

INPUT-OUTPUT ANALYSIS E CONTABILITA' AMBIENTALE TERRITORIALE: UNA
RASSEGNA CRITICA

Fiorenzo MARTINI¹, Simona CANTONO^{1,2}

¹ Ires Piemonte, Via Nizza 18, 10125, Torino.

² Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Economia "S. Cagnetti De Martiis", Via Po 53, 10125, Torino.

SOMMARIO

Fra gli strumenti di contabilità ambientale (fisica) del territorio va assumendo una crescente importanza nelle applicazioni l'Impronta Ecologica, sia perché costituisce una valida misura di sostenibilità anche su scale differenti, siano esse regionali o nazionali, sia per l'efficacia e la chiarezza sotto il profilo comunicativo. Le più recenti evoluzioni di tale strumento hanno visto l'applicazione dell'input-output analysis, al fine di ottenere un quadro completo degli effetti sull'ambiente di una determinata economia. Il modello di Leontief, evidenziando le quantità di tutte le merci (input) che entrano nella fabbricazione di una produzione determinata (output), consente significative qualificazioni dei consumi totali di una popolazione e della sua impronta così come viene calcolata nella formulazione classica di Wackernagel e Rees. Il paper qui presentato intende fornire una rassegna di tali studi, evidenziando i significativi progressi ottenuti, ma anche le criticità che tuttora persistono.

1 INTRODUZIONE. ANALISI INTERSETTORIALE E SOSTENIBILITA'

Il primo tentativo di analisi del funzionamento di un sistema economico risale a circa due secoli orsono quando Francois Quesnay, medico personale di Luigi XV, intravide la possibilità di dimostrare empiricamente l'esistenza di una stretta analogia tra le leggi biologiche che governano la fisiologia del corpo umano e quelle che regolano le varie forme di attività del sistema economico (Cao-Pinna ,1958).

L'origine del principio di interdipendenza economica si ritrova nel pensiero di Leon Walras nel diciannovesimo secolo ma fu Wassily Leontief, quasi un secolo dopo, colui che si servì di questa teoria per scopi pratici costruendo quello che noi oggi conosciamo come analisi *input-output*.

Nella visione di Leontief, la miglior programmazione interna possibile diventa inutile se confrontata con le ingovernabili incertezze esterne del mercato. Un'impresa individuale, per quanto grande, è soltanto una piccola componente di un grande sistema economico, un sistema che comprime centinaia di altre imprese operanti in altre industrie o nella stessa, così come tutte le unità di consumo e, infine ma non per ordine di importanza, tutte le imprese pubbliche. Inoltre, il commercio con l'estero estende le interdipendenze del sistema economico oltre i confini di un singolo paese. E' vero che le transazioni individuali, come gli atomi e le molecole, sono troppo numerosi per essere osservati e descritti nel dettaglio. Ma è possibile, così come per le particelle fisiche, ridurle ad un certo ordine di classificazione e aggregazione in gruppi. Questa è la procedura assunta dall'analisi *input-output* per migliorare l'attitudine della teoria economica a rappresentare in maniera plausibile la realtà.

Questo tipo di analisi descrive e spiega il livello di *output* di ogni settore in una data economia in termini delle relazioni con i rispettivi livelli di attività di tutti gli altri settori; l'idea è che esiste una relazione fondamentale tra il volume di produzione di un'industria e l'entità di *inputs* che la stessa assorbe.

Ma non si tratta soltanto di questo: frequentemente ignorati e troppo spesso tralasciati, indesiderati *by-products* (così come certi *inputs* che non hanno valore economico) sono direttamente connessi alla rete delle relazioni fisiche che governano le scelte giorno-dopo-giorno del sistema economico. L'inquinamento è un *by-product* di regolari attività economiche. In ognuna delle sue molte forme è legato, in modo quantitativamente misurabile, ad alcuni particolari processi di consumo e produzione: la quantità di monossido di carbonio rilasciato nell'aria, è legato all'ammontare di benzina bruciata dai vari esempi di mezzi meccanici. Tali peculiarità fanno dell'*input-output analysis* estesa all'ambiente uno strumento fondamentale di rinnovamento della scienza economica su basi ecologiche. Nata come alternativa di programmazione economica, l'*input-output analysis* si rivela utile metodo per integrare i processi di produzione e consumo nel mondo della natura. La rappresentazione

dell'economia come di un insieme di settori interconnessi, se opportunamente integrata con dati bio-fisici, consente di determinare il fabbisogno complessivo di materiali e d'energia che debbono essere estratti dagli ecosistemi per sostenere determinati livelli della domanda finale di beni e servizi.

L'applicazione di modelli siffatti ad aree geografiche sub-nazionali come regioni o macroregioni (Hewings e Jensen,1996), mette in luce gli effetti ambientali delle interazioni fra i sistemi economici dei territori interessati.

Per tutti questi motivi, come a ragione sostiene H.Daly (2001), l'analisi intersettoriale costituisce uno strumento fondamentale di un'economia dell'ambiente orientata allo sviluppo sostenibile. E non deve essere un caso (Daly, 1968) se vi è una relazione fra la rilevanza di Leontief per gli studi sull'ambiente e il nesso che lega il suo modello alle elaborazioni dei fisiocratici, i primi convinti assertori dell'economia come un tutto e della superiorità della natura come fattore produttivo di valore.

2 CONTABILITA' AMBIENTALE D'IMPRESA E TERRITORIALE

Nella consapevolezza che manca tuttora un accordo fra teorici e applicati su una definizione univoca di contabilità ambientale, si può dire che con tale termine ci si riferisca a due ambiti di applicazione distinti anche se non privi di interconnessione fra di loro.

Sotto un primo profilo di contabilità ambientale d'impresa, si ha riguardo alle modalità con cui un'organizzazione produttiva, anche attraverso una riorganizzazione degli strumenti tradizionali di contabilità generale e analitica, mette in relazione i flussi da e verso l'ambiente che conseguono dalla propria attività economica(grandezze fisiche) e valuta le spese (grandezze monetarie). Tali informazioni trovano accoglimento nel rapporto e bilancio ambientale. Le informazioni di tipo quantitativo sono in genere organizzate in quattro sezioni: una sezione relativa alla produzione e al prodotto (volumi di vendita, quantità erogate, etc.); una sezione riguardante l'ammontare di risorse utilizzate; una concernente gli effetti ambientali ed una dedicata agli indicatori di *performance*. Non di rado tale parte quantitativa è preceduta da una parte qualitativa che descrive i problemi che l'impresa incontra sul fronte ambientale e le risposte messe a punto.

La diffusione di tali strumenti ha ricevuto significativo impulso a seguito della raccomandazione della Commissione Europea 30 maggio 2001, n. 2001/453/CE "relativa alla rilevazione, alla valutazione e alla divulgazione d'informazioni ambientali nei conti annuali e nelle relazioni sulla gestione delle società".

E' ben vero che a tutt'oggi sono prevalentemente le imprese di grandi dimensioni che fanno ricorso al rapporto ambientale, in considerazione da un lato dei mezzi di cui dispongono per far fronte allo sforzo necessario, dall'altro della pressione esercitata da alcuni soggetti esterni che richiedono rapporti periodici anziché, ad esempio, comunicazione verbale.

Ma ciò può comunque consentire, in alcuni casi, la ricostruzione di un intero settore economico. Si pensi, ad esempio, alla produzione dell'energia elettrica e della distribuzione del gas naturale, oppure alle telecomunicazioni: qui effettivamente i dati riferiti a poche grandi società costituiscono il profilo ambientale di un intero settore.

Veri e propri strumenti ausiliari di contabilità ambientale d'impresa sono poi da considerare le dichiarazioni ambientali EMAS (Sistema Comunitario di Ecogestione e Audit) e quelle redatte in conformità alla norma internazionale UNI EN ISO 14001 concernenti la valutazione di singoli siti produttivi, impianti e stabilimenti.

Sotto il secondo profilo di contabilità ambientale territoriale si fa riferimento alle rappresentazioni complete delle interazioni fra le attività di produzione e consumo e le sollecitazioni sugli ecosistemi (pressioni ambientali) relativi ad un'area geografica determinata.. Se l'ambito territoriale interessato è quello di un paese nel suo complesso, si possono annoverare quali strumenti di contabilità ambientale territoriale nazionale le tecniche (PIL verde) per correggere sia l'erronea considerazione che le spese difensive siano una componente positiva del prodotto interno lordo (costi sostenuti per incidenti, inquinamento, concentrazione spaziale, ecc.), sia la mancata detrazione dallo stesso, in una qualche misura ragionevole anche se imprecisa, dell'esaurimento delle risorse naturali, similmente a quanto avviene con l'ammortamento degli impianti, macchinari ed edifici; le matrici che confrontano dati economici di reddito, occupazione, valore aggiunto con le relative pressioni ambientali in termini di emissioni di inquinanti e di prelievo di risorse naturali vergini (NAMEA); i conti satellite (EPEA) finalizzati alla registrazione delle transazioni economiche effettuate per la protezione dell'ambiente (aria e clima, gestione acque reflue, gestione rifiuti, suolo e acque del sottosuolo, rumore e vibrazioni, biodiversità e paesaggio, radiazioni, ricerca e sviluppo, altre residuali); i conti patrimoniali in termini fisici delle risorse naturali (foreste, risorse del sottosuolo, patrimonio ittico, corpi idrici, biodiversità).

La contabilità ambientale a livello di area geografica sub nazionale quali regione, provincia, comune, non ha ancora trovato una piena e soddisfacente esplicitazione né a livello teorico, né a livello applicativo, anche in conseguenza delle incertezze e dei ritardi legislativi (come noto, in Italia il disegno di legge Giovanelli, approvato al Senato, non è mai stato approvato alla Camera dei Deputati). Purtroppo si può dire che essa riguardi come campo di applicazione le seguenti aree: attività direttamente legate al funzionamento dell'ente locale; attività legate all'erogazione di servizi pubblici dell'ente locale; attività di tutti gli agenti che operano sul territorio interessato (oltre allo stesso ente locale, imprese, famiglie, altre amministrazioni). Sotto il profilo dei principali strumenti utilizzati si citano i seguenti (vedi Borghini e Ranghieri, 2002): modelli del tipo stato-pressione-risposta; modelli di valutazione dell'ambiente che utilizzano la tecnica costi-benefici e la *contingent valuation*; indicatori sintetici di sostenibilità quali l'EMergia e l'Impronta Ecologica. Ed è a quest'ultimo

indicatore (alle sue caratteristiche ed alla sua diffusione nell'ambito degli studi e delle pratiche di *environmental accounting*) che viene dedicato il paragrafo successivo.

3 IMPRONTA ECOLOGICA E CONTABILITA' AMBIENTALE TERRITORIALE

L'Impronta Ecologica è stata introdotta da Wackernagel e Rees dell'Università della British Columbia, Canada, a partire dagli anni '90. Si tratta di un indicatore sintetico di sostenibilità ambientale in grado di stimare la quantità totale di capitale naturale (e quindi di servizi naturali) che una popolazione utilizza per vivere calcolando l'area totale di ecosistemi terrestri e acquatici necessaria per fornire, in modo sostenibile, tutte le risorse utilizzate e per assorbire, sempre in modo sostenibile, tutte le emissioni prodotte. La formulazione teorica dell'Impronta Ecologica considera quindi tutti i servizi naturali che concorrono al mantenimento di una popolazione: sia quelli "a monte" che permettono l'estrazione di risorse dall'ambiente, sia quelli "a valle" che consentono la depurazione delle emissioni.

L'Impronta Ecologica è stata adottata in numerosi studi per stimare la sostenibilità di singole attività, di regioni o anche d'interi paesi (IIED, 1995; 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). E' stata inoltre calcolata per tutte le nazioni del mondo con una popolazione superiore al milione d'abitanti (UNEP-WCMC, WWF, 2000; 2002). In Italia è stata calcolata, oltre che per l'intera nazione, per le Regioni Abruzzo e Liguria, per le Province di Bologna, Catanzaro, Ascoli Piceno, Cagliari, i Comuni di Torino, Sarnano, Siena, Cosenza, Ancona, Legnano, Orvieto, Isernia.

All'approfondimento delle valenze e delle potenzialità di quest'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 analizzati 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 enunciazione teorica più generale.

La formulazione di Wackernagel e Rees, 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.
- 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 aggregati per ottenere la 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, 2002) 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.

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 una chiara identificazione, all'interno del sistema socio-economico locale, 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 ad assegnare 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 dell'impatto ambientale così causato.

A tal fine risulta utile ricorrere all'ausilio dell'analisi delle interdipendenze settoriali. Come precedentemente ricordato, oggetto del modello di Leontief è l'intera economia di una nazione (o di un'area geografica sub-nazionale) considerata non globalmente, come avviene negli schemi keynesiani, ma distinta in ogni sua specifica componente produttiva. E' questa particolarità che rende tale strumento adatto al calcolo dell'Impronta Ecologica per settore

economico, e che sta alla base dei numerosi studi che hanno esplorato tali potenzialità nei più recenti sviluppi dell'economia e contabilità ambientale. All'esame di tali lavori è dedicata l'esposizione del prossimo paragrafo.

4 L'ANALISI INPUT-OUTPUT APPLICATA ALL'IMPRONTA ECOLOGICA

Benché si possano annoverare significative e interessanti applicazioni dell'analisi intersettoriale ai diversi campi di studio che si è soliti far rientrare nella disciplina dell'*environmental accounting* (analisi energetica e *material flows analysis*: Odum, 1996; *industrial ecology*: Duchin e Hertwich, 2003) è purtuttavia con riferimento all' *Ecological Footprint* che si registrano negli ultimi anni le sperimentazioni più promettenti. Ciò non deve stupire. Come si è già ricordato, l'Impronta Ecologica è un indicatore basato sul calcolo dell'impatto ambientale dei consumi medi di una determinata popolazione. Essa perciò non può non giovare di un metodo, come quello dell'*input-output*, che è in grado di rappresentare in maniera rigorosa le relazioni fra le quantità complessivamente prodotte di un determinato bene (*output*), le quantità disponibili per la domanda finale e quelle che entrano nel sistema produttivo(*input*), sotto l'ipotesi semplificatrice di tecnologia costante. Il modello che viene utilizzato nelle suddette applicazioni è quello c.d. statico (o primo modello di Leontief) che considera esclusivamente (Napoleoni e Ranchetti, 1990) le transazioni intersettoriali riferentesi all'esercizio corrente dell'attività produttiva del periodo considerato (anno). Le transazioni relative al mantenimento e accrescimento dell'attrezzatura fissa (o delle scorte di materie prime e semilavorati) vengono conglobate in un'unica voce della domanda finale denominata investimenti. In tal modo questi ultimi non sono endogeni alla produzione, ma costituiscono elementi da determinare autonomamente. Come è noto, lo stesso Leontief ha cercato di superare tali difficoltà con la formulazione del modello dinamico, che comprende i fenomeni inerenti alla formazione del capitale. Ma le difficoltà di costruzione che tale modello comporta (nella determinazione dei coefficienti di capitale, nel reperimento di analisi statistiche sufficientemente complete) lo rendono di difficile applicazione alle questioni di programmazione economica. Anche in considerazioni di tali motivi, non si registrano tentativi di adattamento del secondo modello di Leontief al campo delle analisi ambientali.

Perciò alcuni autori come Bicknell et al. (1998) e Ferng (2001) hanno integrato lo studio svolto da Wackernagel e Rees con l'impiego del metodo statico di analisi *input-output*, che ha comunque il grande pregio di considerare ciò che non solo direttamente, ma anche indirettamente, entra a far parte del sistema economico. Il modello d'analisi *input-output* ci descrive esattamente il volume di scambi diretti ed indiretti che intercorrono tra i diversi settori affinché possa essere soddisfatta la domanda finale (interna e di esportazioni). I due approcci citati convergono nel valutare l'importanza del commercio con l'estero, secondo la

visione che ciò che uno stato esporta rientra nella determinazione dell'Impronta Ecologica dello stato ricevente e viceversa.

Si possono invece cogliere rilevanti divergenze nella determinazione del terreno utilizzato per la “produzione” d'energia in quanto Bicknell et al. (1998) seguono il procedimento tradizionale fino a determinare l'Impronta Ecologica imputabile al consumo dei soli combustibili fossili, quando Ferng (2001,2002) applica il modello di Alcantara e Roca (1995) che si avvale di una matrice di trasformazione dell'energia la quale dà vita ad una connessione tra le “energie secondarie” consumate direttamente dalle industrie e le “energie primarie” estratte direttamente dal terreno. La conversione in terreno utile ad assorbire la CO_2 emessa ripercorre i passi segnati da Wackernagel e Rees.

Un' ulteriore specificazione del modello di analisi *Input-Output* si trova in Hubacek e Giljum (2003) che sviluppano il modello d'analisi dei flussi fisici, PIOT, sfruttando la caratteristica peculiare di questo metodo che è la possibilità di integrare lo studio con i flussi di risorse che non hanno valore economico. Secondo questa strategia, l'ambiente è considerato come fornitore di materie prime e come bacino di raccolta dei rifiuti. Sviluppando il procedimento si ottiene così la quantità totale, diretta e indiretta, di terreno utilizzato dal sistema economico sufficiente a soddisfare la domanda finale e ad accogliere i rifiuti del processo produttivo.

Infine, è importante citare il contributo dato da diversi studiosi del Dipartimento di Economia dell'Università di Strathclyde, Glasgow che hanno pensato di far luce su alcuni dei punti bui delle correnti teoriche finora menzionate. Nel loro articolo, Peter McGregor et al. (2004), precisano di voler rafforzare il naturale orientamento al consumo dell'Impronta Ecologica attraverso l'applicazione del metodo NCLAS (*Neo-Classical Linear Attribution System*) che, endogenizzando i flussi di commercio con l'estero, sopperisce al problema della mancanza di dati sulle dinamiche di *import-export*.

I contributi precedentemente citati saranno di seguito esposti nel dettaglio.

4.1 Bicknell K.B., Ball R. J., Cullen R., Bigsby H. R.

In quanto primo studioso ad aver introdotto l'analisi di *input-output* per il calcolo dell'Impronta Ecologica, Kathryn Bicknell merita di essere menzionata con riguardo. Cito, “Il primo vantaggio di un sistema d'analisi input-output è che fornisce un metodo di analisi standard che può essere aggiornato o applicato a diverse popolazioni in modo uniforme”. Infatti, lo scopo della ricerca di Bicknell e collaboratori è proprio quello di calcolare l'Impronta Ecologica disaggregando l'economia in tre macrosettori secondo una logica adattabile anche ad altri paesi. In questo modo ha individuato i settori agricoltura, manifattura e servizi, un approccio che facilita una dettagliata diversificazione del terreno in agricolo, per foresta e degradato incorporato nei beni e servizi consumati in qualsiasi paese che mantenga

delle tavole delle transazioni *standard*. La stima del terreno necessario a supportare il consumo di energia è invece calcolata seguendo la metodologia originale proposta da Wackeraegel e Rees (1999) soltanto in quella parte in cui definiscono il terreno a foresta come quello atto a riassorbire l'anidride carbonica emessa dai combustibili fossili e respingere le radiazioni causate dall'energia nucleare. Non ripercorrono lo studio tradizionale che individua nel terreno degradato quella parte di territorio impiegata ad esempio per la costruzione di dighe utili a generare energia idroelettrica.

Lo sviluppo della metodologia fa i primi passi differenziando il caso di un'economia chiusa da quello di un'economia aperta, considerando rispettivamente differenti categorie di consumo e di fabbisogni. Nel primo caso il sistema produttivo si avvale di *inputs* assorbiti all'interno del territorio nazionale che riprocesa destinandoli interamente al consumo domestico, sia esso privato che pubblico. In economia aperta invece gli scambi intersettoriali coinvolgono anche flussi internazionali che derivano dall'attività di importazione e sono diretti all'estero tramite i flussi di esportazione. Perciò si dà vita ad una Bilancia dei Pagamenti Ecologica che considera il consumo di importazioni uno sfruttamento delle risorse estere imputabile alla nazione considerata e l'impronta dovuta alla produzione delle esportazioni una causa della domanda estera. Un ulteriore passo verso un ritratto *plausibile* della realtà consiste nell'aver distinto il flusso di importazioni destinato direttamente alla domanda finale e quello diretto al sistema produttivo che andrà in parte a soddisfare il consumo domestico ed in parte la domanda di esportazioni. La percentuale è determinata secondo l'idea che la frazione di *inputs* domestici devoluti alla domanda di esportazioni sia la stessa dei fabbisogni importati. Scontata la scarsità di dati a disposizione per determinare tale quantità, l'ipotesi fatta da K. Bicknell e collaboratori è ragionevole.

La selezione di appropriati confini è comunque un tema critico dell'Impronta ecologica. Istintivamente viene da pensare che l'ambito naturale di un'analisi di questo tipo siano le zone climatiche o idrologiche o addirittura interi ecosistemi. Ma, dati gli obiettivi perseguiti, i confini politici sono i candidati favoriti.

Nell'ambito della precedenza data a finalità di politica economica, risulta importante considerare non soltanto i flussi internazionali di "ambiente" ma anche le interdipendenze tra le regioni e tra regioni ed altri paesi.

Scelto il perimetro entro il quale procedere, essenzialmente il metodo necessita dell'analisi *input-output* convenzionale ma, poiché i coefficienti tecnici sono espressi in termini monetari, il calcolo deve essere integrato da una qualche misurazione dell'area territoriale coinvolta nel sistema economico. Per questo motivo l'autore e chi segue si avvalgono di coefficienti di conversione ottenuti dividendo l'area totale utilizzata direttamente dai settori produttivi (*production land*) per l'output da essi prodotto. Pre-moltiplicando la matrice inversa di Leontief per una matrice diagonale, che ha come elementi i coefficienti di conversione, si ottiene il fabbisogno totale di terra diretto ed indiretto per produrre una unità di bene di ogni

settore. Ad esempio un aumento della domanda finale del bene prodotto dal terzo settore necessita di una quantità diretta del fattore terra pari ad 1.05 ettari, ma i legami indiretti con gli altri settori ci dicono che saranno necessari 39.16 ettari di terreno per soddisfare quell'aumento.

Il terreno utile a sorreggere il livello corrente di domanda finale per ogni settore, calcolato moltiplicando il fabbisogno totale di terreno d'ogni industria (*land multiplier*) per la corrispondente quantità domandata, rappresenta l'Impronta Ecologica della *production land*. I risultati ottenuti per la Nuova Zelanda indicano un'impronta pari a 3.49 ettari per capita e che complessivamente è uno dei pochi paesi a non essere in "deficit ecologico". Il calcolo della componente energetica dell'impronta descrive invece la quantità totale d'energia in termini di terreno a foresta necessaria a sostenere la domanda finale ed è ottenuta moltiplicando il vettore di domanda finale per un vettore che contiene i coefficienti definiti *energy intensity multipliers*. Le unità di energia sono convertite in terreno equivalente per mezzo di *energy-to-land ratio*.

Indubbiamente gli esiti dell'analisi daranno un quadro dell'impatto ambientale distorto se la tecnologia di riferimento è insostenibile. Determinate attività di consumo e processi industriali che sfruttano risorse esauribili o che generano rifiuti tossici non assimilabili nel breve periodo, così come coltivazioni agricole intensive che erodono il suolo, sono un esempio di pratiche "insostenibili" che dovrebbero essere prese in considerazione. Gli autori tentano di incorporare tali azioni soltanto attraverso la stima del consumo finale di energia.

Infine Bicknell et al. discutono alcune delle assunzioni di fondo del modello che sono anche limitazioni, come ad esempio l'assunzione di omogeneità (singolo prodotto, stessa tecnologia), l'ipotesi di linearità della funzione di produzione (sarebbe un grave problema nel momento in cui il modello fosse usato per scopi revisionali) ed ancora l'uso dei flussi in termini monetari che potrebbe in qualche modo creare distorsioni ai flussi fisici effettivi se i prezzi relativi non fossero uguali e costanti. Ma vi è da aggiungere che pur sapendo quanto la scarsità di dati sia un ostacolo invalicabile, immaginare che l'economia della Nuova Zelanda sia rappresentativa dell'intero pianeta senza giustificarlo in alcun modo è certamente un'ipotesi da approfondire.

4.2 Hubacek K. e Giljum S.

Il contributo di Hubacek e Giljum (2003) all'analisi *input-output* applicata alla contabilità ambientale è stato quello di utilizzare il metodo di analisi dei flussi in quantità fisiche detto PIOT, con l'obiettivo di determinare il fabbisogno diretto ed indiretto di terra per la produzione delle esportazioni dall'Unione Europea (EU-15) al resto del mondo.

L'idea è di costruire una bilancia dei pagamenti in termini di terra, che illustra il territorio occupato dalla produzione per le esportazioni all'estero, così come il territorio nazionale

necessario a produrre i beni e i servizi esportati al resto del mondo. A causa della mancanza di dati riguardo l'occupazione di terra imputabile alle esportazioni di materie abiotiche, Hubacek e Giljum integrano i dati forniti dal GIS database all'interno della tavola fisica degli scambi intersettoriali (PIOT) al fine di calcolare l'appropriazione di territorio da parte delle esportazioni.

Paragonato agli studi precedenti che sviluppano un'analisi *input-output* dei flussi monetari (MIOT), il PIOT non si ricava da una semplice trasformazione per mezzo di un vettore che indica il prezzo per tonnellata dei diversi materiali impiegati. Si tratta effettivamente di un'estensione dell'analisi monetaria, dovuta all'introduzione dell'ambiente come fonte di materie prime e come bacino di raccolta degli scarti (rifiuti solidi, emissioni in aria ed in acqua). Anche l'identità economica di base è diversa. Dove l'identità

$$\text{produzione totale} = \text{acquisti totali di beni e servizi} + \text{valore aggiunto}$$

(espressa in termini monetari) vale per il MIOT, la “material balance” è invece

$$\text{produzione totale} = \text{acquisto di materie prime} + \text{acquisti totali di beni e servizi} - \text{rifiuti}$$

(espressa in termini fisici, tonnellate). Soltanto includendo l'estrazione di risorse dalla natura e il flusso di ritorno di rifiuti all'ambiente si ottiene un'applicazione corretta del principio della “material balance” consistente con la legge di conservazione della materia. Proprio in quest'ottica, i rifiuti sono considerati come mezzo di compensazione dell'identità precedentemente descritta. Non vi è infatti una vera e propria trattazione dei rifiuti come lo stesso Hubacek riconosce aggiungendo che sarebbe necessario introdurre il concetto di riciclaggio per precisare quale parte di materia abbandona definitivamente il processo produttivo (Giljum, Hubacek et al., 2004).

I risultati ottenuti dall'analisi contenuta nell'articolo di Hubacek e Giljum originati da un'aggregazione a tre settori dell'intera economia tedesca da tavole input-output del 1990, mostra le significative differenze tra il metodo MIOT e quello PIOT: ad esempio l'appropriazione di territorio dovuta alla produzione diretta alle esportazioni è rispettivamente pari 1.187.850 ettari contro i 7.916.885 ettari per il primo settore.

E' opinione degli autori che il metodo di analisi PIOT sia più indicato allo studio dei fabbisogni di risorse diretti ed indiretti poiché a) il settore che ha un grado d'intensità di uso delle risorse maggiore è solitamente quello con il più alto grado di appropriazione di terra e b) l'analisi fisica di input-output illustra l'appropriazione di terra in relazione al flusso di materiali di ogni settore, che è più opportuno dal punto di vista della pressione ambientale.

L'ostacolo maggiore risiede purtroppo nella mancanza di dati, sia perché pochi paesi hanno investito in questo tipo di contabilità sia perché, se si aggiungessero dati relativi all'acqua o

l'aria all'interno del modello, i risultati cambierebbero significativamente. Oltre a ciò si può dire che lo studio di Hubacek e Giljum non è un vero e proprio calcolo dell'Impronta Ecologica poiché considerano soltanto la componente terra ignorando le altre possibili. Infatti, la loro ricerca appartiene alla corrente definita "*land use accounting*" in cui si determina l'appropriazione di terra da parte del sistema economico, laddove la terra è l'unico fattore che ha legami con l'ambiente ed il cui sfruttamento rientra nel dibattito sulla sostenibilità ambientale.

4.3 *Le critiche di McGregor P., Swales J. K. e Turner K.*

Benché non esplicitamente rivolta al calcolo dell'impronta Ecologica, ma alla determinazione, mediante l'*Input Output analysis* (strumento del quale si riconosce l'estrema rilevanza negli studi di economia ambientale), della distribuzione dell'inquinamento generato alle produzioni e ai vari elementi della domanda finale, risultano molto utili le critiche indirizzate all'impostazione di Bicknell *et al* (1998) da P.McGregor, J.Kim Swales e K.Turner nel loro lavoro sull'economia dell'isola di Jersey (2004). Ciò non tanto per le soluzioni prospettate (rispettivamente considerare gli investimenti nulli, in quanto tutti riferibili a deprezzamento, e considerare le esportazioni come fonte di finanziamento delle importazioni, così che a queste ultime possa essere imputata un'impronta uguale a quella che si considera per la produzione nazionale, sempre che vi sia un equilibrio nella bilancia commerciale), quanto nella messa in luce di elementi di criticità: l'insufficiente qualificazione dei diversi elementi della domanda finale e le ipotesi eccessivamente semplificatrici circa i beni importati, che si assumono risultanti (Bicknell *et al.*, 1998; Ferng, 2001, 2002) dalle stesse combinazioni di *input* produttivi e uso di terra tipiche di quelli prodotti internamente.

Oltre a ciò, si può guardare con interesse le considerazioni relative le risorse primarie e l'inquinamento. McGregor e collaboratori hanno valutato rispettivamente le risorse primarie in una matrice che indicasse, nei suoi elementi, la quantità di una data risorsa necessaria a produrre una unità di un determinato bene, e l'inquinamento (distinto in diverse componenti) generato dal consumo di una unità di quel bene.

4.4 *Ferng J. J.*

Gli apporti dati da J. J. Ferng al calcolo dell'Impronta ecologica sono significativi essenzialmente per due motivi che risiedono nel fatto di aver considerato e sviluppato la componente energetica e per aver tentato di inserire un indicatore di sostenibilità ambientale in un contesto di programmazione economica. A differenza di Bicknell *et al.* (1998), i quali utilizzano i coefficienti energetici di conversione inizialmente proposti dagli stessi Wackernagel e Rees (1996), Ferng (2001,2002) esplicita i legami tra il consumo finale di beni

e servizi, il consumo finale di energia e i fabbisogni primari energetici avvalendosi della matrice di trasformazione adottata da Alcantara e Roca (1995). Inoltre, considerando le radici delle critiche mosse all'aspetto statico della determinazione dell'impronta ecologica, inserisce l'indicatore nel modello di Computable General Equilibrium al fine di rendere appetibile l'analisi ai decisori delle politiche economiche.

Valutando da vicino il primo articolo comparso sulla rivista "Ecological Economics" nel 2001, l'autore sviluppa il metodo di analisi Input-Output in alternativa al calcolo tradizionale di Wackernagel e Rees che ha incontrato delle difficoltà nel distinguere i beni e servizi intermedi usati come inputs, dai beni e servizi finali domandati dalle categorie di consumo. Cito: "[...] il consumo effettivo varia dal vero consumo finale perché include risorse destinate alle esportazioni ed esclude quelle coinvolte nel flusso di importazioni. La distorsione può essere maggiore se si considera un paese che è un forte esportatore[...]" (Feng, 2001).

Rispetto al criterio impiegato da Bicknell et al. (1998), l'analisi si estende all'uso di "*composition of land multipliers*" al posto di "*land multipliers*", cioè Feng pesa la matrice dei coefficienti inversi di Leontief tramite i coefficienti di terra e la impiega direttamente per determinare la quantità di terreno sufficiente a soddisfare le diverse categorie di domanda senza ridurla ad un vettore riga. Compiendo questo passo perviene al calcolo della componente di produzione (*production land*) dell'Impronta Ecologica ripercorrendo esattamente lo stesso tragitto del lavoro di Bicknell et al. (1998) relativamente le considerazioni sul commercio estero. La componente energetica (*energy land*) è invece determinata in due passaggi successivi. Nel primo calcola l'energia finale inclusa nell'output dei settori attraverso il metodo d'analisi Input-Output dei dati sul consumo finale di energia derivati dal Bilancio Energetico dello Stato di Taiwan. Nel secondo adotta la metodologia proposta da Alcantara e Roca (1995) che trasforma il consumo finale d'energia in fabbisogni di diverse tipologie d'energia primaria (petrolio grezzo, energia nucleare, energia idroelettrica), consistenti con la stima d'emissioni d'anidride carbonica. Ad esempio la parte di terreno a foresta dell'Impronta Ecologica stimata è di 12.768,44 ettari, a fronte di una disponibilità di 5.500; di conseguenza risulta un "deficit energetico" pari a 7.268,44 ettari. E' da tener presente nell'articolo del 2001, una sottostima dei fabbisogni totali d'energia poiché per trasformare il consumo finale d'energia in fabbisogni d'energia primaria considera soltanto quelle fonti dimenticando che anche alcune sorgenti secondarie sono direttamente usate per produrre energia (ad esempio i prodotti derivati dalla raffinazione del petrolio per produrre energia elettrica). Nella trattazione dell'articolo del 2002 invece, la distorsione deriva dal fatto che pensando le fonti secondarie come categorie di consumo finale di energia, non considera che alcune fonti primarie vengono utilizzate direttamente (come l'energia idroelettrica). Infine, in entrambi gli articoli, si richiama alla memoria una sottostima intrinseca alla metodologia dovuta al fatto di non considerare ad esempio l'energia necessaria ad estrarre e trasportare il petrolio estratto in altri paesi.

4.5 Bagliani M., Ferlaino F. e Procopio S.

Tra i contributi italiani allo studio della sostenibilità ambientale, risulta il lavoro di Bagliani et al. (2001, 2002). In un primo articolo pionieristico in cui ancora era accettata la determinazione tradizionale dell'Impronta Ecologica, vi erano già spunti significativi relativamente l'analisi delle componenti dell'indicatore che colmavano le lacune rinvenute in Bicknell et al. (1998) e in Ferng (2001,2002) limitatamente la determinazione della *production land* e *energy land*. Infatti il metodo scelto individua gli usi di terreno produttivo in funzione dei possibili impatti dell'attività di un generico settore economico come l'uso di energia, l'uso di materia, l'uso di terreno per riassorbire le emissioni prodotte durante il processo produttivo e l'occupazione di superfici per le infrastrutture. Gli sviluppi successivi (Bagliani et al. 2002) hanno percorso la strada dell'analisi *input-output* intravedendone i vantaggi già ampiamente discussi e ulteriori estensioni sono in fase di implementazione a livello europeo nell'ambito del progetto MARS (Monitoring Alpine Region's Sustainability), e a livello regionale, nell'ambito del progetto "Contabilità Ambientale della Regione Piemonte".

5 CONCLUSIONI

E' indubbio che l'applicazione dell'*input-output analysis* al calcolo dell'impronta ecologica consenta significativi miglioramenti sia nella determinazione del risultato complessivo di area bioproduttiva necessaria, sia nella specificazione analitica di tale risultato. Ciò a motivo delle seguenti considerazioni:

- la completezza e sistematicità della procedura evita i rischi tipici delle valutazioni *ad hoc*: da una parte il problema dei doppi conteggi, dall'altra la sottovalutazione di determinati settori (ad esempio i servizi);
- la metodologia consente la disaggregazione del dato complessivo nei contributi delle varie branche produttive e la determinazione dell'utilizzo, sia diretto che indiretto, di terreno attribuibile a ciascuna di esse. In tale contesto è possibile la valutazione completa dell'impatto ambientale anche di settori che ad una prima valutazione risultino limitatamente *land intensive*;
- il metodo pone le premesse, sia pure con le assunzioni semplificatrici precedentemente esposte, per una trattazione rigorosa degli scambi con l'estero (degli scambi con l'estero e di quelli interregionali, se l'applicazione riguarda un'area geografica sub-nazionale);

Permangono tuttavia delle aree di criticità, che vengono sinteticamente esposte qui di seguito:

- la "pesatura" degli elementi della matrice inversa con coefficienti di uso della terra (sia per la superficie direttamente occupata, sia per quella virtuale collegata ai consumi energetici) assume implicitamente che vi sia un legame direttamente proporzionale fra ettari così

determinati e produzione; ciò è senz'altro accettabile per la componente *energy land* (poiché si tratta di grandezze *flusso*) e, nell'ambito della *production land* per l'agricoltura limitate eccezioni a parte, ma presenta problematicità per la *degraded land* associata al settore manifatturiero e dei servizi, che manifesta peculiarità più simili ad una grandezza *fondo*;

- le metodologie di calcolo dell' *energy land* sono profondamente diverse nelle elaborazioni di Bicknell e Ferng (in Hubacek, come già rilevato, non c'è una determinazione di tale componente, dovendosi il suo modello più correttamente qualificare come un modello di *land use accounting* o *land appropriation*). Entrambe sono deficitarie per motivi diversi. Nell'impostazione di Bicknell non si tiene conto dell'energia elettrica derivante da fonte idrica o altre rinnovabili (geotermica, eolica, ecc.): poiché si applica a tutte le produzioni un unico coefficiente di fabbisogno energetico calcolato sulla base del terreno necessario ad assorbire le relative emissioni di anidride carbonica secondo i fattori di conversione suggeriti da Wackernagel, è come se anche l'energia da fonti rinnovabili derivasse dalla utilizzazione di combustibili fossili. Come già segnalato, Ferng traduce i consumi finali di energia in termini di fabbisogno delle diverse tipologie di energia primaria, delle quali si valutano le emissioni di anidride carbonica : tale metodologia conduce all'esclusione, dall'ammontare totale di fabbisogno di energia primaria, delle fonti secondarie utilizzate direttamente per la generazione di energia termoelettrica (prodotti derivati del petrolio e del carbone, gas naturale, ecc.);

- la categorizzazione della *production land* deriva da una associazione automatica fra settore economico e superficie occupata rilevata dai censimenti. Viene perciò qualificata come *agricultural* la terra corrispondente al settore agricolo, *forest* quella connessa al settore forestale, *mineral* quella corrispondente al settore estrattivo e *degraded* quella connessa alle diverse attività manifatturiere, del commercio, delle costruzioni, delle *utilities* e dei servizi pubblici e privati. Ciò semplifica i calcoli, ma può condurre ad alcune sottovalutazioni (ad es. la superficie edificata presente nelle attività agricole);

- infine il metodo si gioverebbe di una trattazione più articolata delle varie componenti della domanda finale interna, consumi privati, consumi pubblici, variazione delle scorte, investimenti, che invece vengono tutte rappresentate in un unico vettore; soprattutto con riguardo alla componente investimenti, e in considerazione del fatto che l'Impronta Ecologica si basa sui consumi medi di una determinata popolazione, occorre esplicitare il ruolo che in tale schema rivestono (copertura del deprezzamento, condizione per incrementare i consumi futuri, ecc.).

6 BIBLIOGRAFIA

- Alcàntara V., Roca J. (1995) Energy and CO_2 emissions in Spain: methodology of analysis and some results for 1980-90, *Ecological Economics* 17, 221-230.
- Bagliani M., Ferlaino F., Procopio S. (2001) L'impronta ecologica: analisi regionale settoriale, Istituto di Ricerche Economiche e Sociali del Piemonte, Working Paper 152/2001.
- Bagliani M., Ferlaino F., Procopio S. (2001) L'impronta ecologica per settore economico: il caso studio del Piemonte, Relazione presentata alla *XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali*, Venezia.
- Bagliani M., Ferlaino F., Procopio S. (2002) Ecological Footprint and Input-Output Methodology: the analysis of the environmental sustainability of the economic sectors of Piedmont Region (Italy), Relazione presentata alla *XVI International Conference on Input-Output Techniques*, Montreal, Canada.
- 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.
- Borghini S., Ranghieri F. (2002) La contabilità ambientale territoriale, *Ambiente* n.9
- Cao-Pinna V., (1958) *Analisi delle interdipendenze intersettoriali di un sistema economico*, Edizioni Scientifiche Einaudi.
- Daly H.E. (1968) On economics as a life science, *Journal of Political Economics* 76:392-406.
- Daly H.E. (2001), *Oltre la crescita. L'economia dello sviluppo sostenibile*, Edizioni di Comunità.
- Duchin F., Hertwich E. (2003) Industrial ecology, *Online Encyclopaedia of Ecological Economics*, (32)2, 2000.
- Ferng J.J. (2001) Using composition of land multiplier to estimate ecological footprint associated with production activities, *Ecological Economics* (37) 2, 159-172.
- Ferng J.J. (2002) Toward a scenario analysis framework for energy footprints, *Ecological Economics* (40) 2, 53-69.
- Giljum S., Hubacek K., Sun L. (2004) Beyond the simple material balance: a replay to Sangwon Suh's note on physical input-output analysis, *Ecological Economics* (48), 19-22.
- 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 Holl.

- Hubacek K., Giljum S. (2003) Applying physical input-output analysis to estimate land appropriation (ecological footprint) of international trade activities, *Ecological Economics* (44) 2, 137-151.
- Leontief W. (1970) Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach, *Review of Economics and Statistics* 52:262.
- Leontief W. (1986) *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York.
- McGregor P, Kim Swales J., Turner K. (2004) An input-output based alternative to “ecological footprints” for tracking pollution generation in a small open economy.
- Napoleoni C., Ranchetti F. (1990) *Il pensiero economico del novecento*, Einaudi.
- Odum H. T. (1996) *Environmental Accounting, Emergy and environmental decision making*, John Wiley & Sons.
- 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.
- Schlesinger W. H. (1991) *Biogeochemistry. An analysis of global change*, Academic Press, San Diego.
- 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.
- UNEP-WCMC, WWF International, Redefining Progress, Center for Sustainability Studies (2000) *Living Planet Report 2000*, Jonathan Loh Editors.
- UNEP-WCMC, WWF International, Redefining Progress, Center for Sustainability Studies, (2002) *Living Planet Report 2002*, 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. (1984) *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.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996) *Our ecological footprint*, New Society Publisher, Gabriola Island, British Columbia.
- 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.

ABSTRACT

In the ecological literature there is a concern to account for the full environmental impacts of current production and consumption decisions. This information is needed as the first step in adjusting economic behaviour to meet environmental targets and optimise true social welfare. There is a growing consensus among natural, social and economic scientists that sustainability depends on maintaining natural capital. However, progress to put this ecological condition to practice has been slow, not least because of the inability of making these objectives measurable.

Sustainable development has become primary objective for many countries but a major difficulty associated with its aims, is the absence of reliable indicators to measure progress towards the goal of sustainability.

The Ecological Footprint provides an estimate of the land area necessary to sustain current level of resource consumption for a given population. On an aggregate basis, the Ecological Footprint may be compared with the amount of ecologically productive land available to give an indicator of whether consumption patterns are likely to be sustainable.

Based on the “apparent consumption” of each type of resource, the traditional approach developed by Wackernagel and Rees, faces the challenge of differentiating the commodities used as intermediate input from those as final consumption. Although there have been some improvements in taking into account raw materials used directly in traded manufactured products, it is not an easy job because the indirect input requirements are also involved. Using Input-Output Analysis may alleviate this difficulty. That’s why in the last few years some studies have been presented, which link land use accounting and Input-Output Analysis.

This paper proposes and collects different surveys on the calculation of the Ecological Footprint from 1996, when Wackernagel and Rees initially suggested it as a sustainable development index to evaluate human dependence on ecosystems in terms of land and water areas.