



FASE 3– OR3: Sviluppo del processo di trattamento ottimale

A seguito del completamento, durante la Fase 1, della review di letteratura e delle condizioni tecnico-normative inerenti all'attività oggetto di sperimentazione e della Fase 2, in cui sono state determinate le caratteristiche delle diverse tipologie di Plasmix prodotte da Selectika e la loro compatibilità con la norma UNI al fine di essere sottoposte ad un processo di affinamento meccanico per produrre un mix di poliolefine, nella Fase 3 sono state effettuate sia attività sperimentali in impianto Selectika che simulazioni utili alla progettazione di un futuro impianto di trattamento.

Sono state, infatti, considerate, sulla base della tipologia di plastiche di scarto più idonee da trattare, le fasi principali di un ipotetico trattamento di raffinazione del plasmix, costituito da una serie di operazioni unitarie (macinazione primaria, separatore aeraulico, selettori ottici, triturazione secondaria e vagliatura): l'operazione più critica in termini di recupero di poliolefine (selettori ottici) è stata testata sull'impianto reale su diversi miscele test di Plasmix per determinare le curve sperimentali di separazione. I dati sono stati utilizzati per simulare un trattamento industriale su miscele di plasmix finalizzato alla produzione di poliolefine.

FASE 3 - Caratteristiche Iniziali del Plasmix da Trattare e Caratteristiche Finali dei Prodotti da Utilizzare in Altoforno

Questo capitolo analizza le caratteristiche merceologiche del Plasmix derivante dall'impianto Selectika e definisce i requisiti per i prodotti finali destinati all'uso in altoforno come sostituti del carbone.

Il Plasmix è il residuo della selezione di plastiche da rifiuti differenziati (RD). Dall'analisi della Fase 2 del progetto, emergono quattro flussi principali nell'impianto Selectika: Plasmix Fine, Ingombrante, 2D e 3D.

- Plasmix Fine: Contiene oltre il 50% di poliolefine (PP+PE), ma rappresenta solo il 5-10% dei flussi totali. È fine (vagliatura 65-20 mm), rendendo complessa la selezione ottica.
- Plasmix Ingombrante: Ricco in poliolefine (35% PP + 18% HDPE), ma solo 5-7% del totale. Richiede pre-triturazione (fino a 300 mm).
- Plasmix 2D: 12-17% del totale, ma basso contenuto di poliolefine (22%) e PCI <30 MJ/kg, non idoneo.
- Plasmix 3D: 14-20% del totale, con 50% poliolefine; il flusso più significativo per recupero.



Le miscele ottimali per test sono:

- Mix 1 (Plasmix 3D + Ingombrante).
- Mix 2 (Plasmix 3D + Fine)

Durante le sperimentazioni, il Mix 1 ha mostrato le seguenti composizioni medie: 32.47% film, 17.24% PP, 11.44% PET, ecc., con tenore MPO (Mix Poliolefine) al 61%.

Gli MPO sono i polimeri ideali per utilizzo in altoforno, per alto PCI (40-45 MJ/kg) e basso cloro. Le esperienze industriali hanno indicato i seguenti aspetti chiave per l'utilizzo di plastiche nell'iniezione in altoforno come agente riducente ausiliario, con tasso di utilizzo massimo di plastiche di 70 kg/tHM, con contestuale riduzione del polverino di carbone in ragione del maggior poter calorifico della miscela di plastiche utilizzate:

- pre-trattamento per eliminazione PET e massimizzazione della presenza di poliolefine (PE/PP);
- trattamento per eliminazione cloro (o mediante eliminazione PVC al di sotto del 2% in peso o mediante processi di estrusione oltre i 250 °C che favoriscono l'eliminazione di cloro come HCl);
- produzione di pellet dopo la selezione dei polimeri di interesse e successivi trattamenti (es. polverizzazione in granuli dopo produzione di pellet con cicli termici di riscaldamento/raffreddamento).

Nel seguente paragrafo si definiscono le sezioni di trattamento (ovvero Operazioni Unitarie di trattamento) cui il Plasmix può essere sottoposto per migliorarne le caratteristiche al fine di renderle maggiormente aderenti all'utilizzabilità tecnica come SRA.

FASE 3- Descrizione delle Operazioni Unitarie di trattamento e relative rese di processo

Nel presente paragrafo si farà un approfondimento sia sulle caratteristiche meccaniche/tecnologiche delle sezioni tecnologiche da utilizzare in un impianto di trattamento del plasmix, sia sulle efficienze di separazioni delle singole sezioni.

La sezione di ricezione e pretrattamenti è comune a tutte le tipologie di impianti trattamenti rifiuti ed è costituita da una zona di scarico/carico ed una prima sezione di apertura balle rifiuti/macinazione primaria. L'impianto accoglie il PLASMIX, consegnato tramite camion nella zona di ricezione dimensionata sulla base del fabbisogno di accettazione di qualche giorno. Il trituratore



primario apre le balle di plasmix in arrivo ed omogeneizza i rifiuti, dando all'apparecchiatura anche la funzione di dosatore per le sezioni impiantistiche successive.

E' molto comune l'utilizzo di un vaglio nelle sezioni successive al trituratore primario. È il macchinario successivo al trituratore ed è qui che inizia l'effettiva suddivisione del materiale in differenti dimensioni. Esso è costituito da un cilindro ruotante (tamburo), all'interno del quale sono presenti dei fori di dimensioni differenti: nella parte iniziale del vaglio i fori sono di piccole dimensioni mentre, procedendo verso la parte finale del vaglio, il diametro dei fori diventa di dimensioni sempre maggiori. Ciò permette una separazione per dimensione e, di conseguenza, il rifiuto entrante nel vaglio viene suddiviso in 2 flussi distinti:

- il materiale di grandezza superiore ad un diametro di taglio (determinato in base alla merceologia del materiale) mm costituisce uno scarto di processo;
- la parte di grandezza minore inferiore al diametro di taglio costituito principalmente da materiale tridimensionale (bottiglie, contenitori) e materiale bidimensionale (film plastici, carta, tessuti), viene inviato nella sua totalità al separatore balistico.

L'incremento della grandezza dei diametri dei fori permette un'adeguata distribuzione del rifiuto sui nastri mentre, nella parte esterna del tamburo, ogni foro comprende un prolungamento che costituisce una specie di imbuto con lo scopo di evitare che il materiale già suddiviso rientri nel vaglio attraverso i fori successivi. Inoltre, all'interno del tamburo, sono presenti dei deflettori che rompono le eventuali trecce di materiale e sciolgono i diversi agglomerati formatisi.

La separazione balistica è una delle operazioni di pretrattamento a cui sono sottoposti i rifiuti prima di essere avviati alla selezione vera e propria; essa consiste nella separazione dei diversi materiali in base alla loro forma e al loro peso. In esso infatti sono combinati due effetti:

- quello della vagliatura balistica, che sfrutta la differenza di densità, elasticità e forma dei materiali;
- quello della vagliatura a soffiatura e vagliatura ad aspirazione, che utilizza le caratteristiche gravimetriche per operare la suddivisione dei materiali.

Più precisamente, il materiale viene posizionato su di una tramoggia per la separazione e vagliato su paddle (ossia piccole palette) formati da speciali profili in acciaio. Grazie all'utilizzo combinato di due sistemi di separazione e alla regolazione dell'inclinazione dei paddle, si raggiunge un ottimo livello di separazione dei materiali ed un'elevata qualità delle frazioni separate. In uscita dal macchinario si ritrovano tre flussi distinti:



- flusso di materiali 3D rotolanti e pesanti (bottiglie, lattine, etc.), condotti alla zona di separazione plastiche nella linea 3D;
- flusso di materiali 2D piatti e leggeri (film, carta, cartone, materiali tessili e fibrosi), condotti alla zona di separazione plastiche nella linea 2D;
- flusso di materiali fini vagliati (materiali selezionati a seconda della granulometria), raccolti sul fondo del Separatore Balistico.

In uno schema semplificato, il balistico può essere modellato come un ripartitore a 2 flussi:

- flusso 3D che costituisce l'uscita da sottoporre alle successive fasi di separazione ottica con i NIR.
- flusso 2D di film e fini: poiché il quantitativo di fini prodotti durante la separazione balistica sono trascurabili rispetto alla dimensione della vagliatura, è possibile effettuare la semplificazione di ripartizione in 2 flussi che semplifica il modello di simulazione.

I separatori ottici o NIR (Near Infrared Spectroscopy) sono il cuore del trattamento di ogni impianto di selezione delle plastiche. Sono costituiti da un sensore infrarosso che scansiona l'intera larghezza del nastro trasportatore e invia gli spettri dei differenti materiali analizzati ad un processore; i segnali vengono quindi confrontati con un database ed i risultati sono riportati in un tempo molto breve (frazioni di secondo). Se il materiale in esame viene riconosciuto come materiale da separare, il processore invia un segnale ad un compressore d'aria che sparerà un flusso di aria compressa sull'oggetto e che sarà quindi separato dal resto del flusso.

Nell'impianti più complessi ci sono separatori dedicati alla selezione del materiale bidimensionale (FIL/S in PE e PP) ed alla selezione del flusso tridimensionale in base al polimero e in base al colore di cui sono costituiti gli oggetti (PET INCOLORE, AZZURRATO e COLORATO, HDPE, PP):

- l'esito del balistico, costituito da frazioni plastiche 2D, viene inviato a separatori NIR che operano "in positivo", ovvero sottraggono gli imballaggi bidimensionali target dal resto, che viene considerato scarto;
- analogamente, l'output del balistico (plastica 3D) viene selezionata dai NIR in base al polimero ed al colore.

In letteratura sono state studiati negli ultimi anni le efficienze di separazione dei vari stadi di trattamento per la selezione delle plastiche, da ciascuna unità di trattamento, dai vagli al separatore balistico, ai NIR. I dati sono spesso frammentari e riguardano singole applicazioni sperimentali con una scarsa caratterizzazione dei materiali in ingresso ed in uscita dalle sezioni di trattamento. I dati raccolti sono stati analizzati in termini di rese per tipo di imballaggio e per



polimero relative alle singole macchine coinvolte nei processi di selezione; inoltre, i dati disponibili sono stati suddivisi e valutati rispetto alla sezione di vagliatura, di separazione aerea, di separazione balistica e di selezione ottica. Proprio perché la selezione ottica è la parte centrale del processo di selezione ed è fortemente dipendente dalle tipologie e granulometrie dei polimeri presenti, nel Progetto sperimentale sono stati condotti dei test sperimentali su scala industriale su parti dell'impianto Selectika.

Di seguito si analizzano gli elementi tecnici essenziali relativi alle rese delle Operazioni Unitarie considerate, sia utilizzando i più recenti dati di letteratura, che i risultati dei test sperimentali.

Vagliatura preliminare

La vagliatura è una fase consolidata negli impianti di selezione delle plastiche da imballaggio e ha lo scopo principale di separare, da un lato, il materiale troppo grossolano (in particolare i film di grandi dimensioni) e, dall'altro, le frazioni fini non idonee alla cernita ottica o manuale. Le aperture dei vagli variano tra impianti, ma negli esempi analizzati nello studio sono comprese tra 220/250 mm e 50/65 mm.

Un limite rilevante nell'interpretazione dei risultati sperimentali deriva dal fatto che molte prove sono state condotte su materiale pressato: la deformazione permanente degli imballaggi durante la pressatura altera la distribuzione granulometrica reale e influisce quindi sulle rese di vagliatura osservate.

I risultati mostrano che la maggior parte dei polimeri e delle tipologie di imballaggio tende a concentrarsi nelle frazioni di dimensione intermedia, mentre le frazioni grossolane e fini risultano meno rappresentative. Questo comportamento è funzionale all'efficienza dell'impianto, poiché l'arricchimento delle classi dimensionali intermedie favorisce i successivi processi di separazione a valle. Fa eccezione la frazione film, che, soprattutto nelle dimensioni maggiori, viene intercettata come flusso specifico.

Dal punto di vista metodologico, è importante evidenziare che la resa è riferita alle frazioni di sottovaglio, mentre il sopravaglio è considerato scarto, aspetto cruciale per la corretta impostazione delle matrici di separazione utilizzate nelle analisi di processo.

Separazione balistica

I separatori balistici concentrano con successo gli imballaggi rigidi (3D) sottraendoli dai flussi di plastiche miste. Tali separatori, quindi, sono uno strumento efficace per ridurre il contenuto di film

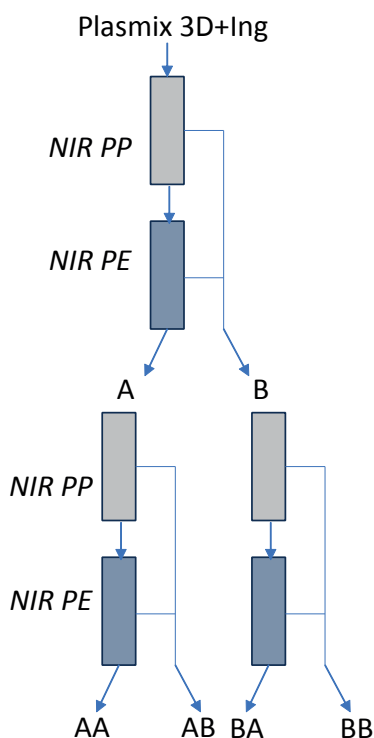


negli stadi di separazione a valle nell'impianto complessivo, senza causare perdita di materiale di valore (PET 3D o altri tipi di contenitori per liquidi). La differenza tra la resa degli oggetti rigidi (bottiglie) e film non è maggiore del 25% in valore assoluto, per cui è ragionevole che si trovi ancora della frazione film nell'uscita del balistico. E' importante notare che la resa si riferisce alle specifiche frazioni nel 3D: l'output è rappresentato dalle frazioni 3D e lo scarto è il materiale ricco in film.

Rese sperimentali in Selectika dei processi di selezione ottica (NIR) – PP+PE

I sistemi di separazione presenti nell'impianto di Selectika, ordinariamente utilizzati all'interno del processo di selezione imballaggi plastici di Selectika, sono stati testati per valutare la capacità di lavorazione del plasmix di scarto, con specifico riferimento alla frazione maggiormente degna di valorizzazione, ovvero il Mix 1 (Plasmix 3D+ING).

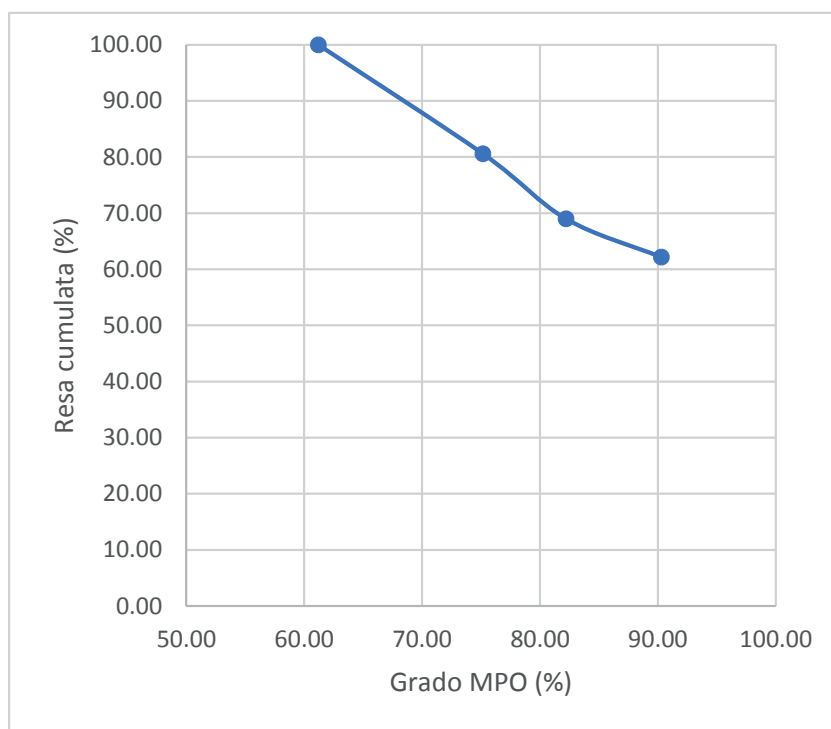
Innanzitutto, è stato confezionato un campione di 100 kg di Mix 1. La percentuale in massa di plastiche poliolefiniche di partenza è pari al 61% in massa del campione. L'obiettivo dei test di separazione è quello di verificare la capacità di arricchimento di poliolefine a seguito di un processo di separazione selettivo, in serie, mediante due lettori ottici per PE e per PP. I test di separazione sono stati effettuati in maniera sequenziale, secondo lo schema di sotto riportato.





Schema di lavoro nella fase sperimentale

Il campione iniziale da 100 kg (Plasmix 3D+ING) è stato quindi sottoposto ad un primo processo di separazione, producendo un prodotto ricco in poliolefine (A) ed uno scarto (B). Sia il flusso A che il flusso B sono stati sottoposti ad un ulteriore passaggio di separazione, fino a produrre i campioni AA (teoricamente quello che maggior contenuto di poliolefine), AB, BA e BB (campione con il contenuto minimo). Raggruppando in modo cumulato i dati delle 4 frazioni ottenute dai test sperimentali, si calcolano i dati di resa cumulata (Yield) e di tenore di poliolefine. Da questi dati si possono poi costruire le curve grade-recovery, riportando sull'asse delle ascisse il tenore di poliolefine e sull'asse delle ordinate la resa massica. Il 100% della resa massica corrisponde al prodotto iniziale, con tenore di MPO pari al 61%. Aumentando il tenore di poliolefine richiesto in uscita, naturalmente la resa massica diminuisce: per ottenere un prodotto al 75% di MPO avrò una resa massica del 80%, mentre per ottenere un prodotto al 82% di MPO, si avrà una resa massica del 69%. I dati sono riportati nella curva (denominata grade-recovery, di ampio uso nell'ingegneria mineraria per determinare le rese e purezze dei metalli ricavati dai minerali e recentemente utilizzata anche nei processi di urban mining).



Curva grade-recovery per il recupero di MPO dal Plasmix MIX 1



I punti di lavoro sulla curva grade-recovery del processo di separazione in serie PP+PE effettuato sull'impianto Selectika, sono coerenti ed anzi meglio performanti dei risultati riportati in letteratura. A fronte, infatti, di una resa di separazione (NIR singolo PP) intorno al 80% per i PP e del 65% (NIR singolo PE) per le varie categorie merceologiche di PE, si è ottenuta una resa complessiva misurata (NIR in serie PE+PP) sperimentalmente - su singolo stadio di separazione (prodotto A) - del 82% su tutte le frazioni PE+PP. Tale valore è stato ottenuto in condizioni di impianto industriale, in piena scala, nelle normali condizioni di marcia dei nastri dei separatori ottici. I valori ricavati saranno utilizzati, con adeguati fattori di correzione prudenziale, nella definizione del bilancio di massa per un impianto di trattamento di Plasmix, sviluppato nel capitolo successivo.

FASE 3- Sviluppo di un modello di simulazione per un impianto raffinazione plasmix per la produzione di polimeri da alimentare in altoforno

La sezione descrive lo sviluppo di un **modello di simulazione** finalizzato a rappresentare il funzionamento complessivo di un impianto di raffinazione del Plasmix per la produzione di frazioni polimeriche idonee all'alimentazione dell'altoforno. Il modello è stato costruito una volta definite la composizione dell'input, le caratteristiche dell'output desiderato e le rese dei principali stadi di trattamento, ed è concepito come una sequenza di blocchi di processo interconnessi che riproducono le singole operazioni unitarie dell'impianto sopra definite

In una prima fase è stato definito un approccio matematico per descrivere i singoli stadi di separazione; è stato deciso di sviluppare un codice di calcolo dedicato in ambiente Matlab e Python. Questa scelta, pur comportando un maggiore sforzo iniziale di modellazione, ha consentito di superare i limiti dei software chiusi, permettendo una maggiore flessibilità e la possibilità di diffondere il software con modalità open access.

Il modello assume come input la composizione merceologica del Plasmix, suddivisa in quattro classi principali (film, contenitori per liquidi, imballaggi rigidi e altre frazioni), e la relativa composizione polimerica (PP, PE, PET e altre componenti). A partire da tali dati, viene ricostruita la composizione polimerica complessiva del flusso in ingresso.

Ogni operazione unitaria di separazione è rappresentata mediante una **matrice di separazione**, che descrive i bilanci di massa tra flusso in ingresso, flusso utile in uscita e scarto. Il sistema matematico associato a ciascuno stadio è formulato come un sistema lineare risolvibile tramite inversione di matrice. Le matrici di separazione sono state definite per i principali stadi dell'impianto, tra cui vagliatura, separazione balistica e selezione ottica NIR per PP, PET e PE, con



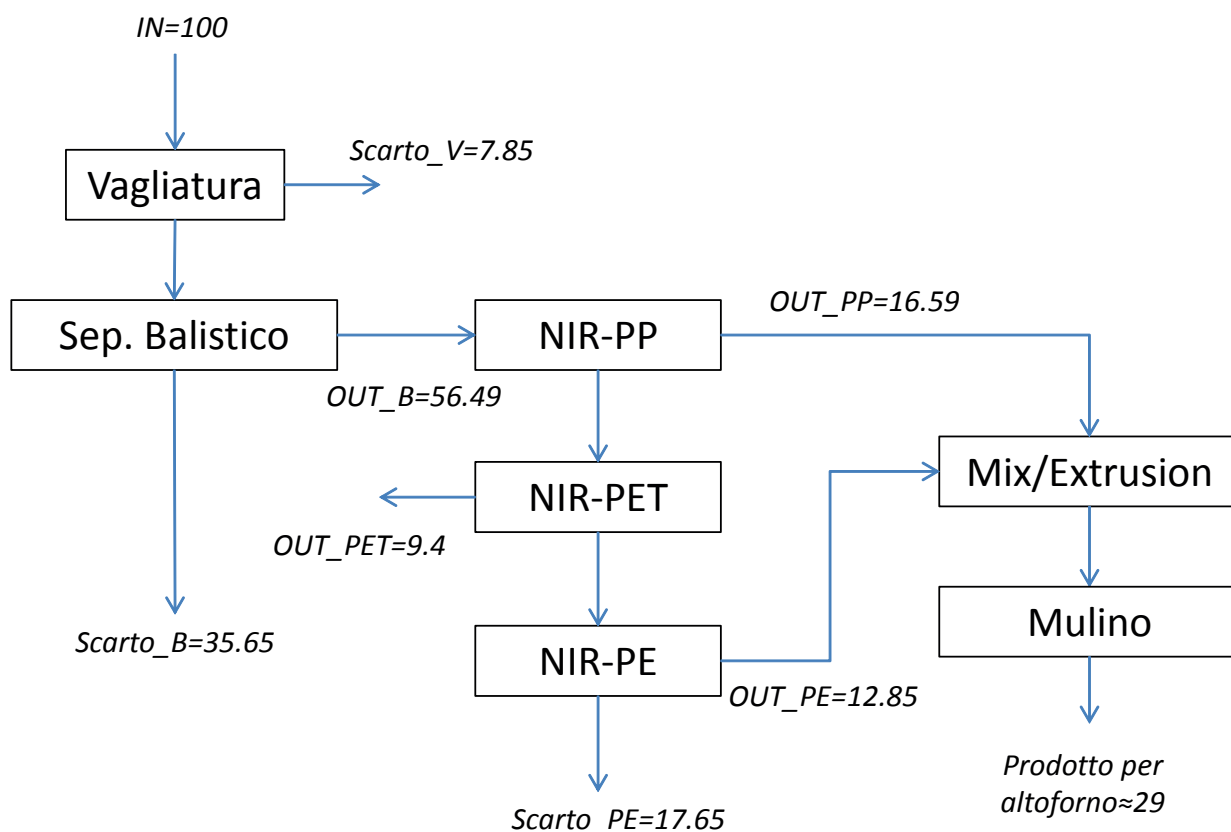
coefficienti di resa derivati dai dati sperimentali. Nel complesso, il modello consente di simulare in modo coerente e modulare il comportamento dell'impianto di raffinazione del Plasmix, fornendo uno strumento quantitativo per valutare l'efficacia delle diverse configurazioni di processo e il loro impatto sulla qualità dei flussi polimerici destinati all'impiego siderurgico.

Modello di impianto semplificato

Il primo modello di impianto (denominato semplificato) è costituito dalle seguenti sezioni:

- vagliatura;
- separazione balistica;
- separazione NIR su PP;
- separazione NIR su PET;
- separazione NIR su PE;
- pellettizzazione/macinazione.

Lo schema concettuale del modello di trattamento semplificato è riportato nella seguente figura, con indicazione del bilancio di massa.





Schema di impianto trattamento semplificato

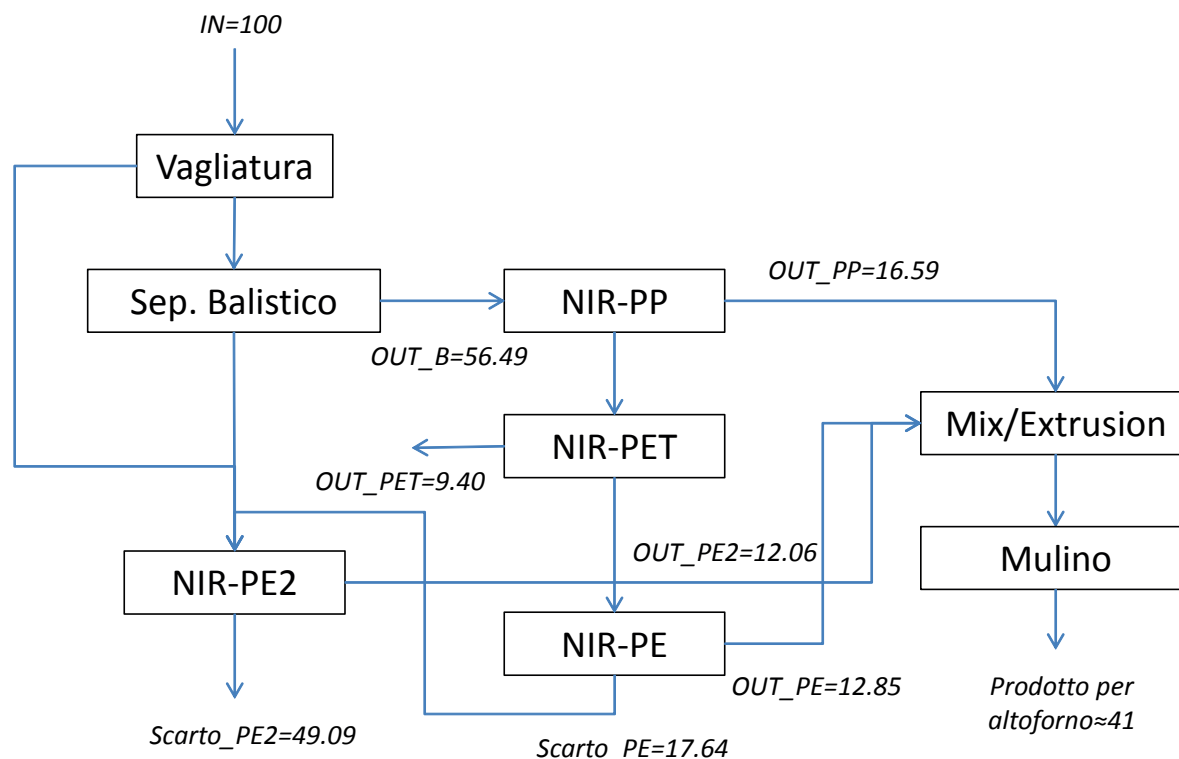
La tipologia di materiale idoneo per utilizzo in altoforno non deve contenere PET e PVC e deve essere costituita da un mix di poliolefine PE/PO, di dimensione granulometrica idonea a sostituire il polverino di carbone. Per questo motivo, una volta selezionate le frazioni di interesse con i sistemi meccanici/ottici è necessario sottoporre gli streams PE/PP a dei processi di pelletizzazione. Studi pregressi (Cfr. Fase 1 del rapporto di ricerca) hanno dimostrato che è possibile sfruttare la proprietà di riduzione della resistenza meccanica (e quindi aumento della fragilità) delle plastiche quando vengono miscelate e sottoposte a cicli di riscaldamento e raffreddamento a temperatura ambiente: se il mix di PE/PP selezionato dal processo di separazione viene mescolato, fuso e poi raffreddato a temperatura ambiente, si ritiene che aumenti la fragilità a causa delle sollecitazioni generate alle interfacce tra questi polimeri. Inoltre, poiché i legami C-C nella plastica sono in parte interrotti dai cicli di riscaldamento e fusione, le materie plastiche risultanti hanno un basso grado di polimerizzazione, e, nel caso di presenza di cloruro di polivinile (PVC), si può ottenere anche una reazione di dechlorazione se si raggiungono temperature di riscaldamento di superiori a 200-250°C. Il pellet residuo da questa fase di riscaldamento e raffreddamento di plastiche miste è, quindi, sufficientemente fragile da poter essere polverizzato nei mulini convenzionali e raggiungere la dimensione di 1 mm necessaria per l'iniezione delle plastiche in altoforno.

Il processo di riscaldamento/raffreddamento e macinazione provoca una minima perdita di massa rispetto al mix di poliolefine (PE/PP) in ingresso, per cui si stima che **il prodotto di interesse - polverino di mix di plastiche utile per alimentare l'altoforno - sia pari al 29% del Plasmix 3D+ING in ingresso.**

Notevole risulta il quantitativo di scarti che, tra sopravaglio, scarto del balistico, scarto del PET e scarto del PE ammontano a circa il 70% del Plasmix in ingresso: nel seguente paragrafo è stata effettuata una simulazione con l'inserimento di una ulteriore sezione per diminuire il quantitativo di scarti.

Modello di impianto con recupero polimeri da frazioni di scarto

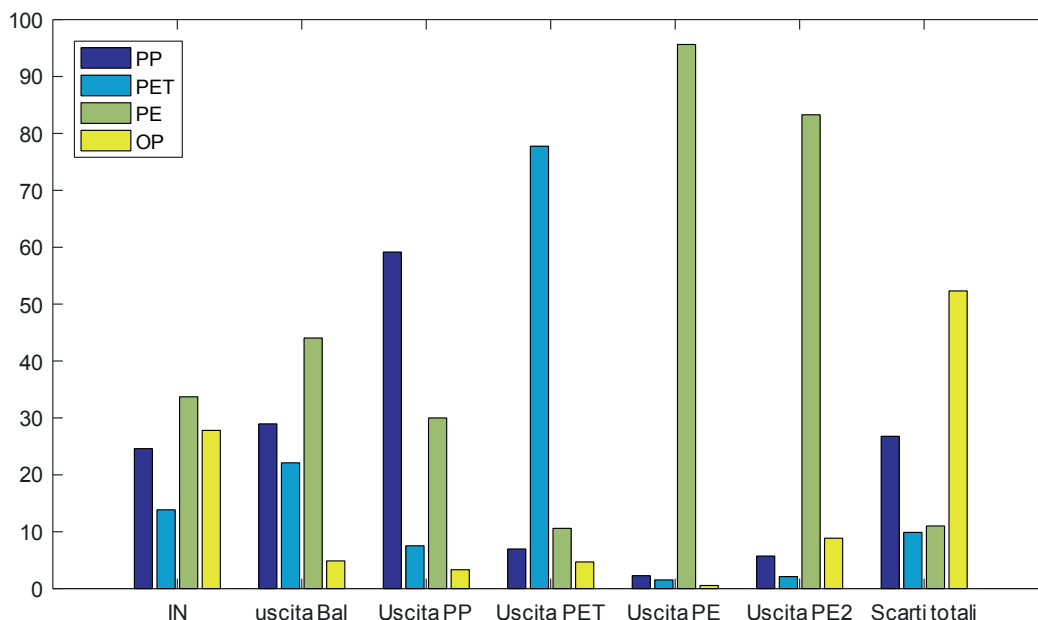
Si assume che il sopravaglio, lo scarto del balistico e lo scarto del NIR-PE siano trattati in un ulteriore NIR_PE2 per massimizzare il recupero di poliolefine da inviare alla sezione di estrusione e macinazione. Il selettore NIR-PE2 opera su frazioni film 2D di polimeri, costituenti principalmente l'esito del balistico.



Schema di impianto trattamento complesso con recupero frazioni recuperabili da scarti

Secondo questo modello di impianto, si ha una diminuzione di sottoprodotti dal 70% al 59% ed **un aumento del polverino per altoforno dal 29% al 41%**. Come si vedrà nel successivo paragrafo in cui sono esaminate le composizioni per polimero dello stream, questo limite è molto vicino al limite teorico di recuperabilità dei polimeri nel prodotto in ingresso, ricordando che il quantitativo di poliolefine nello stream IN è pari a al 60%.

Nella seguente figura si riporta la composizione polimerica delle principali frazioni recuperate e degli scarti totali dal processo di selezione nella versione complessa per massimizzare il recupero di poliolefine dai sottoprodotti.



Composizione percentuale dei polimeri nelle frazioni recuperate e di sottoprodotti nello schema di processo complesso.

Come previsto, sottoporre i sottoprodotti ad una selezione NIR-PE2 consente di ottenere un prodotto (OUT_PE2) con una percentuale elevata di PE, da avviare alla fase finale di pelletizzazione e macinazione. D'altra parte, l'inserimento del NIR-PE2, oltre a ridurre al 59% il quantitativo totale di scarti, ha anche massimizzato la presenza di frazioni estranee (OP), pari al 50% del flusso: considerando la composizione di tale flusso, è possibile sottoporre lo scarto di processo a lavorazione per produrre (fino al 40% di resa complessiva) un Combustibile Solido Secondario (CSS), in modo da massimizzare ulteriormente il tasso complessivo di recupero dell'impianto e ridurre i quantitativi da avviare a smaltimento.

FASE 3 – Elementi salienti della Fase 3

L'obiettivo del progetto di ricerca svolto per conto di Selectika è lo sviluppo di un trattamento innovativo per il recupero del Plasmix utilizzando dati di letteratura, dati reali di impianto e programmi di simulazione per verificare la possibilità di utilizzo di alcune frazioni plastiche in processi a forte impatto ambientale ed emissioni di CO₂, come gli altoforni. La Fase 3 (fase finale) dell'attività di ricerca costituisce il culmine di tutti gli approfondimenti svolti.



Inizialmente sono state definite le caratteristiche del Plasmix ottimale per le successive fasi di raffinazione sia per caratteristiche merceologiche (film contenitori per liquidi, imballaggi rigidi, frazioni estranee) che per composizione polimerica, definendo come ottimale il flusso Plasmix 3D+Ing, costituito dalla miscela del Plasmix 3D e di quello ingombrante che ammonta al 50% del totale del Plasmix prodotto da Selectika.

Sono state altresì definite le specifiche tecniche quantitative per l'utilizzo di plastiche nell'iniezione in altoforno come agente riducente ausiliario:

- tasso di utilizzo massimo di plastiche di 70 kg/tHM, con contestuale riduzione del polverino di carbone;
- pre-trattamento per eliminazione PET e massimizzazione della presenza di poliolefine (PE/PP);
- trattamento per eliminazione cloro (o mediante eliminazione PVC al di sotto del 2% in peso o mediante processi di estrusione oltre i 250 °C che favoriscono l'eliminazione di cloro come HCl);
- produzione di pellet dopo la selezione dei polimeri di interesse e successivi trattamenti (esempio polverizzazione in granuli dopo produzione di pellet con cicli termici di riscaldamento/raffreddamento).

Nel Capitolo successivo sono stati approfonditi gli aspetti tecnologici di un moderno impianto di selezione utilizzato per trasformare il Plasmix in uno o più flussi di materiali recuperabili, esaminando le sezioni di vagliatura, di separazione balistica, di separazione NIR selettiva per polimeri (PE, PET, PP), utilizzando dati di letteratura e, per la sezione più critica (separazione NIR), dati di una sperimentazione effettuata da Selectika sul flusso di interesse (Plasmix 3D+Ing).

Nell'ultimo capitolo si descrive la costruzione ed i dati ottenuti da un modello di simulazione che costituisce la sintesi di tutta l'attività di ricerca svolta: è stato simulato il trattamento del Plasmix di interesse (3D+Ing) in un impianto costituito da una sezione di vagliatura, un separatore balistico e 3 sezioni NIR selettive per polimeri a cascata. E' stato costruito un codice di calcolo per contemplare l'evoluzione dei flussi massici lungo il percorso di trattamento costituito dalla interconnessione dei blocchi di trattamento, in modo da ottenere i flussi di massa delle frazioni recuperabili e degli scarti e le relative purezze. La costruzione del codice si è basata sulla definizione delle matrici di separazione, ricavate specificamente per ogni sezione di trattamento partendo dai dati di selettività riportati nel capitolo precedente e costruendole con vettori linearmente indipendenti in modo da essere invertibili.

Nel caso di impianto a configurazione semplice, è stata simulata una produzione di:



- 9% di frazione ricca in PET, potenzialmente da avviare a recupero di materia nell'impianto Selectika;
- 29% di polverino di poliolefine per alimentare altoforno;
- 62% di scarti.

L'analisi della purezza delle frazioni effettuata mediante l'algoritmo di calcolo ha consentito di individuare gli spazi di miglioramento del processo per la massimizzazione del tasso complessivo di recupero dell'impianto e la riduzione dei quantitativi da avviare a smaltimento. Introducendo, quindi, una ulteriore sezione di separazione NIR-PE sugli scarti di processo (che ha il miglior tasso di selettività rispetto alle altre tipologie di selettori), è stata effettuata una simulazione nello scenario di impianto complesso in cui si sono ottenuti i seguenti risultati:

- 9% di frazione ricca in PET da avviare potenzialmente a recupero di materia nell'impianto di selezione Selectika;
- 41% di polverino di poliolefine per l'alimentazione di altoforno;
- 20% potenzialmente avviabile a produzione di CSS;
- 30% di scarti non recuperabili a smaltimento.