



*Marco Bagliani, Fiorenzo Ferlaino, Fiorenzo Martini*

**CONTABILITÀ AMBIENTALE E IMPRONTA ECOLOGICA:  
CASI STUDIO DEL PIEMONTE, SVIZZERA E RHÔNE-ALPES**  
**ECOLOGICAL FOOTPRINT ENVIRONMENTAL ACCOUNT:  
STUDY CASES OF PIEDMONT, SWITZERLAND AND RHÔNE-ALPE**



5



*L'Ires Piemonte è un ente di ricerca della Regione Piemonte, disciplinato dalla legge regionale 43/91. Pubblica una Relazione annuale sull'andamento socioeconomico e territoriale della regione ed effettua analisi, sia congiunturali che di scenario, dei principali fenomeni socioeconomici e territoriali del Piemonte.*

*Il documento in formato PDF è scaricabile dal sito [www.ires.piemonte.it](http://www.ires.piemonte.it)*

*La riproduzione parziale o totale di questo documento è consentita per scopi didattici, purché senza fine di lucro e con esplicita e integrale citazione della fonte.*

**DIRETTORE**

Marcello La Rosa

**STAFF**

Luciano Abburrà, Stefano Aimone, Enrico Allasino, Loredana Annaloro, Maria Teresa Avato, Marco Bagliani, Giorgio Bertolla, Antonino Bova, Dario Paolo Buran, Laura Carovigno, Renato Cogno, Luciana Conforti, Alberto Crescimanno, Alessandro Cunsolo, Elena Donati, Carlo Alberto Dondona, Fiorenzo Ferlaino, Vittorio Ferrero, Filomena Gallo, Tommaso Garosci, Maria Inglese, Simone Landini, Renato Lanzetti, Antonio Larotonda, Eugenia Madonia, Maurizio Maggi, Maria Cristina Migliore, Giuseppe Mosso, Carla Nanni, Daniela Nepote, Sylvie Occelli, Santino Piazza, Stefano Piperno, Sonia Pizzuto, Elena Poggio, Lucrezia Scalzotto, Filomena Tallarico, Luigi Varbella, Giuseppe Virelli

©2005 IRES - Istituto di Ricerche Economico Sociali del Piemonte  
via Nizza 18 - 10125 Torino - Tel. +39 011 6666411 - Fax +39 011 6696012  
[www.ires.piemonte.it](http://www.ires.piemonte.it)

ISBN 88-87276-62-5

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

*Questa pubblicazione è il risultato del lavoro comune di ricerca e discussione del gruppo dell'Ires che ha seguito il progetto Interreg B Spazio alpino "MARS", per conto della Regione Piemonte, Direzione Pianificazione e Gestione Urbanistica (diretto dall'Arch. Mariella Olivier e coordinato dall'Arch. Tiziana Dell'Olmo). La stesura del rapporto finale è da attribuirsi nel modo seguente:*

- *Fiorenzo Ferlino ha svolto il capito 1: "Valutazione della sostenibilità ambientale di un territorio";*
- *Marco Bagliani e Fiorenzo Martini hanno svolto il capitolo 2 "Il calcolo dell'Impronta Ecologica per il Piemonte, Rhône-Alpes e Svizzera";*
- *Simona Cantono ed Emanuela Guarino hanno contribuito alla ricerca e svolto parte dell'elaborazione dei dati per il calcolo dell'Impronta ecologica del Piemonte, Rhône-Alpes e Svizzera.*



# Indice

## Contents

<b>Introduzione</b>	1
<b><i>Introduction</i></b>	1
<b>1. Valutazione della sostenibilità ambientale di un territorio</b>	5
<b><i>1. Evaluation of the environmental sustainability of a territory</i></b>	5
1.1 Introduzione	5
<i>1.1 Introduction</i>	5
1.2 Dalla Polis unitaria al territorio globale	6
<i>1.2 From the unitary Polis to the global territory</i>	6
1.3 Sostenibilità forte e debole	8
<i>1.3 Strong and weak sustainability</i>	8
1.4 I modelli DPSIR	10
<i>1.4 The DPSIR models</i>	10
1.5 Impatto e carico ambientale	12
<i>1.5 Impact and environmental load</i>	12
1.6 Le leggi della sostenibilità	15
<i>1.6 The laws of sustainability</i>	15
1.7 Contabilità ambientale: PIL e ricchezza reale	20
<i>1.7 Environmental account: GDP and real wealth</i>	20
1.8 Risorse rinnovabili e impieghi rigenerabili	27
<i>1.8 Renewable resources and utilisations susceptible to regeneration</i>	27
1.9 Delinking: crescita della produttività e chiusura dei cicli	31
<i>1.9 Delinking: growth of productivity and closing the cycles</i>	31
1.10 Conclusioni	33
<i>1.10 Conclusions</i>	33
<b>2. Il calcolo dell'impronta ecologica per Piemonte, Rhône-Alpes e Svizzera</b>	39
<b><i>2. Determination of the ecological footprint for Piedmont, Rhône-Alpes and Switzerland</i></b>	39
2.1 Introduzione	39
<i>2.1 Introduction: a new formulation of the ecological footprint</i>	39
2.2 L'impronta ecologica	40
<i>2.2 The ecological footprint</i>	40
2.3 La formulazione classica	41
<i>2.3 The classical formulation</i>	41
2.4 L'analisi input-output applicata al calcolo dell'impronta ecologica	44
<i>2.4 The input-output analysis applied to the calculation of the ecological footprint</i>	44
2.5 Potenzialità e limiti delle applicazioni input-output all'impronta ecologica di Bicknell, Ferng, Hubacek, McGregor e collaboratori	47
<i>2.5 Potential and limitations of the application of the input-output analysis to the ecological footprint of Bicknell, Ferng, Hubacek, McGregor and collaborators</i>	47

2.6 Il modello elaborato dall'IRES e applicato al presente studio	49
<i>2.6 The model formulated by IRES and applied to this study</i>	<i>49</i>
2.7 I risultati: l'impronta ecologica del Piemonte	54
<i>2.7 The results: the ecological footprint of Piedmont</i>	<i>54</i>
2.8 I risultati: l'impronta ecologica della Svizzera	59
<i>2.8 The results: the ecological footprint of Switzerland</i>	<i>59</i>
2.9 I risultati: l'impronta ecologica del Rhône-Alpes	63
<i>2.9 The results: the ecological footprint of the Rhône Alpes region</i>	<i>63</i>
<b>Fonti</b>	<b>71</b>
<b>Sources</b>	<b>71</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>73</b>
<b>References</b>	<b>73</b>

## Introduzione

La Regione Piemonte, Direzione Pianificazione e Gestione Urbanistica, ha aderito al progetto di cooperazione transnazionale Mars, finanziato Pic Interreg III B Spazio Alpino, con l'obiettivo di migliorare e arricchire gli strumenti per la valutazione ambientale a scala regionale.

Il progetto, cui aderiscono partner italiani (gli enti regionali di Piemonte, Liguria, Trentino-Alto Adige), tedeschi, francesi con capofila Austria e Svizzera, si è posto due grandi obiettivi: fare un'analisi di benchmarking socioeconomico e ambientale delle regioni alpine e condurre una analisi di casi che facessero avanzare le tecniche e le metodologie di contabilità ecologica. L'analisi di benchmarking socioeconomico è stata condotta dal BAK di Basilea mentre quella ambientale dall'IFF di Vienna (Institut für Interdisziplinäre Forschung und Entwicklung-Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities).

I casi studio che riguardano invece le regioni italiane sono quelli attribuiti alla Regione Piemonte, da svolgere attraverso il suo istituto di ricerche IRES (Istituto di Ricerche Economiche e Sociali) per il calcolo dell'Impronta Ecologica del Piemonte, della Svizzera e di Rhône-Alpes e quello attribuito a Ecosistemi di Roma per il calcolo dei Flussi di materia delle regioni alpine. Altri istituti di ricerca hanno partecipato al progetto quali: l'INSEAD Centre for the Management of Environmental Resources di Fontainebleau (F), Life Science di Basilea, il Wuppertal Institute for Climate Environment and Energy di Wuppertal (D), il ZEW Center for European Economic Research di Mannheim (D).

Dal punto di vista socioeconomico il Piemonte (tab. 5) emerge come una regione "intermedia" posizionata al 17° posto su 30 regioni alpine considerate. Ma se si guarda più in dettaglio essa appare fortemente penalizzata con una perdita grave di posizioni nel tempo (al 25° posto nel trend generale evolutivo). Per fare qualche esempio si va dal 14° posto dell'indice di sostenibilità economica al 19° posto dell'indice di qualità della vita, il 25° nel mercato del lavoro, il 28° nella valorizzazione del capitale sociale. Si-

## Introduction

*The Piedmont Region, Urban Planning and Management Division, joined the transnational cooperation project Mars, funded under the Alpine Area Interreg III B PIC, with the aim of improving and enriching the instruments available for environmental assessment on a regional scale.*

*The project, conducted jointly with Italian partners (the regional governments of Piedmont, Liguria and Trentino Alto Adige), German and French partners and Austria and Switzerland as project leaders, was developed along two lines: the socio-economic and environmental benchmarking of the Alpine regions and the analysis of a number of case studies, to serve as a basis for the improvement of ecologic accounting techniques and methodologies. Socioeconomic benchmarking was performed by the BAK of Basel, the environmental analysis was conducted by the IFF (Institut für Interdisziplinäre Forschung und Entwicklung-Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities) of Vienna.*

*Two case studies regarded Italian regions: one for the determination of the Ecological Footprint of Piedmont, Switzerland and the Rhône-Alpes region, carried out by the Piedmont Region through its economic and social research institute IRES (Istituto di Ricerche Economiche e Sociali), and another for the determination of the flows of materials in the alpine regions, to be conducted by Ecosistemi of Rome. Other research institutes participated in the project, including the INSEAD Centre for the Management of Environmental Resources of Fontainebleau (F), Life Science of Basel, the Wuppertal Institute for Climate Environment and Energy of Wuppertal (D), the ZEW Centre for European Economic Research of Mannheim (D).*

*From the socio-economic viewpoint, Piedmont (tab. 5) is seen to occupy a "middle" position, ranking 17th out of 30 alpine regions considered. Still, if we look more closely, we find that Piedmont is heavily penalised and is about to experience a dramatic decline (down to the 25th position in the general evolutive trend). For instance, the economic sustainability index is expected to*

curamente molte critiche si possono fare alla metodologia di aggregazione e alla omogeneizzazione dei dati ma certamente i risultati generali e specifici fanno molto riflettere sulla perdita di competitività del sistema regionale quando esso si confronta con le nazioni ricche dell'Europa e comunque l'immagine che si delinea è quella con cui i nostri partner stranieri ci percepiscono e ci valutano: una regione intermedia in rapida perdita di competitività all'interno di un quadro nazionale delle regioni del Nord.

Diverso il caso dell'ambiente dove il Piemonte sembra mantenere posizioni buone anche se in leggera flessione e con qualche problema in alcuni settori specifici, come quello dei trasporti (già analizzati dall'IRES nel 2004 in un rapporto sul benchmarking dei trasporti nello spazio alpino). Il Piemonte, come da tempo ci dicono alcune analisi dell'IRES che insistono sulla costruzione di una eccellenza territoriale regionale, appare cioè con un capitale ambientale assolutamente da valorizzare. La classifica degli indicatori ambientali più importanti, in appendice al primo capitolo, spiega la necessità e le modalità con cui andrebbero fatte le valutazioni ambientali di un territorio e che fornisce un contributo sia teorico che metodologico, ancora in gran parte da integrare e sistemizzare con l'analisi del caso Piemonte, illustrata nel secondo capitolo, svolta attraverso la metodologia dell'indicatore sintetico dell'impronta ecologica.

La valutazione della sostenibilità ambientale di un territorio è una questione ancora per molti versi da definire. Esistono diverse metodiche che possono raggrupparsi in due grandi classi metodologiche: si può fare uso di diversi indicatori che monitorizzano lo stato dell'aria, delle acque e del suolo e stabiliscono l'impatto locale e il contributo del territorio all'impatto globale (è quanto prontamente fa l'ARPA-Piemonte ogni anno) oppure si possono utilizzare indicatori sintetici di sostenibilità quali l'emergia per abitante o per ettaro o l'impronta ecologica per integrare economia ed ecologia entro uno schema di contabilità omologo, anche se chiaramente diverso nell'unità di misura e nelle quantità e qualità in gioco. Questi legami sono

*drop from position 14 to 19 in terms of the quality of life index, 25 in terms of the labour market, 28 in terms of the value of social capital. Surely, the methods used for data aggregation and homogenisation can be criticised on many counts, but overall and detailed results all point to a loss of competitiveness of the regional system compared to the rich nations of Europe and, at all events, the image that emerges is the way our region is perceived and evaluated by our foreign partners: a medium level region losing competitiveness at a rapid pace within a national scenario of the northern regions.*

*As far as the environment is concerned, on the other hand, Piedmont seems to retain a good position, albeit declining slightly and with some problems in a few specific sectors, such as transportation (analysed by IRES in 2004 in a report on the benchmarking of transport in the alpine area). As pointed out in the analyses conducted by IRES in recent years, that insist on the need to work for the attainment of regional territorial excellence, Piedmont has an environmental capital whose enhancement should be viewed as an absolute priority. The ranking of the most significant environmental indicators is given in the appendix to the first chapter, which illustrates the reasons and modalities for performing the environmental assessment of a territory and supplies a theoretical and methodological contribution, to be extensively supplemented and systematised with the analysis of the case of Piedmont (as described in the second chapter and conducted through the ecological footprint summary indicators method).*

*The assessment of the environmental sustainability of a territory is a matter that needs to be defined further in many respects. Different methods have been developed to this end, which can be grouped into two main methodological classes, i.e., methods using different indicators, in order to monitor the conditions of the air, the water courses and the soil and to determine both the local impact and the contribution of the territory to the global impact (as is done on a timely basis by ARPA-Piemonte every year), and methods using summary sustainability indicators, such as "emergy" (per inhabitant or per hectare) or the ecologi-*

mostrati nel primo capitolo che in parte illustra alcuni importanti indicatori usati nella contabilità ambientale.

L'impronta ecologica, che è illustrata nel capitolo successivo, è invece una base concreta intorno a cui costruire una nuova contabilità ecologica e che nel tempo deve trovare integrazione con le altre metodologie di contabilità ambientale. I risultati conseguiti con il progetto trovano in questo working paper una prima conclusione di un lavoro che ha visto impegnati la Regione Piemonte e l'IRES, e che saranno oggetto di ulteriori sistematizzazioni e specificazioni in un prossimo futuro.

Il Dirigente del settore  
Pianificazione territoriale operativa  
Arch. Mariella Olivier

*cal footprint, in order to integrate economic and ecological aspects into an accounting scheme that is homologous, in spite of obvious differences in terms of the units of measure employed and the quantities and qualities at stake. These correlations are discussed in the first chapter, which provides a summary description of some of the key indicators employed in environmental accounting.*

*The ecological footprint, which is described in the following chapter, is a viable starting point for the construction of a new form of ecological accounting, which, over time, should be integrated with the other environmental accounting methods. The results achieved by the project find in this working paper an initial conclusion of the joint efforts by the Piedmont Region and IRES. In the near future, these results will be the subject of further systematisation and specification.*

*The Manager of the Sector  
Operational Territorial Planning  
Arch. Mariella Olivier*





# 1. Valutazione della sostenibilità ambientale di un territorio

## 1.1 Introduzione

L'ecologia è comunemente descritta e percepita come una scienza o una disciplina che si occupa della salvaguardia della natura. Diciamolo subito: è una visione riduttiva. Nella sua definizione originaria, data da Ernst Haeckel, nel 1866, il termine "ecologia" afferma l'identità forte con il territorio. Ecologia da *oikos* (casa) e *logos* (concetto, idea, scienza), ovvero "scienza della casa", cioè la scienza dello spazio della vita condivisa, dello spazio della comunità, della quotidianità, del territorio inteso come spazio di relazioni tra i suoi oggetti-soggetti che lo definiscono: "l'ecologia [...] scienza dell'economia, del modo di vita, dei rapporti vitali esterni degli organismi" (E. Haeckel, 1866, p. 8).

Lo stesso termine compare poi, nel 1885, nel sottotitolo di un trattato di geobotanica di Hans Reiter del 1885 (*Die Konsolidation der Physiognomik als Versuch einer Ökologie der Gewächse*), e dieci anni dopo nel *Trattato di geografia vegetale* di E. Warming. Da allora è un susseguirsi di studi: quelli sull'ecologia delle successioni biotiche che Charles Chase Adam presenterà all'VIII Congresso Internazionale di Geografia del 1905, della dinamica delle popolazioni e dell'ecologia matematica di Lotka e Volterra, fino a quelli sull'ecologia animale di Charles Elton, del 1933 (A. Pascal, 1988).

L'ecologia quindi è una scienza nata dopo l'economia che però si erge a sapere più generale perché concettualmente ed etimologicamente viene prima dell'*oikos* e *nòmos*, ovvero delle regole, delle norme per la sana *amministrazione domestica*. Non si può fare buona amministrazione domestica senza lo *spazio vitale delle comunità*.

L'ecologia, più propriamente, è stata definita da Haeckel "la scienza delle relazioni di un organismo con il mondo esteriore che lo circonda; cioè, in senso lato, la scienza delle condizioni di esi-

# 1. Evaluation of the environmental sustainability of a territory

## 1.1 Introduction

*Ecology is commonly referred to, and perceived, as a science, or a discipline, that deals with the protection of nature. Let us get this straight from the start: this is a reductive view. In its original definition, given by Ernst Haeckel in 1866, the term 'ecology' asserts its strong identity with the territory. Ecology from oikos (house) and logos (concept, idea, science), or, "science of the house", i.e., the science of the space where life is shared, the space of the community, everyday life, the territory conceived as the space where the objects-subjects that identify it interrelate: "... ecology...the science of economy, way of life, the vital external relations of organisms,..." (E. Haeckel, 1866, p. 8).*

*The same term appears again in 1885 in the subtitle to a treatise on geobotanics by Hans Reiter (Die Konsolidation der Physiognomik als Versuch einer Ökologie der Gewächse. 1885) and then, ten years later, in the treatise on plant geography by E. Warming. Since then we have had a series of studies: those on the ecology of bionic successions that Charles Chase Adam presented at the International Geography Conference of 1905, those on the ecology of population dynamics and mathematical ecology by Lotka and Volterra, up to Charles Elton's 1933 studies on animal ecology (A. Pascal, 1988).*

*Thus, ecology is a science that has come into being after economics, but has a wider scope, in that, both conceptually and etymologically, it precedes the oikos and the nòmos, i.e., the rules, the standards for a sound domestic administration. There can be no sound domestic administration without the vital space of the community.*

*Ecology proper was defined by Haeckel as "the science of the relationships of an organism with the exterior world surrounding it; that is, in a broad sense, the science of the conditions of existence"*

stenza" (Haeckel, cit., p. 286). Essa è quindi una scienza delle interrelazioni, delle interdipendenze fra organismi e, tra questi organismi (uno dei tanti), c'è anche l'uomo. Con l'ecologia termina un'epoca storica cominciata con l'umanesimo rinascimentale. L'uomo non è più al centro dell'universo ma è uno dei tanti organismi che per vivere deve entrare in relazione d'equilibrio con le altre componenti naturali, l'uomo non definisce la natura ma ne è un portato, può modificarla ma ogni sua azione finalizzata a "dominare" e controllare gli oggetti intorno non è definita da una relazione causa-effetto univoca ma biunivoca. L'effetto diviene causa e si ripercuote sull'insieme degli oggetti in modo spesso sconosciuto e imprevedibile. L'ecologia è lo studio di queste relazioni e di questa imprevedibilità. Una volta si diceva che la natura non esiste in quanto è sempre una natura antropica; oggi bisogna aggiungere che l'uomo è sempre un elemento naturale e pertanto uno dei tanti che ne definisce il significato.

## 1.2 Dalla Polis unitaria al territorio globale

Se si assume la nozione geografica di territorio, esso non è altro, all'origine, che la proiezione spaziale della comunità, della Polis.

All'origine, per la civiltà greca, la nozione di territorio e di polis coincidono. La polis era il territorio, lo spazio in cui si univano città e cittadinanza, in cui "le famiglie, le fratrie e le tribù s'erano messe d'accordo d'unirsi e d'avere uno stesso culto" e costituire una stessa cittadinanza (Fustel de Coulanges, 1864). Le Polis nascevano così e hanno costituito il periodo mitico dell'unità e dell'accordo. All'interno di questo territorio tutto è unitario e sostenibile.

Nel diritto romano resta ancora questo significato originario riferito alla "città". Nel Digesto di Giustino si definisce territorio l'insieme delle terre comprese nei confini di ciascuna città, "Territorium est universitas agrorum intra fines cujusque civitatis" (Dig. 50, 16, 239, 8).

La filosofia classica greca è orientata verso una riflessione atta a definire lo spazio e i confini di questo territorio. Platone anticipa perfino il con-

*(Haeckel, op. cit., p. 286). Hence it is a science of interrelations, of the interdependence between organisms, one of these organisms (one among many) being man. The advent of ecology marks the end of an epoch that had begun with Renaissance Humanism: man is no longer the centre of the universe, man is but one of the many organisms that, in order to live, must establish balanced relationships with the other natural components. Mankind does not define nature, indeed it is an effect of it, and yet it can change it, and its every action is designed to "dominate" and control its surroundings. The cause-effect relationship at work here is not univocal but rather biunivocal: the effect becomes the cause and has repercussions on everything, in unknown, often unforeseeable ways. Ecology is the study of these relationships and this unpredictability. In the past it was claimed that nature does not exist, in that nature is always anthropic; today, we must add that humankind itself is a natural element and therefore one of the many elements that contribute to defining its meaning.*

## 1.2 From the unitary Polis to the global territory

*Let us consider the geographic notion of "territory". In the beginning it was nothing but the spatial projection of the community, of the Polis.*

*Originally, for Greek civilisation, the notion of territory coincided with that of the Polis. The Polis was the territory, the space where city and citizenship mingled, where "families, phratries and tribes had agreed to unite and have the same cult" and to constitute a single citizenship (Fustel de Coulanges, 1864). The polis were born in this manner and were a mythical period of unity and accord. Within this territory everything was unitary and sustainable.*

*In Roman law this original meaning remains, and is referred to as the "civitas". In Justinian's Digest, territory is defined as the set of lands comprised within the boundaries of each city, 'Territorium est universitas agrorum intra fines cujusque civitatis' (Dig. 50, 16, 239, 8).*

*Greek classical philosophy was inclined to reflect on the definition of the reach and the confines of*

petto moderno di sostenibilità e di carrying capacity, cioè della capacità di portata di una massa di popolazione di un ambiente: "La massa complessiva dei cittadini non si può delimitare adeguatamente se non in rapporto alle condizioni geografiche e a quelle politiche della zona circostante; il territorio ha una estensione sufficiente quando è in grado di alimentare un certo numero di cittadini entro i limiti di un medio tenore di vita..." (Platone, *Dialoghi*, VII, "Le leggi", V. 737). Ecco una formulazione chiara del concetto di sostenibilità.

Platone, nella *Repubblica*, illustra una Polis ideale che non deve essere né ricca né povera, deve essere di dimensioni territoriali contenute e fondarsi sull'educazione e sulla tradizione. Ogni novità è rifiutata, ogni aspetto politico, economico, sociale che destabilizzi l'unità viene considerato negativo. Platone, attribuendone il dibattito al maestro Socrate, parla di "necessità per amore", che induce all'unione le persone che vivono insieme e hanno esperienze comuni. La Polis nella sua proiezione spaziale è cioè quel territorio che rende sostenibile la vita della "grande famiglia", dove tutto è in equilibrio, sia nello spazio che nel tempo.

In questo equilibrio è espresso un principio di sostenibilità archetipale, dove il territorio non è solo la terra utile per il sostentamento ma è lo spazio dell'ottimizzazione politica, economica, sociale. Solo nella Polis il locale e il globale coincidono entro i suoi confini. Questa visione unitaria della sostenibilità spingerà il filosofo a definire la dimensione demografica ottimale della Polis di allora individuata dal numero archetipale di "7!", cioè di 5.040 abitanti: abbastanza grande per difendersi, abbastanza piccola per essere completamente sostenibile. Oltre questa soglia la Polis dovrebbe, come una cellula, generare altre comunità, dividersi per essere sostenibile, fondare nuove colonie, e divenire perciò "Metro-polis", città originaria, città madre.

E con le Metropoli si ha la prima separazione di questa unità e si genera la prima rete territoriale: la Polis originaria mantiene con la città-figlia legami culturali e di sangue strutturati a rete. Si crea la prima disgiunzione territoriale che troverà nel corso della storia successiva nuove unioni e ulteriori

*this territory. Plato even anticipated the modern notion of sustainability and carrying capacity, i.e., the number of people that an environment can support: "The overall mass of citizens cannot be fully delimited other than in relation to the geographic and political conditions of the surrounding area; the territory is wide enough when it is able to feed a certain number of citizens within the limits of an average standard of living..." (Plato, Dialogues, VII, The Laws, V. 737). Here we have a clear formulation of the concept of sustainability. In his "The Republic" Plato illustrates an ideal Polis, which should be neither rich nor poor, should be of limited size, should be founded on education and tradition. Every novelty is refused, every political, economic or social element that may destabilise the unity is perceived as detrimental. Ascribing the debate to his master Socrates, Plato speaks of a "necessity for love", that drives people living together and having common experiences to unite. In its spatial projection, a Polis is the territory that makes the life of "large family" sustainable, where everything is balanced in both space and time.*

*This balance expresses an archetypal principle of sustainability, where the territory is more than just the land needed for people's sustenance, rather it is the space of political, economic and social optimisation. Only in the Polis, within its boundaries, do the local and the global coincide. This unitary view of sustainability will induce the philosopher to define the optimal demographic size of the Polis of the time, which is identified by the archetypal number of "7!", i.e., 5,040 inhabitants: big enough to defend itself, small enough to be fully sustainable. Beyond this threshold, the Polis should behave like a cell, generate other communities, to be sustainable it should split, found new colonies and therefore become a "Metro-polis", a city of origin, the parent city.*

*Metropolises mark the first break in this unity and generate the first territorial network: the original Polis maintains cultural and blood links, structured into a network, with the daughter-city. This creates the first territorial rift which, in the course of history, would give rise to new unions and further divisions in a process of "expansion" of the*

divisioni in un processo di “dilatazione” confinaria e di frammentazione interna della “civitas” che oggi investe la scala globale.

*boundaries and internal fragmentation of the “civitas” – a process which, nowadays, is at work on a global scale.*

### 1.3 Sostenibilità forte e debole

Nelle scienze territoriali, economiche e sociali il dibattito sulla sostenibilità ambientale appare talvolta confuso e spesso, quando si parla di “sostenibilità” di una città o di una regione, non si capisce il riferimento teorico particolare, il filone culturale cui connettere il termine e si lascia all’ascoltatore il difficile compito di ricucire un percorso mentale e formativo specifico. Si ha inoltre l’impressione che “sostenibilità” sia un termine “à la mode”, conforme a un moderno stile oratorio, che si inserisce in quella più vasta corrente che va sotto il nome di “politically correct”: vocabolo evocativo di una buona volontà ambientalista e pertanto da usare qualora si voglia parlare di progettualità territoriale e socioeconomica, rispettosa del tessuto e delle matrici storiche locali, e/o proiettata verso un radioso e migliore futuro. Tutto è sostenibile e tutto deve essere sostenibile se non si vuole essere tacciati di insensibilità nei riguardi della natura, del paesaggio, dell’ambiente. Certo non basta l’uso retorico del termine per rispondere alle problematiche che la questione ambientale ha messo in atto.

Il concetto di “sviluppo sostenibile” è stato ufficialmente introdotto nel 1987 dalla Commissione Mondiale sull’Ambiente e lo Sviluppo (WCED), conosciuta come Commissione Brundtland, e afferma che lo sviluppo economico è sostenibile “to ensure that it meets the needs of present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”.

Emergono alcune connotazioni da rimarcare:

- la sostenibilità assume il benessere della specie umana, il soddisfacimento dei suoi bisogni, come elemento centrale di riferimento;
- la sostenibilità introduce un soggetto non ancora formalizzato in ambito giuridico, un diritto delle generazioni future e quindi una forma di “cittadinanza potenziale”;
- la sostenibilità ha una dimensione globale irrinunciabile: il locale non può che rapportarsi al

### 1.3 Strong and weak sustainability

*In territorial, economic and social sciences, the debate on environmental sustainability will sometimes appear confused, and oftentimes, when speaking about the “sustainability” of a city or a region, there is no indication as to the theoretical framework, the line of thought to which the term should be associated, so that the difficult task of reconstructing a specific cultural and mental path is left to the listener. Moreover, the impression one gets is that “sustainability” is a word “à la mode”, conforming to a modern style of public speaking that is part of that broader trend which goes by the name of “politically correct”: an evocative term of environmentalist good will, which therefore should be used whenever we want to speak about territorial and socio-economic planning respectful of the local context and historical background, and/or projected towards a radiant and better future. Everything is sustainable and everything must be sustainable, if we do not want to be accused of insensitivity to nature, the landscape, the environment.*

*But surely, a rhetorical use of the term will not suffice to address the problems raised by the environmental question.*

*The concept of “sustainable development” was introduced officially in 1987 by the World Commission on the Environment and Development, known as Brundtland Commission, which stated that economic development is sustainable if “it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”.*

*We may pinpoint some connotations that deserve to be underscored:*

- *sustainability assumes the wellbeing of the human species, the satisfaction of its needs, as the central term of reference;*
- *sustainability introduces a term which has not yet been formalised from the juridical standpoint, a right of future generations and hence a form of “potential citizenship”;*

- globale con cui intrattiene relazioni per la soddisfazione dei bisogni attuali e futuri;
- la sostenibilità introduce una legge di conservazione: devono essere date in futuro le stesse possibilità di oggi.

Sembrirebbe una definizione chiara ma invece essa diviene opaca proprio nel suo quarto postulato. Cosa deve essere conservato nel tempo? Se si ipotizza che la formazione del benessere si basi su diversi capitali (capitale naturale rinnovabile e non rinnovabile, capitale sociale, capitale umano, capitale tecnologico e capitale inteso come know-how e conoscenze), allora la legge di conservazione riguarda la sommatoria dei diversi tipi di capitale a disposizione delle generazioni umane, che nel tempo deve essere costante, oppure può considerare ogni singolo capitale come importante e centrale per l'equilibrio socioambientale. La sostenibilità debole sostiene il primo punto di vista che si può esprimere con la formula:

*[capitale naturale + capitale sociale + capitale tecnico e artificiale + capitale conoscitivo + ecc = costante]*

mentre quella forte può essere espressa con la formula:

*capitale naturale = cost. 1*  
*capitale sociale = cost. 2*  
 .....  
*ecc. = cost. n*

in pratica mentre nel primo caso le diverse forme di capitale sono sostituibili, mentre nel secondo si considerano insostituibili.

È chiaro che in base al riferimento teorico assunto si hanno definizioni diverse di sostenibilità che, partendo dalla giusta centralità dei "bisogni e delle possibilità umane" giungono a risultati del tutto differenti. La differenziazione tra sostenibilità debole e forte non è marginale in quanto implica una serie di conseguenze diverse delle politiche e delle azioni orientate alla preservazione dell'ambiente. Se infatti il capitale naturale è sostituibile, le politiche e le azioni di preservazione ambientale saranno certamente orientate

- *sustainability has a global dimension which cannot be renounced: the local cannot but relate to the global, with which it interacts for the fulfilment of present and future needs;*
- *sustainability introduces a law of conservation: the future must be given the same opportunities as the present.*

*It may appear a clear enough definition, but, in actual fact, it becomes blurred precisely in its fourth postulate. What should be preserved over time? If we assume that the formation of wellbeing depends on different capitals (natural renewable and non renewable capital, social capital, human capital, technological capital, and capital construed as know-how, knowledge), then, the law of conservation amounts to the sum of the different types of capital available to the human generations, which should remain constant over time. Otherwise, we might assume that each individual capital is important, indispensable to the balance of socio-environmental factors.*

*Weak sustainability upholds the former approach, which can be expressed with the formula:*

*[natural capital + social capital + technical and man-made capital + cognitive capital + etc = constant]*

*whilst strong sustainability can be expressed with this formula:*

*natural capital = const. 1*  
*social capital = const. 2*  
 .....  
*etc. = const. n*

*In actual practice, while in the former case the different forms of capital are replaceable, in the latter they are regarded as irreplaceable.*

*Obviously, depending on the theoretical framework assumed, we get different definitions of sustainability, which, starting from the same centrality of "human needs and potential", arrive at totally different results. The difference between weak and strong sustainability is not marginal, in that it implies a variety of different consequences in terms of the policies and actions geared to the conservation of the environment. If natural capital is replaceable, in fact, environmental conservation*

a ridurre gli impatti derivanti dall'opera di trasformazione e a mitigarne gli effetti attraverso opportune tecniche e progetti.

La sostenibilità debole è tuttavia molto "debole" scientificamente in quanto:

- presuppone una qualche crescita zero di una qualche costante che non si sa bene quale sia (*sic*);
- presuppone che qualità diverse di capitali siano sempre sostituibili. Questo può non essere vero per ogni tempo e ogni luogo e per le varie forme di capitale.

Anche la sostenibilità forte è "debole" scientificamente in quanto è una costruzione platonica che, nelle forme più estreme, non ammette cambiamento sociale ed economico ma solo conservazione dell'esistente o, peggio, del pre-esistente. Nella pratica quotidiana la protezione ambientale avviene semplicemente cercando di ridurre gli impatti e ottimizzare i processi.

Proprio per rispondere a queste necessità, di mitigazione e riduzione degli impatti, che sono stati definiti degli *strumenti di certificazione* delle procedure, del tipo Iso 14000 o EMAS, nonché strumenti di valutazione progettuali quali la Valutazione Ambientale Strategica (VAS) o la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Sono strumenti utili, regolati da norme e leggi, che costituiscono un primo passo verso la sostenibilità percepito come risorsa da proteggere.

#### 1.4 I modelli DPSIR

L'analisi di impatto di un territorio si basa su due grandi metodiche: la classe dei modelli DPSIR e la classe dei modelli degli *indicatori sintetici*.

Nella metodologia DPSIR (Determinanti, Pressione, Stato, Impatti, Risposte) i *determinanti* corrispondono a un set di indicatori delle attività socio-economiche del territorio considerato; le *pressioni* descrivono le emissioni e l'utilizzo delle risorse presenti; lo *stato* descrive l'ambiente fisico, la flora e la fauna del territorio considerato; gli *impatti* evidenziano la nocività sugli esseri viventi e sul benessere fisico e sociale dell'uomo, le *risposte* sono l'insieme delle azioni e delle politiche atte a

*policies and actions will surely be designed to reduce the impacts arising from transformation works and to mitigate their effects through appropriate techniques and projects.*

*Yet, weak sustainability is very "weak" from the scientific point of view, in as much as:*

- *it presupposes zero growth for some constants which cannot be pinned down;*
- *it presupposes that different forms of capital are always replaceable. This cannot be true at all times and in every place and for all the various forms of capital.*

*Strong sustainability is also "weak" from the scientific point of view, since it is a platonic construction that, in its extremest versions, does not admit any social and economic change, but only seeks the conservation of what exists or, worse still, what pre-exists. In day-to-day practice, environmental protection is achieved by simply trying to reduce the impacts and optimise the processes.*

*Precisely with a view to meeting such needs to mitigate/reduce impacts on the environment, a variety of instruments has been defined: instruments for the certification of the procedures, e.g., ISO 14000 or EMAS, and project evaluation instruments, such as the "Strategic Environmental Evaluation" (Valutazione Ambientale Strategica -VAS) or the "Environmental Impact Evaluation" (Valutazione di Impatto Ambientale - VIA). These are useful tools, governed by laws and regulations, which constitute a first step towards sustainability perceived as a resource to be protected.*

#### 1.4 The DPSIR models

*The impact analysis of a territory is based on two great classes of methods: DPSIR models and "summary indicator" models.*

*According to the DPSIR (Determinants, Pressure, State, Impacts, Responses) methodology, the 'determinants' correspond to a set of indicators of the socio-economic activities conducted in the territory considered; the 'pressures' are the emissions and utilisations of the resources present; the 'state' describes the physical environment, the flora and fauna of the territory in question; the 'impacts' highlight the noxious effects on living be-*

limitare e mitigare gli impatti ritenuti pregiudizievoli per il benessere fisico e socioeconomico dell'uomo.

Il modello DPSIR è una complessificazione del modello RPS, Pressione-Stato-Risposta, elaborato dall'Ocse (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico) per formulare le sue analisi socioeconomiche, e che ha trovato in ambito ambientale una estensione metodologica e una maggiore razionalità e solidità, derivante dalla natura precipuamente fisica e chimica dei fenomeni trattati.

La stessa metodica applicata ad altri ambiti analitici di natura socioeconomica, quali ad esempio lo studio della povertà o del welfare, appare meno capace di fornire una lettura adeguata della situazione locale, in quanto si scontra con un "modo di vedere" e di interpretare la società e le sue dinamiche, fortemente caratterizzato dal modo di vedere "occidental-centrico".

Il modello DPSIR fa riferimento a un'analisi multicriteri e, in materia ambientale, si può ricordare il modello di Jochen Jenhaus, ideatore e realizzatore del Dashboard, o l'analisi mediante *indicatori headline*, che mette in evidenza lo sforzo fatto dalle varie agenzie nazionali dell'Europa Unita per definire pochi indicatori chiave che descrivano l'evoluzione in atto nell'ambiente visto nella sua globalità, al fine di adottare azioni mirate di preservazione e risanamento e valutarne nel tempo l'efficacia.

Questo approccio ha sicuramente dei *punti di forza* significativi dati da:

- una grande ricchezza informativa a scala locale;
- la capacità di leggere attraverso indicatori di prima mano (che non richiedono cioè forti elaborazioni e trasformazioni attraverso un uso massiccio di strumentazione matematica e fisica) la situazione socioeconomica e ambientale di un territorio;
- la capacità di individuare indicatori puntuali di nocività;
- la capacità di rispondere alle esigenze di politiche locali mirate alla soluzione di specifici impatti e problemi ambientali;
- la capacità di rapportarsi, per alcune analisi che fanno uso di DPSIR, ad altri indicatori e a soglie internazionali adottate a livello globale;

*ings and the physical and social wellbeing of people, the term 'responses' stands for the actions and policies designed to reduce and attenuate the impacts deemed prejudicial to the physical and social wellbeing of people.*

*The DPSIR model is a complex version of the RPS model, Pressure-State-Response, worked out by the OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) to formulate their socio-economic analyses, which, in environmental studies, has found a methodological extension and a higher degree of rationality and soundness, in view of the substantially physical and chemical nature of the phenomena analysed.*

*When applied to the analysis of other socio-economic aspects, such as the study of poverty or welfare, this method appears less capable of providing a good understanding of the local situation, in as much as it clashes with a "way of looking" and interpreting society and its dynamics, which is markedly characterised by a "West-centric" outlook.*

*The DPSIR model refers to a multi-criteria analysis and, in the environmental field, we should mention the model developed by Jochen Jenhaus, the creator of the Dashboard, or the analysis by means of 'headline indicators', that stresses the efforts made by the various national agencies of the European Union to define a few key indicators describing the evolution underway in the environment considered globally, in order to undertake calibrated preservation and rehabilitation actions, and to evaluate their efficacy over time.*

*Undeniably, this approach has a number of significant strong points in terms of:*

- Great informative richness on a local scale;
- *The ability to interpret the socio-economic and environmental situation of a territory through first-hand indicators (i.e., not requiring too much processing and conversion through a massive use of mathematical and physical tools);*
- *The ability to identify punctual noxiousness indicators;*
- *The ability to meet local political needs geared to the solution of specific environmental impacts and problems;*

- la capacità di verifica di “best practices” e di benchmarking attraverso l’esperienza internazionale di Agenda XXI.

Ha anche molti *punti di debolezza* da riscontrarsi:

- nella ridondanza informativa che spesso non giunge a fornire risultati di sintesi confrontabili (si vedano ad esempio le relazioni delle varie ARPA regionali sullo Stato dell’ambiente locale);
- nell’impossibilità di giungere a una confrontabilità nella lettura dello stato ambientale e dei suoi impatti;
- nell’impossibilità di misurare la carrying capacity del sistema e l’utilizzo dei servizi naturali forniti dal capitale naturale locale;
- nell’impossibilità di individuare i flussi di import ed export dei servizi naturali tra i diversi sistemi locali e di misurarne il peso relativo.

## 1.5 Impatto e carico ambientale

Il concetto di Carrying capacity è importante in quanto è all’origine del concetto di *sostenibilità*. L’idea di fondo è che la Terra, essendo un oggetto finito, abbia un capitale naturale finito e possa quindi sostenere una capacità definita di carico sociodemografico ed economico. La capacità di carico che un sistema ecologico può sopportare si chiama in letteratura, appunto, Carrying capacity.

Per avere anche in futuro le stesse possibilità che hanno le attuali generazioni, secondo la formulazione del concetto di sostenibilità, la legge di conservazione, che come abbiamo visto è fondante del concetto stesso di sostenibilità, non è una generica “conservazione museale” (la Terra come un grande museo) di beni culturali, paesaggi, valori e quant’altro (che certamente contribuisce al benessere umano e va pertanto considerata), ma è la più “rozza” constatazione che prima di tutto vada conservato e chiuso il ciclo dato dalla relazione “servizi naturali-consumo umano” del capitale naturale, cioè il ciclo “Produzione-Trasformazione-Impatto-Rigenerazione”. Qui occorre introdurre l’idea del sistema ambientale inteso come una box con un meccanismo di retroazione che defini-

- *For some analyses using DPSIR models, the ability to correlate to other international indicators and thresholds adopted at global level;*
- *“Best practice” checking and benchmarking through the international experience of Agenda XXI.*

*It also has many weak points stemming from*

- *Informative redundancy, which often makes it impossible arrive at summary results that can be compared (see for instance the reports by the various regional agencies for Prevention and Protection of the Environment (ARPA) on the conditions of the local environment);*
- *The impossibility to arrive at comparability in the determination of the state of the environment and its impacts;*
- *The impossibility to measure the carrying capacity of the system and the utilisation of the natural services supplied by local natural capital;*
- *The impossibility to identify import and export flows of natural services between the various local systems and to measure their relative weights.*

## 1.5 Impact and environmental load

*The notion of carrying capacity is important in that it is at the root of the concept of “sustainability”. The underlying idea is that since the Earth is a finite object, natural capital is finite and therefore it can only sustain a definite socio-demographic and economic load. In the literature, the capacity of an ecological system is referred to as carrying capacity.*

*To have in future the same possibilities as are available to the current generations, according to the formulation of the concept of sustainability, the law of conservation, which, as we have seen, is at the heart of the very concept of sustainability, is no generic “museal conservation” (the Earth as a huge museum) of the cultural heritage, landscapes, values and the like (though all this surely contributes to the wellbeing of mankind and should be taken into account), indeed, it is a “broader” principle to the*

sce un accoppiamento strutturale tra il sistema ambientale e quello umano:

È chiaro che i termini di questo *ciclo* vanno interpretati in senso fisico e non economico. Quando si parla di produzione non si intende la produzione economica bensì la produzione energetica (l'energia del vento, dell'acqua, del sole, nucleare o del petrolio) e delle materie prime (ferro, prodotti vegetali e animali, petrolio, ecc.), mentre ciò che in economia si chiama produzione per questo modello rientra nella fase della *trasformazione* (in quanto trasforma ad esempio l'energia idrica in energia elettrica). Anche il *consumo*, cioè l'uso funzionale di un bene, appare, dal punto di vista ambientale, un'azione di *trasformazione del prodotto in scarto*.

Questo *ciclo* è in equilibrio se la velocità della fase di prelievo è uguale alla velocità della fase di rigenerazione. Se la legge dell'uguaglianza tra prelievo e rigenerazione non è rispettata si ha un accumulo di scarti che definiscono il *carico ambientale* sul territorio *glocale* (nel contempo sia locale che globale).

Il ciclo può essere regolato in diversi modi affinché non si abbia un accumulo di scarti:

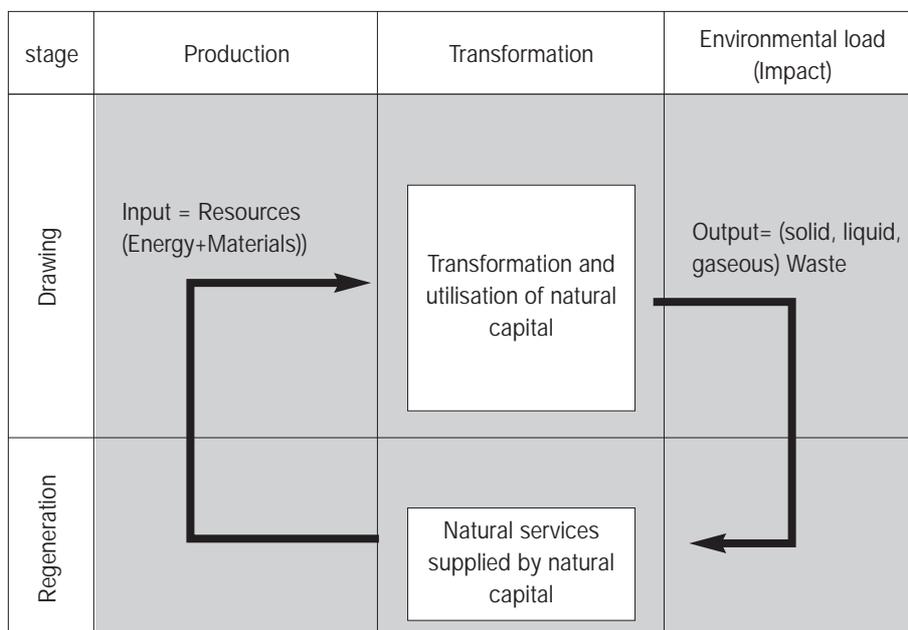
- diminuendo le risorse immesse nella fase di trasformazione attraverso l'aumento della pro-

*effect that first of all it is necessary to preserve and close the "natural services-human consumption" cycle of the natural capital, i.e., the "Production-Transformation-Impact-Regeneration" cycle. At this point, we have to introduce the notion of the environmental system as a "box" with a feedback mechanism which defines a natural relationship between the environmental and the human system:*

*Needless to say, the terms of this cycle must be interpreted in physical, not in economic terms. When we speak about production, we are not thinking of economic production but rather of energy production (wind, water, solar, nuclear or oil derived energy) and raw materials (iron, vegetal and animal products, oil, etc.). What is normally referred to as production in economics, corresponds to the transformation stage in this model (for instance, hydraulic energy is transformed into electricity). Even consumption, i.e., the functional use of a commodity, is conceived as a transformation process (i.e., converting a product into waste) from the environmental standpoint.*

*This cycle is balanced if the Drawing rate is the same as the Regeneration rate. If the equality between the Drawing and Regeneration stages is not satisfied, we get an accumulation of waste*

**Figura 1.**  
Il ciclo  
Produzione-  
Trasformazione-  
Impatto-  
Rigenerazione



**Figure 1.**  
Production-  
Transformation-  
Impact-  
Regeneration  
cycle

*duttività energetica* (minore quantità di input energetico);

- attraverso la *smaterializzazione* dei prodotti (minore quantità di input di materia);
- allungando il periodo di uso dei prodotti, ovvero aumentando *la qualità funzionale temporale* (diminuzione della velocità di produzione degli scarti e conservazione delle risorse);
- *accelerando la fase di rigenerazione*.

Questi sono quindi i metodi per tendere verso una maggiore sostenibilità ambientale, non ne esistono altri.

In prima approssimazione possiamo dire che i metodi multicriteri e i modelli DPSIR descrivono soprattutto l'“impatto ambientale” (la parte destra del ciclo) mentre i metodi dell'Impronta ecologica, dell'Energia, del Material Flow Accounting, misurano l'erosione del capitale naturale e i servizi da esso prestati (cioè la parte sinistra del ciclo).

Qui nascono nuove differenziazioni. La definizione di impatto che abbiamo fornito è una definizione “fisica” connessa alla legge d'equilibrio della sostenibilità ambientale e ha poco a che fare con il concetto di impatto che normalmente viene utilizzato.

Il concetto di impatto normalmente usato è, a differenza di quello utilizzato in questo caso, fortemente culturalizzato e pertanto difficile, se non impossibile, da misurare, mentre l'erosione del capitale naturale e i servizi naturali svolti sono misurabili e sono di vitale importanza per l'umanità e per lo svolgersi della vita sulla Terra.

Spesso viene chiamato *impatto* la mancanza di cultura ambientale e *la mancanza di educazione al “Bello”* (che ogni ordine di scuola dovrebbe stimolare e insegnare): ad esempio in Sicilia l'impatto generato dalle costruzioni private nella Valle dei templi di Agrigento, che è stato condonato dalle leggi del Parlamento italiano permettendo uno scempio paesaggistico inaudito. Le persone educate al “Bello” non possono che essere d'accordo con questo giudizio. Tuttavia, è evidente a tutti che questi “impatti” sono percepiti come tali solo se la cultura al “Bello” è stata trasmessa e generalizzata, cosicché può succedere che uno svizzero percepisca come “impatto” le cicche di sigaretta

*that defines the environmental load on the global territory (i.e., local and global at the same time).*

*The cycle can be governed in different ways in order to prevent the build-up of waste:*

- *by reducing the quantity of resources entering the transformation process through an increase in energy productivity (reduced energy input);*
- *by dematerialising the products (reduced material input);*
- *by lengthening the life of products, i.e., improving the product's temporal functional quality (reduced waste production rate, conservation of the resources);*
- *by accelerating the regeneration stage.*

These are the methods available to arrive at a higher level of environmental sustainability, there is no other way.

*As a first approximation, it can be stated that multi-criteria methods and DPSIR models primarily describe the “environmental impact” (the right hand side of the cycle), whereas the Ecological Footprint, the Energy and the Material Flow Accounting methods measure the erosion of the natural capital and the services supplied by it (i.e., the left hand side of the cycle).*

*Here, new differences emerge. We have defined impact in “physical” terms, in relation to the law of equilibrium of environmental sustainability. This definition has little to do with the common understanding of the term. In its general acceptance, in fact, the concept of “impact” has strong cultural implications and therefore it is difficult, if not outright impossible, to quantify. On the contrary, the erosion of natural capital and the natural services offered by it can be measured and are of vital importance for mankind and for life on Earth.*

*The term impact is often used to refer to a lack of environmental culture and the ability to appreciate Beauty (that should be encouraged and taught at each schooling level): for instance, in Sicily, the impact generated by the private buildings in the Valley of the Temples of Agrigento, and the amnesty offered by the Italian Parliament to these constructions, have resulted in an unprecedented defacing of the landscape. People who have been taught to*

sulle "italiche strade" e un italiano percepisce come "impatto" le cacche di mucca sulle strade indiane. D'altro canto, l'italiano e l'indiano, forse con intensità diverse, percepiranno opprimente l'ossessione (sensazione anche questa non piacevole) all'ordine e alla pulizia di alcuni milieux nord-occidentali. In altre parole l'impatto paesaggistico, uditivo, olfattivo ha una connotazione storica, educativa e culturale che accomuna le coscienze in base alle loro identità e appartenenze territoriali, religiose, o più in generale culturali. Certo, ha anche una sua misurabilità oggettiva di natura sanitaria, tossicologica, igienica che però varia da paese a paese conformandosi alla cultura e ai rapporti sociali ed economici locali.

In questo testo vogliamo affrontare un particolare tipo di impatto, quello generato dagli scarti produttivi e dei consumi della popolazione. Siccome sono scarti che gravano sull'ambiente, li chiamiamo "carico ambientale" che, proprio perché non riguarda i sensi, non si può mitigare, addolcire, stemperare, ma solo smaltire e rigenerare attraverso processi di varia natura, chimici, biologici, bionici, ecc. costituenti l'insieme dei servizi naturali.

## 1.6 Le leggi della sostenibilità

Il ciclo relativo alla sostenibilità si chiude se sono rispettate alcune leggi di conservazione elaborate dall'economista e ambientalista Herman Daly:

- Il principio della capacità di carico: il peso complessivo deve essere riportato al livello in cui non supera la capacità di carico della natura.
- Il principio del rendimento sostenibile: il prelievo di risorse rinnovabili non dovrebbe superare la loro velocità di riproduzione.
- Il principio della capacità di assorbimento: lo scarico di emissioni nell'ambiente non dovrebbe superare la capacità di assorbimento dei ricettori.
- Il principio di sostituzione: il prelievo di risorse rinnovabili dovrebbe essere compensato dalla produzione di una pari quantità di risorse rinnovabili che a lungo termine siano in grado di sostituirle.

*appreciate beauty cannot but share this judgment. Yet, it is obvious that these "impacts" are perceived as such only if the culture of Beauty has been disseminated and generalised. Accordingly, the cigarette butts littering Italian roads may be perceived as an impact by the Swiss, and cow dung lining the roads of India may be regarded as an impact by Italians. On the other hand, Italians and Indians, albeit to a different degree, will perceive as oppressive (as a disagreeable sensation) the obsession with order and cleanliness that is typical of some north-western milieus. In other words, the impact on the landscape, on our sense of smell and hearing, has historical, educational and cultural connotations that are shared by the observers as a function of their identity, place of origin and religion, or, in short, their cultural background. Surely, it also has an objective, measurable side to it, in terms of health, toxicity and hygiene, which, however, may vary from one country to another, in accordance with local culture and social and economic relations.*

*In this article we want to address a specific type of impact, i.e., the impact originated by industrial waste and product consumption by the population. Since we are dealing with waste affecting the environment, we shall refer to this type of impact as "environmental load", which, precisely because it does not affect our senses, cannot be mitigated, softened, attenuated, but can only be disposed of and/or regenerated through processes of different kinds (i.e., chemical, biological, bionic processes and the like), that make up the set of natural services.*

## 1.6 The laws of sustainability

*The sustainability cycle can be closed only if the laws of conservation defined by economist/environmentalist Herman Daly are respected. These laws are:*

- *the Principle of carrying capacity: the overall weight must be reduced to a level that does not exceed the carrying capacity of the natural environment;*
- *the Principle of sustainable efficiency: drawing from renewable resources should not exceed their regeneration rate;*

Questi principi in realtà dispiegano l'unico principio che definisce l'equilibrio tra prelievo e rigenerazione del capitale naturale.

È una logica sistemica in cui gli input sono i prelievi di capitale naturale, nella box sta la struttura socionaturale (tecnobiologica) e nell'output stanno le emissioni, i rifiuti, gli scarti. Se la struttura è sostenibile non accumula output nel tempo, in quanto esiste un meccanismo di retroazione tale per cui gli scarti, il carico ambientale, divengono risorse e le emissioni vengono riassorbite dalla biocapacità del sistema.

Per capire tale legge d'equilibrio occorre entrare nella box e vedere cosa c'è dentro. La fase di trasformazione del capitale naturale è scomponibile in realtà in tre sottofasi distinte e interconnesse tra loro da alcune leggi di conservazione.

La produzione si trasforma o in consumo di beni e servizi oppure va a costituire un'addizionale di capitale artificiale e tecnico che incrementa il capitale fisso di una determinata collettività e che, come ha messo ben in evidenza l'economista indiano Partha Dasgupta (2004), esprime la ricchezza effettiva della trasformazione produttiva delle risorse da parte dell'uomo.

Il capitale fisso è fortemente legato a un luogo e a un territorio e costituisce la ricchezza di un determinato sistema locale. Esso è il risultato del capitale naturale e dell'applicazione umana. Il capitale fisso è pertanto il risultato di una attività umana complessa e collettiva in cui giocano un ruolo determinante gli scienziati e i formatori, l'amministrazione pubblica e gli imprenditori, i lavoratori e il loro saper fare. In termini materiali il capitale fisso si traduce in capitale tecnico artificiale (case, infrastrutture, tecnologie e beni di consumo durevoli) e definisce la ricchezza locale.

La produzione oltre a trasformare il capitale naturale, materiale ed energetico in capitale tecnico artificiale, produce beni di consumo per la popolazione. Anche il capitale artificiale e tecnico è un prodotto di consumo ma, a differenza dei consumi propriamente detti, esso ha alcune caratteristiche importanti: ha in genere una componente collettiva che lo connota ma, soprattutto, il suo consumo richiede tempi lunghi. Esso è fondamentalmente fatto dall'urbanizzato, il capitale costante produttivo,

- *Principle of absorption capacity: the release of emissions into the environment should not exceed the absorption capacity of the receptors;*
- *the Principle of replacement: drawing from non renewable resources should be offset by the production of a comparable quantity of renewable resources that in the long-run will be able to replace them.*

*In reality, these principles reflect the only criterion that defines the balance between drawing and regeneration of the natural capital.*

*It is a systemic logic where the resources drawn from the natural capital are the inputs, the box contains the socio-natural (techno-biological) structure and emissions/refuse/rejects are the outputs. If the structure is sustainable, no outputs are accumulated over time, in as much as there is a feedback mechanism at work so that the waste produced, the environmental load, is converted into resources and emissions are reabsorbed by the system's biocapacity.*

*To understand this law of balance we have to open the box and see what it contains. The stage of transformation of natural capital can be broken down into three distinct sub-stages mutually interconnected by conservation laws.*

*Production is either transformed into the consumption of goods and services or used up to generate additional man-made and technical capital that increases the fixed capital of a given community and which, as clearly illustrated by Indian economist Partha Dasgupta (2004), expresses the actual wealth of the processes of transformation of resources performed by men.*

*Fixed capital is strongly associated with a place and a territory, and it constitutes the wealth of a given local system. It is the outcome of natural capital and man's activities. Hence, fixed capital is the result of a complex and collective human activity, where a decisive role is played by scientists and educators, public administrators and entrepreneurs, workers and their skills. From the material viewpoint, fixed capital translates into man-made technical capital (housing facilities, infrastructures, technologies and durable consumer goods) and defines local wealth.*

quello infrastrutturale (strade, ponti, vie di comunicazioni, ecc.)

Il tempo dei beni deperibili e dei servizi è un tempo corto che non sedimenta sul territorio ricchezza. Questa forma di consumi enfatizza piuttosto la ricchezza personale e nel breve periodo i beni e i prodotti si trasformano in scarto.

Diverso è il luogo degli investimenti e dei beni durevoli. Questa ricchezza non viene consumata da una generazione ma viene tramandata alle generazioni future e pertanto costituisce una ricchezza territoriale in gran parte sostenibile. Produce, comunque, anch'esso degli scarti (vuoti urbani, vecchie tecnologie, vecchie infrastrutture) che necessitano di un processo di "assorbimento" e rigenerazione e vanno pertanto considerati nella contabilità.

In generale, se si considera un sistema chiuso, si può dire che il processo di trasformazione del capitale naturale (materiale ed energetico) si distingue in tre fasi: la produzione, il consumo di breve tempo, quello di lungo tempo.

Indichiamo con: R, le risorse,

- P, la Produzione Totale;
- C, i consumi totali;
- BID, i beni e gli investimenti durevoli;
- CAT, il capitale artificiale e tecnico,

Inoltre indichiamo la somma degli scarti solidi, liquidi e gassosi con:

- CAP, il carico ambientale dovuto agli scarti produttivi,
- CAC, il carico ambientale dovuto ai consumi non durevoli,
- CAAT, il carico ambientale dovuto agli scarti dei beni e investimenti durevoli.

La fase della produzione è scomposta in una produzione utile di beni di consumo (C) più una produzione di scarti che costituiscono il carico ambientale dato dalla produzione (CAP). In economia C corrisponde con la domanda aggregata. La produzione di beni di investimento e di consumo si trasforma in beni durevoli (BID) e non durevoli. Questi ultimi si trasformano in carico ambientale dovuto al consumo (CAC). Infine, i beni durevoli (sia di investimento che di consumo) formano il

*In addition to transforming natural capital, in terms of materials and energy, into man-made technical capital, production generates consumer goods for the population.*

*Even man-made technical capital is a consumer product, but, unlike consumer goods proper, it has a number of important characteristics: in general, it has a collective component that connotes it and, above all, its consumption is a long-term process. Basically, it consists of urbanised structures, constant productive capital, infrastructures (roads, bridges, communication networks, etc.).*

*The utilisation period of perishable goods and services is short, and no wealth is deposited on the territory. This form of consumption emphasises personal wealth, and, in the short run, goods and products are converted into waste.*

*Different is the outcome of long-term investments and durable goods: this wealth is not used up by a single generation and it is handed down to the future generations. Accordingly, it constitutes a territorial wealth that is largely sustainable. Still, it does produce waste (urban refuse, old technologies, obsolete infrastructures) requiring a process of "absorption" and regeneration, which therefore must be reckoned in the accounting process.*

*In general, if we consider a closed system, it can be stated that the process of transformation of natural capital (in terms of materials and energy) involves three stages: production, short-term consumption and long-term consumption.*

*Let us denote with: R, resources,*

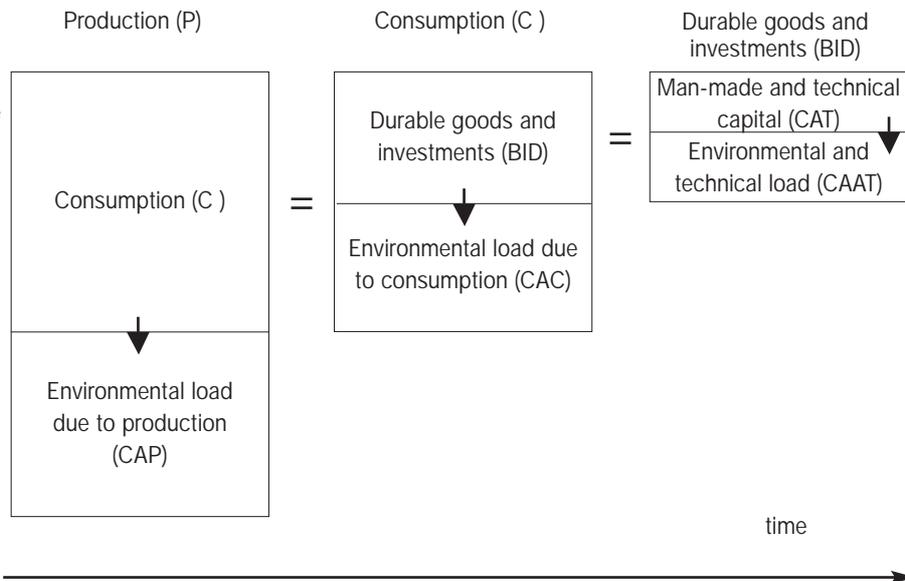
- P, Total Production, or Resources
- C, Total Consumption,
- BID, durable goods and investments,
- CAT, man-made technical capital.

*Furthermore, let us denote the sum of solid, liquid and gaseous waste with:*

- CAP, the environmental load due to industrial waste,
- CAC, the environmental load due to consumption of non durable goods,
- CAAT, the environmental load - waste arising from durable goods and investments.

*The stage of Production breaks down into useful production of consumer goods (C) and production*

**Figura 2.**  
Fasi della trasformazione del capitale naturale (materiale ed energetico)



**Figure 2.**  
Stages in the transformation of natural capital (in terms of materials and energy)

capitale artificiale e tecnico (capitale fisso) e il suo scarto (CAAT).

Si hanno le seguenti leggi di conservazione:

- (P) = (C) + (CAP) (1)
- (C) = (BID) + (CAC) (2)
- (BID) = (CAT) + (CAAT) (3)
- (CAP) + (CAC) + (CAAT) = Capitale che deve essere rigenerato dal capitale naturale (4)

In realtà tra la fase della produzione e quella del consumo occorrerebbe considerare un "accumulatore" dato dalla *variazione delle scorte* che per semplicità (non aggiungendo nulla alla logica del nostro ragionamento) non consideriamo. Tuttavia, in una contabilità definita entro l'arco temporale di un anno va considerato anche il "delta" dovuto alla variazione delle scorte.

La formula (iv) afferma il principio di Daly dell'equilibrio tra *usi del capitale naturale e la rigenerazione dello stesso*.

La capacità di rigenerazione è il fattore strategico della sostenibilità di un territorio. Tale capacità è presente nel capitale naturale (CN) che fornisce almeno quattro tipi di servizi essenziali: di *assorbimento*, di *regolazione ambientale* di *rigenerazione* di materia ed energia e di *accumulazione* di materia ed energia. La natura è cioè in grado di

*of waste making up the production-related environmental load (CAP). In economics, C corresponds to aggregate demand. The production of investment and consumer goods translates into durable goods (BID) and non durable goods. The latter convert into the environmental load due to consumption (CAC). Finally, durable (investment and consumption) goods add up to the man-made technical capital (fixed capital) and the waste arising from it (CAAT). We may formulate the following conservation laws:*

- (P) = (C) + (CAP) (1)
- (C) = (BID) + (CAC) (2)
- (BID) = (CAT) + (CAAT) (3)
- (CAP) + (CAC) + (CAAT) = *Capital that has to be regenerated by natural capital* (4)

*In actual fact, we should consider a further stage, between production and consumption: an "accumulator" given by "stock variations", which we shall disregard for the sake of simplicity (as it does not add anything to the logic of our reasoning). However, the "delta" due to stock variations should be considered in a one-year accounting process. Formula (iv) asserts Daly's principle of balance between the utilisation and the regeneration of natural capital.*

assorbire particolari carichi ambientali e trasformarli in elementi naturali (ad esempio le piante), di regolare alcuni importanti cicli energetici (acqua, clima, ecc.) di rigenerare il suo capitale e di accumularlo sotto forma ad esempio di deposito di materie prime metallifere e non metallifere o di materia organica fossile (petrolio, gas, ecc.)

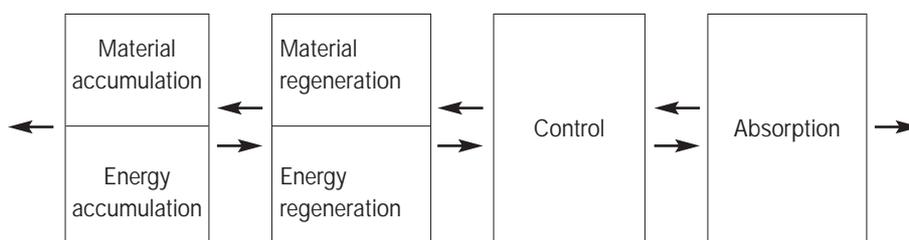
La nostra civiltà ha scoperto gran parte della ricchezza accumulata dalla natura e la sta utilizzando, sia sotto forma energetica che di nuovi materiali, dando luogo a una crescita economica che mai era stata tale nella storia. Il passaggio dall'uso energetico della biomassa all'utilizzo di questo fondo di origine organica di energia (di cui peraltro da sempre se ne conosceva l'esistenza) è certo la rivoluzione più importante dell'umanità e della civiltà occidentale. Ma questa rivoluzione sta comportando un enorme problema di "chiusura del ciclo" della sostenibilità. La trasformazione e il consumo energetico di questa riserva di sostanze organiche produce infatti anidride carbonica che può essere riassorbita solo dalla fitomassa, che pertanto avrebbe dovuto crescere in proporzione allo svuotamento dei serbatoi di materia organica fossile, inoltre il riassorbimento dei materiali di origine organica avrebbe richiesto una crescita di alcune forme di microrganismi in grado di riassorbirne, trasformarne e rigenerarne la materia. Tutto questo non sta avvenendo e pertanto le leggi della sostenibilità non sono rispettate.

La legge di sostituzione di capitale ci dice che maggiore è l'utilizzo del capitale fossile accumulato maggiore dovrebbe essere la biocapacità del sistema atta ad assorbita. L'aumento della quantità o densità della fitomassa dovrebbe rispettare la norma stabilita per la sostenibilità e quindi lasciare alle generazioni future le stesse possibilità (capitale naturale) della generazione attuale e la-

*Regeneration capacity is a strategic factor in the sustainability of a territory. This capacity is present in natural capital (CN), which supplies at least four types of basic service: Absorption, environmental Control, Regeneration of Materials and Energy, Accumulation of Materials and Energy. This amounts to saying that nature is able to absorb specific environmental loads and to transform them into natural elements (e.g., plants), control a number of major energy cycles (water, the climate, etc.), regenerate its capital and accumulate it in the form - for example - of deposits of metalliferous and non-metalliferous raw materials or organic fossil materials (oil, gas, etc.).*

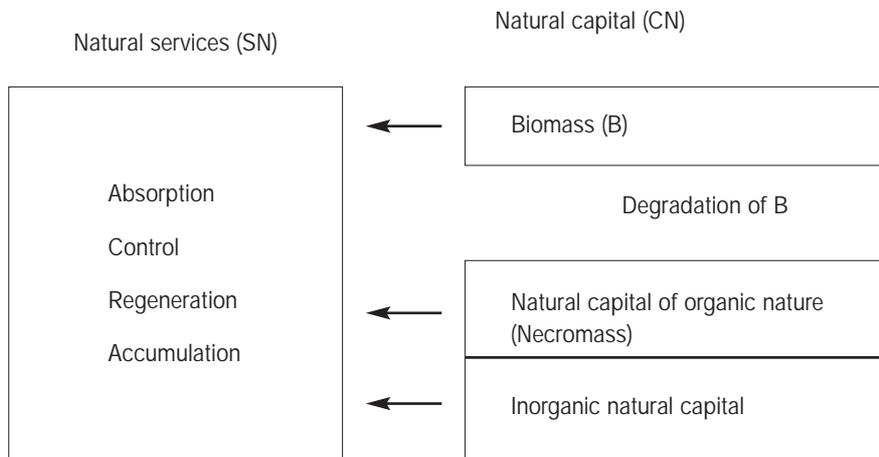
*Our civilisation has discovered most of the wealth accumulated by nature and is using it, both in the form of energy and in the form of new materials, giving rise to an economic growth unprecedented in history. The shift from the energetic use of the biomass to the use of this store of energy of organic origin (whose existence however has always been known) surely represents the most important revolution in the history of mankind and western civilisation. But this revolution has entailed a terrible problem in terms of the "closure of the sustainability cycle". The conversion into energy and the consumption of this reserve of organic substances, in fact, generates carbon dioxide that can be reabsorbed only by the phytomass; accordingly, the latter should have grown proportionately to the exploitation of the reserves of fossil matter; moreover, the re-absorption of the materials of organic origin should have been matched by the growth of some forms of micro organisms able to reabsorb, transform and regenerate such matter. All this had not been done and hence the laws of sustainability are not complied with.*

**Figura 3.**  
Servizi del capitale naturale



**Figure 3.**  
Services supplied by natural capital

**Figura 4.**  
Forme del  
capitale naturale



**Figure 4.**  
Forms of natural  
capital

sciare la stessa biodiversità attualmente presente. La conservazione della biodiversità (sia animale che vegetale) è certamente un'altra condizione necessaria dettata dalle leggi di conservazione della sostenibilità ambientale che fa parte del nostro modello di pensiero e che aggiungerebbe una (v) formula al sistema.

## 1.7 Contabilità ambientale: PIL e ricchezza reale

Finora si sono considerate leggi globali inerenti la sostenibilità ambientale. È tuttavia evidente che le dinamiche concrete sono sempre date da azioni locali e pertanto occorre chiarire la natura di questi processi e del rapporto tra globale e locale per giungere a una completa analisi dei processi di regolazione ecologica.

Per farlo utilizziamo uno schema molto semplice composto da due soli sistemi locali. Immaginiamo cioè la Terra divisa in due soli sistemi territoriali A e B, in cui A è un sistema ad alta trasformazione, alto consumo e a scarsa estrazione locale, mentre B è, viceversa, un sistema a bassa trasformazione e basso consumo. I numeri dello schema evidenziano le relative relazioni e i relativi utilizzi di capitale. Le produzioni totali dei due sistemi sono costruite in maniera tale da risultare uguali in modo da evidenziare le differenze che i flussi di materia ed energia vengono a determinare.

Oltre alle definizioni già viste in precedenza indichiamo con:

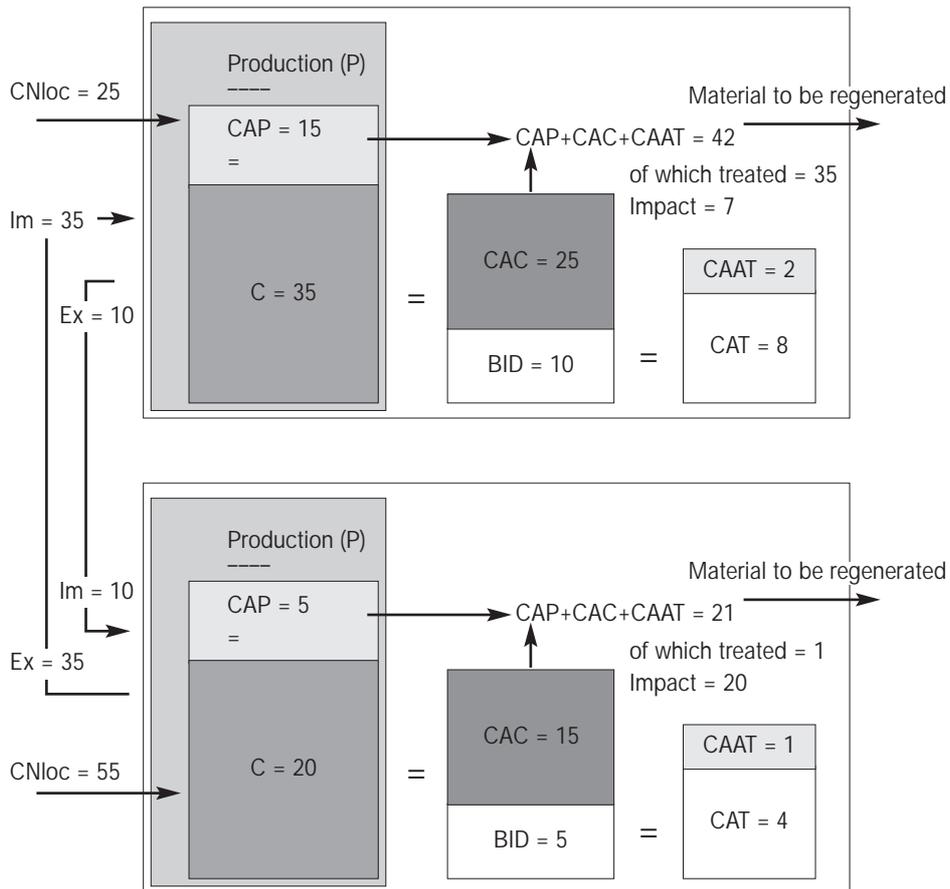
*The capital replacement law tells us that the greater the use of accumulated fossil capital, the greater should be a system's bio-capacity to reabsorb it. The increase in the quantity or density of the phytomass should satisfy the sustainability-related criterion and hence pass on to future generations the same opportunities (natural capital) as are available to the present generation as well as pass on to them the same biodiversity as we have now. The preservation of biodiversity (animals and plants) is surely another necessary condition dictated by the laws of conservation of environmental sustainability that is part of our model approach and that would add another formula (v) to the system.*

## 1.7 Environmental account: GDP and real wealth

*So far, we have examined global laws governing environmental sustainability. However, it is obvious that actual dynamics invariably depend on local actions and therefore it is necessary to understand the nature of these processes and the relationships between global and local phenomena to achieve a comprehensive analysis of ecological control processes.*

*To this end, we are going to use a very simple scheme, consisting of just two local systems. Let us imagine that the Earth is divided into but two territorial systems, A and B, where A is a system characterised by a fast transformation rate, high consumption levels and little local extraction,*

**Figura 5.**  
La contabilità ambientale



**Figure 5.**  
Environmental accounting

- CNloc, il capitale naturale locale (materia e energia) utilizzato (in temporalità sostenibili, cioè in una generazione);
- Im, le importazioni di capitale naturale utile;
- Ex, le esportazioni di capitale naturale (materia e energia) utile.

Le risorse *totali* (R) del sistema A sono date dalla somma della produzione fornita dal *capitale naturale locale produttivo* (CNloc) estratto e dalle *importazioni* di materia ed energia provenienti dall'esterno:

$$R = \text{CNloc} + \text{imp} \quad (5)$$

Questa formula in letteratura la si trova spesso. È, ad esempio, alla base del sistema di calcolo energetico di Odum (Odum, 1996) che la esprime sotto la forma:

$$U = (N + F + R) \quad (6)$$

whilst B is a low transformation rate, low consumption system. The figure 5 reflect the relative relationships and the relative capital utilisation levels. Total production values for the two systems are constructed so that they turn out to be the same, enabling the differences arising from the flows of materials and energy to be highlighted. In addition to the notation given above, let us denote with:

- CNloc, local natural capital (materials and energy) using (over a sustainable time span, i.e., in a generation time);
- Im, natural capital imports;
- Ex, natural capital exports using (materials and energy).

Total Resources (R) of system A are given by the sum of production arising from the local productive natural capital (CNloc) extracted and the Imports of materials and energy coming from outside areas:

Dove  $U$  è l'emergia totale del sistema locale,  $N$  è l'emergia locale data dalle risorse non rinnovabili,  $R$  è quella data da risorse locali rinnovabili e  $F$  è l'emergia importata. Vedremo in breve qual è il suo significato.

Il Wuppertal Institute ha elaborato un indicatore simile che ha chiamato Direct Material Input che somma le Domestic extraction alle importazioni ( $D_{MI} = DE + Import$ ).

Le risorse del nostro sistema A è quindi  $P = 25$  (di risorse locali) + 35 (di import) = 60 e la produzione di B sarà  $P = 50 + 10 = 60$ . Tale valore non è monetario ma è un valore fittizio che misura le quantità sia energetiche che materiali immesse e trasformate dai due sistemi locali. Se avessimo una unica unità di misura (sia per l'energia che per la materia estratta) allora potremmo dire che il nostro sistema è sostenibile quando le risorse totali rigenerate sono uguali agli impieghi e utilizzi del capitale naturale locale che somma le importazioni.

L'unità di misura è una delle questioni ancora irrisolte dalla letteratura: può trovarsi espressa in tonnellate, come spesso si trova nelle analisi del Wuppertal Institute, o in termini di joule solari, come preferisce Odum, oppure in termini di ettari necessari occupati dalle risorse, come preferiscono Wackernagel e i sostenitori dell'impronta ecologica, oppure in termini di unità elementare di carbone, come sostengono le recenti analisi svolte per stimare l'HANPP (Human appropriation of terrestrial net primary production), l'appropriazione della produzione primaria netta della terra (Imhoff M. L et al., 2004).

La letteratura ecologista utilizza tutte queste unità in base al capitale di riferimento considerato fondamentale. I tre tipi di capitale naturale visti in precedenza, dati nelle due forme di materia ed energia, possono infatti avere unità di misura differenti:

- il *capitale fisico inorganico* è in genere misurato in *joule*, se trattasi di capitale energetico, oppure in *kg*, per la materia;
- la *materia organica fossile* è in genere espressa in *tonnellate equivalenti di petrolio*, o in *unità di massa di carbone*, o anche semplicemente in *kg* e più raramente in *joule*, per l'energia;

$$R = CN_{loc} + Imp \quad (5)$$

*This formula is often found in the literature. For example, it is the basis of the energetic reckoning system developed by Odum (Odum 1996), which is expressed in this form:*

$$U = (N + F + R) \quad (6)$$

*where  $U$  is the total "emergy" of the local system,  $N$  is the local emergy given by non renewable resources,  $R$  is the emergy derived from renewable local resources and  $F$  stands for imported emergy. Let us briefly see what this means.*

*The Wuppertal Institute has worked out a similar indicator, called Direct Material Input, that sums Domestic extraction and imports ( $D_{MI} = DE + Import$ ). Accordingly, resources in system A comes to  $P = 25$  (local resources) + 35 (imports) = 60, and in system B production is  $P = 50 + 10 = 60$ . This is not a monetary value, it is a fictitious value measuring the quantities of energy and material used up and transformed by our two local systems. If we had a single unit of measure (for both energy and the materials extracted), we could say that our system is sustainable when total regenerated resources match local natural capital consumed plus imports.*

*The unit of measure is a problem still unsolved in the literature: it may be expressed in tons, as is often the case in the analyses by the Wuppertal Institute, or in solar joules, as suggested by Odum, or even in terms of hectares needed to access the resources, which is the unit of measure preferred by Wackernagel and the advocates of the Ecological Footprint, or in terms of elementary units of coal, a solution propounded by recent analyses conducted to estimate the HANPP (Human appropriation of the earth's net primary production) (Imhoff M.L et al., 2004).*

*In the ecological literature, all these units are used in relation to the reference capital deemed most important. The three types of natural capital discussed above, in the two forms, of materials and energy, in fact, may be associated with different units of measure:*

- *inorganic physical capital is generally measured in joules, for energy, and in kg, for materials,*

- la *biocapacità* è in genere espressa in *tonnellate equivalenti di CO<sub>2</sub>* (tonnellate di anidride carbonica riciclabile) oppure in *ettari medi disponibili per abitante* mentre la *biomassa* è in genere espressa in *kg*, oppure in *ettari occupati*.

Queste differenze andrebbero in qualche modo eliminate intorno a una comune unità di misura degli indicatori sintetici di sostenibilità.

Ritorniamo alla formula (vi). Essa corrisponde, anche se l'unità di misura non è il valore monetario ma l'energia espressa in joule solari, esattamente alle risorse totali impiegate dal sistema. Le risorse infatti per definizione sono date valore (in questo caso monetario) dei beni e dei servizi finali, ovvero dalla somma dei consumi, degli investimenti fissi, della variazione delle scorte e delle esportazioni dei prodotti, in un anno, al lordo degli ammortamenti.

È facile verificare che le risorse *R* sono anche date dalla somma del *CAT*, cioè il capitale artificiale tecnico (che equivale in economia agli Investimenti fissi), del *CAP*, il Carico ambientale produttivo (che il *PIL* non è in grado di distinguere considerandolo o come esternalità o come produzione effettiva), del *CAC*, ovvero il carico ambientale dei beni non durevoli (equivalente alla somma dei consumi finali e delle esternalità ambientali), del *CAAT*, (equivalenti in economia alla somma degli ammortamenti), delle esportazioni di materie prime e energia. In economia ciò equivale agli impieghi (*I*) effettuati dal sistema :

$$R=I = (CAT) + (CAP) + (CAC) + (CAAT) + exp \quad (7)$$

La differenza fondamentale tra questo schema e lo schema della contabilità economica è che nello schema che proponiamo le esternalità sono considerate e misurate negli scarti in termini o energetici o spaziali. Gli impieghi per il sistema A saranno  $P = 8 + 15 + 25 + 2 + 10 = 60$  e per il sistema B,  $P = 4 + 5 + 15 + 1 + 35 = 60$ . Nel nostro esempio si ha cioè che gli impieghi dei due sistemi sono gli stessi. La formula di Odum completa oppure il Direct Material Input è pertanto:

- fossil organic matter is generally expressed in oil equivalent tons, or coal weight units, or simply in kg and, rarely, in joules for energy;
- biocapacity is mostly expressed in CO<sub>2</sub> equivalent tons (tons of recyclable carbon dioxide) or is expressed in average hectares available per inhabitant, while the biomass is generally expressed in kg, or in hectares taken up.

*In some way or other, all these differences should be eliminated in favour of a common unit of measure of the summary indicators of sustainability.*

*Let us go back to formula (vi). Even though the unit of measure is not a monetary value, but is energy expressed in solar joules, this formula corresponds exactly to the total resources used by the system.*

*By definition, in fact, the resources are given by the value (monetary value, in this case) of the final goods and services, i.e., by the sum of consumption, fixed investments, stock variations and product exports, over a one-year period, after amortisation.*

*It can be easily ascertained that resources R are also given by the sum of CAT, i.e., man-made technical capital (in economics, fixed investments), CAP, i.e., productive environmental load (which the GDP is unable to distinguish, as it rates it either as an externality or as actual production), CAC, i.e., the environmental load associated with non durable goods (equivalent to the sum of final consumption and environmental externalities), CAAT (in economics, the sum of amortisations) and raw material and energy exports. In economics this corresponds to the uses performed (I) by the system:*

$$R=I = (CAT) + (CAP) + (CAC) + (CAAT) + Exp \quad (7)$$

*The basic difference between this accounting scheme and the economic accounting scheme is that in the former externalities are taken into account and measured through waste, in terms of either energy or space. Utilisations in system A will be  $P = 8 + 15 + 25 + 2 + 10 = 60$  and, in system B,  $P = 4 + 5 + 15 + 1 + 35 = 60$ . Thus, in our example, utilisations for the two systems considered are the same. Hence, Odum's formula in complete form or the Direct Material Input formula will be:*

$$R = (CNloc) + (imp) = (CAT) + (CAP) + (CAC) + (CAAT) + (exp) \quad (8)$$

Come in un sistema economico anche nel nostro sistema si mantiene l'equivalenza tra le risorse, cioè gli input, e gli impieghi, cioè gli output. Il Prodotto interno lordo (PIL) sarà per il sistema A = 25 mentre per il sistema B = 50 e sarà dato dalla somma del capitale artificiale tecnico (che equivale agli investimenti fissi), del carico ambientale, nelle sue tre forme di servizi ambientali alla produzione (CAP), di consumi finali propriamente detti (CAT) e di ammortamenti del capitale fisso (CAAT), delle esportazioni nette (Ex-Import) e coincide con l'indicatore DMI del Wuppertal Institut:

$$(CAT) + (CAP) + (CAC) + (CAAT) + (exp) - (imp) = CNloc. = PIL ambientale \quad (9)$$

È interessante notare che il PIL così calcolato ha dentro il carico ambientale produttivo (gli scarti della produzione) che invece il PIL degli economisti non è in grado di contabilizzare e definisce come esternalità ambientali.

Nella misura dei consumi (C) il carico ambientale produttivo non appare. Esso, per la (2) è equivalente ai consumi privati (C) mentre i totali P = produzione locale + importazioni – esportazioni. Ovvero:

$$P = (CNloc) + imp - exp \quad (10)$$

Questa equazione in letteratura si trova sia come la "formula canonica" usata da Wackernagel per trovare l'impronta ecologica dei consumi sia come indicatore del Direct Material Consumption (DMC = DMI – export) fornito dal Wuppertal Insitute. Essa è molto interessante in quanto ci informa degli utilizzi reali del nostro sistema locale. In economia è proxy della domanda aggregata, ovvero con i consumi netti che in una unità di tempo (anno) si hanno in un territorio. Qui la differenza tra il PIL e la ricchezza consumata appare del tutto evidente in quanto nella formazione del primo la produzione del carico ambientale viene conteggiata come positiva mentre nella misura dei consumi totali (ricchezza economica) il carico

$$R = (CNloc) + (Imp) = (CAT) + (CAP) + (CAC) + (CAAT) + (Exp) \quad (8)$$

*As in an economic system, in our system the equivalence between Resources (i.e., the inputs) and Utilisations (i.e., the outputs, I) is maintained. Gross Domestic Product (GDP) will be 25 in system A and 50 in system B, and it will be given by the sum of technical man-made capital (corresponding to fixed investments), environmental load, in its three forms (environmental services to production (CAP), final consumption proper (CAC) and fixed capital amortisation (CAAT)), and net exports (Exports – Imports). It coincides with the DMI indicator of the Wuppertal Institute:*

$$(CAT) + (CAP) + (CAC) + (CAAT) + (Exp) - (Imp) = CNloc. = environmental GDP \quad (9)$$

*It should be noted that the GDP determined in this manner contains the productive environmental load (industrial waste), an item that in the GDP of economics cannot be accounted for and is defined as an environmental externality.*

*In the quantification of consumption (C) the productive environmental load does not appear. In (2) it corresponds to household consumption while domestic: P = local production + Imports – Exports. And namely:*

$$P = (CNloc) + Imp - Exp \quad (10)$$

*In the literature, this equation appears both as the "canonical formula" used by Wackernagel to determine the ecological footprint of consumption and as the indicator for Direct Material Consumption (DMC = DMI – export) defined by the Wuppertal Institute. It is of great interest, in that it provides information about the actual uses of our local system. In economics it is proxy of aggregate demand, i.e., with net consumption in a territory over a unit of time (year). In this case, the difference between the GDP and the wealth used up appears perfectly evident, since in the formation of the former the production of the environmental load is calculated as a positive factor, whilst in the determination of effective consumption*

ambientale produttivo viene sottratto:  $C = (P) - (CAP)$ .

L'equivalenza tra:

$$(C) + (CAP) = (CNloc) + imp - exp \quad (11)$$

esprime i consumi totali locali nonché le differenze valutative tra la "vision" energetica di Odum e quella dell'impronta ecologica di Wackernagel. È interessante notare che la *differenza* tra la formula canonica di Odum e quella di Wackernagel esprime una valutazione dell'import-export di sostenibilità ambientali e le esternalità, su cui gli economisti preferiscono restare alquanto ambigui. Usando la terminologia dei Material Flow Accounting si può affermare che la differenza tra l'indicatore DMC (Direct Material Consumption) e C (Consumi Totali) esprime le esternalità ambientali interne (trasporti, produzione e trasformazione, ecc.). Un risultato certamente interessante:

$$(CAP) = (CNloc + imp - exp) - (C) \quad (12)$$

È ancora più interessante osservare che per gli economisti questa formula esprime i risparmi effettuati da imprese e persone mentre dal punto di vista della contabilità ambientale esprime una forma "nascosta" di impatto.

Sia il CAP, cioè il carico ambientale produttivo, che il CAAT, cioè gli scarti finali degli investimenti in beni durevoli (equivalenti nella contabilità economica alla somma degli ammortamenti) misurano pure esternalità ambientali, che con questo tipo di contabilità emergono in modo chiaro se trattate in termini energetici o spaziali (non certamente monetari). Il CAC è invece una misura sia di esternalità ambientali che di ricchezza dei consumatori finali e della popolazione.

Il CAC (la cui proxy economica sono i consumi finali delle famiglie) può essere determinato sottraendo alla formula di Wackernagel l'interno capitale fisso (BID), cioè il capitale artificiale tecnico e i suoi scarti (come proxy economica la somma degli investimenti e degli ammortamenti):

$$CAC = (CNloc) + imp - exp - CAT - CAAT - CAP \quad (13)$$

*(economic wealth) productive environmental load is subtracted:  $C = (P) - (CAP)$ .*

*The equivalence :*

$$(C) + (CAP) = (CNloc) + Imp - Exp \quad (11)$$

*expresses total local consumption as well as the evaluation differences between Odum's energetic "vision" and Wackernagel's Ecological Footprint. It is interesting to observe that the difference between Odum's canonical formula and Wackernagel's formula expresses the Environmental import-export of the global environmental externalities, regarding which economic accounting methods prefer to remain hazy. Using the terminology of Material Flow Accounting it can be stated that the difference between the DMC (Direct Material Consumption) and C (Total Consumption) indicators expresses internal environmental externalities (transportation, production and processing, etc.). A result of undeniable significance:*

$$(CAP) = (CNloc + Imp - Exp) - (C) \quad (12)$$

*It is even more interesting to observe that in economics this formula expresses the savings achieved by businesses and individuals, whereas in environmental accounting it expresses a "hidden" form of impact.*

*CAP, i.e., productive environmental load, and CAAT, i.e., final waste arising from investments in durable assets (corresponding, in economic terms, to the sum of amortisation figures) also measure the environmental externalities, which, with this type of accounting, emerge clearly if they are dealt with in either energy or spatial terms (surely not in monetary terms). CAC instead measures both the environmental externalities and the wealth of final consumers and the population.*

*CAC (whose economic counterpart is final household consumption) can be determined by subtracting from Wackernagel's formula the entire fixed capital (BID), i.e., the technical man-made capital and the waste associated with it (in economics, the sum of investments and amortisation):*

$$CAC = (CNloc) + Imp - Exp - CAT - CAAT - CAP \quad (13)$$

Essi sono gli effettivi carichi ambientali dovuti ai consumi della popolazione che raccolgono sia le emissioni che gli scarti materiali e liquidi.

Nella considerazione del "Pil ecologico" occorre, come abbiamo detto, distinguere tra consumi a breve (che si trasformano in CAC) e consumi a lungo termine (i nostri CAT che solo dopo un lungo periodo si trasformano in CAAT) e cioè tra beni durevoli e non durevoli, in quanto sono questi ultimi a definire gran parte della ricchezza territoriale.

Il sistema A pur avendo un Pil ambientale minore di B (25 contro 50) è più ricco in senso attuale, in quanto ha una maggiore disponibilità di risorse naturali, una maggiore produzione utile e maggiori consumi, ma esso sarà ricco anche in futuro, in senso potenziale, in quanto trattiene una maggior parte di "energia e materia" fissata nel maggiore capitale artificiale e tecnico, un maggiore capitale territoriale, maggiori investimenti (CAT).

Uno schema riassuntivo della contabilità ambientale di un territorio può essere dato dal conto ambientale delle risorse e degli impieghi che esprime in sintesi il modello della tabella 1.

*These are the actual environmental loads arising from consumptions by the population, including both emissions and solid and liquid waste.*

*As mentioned above, in the determination of the "ecological GDP" we must distinguish between short-term consumption (that converts into CAC) and long-term consumption (our CAT that in the long run converts into CAAT), that is, between durable and non durable goods, since it is the latter that define most of the territorial wealth.*

*Though it has a smaller environmental GDP compared to system B (25 vs. 50), system A is richer in actual fact, on account of the superior availability of natural resources, greater profit generation and higher consumption levels, and it will also be richer in future, potentially, in as much as it retains a higher proportion of "energy and materials" embodied in greater man-made technical capital, greater territorial capital, greater investments (CAT).*

*A summary scheme of environmental accounting for a territory can be given by the environmental account of Resources and Utilisations, that expresses in concise form the model contained in table 1.*

**Tabella 1.** Conto ambientale delle Risorse e degli Impieghi  
**Table 1.** Environmental account of Resources and Utilisations

Aggregates	Local System A (year)	Local System B (year)	Similar indicators used in the literature	
<b>Total resources:</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	Odum's total "emergy"	Direct Material Input (DMI)
Local natural capital (CNoc)	<b>25</b>	<b>50</b>		Domestic Extraction (DE)
Ecological GDP (material+energy)				
Imports	<b>35</b>	<b>10</b>	Energy and E.F. imports	Materials imports
<b>Total utilisations:</b>	<b>60</b>	<b>60</b>		
Productive environmental load	<b>15</b>	<b>5</b>		
Exports	<b>10</b>	<b>35</b>	Energy and E.F. exported	Materials exports
<i>Of which, Domestic Consumption</i>	<i>50</i>	<i>25</i>	Wackernagel's ecological footprint	Direct Material Consumption (MC)
Consumption environmental load (CAT)	<b>25</b>	<b>15</b>		
Man-made and technical environmental load (CAAT)	<b>2</b>	<b>1</b>		stock
Man-made technical capital (CAT)	<b>8</b>	<b>4</b>		

È chiaro che maggiore è la durata del capitale fisso e minori sono gli scarti-ammortamenti, maggiore sarà la sostenibilità locale e la ricchezza del sistema locale territoriale. Ciò si può ottenere in due modi: aumentando la qualità del capitale fisso (nel senso della sua durata temporale) o diminuendo le parti "scartabili" dello stesso e cioè aumentando la sua smaterializzazione.

Nel nostro esempio il PIL ecologico del sistema A è 25 contro il PIL del sistema B che è 50 mentre le risorse e gli impieghi sono state scelte in modo che fossero uguali. Se usassimo il PIL ecologico come misura della ricchezza locale, allora il sistema B risulterebbe più ricco. E questo è vero dal punto di vista ambientale. In realtà, dal punto di vista economico, è più ricco il sistema che importa maggiori quantità di capitale naturale (di materia e di energia) e ne esporta meno, in quanto può consumare maggiori quantità di ricchezza naturale, nel nostro caso il sistema A, il cui consumo totale (C) è di 35 mentre per B è uguale soltanto a 20. Esso importa quindi sostenibilità e nel tempo resta più ricco in quanto è capace di trasformare una maggior parte delle sue risorse in capitale fisso. Il sistema A, che produce una maggiore quantità di carico ambientale produttivo, rappresenta chiaramente i sistemi produttivi mentre il sistema B i paesi produttori di materie prime e di energia.

Il fatto che il PIL ecologico sia molto diverso dal PIL economico dipende dalla diversa unità di misura utilizzata: fisica nel conto ambientale e monetaria nel conto economico. Le due unità non coincidono in quanto la prima è oggettiva la seconda è invece definita dalla legge della domanda e dell'offerta e cioè dal desiderio di possedere un determinato bene. La rivoluzione culturale del futuro sarà proprio la modificazione del valore di questi desideri che dovranno sempre più avvicinarsi al valore fisico (ad esempio energia o impronta contenuta) del bene.

## 1.8 Risorse rinnovabili e impieghi rigenerabili

Finora abbiamo fatto l'assunzione che il capitale naturale usato non sia rinnovabile. In realtà esso è fatto da due parti diverse: una parte rinnovabile di

*Obviously, the longer the time duration of fixed capital and the lesser the quantity of waste-amortisation, the greater will be the local sustainability and the wealth of the local territorial system. This can be obtained in two ways: either by increasing the quality of fixed capital (meaning its time duration) or by reducing the proportion of this capital giving rise to waste, i.e., increasing its dematerialisation.*

*In our example, the ecological GDP of system A is 25 vs. that of system B, which is 50. Resources and utilisations, instead, have been assumed to be equal. If we used the ecological GDP as a measure of local wealth, then system B would turn out to be richer. This is true from the environmental standpoint. In actual fact, from the economic viewpoint, a system importing greater quantities and exporting lesser quantities of natural capital (in terms of materials and energy) is wealthier, as it can consume greater quantities of natural resources. In our example this applies to system A, where total consumption (C) is 35 vs. 20 in system B. Hence, system A imports sustainability and, over time, continues to be wealthier, in that it is able to convert a greater proportion of its resources into fixed capital. System A, that produces a greater productive environmental load, clearly represents the productive systems, and system B represents the countries producing raw materials and energy.*

*The fact that the ecological GDP differs greatly from the economic GDP depends on the different units of measure employed. The two units of measure do not coincide, since the former is objective and the latter is defined by the laws of supply and demand, i.e., by the desire to possess given goods. The cultural revolution of the future will be precisely a change in the value of these desires, which must approach more and more closely the physical value (e.g., energy or footprint) embodied in the goods.*

## 1.8 Renewable resources and utilisations susceptible to regeneration

*So far we have assumed that the natural capital used is not renewable. In actual fact, natural capi-*

energia e materia (energia idroelettrica, lana, tessuti di origine naturale, ecc.) e una parte non rinnovabile. La differenza tra rinnovabile e non rinnovabile è spesso difficile in quanto i servizi naturali di assorbimento, rigenerazione, accumulo, regolazione definiscono un apparato complesso la cui qualità non è facilmente traducibile in una misura univoca. L'accumulo o stoccaggio, il *riciclo* e l'*assorbimento-rigenerazione* sono processi che possono essere fatti sia dalla natura che dalle tecnologie ambientali (una forma di natura artificiale promossa e controllata dall'uomo).

Per chiarezza concettuale parleremo di *stoccaggio o accumulo*, per intendere il semplice stivaggio di materiale, di *riciclo*, per intendere le trasformazioni degli scarti che non sono in grado di ritornare al materiale originario (ad esempio la combustione dei rifiuti si trasforma in energia ma non ritorna al materiale originario) di *rigenerazione o rinnovo*, per intendere le forme rinnovabili e i servizi naturali che ritornano al materiale o all'energia di partenza.

Queste differenze si spiegano con le diverse modalità d'interazione che hanno le attività di trattamento e smaltimento nel chiudere il ciclo:

- lo *stoccaggio o accumulo* sono l'insieme delle attività *che non chiudono il ciclo* ma lo lasciano aperto;
- il *riciclo* chiude il ciclo senza in genere passare per l'accoppiamento strutturale con la "tecnologia natura" e comunque alla fine del processo non si ha quello che si aveva all'inizio;
- la *rigenerazione o rinnovo* passa in genere per i complessi sistemi di interazione naturali e i diversi feedback fisici, chimici e biologici ma può anche semplicemente l'azione di riuso di materiali (ferro, plastica, ecc.)

È chiaro che le tre modalità di trattamento sono ordinate in base alla diversa *capability* della sostenibilità : un inceneritore che trasforma gran parte dei rifiuti solidi urbani in energia è migliore di una discarica; lo smaltimento attraverso il riciclo dei materiali è superiore all'inceneritore; un depuratore organico con biocapacità attiva è preferibile al riciclo perché svolge un servizio naturale a tutti gli effetti, il riciclo della biomassa di una foresta è chiaramente al vertice della complessità e della creazione e rigenerazione di materia ed energia.

*tal consists of two different parts: a renewable proportion of energy and materials (hydroelectric power, wool, fabrics of natural origin, etc.) and a non renewable part. The difference between renewable and non renewable is not always clearly identifiable, as the natural services of absorption, regeneration, accumulation and control define a complex apparatus whose quality cannot be readily translated into a univocal measure. Accumulation or stock building, recycling and absorption-regeneration are processes that can be performed both by nature and by the environmental technologies (a form of man-made nature promoted and controlled by man).*

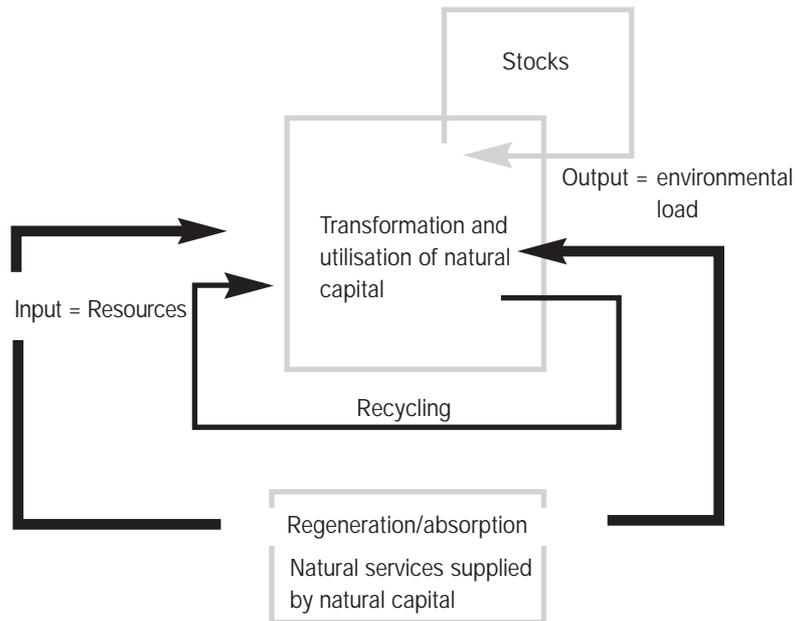
*For the sake of conceptual clarity, we shall speak of stock-building or accumulation to refer to the simple stowing of materials, recycling to refer to the transformation of waste that cannot be converted back to the original material (e.g., refuse can be burnt and converted into energy, but will not yield back the original material), regeneration or renewal to indicate the renewable forms and the natural services that can be restored to the starting material/energy.*

*These differences can be accounted for in terms of the different modalities of interaction adopted by treatment and disposal activities in closing the cycle:*

- *stock-building or accumulation are activities that do not close the cycle and leave it open;*
- *recycling closes the cycle generally without passing through a structural connection with the "technology of nature" and, at all events, what we get at the end of the process is not the same as we had at the beginning;*
- *regeneration or renewal generally entails the use of complex natural interaction systems and different physical, chemical and biological feedbacks, but it can also simply amount to the reuse of materials (iron, plastic, etc.).*

*As can easily be seen, the three handling modalities are organised as a function of their different sustainability capability: an incinerator that converts most of the solid waste into energy is better than a landfill; disposing of the materials through recycling them is better than resorting to incineration; an organic treatment system with active bio-*

**Figura 6.**  
Le diverse forme  
di smaltimento  
del carico  
ambientale



**Figura 6.**  
Different forms of  
disposal of the  
environmental  
load

Tutto ciò è regolato dal *principio della massima potenza di Lotka (maximum power principle)* che afferma che “i sistemi che sviluppano feedback positivi prevalgono rispetto agli altri perché attraggono e trasformano più energia”. Essi riutilizzano infatti più volte la stessa energia avendo rendimenti superiori dei sistemi meno dotati di feedback. Questo mette in risalto un dato importante e cioè che le migliori tecnologie di smaltimento sono quelle che permettono maggiori feedback, maggiori ricicli.

Distinguere tra risorse e impieghi rinnovabili e non rinnovabili permette di capire alcune importanti questioni relative ai flussi di sostenibilità tra un sistema locale e l'altro e ai servizi prodotti dalla natura.

Riprendiamo il nostro schema e consideriamo la seguente contabilità (tab. 2):

Esso ci informa che solo meno del 20% del PIL del sistema A è rinnovabile (4 su 20) e che tale sistema importa dal sistema B (resto del mondo) una gran quota di sostenibilità, data dalle importazioni rinnovabili.

Il *deficit ecologico* del sistema sarà pertanto dato dalle differenze:

$$DE (\text{Deficit ecologico}) = \text{imp (rinn.)} - \text{exp (rinn.)} \quad (14)$$

*capacity is preferable to recycling, since it performs a natural service to all intents and purposes; recycling the biomass of a forest undeniably is the top, in terms of complexity and the creation/regeneration of materials and energy.*

*All this is governed by Lotka's maximum power principle that states that “the systems that develop positive feedbacks prevail over the others in as much as they attract and convert more energy”; these systems, in fact, reuse the same energy several times, being more efficient than systems devoid of feedback mechanisms. This underscores a significant point, i.e., the best disposal technologies are those that provide more feedbacks, more recycling cycles.*

*Distinguishing between renewable vs. non renewable resources and utilisations sheds some light on important questions to do with sustainability flows between one local system and another, and the services supplied by nature.*

*Let us go back to our scheme and let us consider the following accounting system (tab. 2):*

*It tells us that only less than 20% of the GDP of system A is renewable (4 out of 20) and that this system imports from system B (rest of the world) a large quota of sustainability, given by renewable imports.*

**Tabella 2.** Esempio di conto ambientale delle risorse e degli impieghi rinnovabili e non rinnovabili

**Table 2.** Example of environmental account of renewable and non renewable resources and utilisations

Aggregates	Local System A			Local System B = rest of the world		
	Non renewable	Renewable	Total	Non renewable	Renewable	Total
<b>Resources</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	35	25	60
Local natural capital (CNoc)	21	4	25	30	20	50
Ecological GDP (materials+energy)						
Imports	14	21	35	5	5	10
<b>Total utilisations:</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	35	25	60
Total environmental load	22	20	42	17	4	21
Exports	5	5	10	14	21	35
Man-made technical capital (CAT)	8		8	4		4

Ovvero il sistema A avrà un deficit di sostenibilità di 16 mentre il resto del mondo (nel nostro caso B) contribuirà chiaramente alla sostenibilità di A di 16 unità.

Il deficit ecologico dovrebbe costituire la base per valutare le differenti *quote ambientali* acquistabili e scambiabili da un paese all'altro. Ad esempio i paesi produttori di petrolio che esportano solo risorse non rinnovabili e importano molto rinnovabile (cibo, materie prime naturali per il tessile, ecc.) dovrebbero acquistare diverse quote ambientali che indurrebbero chiaramente alla crescita del prezzo del petrolio e pertanto all'internalizzazione delle esternalità ambientali e dei costi ambientali nel prezzo del petrolio.

I servizi che la terra nel suo complesso svolge per il sistema A saranno di 25 unità e saranno equivalenti alla quota del PIL locale rinnovabile cui si aggiungono le importazioni rinnovabili:

$$S_N (\text{servizi naturali}) = C_{Nloc} (\text{rinn.}) + \text{imp} (\text{rinn.}) = \text{carico amb. tot. (rinn.)} + \text{exp (rinn.)} \quad (15)$$

Il carico ambientale, sia rinnovabile che non, è un dato difficilmente misurabile sia per la difficoltà oggettiva di cogliere le diverse quantità-qualità gassose, liquide, solide, sia perché l'ambiente agisce come un metasistema in cui avvengono processi di degradazione energetica e processi entropici difficilmente misurabili. Esso si può tut-

*The ecological deficit of a system will therefore be given by the difference:*

$$DE (\text{ecological deficit}) = \text{Imp. (ren.)} - \text{exp (ren.)} \quad (14)$$

*In other words, system A will have a sustainability deficit of 16, whilst the rest of the world (system B in our example) will clearly contribute to the sustainability of A with 16 units.*

*The ecological deficit should serve as the basis for evaluating the different environmental quotas that can be purchased and exchanged between a country and another. For instance, oil producing countries that only export non renewable resources and import large quantities of renewable products (food, natural raw materials for the textile sector, etc.) should purchase different environmental quotas that would clearly lead to an increase in the oil price and therefore to an internationalisation of the environmental externalities and the environmental costs associated with the oil price.*

*The services that the Earth as a whole supplies to system A will be 25 units and will correspond to the share of renewable local GDP, plus renewable imports:*

$$S_N (\text{natural services}) = C_{Nloc} (\text{ren.}) + \text{Imp} (\text{ren.}) = \text{Tot. environmental load (ren.)} + \text{exp (ren.)} \quad (15)$$

*The environmental load, whether renewable or not, cannot be readily measured, both on account*

tavia ricavare deduttivamente dal conto delle risorse e degli impieghi essendo l'unica riga non facilmente indicizzabile.

Il carico ambientale esprime quanto il nostro sistema locale pesa sull'ambiente.

Il rapporto tra le risorse rinnovabili e il totale delle risorse ci dirà quanto il nostro sistema è o non è sostenibile. Esso dovrà chiaramente tendere a 1 in modo che tutti gli input siano rinnovabili. Lo stesso vale per gli impieghi.

$$\text{Indice di sostenibilità} = \frac{\text{risorse tot.} / \text{risorse rinn.}}{\text{impieghi tot.} / \text{impieghi rinn.}} \quad (16)$$

Nel nostro esempio il sistema A avrà un deficit di 16 unità; servizi naturali di 25 unità e un indice di sostenibilità di 0.4.

È chiaro che se i sistemi importano ed esportano energia e materia non rinnovabile nessuno è in debito con l'altro ma tutti sono in debito con la natura, avranno cioè un basso indice di sostenibilità.

## 1.9 Delinking: crescita della produttività e chiusura dei cicli

La divisione tra risorse rinnovabili e non rinnovabili esplicita i due diversi scenari di crescita ambientale attraverso le due sole e differenti pratiche di sviluppo dei sistemi locali:

- l'aumento di produttività del capitale fisso del sistema;
- la crescita o l'accelerazione dei cicli di riciclaggio-rigenerazione (siano esse fornite dalla crescita artificiale della biocapacità o dall'estensione della biocapacità naturale).

Vediamo cosa succede qualora si avesse una crescita della produttività.

Si immagini di avere una crescita di produttività del sistema A del 40% e che essa sia equamente distribuita nelle sue differenti attività. Si avrà allora, qualora resti invariata la domanda finale, una equivalente diminuzione delle risorse e degli impieghi nel sistema A (e nel nostro caso di due soli sistemi anche nel sistema B) corrispondente

*of the objective difficulty of determining the different gaseous, solid, liquid quantities-qualities, and because the environment acts as a metasystem in which energy degradation and entropic processes that cannot be easily measured take place. But it can still be inferred from the account of resources and utilisations, since it is the only line that cannot be easily quantified.*

*The environmental load expresses the burden imposed on the environment by our local system.*

*The ratio between renewable resources and total resources will tell us to what extent our system is/is not sustainable. The same applies to the utilisations.*

$$\text{Sustainability index} = \frac{\text{tot. resources}}{\text{ren. resources}} = \frac{\text{tot. utilisations}}{\text{ren. utilisations}} \quad (16)$$

*In our example, system A will have a deficit of 16 units; natural services = 25 units, sustainability index = 0.4.*

*It is obvious that systems importing/exporting non renewable energy and materials will owe nothing to the other systems, but they will all owe much to nature, i.e., will have a low sustainability index.*

## 1.9 Delinking: growth of productivity and closing the cycles

*The distinction between renewable and non renewable resources outlines two different scenarios of environmental growth, through the two possible local system development options:*

- *an increase in the productivity of the fixed capital of a system;*
- *growth or acceleration of the recycling-regeneration cycles (whether stemming from a man-made increase in biocapacity or from an extension of the natural biocapacity).*

*Let us see what would happen if we had an increase in productivity.*

*Consider a 40% increase in the productivity of system A, which we assume to be evenly distributed over its different activities. Then, final demand remaining the same, we shall have an equivalent reduction in the resources and utili-*

a una forma di dematerializzazione e di risparmio energetico nell'insieme dell'economia del sistema locale.

Pertanto lo schema sintetico contabile dei due sistemi sarà quello espresso nella seguente tabella 3. Come si nota l'aumento di produttività del sistema A produce, in condizione di domanda stabile (non crescente), una chiara dematerializzazione delle sue risorse ma anche delle risorse complessive degli altri sistemi dovute a una diminuzione delle importazioni di A. L'aumento di produttività energetica e di riduzione delle materie prime utilizzate è quindi un primo fattore di delinking tra i valori economici e quelli ambientali. Una rivoluzione tecnologica che punti a forme di dematerializzazione e di un migliore utilizzo delle risorse energetiche è pertanto auspicabile e costituisce uno degli assi del delinking tra il PIL economico e quello ambientale.

Un secondo asse è costituito dalla capacità di riuso dei materiali e dal passaggio da risorse non rinnovabili all'uso di risorse rinnovabili. Si immagini che nel sistema A vengano sviluppate tecnologie ambientali di riuso e rigenerazione delle risorse energetiche e materiali o venga estesa la biocapacità naturale. Ad esempio il ferro che prima veniva importato e stivato in discariche adesso viene riutilizzato, l'energia che prima veniva importata sotto forma di petrolio ora viene prodotto localmente da fonti rinnovabili. Questo significa che nel nostro sistema A cam-

minazioni di sistema A (and, in our example consisting of two systems only, in those of system B too) corresponding to a form of dematerialisation and energy saving affecting local system economy as a whole.

Accordingly, the summary accounting scheme of the two systems will become (tab. 3):

As can be seen, the increase in productivity in system A gives rise, in stable (not growing) demand levels, to a clear dematerialisation of system resources and also of the overall resources of the other systems, due to a decline of imports to A. The increase in energy productivity and the reduction in raw materials used is therefore a primary factor for delinking economic assets from environmental resources. A technological revolution focusing on forms of dematerialisation and a better utilisation of energy resources is therefore to be hoped for and constitutes one of the levers for delinking the economic from the environmental GDP.

Other levers include: material reuse capacity and shifting from non renewable to renewable resources. Let us assume that system A develops environmental technologies for the reuse and regeneration of energy and material resources, or that natural biocapacity is improved. For instance, iron, which in the past was imported or was disposed of in landfills, is now reused, and the energy that was imported as oil is now generated locally from renewable sources. This means that in

**Tabella 3.** Effetto della dematerializzazione e dell'aumento della produttività energetica

**Table 3.** Effect of dematerialisation and increased energy productivity

Aggregates	Local System A	Local System B
<b>Total resources:</b>	<b>45</b>	<b>51</b>
Local natural capital (CNoc)	(25 previous -6 due to	(50 previous - 9 reduction
Ecological GDP (materials+energy	increased productivity) = <b>19</b>	in exports) = <b>41</b>
Imports	(35 previous - 9 for productivity) = <b>26</b>	<b>10</b>
<b>Total utilisations:</b>	<b>45</b>	<b>51</b>
Total environmental load	(42 previous -15 productivity) = <b>27</b>	<b>21</b>
Exports	<b>10</b>	(35 previous -9
		productivity of A) = <b>26</b>
Man-made technical capital (CAT)	<b>8</b>	<b>4</b>

biano i pesi relativi tra il Pil ecologico e le importazioni. Facciamo il caso in cui il 50% delle importazioni non rinnovabili di A (cioè 7 su 13 unità) sia ora prodotto localmente, allora la nostra matrice contabile diviene quella espressa nella seguente tabella 4.

Il riciclo, l'uso di risorse rinnovabili locali, la rigenerazione locale, sono azioni che tendono a rendere autonomo il sistema aumentandone il Pil ecologico. Il risultato è quello di una minore dipendenza energetica e produttiva e di una maggior rafforzamento della sostenibilità e dell'autopoiesi del sistema locale.

Il deficit ecologico (import-export) sarà per il sistema A sempre di 16, i servizi naturali della natura aumenteranno e crescerà l'indice di sostenibilità che passerà da 0,4 a 0,58.

Nel complesso le risorse complessive diminuiranno creando un delinking tra le risorse economiche e quelle ambientali.

Un esempio di contabilità ambientale svolto dall'IfF di Vienna, per questo progetto relativo al benchmarking della Regione Piemonte nello Spazio alpino, è mostrato nella tab. 5.

*our system A the relative weights of ecological GDP and imports change. Let us assume that 50% of non renewable imports of A (i.e., 7 units out of 13) is now produced locally, then our accounting matrix will become (tab. 4):*

*Recycling, the use of local renewable resources, local regeneration, are actions that tend to make the system more self-sufficient and improve its ecological GDP. The result is reduced energy and productive dependency and stronger sustainability and autopoiesis of the local system.*

*The ecological deficit (import-export) for system A will continue to be 16, natural services supplied by nature will increase, and the sustainability index will improve from 0.4 to 0.58.*

*Overall resources, taken as a whole, will decrease producing a delinking between economic and environmental resources.*

*An example of environmental accounting developed by IFF for this project related to the benchmarking of the Piedmont region in the alpine Space, has shown in tab. 5.*

## 1.10 Conclusioni

L'interesse di questo esercizio contabile vuole mostrare alcune importanti conseguenze.

1. L'utilizzo di risorse rinnovabili e materiali riciclabili implica una autonomizzazione del sistema lo-

## 1.10 Conclusions

*This accounting exercise is interesting in that it is able to evidence a number of significant consequences.*

*1. The use of renewable resources and recyclable materials enhances the self-sufficiency of the local system, which becomes less dependent on*

**Tabella 4.** Aumento della chiusura dei cicli di rigenerazione

**Table 4.** Increase in the closure of regeneration cycles

Aggregates	Local System A			Local System B = rest of the world		
	Non renewable	Renewable	Total	Non renewable	Renewable	Total
<b>Resources</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>60</b>	28	25	(60-7) = 53
Local natural capital (CNoc)	<b>21</b>	(4+7) = <b>11</b>	(25+7) = <b>32</b>	(30-7) = 23	20	50
Ecological GDP (material+energy)						
Imports	(14-7) = <b>7</b>	<b>21</b>	(35-7) = <b>28</b>	5	5	10
<b>Total imports:</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>60</b>	28	25	53
Total environmental load	(22-7) = <b>15</b>	(20+7) = <b>27</b>	<b>42</b>	17	4	21
Exports	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	(14-7) = 7	21	28
Man-made technical capital (CAT)	<b>8</b>		<b>8</b>	4		4

cale dal resto dell'economia in quanto la quota percentuale di PIL ecologico rispetto alle risorse totali impiegate cresce notevolmente. Detto in altri termini, l'ipotesi di sistemi locali autoregolati e sempre meno dipendenti dall'esterno non contrasta con l'ipotesi della globalizzazione, qualora si procedesse verso una economia ecologica basata su risorse rinnovabili e materiali riutilizzabili.

2. Una seconda considerazione riguarda il delinking tra la vision economica e la vision ecologica. L'utilizzo di risorse rinnovabili e di materiali rigenerabili comporta un incremento del PIL economico ed ecologico locale mentre si traduce in una riduzione delle risorse globali utilizzate che gravano sull'ambiente. La ricerca e l'innovazione devono orientarsi in senso ecologico e incrementare i processi e i tempi di riciclo, rinnovo e rigenerazione per ottenere il delinking tra PIL economico e PIL ecologico e per ridare slancio a una nuova economia ambientale.

3. Sviluppo ecologico e crescita dei consumi possono, almeno in via teorica, non essere in contraddizione se la gran parte dei materiali e dell'energia utilizzata è rinnovabile e se cresce la produttività per unità di energia utilizzata e per unità di materia. La ricerca e l'innovazione devono orientarsi quindi verso una maggiore produttività energetica e materiale più che lavorativa in modo da non gravare sull'ambiente. Se si considerano in senso ecologico le stesse risorse umane, cioè come capacità energetica qualitativa di saper fare cumulato, allora lo sviluppo ecologico darà maggiore forza e potere a queste qualità insostituibili.

4. Una quarta considerazione riguarda il fatto che le diverse forme di delinking (aumento della produttività materiale ed energetica, utilizzo di risorse rinnovabili e di materiali riciclabili e rigenerabili) tendono verso forme di autopoiesi e autonomia dei sistemi locali avanzati che possono costituire una risposta innovativa alla competizione internazionale e pongono le basi per una nuova rivoluzione industriale e per un nuovo ciclo di sviluppo delle forze produttive e sociali.

Sono risultati che soltanto l'impostazione di una nuova forma contabile di economia ecologica può mettere in evidenza e che richiede l'uso di

*the rest of the economy, since the proportion of ecological GDP vs. total resources employed increases to an appreciable extent. In other words, the hypothesis of self-controlled local systems, less dependent on external resources, would not be in conflict with the hypothesis of globalisation, if we were to proceed towards an ecological economy, based on renewable resources and reusable materials.*

*2. A second consideration is about the delinking between the economic vision and the ecological vision. The use of renewable resources and materials that can be regenerated entails an increase in the local economic and ecological GDPs and translates into a reduction in the use of global resources that has repercussions on the environment. Research and innovation activities must be conducted according to ecology oriented principles and must strive to improve recycling, renewal and regeneration processes and rates in order to achieve the delinking between economic GDP and ecological GDP and provide the momentum for a new environmental economy.*

*3. At least in principle, ecological development and growth of consumption levels need not be in conflict, if most of the materials and the energy used are renewable and the productivity per unit of energy and unit of material used grows. Thus, research and innovation must aim for greater energy and material productivity, as opposed to labour productivity, so as not have negative repercussions on the environment. If human resources also conceived in an ecological perspective, i.e., as high quality energy capacity stemming from accumulated skills, then ecological development will give greater force and power to these irreplaceable qualities.*

*4. A fourth consideration is that different forms of delinking (increased material and energy productivity, use of renewable resources and materials suitable for recycling - regeneration) tend towards forms of autopoiesis and self-sufficiency of advanced local systems, which may provide an innovative answer to international competition and pave the way for a new industrial revolution and a new cycle of development of the productive and social forces.*

unità di misura omologhe sia per la materia che per l'energia, quali l'impronta ecologica o l'emergia. Oggi disponiamo di una strumentazione di contabilità di economia ambientale di un territorio e le indagini svolte con i diversi indicatori sintetici, che costituiscono le unità di misura equivalenti sia per la materia che per l'energia, dovrebbero essere organizzate a partire da questo schema contabile che evidenzia il delinking tra l'insieme delle risorse e degli impieghi economici e di quelli ecologici sottolineando il ruolo che i sistemi locali territoriali possono svolgere in questa direzione.

*These results can be highlighted and grasped only through the definition of a new form of ecological economy accounting, requiring the adoption of homogeneous units of measure, for both materials and energy, such as the ecological footprint or "emergy". Nowadays we can rely (see the appendix and the following chapter) on accounting tools for the environmental economy of a territory, and the investigations conducted with different summary indicators (providing equivalent units of measure for both materials and energy) should be organised starting from the accounting scheme already used in economics, that taken together evidence the necessary delinking between the set of economic vs. ecological resources and utilisations, underscoring the role that territorial local systems can play in this connection.*

**Tabella 5.** Esempio di indicatori dell' IFF di contabilità ambientale: posizionamento del Piemonte nelle regioni dello Spazio alpino

**Table 5.** Example of indicators of IFF of environmental accounting: positioning of the Piedmont in the regions of the alpine Space

<b>Descrizione dell'indicatore (Indicator explanation)</b>	<b>Indicatore (Indicator)</b>	<b>Posizionamento del Piemonte (28 regions) (Range of Piedmont)</b>
Estrazioni locali <i>Domestic Extraction (DE)</i>	DE pro capite (2000) [ton./abitanti] <i>[ton./cap]</i>	12
DE è un indicatore che definisce le risorse materiali locali estratte <i>DE is an indicator for local resource depletion.</i>	DE per area [ton./kmq.]	8
	DE per area-media degli anni 1995-2000 <i>average annual growth, 1995-2000 [%]</i>	7
	DE pro capite - media degli anni 1995-2000 <i>average annual growth, 1995-2000 [%]</i>	11
Bilancia commerciale <i>Physical Trade Balance (PTB)</i>	PTB pro capite [ton./abitanti] <i>[ton./cap]</i>	15
<i>PTB = Imports – Exports</i>	PTB pro capite - media degli anni 1995-2000 <i>average annual growth, 1995-2000 [%]</i>	8
PTB misura il deficit o il surplus in tonnellate nelle relazioni di import-export <i>PTB measures the physical trade surplus or deficit of an economy</i>		
Input di risorse materiali <i>Direct Material Input (DMI)</i>	DMI pro capite [ton./abitanti] <i>[ton./cap]</i>	16
<i>DMI = DE + Imports</i>	DMI pro capite - media degli anni 1995-2000 <i>average annual growth, 1995-2000 [%]</i>	23
DMI misura le risorse materiali prodotte e consumate in una economia <i>DMI i.e. all material of economic value used in production and consumption activities</i>		
Consumi materiali locali <i>Domestic Material Consumption (DMC)</i>	DMC pro capite [ton./abitanti] <i>[ton./cap]</i>	14
		14
<i>DMC = DE + Imports – Exports = DE + PTB</i>	DMC pro capite - media degli anni 1995-2000 <i>average annual growth, 1995-2000 [%]</i>	13
DMC misura tutti i consumi materiali del sistema economico considerato <i>DMC is all the material consumption in the system</i>		
Intensità di materia <i>Material Intensity (MI)</i>	Intensità di materia (DMC/GMP) [ton./1.000 €]	14
<i>MI = DMC/GMP</i>		
MI misura la quantità di materia usata sul prodotto interno lordo <i>Amount of material per GDP (Gross Domestic Product)</i>		

continua

segue

<b>Descrizione dell'indicatore (Indicator explanation)</b>	<b>Indicatore (Indicator)</b>	<b>Posizionamento del Piemonte (28 regions) (Range of Piedmont)</b>
Consumo energetico finale Final Energy Consumption (FEC)	FEC pro capite [GJ/abit.] [GJ/abit.]	11
FEC è il consumo di energia <i>FEC is the sum of energy consumption by different use</i>	FEC pro capite - media degli anni 1995-2000 <i>average annual growth, 1995-2000 [%]</i>	4
Scarti prodotti <i>Domestic Processed Output (DPO)</i>	DPO pro capite [ton./abitanti] [ton./cap]	4
DPO è la quantità di scarti in tonnellate prodotti da un sistema economico <i>DPO equals the total weight of materials which have been used in the domestic economy and been transformed to emissions or wastes.</i>		
CO <sub>2</sub> equivalente <i>CO<sub>2</sub>-equivalent</i>	CO <sub>2</sub> equivalente pro capite [ton./abitanti] [ton./cap]	6
Emissioni calcolate in CO <sub>2</sub> equivalente <i>Emission to air calculated in CO<sub>2</sub>-Equivalent</i>	CO <sub>2</sub> equivalente pro capite - media degli anni 1995-2000 <i>average annual growth, 1995-2000 [%]</i>	9

Fonte: Elaborazione su dati IFF  
Source: Data of IFF



## 2. Il calcolo dell'impronta ecologica per Piemonte, Rhône-Alpes e Svizzera

### 2.1 Introduzione

L'economia di un territorio è un insieme di processi interdipendenti in cui ogni settore economico, ogni singola lavorazione ne presuppone altre a monte, che forniscono non solo le materie prime e/o i semilavorati utilizzati nel processo produttivo stesso, ma anche i macchinari, gli utensili e, più in generale, l'insieme delle infrastrutture necessarie alla produzione. In questo senso ogni attività economica può essere considerata causa di pressioni ambientali, sia prodotte direttamente dalle proprie lavorazioni, sia attribuibili per via indiretta, in quanto generate dai processi produttivi a monte. Vi è quindi una profonda differenza, a livello concettuale e pratico, tra la descrizione e misurazione delle semplici pressioni ambientali dirette, che vede l'attività produttiva come un evento meramente locale, disarticolato dal contesto globale dei flussi economici e da quelli naturali, e l'analisi degli impatti totali (che include anche quelli indiretti) che emerge da una chiave di lettura sistemica, capace di considerare l'economia come un tutto.

All'interno di quest'ultimo filone di riflessione si possono annoverare diversi interessanti sviluppi. Da un lato sono da segnalare le analisi mirate a contabilizzare non tanto i livelli di inquinamento locali, quanto piuttosto l'insieme dei flussi di risorse naturali (quali materia ed energia) che caratterizzano l'intero *metabolismo del sistema socioeconomico* (Dunchin et al., 2003; Schandl et al., 2002; Haberl, 2001a; 2001b; Fischer-Kowalski, 1998).

Dall'altro lato, di grande importanza sono gli studi volti a cogliere e quantificare le interdipendenze che caratterizzano un sistema economico, sviluppati da Leontief a partire dal 1941, che hanno portato alla formulazione di una rigorosa metodologia matematica (*input-output analysis*) che riassume in una *tavola intersettoriale* le relazioni fra le quantità complessivamente prodotte da una determinata branca (*output*), le quantità disponibili per la

## 2. Determination of the ecological footprint for Piedmont, Rhône-Alpes and Switzerland

### 2.1 Introduction: a new formulation of the ecological footprint

*The economy of a territory is a set of interdependent systems in which each process presupposes a string of other processes upstream, that supply not only the raw materials and/or semi-finished products going into the production process itself, but also the machinery, tools and, more generally, the set of infrastructures necessary to the production activities. In this perspective, each economic activity can be viewed as a source of environmental pressures, those arising directly from the processes involved and those associated indirectly with it, that stem from production processes upstream. Thus, from both the practical and the conceptual viewpoint there is a profound difference between the description and measurement of direct environmental pressures, where productive activities may be viewed as purely local events, severed from the global context of natural and economic flows, and the analysis of total impacts (including indirect impacts) relying on a systemic approach to the interpretation of the economy as a whole.*

*Within this last line of reflection, we may discern a variety of interesting developments. On the one hand, we should consider the analyses designed to identify not so much local pollution levels as the overall flows of natural resources (in terms of materials and energy) characterising the entire metabolism of the socio-economic system (Dunchin et al., 2003; Schandl et al., 2002; Haberl, 2001a; 2001b; Fischer-Kowalski 1998).*

*On the other hand, great importance should be attached to studies initiated by Leontief in 1941 with a view to identifying and quantifying the interdependences characterising an economy. These studies have led to the formulation of a rigorous*

domanda finale e quelle che entrano nel sistema produttivo (*input*), sotto l'ipotesi semplificatrice di tecnologia costante. In epoche recenti tale formalismo ha avuto un significativo utilizzo nel campo dell'*environmental accounting* e, in questi ultimi anni, anche nell'*ecological footprint assessment*, con alcuni lavori pionieristici di Bicknell et al. (1988), Ferng (2001, 2002), Bagliani et al. (2003), Hubacek et al. (2003), McGregor et al. (2004).

Il presente studio propone una nuova formulazione che mira a unire la potenza analitica del metodo di Leontief alla visione esaustiva e sistematica delle analisi centrate sul concetto di metabolismo economico. A tal fine la metodologia presentata nei lavori su impronta ecologica e input-output sopra citati, è stata ulteriormente sviluppata e potenziata in modo da estendere lo schema di calcolo all'intero metabolismo del sistema socioeconomico. Ciò consente sia di qualificare i consumi di una determinata popolazione (che nella formulazione tradizionale vengono presi in considerazione con valutazioni ad hoc) in termini di acquisti effettuati presso i diversi settori economici e perciò di ottenere significativi miglioramenti in termini di completezza e di profondità dell'analisi, sia anche (secondo la figura 7) di generare una contabilità in termini fisici (impronta ecologica) di tutti i flussi che caratterizzano l'economia della regione analizzata, la quale non solo fornisce beni e servizi ai residenti, ma anche li esporta verso altre aree geografiche, approvvigionandosi, per l'uno e l'altro scopo, di risorse importate in aggiunta a quelle estratte dal suolo domestico.

## 2.2 L'impronta ecologica

L'impronta ecologica è stata introdotta da Wackernagel e Rees dell'Università della British Columbia, Canada, a partire dagli anni novanta. 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

*mathematical methodology (input-output analysis) which makes it possible to produce an inter-sector table summarising the relationships between the overall quantities produced by a given branch (output), the quantities available for final demand and the quantities entering the production system (input), under the simplifactory hypothesis of constant technology. In recent times, this formalism has been used advantageously in the field of environmental accounting and, in the last few years, even in ecological footprint assessment, in some pioneering works by Bicknell et al. (1988), Ferng (2001, 2002), Bagliani et al. (2003), Hubacek et al. (2003), McGregor et al. (2004).*

*This study proposes a new formulation which aims to combine the analytical power of Leontief's method with the exhaustive and systematic approach of the analyses centred on the concept of economic metabolism. To this end, the methodology presented in works on the ecological footprint and the input-output analyses mentioned above has been further developed and fine-tuned so as to extend the calculation scheme to the entire metabolism of the socioeconomic system. In this manner it proves possible both to qualify the consumptions of a given population (which, in the traditional approach are taken into account through ad hoc assumptions) in terms of purchases from the different economic sectors, and therefore to obtain significant improvements in terms of completeness and depth of the analysis, and also (according to figure 7) to generate accounts in physical terms (ecological footprint) of all the flows characterising the economy of the region analysed, which supplies goods and services to the residents and also exports goods and services to other geographical areas, and, to be able to do so, has to import major resources, besides those extracted from the domestic soil.*

## 2.2 The ecological footprint

*The ecological footprint was introduced by Wackernagel and Rees, of the University of British Columbia, Canada, in the '90s. It is a summary indica-*

sostenibile, tutte le emissioni prodotte. La formulazione teorica dell'impronta ecologica considera quindi 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). È stata inoltre calcolata per tutte le nazioni del mondo con una popolazione superiore al milione d'abitanti (UNEP-WCMC, WWF, 2000; 2002, 2004). In Italia è stata calcolata, oltre che per l'intera nazione, anche per ambiti territoriali a scala subnazionale, tra cui ricordiamo gli studi del CRAS su Legnano, Orvieto, Isernia, Liguria, la provincia di Bologna, e quelli condotti dall'IRIS (Istituto Ricerche Interdisciplinari sulla sostenibilità) dell'Università di Torino per conto di ARCA per i seguenti territori: Provincia di Ancona (Bagliani, Contu, Coscia, 2002), Provincia e comuni di Siena (Bagliani, et al., 2003), Provincia di Pesaro Urbino, Provincia di Cagliari (Bagliani et al., 2002), Provincia di Forlì Cesena, Provincia di Ascoli Piceno (Tiezzi et al., 2003), Comune di Follonica.

### 2.3 La formulazione classica

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 fatto-

*tor of environmental sustainability that makes it possible to estimate the total natural capacity (and hence the natural service capacity) that a population uses for its sustenance, by calculating the total area of land and water ecosystems needed to supply, in a sustainable manner, all the resources used, and to absorb, again in a sustainable manner, all the emissions generated. Hence, the theoretical formulation of the ecological footprint considers the natural services contributing to the sustenance of a population - both those "upstream" that permit the extraction of resources from the environment and those "downstream" for the treatment/disposal of the emissions.*

*The ecological footprint was adopted in numerous studies to estimate the sustainability of individual activities, regions or even entire nations (IIED, 1995; Simpson et al., 1995; Rees and Wackernagel, 1996; Bologna et al., 1999; Hanley et al., 1999; Proops et al., 1999; van den Bergh and Verbruggen, 1999; Wackernagel et al., 1999. This parameter has also been calculated for all the countries in the world with a population of over a million people (UNEP-WCMC, WWF, 2000; 2002, 2004). For Italy, it has been calculated for the country as a whole as well as for portions of the territory on a sub-national scale; in this connection, we should mention the studies conducted by the CRAS on Legnano, Orvieto, Isernia, Liguria and the province of Bologna, and the studies conducted by the IRIS (Istituto Ricerche Interdisciplinari sulla sostenibilità) the University of Turin on behalf of ARCA for the following zones: the Province of Ancona (Bagliani, Contu, Coscia; 2002), the Province of Siena and its communes (Bagliani, et al.; 2003), the Province of Pesaro Urbino, the Province of Cagliari (Bagliani et al.; 2002), the Province of Forlì Cesena, the Province of Ascoli Piceno (Tiezzi et al.; 2003), the Commune of Follonica.*

### 2.3 The classical formulation

*In the classical formulation proposed by Wackernagel and Rees, the calculation of the ecological footprint relies on the average consumptions of the population. Let us consider a region of which we want to determine the total ecological footprint. If*

re 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  $f$

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

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.

- *Terreno per l'energia*: superficie necessaria per produrre, con modalità sostenibili (ad

$C_i$  stands for total average consumption, expressed in kg, of the  $i$ -th commodity class within the territory in question, the total ecological footprint,  $F$ , is estimated through the following formula:

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

where  $E_i$  is the ecological footprint due to the consumption of the  $i$ -th product and  $q_i$  is the conversion factor, expressed in hectares/kg, which coincides with the inverse of average productivity for the  $i$ -th commodity class. This conversion factor is the area of productive land needed to produce one kg of the  $i$ -th product.

With equation (1) we can easily work out the ecological footprint per capita,  $f$

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

where  $e_i$  is the ecological footprint per capita associated with the consumption of the  $i$ -th product and  $N_p$  is the population of the region in question. This formalism can also deal with the uses of productive land that do not arise from the exploitation of resources (consumption of goods) but are associated with the energy and the natural services employed to reabsorb the emissions produced. In this case, average productivity  $q_i$  must be understood in a general sense, as the area needed to absorb one kg of the  $i$ -th substance emitted. In a broader sense, it can be stated that the formalism of the ecological footprint could be structured to calculate all the uses of productive land that are needed to restore the entire system considered to its original conditions: this would require not only the taking into account of the pollutants emitted, but also the soil excavated by human activities and, ultimately, all the variations of anthropic origin occurring in the biogeochemical cycles of the elements (Schlesinger, 1991). In actual fact, the calculation procedure used is only able to evaluate a small part of these effects, and therefore supplies an underestimate of the value of the ecological footprint that would be worked out from the more general theoretical formulation.

In keeping with the classification adopted by the World Conservation Union (World Conservation

esempio 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<sub>2</sub> emessa dalla produzione di energia a partire da combustibili fossili.

- *Terreno agricolo*: superficie arabile (campi, orti, ecc.) utilizzata per la produzione delle derrate alimentari e di altri prodotti di origine agricola (ad esempio cotone, iuta, tabacco).
- *Pascoli*: superficie dedicata all'allevamento e, conseguentemente, alla produzione di carne, latticini, uova, lana e, in generale, di tutti i prodotti derivati dall'allevamento.
- *Foreste*: area dei sistemi naturali modificati dedicati alla produzione di legname.
- *Superficie edificata*: terreno degradato, dedicato alla localizzazione delle infrastrutture quali abitazioni, attività manifatturiere, aree per servizi, vie di comunicazione, ecc.
- *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. Per rendere comparabili tra loro gli usi dei diversi tipi di terreno si introduce un'operazione di normalizzazione che consente di pesare le aree dei differenti tipi di terreno in base alla loro produttività media mondiale rappresentata dai cosiddetti fattori di equivalenza (equivalence factors). 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. Seguendo le indicazioni del Living Planet Report 2000, nel presente studio sono state utilizzate come unità di misura per questo tipo di aree, non gli ettari, che si riferiscono a superfici reali, bensì i "global hectares" (gha).

*Union et al., 1991), the formulation proposed by Wackernagel and Rees for the determination of the ecological footprint considers the use of the following six main types of land.*

- *Energy land*: the area needed to produce, according to sustainable modalities (e.g., biomass cultivation) the quantity of energy used. In reality, Wackernagel and Rees (1996) apply a different definition, which is based on the forested area necessary to reabsorb the CO<sub>2</sub> released by the production of energy from fossil fuels.
- *Cropland*: arable land (fields, market gardens, etc.) used for the production of foodstuffs and other farm products (e.g., cotton, jute, tobacco).
- *Grazing land*: land allocated to livestock breeding activities and hence to the production of meat, dairy products, eggs, wool, and, broadly speaking, all livestock derived products.
- *Forest*: area of modified natural systems dedicated to timber production.
- *Built-up land*: deteriorated land, taken up for the construction of infrastructures, such as housing and industrial buildings, industrial and service activities, roads, etc.
- *Fishing ground*: surface area of the sea dedicated to the growth of the ichthyic resources consumed.

*The need to take into account land types that are so different and have to be summed up to arrive at the final estimate of the ecological footprint poses the problem of the different productivity levels that characterise such land types. To make the uses of the different land types mutually comparable, a normalisation procedure is adopted that enables the areas of the different land types to be assigned a specific weight as a function of average world productivity for the various types, represented by the so-called equivalence factors. The area calculated in this manner no longer corresponds to the area used by a given population, either directly or indirectly; it is the equivalent area that would be necessary – on a land characterised by a production level corresponding to the world average – to produce the quantity of biomass actually used up by the population considered. In*

## 2.4 L'analisi input-output applicata al calcolo dell'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 eMergetica, Odum, 1996; *industrial ecology*, Duchin e Hertwich, 2003) è purtuttavia con riferimento all'impronta ecologica 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 che giovare di un metodo, come quello dei modelli input-output estesi all'ambiente, che, essendo in grado di rappresentare in maniera rigorosa le relazioni fra le quantità complessivamente prodotte di un determinato bene (output), le quantità effettivamente utilizzate per i diversi usi finali (consumi domestici, consumi della pubblica amministrazione, investimenti per il mantenimento e lo sviluppo delle infrastrutture e dei mezzi di produzione, variazione delle scorte, esportazione) e gli utilizzi di risorse e servizi naturali (input), consentono di determinare gli impatti ambientali (diretti e indiretti) connessi a determinati livelli della domanda finale.

Il modello che viene utilizzato nelle suddette applicazioni è quello cosiddetto 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 all'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.

In generale le analisi che utilizzano la metodologia input-output per stimare le pressioni ambientali causate dall'economia consistono nel-

*keeping with the indications supplied by the Living Planet Report 2000, in this study we have used as units of measure for areas of this type not the hectare (which refers to real surface areas), but rather the "global hectare" (gha).*

### 2.4 The input-output analysis applied to the calculation of the ecological footprint

*While inter-sector analysis has found significant and interesting applications in the different fields of study which are generally associated with the discipline of environmental accounting (eMergetic analysis, Odum, 1996; industrial ecology, Duchin and Hertwich, 2003), still, it is with reference to the ecological footprint that the most promising experimentations have been conducted in recent years. This should not be surprising: as mentioned before, the ecological footprint is an indicator based on the determination of the environmental impact of average consumption by a given population. Hence, it cannot but profit from a method, such as that of the input-output model extended to the environment, that – being able to represent in a rigorous manner the relationships between the overall quantities of a given element produced (output), the quantities actually used for the different final uses (household consumption, consumption by the public administration, investments for the maintenance and development of infrastructures and production equipment, stock variations, exports) and the resources and natural services used (input) – can be employed to determine the (direct and indirect) environmental impacts associated with given final demand levels.*

*The model employed in the aforementioned application is the so-called static model (or first Leontief model) which considers only (Napoleoni and Ranchetti, 1990) the inter-sector transactions relating to the production activities for the period (year) considered. The transactions relating to the maintenance and development of fixed plant and equipment (or the stocks of raw materials and work in progress) are aggregated in a single final demand item, under the heading of investments. In this manner, investments are not internal to*

L'associare alla matrice leonteviana delle transazioni economiche tra i vari settori dell'economia (Leontief, 1970; 1986) particolari *matrici ambientali* che riassumono l'estrazione di beni naturali e/o l'emissione di inquinanti o, più in generale, di esternalità ecologiche, causate direttamente dai diversi settori economici. A partire dal formalismo di Leontief è possibile redistribuire tali estrazioni ed esternalità ambientali tra le diverse branche produttive, calcolando non solo gli impatti diretti, ma anche i contributi indiretti (vedi paragrafo 2.1), dovuti alle attività economiche a monte della filiera produttiva e a quelle necessarie per mantenere le infrastrutture e l'apparato di produzione stesso.

Alcuni autori come Bicknell et al. (1998) e Ferng (2001) hanno integrato lo studio svolto da Wackernagel e Rees sull'impronta ecologica con l'impiego del metodo statico di analisi input-output. In questi casi la *matrice ambientale* non contiene valori legati all'estrazione di risorse o alle diverse esternalità, quanto piuttosto le stime delle *superfici ecologiche*, ossia delle aree di sistemi ecologicamente produttivi necessari a sostenere, in modo diretto, una determinata attività produttiva. Si tratta di una indubbia novità che permette di sfruttare le grandi potenzialità di sintesi dell'indicatore impronta ecologica. In questo modo è possibile riassumere in un unico numero i differenti utilizzi di risorse e servizi naturali che caratterizzano il sistema economico.

Gli approcci di Wackernagel da un lato, e di Bicknell e Ferng dall'altro, 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, mentre 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 a

*production, but are elements to be determined independently.*

*As a rule, the analyses using the input-output methodology to estimate the environmental pressures caused by the economy combine Leontief's matrix of economic transactions between the different sectors of the economy (Leontief, 1970; 1986) with special environmental matrices that summarise the extraction of natural resources and/or the emission of pollutants, or, more generally, ecological externalities caused directly by the different economic sectors. Starting from Leontief's formalism it is possible to redistribute these extractions and environmental externalities over the different production fields, by calculating not only the direct impacts, but also the indirect contributions (see par. 2.1) due to the economic activities upstream of the production chain and the activities needed to maintain the infrastructures and the production apparatus itself.*

*Some authors, such as Bicknell et al. (1998) and Ferng (2001), have supplemented the study performed by Wackernagel and Rees on the ecological footprint with the use of the static method of input-output analysis. In these cases, the environmental matrix does not contain values associated with the extraction of resources or with the various externalities, but contains the estimates of the ecological areas, i.e., the surface areas of the ecologically productive systems necessary to support, in a direct manner, a given production activity. This is an innovative approach that makes it possible to exploit the great potential for synthesis of the ecological footprint indicator. In this manner, it proves possible to summarise in a single figure the different uses of resources and natural services that characterise the economic system.*

*The methods proposed by Wackernagel on the one hand and Bicknell & Ferng on the other converge towards the assessment of the importance of foreign trade, according to the notion that a country's exports must be taken into account in the determination of the ecological footprint of the receiving country and vice versa. We may discern appreciable discrepancies in the determination of the land used for the "production" of energy, in that Bicknell et al. (1998) follow the traditional pro-*

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<sub>2</sub> emessa ripercorre i passi segnati da Wackernagel e Rees.

Un altro punto estremamente critico di queste proposte di applicazione dell’input-output al calcolo dell’impronta ecologica è rappresentato dall’attribuzione, ai vari settori, delle superfici ecologiche che viene fatta tramite assegnazioni ad hoc e non rispetta la divisione dei terreni produttivi in sei categorie (vedi paragrafi 2.3 e 2.5), introdotta da Wackernagel per l’impronta ecologica.

Infine, il formalismo matematico di redistribuzione proposto da Ferng risulta errato, in quanto non porta alla determinazione degli utilizzi indiretti di superficie ecologica, bensì al risultato tautologico di riconteggiare solamente gli usi diretti.

A partire da questi limiti, i lavori di Bagliani et al. (2001; 2002) risolvono i problemi relativi alla determinazione degli 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, la produzione di rifiuti e l’occupazione di superfici per le infrastrutture. Gli sviluppi successivi (Bagliani et al. 2003) sistematizzano e perfezionano il metodo, percorrendo la strada dell’analisi input-output intravedendone i vantaggi già ampiamente discussi e ulteriormente estesi dalla presente analisi.

Una differente 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 sufficientemente

*cedure up to the determination of the ecological footprint ascribable to the consumption of fossil fuels alone, whilst Ferng (2001; 2002) applies a model proposed by Alcantara and Roca (1995), which uses an energy conversion matrix to establish a correlation between the “secondary energies” consumed directly by the manufacturing sector and the “primary energies” extracted directly from the soil. The conversion into land able to absorb the CO<sub>2</sub> emitted follows the steps outlined by Wackernagel and Rees.*

*Another very critical point in these proposals for the application of the input-output analysis to the determination of the ecological footprint is the attribution of the ecological areas to the various sectors, which is achieved by ad hoc allocations, totally disregarding the classification of productive land into six classes (see par. 2.3 and 2.5) introduced by Wackernagel for the ecological footprint. Finally, the mathematical formalism of redistribution proposed by Ferng turns out to be erroneous, in that it does not lead to the determination of the indirect uses of an ecological area and it leads instead to the tautological result of reconsidering only the direct uses.*

*Starting from these limitations, the works by Bagliani et al. (2001; 2002) solve the problems encountered in the determination of the uses of productive land as a function of the possible impacts of the activities of a generic economic sector, such as the use of energy, the use of materials, the use of land to reabsorb the emissions generated by the production process, the production of waste and the taking up of surface areas for the construction of infrastructures. Subsequent developments (Bagliani et al. 2003) have systematised and perfected the method, working along the lines of the input-output approach and exploiting its advantages, as discussed in detail and extended further in this analysis.*

*A different specification of the input-output analysis model can be found in Hubacek and Giljum (2003), who develop the physical flow analysis model (PIOT), whose peculiar characteristic is the possibility of integrating the analysis with flows of resources having no economic value. According to this strategy, the environment is viewed as the*

te a soddisfare la domanda finale e ad accogliere i rifiuti del processo produttivo.

È importante infine 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.

## 2.5 Potenzialità e limiti delle applicazioni input-output all'impronta ecologica di Bicknell, Ferng, Hubacek, McGregor e collaboratori

È indubbio che l'applicazione dell'*input-output analysis* al calcolo dell'impronta ecologica consenta significativi miglioramenti, sia nella determinazione del risultato complessivo di terreno produttivo 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 a una prima ricognizione risultino limitatamente *land intensive*.
- Il metodo pone le premesse, sia pure con le assunzioni semplificatrici del caso, 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).

*supplier of raw materials and as a basin where refuse is accumulated. Thus, by developing the procedure, we get the total – direct and indirect – quantity of land (used by the economic system) necessary to meet the final demand and to accept the waste generated by the production process.*

*Finally, we should researchers the contributions provided by several scholars of the Economics Department of the University of Strathclyde, Glasgow, who shed light on some of the obscure points of the theoretical approaches discussed so far. In their article, Peter McGregor et al. (2004), indicate that they intend to enhance the inherent focus on consumption of the ecological footprint approach through the application of the NCLAS (Neo-Classical Linear Attribution System), which, by turning foreign flows into endogenous elements circumvents the problem of the lack of data on import-export dynamics.*

## 2.5 Potential and limitations of the application of the input-output analysis to the ecological footprint of Bicknell, Ferng, Hubacek, McGregor and collaborators

*It cannot be denied that the application of the input-output analysis to the determination of the ecological footprint affords significant improvements, both in the determination of the total result regarding the quantity of productive land needed and in the analytical specification of this result. In this connection we can make the following considerations:*

- *The complete and systematic nature of the procedure prevents the risks typically associated with ad hoc assessments: on the one hand the problem of double counting and, on the other, the underestimate of some sectors (e.g., services);*
- *The methodology makes it possible to break down the overall figure into the contributions made by the various branches of production and to determine the – direct and indirect – use of land to be ascribed to each of them. In such a context it is possible to arrive at a full evaluation of the environmental impact even of*

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

- 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 severe sottovalutazioni (ad esempio la superficie edificata presente nelle attività agricole).
- Le metodologie di calcolo dell'*energy land* sono profondamente diverse nelle elaborazioni di Bicknell e Ferng. 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. 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.)
- Infine il metodo non prevede 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.

*sectors that, from a first evaluation, turn out to be moderately land intensive;*

- *Albeit with the appropriate simplificatory assumptions, the method lays the foundations for a rigorous treatment of foreign trade (with foreign countries and, if the method is applied to a sub-national geographic area, with other regions);*

Still, **criticality areas** persist, as summarised below:

- *The classification of production land stems from an automatic association between economic sector and surface area taken up as determined by census data. Accordingly, the land corresponding to the farming sector is classified as agricultural, the land associated with the forest sector is classified as forest land, the land corresponding to the mining sector is classified as mineral, the land associated with the different production, commerce and building activities is classified as degraded, the land associated with public and private services is classified as utilities land. This simplifies the calculation process, but it may lead to heavy underestimates (e.g., the built-up land areas present in farming activities);*
- *The calculation methods used for the determination of energy land in the formulations proposed by Bicknell e Ferng are radically different. Bicknell's approach does not take into account the electric energy arising from hydroelectric plants or other renewable sources (geothermic, wind energy and the like): since a single energy requirement coefficient determined as a function of the land needed to absorb the relative CO<sub>2</sub> emissions according to the conversion factors proposed by Wackernagel is applied to all productions, it seems as though even the energy obtained from renewable sources derives from the use of fossil fuels. Ferng translates the final consumption of energy into terms reflecting the requirements for the different types of primary energy, whose carbon dioxide emissions are calculated: this method leads to the exclusion, from the total estimate of primary energy requirements, of the secondary sources used directly*

## 2.6 Il modello elaborato dall'IRES e applicato al presente studio

Il modello elaborato nell'ambito dell'IRES per il presente studio supera le criticità sopra segnalate. Per mancanza di spazio non è possibile descrivere in questa sede i particolari tecnici del formalismo matematico e delle assunzioni fatte, per le quali si rimanda all'articolo, in fase finale di realizzazione, che sarà sottoposto alla rivista *Ecological Economics*. In questa sede ci limitiamo solamente ad accennare alle valenze e agli sviluppi introdotti nel metodo da noi proposto e utilizzato per le analisi del Piemonte e della Svizzera del presente studio.

La metodologia qui proposta consente, anzitutto, di determinare l'impronta ecologica nell'ambito di una più generale ricostruzione dei flussi dell'intero metabolismo dell'area geografica considerata che monitora il complesso delle risorse in input che vengono processate, la quota destinata al sostegno della domanda finale interna (impronta ecologica), quella che si dirige alle altre regioni e/o nazioni, la posizione occupata nell'ambito della divisione internazionale del lavoro, la misura nella quale si contribuisce all'impoverimento del capitale naturale del pianeta.

In questo senso quindi sarebbe più rigoroso affermare che tramite la presente metodologia è possibile quantificare l'intero insieme dei flussi di terreno ecologicamente produttivo che caratterizzano una economia, che proponiamo di chiamare *superficie ecologica*; di cui la parte che va a sostenere la produzione di beni e servizi destinata alla domanda finale locale coincide con l'*impronta ecologica* definita da Wackernagel (che è centrata sui consumi della popolazione residente), la porzione che è necessaria a sostenere l'insieme delle attività produttive presenti in loco si identifica in una misura che è stata proposta in parallelo da diversi autori (Bagliani, in lavori del 2002 e 2003 la chiama *ecological burden*, mentre Wackernagel et al. in un lavoro del 2004 propongono il nome di *ecological footprint of production*) e le altre parti possono essere identificate come flussi connessi, in modi diversi, alle importazioni, alle esportazioni e agli scambi interni di superficie ecologica tra i vari settori.

*for the generation of thermoelectric power (oil and coal derived products, natural gas, etc.);*

- *Finally, the method does not provide for a more detailed treatment of the various components of final internal demand, private consumptions, public consumptions, stock variations, investments – all of which are subsumed in a single vector.*

## 2.6 The model formulated by IRES and applied to this study

*The model worked out at IRES for this investigation overcomes the critical points described above. Owing to lack of space we cannot dwell on the technical details of the mathematical formalism used and the assumptions made, for which the reader is referred to an article, about to be completed, that will be submitted to the *Ecological Economics* journal. Here we shall only outline briefly the notions and developments introduced with the method proposed in this study and used for the analyses conducted on Piedmont and Switzerland.*

*First of all, the proposed methodology makes it possible to determine the ecological footprint within the framework of a broader reconstruction of the flows associated with the entire metabolism of the geographic area considered, which monitors the various input resources that are processed, the proportion allocated to the support of the final domestic demand (ecological footprint), the proportion going to other regions and/or countries, the position occupied within the international division of labour, the extent to which the area contributes to the depletion of the natural capital of the Earth.*

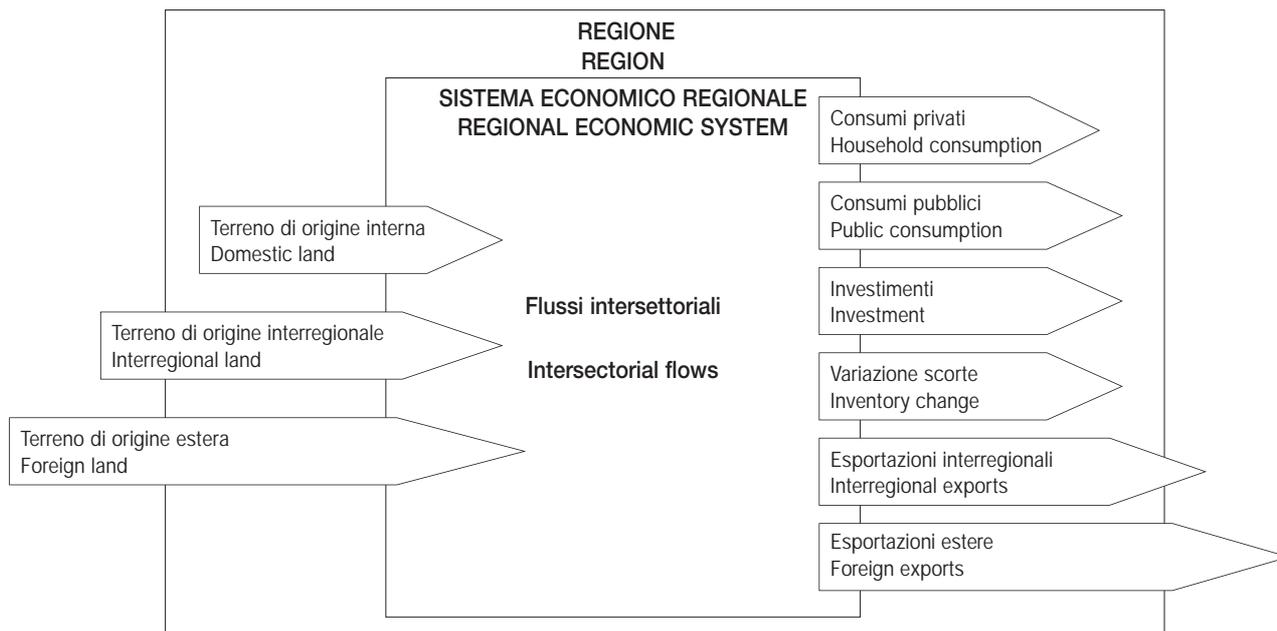
*Accordingly, it would be more accurate to state that through this method it is possible to quantify the entire set of the flows of ecologically productive land that characterise an economy, for which we propose the term *ecological surface*; of which, the part that goes to support the production of goods and services designed to meet the final local demand coincides with the ecological footprint as defined by Wackernagel (which focuses on the consumption by the local*

Figura 7.

ORIGINE  
ORIGIN

DESTINAZIONE  
DESTINATION

Figura 7.



La figura 7 riporta una semplice schematizzazione di tale insieme di flussi di superfici ecologiche.

Accanto a queste proprietà generali sono stati apportati gli sviluppi e le estensioni qui di seguito elencate:

- A ciascun settore economico vengono assegnate le diverse categorie di superficie ecologica utilizzata direttamente, seguendo la divisione in sei categorie proposta da Wackernagel e senza assunzioni ad hoc, bensì partendo dai reali utilizzi delle diverse branche produttive (ad esempio assegnazione di *built-up land* anche all'agricoltura in funzione della superficie dei capannoni agricoli e di altre aree degradate utilizzate dal settore agricolo per le proprie attività).
- Il calcolo dei consumi di energia elettrica viene effettuato sulla base dell'effettivo mix elettrico nazionale.
- Vengono incluse nelle attribuzioni non solo le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti da usi energetici, ma anche quelle di CO<sub>2</sub> derivanti da usi non energetici (connesse soprattutto alla produzione cementifera) e, infine, quelle di altri gas

*population), the part needed to support all the production activities carried out locally is identified through a notion that was proposed in parallel by different authors (Bagliani, in his works of 2002 and 2003 calls it ecological burden, Wackernagel et al. in a work of 2004 propose the name of ecological footprint of production), and the remaining parts can be identified as flows connected – in different ways – with imports, exports and internal exchanges of ecological area between the various sectors.*

*The scheme in figure 7 provides a simple example of this set of ecological surfaces flows.*

*Besides these general properties, we should note the developments and extensions introduced, as listed below:*

- *Each economic sector is assigned the different types of ecological area used directly, based on the classification into six types proposed by Wackernagel, without any ad hoc assumptions, but rather starting from the actual uses by the different branches of production (e.g., assigning degraded land to agriculture by considering the areas taken up by agricul-*

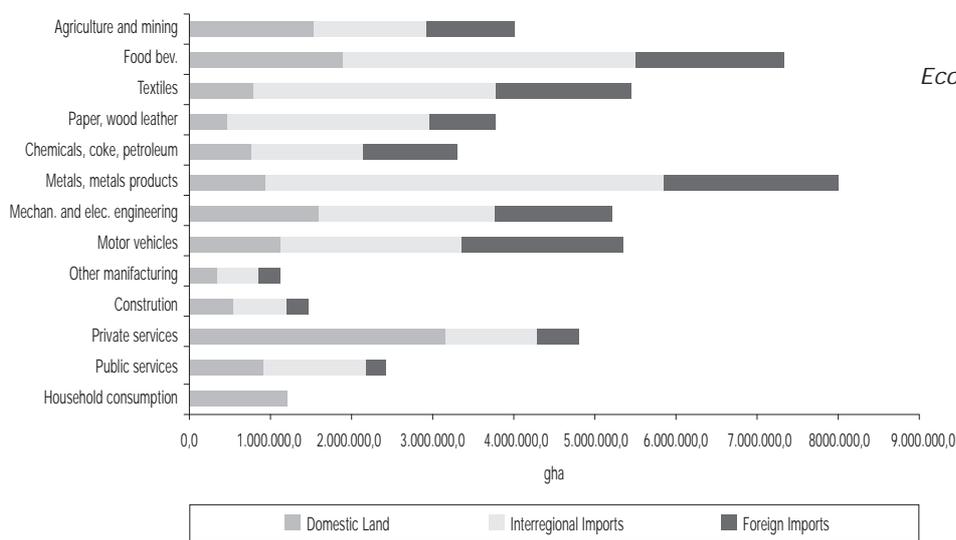
climalteranti (ad esempio metano) che sono ricondotte alla CO<sub>2</sub> tramite l'utilizzo dei GWP (Global Warming Potential).

- Vengono ricostruiti i contributi ai flussi di superficie ecologica che caratterizzano l'intero metabolismo economico, i termini di origine di tale superficie, distinguendo tra local land, e superficie derivante da importazioni

tural sheds and other degraded areas used by the farming sector for its activities);

- Electric energy consumption is determined on the basis of the actual electric mix of the country;
- In addition to attributing the CO<sub>2</sub> emissions associated with energy uses, the CO<sub>2</sub> emissions caused by non energy uses (mostly con-

**Figura 8.**  
Piemonte:  
superficie  
ecologica per  
origine



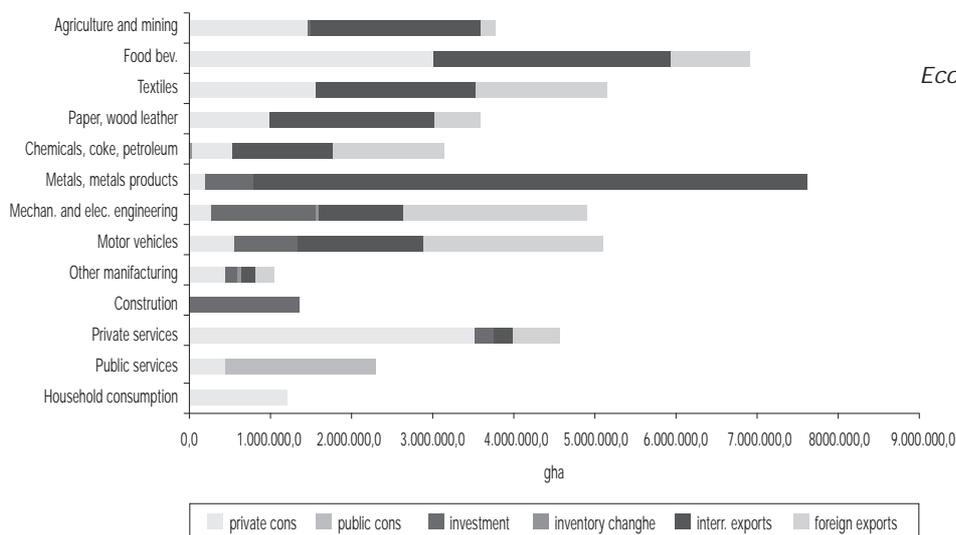
**Figure 8.**  
Piedmont:  
Ecological Surface  
by origin

Fonte: IRES  
Piemonte

Flussi di superficie ecologica in input per i diversi settori economici  
Input flows of ecological surface for the different economic sectors

Source: IRES  
Piemonte

**Figura 9.**  
Piemonte:  
superficie  
ecologica per  
destinazione



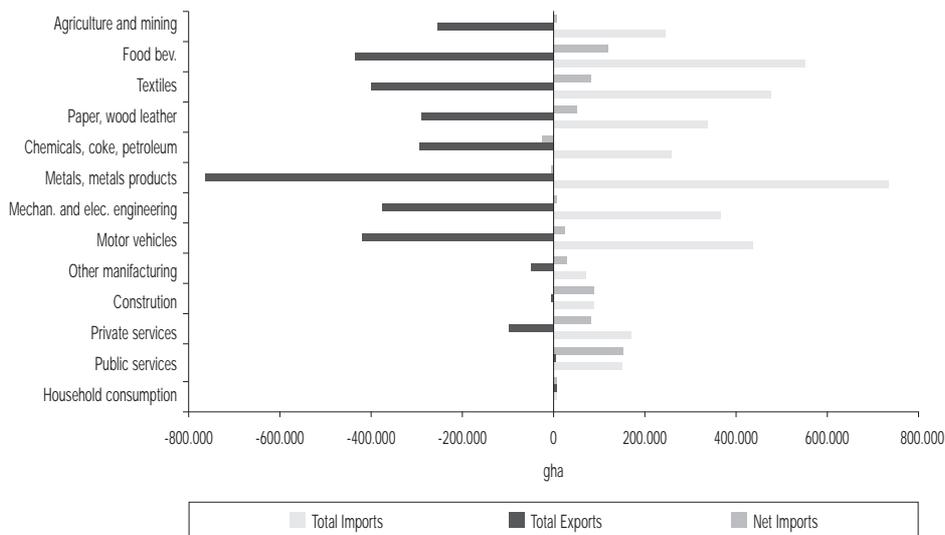
**Figure 9.**  
Piedmont:  
Ecological Surface  
by destination

Fonte: IRES  
Piemonte

Flussi di superficie ecologica in output per i diversi settori economici  
Output flows of ecological surface for the different economic sectors

Source: IRES  
Piemonte

**Figura 10.**  
Piemonte:  
bilancia  
commerciale  
ecologica



**Figure 10.**  
Piedmont:  
ecological trade  
balance

Fonte: IRES  
Piemonte

Bilancio tra le importazioni e le esportazioni di superficie ecologica per i differenti settori economici  
*Balance between imports and exports of ecological surface for the different economic sectors*

Source: IRES  
Piemonte

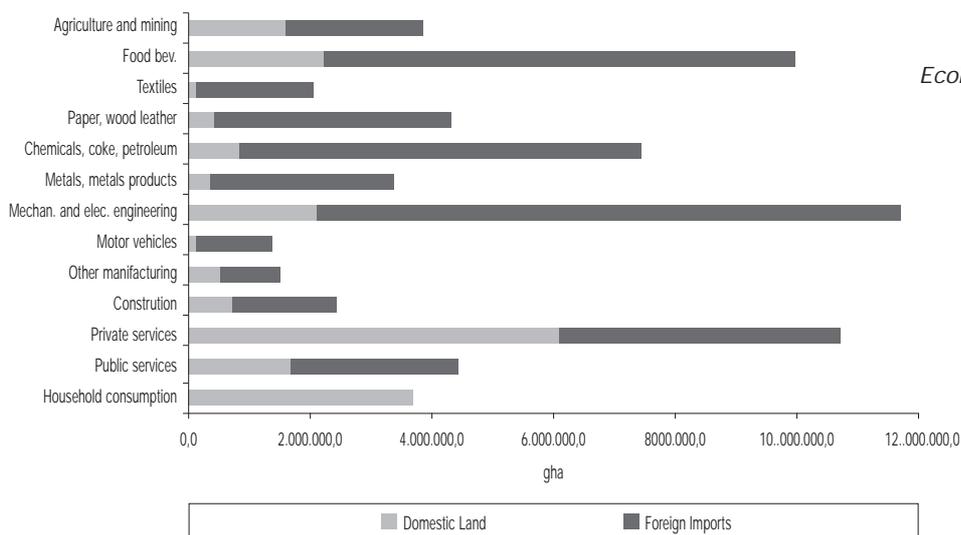
interregionali ed estere (vedi tabelle 6, 9 in fondo al capitolo e figure 8, 11).

- Viene preso in considerazione il contributo all'impronta ecologica delle diverse componenti della domanda finale (consumi privati, pubblici, investimenti, variazione delle scorte, esportazioni interregionali, esportazioni estere) (vedi tabelle 7, 10 in fondo al capitolo e figure 9, 12).
- Viene effettuato il calcolo della bilancia com-

merciali (ad esempio, le emissioni correlate con la produzione di cemento) e sono attribuite e così sono le emissioni di altri gas che alterano il clima (ad esempio, il gas naturale), che sono correlate al CO<sub>2</sub> basate sulla relativa GWP (Global Warming Potential)

- The contributions to the ecological surface flows characterising the entire economic metabolism are reconstructed, together with the terms of origin of the ecological surface, by

**Figura 11.**  
Svizzera:  
superficie  
ecologica per  
origine



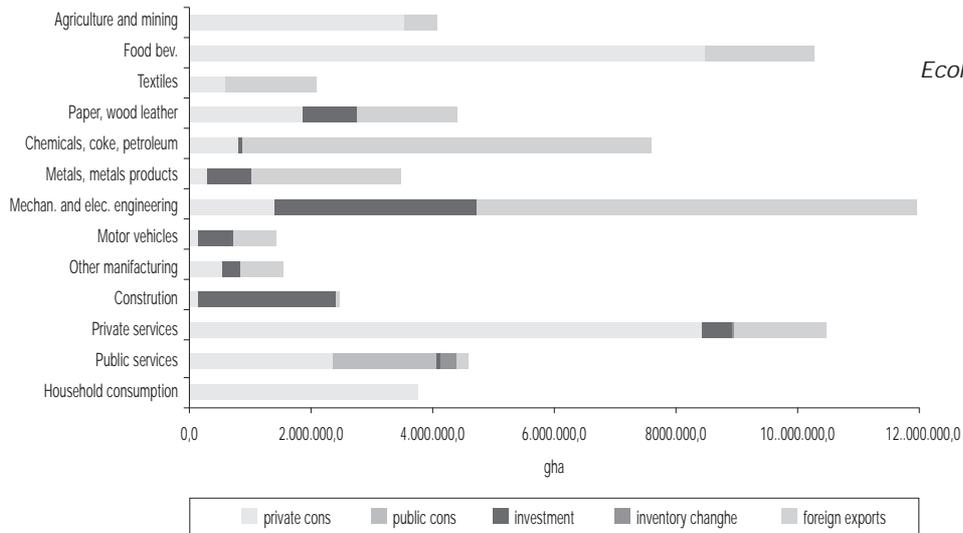
**Figure 11.**  
Switzerland:  
Ecological Surface  
by origin

Fonte: IRES  
Piemonte

Flussi di superficie ecologica in input per i diversi settori economici  
*Input flows of ecological surface for the different economic sectors*

Source: IRES  
Piemonte

**Figura 12.**  
Svizzera:  
superficie  
ecologica per  
destinazione



**Figure 12.**  
Switzerland:  
Ecological Surface  
by destination

Fonte: IRES  
Piemonte

Flussi di superficie ecologica in output per i diversi settori economici  
Input flows of ecological surface for the different economic sectors

Source: IRES  
Piemonte

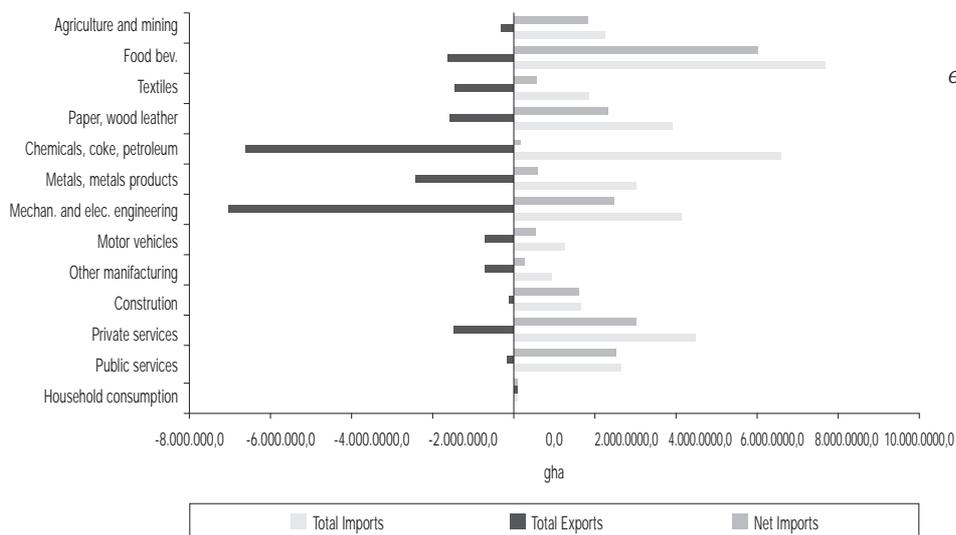
merciale ecologica per il singolo settore economico (vedi tabelle 8, 11 in fondo al capitolo e figure 10, 13).

- Accanto al tradizionale bilancio tra biocapacità e impronta ecologica, che porta alla valutazione del deficit/surplus ecologico, e fornisce informazioni sul livello di responsabilità che la popolazione locale ha nell'utilizzare risorse e servizi naturali a livello globale, è stato calcola-

*distinguishing between local land and land associated with imports from other regions or foreign countries (see tables 6, 9 end of chap. and figs. 8, 11);*

- *The contributions to the ecological footprint made by the different components of final demand (private and public consumptions, investments, stock variations, inter-regional exports, exports to foreign markets) are taken*

**Figura 13.**  
Svizzera:  
bilancia  
commerciale  
ecologica



**Figure 13.**  
Switzerland:  
ecological trade  
balance

Fonte: IRES  
Piemonte

Bilancio tra le importazioni e le esportazioni di superficie ecologica per i differenti settori economici  
Balance between imports and exports of ecological surface for the different economic sectors

Source: IRES  
Piemonte

to il bilancio tra biocapacità ed ecological burden (o ecological footprint of production che dir si voglia), secondo quanto proposto da Bagliani (2002; 2003) e Wackernagel e collaboratori (2004), che consente di determinare l'eventuale erosione/accumulo di capitale naturale, ossia la presenza di un eventuale overshoot.

## 2.7 I risultati: l'impronta ecologica del Piemonte

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, Verbano-Cusio-Ossola 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 primavere piovose; nebbioso nella bassa padana e mite sui laghi. La popolazione, 4.214.677 abitanti, con una densità di circa 170 ab./km<sup>2</sup>, non è omogeneamente distribuita sul territorio, ma è in gran parte concentrata nel grande agglomerato metropolitano di Torino.

Il Piemonte è una delle regioni europee con il più elevato tasso di industrializzazione. Il rilievo del settore secondario, in termini di occupati, è andato diminuendo nel tempo, anche in seguito all'aumento della produttività e ai processi di esternalizzazione operati dalle imprese, ma l'industria resta un motore dello sviluppo economico in accordo con la crescita dei servizi alle imprese e alle persone alimentata sia dalla domanda espressa dal sistema produttivo che dal forte invecchiamento della popolazione.

**L'impronta ecologica del Piemonte** è risultata essere di 22.237.640 gha, pari a 5,28 gha pro capite. Il Living Planet Report 2004 indica per l'Italia un dato riferito all'anno 2001 di 3,8 gha/persona. Tale differenza è da attribuirsi, oltre che alla effettiva maggior impronta rispetto alla media italiana, anche alla completezza e sistematicità che il calcolo mediante input-output consente.

*into account (see tables 7, 10 end of chap. and figs. 9, 12);*

- *The ecological trade balance for each individual economic sector is calculated (see tables 8, 11, end of chap. and figs 10, 13)*
- *Besides the traditional balance between biocapacity and ecological footprint, which leads to the assessment of the ecological deficit/surplus and provides information on the sense of responsibility of the local population in using the resources and the natural services at global level, the balance between biocapacity and ecological burden (or ecological footprint of production) is also determined, according to the criteria proposed by Bagliani (2002; 2003) and Wackernagel et al. (2004); this makes it possible to determine the erosion/build-up of natural capital, i.e., to detect the presence of an overshoot, if any.*

## 2.7 The results: the ecological footprint of Piedmont

*The **Piedmont** Region is situated in the north-western part of Italy, at the boundaries with France and Switzerland, and is composed of eight provinces: Alessandria, Biella, Asti, Cuneo, Novara, Turin, Verbania and Vercelli. It extends over an area of 25,399 km<sup>2</sup>, and its territory is characterised by vast mountain areas (ca 43% of the total area), hilly ground (30%) and plains (27%). The climate is very cold in the alpine belt and continental in the plains, with cold winters, hot and dry summers and rainy springs; it is foggy in the Po valley lowlands, and mild around the lakes. The population, 4,214,677 inhabitants, with a density of ca 170 persons/km<sup>2</sup>, is not evenly distributed over the territory and is mostly concentrated in the metropolitan area of Turin.*

*Piedmont is one of the European regions having the highest industrialisation rate. The importance of the manufacturing sector, in terms of people employed, has been gradually declining over time, partly because of an increase in productivity and outsourcing; industry, however, continues to be a driving force of economic development, in the wake of the development of services to compa-*

Sotto il profilo dell'**analisi per tipo di terreno**, occorre dire che la percentuale più elevata dell'impronta ecologica del Piemonte consiste in terreno per energia, la quale, come può vedersi nella figura 14, costituisce il 69,8% del totale. In altre parole gli input di land energy connessi ai consumi diretti e indiretti delle varie fonti di energia (prodotti petroliferi, gas naturale, carbone, elettricità utilizzati nella produzione nazionale per beni utilizzati dalle economie domestiche ed energia incorporata negli import) ammontano a 15.236.290 gha, che equivale a un dato pro capite di 3,6 gha/ab. Non tutta l'energia necessaria a sostenere la domanda finale interna è il risultato di emissioni di CO<sub>2</sub> (e di altri gas climalteranti) verificatesi nel territorio piemontese; 5.490.728 gha sono embodied energy delle importazioni provenienti dalle altre regioni italiane e 2.799.257 sono gha connessi a beni importati dall'estero. Nel complesso circa il 60% della componente energia dell'impronta ecologica del Piemonte è da ritenersi "interregional" e "overseas" energy land.

Segue per importanza il terreno agricolo (21,8% del totale) con 4.842.786 gha, pari a un dato pro capite di 1,1. Gli agricultural land inputs sono di origine locale soltanto per il 22,4%, mentre il 50,3% e il 27,3% vengono acquisiti rispettivamente dalle altre regioni dell'Italia e dall'estero.

La terra per pascoli (1.644.229 gha; 0,3 pro capite) è per la maggior parte (1.098.330 gha) connessa a prodotti importati dai piemontesi presso le altre regioni italiane per essere consumati localmente.

La terra adibita a ospitare edifici residenziali, uso ufficio, capannoni per l'industria, l'allevamento e l'agricoltura, così come infrastrutture di trasporto, comunicazione e produzione di energia ammonta a 100.782 gha pari a 0,7% del totale.

Oltre che per tipologia di terreno, l'impronta ecologica può essere disaggregata per **settore economico**. La figura 15 evidenzia la quantità complessiva di terreno di qualsivoglia tipologia che deve essere utilizzata affinché siano resi disponibili al consumo finale i dati di acquisti effettuati presso le varie branche produttive per finalità, sia di consumo (privato o pubblico) che per investimento. Il dato significativo che emerge è la carat-

*nies and people, fuelled both by the demand expressed by the production system and by the rapid aging of the resident population.*

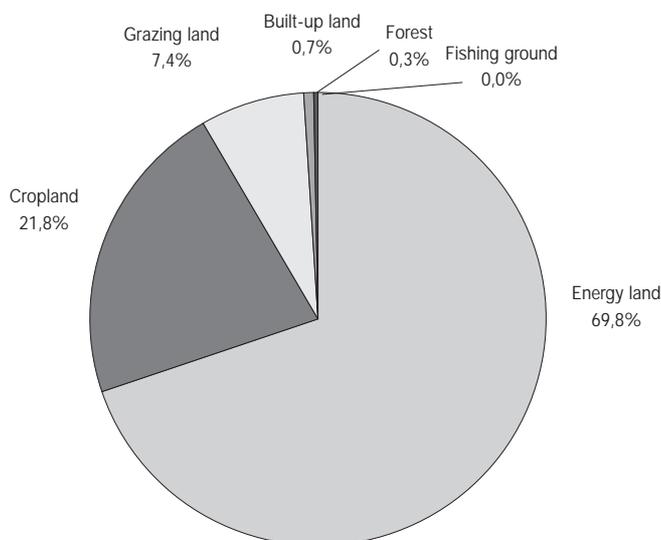
***The ecological footprint of Piedmont** turned out to be 22,237,640 gha, corresponding to 5.28 gha per capita. The 2004 Living Planet Report gives for Italy a figure, relating to 2001, of 3.8 gha per person. In addition to the higher footprint of the region compared to the Italian average, another factor accounting for this difference is the complete and systematic approach of the input-output calculation method.*

*In terms of **analysis by type of land**, it should be noted that the highest proportion of the ecological footprint of Piedmont consists of energy land, which, as can be seen from figure 14, accounts for 69.8 % of the total. In other words, the land energy inputs associated with direct and indirect consumption of the various energy sources (oil derived products, natural gas, coal, electricity taken up by national production activities, for the goods used by private households, and the energy embodied in imports) amount to 15,236,290 gha, which corresponds to a level of 3.6 gha per person. Not all the energy needed to support the final domestic demand is the result of emissions of CO<sub>2</sub> (and other climate altering gases) released in the territory of the region; 5,490,728 gha are associated with the energy embodied in imports from other Italian regions and 2,799,257 gha are associated with goods imported from abroad. All in all, ca 60% of the energy component of the ecological footprint of Piedmont should be rated as "interregional" and "overseas" energy land.*

*The second most important type of land is cropland (21.8% of the total), with a total of 4,842,786 gha, corresponding to 1.1 gha per capita. Only 22.4% of the cropland inputs is of local origin, whilst 50.3% and 27.3% are purchased from other Italian regions and from abroad, respectively. Grazing land (1,644,229 gha - 0.3 per capita) is mostly (1,098,330 gha) associated with products imported from other Italian regions for consumption in Piedmont.*

*The land reserved for housing and office buildings, for industrial, pasture and farming activities,*

**Figura 14.**  
Piemonte:  
impronta  
ecologica per  
tipologia di  
terreno



**Figure 14.**  
Piedmont:  
ecological  
footprint by  
land type

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

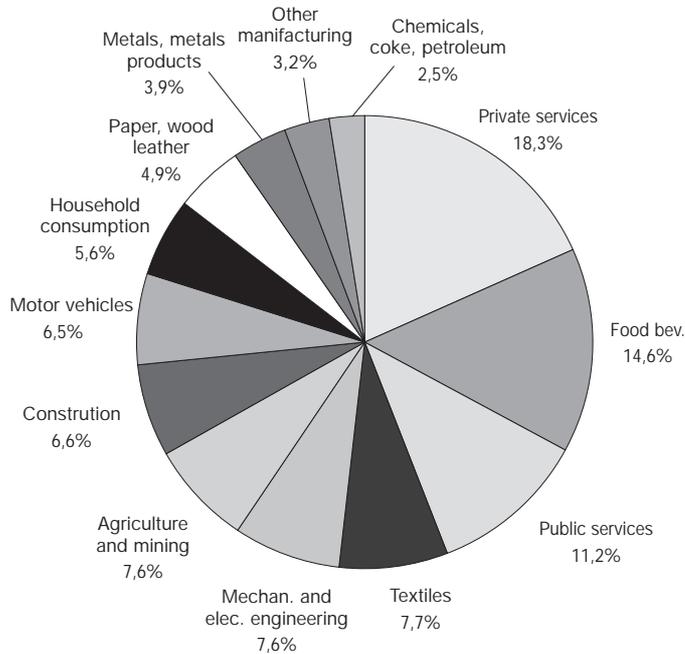
teristica di settore fortemente land intensive dei servizi di mercato (commercio, alberghi e ristoranti, trasporti, intermediazione finanziaria, attività immobiliari). I consumi finali di tali servizi implicano consumo di terreno per il 17% del totale. Anche i servizi prevalentemente non di mercato (come pubblica amministrazione e difesa, istruzione sanità e altri servizi sociali) hanno un peso significativo. La quantità di materia ed energia indirettamente mobilitata (che solo un'analisi input-output del tipo di quella qui condotta può mettere in luce) è evidentemente rilevante. Tale dato smentisce la falsa convinzione che il settore dei servizi consumi poche risorse naturali e che la sua espansione implichi un processo di progressiva dematerializzazione dell'economia.

Nell'ambito dei manufacturing products (che comunque nel loro complesso costituiscono il 52% dell'impronta ecologica complessiva dato il permanente elevato tasso di industrializzazione dell'area geografica piemontese) spiccano gli alimentari (15% del totale), i tessili (8%), le apparecchiature elettroniche (8%) e la fabbricazione di mezzi di trasporto (6%). L'acquisto di prodotti del settore primario pesa per l'8%, mentre l'utilizzo di terreno connesso alle emissioni per riscaldamento e a superfici direttamente occupate dal settore residenziale costituiscono il 4% del totale.

as well as transport, communication and energy production infrastructures comes to 100,782 gha, accounting for 0.7 % of the total.

In addition to type of land, the ecological footprint can also be broken down by **economic sector**. Figure 15 illustrates the overall quantity of land, of any type, that has to be used in order to make available for final consumption the amounts purchased from the various production sectors, whether for (private or public) consumption or for investment purposes. The significant point that can be made based on this data is the presence of a highly land-intensive sector of market services (retail, hotels and restaurants, transportation, financial brokerage, real-estate activities). The final consumption of such services implies a consumption of land accounting for 17% of the total. The weight of non market services (e.g., public administration and defence, education, health and other welfare services) is significant. The quantities of materials and energy mobilised indirectly (that only an input-output analysis of the type conducted herein can determine) are clearly appreciable. This finding belies the erroneous belief that the service sector uses up a limited quantity of natural resources and that its growth entails a process of progressive dematerialisation of the economy.

**Figura 15.**  
Piemonte:  
impronta  
ecologica per  
settore  
economico



**Figure 15.**  
Piedmont:  
ecological  
footprint by  
economic sector

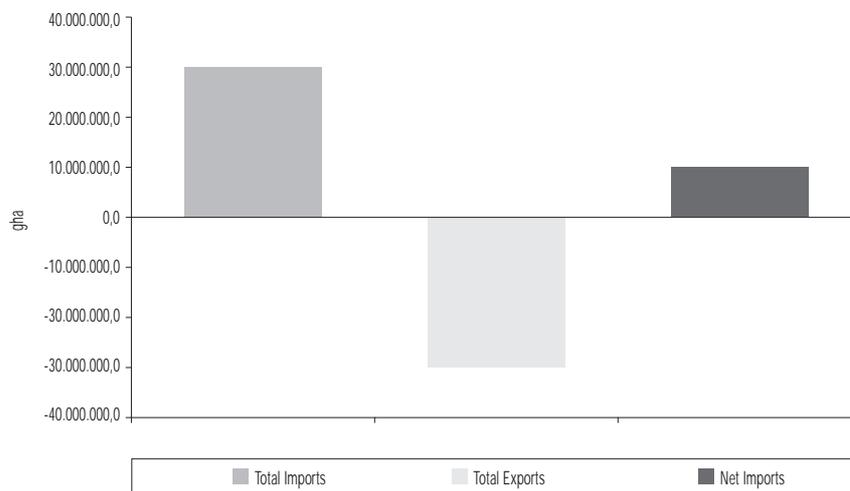
Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

Quanto all'**import-export**, occorre dire che la terra incorporata nei prodotti e servizi esportati verso le altre regioni italiane e verso l'estero ammonta a 32.164.835 gha, mentre quella connessa alle importazioni misura 38.742.278 gha. Se si considera, come precedentemente illustrato, che l'impronta ecologica dei piemontesi è di 22.237.640 gha, ciò significa che la produzione

*Within the framework of manufacturing products (which, taken as a whole, account for 52 % of the total ecological footprint, in view of the permanently high rate of industrialisation of the geographical area of Piedmont), a primary role is played by the food sector (15 % of the total), textiles (8%), electronic equipment (8%) and vehicle production (6%). The purchase of primary sector*

**Figura 16.**  
Piemonte:  
bilancia  
commerciale  
ecologica



**Figure 16.**  
Piedmont:  
ecological trade  
balance

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

dell'economia piemontese è indirizzata per circa il 40% a sostenere la domanda interna (27,6% consumi privati; 3,3% consumi collettivi; 9,1% investimenti) e per circa il 60% alle esportazioni interregionali ed estere. Come si evince dalla figura 16, l'ecological balance of trade per il Piemonte (importazioni meno esportazioni) è di 6.577.442 gha; in altre parole il Piemonte è un importatore netto di capitale ecologico.

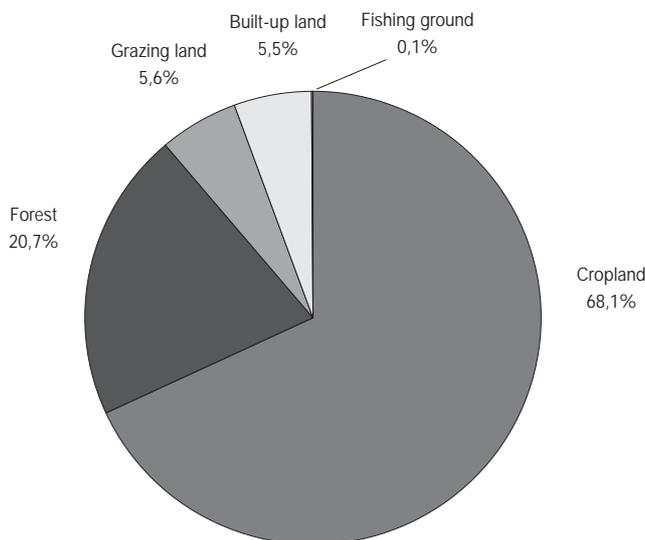
La performance di sostenibilità di una regione può anche essere valutata in termini dell'entità nella quale l'impronta ecologica eccede l'area di terra utile disponibile in quella regione, o biocapacità. La biocapacità è l'insieme dei servizi ecologici erogati dagli ecosistemi locali. Essa viene stimata attraverso la quantificazione della superficie dei terreni ecologicamente produttivi che sono presenti all'interno dell' area geografica in esame. La differenza fra l'impronta ecologica (intesa come stima di servizi ecologici richiesti dalla popolazione locale) e la biocapacità rappresenta il deficit ecologico di un determinato territorio. Per il Piemonte (vedi figure 17 e 18) il deficit di superficie ecologica (che indica il contributo regionale all'impoverimento del capitale naturale del pianeta) ammonta a 17.630.622 gha, pari a un dato di 4,18 gha pro capite.

materials accounts for 8%, whilst the use of the land associated with heating system emissions and areas directly taken up by the housing facilities account for 4% of the total.

As for **imports-exports**, it should be noted that the land embodied in the products and services exported to other Italian regions and foreign countries comes to 32,164,835 gha, whilst the land associated with imports comes to 38,742,278 gha. If we consider, as discussed above, that the ecological footprint of the Piedmont people is 22,237,640 gha, this means that about 40% of production in Piedmont's economy is devoted to meeting local demand (27.6% for private consumption; 3.3% collective consumption; 9.1% investments: see chart in the Appendix) and about 60% of it is devoted to exports to other regions and foreign markets. As can be seen from figure 16, the ecological balance of trade for Piedmont (imports minus exports) is 6,577,442 gha; in other words, Piedmont is a net importer of ecological capital.

The sustainability performance of a region can also be assessed in terms of the extent by which the ecological footprint exceeds the useful land area available in that region, i.e., the region's biocapacity. Biocapacity is given by the sum of ecological services supplied by the local ecosystems. It is es-

**Figura 17.**  
Piemonte:  
biocapacità per  
tipologia di  
terreno

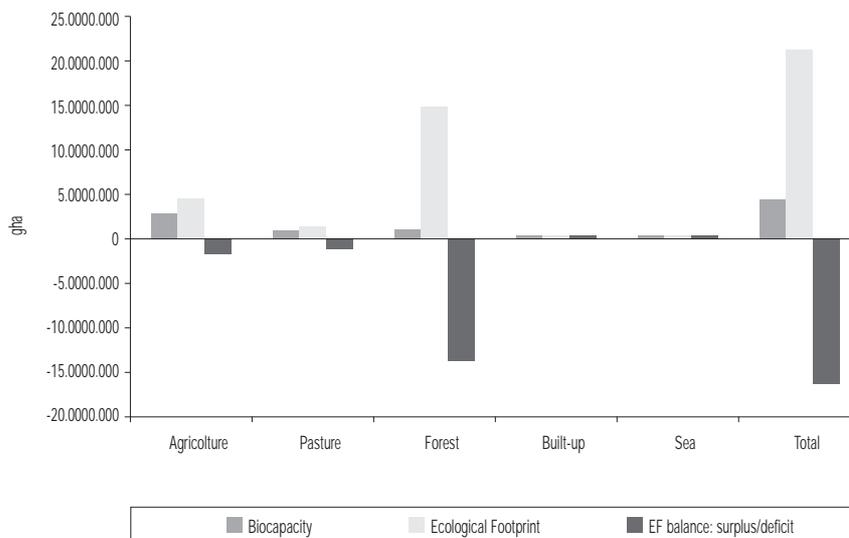


**Figure 17.**  
Piedmont:  
biocapacity by  
land type

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

**Figura 18.**  
Piemonte:  
impronta,  
biocapacità e  
deficit ecologico  
per tipologia di  
terreno



**Figure 18.**  
Piedmont:  
Footprint,  
biocapacity and  
ecological deficit  
by type of land

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

## 2.8 I risultati: l'impronta ecologica della Svizzera

La **Svizzera** occupa una superficie di 41.284 chilometri quadrati, di cui il 68% è costituito da superfici produttive (superfici boscate e superfici agricole utili) e quasi il 7% da superfici d'insediamento. L'asse maggiore in direzione nord-sud misura 220 chilometri, quello in direzione est-ovest 348 chilometri. La popolazione residente in Svizzera ha raggiunto quota 7,2 milioni di persone. La Svizzera è considerata un paese povero di materie prime e i giacimenti esistenti sono di scarse dimensioni. La popolazione ha raggiunto i 7,2 milioni di persone, il PIL i 422.811 milioni di franchi. Ad esso contribuiscono in proporzioni assai differenti i 26 cantoni in cui suddiviso il territorio, anche in ragione della diversa densità della popolazione residente. Il settore prevalente è il terziario che occupa 2,7 milioni di persone, pari a circa il 70% degli occupati. Industria e artigianato si assestano a quota 1.032.000. La struttura delle imprese in Svizzera è estremamente incentrata sulla piccola industria (la grandezza media nel settore secondario non supera i 13 dipendenti). L'agricoltura è incentrata sulla coltivazione di cereali.

L'**impronta ecologica dell'abitante della Svizzera** è risultata di 5,96 gha pro capite, pari a un

timato by quantifying of the area of the lands that are ecologically productive and are present in the geographic area in question. The difference between the ecological footprint (conceived as the estimated total of ecological services required by the local population) and the biocapacity of an area gives ecological deficit. For Piedmont (see figures 17 and 18) the **ecological area deficit** (indicating the contribution of the region to the depletion of the natural capital of the Earth) comes to 17,630,622 gha, i.e., 4.18 gha per capita.

## 2.8 The results: the ecological footprint of Switzerland

**Switzerland** extends over an area of 41,284 km<sup>2</sup>, 68% of which is made up of productive (forested and farming) land and just under 7% of which is taken up by settlements. The main axis, running in the north-south direction, is 220 km long, the east-west axis is 348 km long. The Swiss population has reached a total of 7.2 million people. Switzerland is rated as a country having a limited supply of raw materials, its mines are small-sized. With a population of 7.2 million people, gross domestic product, of 422,811 million francs, is the sum of the contributions by the 26 cantons into which the country is subdivided, that differ widely

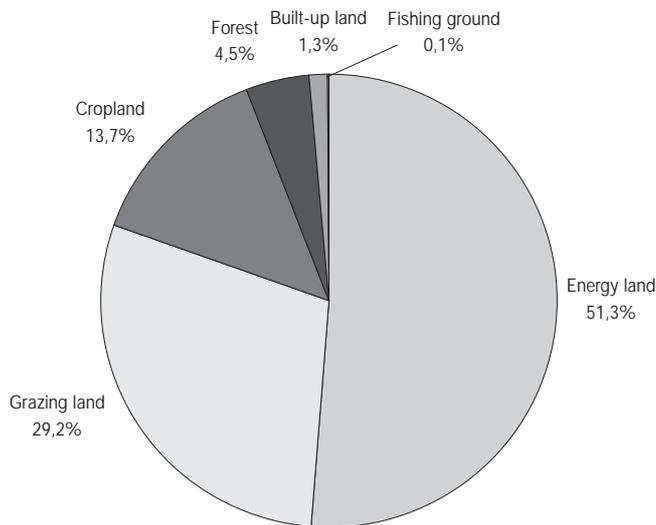
territorio complessivo di 43.283.461 gha. La differenza rispetto al dato riportato dal Living Planet Report 2004 per lo stesso periodo a cui si riferisce il presente rapporto (5,3 global ha/person) è da ricondursi alla maggior sistematicità del metodo input-output. La **tipologia di terra** (fig. 19) che più concorre all'impronta complessiva è quella per energia, che costituisce il 51,3% del totale, e corrisponde a 3,06 gha a persona. Si tratta di una percentuale relativamente più bassa rispetto a territori comparabili per livello di industrializzazione a motivo soprattutto del mix elettrico nazionale che vede una percentuale di circa il 57% di fonte idroelettrica. Segue la pasture land (29,2% del totale; 1,74 a testa), per la quasi totalità connessa a prodotti di importazione e la agricultural land (13,7%), che è di origine domestica soltanto per il 30%. Le infrastrutture occupano territorio per 555.067 gha.

L'analisi dell'impronta ecologica per **settore economico** (fig. 20) evidenzia che la quantità di terreno (di diversa origine) che deve essere utilizzata dall'intera economia svizzera per sostenere il settore del terziario è di circa il 40% del totale. Nell'ambito del settore manifatturiero spiccano gli alimentari (i cui consumi mobilizzano terreno direttamente e indirettamente per il 19,5% del totale) e il settore per la costruzione di

also on account of appreciable differences in the density of the population. The tertiary is the predominant sector, providing work for 2.7 million people, about 70% of the people employed. The industrial and handicraft sectors are stable, at 1,032,000. Company set-up in Switzerland is characterised by a marked predominance of small-sized enterprises (average company size in the secondary sector does not exceed 13 employees). Farming activities mostly consist of cereal crops.

The **ecological footprint of the inhabitants** has been found to be 5.96 gha per capita, with a total for Switzerland of 43,283,461 gha. The difference compared to the figure given in the Living Planet Report 2004 for the period considered in this report (5.3 global gha/person) should be ascribed to the more systematic workings of the input-output method. As for **land types** (see fig. 19), the one that accounts for the greatest proportion of the total footprint is energy land (51.3% of the total - 3.06 gha per person). This is a relatively smaller percentage compared to other areas with similar industrialisation levels, mainly due to the national electricity mix, with hydroelectric power accounting for a share of ca 57%. The next most important type is grazing land (29.2% of the total; 1.74 per person), almost totally associated with imported products,

**Figura 19.** Svizzera: impronta ecologica per tipologia di terreno

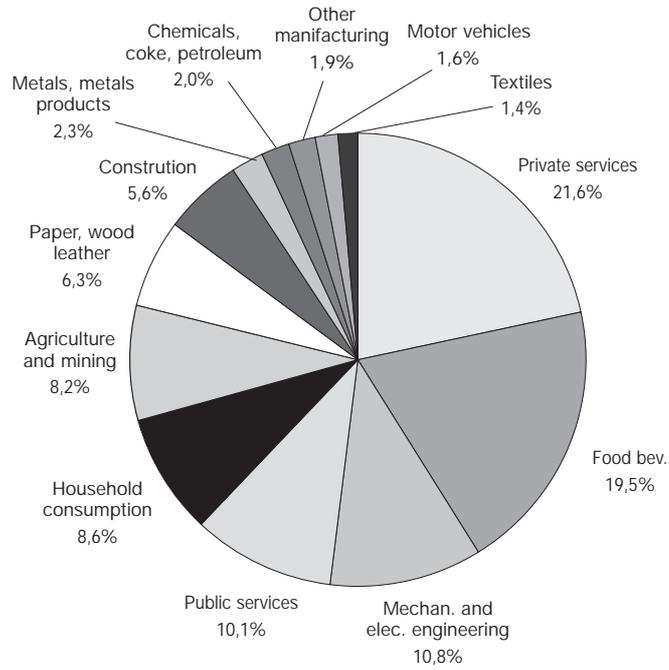


**Figure 19.** Switzerland: ecological footprint by land type

Fonte: IRES Piemonte

Source: IRES Piemonte

**Figura 20.**  
Svizzera:  
impronta  
ecologica per  
settore  
economico

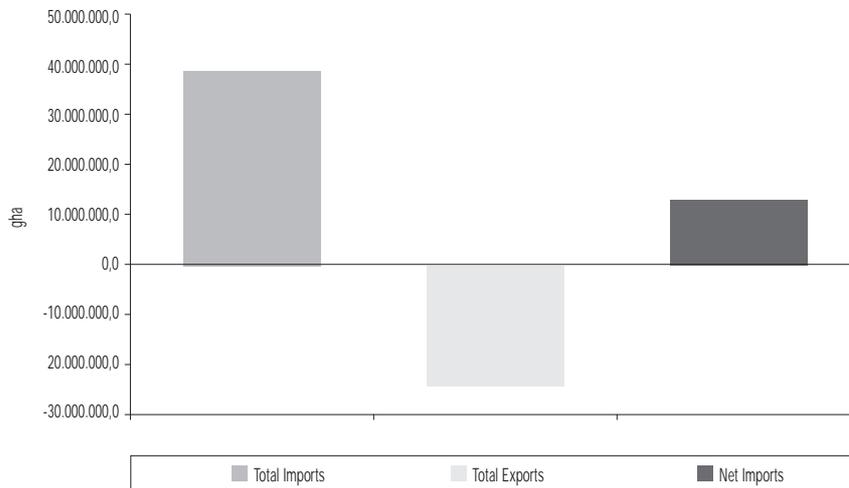


**Figure 20.**  
Switzerland:  
ecological  
footprint by  
economic sector

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

**Figura 21.**  
Svizzera:  
bilancia  
commerciale  
ecologica

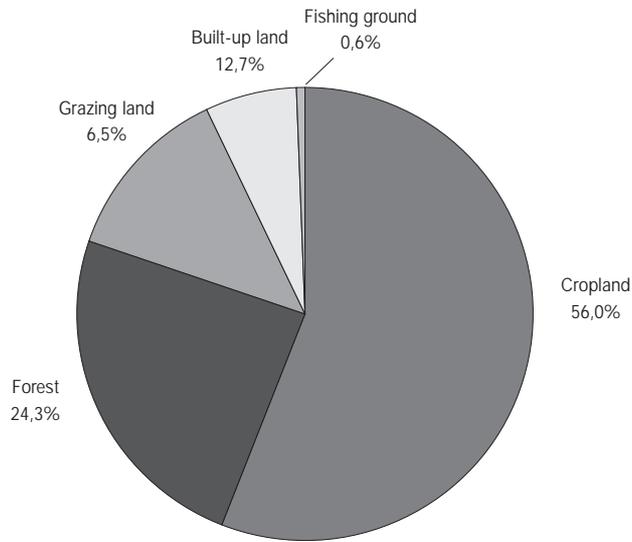


**Figure 16.**  
Switzerland:  
ecological trade  
balance

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

**Figura 22.**  
Svizzera:  
biocapacità per  
tipologia di  
terreno

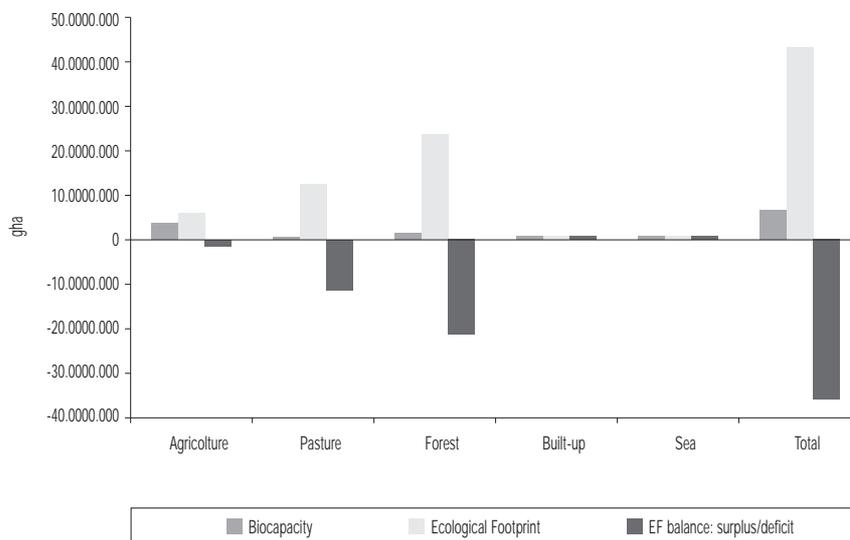


**Figure 22.**  
Switzerland:  
biocapacity by  
type of land

Fonte: IRES Piemonte  
dati Corine Land  
Cover

Source: IRES  
Piemonte from data  
Corine Land Cover

**Figura 23.**  
Svizzera:  
impronta  
biocapacità e  
deficit ecologico  
per tipologia di  
terreno



**Figure 23.**  
Switzerland:  
footprint,  
biocapacity and  
ecological deficit  
by type of land

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

apparecchiature elettriche ed elettroniche per il 10,8% del totale.

La Svizzera è importatore netto di capitale ecologico, se si considera che la sua bilancia commerciale ecologica (fig. 21) si compone per 42.273.514 gha di terreno incorporato nei prodotti e servizi importati e di 24.686.078 gha di terreno connesso alle esportazioni. Poiché l'impronta ecologica del paese è di 43.283.461 gha, ne consegue che circa il 63% delle risorse a disposizione del paese sono indirizzate a sostenere la domanda interna per consumi (privati e collettivi) e investimenti.

Le figure 22 e 23 evidenziano il deficit ecologico della Svizzera, pari a 36.967.858 gha (5,09 a testa). Esso è anche riconducibile alla relativamente bassa quantità di servizi ecologici erogati dagli ecosistemi locali (0,87 gha a testa).

## 2.9 I risultati: l'impronta ecologica del Rhône-Alpes

Il **Rhône-Alpes** è la seconda regione della Francia sia per estensione del territorio (61.024,12 km quadrati, pari all' 8% della superficie francese) che per numero di abitanti (5.350.701); le attività dei suoi abitanti si concentrano su solo il 9% del territorio; i comuni urbani concentrano il 20% della popolazione; le attività agricole occupano pressappoco la metà del territorio regionale. Lo spazio regionale è particolarmente diversificato, con una grande varietà di paesaggio e clima. Essa è divisa in otto dipartimenti, che presentano una forte disparità di densità, se è vero che il Rhône (458,9 abitanti per chilometro quadrato) è il dipartimento francese più densamente popolato dopo l'Ile-de-France e l'Ardèche fra i meno popolati dell'intera nazione (51,7).

La regione è un grosso produttore di materiali estratti dal suolo, con una produzione annuale di circa 50 milioni di tonnellate. Il Rhône-Alpes è la quarta regione francese per produzione agricola (5,3% del totale nazionale) e si caratterizza per un grande equilibrio fra produzioni vegetali e produzioni animali.

La regione ha base industriale solida e diversificata, con particolare rilevanza nella meccanica, il digitale, la sanità e le biotecnologie, il tessile-

*followed by cropland (13.7%), only 30% of which is of domestic origin. Infrastructures occupy the territory for 555,067 gha.*

*The analysis of the ecological footprint by **economic sector** (see fig. 20) reveals that the quantity of land (of different origins) that has to be used by the Swiss economy as a whole to support the tertiary sector is about 40% of the total. In the production sector, a primary role is played by the food industry (whose consumption mobilises land directly and indirectly for 19.5% of the total) and also important is the incidence of electrical and electronic equipment, accounting for 10.8% of the total.*

*Switzerland is a net importer of ecological capital, if we consider that its **ecological trade balance** (fig. 21) consists of 42,273,514 gha of land embodied in imported products and services and 24,686,078 gha of land associated with exports. Since the ecological footprint of the country is 43,283,461 gha, we find that ca 63% of the resources available to the country are devoted to supporting domestic demand for (private and collective) consumption and investments.*

*Figures 22 and 23 illustrate the ecological deficit of Switzerland, of 36,967,858 gha (5.09 per person). It can also be ascribed to the relatively low quantity of ecological services supplied by the local ecosystems (0.87 gha per person).*

## 2.9 The results: the ecological footprint of the Rhône Alpes region

*The **Rhône Alpes** region is the second biggest in France, both in terms of size of the territory (with an area of 61,024.12 km<sup>2</sup>, accounting for 8% of the total area of France) and in terms of number of inhabitants (5,350,701); the activities of the inhabitants are concentrated in but a 9% proportion of the territory; 20% of the population lives in cities; agricultural activities occupy about half of the regional territory. The region is greatly diversified in terms of landscape and climate. It is divided into eight administrative districts, characterised by markedly different densities: the Rhône (458.9 inhabitants per km<sup>2</sup>) is the second most densely populated district in France, after the Ile-de-France, and the Ardèche is one of the least populated (51.7).*

tecnico e i materiali compositi. Rhône-Alpes è anche una grande regione di produzione di energia, con il 23% dell'elettricità prodotta in Francia. Per quanto riguarda il terziario, sono ben rappresentati l'informatica, l'ingegneria e l'insegnamento superiore.

**L'impronta ecologica del Rhône-Alpes** è stata calcolata attraverso la metodologia tradizionale proposta per la prima volta nel 1996 dai suoi ideatori, Wackernagel e Rees (per approfondimenti si veda l'appendice metodologica), poiché non esiste una elaborazione a livello regionale della matrice intersettoriale, che è alla base del calcolo con il formalismo input-output proposto per Piemonte e Svizzera. Il risultato dell'analisi svolta è stata un'impronta pari a 7,3 gha pro capite, riconducibile all'uso di servizi naturali necessari per sostenere i consumi privati in beni e servizi, a fornire le risorse necessarie ai consumi energetici e infine ad assorbire gli scarti delle attività prima considerate, ovvero la quantità di rifiuti urbani prodotti dalla popolazione della regione oggetto di studio.

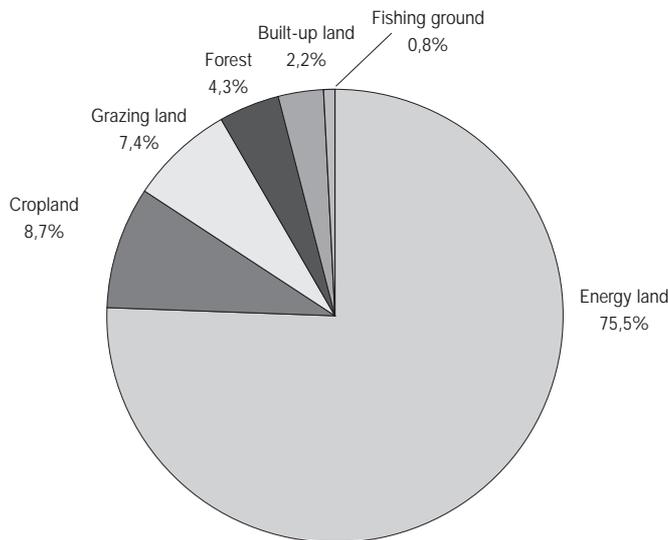
I dati macroeconomici descrivono una regione con un prodotto interno lordo di 141.413,1 milioni di euro costituiti per il 32,2% dall'ammonterare dei consumi privati in beni e servizi.

*The region is a major producer of materials extracted from the soil, with an annual production of ca 50 million tons. The Rhône Alpes region ranks fourth in France for agricultural production (5.3% of the national total) and is characterised by a good balance between vegetal and animal productions.*

*The region has a sound and well-diversified industrial basis, with a prevalence of the mechanical industry, digital and medical equipment, biotechnologies, textile products and composite materials. It is a major energy producer, providing 23% of the electric energy produced in France. As for the tertiary sectors, of special significance are data processing, engineering and higher education activities.*

**The ecological footprint of the Rhône Alpes region** has been calculated through the traditional method proposed in 1996 by Wackernagel and Rees (for details, see the methodological Appendix), since there is no formulation at regional level of the inter-sector matrix needed for the calculation procedure relying on the input-output analysis used for Piedmont and Switzerland. The result is a footprint of 7.3 gha per capita, that can be ascribed to the use of the natural services needed to support private consumption of goods and servic-

**Figura 24.** Rhône Alpes: impronta ecologica per tipologia di terreno



Fonte: IRES Piemonte su dati Corine Land Cover

**Figure 24.** Rhône Alpes: ecological footprint by type of land

Source: IRES Piemonte from data Corine Land Cover

I consumi energetici suddivisi per tipologia di fonte ammontano a 7.443 ktep per prodotti petroliferi, 3.072 ktep per il gas, 9.482 per l'energia elettrica e 749 ktep per legna da ardere. Rispettivamente il 22% dei combustibili derivati dal petrolio, il 36% del consumo di combustibili gassosi, il 41% del consumo di energia elettrica e il 58% dell'uso di legna da ardere è attribuibile al settore residenziale.

La quantità totale di rifiuti urbani, dei quali una piccola percentuale differenziata, ammonta a circa 1.9 Mt ovvero 355 kg pro capite.

Dall'analisi dei risultati del calcolo dell'impronta ecologica emerge che, per tipologia di terreno, il 75,5% è costituito da ettari di terreno per energia (ovvero dalla superficie a foresta necessaria per riassorbire la quantità di CO<sub>2</sub> emessa in seguito all'uso di tali fonti combustibili), l'8,7% da ettari di terreno agricolo, il 3,2% da ettari di superficie degradata, il 7,4% da ettari di terreno a pascolo, il 4,3% da ettari di foreste e il restante 0,8% da ettari di superficie marina necessaria per le risorse ittiche consumate (figura 24).

La diversa natura delle tipologie di terreno è opportunamente riformulata attraverso l'equivalenza ettari/ettari globali (per approfondimenti si veda l'appendice metodologica) al fine di paragonare l'attività di consumo di differenti beni o servizi.

es, to supply the resources necessary for energy consumption and finally to absorb the waste generated by the aforementioned activities, i.e., the quantities of urban waste produced by the population of the region being considered.

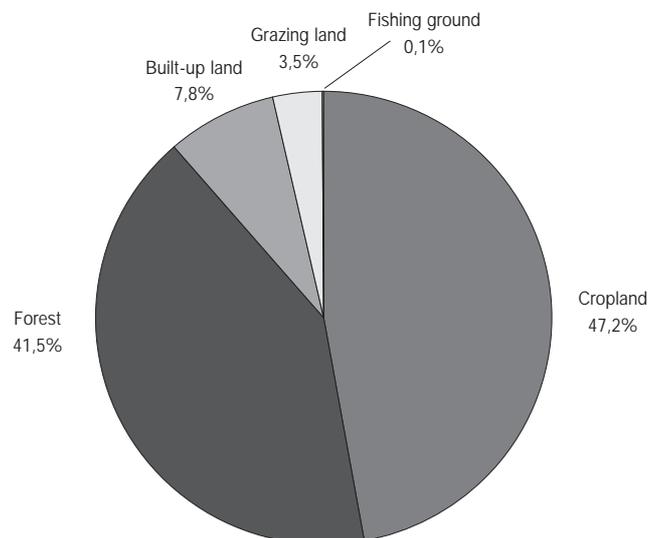
Macroeconomic data describe a region with a GDP of 141,413.1 million Euro, 32.2% of which is accounted for by private consumption of goods and services.

Energy consumption, broken down by type of source, comes to 7443 ktep for oil derived products, 3072 ktep for gas, 9482 ktep for electric energy, and 749 ktep for firewood. 22% of the consumption of oil derived fuels, 36% of the consumption of gaseous fuels, 41% of energy consumption and 58% of the firewood used should be ascribed to the residential sector.

The total quantity of urban waste, of which but a small percentage is disposed of as diversified waste, comes to ca 1.9 Mt, corresponding to 355 kg per capita.

From an analysis of the results of the determination of the ecological footprint, in terms of land types, we find that a 75.5% proportion corresponds to land energy (i.e., the forested area needed to reabsorb the amount of CO<sub>2</sub> released into the air by the use of these fuel sources), another 8.7% consists of cropland, 3.2% is built-up,

**Figura 25.**  
Rhône Alpes:  
biocapacità per  
tipologia di  
terreno

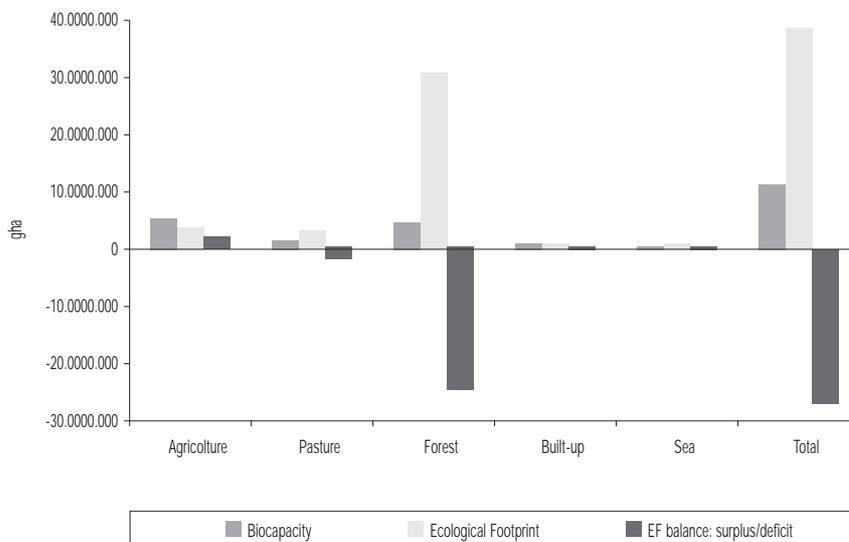


Fonte: IRES Piemonte  
su dati Corine Land  
Cover

**Figure 25.**  
Rhône Alpes:  
biocapacity by  
type of land

Source: IRES  
Piemonte from data  
Corine Land Cover

**Figura 26.**  
Rhône Alpes:  
impronta,  
biocapacità e  
deficit ecologico  
per tipologia di  
terreno



**Figure 26.**  
Rhône Alpes:  
footprint,  
biocapacity and  
ecological deficit  
by type of land

Fonte: IRES  
Piemonte

Source: IRES  
Piemonte

I dati e i risultati presentati precedentemente indicano l'impatto ambientale, così come definito dalla metodologia, dei consumi privati del territorio regionale oggetto di studio. Alcuni consumi, come quello di beni alimentari frutto di risorse non disponibili internamente oppure il consumo di determinate fonti energetiche (prodotti petroliferi), implicano un'importazione di servizi naturali da altre zone del mondo esterne ai confini territoriali. Calcolando la biocapacità della regione (figura 25) e successivamente sottraendo il valore dell'impronta ecologica desunto dal calcolo, si ottiene il deficit ecologico (figura 26) che spiega quanto il Rhône-Alpes concorra allo sfruttamento di risorse globali.

7.4% is grazing land, 4.3% is forest and the remaining 0.8 % consists of fishing ground (see figure 24).

The nature of the different land types can be appropriately reformulated through the hectares/global hectares equivalence (for more detailed information, see the methodological appendix) in order to be able to compare consumption activities for different goods or services.

The findings illustrated previously reflect the environmental impact, as defined by the methodology, of private consumption in the regional area in question. Some consumption, such as the consumption of food products made from resources not available in the region, or the use of certain energy sources (oil derived products), entail the import of natural services from other parts of the world, outside the territorial borders. Considering the biocapacity of the region (figure 25) and subtracting the value of the ecological footprint obtained from the calculation, we get the ecological deficit (figure 26), that shows to what extent the Rhône Alpes region contributes to the exploitation of global resources.

**Table 6.** Piemonte: superficie ecologica per origine

**Table 6.** Piedmont: ecological surface by origin

	Domestic origin	Interregional origin	Foreign origin	Total
Cropland	2.376.293	5.509.407	3.163.413	11.049.113
Grazing land	32.309	2.832.595	1.463.536	4.328.439
Forest	16	60.464	707	61.187
Energy land	13.054.507	16.735.973	8.976.106	38.766.586
Built-up land	197.073	0	0	197.073
Fishing ground	0	57	22	78
Total	15.660.198	25.138.495	13.603.783	54.402.477

*Values in gha*

Source: IRES Piemonte

**Tabella 7.** Piemonte: superficie ecologica per destinazione

**Table 7.** Piedmont: ecological surface by destination

	Private consump.	Public consump.	Investment	Inventory change	Interreg. exports	Foreign exports	Total
Cropland	4.425.327	257.334	144.612	15.513	4.564.551	1.641.776	11.049.113
Grazing land	1.499.384	100.666	31.539	12.642	1.512.010	1.172.200	4.328.439
Forest	2.823	56.097	263	17	1.514	474	61.187
Energy land	9.246.581	1.610.364	4.596.029	78.055	13.804.253	9.431.303	38.766.586
Built-up land	142.654	9.722	7.805	175	22.310	14.407	197.073
Fishing ground	36	2	0	0	30	10	78
total	15.316.804	2.034.185	4.780.249	106.402	19.904.667	12.260.169	54.402.477

*Values in gha*

Source: IRES Piemonte

**Tabella 8.** Piemonte: bilancia commerciale ecologica

**Table 8.** Piedmont: ecological trade balance

	Interreg. imports	Foreign imports	Interr. exports	Foreign exports	Interreg. balance	Foreign balance	Total balance
Cropland	5.509.407	3.163.413	4.564.551	1.641.776	944.857	1.521.637	2.466.494
Grazing land	2.832.595	1.463.536	1.512.010	1.172.200	1.320.585	291.336	1.611.921
Forest	60.464	707	1.514	474	58.950	234	59.184
Energy land	16.735.973	8.976.106	13.804.253	9.431.303	2.931.720	-455.197	2.476.522
Built-up land	0	0	22.310	14.407	-22.310	-14.407	-36.717
Fishing ground	57	22	30	10	27	12	39
total	25.138.495	13.603.783	19.904.667	12.260.169	5.233.828	1.343.614	6.577.442

*Values in gha*

Source: IRES Piemonte

**Tabella 9.** Svizzera: superficie ecologica per origine

**Table 9.** Switzerland: ecological surface by origin

	Domestic origin	Foreign origin	Total
Cropland	2.256.513	5.355.705	7.612.218
Grazing land	341.027	20.618.190	20.959.217
Forest	0	2.870.551	2.870.551
Energy land	17.424.898	18.414.827	35.839.725
Built-up land	650.909	0	650.909
Fishing ground	0	36.920	36.920
total	20.673.347	47.296.193	67.969.540

*Values in gha*

Source: IRES Piemonte

**Tabella 10.** Svizzera: superficie ecologica per destinazione

**Table 10.** Switzerland: ecological surface by destination

	Private consump.	Public consump.	Investment	Inventory change	Foreign exports	Total
Cropland	5.470.121	109.253	318.249	34.390	1.680.205	7.612.218
Grazing land	9.417.755	420.494	2.715.804	79.464	8.325.699	20.959.217
Forest	1.333.344	159.039	406.147	28.641	943.381	2.870.551
Energy land	15.788.153	1.026.066	5.225.807	165.242	13.634.457	35.839.725
Built-up land	464.299	20.192	60.674	9.903	95.841	650.909
Fishing ground	28.999	418	842	166	6.495	36.920
total	32.502.670	1.735.462	8.727.524	317.805	24.686.079	67.969.540

*Values in gha*

Source: IRES Piemonte

**Tabella 11.** Svizzera: bilancia commerciale ecologica

**Table 11.** Switzerland: ecological trade balance

	Foreign imports	Foreign exports	Total balance
Cropland	5.355.705	1.680.205	3.675.500
Grazing land	20.618.190	8.325.699	12.292.491
Forest	2.870.551	943.381	1.927.170
Energy land	18.414.827	13.634.457	4.780.370
Built-up land	0	95.841	-95.841
Fishing ground	36.920	6.495	30.425
total	47.296.193	24.686.079	22.610.115

*Values in gha*

Source: IRES Piemonte

**I settori economici sui quali è stata condotta l'indagine**  
***The economic sectors considered in this study***

---

1 - Agricoltura, caccia e silvicoltura e pesca, piscicoltura e servizi connessi	1 - <i>Agriculture, hunting and fishing</i>
2 - Estrazione di minerali	2 - <i>Mining and quarrying</i>
3 - Industrie alimentari, delle bevande e del tabacco	3 - <i>Food, beverage and Tobacco products</i>
4 - Industrie tessile e dell'abbigliamento	4 - <i>Textiles</i>
5 - Industrie conciarie, fabbricazione di prodotti in cuoio, pelle e calzature	5 - <i>Garments and furs - Manufacture of leather goods and shoes</i>
6 - Industria del legno e dei prodotti in legno	6 - <i>Processing of wood</i>
7 - Fabbricazione della pasta-carta e della carta	7 - <i>Paper- and boardmaking - Printing a. publishing, reproduction of recorded media</i>
8 - Fabbricazione di coke, raffinerie di petrolio, trattamento	8 - <i>Coke, refined petroleum products, nuclear fuels</i>
9 - Fabbricazione di prodotti chimici e di fibre sintetiche	9 - <i>Chemicals and chemical products</i>
10 - Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche	10 - <i>Rubber and plastics products</i>
11 - Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali	11 - <i>Other products from nonmetallic minerals</i>
12 - Produzione di metallo e fabbricazione di prodotti in metallo	12 - <i>Basic metals - Fabricated metals products</i>
13 - Fabbricazione di macchine ed apparecchi meccanici	13 - <i>Mechanical engineering</i>
14 - Fabbricazione di macchine elettriche e di apparecchiature elettroniche	14 - <i>Computers and office equipment - Electrical machinery and apparatus - Radio, television and communication equipment and apparatus - Precision and optical equipment - Watches</i>
15 - Fabbricazione di mezzi di trasporto	15 - <i>Motor vehicles, trailers and semi-trailers - Other transport equipment</i>
16 - Altre industrie manifatturiere	16 - <i>Manufacturing not elsewhere classified</i>
17 - Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua	17 - <i>Energy supply - Water distribution</i>
18 - Costruzioni	18 - <i>Construction</i>
19 - Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di autoveicoli	19 - <i>Sale and repair of automobiles, filling stations - Wholesale trade and commission trade - Retail trade, repair of consumer durables</i>
20 - Alberghi e ristoranti	20 - <i>Hotels and restaurants</i>
21 - Trasporti, magazzinaggio e comunicazioni	21 - <i>Land transport; transport via pipelines - Water transport - Air transport - Supporting transport activities, travel agencies - Postal service and telecommunications</i>
22 - Intermediazione monetaria e finanziaria	22 - <i>Banking - Insurance - Activities related to banking and insurance</i>
23 - Attività immobiliari, noleggio e informatica, ricerca e sviluppo e servizi alle imprese	23 - <i>Real estate - Leasing of movables without operating personnel - IT services - Research and development - Provision of services to companies</i>
24 - Pubblica amministrazione e difesa; assicurazione sociale	24 - <i>Public administration, defense, social insurance</i>
25 - Istruzione	25 - <i>Education</i>
26 - Sanità e altri servizi sociali	26 - <i>Health and social services</i>
27 - Altri servizi pubblici, sociali e personali	27 - <i>Sewage treatment, refuse disposal - Interest groups and other associations - Entertainment, culture and sport - Personal services - Private households</i>

---





## Fonti Sources

Fattori di equivalenza utilizzati per il calcolo		Equivalence factors utilized for the calculation
Terreno per energia	1,35	Energy land
Terreno agricolo	2,17	Cropland
Pascoli	0,47	Grazing land
Foreste	1,35	Forest
Superficie degradata	2,17	Built-up land
Superficie Mare	0,35	Fishing ground

### Fonti dei dati

#### Caso studio PIEMONTE

#### case study PIEDMONT

Tavola input-output, anno 2001, IRPET	<i>Input-output table, 2001, IRPET</i>
Addetti regionali, anno 2001, ISTAT	<i>Employde 2001, ISTAT</i>
Consumi di energia elettrica, anno 2001, GRTN	<i>Electric energy consumptions, 2001, GRTN</i>
Superfici occupate, anno 1992, Corine Land Cover	<i>Land use, 1992, CORINE LAND COVER</i>
Emissioni in aria, anno 2000, SINANET	<i>Air emissions, 2000, SINANET</i>
Consumi energetici, anno 2001, Bilancio Energetico Regionale, Regione Piemonte	<i>Energetic consumptions, 2001, BER, Regione Piemonte</i>
Rifiuti speciali, anno 2001, Dichiarazione MUD	<i>Waste, 2001, Dichiarazione MUD and APAT</i>
Rifiuti urbani, anno 2001, APAT	
Flussi internazionali, anno 2001, ISTAT	<i>Import-export, 2001, ISTAT</i>

#### Caso studio SVIZZERA

#### case study SWITZERLAND

Tavola input-output, anno 1995, Bak Basel	<i>Input-output table 1995, BAK BASEL</i>
Addetti nazionali, anno 2001, SFSO	<i>Employed, 2001, SFSO</i>
Consumi energetici, anno 2001, Bilancio Energetico Nazionale	<i>Energy consumptions, 2001, BEN</i>
Superfici occupate, Swiss Land Use in the European Context anno 1998, SFSO	<i>Land use, Swiss Land Use in the European Context - 1988, SFSO, CORINE LAND COVER</i>
Emissioni in aria, Sectoral Report for energy anno 2001, SAEFL	<i>Air emissions, sectoral Report for energy - 2001, SAREFI</i>
Rifiuti speciali, anno 2001, SAEFL	<i>Waste, 2001, SAEFL</i>
Rifiuti urbani, anno 2001, SAEFL	
Flussi internazionali, anno 2001, Adm. des douanes statistique du commerce extérieur - Berne	<i>Import-export, 2001, Adm. des douanes statistique du commerce extérieur - Berne</i>

#### Caso studio RHÔNE-ALPES

#### case study RHÔNE-ALPES

Consumi finali, anno 2001, Cci Rhône Alpes	<i>Final consumptions 2001, CCI Rhône Alpes</i>
Addetti regionali, anno 2001, INSEE Rhône-Alpes	<i>Employed 2001, INSSE Rhône-Alpes</i>
Consumi energetici regionali, anno 2000, Observatoire de l'énergie	<i>Energy consumptions 2000, Observatoire de l'énergie</i>
Consumi energetici della Francia, anno 2000, Bilancio energetico nazionale, Observatoire de l'énergie	
Superfici occupate, anno 2001, IFEN	<i>Lande use 2001, IFEN</i>
Rifiuti urbani, anno 2001, Drire Rhône -Alpes	<i>Waste, 2001, DRIRE Rhône -Alpes</i>



## Bibliografia References

- Alcàntara V., Roca J. (1995), *Energy and CO<sub>2</sub> emissions in Spain: methodology of analysis and some results for 1980-90*, "Ecological Economics", 17, 221-230.
- Bagliani M., Ferlaino F., Procopio S. (2003), *The analysis of the environmental sustainability of the economic sectors of the Piedmont Region (Italy)*, in Tiezzi E., Brebbia C.A., Uso J.L. (eds.), "Ecosystems and Sustainable Development", Wessex Institute of Technology Press, Southampton, pp. 613-622.
- Bagliani M. (2003), *Use of global natural services and health of local ecosystems: the two complementary dimensions of environmental sustainability*, in Tiezzi E., Brebbia C.A., Uso J.L. (eds.), "Ecosystems and Sustainable Development", Wessex Institute of Technology Press, Southampton, pp. 549-558.
- Bagliani M., Ferlaino F. (2003), *L'Impronta Ecologica della Val Chisone*, in Rossignolo C., Imarisio C.S., (a cura di), "SLoT Quaderno 3. Una geografia dei luoghi per lo sviluppo locale", Baskerville, Torino.
- Bagliani M., Ferlaino F., Procopio S. (2001), *L'impronta ecologica: analisi regionale settoriale*, Istituto di Ricerche Economiche e Sociali del Piemonte, Working Paper n. 152.
- 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.
- Bagliani M., Ferlaino F., Procopio S. (2001), *L'Impronta Ecologica: analisi regionale e settoriale*, XXII Conferenza Nazionale Associazione Italiana Scienze Regionali, Venezia, 10-12/10/2001.
- Bagliani M., *Impronta ecologica e peso ecologico: le due dimensioni complementari della sostenibilità ambientale*, Atti della Xxiii Conferenza Nazionale Italiana di Scienze Regionali, Reggio Calabria, Italia, 10-12/10/2002.
- 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.
- Bresso M., (1993), *Per un'economia ecologica*, La Nuova Italia Scientifica, Roma
- Brown L.R. (2002), *Eco economy. Una nuova economia per la Terra*, Ed. Riuniti, Roma.
- Dasgupta P., (2004), *Benessere umano e ambiente naturale*, Vita e Pensiero, Milano.
- Duchin F., Hertwich E. (2003), *Industrial ecology*, "Online Encyclopaedia of Ecological Economics", (32)2, 2000.
- Eisenmenger N., Schandl H. (2005), *Mars environmental indicators*, IFF – Social Ecology, Vienna (Mars meeting 20/21 aprile, Genova).
- von Weizsäcker E.U., Amory B. Lovins, L. Hunter Lovins (1998), *Fattore 4. Come ridurre l'impatto ambientale moltiplicando per quattro l'efficienza della produzione*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Eurostat (2001), *Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide* Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg.
- Ferlaino (a cura), 2005, *Teorie e metodi per la valutazione della sostenibilità ambientale di un territorio*, Utet-Libreria, Torino.
- Ferlaino F., Tiezzi E. (a cura) (2001), *Analisi energetica della sostenibilità ambientale della regione Piemonte e del Comune di Torino*, IRES, Fuoricollana, Torino.
- Ferlaino F. (2002), *Geografia sistemica dello sviluppo*, Utet, Torino.
- 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.
- Fischer-Kowalski M. (1998), *Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis*, Part I: 1860-1970, Part II (with W.Huettler): 1970-98, Journal of industrial ecology, 2(1) and 2(4).
- Haberl H. (2001), *The energetic metabolism of societies. Concepts and empirical examples*, Journal of Industrial Ecology, 5, 1, pp. 11-34.

- Haberl H. (2001), *The energetic metabolism of societies. Part II: Empirical examples*, Journal of Industrial Ecology, 5, 2, pp. 71-88.
- Haeckel E., (1866), *Generelle Morphologie der Organismen*, 2 volumi: Allgemeine. Entwicklungsgeschichte der Organismen, Berlino.
- 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.
- Hawken P., Lovins A., Lovins L. H. (2001), *Il Capitalismo Naturale. La prossima rivoluzione industriale*, ed. Ambiente, Milano.
- 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.
- Morowitz H.J., 1979, *Energy Flow in Biology*, Ox Box Press, Woodbridge.
- Napoleoni C., Ranchetti F. (1990), *Il pensiero economico del novecento*, Einaudi, Torino.
- Numa-Denis Fustel de Coulanges, *La città antica*, Parigi 1864, tr.it. Firenze 1972.
- Odum H. T. (1996) *Environmental Accounting, Emergy and environmental decision making*, John Wiley & Sons.
- Odum H. T. (1996), *Ecological and general systems*, University Press, Colorado.
- Odum H.T. (1988), *Self-organization, transformity and information*; "Science" vol. 242, 1132-1139.
- Odum, H.T. (1996), *Environmental Accounting, Emergy and Decision Making*. John Wiley & Sons, New York.
- Pascal A. (1988), *Storia dell'ecologia*, Lucarini ed., Roma.
- Platone, *Dialoghi*, VII, *Le leggi*, V. 737, Attilio Zadro (a cura di), 1952, Laterza, Bari.
- Prigogine I. (1979), *La nuova alleanza. Uomo e natura in una scienza unificata*, Longanesi & C., Milano.
- 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.
- Reiter, H. 1885, *Die Konsolidation der Physiognomik als Versuch einer Ökologie der Gewächse*, Graz.
- Schandl H., Grünbühel C., Haberl H., Weisz H. (2002), *Handbook of Physical Accounting. Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities*. MFA, EFA, HANPP, Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology, Vienna.
- 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.
- Tiezzi E., Marchettini N. (1999), *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Donzelli ed., Roma.
- 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., 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. (1997); *Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective*, "Ecological Economics" (20) pp. 3-24.

Wackernagel M., Rees W., *L'impronta ecologica*, Edizioni Ambiente, 2000.

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.





### **BIBLIOTECA - CENTRO DI DOCUMENTAZIONE**

Orario: dal lunedì al venerdì ore 9.30 - 12.30

Via Nizza 18 - 10125 Torino.

Tel. 011 6666441 - Fax 011 6666442

e-mail [biblioteca@ires.piemonte.it](mailto:biblioteca@ires.piemonte.it) - <http://212.110.39.147>

Il patrimonio della biblioteca è costituito da circa 30.000 volumi e da 300 periodici in corso. Tra i fondi speciali si segnalano le pubblicazioni Istat su carta e su supporto elettronico, il catalogo degli studi dell'Ires e le pubblicazioni sulla società e l'economia del Piemonte.

### **I SERVIZI DELLA BIBLIOTECA**

L'accesso alla biblioteca è libero.

Il materiale non è conservato a scaffali aperti.

È disponibile un catalogo per autori, titoli, parole chiave e soggetti.

Il prestito è consentito limitatamente al tempo necessario per effettuare fotocopia del materiale all'esterno della biblioteca nel rispetto delle vigenti norme del diritto d'autore.

È possibile consultare banche dati di libero accesso tramite internet e materiale di reference su CDROM.

La biblioteca aderisce a BESS-Biblioteca Elettronica di Scienze Sociali ed Economiche del Piemonte.

### **UFFICIO EDITORIA**

Maria Teresa Avato, Laura Carovigno - Tel. 011 6666447-446 - Fax 011 6696012

e-mail: [editoria@ires.piemonte.it](mailto:editoria@ires.piemonte.it)





