

# Le «virtù» del rifiuto

THOR (Total-House waste Recycling): una tecnologia alternativa per la conversione di rifiuti solidi urbani in combustibile da rifiuto

Sesto Viticoli, Paolo Plescia

Il panorama dei rifiuti solidi urbani in Italia risulta estremamente variegato, ricco di aspetti legati alle rapide modificazioni sociali, tecnologiche e legislative. I numeri che caratterizzano attualmente questa realtà sono:

- produzione media annua di RSU di 26 milioni di tonnellate, con una media di 1,23 chili per abitante;
- raccolta differenziata attestata sul 7,2% del totale di RSU;
- oltre 2.000 discariche attive sul territorio nazionale, il 40% delle quali aperte grazie alle ordinanze d'urgenza consentite dall'art. 12 del Dpr 915/82.

Dal punto di vista della raccolta differenziata la situazione risulta molto variabile: nel Nord Italia si ottiene attualmente una percentuale di raccolta differenziata del 12,7%, mentre al Centro è del 5,6% e al Sud dell'1,1%.

La strada dell'incenerimento, peraltro molto controversa, viene percorsa in

Italia dal 6% dei rifiuti prodotti; gli inceneritori per RSU assimilano attualmente circa 1,6 milioni di tonnellate di rifiuti.

In questo panorama non devono sfuggire alcuni punti importanti: la quantità di rifiuti è più che raddoppiata negli ultimi 20 anni; la presenza di quasi il 50% di imballaggi; il problema irrisolto dei rifiuti pericolosi; problemi di ruoli e competenze, ecc.

Fino ad oggi, l'utente paga mediamente 80 euro/anno di tassa rifiuti, con notevoli differenze tra Nord, Centro e Sud.

Il costo medio dei servizi di smaltimento è di circa 0,175 euro/chilogrammo, composto da un costo di raccolta e spazzamento di circa 0,100 euro/kg, un costo di trasporto e smaltimento di 0,07 euro/kg e costi aggiuntivi variabili per i servizi particolari (raccolta differenziata, servizi vari). Oltre all'aspetto puramente gestionale, sull'argomento rifiuti solidi urbani si intrecciano fattori politici e so-

## Composizione di RSU in Italia

Materiale	%
organico (verde)	25 - 30
tessile e legno	6 - 8
cellulosa	25 - 30
plastica	12 - 19
metalli	3 - 4
vetro e inerti	7 - 9

Tabella 1

## Analisi media di un RSU

Materiale	%
SiO <sub>2</sub>	4.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6
CaO	4.1
MgO	0.4
Na <sub>2</sub> O	1.2
K <sub>2</sub> O	0.6
TiO <sub>2</sub>	0.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (minerale)	0.2
PbO	0.6
ZnO	0.6
Hg	10 ppm
Cd	3 ppm
As	0,1 ppm
C tot	32
S tot	3
H	5
CO <sub>2</sub>	5
H <sub>2</sub> O	40

Tabella 2

ciali, connessi con la rapida crescita della società italiana e con la scarsa attenzione che hanno posto i legislatori ai problemi ambientali, fino a quando questi non sono diventati di forte attualità.

In questi anni, però, molte cose sono cambiate, sia per il recepimento di norme comunitarie, sia per l'aumento di interesse, soprattutto economico, che c'è intorno al problema rifiuti.

Si è assistito, infatti, ad una vera e propria rivoluzione con la pubblicazione del D.lgs. 5/2/97 n.22 meglio conosciuto come «Decreto Ronchi».

In tale provvedimento si trovano finalmente gli strumenti operativi per gestire i rifiuti ed il loro recupero.

Tra i punti di forza del citato decreto vi sono il potenziamento della termocombustione dei rifiuti finalizzata al recupero energetico, il potenziamento della raccolta differenziata e la trasformazione della tassa in tariffa. In questo quadro, la situazione italiana si presenta estremamente variegata, ma nel contempo incoraggiante. Nuove tecnologie sono utilizzate e incentivate nello smaltimento e recupero di RSU e nuove esperienze, che coinvolgeranno abitanti, enti e società private, potranno far decollare una realtà industriale e produttiva, sia



La quantità di rifiuti urbani è più che raddoppiata negli ultimi 20 anni in Italia. [ASAPHOTO/T. Colomba]

nel settore ambientale, che nel settore energia e materie prime.

### Composizione del rifiuto

In qualsiasi processo di trasformazione di una materia è fondamentale conoscere la composizione.

La composizione dei rifiuti solidi urbani, materia prima per arrivare ad ottenere il combustibile da rifiuto (CDR), è stata studiata da numerosi Autori, utilizzando statistiche, dati analitici e campionamenti di vario tipo (tabella 1).

Nella valutazione di tali dati è tuttavia da tenere presente la continua evoluzione temporale della composizione, che può modificarsi con il cambiamento delle abitudini e del tenore di vita.

La presenza di «verde» (materiale organico di varia natura, animale e vegetale) determina un contenuto d'acqua molto elevato, compreso tra il 20 e il 40% del peso totale (tabella 1).

Altra sostanza in quantità notevole è l'anidride carbonica, presente sia tal quale (dal 10 al 22%) sia come prodotto di trasformazione.

Gli elementi tipici delle sostanze inorganiche, quali silicio, alluminio, ferro, calcio, metalli vari non ferrosi, sono presenti in misura totale variabile del 15-18%.

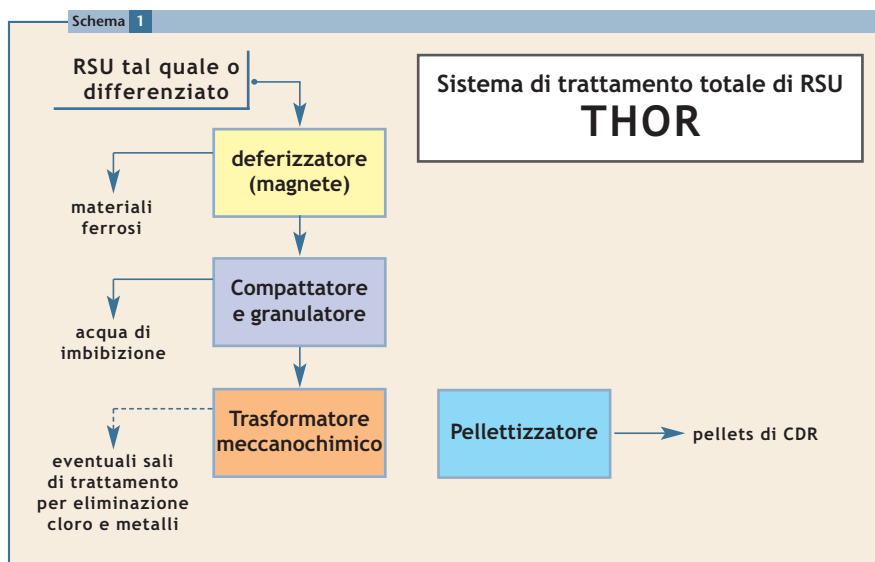
Da questi dati è possibile dare una composizione media dei rifiuti di una città collocata nella UE.

In questo modello compositivo è stato calcolato il fosforo come proveniente dalla componente minerale, mentre una componente importante arriva anche dal materiale organico, ma risulta difficilmente quantificabile.

### Caratteristiche energetiche di RSU

Il D.lgs. n.22 del 5/2/1997 considera, per quanto attiene alla combustione dei rifiuti e dei loro derivati, due aspetti:

- l'incenerimento, che dal 1/1/1999 potrà essere autorizzato solo se accompagnato da recupero energetico e che viene inserito tra le «operazioni di smaltimento» (allegato «B») alle voci «incenerimento a terra» e «incenerimento a mare»;
- la combustione a scopo di recupero energetico, che viene inserita tra le operazioni di recupero (allegato «C») alla



voce «Utilizzazione principale come combustibile o come altro mezzo per produrre energia». Viene così introdotto il concetto di combustibile da rifiuto (CDR), fermo restando che la produzione di CDR necessita di operazioni di separazione di frazioni non combustibili.

Per produrre CDR si utilizzava nel passato la frazione verde (putrescibile) ma questa, per l'elevato contenuto d'acqua e per le scarse proprietà calorifiche, è stata gradualmente sostituita con la frazione «secca», grazie all'aumentata porzione di componenti ad elevato potere calorifico (plastiche, tessuti, carta).

La frazione combustibile del rifiuto iniziale è data dal 32% circa di carbonio e dal 5% circa di idrogeno (tabella 2).

Tale frazione sale ad oltre il 75% se vengono eliminate le componenti non combustibili, quali vetro, metalli, acqua, anidride carbonica.

Obiettivo di una buona tecnologia di trattamento per produzione di CDR è quindi trovare il giusto metodo per eliminare le componenti non combustibili ed effettuare il «dewatering», cioè togliere l'acqua dei materiali organici e infine di separare le componenti che pos-

sono dar luogo a prodotti clorurati e alogenati. Il risultato sarà quello di avere un materiale con elevato tenore in carbonio e idrogeno.

### La tecnologia THOR: aspetti teorici

La tecnologia meccanochimica qui applicata alla trasformazione di RSU, nasce dall'esperienza degli ultimi venti anni sui nuovi materiali e sui trattamenti non ortodossi di metalli, volti all'ottenimento di leghe e di materiali ceramici ad elevatissima resistenza, senza utilizzo di energia termica. Infatti, si usa solo energia meccanica trasferita alla materia attraverso un normale «mulino» che esercita una «comminuzione», cioè una progressiva riduzione dimensionale del materiale.

La tecnologia THOR (Total-House waste Recycling) si basa sull'utilizzo di un «reattore meccanochimico», un mulino ad alta velocità con elevato rapporto massa macinante/materiale macinato, applicato alla frazione organica umida e secca del rifiuto. Le trasformazioni indotte dal reattore meccanochimico sul rifiuto sono di vario tipo: un'essiccazione

CDR e RSU come combustibile			
Rifiuto	Umidità in peso %	Potere calorifico (kcal/kg)	Ceneri %
RSU tal quale	40	2.000	28
CDR fluff	25	3.000	18
CDR pellettizzato	6	4.000-5.000	18
CDR densificato	10	3.500-3.800	18
Legno	25	3.000-3.500	3
Lignite	30-40	2.600-3.000	2-8
Carbone	5-15	6.000-7.800	7-15

Tabella 3



Immagine dell'ultramulino THOR. [cortesia ASSING S.p.A.]

### Confronto tra la tecnologia THOR e le altre tecnologie di distruzione e recupero

Caratteristiche	THOR	Inceneritore Letto fluido	Pirolisi elettrica	Gassificazione
Temperatura di trasformazione	25 °C	1.000-1.200 °C	> 1.800 °C	500-800 °C
Emissione di fumi	nessuna	Sì	Sì	Sì
Ceneri volanti (mg/mc)	0	600-30.000	> 100	> 100
NO <sub>2</sub> (ppm)	0		360-2.500	
SO <sub>2</sub> (ppm)	0		30-600	
HCl (ppm)	0		6-320	
HF (ppm)	0		5-40	
PCDD + PCDF (ppm)	0		5-10	

Tabella 4

ne quasi completa, una riduzione dimensionale con un prodotto finale con granulometria media inferiore ai 30 mm e una omogeneizzazione, una eliminazione di alogeni che si combinano in forma salina ed una precipitazione degli elementi metallici. Questi ultimi, in fase di trattamento, possono essere legati ad un reattivo ad *hoc* al fine di rimuoverli definitivamente dal CDR prodotto.

A valle del trattamento il prodotto in uscita è costituito da un materiale secco con un contenuto di carbonio totale minimo superiore al 65% e di idrogeno totale pari al 12%, avente un potere calorifico pari o superiore a 4.600 kcal/kg. Il combustibile così prodotto risulta essere privo di alogeni e ha un tenore in zolfo ridotto rispetto ai valori indicati dalla normativa europea. Le ceneri risultanti dalla combustione di questo prodotto sono povere in metalli, in quanto questi vengono estratti durante la trasformazione dal trattamento mecano-chimico. Un ulteriore elemento positivo di que-

sta tecnologia è dato dall'assenza di emissioni in atmosfera, quali gas-serra, polveri e diossine, nitriti e nitrati.

### Sperimentazione su scala pilota

L'impianto sperimentale, realizzato con questa tecnologia e assemblato presso il sito del CNR di Montelibretti, ha una produttività di 2 ton/ora, adeguato al trattamento di RSU di comunità di circa 15.000-20.000 abitanti.

Il sistema pilota THOR è composto essenzialmente da cinque macchine, montate in tandem:

- un sistema di eliminazione delle scorie ferrose (deferrizzatore);
- un sistema di granulazione (*shredder*);
- un sistema di trattamento mecano-chimico (ultramulino);
- un ciclone;
- un pellettizzatore.

Nella *schema 1* è stato idealizzato uno schema generale del processo, mentre nella foto in alto si può osservare il pro-

totipo dell'ultramulino, una macchina di progettazione interamente nazionale, capace di trattare i materiali con un'energia superiore ai 100 J/g.

### I vantaggi della tecnologia THOR

La tecnologia THOR potrebbe risultare estremamente competitiva rispetto alle classiche soluzioni date dagli inceneritori o dalla pirolisi.

I dati di consumo energetico e di qualità del CDR prodotto sono particolarmente interessanti; per l'impianto «pilota» è stato calcolato che un kg di rifiuto viene smaltito ad un costo inferiore a 0,1 euro/kg, con un prodotto con caratteristiche adatte alla combustione in caldaia.

Si osservi a questo proposito la *tabella 4*, nella quale vengono messe a confronto varie tecnologie di trattamento rifiuti.

La principale differenza tra la tecnologia THOR e le altre tecnologie di trattamento per ottenere energia dai rifiuti è data dall'impatto che queste hanno sull'ambiente: tutte le tecnologie di trattamento termico hanno emissione di fumi in atmosfera, producono scorie (ceneri e scorie pesanti) che sono smaltite come rifiuti pericolosi e non possono essere economicamente convenienti su scala d'impianto molto piccola. Inoltre gli impianti di questo tipo devono essere costantemente alimentati e non possono essere facilmente accesi e spenti, pena la distruzione del refrattario del forno. Gli spazi necessari per lo stoccaggio temporaneo dei materiali sono molto vasti e altrettanto vasti sono i problemi di emissioni di odori (VOC - Volatile Organic Compound) che vengono così prodotti.

La tecnologia THOR non dà luogo ad emissioni di fumi o scorie o ceneri e non ha limitazioni dimensionali minime. L'ideale scala di impianto per THOR va da 2 a 10 ton/ora, una scala che permette di avere una zona di stoccaggio limitata.

THOR può essere adottato anche in parallelo ad impianti già esistenti, quali impianti di compostaggio e impianti di vagliatura e selezione, aumentando così la produttività globale.

Sesto Viticoli

Direttore Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN) - CNR, Roma

Paolo Plescia

Primo Ricercatore Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN) - CNR, Roma