

# Analisi eMergetica della Provincia di Potenza: una valutazione integrata economica-ecologica

A. Zucaro\*\*, P. P. Franzese\*, A. Scopa\*, A. Riccio\*\*

\*Dipartimento di Produzione Vegetale, Università degli Studi della Basilicata

\*\*Istituto di Matematica, Fisica ed Applicazioni, Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

## Riassunto

L'analisi eMergetica di Odum è una metodologia di analisi ambientale che consente una valutazione integrata economica-ecologica-termodinamica di un sistema territoriale. La principale peculiarità di questo approccio risiede nel calcolo e nella conversione dei flussi di energia, massa e denaro utilizzati dal sistema investigato rispetto ad una base comune: l'energia solare equivalente. In questo articolo l'analisi eMergetica viene applicata al territorio della Provincia di Potenza, per il quale sono stati calcolati gli indici eMergetici più rappresentativi. L'interpretazione dei risultati ed il confronto con studi analoghi a diverse scale spaziali chiude il caso di studio.

## Introduzione

La tutela dell'ambiente ha assunto negli ultimi anni un ruolo prioritario nelle politiche delle società occidentali. Una serie di problemi globali interessano la biosfera, determinando ingenti danni ai sistemi ecologici e, conseguentemente, alla salute dell'uomo (Desai *et al.*, 2002). Tali danni, peraltro, potrebbero presto assumere il carattere dell'irreversibilità.

E' ormai provato che la soluzione di tali problemi prescinde da un'analisi riduzionistica dei fenomeni considerati. Si tratta infatti di problemi globali, sistemici, significativamente interconnessi e interdipendenti tra loro (Franzese *et al.*, 2003).

La penuria di risorse e il degrado ambientale sono strettamente correlati alla costante espansione demografica ed all'utilizzo di prodotti e tecnologie ad alto potenziale inquinante. Le soluzioni a tali problemi esistono, alcune sono perfino semplici, ma richiedono un mutamento radicale nella *forma mentis*, nella gerarchia dei valori, e, più in generale, nella visione del mondo.

In altre parole, si tratta di adottare nuovi modelli di sviluppo socio-economico, fondati sui principi della sostenibilità ambientale e su scelte etiche maggiormente condivise, coniugando la tutela delle risorse naturali con la sostenibilità dello sviluppo sociale ed economico delle comunità locali. (Brundtland, 1988).

Questo nuovo scenario richiede la capacità di analizzare, valutare ed integrare aspetti diversi: economici, ecologici, sociali ed etici.

La *Teoria dello Sviluppo Sostenibile*, la quale va assumendo la consistenza di un vero e proprio nuovo paradigma scientifico, rappresenta oggi un punto di riferimento per scienziati e politici impegnati sul fronte della sostenibilità dello sviluppo. La sfida lanciata dalla Teoria dello Sviluppo Sostenibile, basata sui concetti di "*capacità portante*" e "*rendimento sostenibile*" (Daly, 1981), è quella di creare delle comunità sostenibili, cioè degli ambienti sociali e culturali nei quali si cerchi di soddisfare i bisogni e le aspirazioni di tutti, senza compromettere le opportunità ed il benessere delle generazioni future.

In questi anni, sono stati sperimentati differenti approcci per valutare la sostenibilità di un ambito territoriale o di un processo produttivo. Alcuni di questi approcci sono oggi basati sull'importanza del "capitale naturale", precedentemente trascurato nelle valutazioni monocriteriali di tipo economico, in quanto considerato un bene fornito gratuitamente dalla natura in quantità illimitata. Le valutazioni ambientali fondate sulla moderna teoria economica dell'*Ecological Economics* (Costanza, 1991) sono invece orientate all'integrazione tra il capitale economico e quello naturale, entrambi riconosciuti come fattori della produzione assieme al lavoro.

L'analisi eMergetica di Odum (1996) è una metodologia di analisi ambientale che consente una valutazione integrata economica-ecologica-termodinamica di un sistema territoriale e/o produttivo (Franzese *et al.*, 2004). Questo approccio è basato sulla conversione dei flussi di energia, massa e denaro utilizzati dal sistema investigato rispetto ad una base comune: l'energia solare equivalente. La scelta di tale riferimento non è casuale, in quanto l'energia solare rappresenta la base di tutti i processi che si verificano nella biosfera (Brown e Ulgiati, 2004).

### La Provincia di Potenza

#### Caratteristiche fisiografiche

La Basilicata è una regione di piccole dimensioni la cui estensione è poco meno di un milione di ettari, dei quali circa il 35 % risulta occupato da boschi e pascoli perenni, il 44 % destinato ad usi agricoli ed il restante 16 % dedicato ad usi abitativi o industriali. Il territorio della Provincia di Potenza si estende su un'area di 6.545 kmq, dei quali circa il 70 % è di tipo montuoso, mentre la restante parte si presenta caratterizzata da colline con piccoli tratti pianeggianti. Tali caratteristiche rendono il clima locale molto diversificato, soprattutto in funzione della quota altimetrica del Comune e della sua distanza dalla costa. Il bacino idrografico regionale assicura consistenti risorse idriche, per lo più sfruttate a fini irrigui e civili ed esportate nella vicina Puglia. I fiumi più rilevanti sono il Bradano, il Basento, il Cavone, l'Agri ed il Sinni. I laghi artificiali più noti sono il lago di San Giuliano, il lago di Monte Cotugno ed il lago di Pietra del Pertusillo,

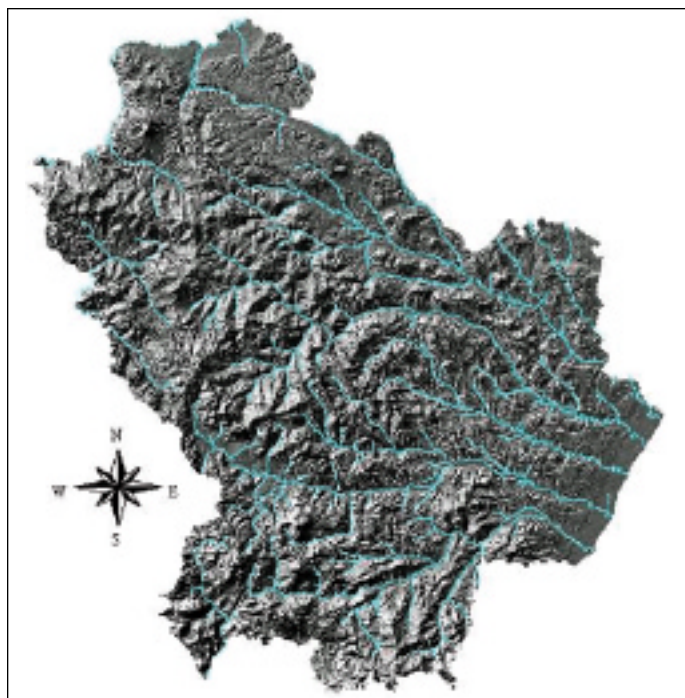


Fig. 1 - Carta fisiografica della Regione Basilicata prodotta in ambiente GIS.

mentre tra quelli naturali i più rinomati sono quelli di Monticchio, Laudemio e Rotonda.

Il territorio, inoltre, risulta caratterizzato dalla presenza di ampi boschi (sfruttati anche per la produzione di legname) e numerose aree naturali protette.

#### Tessuto socio-economico-produttivo

La Provincia di Potenza rappresenta un comprensorio di rilevante ricchezza naturalistica e mineraria. Tra le maggiori peculiarità possiamo ricordare:

- la recente campagna di ricerca e sviluppo di idrocarburi che ha portato alla scoperta del più grande giacimento petrolifero europeo *on-shore*;
- i bacini idrici, tali da garantire il rifornimento alle regioni Puglia e Basilicata;
- l'Appennino Lucano, il quale gode di caratteristiche anemologiche idonee all'installazione di impianti eolici per la produzione di energia elettrica;
- il soleggiamento, tipico delle regioni Mediterranee, che rende favorevole l'installazione di impianti fotovoltaici.

La Provincia di Potenza è articolata in 100 Comuni e la popolazione residente nell'anno 2002 è risultata essere di 392.713 unità, con una densità abitativa di 60 abitanti km<sup>2</sup>. In Provincia di Potenza si concentrano i 2/3 delle aree industriali della Regione, con poco più del 79 % degli occupati di tutta la Basilicata ed oltre l'82 % delle imprese insediate. La ripartizione dell'occupazione mostra che il maggior numero di unità lavorative è impiegato nel settore terziario (62 %), segue il settore industriale con il 29 % e quello dell'agricoltura con il 9 % degli occupati. Nel territorio provinciale sono insediate cinque aree industriali: San Nicola di Melfi, Val Basento, Tito Scalo, Viggiano e Lavello.

Di queste ultime, l'area industriale di Melfi rappresenta senza dubbio il polo produttivo più rilevante (48 imprese con circa 10.000 dipendenti), non solo per la presenza della Fiat (per il settore automobilistico), della Barilla, della Ferrero e della Parmalat (per il settore alimentare), ma anche per l'insediamento di una cinquantina di medie-piccole imprese che impegnano oltre 3.000 unità lavorative.

Ad oggi, la vera ricchezza della Provincia e dell'intera Regione è rappresentata dalle risorse del sottosuolo che offrono interessanti prospettive per lo sviluppo economico dell'area. In particolare, il ritrovamento dei giacimenti petroliferi della Val d'Agri e quelli di Tempa Rossa hanno portato nel 1998 alla stipula di un accordo fra Governo, Regione ed Ente Nazionale Idrocarburi (E.N.I.), finalizzato ad un'attenta gestione della risorsa petrolifera lucana. In cambio delle concessioni per lo sfruttamento di questa risorsa mineraria (pari a circa il 10% del fabbisogno nazionale) la Provincia di Potenza otterrà rilevanti benefici economici ed occupazionali, oltre all'impegno da parte dello Stato a realizzare interventi infrastrutturali mirati allo sviluppo socio-economico della zona, unitamente alla sua protezione e riqualificazione ambientale.

La produzione petrolifera in Val d'Agri nel 2002 è risultata essere pari a 5,5 milioni di tonnellate ed è stato stimato che, entro il 2005, verranno estratti circa 50.000 barili al giorno. Il contributo che la Provincia di Potenza può apportare rispetto alle esigenze degli approvvigionamenti regionali e nazionali è quindi consistente e tale da porre come obiettivo primario della politica locale lo sfruttamento di tale risorsa. Lo sfruttamento della risorsa petrolifera comporta però anche dei costi sociali dei quali occorre tener conto. Ci si riferisce, in particolare, alle esternalità ambientali: inquinamento, degrado del territorio, impatto paesaggistico, ed altri effetti inevitabili negli investimenti di carattere industriale, le cui conseguenze però possono e devono essere minimizzate imponendo scelte e livelli di sfruttamento eco-compatibili, nonché l'uso delle migliori tecnologie disponibili.

In conclusione, secondo gli osservatori più accreditati, è possibile affermare che nel corso dell'ultimo decennio l'economia della Provincia di Potenza è risultata una delle più vivaci dello scenario italiano (Achilli *et al.*, 2002). I fattori alla base di questa significativa crescita dei principali indicatori di sviluppo dell'economia locale sono essenzialmente riconducibili a:

- una fiorente attività di estrazione degli idrocarburi;
- l'emergere di un'imprenditorialità locale e di realtà produttive con buoni tassi di crescita e concrete prospettive di sviluppo;
- l'affermazione di moderni processi di valorizzazione turistica del territorio.

### Analisi eMergetica della Provincia di Potenza

Le fasi principali che hanno caratterizzato l'implementazione dell'analisi eMergetica per la Provincia di Potenza possono essere riassunte in:

1. Individuazione dei confini spaziali e temporali del sistema investigato (rispettivamente, limiti amministrativi provinciali ed anno 2002);
2. Modellizzazione del sistema territoriale per mezzo di un diagramma di flusso energetico (vedi Fig. 2);
3. Raccolta dati (demografici, economici, ambientali, ecc.);
4. Calcolo dei principali flussi di materia ed energia caratterizzanti la dinamica energetica provinciale;
5. Conversione dei suddetti flussi in Energia Solare Equivalente (o eMergia) attraverso l'utilizzo di rapporti di trasformazione definiti *Transformity*<sup>1</sup>;
6. Bilancio dell'eMergia totale utilizzata dal sistema Provincia nell'anno 2002;

7. Calcolo ed interpretazione degli indicatori eMergetici più rappresentativi.

Nel diagramma di flusso energetico, a partire da sinistra, sono riportate le risorse locali rinnovabili (radiazione solare, potenziale chimico ed energia geopotenziale della pioggia, energia cinetica del vento e calore geotermico) che rappresentano il "capitale naturale" del sistema Provincia. Nella parte superiore del diagramma troviamo i forzanti energetici di tipo non rinnovabile (combustibili fossili ed elettricità) e le risorse importate (prodotti agricoli, della silvicoltura, della pesca, minerali e prodotti dell'industria manifatturiera).

All'interno del sistema si distinguono quattro *storage* di risorse (acqua, suolo, petrolio e denaro) e quattro macrosettori (agricoltura-silvicoltura, allevamento-pesca, industria estrattiva ed industria manifatturiera), i quali rendono conto dell'intero sistema produttivo locale.

I flussi di materia ed energia sono schematizzati mediante il simbolo della freccia, mentre le frecce tratteggiate rappresentano le transazioni economiche in denaro dal mercato al sistema. Le frecce verso il basso, convergenti al "pozzo di calore", rappresentano la dissipazione ed indicano che in ogni trasformazione energetica parte dell'energia viene sempre degradata (generalmente sotto forma di calore a bassa temperatura), in accordo con i principi della termodinamica (Prigogine *et al.*, 2002).

### Risultati e discussione

Il bilancio dei flussi eMergetici calcolati per la Provincia di Potenza ha consentito il computo dell'eMergia totale annua utilizzata (U). Tale valore, per l'anno 2002, risulta essere pari a 3,72E+22 sej anno<sup>-1</sup>.

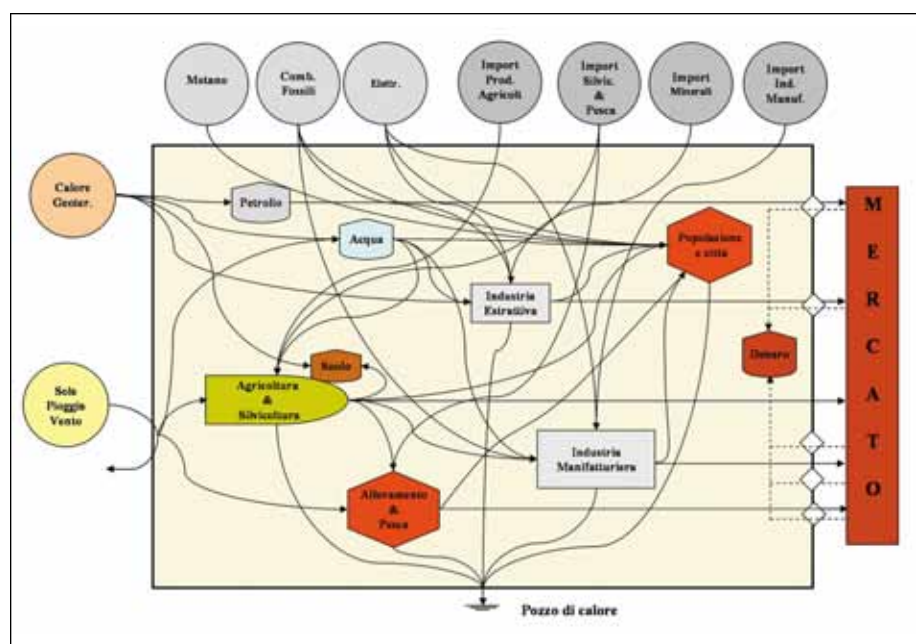


Fig. 2 - Diagramma di flusso eMergetico per la Provincia di Potenza.

I flussi di eMergia sono stati discriminati sia in base al grado di rinnovabilità (Rinnovabile, Non Rinnovabile), sia in funzione dell'origine (Locale o Importata).

Il flusso (**R**) delle risorse locali rinnovabili è pari a  $1,08E+21$  sej anno<sup>-1</sup> e rappresenta il 3 % dell'eMergia totale del sistema Provincia. Gli *input* che concorrono alla sua formazione sono: la radiazione solare, il potenziale chimico e l'energia geopotenziale della pioggia, l'energia cinetica del vento, il calore geotermico, tutti caratteristici del territorio e della sua collocazione geografica. Inoltre, per il calcolo delle risorse locali rinnovabili sono state valutate anche l'energia idroelettrica e quella eolica prodotta, entrambe in incremento negli ultimi anni e di sicuro interesse per l'obiettivo della sostenibilità energetica ed ambientale.

Il flusso (**N**) delle risorse locali non rinnovabili pari a  $2,83E+22$  sej anno<sup>-1</sup> (76 % dell'eMergia totale) raggruppa i seguenti *input*: erosione del suolo, consumo d'acqua, estrazione di petrolio e di altri materiali. Il suolo è certamente una risorsa non rinnovabile (almeno sulla scala temporale della vita dell'uomo) considerati i lunghissimi tempi di rigenerazione. L'erosione del suolo è un fenomeno molto complesso, legato alle pratiche agronomiche moderne, alla estensiva impermeabilizzazione ed all'intensificarsi degli eventi meteorologici estremi. L'acqua è stata considerata come una risorsa non rinnovabile in quanto, nella fattispecie, viene prelevata in quantità superiore rispetto al suo tasso di rigenerazione naturale. Inoltre, quando tale risorsa è restituita all'ambiente, dopo essere stata utilizzata dall'uomo, presenta caratteristiche chimico-fisiche decisamente alterate rispetto a quelle originali. Anche l'eMergia associata alle risorse minerarie, principalmente quella del petrolio e dei materiali per l'edilizia (ghiaie, sabbie, argille, ecc.), considerati i lunghissimi tempi di formazione, è stata riportata tra le risorse locali di tipo non rinnovabili.

Il flusso (**F**) dell'eMergia importata è pari a  $7,80E+21$  sej anno<sup>-1</sup> (21% dell'eMergia totale). Esso è composto dal flusso delle importazioni relative ai consumi energetici di elettricità e combustibili derivati dal petrolio, nonché dal flusso di eMergia importata attraverso il commercio.

I dati relativi alle esportazioni hanno permesso il calcolo del flusso di eMergia esportata dalla Provincia di Potenza ( $2,88E+22$  sej anno<sup>-1</sup>).

L'aumento delle attività produttive, legato essenzialmente all'estrazione di petrolio, ha determinato negli ultimi anni un incremento delle esportazioni Provinciali.

Infatti, il rapporto tra eMergia esportata ed importata è pari a 3,69, indicando che per circa ogni quattro unità di prodotto esportato ne viene importata soltanto una.

L'indicatore **eMergia/PIL** (pari a  $6,16E+12$  sej Euro<sup>-1</sup>) è dato dal rapporto tra l'eMergia totale utilizzata dal sistema territoriale ed il prodotto interno lordo realizzato per lo stesso anno. Questo indicatore rappresenta l'energia solare equivalente necessaria a far circolare nel sistema economico un'unità di denaro.

I valori della **densità di eMergia** ( $5,68E+12$  sej m<sup>-2</sup> anno<sup>-1</sup>) e dell'**eMergia pro-capite** ( $9,47E+16$  sej abit.<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) forniscono invece una misura della disponibilità potenziale di risorse e beni per un miglioramento del tenore di vita.

Il valore molto basso del **rapporto di investimento eMergetico** (0,27) indica l'elevato consumo di risorse locali all'interno della Provincia di Potenza e la conseguente bassa dipendenza dall'esterno. Il buon grado di autonomia rispetto all'utilizzo

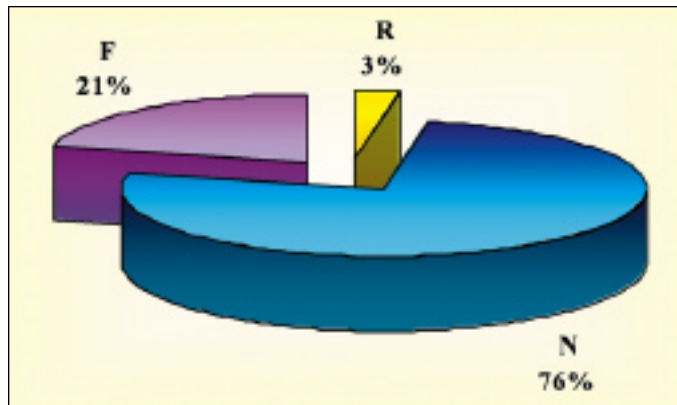


Fig. 3 - Ripartizione dell'eMergia totale (U) usata dalla Provincia di Potenza nell'anno 2002.

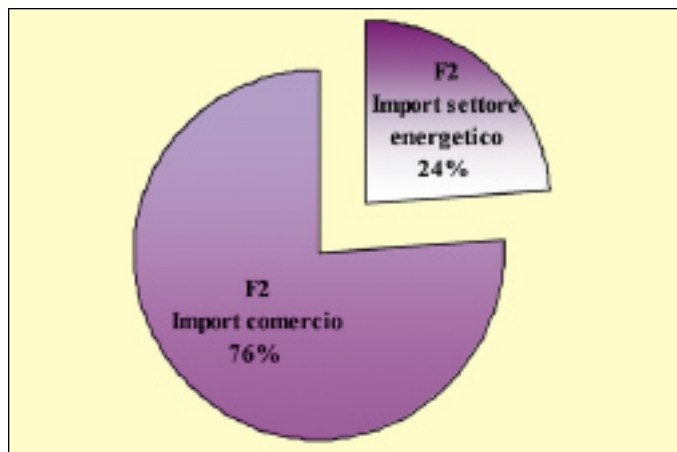


Fig. 4 - eMergia importata (F) dalla Provincia di Potenza: settore energetico e commercio.

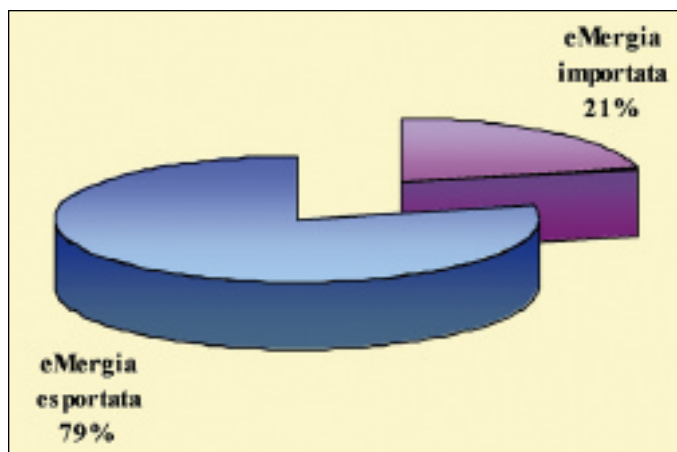


Fig. 5 - Rapporto tra eMergia importata ed esportata dalla Provincia di Potenza.

delle risorse locali (rinnovabili e non rinnovabili) determina infatti un minor consumo di prodotti importati dall'esterno.

Il **rapporto di impatto ambientale** per la Provincia di Potenza è pari a 33,58. Questo valore indica che il territorio potentino è sottoposto ad un elevato *stress* ambientale, dovuto all'eccessivo utilizzo di risorse non rinnovabili (principalmente il petrolio). La natura non rinnovabile di tali risorse presuppone un limite temporale nel loro utilizzo e quindi l'impossibilità di uno sviluppo pienamente sostenibile.

Il valore elevato del **rendimento eMergetico** (4,77) attesta una buona dotazione di risorse naturali locali ed una bassa richiesta di *input* esterni al sistema. Tale indice può in pratica essere inteso come una misura della capacità di un processo di sfruttare le risorse fornite dall'ambiente, a parità di *input* provenienti dal sistema economico.

Il confronto del valore di tale indice con quello relativo ad altri sistemi (Italia, Province di Bologna e Modena) evidenzia come questi ultimi siano caratterizzati da un'elevata richiesta di *input* esterni, non compensata dall'utilizzo di risorse locali. Infine, il valore dell'**indice di sostenibilità ambientale**, pari a 0,14, attesta la concomitanza di due aspetti: elevato *stress* ambientale ed uso eccessivo di risorse locali non rinnovabili, entrambi recanti una scarsa sostenibilità del sistema nel lungo periodo.

**Conclusioni**

Questo lavoro ha evidenziato come l'analisi eMergetica applicata al sistema territoriale della Provincia di Potenza sia un valido strumento in grado di delineare le caratteristiche di rendimento, impatto e sostenibilità ambientale del territorio investigato. Gli indici eMergetici hanno messo in evidenza la scarsa sostenibilità della Provincia di Potenza nel lungo periodo, anche in funzione della sua stretta dipendenza dall'utilizzo di risorse non rinnovabili. Tutto questo dovrebbe suggerire una politica di intelligente investimento delle risorse non rinnovabili a favore dello sviluppo futuro di una filiera rinnovabile. Tale sviluppo è impossibile senza un significativo investimento che consenta una transizione graduale (la "prosperous way down" ipotizzata da Odum e Odum, 2001), la quale risulterà ancora più difficile in futuro, quando si dovrà fare a meno delle risorse non rinnovabili che attualmente sono invece disponibili.

I valori elevati della **densità di eMergia** ( $5,68E+12$  sej  $m^{-2}$  anno $^{-1}$ ) e dell'**eMergia pro-capite** ( $9,47E+16$  sej abit. $^{-1}$  anno $^{-1}$ ) indicano un'alta concentrazione nell'utilizzo dell'energia, dovuto principalmente allo sviluppo industriale che sta caratterizzando la Provincia negli ultimi anni.

Il **rendimento eMergetico** (4,77), calcolato dal rapporto tra

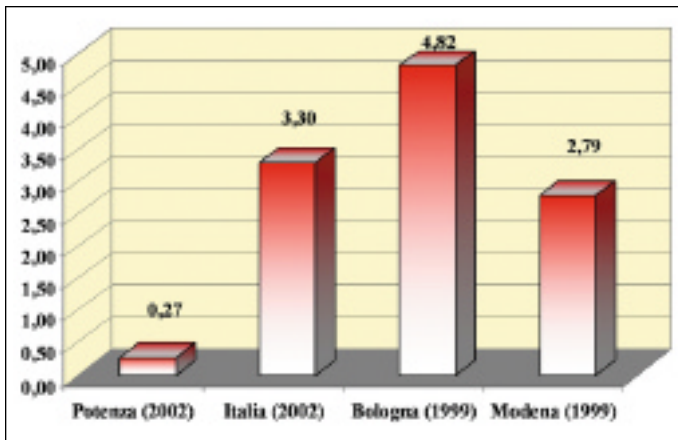


Fig. 6 - Rapporto d'investimento eMergetico: confronto con studi analoghi a diverse scale spaziali.

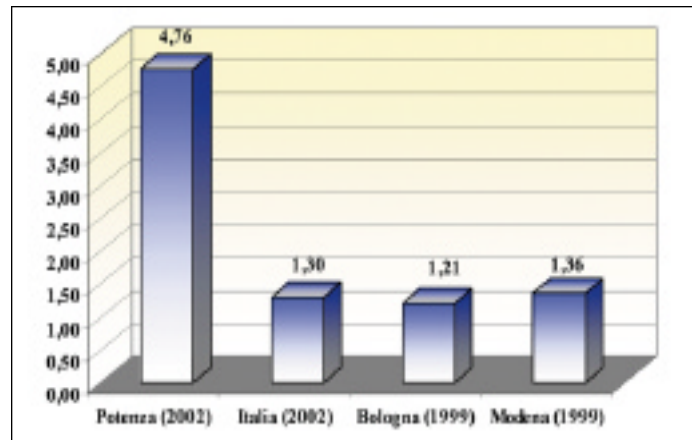


Fig. 8 - Rendimento eMergetico: confronto con studi analoghi a diverse scale spaziali.

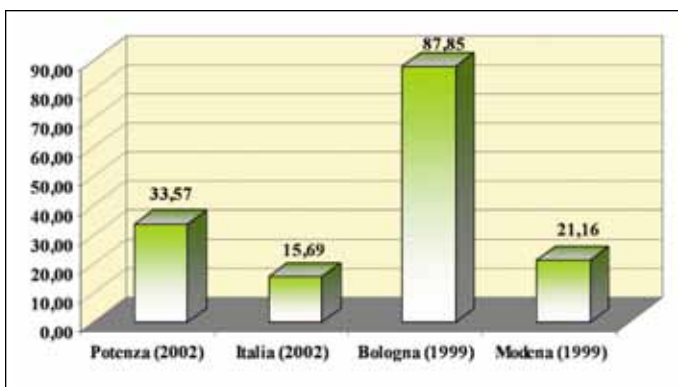


Fig. 7 - Rapporto di impatto ambientale: confronto con studi analoghi a diverse scale spaziali.

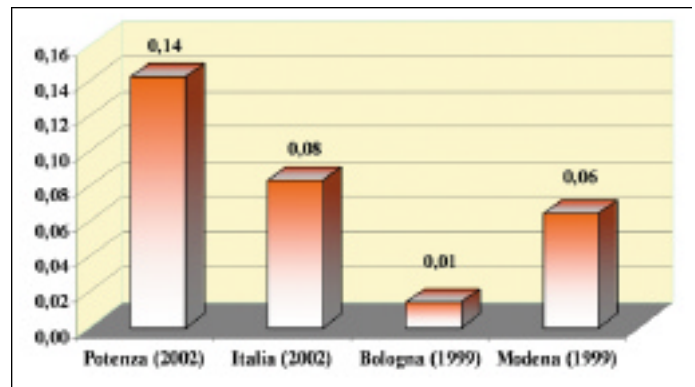


Fig. 9 - Indice di sostenibilità ambientale: confronto con studi analoghi a diverse scale spaziali.

l'eMergia totale usata all'interno del sistema e l'eMergia degli *input* che derivano dall'esterno (eMergia importata), misura la capacità del processo di sfruttare le risorse fornite gratuitamente dall'ambiente, a parità di *input* provenienti dal sistema economico esterno. Il valore di questo indice evidenzia l'elevato sfruttamento delle risorse locali, al contrario di altre realtà per le quali lo sviluppo risulta fortemente vincolato da un consistente utilizzo di *input* esterni.

Il **rapporto di impatto ambientale** (33,58), calcolato come il rapporto tra gli *input* provenienti dal settore economico esterno più le risorse locali non rinnovabili e l'eMergia derivante dalle risorse locali rinnovabili, fornisce una misura dello *stress* al quale è sottoposto l'ambiente. Un valore del rapporto di impatto ambientale pari ad uno indica che l'uso antropico di un territorio è ben bilanciato. Il valore di questo indice per la Provincia di Potenza risulta superiore a quello della media nazionale e molto più alto del valore unitario, indicando uno scarso utilizzo di fonti locali rinnovabili.

Il **rapporto di investimento eMergetico** (0,27), calcolato come l'eMergia fornita dal sistema economico esterno diviso l'eMergia fornita direttamente dall'ambiente all'interno del sistema, indica in che misura il sistema dipende dall'esterno, ovvero quanto esso sfrutti le risorse locali. Il basso valore di questo indicatore denota un elevato consumo di risorse locali (in particolare di quelle non rinnovabili) all'interno della Provincia di Potenza.

Infine, il calcolo dell'**indice di sostenibilità ambientale** (0,14), definito dal rapporto tra il rendimento eMergetico ed il rapporto di impatto ambientale, attesta la concomitanza di due aspetti:

- 1) Elevato *stress* ambientale;
- 2) Uso eccessivo di risorse locali non rinnovabili.

E' evidente come la sostenibilità ambientale non possa essere raggiunta soltanto per mezzo di una minimizzazione nell'intensità d'uso delle risorse. E' necessario raggiungere un equilibrio tra l'utilizzo delle risorse (per lo sviluppo economico-produttivo) e la conservazione delle funzioni ecologiche del sistema. Investimenti troppo modesti determinano infatti una riduzione della produttività del sistema e la sua conseguente fuoriuscita dal mercato. Viceversa, investimenti troppo elevati incrementano il rischio di un depauperamento del capitale naturale, consumato ad una velocità superiore al suo tasso naturale di rigenerazione. In definitiva possiamo affermare che il sistema della Provincia di Potenza risulta sostenuto in larga misura da risorse locali di tipo non rinnovabile. L'uso massivo di tali risorse nel lungo periodo causerà inevitabilmente la loro scomparsa. Pertanto, al fine di rendere il sistema più sostenibile, sarà necessario ridurre al minimo il consumo di tali risorse, incentivando l'utilizzo di sostitutivi rinnovabili. L'incremento nella produzione di energia idroelettrica ed eolica registrato negli ultimi anni rappresenta certamente un segnale positivo nella direzione dello sviluppo di politiche e strategie basate sulla corretta gestione delle risorse naturali ed economico-produttive.

## Note

1. Le *Transformity* utilizzate per il caso studio della Provincia di Potenza sono aggiornate al nuovo baseline (eMergia totale della biosfera: 15,83 E24 sej/anno). Vedi Brown M. T., S. Ulgiati, 2004.

**Ringraziamenti:** si ringrazia il Prof. Sergio Ulgiati del Dipartimento di Chimica dell'Università di Siena per la revisione del testo.

## Bibliografia

- 1) Achilli R., M. Boemi, M. Bondi, G. De Candia, A. Mariani, M. Mazzillo, P. Orlando, P. Quirino, A. Corvino (2002). Rapporto industria Basilicata, indagine strutturale, Osservatorio Regionale banche-imprese di economia e finanza, Potenza.
- 2) Analisi eMergetica della Provincia di Bologna. [http://www.provincia.bologna.it/ambiente/rosपो/libri/an\\_emergetica/relazione\\_emergetica.pdf](http://www.provincia.bologna.it/ambiente/rosपो/libri/an_emergetica/relazione_emergetica.pdf) Ultimo accesso: 9 settembre 2004.
- 3) Brown M.T., S. Ulgiati (2004). Energy Quality, Emergy, and Transformity: H.T. Odum's contribution to quantifying and understanding systems. *Biologi Italiani*, Anno XXXIV, n.5: 58-67.
- 4) Brown, M.T., and Ulgiati, S., 2004. Emergy and Environmental Accounting. In: Encyclopedia of Energy, C. Cleveland Editor, Academic Press, Elsevier, Oxford, UK. In press.
- 5) Brundtland G. H. (1988). Il futuro di noi tutti. Commissione Internazionale Ambiente e Sviluppo. Bompiani.
- 6) Cialani, C., Russi, D., and Ulgiati, S. (2004). Investigating a 20-year National Economic Dynamics by Means of Emergy-Based Indicators. Paper presented to the 3rd Biennial International Emergy Research Conference, Gainesville, 29-31 January 2004.
- 7) Costanza R. (1991). Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability. Columbia University Press, New York.
- 8) Daly H. (1981). Lo stato stazionario. Sansoni editore, Firenze.
- 9) Desai N., H. E. Dumisani Shadrack Kumalo, A. Amin, A. Umana, (2002). Summary of the World Summit on Sustainable development, International Institute for Sustainable Development. *Earth Negotiations Bulletin*, 22, (51): 1-18.
- 10) Franzese P. P., Riccio A., Scopa A. (2003) Valutazione della sostenibilità ambientale: verso un approccio ecodinamico. *Biologi Italiani*, Anno XXXIII, vol. 7: 58-60.
- 11) Franzese P. P., Scopa A., Riccio A., Barone G. (2003) Studio di sistemi complessi: la prospettiva ecodinamica in chimica-fisica ambientale. *Biologi Italiani*, Anno XXXIII, vol. 11: 39-45.
- 12) Franzese P. P., Dumontet S., Scopa A., Ulgiati S. (2004) Emergy Synthesis and GIS for environmental sustainability assessment. The case study of the Roccamonfina Natural Park, Italy. Paper presented to the 3rd Biennial International Emergy Research Conference, Gainesville, 29-31 January 2004.
- 13) Odum H. T. (1996). Environmental Accounting. Emergy and Environmental Decision Making. John Wiley and Sons, New York.
- 14) Odum H.T., E. Odum (2001). A Prosperous Way Down. Principles and Policies. University press of Colorado.
- 15) Prigogine I., D. Kondepudi. (2002). Termodinamica. Dalle macchine termiche alle strutture dissipative. Bollati Boringhieri.
- 16) Tiezzi E., M. Marchettini, (1999). Che cos'è lo sviluppo sostenibile? - Donzelli Editore.
- 17) Zucaro A. (2004). Valutazione della sostenibilità ambientale del sistema provinciale di Potenza: l'analisi eMergetica. Tesi di Laurea in Scienze Ambientali. Università degli Studi di Napoli "Parthenope".