

**Titolo della tesi:** Comportamento ambientale di scorie da termovalorizzazione sottoposte a processi di separazione (Tesi sperimentale)

**Tipo di Laurea:** Laurea Triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

**Sessione di Laurea:** Luglio

**Anno accademico:** 2015/2016

**Nome Candidato:** Ludovica Verni

**Matricola:** 1474081

**Relatore:** Prof.ssa Alessandra Poletti

**Correlatore:** Prof.ssa Raffaella Pomi

**SSD Relatore:** ICAR/03

Lo scopo di questa tesi è stato quello di studiare le caratteristiche chimico-fisiche e il comportamento ambientale di campioni di scorie di fondo provenienti dall'impianto di incenerimento di rifiuti urbani di Amburgo e preventivamente sottoposti ad un processo avanzato di separazione. Tale processo è stato applicato al materiale al fine di isolare i costituenti delle scorie con caratteristiche di composizione e livelli di contaminazione differenti, da avviare a diverse possibili destinazioni di riutilizzo o smaltimento. Gli obiettivi del lavoro sono stati principalmente tre: caratterizzare i campioni di scorie da incenerimento sottoposti a separazione fisica avanzata, studiare l'influenza del processo di separazione applicato sulle caratteristiche chimico-fisiche e sul comportamento ambientale del materiale e, infine, fornire alcune indicazioni preliminari sulla possibile destinazione delle frazioni separate.

Dopo un'analisi granulometrica iniziale e un'analisi merceologica manuale volta a separare i costituenti macroscopici principali, i campioni sono stati sottoposti ad un'analisi elementare tramite spettrofotometro ad assorbimento atomico. Successivamente è stato effettuato il test di cessione per la caratterizzazione dei rifiuti EN 12457-2 e la relativa analisi elementare degli eluati. Questo lavoro ha permesso la valutazione comparativa delle caratteristiche chimico-fisiche e del comportamento alla lisciviazione delle diverse frazioni di scorie, individuando gli elementi potenzialmente critici e identificando i flussi più idonei ad un successivo riutilizzo. E' riconosciuto, infatti, che uno dei più importanti rischi ambientali associati per esempio all'uso di materiali da costruzione o allo smaltimento dei rifiuti in discarica è il potenziale rilascio e la conseguente migrazione dei contaminanti dal materiale all'ambiente. La valutazione diretta del comportamento alla lisciviazione di un dato materiale risulta necessaria in quanto esso non è direttamente correlabile al contenuto totale di contaminante all'interno della matrice del materiale stesso in quanto sono numerosi i fattori che influenzano il comportamento alla lisciviazione effettiva di un contaminante in un rifiuto. Prevedere la mobilità degli inquinanti

nella matrice complessa è un argomento di notevole interesse al fine di comprendere come varia il rilascio di questi elementi in scenari ambientali reali.

L'impianto di incenerimento dei rifiuti urbani da cui provengono le scorie analizzate è situato ad Amburgo nel quartiere di Stellingen Moor. Il rifiuto solido urbano in entrata nell'inceneritore è sottoposto ad una combustione ad elevate temperature (900-950 °C); da questo trattamento si hanno come residui, ceneri volatili e ceneri pesanti. Le scorie di fondo da termovalorizzazione analizzate nel presente lavoro, sono composte prevalentemente da materiale inorganico (frazione minerale, residui metallici ferrosi e non ferrosi) e da una minima parte di materiale organico incombusto. Le scorie sono state analizzate dalla TUHH - Technische Universität Hamburg-Harburg e sono state campionate in base alla granulometria in 4 classi granulometriche (0-2 mm, 2-5 mm, 5-18 mm e 18-45 mm) e alla composizione suddividendo i campioni in ossidi (materiale metallico-magnetico) e inerti (materiale con una matrice prevalentemente minerale).

Ai fini dell'analisi merceologica, per ciascun campione di scorie sono stati separati manualmente i costituenti macroscopici principali come vetro, ceramica, metalli, materiale organico, e materiale magnetico; gli ossidi sono composti prevalentemente da agglomerati di materiale minerale-magnetico difficili da separare, oltre a inclusioni di vetro in piccole percentuali; per gli inerti invece è preponderante la frazione minerale (50/70 %), seguita da vetro e ceramica (15/30 %), metalli non ferrosi (5-13 %) e materia organica (1%).

Analizzando il contenuto totale di numerosi elementi mediante spettrofotometria ad assorbimento atomico, si è osservato che il Ca è l'elemento presente in concentrazioni più elevate, inoltre insieme ad Al e Mg, esso risulta distribuito uniformemente in tutti i campioni; Cu, Cr, Fe e Mn sono più concentrati nella frazione degli ossidi metallici mentre Si, Na e K presentano concentrazioni più elevate nella frazione dei materiali inerti.

Confrontando i risultati ottenuti dall'analisi elementare degli eluati provenienti dal test di cessione con i limiti di ammissibilità in discarica per materiali inerti, rifiuti non pericolosi e rifiuti pericolosi è stata riscontrata la presenza di elementi potenzialmente critici per alcuni flussi di materiale; si può notare che, per il Ni, il campione OSSIDI 5-18 mm è classificabile come materiale non pericoloso in quanto ha una concentrazione maggiore del limite imposto per materiali inerti di 0,04 mg/l; per il Cu, invece, il campione INERTE PRE TAR 0-2 mm è al limite per essere considerato ancora un materiale inerte (0,2 mg/l); per l'Sb, il campione OSSIDI 18-45 mm è classificabile come rifiuto pericoloso poiché ha una concentrazione di 0,094 mg/l (il limite per rifiuti non pericolosi è di 0,07 mg/l), tutti gli altri come non pericolosi; per il Cr, i campioni INERTE PRE TAR 0-2 mm e INERTE POST TAR 0-2 mm sono classificabili come materiali non pericolosi in quanto superano il limite di 0,05 mg/l per materiali inerti, mentre per il Mo tutti i campioni rispettano il limite per rifiuti inerti con una concentrazione inferiore a 0,05

mg/l. Dunque, basandosi su questi dati, nel caso in cui non fosse possibile il riutilizzo delle scorie come materiali da costruzione, per esempio, si può individuare la destinazione per lo smaltimento delle scorie in base alle concentrazioni della totalità degli elementi nei vari campioni: in particolare tutti i campioni risultano classificabili come rifiuti non pericolosi tranne il campione degli ossidi 18-45 mm che è classificabile come rifiuto pericoloso a causa delle elevate concentrazioni di Sb.

Confrontando gli andamenti delle concentrazioni dei vari elementi negli eluati in relazione al pH, per i macroelementi come Ca, K e Na, si osserva come essi esibiscano un comportamento dettato dalla loro elevata solubilità per tutti i campioni analizzati, con valori di concentrazione in soluzione che risultano pressoché indipendenti dalle condizioni di pH e dalle caratteristiche chimico-fisiche delle matrici. Nel caso dell'Al, si può osservare come l'entità del rilascio dipenda, oltre che dalle condizioni di pH, anche dalla forma chimica e dalle associazioni mineralogiche in cui esso è presente nei diversi campioni di scorie. Nonostante i valori piuttosto simili di pH, il rilascio di tale elemento è infatti diverso per i differenti campioni analizzati, e il valore minimo si manifesta per il campione OSSIDI 18-45 mm caratterizzato dal più elevato contenuto totale. Questa dipendenza del rilascio dalla composizione mineralogica dei diversi campioni è stata riscontrata anche per il Si e per gli elementi in traccia, come Cu, Mn, Cr e Sb.

In conclusione, si può affermare che il possibile riutilizzo delle scorie dipende principalmente dai trattamenti che vengono applicati su di esse; assumono un ruolo determinante i processi di separazione volti a liberare la matrice minerale delle scorie dalle impurezze dovute alla presenza di vetro, ceramica, materia organica e materiale metallico ferroso e non ferroso. Per questo motivo, lo studio, iniziato in questa tesi, sull'influenza della separazione delle scorie sulla possibilità di un loro reimpiego verrà proseguito applicando ulteriori test di caratterizzazione del materiale volti alla comprensione dei meccanismi di rilascio dei costituenti principali e degli elementi in traccia in modo tale da ottenere un quadro più completo per la gestione e lo smaltimento delle scorie.