



**CERIS**  
ISTITUTO DI RICERCA  
SULL'IMPRESA E LO SVILUPPO



# La Curva Ambientale 'a la Kuznets' nel Settore dei Rifiuti Solidi Urbani

**Graziano Abrate & Matteo Ferraris**

**SEMINARIO CERIS – Collegio Carlo Alberto**

14 giugno 2010

# Agenda

**1) Introduzione e obiettivi**

**2) Letteratura**

**3) Il modello teorico**

**4) Dati**

**5) Analisi empirica**

**6) Conclusioni**

# Introduzione

- Produzione di rifiuti solidi urbani (RSU) in Italia dal 2003 al 2007: da 524 a 546 kg pro-capite annui, **+4.2%** (fonte: ISPRA, 2008)
- Possibili politiche per ridurre l'impatto ambientale dei RSU:
  - ✓ Incentivi nella **fase di produzione** di beni di consumo (es. riduzione del packaging, imballaggi riutilizzabili, ...)
  - ✓ Incentivi nella **fase di consumo** (es. politiche di sensibilizzazione dei consumatori, tariffa volumetrica, introduzione di sistemi di erogazione alla spina, sacchetti di plastica biodegradabile, ...)
  - ✓ Sistemi di **raccolta** differenziata, riciclaggio e riutilizzo
- Quadro normativo italiano:
  - ✓ D.Lgs. 22/1997 (Decreto Ronchi)
  - ✓ D.Lgs. 152/2006 (limitazioni sull'assimilazione di rifiuti speciali agli RSU, obiettivi sulla raccolta differenziata)

# Obiettivi della ricerca

- Analisi delle determinanti della produzione di RSU
- Applicazione dell'idea di curva ambientale 'a la Kuznets' (Environmental Kuznets Curve o EKC) al settore dei rifiuti e sviluppo di un modello teorico
- Applicazione alla realtà italiana su dati a livello comunale

# Agenda

**1) Introduzione e obiettivi**

**2) Letteratura**

**3) Il modello teorico**

**4) Dati**

**5) Analisi empirica**

**6) Conclusioni**

# Letteratura teorica

- Curva di Kuznets: relazione ad U rovesciata tra sviluppo economico e diseguaglianza (Kuznets, S., 1955)
- Adattamento dell'idea originaria rispetto alla **relazione tra reddito e inquinamento** (Andreoni, J. and Levinson, A., 2001; Khanna, N. and Plassman, F., 2006) → **Curva ambientale 'a la Kuznets'**
- **Analisi teorica delle determinanti della produzione di rifiuti** (Podolsky, M.J. and Spiegel, M., 1998; Fullerton, D. and Kinnaman, C., 1999; Kipperberg, G., 2003)

# Letteratura empirica

- **EKC** con variabili di **inquinamento generico** (Shafik, N., 1994; Khanna, N. e Plassman, F., 2004)
- **Rifiuti differenziati e programmi di raccolta** in U.S. e in Italia (Jenkins, R., 2003; Tornavacca, A., Favoino, E. e Santi, M., 2002)
- **Determinanti della produzione di rifiuti** a livello di famiglia in Europa (Johnstone N. e Labonne, J., 2004)
- **De-linking tra reddito e produzione di rifiuti** nelle regioni e province italiane (Mazzanti, M., Montini, A. e Zoboli, R., 2007) e in Europa (Mazzanti, M., 2008)
- Analisi delle determinanti dal lato della **produzione** e dello **smaltimento** dei rifiuti nei comuni europei (Mazzanti, M.A. e Zoboli, R., 2009)

# Agenda

**1) Introduzione e obiettivi**

**2) Letteratura**

**3) Il modello teorico**

**4) Dati**

**5) Analisi empirica**

**6) Conclusioni**



# Il modello teorico

consumo      Rifiuti non differenziati      Rifiuti totali      Rifiuti differenziati

$$\text{Max}U(c, R_{ind}) = \text{Max}\{c - [\gamma c - c^\alpha E^\beta]\}$$

*s.t.*

$$W = cp_c + Ep_E$$

“Effort” ambientale legato all’implementazione della raccolta differenziata

# Derivazione della EKC

$M = W/p_c$  reddito reale

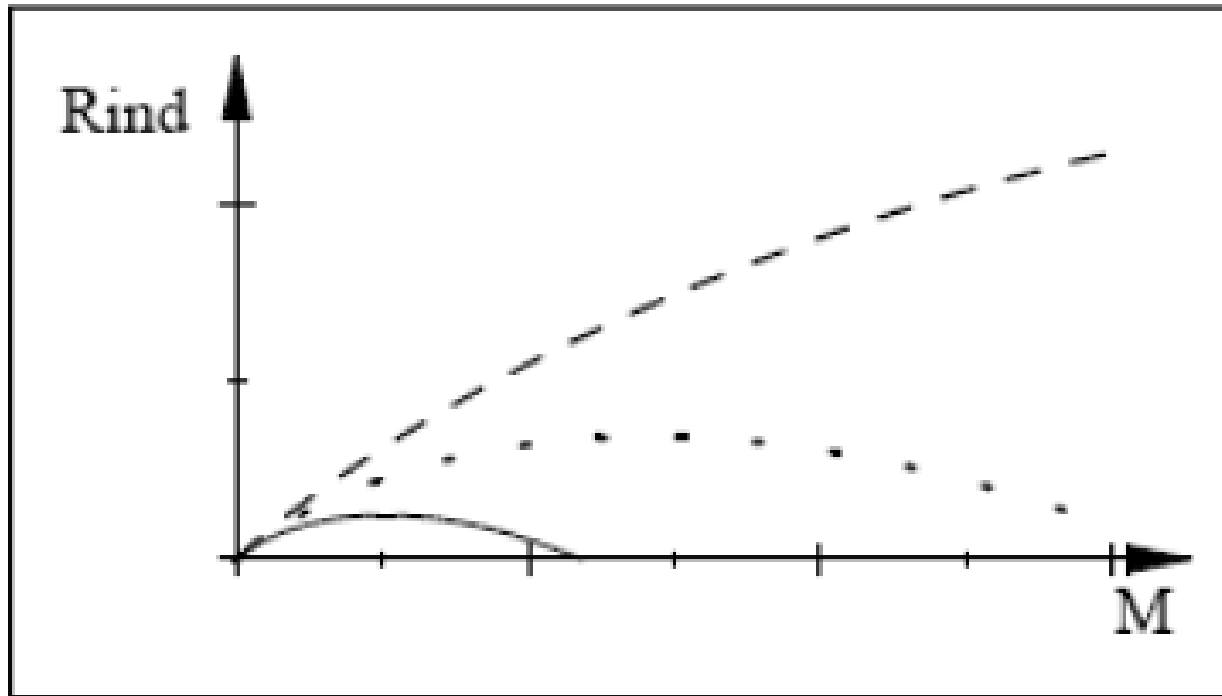
$$R_{ind}^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M - \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^\alpha \left( \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^\beta \frac{M^{\alpha + \beta}}{\pi^\beta}$$

Possiamo ipotizzare che il prezzo relativo dell'effort ambientale dipenda da una serie di variabili socio-economiche ( $S_i$ ) caratteristiche del comune

$$\pi = \frac{P_E}{P_c} \equiv f(S_i)$$

**N.B.:** Se  $\alpha + \beta > 1 \rightarrow$  la relazione porta ad identificare un punto di massimo (turning point) e quindi una curva 'a la Kuznets'.

# EKC al variare di $\pi$



La curvatura della EKC dipende dal prezzo dell'effort: all'aumentare di  $\pi$ , il turning point si sposta verso livelli di reddito più elevati

# Agenda

**1) Introduzione e obiettivi**

**2) Letteratura**

**3) Il modello teorico**

**4) Dati**

**5) Analisi empirica**

**6) Conclusioni**

# Dati

- 547 comuni italiani dal 2004 al 2006, totale = 1554 osservazioni
- I dati coprono 1/3 della popolazione italiana. Nord: 171 comuni; Centro: 158 comuni; Sud: 218 comuni
- Quantità di rifiuti totali e indifferenziati (fonte: EcoCerved)
- Reddito comunale (fonte: IlSole24ore)
- Variabili demografiche e socio-economiche (fonte: Istat)

# Statistiche descrittive

Variable	Variable description	Mean	Standard deviation	Min	Max
$R_{tot}$	Total amount of solid waste collected (Kg/year per-capita)	467.83	142.71	138.65	1427.06
$R_{IND}$	Total amount of non-separated waste collected (Kg/year per-capita)	383.54	153.45	60.36	1409.64
$R_S$	Total amount of separated waste collected (Kg/year per-capita)	84.29	71.62	0.21	391.06
$M$	Per-capita real income (€)	9749.23	3750.38	3000.08	21596.55
$S_{ALT}$	Altitude	193.02	185.22	0	1093
$S_{POP}$	Population	40,484	139,971	992	2,711,491
$S_{DENS}$	Population density	891.93	1230.04	23	9442
$S_{HS}$	Household size	2.56	0.28	1.93	3.56
$S_{ED}$	Share of adult population with high-school degree (%)	31.91	7.36	14.86	53.96

# Agenda

**1) Introduzione e obiettivi**

**2) Letteratura**

**3) Il modello teorico**

**4) Dati**

**5) Analisi empirica**

**6) Conclusioni**

# Analisi empirica

- Stima di due modelli a confronto:

- Modello lineare:

$$R_{\phi} = \alpha + \beta_M M + \beta_{MM} M^2 + \sum_i \beta_i S_i + \sum_j \beta_{Mj} M \cdot S_j$$

with  $\phi = \{TOT, NS, S\}$  and  $i, j = \{ALT, POP, DENS, HS, ED\}$ .

- Modello non lineare:

$$R_{ind}^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M - \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^{\alpha} \left( \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^{\beta} \frac{M^{\alpha + \beta}}{\pi^{\beta}}$$

Il turning point  
dipende dalle  
caratteristiche

$S_i$





# Risultati del modello lineare

Dependent variable	$R_{TOT}$	$R_{IND}$	$R_D$	$\ln(R_{TOT})$	$\ln(R_{IND})$	$\ln(R_D)$
<i>Coefficients (p-value in brackets)</i>						
$\beta_M$	0.0685 (0.000)	0.0649 (0.000)	n.s.	3.0860 (0.001)	11.8958 (0.000)	-40.6727 (0.000)
$\beta_{MM}$	-2.20e-06 (0.000)	-2.75e-06 (0.000)	6.98e-07 (0.000)	-0.1661 (0.009)	-0.6709 (0.000)	2.3422 (0.000)
<i>F-Statistic</i>	75.74	110.97	285.16	74.32	127.17	204.93
<i>Adjusted R-squared</i>	0.3461	0.4594	0.6222	0.3812	0.5146	0.5919
<i>Turning point (€)</i>	15,561	11,797	–	10,799	7,085	–

# Influenza delle variabili socio-economiche

Dependent variable	$R_{TOT}$	$R_{IND}$	$R_D$	$\ln(R_{TOT})$	$\ln(R_{IND})$	$\ln(R_D)$
$\beta_{ALT}$	-41.3644 (0.000)	-42.6574 (0.000)	n.s.	-0.7672 (0.000)	-0.7218 (0.000)	-1.6076 (0.000)
$\beta_{POP}$	n.s.	0.9132 (0.048)	n.s.	1.0252 (0.000)	1.0207 (0.000)	n.s.
$\beta_{DENS}$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
$\beta_{HS}$	<b>-213.8853</b> <b>(0.034)</b>	<b>-164.5701</b> <b>(0.097)</b>	<b>-68.5077</b> <b>(0.000)</b>	<b>-4.488</b> <b>(0.011)</b>	<b>-14.7535</b> <b>(0.000)</b>	<b>-21.4653</b> <b>(0.000)</b>
$\beta_{ED}$	<b>-153.4046</b> <b>(0.006)</b>	<b>-179.2156</b> <b>(0.001)</b>	<b>42.6267</b> <b>(0.040)</b>	<b>-2.1493</b> <b>(0.012)</b>	<b>-5.3865</b> <b>(0.000)</b>	<b>26.5826</b> <b>(0.000)</b>
$\beta_{M,ALT}$	0.0021 (0.000)	0.0027 (0.000)	-0.0005 (0.000)	0.0777 (0.000)	0.0732 (0.000)	0.1625 (0.000)
$\beta_{M,POP}$	n.s.	n.s.	n.s.	-0.1091 (0.000)	-0.1058 (0.000)	n.s.
$\beta_{M,DENS}$	-0.0004 (0.000)	-0.0003 (0.001)	-0.00015 (0.000)	-0.0025 (0.002)	-0.0035 (0.001)	-0.0045 (0.006)
$\beta_{M,HS}$	<b>-0.0389</b> <b>(0.000)</b>	<b>-0.0487</b> <b>(0.000)</b>	<b>0.0121</b> <b>(0.000)</b>	<b>-0.6249</b> <b>(0.001)</b>	<b>-1.8205</b> <b>(0.000)</b>	<b>2.3491</b> <b>(0.000)</b>
$\beta_{M,ED}$	<b>0.0161</b> <b>(0.002)</b>	<b>0.0252</b> <b>(0.000)</b>	<b>-0.0110</b> <b>(0.000)</b>	<b>0.2379</b> <b>(0.011)</b>	<b>0.6089</b> <b>(0.000)</b>	<b>-2.9823</b> <b>(0.000)</b>

# Risultati del modello non-lineare

Dependent variable is $R_{ind}$	[1] Italy	[2] North	[3] Centre	[4] South
<i>Number of observations</i>	1554	476	447	631
$\alpha$	1	1	1	1
$\beta$	<b>1.1246 (0.000)</b>	<b>0.8579 (0.000)</b>	<b>1.1488 (0.000)</b>	<b>1.5257(0.000)</b>
<i>Determinants of <math>P_E</math></i>				
<i>Constant</i>	<b>8.0532 (0.000)</b>	<b>9.0690 (0.000)</b>	<b>6.8320 (0.000)</b>	<b>12.2227 (0.000)</b>
<i>ALT</i>	<b>-0.0278 (0.079)</b>	0.0056 (0.776)	<b>-0.0910 (0.003)</b>	<b>-0.2036 (0.000)</b>
<i>POP</i>	0.0451 (0.190)	0.0045 (0.417)	0.0017 (0.176)	-0.0183 (0.424)
<i>DENS</i>	-0.0134 (0.102)	<b>-0.0392 (0.045)</b>	0.0474 (0.621)	0.0383 (0.503)
<i>HS</i>	<b>-4.5061(0.000)</b>	<b>-6.9063 (0.000)</b>	<b>-2.4722 (0.001)</b>	<b>-6.0203 (0.000)</b>
<i>ED</i>	<b>1.3872 (0.000)</b>	<b>1.1947 (0.000)</b>	<b>0.7725 (0.000)</b>	-0.0343 (0.952)
<i>Turning point (€)</i>	<b>9,427</b>	<b>10,345</b>	<b>9,724</b>	<b>8,251</b>

# Agenda

**1) Introduzione e obiettivi**

**2) Letteratura**

**3) Il modello teorico**

**4) Dati**

**5) Analisi empirica**

**6) Conclusioni**

# Conclusioni

- Stima dell'EKC nel settore dei rifiuti: tentativo di unire l'analisi teorica ed empirica con una base dati a livello comunale
- L'analisi evidenzia la presenza di un delinking tra sviluppo economico e produzione di rifiuti, ma soprattutto grazie all'effetto dell'aumento della raccolta differenziata
- Il livello del turning point dipende dalle caratteristiche socio-demografiche dei singoli comuni, in quanto esse impattano sul prezzo dell'effort di implementare politiche ambientali → è corretto stabilire obiettivi standard da raggiungere a livello nazionale?
- Idee per migliorare l'analisi: inserimento nel modello di variabili di regolamentazione, tipologia di raccolta, ...