento	UNI EN ISO 527	N/mm ²	26.5
Allungamento a snervamento	UNI EN ISO 527	%	8.8
Sforzo a rottura	UNI EN ISO 527	N/mm ²	7.64
Allungamento a rottura	UNI EN ISO 527	%	53.0



Scheda identificativa prodotto

R PP Triturato

Materiale conforme Norma Uniplast 10667/3:2011

- **Fornitore:** S.A.BA.R. s.p.a
- **Prodotto:** Polipropilene (PP) proveniente dalla macinazione di manufatti.
- **Stato fisico:** Frammenti rigidi
- **Composizione:** Polipropilene di riciclo di tipo b in forma di scaglie composto da una matrice polimerica costituita dal propilene nella quantità indicata dal rapporto di prova e che può contenere un residuo di carica minerale, comunque compatibile con le lavorazioni alle quali è destinato
- **Colore:** vari colori non omogenei
- **Utilizzo:** materiale idoneo per la produzione di manufatti tramite estrusione e stampaggio ad iniezione
- **Indicazioni per il trasporto :** normale documento di trasporto (DDT)

Proprietà	Metodo	U.M.	Valori
Contenuto di polipropilene	METODO INTERNO	%	28
Indice di fluidità	UNI EN ISO 1133	g/10 min	0.47
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	kg/dm ³	1.01
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306	C°	70.5
Resistenza all'urto Izod	UNI EN ISO 180	kJ/m ²	5.0
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 178	N/mm ²	1101
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527	N/mm ²	1178
Sforzo a rottura	UNI EN ISO 527	N/mm ²	17.6
Allungamento a rottura	UNI EN ISO 527	%	4.0
Sforzo a snervamento	UNI EN ISO 527	non snerva	
Allungamento a snervamento	UNI EN ISO 527	non snerva	
Dimensioni del macinato	UNI EN ISO 565	Almeno 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm	



Scheda identificativa prodotto

R-POMIX in PP-PE Triturato

Materiale conforme Norma Uniplast 10667/16:2015

- **Fornitore:** S.A.BA.R. s.p.a
- **Prodotto:** Poliolefine (PP,PE) proveniente dalla macinazione di manufatti. Non contiene plastiche diverse e/o impurità in quantità e qualità tali da compromettere le caratteristiche di lavorabilità
- **Stato fisico:** Frammenti rigidi
- **Composizione:** Poliolefine di riciclo in forma di scaglie composto da una matrice polimerica costituita da poliolefine in quantità maggiore o uguale all'85% e che può contenere un residuo di carica minerale, comunque compatibile con le lavorazioni alle quali è destinato
- **Colore:** vari colori non omogenei
- **Utilizzo:** materiale idoneo per la produzione di manufatti tramite estrusione, stampaggio e/o altre tecnologie di trasformazione
- **Indicazioni per il trasporto :** normale documento di trasporto (DDT)

Proprietà	Metodo	U.M.	Valori
Contenuto di poliolefine	METODO INTERNO	%	≥ 85
Contenuto di altre plastiche, poliaccoppiati anche con fogli Al con spessore ≤ 50µm e altri materiali inerti di cui: materiali cellulosici, materiali metallici e alluminio (spessore > 50µm)	UNI EN ISO 1133	%	≤ 15
Contenuto materiali cellulosici (carta, cartone, legno)	UNI EN ISO 1133	%	≤ 5
Contenuto di metalli (escluso Al)	UNI EN ISO 1133	%	≤ 1
Contenuto di Al (spessore > 50µm)	UNI EN ISO 1133	%	≤ 1
Massa volumica apparente	UNI EN ISO 61	kg/m ³	≥ 100
Dimensioni del macinato	Vagliatura a mano	mm	≤ 30
Contenuto di umidità	UNI 10667-16	%	≤ 10

Per la miscela triturrata di PP-PE si è scelto di produrre la scheda tecnica relativamente alla sola norma UNI 10667 parte 16 e di allegare, come caratterizzazioni aggiuntive, i requisiti del materiale in riferimento alla norma UNI 10667 parte 3.

CARATTERIZZAZIONI AGGIUNTIVE (non previste dalla norma UNI 10667/16:2015)

Proprietà	Metodo	U.M.	Valori
Indice di fluidità	UNI EN ISO 1133	g/10 min	3.22
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	kg/dm ³	0.94
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306	C°	67.2
Resistenza all'urto Izod	UNI EN ISO 180	kJ/m ²	12.3
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 178	N/mm ²	988
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527	N/mm ²	1040
Sforzo a rottura	UNI EN ISO 527	N/mm ²	18.6
Allungamento a rottura	UNI EN ISO 527	%	11
Sforzo a snervamento	UNI EN ISO 527	N/mm ²	18.8
Allungamento a snervamento	UNI EN ISO 527	%	8.9
Dimensioni del macinato	UNI EN ISO 565	Almeno 90% di particelle con dimensioni ≤ 16mm	

13 CONCLUSIONI

Lo scopo di questa tesi è stato studiare come raggiungere l'End of Waste dei materiali triturati, depolverati e deferrizzati nella linea di trattamento R12 di S.A.BA.R. derivanti da rifiuti in plastica rigida, nello specifico in Polipropilene (PP) e Polietilene ad alta densità (HDPE). In questo modo il trattamento R12 (attività preliminari al riciclo/recupero di un rifiuto) verrà classificato come R3, cioè un'attività di riciclo di plastiche rigide.

Il punto di partenza è stata l'analisi della normativa in tema End of Waste plastica, il cui riferimento principale è l'articolo 184-ter del testo unico ambientale, il Decreto Legislativo 152 del 2006, in cui si trovano le cinque condizioni che deve rispettare contemporaneamente un rifiuto per diventare una materia prima secondaria.

Per i rifiuti in plastica non esistono regolamenti comunitari o decreti nazionali che definiscono criteri specifici relativi all'End of Waste, di conseguenza secondo l'articolo 184, è necessario seguire i criteri sulla base dei quali vengono rilasciate le autorizzazioni alle operazioni di recupero. Criteri che vengono descritti, sulla base dell'articolo 184, nelle linee guida SNPA per i controlli a campione che l'ISPRA e le ARPA devono condurre per il rilascio delle autorizzazioni.

Il risultato di questa analisi ha messo alla luce i requisiti che devono essere rispettati dall'impianto che produce un prodotto End of Waste e quelli che devono essere rispettati dal materiale per essere classificato come End of Waste.

I requisiti richiesti sono stati confrontati con il caso S.A.BA.R. e dal confronto è emersa la necessità del materiale triturato di rispettare gli standard della tecnica relative alle plastiche da recupero (UNI 10667) e gli standard ambientali, al fine di soddisfare le condizioni "La sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti" e "L'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana" previste nell'articolo 184-ter.

Di conseguenza sono state commissionate delle analisi sui materiali triturati in PP, HDPE da soffiaggio, HDPE da stampaggio e miscela di PP-PE.

I risultati delle analisi ambientali hanno dimostrato l'assenza di concentrazioni di sostanze tali da classificare pericolosi i quattro triturati plastiche rigide come pericolosi che quindi rispettano gli standard ambientali.

Anche i risultati delle analisi relativi al rispetto dei requisiti previsti dalla UNI 10667 sono andati a buon fine, pertanto è possibile classificare tutti e quattro i materiali triturati come materie prime secondarie, anche se è stato necessario fare alcune considerazioni in merito al triturato in PP, in quanto il contenuto effettivo di PP è risultato essere particolarmente basso. Questo può essere dovuto ad un campione analizzato poco rappresentativo o, più probabilmente all'elasticità della norma tecnica per le materie plastiche in polipropilene da recupero in quanto dà la possibilità di classificare come Polipropilene riciclato caricato anche materiali composti solo in parte da PP. E siccome i rifiuti da cui deriva questo prodotto sono per la maggior parte cassette in PP riciclato, è probabile che siano composte da una bassa percentuale di PP.

A seguito di questo studio e del mio tirocinio gran parte delle quattro tipologie di triturati viene già venduta come materia prima secondaria secondo i criteri del Decreto Ministeriale del 5 febbraio 1998 poiché, siccome per la plastica non esistono regolamenti comunitari o decreti nazionali che definiscono criteri dettagliati per l'End of Waste, tale decreto continua a trovare applicazione in accordo con la disposizione transitoria descritta nell'articolo 184-ter. I criteri semplificati stabiliscono che una materia prima secondaria deve essere conforme alla normativa tecnica e non deve presentare caratteristiche di pericolo superiori a quelle dei prodotti ottenuti da materie prime vergini.

Inoltre, sempre in riferimento al DM 5 febbraio 1998, è stata presentata un'integrazione volontaria all'autorizzazione unica di S.A.BA.R., già autorizzata all'operazione R3 plastica pur non avendola mai messa in atto, in cui si comunica che si incomincerà ad effettuare questa operazione.

Lo stesso materiale da rifiuto è passato ad essere un End of Waste senza modifiche o aggiunte di trattamenti a quelli già presenti nella linea di S.A.BA.R., quindi necessita sicuramente di ulteriori lavorazioni per essere introdotto effettivamente all'inizio del ciclo produttivo di un manufatto in plastica. La qualità del materiale è rimasta la stessa e di conseguenza anche il valore economico.

Ma avere ottenuto la cessazione di qualifica di rifiuto rappresenta comunque un vantaggio economico perché ora il materiale può essere venduto a chiunque, non per forza ad aziende autorizzate al trattamento di rifiuti. Il mercato si è ampliato e si può vendere ad esempio anche alle aziende che producono granuli in plastica vergine che hanno l'obiettivo di miscelare il polimero vergine con una parte di plastica da riciclo.

Inoltre, non tutte le aziende che producono granuli di plastica riciclata, e che quindi effettuano l'effettivo riciclo, sono autorizzate a trattare un rifiuto con codice EER 191204, vendendo una materia prima secondaria si rimuove anche questo vincolo.

14 SVILUPPI FUTURI

Una volta arrivati all'End of Waste, gli obiettivi futuri sono sicuramente quello di aumentare la qualità del materiale e di tenere monitorata quella attuale.

Si dovrà sicuramente prevedere un piano di controllo con un laboratorio accreditato in modo tale da tenere monitorate le caratteristiche delle quattro tipologie di materiali in relazione ai requisiti richiesti dalla UNI 10667 per le materie plastiche da recupero. Questo consente di essere sicuri che i requisiti continuino ad essere rispettati.

Inoltre, la norma prevede che i valori dichiarabili dal produttore dell'MPS possano variare ma entro definiti scostamenti percentuali dal valore dichiarato. Quindi il piano di controllo è necessario anche per definire un corretto valore da dichiarare nella scheda tecnica del prodotto.

Infine, consentirebbe di spiegare in modo certo il basso contenuto percentuale di polipropilene nel triturato di polipropilene, capendo quindi se si tratta di un risultato attendibile o se la prima analisi è stata effettuata su un campione poco rappresentativo.

È stato detto che attualmente triturati vengono commercializzati e prodotti come MPS ai sensi del DM 5 febbraio 1998, quindi senza far riferimento alle linee guida SNPA. Resta quindi la possibilità di presentare un'ulteriore integrazione all'autorizzazione delle operazioni di recupero R3 di plastiche rigide ai sensi delle Linee Guida SNPA per i controlli ai fini del rilascio delle autorizzazioni. Pertanto, si dovrà allegare un protocollo di gestione delle operazioni di recupero R3 per la produzione di triturato in plastiche rigide atte a garantire il rispetto dei criteri di cessazione della qualifica di rifiuto e la conformità dei prodotti End of Waste.

Questo protocollo ha lo scopo di inquadrare la produzione di plastica rigida End of Waste ai sensi delle Linee Guida SNPA e si dovrà descrivere in che modo i triturati EoW soddisfano i requisiti stabiliti dall'articolo 184-ter del D.Lgs. 152/06. Si dovranno includere i dettagli delle operazioni di recupero, il rispetto dei criteri di qualità del prodotto e dei requisiti del sistema di gestione indicando le procedure di accettazione del rifiuto, di verifica dei parametri di processo e di conformità dei prodotti ottenuti.

Tutto questo in attesa che venga pubblicato un regolamento europeo che definisca criteri uniformi sulla cessazione della qualifica di rifiuto per i rifiuti in plastica, il quale è previsto entro marzo 2024.

Per quanto riguarda la qualità dei quattro End of Waste triturati essa deve essere compatibile con le successive lavorazioni che hanno come obiettivo principale la produzione del granulo di plastica riciclata. Così com'è il materiale darebbe sicuramente problemi durante il processo di estrusione antecedente a quella di produzione del granulo. In questa fase la plastica deve essere priva quasi totalmente di frazioni estranee e attualmente i prodotti in esame non hanno una qualità così elevata. I rifiuti in plastica rigida da cui provengono i triturati subiscono una selezione manuale e, essendo ancora intatti, possono contenere frazioni estranee come legno carta o resti dei liquidi contenuti, poi subiscono la triturazione e i processi di depolverazione e rimozione dei metalli. Quindi il prodotto in uscita contiene inevitabilmente una parte di frazioni estranee. Inoltre, anche solo guardando le scaglie prodotte, è possibile notare che contengono ancora una buona parte di polvere. Per aumentare la qualità degli MPS triturati è necessario quindi eliminare il più possibile le frazioni estranee residue.

Una prima modifica dell'impianto può essere quella di aumentare l'efficienza del sistema di depolverazione, attuabile senza stravolgere particolarmente il layout attuale.

Successivamente si possono prevedere delle modifiche sostanziali atte all'aggiunta di nuove componenti.

A questo proposito S.A.BA.R. ha presentato un progetto al bando del PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) per la realizzazione di un nuovo impianto di trattamento e riciclo dei rifiuti urbani provenienti dalla raccolta differenziata.

Il PNRR dà l'opportunità di accedere a fondi dell'unione europea per favorire la ripresa economica dopo la crisi determinata dalla pandemia puntando sulla digitalizzazione, la transizione ecologica l'inclusione sociale.

Il progetto presentato da S.A.BA.R. prevede investimento iniziale di circa 12 milioni di euro a fronte di contributo del PNRR di oltre 10 milioni di euro e consiste nella realizzazione di impianto integrato e strutturato per la selezione e valorizzazione dei rifiuti ingombranti post consumo e successivo trattamento, in particolare di plastiche rigide e pneumatici fuori uso. È quindi prevista una linea dedicata alle plastiche rigide composta da una zona di selezione automatizzata che controlla la qualità dei materiali in

ingresso, una triturazione grossolana e una fine del materiale che poi viene inviato ad impianto di lavaggio.

Da questa trattazione è però emerso che il triturato in PP potrebbe essere difficilmente compatibile con una vasca di lavaggio a causa dell'alta densità del materiale e, considerando la prova condotta da Ecobat, anche la miscela in PP-PE potrebbe dare problemi se sottoposta ad un trattamento di lavaggio in quanto la perdita di materiale è risultata essere rilevante (12,5%).

Pertanto, la linea di lavaggio andrebbe accuratamente dimensionata definendo parametri di trattamento specifici per le caratteristiche delle quattro tipologie di materiali.

In alternativa, si potrebbe valutare di sostituire l'impianto di lavaggio con una centrifuga a secco, macchina in cui le scaglie vengono fatte sbattere l'una contro l'altra in modo da rimuovere la polvere e altri residui superficiali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dichiarazione ambientale 2021 S.A.BA.R. S.p.A. e servizi S.r.l.
- [2] Slide di formazione sui rifiuti di Riccardo Spaggiari, responsabile HSE di S.A.Ba.R
- [3] Slide Corso di Progettazione e Pianificazione sostenibile dell'Ing. Vittorio Ronco
- [4] REGOLAMENTO (UE) N. 1357/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 dicembre 2014
- [5] GREENNOVATION PODCAST di Mattia Carpaneda
- [6] ISWA REPORT 2015
- [7] The World Bank, 'Solid Waste Management', 11 febbraio 2022
- [8] The World Bank, 'Trends in Solid Waste Management'
- [9] Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 'Produzione rifiuti in aumento nella Ue, meno discarica e più riciclo, dati Eurostat', 14 febbraio 2022
- [10] EUROSTAT, Municipal waste statistics
- [11] ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani Edizione 2021
- [12] Rifiuti urbani: in Italia cresce la raccolta differenziata e si producono meno scarti di Antonio Massariolo, 14 febbraio 2022
- [13] https://it.wikipedia.org/wiki/Materie_plastiche
- [14] LA PLASTICA, presentazione della prof.ssa D'imporziano
- [15] Produzione e Recupero-Riciclo – LE MATERIE PLASTICHE, presentazione di Alberto Simboli
- [16] Plastics Europe, 'Plastics – the Facts 2021', 2022
- [17] Plastics Europe, 'Plastics – the Facts 2020', 2021
- [18] Parlamento Europeo, 'Rifiuti di plastica e riciclaggio nell'UE: i numeri e i fatti', 19 dicembre 2018
- [19] OECD, 'Global Plastic Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options, 2022
- [20] ECCO, rapporto tecnico 'La plastica in Italia: vizio o virtù?', Aprile 2022
- [21] 'Analisi del sistema di produzione e riciclo delle plastiche nel nord Italia, per la ricerca di soluzioni applicabili al Plasmix e alle plastiche eterogenee contenute al suo interno', tesi di Francesco Quaglia, 2022

- [22] ‘Progetto di sensibilizzazione “La gestione dei rifiuti”’, seminario e slide del Dott. Magnante
- [23] International Solid Waste Association, report del 2015
- [24] CONAI, ‘Linee guida per la facilitazione delle attività di riciclo degli imballaggi in materiale plastico’, 2020
- [25] Fondazione per lo sviluppo sostenibile, ‘L’Italia del riciclo 2021’
- [26] Certifico.com, ‘Decreti e regolamenti End of Waste (EoW)’, 17 Marzo 2022
- [27] Articolo 184 ter del Codice dell'ambiente (D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152), ‘Cessazione della qualifica di rifiuto’
- [28] Articolo 6 della Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008, ‘Cessazione della qualifica di rifiuto’
- [29] Tuttoambiente.it, ‘End of Waste: facciamo il punto’, Stefano Maglia, giugno 2022
- [30] Rinnovabili.it, ‘Recupero di rifiuti ed End of Waste, la normativa di settore’, 14 febbraio 2022
- [31] “Linee Guida per l’applicazione della disciplina End of Waste di cui all’art.184 ter comma 3 ter del d.lgs. 152/2006”. Revisione Gennaio 2022 - Delibera del Consiglio SNPA Seduta del 23.02.2022. Doc. n. 156/22 - Linee Guida SNPA 41/22.
- [32] Slide Corso Tecnologie degli Impianti di Trattamento dei Rifiuti del Prof. Adelmo Benassi
- [33] Manuale istruzioni d’uso e manutenzione del Trituratore monoalbero C.M.G. modello TRM1500
- [34] Manuale istruzioni d’uso e manutenzione del granulatore C.M.G. serie N60
- [35] Manuale complessivo impianto di depolverazione e separazione metalli, C.M.G.
- [36] UNI 10667-1:2017 - Materie plastiche prime-secondarie - Parte 1: Generalità su materie plastiche prime secondarie e sottoprodotti di materie plastiche
- [37] UNI 10667-2:2010 - Materie plastiche prime-secondarie - Polietilene destinato ad impieghi diversi, proveniente dal riciclo di residui industriali e/o materiali da pre e/o post consumo - Parte 2: Requisiti e metodi di prova
- [38] UNI 10667-3:2011 - Materie plastiche prime-secondarie - Polipropilene destinato ad impieghi diversi, proveniente dal riciclo di residui industriali e/o materiali da pre e/o post-consumo - Parte 3: Requisiti e metodi di prova

[39] UNI 10667-16:2015 - Materie plastiche prime-secondarie - Miscele di materie plastiche eterogenee a base di poliolefine provenienti da residui industriali e/o da materiali da post-consumo destinate a diverse tecnologie di trasformazione - Parte 16: Requisiti e metodi di prova

RINGRAZIAMENTI