



## PARTE TERZA

La sostenibilità ambientale  
dei piani e dei progetti



# 19 L'IMPRONTA ECOLOGICA

A cura di **Marco Bagliani, Fiorenzo Ferlino, Salvatore Procopio**  
Istituto Ricerche Economiche e Sociali del Piemonte

A partire dalla stesura, da parte dell'UNEP, del Rapporto Brundtland nel 1987, e dal Summit di Rio del 1992, gli studi sulla sostenibilità ambientale hanno acquisito un rilievo sempre maggiore. Si tratta di ricerche che indagano l'impatto generato dalle attività umane sull'ambiente attraverso lo studio contemporaneo degli aspetti ecologici, economici e sociali.

Una delle grandi difficoltà che questi studi devono affrontare è quella di dover stimare il grado di sostenibilità o di insostenibilità ambientale di una certa attività antropica, di un sistema socio-economico o di una determinata regione abitata, a partire da dati di impatto ambientale assai diversi tra loro. Si tratta cioè di mettere insieme, nel modo più coerente ed esaustivo possibile, le informazioni più diverse, che vanno dalle emissioni di micro-

grammi di prodotti altamente tossici ai milioni di tonnellate di terreno sbancato ogni anno nelle miniere, dai prelievi delle differenti risorse non rinnovabili agli utilizzi delle numerose risorse rinnovabili. Alcuni studi propongono di pesare e sommare tra loro le diverse componenti dell'impatto ambientale altre ricerche hanno invece affrontato il problema di definire un indicatore sintetico degli impatti ambientali costruendo un sistema di contabilità fondato sull'individuazione di un denominatore comune, che consenta di tradurre e riportare i differenti impatti ad un unico tipo di misura. In questo modo diventa possibile sommare in modo coerente i contributi che derivano da fenomeni anche molto diversi. In molti casi il denominatore comune a tutti gli impatti ambientali è rappresentato dall'energia (o da una qualche funzione legata ad essa) prelevata nell'estrazione di risorse e/o utilizzata per evitare i danni ambientale causati dalle emissioni. Citiamo ad esempio il sistema di indicatori basati sulla funzione termodinamica dell'eMergia (Odum, 1994) che è stato impiegato per una analisi dettagliata della sostenibilità della Regione Piemonte (Bagliani, Ferlino, Procopio, 2001; Bagliani, Panzieri, Porcelli, Procopio, 2001; Ferlino et al. 2001). L'Impronta Ecologica, adottata dal presente studio per valutare la sostenibilità ambientale del sistema socio-economico del Piemonte, utilizza, come denominatore comune cui ricondurre tutti i tipi di pressioni sull'ambiente, la superficie direttamente o indirettamente impiegata dalle differenti attività antropiche.



Le due metodologie utilizzate dall'IRES-Piemonte per lo studio della sostenibilità ambientale della regione, sono tra loro complementari in quanto la prima, la valutazione eMergetica, misura la "ricchezza" prodotta da un territorio, in termini di 'capitale naturale utilizzato' che gli indicatori classici dell'economia (valore aggiunto, PIL, ecc.) non sono in grado di esplicitare, mentre l'Impronta Ecologica misura precipuamente l'impatto dei consumi effettuati.

In questo lavoro proponiamo un nuovo metodo per il calcolo dell'Impronta Ecologica che ne ristruttura la formulazione matematica canonica, basata sui dati di consumo, per consentire una valutazione della sostenibilità ambientale dei singoli settori economici.

L'analisi della sostenibilità del sistema socio-economico del Piemonte, utilizzata come caso studio per testare la validità del nuovo metodo di calcolo, è stata realizzata suddividendo la regione in otto sottosistemi, rappresentati dalle diverse Province, e applicando separatamente a ciascuno di essi l'analisi dell'Impronta Ecologica per settore economico.

## 19.1 L'IMPRONTA ECOLOGICA: LA FORMULAZIONE CLASSICA

L'Impronta Ecologica è stata introdotta presso la University of British Columbia, Canada, da Wackernagel e Rees (1996). Si tratta di un indicatore sintetico di sostenibilità ambientale in grado di stimare l'impatto che una popolazione ha sull'ambiente calcolando l'area di terreno produttivo necessaria per fornire, in modo sostenibile, tutte le risorse utilizzate, e per riassorbire, sempre in modo sostenibile, tutte le emissioni prodotte.

Il concetto di Impronta Ecologica è strettamente collegato a quello di Capacità di Carico (Carrying Capacity). Partendo dalla definizione di Capacità di Carico, intesa come il massimo di popolazione di una certa specie che un determinato territorio può sopportare senza che venga permanentemente compromessa la produttività del territorio stesso, è possibile affermare che l'Impronta Ecologica rappresenta la quota di Capacità di Carico di cui si è appropriata la popolazione umana residente nell'area considerata. L'analisi dell'Impronta Ecologica rovescia, in un certo qual senso, il concetto di Capacità di Carico: l'attenzione infatti non viene posta sulla determinazione della massima

popolazione umana che un'area può sopportare, problema di difficile determinazione perché il peso ecologico della popolazione varia in funzione di numerosi fattori, bensì sul conteggio del territorio produttivo effettivamente utilizzato dai residenti, indipendentemente dal fatto che questa superficie coincida con il territorio su cui la popolazione stessa vive.

L'Impronta Ecologica è stata adottata in numerosi studi per stimare la sostenibilità di singole attività, di regioni o anche di intere nazioni (Simpson et al., 1995; Rees e Wackernagel, 1996; Bologna et al., 1999; Hanley et al., 1999; Proops et al., 1999; van den Bergh e Verbruggen, 1999; Wackernagel et al., 1999). L'impronta Ecologica è stata inoltre calcolata per tutte le nazioni del mondo con una popolazione superiore al milione di abitanti (UNEP-WCMC, WWF, 2000).

All'approfondimento delle valenze e delle potenzialità di questo indicatore è stato inoltre dedicato un numero monografico della rivista *Ecological Economics* (marzo 2000).

Nella formulazione classica, proposta da Wackernagel e Rees, il calcolo dell'Impronta Ecologica si basa sui consumi medi della popolazione.

In generale il formalismo dell'Impronta Ecologica potrebbe essere strutturato per calcolare tutti gli utilizzi di terreno produttivo che sono necessari per riportare l'intero sistema considerato alle condizioni iniziali: questo implicherebbe non solo la considerazione degli inquinanti emessi, ma anche del terreno sbancato dalle attività umane, e, in definitiva, di tutte le variazioni di origine antropica dei cicli biogeochimici degli elementi (Schlesinger, 1991). In realtà la procedura di calcolo effettivamente utilizzata riesce a valutare solo una piccola parte di questi effetti, fornendo quindi una sottostima del valore dell'Impronta Ecologica che si ricaverrebbe a partire dalla formulazione teorica più generale.

La formulazione di Wackernagel e Rees per il calcolo dell'Impronta Ecologica, riprendendo la classificazione usata dall'Unione Mondiale per la Conservazione (World Conservation Union et al., 1991), considera l'utilizzo delle seguenti sei principali categorie di territorio.

- 1) Terreno per l'energia: superficie necessaria per produrre, con modalità sostenibili (es. coltivazione di biomassa) la quantità di energia utilizzata.
- 2) Terreno agricolo: superficie arabile (campi, orti, ecc.) utilizzata per la produzione delle derrate alimentari e di altri prodotti non alimentari di origine agricola.



- 3) Pascoli: superficie dedicata all'allevamento e, conseguentemente, alla produzione di carne, latticini, uova, lana e, in generale, di tutti i prodotti derivati dall'allevamento.
- 4) Foreste: area dei sistemi naturali modificati dedicati alla produzione di legname.
- 5) Superficie edificata: terreno degradato, ecologicamente improduttivo, dedicato alla localizzazione delle infrastrutture quali abitazioni, attività manifatturiere, aree per servizi, vie di comunicazione, ecc.
- 6) Mare: superficie marina necessaria alla crescita delle risorse ittiche consumate.

La formulazione dell'Impronta Ecologica di Wackernagel e Rees permette di arrivare ad un valore sintetico finale (la superficie o superficie equivalente) che consente di stimare il livello di sostenibilità della regione considerata. Questo dato, seppure importante, risulta spesso troppo aggregato per poter permettere, all'interno del sistema socio-economico locale, una chiara identificazione delle reali cause dell'insostenibilità, ossia di quei settori e di quelle lavorazioni della compagine produttiva in esame, che maggiormente contribuiscono all'impatto sull'ambiente.

Per fornire indicazioni utili all'attivazione di politiche locali finalizzate alla promozione della sostenibilità, occorre in realtà un sistema di valutazione che non si limiti a fornire il valore finale dell'impatto ambientale causato dai consumi, ma che, partendo da quest'ultimo, sia in grado di ricostruire, attraverso i vari stadi della produzione economica, l'intero percorso di generazione dei prodotti e dei servizi e di stimare l'impatto ambientale così causato. Grazie ad un formalismo di questo tipo diventa possibile individuare quelle tipologie produttive e/o quei settori economici che maggiormente contribuiscono ad innalzare il valore dell'Impronta Ecologica, così pure come quelle lavorazioni maggiormente rispettose dell'ambiente.

A tal fine abbiamo elaborato una nuova formulazione per il calcolo dell'Impronta Ecologica che riesce a soddisfare le richieste sopra accennate. Il nuovo metodo, riprendendo una proposta di Bicknell e collaboratori (1998), mantiene la definizione dell'Impronta Ecologica ma ne ristruttura il calcolo a partire dalle matrici di Input-Output di Leontief che consentono di descrivere i flussi di materia e di capitale attraverso i differenti settori dell'economia. Utilizzando tale formalismo è possibile introdurre una "contabilità" parallela, capace di descrivere quantitativamente la sostenibilità dei singoli

settori economici ed i flussi di sostenibilità tra questi stessi settori. In questa nuova versione l'Impronta Ecologica si configura come uno strumento in grado di individuare le componenti di non sostenibilità del sistema socio-economico e di diagnosticarne l'origine.

## 19.2 L'APPLICAZIONE DELL'IMPRONTA ECOLOGICA PER SETTORE ECONOMICO AL CASO STUDIO DELLA REGIONE PIEMONTE

Al fine di testarne la correttezza e la validità, la nuova formulazione dell'Impronta Ecologica è stata applicata al territorio della Regione Piemonte: per ognuna delle province è stata effettuata l'analisi della sostenibilità dei vari settori economici.

Per ciascuna provincia si è suddiviso il sistema economico in 18 diversi settori di cui si è calcolata l'Impronta Ecologica. I settori economici considerati sono: 1) agricoltura, allevamento e pesca; 2) attività estrattive; 3) industrie agro-alimentari; 4) industrie tessili e dell'abbigliamento; 5) industrie petrolchimiche e chimiche; 6) industrie cartarie e grafiche; 7) produzione di materiali da costruzione e vetroceramica; 8) industrie siderurgiche e per la lavorazione dei metalli non ferrosi; 9) industrie per la fabbricazione di macchine e apparecchi meccanici; 10) industrie per la fabbricazione di macchine e apparecchi elettrici; 11) industrie per la fabbricazione di mezzi di trasporto; 12) altre industrie manifatturiere; 13) edilizia e costruzioni civili; 14) commercio e artigianato; 15) pubblica amministrazione e altri pubblici; 16) trasporti; 17) consumi e perdite dovute alla produzione e al trasporto di energia; 18) usi domestici. I diciotto settori scelti rappresentano la massima disaggregazione che è stata possibile ottenere a partire dai dati disponibili mantenendo un elevato livello di significatività nelle approssimazioni fatte.

I dati utilizzati per il calcolo dell'Impronta Ecologica per settore economico possono essere raggruppati sotto le seguenti voci:

1. popolazione e addetti;
2. consumi energetici;
3. emissioni;
4. quantità e tipologia delle merci e dei servizi prodotti;
5. importazioni ed esportazioni di beni e servizi con l'estero e con le altre regioni italiane;



6. superfici dedicate all'agricoltura e all'allevamento, all'estrazione, alle infrastrutture.

Per ogni Provincia della Regione Piemonte e per ogni settore economico si è quindi proceduto alla stima dell'Impronta Ecologica. Il risultato deriva dalla somma di sette diversi componenti: energia, materia, emissioni, infrastrutture, importazione, esportazione, variazione delle scorte.

La *componente* dovuta all'*energia* dell'Impronta Ecologica di ciascun settore economico è stata determinata utilizzando i dati sui consumi energetici in Teracalorie del Bilancio Energetico Nazionale del 1998 (BEN, 1998), pubblicato dal Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato. Il calcolo dell'Impronta Ecologica dovuta all'energia ha incluso tutte le fonti energetiche ed è stata conteggiata attraverso le diverse fasi di produzione, importazione, esportazione e variazione delle scorte. Ciò è stato fatto per tutte le componenti energetiche, ad eccezione dei consumi provenienti dalla rete elettrica che hanno richiesto una procedura di calcolo particolare poiché l'impatto ambientale generato dall'utilizzo di energia elettrica dipende dalle modalità con cui essa viene prodotta. Per stimare in maniera corretta anche questa componente dell'Impronta Ecologica si è considerata la composizione percentuale delle fonti energetiche utilizzate per la produzione di energia elettrica in Italia, giungendo così a calcolare l'Impronta Ecologica di un chilowattora (KW). L'energia elettrica italiana viene prodotta dalle seguenti fonti: idroelettrica (19,3 %), termoelettrica (79,0 %), geotermoelettrica, biomasse, eolico, fotovoltaico, ecc. (1,7 %). Bisogna inoltre considerare i contributi derivanti dall'importazione di energia elettrica (con diverso mix di produzione), dalla Svizzera, dall'Austria, e, soprattutto, dalla Francia. È bene sottolineare che il calcolo dell'Impronta Ecologica media per chilowattora è stato eseguito su base nazionale e non per il sistema territoriale della regione Piemonte. Questo deriva dal fatto che l'energia elettrica non può essere immagazzinata e, all'atto della produzione, viene immessa direttamente nella rete nazionale: ogni utenza che preleva elettricità dalla rete utilizzerà quindi energia prodotta con il mix nazionale.

La componente *materia* dell'Impronta Ecologica comprende due differenti aspetti: in generale ad ogni manufatto è possibile attribuire sia una Impronta Ecologica derivante dalla materia di cui è composto sia un secondo contributo causato dall'energia che è stata spesa per creare il bene in questione a partire dai materiali grezzi. Entrambi questi fattori fanno parte della componente attribui-

ta alla materia perché entrambi sono direttamente proporzionali alla quantità di merce prodotta.

Il primo contributo si riferisce agli impatti provocati dalle attività di "prelievo" dall'ambiente delle diverse risorse materiali che vengono poi immesse all'interno del circuito economico. Due sono i settori economici che si occupano di prelevare risorse materiali dall'ambiente: l'industria estrattiva, dedicata all'estrazione dei materiali abiotici (minerali, petrolio, gas, ecc.) e le attività di agricoltura, allevamento e pesca, che riguardano i prelievi delle componenti biotiche (vegetali, animali e prodotti derivati). Si tratta quindi di valutare l'estensione media, per unità di materiale estratto, della superficie necessaria al prelievo delle diverse tipologie di risorsa (sia abiotiche che biotiche).

La seconda componente dell'Impronta Ecologica della materia considera gli impatti derivanti dall'energia che viene "incorporata" (embodied) nella materia dalle varie lavorazioni cui è sottoposta durante il processo di produzione industriale.

La formulazione teorica dell'Impronta Ecologica considera anche la superficie produttiva necessaria a riassorbire le *emissioni* causate dai consumi della popolazione o del territorio di cui si vuole analizzare la sostenibilità. Quasi tutti gli studi precedenti sull'Impronta Ecologica hanno incluso solo le emissioni di CO<sub>2</sub>. Nella nostra analisi abbiamo considerato i più importanti gas climalteranti: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SOx, NOx, CFC, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>. Le quantità dei diversi inquinanti emesse da ciascun settore economico sono state ricavate, su scala nazionale, dalla banca dati NAMEA (National Account Matrix including Environmental Accounts) (NAMEA, 1996; Battellini, Tudini, 1996; Battellini et al. 1996). L'impatto dei diversi gas serra è stato riportato a quello della CO<sub>2</sub> utilizzando come fattori di conversione i GWP (Global Warming Potential) ossia i Potenziali di Riscaldamento Globale, ricavati da fonte EPA (1999) su dati IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), che esprimono, per ciascuna tonnellata dei diversi gas serra, le tonnellate di CO<sub>2</sub> necessarie per provocare un analogo riscaldamento.

La componente *infrastrutture* dell'Impronta Ecologica considera quella parte di territorio dedicata alle infrastrutture. Si tratta quindi di superficie edificata o in gradi differenti cementificata.

La componente *importazioni-esportazioni* dell'Impronta Ecologica tiene conto, all'interno di un sistema economico aperto come quello della Regione Piemonte, anche dei contributi che derivano dalle importazioni e dalle esportazioni di merci e servizi con le altre regioni italiane e con l'estero.

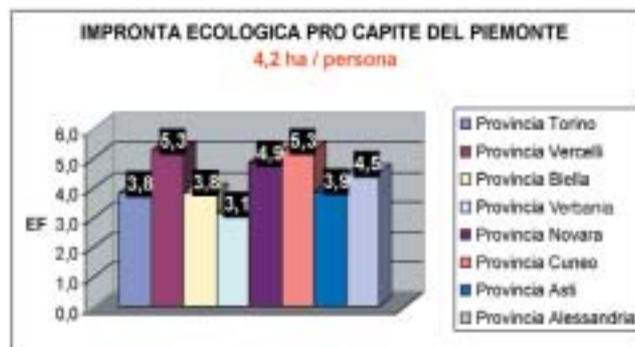
## 19.2.1 ALCUNI RISULTATI

L'analisi ha permesso di acquisire elementi significativi per una valutazione soddisfacente della sostenibilità ambientale del territorio locale. Il nuovo formalismo dell'Impronta ecologica ha consentito di analizzare i carichi ambientali generati dai diversi settori dell'economia.

Nella **figura 19.1** viene presentata l'Impronta Ecologica totale della Regione Piemonte corrispondente a 18.030.945 ettari di territorio, che equivale ad un quadrato di 425 km di lato. Se confrontiamo questo dato con la superficie reale della Regione Piemonte, 2.539.894 ettari, equivalente ad un quadrato di lato 160 km, emerge che l'Impronta Ecologica è 7 volte più grande. Questo vuol dire che i consumi di del Piemonte sono circa 7 volte maggiori di quelli che potrebbe supportare la superficie regionale, il che implica un deficit di sostenibilità nell'economia piemontese. Il grafico presenta inoltre, in percentuale, i contributi delle otto province: circa il 50% dell'Impronta Ecologica deriva dai consumi della Provincia di Torino, seguono, in ordine decrescente, le Province di Cuneo (16 %) e di Alessandria (11 %). Per quanto riguarda la Provincia di Torino, il grande contributo all'impatto ambientale totale deriva soprattutto dall'elevata popolazione che vi risiede. Infatti, come si può osservare dalla **figura 19.2**, che mostra i valori delle Impronte Ecologiche pro capite, la Provincia di Torino risulta essere solo di poco superiore alla media piemontese, con 4,5 ha/persona contro i 4,2 ha/persona del Piemonte.

Può essere interessante confrontare questi risultati con i valori riportati dal Living Planet Report 2000 che indica in 5.51 ha/persona l'Impronta Ecologica

**Figura 19.2 - Valori dell'Impronta Ecologica in ettari/persona per le Province del Piemonte**



ca pro capite dell'Italia. Le differenze tra questi valori e quelli ottenuti per il Piemonte possono essere dovute sia alla diversa procedura di calcolo utilizzata, sia al fatto che i dati del Living Planet Report rappresentano superfici equivalenti mentre il nostro studio riporta superfici reali, sia infine ad effettive differenze nei consumi medi.

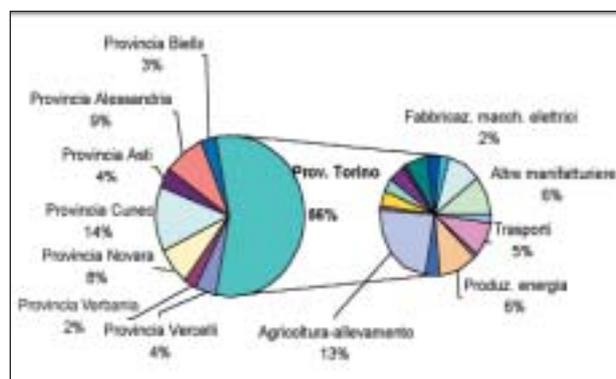
La **figura 19.3** riporta l'Impronta Ecologica dei singoli settori economici per il caso della Provincia di Torino. Il settore che maggiormente contribuisce è quello dell'agricoltura e dell'allevamento (13 % circa): questo non deve stupire perché è su questo settore che è stata conteggiata l'Impronta Ecologica dovuta ai prelievi di materia biotica. Seguono i settori della produzione di energia (6%) e dei trasporti (5%).

Sono inoltre state calcolate le diverse componenti dell'Impronta Ecologica sia per il Piemonte sia per le singole Province, particolareggiando inoltre il calcolo anche sui differenti settori dell'economia.

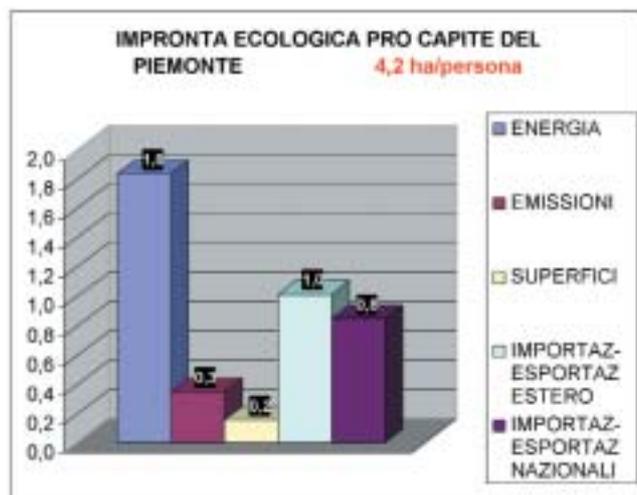
**Figura 19.1 - Il grafico mostra l'Impronta Ecologica delle otto Province del Piemonte**



**Figura 19.3 - l'Impronta Ecologica delle Province del Piemonte con uno zoom sull'Impronta Ecologica dei singoli settori economici della Provincia di Torino**

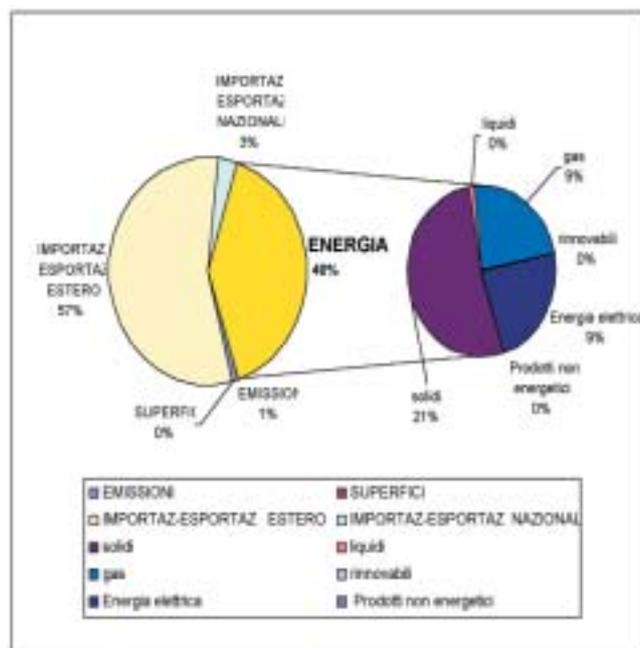


**Figura 19.4 - Impronta Ecologica pro capite del Piemonte dettagliata rispetto ai diversi contributi di impatto ambientale**



Nel caso del Piemonte l'energia contribuisce per il 44%, le emissioni per l'8%, le superfici (che raggruppano le componenti delle infrastrutture e della materia) per il 4%, l'importazione ed esportazione con l'estero per il 24% e l'importazione ed esportazione nazionale per il 20%. E' da sottolineare il dato energetico, estremamente alto, e quello relativo alle superfici, che, al contrario si dimostra de-

**Figura 19.5 - Impronta Ecologica della Provincia di Torino per il settore economico industrie siderurgiche e lavorazione dei metalli non ferrosi dettagliata in funzione delle fonti energetiche effettivamente utilizzate da questo settore economico per l'attività produttiva**



cisamente basso. In **figura 19.4** sono mostrati, sempre per il caso generale del Piemonte, i contributi pro capite dovuti alle diverse componenti.

La **figura 19.5** presenta un ulteriore esempio di analisi dell'Impronta Ecologica disaggregata. In questo caso vengono illustrati i risultati che si riferiscono all'Impronta Ecologica della Provincia di Torino, per il settore economico industrie siderurgiche e lavorazione dei metalli non ferrosi. Il calcolo mostra come sia stato possibile analizzare gli impatti ambientali derivanti dall'utilizzo di energia dettagliandoli in funzione delle fonti energetiche effettivamente utilizzate da questo settore economico per l'attività produttiva.

Dall'analisi dell'economia della Regione Piemonte emerge un quadro complesso e variegato che sarà esaminato con maggior dettaglio nei prossimi lavori di ricerca dell'IRES Piemonte.

In questa sede ci limitiamo a mostrare, come sguardo conclusivo di sintesi sull'economia del Piemonte, i valori di alcuni indicatori economico-ambientali per settore economico. La **tabella 19.1** riporta i seguenti dati: valore aggiunto per addetto, Impronta Ecologica per addetto, Impronta Ecologica su valore aggiunto, PIL pro capite, Impronta Ecologica pro capite. Per ogni indicatore sono stati colorati in verde i tre settori economici migliori ed in rosso i tre maggiormente critici. I risultati riguardanti i due settori dell'agricoltura e allevamento e dell'industria estrattiva devono essere considerati ricordando che su questi due settori ricade tutta l'attribuzione dell'Impronta Ecologica dovuta al prelievo di materie biotiche e abiotiche. Esaminando, a titolo di esempio, il terzo indicatore, il rapporto tra Impronta Ecologica e valore aggiunto, emerge un quadro dell'economia piemontese che si discosta parzialmente da quella che è la classica immagine dei settori economici a maggiore e minore impatto ambientale. I settori che risultano avere i valori più alti del rapporto Impronta Ecologica su valore aggiunto, rispecchiando quindi un maggior impatto ambientale a parità di valore aggiunto, sono quelli della produzione di energia, dell'agricoltura e allevamento e dell'industria chimica e petrolchimica. All'opposto, i più bassi valori sono attribuibili alle industrie estrattive, al settore altre industrie e al settore edilizia e costruzioni civili. Si tratta di una fotografia dell'economia piemontese interessante per le nuove informazioni che è capace di offrire, che necessita comunque di una interpretazione approfondita (in corso di preparazione) che tenga conto delle assunzioni e della metodologia utilizzata per il calcolo dell'Impronta Ecologica.



Tabella 19.1 - Alcuni indicatori economico-ambientali relativi ai settori produttivi dell'economia del Piemonte

	valore aggiunto / addetti	impronta / addetti	impronta / valore aggiunto	pil / abitanti	impronta / abitanti
	milioni lire / addetto	ha / addetto	ha / milioni lire	milioni lire / abitante	ha / abitante
Agricoltura e allevamento	<b>39,367</b>	13,090	<b>0,333</b>	0,941	<b>0,313</b>
Estrattive	<b>330,954</b>	5,125	<b>0,015</b>	<b>0,234</b>	<b>0,004</b>
Agroalimentare	69,308	6,076	0,088	0,664	0,058
Tessili e abbigliamento	80,717	2,012	0,025	1,280	0,032
Cartaria e grafica	65,002	8,661	0,133	<b>0,398</b>	0,053
Petrochimiche e chimiche	<b>55,820</b>	12,464	<b>0,223</b>	<b>0,623</b>	0,139
Materiali da costruzione					
+ Vetro/ceramica	<b>257,096</b>	<b>17,606</b>	0,068	0,828	0,057
Siderurgia + Metalli non ferrosi	<b>49,080</b>	6,390	0,130	1,038	0,135
Fabbricazione di macchine e apparecchi meccanici	75,103	<b>1,855</b>	0,025	1,233	0,030
Fabbricazione di macchine e apparecchi elettrici	65,308	1,857	0,028	0,743	0,021
Fabbricazione di mezzi di trasporto	73,241	2,021	0,028	<b>1,461</b>	0,040
Altre manifatturiere	117,818	<b>1,352</b>	<b>0,011</b>	1,086	<b>0,012</b>
Edilizia e costruzioni civili	64,266	<b>0,101</b>	<b>0,002</b>	<b>1,673</b>	<b>0,003</b>
Trasporti	113,518	<b>22,032</b>	0,194	<b>2,276</b>	<b>0,442</b>
Produzione e distrib. Energia	<b>235,557</b>	<b>167,736</b>	<b>0,712</b>	0,824	<b>0,586</b>

Nota: per ogni indicatore sono stati evidenziati in verde i tre settori economici migliori e colorati in rosso i tre maggiormente critici. I risultati riguardanti i due settori dell'agricoltura e allevamento e dell'industria estrattiva devono essere considerati ricordando che su questi due settori ricade tutta l'attribuzione dell'Impronta Ecologica dovuta al prelievo di materie biotiche e abiotiche.

## BIBLIOGRAFIA

A.A.V.V. (2000), *Ecological Economics* (32) 3, 341-394.

BAGLIANI M., FERLAINO F., PROCOPIO S., *Analisi eMergetica della sostenibilità ambientale*, in Rapporto sullo stato dell'Ambiente in Piemonte 2001, pp. 324-326, ARPA Piemonte, Torino, 2001.

BAGLIANI M., PANZIERI M., PORCELLI M., PROCOPIO S., *Valutazione della sostenibilità ambientale del Piemonte attraverso l'uso di indicatori eMergetici*, XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali, 19-21 settembre 2001, Palermo.

BAGLIANI M., FERLAINO F., PROCOPIO S. (2002), *Applicazione di indicatori di sostenibilità ambientale al territorio della regione Piemonte*, Quaderno IRES FUORI COLLANA, in corso di pubblicazione.

BATTELLINI F., FALCITELLI F., PETITTA M., TUDINI A. (1996), *Prospettive per una contabilità integrata ambientale ed economica sulle foreste*, *Annali di Statistica, Contabilità ambientale* cap.18 , 529-580.

BATTELLINI F., TUDINI A. (1996), *Una matrice di conti economici integrati con indicatori ambientali per l'Italia*, *Annali di Statistica, Contabilità ambientale* cap.17 , 503-527.

BAILEY E., PARIKH E. (1990) *Techniques of economic analysis with applications*, Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire.

BICKNELL K., BALL R., CULLEN R., BIGSBY H. (1998) *New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy*, *Ecological Economics* (27)2, 149-160.

B.E.N. (1998), *Bilancio Energetico Nazionale*, Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato.

BOLOGNA G., PALELLA A. (1999) *L'impronta Ecologica: uno strumento di verifica dei percorsi verso la sostenibilità*, WWF.

ENEA (Ente per le nuove tecnologie l'energia e l'ambiente) (1999), *La situazione energetico-ambientale del Paese*, Rapporto.



EPA (United States Environmental Protection Agency) (1999) Global Warming site: National Emissions Global Warming Potentials <http://www.epa.gov/globalwarming/index.html>.

EPA (United States Environmental Protection Agency) (1999), *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-1999*, EPA 236-r-99-003.

FERLAINO F., TIEZZI E. (2001) *Analisi e Mergetica della sostenibilità ambientale della Regione Piemonte e del comune di Torino*, IRES FUORI COLLANA.

HANLEY N., MOFFATT I., FAICHNEY R., WILSON M. (1999) *Measuring sustainability: A time series of alternative indicators for Scotland*, *Ecological Economics* (28)1, 55-73.

HEWINGS G. J., JENSEN R. C. (1996) *Regional, Interregional and Multiregional Input-Output Analysis, Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 1, cap. 8, North Holland.

ISTAT (1996) *I controlli di qualità: l'elaborazione dei dati 1996*, Pubblicazione ISTAT, Roma.

ISTAT (1996), *National Account Matrix including Environmental Accounts*, Roma.

LEONTIEF W. (1986) *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York.

ODUM H.T. (1994); *Ecological and General Systems*, University Press of Colorado.

PROOPS J., ATKINSON G., SCHLOTHEIM F., SIMON S. (1999) *International trade and the sustainability footprint: a practical criterion for its assessment*, *Ecological Economics* (28)1, 75-97.

REES W., WACKERNAGEL M. (1996) *Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable-and why they are a key to sustainability*, *Environmental Impact Assessment Review* 16 (4-6), 223-248.

REES W., WACKERNAGEL M. (1996) *L'impronta ecologica*, Edizioni Ambiente.

REES W., WACKERNAGEL M. (1997) *Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective*, *Ecological Economics* (20)1 pp. 3-24.

SIMPSON R., GASCHÉ K., RUTHERFORD S. (1995) *Estimating the ecological footprint of the south-east Queensland Region of Australia*, Faculty on environmental study, Griffith University.

SCHLESINGER W. H. (1991) *Biogeochemistry. An analysis of global change*, Academic Press, San Diego.

UNEP-WCMC, WWF International, Redefining Progress, Center for Sustainability Studies (2000) *Living Planet Report 2000*, Jonathan Loh Editors.

VAN DEN BERGH J., VERBRUGGEN H. (1999) *Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint*, *Ecological Economics* (29)1, 61-72.

VITOUSEK P., EHRLICH P. R., EHRLICH A. H. E MATSON P. (1986) *Human appropriation of the products of photosynthesis*, <http://www.dieoff.org/page83.htm>.

WACKERNAGEL M., ONISTO L., BELLO P., CALLEJAS LINARES A., LÓPEZ FALFÁN I., GARCÍA J., GUERRERO A., GUERRERO S. (1999) ; *National natural capital accounting with the ecological footprint concept*, *Ecological Economics* (29)3 pp. 375-390.

WORLD CONSERVATION UNION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, World Wide Fund for Nature (1991) *Caring for the Earth: a strategy for living sustainability*, IUCN, UNEP, WWF.