



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile
e Ambientale

*RELAZIONE CONCLUSIVA SULL'ANALISI DI 14 POSSIBILI SCENARI
DI TRATTAMENTO INTERMEDIO E DEI RELATIVI COMPLESSI DI
IMPIANTI OCCORRENTI, PROPEDEUTICI ALLO STUDIO DI PRE-
FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI
GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI DELL'AREA DI
PIANIFICAZIONE SUD-EST DELLA PROVINCIA DI TORINO*

DICEMBRE 2003

SINTESI NON TECNICA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile
e Ambientale

RELAZIONE CONCLUSIVA SULL'ANALISI DI 14 POSSIBILI SCENARI DI TRATTAMENTO INTERMEDIO E DEI RELATIVI COMPLESSI DI IMPIANTI OCCORRENTI, PROPEDEUTICI ALLO STUDIO DI PRE-FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI DELL'AREA DI PIANIFICAZIONE SUD-EST DELLA PROVINCIA DI TORINO

- SINTESI NON TECNICA -

Trento, Dicembre 2003

Il responsabile scientifico dello studio
prof. ing. Marco Ragazzi

Collaboratori

dott. ing. Filippo Cadamuro

dott. ing. Silvio Fedrizzi

dott. ing. Alessio Franzinelli

Fino a qualche anno fa la gestione dei rifiuti era impostata unicamente sulla filosofia dello smaltimento in discarica, ovvero del rifiuto “a perdere”. Oggi, invece, sta prendendo sempre più spazio una nuova filosofia della gestione dei rifiuti, che si pone come obiettivo la riduzione dello smaltimento in discarica e la valorizzazione energetica delle frazioni recuperabili. Le strategie messe in atto nei diversi Paesi dall’Unione Europea sono già in gran parte orientate verso un “approccio integrato”, che è conseguente ad uno schema di priorità definito da una prima direttiva dell’U.E. del 1991 (Direttiva 91/156/CEE), in seguito affinata da ulteriori provvedimenti. Tale schema risponde ad una serie di principi che possono essere così elencati:

- a) riduzione dei rifiuti alla fonte;
- b) recupero dei materiali che non hanno ancora terminato la propria vita utile e riciclo delle frazioni di materiale ancora impiegabili nei processi produttivi;
- c) recupero di energia dalla frazione che rimane;
- d) smaltimento finale in discarica controllata dei rifiuti residui, non più convenientemente valorizzabili.

Alle discariche viene quindi assegnato un ruolo marginale rispetto al passato: per esse si prevede, infatti, lo smaltimento dei soli residui delle attività di recupero-riciclaggio. Il recupero di energia avviene negli impianti di termovalorizzazione e, come appare dal precedente schema gerarchico, deve seguire il riciclo di materie. Le nuove pianificazioni dello smaltimento dei rifiuti in Italia, così come negli altri Paesi dell’Unione Europea, sono quindi orientate verso la promozione della termovalorizzazione con recupero di energia, come importante elemento delle strategie integrate.

Prima di essere inviati al processo di termovalorizzazione, i rifiuti possono essere sottoposti ad opportuni trattamenti meccanico-biologici, progettati per recuperare le frazioni riciclabili, per innalzare il potere calorifico della frazione combustibile e per stabilizzare le frazioni da smaltire in discarica; si sono individuati così più scenari di gestione, ognuno dei quali è caratterizzato da una propria filiera di trattamenti. Per ognuno di questi scenari, proposti da TRM, è stata effettuata una valutazione di fattibilità, alla luce di considerazioni tecnologiche, normative e di processo.

Al fine di definire la filiera di trattamenti ottimale per la gestione dei rifiuti e per valutare le prestazioni della stessa, è necessario avere a disposizione un’accurata caratterizzazione qualitativa e quantitativa dei rifiuti urbani. Tale conoscenza diventa quindi di primaria importanza nella stima dei flussi di massa e di energia di ciascun scenario. Si è fatto così riferimento a dati forniti da TRM, che tengono conto, per l’area torinese, del *trend* della produzione dei rifiuti e della loro composizione merceologica negli anni.

Il lavoro svolto ha lo scopo di focalizzare l’attenzione su quelli che sono i flussi di inquinanti attesi in ambito locale a seguito della realizzazione di un impianto integrato di pretrattamento e combustione, questo al fine di quantificare i benefici derivanti dalle soluzioni integrate. È bene evidenziare che, nella realtà, tali benefici dipendono comunque in larga parte dalla modalità di rilascio con cui gli inquinanti sono immessi in atmosfera e da quanto si sovrappongono gli effetti di impatto del sistema di pretrattamento e dell’impianto di combustione. Nello studio si è fatto riferimento esclusivamente alle emissioni provenienti dagli inquinanti. Gli effetti del trasporto e i bilanci globali di emissioni (che tengono anche conto del ruolo della diversa produzione di energia) non fanno parte del presente lavoro; tale argomento è già stato trattato in un recente studio (M. Giugliano e S. Consonni del Politecnico di Milano), in cui è stato sviluppato un LCA completo.

Sono state analizzate dal punto di vista dei bilanci di massa, di energia e ambientali 14 filiere (simulazioni) proposte da TRM, al fine di potere individuare la soluzione ottimale di gestione integrata dei rifiuti urbani nell'Area di Pianificazione Sud-Est della Provincia di Torino. In particolare, le 14 filiere proposte sono state suddivise in 4 gruppi, in ciascuno dei quali sono state fatte rientrare più simulazioni. Di seguito si delineano gli schemi e le caratteristiche di ciascun gruppo e di ciascuna simulazione. In ingresso vi sono i rifiuti di varia origine: "TORINO" fa riferimento alla massa di rifiuti prodotta dalla città di Torino, mentre con "CATN, AISA, CCS" si considerano i flussi di rifiuti provenienti dai tre Consorzi dell'Area Sud-Est della Provincia di Torino.

GRUPPO 1: I rifiuti sono trattati in un impianto di selezione a tecnologia complessa capace di separare la frazione secca da quella umida: la prima è inviata all'impianto di termovalorizzazione come frazione combustibile ad alto potere calorifico, la seconda viene trattata con modalità che variano a seconda della simulazione considerata. L'unica eccezione a tale schema si verifica per la simulazione 1e, per la quale è previsto un sistema di selezione meccanica a valle del comparto di bioessiccazione del rifiuto tal quale. Nel gruppo 1 è stata inserita anche la simulazione 1d, che presenta uno stadio di digestione anaerobica. Questo è stato inserito in sostituzione del comparto di bioessiccazione previsto inizialmente, viste le caratteristiche del flusso umido da trattare. È stata introdotta anche una variante alla simulazione 1d, di particolare interesse se si disponesse di un adeguato flusso strutturante, ovvero la simulazione 1d BIS, in cui è presente uno stadio di biostabilizzazione.

Simulazione 1a: è previsto il trattamento aerobico volto alla stabilizzazione della frazione organica "sporca" e il trattamento termico della frazione combustibile.

Simulazione 1b: è previsto il trattamento aerobico volto alla bioessiccazione del sottovaglio. Si noti che, a differenza della simulazione precedente, il materiale che si ottiene a valle del trattamento biologico non è un rifiuto completamente stabilizzato: questo, pertanto, non è smaltito in discarica, ma può essere invece termovalorizzato in virtù del suo elevato PCI.

Simulazione 1c: è previsto il trattamento termico mediante essiccamento del sottovaglio. Come nella simulazione precedente, il sottovaglio trattato non viene smaltito in discarica poiché non completamente stabilizzato; esso può però essere bruciato nel forno di incenerimento in virtù del suo elevato potere calorifico.

Simulazione 1d: è prevista una presso-estrusione con suddivisione in due flussi del rifiuto alimentato: la frazione umida è inviata alla digestione anaerobica, seguita dalla stabilizzazione aerobica della frazione organica residua, mentre la frazione secca viene incenerita.

Simulazione 1d BIS: è prevista una presso-estrusione con successiva suddivisione in due flussi del rifiuto alimentato: la frazione umida è inviata ad uno stadio di stabilizzazione aerobica, dopo l'aggiunta di un'adeguata quantità di materiale strutturante, mentre la frazione secca viene incenerita.

Simulazione 1e: è prevista la bioessiccazione del rifiuto tal quale, a valle di una separazione preliminare dei materiali metallici tramite separatore magnetico. In questa simulazione la selezione meccanica del rifiuto avviene principalmente a valle dell'essiccamento, dal momento che le rese dei vari macchinari su materiale a basso tenore di umidità è più elevato. Il materiale viene quindi inviato a combustione.

GRUPPO 2: I rifiuti sono trattati in un impianto di selezione a tecnologia complessa capace di separare le frazioni secca, umida, i materiali valorizzabili (metalli, eventualmente imballaggi, ecc.) ed i materiali inerti. La frazione umida è quindi sottoposta ad un primo processo di digestione anaerobico, fatto seguire da un ulteriore trattamento diverso in ciascuna simulazione.

Simulazione 2a: è previsto il trattamento anaerobico della frazione organica “sporca”, con successiva stabilizzazione aerobica, e il trattamento termico della frazione combustibile. Il materiale in uscita dal digestore anaerobico è inviato ad un comparto di stabilizzazione aerobica, al fine di produrre un flusso stabilizzato, smaltibile in discarica. Il flusso secco separato dalla linea di trattamento meccanico è inviato al trattamento termico.

Simulazione 2b: è previsto il trattamento anaerobico della frazione organica “sporca”, seguito dal trattamento termico della frazione combustibile e della frazione organica essiccata termicamente. Il flusso secco separato dalla linea di trattamento meccanico viene inviato al trattamento termico.

Simulazione 2c: è previsto il trattamento anaerobico della frazione organica “sporca”, il trattamento termico della frazione combustibile e della frazione umida, previa pressatura. Il flusso umido separato dal trattamento meccanico è inviato al digestore anaerobico; il materiale è successivamente introdotto in una pressa.

GRUPPO 3: I rifiuti sono sottoposti a vagliatura al fine di separare la frazione secca e quindi ridurre la massa dei rifiuti da essiccare; in tal modo è possibile inoltre recuperare i materiali valorizzabili (metalli, eventuali imballaggi, ecc.) e i materiali inerti.

Simulazione 3a: il sottovaglio, prima di essere sottoposto al trattamento termico, viene inviato ad uno stadio di bioessiccazione e successivamente ad una cernitrice ad induzione per il recupero dei materiali non ferrosi.

Simulazione 3b: il sottovaglio prima di essere sottoposto al trattamento termico è inviato ad uno stadio di essiccamento termico a bocca di forno.

GRUPPO 4: I rifiuti in ingresso alle filiere, previa separazione degli ingombranti e un idoneo processo di triturazione, sono successivamente sottoposti ad un processo di bioessiccazione o di essiccamento termico.

Simulazione 4a: è prevista l’essiccazione in biocelle di tutto il rifiuto in ingresso alla filiera, la frazione combustibile risultante è successivamente inviata a termovalorizzazione. Rispetto alla simulazione 1e si ottiene un potere calorifico inferiore, dal momento che il materiale inviato a termovalorizzazione è un bioessiccato “sporco” e non un vero e proprio CDR.

Simulazione 4b: si prevede l’essiccamento termico a bocca di forno di tutto il rifiuto in ingresso alla filiera, seguito dal trattamento termico della frazione combustibile risultante.

Simulazione 4b BIS: si prevede l’essiccamento termico a bocca di forno di tutto il rifiuto in ingresso alla filiera. Rispetto alla simulazione 4b si è cercato di favorire il recupero di materiali, introducendo un sistema di selezione a valle dell’essiccamento termico, dal momento che le rese dei vari macchinari su materiale a basso tenore di umidità è più elevato. Il materiale viene quindi inviato a combustione.

In un apposito allegato (Allegato 1, tab. 2) si sono riportati in maniera schematica i diversi comparti e macchinari presenti nelle varie simulazioni trattate. Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'analisi dei bilanci di massa effettuati sulle singole filiere.

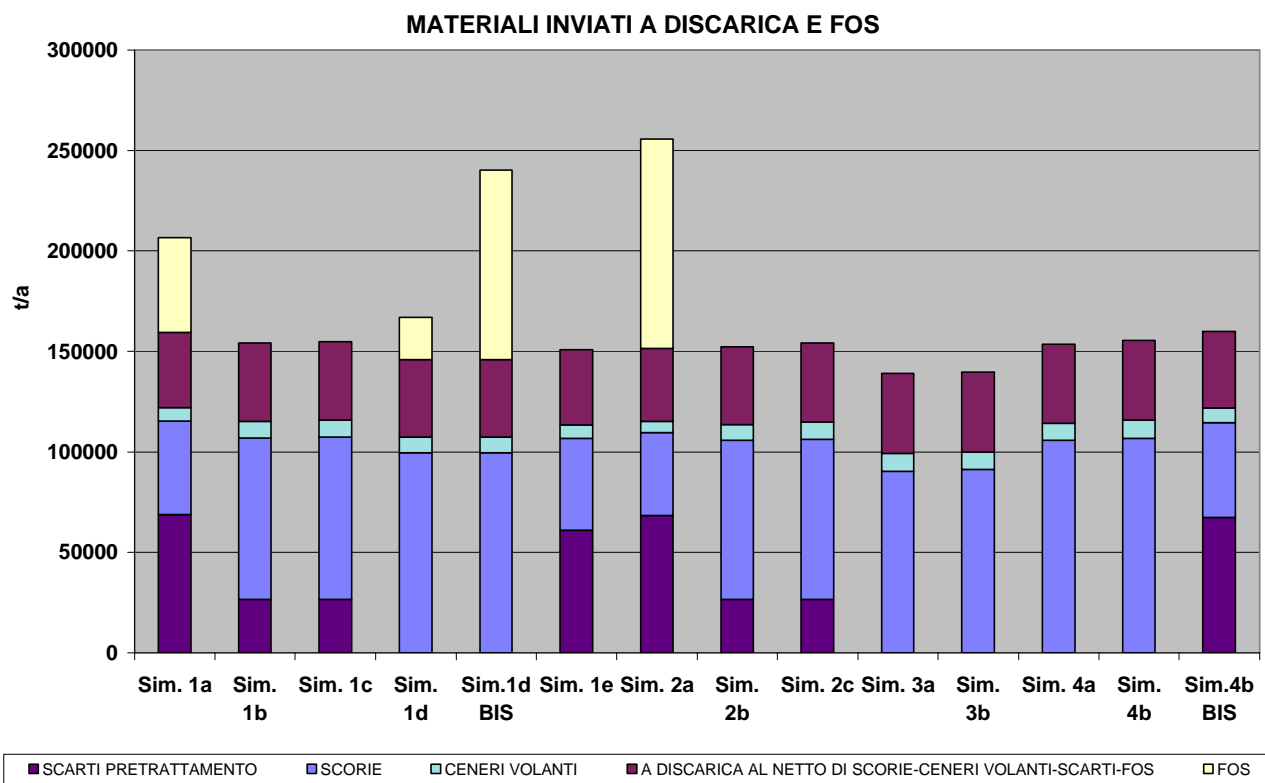


Fig. 1: Grafico riassuntivo inerente le scorie, le ceneri volanti, gli scarti di pretrattamento, il materiale residuo e la FOS inviati a discarica nelle diverse simulazioni.

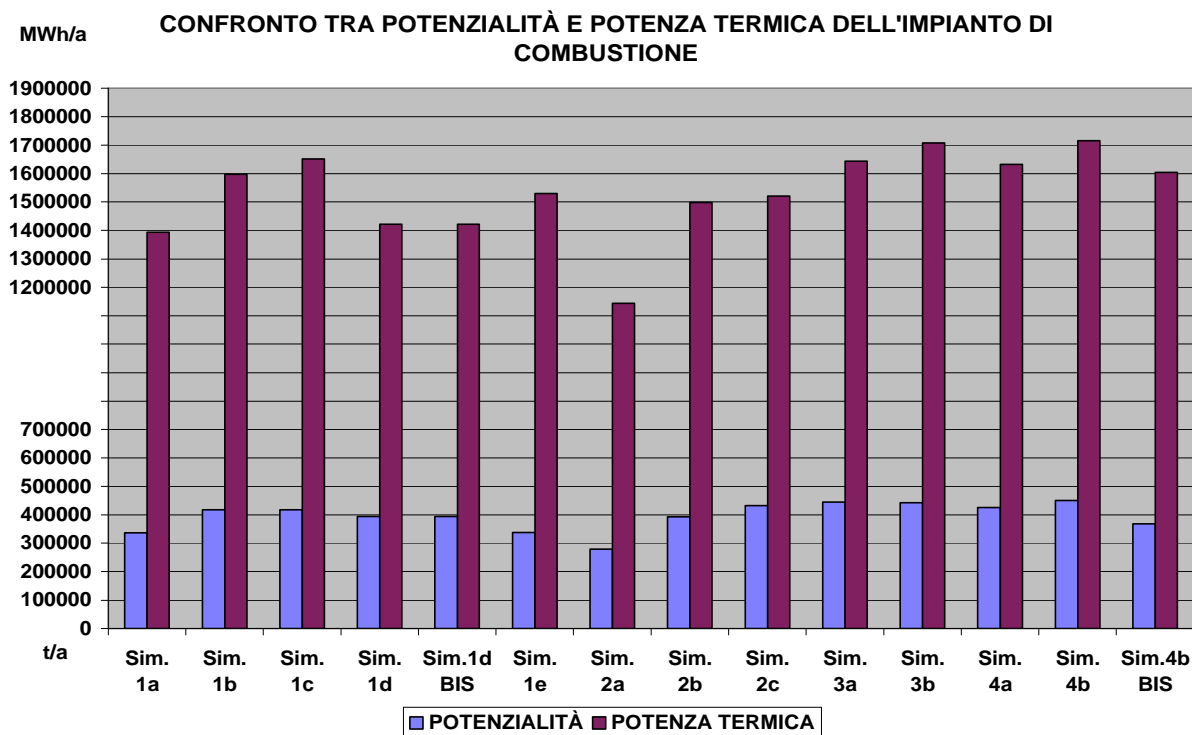


Fig. 2: Grafico riassuntivo sul confronto tra potenzialità di smaltimento e potenza termica di combustione.

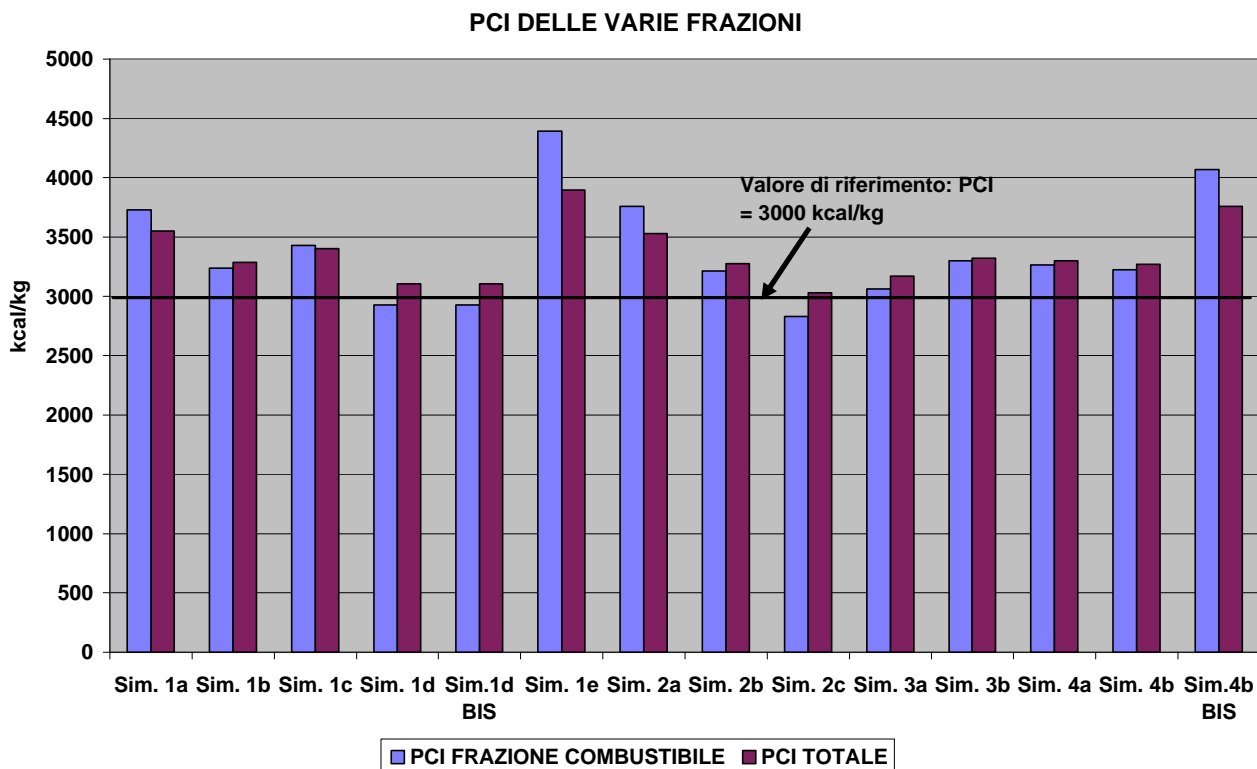


Fig. 3: Grafico riassuntivo che illustra il PCI della frazione combustibile¹ e quello medio totale².

Nella parte inerente i flussi energetici imputabili alle diverse simulazioni proposte, il lavoro è stato sviluppato come descritto di seguito:

- per ogni singola simulazione si è calcolato il consumo di energia elettrica imputabile ai diversi macchinari e ai sistemi meccanici, differenziato per singolo macchinario, quindi il consumo totale sull'intera simulazione in esame;
- per le simulazioni che prevedono la bioessiccazione della frazione organica del rifiuto (simulazioni 1b, 1e, 3a, 4a) si è calcolato, inoltre, il consumo specifico (in termini di energia elettrica) rapportato al chilogrammo di acqua evaporato durante il processo stesso. Considerando infine l'energia persa attraverso i solidi volatili, sempre in relazione all'acqua totale evaporata, si è stimato il consumo specifico (in termini di energia termica) del processo di bioessiccazione;
- per le simulazioni che prevedono l'essiccamento termico della frazione organica del rifiuto (simulazioni 1c, 2b, 3b, 4b, 4b BIS), in relazione all'acqua totale evaporata durante il processo, si è calcolato, inoltre, il consumo specifico (in termini di energia elettrica) dello stesso processo. È stato altresì valutato il consumo specifico (in termini di energia termica) del processo di essiccazione termica, in relazione all'acqua totale evaporata. Si sono infine messi in luce i vantaggi associati all'utilizzo dell'aria di processo come aria di combustione.

Per quanto riguarda i consumi specifici dei singoli macchinari e dei processi considerati (espressi come kWh per tonnellata di materiale da questi gestito) si è fatto riferimento sia a fonti bibliografiche, sia a dati forniti direttamente dalle ditte costruttrici. Si è dapprima redatto un grafico che pone a confronto, per singola simulazione, il consumo totale di energia elettrica, la produzione di energia elettrica dovuta alla frazione inviata a termovalorizzazione ed infine la produzione netta

¹ PCI del rifiuto urbano inviato a combustione, a valle dei pretrattamenti.

² PCI medio del rifiuto inviato in camera di combustione, comprensivo di frazione combustibile, residui ingombranti, fanghi essiccati, scarti recupero raccolta differenziata, sovvalli RSA e sovvalli compost.

(fig. 4). La differenza tra i due anzidetti valori (corrispondente all'energia elettrica netta prodotta) è stata riportata in un grafico dedicato (fig. 5). Per le simulazioni che prevedono uno stadio di digestione anaerobica (1d, 2a, 2b e 2c) si è altresì considerata la produzione di energia elettrica derivante dall'utilizzo del biogas, riportandola nel rispettivo grafico (fig. 5) al netto degli auto-consumi del digestore. Nelle simulazioni che prevedono la valorizzazione del sottovaglio (simulazioni 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c), è stato anche considerato il consumo energetico del processo di biostabilizzazione di tale frazione.

CONSUMO E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

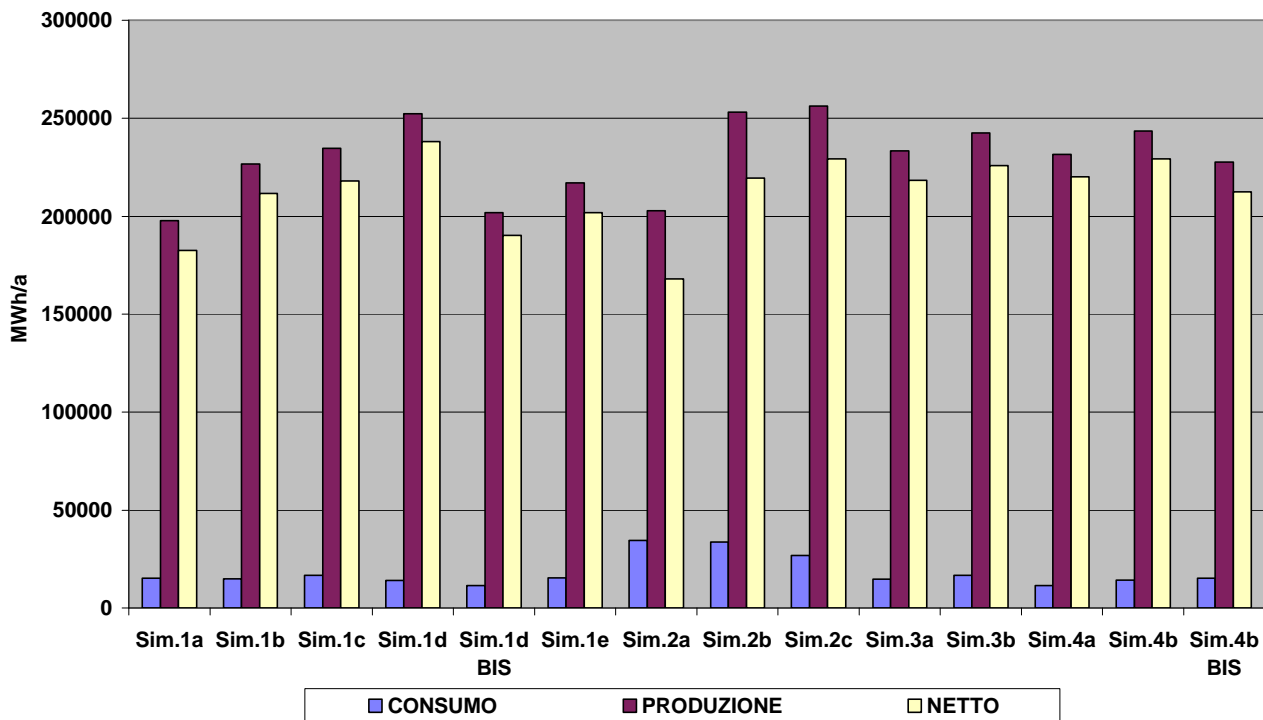


Fig. 4: Consumo e produzione di energia elettrica delle diverse simulazioni.

PRODUZIONE NETTA DI ENERGIA ELETTRICA

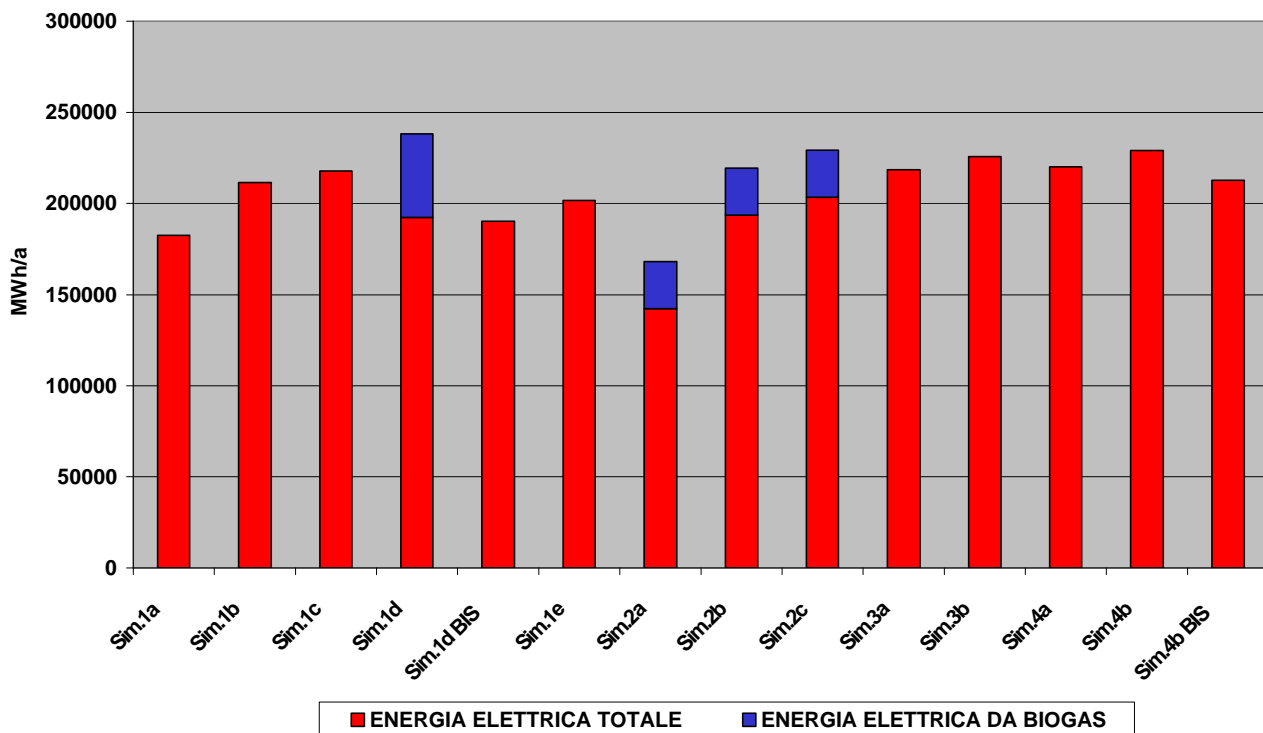


Fig. 5: Produzione netta di energia elettrica delle diverse simulazioni.

Noti i flussi di inquinanti per singola filiera, è possibile esprimere il tutto in maniera aggregata facendo riferimento all'approccio proposto in un recente studio³. I risultati sono riportati in fig. 6. Si sottolinea che il presente rapporto non costituisce un LCA completo in quanto a tal fine occorrerebbe tener conto del trasporto dei rifiuti, dell'impatto delle varie discariche di appoggio previste nelle filiere, dei benefici della produzione di energia elettrica, degli effetti sul clima (gas serra), ecc. Si è voluto piuttosto concentrare l'attenzione su quelli che sono i flussi di inquinanti di interesse in ambito locale (emessi cioè dall'impianto di pretrattamento e dall'impianto di combustione e riportati in maniera estensiva nel rapporto generale).

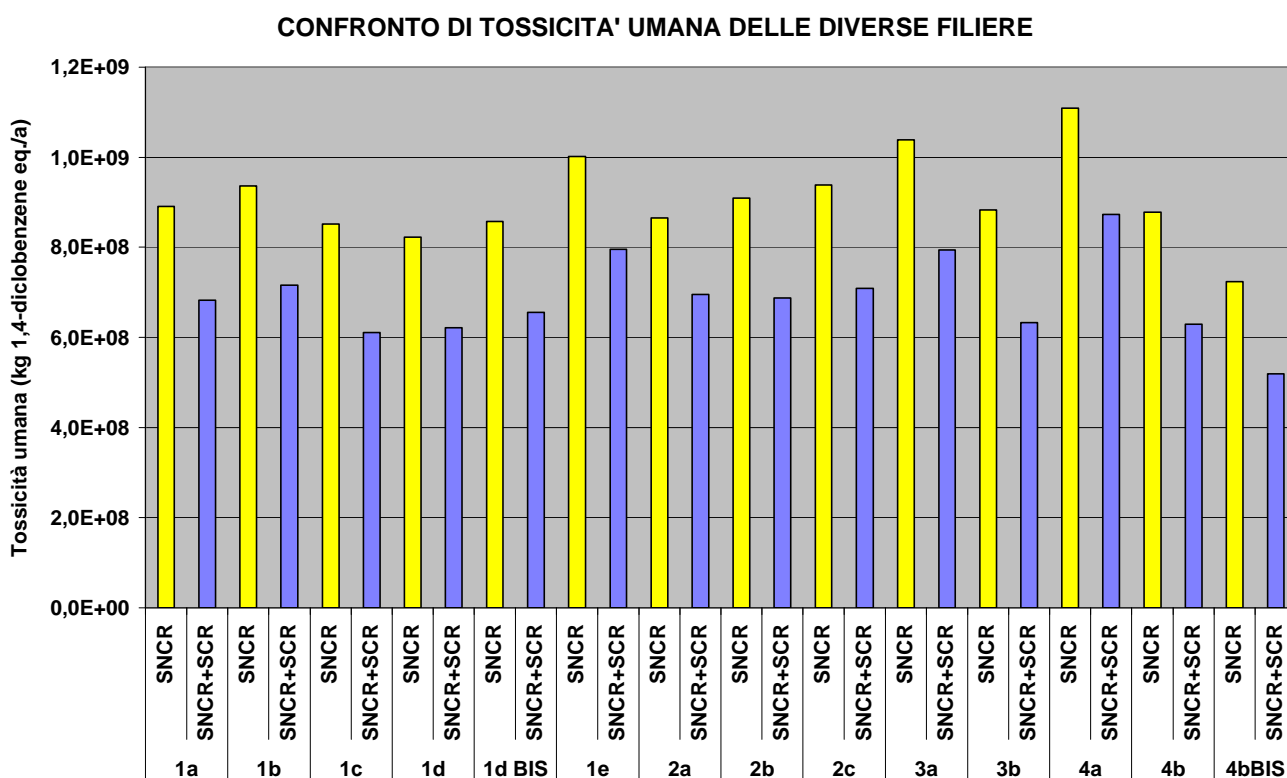


Fig. 6: Tossicità umana delle varie filiere (kg 1,4-diclobenzene eq./a).

Si è realizzata, inoltre, una prima valutazione economica delle singole filiere. Si sottolinea innanzitutto la difficoltà nel formulare una valutazione esaustiva circa i costi inerenti i diversi scenari; tale complessità è riconducibile alla variabilità che gli investimenti ed i costi possono assumere nei diversi casi, in funzione delle specifiche condizioni di progetto o di impianto in esercizio. A ciò si aggiunge un'ulteriore difficoltà nel reperire i dati, riconducibile alla presenza di vari brevetti per ciascuna tecnologia di trattamento. Per tale motivo l'analisi economica effettuata ha voluto dare una stima indicativa dei fattori economici che più incidono in ciascuna filiera. Nel calcolo delle varie tariffe si è fatto ricorso a dati di letteratura laddove questi fossero appropriati e bene adattabili alle caratteristiche specifiche della simulazione o del processo in esame. In altre occasioni si sono utilizzati dati forniti da impianti reali. La tariffa per ogni simulazione, calcolata con riferimento alla filiera completa, è riassunta nella tabella sotto riportata (tab. 1).

³ Modello "USES-LCA", Huijbregts, 1999.

SIMULAZIONE	TARIFFA (€t rifiuto ingresso simulazione)
SIM.1a	110,3-140,2
SIM.1b	109,9-141,6
SIM.1c	107,1-135,3
SIM.1d	112,9-137,1
SIM.1d BIS	100,8-125,1
SIM.1e	134,0-169,9
SIM.2a	112,7-132,2
SIM.2b	128,8-154,4
SIM.2c	117,5-143,3
SIM.3a	110,7-143,7
SIM.3b	108,4-137,5
SIM.4a	112,9-148,5
SIM.4b	101,0-130,3
SIM.4b BIS	101,6-129,0

Tab. 1: Tariffa di smaltimento dei rifiuti urbani per la filiera completa⁴.

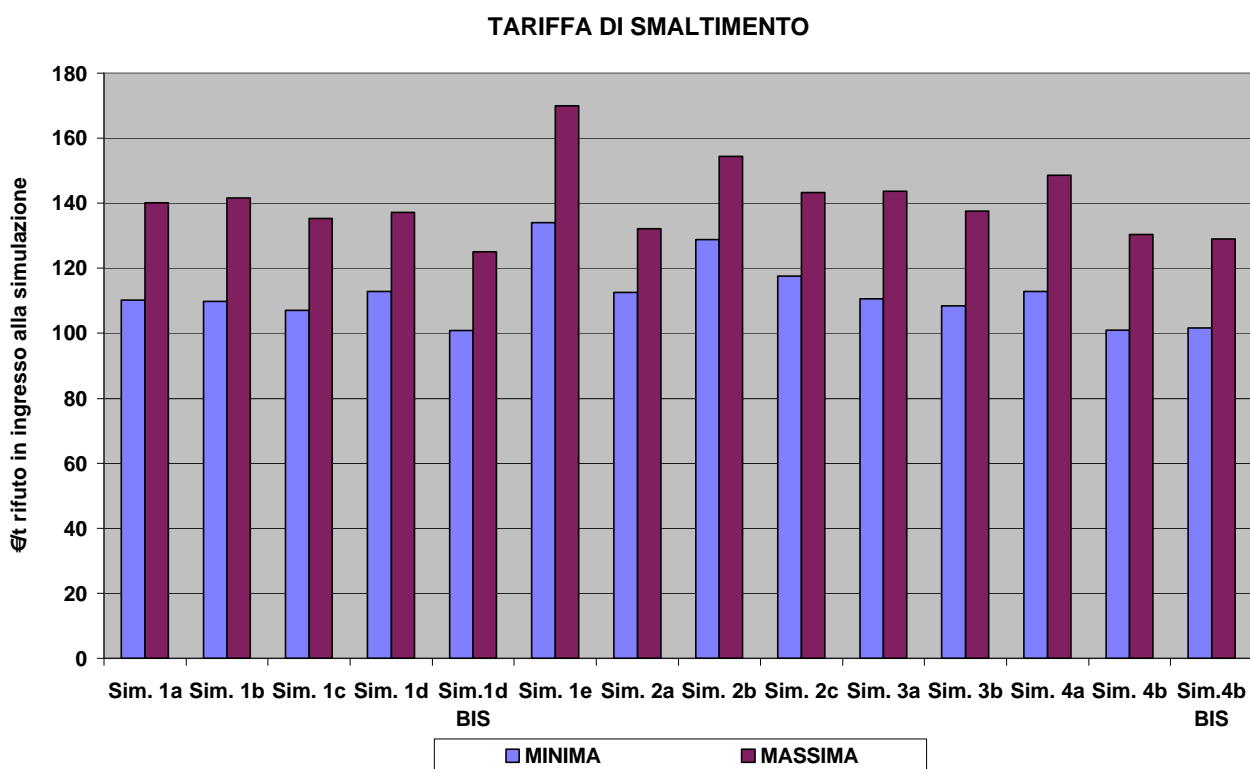


Fig. 7: Tariffa completa nelle varie simulazioni considerate.

⁴ Dato che si è sempre fatto riferimento ad un forno a griglia, questo parametro è stato utilizzato anche nel caso di combustione di CDR. Per quanto riguarda le simulazioni “1e” e “4b BIS” si segnala come, partendo da un confronto tra dati di impianti austriaci a griglia e a letto fluido, si possano avere dei risparmi sulle tariffe di smaltimento riferite al kg a inizio filiera adottando un combustore a letto fluido. Questo anche in relazione alla necessità di pretrattare i rifiuti speciali da inviare a termovalorizzazione; l’entità di tali risparmi risente naturalmente del contratto di cessione dell’energia elettrica prodotta, in quanto la filiera considerata è più energivora di altre che non prevedono la produzione di CDR.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente rapporto ha analizzato 14 filiere di pretrattamento + combustione con riferimento a:

- bilanci di massa;
- bilanci di energia;
- flussi di inquinanti e tossicità equivalente (limitatamente ai rilasci da attività interne agli impianti);
- aspetti economici preliminari.

I risultati ottenuti fanno riferimento alle ipotesi considerate e possono pertanto essere soggetti ad un certo grado di variabilità se queste vengono cambiate, pur rimanendo all'interno di un "range" accettabile. A titolo di esempio, si riportano due grafici che mostrano come variando di $\pm 10\%$ i valori ottenuti per la Tossicità umana calcolata, tali variazioni restano comunque nell'intorno del valore medio stimato. Le 14 filiere si presentano perciò abbastanza "allineate". La scelta di una specifica soluzione piuttosto che un'altra potrebbe pertanto basarsi su criteri strategici quali, per esempio, la minimizzazione del flusso inviato a discarica, la massimizzazione dell'energia elettrica prodotta, oppure ancora la semplificazione gestionale, ecc.

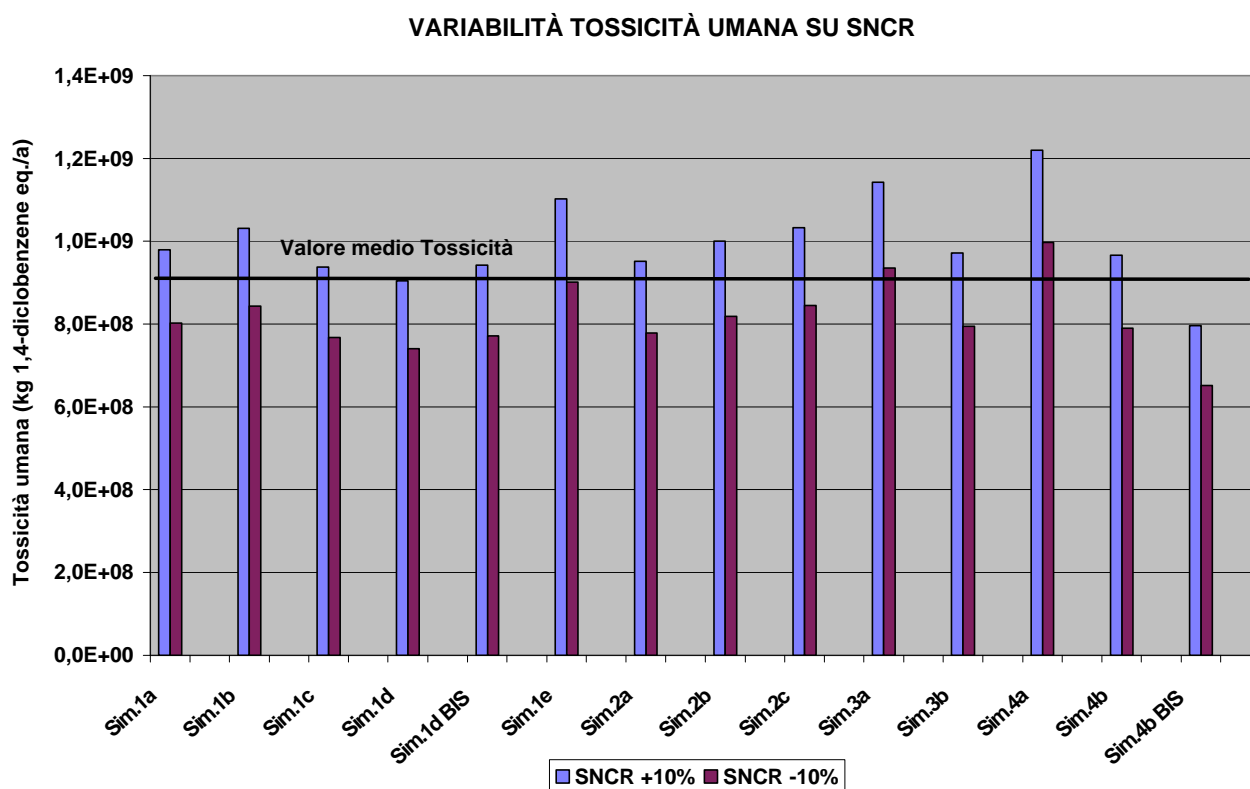


Fig. 8: Variabilità della Tossicità umana rispetto al valore medio (SNCR)⁵.

⁵ SNCR = *Selective Non Catalytic Reduction*, si ha iniezione di NH_3 senza catalizzatore finale.
SCR = *Selective Catalytic Reduction*, si ha iniezione di NH_3 e catalizzatore finale.

VARIABILITÀ TOSSICITÀ UMANA SU SNCR+SCR

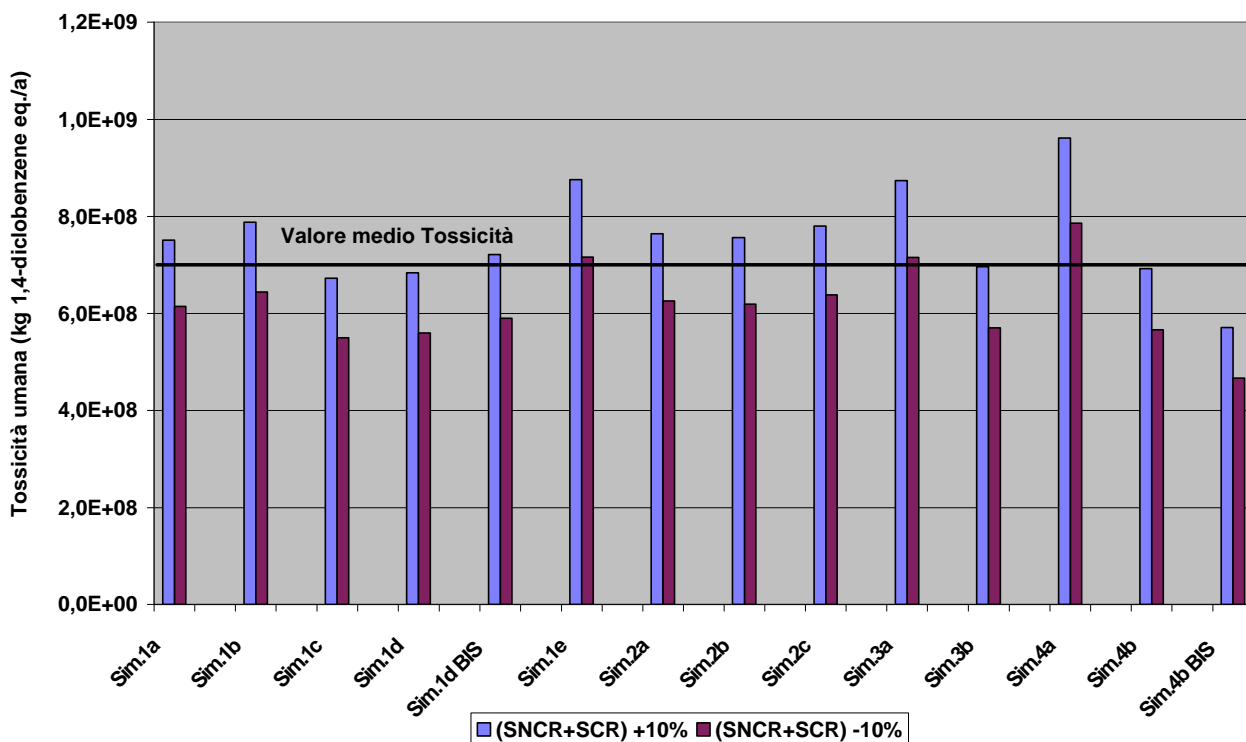


Fig. 9: Variabilità della Tossicità umana rispetto al valore medio (SNCR+SCR).

In fig. 10 si riporta, infine, un grafico che evidenzia il contributo dato alla Tossicità umana dai soli trattamenti biologici, o dalla sola combustione. Come si può evincere dall'istogramma, è prevalente l'impatto offerto dalla combustione, rispetto a quello dei soli trattamenti biologici. Bisogna comunque aggiungere che, per questi ultimi, è importante verificare le modalità di rilascio di inquinanti dalle fasi di pretrattamento, avvenendo queste a quote inferiori rispetto alla combustione.

TOSSICITÀ UMANA SCORPORATA

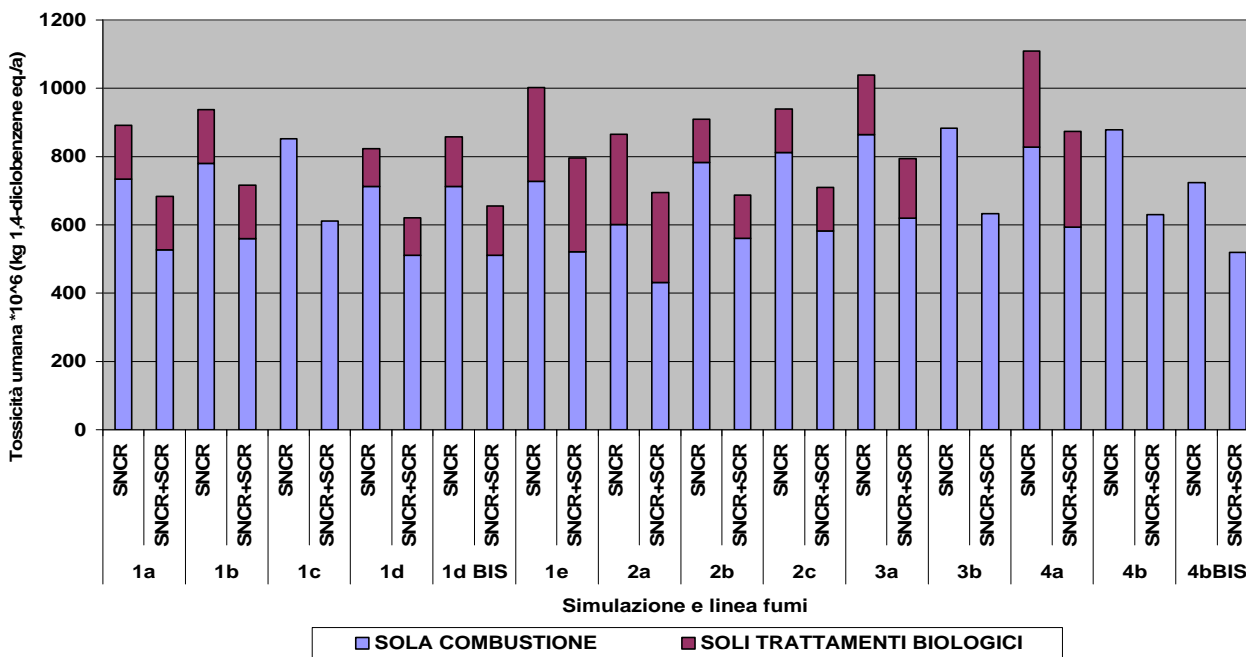


Fig. 10: Contributo alla Tossicità umana dei soli trattamenti biologici e della sola combustione.

ALLEGATO 1

Tipo di trattamento	1a	1b	1c	1d	1d BIS	1e	2a	2b	2c	3a	3b	4a	4b	4b BIS
Vaglio rotante (40-100 mm)	X + lacerasacchi	X + lacerasacchi	X + lacerasacchi				X + lacerasacchi	X + lacerasacchi	X + lacerasacchi	X + lacerasacchi	X + lacerasacchi			
Separazione magnetica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
Pressa							X	X	X					
Pressostrusore				X	X									
Trituratore						X	X	X	X			X	X	X
Bioessiccazione		X				X				X		X		
Essiccamento termico			X					X			X		X	X
Digestione anaerobica				X			X	X	X					
Stabilizzazione	X			X	X + strutturante		X							
Cernitrice Al ad induzione	X	X	X			X	X	X	X	X	X			X
Separatore balistico	X	X	X				X	X	X					
Separatore gravimetrico pneumatico						X								X
Tavola densimetrica	X						X							
Separatore vetro	X	X	X				X	X	X					

Tab. 2: Prospetto riassuntivo che evidenzia i diversi comparti e macchinari presenti nelle varie simulazioni trattate.