

**UN INDICATORE SINTETICO DI DOTAZIONE INFRASTRUTTURALE:  
IL METODO DELLE PENALITÀ PER COEFFICIENTE DI VARIAZIONE**

**Matteo MAZZIOTTA e Adriano PARETO**

Istat, via Magenta 4, 00185, Roma

**SOMMARIO**

Il presente lavoro ha lo scopo di fornire uno strumento innovativo per la misurazione sintetica della dotazione infrastrutturale dei territori.

Il criterio proposto, denominato *metodo delle penalità per coefficiente di variazione*, standardizza un insieme di indicatori elementari riportando le diverse serie alla medesima scala e utilizza come funzione di aggregazione una media aritmetica corretta mediante un coefficiente di penalità che è funzione, per ciascuna unità territoriale, della variabilità degli indicatori rispetto al valor medio. Tale penalità viene impiegata nell'ipotesi che la dotazione infrastrutturale relativa a ciascun settore non sia sostituibile con quella degli altri e ciò richiede una dotazione bilanciata di tutti i settori considerati. L'indice ottenuto è di semplice determinazione, non risente della presenza di dati anomali (outliers) ed è facilmente interpretabile e comparabile nel tempo.

La metodologia esposta è stata applicata agli indicatori delle infrastrutture ambientali delle regioni italiane e si propone di fornire una misura sintetica della dotazione infrastrutturale che possa facilmente cogliere la capacità di un'area e il suo sviluppo nel tempo.

**1 INTRODUZIONE**

La valutazione quantitativa del grado di infrastrutturazione di un'area geografica è un obiettivo complesso e ambizioso che pone rilevanti problemi di carattere metodologico. Al di là delle difficoltà di reperimento dei dati, ci sono, infatti, dei problemi di aggregazione e interpretazione dei risultati. La complessità principale risiede nella multidimensionalità del

fenomeno, la misurazione del quale richiede, dapprima, il superamento di ostacoli di natura concettuale e definitoria e, successivamente, l'annosa scelta se limitarsi a fornire una misura di natura analitica, rappresentata da un sistema di indicatori semplici, oppure costruire una misura sintetica che, mediante un'opportuna funzione di aggregazione, sia capace di raccogliere i molteplici aspetti del fenomeno oggetto di studio. È pur vero che il sistema di indici semplici fornisce sempre una informazione completa ed esaustiva; tuttavia, la sua multidimensionalità può rendere eccessivamente gravosa la lettura e l'analisi del fenomeno in osservazione. L'obiettivo di poter disporre, per ciascuna area geografica, di una quantificazione univoca (unidimensionale) che raccolga in sé "tutte" le informazioni, in modo da renderle immediatamente visibili e interpretabili, può semplificare notevolmente l'analisi territoriale dei dati, completando e non sostituendo quanto già emerso dall'analisi dei singoli indicatori. Inoltre, una misurazione unica può costituire un valido ausilio per il *policy maker* che, dovendo trasformare le informazioni in decisioni, può risultare particolarmente favorito dalla immediata fruibilità propria di tali indici.

In breve, la metodologia seguita per la costruzione degli indicatori di dotazione infrastrutturale può essere così riassunta:

- costruzione di una batteria di indici elementari espressi in opportune unità di misura;
- normalizzazione degli indici elementari in modo che questi siano indipendenti dalla dimensione delle aree geografiche;
- aggregazione degli indici normalizzati e costruzione di indicatori sintetici.

L'ampio confronto esistente in letteratura relativamente alla validità e affidabilità di queste misure deve indurre tutti gli addetti ai lavori, *in primis* il *policy maker*, alla massima cautela. E' pertanto opportuno sottolineare le notevoli limitazioni di queste misure: da una parte spiccano le numerose componenti di arbitrarietà che necessariamente si introducono, in particolare per ciò che riguarda la selezione degli indici semplici, dall'altra emergono tutti gli aspetti metodologici connessi ai criteri di normalizzazione, standardizzazione e sintesi dei dati (Brunini *et al.*, 2002). Il rischio di un utilizzo "non consapevole" di queste misure può portare a trarre conclusioni eccessivamente semplicistiche in quanto, tali misure, sono frequentemente utilizzate dai decisori, allo scopo di formare la graduatoria delle unità territoriali oggetto di studio. Rischiosa può essere anche la realizzazione di confronti temporali: in tal senso è necessario utilizzare con estrema attenzione i vettori obiettivo e più in generale l'analisi multivariata cercando, comunque, di mantenere il controllo delle numerose variabili coinvolte.

In sostanza, implementare un indicatore sintetico significa percorrere una strada con numerosi ostacoli, il superamento dei quali può richiedere la presa di decisioni difficili e troppo arbitrarie, con il rischio di perdere lungo il tragitto informazioni preziose che evidentemente caratterizzano le aree geografiche. Si pensi, da un lato, agli ostacoli riguardanti la disponibilità dei dati, la scelta degli indicatori più rappresentativi e il loro trattamento per

renderli confrontabili (standardizzazione) e, dall'altro, alla scelta della funzione di sintesi; in quest'ultima fase, forse la più critica, l'arbitrio del ricercatore assume un ruolo fondamentale, infatti le scelte possibili per giungere a un indice di sintesi sono numerose e spaziano dagli strumenti di statistica descrittiva alle tecniche di analisi multivariata, dall'adozione di misure di distanza fino all'applicazione di funzioni lineari e non.

Nonostante i limiti metodologici accennati, gli indicatori sintetici sono ampiamente utilizzati da numerosi organismi internazionali per misurare fenomeni di natura economica, ambientale e sociale (Joint Research Centre – European Commission, 2002) e per questo costituiscono uno strumento quanto mai attuale e in corso di evoluzione.

## **2 QUADRO CONCETTUALE DI RIFERIMENTO**

Numerosi studiosi hanno sviluppato e approfondito, nel tempo, le metodologie di sintesi per la costruzione di indicatori della dotazione infrastrutturale di aree. I primi lavori, in Europa, risalgono agli inizi degli anni ottanta, con la pubblicazione del documento della Commissione della Comunità Europea che proponeva uno studio sul contributo delle infrastrutture allo sviluppo regionale. A questo studio si legano, direttamente e indirettamente, tutti i lavori realizzati successivamente in Italia dal mondo accademico, scientifico e da qualificati istituti di ricerca. L'approccio di tale commissione, presieduta da D. Biehl, fornisce una misura della dotazione infrastrutturale di un'area in termini fisici, utilizzando quindi una versione semplificata del metodo dell'inventario comune, nel quale si evita la fase di determinazione del prezzo dei singoli beni capitali (Mazziotta, 2005). Una volta applicato tale approccio, si giunge alla formulazione di un set di indicatori che esprimono la dotazione di infrastrutture nel territorio; il passo successivo è la determinazione della misura di sintesi, ossia della funzione di aggregazione degli indicatori già normalizzati e standardizzati; il gruppo della Commissione Europea scelse una tecnica di sintesi articolata in due fasi: nella prima si utilizzava la media aritmetica e successivamente la media geometrica. Questa stessa tecnica è stata riproposta in numerosi studi italiani per più di un decennio; solo di recente sono stati pubblicati, da fonti ufficiali, indici di infrastrutturazione calcolati mediante un approccio diverso che vede anche l'applicazione dell'analisi multivariata (Istituto G. Tagliacarne, Unioncamere, 2001).

Negli ultimi anni, l'Istituto Nazionale di Statistica, all'interno del "Servizio Informazioni territoriali e sistema informativo geografico" della "Direzione Centrale esigenze informative, integrazione e territorio", ha approfondito diversi aspetti della tematica, istituendo vari gruppi di lavoro e sviluppando metodologie innovative ancora oggi oggetto di discussione da parte della comunità scientifica. In tale contesto si inserisce il "Sistema di indicatori di dotazione e funzionalità delle infrastrutture", pubblicato dall'Istat nel corso del 2006 e nato nell'ambito del Progetto "Informazione statistica territoriale e settoriale per le politiche strutturali 2001-

2008” cofinanziato dal Dipartimento per le Politiche di Sviluppo. Il prodotto, supportato da un software per la navigazione dei dati e contenente circa 500 variabili e 450 indicatori calcolati dal 1996 e articolati secondo i diversi livelli territoriali a partire da quello provinciale, ha il pregio di fornire agli studiosi uno strumento ufficiale e completo per la determinazione di misure analitiche di infrastrutturazione. Nell’ambito dello stesso progetto si colloca un gruppo di lavoro a cui partecipano gli autori, avente il compito di costruire degli indicatori sintetici di infrastrutturazione a livello di singola area; tale obiettivo, di grande complessità e delicatezza, sta richiedendo approfondite analisi e riflessioni (Brunini *et al.*, 2007).

Il gruppo di lavoro ha avviato le proprie attività usufruendo di un notevole capitale di esperienza critica in materia di tecniche di standardizzazione e di sintesi, oggetto negli ultimi anni, da parte dei ricercatori impegnati nella realizzazione del “Sistema di indicatori di dotazione e funzionalità delle infrastrutture”, di ampi studi che hanno messo in evidenza le caratteristiche e gli effetti che la loro applicazione produce sull’output finale. Queste analisi hanno persuaso il gruppo dell’inesistenza di un metodo che produca risultati oggettivamente e universalmente validi e che, al contrario, debbano essere i dati e gli obiettivi contingenti a condurre, di volta in volta, all’individuazione di un criterio in grado di produrre soluzioni robuste, attendibili e coerenti con gli scopi proposti.

### **3 IL METODO DELLE PENALITÀ PER COEFFICIENTE DI VARIAZIONE**

Il metodo delle penalità per coefficiente di variazione si propone di fornire una misura sintetica degli indicatori di dotazione delle infrastrutture che soddisfi i seguenti requisiti:

- 1) standardizzazione degli indicatori mediante un criterio di trasformazione che consenta di liberarli sia dall’unità di misura che dalla loro variabilità;
- 2) sintesi indipendente da un’unità “ideale”, in quanto la definizione di un insieme di valori obiettivo è soggettiva, non è univoca e può variare nel tempo<sup>1</sup>;
- 3) semplicità di calcolo.

Inoltre, si assume che ciascuna componente della dotazione infrastrutturale non sia sostituibile (o lo sia solo in parte) con le altre e ciò comporta una dotazione bilanciata di tutte le componenti.

I requisiti esposti possono essere soddisfatti sulla base delle seguenti considerazioni.

Com’è noto, distribuzioni di indicatori diversi, misurati in modo diverso, possono essere confrontate, al netto della ponderazione implicita che la diversa variabilità induce sull’indice

---

<sup>1</sup> Alcuni metodi utilizzano, come funzione di sintesi degli indicatori, un indice di distanza di ciascuna unità territoriale da un’unità “ideale”. Tuttavia, il criterio di determinazione dell’unità “ideale” è spesso arbitrario e soggettivo. Un’ulteriore perplessità sorge in merito all’eventualità che l’unità “ideale” a cui si perviene possa, di fatto, non esistere, dal momento che gli indicatori impiegati sono, nella quasi totalità dei casi, tutt’altro che indipendenti e i valori “ottimali” potrebbero costituire una combinazione incongruente.

sintetico, mediante la trasformazione in scarti standardizzati (Aureli Cutillo, 1996). Pertanto è possibile riproporzionare gli indicatori elementari, in modo che oscillino tutti entro la medesima scala, trasformando ciascun indicatore in una variabile standardizzata con media  $M=100$  e scostamento quadratico medio  $S=10$ : i valori così ottenuti saranno compresi, all'incirca, nell'intervallo  $(70; 130)^2$ .

La standardizzazione rispetto alla media e allo scostamento quadratico medio, inoltre, non richiede la definizione di un vettore di valori obiettivo, in quanto sostituisce tale vettore con l'insieme dei valori medi. In tal modo, risulta agevole individuare le unità territoriali che hanno un livello di dotazione delle infrastrutture al di sopra di quello medio (valori maggiori di 100) e le unità che hanno un livello di dotazione al di sotto della media (valori minori di 100).

In questo contesto, è possibile introdurre un coefficiente di penalità che è funzione, per ciascuna unità territoriale, della variabilità degli indicatori rispetto al valor medio ("variabilità orizzontale"). Tale variabilità può essere misurata mediante il coefficiente di variazione, evitando il ricorso a indici relativi basati sull'ipotesi di trasferibilità del carattere<sup>3</sup>. Ciò consente di penalizzare il punteggio di ogni unità (media dei valori delle variabili standardizzate) di una quantità direttamente proporzionale a tale grandezza, favorendo così le unità che, a parità di media aritmetica, hanno un maggiore equilibrio tra i valori degli indicatori.

L'uso degli scarti standardizzati nel calcolo dell'indice sintetico, infine, permette di costruire una misura monotona non decrescente e poco influenzata dagli outliers.

Nella tabella 1 è riportato un esempio di standardizzazione degli indicatori mediante trasformazione in numeri indici e calcolo degli scarti standardizzati.

Si noti che il calcolo dei numeri indici consente di liberare gli indicatori dall'unità di misura, ma non di svincolarli dalla loro variabilità.

Ciò comporta un maggior peso sulla media aritmetica degli indicatori che, in termini di numeri indici, hanno una variabilità più grande. Infatti, utilizzando i numeri indici, I3 ha un peso maggiore di I1 nel calcolo della media e l'unità 1 ottiene un punteggio maggiore dell'unità 5 (107,9 contro 101,6); mentre con le variabili standardizzate le due unità assumono lo stesso punteggio (103,7).

Quindi, volendo attribuire uguale importanza ad ogni variabile, sarà necessario ricorrere a un criterio di trasformazione degli indicatori che consenta di depurarli, oltre che dall'unità di misura, anche dalla loro variabilità (Delvecchio, 1995).

---

<sup>2</sup> In base al teorema di Bienaymé-Cebycev, i termini della distribuzione interni all'intervallo  $(70; 130)$  devono costituire almeno l'89% del totale dei termini della distribuzione.

<sup>3</sup> Gli indici relativi di variabilità hanno il vantaggio di variare tra 0 e 1, ma lo svantaggio di essere strettamente dipendenti dalle ipotesi in base alle quali si determina il massimo dell'indice.

*Tabella 1* Confronto tra metodi di standardizzazione degli indicatori

UNITA'	Indicatori			Numeri indici (base=Media)				Var. standardizzate			
	X1	X2	X3	I1	I2	I3	Media	Z1	Z2	Z3	Media
1	3	200	1.000	42,9	114,3	166,7	107,9	85,9	111,2	114,1	103,7
2	5	150	800	71,4	85,7	133,3	96,8	92,9	88,8	107,1	96,3
3	7	175	600	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4	9	150	400	128,6	85,7	66,7	93,7	107,1	88,8	92,9	96,3
5	11	200	200	157,1	114,3	33,3	101,6	114,1	111,2	85,9	103,7
<b>Media</b>	<b>7</b>	<b>175</b>	<b>600</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
<b>S.q.m.</b>	<b>2,8</b>	<b>22,4</b>	<b>282,8</b>	<b>40,4</b>	<b>12,8</b>	<b>47,1</b>		<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	

Per quanto riguarda la funzione di aggregazione degli indicatori, generalmente, nell'ipotesi di non sostituibilità delle componenti elementari, si utilizza la media geometrica (Biehl, 1991), che è minore o uguale alla media aritmetica. In particolare, la media geometrica e la media aritmetica coincidono se i valori degli indicatori sono uguali, mentre assumono valori diversi tanto più i valori degli indicatori differiscono tra di loro.

Tuttavia, la media geometrica presenta alcuni svantaggi che ne possono limitare l'uso in quanto presuppone che la grandezza da sintetizzare sia di natura moltiplicativa, anziché additiva, e non può essere calcolata in presenza di valori negativi o nulli.

La tabella 2 riporta un esempio di sintesi degli indicatori mediante media aritmetica (Ma) e media geometrica (Mg). Come si può notare, le unità 2 e 4, pur registrando una dotazione complessiva pari a quella dell'unità 3, hanno una dotazione più sbilanciata e, quindi, nella graduatoria secondo la media geometrica occupano una posizione inferiore (il rango passa dalla seconda alla terza posizione), a causa della maggiore "variabilità orizzontale".

*Tabella 2* Confronto tra metodi di sintesi degli indicatori

UNITA'	Indicatori			Var. standardizzate			Ma		Mg	
	X1	X2	X3	Z1	Z2	Z3	Indice	Rango	Indice	Rango
1	3	1	10	85,9	84,2	114,1	94,7	5	93,8	5
2	5	3	8	92,9	100,0	107,1	100,0	2	99,8	3
3	7	3	6	100,0	100,0	100,0	100,0	2	100,0	2
4	9	3	4	107,1	100,0	92,9	100,0	2	99,8	3
5	11	5	2	114,1	115,8	85,9	105,3	1	104,3	1
<b>Media</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>				
<b>S.q.m.</b>	<b>2,8</b>	<b>1,3</b>	<b>2,8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>				

Il metodo proposto per il calcolo dell'indice sintetico prevede i seguenti passi.

### 1) Standardizzazione degli indicatori

Data una matrice  $X=\{x_{ij}\}$  di n righe (unità territoriali) e m colonne (indicatori), si passa alla matrice  $Z=\{z_{ij}\}$  in cui:

$$z_{ij} = \frac{(x_{ij} - M_{x_j})}{S_{x_j}} S + M$$

dove:

$$M_{x_j} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}; \quad S_{x_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - M_{x_j})^2}{n}};$$

$x_{ij}$  = valore dell'indicatore j nell'unità i;

$S = 10$  e  $M = 100$ .

### 2) Calcolo della “variabilità orizzontale”

Data la matrice  $Z=\{z_{ij}\}$ , si calcola il vettore dei coefficienti di variazione  $CV=\{cv_i\}$  in cui:

$$cv_i = \frac{S_{z_i}}{M_{z_i}}$$

dove:

$$M_{z_i} = \frac{\sum_{j=1}^m z_{ij}}{m} \quad \text{e} \quad S_{z_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - M_{z_i})^2}{m}}.$$

### 3) Costruzione dell'indice sintetico

L'indice sintetico dell'i-esima unità  $MPcv_i$  si ottiene mediante la formula:

$$MPcv_i = M_{z_i} (1 - cv_i^2) = M_{z_i} - S_{z_i} cv_i,$$

in cui si corregge la media aritmetica degli indicatori standardizzati sottraendo una quantità proporzionale allo scostamento quadratico medio e funzione diretta del coefficiente di variazione.

L'indice ottenuto è tanto maggiore quanto più grande è la media aritmetica degli indicatori standardizzati e quanto più piccolo è lo scostamento quadratico medio.

In particolare:

- date due unità  $h$  e  $k$  tali che  $M_{z_h} = M_{z_k}$ , si ha  $MPcv_h > MPcv_k$  se e solo se:  $S_{z_h} < S_{z_k}$ , ovvero, a parità di media aritmetica, l'indice assegna un punteggio maggiore all'unità con più bassa variabilità degli indicatori standardizzati;
- date due unità  $h$  e  $k$  tali che  $M_{z_h} > M_{z_k}$ , si ha  $MPcv_h > MPcv_k$  se e solo se:  $M_{z_h} - M_{z_k} > S_{z_h} cv_h - S_{z_k} cv_k$ , ovvero, in presenza di medie aritmetiche diverse, l'indice assegna un punteggio maggiore all'unità con più alta media aritmetica solo se la differenza tra le medie delle due unità è superiore alla differenza tra i prodotti degli scostamenti quadratici medi per i coefficienti di variazione.

L'uso del quadrato del coefficiente di variazione nel calcolo dell'indice sintetico consente di limitare l'effetto 'scavalco' tra due unità con medie aritmetiche diverse solo ai casi in cui l'unità con media aritmetica più alta ha una variabilità sensibilmente maggiore dell'altra.

#### 4 RISULTATI SPERIMENTALI

In questo paragrafo sono illustrati i risultati relativi all'applicazione del metodo proposto agli indicatori delle infrastrutture ambientali<sup>4</sup>, in Italia, a livello regionale.

Gli indicatori utilizzati sono descritti nella tabella 3 e si dividono in due sotto-aree: depurazione dell'acqua e smaltimento dei rifiuti.

*Tabella 3* Indicatori delle infrastrutture ambientali

Denominazione	Codice Istat
DEPURAZIONE DELL'ACQUA	
Impianti di depurazione delle acque reflue urbane esistenti per 100.000 abitanti	IEN001
Impianti di depurazione delle acque reflue urbane esistenti in esercizio per 100 impianti esistenti	IEN002
Impianti di depurazione delle acque reflue urbane esistenti e in corso di realizzazione per 100.000 abitanti	IEN003
Impianti di depurazione delle acque reflue urbane in corso di realizzazione per 100 impianti esistenti	IEN004
Impianti di depurazione delle acque reflue urbane in esercizio costruiti dopo il 1990 per 100 impianti in esercizio	IEN006
Comuni serviti da un sistema di depurazione delle acque reflue urbane completo per 100 comuni	IEN045
Abitanti serviti da un sistema di depurazione delle acque reflue urbane completo per 100 abitanti	IEN046
SMALTIMENTO DEI RIFIUTI	
Rifiuti urbani oggetto di raccolta differenziata per 100 tonnellate di rifiuti urbani prodotti	IEN007
Rifiuti urbani smaltiti per 100 tonnellate di rifiuti urbani prodotti	IEN008
Impianti di smaltimento dei rifiuti urbani per 1.000.000 abitanti	IEN009
Impianti di discarica per rifiuti urbani per 1.000.000 abitanti	IEN010
Quantità media in tonnellate di rifiuti urbani smaltiti per discarica	IEN011
Rifiuti urbani smaltiti in discarica per 100 tonnellate di rifiuti urbani smaltiti	IEN012
Impianti di trattamento dei rifiuti urbani (compostaggio, biostabilizzazione e incenerimento) per 1.000.000 di abitanti	IEN013
Impianti di discarica per rifiuti speciali per 10.000 kmq di superficie territoriale	IEN015

<sup>4</sup> Si noti che, a causa dello scarso numero di indicatori a disposizione, sono stati inclusi nell'analisi anche gli indicatori di funzionalità delle infrastrutture.



Per ciascuna sotto-area sono stati confrontati i seguenti criteri di sintesi:

- a) media aritmetica degli indicatori standardizzati (Ma);
- b) media geometrica degli indicatori standardizzati (Mg);
- c) metodo delle penalità per coefficiente di variazione (MPcv).

Gli indicatori delle infrastrutture per la depurazione dell'acqua derivano dall'*Indagine sugli impianti di depurazione delle acque reflue urbane* di competenza dell'Istat, effettuata nel 1999, nel rispetto della scadenza censuaria (tabella 4).

L'indagine, condotta a livello comunale, copre un campo di osservazione costituito dagli impianti che trattano le acque di scarico da uso civile e/o industriale. Gli indicatori di dotazione riguardano il numero di impianti esistenti e quelli in corso di realizzazione, mentre l'aspetto della funzionalità si riferisce alla copertura del servizio rispetto ai comuni e alla popolazione servita, alla quota degli impianti in esercizio e in corso di realizzazione e al loro stato di obsolescenza.

**Tabella 4** Indicatori delle infrastrutture di depurazione dell'acqua per regione – Anno 1999

REGIONI	IEN001	IEN002	IEN003	IEN004	IEN006(a)	IEN045	IEN046
Piemonte	59,3	98,2	60,0	1,2	21,1	54,6	65,9
Valle d'Aosta	180,9	99,5	184,2	1,9	16,2	77,0	81,7
Lombardia	13,0	95,8	13,3	2,3	5,0	46,6	50,0
Trentino-Alto Adige	29,1	100,0	30,6	5,2	12,7	53,4	68,1
Veneto	21,2	97,4	21,5	1,5	9,2	63,9	55,1
Friuli-Venezia Giulia	46,1	97,8	46,9	1,8	11,6	50,7	71,9
Liguria	35,5	96,3	36,6	3,0	14,3	54,0	32,8
Emilia-Romagna	31,9	99,3	32,2	1,0	12,0	44,3	60,3
Toscana	19,9	97,0	20,4	2,6	14,7	24,4	31,2
Umbria	42,4	94,5	44,2	4,3	13,9	35,9	47,6
Marche	25,1	95,6	25,7	2,5	13,7	23,6	27,2
Lazio	10,3	93,0	11,1	7,6	11,1	38,5	22,3
Abruzzo	66,2	96,9	68,1	2,9	11,0	34,4	48,2
Molise	40,6	95,4	45,2	11,5	7,8	57,4	70,9
Campania	7,1	81,9	8,3	16,9	13,7	37,4	36,5
Puglia	4,9	95,0	4,9	0,0	7,1	72,9	86,0
Basilicata	16,6	85,0	17,1	3,0	17,9	35,9	45,8
Calabria	17,0	70,1	19,0	11,9	7,7	25,2	30,3
Sicilia	5,4	85,1	5,9	10,1	10,6	31,5	32,6
Sardegna	23,1	92,9	24,0	3,7	12,1	71,9	71,7
<b>Media</b>	<b>34,8</b>	<b>93,3</b>	<b>36,0</b>	<b>4,7</b>	<b>12,2</b>	<b>46,7</b>	<b>51,8</b>
<b>S.q.m.</b>	<b>37,5</b>	<b>7,2</b>	<b>38,1</b>	<b>4,4</b>	<b>3,7</b>	<b>16,0</b>	<b>18,9</b>

(a) Anno 1996.

Gli indicatori delle infrastrutture per lo smaltimento dei rifiuti si basano sull'elaborazione denominata *Produzione, recupero, trattamento e smaltimento di rifiuti urbani, speciali e pericolosi*, curata dall'Apat<sup>5</sup> e dall'Onr<sup>6</sup>, relativa al 2003 (tabella 5).

<sup>5</sup> Agenzia per la protezione dell'ambiente e servizi tecnici nazionali.

<sup>6</sup> Osservatorio nazionale rifiuti.

La dotazione di infrastrutture è espressa dal numero di impianti presenti, costituiti da discariche e impianti di trattamento (incenerimento, compostaggio e biostabilizzazione). La funzionalità, in base ai dati disponibili, riguarda la sola gestione dei rifiuti urbani mediante misure sulla raccolta differenziata, sull'utilizzo delle discariche e sulla propensione al trattamento dei rifiuti in alternativa alla discarica (Istat, 2006).

*Tabella 5* Indicatori delle infrastrutture di smaltimento dei rifiuti per regione – Anno 2003

REGIONI	IEN007	IEN008(a)	IEN009	IEN010	IEN011	IEN012(a)	IEN013	IEN015(a)
Piemonte	31,5	97,3	22,0	6,1	50,9	75,3	15,9	35,8
Valle d'Aosta	23,5	79,4	16,4	8,2	59,5	99,9	8,2	144,0
Lombardia	43,9	87,4	10,2	0,8	155,2	28,9	9,4	39,8
Trentino-Alto Adige	33,4	74,1	36,4	14,6	14,8	64,7	21,8	71,3
Veneto	42,1	98,3	11,0	4,1	41,1	47,7	6,9	59,8
Friuli-Venezia Giulia	24,9	95,4	15,9	9,2	16,6	36,5	6,7	86,5
Liguria	48,3	87,6	13,3	9,5	53,8	97,8	3,8	25,8
Emilia-Romagna	26,4	102,8	17,4	7,1	48,9	52,2	10,3	12,2
Toscana	30,3	82,3	19,9	7,0	32,7	49,1	12,9	12,6
Umbria	14,2	142,9	15,3	7,1	57,3	45,8	8,3	7,1
Marche	13,5	103,9	17,3	10,6	41,3	76,6	6,7	2,1
Lazio	8,1	115,8	6,7	1,9	271,9	80,9	4,8	15,7
Abruzzo	14,6	106,1	37,3	31,9	13,0	74,9	5,4	8,4
Molise	3,7	81,6	96,4	90,2	3,0	70,4	6,2	4,5
Campania	8,1	125,9	8,7	4,7	49,7	46,5	4,0	3,7
Puglia	16,2	102,8	7,7	5,0	84,8	90,1	2,7	16,5
Basilicata	5,8	81,3	57,0	50,3	6,5	100,0	6,7	12,0
Calabria	9,4	110,6	24,9	18,9	18,6	81,1	6,0	2,7
Sicilia	6,4	94,5	23,2	21,6	21,5	97,4	1,6	5,8
Sardegna	3,8	99,0	12,8	8,5	51,0	73,5	4,3	18,7
<b>Media</b>	<b>20,4</b>	<b>98,4</b>	<b>23,5</b>	<b>15,9</b>	<b>54,6</b>	<b>69,5</b>	<b>7,6</b>	<b>29,2</b>
<b>S.q.m.</b>	<b>13,8</b>	<b>16,4</b>	<b>20,4</b>	<b>20,4</b>	<b>59,7</b>	<b>21,6</b>	<b>4,6</b>	<b>35,2</b>

(a) Anno 2002.

Nelle tabelle 6 e 7 sono riportati, rispettivamente, gli indici sintetici di infrastrutturazione ambientale di depurazione dell'acqua e di smaltimento dei rifiuti e le corrispondenti graduatorie delle regioni italiane.

Come si può notare dalla tabella 6, i risultati relativi alla dotazione di infrastrutture di depurazione dell'acqua ottenuti con i diversi metodi sono alquanto simili, in quanto i ranghi delle regioni italiane coincidono fino alla settima posizione e dalla quindicesima in poi.

In particolare, la graduatoria secondo il metodo delle penalità per coefficiente di variazione differisce dalla graduatoria secondo la media aritmetica in sei regioni (Veneto, Liguria, Umbria, Campania, Puglia e Basilicata), registrando una differenza media assoluta di rango pari a 0,3. Tale differenza si riduce a 0,1 se si confronta la stessa graduatoria con quella secondo la media geometrica e, in tal caso, soltanto due regioni (Campania e Basilicata) si scambiano la posizione (tredicesima e quattordicesima).

L'indice di cograduazione di Spearman<sup>7</sup> conferma la maggiore similitudine tra il metodo delle penalità per coefficiente di variazione e la media geometrica ( $\rho=0,9985$ ).

**Tabella 6** Graduatorie delle regioni italiane secondo la dotazione delle infrastrutture di depurazione dell'acqua - Anno 1999

REGIONI	Ma		Mg		MPcv		Differenza di rango		
	Indice	Rango	Indice	Rango	Indice	Rango	Mg-Ma	MPcv-Ma	MPcv-Mg
Piemonte	106,8	2	106,5	2	106,1	2	0	0	0
Valle d'Aosta	117,9	1	117,0	1	116,0	1	0	0	0
Lombardia	95,1	18	94,9	18	94,7	18	0	0	0
Trentino-Alto Adige	103,1	4	103,0	4	102,9	4	0	0	0
Veneto	99,3	12	99,1	11	98,9	11	1	1	0
Friuli-Venezia Giulia	102,4	5	102,3	5	102,2	5	0	0	0
Liguria	100,1	8	100,0	9	99,8	9	-1	-1	0
Emilia-Romagna	100,0	10	99,9	10	99,8	10	0	0	0
Toscana	96,3	15	96,0	15	95,8	15	0	0	0
Umbria	100,1	9	100,0	8	99,9	8	1	1	0
Marche	95,6	17	95,4	17	95,2	17	0	0	0
Lazio	95,6	16	95,4	16	95,2	16	0	0	0
Abruzzo	100,7	7	100,5	7	100,3	7	0	0	0
Molise	103,9	3	103,6	3	103,3	3	0	0	0
Campania	98,2	13	97,4	13	96,4	14	0	-1	-1
Puglia	99,4	11	98,7	12	98,0	12	-1	-1	0
Basilicata	97,2	14	96,9	14	96,5	13	0	1	1
Calabria	91,2	20	90,2	20	89,2	20	0	0	0
Sicilia	94,4	19	94,2	19	93,8	19	0	0	0
Sardegna	102,4	6	102,2	6	101,9	6	0	0	0
<b>Differenza media assoluta</b>							<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>
<b>Indice di cograduazione</b>							<b>0,9970</b>	<b>0,9955</b>	<b>0,9985</b>

Dall'esame della tabella 7, si registra una maggiore differenza tra le graduatorie relative alla dotazione di infrastrutture di smaltimento dei rifiuti. Ciò è dovuto alla maggiore variabilità degli indicatori considerati, che hanno una media dei coefficienti di variazione pari al 78%, mentre quelli precedenti non superano il 60%.

Anche in questo caso, la graduatoria secondo il metodo delle penalità per coefficiente di variazione risulta più simile alla graduatoria rispetto alla media geometrica ( $\rho=0,9910$ ), piuttosto che a quella secondo la media aritmetica ( $\rho=0,9759$ ), confermando la capacità del metodo proposto di premiare le unità con una dotazione più bilanciata, in caso di assunzione di non sostituibilità delle singole dotazioni.

Infatti, se nel primo caso la differenza media assoluta di rango è pari a 0,5 e interessa soltanto nove regioni, nel secondo caso le regioni con posizione diverse in graduatoria sono ben

<sup>7</sup> L'indice di cograduazione di Spearman è pari al coefficiente di correlazione di Bravais-Pearson tra due variabili aventi come modalità le posizioni occupate nelle due graduatorie dalle unità.

quattordici e la differenza media assoluta è uguale a 1.

E' interessante osservare, tuttavia, che, pur con le dovute differenze, i diversi metodi di sintesi non stravolgono completamente le graduatorie, in quanto le posizioni estreme rimangono invariate (il Trentino-Alto Adige è al primo posto in tutte le graduatorie, mentre la Campania rimane sempre all'ultimo posto).

*Tabella 7* Graduatorie delle regioni italiane secondo la dotazione delle infrastrutture di smaltimento dei rifiuti - Anno 2003

REGIONI	Ma		Mg		MPcv		Differenza di rango		
	Indice	Rango	Indice	Rango	Indice	Rango	Mg-Ma	MPcv-Ma	MPcv-Mg
Piemonte	103,0	4	102,8	3	102,5	2	1	2	1
Valle d'Aosta	104,0	2	103,3	2	102,5	3	0	-1	-1
Lombardia	100,2	8	99,5	10	98,8	10	-2	-2	0
Trentino-Alto Adige	104,2	1	103,5	1	102,6	1	0	0	0
Veneto	99,8	11	99,5	9	99,2	9	2	2	0
Friuli-Venezia Giulia	98,4	15	98,0	15	97,7	16	0	-1	-1
Liguria	101,2	7	100,8	7	100,3	5	0	2	2
Emilia-Romagna	99,0	12	98,9	12	98,7	11	0	1	1
Toscana	98,1	16	97,9	17	97,6	17	-1	-1	0
Umbria	99,9	10	99,3	11	98,7	12	-1	-2	-1
Marche	98,0	17	97,9	16	97,9	15	1	2	1
Lazio	102,3	5	101,4	5	100,3	6	0	-1	-1
Abruzzo	100,0	9	99,8	8	99,7	8	1	1	0
Molise	103,9	3	102,4	4	100,5	4	-1	-1	0
Campania	96,1	20	95,7	20	95,4	20	0	0	0
Puglia	98,4	14	98,2	14	98,0	14	0	0	0
Basilicata	101,4	6	100,8	6	100,1	7	0	-1	-1
Calabria	98,7	13	98,6	13	98,4	13	0	0	0
Sicilia	97,2	18	96,9	18	96,6	18	0	0	0
Sardegna	96,3	19	96,2	19	96,1	19	0	0	0
<b>Differenza media assoluta</b>							<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>
<b>Indice di cograduazione</b>							<b>0,9895</b>	<b>0,9759</b>	<b>0,9910</b>

## 5 CONCLUSIONI

Valutare il grado di infrastrutturazione di un'area geografica, attraverso una misura unidimensionale, presenta numerosi rischi di errore; l'utilità di queste misurazioni in ambito sociale ed economico ha spinto, nel tempo, diversi studiosi a svilupparne di nuove e ad approfondirne gli aspetti strettamente metodologici, al fine di ottenere degli indicatori sintetici in grado di "conservare" il maggior numero di informazioni.

L'acceso dibattito all'interno della comunità scientifica, negli anni, sembra convergere verso l'idea che non esista un indice universalmente valido per tutti gli ambiti di applicazione e che, quindi, la sua validità dipenda dagli obiettivi strategici della ricerca.

Il *metodo delle penalità per coefficiente di variazione*, proposto dagli autori all'interno di un vasto programma di studi sull'argomento promosso dall'Istat, si propone di arricchire il panorama già esistente di un nuovo strumento di analisi, con l'ambizioso obiettivo che possa, da un lato, rispettare il più possibile le caratteristiche desiderabili di un indice dal punto di vista metodologico e, dall'altro, essere validamente applicato a più contesti scientifici. Risulta scontato che i due obiettivi siano strettamente legati tra loro. Il difficile raggiungimento di tali obiettivi, durante la fase di implementazione dell'indice, ha spinto gli autori a limitare al massimo le fasi di arbitrarietà del ricercatore puntando, per la normalizzazione e la standardizzazione degli indicatori semplici, su strumenti statistici di semplice applicazione e comprensione che potessero eliminare unità di misura e variabilità. La funzione di aggregazione (la media aritmetica) è stata corretta con una quantità proporzionale allo scostamento quadratico medio e funzione diretta del coefficiente di variazione, in modo che possano essere premiate le unità territoriali che presentino minore variabilità tra gli indicatori semplici ("variabilità orizzontale").

I risultati, presentati nell'applicazione sulle infrastrutture ambientali, mostrano una sostanziale uniformità di comportamento tra il metodo proposto e la media geometrica che, come noto, è la funzione di aggregazione scelta dal gruppo di Biehl; il metodo delle penalità, tuttavia, si basa su un modello additivo e non richiede che l'intensità totale del fenomeno (la dotazione infrastrutturale) sia pari al prodotto delle singole componenti.

Concludendo sembra emergere che, al di là dei considerevoli rischi di appiattimento dell'informazione di base, gli indicatori sintetici offrano un contributo di chiarezza insostituibile. A tal proposito, risulta fondamentale la selezione e l'interpretazione degli indici elementari; si ritiene, pertanto, "...*assolutamente indispensabile, per ottenere risultati validi e affidabili, sostenere la fase di scelta della batteria di indicatori di base con una impalcatura teorica che definisca la realtà sociale in ciascuna delle sue dimensioni...*" (Delvecchio, 1995).

## **6 Bibliografia**

- Aureli Cutillo E. (1996) *Lezioni di statistica sociale. Parte seconda, sintesi e graduatorie*, C.I.S.U., Roma.
- Biehl D. (1991) Il ruolo delle infrastrutture nello sviluppo regionale, in Boscacci F. e Gorla G. (a cura di) *Economie locali in ambiente competitivo*, Franco Angeli, Milano.
- Brunini C., Mazziotta M. e Pareto A. (2007) Determinazione di un criterio di sintesi per la costruzione di un indicatore di dotazione di infrastrutture sanitarie, Istat (documento interno).
- Brunini C., Messina A. e Paradisi F. (2002) L'infrastrutturazione delle province italiane: metodi e sperimentazioni, Relazione presentata alla *VI Conferenza Nazionale di Statistica*, Roma.

- Delvecchio F. (1995) *Scale di misura e indicatori sociali*, Cacucci editore, Bari.
- Istituto Nazionale di Statistica (2006) *Le infrastrutture in Italia. Un'analisi provinciale della dotazione e della funzionalità*, Roma.
- Istituto G. Tagliacarne, Unioncamere (2001) *La dotazione di infrastrutture nelle province italiane 1997-2000*, Roma.
- Joint Research Centre – European Commission (2002) *State-of-the art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicators Development*. Institute for the Protection and Security of the Citizen, Ispra.
- Mazziotta C. (2005) *La stima del capitale pubblico a livello regionale: una riflessione di metodo*, in Carlucci M. e Esposito G. (a cura di) *Statistica economica e strumenti di analisi. Studi in memoria di Antonino Giannone*, Istat, Roma, 2005.