

Il picco dei rifiuti

Ugo Bardi
Dipartimento di Chimica, Università di Firenze
ugo.bardi@unifi.it
Marzo 2007

Riassunto

Queste note descrivono un esame preliminare delle tendenze di generazione dei rifiuti con particolare interesse ai rifiuti solidi urbani. I dati disponibili nella letteratura sono spesso frammentari, ma sembra chiaro che in tutti i paesi industrializzati si assiste a un rallentamento della crescita della generazione dei rifiuti e, in molti casi, una diminuzione della produzione, soprattutto se rapportata alla popolazione. Questo "picco dei rifiuti" è riproducibile mediante semplici modelli dinamici e appare principalmente correlato al rallentamento generalizzato della crescita economica dei paesi OCSE. Il picco dei rifiuti indica che, sotto certi aspetti, il problema dello smaltimento dei rifiuti potrebbe essere meno grave di quanto a volte prospettato. Allo stesso tempo, l'analisi del sistema che produce i rifiuti in termini di ecologia industriale indica che i problemi di recupero e riciclaggio si faranno sempre più importanti nel futuro, in particolare per quanto riguarda metalli relativamente rari.

1. Tendenze della produzione dei rifiuti

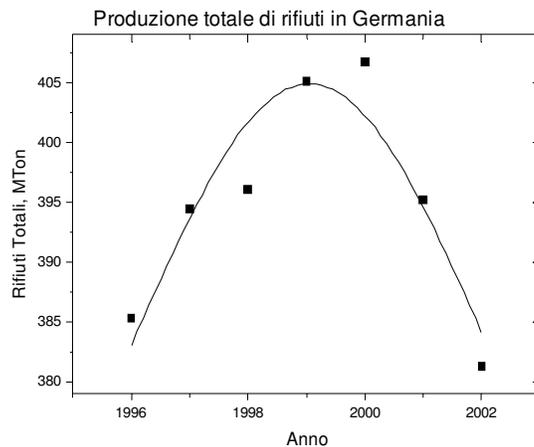
Dei rifiuti si sa tutto, o almeno così pare. Le agenzie preposte alla loro gestione traboccano letteralmente di dati. Quanti rifiuti sono prodotti, di che tipo, in quale zona, quanti ne sono raccolti in modo differenziato, in che modo sono smaltiti, eccetera. Tuttavia, manca un dato fondamentale che è invece comune in altre aree in cui si gestiscono e si pianificano flussi di materiali: lo studio e la comprensione delle tendenze produttive; ovvero quello che va comunemente sotto il nome di "forecasting."

In campo petrolifero, per esempio, un concetto fondamentale, dei rapporti annuali di agenzie quali l'IEA o ditte come la BP, è lo studio della produzione per periodi di decenni e l'estrapolazione nel futuro. Ditte specializzate come CERA (Cambridge Energy Research Associates) o Petroconsultants si occupano quasi esclusivamente di forecasting e il loro lavoro è considerato talmente importante da essere coperto da copyright e diffuso soltanto a pagamento. Il forecasting si basa su modelli che cercano di descrivere le tendenze storiche della produzione e poi a estrapolarli nel futuro. Le estrapolazioni sono sempre rischiose ma, ovviamente, servono perlomeno a dare agli operatori economici del settore un'idea di quali saranno le tendenze produttive future.

Nel caso dei rifiuti non sembra che esistano studi dettagliati in questo senso. Quali sono le tendenze della produzione dei rifiuti? Aumenteranno o diminuiranno nel futuro? Nell'un caso o nell'altro, quali fattori economici e tecnologici causano l'aumento o la diminuzione? Evidentemente, queste sono domande importanti se dobbiamo pianificare i sistemi di smaltimento. A proposito della necessità di nuovi impianti, bisogna sapere di quanti ne avremo bisogno esattamente. Inoltre, non basta sapere i quantitativi di inquinanti che un singolo impianto emette, dobbiamo sapere da quanti impianti arriveranno le emissioni.

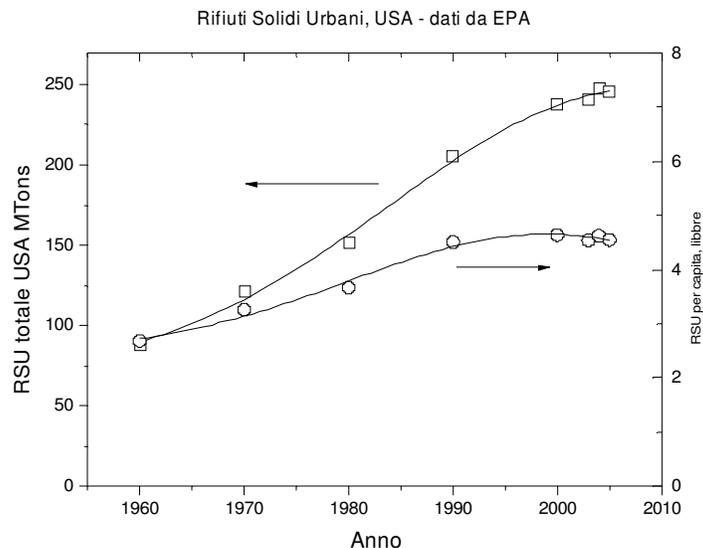
In Italia esiste ben poco in questo senso. Nelle 953 pagine del rapporto APAT del 2006 sui rifiuti solidi urbani, i dati sulle tendenze produttive sono sparpagliati e raramente messi in forma grafica. Non ci troviamo nessun forecasting, non esiste neanche la parola, nemmeno nella sua traduzione italiana di "predizione/i". Un lavoro interessante in questo campo è stato fatto da Lostrangio e Pandolfo nel 2006, ma rimane sostanzialmente isolato.

Per farci un'idea delle tendenze nella generazione dei rifiuti solidi, tuttavia, esistono abbastanza dati che si possono estrarre dalla documentazione esistente. Un primo caso che evidenzia una tendenza che appare generale è quello della Germania (dati da APAT 2006) dove sono disponibili solo i dati per i rifiuti totali.



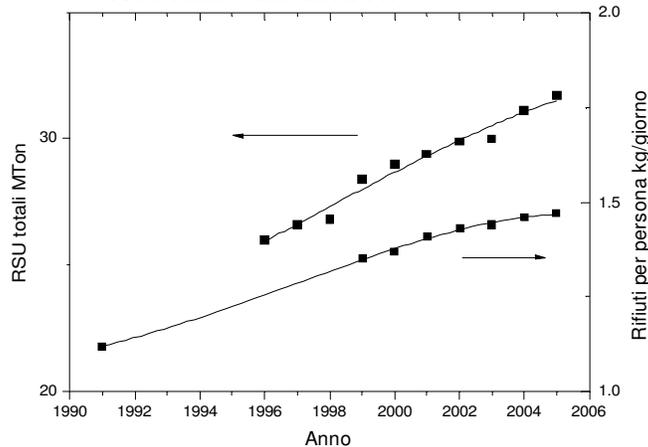
L'andamento è chiaramente non lineare, il che ha suggerito di fittare i dati con una gaussiana per analogia con il caso delle curve di produzione petrolifera, anch'esse descrivibili in modo approssimato con curve gaussiane. Osserviamo un netto declino della produzione totale dei rifiuti negli ultimi anni.

Un caso di un paese in cui si hanno dati per il caso dei RSU su un periodo di tempo più lungo è quello degli Stati Uniti ((EPA 2006) L'andamento dei dati indica che la tendenza nella generazione di RSU è stata generalmente in aumento dal 1960 ad oggi, ma negli ultimi tempi si osserva un'inversione, specialmente nella generazione per persona. Anche qui, i dati sperimentali sono stati fittati con delle gaussiane.



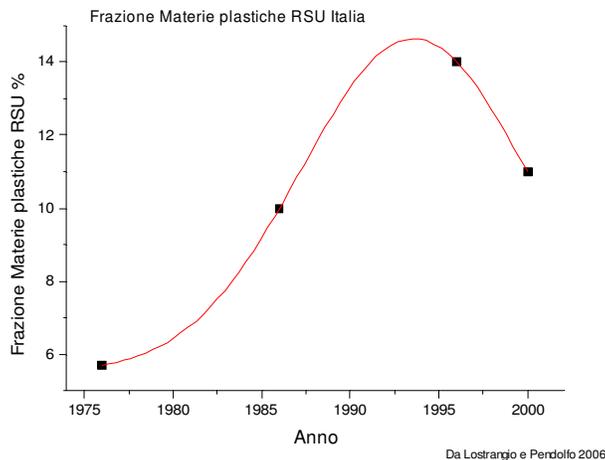
Qualcosa di simile appare per l'Italia, dove i dati per i rifiuti urbani sono mostrati nella stessa forma grafica. L'andamento è simile a quello degli Stati Uniti, ma non vediamo ancora un picco ben definito, anche se la forma delle curve è chiaramente la stessa.

RSU Italia - dati da APAT



In termini generali, possiamo esaminare i dati per varie nazioni riportati nel rapporto APAT del 2006. Su un totale di 12 paesi per i quali esistono dati sufficienti per una valutazione; 8 mostrano una diminuzione della produzione dei RSU, e solo 4 (fra cui l'Italia) un lieve aumento. In tutti i casi, l'andamento è simile a quelli riprodotti graficamente qui per l'Italia, Stati Uniti e Germania; ovvero si osserva un forte rallentamento della crescita della generazione dei rifiuti negli ultimi anni. Sembrerebbe che in tutti i casi si abbia una tendenza a raggiungere un picco nella generazione dei rifiuti ma alcuni paesi lo hanno già passato, altri non ancora.

Un punto da considerare è che i dati mostrati finora accorpano tutti i tipi di rifiuti considerando soltanto il peso. Quello che succede nella pratica è che la massa di rifiuti è fortemente eterogenea e la sua composizione ha mostrato forti variazioni durante i periodi per i quali abbiamo dati. La tendenza fino a non molto tempo fa sembrava essere l'incremento della frazione della plastica a scapito della frazione umida. Questa tendenza sembra essersi invertita negli ultimi tempi sia in Italia sia un po' ovunque nel mondo. Per l'Italia si vedano i seguenti dati presi da Lostrangio e Pandolfo (2006). Evidentemente, il "picco della plastica" in Italia è avvenuto già diversi anni fa.



In generale, siamo quindi di fronte a un certo numero di tendenze storiche evidenti in tutti i paesi del mondo:

1. Arresto della crescita della generazione dei rifiuti
2. Riduzione della quantità di rifiuti per persona
3. Riduzione della frazione di plastica nei rifiuti e corrispondente aumento della frazione umida

2. Modelli

Ci possiamo adesso domandare quali sono le ragioni per l'andamento osservato, ovvero una tendenza all'arresto della crescita nella produzione dei rifiuti e addirittura una sua inversione. In linea di principio, possiamo attribuire l'andamento osservato a tre fattori.

1. Variazione della composizione dei rifiuti, che favorisce rifiuti leggeri, per esempio plastica al posto del vetro, e quindi ne diminuisce il peso
2. Effetto della legislazione che incoraggia pratiche che portano alla produzione di quantità minori di rifiuti
3. Effetto del rallentamento della crescita economica dei paesi OCSE che riduce l'output industriale e di conseguenza la produzione dei rifiuti

Probabilmente, tutti e tre i fattori hanno un ruolo, ma sembra probabile che il terzo sia il principale. Per quanto riguarda la variazione di composizione; abbiamo visto come la tendenza all'aumento della quantità di plastica, ovvero di una frazione leggera, si sia invertita negli ultimi tempi. Per questo, possiamo attribuire alla variazione della composizione solo un ruolo marginale nell'inversione osservata.

Anche le politiche di gestione dei rifiuti potrebbero aver un ruolo, ma anche questo appare marginale. Per esempio, gli Stati Uniti, paese liberista per eccellenza, non hanno politiche molto restrittive in questo campo, eppure la produzione di rifiuti per capita è in diminuzione.

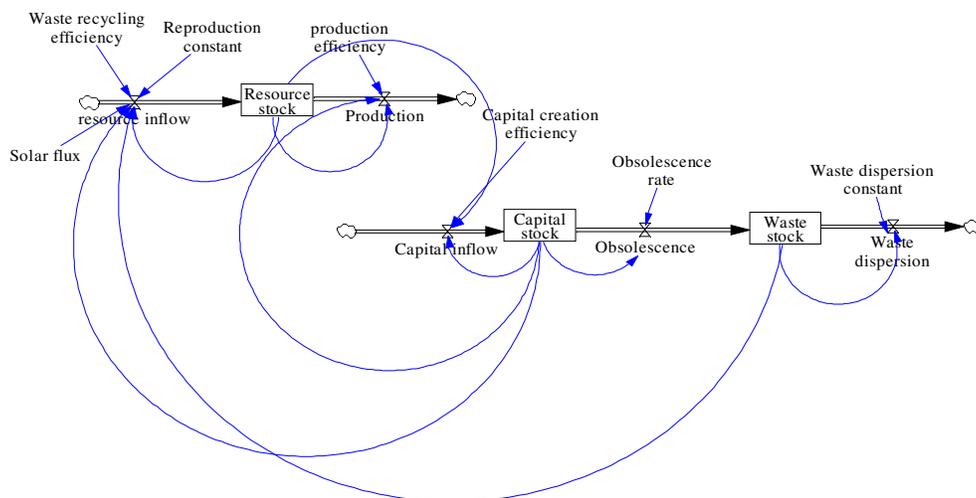
Si tratta allora di esaminare la tendenza osservata alla luce di un modello che tiene conto dei fattori economici che producono i rifiuti. Non esistono molti modelli in questo senso, ma possiamo provare a costruirne uno usando i metodi della *dinamica dei sistemi*. La dinamica dei sistemi è una metodica sviluppata a partire dagli anni '60; i concetti principali sono quelli di stock e di flusso dei vari elementi del sistema che sono legati fra di loro in funzione di una serie di equazioni differenziali non-lineari. La dinamica dei sistemi è concepita tipicamente come un metodo semi-quantitativo utile per amplificare la capacità della mente umana di comprendere il comportamento di sistemi complessi.

Un modello dinamico del sistema economico che includa lo smaltimento dei rifiuti può essere costruito nelle sue linee essenziali partendo da assunzioni basate sui concetti fondamentali dell'ecologia industriale. Ovvero il sistema industriale è basato sull'input di un insieme di stock di risorse, alcuni rinnovabili altri no, che vengono trasformati in capitale che, a sua volta, degrada in rifiuti che possono essere parzialmente riciclati oppure dispersi nell'ambiente. Le assunzioni dettagliate sono le seguenti:

1. Il sistema economico è definito da tre stock principali; quello delle materie prime, quello del capitale (insieme delle entità economiche esistenti) e quello dei rifiuti accumulati.
2. Lo stock delle materie prime può essere ricostituito parzialmente da flussi biologici o energetici naturali, oppure da riciclaggio attraverso l'attività umana.
3. La produzione di una materia prima è proporzionale all'entità dello stock e all'ammontare del capitale usato per l'estrazione.
4. Il capitale prodotto è proporzionale allo stock di materia prima utilizzata e al capitale pre-esistente.

5. Il capitale è soggetto a deprezzamento, ovvero obsolescenza, proporzionalmente all'ammontare di capitale esistente.
6. Lo stock dei rifiuti riciclabili si forma proporzionalmente alla velocità di obsolescenza del capitale.
7. Lo stock dei rifiuti riciclabili decresce proporzionalmente al riciclaggio e alla perdita definitiva di materiale verso l'ambiente.

Il modello può essere descritto in forma grafica come segue.

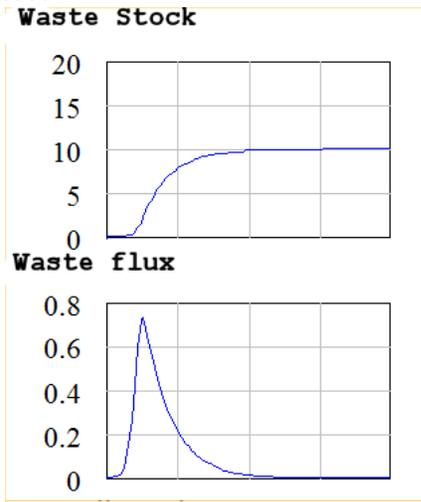


Il modello può essere risolto con metodi standard, qui è stato usato il software "Vensim" e i risultati dei calcoli sono i seguenti.

1. Il caso più semplice: le materie prime sono completamente non-rinnovabili e non c'è riciclaggio. In questo caso, la produzione e l'accumulazione di capitale crescono fino a un certo punto, per poi decrescere e andare a zero. Il sistema accumula uno stock finito di rifiuti che si disperde lentamente nell'ambiente.
2. il riciclaggio parziale, accompagnato da una parziale dispersione dei rifiuti nell'ambiente, non varia in modo sostanziale l'andamento del caso più semplice. Ritarda il crollo della produzione e l'azzeramento del capitale accumulato, ma non lo evita.
3. Per risorse completamente non rinnovabili, il sistema economico si può stabilizzare su un valore non zero del capitale accumulato e della produzione soltanto nell'ipotesi di un riciclaggio al 100% dei rifiuti. Questa ipotesi è evidentemente irrealizzabile.
4. Realisticamente, il sistema economico si può stabilizzare su attività maggiori di zero per una combinazione dell'uso di risorse rinnovabili (p.es energia solare) e riciclaggio parziale. Quanto maggiori sono questi due fattori, tanto maggiore è il livello di attività del sistema economico.

Le due figure qui di seguito illustrano i risultati dei casi principali, a sinistra risorse non rinnovabili e nessun riciclaggio, a destra riciclaggio parziale e parziale flusso di risorse rinnovabili. "Waste" indica "rifiuti"

Caso 1



Caso 4

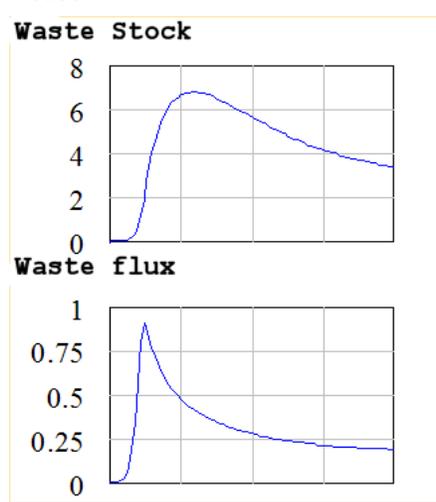


Figura 1. Produzione (flusso) e accumulo (stock) dei rifiuti nel sistema economico. A sinistra, caso di risorse completamente non rinnovabili e zero riciclaggio; a destra, risorse parzialmente rinnovabili con riciclaggio. La scala delle x è in unità di tempo.

Come si vede, il modello riproduce l'andamento osservato sperimentalmente, ovvero la produzione di rifiuti ("waste flux") passa per un massimo e poi declina. Le curve non sono simmetriche e lo sono tanto meno quanto maggiore è la frazione di risorse rinnovabili utilizzate nel sistema economico

Possiamo anche citare un altro modello dinamico (Dyson et al 2005). I calcoli sono specifici per la città di San Antonio, Texas, ma il modello è generale e anche questo riproduce l'andamento qualitativo a "picco" osservato in generale nei vari paesi.

B. Dyson, N.-B. Chang / Waste Management 25 (2005) 669–679

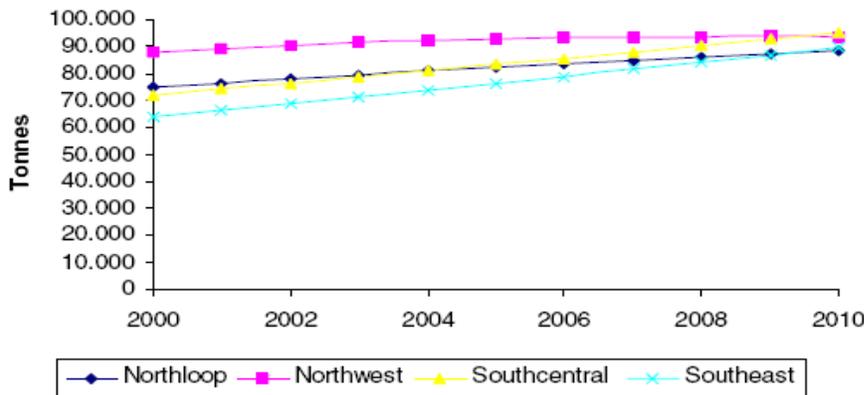


Fig. 9. Simulation of tonnes generated based on income per service center region (model 1).

In sostanza i modelli e i dati sperimentali sono in accordo nel dirci che, a causa della progressiva diminuzione della disponibilità di risorse non rinnovabili, stiamo vedendo l'inizio di una tendenza alla diminuzione della produzione dei rifiuti, cosa che si farà sempre più evidente nel prossimo futuro. In un certo senso, questo

riduce il problema dello smaltimento dei rifiuti, ma rende cruciale il problema del recupero delle risorse, ovvero di ritrasformare in risorse i rifiuti. La disponibilità di risorse per l'economia dipenderà nel futuro dalla capacità che avremo di eseguire questo recupero.

3. Conclusione: scelte pratiche

Sembra evidente che siamo di fronte a un cambiamento di tendenza importante nella generazione dei rifiuti. Per tutto il ventesimo secolo, la quantità di rifiuti generata è stata sempre in aumento, sia in termini assoluti come per persona. Oggi, questa quantità tende a stabilizzarsi e potrebbe cominciare a diminuire nel prossimo futuro, come già avviene in alcuni paesi. Le conseguenze di questo fenomeno sono che l' "emergenza rifiuti" potrebbe non essere così grave come viene a volte descritta, perlomeno nel senso che la necessità di nuovi impianti di trattamento potrebbe non essere così urgente come si dice.

Tuttavia, è altrettanto vero che la questione del riciclaggio si sta facendo sempre più importante, in particolare per quanto riguarda i metalli con l'aumentare dei costi di estrazione e dei prezzi di mercato. Al momento attuale, il sistema di trattamento dei rifiuti non tiene conto della necessità di riciclare anche a valle, oltre la raccolta differenziata, ma è necessario cominciare a considerarlo. Si è parlato delle discariche come delle nuove miniere anche se, nella pratica, estrarre uno specifico tipo di materiale da una discarica sarebbe estremamente difficile. Meglio da una discarica, comunque, che estrarlo dalla scoria vetrificata di un inceneritore. Su questa base, i migliori sistemi di trattamento sono quelli che non fondono, vetrificano o compattano insieme la frazione inorganica non combustibile. Idealmente, sarebbe la cosa migliore non riscaldare affatto i rifiuti, ma comunque è il caso di usare temperature di trattamento più basse possibili.

Nella pratica, nel breve termine per lo smaltimento sono raccomandabili tutti i metodi a bassa temperatura. Il criterio per la scelta non è necessariamente quello della loro resa energetica o economica, ma quello della loro *flessibilità*, ovvero la loro capacità di gestire rifiuti che avranno sempre meno potere calorifico e per i quali potremmo e dovremmo scegliere di non bruciare la frazione di origine fossile.

Bibliografia

Lostrangio e Pandolfo, 2006.

http://www.ambientediritto.it/dottrina/Politiche%20energetiche%20ambientali/politiche%20e.a/influenza_evoluzione_lostrangio_pandolfo.htm

EPA, 2006 <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/pubs/mswchar05.pdf>

APAT, 2006, Rapporto rifiuti

Brian Dyson, Ni-Bin Chang; Waste Management 25 (2005) 669–679 Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling.

<http://www.solidwastedistrict.com/information/uswaste.html>

R. Guseo e A. della Valle, 2005 www.stat.unipd.it/~guseo/GR260.pdf

E. V. Verhoef Gerard P. J. Dijkema, and Markus A. Reuter, journal of industrial ecology, 2004 vol 8, p 23)