

Marco Bagliani, Fiorenzo Ferlaino, Salvatore Procopio¹

L'IMPRONTA ECOLOGICA: ANALISI REGIONALE E SETTORIALE

W.P. 152/2001

Working paper n. 152, ottobre 2001



ISTITUTO RICERCHE ECONOMICO-SOCIALI DEL PIEMONTE

¹ Working paper presentato alla XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali. Venezia 10-13 ottobre 2001.

L'IRES PIEMONTE è un istituto di ricerca che svolge la sua attività d'indagine in campo socioeconomico e territoriale, fornendo un supporto all'azione di programmazione della Regione Piemonte e delle altre istituzioni ed enti locali piemontesi.

Costituito nel 1958 su iniziativa della Provincia e del Comune di Torino con la partecipazione di altri enti pubblici e privati, l'IRES ha visto successivamente l'adesione di tutte le Province piemontesi; dal 1991 l'Istituto è un ente strumentale della Regione.

Giuridicamente l'IRES è configurato come ente pubblico regionale dotato di autonomia funzionale disciplinato dalla legge regionale n. 43 del 3 settembre 1991.

Costituiscono oggetto dell'attività dell'Istituto:

- la relazione annuale sull'andamento socioeconomico e territoriale della regione;*
- l'osservazione, la documentazione e l'analisi delle principali grandezze socioeconomiche e territoriali del Piemonte;*
- rassegne congiunturali sull'economia regionale;*
- ricerche e analisi per il piano regionale di sviluppo;*
- ricerche di settore per conto della Regione e di altri enti.*

©2001 IRES – Istituto di Ricerche Economico-Sociali del Piemonte
via Nizza 18
10125 Torino
Tel. 011/6666411, fax 011/6696012

Si autorizza la riproduzione, la diffusione e l'utilizzazione del contenuto del volume con la citazione della fonte.

Indice

Sommario	7
Abstract	7
1. Introduzione	9
2. L’Impronta Ecologica: la formulazione classica	11
3. La formulazione dell’Impronta Ecologica per settore economico	15
4. L’applicazione dell’Impronta Ecologica per settore economico al caso studio della Regione Piemonte	19
4.1 Il sistema analizzato: la Regione Piemonte	19
4.2 I dati e le procedure di calcolo	20
4.3 La componente <i>energia</i> dell’Impronta Ecologica	20
4.4 La componente <i>materia</i> dell’Impronta Ecologica	21
4.5 La componente <i>emissioni</i> dell’Impronta Ecologica	23
4.6 La componente <i>infrastrutture</i> dell’Impronta Ecologica	23
4.7 La componente <i>importazioni-esportazioni</i> dell’Impronta Ecologica	24
4.8 Alcuni risultati	24
5. Conclusioni	27
Bibliografia	29
Figure	31

SOMMARIO

Lo studio qui presentato propone un'analisi della sostenibilità ambientale del territorio della Regione Piemonte basata sull'utilizzo dell'Impronta Ecologica. Questo indicatore di sostenibilità stima l'impatto che una popolazione ha sull'ambiente calcolando l'area di terreno necessaria per produrre, in modo sostenibile, tutte le risorse utilizzate e per riassorbire, sempre in modo sostenibile, tutte le emissioni prodotte.

In questo studio proponiamo una nuova formulazione dell'Impronta Ecologica: partendo dal lavoro di Bicknell e collaboratori (1998) abbiamo messo a punto un metodo di calcolo che, mantenendo le caratteristiche della definizione di Impronta Ecologica, ne ristruttura la formulazione matematica a partire dal formalismo delle matrici di Input-Output di Leontief (1986). In questo modo diventa possibile utilizzare l'Impronta Ecologica per valutare la sostenibilità ambientale dei singoli settori economici ed i flussi di sostenibilità in entrata e in uscita. Il nuovo metodo è stato testato applicandolo al caso studio del Piemonte: per ogni singola Provincia l'analisi dell'Impronta Ecologica per settore economico ha permesso di radiografare la sostenibilità ambientale del sistema economico piemontese.

ABSTRACT

This contribution presents the analysis of the environmental sustainability of the Piedmont Region based on the use of the Ecological Footprint. This indicator of sustainability considers the impact that a population has on the environment by calculating the productive surface necessary to produce, in a sustainable way, all the utilized resources and to reabsorb, also in a sustainable way, all the released emissions.

In this study, that develop a work of Bicknell and collaborators (1998), we propose a new method of calculation that keeps the main characteristics of the Ecological Footprint definition but restructures the mathematical formalism on the base of the Leontief's Input- Output matrices (Leontief, 1986). This new version of the Ecological Footprint allows deeper insights on the sustainability of the economic system by considering the environmental sustainability of each economic sector and the sustainability of the input-output flows trough the different sectors.

To test the new method we have applied it to the case study of the Piedmont Region. The analysis, applied to each of the Piedmont Provinces, has allowed a detailed description of the environmental sustainability of the economic system. Furthermore, this case study has shown performances, advantages and limits of applicability of our method.

1. INTRODUZIONE

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.

L'importanza di questi studi deriva non solo dalle informazioni tecnico-scientifiche che permettono di acquisire, ma anche e soprattutto dalle possibili ricadute che hanno in campo economico e sociale. Grazie ad essi diventa infatti possibile evidenziare quelle modalità di fruizione ed utilizzo delle risorse naturali che risultano maggiormente sostenibili in funzione del contesto considerato. Le conoscenze così derivate possono essere utilizzate per valutare scenari economici, sociali e legislativi, al fine di proporre nuove strategie di sviluppo che siano in grado di garantire un uso sostenibile delle risorse e, al contempo, standard di vita soddisfacenti per tutti gli abitanti della terra. Si tratta di problemi di rilevanza planetaria che vanno affrontati valutando contemporaneamente i risultati teorici generali e le diverse condizioni locali. Per questo, seguendo le indicazioni del Summit di Rio, accanto al grande sviluppo di studi teorici, ogni singola comunità locale è chiamata ad adottare strumenti di pianificazione partecipata (come l'Agenda 21 locale) che permettano di fornire indicazioni e di adottare azioni che vadano nella direzione di una maggiore sostenibilità.

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 microgrammi 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.

Accanto a studi che si limitano a sommare acriticamente tra loro le diverse componenti dell'impatto ambientale, con risultati peraltro assai discutibili, sono stati proposti sistemi di indicatori che utilizzano una più semplice e meno arbitraria giustapposizione delle diverse informazioni e che demandano ad una lettura sinottica personale il compito critico di arrivare ad una valutazione sintetica.

Altri studi 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'energia (Odum, 1994) che è

stato impiegato per una analisi dettagliata della sostenibilità della Regione Piemonte (Bagliani et al., 2000; Ferlaino 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 ristrutturata 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.

2. 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. Si consideri una regione di cui si vuole valutare l'Impronta Ecologica totale. Se C_i rappresenta il consumo medio totale, espresso in chilogrammi, della categoria merceologica i -esima all'interno del territorio in esame, l'Impronta Ecologica totale F viene stimata attraverso la seguente formula:

$$F = \sum_i E_i = \sum_i C_i q_i \quad (1)$$

dove E_i rappresenta l'Impronta Ecologica derivante dal consumo del prodotto i -esimo e q_i è il fattore di conversione, espresso in ettari/chilogrammo, che coincide con l'inverso della produttività media per la categoria merceologica i -esima. Tale fattore di conversione rappresenta l'area di terreno produttivo necessaria per produrre un chilogrammo del prodotto i -esimo.

A partire dall'equazione (1) è facile ricavare l'Impronta Ecologica pro capite $f = F/N_p$:

$$f = \sum_i e_i = \sum_i \frac{E_i}{N_p} \quad (2)$$

dove e_i rappresenta l'Impronta Ecologica pro capite derivante dal consumo del prodotto i -esimo e N_p la popolazione residente nella regione considerata.

All'interno di questo formalismo possono facilmente essere fatti rientrare anche gli usi di terreno produttivo che non derivano da prelievi di risorse (consumi di merci) bensì dall'energia e dai servizi naturali utilizzati per riassorbire le emissioni prodotte. In questo caso la produttività media q_i dovrà essere intesa in senso generalizzato, come area necessaria per assorbire un chilogrammo della i -esima sostanza emessa.

Più in generale, è possibile affermare che 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 ricaverebbe 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. In realtà Wackernagel e Rees (1996) applicano una definizione differente, che si basa sull'area di foresta necessaria per riassorbire la CO_2 emessa dalla produzione di energia a partire da combustibili fossili. Le due aree hanno lo stesso ordine di grandezza, ma questo secondo metodo consente di centrare il calcolo della componente energetica dell'Impronta Ecologica sul problema della concentrazione della CO_2 in atmosfera e della conseguente alterazione del clima. In questo modo diventa inoltre possibile, partendo dai dati riguardanti le diverse emissioni di CO_2 , distinguere gli impatti provocati dall'uso di differenti combustibili fossili (solidi, liquidi, gassosi) per produrre energia.
- 2) Terreno agricolo: superficie arabile (campi, orti, ecc.) utilizzata per la produzione delle derrate alimentari e di altri prodotti non alimentari di origine agricola (es. cotone, iuta, tabacco).
- 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 considerazione di tipi di territorio così diversi, che devono essere sommati insieme per arrivare alla stima finale dell'Impronta Ecologica, ha posto il problema delle differenti produttività che caratterizzano le tipologie territoriali sopra elencate. In effetti i terreni maggiormente produttivi sono usualmente utilizzati per le coltivazioni agricole, mentre quelli con produttività minori vengono destinati al pascolo. Nel caso della superficie marina la disparità tra la sua produttività e quella di un terreno agricolo è, in media, dell'ordine di 1 a 50. Per rendere comparabili tra loro gli usi dei diversi tipi di terreno, la formulazione classica dell'Impronta Ecologica introduce un'operazione di normalizzazione che consente di pesare le aree dei differenti tipi di terreno in base alla loro produttività media mondiale. L'area così calcolata non rappresenta più la superficie direttamente o indirettamente utilizzata da una certa popolazione, bensì l'area equivalente che sarebbe necessaria per produrre, su un terreno caratterizzato da una produttività uguale alla media mondiale, la quantità di biomassa effettivamente usata dalla popolazione considerata. Il Living Planet Report (2000) propone, correttamente, di non utilizzare come unità di misura per questo tipo di aree gli ettari, che si riferiscono a superfici reali, bensì delle più generiche "unità di area". In generale si può affermare che l'introduzione di questa normalizzazione comporta, accanto al vantaggio derivante da una maggiore comparabilità delle diverse tipologie di territorio, il limite di trasformare la misura di una superficie reale in quella di una superficie equivalente. L'informazione che i due tipi di grandezze offrono è parzialmente differente: la prima misura l'area effettivamente utilizzata dalla specie umana, senza distinguere tra i differenti ecosistemi e, quindi, tra le diverse produttività che possono essere presenti, mentre la seconda si avvicina alle analisi di Vitousek e collaboratori (1984) che stimano l'appropriazione della produzione primaria netta da parte della specie umana.

In questo articolo abbiamo scelto di presentare i risultati del caso studio del Piemonte, in cui si è testata la nuova versione di calcolo dell'Impronta Ecologica, nel modo più comprensibile possibile. Per facilitare la lettura dei dati e la conseguente comprensione del modello abbiamo quindi ritenuto opportuno presentare i risultati dell'Impronta Ecologica direttamente in ettari, senza effettuare l'operazione di normalizzazione. In altri lavori, più estesi e quindi con maggiore spazio per le spiegazioni, si è deciso di presentare i risultati finali in entrambe le forme per permettere il confronto (Bagliani, Ferlino, Procopio, in corso di pubblicazione).

3. LA FORMULAZIONE DELL'IMPRONTA ECOLOGICA PER SETTORE ECONOMICO

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, Ball, Cullen e Bigsby (1998), mantiene la definizione dell'Impronta Ecologica ma ne ristrutturata il calcolo a partire dalle matrici di Input-Output di Leontief (per una introduzione all'argomento rimandiamo alle esposizioni di Leontief, 1986; Hewings e Jensen, 1996), che consentono di descrivere i flussi di materia e di capitale attraverso i differenti settori dell'economia. Utilizzando tale formalismo matematico 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.

La nuova formulazione, in luogo del calcolo basato sui consumi medi della popolazione, considera i consumi dei singoli settori produttivi del sistema economico presente nell'area di cui si vuole misurare la sostenibilità. In questo caso l'equazione base per il calcolo dell'Impronta Ecologica totale F , che sostituisce la (1), è:

$$F = \sum_n H_n \quad (3)$$

dove H_n rappresenta l'Impronta Ecologica del settore economico n-esimo. Il calcolo di H_n si presenta, a prima vista, estremamente difficoltoso. I vari settori dell'economia sono infatti caratterizzati da attività estremamente diverse e quindi da impatti ambientali tra loro differenti. In realtà è possibile ricondurre il calcolo di H_n a categorie molto generali, che risultano valide per tutti i settori

economici. La scomposizione scelta individua gli utilizzi di terreno produttivo (si ricordi che H_n rappresenta una superficie) in funzione dei possibili impatti dell'attività di un generico settore economico derivanti da: 1) uso di energia (per la produzione, la creazione di servizi, le attività di marketing, ricerca, coordinamento, ecc.); 2) uso di materia (sia direttamente attraverso l'utilizzo di materie prime o di manufatti da sottoporre a ulteriore lavorazione, sia indirettamente attraverso l'utilizzo di utensili, macchine, ecc. necessarie per la produzione); 3) uso di terreno per riassorbire le emissioni prodotte durante le lavorazioni; 4) occupazione di superfici per le infrastrutture (abitazioni, aree produttive, vie di comunicazione, ecc.). Queste quattro componenti riassumono, in maniera esaustiva, le possibili sorgenti di impatto ambientale, e quindi di Impronta Ecologica, presenti in un generico settore dell'economia. Il calcolo può essere schematizzato dall'equazione seguente:

$$H_n = (S_n)_{ENERGIA} + (S_n)_{MATERIA} + (S_n)_{EMISSIONI} + (S_n)_{INFRASTRUTTURE} = \sum_M (S_n)_M \quad (4)$$

dove $(S_n)_M$ indica la superficie utilizzata dal settore economico n-esimo per l'uso M-esimo.

L'analogo dell'equazione (2), che fornisce, per la formulazione classica, l'Impronta Ecologica pro capite f_p , è dato ora dalla formula:

$$f_p = \sum_n h_{pn} = \sum_n \frac{H_n}{N_p} = \sum_n \sum_M \frac{(S_n)_M}{N_p} \quad (5)$$

dove h_{pn} rappresenta l'Impronta Ecologica pro capite del settore economico n-esimo e dove, ricordiamo, N_p indica il numero di abitanti residenti. In parallelo, all'interno di questa nuova formulazione basata sui settori economici, risulta utile calcolare anche l'Impronta Ecologica per addetto del singolo settore n-esimo h_{An} :

$$h_{An} = \frac{H_n}{N_A} = \sum_M \frac{(S_n)_M}{N_A} \quad (6)$$

dove N_{An} indica il numero di addetti del settore economico n-esimo.

Finora si è fatta l'ipotesi implicita che il sistema economico considerato fosse chiuso, ossia che non vi fossero scambi di prodotti, servizi, informazioni e altro con l'esterno. Le equazioni (3) e (4) forniscono il valore dell'Impronta Ecologica necessaria a coprire gli utilizzi di risorse ambientali dei vari settori economici, finalizzati al soddisfacimento dei consumi della popolazione residente, solo per un sistema chiuso, come illustrato in figura 1.

Nel caso più generale di un sistema aperto (ossia con scambi di energia e materia con l'esterno), è indispensabile considerare anche i flussi derivanti dalle importazioni e dalle esportazioni. Per un generico sistema economico, infatti, non tutta la produzione dei singoli settori è destinata a soddisfare i consumi degli abitanti residenti nella regione considerata, perché una parte viene esportata all'estero o in altre regioni della stessa nazione; così pure bisogna tenere conto delle importazioni da parte dei vari settori che acquistano dall'esterno merci e servizi. In generale produzioni locali P , consumi locali C , importazioni I , esportazioni E e variazione delle scorte locali S (viene qui

seguita la convenzione di considerare tale variazione positiva quando vengono accumulate scorte all'interno della regione studiata) sono legate, in un sistema aperto, dalla seguente equazione:

$$C = P + I - E - S \quad (7)$$

Grazie a questa formula è possibile definire la corretta procedura per calcolare, anche in un sistema aperto, l'Impronta Ecologica centrata sui consumi: alla superficie derivante dalle produzioni locali occorre sommare la componente di Impronta Ecologica legata alle merci e ai servizi importati e sottrarre quelle relative alle esportazioni. La formulazione matematica è facilmente ottenibile applicando la (7) alla (4) da cui si ricava l'equazione effettivamente utilizzata per il calcolo, all'interno di un sistema economico aperto, dell'Impronta Ecologica del settore economico n-simo:

$$H_n = (S_n)_{ENERGIA} + (S_n)_{MATERIA} + (S_n)_{EMISSIONI} + (S_n)_{INFRASTRUTTURE} + (S_n)_{INPORT} - (S_n)_{EXPORT} - (S_n)_{SCORTE} \quad (8)$$

La figura 2 illustra graficamente il caso di un sistema economico aperto caratterizzato da tre settori. A differenza della figura 1 vengono qui considerate le importazioni e le esportazioni mentre sono state tralasciate le variazioni delle scorte.

4. L'APPLICAZIONE DELL'IMPRONTA ECOLOGICA PER SETTORE ECONOMICO AL CASO STUDIO DELLA REGIONE PIEMONTE

4.1 *Il sistema analizzato: la 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.

Il territorio analizzato, la Regione Piemonte, è situata nella parte nord-occidentale dell'Italia, al confine con Francia e Svizzera, e si compone di otto province: Alessandria, Biella, Asti, Cuneo, Novara, Torino, Verbania e Vercelli. Possiede una superficie complessiva di 25.399 chilometri quadrati con un territorio caratterizzato da vaste zone montuose (circa il 43% della superficie totale), da zone collinari (30%) e da una parte di pianura (27%). Il clima è molto freddo nella fascia alpina e continentale in pianura, con inverni freddi, estati calde e secche e primavera piovose; nebbioso nella bassa padana e mite sui laghi. La popolazione, più di 4 milioni di abitanti, con una densità di circa 170 ab./km², non è omogeneamente distribuita sul territorio, ma è concentrata soprattutto nel grande agglomerato urbano di Torino.

L'analisi della sostenibilità ambientale effettuata in questa ricerca ha considerato separatamente le otto province del Piemonte. 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. La disponibilità di dati su scala nazionale per settore ha fortemente condizionato la suddivisione settoriale: le banche dati disponibili non utilizzavano infatti lo stesso tipo e livello di suddivisione. Si è quindi dovuto procedere a aggregazioni settoriali e disaccorpamenti. 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.

4.2 I dati e le procedure di calcolo

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.

In alcuni casi non è stato possibile reperire i dati necessari al calcolo dell'Impronta Ecologica perché non vi erano informazioni disponibili oppure perché le fonti che sono state consultate (enti pubblici, istituti di ricerca, aziende gestori dei servizi, ecc.) hanno fornito dati con un livello di aggregazione troppo alto, non idoneo al tipo di analisi che si voleva effettuare. È stato allora necessario stimare i dati a partire da grandezze differenti. Tutti i casi in cui sono state effettuate operazioni di stima vengono qui documentati, illustrando inoltre le ipotesi eventualmente assunte nelle operazioni di approssimazione.

Per questa analisi sono state impiegate le banche dati del 1998; anche se qualche dato proviene da serie temporali diverse, il cui aggiornamento viene effettuato con una periodicità piuttosto lunga (es. dati provenienti dal censimento).

Per una discussione e valutazione dell'errore cui sono affetti i dati statistici qui riportati si rimanda alla relativa trattazione a cura dell'ISTAT (1996).

Per ogni Provincia della Regione Piemonte e per ogni settore economico si è quindi proceduto alla stima dell'Impronta Ecologica utilizzando l'equazione (8). Così come descritto da questa espressione matematica il risultato deriva dalla somma di sette diversi componenti, (energia, materia, emissioni, infrastrutture, importazione, esportazione, variazione delle scorte) che sono state calcolate utilizzando banche dati e approssimazioni differenti, come viene descritto nei paragrafi seguenti.

4.3 La componente energia dell'Impronta Ecologica

Il consumo nazionale totale di energia, come riferisce l'ultimo bilancio energetico dell'ENEA, è di circa 180 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) (ENEA, 1999). Per il caso studio analizzato, la componente dovuta all'energia dell'Impronta Ecologica del settore economico n-esimo $(S_n)_{ENERGIA}$ 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 Bilancio Energetico Nazionale distingue i consumi energetici in primari e secondari. I primi derivano dall'utilizzo di: carbon fossile da cokeria, carbone da vapore, carbone altri usi, lignite, sottoprodotti, gas naturale, petrolio greggio, semilavorati, energia idraulica, energia geotermica, energia eolica e fotovoltaica, rifiuti e

biomassa; mentre i consumi secondari riguardano l'utilizzo di: energia elettrica, carbone di legna, coke da cokeria, gas di officina, gas di altoforno, prodotti da carbone non energetici, G.P.L., gas residui di raffineria, distillati leggeri, benzine, carboturbo, petrolio, gasolio, olii combustibili A.T.Z., olii combustibili B.T.Z., coke di petrolio, prodotti petroliferi non energetici.

Inoltre i consumi energetici sono stati conteggiati attraverso le diverse fasi di produzione, importazione, esportazione e variazione delle scorte. Per il caso esaminato, è stato necessario calcolare i consumi energetici dei singoli settori economici su scala provinciale a partire da dati nazionali. Si è quindi dovuto procedere all'applicazione di un metodo proporzionale di stima, utilizzando il numero di addetti per settore economico, disponibile da fonte Ancitel 2000 e Ancitel 1996 (settore agricoltura e pesca). A partire dalle quantità di energia effettivamente consumate per ciascuna delle diverse fonti si sono calcolati i vari contributi dell'Impronta Ecologica applicando i coefficienti di conversione ricavati da Wackernagel sulla base delle emissioni di CO₂ (Wackernagel et al., 1997). 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.

4.4 La componente materia dell'Impronta Ecologica

L'economia è caratterizzata da continui scambi di materia tra i diversi settori produttivi: si tratta anzitutto di flussi di componenti materiali che vengono sottoposte a lavorazione (materie prime, semilavorati, beni finiti, ecc.), ma anche di acquisti e vendite di utensili, macchinari, infrastrutture, ecc. da utilizzare nelle attività produttive. Per valutare l'impatto ambientale derivante da quest'insieme di operazioni è bene distinguere tra l'Impronta Ecologica causata dai prelievi di risorse materiali dall'ambiente e quella provocata dalle successive lavorazioni cui i diversi settori industriali sottopongono le materie prime per trasformarle in prodotti finiti.

La prima componente 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). Questa stima è sufficientemente facile nel caso dell'agricoltura, dell'allevamento e della pesca perché le produttività medie (rese per ettaro) sono abbastanza ben conosciute. Molto più difficile è risultato il calcolo della superficie media delle cave e delle miniere, in funzione del tipo e della quantità di materiale estratto. Malgrado la collaborazione con esperti del settore estrattivo non si è ancora giunti ad una stima soddisfacente di tale componente che viene perciò trascurata nel presente calcolo, alla stregua di quanto fatto da tutti i precedenti lavori sull'Impronta Ecologica.

Nella nostra analisi questa componente dell'Impronta Ecologica della materia è stata messa a carico del settore economico dell'agricoltura, allevamento e pesca per la parte biotica e di quello dell'industria estrattiva per quella abiotica. Tale attribuzione appare evidente poiché sono effettivamente questi i due settori responsabili delle attività "di prelievo". In realtà le risorse materiali così estratte vengono utilizzate da tutti i settori dell'economia cui dovrebbe quindi essere parzialmente attribuito una parte del carico ambientale derivante da tali prelievi. È allo studio una differente soluzione che consente di ridistribuire tale impatto su tutti i settori dell'economia.

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. Anche questa seconda componente è di difficile attribuzione tra i settori economici perché, se in alcuni casi si hanno stime medie sulla quantità totale di energia incorporata per ottenere il prodotto finale, risulta estremamente difficile disaggregare l'informazione per ricostruire le singole quantità incorporate nelle differenti fasi di lavorazione del prodotto, che possono avvenire a carico di settori economici diversi.

In generale quindi ad ogni manufatto sarà 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 attribuita alla materia perché entrambi sono direttamente proporzionali alla quantità di merce prodotta. In realtà nei calcoli occorre fare estrema attenzione al problema del doppio conteggio. Per evitare di contare due volte alcuni di questi contributi, nell'analisi da noi eseguita abbiamo considerato nella componente $(S_n)_{MATERIA}$ solamente l'Impronta Ecologica dovuta al prelievo delle risorse materiali (per le fonti da cui sono stati ricavati tali dati si rimanda al paragrafo 4.6), mentre le energie utilizzate nelle differenti fasi di lavorazione sono state considerate sotto la voce $(S_n)_{ENERGIA}$. Un discorso a parte riguarda invece il calcolo dell'Impronta Ecologica derivante dalle importazioni e dalle esportazioni: qui per ogni tipologia merceologica sono state considerate entrambe le componenti, rifacendosi, per il calcolo numerico, ai coefficienti di energia incorporata forniti da Wackernagel e collaboratori (1997). Per le categorie di beni per i quali tali valori non erano disponibili si è proceduto alla

loro determinazione diretta a partire dalla Banca dati LCA-ANPA 2000 che considera il ciclo di vita dei singoli prodotti.

4.5 *La componente emissioni dell'Impronta Ecologica*

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 CO₂. Nella nostra analisi abbiamo considerato i più importanti gas climalteranti: CO₂, CH₄, SO_x, NO_x, CFC, N₂O, NH₃. La prima fase della procedura di calcolo per valutare l'Impronta Ecologica delle emissioni, ha considerato le fonti di emissioni generate dalle attività antropiche presenti sul territorio delle singole province del Piemonte nell'anno 1998. 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). I contributi di emissioni su scala provinciale sono stati stimati sul numero di addetti dei singoli settori.

L'impatto dei diversi gas serra è stato riportato a quello della CO₂ 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 CO₂ necessarie per provocare un analogo riscaldamento. I GWP non sono attualmente conosciuti per tutti i gas serra (mancano quelli riferiti a CO, NO_x, SO₂). Non si sono quindi potute inserire nel computo le emissioni relative a questi gas serra. Si è infine proceduto al calcolo dell'area equivalente, utilizzando il fattore di conversione di Wackernagel e Rees relativo all'assorbimento della CO₂.

Utilizzando i dati NAMEA disponibili e i GWP sino ad oggi conosciuti, siamo riusciti a valutare l'Impronta Ecologica derivante dalle emissioni di CO₂, CH₄ ed N₂O.

4.6 *La componente infrastrutture dell'Impronta Ecologica*

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

La $(S_n)_{INFRASTRUTTURE}$ è stata calcolata partendo dai dati di uno studio realizzato da Regione Piemonte, Arpa Piemonte e CSI Piemonte, in fase di pubblicazione (Cavagnoli et al.) sull'uso e la destinazione del territorio regionale. Tale analisi, avvalendosi di un metodo di acquisizione dati con rilevamento satellitare, rende disponibili informazioni sulle caratteristiche del territorio con un grande potere risolutivo e un ottimo livello di disaggregazione: aree agricole, aree per attività estrattive, aree destinate alla produzione, aree destinate ad usi civili (principalmente abitazioni), aree per infrastrutture (strade, autostrade, ponti, ecc.), aree per servizi (impianti di depurazione, centrali elettriche, discariche,

ospedali, ecc.) e altre tipologie di territorio. Per il calcolo di questa componente dell'Impronta Ecologica non è stato necessario effettuare nessun tipo di trasformazione, essendo il dato stesso su scala provinciale disponibile direttamente in ettari. Si è dovuto provvedere solamente all'attribuzione delle diverse aree ai settori economici. In particolare, le prime due aree (usi agricoli ed estrattivi) corrispondono esattamente ad una delle componenti dell'Impronta Ecologica dovute alla materia (vedi paragrafo 4.4) e sono state pertanto conteggiate sotto questa dicitura. L'area destinata ad usi civili è stata attribuita al settore usi domestici; mentre tutte le rimanenti aree, essendo di incerta attribuzione perché utilizzate da più settori economici, non sono state conteggiate nel calcolo dell'Impronta Ecologica di settore, bensì considerate solamente nel calcolo dell'Impronta Ecologica totale su scala provinciale.

4.7 La componente importazioni-esportazioni dell'Impronta Ecologica

Il formalismo da noi proposto tiene conto, per un sistema economico aperto, anche della componente dell'Impronta Ecologica che deriva dalle importazioni e dalle esportazioni di merci e servizi con le altre regioni italiane e con l'estero.

Il calcolo è proceduto valutando dapprima i flussi con l'estero, per i quali si sono utilizzati i dati della matrice NACE che riportano importazioni ed esportazioni, per l'anno 1998, in quantità fisiche (tonnellate) e suddivise in 236 tipologie merceologiche. A partire da questi dati, utilizzando i coefficienti che forniscono l'energia incorporata, tratti da Wackernagel o direttamente calcolati per questa ricerca (vedi paragrafo 4.4), sono state calcolate le Impronte Ecologiche per chilogrammo di ognuno dei 236 tipi di merci. Un ulteriore passaggio ha permesso di attribuire le differenti merci in entrata e/o uscita ai vari settori economici consentendo così di stimare per ciascun settore il contributo di Impronta Ecologica derivante dall'attività di import-export. Valori positivi (negativi) indicano una importazione (esportazione) netta di Impronta ecologica dall'estero (dal Piemonte).

Il calcolo dell'Impronta Ecologica derivante dagli scambi con le altre regioni d'Italia si è basata sui dati in lire per l'anno 1998 contenuti nelle matrici IRPET, che sono stati successivamente trasformati in unità fisiche utilizzando una stima proporzionale basata sui dati in unità monetarie e fisiche delle importazioni ed esportazioni con l'estero.

Il valore finale della componente dovuta alle importazioni ed esportazioni dell'Impronta Ecologica di ogni singolo settore economico è stata ottenuta sommando i contributi degli scambi con l'estero e con le altre regioni d'Italia.

4.8 Alcuni risultati

Vengono qui presentati alcuni dei risultati ottenuti dall'applicazione dell'indicatore Impronta Ecologica ai sistemi economici delle otto Province del Piemonte. 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 3 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 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 4, 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 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 (vedi paragrafo 2), sia infine ad effettive differenze nei consumi medi.

La figura 5 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 (vedi paragrafo 4.4). 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, discretizzando inoltre il calcolo anche sui differenti settori dell'economia. 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%. È da sottolineare il dato energetico, estremamente alto, e quello relativo alle superfici, che, al contrario si dimostra decisamente basso. In figura 6 sono mostrati, sempre per il caso generale del Piemonte, i contributi pro capite dovuti alle diverse componenti.

La figura 7 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.

5. CONCLUSIONI

Lo studio qui presentato propone un'analisi della sostenibilità ambientale del territorio della Regione Piemonte basata sull'utilizzo di un nuovo formalismo che consente di calcolare l'Impronta Ecologica per i singoli settori economici.

La nuova formulazione è stata testata con successo nel caso studio della Regione Piemonte, permettendo di calcolare l'Impronta Ecologica a diversi livelli di aggregazione: 1) le singole Province piemontesi; 2) i diversi settori economici di ciascuna Provincia; 3) le singole componenti di impatto ambientale (energia, materia, emissioni, infrastrutture, importazioni, esportazioni) per ciascuno dei settori economici di ogni Provincia; 4) ulteriori dettagli per ciascuna delle singole componenti, come, ad esempio, gli impatti derivanti dalle diverse fonti energetiche per la componente energia, o quelli causati dai diversi tipi di emissioni per la rispettiva componente, o i differenti tipi di occupazione del suolo per la componente delle infrastrutture, o ancora, per la componente delle importazioni ed esportazioni, il dettaglio riferito a 236 differenti tipologie merceologiche.

È bene notare che questa nuova formulazione dell'Impronta Ecologica può essere applicata con maggior successo su aree sufficientemente grandi, tali cioè da avere un flusso di capitali e di merci attraverso i propri confini minore dei movimenti e delle produzioni interne.

Dall'analisi dell'economia della Regione Piemonte emerge un quadro complesso e variegato che sarà esaminato con maggior dettaglio nel quaderno di ricerca dell'IRES Piemonte che farà seguito a questa pubblicazione.

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 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 grigio chiaro i tre settori economici migliori ed in grigio scuro 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 (vedi paragrafo 4.4).

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, rispecchianti 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. Di grande interesse sarà inoltre il confronto tra i dati sulla sostenibilità ambientale del Piemonte ottenuti con il formalismo dell'Impronta Ecologica e quelli ricavati a partire dagli indicatori eMergetici, frutto di un precedente studio dell'IRES Piemonte (Bagliani et al., 2000; Ferlino et al. 2001).

BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V. (2000), *Ecological Economics* (32) 3, 341-394.
- 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., (2001), *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 Emmissions 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 eMergetica 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., GASCHE 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., GUERRIERO 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 FOUND FOR NATURE, (1991), *Caring for the Earth: a strategy for living sustainability*, IUCN, UNEP, WWF.

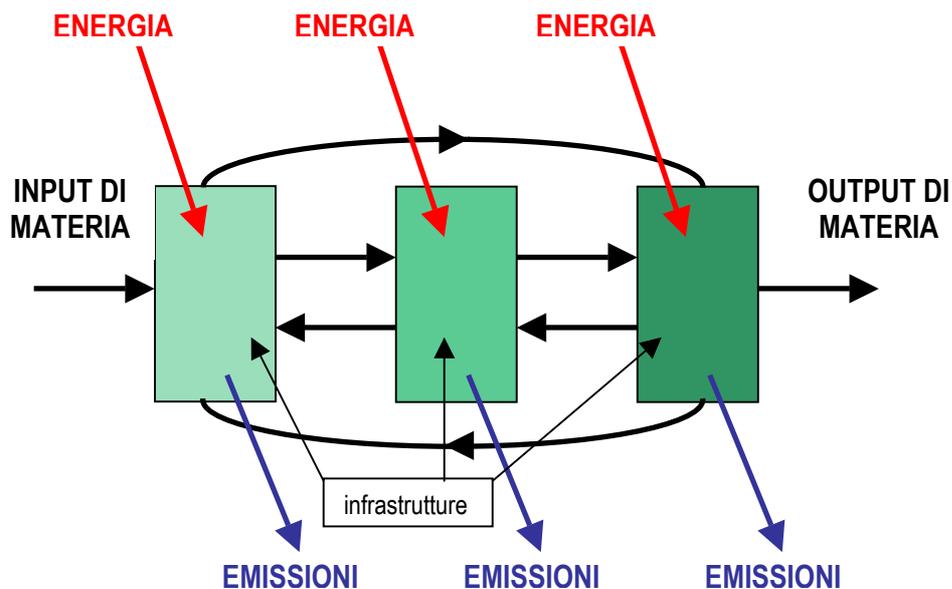


Figura 1 Il calcolo dell'Impronta Ecologica per settore economico per una ipotetica economia chiusa a tre settori: non vengono considerate importazioni, esportazioni e variazioni delle scorte

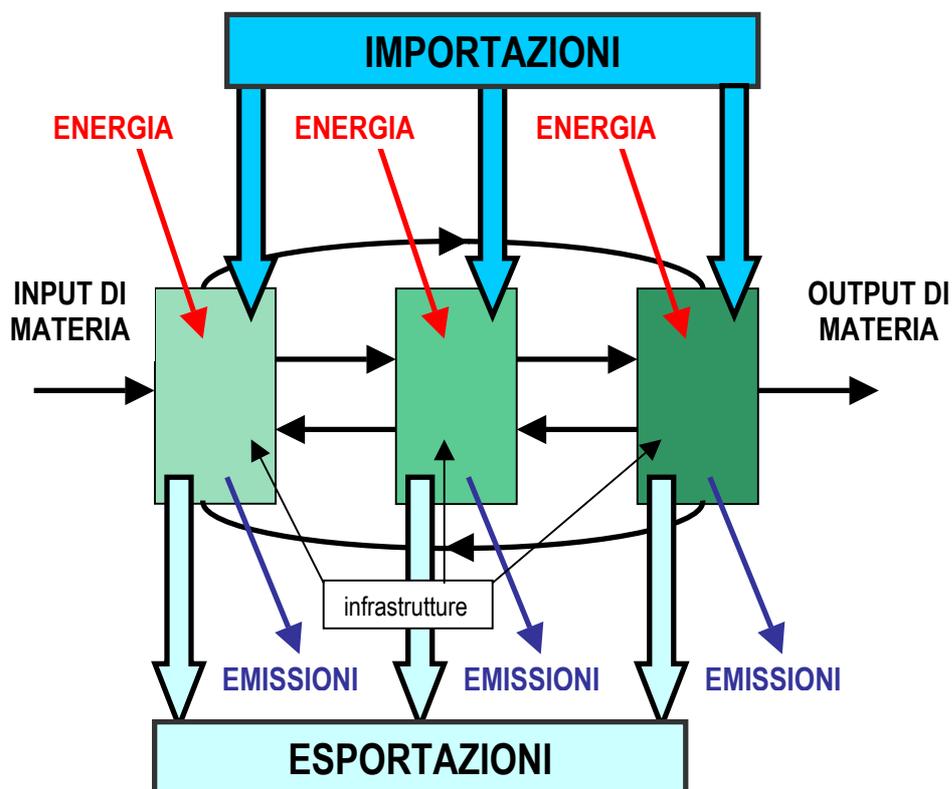


Figura 2 Il calcolo dell'Impronta Ecologica per una ipotetica economia a tre settori. A differenza di figura 1 vengono qui considerate le importazioni e le esportazioni (sono state invece tralasciate le variazioni delle scorte per non complicare troppo la figura)

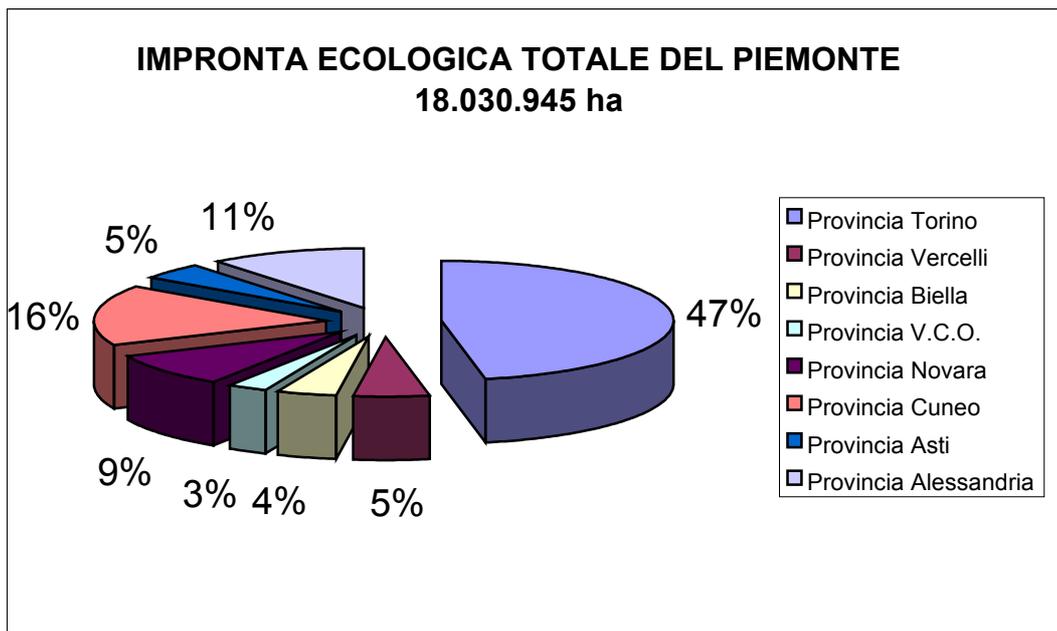


Figura 3 Il grafico mostra l'Impronta Ecologica delle otto Province del Piemonte. Il contributo più importante è dato dalla Provincia di Torino, poco meno della metà della Impronta Ecologica totale della Regione Piemonte

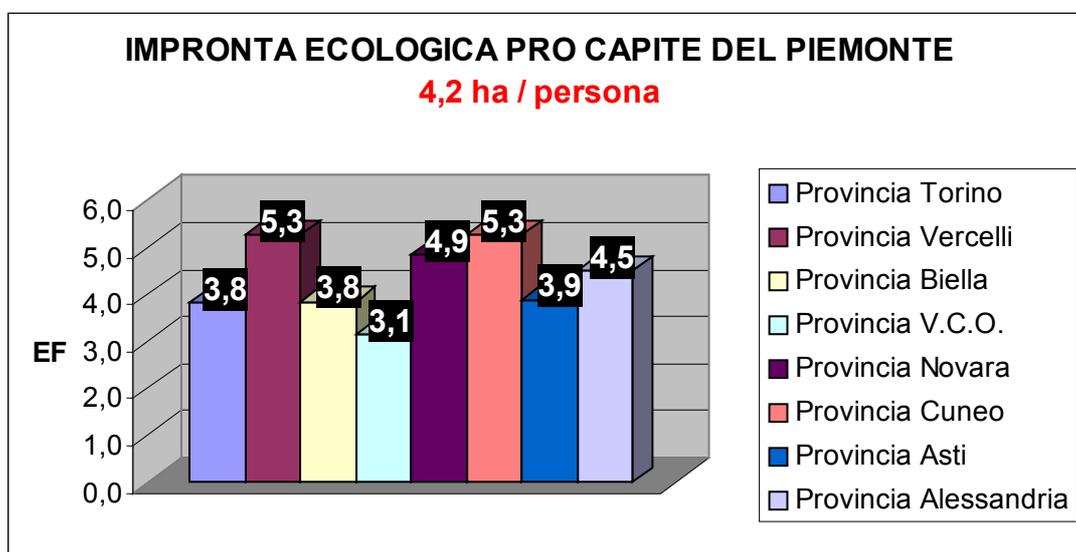


Figura 4 Il grafico presenta i valori dell'Impronta Ecologica in ettari/persona delle otto Province del Piemonte

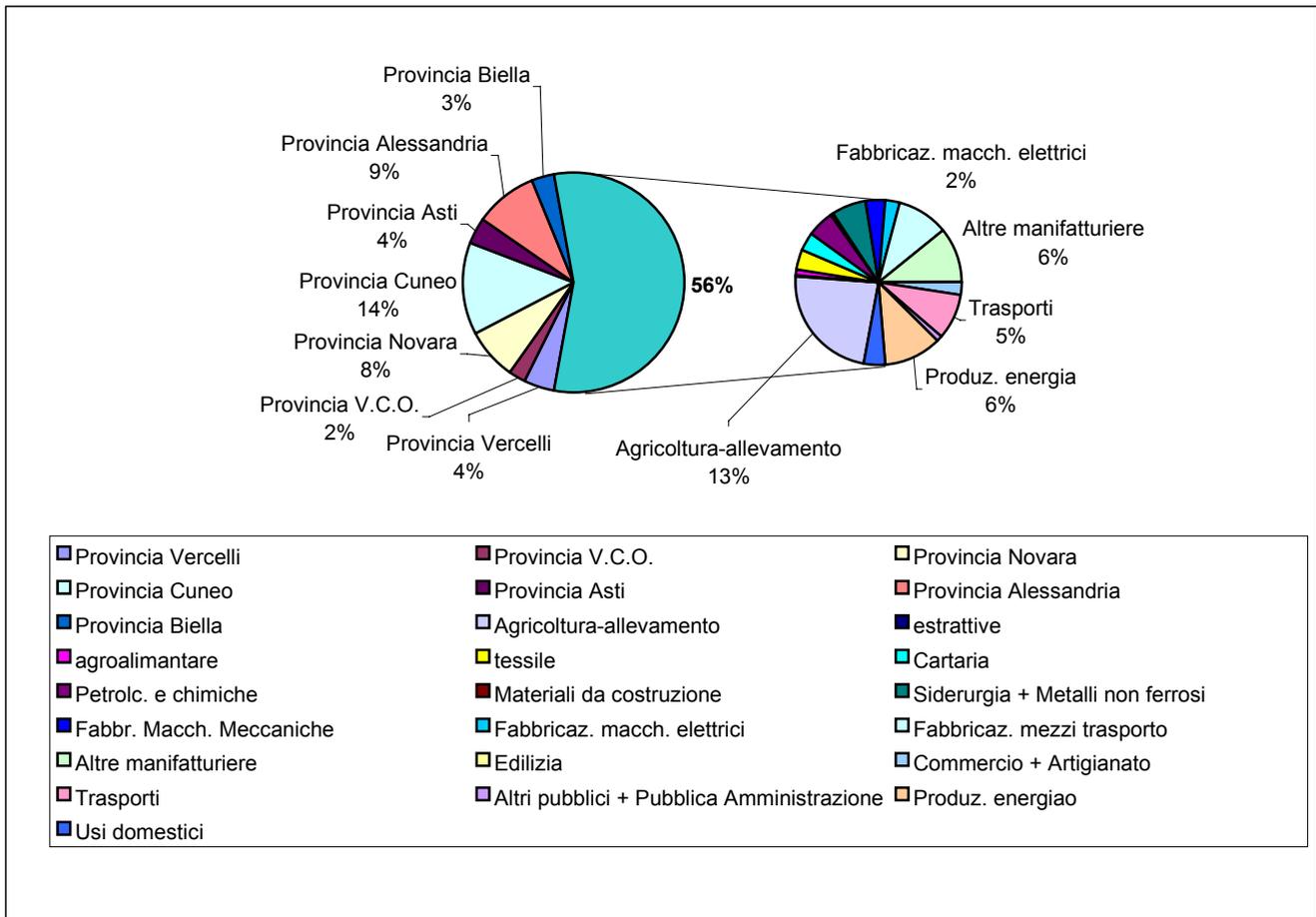


Figura 5 Il grafico mostra l’Impronta Ecologica delle Province del Piemonte con uno zoom sull’Impronta Ecologica dei singoli settori economici della Provincia di Torino

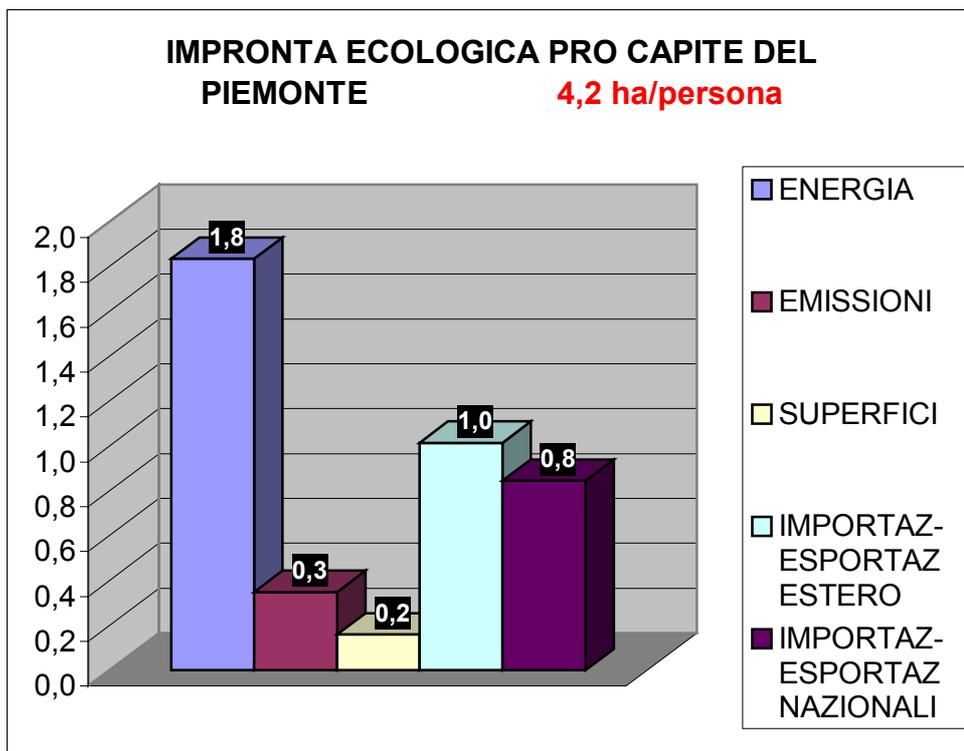


Figura 6 Il grafico presenta l'Impronta Ecologica pro capite del Piemonte dettagliata rispetto ai diversi contributi di impatto ambientale dovuti all'energia, alle emissioni, alle superfici (che raggruppa le componenti delle infrastrutture della materia) al bilancio tra importazione ed esportazione con l'estero e con le altre regioni d'Italia

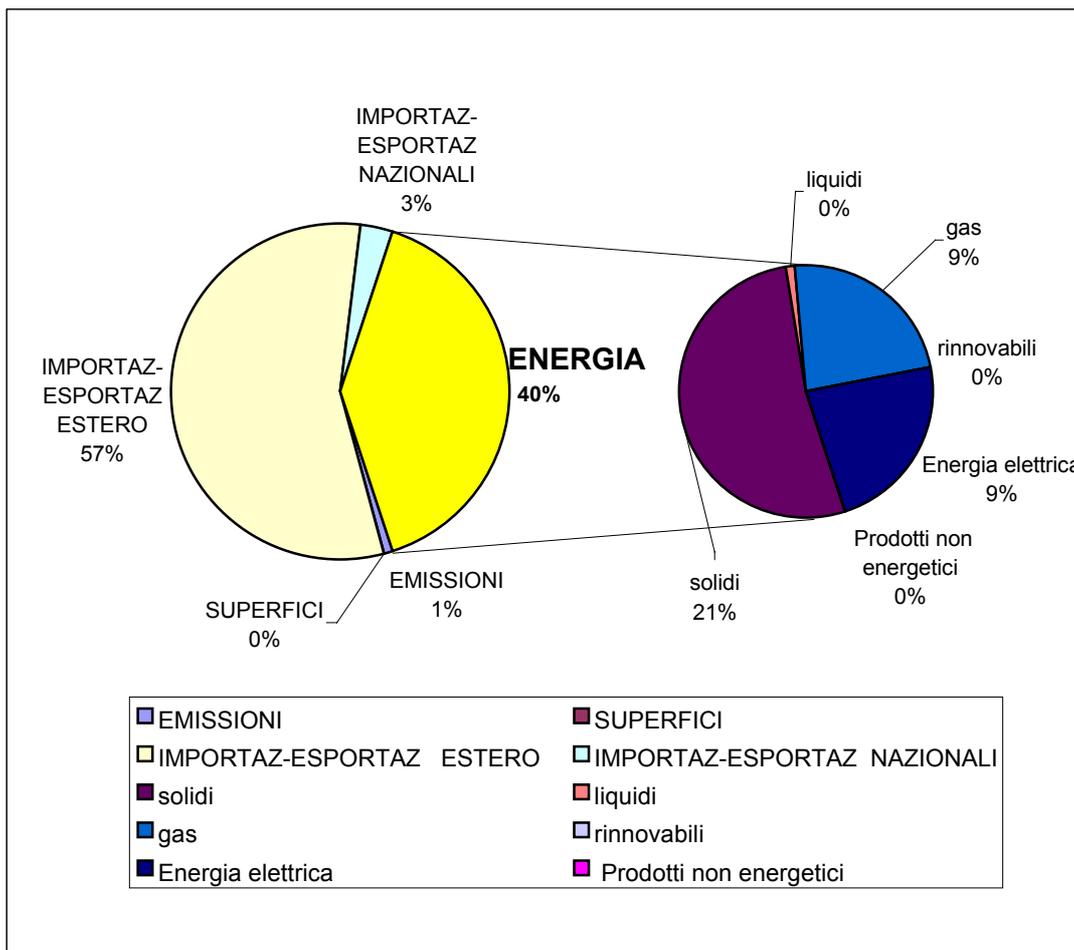


Figura 7 Il grafico presenta l’Impronta Ecologica della Provincia di Torino per il settore economico industrie siderurgiche e lavorazione dei metalli non ferrosi dettagliata in funzione delle fonti energetiche effettivamente utilizzate da questo settore economico per l’attività produttiva

	VALORE AGGIUNTO / ADDETTI	EF / ADDETTI	EF / VALORE AGGIUNTO	PIL / ABITANTI	EF / ABITANTI
	milioni lire / addetto	ha / (yr addetto)	ha / milioni lire	milioni lire / persona	ha / (yr persona)
Agricoltura e allevamento	39,367	13,090	0,333	0,941	0,313
estrattive	330,954	5,125	0,015	0,234	0,004
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	0,398	0,053
Petrolchimiche e chimiche	55,820	12,464	0,223	0,623	0,139
Materiali da costruzione + Vetro/ceramica	257,096	17,606	0,068	0,828	0,057
Siderurgia + Metalli non ferrosi	49,080	6,390	0,130	1,038	0,135
Fabbricazione di macchine e apparecchi meccanici	75,103	1,855	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	1,461	0,040
Altre manifatturiere	117,818	1,352	0,011	1,086	0,012
Edilizia e costruzioni civili	64,266	0,101	0,002	1,673	0,003
Trasporti	113,518	22,032	0,194	2,276	0,442
Produzione e distrib. Energia	235,557	167,736	0,712	0,824	0,586

Tabella 1 La tabella presenta alcuni indicatori economico-ambientali relativi ai settori produttivi dell'economia del Piemonte. Per ogni indicatore sono stati evidenziati in neretto i tre settori economici migliori e colorati in grigio scuro 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 (vedi paragrafo 4.4)